MITSUBISHI ELECTRIC

Changes for the Better

家庭から宇宙まで、エコチェンジ。 eco Changes

三菱ノーヒューズ遮断器・漏電遮断器 技術資料集

18 A

三菱ノーヒューズ遮断器・漏電遮断器
技術資料集

World Super
WS-V Series
三菱ノーヒューズ遮断器･漏電遮断器

ここにお届けする技術資料は、管理者、設計者の方から工事を担当される方々まで、すべてのお客様に基礎資料として広く活用いただけるよう規格・構造・動作・特性など、三菱ノーヒューズ遮断器・漏電遮断器の全容を紹介し、さらに合理的な機種選定は如何にすればよいかをわかりやすく解説したものです。
その他、各機種、形名別の定格遮断容量・動作特性・外形寸法等の各仕様事項に関しては、総合カタログ「三菱ノーヒューズ遮断器・漏電遮断器（Y-0701）」を参照してください。
また、取扱い・保守・取付要領および定期点検等に関する事項については「三菱ノーヒューズ遮断器・漏電遮断器の取扱いと保守（Y-0388）」等の別資料を参照してください。

なお、この資料は文章を平易にするため「……である」調とし「ノーヒューズ遮断器」は「NFB」、「漏電遮断器」は「NV」と称しております。

目次

1. 遮断器の概要

1. 1　ノーヒューズ遮断器 …… 1-2
　1. 1. 1　NFBの定義 …… 1-2
　1. 1. 2　NFBの由来 …… 1-2
　1. 1. 3　三菱NFBの歴史 …… 1-2
1. 2　漏電遮断器 …… 1-3
　1. 2. 1　NVの定義 …… 1-3
　1. 2. 2　三菱NVの歴史 …… 1-3
　1. 2. 3　NVの必要性 …… 1-4
　1. 2. 4　感電に対する生理現象 …… 1-5
　1. 2. 5　地絡保護にはどんな方式があるか …… 1-7
　1. 2. 6　地絡保護方式とその適用 …… 1-8
　1. 2. 7　地絡保護機器及び地絡監視機器の種類と特長 …… 1-10
1. 3　低圧気中遮断器 …… 1-11
　1. 3. 1　ACBの定義 …… 1-11
　1. 3. 2　三菱ACBの歴史 …… 1-11
　1. 3. 3　ACBとNFBの比較 …… 1-11
　1. 3. 4　引きはずし特性 …… 1-11
　1. 3. 5　用途 …… 1-11
1. 4　開閉と遮断 …… 1-12

2. 遮断器の基本的特性・性能

2. 1　過電流動作特性 …… 2-2
　2. 1. 1　過電流に対する動作特性 …… 2-2
　2. 1. 2　基準周囲温度と動作特性 …… 2-2
　2. 1. 3　コールドスタート特性とホットスタート特性 …… 2-3
　2. 1. 4　瞬時引きはずし特性とアンラッチングタイム …… 2-3
2. 2　過電流動作特性の変動 …… 2-4
　2. 2. 1　取付け姿勢 …… 2-4
　2. 2. 2　接続方式 …… 2-4
　2. 2. 3　交流・直流の別 …… 2-5
　2. 2. 4　商用周波数に対する特性 …… 2-5
　2. 2. 5　高い周波数に対する特性 …… 2-5
　2. 2. 6　交流回路の高調波 …… 2-6
　2. 2. 7　直流回路の高周波リップル …… 2-6
2. 3　漏電動作特性 …… 2-7
　2. 3. 1　漏電に対する動作特性 …… 2-7
　2. 3. 2　漏電引きはずし動作特性 …… 2-8
　2. 3. 3　平衡特性 …… 2-8
　2. 3. 4　テスト装置の性能 …… 2-8
　2. 3. 5　耐久性能 …… 2-8
　2. 3. 6　インパルスサージ性能 …… 2-9
　2. 3. 7　放射電磁波不動作性能 …… 2-9
　2. 3. 8　高調波電流重畳引きはずし性能 …… 2-9
　2. 3. 9　高周波電流重畳引きはずし性能 …… 2-9
　2. 3. 10 取付上の注意事項 …… 2-9
2. 4　開閉耐久性能 …… 2-11
2. 5　短絡遮断性能 …… 2-11
　2. 5. 1　IcuとIcs …… 2-11
　2. 5. 2　定格使用電圧の表示 …… 2-11
　2. 5. 3　選択遮断 …… 2-12
　2. 5. 4　カスケード遮断 …… 2-16
　2. 5. 5　単極遮断性能 …… 2-19
　2. 5. 6　直流遮断性能 …… 2-20

2. 6 絶縁性能 …… 2-21
2. 6. 1 商用周波耐電圧性能 …… 2-21
2. 6. 2 インパルス耐電圧性能 …… 2-21

3. 選定と協調

3. 1 遮断器選定の考え方の基本 …… 3-2
3. 1. 1 選定とは …… 3-2
3. 1. 2 選定に係わる主な検討項目 …… 3-2
3. 1. 3 負荷の特性に応じた選定上の注意事項 …… 3-3
3. 2 遮断器設置の法規・規格 …… 3-3
3. 2. 1 国内 …… 3-3
3. 2. 2 海外 …… 3-4
3. 3 電気設備技術基準 …… 3-4
3. 3. 1 幹線におけるNFBの選定 …… 3-4
3. 3. 2 電灯・電熱分岐回路におけるNFBの選定 …… 3-7
3. 3. 3 電動機分岐回路におけるNFBの選定 …… 3-7
3. 3. 4 分岐回路のまとめ …… 3-9
3. 4 定格電流の選定（電線との保護協調） …… 3-10
3. 4. 1 電線との保護協調 …… 3-10
3. 4. 2 耐熱電線での注意点 …… 3-13
3. 5 定格電流の選定（電動機回路） …… 3-16
3. 5. 1 電動機回路の構成 …… 3-16
3. 5. 2 電動機始動特性との協調 …… 3-16
3. 5. 3 電動機回路における選定 …… 3-17
3. 5. 4 高効率モータの動向と保護 …… 3-19
3. 6 定格電流の選定（溶接機回路） …… 3-20
3. 6. 1 スポット溶接機回路における選定 …… 3-20
3. 6. 2 アーク溶接機回路における選定 …… 3-22
3. 7 定格電流の選定（変圧器一次側回路） …… 3-23
3. 7. 1 変圧器の励磁突入電流 …… 3-23
3. 7. 2 変圧器一次側回路における選定 …… 3-23
3. 8 定格電流の選定（コンデンサ回路） …… 3-24
3. 8. 1 コンデンサ回路の特徴 …… 3-24
3. 8. 2 コンデンサ回路における選定 …… 3-24
3. 8. 3 高調波電流を考慮した選定 …… 3-27
3. 9 定格電流の選定（サイリスタ・ダイオード回路） …… 3-28
3. 9. 1 回路の特徴 …… 3-28
3. 9. 2 整流回路における選定 …… 3-28
3. 10 定格電流の選定（放電灯回路） …… 3-33
3. 10. 1 高調波による影響と対策 …… 3-33
3. 10. 2 水銀灯回路における選定 …… 3-33
3. 10. 3 蛍光灯、ナトリウム灯回路における選定 …… 3-33
3. 11 定格電流の選定（歪波電流負荷） …… 3-35
3. 11. 1 インバータ・サーボ回路の選定 …… 3-35
3. 11. 2 歪波電流負荷の事例と対応 …… 3-37
3. 12 感電保護の基本 …… 3-39
3. 12. 1 感電に対する人体の影響 …… 3-39
3. 12. 2 接触電圧と配電電圧 …… 3-40
3. 12. 3 地絡保護方式 …… 3-41
3. 13 定格感度電流の選定 …… 3-44
3. 13. 1 法規制と感度電流 …… 3-44
3. 13. 2 感電保護と感度電流 …… 3-44
3. 13. 3 大地漏洩電流と感度電流 …… 3-46

3. 13. 4 各種負荷による定格感度電流の選定 …… 3-48
3. 14 特殊な回路の地絡保護 …… 3-55
3. 14. 1 非接地回路の地絡保護 …… 3-55
3. 14. 2 直流回路の地絡検出と保護 …… 3-60
3. 15 漏電遮断器の不要動作 …… 3-60
3. 15. 1 漏電引きはずし動作 …… 3-60
3. 15. 2 不要動作のまとめ …… 3-66
3. 16 定格遮断容量の選定 …… 3-67
3. 16. 1 必要な短絡遮断容量 …… 3-67
3. 16. 2 電気技術規程JEAC8701 …… 3-68
3. 16. 3 電線との短絡協調 …… 3-69
3. 16. 4 盤の短絡性能（SCCR） …… 3-72
3. 17 定格電圧の選定 …… 3-74
3. 17. 1 遮断器の電圧定格の種類 …… 3-74
3. 17. 2 絶縁距離と定格電圧 …… 3-74
3. 17. 3 低圧回路における電圧協調 …… 3-76
3. 17. 4 特殊電圧への対応 …… 3-76
3. 17. 5 雷保護装置付住宅用分電盤用漏電遮断器の選定 …… 3-77
3. 18 高圧側保護機器との協調 …… 3-77
3. 18. 1 高圧ヒューズとの協調 …… 3-77
3. 18. 2 高圧側OCRとの協調 …… 3-83

4. 付属装置

4. 1 内部付属装置 …… 4-2
4. 1. 1 警報スイッチ …… 4-3
4. 1. 2 補助スイッチ …… 4-3
4. 1. 3 電圧引きはずし装置 …… 4-4
4. 1. 4 不足電圧引きはずし装置 …… 4-5
4. 1. 5 リード線端子台 …… 4-6
4. 1. 6 TBL（テストボタンリード線） …… 4-6
4. 1. 7 TBM（テストボタンモジュール） …… 4-6
4. 1. 8 ECA/SHT（漏電アラーム遮断器専用） …… 4-7
4. 1. 9 漏電アラームトリップユニットATU（漏電アラーム遮断器専用） …… 4-8
4. 2 外部付属装置 …… 4-8
4. 2. 1 操作とって …… 4-8
4. 2. 2 電気操作装置 …… 4-11
4. 2. 3 機械連動子 …… 4-12
4. 2. 4 とってロック装置 …… 4-12
4. 2. 5 ロックカバー …… 4-12
4. 2. 6 端子カバー …… 4-12
4. 2. 7 絶縁バリア …… 4-13

5. 構造と特殊性能

5. 1 ノーヒューズ遮断器の基本構造 …… 5-2
5. 1. 1 概要 …… 5-2
5. 1. 2 筐体 …… 5-2
5. 1. 3 端子と接続 …… 5-2
5. 1. 4 消弧装置と接触子 …… 5-3
5. 1. 5 開閉機構 …… 5-4
5. 1. 6 過電流引きはずし装置 …… 5-5
5. 2 漏電遮断器の基本構造 …… 5-11
5. 2. 1 概要 …… 5-11
5. 2. 2 漏電引きはずし装置 …… 5-12
5. 2. 3 テスト装置 …… 5-15

5. 2. 4　漏電表示装置 …… 5-15
5. 2. 5　トリップボタン …… 5-15
5. 2. 6　切換装置 …… 5-16
5. 3　気中遮断器の基本構造 …… 5-17
5. 3. 1　概要 …… 5-17
5. 3. 2　開閉機構 …… 5-18
5. 3. 3　引出形ACB …… 5-19
5. 3. 4　引きはずしリレー …… 5-20
5. 4　定格、特性の特殊な遮断器 …… 5-22
5. 4. 1　マグオンリ …… 5-22
5. 4. 2　サイリスタ保護用 …… 5-22
5. 4. 3　インバータ溶接機用 …… 5-22
5. 4. 4　400Hz用 …… 5-22
5. 4. 5　変圧器一次側用高インストブレーカ …… 5-22
5. 4. 6　協調用低インストブレーカ …… 5-23
5. 4. 7　ノーヒューズスイッチ（DSN形） …… 5-23
5. 5　超限流ブレーカ …… 5-23
5. 6　ISTAC搭載遮断器 …… 5-24
5. 7　電子式ノーヒューズ遮断器（NF125-SEV～NF1600-SEW） …… 5-29
5. 8　MDUブレーカ …… 5-31
5. 8. 1　構造と動作 …… 5-31
5. 8. 2　耐電圧・絶縁抵抗試験 …… 5-33
5. 9　配電盤用プラグイン形 …… 5-33
5. 10 非常電源用〈耐熱形〉 …… 5-34
5. 10. 1 要求される性能 …… 5-34
5. 10. 2 適用 …… 5-34
5. 10. 3 構造 …… 5-35
5. 11 単3中性線欠相保護付 …… 5-36
5. 11. 1 背景 …… 5-36
5. 11. 2 構造と動作 …… 5-36
5. 11. 3 欠相事故防止について …… 5-37
5. 12 漏洩電流表示付 …… 5-38
5. 12. 1 背景 …… 5-38
5. 12. 2 構造と動作 …… 5-38
5. 12. 3 用途 …… 5-39
5. 13 漏電アラーム …… 5-40
5. 13. 1 背景 …… 5-40
5. 13. 2 構造と動作 …… 5-40
5. 13. 3 用途 …… 5-40
5. 13. 4 アラーム・トリップ切換形（ATU） …… 5-41
5. 14 分電盤用・制御盤用小形遮断器 …… 5-42
5. 14. 1 分電盤・制御盤用遮断器 …… 5-42
5. 14. 2 サーキットプロテクタ …… 5-43
5. 15 関連機器 …… 5-43
5. 15. 1 漏電リレー …… 5-43
5. 15. 2 リモコン機器 …… 5-45
5. 16 環境性能と特殊環境用遮断器 …… 5-46
5. 16. 1 使用条件 …… 5-46
5. 16. 2 耐振動性 …… 5-46
5. 16. 3 耐衝撃性 …… 5-47
5. 16. 4 特殊環境用 …… 5-48

6. 推定短絡電流の計算

6.1 推定短絡電流の把握 …… 6-2
6.2 用語の意味 …… 6-2
6.3 各インピーダンスとその等価回路 …… 6-3
6.3.1 各インピーダンスとその考え方 …… 6-3
6.3.2 等価回路 …… 6-5
6.4 短絡電流の種類 …… 6-7
6.4.1 対称短絡電流実効値 …… 6-7
6.4.2 非対称短絡電流実効値 …… 6-7
6.4.3 最大非対称短絡電流瞬時値 …… 6-7
6.5 短絡電流計算法 …… 6-9
6.5.1 必要な計算式 …… 6-9
6.5.2 計算法 …… 6-10
6.5.3 計算例 …… 6-10
6.6 トランスの各種結線におけるインピーダンスと短絡電流 …… 6-14
6.6.1 二次2巻線のトランス …… 6-14
6.6.2 単3用トランスのインピーダンス …… 6-15
6.6.3 三相4線式トランスのインピーダンス …… 6-15
6.6.4 V結線のインピーダンス …… 6-16
6.7 短絡電流早見図 …… 6-18
6.7.1 三相短絡電流早見図 …… 6-18
6.7.2 単3短絡電流早見図 …… 6-18
6.8 パソコンによる短絡電流計算 …… 6-30
6.9 参考資料 電気技術規程 JEAC 8701 抜粋 …… 6-30

7. 配電盤、分電盤、制御盤への適用

7.1 盤の種類 …… 7-2
7.2 配電盤 …… 7-2
7.2.1 配電盤の規格 …… 7-2
7.2.2 配電盤用の遮断器 …… 7-2
7.2.3 配電盤の短絡性能と遮断器 …… 7-2
7.3 機械制御盤 …… 7-3
7.3.1 機械制御盤の規格 …… 7-3
7.3.2 電源断路機器としての遮断器 …… 7-3
7.3.3 過電流保護機器としての遮断器 …… 7-3
7.3.4 感電保護機器としての遮断器 …… 7-3
7.3.5 機械制御盤の短絡性能と遮断器 …… 7-3
7.4 分電盤 …… 7-4
7.4.1 分電盤の規格 …… 7-4
7.4.2 分電盤用遮断器 …… 7-4

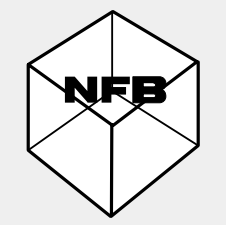
8. 付録

8.1 遮断器の規格 …… 8-2
8.1.1 遮断器に関連する基準・規格 …… 8-2
8.1.2 適合規格一覧表 …… 8-3
8.1.3 国内外主要規格の比較（抜すい） …… 8-6
8.2 短絡電流過渡状態の吟味と電路に与える熱的・機械的影響について …… 8-34
8.2.1 非対称係数について …… 8-34
8.2.2 投入容量係数を求める …… 8-35
8.2.3 電線の許容i^2tから制限される許容短絡電流値 …… 8-35
8.2.4 電線に作用する電磁反発力の最大はいつ生ずるか …… 8-37
8.2.5 短絡電流による電磁力とブスバーの強度計算 …… 8-37

8. 3 遮断の動作・原理・性能に関係のある用語の意味 …… 8-39
8. 3. 1 短絡現象 …… 8-39
8. 3. 2 推定短絡電流 …… 8-39
8. 3. 3 投入容量および投入位相 …… 8-40
8. 3. 4 通過電流 …… 8-40
8. 3. 5 動作責務 …… 8-40
8. 3. 6 短時間電流容量 …… 8-40
8. 3. 7 遮断時間 …… 8-40
8. 3. 8 限流・通過エネルギー …… 8-41
8. 3. 9 回復電圧 …… 8-41
8. 3. 10 保護協調 …… 8-41
8. 4 ホットスタート動作特性曲線 …… 8-42
8. 5 母線用銅条の電流容量 …… 8-44
8. 6 コンデンサバンクが複数ある場合の突入電流計算 …… 8-44
8. 7 発電機回路における短絡電流計算法 …… 8-47
8. 8 漏電遮断器に関係する用語の意味 …… 8-49
8. 9 法規・指針（抜粋）…… 8-52
8. 9. 1 感電・地絡保護に関する関連法規 …… 8-52
8. 9. 2 電気設備に関する技術基準 …… 8-53
8. 9. 3 労働安全衛生規則 …… 8-58
8. 9. 4 内線規程（2005年版）…… 8-59
8. 9. 5 感電防止用漏電遮断装置の接続及び使用の安全基準に関する技術上の指針 … 8-67
8. 9. 6 機械制御盤の規格 …… 8-69
8. 10 漏えい電流 …… 8-71
8. 10. 1 電線路の漏えい電流 …… 8-71
8. 10. 2 電動機の漏えい電流 …… 8-79
8. 10. 3 漏えい電流の測定法 …… 8-82
8. 11 低圧回路の開閉サージ電圧 …… 8-83
8. 11. 1 目的 …… 8-83
8. 11. 2 実験回路 …… 8-83
8. 11. 3 試験条件と結果 …… 8-83
8. 12 インピーダンスおよび消費電力 …… 8-86
表8. 12. 1 三菱NFBのインピーダンスおよび消費電力 …… 8-86
表8. 12. 2 三菱NFBのインピーダンスおよび消費電力 …… 8-87
表8. 12. 3 三菱NVのインピーダンスおよび消費電力 …… 8-88

9. 選定表

9. 1 遮断容量 …… 9-2
9. 2 電灯・電熱回路 …… 9-3
9. 3 電動機回路 …… 9-5
9. 4 溶接機回路 …… 9-8
9. 5 変圧器一次側回路 …… 9-8
9. 6 選択遮断組合せ …… 9-12
9. 7 カスケード遮断 …… 9-14



1. 遮断器の概要

1 遮断器の概要

1.1 ノーヒューズ遮断器

1.1.1 NFBの定義

NFBとは交流600V以下、直流750V以下の低圧屋内電路の保護に用いられるモールドケースの遮断器をいう。

NFBは米国で普及発達したもので、米国の規格「UL 489」では「モールデッドケース サーキットブレーカ」(Molded Case Circuit Breaker略して、MCCB)となっており実態をよくあらわしているので、国際的にも通用する名称である。国内では当社の商品名であるノーヒューズブレーカ(No-Fuse Breaker……略して、NFB)または、MCCBと呼称している。従来、MCBと呼称する場合もあったが、MCBはヨーロッパでは「ミニアチュア サーキット ブレーカ」(Miniature Circuit Breaker)を意味し、家庭用に使われている小形の遮断器に限定している。日本国内では、MCBに相当するのは電灯分電盤用配線用遮断器や住宅用分電盤用配線用遮断器(安全ブレーカ)などであり、一般的なブレーカはMCCBと呼称するのがよい。

1.1.2 NFBの由来

NFBの由来は1933年(昭和8年)当社が国内で初めてブレーカを製作し、このブレーカを使った分電盤をヒューズを用いないという意味で「ノーヒューズ分電盤」としノーヒューズブレーカと名づけたものである。JIS規格は外国品や商品名をさけるため、JIS C 8201-2-1では「回路遮断器、配線用遮断器、気中遮断器など」と呼んでいる。NFBを構造面からいうと、「開閉機構・引きはずし装置などを絶縁物の容器内に一体に組立てたもので、通常の使用状態の電路を手動または電気操作により開閉することができ、かつ過負荷および短絡などのとき自動的に電路を遮断する器具をいう。」と理解するのが適切である。

電路の保護器として以前はヒューズが用いられたが、取扱い・保守・再閉路・取付けスペース・安全性・協調性・制御性などにすぐれたNFBが発明されると、ヒューズつき開閉器に代わって低圧電気回路には、ほとんどNFBが使われるようになった。

NFBは1930年にウエスチングハウス社(アメリカ)が世界最初のサーマルタイプのものを発表し、その後サーマルマグネチックタイプ(熱動－電磁式)のものに改良されてNFBの主流を占めるようになったが、プランジャを使ったオイルダッシュポット式(完全電磁式)のものも使用されている。

国内では1933年に当社が初めて50Aフレームのサーマルタイプのものを発売して以来、逐次使用され、戦後、駐留軍に多数採用されてから急速に一般に普及し多数のNFBメーカがあらわれた。

1.1.3 三菱NFBの歴史

つねにNFBの進歩をリードしてきた当社の歴史から主なものをあげると、次のとおりである。

1933年	国内初のノーヒューズ分電盤用分岐遮断器50Aフレーム発売
1937年	225Aフレームまで完成
1955年	600Aフレームまで完成 JIS C 8370「配線用遮断器」が初めて制定される
1965年	遮断容量180kAのトライパック遮断器を発売
1967年	2000Aフレームまで完成
1969年	SCHATシリーズ発売
1970年	世界に先がけて永久ヒューズを内蔵した永久ヒューズ付遮断器を発売
1971年	3200Aフレームまで完成 システムブレーカ(SCB)発売 SCHAT+RUパーフェクトシリーズ発売
1972年	4000Aフレームまで完成 4極ブレーカ・3元ブレーカ・限流選択ブレーカ発売
1974年	電子式ノーヒューズ遮断器MELNIC発売
1976年	非常電源用耐熱形発売
1977年	SCRUMシリーズ発売
1978年	新形BHの発売
1979年	SCRUMシリーズ完成
1981年	NF-Kシリーズ発売
1982年	NF-Gシリーズ発売
1985年	Super SCRUMシリーズ発売
1987年	ETR搭載のSuper SCRUMシリーズ完成
1988年	プレアラーム遮断器発売
1989年	分電盤・制御盤用ノーヒューズ遮断器発売 KBシリーズ発売
1990年	超限流遮断器発売
1995年	PSS発売(30～225Aフレーム)
1996年	分電盤用BHミニ発売
1997年	PSS発売(400～800Aフレーム) MDUブレーカ発売
2001年	WSシリーズ発売(30～225Aフレーム)
2004年	小形UL489Listedノーヒューズ遮断器発売
2004年	低圧気中遮断器World Super AEシリーズ発売
2006年	White & World Super Series発売
2010年	WS-V Series発売 F Style投入

1.2 漏電遮断器

1.2.1 NVの定義

NVとは交流600V以下の低圧屋内電路における感電保護および漏電火災防止用に用いられるモールドケースの遮断器である。

NVは国際規格では“Circuit-breakers incorporating residual current protection”(IEC 60947-2)、“Residual current operated circuit-breakers”(IEC 61009-1)、米国規格では“Ground-Fault Circuit-Interrupter”(UL 943)と呼んでいる。

NVには電流動作形と電圧動作形の2種類があるが、多くの国で利点の多い電流動作形のみが製造されており、日本工業規格(JIS)でも電流動作形に限定して規格化されている。

NVを構造面からいうと、“地絡検出装置・引きはずし装置・開閉機構などを絶縁物の容器内に一体に組立てたもので、地絡の際自動的に電路を遮断する器具をいう”となる。

1.2.2 三菱NVの歴史

世界・日本の動きと三菱NVの動きを表1.1に示す。

低圧電路はもともと非接地回路から始まったが、交流を使用し、高圧から変圧器で低圧に落とすようになってから、高低圧混触による危険が生じたり、2重地絡が生じると事故になるなどの理由で接地系が主になっている。もちろん非接地回路も一部には存在価値があるが、大体は接地回路になっている。地絡保護の考え方は、日本・アメリカはどちらかというと地絡による火災防止に重点をおき、電圧を低くし、機器のフレームを接地する保護接地方式が主流をしめていた。これに対し、ヨーロッパでは家庭でも電圧220Vを使用している関係上、NVは早くから関心が強かった。

初期のNVは電圧動作形であったが保護範囲が狭い、使いにくい等の欠点があるため、今日では電流動作形が主流をなしている。IEC(国際電気標準会議)ではIEC 61008, IEC 61009, IEC 60947-2 Annex BとNVに関する規格があいついで制定されており、世界各国の考え方が次第にひとつの方向に進みつつある。

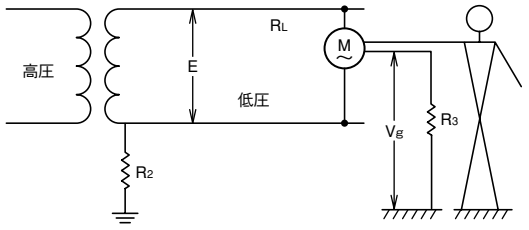
表1.1 世界・日本の動きと三菱NVの動き

年代	世界の動き	日本の動き	三菱の動き
1912	○ドイツ電圧動作形の開発		
1930	○ドイツVDEで電圧動作形の規格化		
1939	○イギリスBS 842で電圧動作形の規格化		
1950	○ドイツで電流動作形の量産化		
1957	○フランスで電流動作形の発売		
1962		○電気火災警報器の規格化	
1963	○ドイツVDEで電流動作形の規格化		
1965	○ドイツ・フランスで30mA感度の開発		
1968	○イギリスBS-4293で電流動作形の規格化		○三菱NV-1　労働省産業安全研究所の認定
1969		○労働省が漏電防止用の設置を義務づけた ○電気用品取締法の中に規定	
1970	○IECでNVの検討始まる	○30mA品が国内で広範囲に使用され始めた	○三菱NV発売(50Aフレームまで)
1971			○225Aフレームまで発売　漏電リレー発売
1972	○アメリカ“UL 943, UL 1053”で規格化	○電気設備技術基準の改訂により設置義務が拡大された ○JEMにおいて規格化	○分離形漏電リレー発売
1973			○反限時形発表　建設大臣賞受賞
1974		○JIS C 8371制定	○衝撃波不動作形発表　○時延形発表
1975			○NVシリーズ600Aフレームまで発表
1977		○電気用品取締法改正により反限時形・時延形・高速形が規定された。 ○内線規程の改正により漏電遮断器の設置義務場所が一段と強化された。	○全機種にICを採用 ○大容量品NV-SAシリーズ発表(1200Aフレームまで) ○漏電リレーNV-ZS・NV-ZU・NV-ZAシリーズ発売 ○NV-ZU建設大臣賞受賞
1980		○JIS C 8371改正	
1983	○IEC Publication755(現在 IEC/TR 60755) 電流動作形地絡保護装置制定		
1986		○内線規程の改正により漏電遮断器の設置義務場所が一段と強化された。	
1987			○Super NV発売 定格電圧AC100-200-415V共用 感度電流3段切換
1990	○IEC 1008(現在 IEC 61008) 「住宅用等に使用される過電流保護装置なし漏電遮断器125A以下」制定	○内線規程の改正	
1991	○IEC 1009(現在 IEC 61009) 「住宅用等に使用される過電流保護装置付漏電遮断器125A以下」制定		○New Super NV発売 高調波・サージ対応 NFBと同一外形
1992	○IEC 947-2 Annex B(現在 IEC60947-2 Annex B) 「漏電遮断器」制定	○内線規程の改正により単相3線式電路のNVは中性線欠相保護付きを原則とすることになった ○JIS C 8371改正 ・適用範囲の拡大　・IECとの整合　・信頼性の向上に関する内容の充実	○単3中性線欠相保護付NVモデルチェンジ
1995			○PSS発売(30～225Aフレーム)
1997			○PSS発売(400～800Aフレーム)
2001			○WSS発売(30～225Aフレーム)　国土交通大臣賞受賞 ○漏電リレーモデルチェンジ
2004			○小形UL489 Listed漏電保護付ノーヒューズ遮断器発売
2006			○White & World Super Series発売
2010			○WS-V Series発売　国土交通大臣賞受賞

1.2.3 NVの必要性

人命・財産尊重の立場から電設、電気工事業界はもとより一般住宅・ビル・学校関係においても感電災害や漏電火災に対する意識が高揚し、かつ法的な面からもNVの設置必要箇所の義務づけが増加している。

従来は機器のD種（又はC種）の保護接地のみで感電防止を実施し、それなりの成果をあげてきたが一段と厳しい条件を考えると不十分な場合もあり得ることが理解できる。



R2：B種接地抵抗（Ω）　　E ：電圧（V）
R3：D種接地抵抗（Ω）　　Vg：地絡事故点の対地電圧（V）
RL：電路の抵抗（Ω）

図1.1　接地抵抗と対地電圧

たとえば図1.1において、もしモータⓂの絶縁が劣化しモータのフレームに電位が生じたとすると、その対地電圧Vgは次式で示される。

$$Vg = \frac{R_3}{R_2 + R_3 + R_L} \cdot E \quad \cdots\cdots (1)$$

R_Lは低い値であり、R_2・R_3に比して無視できるほど小さいので、

$$Vg = \frac{R_3}{R_2 + R_3} \cdot E \quad \cdots\cdots (2)$$

IEC 60364-4-41では、人体の感電保護のために接触電位を50V以下にすることを基準としている。また、我が国では電気設備技術基準の規定から、人が触れる可能性のある電気設備の対地電圧は最大300Vであるから、Vg=50、E=300とすると(2)式から(3)式が成立する。

$$\frac{R_2}{R_3} = 5 \quad \cdots\cdots (3)$$

電気設備技術基準の解釈第17条によるとR_2としてB種接地工事、R_3としてD種接地工事（またはC種接地工事）をほどこすことになっており、その接地抵抗値は次のように規定されている。

B種接地……150/変圧器高圧側電路の1線地絡電流（Ω）以下
D種接地……100（Ω）以下
C種接地……10（Ω）以下

ここで、変電所から工場の受電設備までの距離を6～7kmとすると、6.6kV受電の場合の高圧電路の1線地絡電流は7A程度なので、B種接地の抵抗値はR_2=20Ω程度で管理してもよいことになる。そうすると、保護接地方式のみで感電保護を行うためには、R_3を常に4Ω以下に管理しておく必要があり、感電保護方式としては万全とはいえない。

そこで、漏電遮断器を使用すれば「保護接地」のみならず「電源の遮断」という手段も追加されることになり、よりいっそうの感電保護対策が講じられることになる。電気設備技術基準においても、漏電遮断器を併用した場合には、R_3であるC種接地やD種接地の抵抗値が500Ωまで緩和できることになっている。

地絡電流の大きさは接地方式によって異なり、一般に電路の負荷電流にくらべて非常に小さいので、過電流遮断器（NFBやヒューズ）や、微小な地絡電流を検出するNVを適切に選定することが重要である。

図1.2は厚生労働省より毎年発表されている感電死亡災害の統計であるが、NV設置義務づけとNVの普及に応じて災害が低下の傾向にあることがわかる。

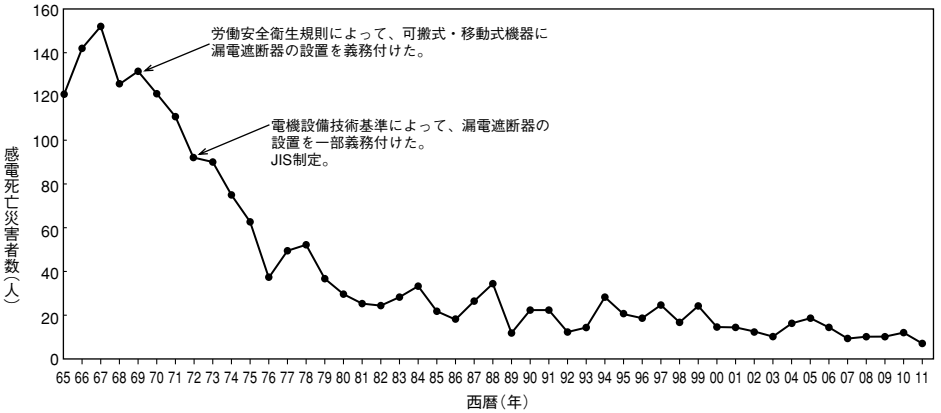


図1.2　全産業機関における低圧感電死亡災害の推移（産業安全年鑑、安全衛生年鑑、厚生労働省HPによる。）

1.2.4　感電に対する生理現象

(1) 人体通過電流の影響

感電災害の防止を目的とするNVの定格感度電流の選定にあたっては人間の電気に対する生理現象を知る必要がある。人間の対電気的特性は、ビーゲルマイヤー氏の発表によると表1.2に示すように区分できる。

表1.2　感電電流と人体の生理反応

50/60Hzの電流実効値〔mA〕	作用時間	人体の生理反応
0～0.5	連続しても危険ではない	電流を感知できない
0.5～5（離脱限界）	連続しても危険ではない	電流を感知し始め、けいれんを起こさない限度、可随意電流領域（接触状態から自発的に離れることが可能であるが指、腕などには痛みを感ずる）
5～30	数分間が限度	不随意電流領域（けいれんによって接触状態から自発的に離れることが不可能となる） 呼吸困難や血圧上昇が起こる。耐えうる限度である
30～50	数秒から数分まで	心臓の鼓動が不規則となる 失神、血圧上昇、強いけいれんが起こる 長時間では心室細動が発生する
50～数100	心臓の拍動周期以下の場合	強烈なショックは受けるが、心室細動は発生しない
	拍動周期超過の場合	心室細動が発生する。失神、接触部に電流こん跡が残る（拍動位相と感電開始時に特別の関係はない）
数100mA超過	拍動周期以下の場合	拍動周期以下の作用時間であっても特定の拍動位相において感電が開始した場合心室細動が発生する 失神が起こり、接触部に電流こん跡が残る
	拍動周期超過の場合	心室細動は起こらない 回復性の心臓停止、失神が起こる 火傷により死亡する可能性がある

通過電流が増加すると心室（心臓）がけいれんを起こし、脈はくが乱れ新鮮な血液を体内各部へ供給する血液循環が停止し、死に至るおそれがあり、きわめて危険である。この電流値は生体実験の必要があり、アメリカ、ドイツなどで実験（動物実験も含む）され、その結果が文献などに発表されているが、だいたい数10mAである。

感電災害の防止を目的とする場合には不随意電流を限界（離脱可能限界）として保護対策を講ずるのが最善であるが、現実には回路の漏れ電流との関係から給電の連続性などを考慮した場合、心室細動電流を対象に保護対策を講じても実情ではやむを得ないと考えられている。

一方、すでにヨーロッパ諸国（ドイツやフランスなど）においては、この心室細動電流を基準に保護対策を運用しており、今日まで良好な結果を収めている実績がある。

心室細動電流等の人間の電流に対する生理現象の研究についてはアメリカのダルジール（Dalziel）氏やドイツのケッペン（Koeppen）氏が著名である。彼等の文献によると心室細動を起こす電流は次のように報告されている。

すなわちダルジール氏は、5s以内の通電時間（Ts）の場合の心室細動電流Iは$\frac{116}{\sqrt{T}}$（mA）であらわされると言っている。人間の生理現象は電流2乗時間積に大きく影響される。他方、ケッペン氏は50mAをこえる電流値でも通電時間がきわめて短時間であれば人命はとりとめられるとしており、電流・時間積50mA・sをその限界としている。

これらの関係を図に示すと図1.3のとおりである。

この図の特性から両者を比較してみればあきらかなようにケッペン氏の限界がダルジール氏の限界より下まわっているので安全側の50mA・sを基準とすることが適している。なお、ケッペン氏もふれているがヨーロッパでは50mA・sの基準に安全率を見込んで30mA・sで運用されていることもあってわが国においてもこの値を基準として考えている。50mAの電流が連続的に人体を流れた場合については報告されていないが、一般には50mA以下の電流が流れた場合には反射的に手などを導体よりはなすものと考えられる。

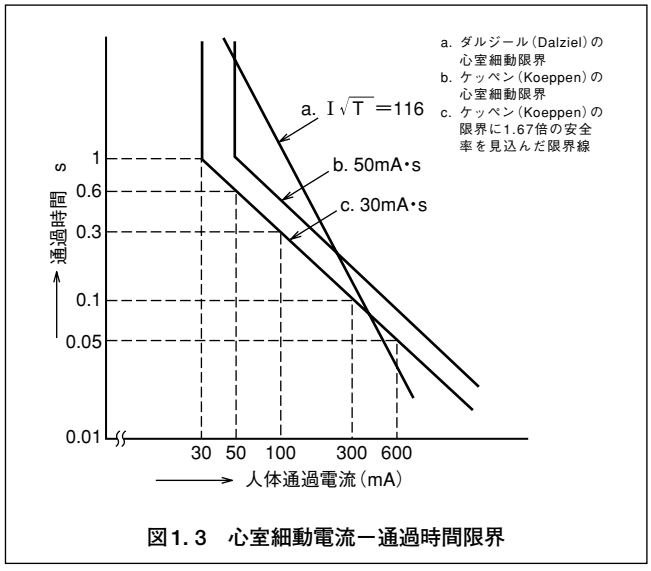


図1.3　心室細動電流ー通過時間限界

人体を流れる電流の大きさは、人体の抵抗と接触電圧によって定まる。人間の抵抗は個人差、人種、乾湿、電極との接触状態（接触面積や接触圧力など）、ならびに接触電圧の大小などにより影響を受けるが、これに関し、ドイツのフライベルガー（Freiberger）氏はもっとも一般的な電流経路で

ある手から足を対象とした場合の人体抵抗は図1.4の範囲内であると報告している。しかし、皮膚表面の抵抗が無視されるような最悪条件では500Ωまで低下するものとみなしているので安全性を重視する場合にはこの値を採用するのがよい。

以上のことから感電災害の防止を検討する際には、図1.4より接触電圧に対する人体抵抗をもとめ、人体通過電流の大きさを推定することが肝要である。安全電圧は、人体抵抗との関係において一義的に危険電圧を定めることは困難であり、環境条件や電気的条件の悪い場合には当然接触電圧は低いことが要求される。IEC規格では安全特別低電圧として、諸条件を定めた上で、最大電圧を交流25V以下としている。

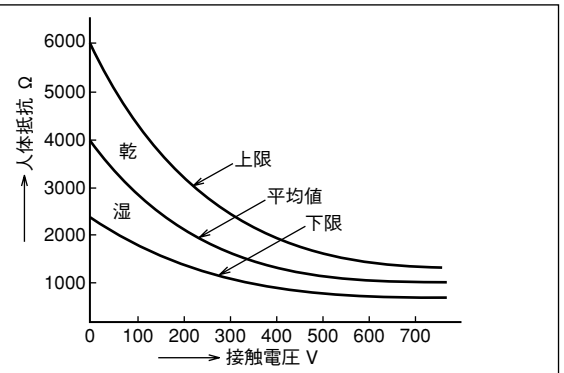


図1.4　接触電圧と人体抵抗との関係

(2) 感電保護と定格感度電流・動作時間

前述のように人体通過電流に対する人間の生理現象にもいろいろな説があるが、図1.5のIECのカーブにもとづいて安全基準を定めると、次のとおり考えることができる。

- 感電のショックで二次災害の考えられる場所では曲線b以下の領域
- 感電による二次災害の危険のない場所では曲線c_1以下

次に上記2区分に応じた選定に対する考え方を述べる。

①曲線bを保護基準とした対策を講じる場合

図1.5に示すとおり人体への通過電流が5mA以下であれば通常は危険性がない。5mAの電流は人が一般にビリビリ感じる値で、しかも離脱可能な電流なので、通常では自力で保護できる値である。次に対地電圧200Vの活線に人が誤って直接的に触れた場合には、200mA（人体抵抗1000Ω）の電流が人体を流れることになる。この場合には曲線bより動作時間は0.01秒以内であることが必要である。ちなみに、米国の感電保護機器であるGFCI（Ground Fault Circuit Interrupter）は定格感度電流が5mAである。

②曲線c_1を保護基準とした対策を講じる場合

曲線c_1は電流値の小さいレベルでは1秒で50mAから3秒超過で40mAまでを結ぶ降下線と電流値の大きいレベルでは10ms以下で500mAから100msで400mAを結ぶ降下線とをなだらかな曲線でつないだものであり、人体への通過電流が40mAを超える場合、電流値と時間の増加に伴い危険な生理学的影響が起こる可能性が増加する。

③人体通過電流・時間積30mA・s

わが国ではケッペンの心室細動限界を適用して保護基準を30mA・sと考えて対策する場合が多いがこの場合も電気機器は接地をするのが原則である。

万一、電気機器の接地が不確実（可搬形・移動形機器などで発生しやすい）で、高い電圧に接触した場合でも心室細動の限界内に抑えるためには次の2つの条件を満足することが必要である。

- 定格感度電流　30mA以下
- NV動作までの電流・時間積　30mA・s以内

しかし、通常は接地工事を行うので（定格感度電流）×（接地抵抗値）≦（許容接触電圧）の関係が保たれるように選定すれば定格感度電流は30mAにこだわることなく200mAや500mAでも感電保護が可能である。

各領域における生理学上の影響は表1.3の通りである。

表1.3　各領域における生理学上の影響

領域名	領域の範囲	生理学上の影響
AC-1	曲線a以下	通常無反応。
AC-2	曲線aと曲線bの間	通常有害な生理的影響はない。
AC-3	曲線bと曲線c_1の間	通常、器官の損傷は予期していない。電流が2秒より長く持続すると、けいれん性の筋収縮や呼吸困難のおそれがある。心房細動や一時的心停止を含む。
AC-4	曲線c_1を超える	大きさや時間とともに増大し、心停止、呼吸停止、重度のやけどのような病理生理学上の危険な影響が起こる可能性がある。
AC-4.1	c_1～c_2	領域AC-3の影響に加えて心室細動の確率が5%まで増加。
AC-4.2	c_2～c_3	領域AC-3の影響に加えて心室細動の確率が50%まで増加。
AC-4.3	曲線c_3を超える	領域AC-3の影響に加えて心室細動の確率が50%を超えて増加。

曲線c_1、c_2、c_3は動物実験の結果を統計的に評価して得られたもので、左手から両足への電流路を想定している。

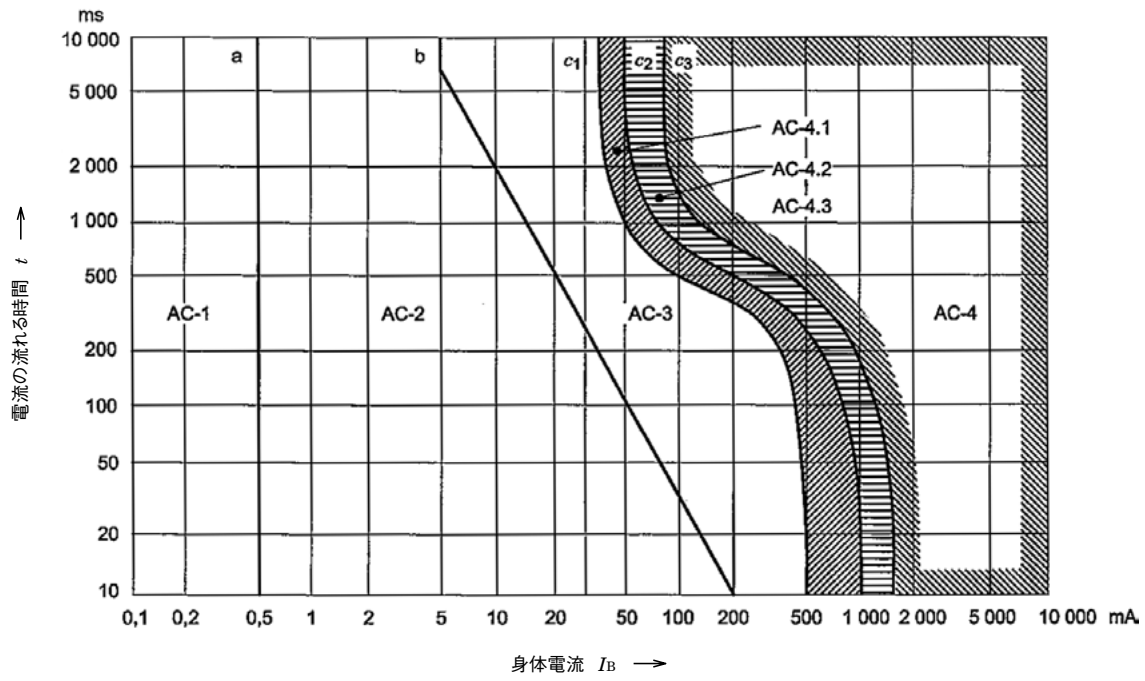


図1.5　人体への交流電流（15Hz～100Hz）の影響（IEC/TS 60479-1）

1.2.5　地絡保護にはどんな方式があるか

各地絡保護方式の長所と短所を表1.4に示す。

表1.4　地絡保護方式の比較

保護方式	長所	短所
漏電遮断方式	◎高速高感度形は感電保護にきわめて有効である。 ◎使用条件や環境、電路の規模や重要性等にしたがって、最適な感度のものを選定することができる。 ◎電流動作形は設置点以降の電路のすべての保護が可能。 ◎電路の絶縁抵抗測定の省略や点検周期の延長などの省力化ができる。 ◎D種接地工事と併用すれば接地抵抗値が大幅に緩和でき、保護効果の信頼性向上、適用の容易さがある。 ◎従来禁止されていた工事や規制の厳しい施設へも適用できる。	○地絡事故があればその回路は開放されるので停電する。 ○給電の連続性を保つために各分岐回路に設置すれば費用がかさむ。
保護接地方式	◎保護接地を行う土壌の抵抗値が低い場所では経済的である。 ◎接触電圧が許容値を超えることがない。 ◎経年劣化の点において比較的信頼性が高い。	○接触電圧を許容値以下に制限するためには保護接地抵抗値をB種接地抵抗値より相当低い値にすることが必要であるが、B種接地抵抗値の確認が困難、低抵抗の接地工事が困難であるため低圧では実際的でない。 ○地絡事故そのものを検出したり除去することができず、したがって火災防止はできない。
過電流遮断方式	◎信頼性の高いNFBによって地絡事故回路を迅速確実に除去できる。 ◎電路の金属管類や建物の鉄骨を接地専用線に利用して経済的に適用できる。	○地絡事故が発生してからNFBが動作して回路を開放するまでの間に許容接触電圧を超えることがある。 ○金属管や鉄骨のインピーダンスとNFBの定格電流の関係に留意しなくてはならない。
絶縁変圧器方式（非接地）	◎二次側非接地方式では地絡時あるいは充電部へ接触したときにも人体へ接触電圧がない。 ◎地絡事故による停電や火災の危険性がない。	○地絡事故の検出ができず長時間に2重の絶縁破壊が起これば危険である。 ○誘導の影響を受けて高い電圧となったり1線が地絡した場合、他の線の対地電圧が接地式電路より高くなることがある。大容量用には不向きである。
漏電警報方式	◎地絡が発生したとき早期に発見でき火災防止に効果がある。 ◎設置点以降の電路すべての地絡を検出でき保護範囲が広い。 ◎自動的に電路を遮断しないので非常用回路など電路の開放が困るところに適する。	○感電に対しては自力で保護機能を発揮しない。 ○負荷の電気機器にD種接地が施してないと効果がない。 ○警報を発しても通報者や管理者がいない場合には効果がない。

1.2.6 地絡保護方式とその適用

地絡事故により発生する災害の種類は、表1.5に示すように大きく3種類に区分して考えることができる。

したがって、主たる目的を把握することによって地絡保護方式や機器の選定をしなければならない。

表1.5 地絡事故による災害の種類

種類	現象	地絡電流の大きさ
感電災害	人身が直接電路または機器の導電部に触れたり、電動機等の絶縁劣化によって電圧が誘起しているフレームに触れ、電流が人体を通過して地絡電流が流れる。	死に至る電流は数十mA以上。
火災	電線の建物貫通部の絶縁が劣化し、メタルラス等の細い、発熱しやすい導電体を通して地絡電流が流れ、導電体が加熱され、建造物が発火する。	火災に至る電流は数A以上。
アークによる機器の焼損	電路や機器の絶縁が局部的に破壊され、大きな地絡電流が流れると、ほとんどの場合アークが発生し、機器を焼損する。	アークが発生する電流は数百A以上。

(1) 感電災害保護

①接触状態と許容接触電圧

低圧電路に地絡が生じた場合の接触電圧は、人の接触状態に応じて表1.6に示す値以下に抑制しなければならない。

a. 第1種接触状態を生ずる場所

水泳プール中において人体が感電した場合、心室細動電流を対象にしたのでは、溺死などの二次災害をまねくおそれがあるので、人体の許容通過電流は5mA（不随意電流の最低値）とする必要がある。

なお、漏電遮断方式のみにたよるのではなく、他の方式との併用により、二重保護することを推奨する。

その他の地絡保護方式では、実際上効果が期待できない。

b. 第2種接触状態を生ずる場所

人体が著しくぬれている状態では、人体抵抗が500Ωとみなされるから、人体通過電流をケッペンの許容限界の50mAに抑えるために、接触電圧を25V以下にするか、電流・時間積を50mA・s以内に抑制すればよい。

NVとしては、定格感度電流30mA以下で電流・時間積30mA・s以内のもの（動作時間0.1sのものか、反限時特性のもの）を使用し、保護接地をする必要がある。（保護接地は電気設備技術基準で定められており抵抗値は500Ω以下）

電路の漏えい電流が大きく、高感度形が使用しにくい場合には、次式によって機器フレームの接地抵抗値R_3と定格感度電流を選ぶことになる。

$$R_3 \leqq \frac{25(\mathrm{V})}{\text{NVの定格感度電流}(\mathrm{A})}(\Omega) \quad \cdots\cdots (1)$$

(1)式で示すように定格感度電流が30mA以下でなくても保護接地抵抗値を低く抑えることにより100mAや200mA感度品でも十分効果的に使用できる。

c. 第3種接触状態

手足がぬれていない通常の状態では、人体抵抗は1000Ωとみなされるので、人体通過電流をケッペンの許容限界の50mA以下に抑えるために接触電圧を50V以下にするか、電流・時間積を50mA・s以内に抑制すればよい。NVとしては定格感度電流30mA以下で動作時間0.1s以内のものか、反限時特性のものを使用し、保護接地と併用する。

電路の漏えい電流が大きく、定格感度電流30mAなどの高感度形が使用しにくい場合には、次式の関係を満足するように機器フレームの接地抵抗値R_3と定格感度電流を選ぶことは第2種接触状態と同じである。

$$R_3 \leqq \frac{50(\mathrm{V})}{\text{NVの定格感度電流}(\mathrm{A})}(\Omega) \quad \cdots\cdots (2)$$

d. 第4種接触状態

通常、人がふれるおそれのない場合には、とくに感電保護の必要はないが、火災保護等の対策はしなくてはならない。

表1.6 許容接触電圧（JEAG 8101-1971「低圧電路地絡保護指針」）

接触状態の種別		許容接触電圧
第1種	○人体の大部分が水中にある状態。	2.5V以下
第2種	○人体が著しくぬれている状態。 ○金属性の電気機械装置や構造物に人体の一部が常時触れている状態。	25V以下
第3種	○第1・2種以外の場合で通常の人体状態において接触電圧が加わると危険性が高い状態。	50V以下
第4種	○第1・2種以外の場合で通常人体状態において接触電圧が加わっても危険性の低い状態。 ○接触電圧が加わるおそれがない場合。	制限なし

②各種地絡保護方式の適用

感電保護に対する各種地絡保護方式の適用をまとめると表1.7のようになる。

なお、NVが設置してあっても、2か所の裸充電部を触った場合は感電災害のおそれがある。

表1.7　地絡保護方式の適用（JEAG 8101-1971「低圧電路地絡保護指針」）

保護方式＼接触状態		第　1　種	第　2　種	第　3　種	第　4　種
保護接地	第　1　級	×	○	○	○
	第　2　級	×	×	○	○
	第　3　級	×	×	×	○
過電流遮断		×	×	○	○
漏電遮断	電流動作形	○ （高速高感度形に限る）	○ （同左）	○	○
漏電警報		×	×	○	○
絶縁変圧器	非接地式	×	○ （一次側使用電圧 600V以下）	○	○
	中点接地式	×	○ （二次側使用電圧 50V以下）	○ （二次側使用電圧 100V以下）	○

備考　(1) ○印は、各接触状態において、保護方式が単独で適用できるものを示し、×印は、単独では適用できないものを示す。
(2) 併用方式は、最低保安レベルと同等のものを示す。
(3) 第1級は許容接触電圧25V以下、第2級は50V以下、第3級は制限なし。
(4) 2重絶縁構造の負荷機器については、この限りでない。
(5) 第1種または第2種接触状態において、可搬形機器を使用するとき等、人体通過電流が数百mA程度になるおそれがある場合は、50ms程度で動作するものが必要である。
(6) 接触状態の種別は表1.6による。

(2) 漏電火災保護

一般に、電気による漏電火災の原因は配電線の絶縁被覆が破壊して、構造物の金属性物体を介して電気が流れたために起こる発熱や火花放電が主なものである。とくに住宅におけるステップルを介したワイヤラスとの接触、地震時などにおける電線被覆の破損による漏電事故保護対策は重要である。地絡電流の小さいときには火災の危険性は少ないが、放置しておくと、逐次故障が発展して火災になる。日本火災学会常置委員会報告9号によれば、火災の発生する地絡電流の大きさは条件によっても異なるが、ほぼ数Aと報告している。

NVの定格感度電流は、1A以下のもので火災保護は十分可能であると考えられる。

また、漏電警報方式でも常時監視状態にあれば効果的である。しかし、保護接地方式・絶縁変圧器方式では地絡電流の検出ができないため漏電火災の保護には効果が期待できない。

(3) アーク地絡損傷保護

アーク地絡事故が原因で火災になった例としては、1964年のニューヨーク市の大きなアパートの火災が有名である。

アーク事故は1時間にわたり継続し、480/277Vの配電盤が完全に破壊され、2本の5000A用母線がその出発点のところまで完全に溶融した。

復旧まで数日を要し、その間約1万名が水道･照明･エレベーターを使用できなかったということである。その他、ロードセンタ・配電盤・母線・コントロールセンタ・ケーブルなどのアーク事故で装置が多大の被害を受けた例は数多く報じられている。

アーク地絡事故は、過電流遮断器だけでは不完全である。すなわち、アーク短絡はアーク抵抗により短絡電流が限流され、過電流保護器が作動しなかったり、作動に長時間を要することがある。また、間けつアーク事故の場合にも、被害は逐次増大しているにもかかわらず、過電流遮断器は動作しないという現象が起こるため、過電流遮断器の他にアーク事故保護装置が必要である。とくに400V配電は対地電圧が高く、400V配電の普及に伴い、電気設備関係者の間でアーク地絡保護への関心は高まりつつある。

アーク地絡電流は、数A～数1000Aの広範囲にわたるので漏電遮断方式で保護するのが最適である。

1.2.7 地絡保護機器及び地絡監視機器の種類と特長

低圧電路の地絡保護装置及び地絡監視機器は、使用目的・経済性・機能などをよく検討の上、最適な機器を選定すれば長期に亘って最良の保護を果たすこと又は監視することができる。現在よく使用されている主な地絡保護機器及び地絡監視機器の特長を表1.8に示すので、選定に際してはよく吟味していただきたい。

表1.8 地絡保護機器及び地絡監視機器の種類と特長

	NV	単3中性線 欠相保護付NV	漏電リレー	漏電アラーム 遮断器	地絡継電器	4Eリレー	漏電火災警報器
定格感度電流	15mAの高感度から数Aまで可能である。また、定格感度電流切換形もあり、電路状態に応じて使いわけができる。	30mAの高感度と感度切換形がある。	30mAの高感度から指定により数Aまで可能。また、定格感度電流切換形もあり、汎用性が高い。	一般に30mAから500mAの範囲で切換形である。	一般に200・400・600mAの切換形である。 また100～600mAの5段切換もあるが、高感度品はない。	100mAが標準。	一般に100mA～400mAである。 感度の低い（400～700mA）特殊品もある。
動作時間	高速形・時延形のいずれも可能であり、選択遮断などに便利である。	高速形・時延形のいずれも可能であり、選択遮断などに便利である。	高速形・時延形はもちろん、自動復帰形、選択協調用など広範囲の用途に応ずることができる種類がそろっている。	高速形・時延形の切換が可能であり選択遮断などに便利である。	感度電流の130％で0.1～0.3s。400％で0.1～0.2sで動作する。（JIS C4601の規定）	高速形のみ。	とくに規定がないのでメーカにより異なる。
電路の遮断機能	負荷電流・異常過電流を遮断できる能力をもっているので自動的に事故回路の遮断ができる。	中性線の欠相が発生した時、負荷電流を遮断するとともに過負荷、短絡漏電に対する保護を行う機能を有している。	漏電リレー自体では主回路の遮断能力はないが内蔵接点を使用して遮断回路の構成が容易に可能。	225Aフレーム以上で漏電アラームと漏電トリップの切換方式のものは漏電発生時、事故回路の遮断ができる。負荷電流、異常過電流を遮断できる。	地絡継電器自体では遮断機能はないが、内蔵接点を有している。	漏電リレーと同じ。	一般には遮断機能のないのも多いが、遮断機能をもたせることもできる。
外部警報機能	漏電警報（EAL）スイッチの内蔵により可能。	欠相に対する警報はない。	内蔵接点を利用して光または、音響警報のいずれも簡単に可能。	漏電警報接点を内蔵している。	内蔵接点の他に、警報回路を内蔵しているものもある。	漏電リレーと同じ。	音響装置によって1級では70ホーン以上、2級では60ホーン以上をだす装置を備えている。
過電流保護兼用	一般に短絡、過負荷保護機能をもつものが主流であるので1台で3機能を果たす。	一般に、短絡過負荷、漏電、保護機能をもつものが主流であるので1台で4機能を果たす。	なし	短絡、過負荷保護機能を有する。	なし	電子式の過電流保護機構のため負荷機器に応じた保護が可能。	なし
通電容量	三菱は最大1200Aフレームまで可能。	三菱は最大400Aフレームまで可能。	三菱は最大3200Aまで可能。 一般に他の機器にくらべて大容量まで製作可能。	三菱は最大1200Aフレームまで可能。	もともと高圧用として製作されたものである。零相変流器によって50～1000Aクラスがある。	一般には150Aクラス以下、指定により1000Aクラスも可能。	概略200Aクラス以下である。
取扱い工事	簡単。	過電圧検出リード線を負荷側の中性極導体に接続することが必要である。	零相変流器部とリレー部の接続を要す。NVよりやや複雑。	簡単。	漏電リレーと同じ。	3Eリレー部の他に零相変流器の取付けが必要。	漏電リレーと同じ。
過電流強度	定格遮断電流まで。	定格遮断電流まで。	100,000A	定格遮断電流まで。	定格一次電流の40倍以上。	零相変流器の過電流強度は100,000A。	2500A
付属装置	非常に豊富で用途目的により大変便利である。	NVと同じ。	プレート付など一部ある。	NVと同じ。	表面形・埋込形・屋外用がある。	大容量用には別のCT、ZCTがある。	

1.3 低圧気中遮断器

1.3.1 ACBの定義

ACB（Air Circuit Breakerの略）は、NFBやNVと同様に回路の開閉を大気中で行う遮断器だが、元来、NFBとはその構造が大きく異なるものだった。JIS規格もかつてはJIS C 8372「低圧遮断器」として個別に制定されていた。

外観は、かつて金属板で覆われているものが普通だったが、現在ではNFBやNVと同様にモールドケースに入っているものが主流となっており、JIS規格もNFBやNVと同じ規格を適用している。

1.3.2 三菱ACBの歴史

当社のACBの歴史から主なものをあげると、次のとおりである。

1969年　AB形の開発
1976年　ACB（初代AE形）の発売
1982年　AE-S形の発売
1991年　AE-SS形の発売
2004年　AE-SW形の発売

1.3.3 ACBとNFBの比較

ACBは6300Aフレームまで備えているので、NFBで対応できなかった大電流領域もカバーできる。また、通電開閉寿命、無通電開閉寿命ともNFBの2倍以上の性能を有している。またトリップ耐久も同様である。ACBはいずれも低圧回路保護用遮断器であるが、表1.9にのべるような相違点をもつので、使用する回路の要求に適したもっとも経済的で、かつ十分な信頼性のあるものを選定する必要がある。

1.3.4 引きはずし特性

NFBの長限時引きはずしは一般には固定式であるが、ACBは可調整が基本である。これはACBを電源用遮断器として用いる場合、発電機あるいは変圧器の保護特性が容易に得られるようにするためである。定格電流はもちろん、長限時、短限時、瞬時引きはずし特性が大幅に調整可能である。

1.3.5 用途

ACBは、電力プラント、ビル、工場、船舶などあらゆる低圧電路の主幹用遮断器として使用できる。

また短時間通電電流（1秒間通電できる電流値）が大きく、投入直後を除き瞬時引きはずし特性が無いMCR（Making Current Releaseの略）の搭載も可能で、大幅に選択遮断領域が拡大される。

特に次のような場合、ACBが有効である。

- 大電流領域の遮断器が必要なとき
- 選択協調システムが必要なとき
- 開閉回数が多いとき
- 同時投入用開閉器として使用するとき
- 二電源のインターロックを取る場合
- タイブレーカが必要な場合
- スポットネットワークシステムに使用するとき
- 電動操作を使用するとき
- 引出形を使用するとき
- 発電機の保護に使用するとき

表1.9 NFBとACBの比較

項目＼遮断器		NFB	ACB
引きはずし目盛	長限時引きはずし	●一般用は固定　可調整もある	●可調整（電流値・動作時間）
	瞬時引きはずし	●一般的に小形遮断器は固定　大形遮断器は可調整	●可調整（電流値）
	短限時引きはずし	●一般用は短限時引きはずし特性をもたない ●電子式NFBは電流値・動作時間ともに可調整	●可調整（電流値・動作時間）
引きはずし方式		●長限時一瞬時 ●長限時一短限時一瞬時	●長限時一短限時一瞬時／MCR
用途および特長		●一般配線保護用 ●ひん繁な開閉を行う目的の使用は好ましくない ●全遮断時間が短く、通過エネルギーが小さいので配線・負荷機器の保護に最適	●発電機・変圧器保護用 ●主回路用 ●定格短時間電流が大きいので選択遮断システムが構築しやすい
保守・点検		●取扱いが簡単で保守点検をあまり要しない	●保守・点検が容易な構造になっている ●部品の更新可能
準拠規格		●JIS C 8201-2-1　配線用遮断器とその他の遮断器	
		●電気用品　他	●JEC 160　気中遮断器

1.4 開閉と遮断

電気回路の“入”“切”を行うものには、スイッチと遮断器がある。スイッチは通常の使用状態の電気回路を“入”“切”（これを開閉という）するものであり、短絡電流のような異常電流は“入”“切”できない。電流には慣性があるので大電流が流れている回路を切ろうとして、接点を開いても電流はすぐには零とならず、接点間の気中をアークとなって流れる。そして、このアークは、スイッチが開閉できる電流（スイッチの開閉能力）をこえていると、そのこえている程度に応じて、接点の過熱・溶融・周囲の絶縁物の焼損・破壊また、人体への火傷・感電さらには火災などの災害をもたらす。電気のもつエネルギーは大きいので、たとえば三相200V100kVAの電源のインピーダンスが4%（16mΩ）とすれば三相短絡電流は7200A程度であるが、もし各相に16mΩの外部抵抗をつないで短絡すれば3600Aの電流が流れる。これは、外部抵抗に合計毎秒620kJのエネルギーが注入されることになり前述のような事態が一瞬のうちに起こりうることを示す。したがって短絡電流のような大電流はその慣性が大きいため普通のスイッチでは切れず、アークとなって災害をもたらす。このような大電流を遮断するものが遮断器であり、遮断器は強力な接点開閉機構に加えて、発生したアークエネルギーをすみやかに吸収して消弧するための特別に考案された消弧装置をもっている。

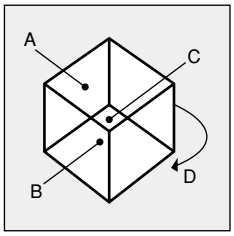
遮断容量とは、遮断器の能力を評価するもっとも重要な値であるが、これはどの程度切れにくい電流を遮断することができるのか、ということをあらわす。電流の切れにくさは、電流の大きさはもちろんであるがその電圧・力率・発弧位相などが関係し、電流の大きさは投入位相により異なり、また、消弧後の遮断の成否は回復電圧・再起電圧により定まる。これらの要素のうち、電圧・電流・力率・回復電圧・再起電圧の一部は回路条件に属し、投入位相・発弧位相・再起電圧の一部は遮断器およびその操作（責務）に関係する。したがって遮断容量を評価するときは、これらの遮断器以外の諸条件を平等・均一にしなければ、正当な評価ができない。これらのことは規格の試験法において詳細に規定されているが、回路構成上の裕度（範囲）を認めているので、厳密な適用のためにはそれらを知らなければならない。また、遮断試験の判定基準も規格に規定があるが、すべては包含されていないのでメーカによっては解釈の相違により多少の差が出るのは止むを得ない。

以上のことによりスイッチと遮断器の差はあきらかであるが、その他の相違点を含めて表1.10に示す。

要するに開閉を専門とする電磁開閉器などのスイッチと、遮断を主とするNFBとは使いわけるのが本来の姿である。

表1.10　NFBと電磁開閉器の比較

<table>
<tr><td></td><td>NFB</td><td colspan="5">電磁開閉器</td></tr>
<tr><td>規格</td><td>JIS C 8201-2-1　配線用遮断器</td><td colspan="5">JIS C 8201-4-1　接触器及びモータスタータ</td></tr>
<tr><td rowspan="3">遮断容量</td><td rowspan="3">定格遮断容量まで</td><td>級別</td><td>AC1</td><td>AC2</td><td>AC3</td><td>AC4</td></tr>
<tr><td>遮断</td><td>1.5Im</td><td>4Im</td><td>8Im</td><td>10Im</td></tr>
<tr><td colspan="5">Im：定格使用電流に対する遮断又は閉路電流</td></tr>
<tr><td rowspan="2">閉路電流容量</td><td rowspan="2">投入容量（波高値）
（定格遮断容量の2倍程度）</td><td>閉路</td><td>1.5Im</td><td>4Im</td><td>10Im</td><td>12Im</td></tr>
<tr><td colspan="5"></td></tr>
<tr><td>開閉ひん度</td><td>小さい（たとえば100Aフレームは毎時120回）</td><td colspan="5">大きい（たとえば1号は毎時1200回）</td></tr>
<tr><td>開閉寿命</td><td>小さい（たとえば100Aフレームまでは1万回）</td><td colspan="5">大きい（たとえば1種は電気的50万回以上）</td></tr>
</table>



2. 遮断器の基本的特性・性能

2 遮断器の基本的特性・性能

2. 1　過電流動作特性

2. 1. 1　過電流に対する動作特性

NFB は本来、**配線を過電流および短絡電流から保護する**ために設けられるものである。

配線を熱的に保護するために、過電流が発生した場合にはNFBが自動的に引きはずし動作する。JIC C 8201-2-1では表2. 1のように過電流引きはずし特性として動作時間を定めている。

表2. 1　過電流引きはずし特性

	不動作電流	動作電流	動作時間	試験条件
附属書 1	定格電流の105%電流	定格電流の130%電流	120分（定格電流63A以下では60分）	105%ホットスタート 各極同時
附属書 2	定格電流の100%電流	定格電流の125%電流	120分（定格電流50A以下では60分）	100%ホットスタート 各極同時
		定格電流の200%電流	2分以内（定格30A以下） 4分以内（定格30Aを越え50A以下） 6分以内（定格50Aを越え100A以下） 8分以内（定格100Aを越え225A以下） 10分以内（定格225Aを越え400A以下） 12分以内（定格400Aを越え600A以下） 14分以内（定格600Aを越え800A以下） 16分以内（定格800Aを越え1000A以下） 18分以内（定格1000Aを越え1200A以下） 20分以内（定格1200Aを越え1600A以下） 22分以内（定格1600Aを越え2000A以下） 24分以内（定格2000Aを越えるもの）	コールドスタート 各極毎

過電流に付する動作時間は、図2. 1に一例を示すように、一定の範囲内ではおおむね過電流の大きさに反比例するような特性（時延引きはずし特性）をもっている。時延引きはずし特性はまた、反限時引きはずし特性あるいは長限時引きはずし特性ともいう。

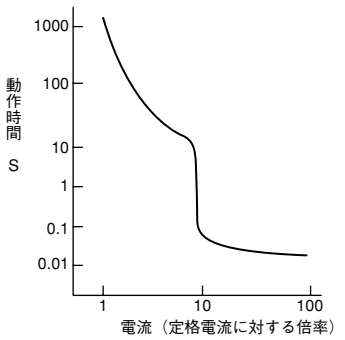


図 2. 1　動作特性の例

実際のNFBの引きはずし特性は、表2. 1の範囲内で各社まちまちであるが、引きはずし時間の下限は、負荷の特性から定まる需要曲線によって制限される。通常それらは電灯回路においては越流または水銀灯などの始動電流が考えられ、動力回路においては電動機の始動電流がある。

三菱NFBの動作特性は、これらの始動時間に対して十分裕度をもつよう設計・調整している。

2. 1. 2　基準周囲温度と動作特性

JIS C 8201-2-1附属書2の基準周囲温度は40℃となっている。これは、NFBが配電盤やコントロールセンタなどの盤内に使用されることが多いうえ、盤内温度は室温より10K～15K程度高い温度であることが知られているからである。

一方、保護されるべき電線の基準周囲温度は30℃であるので、NFBの基準温度が40℃であることは協調上矛盾があるように感じられるが、NFBは盤内にあっても、保護されるべき電線は盤外にあるので上述のように基準周囲温度が異なることはむしろ妥当である。

(1) 熱動電磁形

熱動式遮断器の時延引きはずし要素は、加熱によって生ずるバイメタルの偏位を利用しているため周囲温度が変化すると、動作するのに必要なバイメタルの温度上昇に増減をきたし、それに応じて特性も変化する。図2. 2. 1はNFBの温度補正曲線の例を示す。この図によると、基準周囲温度40℃における200%引きはずし時間と同じ動作時間を得る試験電流は、周囲温度25℃では214%(200 × $\frac{107}{100}$)周囲温度50℃では190%(200 × $\frac{95}{100}$)となる。この温度補正曲線はそれぞれの形名・定格電流によって異なる。(これらはカタログに示してある)

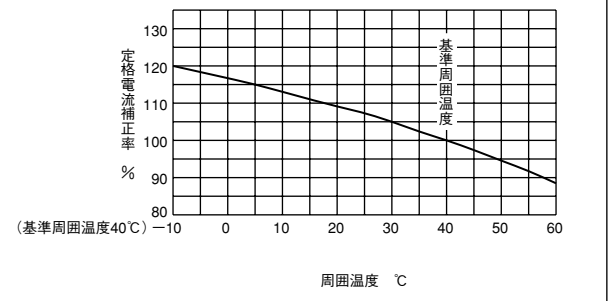


図 2. 2. 1　温度補正曲線の例

(2) 完全電磁形

時延引きはずし要素は、オイルダッシュポット内の油の粘性抵抗を利用している。周囲温度が変化して油の粘度が変わると、油の粘性抵抗も変化して、引きはずし時間が増減する。基準周囲温度40℃で調整されたNFBを40℃と相違する室温で試験する場合には、形名別に保証された温度特性曲線によって、引きはずし時間の補正を行わなければならない。

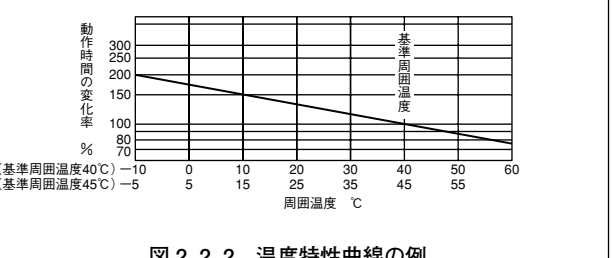


図 2. 2. 2　温度特性曲線の例

2. 1. 3　コールドスタート特性とホットスタート特性

前述の表2. 1や図2. 1で述べた動作特性は、NFBが電流を負担していない(室温に冷却された)状態から通電を開始した場合の動作時間をあらわし、これを**コールドスタート動作特性**と呼んでおり、カタログに載せている動作特性曲線はとくに注記のないかぎり、このコールドスタート動作特性である。

ホットスタートの動作とは、NFBがある程度の電流を負担している状態から所定の過負荷電流の通電を開始した場合の動作をいい、動作時間はコールドスタートより短くなる。過負荷になる前に、負担している電流が定格電流の75%である場合に、これを75%ホットスタート動作特性と呼んでいる。とくに断わりのない場合は100%ホットスタート動作を意味する。

しかし、実用上は50%または75%ホットスタートの用途が多い。図2. 3にホットスタート動作特性曲線の一例を示す。形名別75%ホットスタート動作特性曲線は付録(8-42ページ)参照。

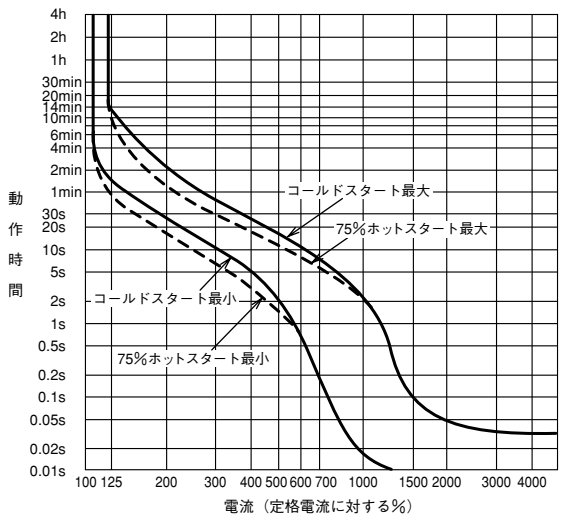


図 2. 3　ホットスタート動作特性曲線の一例

2. 1. 4　瞬時引きはずし特性とアンラッチングタイム

過電流の大きさがある一定値をこえると、NFBは電磁引きはずし要素により瞬時に動作する。瞬時引きはずし動作の始まる電流値を**瞬時引きはずし電流**と呼んでいる。

熱動―電磁引きはずし方式では、瞬時引きはずし電流値は時延引きはずし特性とは独立に設定することができ、また三菱NFBはこの瞬時引きはずし電流値を可調整の構造としたものが多い。

その利点は、他の器具との保護協調が容易に得られることである。

たとえば、電磁開閉器の接点の開閉容量をこえた電流に対しては、電磁開閉器を保護するために、NFBの瞬時引きはずし電流を電磁開閉器の開閉容量より低く設定することが必要であるが、熱動―可調整電磁のNFBではこれが容易に行える。瞬時引きはずし電流は、許容幅(通常、その定格電

流に等しい程度の幅）をもっており、その下限の電流値においては動作せず、上限の電流値においては瞬時動作するように調整している。この場合、瞬時動作の動作時間は、細かく分析すれば図2.4のようになる。

(1) リレー時間 ($t_2 - t_1$)

短絡発生後引きはずしラッチが動作するまでの時間。

(2) 開極時間 ($t_3 - t_1$)

短絡発生後接点が開離しはじめるまでの時間。

(3) アーク時間 ($t_4 - t_3$)

接点の開離瞬時からすべての極の電流が遮断されるまでの時間。

(4) 全遮断時間 ($t_4 - t_1$)

開極時間とアーク時間の和をいい、この全遮断時間は、NFBの大きさ（フレームサイズ）により多少異なるが、ほとんど0.5～1.0サイクルである。

また、とくに選択遮断を考える場合は、全遮断時間に満たない短時間に下位の分岐遮断器が遮断し得ても電磁石の慣性や開極時間などがあるので、主回路NFBがそれだけの時間遅れをもって動作することがある。したがって、選択遮断を考える場合は、主回路NFBの**復帰可能時間（アンラッチングタイム）**を知らなければならないが、おおよその値は表8.1（8-43ページ）にリレー時間平均として記載している。

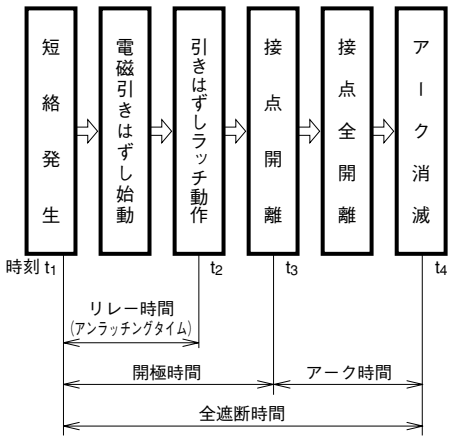


図 2.4　瞬時動作時間

2.2　過電流動作特性の変動

2.2.1　取付け姿勢

取付け姿勢によるNFBの動作特性は、熱動―電磁形ではほとんど差がないので取付姿勢の影響を受けないが、完全電磁形では、鉄心質量の影響で動作電流値（定格電流値）が変わる。図2.5・図2.6に一例を示す。三菱NFBは鉛直面に取付けて使用するよう動作特性が調整してある。

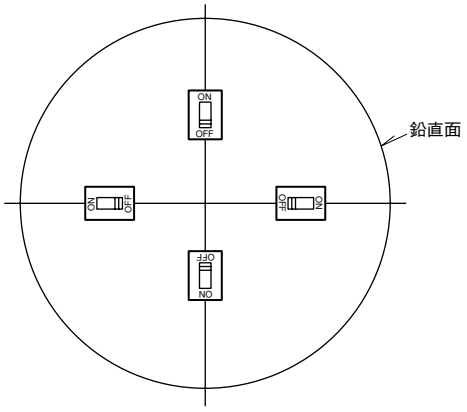


図 2.5　完全電磁形で動作特性が保証できる取付姿勢

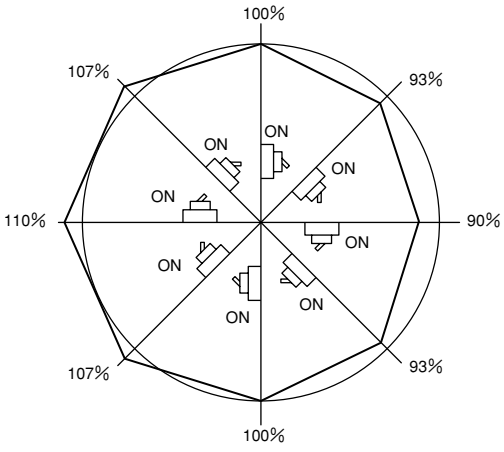


図 2.6　完全電磁形で取付角度の変化による定格電流値の変化

2.2.2　接続方式

1000Aフレーム以上のNFBでは、接続方式の変更により、電流通路の形状が変わるために瞬時引きはずし電流値が変わる。

その程度は、形名によって異なるが、一般的に表面形で調整されたNFBを裏面形・埋込形またはさし込形に変更した場合の瞬時引きはずし電流値は1.1～1.2倍となる。

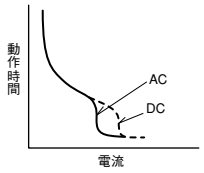
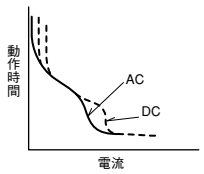
また、電源と負荷で接続方式が異なる場合の瞬時引きはずし電流値は、負荷側の接続方式により決まる。

2. 2. 3　交流・直流の別

交流・直流の別によるNFBの動作特性の変化は引きはずし方式･形名によって異なるが、一般的に表2. 2の程度である。

ただし、ここでの直流とは完全に平滑されたリップルのない直流電流とする。

表2. 2　交流用を直流回路に使用した場合の動作特性の変化

動作特性 / 引きはずし方式	時延引きはずし特性	瞬時引きはずし特性	動作特性曲線
熱動電磁形	変化なし。 ただし2000Aフレーム以上（バイメタルの加熱方式がCT式のもの）は交流用を直流回路に使用できない。	交流の場合の瞬時引きはずし電流値を100%とすれば直流の場合、約130%となる。	
完全電磁形	交流用を直流回路で使用した場合、一般に最小動作電流値が交流の場合の110～140%の範囲でばらつく。		

2. 2. 4　商用周波数に対する特性

50Hz、60Hz程度の周波数変化であれば、三菱NFBの動作特性はほとんど変わらない。

2. 2. 5　高い周波数に対する特性

標準のNFBは、50Hz、60Hz用に動作特性を調整してあるため、高い周波数に用いた場合、以下のように動作特性が変化する。

400Hz回路には、400Hz用遮断器を使用する必要がある。

(1) 熱動電磁形

① 時延引きはずし特性

高い周波数においては、導体の表皮効果や導体付近の構造体における鉄損の影響があらわれるので、通電容量および引きはずし電流が次第に低下する。

低下の割合は、形名によって若干異なるが、400Hz程度ではそのフレームの最高定格電流のものでは定格電流の約80%に、フレーム容量の1/2定格程度のものでは定格電流の90%に低下する。

② 瞬時引きはずし電流特性

瞬時引きはずし電流は、渦（うず）電流による逆励磁作用のため周波数の上昇とともに次第に上昇する。その程度は一般的には不明であるが、400Hz程度では60Hzにおける値の約2倍になる。

(2) 電子式

引きはずし特性は、電子回路及びCTの特性で機種により異なり、高い周波数で引きはずし電流値が10～20%低下する機種と、逆に増加する機種とがある。

また鉄損による発熱が増加するため、400Hz程度でそのフレームの最高定格電流のものでは連続通電可能電流が定格電流の約80%に、フレーム容量の1/2定格程度のものでは定格電流の90%に低下する。

(3) 400Hz用遮断器

400Hzで調整された特別な遮断器で、動作特性以外は標準品と同じである。

2. 2. 6　交流回路の高調波

50Hz、60Hzの交流回路に、波形歪により高調波成分が含まれる場合の特性は、動作原理により表2. 3. 1のようになる。高調波の成分が多く、歪率が100%を越える場合には完全電磁形の使用は避ける必要がある。

表2. 3. 1　動作原理からみた高調波の影響

種　　別	動　作　原　理	高調波の各特性に及ぼす影響（商用周波数正弦波との比較)		
		時延引きはずし特性	瞬時引きはずし特性	温　度　上　昇
熱動電磁形	抵抗によるジュール熱を利用して、バイメタルをわん曲させるため、その特性はほぼ発生するジュール熱によって決定される。	高調波をある程度含んだ回路でもその実効値（ジュール熱）が同じであれば特性に大きな変化はない。	電磁力を利用しているため高い周波数を含んだ回路ではうず電流による逆励磁電流により、その特性は鈍化し引きはずし電流値は上昇する傾向を示す。	導体の表皮効果等により若干発熱するがその値は無視できるので温度上昇はほとんど変化しない。
完全電磁形	時限を出すためにオイルダッシュポットを使用しパイプの中にある油の粘性と過電流コイルによるアンペアターンによる電磁力によって、その特性は決定される。	高調波含有率によってのみでは決まらず、その波形によっても特性は変化し、特に周波数が高くなるとその特性は鈍化し引きはずし電流値が上昇する傾向を示す。	同　上	うず電流損やヒステリシス損が高調波の増加に伴って増えるため温度は上昇する。
電　子　式	負荷電流信号をその実効値又はピーク値に等しいDC信号の大きさにより各時限回路が動作する。	実効値変換した信号を用いているため高調波を含んだ回路でもその実効値が同じであれば特性に変化はない。	（短限時一瞬時）はピーク値変換した信号を用いているため、波形の波高率により特性が変る。	導体の表皮効果等により若干発熱するがその値は無視できるので温度上昇はほとんど変化しない。

2. 2. 7　直流回路の高周波リップル

直流電流にも、完全に平滑された直流から、高周波リップルを多量に含んだ直流まで色々あり、標準の直流回路用遮断器は完全に平滑された直流電流用として製作されているので、高周波リップルを含んだ直流電流が流れる場合は表2. 3. 2のような注意が必要である。

表2. 3. 2　動作原理から見たリップル電流の影響

波　形 ＼ 種　別	50・60Hzの全波整流波形	400Hz以下の高周波リップルを多量に含む場合
熱動電磁形	負荷電流の実効値でNFBの定格電流を選定する。 瞬時引きはずし電流値が約1/1.3に小さくなる。	負荷電流の実効値でNFBの定格電流を選定する。 但しNFBの定格電流が鉄損による発熱のため下るので次のように余裕をとる。 $I_{NFB} \geqq 1.4 \times I$〔Arms〕 （$I = \sqrt{I_{DC}^2 + Ir^2}$〔Arms〕）
完全電磁形	負荷電流の実効値でNFBの定格電流を選定する。 瞬時引きはずし電流値が約1/1.3に小さくなる。	鉄損による発熱のためにリップル含有率Ir/I_{DC}が0.5以下の場合のみ次の様に選定すれば使用できる。 $I_{NFB} \geqq 1.4 \times I$〔Arms〕

2. 3　漏電動作特性

2. 3. 1　漏電に対する動作特性

JIS C 8201-2-2規格は、その附属書1にはIEC規格に整合したNVを、附属書2には我が国で従来から使用されてきたNVをそれぞれに規定している。ここでは、主として我が国で従来から使用されてきたNVを中心にみていく。

一般的なNVを動作特性により分類すると表2. 4. 1のとおりとなる。使用目的により動作特性と感度電流を選定する。

表2. 4. 1　動作特性によるNVの分類（JIS）

動　作　特　性		定　格　感　度　電　流	
形　　式	動　作　時　間	形　　式	定格感度電流
高　速　形	定格感度電流で0.1s以内	高　感　度　形	（5）mA （6） （10） 15 30
		中　感　度　形	（50）mA 100 200 （300） 500 （1000）
		低　感　度　形	（3）A （5） （10） （20）
反　限　時　形	定格感度電流で0.3s以内 定格感度電流の2倍で0.15s以内 定格感度電流の5倍で0.04s以内 500Aで0.04s以内	高　感　度　形	（5）mA （10） 15 30
時　延　形	定格感度電流で0.1～2s 10Aの電流で0.1s不動作	高　感　度　形	（5）mA （6） （10） 15 30
		中　感　度　形	（50）mA 100 200 （300） 500 （1000）
		低　感　度　形	（3）A （5） （10） （20）

（　）は一般的な定格感度電流でない。

表2. 4. 2　動作特性によるNVの分類（IEC）

動　作　特　性		定　格　感　度　電　流		
形　　式	動　作　時　間			
高　速　形	定格感度電流の5倍で0.04s以内	6mA 10 30 100	300mA 500 1000	3A 10 30
時　延　形	慣性不動作時間は 定格感度電流の2倍で 0.06s-0.1s-0.2s-0.3s 0.4s-0.5s-1s	100mA 300 500 1000	3A 10 30	

2. 3. 2　漏電引きはずし動作特性

三菱NVは、

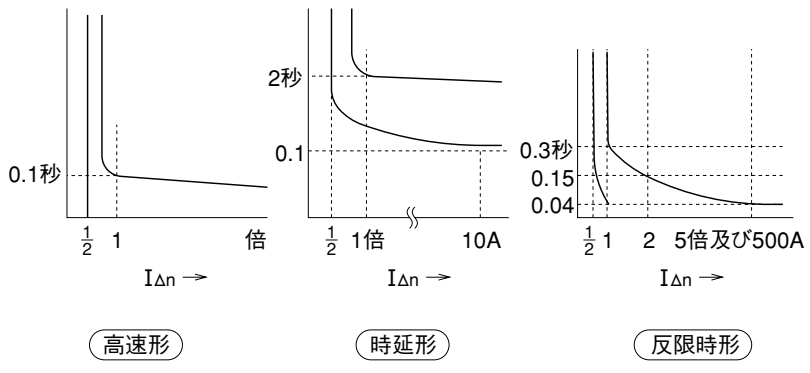
周囲温度－10℃～＋60℃

定格電圧の80%～110%

定格電流の0%～100%

の範囲で変化させても図2. 7の範囲で動作することを表2. 5の基準で確認しており、その結果、次のような特長がある。

- 専用ICを使用しているので、感度電流は繰返し動作しても非常に安定している。
- 50Hz、60Hzのどちらも満足する。
- 定格不動作電流に2kV～3kVの開閉サージを重畳させて不動作の確認をしている。



注.$I_{\Delta n}$……定格感度電流　　$I_{\Delta n} \leqq 30mA$…高感度形
$\frac{1}{2}I_{\Delta n}$…定格不動作電流　　$I_{\Delta n} > 30mA$…中感度形

図 2. 7　漏電引きはずし特性

表2. 5

	動作時間（秒）	慣性不動作時間（秒）
高速形	0.1以下	―
時延形	0.15 ～ 0.45	0.1以上
	0.6 ～1.0	0.5以上
	1.2 ～2.0	1.0 以上

2. 3. 3　平衡特性

平衡特性とはモータなどの始動電流で誤動作しないことを確認する試験である。

JIS規格では、表2. 6及び図2. 8の条件で試験するよう規定している。

三菱NVは、ZCTをシールドケースで覆い、この基準を満足している。

表2. 6　試験電流

負荷状態	試験電流
1φ	次の値の小さい値 ー定格電流の6倍 ー瞬時引きはずし電流値の最大値の80%

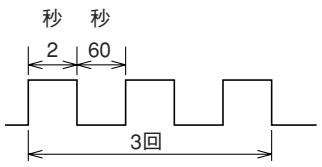


図 2. 8　試験条件

2. 3. 4　テスト装置の性能

テスト装置の耐久性能を検査するものである。

JIS規格では、次の試験で異常のないことを規定している。

- 最大定格電圧の110%電圧で、テスト装置を5秒間隔で25回瞬時動作させる。
- 最小定格電圧の85%電圧で、テスト装置を5秒間隔で3回瞬時動作させる。
- 最大定格電圧の110%電圧で、テスト装置を5秒押した状態で1回動作させる。

三菱NVは、この基準を満足している。

2. 3. 5　耐久性能

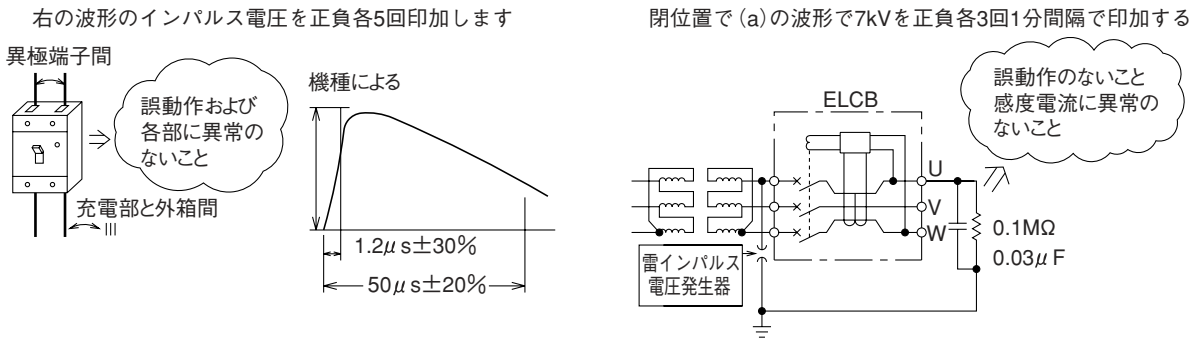
NFBと同様に、NVにもアンペアフレームに応じた回数の通電・無通電の開閉耐久と、その中で通電の1/3はテストボタンによる動作、さらに通電の1/3は1極に定格感度電流を通電しての動作耐久（トリップ耐久）が規定してある。

三菱NVは、この基準を満足している。

2. 3. 6　インパルスサージ性能

定格インパルス耐電圧とインパルスサージ電流不動作性能の2つの性能試験が規定されている。

図2. 9にその試験条件を示す。



(a)定格インパルス耐電圧(Uimp)　　(b)インパルスサージ電流不動作性能

図 2. 9　インパルスサージ性能試験

三菱NVは、所定の性能を有している。

2. 3. 7　放射電磁波不動作性能

JIS規格では、定格電流を印加し、表2. 7の放射電磁波を2秒間印加して不要動作しないこととある。

三菱NVは、この基準を満足している。

表2. 7

周波数（MHz）	試験品近傍の電界強度
27	130dB（3.16V/m）
144	130dB（3.16V/m）
430	140dB（10V/m）
900	146dB（20V/m）

1μV/m=0dBとする。

2. 3. 8　高調波電流重畳引きはずし性能

JIS規格では、漏洩電流に、

●3次高調波　ひずみ率10%

●5次高調波　ひずみ率10%

を加え、定格感度電流の1/2倍を越え、定格感度電流で動作することとある。

三菱NVは、この基準を満足している。

2. 3. 9　高周波電流重畳引きはずし性能

JIS規格では、定格電圧を印加し、1極に表2. 8の高周波電流を流し、他の1極に商用周波数を流したとき、商用周波の電流により、定格感度電流の1/2倍を越え、定格感度電流で動作することとある。

三菱NVは、この基準を満足している。

表2. 8

高周波電流（kHz）	高周波電流の値
1	定格感度電流の0.1倍
3	定格感度電流の0.26倍
30	定格感度電流の2.0倍

ただしmax.2A

2. 3. 10　取付上の注意事項

(1) 定格電圧以外では使用しない

増幅装置には電子式を採用しているが、この電子回路部は、表示した定格電圧に合致した最適の設計なので、感度電流を確認するためのテスト回路のテスト電流は、定格感度電流にあった最適の値にしてある。したがって、定格電圧以外の電源電圧で使用すると、これらの機能が狂うものがある。

三菱NVは、電圧共用形、電圧両用形、電圧切替形にし、使用可能な電圧範囲を広くしている。

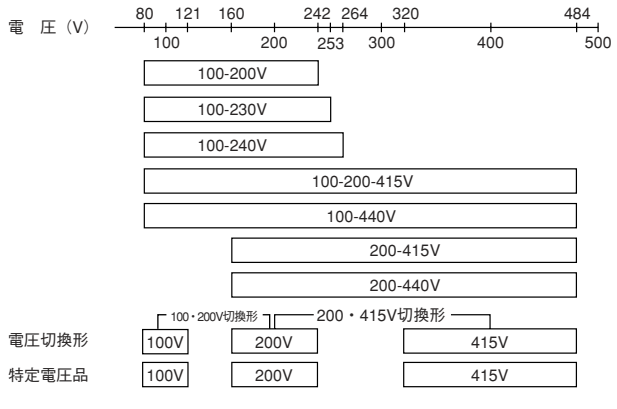


図 2. 10　漏電保護機能の動作可能な電圧変動範囲

(2) 電源側と負荷側を逆に接続しない

電源側と負荷側を表示しているNVは、内部の電磁装置が短時間定格のため、電源側と負荷側を逆に接続すると、トリップしたのちも電圧印加が継続して、電磁装置を焼損させる場合がある。

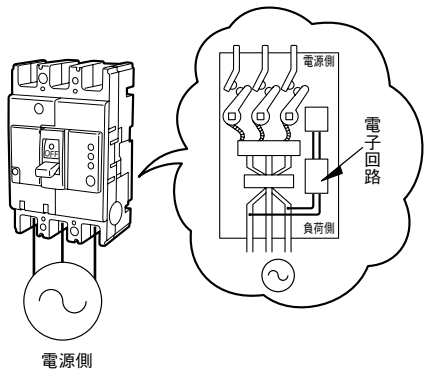


図 2. 11　逆接

(3) 並列接続しない

NVを並列接続するとまわり回路ができて、一方のNVは必ず動作し、電磁装置が焼損する事があるので、絶対に並列接続はしないこと。

NFBとNVの並列接続も絶対にしないこと。

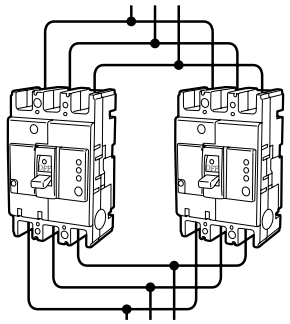


図 2. 12　並列接続

(4) 電圧線間の感電事故は保護できない

感電は感電でも、この場合は地絡電流が流れない事故なので、NVでは保護できない。

(5) 共通接地には注意する

図2. 13でNFBを接地しているモータAに地絡が発生したとき、地絡電流は接地線を通して大地へ流れる。このとき、接地線がもし図2. 13のように共用になっていると、モータAに発生した危険な対地電圧は、接地線を介してモータBにも波及する。

しかし、電流動作形のNVはこの危険な電圧を感知できないため、NVを設置した電路と、設置していない電路の負荷は接地線を必ず別々に、また、なるべく離して施設しなければならない。

なお、当然のことながら、モータBに地絡が発生した場合にはNVが動作して、危険な電圧を取り除く。

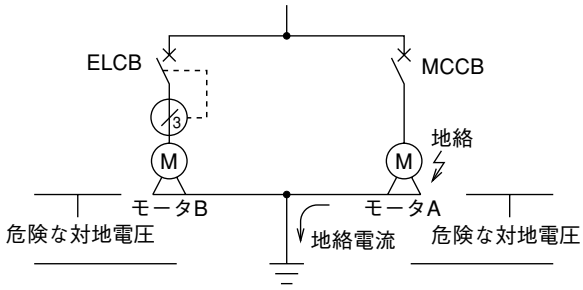


図 2. 13　共通接地の場合の悪い例

(6) インバータ二次側に設置しない

漏電検出回路の制御電源を漏電遮断器内部より取っている。このため、インバータの二次側で使用した場合、高周波の影響で漏電検出回路の電子部品が焼損するおそれがあり使用できない。

2. 4　開閉耐久性能

NFBは開閉器ではなく、遮断器である。したがって、遮断が本務であり開閉は第2の機能である。通常、電力回路では、断路・開閉・遮断・保護継電器の機能をそれぞれ別個の機器で分担させるのが原則であるが、低圧回路では経済性の観点からこの4機能をすべてNFBに負わせることもある。しかし、開閉器は開閉寿命と開閉頻度が生命であるので、可動部質量や接触圧力はあまり大きくできない。一方、NFBは強力な消弧性能と接触圧力を要求されるので、開閉寿命や開閉頻度は開閉器に及ばない。開閉器として使用される場合の参考として、NFBに規格上保証されている開閉回数を表2. 9に示す。

なお、NFBに電圧引きはずし装置や不足電圧引きはずし装置を取付けて、電気的にトリップさせる場合のトリップ耐久（電気的引きはずし耐久）は規格によると合計耐久回数の10%と規定されている。また、シーケンスチェックに使用されるトリップボタンによるトリップ耐久も合計耐久回数の10%である。したがって、電圧引きはずし装置・不足電圧引きはずし装置およびトリップボタンは、一種の非常用引きはずしとして設計しているので、これを常用開路手段として用いることは著しく遮断器の寿命を短くするので注意が必要である。

表2. 9　NFBの開閉耐久回数（JIS C 8201-2-1、IEC 60947-2）

フレームの最大定格電流 A	開閉頻度 回/時間	開閉耐久回数　回		
		通電	無通電	合計
100以下	120	1,500	8,500	10,000
101～315	120	1,000	7,000	8,000
316～630	60	1,000	4,000	5,000
631～2500	20	500	2,500	3,000
2501～	10	500	1,500	2,000

2. 5　短絡遮断性能

2. 5. 1　Icu と Ics

JIS C 8201-2-1に規定するNFBの短絡遮断性能には次のものがある。

1回でも遮断した後は早い時期に新品に取り替えることが望ましい処置である。

略号	用語	説明
Icu	定格限界短絡遮断容量	定格使用電圧ごとに与えられ、動作責務O－3分－COの条件を満たす遮断性能の数値。
Ics	定格使用短絡遮断容量	定格使用電圧ごとに与えられ、動作責務O－3分－CO－3分－CO及び遮断後に定格電流を開閉し、温度上昇性能が規定値以下の条件を満たす遮断性能の数値。

動作責務O　：短絡遮断試験において遮断器は閉状態にあり、別の投入手段で試験回路を短絡状態にしたとき、遮断器が遮断動作する責務。
動作責務CO：短絡遮断試験において遮断器は開状態にあり、その遮断器を閉へ投入動作させたときに試験回路が短絡状態になり、遮断器が遮断動作する責務。

2. 5. 2　定格使用電圧の表示

従来、配線用遮断器のJIS規格はJIS C 8370（以下、従来JIS）が制定されていたが、国際規格との整合を図ったJIS C 8201-2-1（以下、新JIS）が2004年12月に発行された。
配線用遮断器の従来JISの定格使用電圧Ueの表示は、公称電圧の1.1倍と規定されていたが、新JISでは1.0倍に変更された。これは、表示のみの変更であり、試験は従来通り1.1倍の電圧で行うため実質的な変更はない。

表2. 10　従来JISと新JIS比較表（公称電圧415Vの場合）

	従来JIS 〈JIS C 8370〉	新JIS 〈JIS C 8201-2-1〉
公称電圧（回路電圧）	415V	415V
定格使用電圧（遮断器の表示電圧）	460V	415V
短絡遮断試験の試験電圧	460V	460V

2. 5. 3　選択遮断

(1) 選択遮断方式とNFB

①選択遮断方式の基本

選択遮断方式とは、事故回路に直接関係する保護装置のみが動作し、他の健全な回路はそのまま給電が継続されることを目的とした保護方式である。つまり、図2. 14において、S_2点の事故に対してはNFB_2のみが動作し、上位のNFB_1および他の分岐回路のNFB_3はいずれも動作に至らないようにするものである。

選択遮断は過負荷および短絡を含むすべての過電流に対してなされるのが望ましいが経済性をも勘案し、できるだけ、その関係を保ちうる範囲を拡大する方策をとらなければならない。

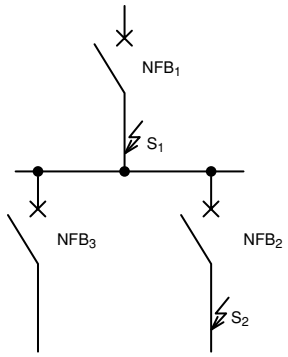


図 2. 14　選択遮断方式

②選択遮断方式の検討

通常のNFBを使用した場合について図2. 14において考えてみる。NFB_1とNFB_2の両者の動作特性曲線を比較することになる。これらの関係が図2. 15のようになったとすると、両者は交差していないので、全領域で選択遮断関係が保てそうにみえる。しかし、NFB_1は動作しないことを確認するわけであるから動作特性曲線ではなくいわば不動作特性曲線を描く必要がある。つまりNFB_1のいわゆるアンラッチングタイム（復帰可能時間）について知る必要がある。

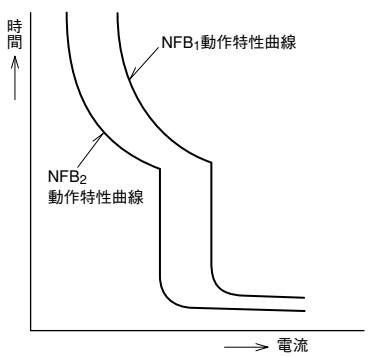


図 2. 15　動作協調

アンラッチングタイムとは、ある過電流がある時間NFBに流れた場合、動作に至らない最大の過電流通電時間をいう。NFBの場合、長限時引きはずし領域では動作時間が長いので、動作時間とアンラッチングタイムの差は無視できるが、瞬時引きはずし領域では、遮断時間そのものが通常20ms以下と短いので、アンラッチングタイムを無視できなくなる。つまり図2. 16に示すとおり、動作特性曲線の瞬時引きはずし領域では、正確にアンラッチングタイムを描いて、分岐回路のNFBの引きはずし特性曲線と比較する必要がある。前に述べたとおり、通常T_1は20ms以下でフレームサイズにより大きな差はなく、T_2は数ms程度であるから、NFB_1とNFB_2の関係は通常図2. 17のようになり、両者が選択遮断関係を保ち得るのはNFB_1のアンラッチングタイムと、NFB_2の全遮断時間とのクロスポイントまでとなる。つまりNFB_1の瞬時引きはずし電流値Iiまでとなる。

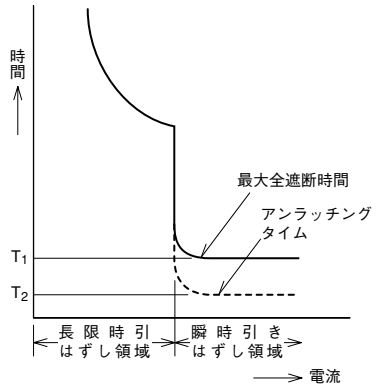


図 2. 16　NFB のアンラッチングタイム

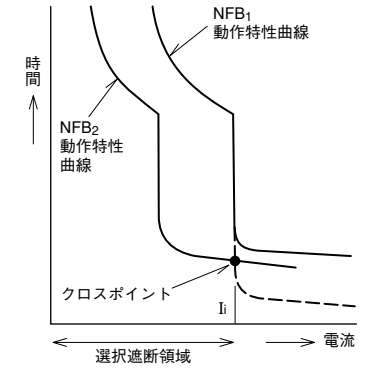


図 2. 17　通常の NFB の選択遮断領域

以上説明したとおり、図2. 14に示すような主回路NFB_1と分岐NFB_2では、主回路NFB_1の瞬時引きはずし電流値までが選択遮断領域であるが、S_2点の事故電流としては、S_2点の短絡電流まで考えられるので全領域にわたって、つまり、すべての過電流に対して選択遮断関係を保つことができない。

全領域にわたって選択遮断関係を保つためには図2. 18に示すとおり、NFB_1のアンラッチングタイムをNFB_2の動作特性曲線とクロスしないように長くすればよい。たとえば T'_2 を30ms程度以上にできればよいのである。短限時引きはずし特性をもつNFBがこれにほかならない。

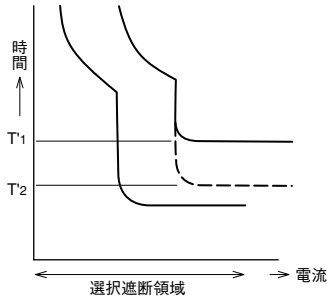


図 2. 18　選択遮断領域の拡大

(2) 保護協調用遮断器

①電子式ノーヒューズ遮断器

電子式NFBは図2. 19に示すように、ピックアップ電流を調整できる短限時引きはずし特性をもっており選択遮断に適している。また大短絡電流に対しては、瞬時引きはずし動作を行うので、従来の短限時つきNFBのように、高速遮断を犠牲にしたことによる遮断容量の低下ということがない。

また、電子式NFBは長限時動作時間、短限時動作電流、短限時動作時間、瞬時引きはずし電流が調整できるので多岐にわたる選択遮断が可能であるなど、すぐれた特長をもっている。図2. 20は電子式ノーヒューズ遮断器の特性設定部の写真を示す。図2. 21はその一例を示す。図2. 22はその協調関係を示す。

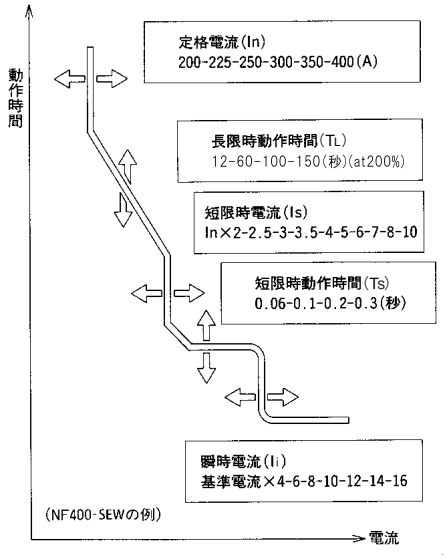


図 2. 19　電子式 NFB 可調整特性

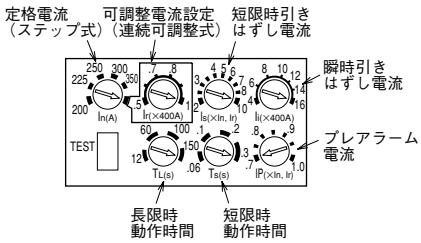


図 2. 20　電子式 NFB の特性設定部（NF400-SEW の例）

図2. 21の回路構成により、第1ステップ(NF1600-SEW形、1600A設定)第2ステップ(NF630-SEW形、500A設定)第3ステップ(NF250-SV形、150A)間において図2. 22に示すとおり、動作特性上の協調が完全に得られており、選択遮断は、第1・第2ステップ間で20kAまで、第2・第3ステップ間で10kAまで可能である。

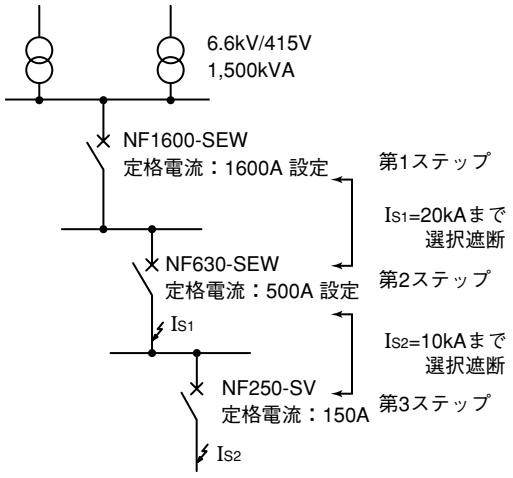


図 2. 21　系統図

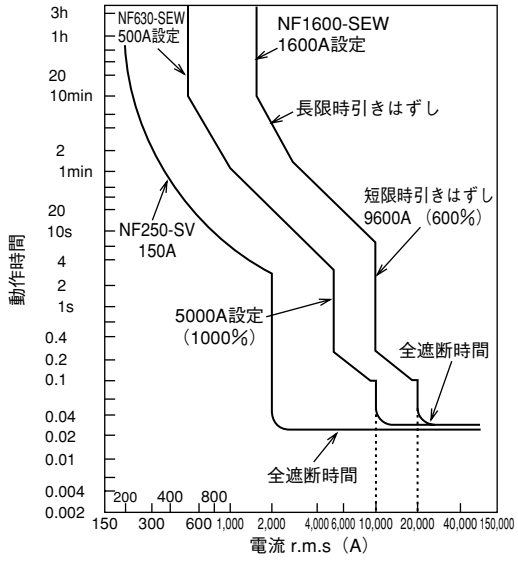


図 2. 22　系統図（図 2. 21）による各 NFB 間の協調特性

②気中遮断器（ACB）

気中遮断器は主に低圧回路の主幹用ブレーカとして使用され、保護協調用遮断器として最適である。

例えば、AE-SW形の場合、図2. 23に示すように、定格電流、長限時動作時間、短限時ピックアップ電流、短限時動作時間、瞬時ピックアップ電流が広範囲に調整できる機能をもっており、電子式NFBより保護協調をとり易くしてある。また、ACBの瞬時ピックアップ電流は最大、定格電流の16倍±1倍まで設定でき図2. 24の系統例のように図2. 21の系統例のNF1600-SEW形をAE1600-SW形に置換えると最大瞬時ピックアップ電流は1600A × 15 = 24,000Aとなり第1ステップ、第2ステップ間で24kAまで選択遮断ができる。

このようにACBを上位遮断器として使用すると選択遮断領域の拡大が図れる。

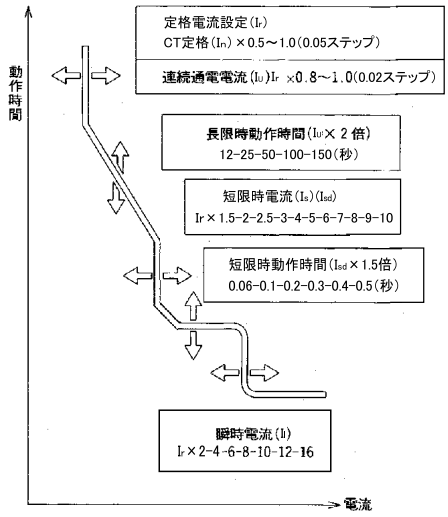


図 2. 23　AE-SW 形の可調整範囲例（WS1 リレーの場合）

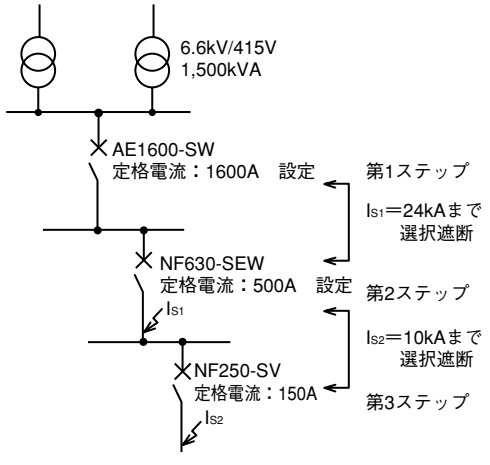


図 2. 24　系統図

(3) 選択遮断領域の拡大

①下位限流遮断器使用による拡大

実際に流れる短絡電流そのものを限流するいわゆる限流ブレーカと呼ばれるNFBを分岐回路のNFBとして使用すれば、相対的に幹線NFBの瞬時引きはずし電流値が増大したことになり、選択遮断可能範囲が拡大される。

たとえば、図2. 25に示すように、NF1600-SEW形を幹線に、分岐NFBとして限流ブレーカであるNF250-UV形と通常のNF250-SV形とを使用した場合について考えてみる。

NF1600-SEW形の瞬時引きはずし電流は、動作特性曲線上は、実効値で表わされているが、実際の動作は尖頭値によって行われる。

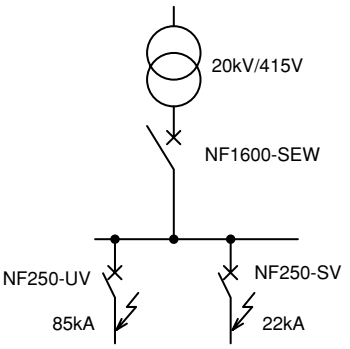


図 2. 25　分岐回路に限流ブレーカを使用した場合

したがって、通過する電流の最大尖頭値が瞬時引きはずし電流値の$\sqrt{2}$倍以下であれば選択性が得られる。

たとえば、図2. 26においてNF1600-SEW形の瞬時引きはずし電流値は20kAであり、この値は対称実効値であるから、通過電流の最大尖頭値が$20 \times \sqrt{2}$（kA）をこえなければ動作に至らない。

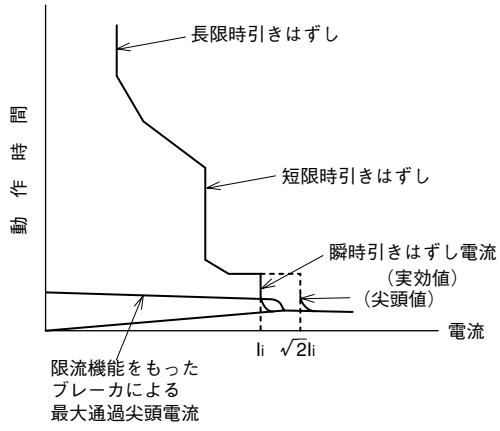


図 2. 26　限流ブレーカと選択遮断

限流ブレーカNF250-UV形を考えてみる。
NF1600-SEW形の定格遮断容量85kAの短絡電流でもNF250-UV形の通過最大尖頭値は$20\times\sqrt{2}$（kA）をこえることはないため85kA（短絡電流対称値）まで選択遮断が可能である。

一方、NF250-SV形を分岐NFBとして使用した場合は選択遮断が可能な短絡電流は限流が少ないので22kAまでとなり、この値は対称値であるから非対称値でいうと25kAまでとなる。つまり、分岐NFBの種類により、選択遮断領域は大幅に異なるのである。また、実際の選択遮断の場合には、限流された電流波形が正弦波と異なるので、選択遮断領域は上記算出値と異なる場合がある。

②ACBによる選択遮断領域の拡大（MCR付）

ACBは大きな短時間耐電流をもっており、JIS C 8201-2-1によれば、定格短時間耐電流（Icw）とは、規定条件の下でその電流を所定の時間、遮断器に通電しても異常の認められない最大電流値と規定されており、この短時間耐電流までの選択遮断が可能である。三菱ACBの通電時間は1秒である。この短時間耐電流まで選択遮断領域を拡大するには、遮断器の投入時のみ瞬時引きはずし機能をもつMCR（Making Current Release）機能を付けて、遮断器投入後は長限時、短限時の保護特性で選択遮断を行えばよい。図2. 27は系統例図2. 24の場合の協調特性であり、MCR付ACBを使用することにより65kAまで選択遮断領域が拡大されている。

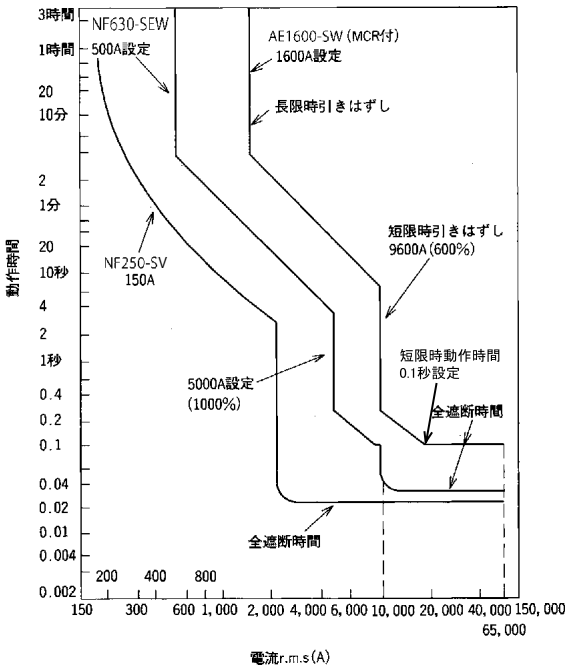


図 2. 27　系統図（図 2. 24）による協調特性

また、ACBは短限時動作時間が調整（0.06～0.5秒）できるので、図2. 28に示すようにACB間の多段の選択遮断も可能である。

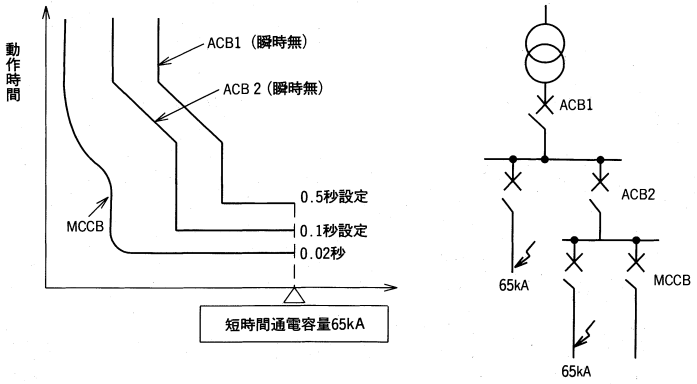
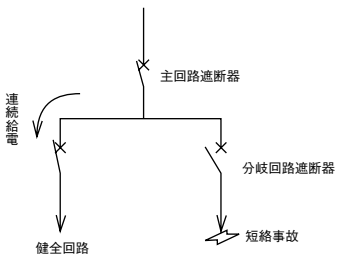


図 2. 28　ACB による多段の選択遮断

（4）選択遮断組合せ

以上、選択遮断用のNFBについて、それぞれ考え方と注意すべき点を説明したが、実際に電路を設計する場合は、表9. 6. 1および表9. 6. 2にこれらの考え方を考慮して組合せ表を示しているので利用いただきたい。本表に示してある短絡電流までがその組合せにおいて選択遮断できる。



2. 5. 4 カスケード遮断

遮断器の第一次機能は、事故電流を安全に遮断することであり、配電線には十分な遮断容量をもった遮断器を設置しなければならないことが電気設備の技術基準にうたわれている。しかしながら電力系統のバックパワーの増大にともないNFBの遮断容量が不足する場合があり、また、系統全体の経済性も重要な検討事項である。このため電路中の異なる地点に直列に設置された2個の遮断器間のカスケード遮断技術の採用が検討される。

カスケード遮断とは分岐回路のNFBの設置点での推定短絡電流が分岐回路のNFBの遮断容量をこえる場合、主回路用NFBまたは他の機器によって後備（バックアップ）保護を行わせる方式である。このため遮断に際して、主回路用NFBは、分岐回路NFBと同等またはそれより速く開離し、接点間にアークを発生させ分岐回路NFBの遮断エネルギーを軽減する必要がある。

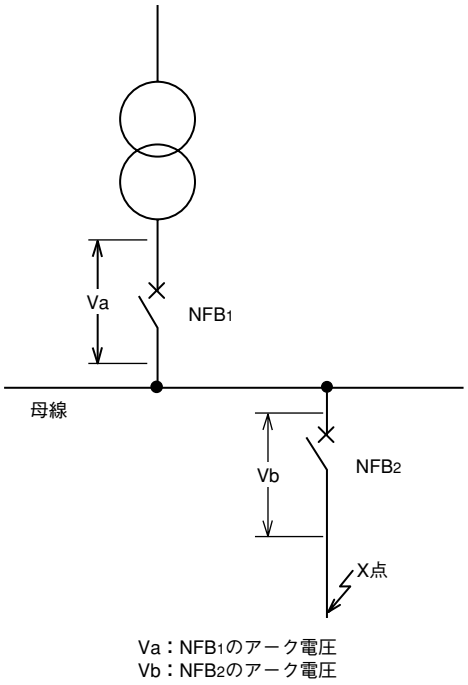
したがって基本的にはカスケード遮断方式の場合、選択遮断システムは犠牲になり、両者が同時に成立することはない。

このカスケード遮断方式は2個の遮断器の組合せ遮断の裏付けデータをもって各メーカが組合せを発表し、これにしたがってNFBが配置線路に応用されていた。電気設備の技術基準の解釈第37条においてもカスケード遮断についての規定が記載されている。

(1) NFB同士の組合せ

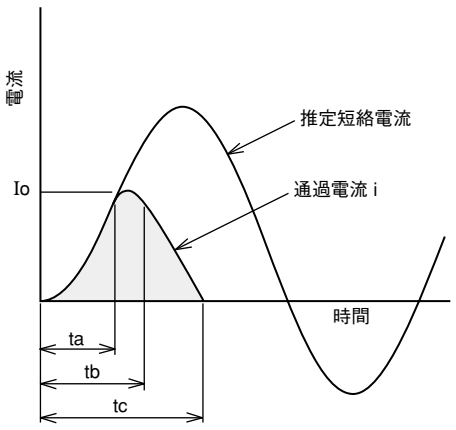
図2. 29のX点の短絡事故で発生する短絡電流を、NFBの開極時間が非常に早いことに着目して、NFB_2の接点に生ずるアークのみならずNFB_1の接点に生ずるアークをも重畳させ、両方協力して遮断を行う。このことによって分岐のNFB_2に加わるアークエネルギーが低減されることがカスケード遮断方式の意義である。

理想的なカスケード遮断を行う場合の2つのNFB間の動作を以下説明する。



Va：NFB_1のアーク電圧
Vb：NFB_2のアーク電圧

図 2. 29　NFB と NFB を使用した場合



ta：NFB_1の開極時間
tb：NFB_2の開極時間
tc：全遮断時間

図 2. 30　カスケード遮断

いまNFB2の遮断容量より大きな短絡電流がX点に生ずるとta秒の後NFB1が開離しアーク電圧Vaを発生する。このVaのために短絡電流が限流され波高値Ioに押えられる。その後、tb－ta秒経てNFB2が開離しアーク電圧Vbが発生する。さらにtc－tb秒経て全遮断を完了するが、その間はNFB1とNFB2の両方にてアークを発生する。NFB1は限流すると同時にアークエネルギーを分担しNFB2を助けている。

カスケード遮断方式に関する2つのNFB間の協調とはこのことを意味し、NFB1には限流作用をもっていること、開離時間がNFB2と匹敵するほど速いことの2つが機能として要求される。

カスケード保護を行うNFBの組合せは、メーカの推奨する組合せに限定されているが、NFB間のカスケード動作協調が成立するためには、次の条件を満足する必要がある。

① NFB1およびNFB2により限流された波高値がNFB2の機械的強度以下であること。
② NFB1およびNFB2による短絡電流遮断時の最大通過$I^2 \cdot t$がNFB2の熱的強度以下であること。
③ NFB2の全遮断特性曲線とNFB1の開極時間との交点が少くともNFB2の遮断容量以内であること。
④ NFB2に発生するアークエネルギー($\int_{tb}^{tc} Vbidt$)はNFB1により後備保護されNFB2の耐量以下の値であること。
⑤ NFB1は母線の短絡に対してそれのみで十分な遮断容量をもっていること。

分岐回路において10,000Aをこえる短絡電流が推定される場合は、経済的にカスケード遮断方式が有利となる場合が多いので、電気設備の技術基準の解釈第37条にカスケード遮断方式の採用が規定されている。この場合の被バックアップ遮断器としては、10,000A以上の短絡電流を遮断する能力をもつ遮断器を施設することが原則である。しかしながら同一箇所において2個の遮断器を組合せてひとつの過電流遮断器として使用する場合の被バックアップ遮断器としてはバックアップ遮断器との間の協調がとれているなら、遮断容量10,000A以上の制限を受けない。

なお、同一箇所と見なされうるのは次のような場合である。

- 同一分電盤内、同一配電盤内またはその列盤内
- 同一キュービクル、コントロールセンタまたはその列盤内
- 同一電気室内(受電室、変電室)

(2) 超限流遮断器とNFBとの組合せ

超限流遮断器をカスケード遮断方式のバックアップ遮断器として使用することにより、分岐回路のカスケード遮断容量を大巾に向上させることができ、経済的なシステムを組むことができる。

図2. 31 は超限流遮断器の限流動作を図示したもので、推定短絡電流(規約短絡電流)の波高値が450kAになる回路で、超限流遮断器NF125-UV形を使用すれば限流波高値が21kAとなり、優れた限流性能を有していることがわかる。AC415Vでの限流特性を、図2. 32、図2. 33に示す。図2. 32は最大尖頭電流値Ipを、図2. 33は最大通過エネルギー$I^2 \cdot t$を示す。

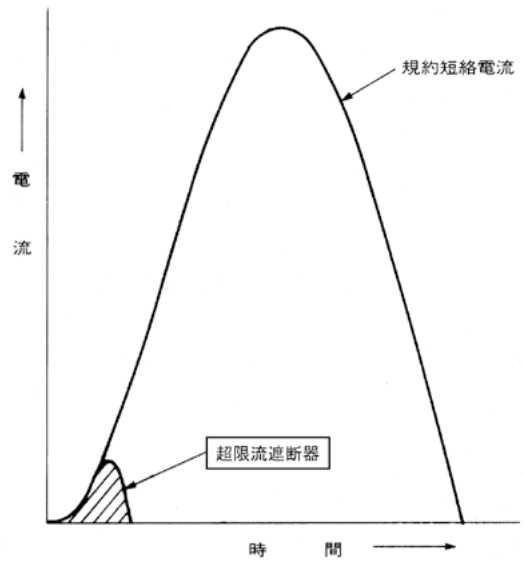


図 2. 31　超限流遮断器の限流効果

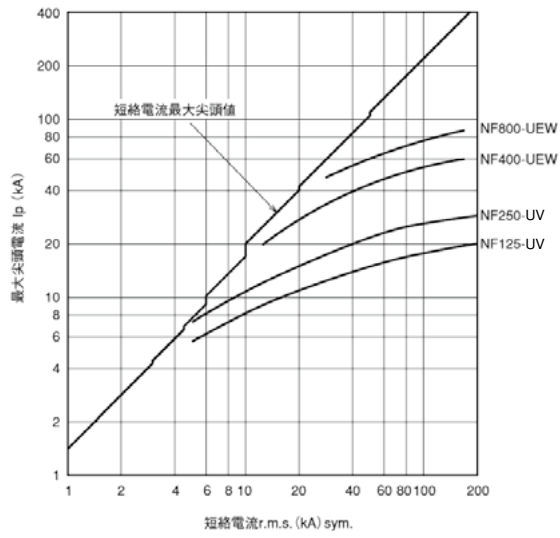


図 2. 32　通過電流尖頭電流特性

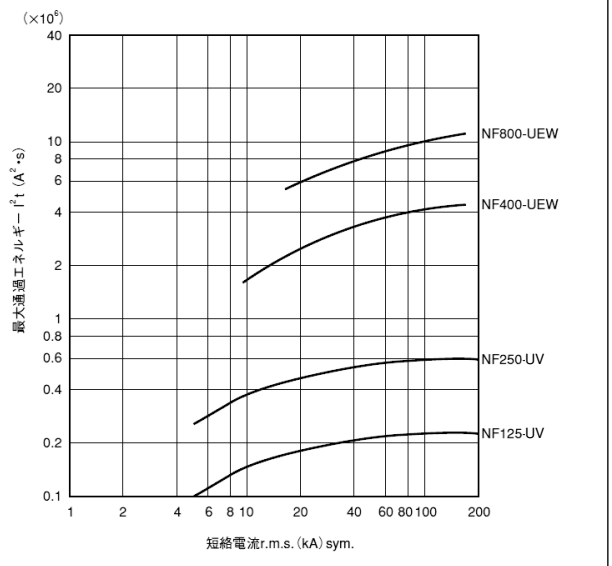


図 2. 33　通過 I^2・t 特性

図2. 34及び図2. 35にバックアップ遮断器として汎用品と超限流遮断器を被バックアップ遮断器として経済品を使用した例について示す。バックアップ遮断器を汎用品のNF250-SV形から超限流遮断器NF250-UV形に変更することでNF125-CV形のカスケード遮断容量は14kAから125kAに向上することができる。

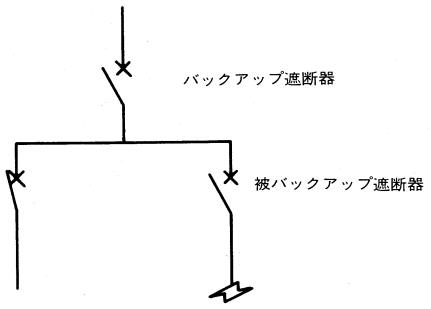


図 2. 34　カスケード遮断方式

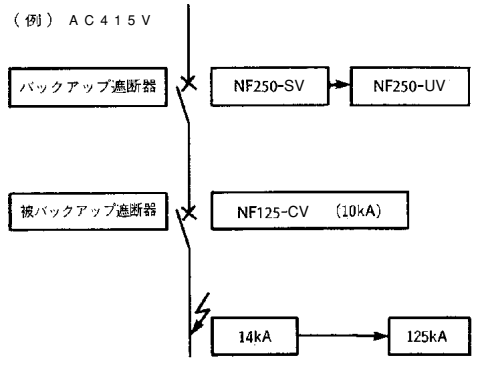


図 2. 35　カスケード遮断容量の比較

(3) ヒューズとNFBの組合せ

NFBの上位過電流遮断器としてヒューズを用いる場合がある。この目的は、

- ヒューズの過負荷領域は、NFBにより動作させ、ヒューズが溶断および劣化しないようにする。
- 短絡領域のうち、短絡電流の極めて大きい領域でNFBをカスケード保護することである。

そのために必要な条件は、図2. 36において

① ヒューズの短時間許容特性(a)はNFBの特性と過負荷領域において交差しないこと。

② ヒューズの溶断特性(b)とNFBの特性(d)とのクロスポイント電流IcはNFBの定格遮断電流Isの80%以下であること。

③ ヒューズの全遮断I^2・tおよび通過電流波高値IpはNFBの許容限界以内であること。

④ ヒューズにより限流された電流とそれを遮断するNFBのアーク電圧とによるアークエネルギーはNFBの許容限界内であること。

上記条件のうち①および②はカタログ等で与えられる事項であり具体的に検討できるが③および④は、定量的に机上で検討できるとは限らない。したがって、NFB同士のカスケードと同様に、ヒューズとNFBのカスケードの場合でも、実際の組合せで実験にて検証された組合せに限られる。

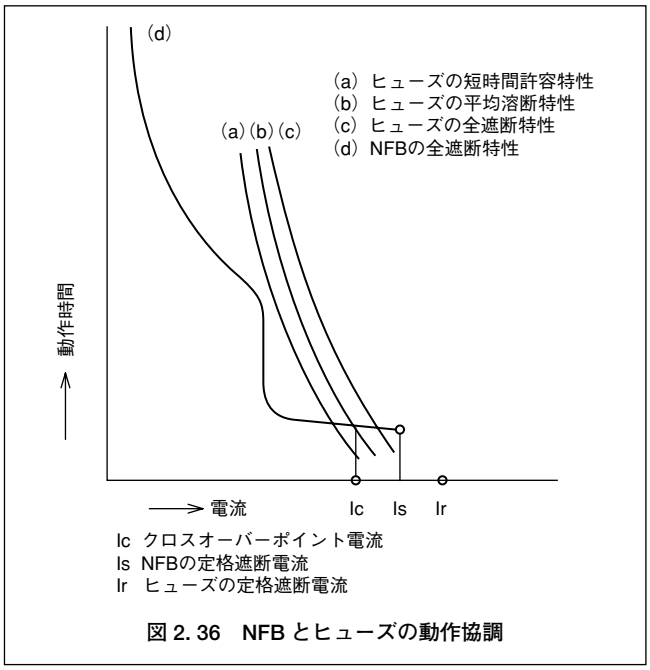


図 2. 36　NFB とヒューズの動作協調

(4) カスケード遮断組合せ

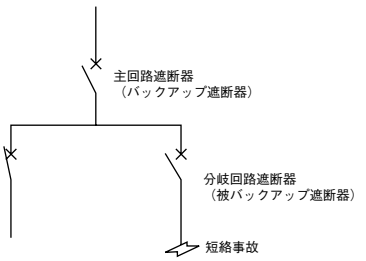
カスケード遮断方式は、要するに、バックアップするものとされるもの両者のアーク電圧の重なりがあるか否かである。しかもその重なりの程度は千差万別であり両者に相互に依存しており、理論的に推定することはできない。したがって、カスケード保護されるか否かは、実際にその組合せにおいて遮断試験を行い検証された組合せでなければならない。

このカスケード遮断の判定基準としては、各規定では表2.11のように述べている。表の左は、JEM1195「コントロールセンタ」に規定している“O”責務に対応し“O”責務1回のものである。しかし、責務後、誤って再投入しても波及事故は発生しないことが必要である。

表2.11　カスケード保護の判定基準

項目	短絡試験後の試験判定項目	JEM1195規定O責務の場合	JIS C 8201-2-1附属書A、NK規則
1	耐電圧、絶縁抵抗	良好であること	良好であること
2	ケース・カバーの破損	破損しないこと ただし、ヘアークラックはさしつかえない	破損しないこと
3	導電部の損傷・溶断	通電不可でもよい	損傷・溶断のないこと
4	接点の溶着	溶着していないこと	溶着していないこと
5	250%引きはずし	引きはずししなくてもよい	良好であること
責　　務		“O”	“O”－“CO”

三菱NFBの組合せにより、検証されたカスケード遮断容量を表9.7.1および表9.7.2に示す。ただし、その判定基準は“O”－“CO”責務とし、上記JIS C 8201-2-1附属書Aとした場合である。



2.5.5　単極遮断性能

(1) 新JIS（JIS C 8201-2-1 附属書1）における地絡発生時の遮断性能

①接地系で使用する場合の単極遮断性能（Isu）

IEC工事において、相接地式配電システムにおける回路遮断器に適用する。

接地系で使用する場合の単極遮断性能（Isu）は、附属書Cで規定されており、AC240Vを超える回路遮断器に適用される。

短絡試験は、定格限界短絡遮断容量Icuの25%で行う。

②非接地系で使用する場合の単極遮断性能（I_{IT}）

IEC工事において、IT（非接地又はインピーダンス接地）システムに設置した回路遮断器に適用する。

非接地系で使用する場合の単極遮断性能（I_{IT}）は、附属書Hで規定されており、AC240Vを越える回路遮断器に適用される。

附属書Hに適合しない回路遮断器および対応できない使用電圧には㊡の記号を表示しなければならない。

また、4極3素子のものは、ITシステムに使用できないため、本体に㊡の表示を行わなければならない。

短絡試験は、次に示す電流を各極に通電して行う。

- 短限時引きはずし付のもの（電子式）：
  短限時引きはずしの最大設定時の1.2倍
- 短限時の付かないもの：
  瞬時引きはずし電流値の最大設定時の1.2倍

(2) 地絡発生時の単極遮断性能について

接地系の400V級回路（対地電圧265V）において、次の単極遮断性能を有している。

定格限界短絡遮断容量Icuが5kAを超えるものの試験電流は5kAとし、定格使用電圧が265Vを超えるものの試験電圧は265Vとする。

2. 5. 6　直流遮断性能

近年、温室効果ガス排出量を削減できる太陽光発電や、データセンターの消費電力を抑えるために導入検討されている高電圧直流給電システム（HVDC）などで使用される高電圧直流用遮断器および開閉器の需要が高まっている。

(1) 構造と動作

高電圧直流用遮断器の構造はNFBとほぼ同一であり、消弧装置は高電圧の直流電流を遮断するために専用としている。一般的に直流遮断は交流遮断に比べ電流の零点がないため遮断が難しく、高電圧直流専用の消弧室としては高電圧となることで、アーク伸長の強化、グリッドによる分断電圧の増強などを実施しており、下記保護電流を分けて性能を満足するよう構成している。

①過負荷電流に対する保護

50A以下の小電流の場合、アークが発生する電磁力が小さく消弧装置のデアイオン効果が十分得られない。そのため高電圧化した場合、遮断器はTRIP動作するが、電流を遮断できない問題が発生する。この状態を回避すべく固定接触子と可動接触子間の距離が小さい小形遮断器では接点から離れた位置に1個の永久磁石を配置し磁性体の端子やアークランナで図2. 37のように固定接触子近傍まで50Aを駆動するのに必要な磁場（数mT）を発生させている。

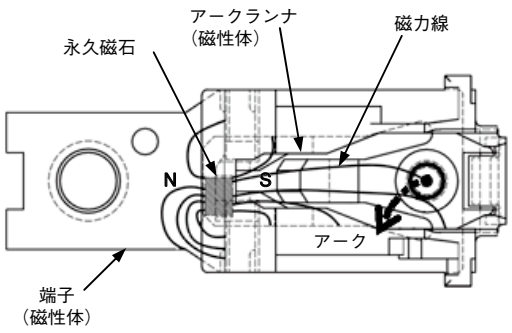


図 2. 37　永久磁石による磁場

この磁力線からフレミングの法則によりアークをグリッドへ接触させアーク電圧を上昇させる方法を採用しており、電流の方向により磁石極性を変更しなくてもよい構成としている。

②短絡電流に対する保護

デアイオン効果が十分使用可能な電流領域ではグリッドにアークを接触させることで発生する陰陽極降下電圧を利用し、1極あたりの必要なアーク電圧はDC600V 3極の場合220V/極、DC750V 3極の場合275V/極を発生できるよう固定接触子と可動接触子との間にグリッド（約20V/枚）を配置している。

また、グリッドはJIS C 8201-2-1に規定されている短絡遮断の責務（Ics/Icu）で発生するインダクタンスLから放出するエネルギー（$\frac{1}{2}L \times Ip^2$）＋抵抗R内に発生するジュール熱（$Irms^2 \times R \times t$）に耐えうる板厚で構成されている。

また、デアイオン効果と合わせて、交流用遮断器でも採用している可動側VJC、固定側VJCを採用し限流性能も確保している。

(2) 用途

高電圧直流用遮断器は、太陽光発電系統連係システムでの接続箱・集電箱用やデータセンターHVDCのコンパクト化として最適である。

太陽光発電用として4極品→3極品、データセンターHVDCとして3極品→2極品のコンパクト化が図れる。

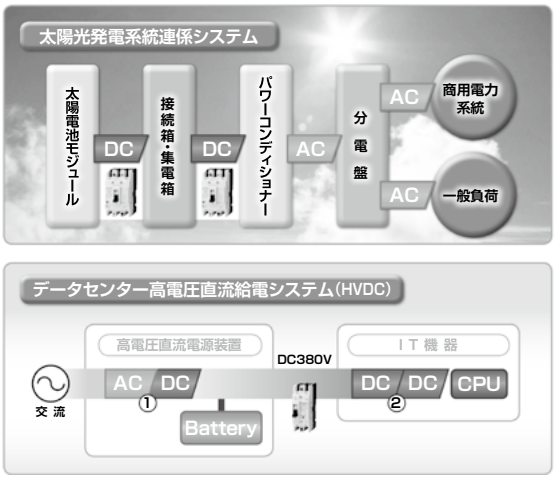


図 2. 38　高電圧直流用遮断器の用途例

2. 6　絶縁性能

JIS C 8201-2-1の耐電圧性能には次のものがある。

2. 6. 1　商用周波耐電圧性能

①電圧印加箇所

- 遮断器ON：全充電部一括と取付板間、
  各極と他の極一括を取付板に接続間
- 遮断器OFF・トリップ：全充電部一括と取付板間、
  電源端子一括と負荷側端子一括間

②印加時間　5秒間

2. 6. 2　インパルス耐電圧性能

定格インパルス耐電圧値に対応したサージ電圧波形の試験電圧を印加する。

①波形

- 波頭長：1.2 μ s
- 波尾長：50 μ s

②電圧印加箇所

- 遮断器ON：全充電部一括と取付板間、
  各極と他の極一括を取付板に接続間
- 遮断器OFF・トリップ：全充電部一括と取付板間、
  電源端子一括と負荷側端子一括間

③印加サイクル　1秒以上の間隔で正負各極性　5回

三菱NFBは表2. 13に示すインパルス電圧に耐える。

表2. 12. 1　耐電圧商用周波試験値　　単位 V

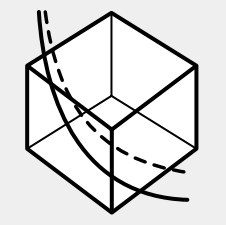
定格絶縁電圧　Ui	試験電圧 （AC実効値）
60以下	1,000
60を超え300以下	2,000
300を超え690以下	2,500

表2. 12. 2　インパルス耐電圧試験値　　単位 kV

定格インパルス耐電圧 Uimp	試験電圧
0.33	0.35
0.5	0.55
0.8	0.91
1.5	1.75
2.5	2.95
4	4.9
6	7.3
8	9.8
12	14.8

表2. 13　NFBのインパルス耐電圧

シリーズ名		形　名					耐衝撃電圧（V）
BH		BH-K	BH-K100	BH-P	BH-P100		7,000
BHミニ		BH-C1	BH-C2				7,000
FA		NF30-FA	NF50-FA				2,950
KC		NF30-KC MB30-KC	NF50-KC MB50-KC	NF100-KC			4,900
MB		MB30-CS					4,900
		NF63-SVF					7,300
		NF32-SV	NF63-CV	NF63-SV	NF125-SV	NF250-SV	9,800
NF	S・H	NF50-HCW NF32-SVF	 NF63-SVF				7,300
		NF32-SV NF63-HRV NF250-SV NF400-SW NF630-SW NF800-SEW NF1000-SEW	NF63-SV NF125-SV NF250-HV NF400-SEW NF630-SEW NF800-SDW NF1250-SEW	NF63-HV NF125-HV NF250-SEV NF400-HEW NF630-HEW NF800-HEW NF1250-SDW	NF125-SVF NF125-SEV NF250-HEV NF400-REW NF630-REW NF800-REW NF1600-SEW	NF125-HEV NF1600-SDW	9,800
	C	NF30-CS	NF32-CVF				4,900
		NF63-CVF					7,300
		NF63-CV NF400-CW	NF125-CVF NF630-CW	NF125-CV NF800-CEW	NF250-CV		9,800
	U	NF125-RV NF400-UEW	NF125-UV NF800-UEW	NF250-RV NF1200-UR	NF250-UV		9,800



3. 選定と協調

3 選定と協調

3. 1　遮断器選定の考え方の基本

低圧遮断器は基本的に電流応答機器であるためか、電流に関係する定格項目の選定に偏っているように思われる。とりわけ、定格電流値の決定で選定が終わることがある。しかし、電流に関係する定格項目には、遮断器の本来責務として最も重要な性能である定格短絡遮断容量もある。

さらには、法規・規格へ適合面においても、国内のみならずグローバルな知識も必要となってきている。接地方式の違いによる漏電遮断器の選定がその代表であるが、日本国内で「電気の常識」として考えられたことが、海外で同様に通用するとは限らない。ここでは、これらの項目のうち基本的な事柄について説明する。

3. 1. 1　選定とは

(1) 選定＝法規・規格の要求事項の遵守

低圧遮断器を使用する場合、世界各国には電気設備に対する一定の基準・規制があり、その要求条件に適合するように定格値を決めなければならない。低圧遮断器単品での性能も法規や工業規格で定められている。また、世界にはこのような保護機器について、製造や流通面からの規制をする国も多くある。

我が国では、電気用品安全法で特定電気用品に定められ、一般の電気機器よりも厳しく管理することが求められている。同様に、欧州CEマーキング、中国CCC、韓国KC、米国NRTLなど国家による強制認証制度をもった国ではやはり認証マークの表示を要求している。

このように、法規・規格の要求事項に適合させることが、低圧遮断器を選定することになる。

(2) 選定＝保護協調

低圧遮断器などの保護機器を使用するとき、保護機能はどうあるべきだろうか？

保護機能には両面があって、ひとつは「必要なときには確実に動作する（不動作にならない）」ことであり、もうひとつは「必要でないときには動作しない（誤動作しない）」ことになる。

この両方の要求に応えるためには、「保護協調」を考えることが重要である。すなわち、低圧遮断器の選定とは保護協調をとることに他ならない。

以上をまとめると、遮断器選定の基本的な考え方は、図3. 1のようになる。

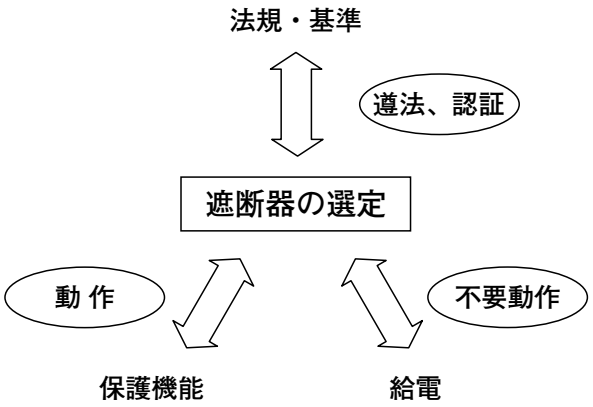


図 3. 1　遮断器選定の基本的な考え方

3. 1. 2　選定に係わる主な検討項目

遮断器を選定する上で必要な検討項目を、表3. 1に記載する。

これらの事項を検討して、遮断器の定格事項を決めることが選定となる。

表3. 1　遮断器選定時の主要検討項目

項　　目	概　　要
使用する国・地域	日本、欧州、北米、中国
法規・規格	電気設備技術基準、日本JIS規格、国際IEC規格、欧州EN規格、米国NFPA規格、中国GB規格
認証マーク	電気用品〈PS〉E、欧州CE、米国UL、中国CCC
遮断器の種別	NF、NV、AE、CP
極数、定格電圧の決定	設地方式、交直流、相線式、電圧、周波数
定格電流の決定	負荷の種類、負荷電流、使用条件
電線の決定	電線の種類・サイズ、許容電流
定格感度電流の決定＊	法規制値、保護目的、負荷機器の特性、電路の漏洩
定格遮断容量の決定	推定短絡電流、変圧器容量、電線の仕様、盤の短絡容量SCCR（米国）
協調の検討	動作特性、負荷特性、遮断方式、過電圧カテゴリー
特殊仕様の決定	特殊用途・仕様
設置方法	取付方法、接続の種別
付属装置	内部付属、外部付属、電気操作
使用環境	特殊環境用（低温用など）
経済性	価格、寿命、保守

＊漏電遮断器のみ

3. 1. 3　負荷の特性に応じた選定上の注意事項

NFBやNVの選定にあたっては、負荷の特性からくる注意点がある。

(1) 電灯回路の照明器具によっては点灯時の突入電流の影響で遮断器の開閉寿命回数が低下する場合があります。定期点検を実施してください。

(2) 変圧器一次側回路の遮断器を開閉器として使用すると、励磁突入電流の影響で開閉寿命回数が大幅に低下します。別の開閉器を設置して開閉してください。

(3) 高調波成分を過大に含む回路に遮断器(完全電磁形)を適用する場合、遮断器の温度上昇が著しく大きく、場合によっては火災に至ることもあります。負荷電流の歪み軽減や、熱動電磁形の適用などを対応ください。

(4) インバータ回路の二次側には遮断器を設置しないでください。漏電遮断器などの電子回路の焼損や遮断器の異常過熱などが発生することがあります。

(5) インバータ一次側の遮断器を開閉器として使用すると、過渡突入電流の影響で開閉寿命回数が低下することがあります。別の開閉器で開閉してください。

(6) 高調波成分を含んだ回路の場合、遮断器の零相変流器(ZCT)が鉄損等により過熱しますので、負荷機器の漏れ電流の歪みを10kHz以下で、且つ3A以下でご使用ください。また、800Aフレーム以上の遮断器の場合、負荷機器の漏れ電流の歪みを5kHz以下で、且つ3A以下でご使用ください。

3. 2　遮断器設置の法規・規格

3. 2. 1　国内

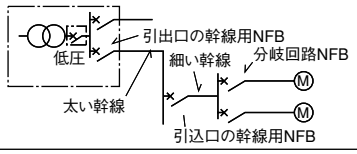
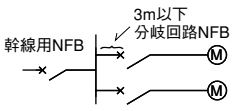
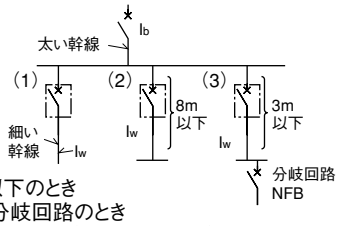
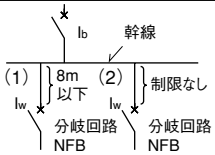
NFBの選定にあたって考慮すべき条件は、使用電圧・電流・周波数・交直別・配線方式・周囲温度・負荷の種類・電路の種類・短絡電流の大きさなど多岐にわたるが、ここでは各種負荷の種類に応じたNFBの定格電流の選定を中心にのべる。

低圧電路を保護するための過電流遮断器設置の義務づけは、電気事業法にもとづく「電気設備技術基準」第14条、第63条、第65条及びその解釈第148条、第149条に規定されており、その基本的考え方は、引込口および電線が分岐して細くなる場合にNFBを設置することになっている。

NFBの定格と負荷および電路との関係は、電線の許容電流≧使用負荷の定格電流、電線の許容電流≧NFBの定格電流とすることが原則とされている。しかし、これには例外があって現実的な対応として詳細な規定がある。

上述の各条の規定について、NFBの設置義務を幹線および分岐回路の場合にわけて表3. 2に示す。

表3. 2　NFBの設置義務

	幹線 解釈第148条	分岐回路 解釈第149条
原則	幹線の電源側電路には、幹線を保護する過電流遮断器を施設すること。 	幹線との分岐点から電線の長さが3m以下の箇所に開閉器および過電流遮断器を施設すること。 
例外	 省略できる場合 (1) Iw≧0.55Ibのとき (2) Iw≧0.35IbでIwの長さが8m以下のとき (3) Iwの長さが3m以下で次段が分岐回路のとき (4) 許容電流が最大短絡電流以上のとき(太陽電池電源) ここで Ib ：太い幹線を保護するNFBの定格電流 Iw：細い幹線の許容電流　 ：省略できるNFB	 (1) Iw≧0.35Ibのときは8m以下に設置する (2) Iw≧0.55Ibのときは制限なし ここで Ib ：幹線のNFBの定格電流 Iw：分岐回路の電線の許容電流

3. 2. 2　海外

海外での設置義務の規定の一般事項として、過電流保護は、機械の回路の電流が、コンポーネントの定格値又は導体の許容電流容量のいずれか小さいほうを超える可能性がある場合には、備えなければならない。

過電流遮断器を省略できる条件を表3. 3に示す。

表3. 3　設置義務の除外規定

	IEC系統 JIS B 9960-1、IEC 60204-1、EN60204-1	北米系統 NFPA 79
3m条件	●導体の通電容量が負荷の通電容量以上。 ●電流容量が減少する導体から過電流保護機器までの導体が長さ3m以下。 ●エンクロージャやダクトなど、短絡の可能性を少なくした方法で導体を布設。	●導体の通電容量が負荷の通電容量以上。 ●導体の長さ10フィート（3m）以下。 ●導体は物理的ダメージから保護されていること。 ●導体は制御盤から外にでていかない。 ●導体の末端は分岐回路保護遮断器又はヒューズに接続。
7.5m条件	規定なし	●導体の通電容量が電源側導体の通電容量の1/3以上。 ●導体の長さ25フィート（7.5m）以下。 ●導体は物理的ダメージから保護されていること。 ●導体の末端は単独の遮断器やヒューズに接続。

3. 3　電気設備技術基準

3. 3. 1　幹線におけるNFBの選定

(1) 電動機などを負荷とする場合

幹線に電動機などが接続される場合は、NFBの定格電流は電動機などの定格電流の合計の3倍に、その他の負荷の定格電流の合計を加えた値以下とする。ただし、これらの合計値が幹線の許容電流の2.5倍をこえる場合は、その許容電流を2.5倍した値以下とする。また、幹線の許容電流が100Aをこえる場合であって、その値がNFBの標準定格に該当しないときは、その値の直近上位の定格を選ぶことができる。実際の選定は次の方法によればよい。各分岐回路の負荷の同時始動を行う電動機のグループにわけ、各電動機群を、その群に属する電動機の全負荷電流の合計の全負荷電流を有する1台の電動機（これを合成電動機と呼ぶことにする）とみなし、これらの合成電動機が順次始動するものとする。これら合成電動機を分岐回路とする遮断器定格電流を求め、その最大のものをIB_{max}とする。その他の合成電動機の全負荷電流をI_1、I_2……I_{n-1}とするとき、幹線遮断器の定格電流IBは次式で求められる。

$$IB=IB_{max}+(I_1+I_2+\cdots\cdots+I_{n-1})\times D$$

ただし、Dは需要率で不明の場合は1とする。

このようにして選定した一例を表3. 5、表3. 6に示す。

(2) 電灯・電熱回路のみを負荷とする場合

NFBの定格電流は幹線の許容電流以下とし、各分岐回路のNFB定格電流の総和に需要率を乗じたものとする。

(3) まとめ

以上述べたことは電気設備技術基準の解釈に規定されており、まとめると表3. 4のようになる。

表3. 4　電気設備技術基準による幹線定格電流の選定

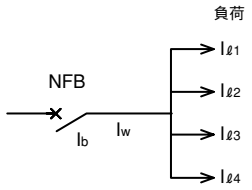
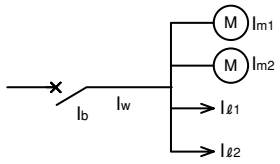
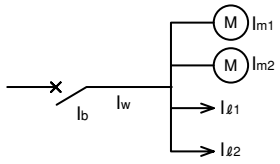
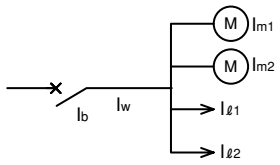
	負荷の種類（I_ℓ：電動機等以外、I_m：電動機等）		電線の許容電流（I_w）	NFBの定格電流（I_b）
幹線（解釈第一四八条）	電動機等がない場合		$I_w \geqq \Sigma I_\ell$	$I_b \leqq I_w$
	電動機等がある場合	$\Sigma I_m \leqq \Sigma I_\ell$のとき 	$I_w \geqq \Sigma I_m + \Sigma I_\ell$	$I_b \leqq 3\Sigma I_m + \Sigma I_\ell$ または $I_b \leqq 2.5 I_w$ のいずれか小さい値
		$\Sigma I_m > \Sigma I_\ell$ $\Sigma I_m \leqq$ 50A のとき 	$I_w \geqq 1.25\Sigma I_m + \Sigma I_\ell$	
		$\Sigma I_m > \Sigma I_\ell$ $\Sigma I_m >$ 50A のとき 	$I_w \geqq 1.1\Sigma I_m + \Sigma I_\ell$	ただし、I_w＞100Aのときで、この値がNFBの標準定格に該当しないときは、直近上位の定格でもよい。

表3. 5　AC200/220V三相誘導電動機の幹線におけるNFBの定格電流(A)〈C・S・Hの各クラスに適用〉

電動機kWの合計 (kW以下)	最大使用電流 (A以下)	電動機中最大のもの(kW)：電動機容量　(A)：全負荷電流																
		0.75	1.5	2.2	3.7	5.5	7.5	11	15	18.5	22	30	37	45	55	75	90	110	132
		4.8	8	11.1	17.4	26	34	48	65	79	93	124	152	190	230	310	360	440	500
3	15	20	20	30															
4.5	20	30	30	30	40														
6.3	30	40	40	40	50	60													
8.2	40	50	50	50	50	75	75												
12	50	60	60	60	60	75	75												
15.7	75	100	100	100	100	100	100	125	125										
19.5	90	100	100	100	100	100	100	125	125	125									
23.2	100	125	125	125	125	125	125	125	125	125	150								
30	125	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150								
37.5	150	175	175	175	175	175	175	175	175	175	175	200							
45	175	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	350						
52.5	200	225	225	225	225	225	225	225	225	225	225	225	350	500					
63.7	250	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	350	500	500				
75	300	350	350	350	350	350	350	350	350	350	350	350	350	500	500				
86.2	350	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	500	500	600			
97.5	400	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	600	700		
112.5	450	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	700	700		
125	500	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	700	700	700	
150	600	700	700	700	700	700	700	700	700	700	700	700	700	700	700	700	700	700	900
175	700	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	900
200	800	900	900	900	900	900	900	900	900	900	900	900	900	900	900	900	900	900	900
225	900	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
250	1000	1200	1200	1200	1200	1200	1200	1200	1200	1200	1200	1200	1200	1200	1200	1200	1200	1200	1200

表3. 6　AC400/440V三相誘導電動機の幹線におけるNFBの定格電流(A)〈C・S・Hの各クラスに適用〉

電動機kWの合計 (kW以下)	最大使用電流 (A以下)	電動機中最大のもの(kW)：電動機容量　(A)：全負荷電流																
		0.75	1.5	2.2	3.7	5.5	7.5	11	15	18.5	22	30	37	45	55	75	90	110	132
		2.4	4	5.5	8.7	13	17	24	32	39	46	62	76	95	115	155	180	220	250
3	7.5	15	15	15															
4.5	10	15	15	15	20														
6.3	15	20	20	20	30	30													
8.2	20	30	30	30	30	40	40												
12	25	30	30	30	30	40	40												
15.7	38	50	50	50	50	50	50	60	75										
19.5	45	50	50	50	50	50	50	60	75	100									
23.2	50	60	60	60	60	60	60	60	75	100	100								
30	63	75	75	75	75	75	75	75	75	100	100								
37.5	75	100	100	100	100	100	100	100	100	100	125	125							
45	88	100	100	100	100	100	100	100	100	100	125	125	125						
52.5	100	125	125	125	125	125	125	125	125	125	125	125	125	150					
63.7	125	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	200				
75	150	175	175	175	175	175	175	175	175	175	175	175	175	175	200				
86.2	175	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	350			
97.5	200	225	225	225	225	225	225	225	225	225	225	225	225	225	225	350	400		
112.5	225	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	300	350	400		
125	250	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	350	400	500	
150	300	350	350	350	350	350	350	350	350	350	350	350	350	350	350	350	400	500	500
175	350	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	500	500	500
200	400	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500
250	500	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600
300	600	700	700	700	700	700	700	700	700	700	700	700	700	700	700	700	700	700	700
350	700	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800
400	800	900	900	900	900	900	900	900	900	900	900	900	900	900	900	900	900	900	900
450	900	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
500	1000	1200	1200	1200	1200	1200	1200	1200	1200	1200	1200	1200	1200	1200	1200	1200	1200	1200	1200

備考 (1) 始動条件は全負荷電流の600%電流で10秒以内、始動突入電流は全負荷電流の1700%以内で選定しています。
(2) 電動機中最大のものの全負荷電流は規約電流値（内線規程　資料3-7-3）を適用しました。
(3) 電動機中最大のものは同時始動がある場合の合計容量にも適用できます。
(4) 定格電流は標準品から選定しました。
(5) F-Style品は除きます。

3. 3. 2　電灯・電熱分岐回路におけるNFBの選定

電灯・電熱回路とは始動電流・始動時間などがNFBの動作を左右するほど大きくない回路を意味し、電灯回路であっても水銀灯などのように始動電流×始動時間の比較的大きいものは電動機回路に準じて選定する。電灯・電熱回路の負荷電流とNFBの定格電流の間には次の事項により裕度をとるのがよい。

(1) NFBは電線を保護するため盤内温度に応じて盤外の電線を保護するように設計されている。一般に40℃の周囲温度を基準として調整されているので、推定盤内最高温度に応じて、これが40℃を越えていると、その差1Kあたり1%の割合で負荷を軽減させるとよい。

(2) さらに、負荷機器の全負荷電流公称値と実際値のちがい、負荷機器の劣化による全負荷電流の増大、電源電圧の変動・周波数の変動などを考慮して、(1) 項と別に10～15%の裕度を設けるのがよい。

内線規程JEAC8001によると次のように規定されています。
3605-3
連続負荷を有する分岐回路の負荷容量は、その分岐回路を保護する過電流遮断器の定格電流の80%を超えないこと。(勧告)

電気設備技術基準の解釈第149条では(イ)負荷の定格電流が50Aをこえる負荷機器へ至る分岐回路は、負荷機器ごとに分岐させることとし、NFBの定格電流が負荷の定格電流を1.3倍した値をこえない(その値がNFBの標準定格に該当しないときはその値の直近上位の定格を含む)こと(ロ)負荷の定格電流が50A以下の分岐回路は表3. 7によることとしている。

表3. 7　50A以下の電動機などを除く分岐回路

分岐回路の種類 (定格電流の大きさ)	コンセントの 定格電流	ねじ込み接続器または ソケットの公称直径	電線の最小太さ	
			右記以外	1つのねじ込み接続器 1つのソケットまたは1つのコンセントに至る分岐
15A以下の NFBで保護される回路	15A以下	39mm以下	直径1.6mm (断面積1mm²)	—
15Aをこえ20A以下の NFBで保護される回路	20A以下			
20Aをこえ30A以下の NFBで保護される回路	20A以上30A以下	39mm	直径2.6mm (断面積2.5mm²)	直径1.6mm (断面積1mm²)
30Aをこえ40A以下の NFBで保護される回路	30A以上40A以下	同上	断面積8mm² (断面積6mm²)	直径2mm (断面積1.5mm²)
40Aをこえ50A以下の NFBで保護される回路	40A以上50A以下	同上	断面積14mm² (断面積10mm²)	同上

注：電線の最小太さの欄で(　　)はMIケーブルの場合に適用する。

3. 3. 3　電動機分岐回路におけるNFBの選定

電動機分岐回路のNFB定格電流の選定にあたっては、始動電流および始動突入電流のように全負荷電流にくらべて相当大きい過渡電流が流れることを考慮する必要がある。NFBは、この始動過渡特性で動作することがないように定格電流を選定する。これらの関係を図3. 2に示す。

(1) 始動突入電流

始動突入電流は電源投入後、約1/2サイクルで最大値を示し、その後急激に減衰する。この始動突入電流については3. 5. 4項にて詳細に説明しているが、NFBの瞬時引きはずし素子の動作領域に入るとトリップしてしまうため、始動方式に応じてNFBの瞬時引きはずし電流値を始動突入電流以上に選定する。

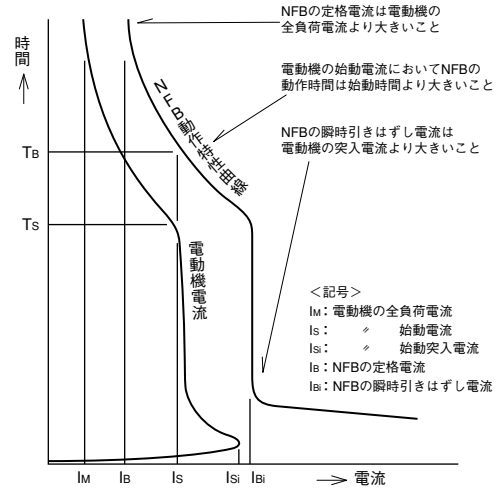


図 3. 2　NFB の特性と電動機の特性

①全電圧始動（じか入れ始動）の場合

始動電流の低力率に起因する過渡直流分の重畳と、電動機のインピーダンスが磁路の飽和の影響により低下することによる始動突入電流で、誤動作しないようNFBの瞬時引きはずし電流値は、全負荷電流の約12倍以上となるよう選定する。

②スターデルタ始動の場合

Open transition方式においては残留電圧と電源電圧の位相が逆の場合、過電圧で始動したことに相当し、切換時の電流の力率は停止時の始動よりよくなっているが、過渡直流分の重畳があることによる始動突入電流で、誤動作しないようNFBの瞬時引きはずし電流値は全負荷電流の約17倍以上となるよう選定する。尚、closed transition方式のとき、NFBの瞬時引きはずし電流値の選定はじか入れ始動の場合とほぼ同じでよい。

③瞬時再始動の場合

スターデルタ始動の場合と同様に残留電圧と電源電圧の位相が逆の場合、過電圧で始動したことに相当し、突入電流が流れる。NFBの瞬時引きはずし電流値は全負荷電流の約19倍以上となるよう選定する。

④逆転制動（プラッギング）

残留電圧と電源電圧の位相が120°ずれるので過電圧で始動したことに相当し、力率が極度に低下するので、大きな始動電流が流れる。

NFBの瞬時引きはずし電流値は全負荷電流の約29倍以上となるように選定する。

(2) 始動電流・始動時間

上記①～④の倍率は始動電流が全負荷電流の8倍の電流とみなした場合であるが、始動電流の持続時間は負荷の慣性モーメントに影響される。一般的には、標準電動機では始動時間15s以内なら安全15sをこえる場合は不適であるといわれている。

(3) 選定

具体的には下記によりNFBを選定する。

①始動時間が比較的短かい場合

始動電流が600%で始動時間が2～3s以内の場合はモータブレーカが使用できる。但し保護対象により表3. 8の通り保護範囲が限定される。

モータブレーカの選定は表9. 3. 1による。

②始動時間が比較的長い場合

始動電流が、600%で始動時間が10s以内の場合は、NFBと電磁開閉器の組合せによるコンビネーションスタータ方式とする。

定格電流の選定は表9. 3. 2、表9. 3. 3による。

③始動時間がとくに長い場合

この場合は、コンビネーションスタータ方式とし、必要に応じて十分な過負荷保護装置を設けるなど個々に検討する。

表3. 8　各種保護機器の保護範囲

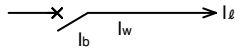
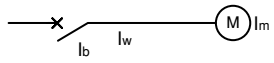
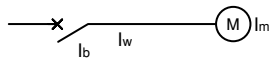
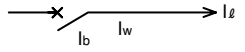
保護対象＼保護機器	サーマルリレー（TH形）	2E付サーマルリレー（TH-KP形）	電子サーマル（ET形）	モータブレー力（MB形）
過　負　荷	◎	◎	◎	○
短　絡	△	△	△	○
欠相（焼損防止）	△	○	◎	△
拘　束	◎	◎	◎	○

注）一般かご形三相誘導電動機において
◎：確実に保護可能
○：特異なケースを除き保護可能
△：条件付保護可能

3. 3. 4　分岐回路のまとめ

以上述べたことは電気設備技術基準の解釈に規定されており、まとめると表3. 9のようになる。

表3. 9　電気設備技術基準による分岐回路の定格電流の選定

	負荷の種類（I_ℓ：電動機等以外、I_m：電動機等）		電線の許容電流（I_w）	NFBの定格電流（I_b）
分岐（解釈第一四九条）	50Aをこえる機器の場合		$I_w \geqq I_b$	$I_b \leqq 1.3I_\ell$ ただし、この値がNFBの標準定格に該当しないときは、直近上位の定格でもよい。
	電動機等がある場合	$I_m \leqq$ 50Aのとき 	$I_w \geqq 1.25I_m$	$I_b \leqq 2.5I_w$ ただし、I_w＞100Aのときで、この値がNFBの標準定格に該当しないときは、直近上位の定格でもよい。
		$I_m >$ 50Aのとき 	$I_w \geqq 1.1I_m$	
	50A以下の機器の場合		電線サイズ≧1.6φ	$I_b \leqq$ 20A
			電線サイズ≧2.6φ	$I_b \leqq$ 30A
			電線サイズ≧8mm^2	$I_b \leqq$ 40A
			電線サイズ≧14mm^2	$I_b \leqq$ 50A

3. 4　定格電流の選定（電線との保護協調）

3. 4. 1　電線との保護協調

(1) 電線の保護

事故時に電線に発生するジュール熱による電線の温度上昇が、許容される値以下になるように、NFBはその事故電流を遮断しなければならない。

電線の許容温度は電線の絶縁材料により定まるが、その絶縁皮覆が劣化をきたさないための限界電流であってただ1つ定まるわけではなく、短時間であれば電線の導体の温度が高くなっても絶縁材料の劣化は少なく、高い温度まで許容される。

したがって、電線の許容温度は、連続使用の場合、短時間使用の場合、および短絡時の3つの場合にわけて考える。低圧配線に広く使用される、600Vビニル絶縁電線および、600Vゴム絶縁電線の許容温度値について、いくつかの提案[※①~④]がなされているが、連続使用の場合60℃、短時間使用の場合100℃、短絡時150℃とするのが妥当であろう。

※① 内線規定（JEAC8001）

② 電気工業会電線過電流調査委員会「600Vビニル電線、600Vゴム絶縁電線の過電流に対する諸特性について」（電気学会雑誌74巻791号）

③ AIEE Transaction RW Jones, JA Scott“Short time current ratings for aircraft wire and cable”

④ 電気学会、電気規格調査会標準規格「二種綿絶縁電線・600Vゴム絶縁電線および、600Vビニル電線の許容電流」（JEC-135）

(2) 連続使用の領域

連続および過負荷領域では、熱放散により電線の導体温度は定まるので、電線の許容電流は、短絡領域のように簡単な計算では定められない。連続使用の場合については、600Vビニル絶縁電線および600Vゴム絶縁電線に関して、導体の許容温度を60℃（周囲温度30℃の場合は導体の温度上昇値が30℃）としている電気設備技術基準の解釈第172条に定めてある電線の許容電流を表3. 10に示す。また、600V二種ビニル絶縁電線（導体許容温度75℃）ポリエチレン絶縁電線（導体許容温度75℃）架橋ポリエチレン絶縁電線（導体許容温度90℃）等のように、導体の許容温度がビニル電線より高い値となるものは表3. 10の値に表3. 11に示す値を乗じて補正する。さらに、電線管（金属管または絶縁管を問わず）に収めて配線された電線は、がいし引き工事する場合より熱放散が低下し、許容電流は低下するので、その場合は、前述の値にさらに表3. 12に示す係数を乗じた値とする。

したがって、これらの電線を保護すべきNFBの定格電流は、前述の方法により定まる電線の許容電流より小さい値としなければならない。

表3. 10　絶縁電線の許容電流　　がいし引き

導体		許容電流（A）		
		硬銅線または軟銅線	硬アルミ線半硬アルミ線または軟アルミ線	イ号アルミ合金線または高力アルミ合金線
単線（直径 mm）	1.0以上 1.2未満	16	12	12
	1.2以上 1.6未満	19	15	14
	1.6以上 2.0未満	27	21	19
	2.0以上 2.6未満	35	27	25
	2.6以上 3.2未満	48	37	35
	3.2以上 4.0未満	62	48	45
	4.0以上 5.0未満	81	63	58
	5.0以上	107	83	77
成形単線およびより線（公称断面積 mm^2）	0.9以上 1.25未満	17	13	12
	1.25以上 2未満	19	15	14
	2以上 3.5未満	27	21	19
	3.5以上 5.5未満	37	29	27
	5.5以上 8未満	49	38	35
	8以上 14未満	61	48	44
	14以上 22未満	88	69	63
	22以上 30未満	115	90	83
	30以上 38未満	139	108	100
	38以上 50未満	162	126	117
	50以上 60未満	190	148	137
	60以上 80未満	217	169	156
	80以上 100未満	257	200	185
	100以上 125未満	298	232	215
	125以上 150未満	344	268	248
	150以上 200未満	395	308	284
	200以上 250未満	469	366	338
	250以上 325未満	556	434	400
	325以上 400未満	650	507	468
	400以上 500未満	745	581	536
	500以上 600未満	842	657	606
	600以上 800未満	930	745	690
	800以上 1,000未満	1080	875	820
	1,000	1260	1040	980

表3. 11　許容電流補正係数

絶縁体の材料の種類	許容電流補正係数	
	周囲温度が30℃以下の場合	周囲温度（θ）が30℃をこえる場合
ビニル混合物（耐熱性を有するものを除く）および天然ゴム混合物	1.00	$\sqrt{\frac{60-\theta}{30}}$
ビニル混合物（耐熱性を有するものに限る）、ポリエチレン混合物（架橋したものを除く）およびスチレンブタジェンゴム混合物	1.22	$\sqrt{\frac{75-\theta}{30}}$
ふっ素樹脂混合物	1.27	$0.9\sqrt{\frac{90-\theta}{30}}$
エチレンプロピレンゴム混合物	1.29	$\sqrt{\frac{80-\theta}{30}}$
ポリエチレン混合物（架橋したものに限る）およびけい素ゴム混合物	1.41	$\sqrt{\frac{90-\theta}{30}}$
ふっ素樹脂混合物（注）	2.15	$0.9\sqrt{\frac{200-\theta}{30}}$
けい素ゴム混合物（注）	2.24	$\sqrt{\frac{180-\theta}{30}}$

（注）電線またはこれを収める線ひ、電線管、ダクト等を通電による温度上昇により他の造管材に障害をおよぼすおそれがなく、かつ、人が触れるおそれがない場所に施設する場合

表3. 12　電線管による補正係数

同一管内の電線数	電流補正係数
3以下	0.70
4	0.63
5または6	0.56
7以上　15以下	0.49
16以上　40以下	0.43
41以上　60以下	0.39
61以上	0.34

(3) 短時間使用の領域（過負荷領域）

導体の許容温度が、100℃（ビニルおよびゴム絶縁電線の場合）まで許容される短時間領域の具体的な時間に関し、前記※①が数時間程度、※③が20s以上と提案しているが、NFBの長限時引きはずし時間程度と考えることができるであろう。

電線の周囲温度を30℃とし、無負荷の状態からスタートし、導体の温度が100℃となる、600Vビニル絶縁電線の電流時間特性を図3. 3に示す。この電流時間特性とNFBの動作特性曲線（各定格電流別の最大引きはずし特性曲線）との協調の一例を図3. 6から図3. 9に示す。図において、電線の電流時間特性がNFBのそれより上まわっている場合に、その電線は保護されることになる。

図3. 6から図3. 9はがいし引きの場合であるから、電線管内に配線するものは、時間の短い領域では裕度の取り過ぎであるが、前項表3. 12の補正係数を使用して図3. 4のように電線の電流時間特性曲線を補正したものとNFBを比較する。

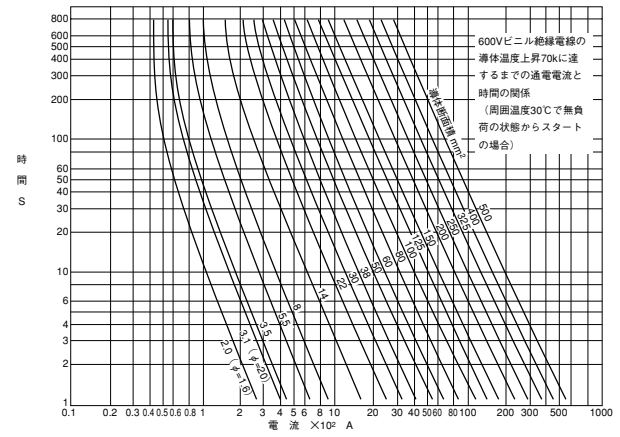
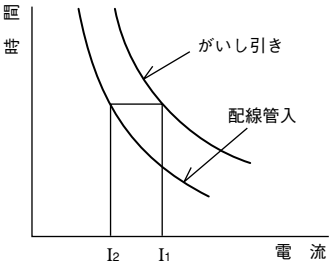


図 3. 3　600V ビニル絶縁電線の導体温度 100℃ 上昇値 70K に達する電流時間特性

この電線とNFBの検討にあっては、NFBの動作特性曲線は、基準周囲温度40℃のものであり、電線の電流時間特性は周囲温度30℃としているがNFBは通常盤内にあって、盤外の電線を保護するので、そのまま比較して矛盾はない。

図3. 6～図3. 9から、保護できる電線とNFBの定格電流との関係を図3. 5に示す。



$\frac{I_2}{I_1}$ = 配線管に納められた場合の電流補正係数

図 3. 4　配線管による補正

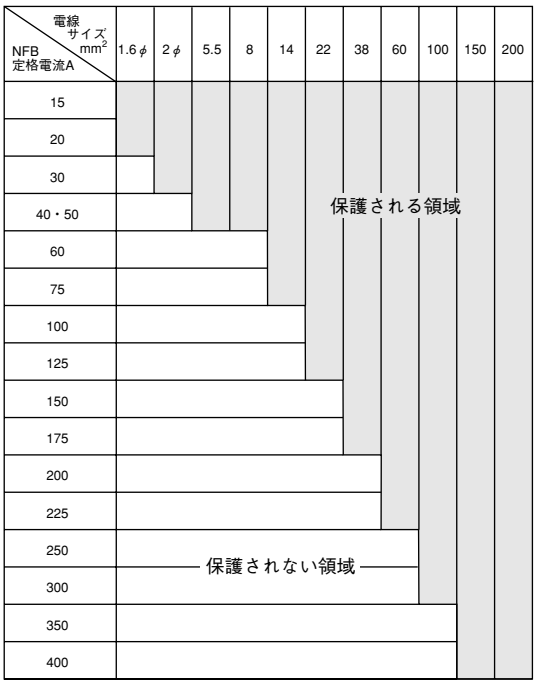


図 3. 5　600V ビニル絶縁電線と NFB の協調

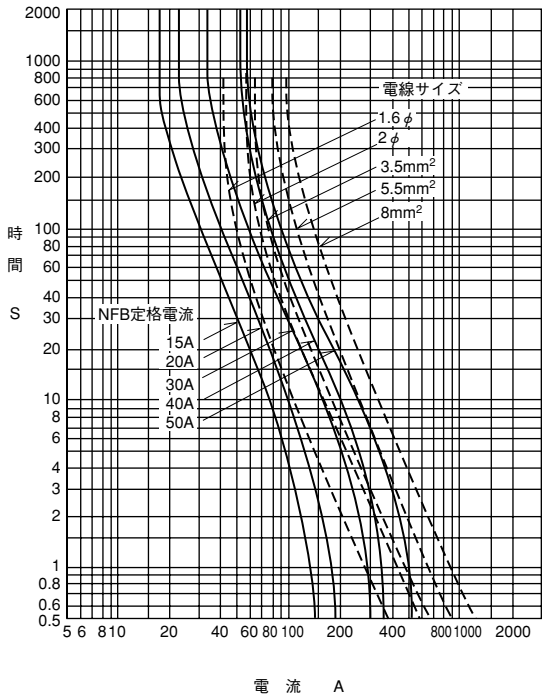


図 3. 6　600V ビニル絶縁電線と
NFB50A フレームとの協調

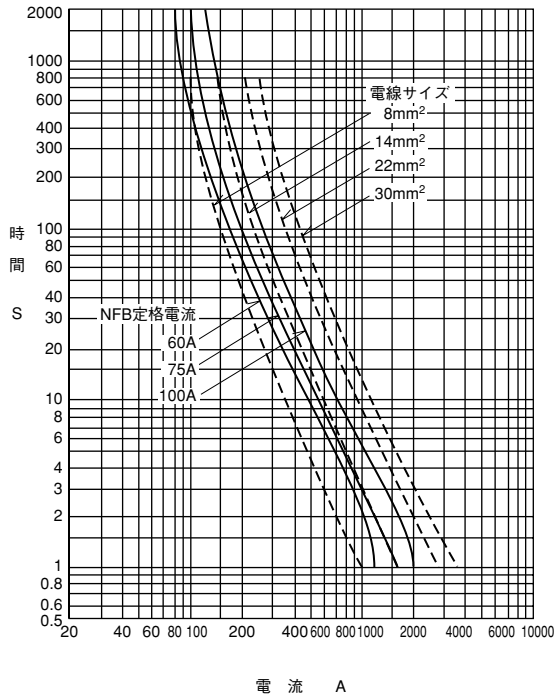


図 3. 7　600V ビニル絶縁電線と
NFB100A フレームとの協調

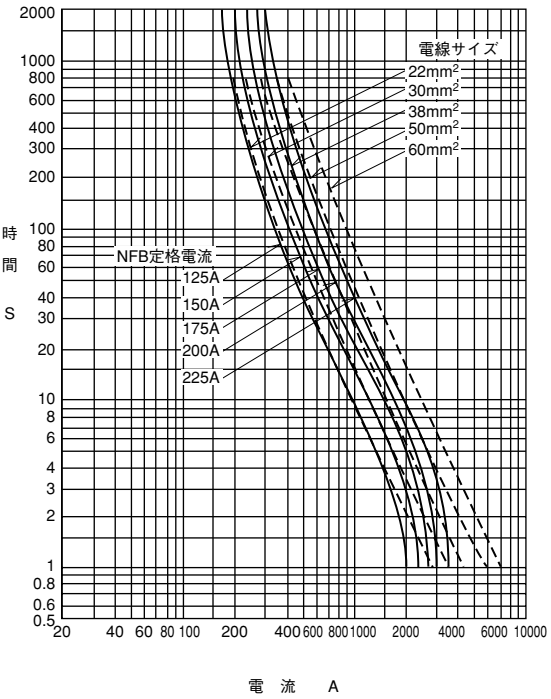


図 3. 8　600V ビニル絶縁電線と
NFB225A フレームとの協調

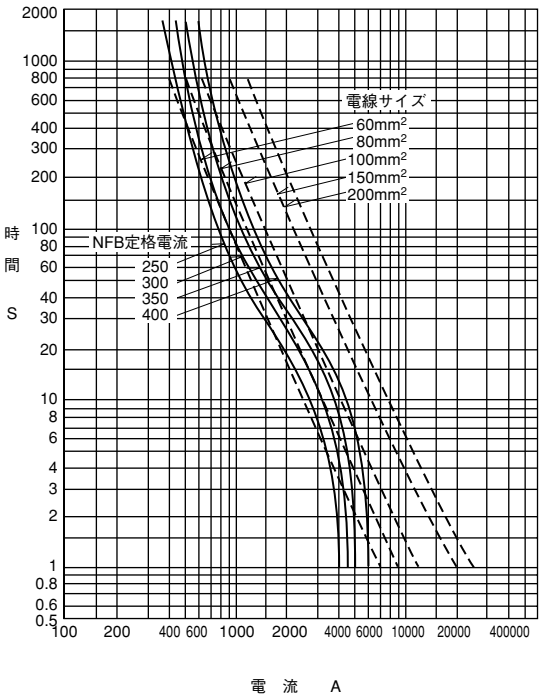


図 3. 9　600V ビニル絶縁電線と
NFB400A フレームとの協調

3. 4. 2　耐熱電線での注意点

600Vビニル電線（IV）および600V二種ビニル電線（HIV）エチレンプロピレン電線、架橋ポリエチレン電線、など耐熱温度の高い電線使用時の電線太さと、遮断器定格電流組合せ例を表3. 13、3. 15. 1、3. 15. 2に示す。表3. 16は各種電線の許容電流値を示す。

表3. 13　耐熱温度の高い電線等と遮断器定格電流の組合せ、電灯及び家庭用電気機械器具を負荷とする場合

遮断器定格電流 A	最大使用電流 A	最小電線太さ　mm²				備考
		IV	HIV	エチレンプロピレン	架橋ポリエチレン	
15	12	2	2	2	2	内線規程3605-5では、耐熱電線の中、MIケーブルについて電線太さが決められているのみ。
20	16	2	2	2	2	
30	24	5.5	5.5	5.5	5.5	
40	32	8	8	8	8	
50	40	14	14	14	14	
60	48	14	14	14	14	—
75	60	22	22	14	14	
100	80	38	38	22	22	
125	100	60	38	38	38	
150	120	60	60	60	38	
175	140	100	60	60	60	
200	160	100	100	100	60	
225	180	150	100	100	100	
250	200	150	100	100	100	
300	240	200	150	150	150	
350	280	250	200	150	150	
400	320	325	200	200	200	

注　最大使用電流は内線規程3605-3.3にもとづき、遮断器定格電流×0.8としている。

600Vビニル絶縁電線（許容温度60℃）よりも耐熱温度の高い絶縁電線を使用する場合には次の配慮が必要です。遮断器はJIS規格にもとづき、表3. 14の通り、定格電流別に試験用電線サイズが定められている。

接続電線サイズが、この試験用電線サイズよりも細くなると遮断器端子の温度上昇が高くなったり過電流引きはずし動作特性が変化する場合があります。（図3. 10. 1、図3. 10. 2電流補正例参照）電動機等負荷の場合は、遮断器定格電流に対し負荷電流がかなり小さくなるから接続電線サイズの差による動作特性変化の影響は軽微であり無視できる。（図3. 10. 3電動機負荷の例参照）

表3. 14　試験用電線サイズ

遮断器の定格電流 (A)	600Vビニル絶縁電線の太さ　mm² JIS C 8201-2-1 附属書2 JIS C 8201-2-2 附属書2
15以下	φ1.6mm
20	φ2mm
30	5.5
40	8
50	14
60	14
75	22
100	38
125	60
150	60
175	100
200	100
225	150
250	150
300	200
350	250
400	2×100
500	2×150
600	2×200

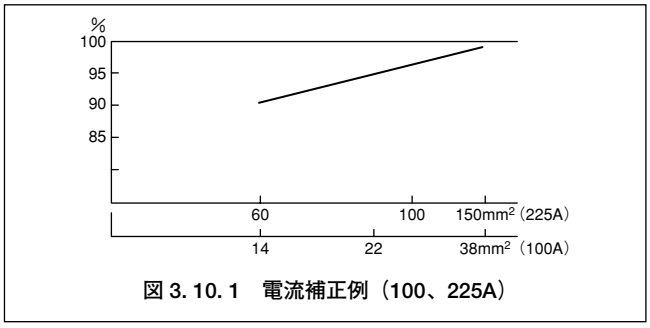


図 3. 10. 1　電流補正例（100、225A）

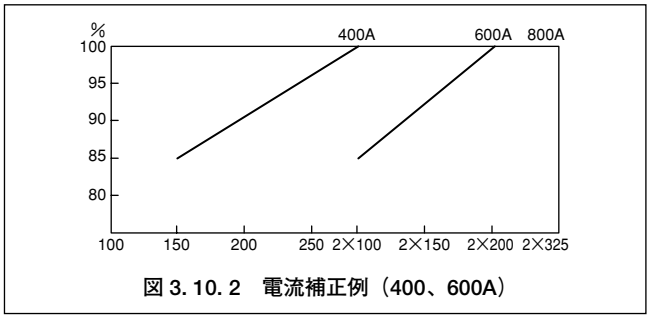


図 3. 10. 2　電流補正例（400、600A）

表3. 15. 1　耐熱温度の高い電線等と電動機分岐回路用遮断器の選定（三相200V）

電動機出力 kW	規約電流 A	最小電線の太さ mm² 600Vビニル IV	600V二種ビニル HIV	エチレンプロピレン	架橋ポリエチレン	最大こう長 m 架橋ポリエチレン電線配線時で電圧降下2%以内となる	遮断器定格電流 三菱NFB Sシリーズ（4極電動機の場合） じか入れ始動	Y－Δ始動	内線規程選定表 じか入れ始動	Y－Δ始動
0.2	1.8	2	2	2	2	138	15	—	15	—
0.4	3.2	2	2	2	2	78	15	—	15	—
0.75	4.8	2	2	2	2	52	15	—	15	—
1.5	8	2	2	2	2	31	15	—	30	—
2.2	11.1	2	2	2	2	22	20	—	30	—
3.7	17.4	2	2	2	2	14	30	—	50	—
5.5	26	5.5	3.5	3.5	3.5	17	50	50	75	40
7.5	34	8	5.5	5.5	5.5	20	60	60	100	50
11	48	14	14	8	8	20	75	75	125	75
15	65	22	14	14	14	27	100	100	125	100
18.5	79	38	22	22	14	22	100	100	125	125
22	93	38	38	22	22	15	150	150	150	125
30	124	60	38	38	38	29	200	200	200	175
37	152	100	60	60	60	40	225	225	250	225

表3. 15. 2　耐熱温度の高い電線等と電動機分岐回路用遮断器の選定（三相400V）

電動機出力 kW	規約電流 A	最小電線の太さ mm² 600Vビニル IV	600V二種ビニル HIV	エチレンプロピレン	架橋ポリエチレン	最大こう長 m 架橋ポリエチレン電線配線時で電圧降下2%以内となる	遮断器定格電流 三菱NFB Sシリーズ（4極電動機の場合） じか入れ始動	Y－Δ始動	内線規程選定表 じか入れ始動	Y－Δ始動
0.2	0.9	2	2	2	2	554	15	—	15	—
0.4	1.6	2	2	2	2	312	15	—	15	—
0.75	2.4	2	2	2	2	208	15	—	15	—
1.5	4.0	2	2	2	2	124	15	—	15	—
2.2	5.5	2	2	2	2	90	15	—	15	—
3.7	8.7	2	2	2	2	57	20	—	30	—
5.5	13	2	2	2	2	38	30	30	40	20
7.5	17	2	2	2	2	29	30	40	50	30
11	24	5.5	3.5	3.5	3.5	37	50	50	75	40
15	32	8	5.5	5.5	3.5	27	60	60	100	50
18.5	39	14	8	8	5.5	35	60	60	100	60
22	46	22	14	14	8	43	75	75	125	75
30	62	22	14	14	14	57	100	100	125	100
37	76	38	22	22	14	46	100	100	125	125
45	95	38	38	38	22	59	125	150	150	150
55	115	60	38	38	38	64	175	175	200	175
75	155	100	60	60	60	78	225	225	250	225

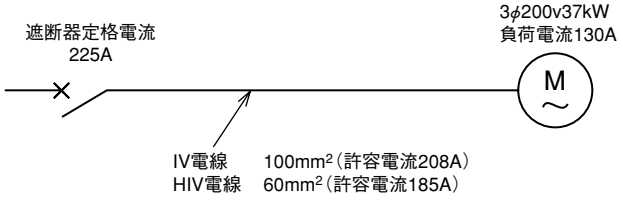


図 3. 10. 3　電動機負荷の例

遮断器定格電流225Aとした場合58%負荷電流であり特性変化の影響は軽微である。

表3. 16　各種電線の許容電流A

銅電線公称断面積 mm²	IVがいし引 許容電流	金属管配線3本以下　許容電流（0.7）　30℃			
		IV （1.00）	HIV （1.22）	エチレンプロピレン （1.29）	架橋ポリエチレン （1.41）
0.9	17	12	14	15	16
1.25	19	13	16	17	18
2	27	19	23	24	26
3.5	37	26	31	33	36
5.5	49	34	42	44	48
8	61	42	52	55	60
14	88	61	75	79	87
22	115	80	98	104	113
＊ 30	139	97	118	125	137
38	162	113	138	146	160
＊ 50	190	133	162	171	187
60	217	152	185	196	214
＊ 80	257	180	219	232	253
100	298	208	254	269	294
＊ 125	344	241	293	310	339
150	395	276	337	356	390
200	469	328	400	423	463
250	556	389	475	502	548
325	650	455	555	587	641
400	745	521	636	672	735
500	842	589	719	760	831

（　　）は許容電流補正係数

＊印電線サイズは、JIS C 3307（1987）の標準サイズからは削除されている。

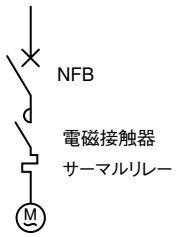
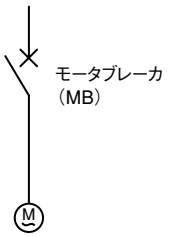
3. 5　定格電流の選定（電動機回路）

3. 5. 1　電動機回路の構成

電動機が過負荷になると、過負荷電流が流れ、電動機は焼損にいたるのですみやかに回路を開放しなければならない。これは電気設備技術基準省令第65条、その解釈第153条に定められている。

分岐回路の構成としては表3. 17の方法がある。

表3. 17　電動機回路の構成

構成			
電動機の保護	サーマルリレーで過負荷を感知して電磁接触器で回路を開放する。600%～800%をこえる過負荷や短絡電流はNFBが保護する。	モータブレーカは、電動機の保護特性をもっており、過負荷および短絡から保護する。ただし、始動停止は電磁接触器で行う。	過負荷および短絡領域の保護のみならず始動、停止もモータブレーカで行う。
特質比較	通常の構成である。	サーマルリレーが省略できる。始動停止の頻度にもたえる。始動突入電流の大きい始動ではMBが動作する場合があり不適である。	最も経済的であるが高頻度の始動停止および遠隔の操作には不向きである。始動突入電流の大きい始動ではMBが動作することがあり不適である。

3. 5. 2　電動機始動特性との協調

電動機回路のNFBにとって問題となるものの1つに、電動機始動電流による始動時のNFBの不必要動作がある。これは次の2点に起因する。

(1) 始動時間がNFBの熱動引きはずし特性より長く動作にいたるもの

(2) 始動突入電流により、NFBを瞬時引きはずし動作させるもの

電動機の始動電流の大きさは、電動機に固有でメーカー・種類・容量・極数により異なるが、通常全負荷電流の500%～700%（大きいものは800%）である。この始動電流の流れる時間（始動電流）は負荷のGD²によるもので通常15s以内とされ、30sをこえる場合は標準電動機では危険とされている。

この始動時間とともに注意すべきものに、(2) の始動突入電流がある。これについては次項でくわしく述べる。前記 (1) および (2) について理解しやすいように、厳密さを無視して図示すると図3. 11のとおりである。

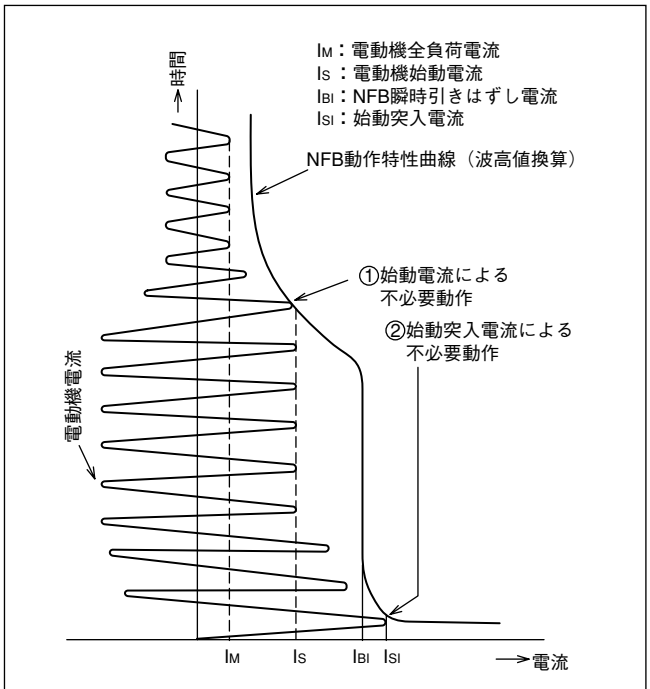


図 3. 11　電動機と NFB の協調

3. 5. 3　電動機回路における選定

電動機の始動突入電流は、始動時、スターデルタ切換え時、瞬時再始動時、および逆転制動時に発生し数サイクルの短時間ながら、始動電流よりはるかに大きい電流となる。始動突入電流は次項に起因する。

(1) 始動電流の低力率に起因する過渡直流成分の重畳

図3. 12に示すように、交流分の振幅が一定の場合にも直流成分の影響により過渡突入電流が流れる。始動電流の力率を0.3程度とすると突入電流（波高値）は始動電流（実効値）の約2倍に達する。

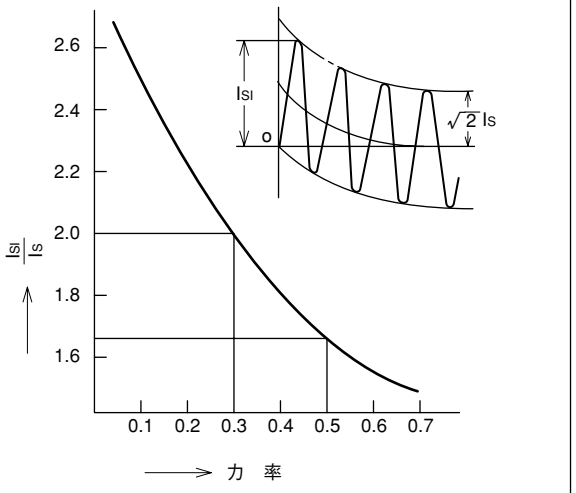


図 3. 12

(2) 残留電圧の影響による瞬時再投入時突入電流

電動機を電源から切り離して再接続するときに、電動機がまだ停止していなければ残留電圧をもっている。残留電圧は残留磁気のみによって発生するものではなく、二次巻線内の残留電流によって鉄心が励磁されるために生ずるものである。この残留電圧は再接続されるときの電源電圧と位相が一致していれば問題はないが、逆になれば過電圧でじか入れ始動したことに相当し、大きな突入電流が生ずる。

すなわち、停止時の始動にくらべて

$$\left(\frac{\text{残留電圧}+\text{電源電圧}}{\text{電源電圧}}\right)$$ 倍の突入電流が生ずる。

この倍率は瞬時始動においては最大2倍、Y－Δ始動においては最大 $(1+\frac{1}{\sqrt{3}})$ 倍に達するものと考えられる。

(3) 磁気飽和の影響

この始動突入電流は、数サイクルと短時間であるが、NFBの瞬時引きはずし動作は、たとえその時間が1/2サイクルといえども応動する。したがって、NFBの瞬時引きはずし電流値は、この始動突入電流より大きい値としなければならない。したがって、始動方式に応じて下記の注意が必要である。

①じか入れ始動

前記(1)項を考慮すると、始動突入電流（波高値）は、始動電流（実効値）の2倍となる。最大始動電流を電動機全負荷電流の8倍とすると、始動突入電流（波高値）は全負荷電流（実効値）の16倍となる。

したがって、NFBの瞬時引きはずし電流値（実効値で表わされるから）は、電動機全負荷電流（実効値）の12倍以上としなければならない。

②スターデルタ始動（Open transition方式）

前記(1)(2)項を考慮すると、始動突入電流（波高値）は全負荷電流（実効値）の23倍〔$8\times1.8\times(1+\frac{1}{\sqrt{3}})$〕となる。（力率を0.4とした場合である。）

したがって、NFBの瞬時引きはずし電流値（実効値）は、電動機全負荷電流（実効値）の17倍以上としなければならない。

③瞬時再始動

前記(1)(2)項を考慮すると、始動突入電流（波高値）は、全負荷電流（実効値）の27倍（$8\times1.7\times2$）となる。（力率を0.5とした場合である。）したがって、NFBの瞬時引きはずし電流値（実効値）は、電動機全負荷電流（実効値）の19倍以上としなければならない。

④逆転制動（プラッギング）

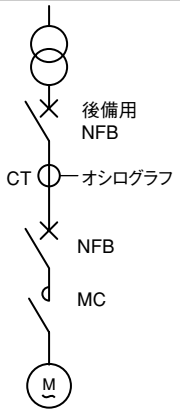
前記(1)(2)項を考慮し、残留電圧の影響と、すべり＝2となることによる始動電流の増加分を含めて2倍とすると、始動突入電流（波高値）は全負荷電流（実効値）の42倍（$8\times2.6\times2$）となる。（力率を0.05とした場合である。）したがってNFBの瞬時引きはずし電流値（実効値）は電動機全負荷電流（実効値）の29倍以上としなければならない。

(4) 電動機の始動突入電流についての実験

E種電動機の始動時の突入電流とNFBの瞬時引きはずし領域の協調を知るために、三相200Vの各定格の電動機（0.2～30kW）について実験を行った。

図3. 13に示す回路で、じか入れ始動の場合にはNFBを開閉し、寸動運転・逆転制動の場合はマグネットスイッチで開閉を行った。オシログラフからみると、始動突入電流は1/2サイクル程度流れその後すみやかに減衰して正規の始動電流に落着いている。

これらの実験は投入位相を制御しないで行っており、また寸動・逆転制動時の電動機巻線の残留電圧の大きさに差異があるため始動時の突入電流の大きさはばらついている。

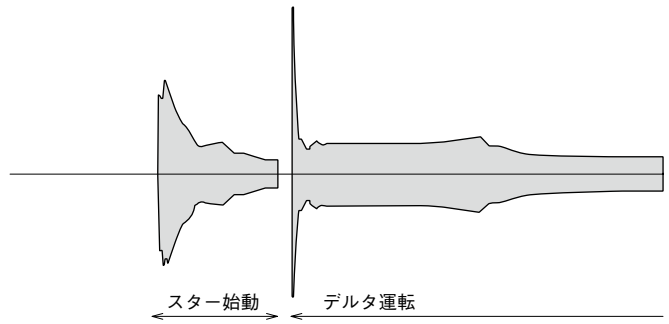


突入電流実測値

電動機の状態	倍率
直入れ始動	11.9
Y－Δ始動	16.7
瞬停再始動	19.0
逆転制動	28.8

倍率 ＝ 突入電流波高値 / 全負荷電流波高値

図 3. 13



電動機容量	直入れ始動時間（600%）	直入れ始動時の最大始動電流（×全負荷電流）	始動突入電流（×全負荷電流）	
			直入れ始動	Y－Δ始動
0.2～7.5kW	10秒	8倍	12倍	16倍
11～55	10	8	12	17
75～150	10	8	14	18

三菱高性能省エネモータSF-PR形

電動機容量	始動突入電流（×全負荷電流）	
	直入れ始動	Y－Δ始動
0.2～7.5kW	12倍	16倍
11～45	12	17
55	12	18

●最大始動電流とは回転子がまさに回転をはじめようとする時の電流実効値（過渡現象消滅後の値）をいう。
●Y－Δ始動では一般的ではあるが大きな過渡突入電流が流れることが知られているOpen transition方式を想定した。

図 3. 14　通常予想される電動機の始動条件

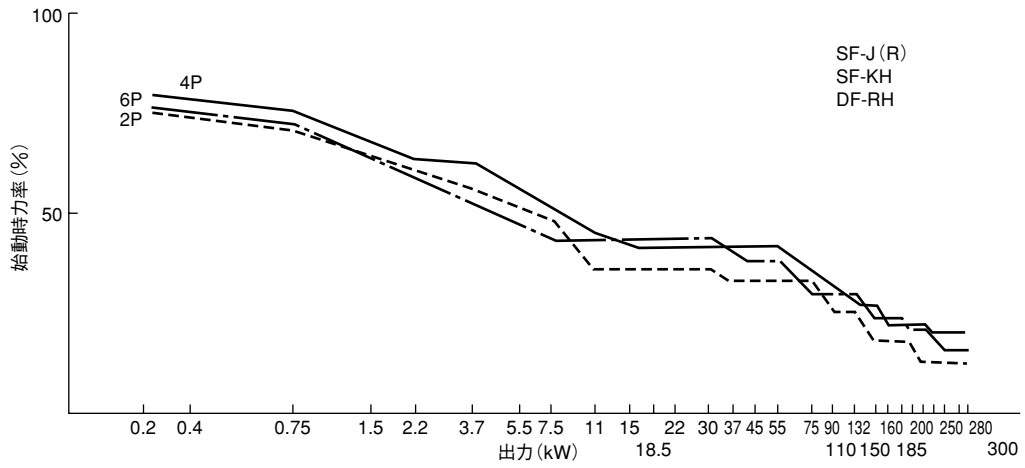


図 3. 15　電動機の始動時力率　例

3. 5. 4　高効率モータの動向と保護

(1) NFBと電磁開閉器

NFBと電磁開閉器とは基本目的が異なる製品であり、それを理解しておく必要がある。

電磁開閉器は電動機の過負荷および拘束時の保護を目的とし、通常の始動停止開閉操作における長寿命という点がその基本性能である。したがって、電磁開閉器が投入または遮断しうる電流は、各規格においても、定格電流の8～12倍と規定しており、短絡電流のような大電流を遮断する能力はない。つまり、この領域はNFBによらなければならず、両者の良好な協調形態が要求される。

(2) 保護協調の要件

NFBと電磁開閉器で良好な保護協調を得るためには下記の条件が要件となる。

① サーマルリレーとNFBの動作特性は交差点をもち、全電流域にわたって切れ目ない保護動作特性をもち、かつクロスポイント以下の電流ではサーマルリレーの特性が下まわっていること。

② 動作特性の交差点は、電磁開閉器の遮断容量以下の電流値であること。

③ 短絡電流が電磁開閉器に流れた場合、NFBが遮断するまでに、電磁開閉器が破損しないこと。

なお当然のことながらNFB、電磁接触器、サーマルリレーはそれぞれ本来の機能として下記条件は満足していなければならない。

④ NFBは短絡電流を確実に遮断しうる遮断容量をもち、配線を短絡および過負荷保護から守ること。電動機の始動電流で誤動作しないこと。

⑤ 電磁接触器は、電動機の正常状態において起りうる最大電流を確実に投入遮断できること。

⑥ サーマルリレーは、電動機の過負荷および拘束時の保護を確実に行える動作特性のものであること。

上記協調要件を図示すると図3. 16のとおりである。

(a) は良好に満足している場合であり (b) は保護領域に切れ目があり保護協調が完全でないことを示す。領域 (D) ではサーマルリレーが溶断する。しかしこの領域 (D) の幅は通常狭く、この領域の事故電流は、さらに大電流領域の事故に発展するか、電動機巻線のレヤー、接地に起因する場合などで発生可能がまれであるから、完全な協調形態の必要度とその経済性は勘案されなければならない。

(3) 高効率モータ

国際的な省エネルギーの意識の高まりにより、各国では三相モータの高効率法による規制が進んできている。国内では、2015年度から開始された省エネ規制導入に伴い、高効率モータの製造・販売を義務付けられ、効率クラスの分類としては、IE3プレミアム効率クラスが導入されている。

IE3モータについては、始動電流、始動突入電流が大きくなる傾向にあり、NFBとの関係でいえば、不要動作する場合があり、注意が必要となる。

図3. 16の (c) は電動機の過度突入電流を示しており、高効率モータの場合は、増加する傾向にあり、遮断器選定時には特に注意を要する。

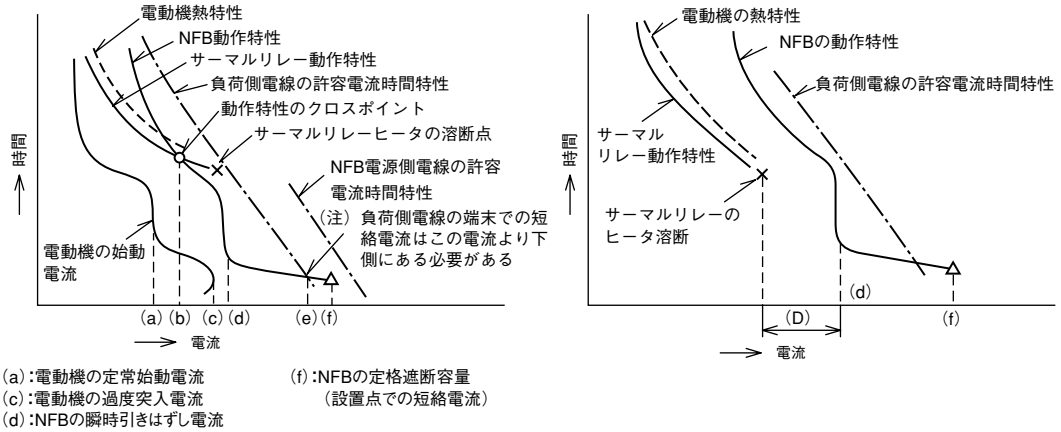


図 3. 16　電動機回路の協調形態

3. 6　定格電流の選定（溶接機回路）

3. 6. 1　スポット溶接機回路における選定

スポット溶接機は、一般的に負荷が短かい周期の断続負荷であることが特徴で、図3. 17のように負荷の開閉がすべて溶接変圧器の一次側で行われる。

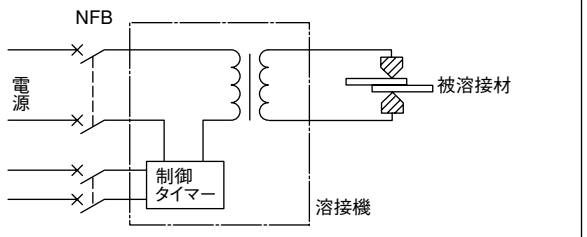


図 3. 17　スポット溶接機回路

NFBの選定にあたっては、次の点が通常回路と異なる特徴である。

(1) 断続負荷と等価な連続電流を算出しなければならない。

(2) 変圧器一次側開閉による過渡突入励磁電流を考慮しなければならない。

①使用条件からのNFBの定格電流の選定

NFBや電線の温度上昇は、熱的等価連続電流によって定まるので、これらの選定にあたっては断続電流を熱的等価連続電流に換算しなければならない。負荷電流が、実効値検出できる熱動形または電子式引きはずし方式のNFBを選定すればよい。図3. 18. 1のような通電状態における発生熱は抵抗をRとすると

$W=I_1^2Rt_1$

であり、平均の発生熱は、

$$\frac{W}{t_1+t_2}=\frac{I_1^2Rt_1}{t_1+t_2}=I_1^2R\beta=R(I_1\sqrt{\beta})^2$$

（ただしβは使用率で $\beta=\dfrac{\text{通電時間}}{\text{周期}}$ で示される。）

となる。これは$I_1\sqrt{\beta}$なる電流が連続して通電している場合の発生熱に等しい。図3. 18. 1の例で熱的等価電流I_eは$I_e=I_1\sqrt{\beta}=1200\times\sqrt{0.0625}=300$（A）となる。この場合300Aの連続電流と平均温度は同じになるが瞬時温度は図3. 18. 2のように変動し、最高温度はTmで示すように300A連続電流と考えた場合の平均温度Teより高い。熱動形NFBの動作は、この最高温度によるので最高温度で動作しないように選定しなければならない。つまり、ホットスタートにおける動作時間が通電時間以上であることを確認する必要がある。(ホットスタート曲線は付録8参照)。マグオンリーのNFBの場合は熱的等価電流をNFBの定格電流として選定すればよい。

ただし、NFBの定格電流は電源電圧の変動、機器のバラツキなどを考慮して約15%の余裕をもたせるので、この場合は

$I_{NFB}=I_e\times1.15=300\times1.15=345$（A）

345Aの直近上位の値とする。

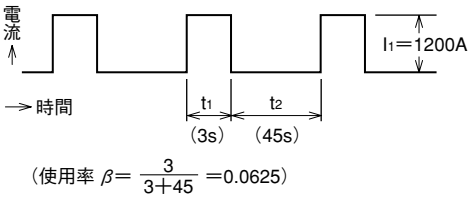


図 3. 18. 1　断続電流の例

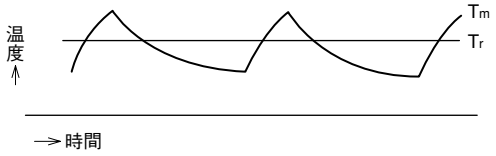


図 3. 18. 2　断続電流による温度上昇

電子式NFBの場合は、熱動電磁形に比べて動作時間が短かいため、通電時間t_1を特性曲線下限の1/2以下にし、しかも熱的等価電流に対し40%の余裕をもたせてNFBの定格電流を選定する。

$I_{NFB}\geqq I_e\times1.4$

$t_1\leqq$通電電流I_1に対する動作時間下限の1/2

②溶接機容量からのNFBの選定

①項では溶接条件（使用条件）からNFBを選定したが、被溶接物が変わると溶接機の使用条件も変わるものであるから、その都度NFBを変えなければならないように思える。しかし溶接機の使用限度を考慮して、溶接機容量や仕様から許される最大使用に対してNFBを選定しておけば、その都度NFBを変更する必要はない。

JIS C9303（単相交流式定置形スポット溶接機）によると、溶接機の定格容量は50%使用率の場合を基準に決められている。

図3. 17の溶接機の定格容量を85kVA、定格電圧200Vとすると、熱的等価連続電流I_eは

$$I_e = \frac{\text{定格容量}}{\text{定格電圧}} \times \sqrt{\text{使用率}} = \frac{85\times10^3}{200} \times \sqrt{0.5} \fallingdotseq 300\text{A}$$

となり、NFBの定格電流は

$$I_{NFB} = I_e \times 1.15 = 300 \times 1.15 = 345\text{A}$$

の直近上位の定格となる。

この場合、使用制限をこえないような使用率βと、使用率βのとき許される最大入力I_βの関係は

$$I_\beta = \frac{I_e}{\sqrt{\beta}} = \frac{300}{\sqrt{\beta}}$$

となる。周期を60sとして、使用率βを通電時間に換算して、この関係をグラフにすると図3. 19のようになる。すなわちこの溶接機は、熱的等価電流は同一の300Aであるが

使用率50%（通電時間30s）では入力電流425Aまで

使用率6.25%（通電時間3.75s）では入力電流1200Aまで

使用率1%（通電時間0.6s）では入力電流3000Aまでが使用限度である。

しかし溶接機の一次入力は二次側を完全短絡した場合でも、標準最大溶接電流にくらべて30%程度大きくなるだけであるから、この溶接機の標準最大入力を400kVAとすると、最大一次入力$I_{\beta\,max}$は

$$I_{\beta\,max} = \frac{\text{標準最大入力}}{\text{一次電圧}} \times 1.3 = \frac{400\times10^3}{200} \times 1.3 = 2600\text{A}$$

となり最大入力I_βは2600A以下で検討すればよい。

NF400-SW形350A定格の75%ホットスタート特性は図3. 19の破線のようになる。溶接機の温度上限までの上昇特性は図3. 19の実線で示される。溶接機の焼損防止のための許容時間－電流特性は実線より上にあるが、NFBで保護できるか否かは個々に検討しなければならない。

しかしながら通常NFBは短絡事故時のサイリスタ保護・電線保護専用としてマグオンリ仕様を使うことが多い。

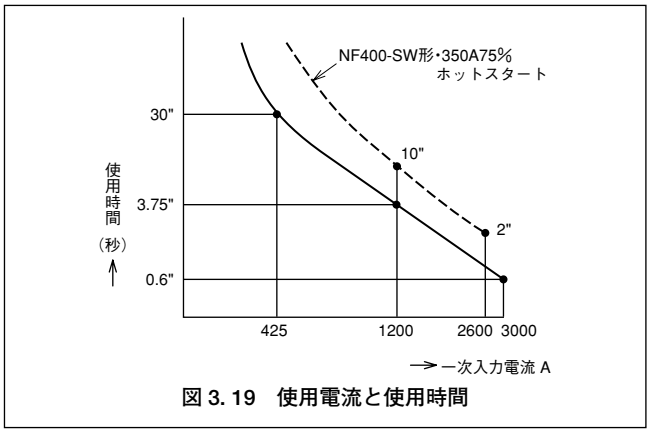


図 3. 19　使用電流と使用時間

③過渡突入励磁電流を考慮した瞬時引きはずし電流値の選定

変圧器を一次側で閉路すると、投入位相によっては直流分の重畳と変圧器の鉄心の飽和のため過渡突入電流が流れる。最近の溶接機は、この突入電流による保護機器の誤動作の防止、溶接条件の一定化のため同期投入方式で波頭制御方選式をそなえたもの、または同期投入方式のみのものがほとんどである。

この場合、電流の定常状態の実効値と過渡状態の最大波高値との比は実測によると$\sqrt{2}$ ～2以下である非同期投入方式でソフトスタートつきのものは実測によると4以下である。すなわち、過渡突入励磁電流の最大瞬時値は

同期投入方式・波頭制御方式つきのものは……

$$I_{max} \fallingdotseq \sqrt{2} \times I_{\beta\,max}$$

同期投入方式のみのものは……$I_{max} \fallingdotseq 2 \times I_{\beta\,max}$

非同期投入方式でソフトスタートつきのものは……

$$I_{max} \fallingdotseq 4 \times I_{\beta\,max}$$

非同期投入方式でソフトスタートもないものは……

$$I_{max} \fallingdotseq 20 \times I_{\beta\,max}$$

となるが、同期投入方式が採用されていれば、過渡突入励磁電流はほぼ同じ程度になるため、非同期投入方式のもの以外は、$I_{max}=2I_{\beta\,max}$で検討すればよい。

同期投入方式で最大一次入力（$I_{\beta\,max}$）が2600Aの場合

$$I_{max}=2 \times I_{\beta\,max}=2 \times 2600 = 5200\text{A}$$

となる。NFBの瞬時引きはずし電流は実効値でカタログに表示されているため、NFBの瞬時引きはずし電流（Iinst）は

$$I\text{inst} = \frac{I_{max}}{\sqrt{2}} = \frac{5200}{\sqrt{2}} = 3680\text{A}$$

となり、このIinstがNFBの瞬時引きはずし電流の公差の下限より小さくなるよう選定する。

②③項にもとづき選定した一例を表3. 18に示す。

表3.18　スポット溶接機用NFB（マグオンリ）選定表

溶接機の定格容量 kVA	溶接機の標準最大入力 kVA	単相200V 遮断器（マグオンリ）			単相400V 遮断器（マグオンリ）		
		形名	定格電流A	瞬時引きはずし設定値A	形名	定格電流A	瞬時引きはずし設定値A
12.5	50	NF125-SV NF125-CV	125	600±120	NF32-SV	30	300±60
	62.5		125	750±150	NF63-SV, CV	40	400±80
25	100		125	1400±280	NF63-SV, CV	50,60	600±120
	125		125		NF125-SV NF125-CV	50	750±150
50	200	NF250-SV	225	2250±450		100	1400±280
	250	NF250-CV	225	3150±630		100	

注　(1) 瞬時引きはずし設定値が表の値以上で定格電流が1.15Ie以上の標準NFBでも使用できる。
備考 (1) 溶接機は同期投入方式の場合を示す。
(2) NFBの形名は定格遮断容量より選定する。いずれも特殊品仕様。

3.6.2　アーク溶接機回路における選定

アーク溶接機は負荷が断続することが特徴であるが、JIS C 9300-1では10min周期における定格使用率が60%・40%・20%（タイプJの場合）、つまり1回の通電時間が6min・4min・2minを定格として定めている。NFBの定格電流の選定は、アーク溶接機が断続負荷であることから熱的等価連続電流に換算する方法も考えられるが、熱的等価連続電流をNFBの定格電流とすると1回の通電時間が比較的長いため過負荷状態がそれだけ続き、温度上昇が許容値をこえたりNFBがトリップするおそれがある。その過負荷の程度は10min周期で検討すると、使用率60%では、129%過負荷が6min・使用率40%では、158%過負荷が4min・使用率20%では224%過負荷が2min流れることになる。
このためNFBの定格電流はアーク溶接機の定格一次電流に若干の余裕をもたせた値を選定する。

$$I_{NFB} \geqq \frac{1.2 \times P \times 10^3}{E}$$

〈記号〉
I_{NFB}：NFBの定格電流（A）
1.2　：アーク溶接機の定格のばらつき・電源電圧の変動を考慮した余裕率
P　：アーク溶接機の定格容量（kVA）
E　：電源電圧（V）

アーク溶接機ではNFBを閉じた瞬間に流れる過渡突入励磁電流は実測によると一次電流の8～9倍である。そのため、余裕率を1.2として定格一次電流の11倍でトリップしないような瞬時引きはずし特性をもったNFBを選定しなければならない。

3. 7　定格電流の選定（変圧器一次側回路）

3. 7. 1　変圧器の励磁突入電流

変圧器を電源に投入すると、非常に大きな励磁電流が流れることがある。その波高値は定格電流の10倍以上になることもあり、NFBの誤動作を招き、変圧器を回路に投入できないことがある。この電流を励磁突入電流という。

励磁突入電流は、回路電圧のどの点で変圧器が投入されたか、鉄心の残留磁束がどんな状態にあったかによって変わってくる。

励磁突入電流が最大になるのは図3. 20のP点で投入されたときである。磁束は投入後1/2サイクルの間に$2\phi m$の変化をする。磁束の出発点は変圧器投入前の鉄心中の残留磁束ϕrであるので、磁束は1/2サイクル後では$2\phi m+\phi r$となり、鉄心の飽和磁束をはるかに越え、大きな励磁電流が流れることになる。この励磁突入電流は時間とともに減衰するが、その減衰時定数は変圧器の容量が大きくなるほど長くなる傾向にある。なお、励磁突入電流の概略値は表3. 19に示す。表3. 19の値は電路のインピーダンスによる限流を考慮していないので実際の励磁突入電流より大きくなっているが、不明の場合は表3. 19によるのがよい。詳細については変圧器メーカに照会される事を推奨する。

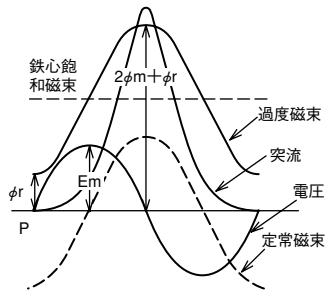


図3. 20　励磁突入電流

表3. 19　励磁突入電流の大きさの例（三菱低圧配電用モールド変圧器）

容量 kVA	単相変圧器		三相変圧器	
	第1波波高値（倍数）(注)	減衰時定数（サイクル）	第1波波高値（倍数）(注)	減衰時定数（サイクル）
5	45	2	32	2
10	43	2	31	3
20	43	3	26	3
30	37	3	24	3
50	35	4	22	4
75	30	6	15	5
100	27	7	15	5
150	24	8	15	6
200	21	10	14	6
300	17	12	12	8
500	19	12	12	15

注（1）倍数：定格電流波高値に対する励磁突入電流第1波波高値。
（2）励磁突入電流の大きさは印加電圧、投入位相、そして鉄心の残留磁束の大きさなどにより著しく変化するので同一変圧器でも投入ごとに異るのが普通である。上表は最大値を示すものである。ただし定格タップに定格電圧を印加したときの励磁突入電流値で過電圧印加においてはさらに大きくなることに注意を要す。

3. 7. 2　変圧器一次側回路における選定

3. 7. 1項の励磁突入電流は時間とともに減衰し、ついには純粋に励磁電流だけとなるが、NFBの瞬時引きはずしは、過渡電流に応動する。したがって、変圧器の励磁突入電流に対して、十分高い瞬時引きはずし電流をもつNFBを選定する必要がある。このため電磁引きはずし電流の高いものが製作しにくい完全電磁式のものより、電磁引きはずし電流の高いものが製作しやすい熱動電磁式のNFBの方が適している。

三相420V50kVA一次側NFBの選定例

定格電流I（実効値）は

$$I=\frac{\text{容量(kVA)}\times10^3}{\sqrt{3}\times\text{電圧(V)}}=\frac{50\times10^3}{\sqrt{3}\times420}=68.7\text{A}$$

表3. 19より、励磁突入電流波高値$I\phi$は、定格電流波高値の22倍であるから

$$I\phi=22\times\sqrt{2}\ I=22\times\sqrt{2}\times68.7=2137\text{A}$$

となる。瞬時引きはずし電流の波高値が2137A以上のNFBを選定すればよい。NF250-CV形及びNF250-SV形、150Aでは瞬時引きはずし電流波高値は

$$I\text{inst}=\sqrt{2}\times150\times11.2=2376\text{A}$$

となり満足する。したがって、NF250-CV形またはNF250-SV形3P150Aとする。

このようにして選定した一例を表9. 5. 1～9. 5. 8に示す。

3. 8　定格電流の選定（コンデンサ回路）

コンデンサ回路のNFBの選定にあたっては、次の開路時と閉路時の2つの点と高調波電流に注意しなければならない。

3. 8. 1　コンデンサ回路の特徴

図3. 21のようなコンデンサ回路を図3. 22に示す時刻t_1において開路すると、進電流iの零点t_2において遮断が行われる。それ以後は電源側電圧はVtのように変化するが負荷側はコンデンサ電荷のためVcのまま維持されるので、NFBの接点間電位差はVcとVtの差の電圧が生じ、t_2より約1/2サイクル後のt_3には電源電圧波高値Emの約2倍の電位差により、このため接点が十分開離していないと再点弧を生ずる。そうすればコンデンサ電荷は電路のリアクタンスとコンデンサ容量で定まる振動回路で電圧振巾4Emからの減衰振動で放電され、消弧すると再びVcが－Emに維持されVtとの接点間電位が増大してゆく。そしてこれをくり返すうちに接点間隙が十分に開離すると再点弧はなくなり開路が完了する。三菱NFBは接点開離速度がきわめて速いので、再点弧をくり返すことはほとんどない。

しかし、速入り・速切りでない機構のNFBもあるので注意を要する。そのようなものではコンデンサ容量が小さいと振動電流が十分に減衰するまで放電されないので、振動電圧の逆方向波高値付近で消弧されると図3. 23に示すように第1再点弧でコンデンサ電圧が－3Em付近に維持され、第2再点弧では5Emに、第3再点弧では－7Emと次第に大きくなって、ついにはコンデンサのパンクを招くことになる。

したがって、NFBは速入り・速切り機構のものを用いなければならない。

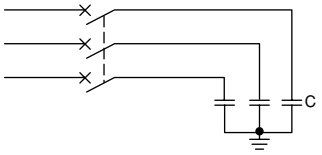


図3. 21　コンデンサ回路の一例

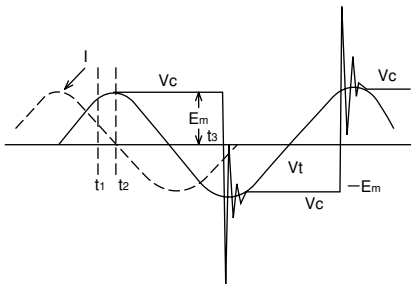


図3. 22　コンデンサ回路の遮断現象

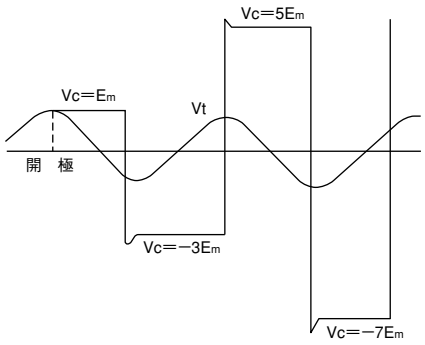


図3. 23　コンデンサ容量が小さい場合の例

3. 8. 2　コンデンサ回路における選定

電源電圧をV（v）、コンデンサ容量をC（F）、周波数をf（Hz）、電流をI（A）とするとkVA容量Pとの関係はつぎのようになる。

三相の場合は　$1000P=\sqrt{3}\,VI=2\pi fCV^2$

単相の場合は　$1000P=VI=2\pi fCV^2$

さて、コンデンサ回路を閉路すると投入位相時の電圧瞬時値Vに見合うだけのコンデンサ電荷q＝CVが瞬時に供給されなければならないが、そのために大きな突入電流が流れる。

今、コンデンサを含む回路の定数を図3. 24. 1のようであるとし、電圧Vが電源電圧の波高値V＝Emにおいて回路が閉じられたとする。

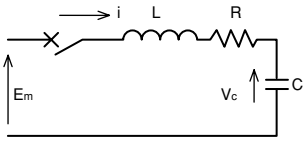


図3. 24. 1

流入する電流iは過度現象論の教えるところにより

$$i=\frac{2Em}{\sqrt{\frac{4L}{C}-R^2}}\varepsilon^{-\frac{R}{2L}t}\sin\frac{\sqrt{\frac{4L}{C}-R^2}}{2L}t$$

となる。

これを図にすると図3. 24. 2のようになり、電流の最大値imは

$$im=\frac{Em}{\sqrt{\frac{L}{C}}}\varepsilon^{-\frac{R}{\sqrt{\frac{4L}{C}-R^2}}\arctan\frac{\sqrt{\frac{4L}{C}-R^2}}{R}}$$

で求められる。そのときのt = τ_0は

$$\tau_0 = \frac{2L}{\sqrt{\frac{4L}{C} - R^2}} \arctan \frac{\sqrt{\frac{4L}{C} - R^2}}{R}$$

となる。電圧Vは一定ではないがτ_0がきわめて小さいので過渡現象消失までV = Emと考えてよい。また通過時間は約2 τ_0と考えられるから、コンデンサ回路用NFBはこのim × 2 τ_0の通過電流で動作しないような電磁引きはずし電流のものを選定しなければならない。

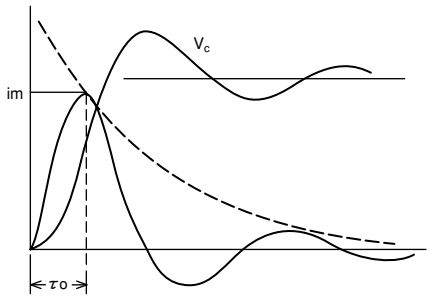


図3. 24. 2

つぎにその一例を計算しよう。

三相 200V 50Hz 150kvarコンデンサ回路のNFBの例

計算によるとC=1.1943 × 10^{-2}(F)　I=433(A)である。

回路のR、Lを推定しなければならないが、そのために回路の短絡電流が回路容量の約100倍の50000Aであると仮定する。

$$Z = \sqrt{R^2 + (2\pi fL)^2} \qquad 50000 = \frac{V}{\sqrt{3}\ Z}$$

より

$$Z = \frac{200}{\sqrt{3} \times 50{,}000} = 2.31 \times 10^{-3}$$

となる。

さらに$\frac{2\pi fL}{R} = 5$と仮定すると

$$2\pi fL = 2.3 \times 10^{-3}(\Omega)$$
$$R = 4.6 \times 10^{-4}(\Omega)\ L = 7.34 \times 10^{-6}(H)$$

となる。$Em = \frac{\sqrt{2}}{\sqrt{3}} V = 165$であるからim、$\tau_0$の計算式より

$$im = 6600(A)$$
$$\tau_0 = 4.62 \times 10^{-4}(sec)$$

を得る。

通過時間は約2 τ_0であるから6600Aの電流で0.001sのアンラッチングタイムをもつように選定する。さて、NF630-SW形を選定するとすれば10000Aに対するリレー時間は0.0029sであるから、アンラッチングタイムはこれより短かいとしても上記通過電流で動作することはないであろう。

しかし、大きい通過電流によるNFB接点の異常消耗・接点溶着などを防ぐためおよび不要動作の安全を期するには電磁引きはずし電流を$\frac{6600}{\sqrt{2}} = 4700$Aより大きくしておけはよい。電磁引きはずし電流が4700Aより大きくなるような定格は500Aとなる。したがって、この例ではNF630-SW形の定格電流500AのNFBを選定すればよい。表3. 20では一応適合するNFBの定格電流を示してあるが、回路の短絡容量がNFBの定格遮断容量にくらべて著しく大きい場合には、短絡保護の点においてのみでなく、投入時の突入電流による動作も考えられるので、上記計算例にならって検討されることが必要である。

上述はコンデンサバンクが1個で、リアクトル無しの場合の選定であり、コンデンサバンクが1～6個で6%のリアクトルがある場合は表3. 20を参照とし、また、変圧器や電線のインピーダンスを考慮した計算式については付録8. 6を参照のこと。

表3. 20　力率改善用進相コンデンサ回路に対する選定表
（その1）単相200V

設備容量 kvar	分岐回路用遮断器の定格電流　A 合計バンク数 リアクトル　6%					
	1	2	3	4	5	6
5	40	40	40	40	40	50
10	75	75	75	75	75	100
15	125	125	125	125	125	125
20	150	150	150	150	150	175
25	200	200	200	200	200	225
30	225	225	225	225	225	250
40	300	300	300	300	300	350
50	400	400	400	400	400	500
75	600	600	600	600	600	600
100	800	800	800	800	800	800
150	1200	1200	1200	1200	1200	1200
200	1500	1500	1500	1500	1500	1600
250	1800	1800	1800	1800	1800	2000
300	2500	2500	2500	2500	2500	2500
400	3000	3000	3000	3000	3000	3000
500	—	—	—	—	—	—
600	—	—	—	—	—	—
750	—	—	—	—	—	—

（その2）単相415V

設備容量 kvar	分岐回路用遮断器の定格電流　A 合計バンク数 リアクトル　6%					
	1	2	3	4	5	6
5	20	20	20	20	20	20
10	40	40	40	40	40	40
15	60	60	60	60	60	60
20	75	75	75	75	75	100
25	100	100	100	100	100	100
30	125	125	125	125	125	125
40	150	150	150	150	150	175
50	175	175	175	175	175	200
75	300	300	300	300	300	300
100	350	350	350	350	350	400
150	600	600	600	600	600	600
200	700	700	700	700	700	800
250	900	900	900	900	900	1000
300	1200	1200	1200	1200	1200	1200
400	1400	1400	1400	1400	1400	1600
500	1800	1800	1800	1800	1800	2000
600	2500	2500	2500	2500	2500	2500
750	2800	2800	2800	2800	2800	2800

（その3）三相200V

設備容量 kvar	分岐回路用遮断器の定格電流　A 合計バンク数 リアクトル　6%					
	1	2	3	4	5	6
5	30	30	30	30	30	30
10	50	50	50	50	50	50
15	75	75	75	75	75	75
20	100	100	100	100	100	100
25	125	125	125	125	125	125
30	125	125	125	125	125	150
40	175	175	175	175	175	200
50	225	225	225	225	225	250
75	350	350	350	350	350	350
100	500	500	500	500	500	500
150	700	700	700	700	700	700
200	900	900	900	900	900	1000
250	1200	1200	1200	1200	1200	1200
300	1400	1400	1400	1400	1400	1400
400	1800	1800	1800	1800	1800	1800
500	2500	2500	2500	2500	2500	2500
600	2500	2500	2500	2500	2500	2800
750	3200	3200	3200	3200	3200	3200

（その4）三相415V

設備容量 kvar	分岐回路用遮断器の定格電流　A 合計バンク数 リアクトル　6%					
	1	2	3	4	5	6
5	15	15	15	15	15	15
10	20	20	20	20	20	30
15	30	30	30	30	30	40
20	40	40	40	40	40	50
25	50	50	50	50	50	60
30	60	60	60	60	60	75
40	100	100	100	100	100	100
50	100	100	100	100	100	125
75	150	150	150	150	150	175
100	200	200	200	200	200	250
150	300	300	300	300	300	350
200	400	400	400	400	400	500
250	500	500	500	500	500	600
300	600	600	600	600	600	700
400	800	800	800	800	800	900
500	1000	1000	1000	1000	1000	1200
600	1200	1200	1200	1200	1200	1400
750	1500	1500	1500	1500	1500	1800

（1）遮断器の定格電流はコンデンサの定格電流の約150%に選定している。
（2）力率変化に応じてコンデンサバンク切換を行う場合は別に電磁接触器を設置して開閉してください。
（3）主幹用遮断器の定格電流は分岐回路のコンデンサ容量の総和のコンデンサ容量を求め、上表のバンク数1により選定する。
（4）周波数50Hzおよび60Hzの場合を示します。

3. 8. 3　高調波電流を考慮した選定

コンデンサは電圧歪を数倍の電流歪に拡大する性質を持っているため、電圧波形に歪を生じるようなサイリスタ応用機器が近くにある場合は、NFBの選定に注意を要する。実例として電圧歪が19%程度であるのに電流歪が360%というような例が報告されている。このように電圧歪発生源が近くにあり電流歪が大きい場合には、コンデンサ回路用NFBとして、熱動電磁形NFBを選定する。

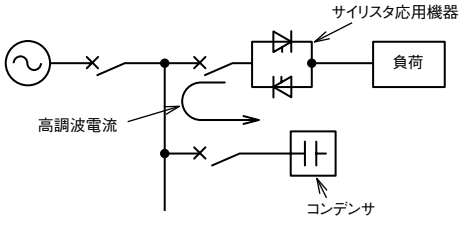


図3. 25　高調波発生源とコンデンサ回路

3. 9　定格電流の選定（サイリスタ・ダイオード回路）

サイリスタや整流素子の保護は、それらの破壊過程から考えて過電圧保護と過電流保護の2点を検討しなければならない。

過電圧保護は、避雷器・放電器あるいはC-Rフィルタなどにより保護する方法があり実績もある。ここでは過電流に対する保護についてのべる。

3. 9. 1　回路の特徴

サイリスタや整流素子を使用した装置において過電流が発生する原因は次のようなものがある。

(1) ライン故障

負荷機器が過負荷状態となったり、短絡状態が発生した場合で、素子に過電流が流れ、熱的破壊にいたるものである。

(2) エレメント故障

サイリスタや整流素子などが逆電圧の阻止能力をうしなう故障で、いわゆるパンクによってアーム短絡事故を形成する故障である。この事故は放置しておくと健全な他の素子まで破壊するのですみやかに開放してやることが必要である。この場合には直流側にNFBを施設したのでは図3. 26に示すように故障電流が流れて健全な素子の保護はできない。したがって、各エレメントごとか、または交流側にNFBを挿入することが必要である。

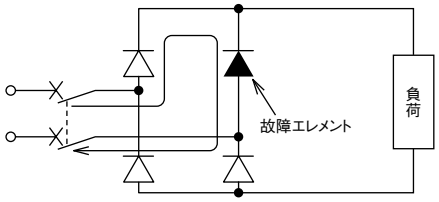


図3. 26　エレメント故障の例

(3) サイリスタレオナード方式の故障

サイリスタによる制御を使って直流電動機の速度制御を行うサイリスタレオナード方式では、インバータ連転中（電動機の回転エネルギーを交流電源側へ回生している期間）における電源喪失やサイリスタ制御回路の不備による転流失敗時に、直流電動機はその回転慣性をもって発電機として作用し、図3. 27に示すような短絡電流が流れる。この短絡電流からサイリスタを保護するために直流側にNFBを施設する必要がある。

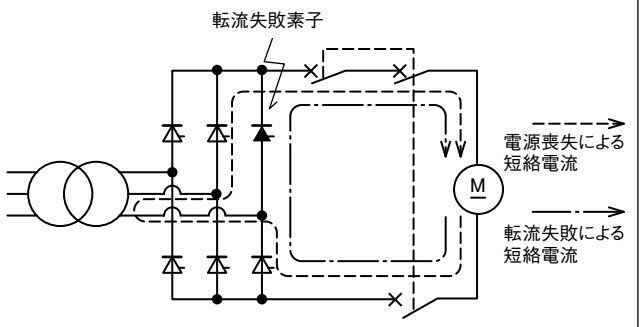


図3. 27　サイリスタレオナード方式の故障

3. 9. 2　整流回路における選定

サイリスタ回路に使用するNFBの定格電流は回路方式によって異なるので注意することが必要である。また、交流側に施設する方法と直流側に施設する方法があり、これらによっても電流値は変わる。

すなわち、図3. 28においてNFB$_1$は交流側に、NFB$_2$は直流側に設置した場合である。一般には交流側に設置するのが定格電流を小さくできるので有利であると考えられる。表3. 21に回路方式と各部の電流値の関係を示す。表3. 21より直流側負荷電流値が判明すれば交流側に設置するときにはNFB$_1$、直流側の場合にはNFB$_2$により定格電流を選定すればよい。エレメントの電流値（一般にカタログでは平均値で表示してある）とNFBの定格電流とが一致しないことに注意しなくてはならない。

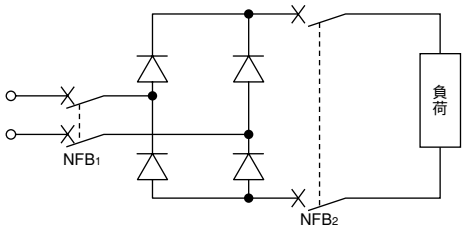


図3. 28　サイリスタ回路のNFBの設置例

あらゆる過電流に対して素子を完全保護することは可能であるが、装置に要求される経済性や信頼性など総合的な観点から保護協調を検討するのが良策である。
経済性を重視した回路では全領域の保護は考えず、発生確率の少ない過電流を無視して保護範囲を設計する。
重要回路で素子の完全保護が要求される場合には、高価にはなるが数種類の保護機器を併用する。

(1) 過負荷電流に対する保護

サイリスタの熱破壊はジャンクションの温度上昇によって制御能力を失なうものであるから、事故発生後、すみやかに回路を開放してジャンクションの温度上昇値が所定の値をこえないようにしてやればよい。過負荷電流領域とは各素子のカタログにサージ電流耐量曲線で示されている範囲で、通常1サイクル以上の時間に耐える領域である。
上記サージ電流耐量の電流値は、波高値で示してあるものが多いのでNFBとの保護協調を検討する場合には実効値への換算が必要である。

(2) 短絡電流に対する保護

外部回路が短絡した場合や、サイリスタエレメントが破壊してアーム短絡が起こった場合には大電流が流れるのできわめて短時間に回路を遮断しなくてはならない。短絡時の遮断時間は一般には1サイクル以下となるため、エレメントの熱破壊の検討には電流2乗時間積を考慮しなければならない。すなわち(エレメントの許容$\int i^2dt$)＞(エレメントに加わる値に換算したNFBの通過$\int i^2dt$)の関係が成立しなくてはならないが(NFBの通過$\int i^2dt$)の値は短絡電流の大きさや遮断時間、あるいは限流特性に影響される。
NFBの遮断時間は負荷側ライン回路の短絡電流の上昇率$\frac{di}{dt}$によって大きく左右されるのでこの点を十分考慮することが必要である。
図3. 29の回路で短絡が発生すると、短絡電流iは

$i=\frac{E}{R}\left(1-\varepsilon^{-\frac{R}{L}t}\right)$であるので

電流上昇率$\frac{di}{dt}$は$\left(\frac{di}{dt}\right)_{t=0}=\frac{E}{L}$となる。

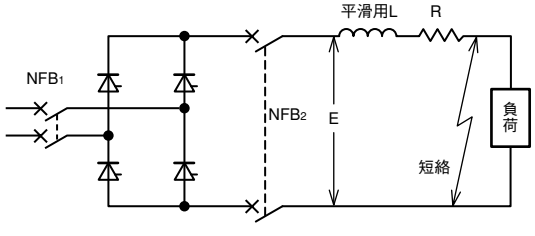


図3. 29　短絡回路

したがって、線路や平滑用のインダクタンスの大きさが$\frac{di}{dt}$に大きく影響するので大短絡電流の流れるおそれがある場合には、Lを大きくして電流上昇率を小さくし、大電流が流れる以前にNFBで回路を遮断するのが有効である。図3. 30はNFB2に対するこの現象を示すものである。

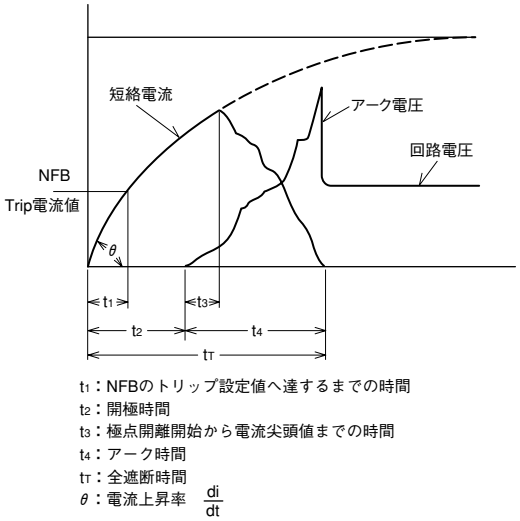
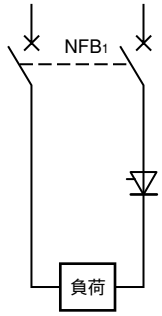
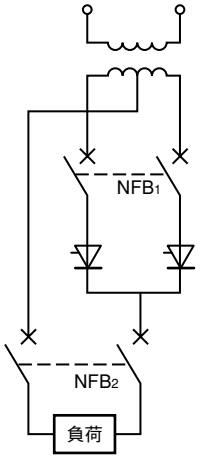
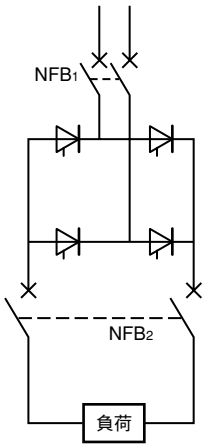
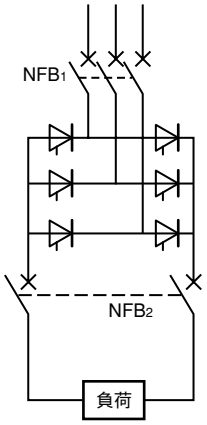
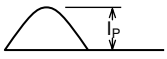
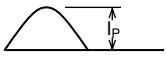
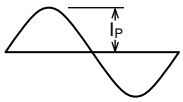
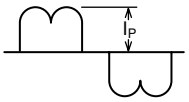
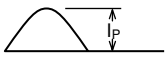
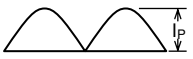
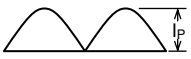


図3. 30　遮断波形

表3. 21　回路方式と各部の電流

			回　路　Ⅰ	回　路　Ⅱ	回　路　Ⅲ	回　路　Ⅳ
回　路　方　式						
素子の平均電流 I_F（A）			$\frac{I_p}{\pi}$	$\frac{I_p}{\pi}$	$\frac{I_p}{\pi}$	$\frac{I_p}{\pi}$
素子の実効値電流 I_e（A）			$\frac{I_p}{2}$	$\frac{I_p}{2}$	$\frac{I_p}{2}$	$\sqrt{\frac{1}{6}+\frac{\sqrt{3}}{4\pi}}\,I_p$ （≒0.552I_p）
直流出力平均電流 I_D（A）			I_F	$2I_F$	$2I_F$	$3I_F$
NFBに流れる電流	NFB1	実効値電流 I_B（A）	$\frac{\pi}{2}I_F$ または $\frac{\pi}{2}I_D$	$\frac{\pi}{2}I_F$ または $\frac{\pi}{4}I_D$	$\frac{\pi}{\sqrt{2}}I_F$（≒2.22I_F） または $\frac{\pi}{2\sqrt{2}}I_D$（≒1.11I_D）	$\pi\sqrt{\frac{1}{3}+\frac{\sqrt{3}}{2\pi}}\,I_F$ （≒2.45I_F） または $\frac{\pi}{3}\sqrt{\frac{1}{3}+\frac{\sqrt{3}}{2\pi}}\,I_D$ （≒0.817I_D）
		電流波形				
	NFB2	実効値電流 I_B（A）	I_e または $\frac{\pi}{2}I_D$	$\frac{\pi}{\sqrt{2}}I_F$ または $\frac{\pi}{2\sqrt{2}}I_D$	$\frac{\pi}{\sqrt{2}}I_F$ または $\frac{\pi}{2\sqrt{2}}I_D$	$\pi\sqrt{\frac{1}{2}+\frac{3\sqrt{3}}{4\pi}}\,I_F$≒3$I_F$ または $\frac{\pi}{3}\sqrt{\frac{1}{2}+\frac{3\sqrt{3}}{4\pi}}\,I_D$≒$I_D$
		電流波形				

注．負荷は抵抗負荷とし、素子の導通角は180℃としてある。

全遮断時間t_Tに対するNFB$_2$の通過Ii^2dtをエレメントに加わるIi^2dtに換算したとき、エレメントの許容Ii^2dt以下でなくてはならない。

上記関係が成立するか否かは回路定数が定まれば計算よりも実験により確認するのがよい。

つぎに、電流上昇率が大きく交流側の短絡電流を$i=I_p\sin\omega t$としNFB$_1$の遮断時間を1サイクルとすれば、サイリスタに加わるIi^2dtはつぎのとおりとなる。

回路Ⅰ Ⅱ Ⅲ

$$\int i^2dt=\int_0^{\frac{1}{2f}} I_p^2\sin^2\omega t dt=\frac{1}{4f}I_p^2\ (A^2sec)\ \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\ (1)$$

回路Ⅳ

$$\int i^2dt=2\int_{\frac{1}{6f}}^{\frac{1}{3f}} I_p^2\sin^2\omega t dt=\frac{I_p^2}{f}\left(\frac{1}{6}+\frac{\sqrt{3}}{4\pi}\right)(A^2sec)\ \cdots\ (2)$$

I_p=エレメントに流れる電流波高値(A)

f=周波数(Hz)

エレメントの$\int i^2dt$の値がわかれば上記(1)および(2)式よりNFBの許容通過$\int i^2dt$を求めることができる。遮断時間が1サイクル以内の場合には、表3. 21に示すとおり回路Ⅰ、ⅡではNFB$_1$に流れる電流とエレメントに流れる電流とは同一となるが、回路Ⅲ、ⅣではNFB$_1$に流れる電流エレメントに流れる電流の2倍流れるので、NFB$_1$の通過Ii^2dttはエレメントの許容Ii^2dtの2倍以下であればよいことになる。(遮断時間が1/2サイクル以内の場合にはNFB$_1$の通過$\int i^2dt$はエレメントの許容$\int i^2dt$以下のこと)

一般にダイオードの方がサイリスタより過電流強度が大きく、大きな通過$I^2\cdot t$に耐えるためNFBはダイオード保護の方が比較的容易である。

(3) 過電流との保護協調の検討例

サイリスタのサージ電流耐量とNFBの特性を同一時間－電流目盛にのせると、図3. 31のようになる。(NFB$_1$の場合を示す。NFB$_2$についても同様に求めることができる)。

領域Ⅱの範囲の短絡電流や過負荷電流については保護可能である。領域ⅠについてはNFBでは保護できないので別に過電流継電器を設置しなくてはならない。

領域Ⅲについては、回路が短絡したとき領域Ⅲに属するような大きな電流が流れない場合には問題はないが、この領域の短絡電流が考えられる場合には直流側にインダクタンスLなどを挿入して電流をしぼるか、高速限流ヒューズを使用して協調をとることが必要である。

領域Ⅰや領域Ⅲについては、この領域内の事故発生の有無や確率を検討するとともに、経済性を重視した場合等については過電流継電器や高速限流ヒューズの使用を省略することも考えられる。

NFBの電磁引きはずし電流値の小さいものを使用することにより領域Ⅱは拡大され、保護範囲は広くなる。

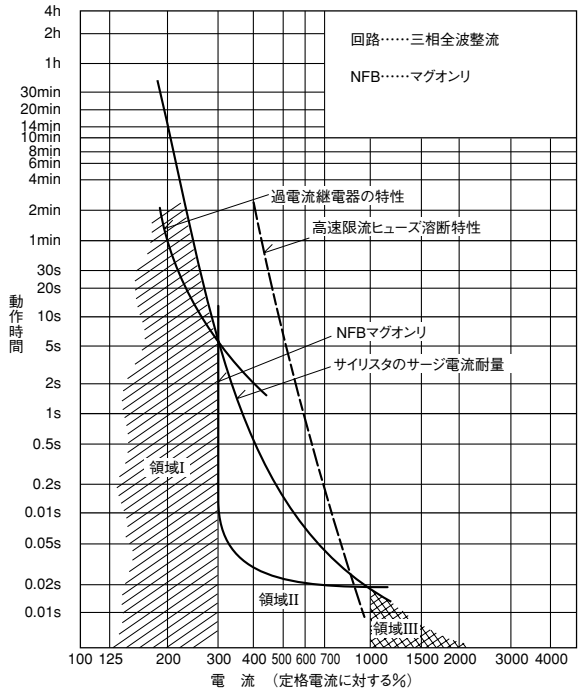


図3. 31 NFBによるサイリスタの保護協調

(4) サイリスタレオナード方式の電源喪失や転流失敗時の短絡電流に対する保護

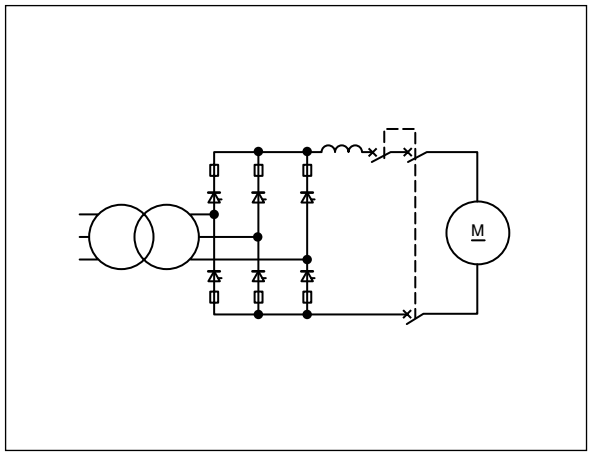
インバータ運転中の電源喪失や転流失敗時の短絡電流からサイリスタを保護するために、直流側に定格電流の約3倍の電流で瞬時動作をするNFB(マグオンリーブレーカ)を設置する。図3. 27のようにNFBは3極(または4極)直列接続して行う。図からもわかるようにNFBに流れる短絡電流とエレメントに流れる短絡電流は同一となるので(エレメントの許容 $\int i^2dt$) > (NFBの通過 $\int i^2dt$) の関係が成立すればよい。これは実験の裏付が必要となる。表3. 22にサイリスタレオナード方式における直流側のNFB選定表を示しているので、この表により選定すればよい。

表3. 22　サイリスタレオナード方式における直流側のNFB選定表(回路電圧DC480V)

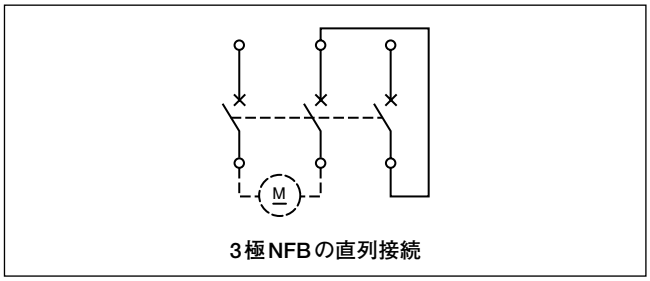
サイリスタ保護用ブレーカ				短絡回路			通過 $I^2\cdot t$ ($\times10^4$) ($A^2\cdot s$)	サイリスタ保護用ブレーカにより保護可能な三菱電機製サイリスタの例		
形名	極数	定格電流A	電磁引きはずし電流A	電圧V	電流A	時定数 ms		形名	※並列数	許容 $I^2\cdot t$ ($\times10^4$) ($A^2\cdot s$)
NF400-SW	3	275	964±193	480	8340	11～26	10～19	FT500DL	1P	42
		360	1260±252	〃	7320	13～20	20～29	〃	1P	42
NF630-SW	3	540	1890±378	〃	10100	24～34	33～39	〃	1P	42
NF800-SDW	3	800	2400±480	〃	15100	11～19	43～59	〃	2P	168

注. ※印はサイリスタの並列数を示す。たとえば2Pはサイリスタの2個並列を示す。

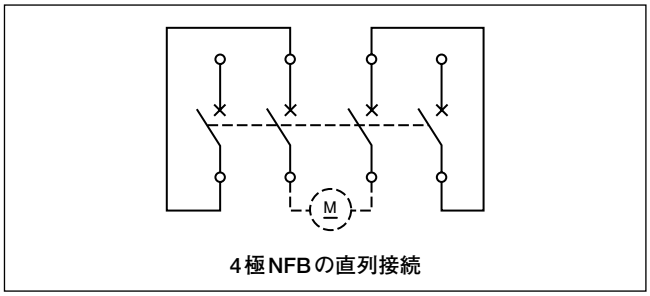
備考 (1) 図の速動ヒューズはサイリスタがパンクしたとき、AC側を電源とする短絡電流がサイリスタに流れるが、この短絡電流を遮断する。



(2) NFBの直列接続は下図のように行う。



3極NFBの直列接続



4極NFBの直列接続

3. 10　定格電流の選定（放電灯回路）

3. 10. 1　高調波による影響と対策

放電灯回路はランプの非直線性に起因する高調波成分を含む電流が安定器入力側にも流れるので、配電系統の分離や配線上の配慮と同時に安定器回路自体の構造にも考慮がいる。

放電灯回路の高調波分は主に第3高調波で、場合によっては、5次、7次、9次…などが含まれる。

通常の放電回路では20%程度の第3高調波分がある。

さらに負荷電流の歪に対して大きな影響をもつ電源電圧が、歪んで高調波成分が多い場合には、電源に並列接続された力率改善コンデンサを放電灯回路が内蔵すると高調波に対してインピーダンスが下り、高調波電流が増大するので3. 8. 2項の配慮が必要である。ここでは電源電圧に歪がなく、電流歪が放電灯回路自身によって生じている場合について述べる。

NFBを選定する場合、高調波の影響を考慮する必要がありまた放電灯回路の種類によっても選定が異なるので、水銀灯および蛍光灯、ナトリウム灯に関しては次のような考慮が必要である。

3. 10. 2　水銀灯回路における選定

水銀灯はランプ自体に電流を一定に保つ働きがないため安定器が用いられる。

ランプは200Vで使われることが多いため普通はチョークコイル形安定器が用いられるが100V電源に対しては漏えい変圧器形安定器が用いられる。

さらに安定器には進相コンデンサを内蔵した高力率形と低力率形とがある。

また、電圧変動時や始動時にも電流を一定にする定電力形（または定出力形ともいう）安定器やフリッカーを少なくするフリッカレス形安定器がある。

これらによりNFBの選定は次のような考慮をしなければならない。

(1) 一般形（高力率、低力率）安定器では始動時の電流が安定時の約1.7倍あるのでNFBの定格電流を負荷電流の1.7倍以上に選定すれば、この余裕率の中で高調波の影響も考慮していることになる。

(2) 定出力形あるいは、フリッカレス形安定器では始動電流が安定時の電流にくらべて小さいので、高調波の影響を考慮してNFBの定格電流を負荷電流の1.3～1.4倍に選定する。

各定格の水銀ランプに対する安定器の特性の一例を表3. 23に示す。

NFBの定格選定は次のように行う。

NFBの定格電流は、始動電流を安定時入力電流の170%、始動時間を5minとして選定すればよい。100Aフレーム以下のNFBでは5min間に耐え得る安全電流は定格電流にくらべてあまり大きくないので安定時入力電流の170%の直近上位の定格電流の物を選定すればよい。100Aをこえる全電流のものについては、5min間までならば120%程度の電流に耐え得るのでNFB定格電流は、安定時入力電流の1.7/1.2＝1.4倍の直近上位の定格電流のものを選定すればよい。

水銀灯一般形 100W 100V 50Hz 高力率形10灯の場合のNFBの定格電流選定例

安定時の入力電流は1灯あたり1.35Aであるから

$1.35 \times 1.7 \times 10 = 23$（A）の直近上位のNF32-SV、30Aを選定する。

尚、内線規程3605-1では「水銀灯の容量は定格電流の150%値で計算すること」となっている。

3. 10. 3　蛍光灯、ナトリウム灯回路における選定

始動電流は無視できるが高次の成分の含有率が10～40%と高いので、高次の高調波成分を考慮してNFBの定格電流を負荷電流の1.4倍以上にする必要がある。

> 照明器具によっては点灯時の突入電流の影響で遮断器の開閉回数が低下することが考えられる。遮断器の異常温度上昇がないか定期点検を行うことを推奨する。

表3. 23　水銀灯安定器の特性

ランプ（W）	安定器種類	安定器形名	定格電圧（V）	電気特性				
				入力電流（A）			入力電力（W）	二次電圧（V）
				始動時	安定時	無負荷時		
80	一　般　形・高力率	HD-80HC100-5・6	100	1.6	1.06	1.24	97	220
100	一　般　形・低力率	HD-100LE100-5・6	100	3.6	2.2	0.095	121	220
	一　般　形・高力率	HD-100HC100-5・6	100	2.0	1.35	1.47	121	220
	一　般　形・低力率	HCD-100LD200-5・6	200	1.6	1.0	—	115	—
	一　般　形・高力率	HCD-100HG200-5・6	200	1.1	0.64	0.57	115	—
200	一　般　形・低力率	HD-200LDT100-5・6	100	6.0	4.1	0.2	230	210
	一　般　形・低力率	HCD-200LDT200-5・6	200	2.9	1.9	—	215	—
	一　般　形・高力率	HD-200HDT100-5・6	100	3.5	2.5	2.4	230	210
	一　般　形・高力率	HCD-200HDT200-5・6	200	1.9	1.19	1.0	215	—
	定　電　力　形・高力率	HD-200RDT100-5・6	100	1.3以下	2.4	1.3以下	230	210
	定　電　力　形・高力率	HD-200RDT200-5・6	200	0.8以下	1.2	0.8以下	230	210
250	一　般　形・高力率	HD-250HET100-5・6	100	4.7	3.0	2.4	275	210
	一　般　形・高力率	HCD-250HGT200-5・6	200	2.45	1.4	1.0	260	—
	低始動電流形・高力率	HCD-250AHCT200-5・6	200	1.75	1.35	1.75	260	—
	定　電　力　形・高力率	HD-250RDT100-5・6	100	1.6以下	2.9	1.6以下	277	210
	定　電　力　形・高力率	HD-250RDT200-5・6	200	0.8以下	1.45	0.8以下	277	210
300	一　般　形・高力率	HD-300HDT100-5・6	100	5.6	3.7	3.0	330	210
	一　般　形・高力率	HCD-300HGT200-5・6	200	2.9	1.7	1.25	310	—
	低始動電流形・高力率	HCD-300AHCT200-5・6	200	2.1	1.6	2.0	310	—
	定　電　力　形・高力率	HD-300RDT100-5・6	100	1.8以下	3.4	1.8以下	330	210
	定　電　力　形・高力率	HD-300RDT200-5・6	200	1.0以下	1.7	1.0以下	330	210
400	一　般　形・低力率	HCD-400LGT200-5・6	200	5.7	3.3	—	415	—
	一　般　形・高力率	HD-400HET100-5・6	100	8.1	4.5	4.2	436	210
	一　般　形・高力率	HCD-400HGT200-5・6	200	4.0	2.2	1.5	415	—
	低始動電流形・高力率	HCD-400AHB-P200-5	200	2.7	2.2	2.7	420	—
	定　電　力　形・高力率	HD-400RDT100-5・6	100	2.5以下	4.5	2.5以下	435	210
	定　電　力　形・高力率	HD-400RDT200-5・6	200	1.2以下	2.3	1.2以下	435	210
700	一　般　形・高力率	HD-700HET100-5・6	100	13.0	8.4	6.0	760	220
	一　般　形・高力率	HCD-700HE-P200-5・6	200	7.0	4.1	2.7	740	—
	低始動電流形・高力率	HCD-700AHB-P200-5・6	200	4.7	4.0	4.8	740	—
	定　電　力　形・高力率	HD-700RDT200-5・6	200	3.0	4.0	1.5	770	210
1000	一　般　形・高力率	HD-1HDT100-5・6	100	20.0	12.0	10.0	1,090	220
	一　般　形・高力率	HCD-1HD-P200-5・6	200	9.7	5.8	3.8	1,050	—
	低始動電流形・高力率	HCD-1AHB-P200-5・6	200	7.0	5.7	6.9	1,050	—
	定　電　力　形・高力率	HD-1RDT200-5・6	200	4.0	5.6	3.0	1,090	210

3. 11　定格電流の選定（歪波電流負荷）

3. 11. 1　インバータ・サーボ回路の選定

インバータ・サーボ回路の歪波形電流発生の原因として、サイリスタやトランジスタを利用したコンピュータ電源としてのCVCF装置、各種の整流装置や近年の省エネルギー指向に対応した誘導電動機制御用のVVVF装置などがある。これらの機器は、いずれも半導体のスイッチング機能を利用して直流電源をつくるか、さらにはその直流から目的とする交流電源を作るものである。一般に整流回路後に大きなコンデンサーが平滑の目的のため接続されており、このため電源側には各半サイクル毎にパルス状のコンデンサへの充電電流が流れる。一方負荷側へは、交流電源への変換過程において電圧を高周波でさい断するため、基本周波数にさい断周波数による高周波電流が重畳した負荷電流が流れる。以下では、これらの機器のうち、各方面で多用されている誘導電動機の制御方法の主流として、今後発展するであろうVVVFインバータを取り上げることとする。図3. 32にインバータ回路におけるNFBの使用例を示す。VVVFインバータの制御方式はPAM（Pulse Amplitude Modulation）とPWM（Pulse Width Modulation）との2方式があり、方式の差により発生する高調波成分が異なる。この入力電流の高調波成分を小さくするには、直流リアクトル（DCL）を入れるか、又は交流リアクトル（ACL）を入れると改善されることが表3. 25、表3. 26よりわかる。また図3. 34の出力電流波形ではPWMの方が高調波成分が多くなっている。

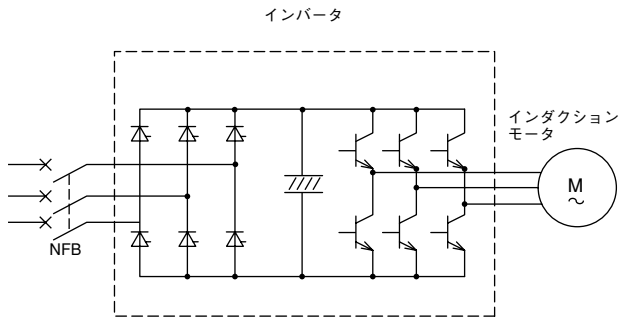


図3. 32　インバータ回路におけるNFBの使用例

インバータ電源側のNFBの選定においては、まず、インバータメーカの推奨するものを選定する。推奨のない場合には、負荷電流の波形歪による特性変化と温度上昇を考慮してNFBの定格電流I_{NFB}と負荷電流Iの関係を次のように補正する。

$I_{NFB} \geqq K \times I$

熱動電磁形（バイメタル方式）・電子式（実効値検出）は実効値電流検出方式であり、歪波形電流でも正確な過負荷保護ができるので、この方式のNFBを選定したほうがよい。

表3. 24　補正率

NFBの引はずし方式	補正率K
熱動電磁形（バイメタル方式）	1.4
（注1）完全電磁形	1.4
電子式（実効値検出）	1.4

この表は次の条件の電流の場合である。

①歪率 $= \dfrac{\text{全高調波成分実効値}}{\text{基本周波数実効値}} \times 100 \leqq 100\%$以下

②波高率 $= \dfrac{\text{ピーク値}}{\text{実効値}} \leqq 3$以下

③高調波成分は第7高調波以下が主である。

注意事項

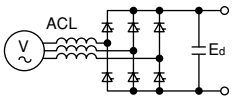
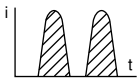
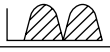
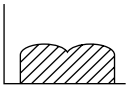
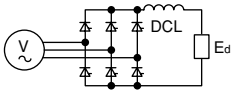
注（1）完全電磁形は波形歪によっては特性変化が著しい場合があるので熱動電磁形の使用を推奨する。

表3. 25　電源側高調波電流含有率のデータ例

高調波次数	高調波電流含有率〔%〕			
	PWM		PAM	
	ACLなし（標準）	力率改善ACL付	標準ACL付	力率改善ACL付
基本	81.6	97.0	83.6	97.2
2	—	—	—	—
3	3.7	—	2.5	—
4	—	—	—	—
5	49.6	21.9	48.3	21.7
6	—	—	—	—
7	27.4	7.1	23.7	7.0
8	—	—	—	—
9	—	—	—	—
10	—	—	—	—
11	7.6	3.9	6.2	3.7
12	—	—	—	—
13	6.7	2.8	4.7	2.6

注　DCLなし　出力周波数60Hz　100%負荷時

表3. 26　インバータ入力電流の波高率

回路		入力電流			
		力率	波形率	波高率	波形（半波分）
ACL付 大←ACL→小		58.7以下	1.99以上	2.16以上	
		58.7%	1.99	2.16	
		58.7～83.5%	1.99～1.27	2.16～1.71	
		83.5%	1.27	1.71	
		83.5～95.3%	1.27～1.23	1.71～1.28	
DCL付		95.3%	1.23	1.28	

力率＝（直流電圧×直流電流）/（$\sqrt{3}$×交流実効電圧×交流実効電流）
波形率＝（実効値）/（平均値）　波高率＝（最高値）/（実効値）

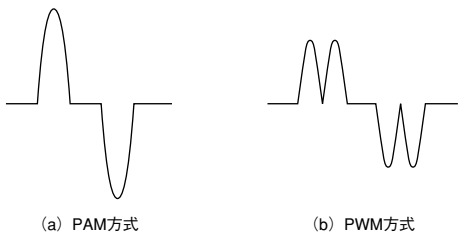


図3. 33　インバータの入力電流

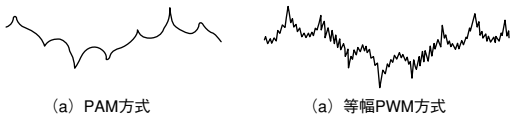


図3. 34　インバータの出力電流

3. 11. 2　歪波電流負荷の事例と対応

(1) 負荷にコンピュータのようなDC電源を含む装置がある設備

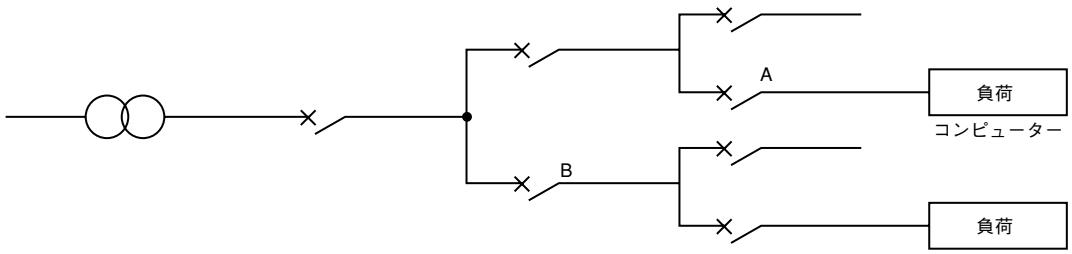


図3. 35　測定回路

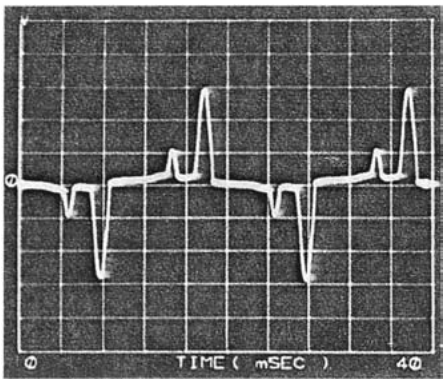


図3. 36　測定点A電流波形

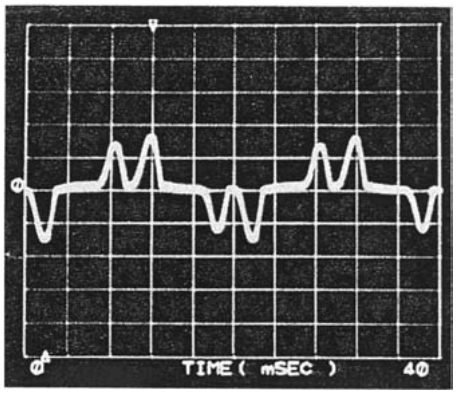


図3. 37　測定点B電流波形

表3. 27　高調波成分〔基本周波数成分に対する%〕

測定点	電流値	3次	5次	7次	9次	11次	13次	15次	17次	総合歪率
A	7.8A	58.6	70.5	62.3	32.9	27.1	24.8	7.5	4.6	122.3
B	19A	12.5	65.6	42.4	2.4	13.2	3.9	2.2	3.8	80.7

NFBの適用

この程度の歪であれば熱動電磁形のNFB或は完全電磁形のNFBいずれも適用できる。定格電流の選定に当っては3. 11. 1項と同じ考え方でよい。

(2) サイリスタ制御装置が系統の一部にある設備

この例はサイリスタ制御装置で発生した電圧歪によって、
他の容量性の分岐に大きな電流歪が生じた例である。

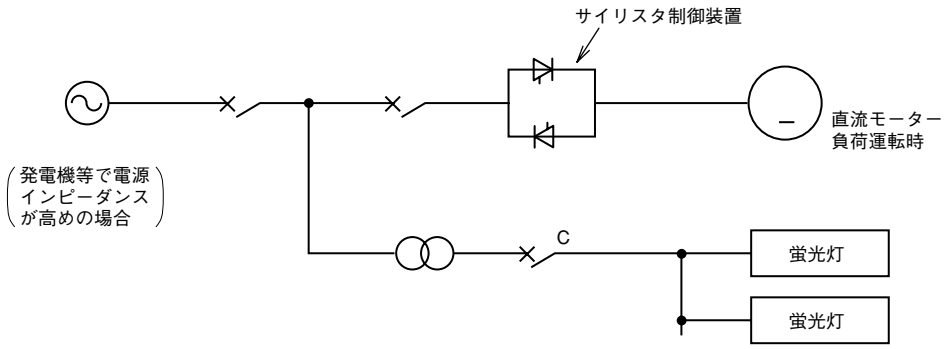


図3. 38　測定回路

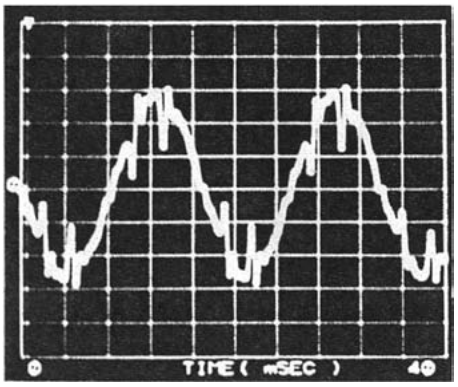


図3. 39　測定点C電圧波形

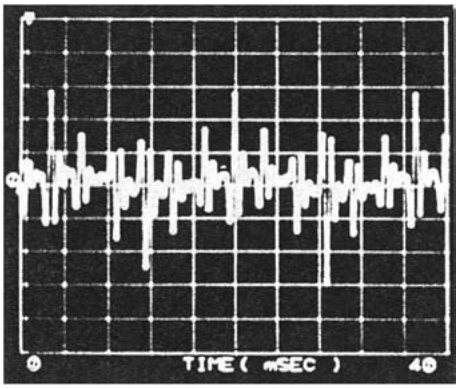


図3. 40　測定点C電流波形

表3. 28　高調波成分〔基本周波数成分に対する%〕

波 形	測定値	2次	3次	4次	5次	6次	7次	8次	9次	10次	11次	12次	13次	14次	15次	16次	17次	18次	19次	20次	総合歪率
電 圧	101.3V	0.5	1.3	1.2	7.7	0.7	5.8	0.5	3.0	2.0	5.5	1.7	6.9	1.0	5.1	2.9	3.3	6.0	6.6	4.9	19.2
電 流	19.3A	1.8	3.1	5.0	43.5	9.9	47.9	7.8	15.5	20.9	64.1	44.0	117.2	36.2	45.3	50.6	98.2	177	116.4	68.4	358.6

NFBの適用

熱動電磁形のNFBを適用する。定格電流の選定に当っては、
電流歪率が非常に大きいため、NFBの定格電流I_{NFB}を負荷
電流Iの2倍以上とする。

3. 12　感電保護の基本

3. 12. 1　感電に対する人体の影響

感電災害の防止を目的とするNVは高感度形として一般的に定格感度電流30mAと15mAがあるが、定格感度電流の選定にあたっては人間の電気に対する生理現象を知る必要がある。人間の対電気的特性は、ビーゲルマイヤー氏の発表によると表3. 29に示すように区分できる。

通過電流が増加すると心室（心臓）がけいれんをおこし、脈はくが乱れ新鮮な血液を体内各部へ供給する血液循環が停止し、死に至るおそれがあり、きわめて危険な電流がある。この電流値は生体実験の必要があり、わが国ではほとんど行われていないが外国ではアメリカ、ドイツなどで実験（動物実験も含む）され、その結果が文献などに発表されているが、だいたい数10mAである。

感電災害の防止を目的とする場合には不随意電流を限界（離脱可能限界）として保護対策を講ずるのが最善であるが、現実には回路の漏れ電流との関係から給電の連続性などを考慮した場合、心室細動電流を対象に保護対策を講じても実情ではやむを得ないと考えられている。

一方、すでにヨーロッパ諸国（ドイツやフランスなど）においては、この心室細動電流を基準に保護対策を運用しており、今日まで良好な結果を収めている実績があり、わが国においてもこの保護基準で対策をたてても実用上不都合ないものと考えられる。

心室細動電流等の人間の電流に対する生理現象の研究については米国のダルジール（Dalziel）氏や独国のケッペン（Koeppen）氏が著名である。彼等の文献によると心室細動を起こす電流は次のように報告されている。

すなわちダルジール氏は、5s以内の通電時間（Ts）の場合の心室細動電流Iは$\frac{116}{\sqrt{T}}$（mA）であらわされると言っている。人間の生理現象は電流2乗時間積に大きく影響される。他方、ケッペン氏は50mAをこえる電流値でも通電時間がきわめて短時間であれば人命はとりとめるとしており、電流・時間積50mA・sをその限界としている。これらの関係を図に示すと図3. 41のとおりである。

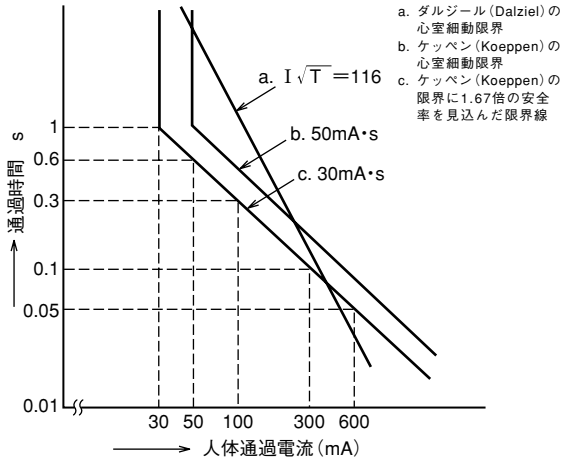


図3. 41　心室細動電流—通過時間限界

この図の特性から両者を比較してみればあきらかなようにケッペン氏の限界がダルジール氏の限界より下まわっているので安全側の50mA・sを基準とすることが適している。なおケッペン氏もふれているがヨーロッパでは50mA・sの基準に安全率を見込んで30mA・sで運用されていることもあってわが国においてもこの値を基準に考えることになっている。50mAの電流が連続的に人体を流れた場合については報告されていないが、一般には50mA以下の電流が流れた場合には反射的に手などを導体よりはなすものと考えられる。人体を流れる電流の大きさは、人体の抵抗と接触電圧によって定まる。人間の抵抗は個人差、人種、乾湿、電極との接触状態（接触面積や接触圧力など）、ならびに接触電圧の大小などにより影響を受けるが、これに関し、ドイツのフライベルガー（Freiberger）氏はもっとも一般的な電流経路である手から足を対象とした場合の人体抵抗は図3. 42の範囲内であると報告している。しかし、皮膚表面の抵抗が無視されるような最悪条件では500Ωまで低下するものとみなしているので安全性を重視する場合にはこの値を採用するのがよい。

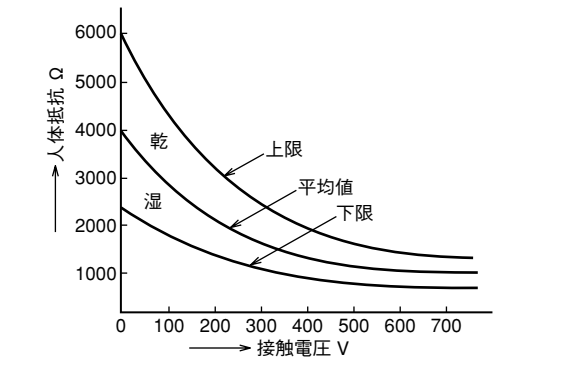


図3. 42　接触電圧と人体抵抗との関係

以上のことから感電災害の防止を検討する際には図3. 42より接触電圧に対する人体抵抗をもとめ、人体通過電流の大きさを推定することが肝要である。安全電圧は、人体抵抗との関係において一義的に危険電圧を定めることは困難であり、環境条件や電気的条件の悪い場合には当然接触電圧は低いことが要求される。IEC規格では安全特別低電圧として、諸条件を定めた上で、最大電圧を交流25V以下としている。

表3. 29　感電電流と人体の生理反応

50/60Hzの電流実効値〔mA〕	作用時間	人体の生理反応
0～0.5	連続しても危険ではない	電流を感知できない
0.5～5（離脱限界）	連続しても危険ではない	電流を感知し始め、けいれんを起こさない限度、可随意電流領域（接触状態から自発的に離れることが可能であるが指、腕などには痛みを感ずる）
5～30	数分間が限度	不随意電流領域（けいれんによって接触状態から自発的に離れることが不可能となる） 呼吸困難や血圧上昇が起こる。耐えうる限度である
30～50	数秒から数分まで	心臓の鼓動が不規則となる 失神、血圧上昇、強いけいれんが起こる 長時間では心室細動が発生する
50～数100	心臓の拍動周期以下の場合	強烈なショックは受けるが、心室細動は発生しない
	拍動周期超過の場合	心室細動が発生する。失神、接触部に電流こん跡が残る（拍動位相と感電開始時に特別の関係はない）
数100mA超過	拍動周期以下の場合	拍動周期以下の作用時間であっても特定の拍動位相において感電が開始した場合心室細動が発生する 失神が起こり、接触部に電流こん跡が残る
	拍動周期超過の場合	心室細動は起こらない 回復性の心臓停止、失神が起こる 火傷により死亡する可能性がある

3. 12. 2　接触電圧と配電電圧

前述のように人体通過電流に対する人間の生理現象にもいろいろな説があるが、図3. 43 IECのカーブにもとづいて安全基準を定めると、次のとおり考えることができる。

●感電のショックで二次災害の考えられる場所では曲線b以下の領域

●感電による二次災害の危険のない場所では曲線c_1以下

次に上記2区分に応じた選定に対する考え方を述べる。

(1) 曲線bを保護基準とした対策を講じる場合

図3. 43に示すとおり人体への通過電流が5mA以下であれば通常は危険性がない。5mAの電流は人が一般にビリビリ感じる値で、しかも離脱可能な電流なので、通常では自力で保護できる値である。次に対地電圧200Vの活線に人が誤って直接的に触れた場合には、200mA（人体抵抗1000Ω）の電流が人体を流れることになる。この場合には曲線bより動作時間は0.01秒以内であることが必要である。

(2) 曲線c_1を保護基準とした対策を講じる場合

曲線c_1は電流値の小さいレベルでは1秒で50mAから3秒超過で40mAまでを結ぶ降下線と電流値の大きいレベルでは10ms以下で500mAから100msで400mAを結ぶ降下線とをなだらかな曲線でつないだものであり、人体への通過電流が40mAを超える場合、電流値と時間の増加に伴い危険な生理学的影響が起こる可能性が増加する。

(3) 人体通過電流・時間積30mA・s

わが国ではケッペンの心室細動限界を適用して保護基準を30mA・sと考えて対策する場合が多いがこの場合も電気機器は接地をするのが原則である。万一、電気機器の接地が不確実（可搬形・移動形機器などで発生しやすい）で、高い電圧に接触した場合でも心室細動の限界内に抑えるためには次の2つの条件を満足することが必要である。

●定格感度電流 30mA以下

●ELCB動作までの電流・時間積 30mA・s以内

しかし、通常は接地工事を行うので（定格感度電流）×（接地抵抗値）≦（許容接触電圧）の関係が保たれるように選定すれば定格感度電流は30mAにこだわることなく200mAや500mAでも感電保護が可能である。

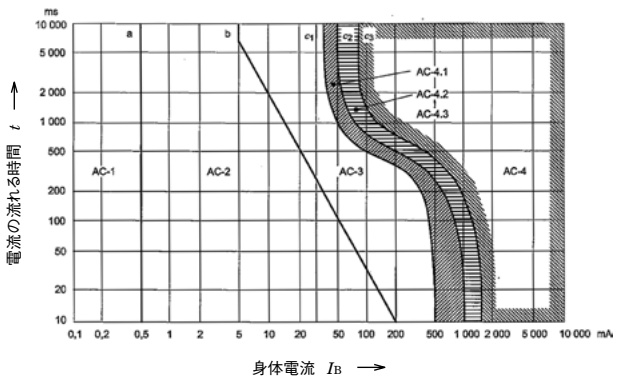


図3. 43　人体への交流電流（15Hz～100Hz）の影響（IEC/TS60479-1）

各領域における生理学上の影響は下表の通りである。

領域名	領域の範囲	生理学上の影響
AC-1	曲線a以下	通常無反応。
AC-2	曲線aと曲線bの間	通常有害な生理的影響はない。
AC-3	曲線bと曲線c_1の間	通常、器官の損傷は予期していない。電流が2秒より長く持続すると、痙攣性の筋収縮や呼吸困難のおそれがある。心房細動や一時的心停止を含む。
AC-4	曲線c_1を超える	大きさや時間とともに増大し、心停止、呼吸停止、重度のやけどのような病理生理学上の危険な影響が起こる可能性がある。
AC-4.1	c_1～c_2	領域AC-3の影響に加えて心室細動の確率が5%まで増加。
AC-4.2	c_2～c_3	領域AC-3の影響に加えて心室細動の確率が50%まで増加。
AC-4.3	曲線c_3を超える	領域AC-3の影響に加えて心室細動の確率が50%を超えて増加。

曲線c_1、c_2、c_3は動物実験の結果を統計的に評価して得られたもので、左手から両足への電流路を想定している。

3. 12. 3　地絡保護方式

(1) 地絡保護方式の比較

表3. 30

保護方式	長　所	短　所
漏電遮断方式	◎高速高感度形は感電保護にきわめて有効である。 ◎使用条件や環境、電路の規模や重要性等にしたがって、最適な感度のものを選定することができる。 ◎電流動作形は設置点以降の電路のすべての保護が可能。 ◎電路のメグ測定の省略や点検周期の延長などの省力化ができる。 ◎D種接地工事と併用すれば接地抵抗値が大幅に緩和でき、保護効果の信頼性向上、適用の容易さがある。 ◎従来禁止されていた工事や規制の厳しい施設へも適用できる。	○地絡事故があればその回路は開放されるので停電する。 ○給電の連続性を保つために各分岐回路に設置すれば費用がかさむ。
保護接地方式	◎保護接地を行う土壌の抵抗値が低い場所では経済的である。 ◎接触電圧が許容値をこえることがない。 ◎経年劣化の点において比較的信頼性が高い。	○接触電圧を許容値以下に制限するためには保護接地抵抗値をB種接地抵抗値より相当低い値にすることが必要であるが、B種接地抵抗値の確認が困難、低抵抗の接地工事が困難であるため低圧では実際的でない。 ○地絡事故そのものを検出したり除去することができず、したがって火災防止はできない。
過電流遮断方式	◎信頼性の高いNFBによって地絡事故回路を迅速確実に除去できる。 ◎電路の金属管類や建物の鉄骨を接地専用線に利用して経済的に適用できる。	○地絡事故が発生してからNFBが動作して回路を開放するまでの間に許容接触電圧をこえることがある。 ○金属管や鉄骨のインピーダンスとNFBの定格電流の関係に留意しなくてはならない。
絶縁変圧器方式（非接地）	◎二次側非接地方式では地絡時あるいは充電部へ接触したときにも人体へ接触電圧がない。 ◎地絡事故による停電や火災の危険性がない。	○地絡事故の検出ができず長時間に2重の絶縁破壊が起これば危険である。 ○誘導の影響を受けて高い電圧となったり1線が地絡した場合、他の線の対地電圧が接地式電路より高くなることがある。大容量用には不向である。
漏電警報方式	◎地絡が発生したとき早期に発見でき火災防止に効果がある。 ◎設置点以降の電路すべての地絡を検出でき保護範囲が広い。 ◎自動的に電路を遮断しないので非常用回路など電路の開放が困るところに適する。	○感電に対しては自力で保護機能を発揮しない。 ○負荷の電気機器にD種接地が施してないと効果がない。 ○警報を発しても通報者や管理者がいない場合には効果がない。

(2) 地絡保護方式とその適用

地絡事故により発生する災害の種類は、表3. 31に示すように大きく3種類に区分して考えることができる。したがって、主たる目的を把握することによって地絡保護方式や機器の選定をしなければならない。

表3. 31　地絡事故による災害の種類

種　　類	現　　象	地絡電流の大きさ
感電災害	人身が直接電路または機器の導電部に触れたり、電動機等の絶縁劣化によって電圧が誘起しているフレームに触れ、電流が人体を通過して地絡電流が流れる。	死に至る電流は数十mA以上。
火　　災	電線の建物貫通部の絶縁が劣化し、メタルラス等の細い、発熱しやすい導電体を通して地絡電流が流れ、導電体が加熱され、建造物が発火する。	火災に至る電流は数A以上。
アークによる機器の焼損	電路や機器の絶縁が局部的に破壊され、大きな地絡電流が流れると、ほとんどの場合アークが発生し、機器を焼損する。	アークが発生する電流は数百A以上。

①感電災害保護

a. 接触状態と許容接触電圧

低圧電路に地絡が生じた場合の接触電圧は、人の接触状態に応じて表3. 32に示す値以下に抑制しなければならない。

(ⅰ) 第1種接触状態を生ずる場所

水泳プール中において人体が感電した場合、心室細動電流を対象にしたのでは、溺死などの二次災害をまねくおそれがあるから、人体の許容通過電流は5mA (不随意電流の最低値) とする必要がある。なお、漏電遮断方式のみにたよるのではなく、他の方式との併用により、2重保護することを推奨する。その他の地絡保護方式では、実際上効果が期待できない。

(ⅱ) 第2種接触状態を生ずる場所

人体が著しくぬれている状態では、人体抵抗が500Ωとみなされるから、人体通過電流をケッペンの許容限界の50mAに押えるために、接触電圧を25V以下にするか、電流・時間積を50mA・s以内に抑制すればよい。

NVとしては、定格感度電流30mA以下で電流・時間積30mA・s以内のもの (動作時間0.1sのものか、反限時特性のもの) を使用し、保護接地をする必要がある。(保護接地は電気設備技術基準で定められており抵抗値は500Ω以下) 電路の漏えい電流が大きく、高感度形が使用しにくい場合には、次式によって機器フレームの接地抵抗値R_3と定格感度電流を選ぶことになる。

$$R_3 \leqq \frac{25\,(\mathrm{V})}{\mathrm{NVの定格感度電流}\,(\mathrm{A})}\,(\Omega) \quad \cdots\cdots (1)$$

(1) 式で示すように定格感度電流が30mA以下でなくても保護接地抵抗値を低く抑えることにより100mAや200mA感度品でも十分効果的に使用できる。

(ⅲ) 第3種接触状態

手足がぬれていない通常の状態では、人体抵抗は1000Ωとみなされるから、人体通過電流をケッペンの許容限界の50mA以下に抑えるために接触電圧を50V以下にするか、電流・時間積を50mA・s以内に抑制すればよい。

NVとしては定格感度電流30mA以下で動作時間0.1s以内のものか、反限時特性のものを使用し、保護接地と併用する。電路の漏えい電流が大きく、定格感度電流30mAなどの高感度形が使用しにくい場合には、次式の関係を満足するように機器フレームの接地抵抗値R_3と定格感度電流を選ぶことは第2種接触状態と同じである。

$$R_3 \leqq \frac{50\,(\mathrm{V})}{\mathrm{NVの定格感度電流}\,(\mathrm{A})}\,(\Omega) \quad \cdots\cdots (2)$$

(ⅳ) 第4種接触状態

通常、人がふれるおそれのない場合には、とくに感電保護の必要はないが、火災保護等の対策はしなくてはならない。

表3. 32　許容接触電圧 (低圧電路保護指針)

接触状態の種別		許容接触電圧
第　1　種	○人体の大部分が水中にある状態。	2.5V以下
第　2　種	○人体が著しくぬれている状態。 ○金属性の電気機械装置や構造物に人体の一部が常時触れている状態。	25V以下
第　3　種	○第1・2種以外の場合で通常の人体状態において接触電圧が加わると危険性が高い状態。	50V以下
第　4　種	○第1・2種以外の場合で通常人体状態において接触電圧が加わっても危険性の低い状態。 ○接触電圧が加わるおそれがない場合。	制限なし

b. 各種地絡保護方式の適用

感電保護に対する各種地絡保護方式の適用をまとめると表3. 33のようになる。

なお、NVが設置してあっても、2か所の裸充電部を触った場合は感電災害のおそれがある。

表3. 33　地絡保護方式の適用（低圧電路保護指針）

保護方式＼接触状態		第　1　種	第　2　種	第　3　種	第　4　種
保護接地	第　1　級	×	○	○	○
	第　2　級	×	×	○	○
	第　3　級	×	×	×	○
過電流遮断		×	×	○	○
漏電遮断	電流動作形	○ （高速高感度形に限る）	○ （同左）	○	○
漏電警報		×	×	○	○
絶縁変圧器	非接地式	×	○ （一次側使用電圧 600V以下）	○	○
	中点接地式	×	○ （二次側使用電圧 50V以下）	○ （二次側使用電圧 100V以下）	○

備考　(1) ○印は、各接触状態において、保護方式が単独で適用できるものを示し、×印は、単独では適用できないものを示す。
(2) 併用方式は、最低保安レベルと同等のものを示す。
(3) 第1級・第2級・第3級保護接地は付録8「低圧電路地絡保護指針」参照。
(4) 2重絶縁構造の負荷機器については、この限りでない。
(5) 第1種または第2種接触状態において、可搬形機器を使用するとき等、人体通過電流が数百mA程度になるおそれがある場合は、50ms程度で動作するものが必要である。
(6) 接触状態の種別は表3. 32による。

②漏電火災保護

一般に、電気による漏電火災の原因は配電線の絶縁被覆が破壊して、構造物の金属性物体を介して電気が流れたために起る発熱や火花放電が主なものである。とくに住宅におけるステップルを介したワイヤラスとの接触、地震時などにおける電線被覆の破損による漏電事故保護対策は重要である。地絡電流の小さいときには火災の危険性は少ないが、放置しておくと、逐次故障が発展して火災になる。日本火災学会常置委員会報告9号によれば、火災の発生する地絡電流の大きさは条件によっても異なるが、ほぼ数Aと報告している。

NVの定格感度電流は、1A以下のもので火災保護は十分可能であると考えられる。

また、漏電警報方式でも常時監視状態にあれば効果的である。しかし、保護接地方式・絶縁変圧器方式では地絡電流の検出ができないため漏電火災の保護には効果が期待できない。

(3) アーク地絡損傷保護

アーク地絡事故が原因で火災になった例としては、1964年のニューヨーク市の大きなアパートの火災が有名である。

アーク事故は1時間にわたり継続し、480/277Vの配電盤が完全に破壊され、2本の5000A用母線がその出発点のところまで完全に溶融した。

復旧まで数日を要し、その間約1万名が水道・照明・エレベーターを使用できなかったということである。

その他、ロードセンタ・配電盤・母線・コントロールセンタ・ケーブルなどアーク事故で装置が多大の被害を受けた例は数多く報じられている。

アーク地絡事故は、過電流遮断器だけでは不完全である。すなわち、アーク短絡はアーク抵抗により短絡電流が限流され、過電流保護器が作動しなかったり、作動に長時間を要す。また、間けつアーク事故の場合にも、被害は逐次増大しているにもかかわらず、過電流遮断器は動作しないという現象が起こるため、過電流遮断器の他にアーク事故保護装置が必要である。とくに400V配電は対地電圧が高く、400V配電の普及に伴ない、電気設備関係者の間でアーク地絡保護への関心は高まりつつある。

アーク地絡電流は、数A～数1000Aの広範囲にわたるので漏電遮断方式で保護するのが最適である。

3. 13　定格感度電流の選定

定格感度電流の選定にあたっては、理論に基づいた選定を行うことが原則であるが、理論上には仮定も多いので実地のフィールドデータや経験を参考にし、しかも、法規制のある場所ではそれを遵守するように選定することが必要である。実際の選定にあたって順次述べる。

3. 13. 1　法規制と感度電流

(1) NVの定格感度電流の値については、特殊な場合を除いてはとくに規定がないが、表3. 34に示す場所には定格感度電流の指定があるので遵守しなければならない。

(2) NV設置場所から負荷までの配電線の種類や太さおよび亘長などの条件が定まれば付録8. 10に基づいて電路の漏えい電流を計算して表3. 38を満足していることを確認する。

表3. 34　設置場所と定格感度電流

	適用場所	関連法規	NVの仕様
1	機械器具の鉄台および外箱の接地工事の困難な場合 （水気のある場所に機械器具を施設する場合を除く）	・電気設備技術基準〈解釈第29条〉 ・内線規程〈1350-2〉	・定格電圧　300V以下 ・定格感度電流　15mA以下 ・動作時間　0.1秒以下
2	可搬式および移動式の電動機械器具	・労働安全衛生規則〈第333条〉	・定格感度電流　30mA以下 ・動作時間　0.1秒以下
3	洋風浴室内のコンセント	・内線規程〈3202-2〉	・定格感度電流　15mA以下 ・動作時間　0.1秒以下
4	電気温水器、電気暖房器などの深夜電力機器	・内線規程〈3545-5〉	・定格感度電流　30mA以下 ・動作時間　0.1秒以下
5	C種およびD種接地工事の接地抵抗値を500Ωまで緩和する場所	・内線規程〈1350-1〉	・定格感度電流　100mA以下 ・動作時間　0.5秒以下
		・電気設備技術基準〈解釈第17条〉	・定格感度電流　規定なし ・動作時間　0.5秒以下

3. 13. 2　感電保護と感度電流

(1) 感電の危険に対する基本的な考え方は、間接接触では接触電圧の値を低く抑え、人体への通過電流を小さくすることである。したがって、NVの定格感度電流と機器の保護接地抵抗値とは密接な関係がある。この考え方は、日本電気協会編、JEAG8101「低圧電路地絡保護指針」に述べられているので参照されたい。許容接触電圧（表3. 32）を電気的環境条件により定めると

$$\text{定格感度電流(mA)} \leqq \frac{\text{許容接触電圧(V)} \times 1000}{\text{機械器具の外箱の保護接地抵抗値(Ω)}} \quad \cdots\cdots (1)$$

式により理論的に計算で求める。

しかし、実際には保護接地抵抗値も細かくは管理できないので、定格感度電流を、30、100、200、500mAの中から決めて(1)式を十分満足できるように保護接地工事を行うこととなる。

しかしながら、感電事故の起こる原因は種々雑多であるので、一般には少しでも安全側になるようにという考えで、なるべく高感度形を選ぼうとする傾向にある。ただ、どこでも30mA感度を選定するには無理があるので、使用目的、回路条件等をよく検討し、中感度形を選ぶことを考えることも多い。必要以上に30mA感度にこだわると不要動作に困ることとなる。

表3. 35に接触状態（電気的環境条件）と定格感度電流の一般的な関係を、表3. 36に定格感度電流と保護接地抵抗値の関係を示す。

表3. 35　接触状態と定格感度電流の関係

接触状態 / 項目	第１種	第２種	第３種	第４種
総合危険度	最も高い	非常に高い	高い	低い
接触状態	・人体の大部分が水中にある状態	・人体が著しくぬれた状態 ・金属製の電気機械器具に人体の一部が常時触れている状態	・第1、2種以外の場合で通常の人体状態において接触電圧が加わると危険性が高い場合	・左記の状態において、接触電圧が加わっても危険性の低い場合 ・接触電圧が加わるおそれのない場合
基本的な考え方	・接触電圧の加わる環境がきびしいので、接触電圧とか人体通過電流とかの個別要素だけで規定することは、不適当であり〔電流〕×〔時間〕積で考えなければならない。 ・また、環境が水中であるため、電撃による二次的災害をまねくおそれがあること、また、環境から容易に脱出できないことから電路を高速で自動遮断する方法で対処しなければならない。	・接触電圧が加わった場合の危険度は、人体抵抗が第1種と同等とみなしているので、左記と同じである。 ・第1種と相違する点は、まず影響を受ける範囲において第1種が面的であるのに対し第2種は点的である。 次に、環境において、第1種が水中で、容易に離脱できないのに対し、第2種は空中で容易に離脱できる。	・接触電圧が加わった場合の危険度は、幅が広く、場合によっては、第2種に近い場合も考えられる。 ・第1、2種と相違する点は、絶縁破壊が発生しても、その電路に常時人が触れていないことである。 ・また、人体が通常の状態であるので人体抵抗は比較的高い。よって、一般に接触電圧は、50V以下でよく、また絶縁破壊の時に警報を発するものや回路を自動遮断するものでもよい。	・低圧電路に人が触れるおそれがなく、また触れても危険性の低いものであれば、第1次的には、保護は不要のように考えられるが、火災防止の見地から、現行、第3種接地工事程度のものは、必要である。
対象電路	・浴槽、水泳プール、水槽、池、沼田に施設する電路	・水槽、水泳プール、池、沼田の周辺の施設 ・トンネル内 ・金属製の電気機器や構造物に常時触れて取扱う場合 ・住宅、商店等の電路 ・自動販売機、冷凍ショーケース	・一般工場 ・事務所 ・ビル、学校	・人が触れるおそれのない場所の電路 ・保護接地を要しない電路（たとえば、住宅、工場、事務所等の一般場所の隠ぺい場所または高所に施設する電気工作物）
定格感度電流	5mA以下	15mAまたは30mA	30,100mA ：負荷に近いところ 200,500mA:電線路亘長の長いところ	200,500mA
動作時間	高速形または反限時形	高速形または反限時形	高速形または時延形	高速形または時延形
許容接触電圧	2.5V	25V	50V	とくになし

表3. 36　定格感度電流と保護接地抵抗値の関係

定格感度電流 mA	接地抵抗値 Ω	
	第2種接触状態（許容接触電圧25V）	第3種・第4種接触状態（許容接触電圧50V）
30	500Ω以下	500Ω以下
100	250 〃	500 〃
200	125 〃	250 〃
500	50 〃	100 〃

(2) 式 (1) および表3. 35に基づいて選定した定格感度電流が適切（不要動作をまねかない）であることを付録8. 10「漏えい電流」により計算し、表3. 38にて確認する。

3. 13. 3　大地漏洩電流と感度電流

電路は、絶縁抵抗が正常であっても、電線と大地との間には浮遊静電容量が存在しているので常時いくらかの漏えい電流のある場合が多い。この漏えい電流は電線の種類、電線の大きさ、NV設置点から負荷機器までの電路亘長、などが定まれば計算によって概略計算できる。この漏えい電流によってNVが不要動作しないように定格感度電流を定めることが必要である。

(1) △結線3φ3W200V電路の漏えい電流の合計

① 電線からの漏えい電流の計算

NVの負荷側の電路の長さ、電線の種類、サイズを算出し付録8の表8. 4～8. 8より漏えい電流を計算する。

② 電動機からの漏えい電流の計算

電動機の容量と台数を算出し、同時始動する台数(一般には全部の10%の台数を容量の大きいものからとる)付録8の表8. 10の始動時の漏えい電流欄の値を、その他は運転時の漏えい電流欄の値を使用して漏えい電流の計算をする。なおエアコン、工作機等電動機を使用している機器はほぼ電動機の容量で計算してよい。

③ 蛍光灯からの漏えい電流

鉄骨等へ直接取付けた場合

(取付金具が金属の場合も含む)……0.1mA／1台

木、コンクリート等へ取り付けた場合

……0.002mA／1台

(2) 他の配線方式電路の漏えい電流の計算

3. 13. 3(1)「△結線3φ3W200V電路の漏えい電流の計算」によって得られた漏えい電流の値に表3. 37の換算値を乗じて求める。

表3. 37　漏えい電流換算表

電路の種類	倍率
単相100V電路	0.3
単三200V電路	0.3
三相400V電路（Y結線）	0.7

(3) 容量性回路における突入電流

電線路がもつ対地分布静電容量による常時漏えい電流の他に、開閉器類(電磁開閉器・NFBなど)の開閉時に発生する開閉サージによる過渡時漏えい電流についても考慮しておくことが不要動作を防ぐために大切である。例として図3. 44のような回路で定常値と過渡値の比を求めてみる。

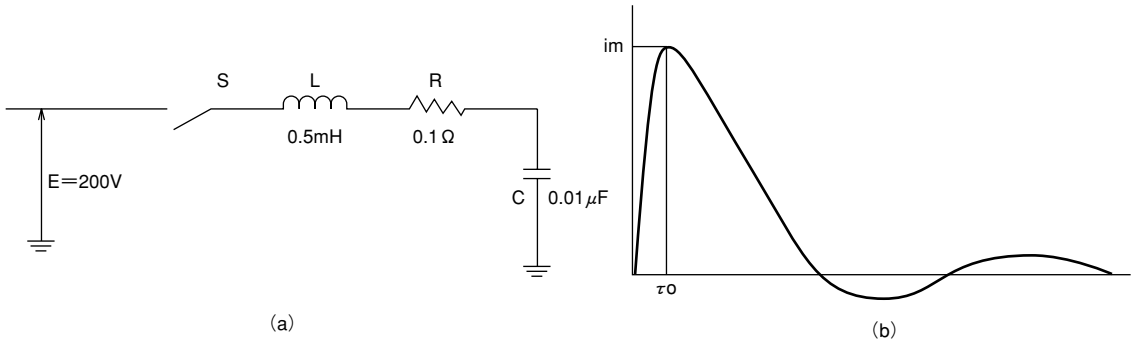


図3. 44　コンデンサ投入回路

図3. 44 (b) におけるimおよびτoは次式で与えられる。

$$im = \frac{\sqrt{2}\,E}{\sqrt{\frac{L}{C}}}\varepsilon - \frac{R}{\sqrt{(4L/C)-R^2}}\arctan\frac{\sqrt{(4L/C)-R^2}}{R} \quad \cdots\cdots (2)式$$

$$\tau o = \frac{2L}{\sqrt{4L/C-R^2}}\arctan\frac{\sqrt{\frac{4L}{C}-R^2}}{R} \quad \cdots\cdots (3)式$$

これらに図3. 44 (a) の数値を入れると

im = 1.26A　τo = 3.5 μSとなる。

図3. 44 (a) の定常漏えい電流Igは$R << \frac{1}{\omega C}$　$\omega L << \frac{1}{\omega C}$

であるから

$$Ig = \frac{E}{\sqrt{R^2+(\omega L-\frac{1}{\omega C})^2}} \fallingdotseq \omega CE = 0.754mA \quad \cdots\cdots (4)式$$

im／Ig = 1670

このように定常電流の1670倍もの電流が流れる回路があるので、このパルス電流によってNVが動作しないか否かを検討する必要がある。

この例でわかるように、静電容量回路では常時の漏えい電流が0.754mAであっても過渡時には条件によっては1670倍(1.26A)も流れることがある。これらの過渡電流へ対する強

さはメーカーや製品で異なるが、当社の定格感度電流30mAの製品では対地静電容量（＝0.04 μF、200V）以下であれば動作することはない。この場合の常時漏えい電流Igは三相200V△結線式の場合にはIg＝$\sqrt{3}\omega$CE＝5.2mA（60Hz）となり、5.2mA以下の漏えい電流であれば不要動作は発生しないが、若干余裕をみて一般には漏えい電流は定格感度電流の10分の1以下であることが望ましい。

(4) 定格感度電流の選定

上述の方法で常時漏えい電流を求め、しかも過渡突入電流に対する検討を加えて最終的に定格感度電流を決めることになる。

(3) 項を考慮して常時漏えい電流（対地絶縁抵抗は一般に無視できる程度であり静電容量の方が影響が大である）と定格感度電流の関係を表3. 38に示す。

表3. 38　漏えい電流よりみた定格感度電流の選定

定格感度電流	電路の漏えい電流	
	200V・400V回路	100V回路
15mA	1.5mA　以下	3mA　以下
30mA	3mA　〃	6mA　〃
100mA	10mA　〃	20mA　〃
200mA	20mA　〃	40mA　〃
500mA	50mA　〃	100mA　〃
1000mA	100mA　〃	200mA　〃

(5) 漏えい電流の計算と選定例

a　条　件

①鉄骨1階建の工場

②電圧3φ3W200Vの△結線電路

③電気機器は工作機（電動機容量0.75kW以下）30台

コンプレッサー2.2kW×2台　蛍光灯220W×30本

④配線は600Vビニール電線14mm^{2}で電路長50m

2mm^2×100m1.6φ×1km。

⑤NVは主回路に1台設置する。

b　漏えい電流

漏えい電流は表3. 39のように合計で約13mAとなる。

表3. 39　漏えい電流

電気機器	台数	単位あたりの漏えい電流　mA	漏えい電流　mA	備　　考
コンプレッサ2.2kW	2	0.79	1.58	付録8の表8. 11の始動時の値
工作機0.75kW	2	0.35	0.70	
〃	28	0.12	3.36	付録8の表8. 11の運転時の値
蛍光灯	30	0.1	3.00	3. 13. 3（1）③による金具取付の値
電線14mm^2	50m	22.1/km	1.11	付録8の表8. 8による鉄骨にそったビニール管工事とした。但し、2mm^{2}は同表の5.5mm^{2}の値。
電線2mm^2	100m	19.9/km	1.99	
電線1.6φ	1km	1.29/km	1.29	付録8の表8. 7による鉄骨より10cm離した配線とし5.5mm^{2}の値。
合　　計			13.03	

c　定格感度電流

定格感度電流は表3. 39より200mAとなる。

この場合、30mA感度のNVを使う場合には主回路に1台設置することに無理があるので、たとえばコンプレッサー、工作機等の動力回路と照明回路ごとにそれぞれ設定するなどの配慮が必要である。

3. 13. 4　各種負荷による定格感度電流の選定

(1) 分岐回路

分岐回路は、機器や操作者に最も近いので、それだけ電気に対する危険性も高いこととなり特別な場合を除いては高感度形(30mA感度など)の使用がのぞましい。洋風浴室内コンセント、自動販売機、深夜電力機器、移動形および可搬形の電動機器などでは、高感度高速形を用いるべきである。

一般には、分岐回路は電線路の亘長も短かく対地静電容量も小さいので、高感度形を用いても不要動作の心配は少ないが、対地静電容量の大きくなる場合にはさらに分岐する配線の方法を改善するなどの方法で、常時漏えい電流を小さくして、高感度形を用いるのがよい。

しかし、条件によっては高感度形の使用が困難な場合もある。この場合には、3. 13. 2項「感電保護と感度電流」で述べたように許容接触電圧を上まわらないように第D種接地抵抗値を抑えて100mA、200mA、500mA感度の中感度形を使用する。

(2) 幹線回路

幹線回路に設置するNVの機能は分岐のNVとは選択協調がとれ、しかも幹線回路の地絡に対しては電路の保護をすることが必要である。最も一般的で簡単な方法は、中感度形の時延形NVを用いる方法であり、経済的である。

このとき、注意することはNVの定格不動作電流は定格感度電流の50%なので、分岐用NVと幹線用NVとの定格感度電流が接近しすぎると幹線用NVの定格不動作電流を分岐用NV定格感度電流が上まわることとなり、選択性が得られなくなることがあるので、分岐と幹線の定格感度電流の差は2.5倍以上あることが望ましい。

分岐回路と幹線回路の定格感度電流の関係を表3. 40に示す。

表3. 40　分岐と幹線の感度電流の関係

分岐用NVの定格感度電流	幹線用NVの定格感度電流
15・ 30	100・200・500
100・200	500・1000
500	1000

(3) 接地線による地絡検出

電路全体の地絡保護を行う方法として接地線による地絡検出がある。この場合図3. 45に示すようにZCTの中へ電源の接地線のみ貫通させる。遮断させる時は、漏電リレーとSHT付NFBの組み合せにより保護を行う。

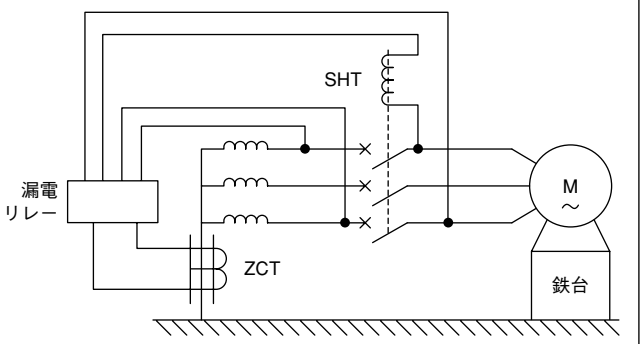


図3. 45　接地線による地絡保護

(4) アーク溶接機回路

アーク溶接機は作業現場を移動しながら使用されることが多く、したがって、この一次側の『絶縁電線または移動電線に作業者がふれるおそれがある』わけで、このような場合、NVを設置することが望ましい。

また『屋外の工事現場など水気のある場所で使用する場合』は、NVが必要である。〈電気設備技術基準の解釈第40条〉

したがって、NVを使用する場合が多いと考えられるが、アーク溶接機用として使用されるNVは、アーク溶接の始まる瞬間的な過渡現象で誤動作しないものでなければならない。このため、特別に「アーク溶接機用」として区分しているメーカーもあるが、『三菱NVは標準形が、そのまま使用できる。』

溶接機にはアーク溶接機、抵抗溶接機等があるが、溶接機の電路は図3. 46のように、低圧電路(溶接機のトランスの一次側電路)接地系になっていて、溶接機の負荷電路(溶接機のトランスの二次側電路)は一次側とは絶縁されている。この低圧電路にNVを設置した場合、NVで感電保護ができるのは、溶接機のトランスの一次側までで二次側電路は、一次側と絶縁されているため保護できない。たとえば、溶接機のトランスの一次側巻線と外箱の間で絶縁破壊が生じると図3. 46のように「溶接機トランス→外箱→保護接地線→土地→電路接地線→トランス」の回路が構成され、地絡電流が流れ、NVが作動する。

ところが、溶接棒または被溶接物が接地しても溶接機のトランスの一次側と二次側が絶縁されているため、電路接地線にいたる地絡電流は流れない。

したがって、被溶接物等が接地したとしても漏えい電流は考えなくてよいので、NVの定格感度電流は30mAでよい。

ただし、数十台の溶接機をまとめて1台のNVを設置する場合とか、NVと溶接機の間の電線が非常に長い場合には、対地静電容量等を考慮して中感度形のNV(200、500mA感度)を設置することが考えられる。

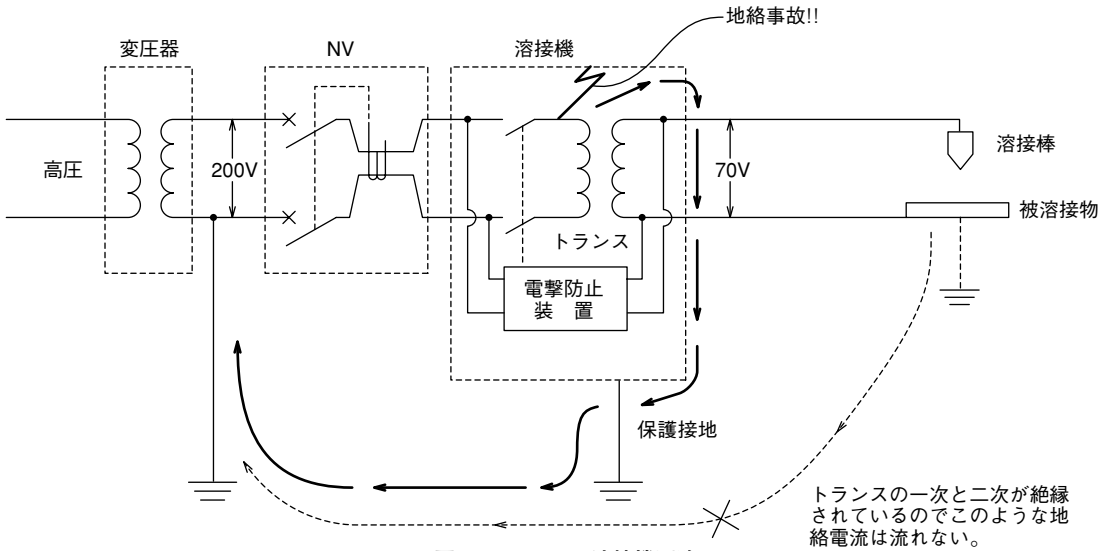


図3. 46　アーク溶接機回路

なお、アーク溶接機のトランスの二次側電路の電圧は溶接していないときは、70V位あるので感電の危険性があり、感電防止対策が必要である。これには電撃防止装置を設置すればよい。

この電撃防止装置は溶接していないときは、溶接機のトランスの一次側を開放しているので、二次側で感電することはない。また、溶接中は溶接棒と被溶接物の間の電圧は数Vに低下するため感電の心配はない。

★選定上のポイント

①過電流引きはずし素子での動作

瞬時引きはずし電流値が溶接機の過渡突入電流値よりも大きく設定されていなければならない。

溶接機の過渡突入電流値は、通常の市販のもので8～9倍である。

②漏電引きはずし素子での動作

溶接機の過渡突入電流によりZCTの二次側に電圧を生じ、あたかも地絡が発生したと同じ現象が生ずることがある。

三菱NVはこのような過渡的現象に耐える特性（平衡特性）がすぐれており、標準品でも誤動作の心配はない。

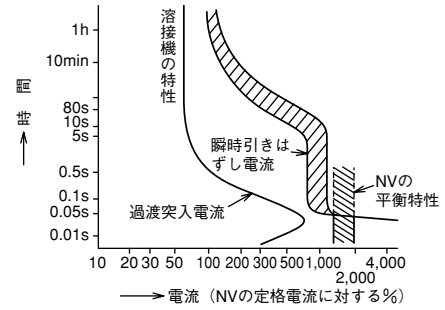


図3. 47　NVの過電流引きはずし特性

③定格電流

最大出力で使用される場合も考えて、次の式で算定するのが一般的である。

$$I_{NV} \geqq K \times \frac{P}{E} \times 10^3$$

I_{NV}：NVの定格電流（A）

P：溶接機の定格入力（kVA）

E：溶接機の定格電圧（V）

K：最大出力で使用する場合を考慮した定数、通常1.2程度

④定格感度電流

感電保護が主目的であるから定格感度電流30mAのものを選定するのがよい。ただし、電路の長さがきわめて長い場合は、電路の対地静電容量のため、誤動作することもあるので注意を要する。

このような場合の感度電流算出は次の式によって行う。

$$I_{\Delta N} \geqq K(L \times I_{g1} + n \times I_{g2})$$

$I_{\Delta N}$：NVの定格感度電流（mA）

K：開閉サージなどが侵入することを考慮した安全率、通常10程度

L：NVと溶接機の間の総電路長（km）

I_{g1}：電路1kmあたりの漏えい電流（mA/km）…付録8. 10の表8. 4～8. 8による。

n：溶接機の台数

I_{g2}：溶接機1台あたりの漏えい電流（mA）

（通常の使用では1mA以下で問題とならないため1とする）

(5) 抵抗溶接機回路

NVの設置を義務づけている法規には電気設備技術基準と労働安全衛生規則がある。抵抗溶接機に対してもこれらの法規が適用される。

抵抗溶接機も電圧、容量などで各種類に分かれるが、AC400Vで使用するものにはすべてNVが必要、AC200Vであっても水冷式など湿気のあると考えられるものにもNVが必要、さらに溶接機の絶縁電線または移動電線に作業者が触れるおそれがある場合、AC200V・AC400VともにNVが必要である。

図3. 48は抵抗溶接機回路の例である。この場合もNVで感電保護できるのは、溶接機のトランスの一次測までで二次側電路は保護できない。しかし、二次側は通常の場合8V程度なのでこれで感電死する心配はない。(人体が発汗した状態でも25V以下なら安全だと言われている。)

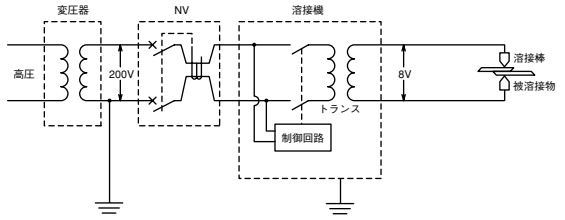


図3. 48　抵抗溶接機回路

三菱NV(NV225-WEP形・NV400-WEP形)はタイマを内蔵しており異常通電の場合も保護できる。

溶接が開始されるとタイマは溶接機電流を検出し時間のカウントを開始するが、タイマの通電時間設定をこえても溶接機電流が継続しているとき(連続通弧、異常通電)は、タイマの内蔵接点が閉じ、引きはずしコイルが励磁され、遮断器は自動遮断する。正常の通電の場合タイマの通電時間設定値以内に溶接機電流がなくなるため、タイマは元に復帰(最大復帰時間0.1秒)し次の溶接開始に備える。

タイマの通電時間設定は溶接機の制御装置の通電時間設定値よりやや長目に設定する。

漏電が発生したときはZCTにより漏電を検出し、漏電検出部をとおし引きはずしコイルが励磁され遮断器は遮断する。溶接機のNVでは溶接開始時の過渡現象によって大きな突入電流が流れ、これをZCTがあたかも漏電が発生したかのように検出し誤動作の原因となることがあるが(誤動作しない突入電流の大きさを実効値で表し平衡特性と呼ぶ)三菱NVは、磁気シールド強化などで平衡特性を高めて誤動作のおそれのないものとしている。

短絡が発生したときは瞬時引きはずし装置が働き、瞬時に遮断器は自動遮断する。

★選定上のポイント

①定格通電電流の選定定格通電電流には225Aと400Aの2種類があるが、その選定は溶接機一次側電流の熱的等価電流によって選定する。溶接機一次側電流は、実際には溶接物の材質、厚さなどの溶接条件により変化するが、溶接機の定格容量から求められる電流値により決定しておけば支障ない。溶接機の定格容量は使用率50%における入力と規定されているから、その熱的等価電流Ieは次式で求めることができる。

$$Ie = \frac{P}{V} \times \sqrt{\beta}$$

ここでPは溶接機の定格容量、Vは溶接機の定格電圧βは使用率でβ＝通電時間／溶接周期で表わされる。たとえば、定格容量100kVA、定格電圧を415Vとすれば

$$Ie = \frac{100 \times 10^3}{415} \times \sqrt{0.5} = 170A$$となる。

定格通電電流は、電源電圧の変動などを考慮してこの値に15%程度の余裕をもたせる。したがって170A × 1.15 = 196Aとなり、225A定格のものを選定すればよいことになる。

表3. 41は、以上の計算式による溶接機の定格容量とNVの定格通電電流の関係を示したものである。

表3. 41　定格通電電流選定表

抵抗溶接機定格		NV 定格通電電流A
定格電圧V	定格容量kVA	
200	50以下	225
	50をこえ100以下	400
415	100以下	225
	100をこえ200以下	400

②定格感度電流の選定

インバータ溶接機用NVの感度電流は30mAを標準としている。

NVと溶接機との間の電路長が長くなると、対地静電容量の影響により誤動作するおそれがあるので、表3. 42に示す電路長以下となるように設置しなければならない。なお、電路長が長くなり30mA感度品が使用できない場合は100mA、200mAあるいは500mAも特殊品として製作している。

表3. 42　定格感度電流と最大電路長（m）

定格電圧	使用電線サイズ mm^2	600Vビニール電線（1V）で配線する場合						クロロプレンキャブタイヤケーブル（2RNCT）で配線する場合		
		ビニール管配線工事			金属管配線工事					
		30mA	（200mA）	（500mA）	30mA	（200mA）	（500mA）	30mA	（200mA）	（500mA）
200	38	125m	1250m	3100m	25m	250m	630m	45m	450m	1100
	60	100	1000	2500	20	200	500	37	370	910
	100	90	900	2300	18	180	440	36	360	890
415	100	78	780	1990	15	150	380	31	310	770
	150	70	700	1750	14	140	355	26	260	650
	200	68	680	1710	13	130	340	28	280	710

③瞬時引きはずし電流の設定

この瞬時引きはずし電流値は溶接機の最大入力電流および溶接開始時の突入電流を考慮して決定する必要がある。最大入力電流は溶接機の標準最大入力から求めることができるが、溶接機の二次側を完全短絡した場合の最大入力電流は、標準最大入力から求めた電流値よりさらに30%程度大きくなる。したがって溶接開始時の突入電流も考慮した瞬時引きはずし電流値Iinstは次式で求めることができる。

$$Iinst > \frac{Pmax}{V} \times 1.3 \times K$$

ここでPmaxは溶接機の標準最大入力、Vは溶接機の定格電圧、Kは突入電流に対する余裕率で同期式波頭制御付の場合は、1～1.5、同期式波頭制御なしのものは、1.4～3、非同期式ソフトスタート付のものは2～6とする。表3. 43は上式により求めた瞬時引きはずし電流の選定例を示す。

表3. 43　瞬時引きはずし電流値選定例

溶接機仕様			NVの定格通電電流 A	瞬時引きはずし電流値　A		
定格電圧 V	定格容量 kVA	標準最大入力 kVA		同期式波頭制御付 K＝1.0の場合	同期式波頭制御なし K＝1.4の場合	非同期式 ソフトスタート付 K＝2の場合
200	35	69	225	900	1200	2250
	50	144	225	2250	2250	3000
	70	144	400	2400	2400	4400
	100	240	400	4400	4400	4400
415	35	69	225	900	900	900
	50	144	225	900	1200	1200
	70	144	225	900	1200	1200
	100	240	225	1200	2250	2250
	120	295	400	1200	2400	2400
	150	455	400	2400	4400	4400
	200	875	400	4400	6000	6000

注　上表はインバータ溶接機を基準に選定しているが、瞬時引きはずし電流の選定にあたっては制御素子（サイリスタスタック）のサージ耐量をこえないように協調をとる必要がある。

(6) 農事用換気扇回路

鶏舎、牛豚舎、養蚕舎、ビニールハウス等で強制換気をすることにより舎内の熱気、炭酸ガス、悪臭を除去し、増産をもたらすと同時に病気の発生を防止する目的で有圧換気扇が使用されている。初秋から晩春にかけて農作物に被害をあたえる霜を防ぐ目的で地上6～10m付近の暖かい空気を地上に吹き降すために茶畑等で防霜用パワーファンが使用されている。

このような換気扇の使用場所は湿気・水気の多い場所が多いので安全のためにNVの取付けをおすすめしたい。電気設備技術基準の解釈第36条では……

換気扇・コントロールボックス(鉄製)などを人が容易にふれるおそれのある場所で次のような環境に設置する場合には、NV等の設置を義務づけている。

表3. 44

環境＼電路	単相100V	単三200V	三相200V
水気のあるところ	必要	必要	必要
湿気の多いところ	—	—	必要

★選定上のポイント

①定格電流

一般に換気扇の始動時間が長いし、また、ファンコントローラによる電圧制御のため換気扇の始動時にブレーカが誤動作しないように定格電流は一般の電動機よりも大きくなっている。

また、3～5台の換気扇が同時始動する場合も多いので、換気扇の定格電流の3倍以上のNVの定格電流を選定するのがよい。

したがって、拘束運転の保護はするが過負荷・欠相保護はできない。

一般に換気扇では過負荷・欠相運転はないと思われるが、過負荷・欠相保護を確実にしたい場合「飽和リアクトル付3素子サーマルリレー付電磁開閉器」を使用するのが望ましい。

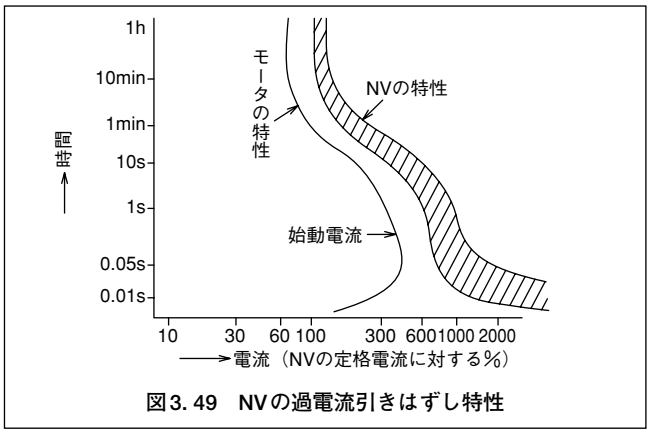


図3. 49　NVの過電流引きはずし特性

②定格感度電流

感電保護が主目的であるから、30mAのものを選定するのがよい。

舎内に設置するのであれば30mAでよいと思われるが、別棟に設置するなど、電路の長さがきわめて長い場合は電路の対地静電容量のため誤動作することがあるので次式により感度電流を算出する。

$I_{\Delta N} \geqq K(l \times I_{g1} + n \times I_{g2})$

$I_{\Delta N}$：NVの定格感度電流(mA)

K：開閉サージなどの侵入することを考慮した安全率・通常10程度

l：NVと換気扇の間の総電路長(km)

I_{g1}：NVの負荷側電線サイズの、1km当りの漏えい電流(mA/km)…付録8の表8. 4～8. 8による。

配線方法が種々ある場合には、配線方法別に計算すること

n：換気扇の台数

I_{g2}：換気扇1台当りの漏えい電流(mA)…付録8. 10. 2「電動機の漏えい電流」を参照。

③付属装置

通常、換気扇等は、管理室と相当離れたところに設置してあるので、NVが動作したとき警報を発する警報スイッチ付(AL付)が望ましい。

このためNVは地絡保護だけでなく過負荷・短絡事故が保護でき、警報スイッチも取付けできるものが最適である。

★選定例

農事用換気扇の選定例を、鶏舎の例を表3. 45に、ビニールハウスの例を表3. 46に、防霜ファンの例を表3. 47に示す。

表3. 45　換気扇とモータ保護用漏電遮断器（MN形）の選定表〈鶏舎〉

換気扇				モータ保護用漏電遮断器					
機　種	電　源 V	出　力 W	電　流 A(50/60Hz)	機　種	極数	定格電圧 V	定格電流 A	定格遮断容量 A	定格感度電流 mA
EG-40CSB1	単相100	100	1.20／1.45	MN形 30Aまたは 50Aフレーム	3※	100	4	2,500	30
EF-40DSB1	単相100	200	1.61／1.82		3※	100	6.3	2,500	30
EG-40CTB	三相200	100	0.92／0.80		3	200	1.4	2,500	30
EF-40DTB1	三相200	200	1.02／0.92		3	200	2.5	2,500	30
EF-40ETB1	三相200	400	1.47／1.25		3	200	4	2,500	30
EF-50FTB	三相200	750	1.40／1.80		3	200	7.1	2,500	30
EG-50DTB	三相200	200	1.40／1.17		3	200	2.5	2,500	30
EG-50ETB	三相200	400	2.35／2.00		3	200	4	2,500	30
EG-60FTB	三相200	750	2.15／2.40		3	200	7.1	2,500	30
EH-60DTB	三相200	200	1.45／1.20		3	200	2.5	2,500	30
EJ-70ETC	三相200	400	1.68／1.60		3	200	4	2,500	30
EJ-80FTC1	三相200	750	2.05／2.18		3	200	6.3	2,500	30

注（1）※印の3極は中極を使用しないで左右極を使用すること。

（2）モータ保護用漏電遮断器の選定電流値は風量、静圧曲線中の使用限界電流の1.5倍を目安とする。

表3. 46　換気扇とモータ保護用漏電遮断器（MN形）の選定表〈ビニルハウス〉

換気扇				モータ保護用漏電遮断器					
機　種	電　源 V	出　力 W	電　流 A(50/60Hz)	機　種	極数	定格電圧 V	定格電流 A	定格遮断容量 A	定格感度電流 mA
HF-80ETBG01-50/ HF-80ETBG02-60	三相200	400	2.2／2.2	MN形 30Aまたは 50Aフレーム	3	200	4	2,500	30
HF-100ETBG03-50/ HF-100ETBG02-60	三相200	400	2.2／2.2		3	200	4	2,500	30

注（1）モータ保護用漏電遮断器の選定電流値は風量、静圧曲線中の使用限界電流の1.5倍を目安とする。

表3. 47　換気扇とモータ保護用漏電遮断器（MN形）の選定表〈防霜扇〉

換気扇				モータ保護用漏電遮断器				
機　種	電　源 V	出　力 W	電　流 A(50/60Hz)	機　種	極数	定格電圧 V	定格電流 A	定格感度電流 mA
PG-60HTF3	三相200	750	3.9／4.1	MN形	3	200	7.1	30

(7) インバータ回路

①高調波による影響と対策

高調波発生の原因として、サイリスタやトランジスタを利用したコンピュータ電源としてのCVCF装置各種の整流装置、また近年の省エネルギー指向に対応した電動機制御用のVVVF装置などがある。

これらの機器は、いずれも半導体のスイッチング機能を利用して交流電源を作るもので、その過程において電流の裁断現象が生じ、広範囲な高調波や高周波ノイズを発生する。以下ではこれらの機器のうち電動機の制御方法の主流として広く使用されているVVVFインバータを取り上げ、高調波や高周波ノイズがNVに与える影響、NVの適正な選定について述べる。

②NVの選定

a. 定格電流の選定

インバータ回路においては高調波成分含有率が非常に高いので、NVの定格電流I_{NV}と負荷電流Iの関係を

$$I_{NV} \geqq 1.4 \times I$$

となるように選定する。

b. 定格感度電流の選定

インバータによって電動機を駆動する場合には、そのインバータの出力電圧に高調波成分が含まれており、インバータから電動機までの電路の大地静電容量および電動機の巻線と鉄心間の浮遊容量によって漏えい電流が常時発生する。そのためインバータの電源側に設置されるNVの定格感度電流は下記のように選定する。

ⅰ) 常時漏えい電流の計算

漏えい電流の値は電線の種類、電線の太さ、NVからインバータ、インバータから電動機までの電線長さ、インバータの出力周波数によって変わるが、商用電源(50Hz、60Hz)のときの値から概略計算する。

1) 電線からの漏えい電流

NVからインバータ入力端子までの電路の長さ、電線の種類、サイズを算出し、付録8の表8. 4～8. 8により漏えい電流を計算する。(商用周波数の時の値を適用、高周波成分は無視する)インバータ出力端子から電動機までの電路の長さ、電線の種類、サイズを算出し、付録8の表8. 4～8. 8により漏えい電流を算出し、高周波分を加味してその値をK_2倍する。(インバータ出力周波数によって異なる平均倍率K_2倍とする。)

2) 電動機からの漏えい電流

電動機の容量と台数を算出し、付録8の表8. 10より運転時の漏えい電流の値を適用して合計漏えい電流を算出し、高調波分を加味してその値をK_2倍する。(インバータ出力周波数によって異なる平均倍率K_2倍とする。)

3) インバータ専用ラジオノイズフィルタ(FR－BIF)を使用の場合はフィルタ1個につき約4mAを考慮する。

ⅱ) 定格感度電流の選定

ⅰ) 項の方法で常時漏えい電流を求め、しかも過渡突入電流を考慮して定格感度電流を常時漏えい電流の10倍以上とする。

以上をまとめると定格感度電流の選定式は次の(式1)となる。

$$\text{定格感度電流 } I_{\Delta n} \geqq K_1\{Igc_1 + Ign + K_2(Igc_2 + Igm)\}\ (mA) \cdots (式1)$$

Igc_1：NVとインバータ間の電路からの常時漏えい電流(mA)

Igc_2：インバータと電動機間の電路からの常時漏えい電流(mA)

Igm：電動機からの常時漏えい電流(mA)

Ign：インバータ入力側のノイズフィルタの漏えい電流(mA)

Ig：合計漏えい電流

$Igc_1 + Ign + K_2(Igc_2 + Igm)$ (mA)

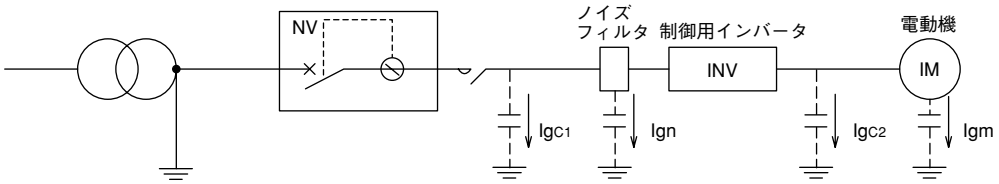
K_1：過度突入電流を考慮した定数10

K_2：高調波分を加味した定数

1(高調波・サージ対応品の場合)

3(一般品の場合)

備考(1) 高調波・サージ対応品の場合、インバータ二次側の地絡検出は運転周波数120Hz以下の場合に可能。尚Y結線中性点接地方式の場合にはインバータ二次側の地路に対して



感度電流が鈍化するので、負荷機器の保護接地をC種接地（10Ω以下）とすること。

(2) NVは必ずインバータの一次側（電源側）に設置すること。

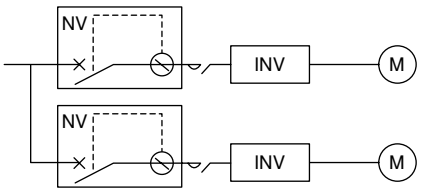
iii）法的規制場所への適用

3. 13. 1項の表3. 34に示す設置場所では法的にNVの定格感度電流の規定があるため、これを遵守する必要がある。

定格感度電流が法規を満足できない場所の対策としては、

1) 負荷が複数台の場合には各インバータ毎にNVを設置する。

2) 電線の長さを短くするか大地との距離を広げる。



iv）感電防止の観点からの検討

感電防止については、3. 13. 2項に従って定格感度電流の選定を行う。

3. 14　特殊な回路の地絡保護

3. 14. 1　非接地回路の地絡保護

非接地方式は操業上停電をきらう工場などで採用されるが、とくに石油化学工場等では地絡電流が原因となって爆発性のガスに点火し、大きな事故を誘発することがあるので、地絡電流を小さくおさえるためにこの方式が多く採用されている。電気設備に関する技術基準が昭和47年に改正され、400V級電路では接地・非接地のいかんを問わず地絡遮断装置の設置が義務づけられたので非接地回路の地絡保護について述べる。

非接地回路では一線が大地に落ちても地絡電流がきわめて小さいのでその検出は容易ではなく単にNVを設置しただけでは保護効果が期待できない場合があるので注意を要する。

(1) 電路絶縁検出器（メグモニター）

三菱電路絶縁検出器メグモニターは低電圧の微小な直流で電路全体を活線状態のままで監視し、電線路の大地に対する絶縁劣化を検出できるから停電させる必要がなく、電路を常時監視できるというすぐれた特長をもっている。また、電気設備技術基準・解釈第40条では非接地式電路においても地絡遮断装置の設置が義務づけられている。従来は適切な装置がなくコンデンサー接地とNVの併用等で対処されていたがNVを正常に動作させるためコンデンサー容量を相当大きくしなければならず、これは非接地式電路の目的上地絡時に火花発生などをまねきやすく好ましくない。

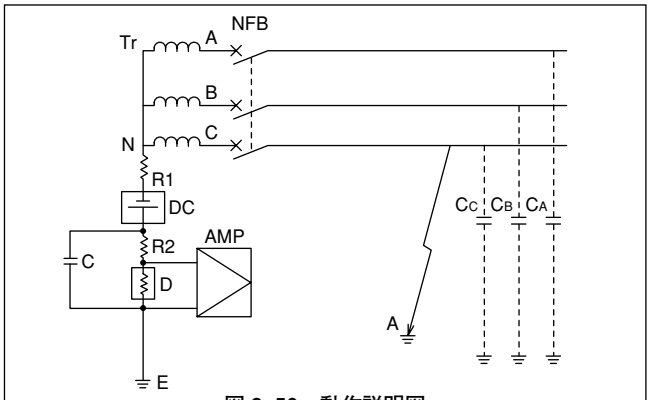


図 3. 50　動作説明図

この点メグモニターは地絡電流数mA相当の絶縁劣化を検出できるので非接地式電路の地絡検出に最適であり、遮断器と組合せれば地絡遮断装置を簡単に構成することができる。図3. 50にもとづいて動作説明をする。交流分としては変圧器（Tr）による系統電源（商用周波）により電線路の対地静電容量（C_A，C_B，C_C）を介して充電電流が流れるが、この電流による信号が増巾器（AMP）に入らないように、増幅器の信号検出器（D）と並列にコンデンサCを構成してある。このため対地静電容量（C_A，C_B，C_C）を流れる電流は、増幅器（AMP）の入力信号とならないようにコンデンサー（C）へバイパスされ、交流信号は増幅されない。

直流分は装置内に設けてある直流電源（DC）により変圧器（Tr）の各巻線を経て各相の電線路（A，B，C）をバイアスしているが、電路の絶縁がある値以上（正常）であれば直流は電路より外部へ漏れず、検出器には直流電流が流れない。

このように、本装置は直流でバイアスしてあるので電路が長く、対地静電容量（C_A，C_B，C_C）が大きい場合でも遮断器（NFB）を投入した直後のみ静電容量（C_A，C_B，C_C）に充

電電流が流れるが、その後は安定状態となり直流分は流れないので、亘長の長い電路でも対地静電容量（C_A，C_B，C_C）の影響を受けない。

遮断器（NFB）投入時等の過度突入電流に対しては動作禁止のための特殊回路を設けて誤動作しないようにしてある。

次に、たとえばT相のA点が絶縁劣化し、大地間の絶縁が低下した場合には、直流電源からの直流電流が抵抗器（R2）接地点（E）故障点（A）変圧器中点（N）抵抗器（R1）を流れる。ここで、直流電流は検出器（D）と並列にあるコンデンサー（C）への充電を完了するとすべて検出器（D）へ流れこの検出器（D）の信号を増幅器（AMP）で増幅し絶縁劣化の検出を行う。

本装置を用いると400k Ω以下に電路の絶縁がわずかに低下しても検出できる。感度は10 − 20 − 50 − 100 − 200 − 400k Ωの6段切換が可能である。

(2) コンデンサ接地とNVの組合せによる方法

非接地用絶縁トランスの二次側にコンデンサを接続し、その中点を接地し、一線地絡したときにはNVで地絡を検出し保護する方法である。

①三相3線

非接地用絶縁トランスは一般に△結線が多いと思えるが、この場合のコンデンサ接地をするときのコンデンサ容量と地絡電流の関係を求めると次のとおりとなる。

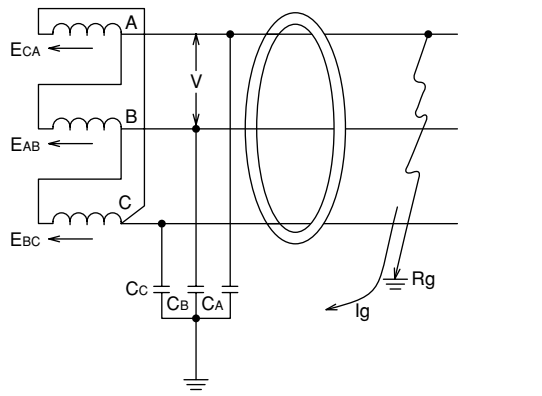


図 3. 51

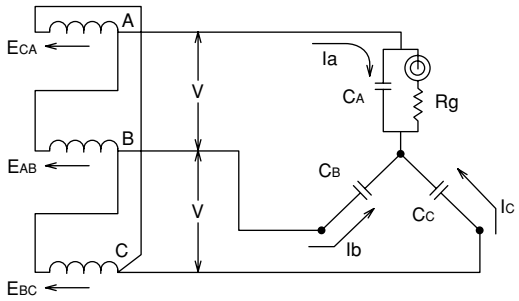


図 3. 52

図3. 51において、各線間より静電容量$C_AC_BC_C$なるコンデンサをY形に結線し、その中点を接地する、これを理解しやすいように書きかえてみると図3. 52のようになる。すなわち、電源側からみると正常時はコンデンサからなるY形負荷であるが地絡時には地絡したA相のコンデンサC_Aと並列に地絡回路の抵抗Rg（機器の故障抵抗、機器のアース抵抗、コンデンサの接地抵抗等を含む）が接続されたことになりこのRgを流れる電流がZCTにより検出される値である。

今、各相のコンデンサ容量を同一とし、$C_A = C_B = C_C = C$とおいてコンデンサ容量Cと地絡電流Igとの関係を求めると、次の式であらわされる。

$$Ig = \frac{\sqrt{3}\,V}{\sqrt{(3Rg)^2 + \left(\frac{1}{\omega C}\right)^2}}\ (A) \quad \cdots\cdots (1)$$

$$\therefore \quad C = \frac{1}{\sqrt{3}\,\omega\sqrt{\left(\frac{V}{Ig}\right)^2 - 3Rg^2}}\ (F) \quad \cdots\cdots (2)$$

したがって、最大検出地絡電流、すなわち、感度電流を決定し地絡故障抵抗Rgを仮定すれば、必要なコンデンサの容量Cは(2)式により求めることができる。

〈例題〉

図3. 53のようなコンデンサ接地をしてNVで地絡保護をしたいが、このときのコンデンサ容量を求めよ。ただし線間電圧は440V、周波数60Hz、地絡回路の全抵抗Rg = 150 Ωとする。

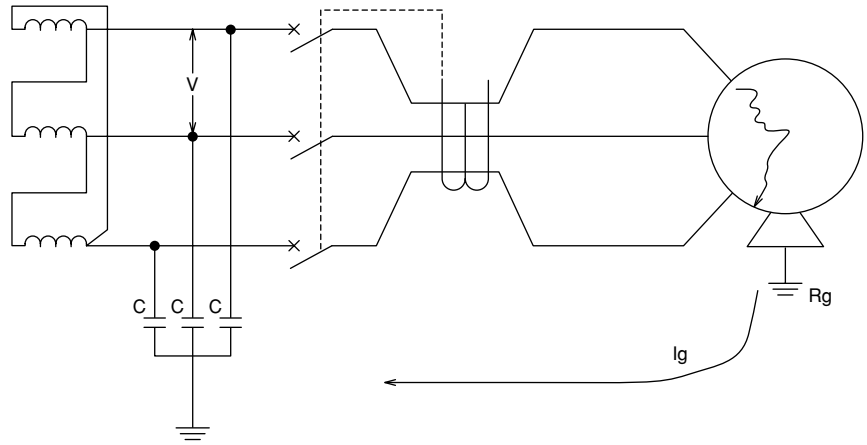


図 3. 53

●計算方法

まず手順として地絡電流の最大限度（感度電流と関係ある）を決める。大体使用するNVの定格感度電流の2倍くらいにとればよい、ここでは200mA感度を使用するものとして地絡電流を0.5Aとする。

(2) 式より

$$C = \frac{1}{\sqrt{3}\,\omega\sqrt{\left(\frac{V}{Ig}\right)^2 - 3Rg^2}}$$

$$= \frac{1}{\sqrt{3}\times 2\pi\cdot 60\sqrt{\left(\frac{440}{0.5}\right)^2 - 3\times 150^2}} = 1.82\,\mu F \cdots (3)$$

よって図3. 53のコンデンサ容量を1.8 μ F（実際には2 μ Fの標準容量のものを使用）にすれば、接地回路抵抗が150 Ωまで低下したとき0.5A流れることとなるので、感度電流は500mAでよいが、実際には動作をより確実にするために若干の余裕をとり200mA感度とした。また高感度品を使えば接地回路抵抗が大きくても検出でき、たとえば30mA感度のNVを使用した場合には (2) 式からRgを求めると次のようになる。

$$Rg = \frac{1}{3}\sqrt{\left(\frac{\sqrt{3}\,V}{Ig}\right)^2 - \left(\frac{1}{\omega C}\right)^2}$$

$$= \frac{1}{3}\sqrt{\left(\frac{\sqrt{3}\times 440}{0.03}\right)^2 - \left(\frac{1}{2\pi\times 60\times 2\times 10^{-6}}\right)^2}$$

$$\fallingdotseq 8500\Omega \cdots (4)$$

すなわち、接地回路抵抗が8500 Ωまで低下するとNVが動作して保護できるので故障の程度が軽い初期に地絡事故の発見ができるという利点がある。コンデンサの容量が決まれば回路電圧に応じた耐電圧（定格電圧）のものを選ぶことが必要である。ここではコンデンサにかかる電圧は正常時 $V/\sqrt{3}$ であるが、余裕をみて2倍の耐圧のものを使用する。すなわち $440/\sqrt{3}\times 2 \fallingdotseq 509$ であるから標準電圧の600Vの2 μ Fを使用する。

②単相2線中性点接地の場合

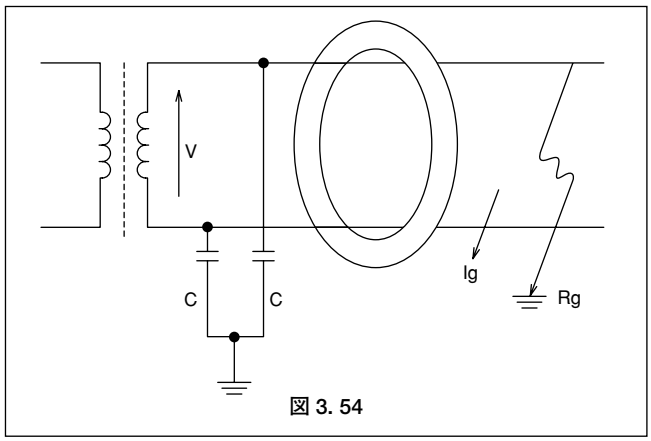


図 3. 54

$$Ig = \frac{V}{\sqrt{\left(\frac{1}{\omega C}\right)^2 + (2Rg)^2}}\ (A) \cdots (5)$$

$$\therefore \quad C = \frac{1}{\omega\sqrt{\left(\frac{V}{Ig}\right)^2 - (2Rg)^2}}\ (F) \cdots (6)$$

(6) 式より必要なコンデンサ容量を求めることができる。

③三相3線（Y結線）の場合

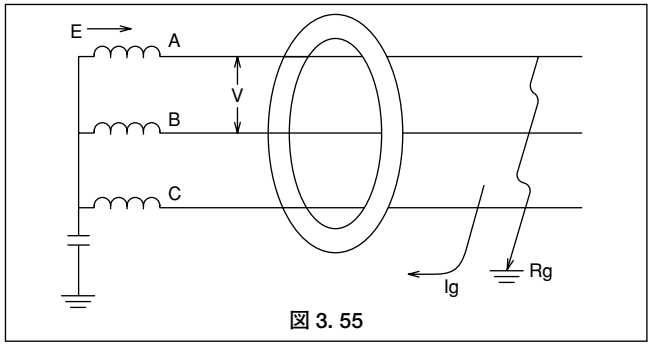


図 3. 55

三相の場合、線間電圧をVとすると

$$Ig = \frac{V/\sqrt{3}}{\sqrt{Rg^2 + \left(\frac{1}{\omega C}\right)^2}} \ (A) \quad \cdots\cdots (7)$$

$$C = \frac{1}{\omega \sqrt{\left(\frac{V}{\sqrt{3}\,Ig}\right)^2 - Rg^2}} \ (F) \quad \cdots\cdots (8)$$

(8) 式により必要なコンデンサ容量を求めることができる。

④コンデンサの静電容量の簡略計算式

地絡抵抗Rgを無視してよい場合は次の簡略計算で求めてもよい。

三相3線（Δ結線）の場合

$$C \geqq \frac{I_{\Delta N}(1+a) \times 10^3}{\sqrt{3}\ \omega \times 2\pi fV} \quad \cdots\cdots (9)$$

単相2線式の場合

$$C \geqq \frac{I_{\Delta N}(1+a) \times 10^3}{2\pi fV} \quad \cdots\cdots (10)$$

C ：コンデンサの1相の静電容量　（μF）
$I_{\Delta N}$：NVの定格感度電流　（mA）
V ：線間電圧　（V）
f ：周 波 数　（Hz）
a ：安全係数（1.0～1.5）……通常は 1.0とする。

●漏電検出を目的とした非接地電路コンデンサ接地容量早見図

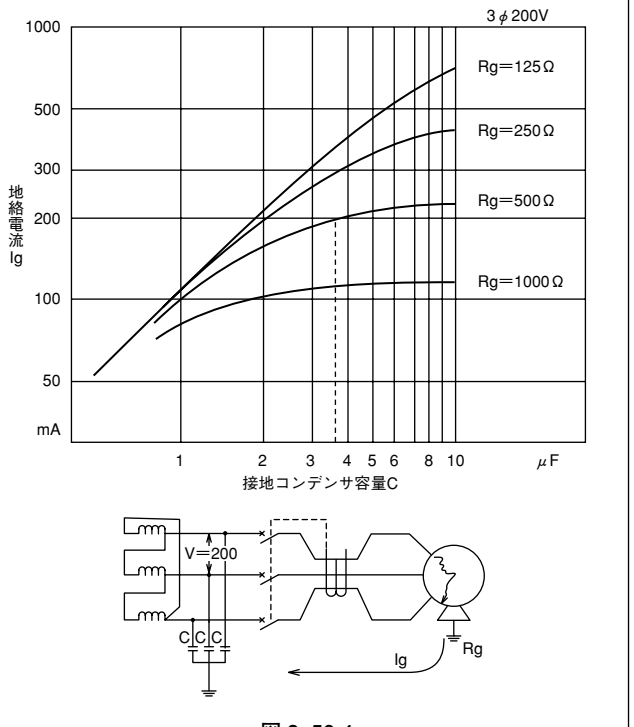


図 3. 56-1

$$Ig = \frac{\sqrt{3}\,V}{\sqrt{(3Rg)^2 + \left(\frac{1}{\omega C}\right)^2}} \ (A)$$

$$\therefore \quad C = \frac{1}{\sqrt{3}\ \omega \sqrt{\left(\frac{V}{Ig}\right)^2 - 3Rg^2}} \ (F)$$

例：地絡抵抗500Ωで地絡電流200mAとするためにはコンデンサ容量3.5μFとする。
（地絡電流は少なくとも定格感度電流の2倍となるようにする。）

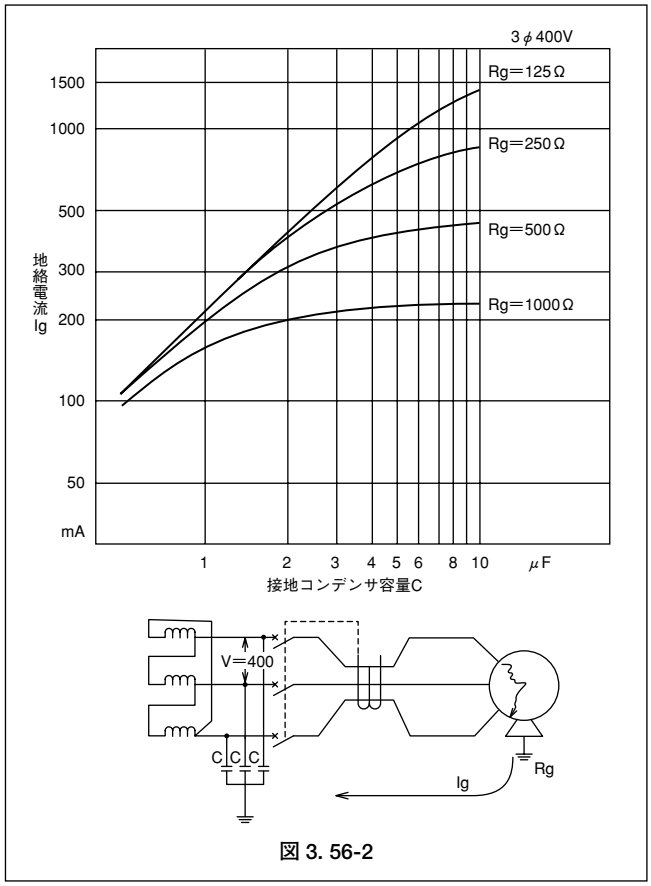


図 3. 56-2

$$Ig = \frac{\sqrt{3}\,V}{\sqrt{(3Rg)^2 + \left(\frac{1}{\omega C}\right)^2}} \ (A)$$

$$\therefore \quad C = \frac{1}{\sqrt{3}\ \omega \sqrt{\left(\frac{V}{Ig}\right)^2 - 3Rg^2}} \ (F)$$

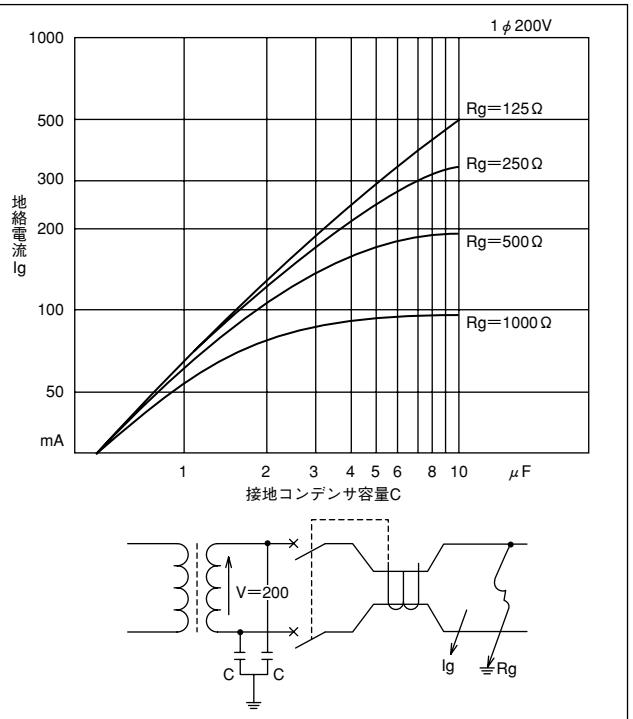


図 3. 56-3

$$Ig = \frac{V}{\sqrt{\left(\frac{1}{\omega C}\right)^2 + (2Rg)^2}} \ (A)$$

$$\therefore \quad C = \frac{1}{\omega \sqrt{\left(\frac{V}{Ig}\right)^2 - (2Rg)^2}} \ (F)$$

(3) 接地変圧器による方法

零相電圧を検出して地絡遮断させる方法であり、いま図3. 57のように接続すると一次巻線にかかる電圧は $\overrightarrow{EA}+\overrightarrow{EB}+\overrightarrow{EC}$ となり二次デルタ巻線にはそれに応じた電圧が各相に誘起する。⑭にかかる電圧はそれらの各相のベクトル和であるから $\overrightarrow{EA}+\overrightarrow{EB}+\overrightarrow{EC}$ となる。

図3. 58より $\overrightarrow{NA}=\overrightarrow{EA}+\overrightarrow{NE}$

$\overrightarrow{NB}=\overrightarrow{EB}+\overrightarrow{NE}$

$\overrightarrow{NC}=\overrightarrow{EC}+\overrightarrow{NE}$

これらの両辺を加えると

$$\overrightarrow{NA}+\overrightarrow{NB}+\overrightarrow{NC}=\overrightarrow{EA}+\overrightarrow{EB}+\overrightarrow{EC}+3\overrightarrow{EN}$$

図3. 58より理解できるようにNは三角形の中心であり左辺は0であるから

$$\overrightarrow{EA}+\overrightarrow{EB}+\overrightarrow{EC}=-3\overrightarrow{NE}=3\overrightarrow{EN}$$

$\overrightarrow{EN}$ は零相電圧であるから⑭には3倍の零相電圧があらわれる。この電圧を検出して電圧リレーを作動させ、遮断器をトリップさせて地絡保護を行う方法である。

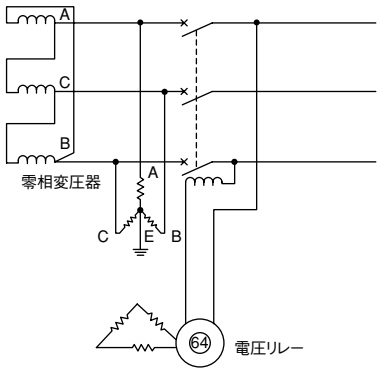


図 3. 57

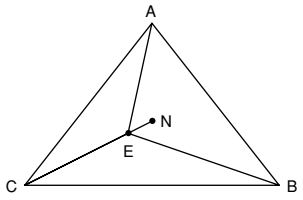


図 3. 58

(4) 接地検漏器による方法

(3) 接地変圧器で述べた方法と同一であるが、指示計により接地事故の程度と接地相の判断ができる。

図3. 59にLM-11NGD形接地検漏器の接続図を示す。

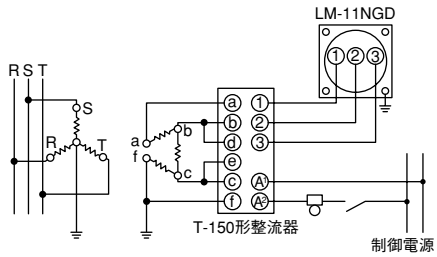


図 3. 59

3. 14. 2　直流回路の地絡検出と保護

電気設備技術基準では漏電遮断装置の設置に関し交流、直流の区別はしていない。

したがって直流の場合も交流とまったく同様に設置する必要があると考えられるが、一般的には直流の電源そのものが少なく、その設置が必要な場所は例外的と考えられる。

通常のNVは交流用のみであり、直流回路の場合には直流地絡検出継電器を用いる方法がある。

図3. 60に直流地絡検出継電器の回路図を示す。

今地絡抵抗値Rgで地絡したとすると、正側の地絡の場合にはN点の電位がA点より高くなり、小勢力高感度の直流可動コイル形要素(D-5)に電流が流れ継電器は作動する。

逆に負側の地絡の場合にはBからNへ向かって電流が流れる直流地絡検出継電器の場合のD-5要素の最小動作電流は±0.125mAである。

感度の調整は可変抵抗器によって行うことができる。

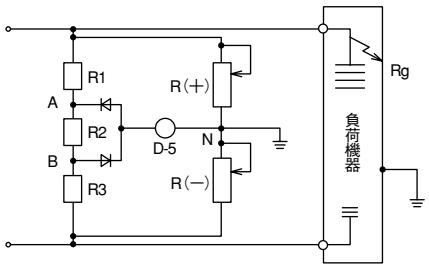


図 3. 60

3. 15　漏電遮断器の不要動作

NVの動作原因の内、本来の目的である漏電、感電、地絡などによるものを正常動作とすれば、他のサージや誘導などに起因する動作は不要動作(迷惑動作またはニューサンストリップともいう)である。「NVはわけもなく動作して困る」という先入観をもたれているユーザーも多いと思われるのでここでは不要動作の解析を行うとともに正しいNVの選定について述べる。

3. 15. 1　漏電引きはずし動作

動作を分類すると次のようになる。

- 動作
  - 正常動作
    - (1)漏電、感電、地絡等による動作
  - 不要動作
    - NVに起因するもの
      - (2)漏電遮断器の不良
      - (3)不適当な感度電流(鋭敏すぎるもの)
    - 回路等に起因するもの
      - (4)サージによるもの
      - (5)循環電流によるもの
      - (6)誘導によるもの
      - (7)誤結線によるもの
      - (8)接地の不適当によるもの
      - (9)分岐回路地絡時の波及によるもの
      - (10)過負荷・短絡によるもの
      - (11)環境(振動、衝撃、その他)によるもの
      - (12)キャリヤホン装置によるもの
      - (13)電波によるもの
      - (14)インバータによるもの
      - (15)その他(サージアブソーバの動作など)

以下、各々の動作の内容について、説明する。

(1) 正常動作

NVがその目的に従って動作するものであるが、その主なものを例示すると次のようになる。

a. 機器の絶縁劣化……洗濯機等水を扱うもの、プレスなど衝撃の大きいものに多い。

b. 配線の絶縁劣化……仮設電路のジョイント部、端子等に多い。

c. 不良工事……工事中のケーブル損傷、断線等による地絡。

d. 取扱い不注意等……冠水等による感電、サージや異物落下による地絡。

(2) NVの不良

部品の劣化腐蝕による故障等であるが漏電検出部分の不良は少ない。電磁石部や開閉機構の摩耗により投入が不安定になる場合もある。これに関して三菱NVは耐久性能の改善を十分に行っているのでとくに懸念する必要はない。また、故障以外に平衡特性の低いものは、モーター始動時に動作するものがある。NVに使用しているZCTの特性が悪い場合、あるいはZCTに対する磁気シールド効果の悪い場合には、残留電流の影響でZCTの平衡特性が悪く、電動機の始動電流(全負荷電流の数倍)が流れたとき、みかけ上地絡が発生したときと同様にZCT二次巻線に起電力を生じ誤動作となることがある。残留電流の影響は母線電流が大きいほどその絶対値は大きく、したがって負荷電流の大きい回路になると注意することが必要である。シールドしていないZCTを用いたものは注意しなくてはならない。

ZCTの残留電流特性は鉄心材料、導体配置位置、巻線など

により異なるが、一般回路においてはこれが原因で誤動作することがあってはならない。材質の悪いZCT用鉄心を用いたり、ZCTのシールド効果が十分でないと誤動作の原因となるので、三菱NVはZCTの材質はNiを主成分とする残留磁気特性の良好な高級パーマロイを使用し、かつZCTの外周を磁気特性の良好な良質の材料で覆い完全に磁気シールドしてあるので残留電流の影響が極小となり誤動作することはない。また、負荷が不平衡電流となった場合についても理論的にNVが動作することはない。しかし前述の残留電流特性の悪いZCTを使用すると誤動作につながる。電動機始動時、あるいは不平衡負荷のとき誤動作するのはいずれも残留電流特性にもとづくZCTの平衡特性が悪いため発生する問題であるので信頼できるメーカの製品を使用することが必要である。

(3) 不適当な感度電流

NVの感度電流が、回路の正常なる漏えい電流にくらべて鋭敏すぎる場合に動作するもので、選定の問題ともいえるものである。

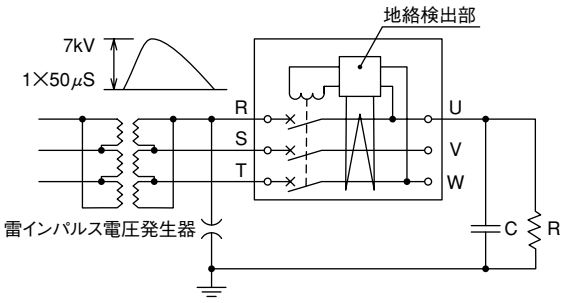
回路の漏えい電流は、電線の対地静電容量によるものがほとんどであるが、電気炉やシーズヒータなどの中には冷却時、十分な絶縁抵抗があっても高温時に絶縁抵抗の低下するものがあり、動作の原因究明に手間どることもある。

また、回路の漏えい電流で注意を要することは定常時の漏えい電流のみでなく、開閉時や始動時の過渡的な対地漏えい電流がNVを動作させることもある。始動時の過渡的漏えいは始動時の巻線の電位分布が運転時と異なることにより、巻線のフレームに対する静電容量を通して生ずるものである。負荷機器や配電線の大地に対する静電容量が大きいときには、常時でも相当大きい零相分電流が流れ、それがNVの定格不動作電流をこえるとNVが動作することがある。一般には多数の分岐回路をまとめて1台のNVで地絡保護を行おうとするときに発生する。静電容量の測定は絶縁抵抗計では不可であるのでブリッジなどの測定器具を用いなければならない。また、対地静電容量が大きくなると、(4) 項の「負荷回路を開閉したときの誤動作」につながるので、低圧回路の感電防止は極力分岐回路ごとにNVを設置して対地静電容量の影響などを少なくして使用することが望ましい。

(4) サージによるもの

配電線の誘導雷の二次移行によるサージに対しては、JISC8201-2-2により雷インパルス不動作の試験が課され、耐サージ性は保証されている。図3. 61に雷インパルス不動作試験回路を示す。

誘導雷サージの影響を受けると高い電圧が、電線路を伝わって配電機器に加わる。このとき、NVの電子部品が誤動作してNVをトリップさせたりあるいは電子部品の破壊により不動作となることがある。引込口用NVなどでは、この影響を受ける場合があるので、とくに注意することが必要である。誘導雷でのってくるサージ電圧の大きさや頻度は、わが国でも地方により相当異なるが、統計的には5kV以下のサージ電圧がほとんどである。ただ年に数回6～7kV相当の大きい誘導雷サージも記録されているが、一般には5kV程度であると考えてよい。三菱NVは電子部品を採用しているが、かかる事態にも十分対応できる特性をもたせている。しかし、図3. 62に示すように誘導性の負荷開閉器Sで開閉したときに生ずる開閉サージは、誘導雷と異なり単発パルスでなく、連続パルスであることが多い。連続パルスに対する不動作性能は、単発パルスに対する不動作性能とは別のものであるのでこれに対する性能改善が必要である。三菱NVは連続パルスに対する不動作性能も十分であるので安心できる。しかし、この性質を十分知っておくと役に立つこともある。



C：コンデンサ0.03μF　R：抵抗0.1MΩ

図 3. 61　雷インパルス不動作試験回路

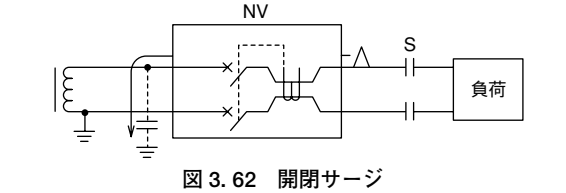


図 3. 62　開閉サージ

①開閉サージは誘導負荷の電流が必ずしも大きいときに生ずるとは限らない。むしろ、負荷電流が1～2Aと小さくて負荷のインダクタンスが大きいときに生じやすい。負荷としては電磁開閉器のコイル電流のように電磁コイルの負荷は要注意である。

②サージの大きさおよび連続回数は、図3. 62の開閉器Sの性能にも関係する。

開閉器Sにチャタリングがあったり、真空開閉器のように遮断性能のよすぎるものを用いるとサージが出やすい。したがって、開閉Sとしてはチャタリングが少なくて電流裁断性能のないものがよい。一般の電磁リレー等は比較的よ

いと考えられる。

③開閉サージを防止するには、開閉器Sの接点間にC、R等のアーク軽減装置を付加するかあるいは負荷側にサージアブソーバーを挿入すると効果がある。

配電線や負荷機器が大地に対してもっている静電容量（対地静電容量）があるために開閉器類の投入時の接点の不揃いと上述のサージ電圧とが重なるなどの悪条件下では、この対地静電容量を介して流れる充電電流が開閉器の投入時に瞬間的に増大し、定格不動作電流の値をこえるときNVは動作することがある。電路には程度の差はあれ、大地に対して静電容量をもつが、各相の容量がバランスしておれば、定常状態では零相分電流はない。しかし接点のチャタリングなどにより開閉サージが発生したときには電圧位相もくずれ、高周波の電圧となるため、対地静電容量によるインピーダンスが小さくなり過大な充電電流が流れ、その結果、ZCTの二次巻線に起電力を生じ、NVを動作させるので、サージ電圧によるきわめて短時間のZCT二次巻線の出力に対しては、サイリスタが応答しないようにZCTの二次側にフィルターを構成すると共に、過漏電や大きい地絡電流に対して電子部品を保護するためにサージ吸収回路を設けてある。また大部分の三菱NVは地絡電流とサージによる対地漏えい電流を判別するDPDCサージ判別回路を設け、不要動作防止性能の向上を実現しており、通常一般の回路においては誤動作の心配はない。

(5) まわり回路（循環電流）によるもの

図3. 63に示すような負荷側で結合された並列回路では、左・右の分岐の各相分の分流電流が必ずしも等しくなくたとえば、A相が11Aと9Aに分流したとすると、差引き1Aの電流がこのループ内を循環していることになる。この循環電流がNVの動作を引き起すのでNVの2台並列使用は絶対に避けなければならない。また、図3. 64のような2台のトランスの並列運転において、各々のトランスの接地線にて漏電検出を行うと、やはり分流比の不等によって接地線を通じて循環電流が流れることとなり、NVの動作を引き起す。これをさけるには図3. 64の(B)図のようにするのも一方法であろう。

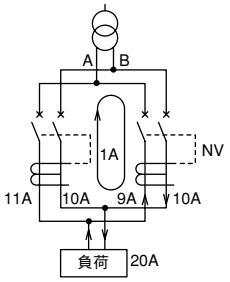


図 3. 63　並列回路

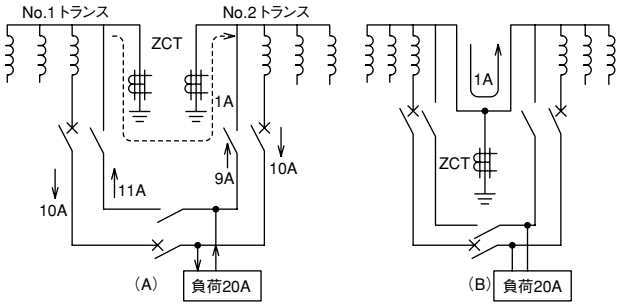


図 3. 64　トランスの並列運転

(6) 誘導によるもの

(5) で述べたまわり回路のあるものは、誘導の影響をうけやすい。すなわち、図3. 63のループを一つのループアンテナとみれば、ZCTの一次巻線がアンテナに接続されていることになり、容易に誘導を生ずることになる。例として、ループの面積が1m²で200Aの強電流源が5mのところにあるとしよう（図3. 65参照）磁界の強さH（AT/m）は半径5mの円周を磁路長と考えると

$$H = \frac{AT}{2\pi R} = \frac{200}{31.4} = 6.37 \quad AT/m$$

そこで $\mu = \frac{1}{800000}$ とすると

$B = \mu H = 8 \times 10^{-6} Wb/m^2$ がループ内の平均磁束密度となる。ループ面積 $S = 1m^2$ であるから、全磁束 ϕ は

$\phi = BS = 8 \times 10^{-6} Wb$

誘起電圧Eは、$E = 4.44fN\phi$、ただし、$f = 60Hz$，$N = 1$ であるから

$E = 2.12 \times 10^{-3} V$

$38mm^2$ の電線4mの抵抗Rは、$R \fallingdotseq 1.92 \times 10^{-3} \Omega$ であるから、ループに流れる循環電流Iは

$$I = \frac{E}{R} = 1.1A$$

これは感度電流500mAまでのNVを動作させるのに十分な値である。現実には、電流源が一方向のみ孤立してあることはないから、誘導の影響は上記計算より低減される。たとえば、電流源が単相で他の相が5.2mの距離にあるとすれば循環電流I′は

$$\text{上記の}\frac{0.2}{5.2}\text{ になるので} \quad I' = 0.04A$$

となる。この値は感度電流30mAのNVを動作させるのに十分な値である。

このようにまわり回路は誘導の点でも不都合なものであるので、さけるのが好ましい。

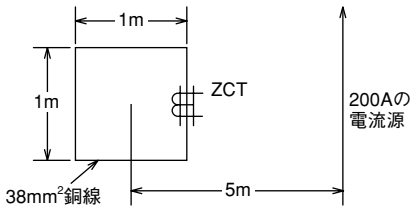


図 3. 65　ループアンテナ

また、図3. 66に示すように共通接地線を用いた場合図の実線の位置にZCTを入れると、ZCTの一次導体がループを形成する。これを避けるには、破線の位置にZCTを設ければよい。

誘導はまた漏電リレーの入力回路についても起りうるので、リレー部とZCT部間のリード線はより合せが必要である。

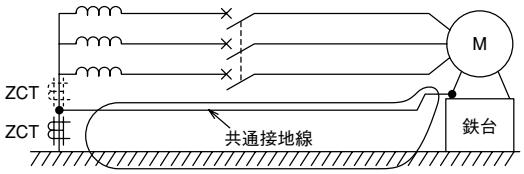


図 3. 66　接地線による地絡検出

(7) 誤結線によるもの

単相3線や三相4線式電路において、図3. 67のように中性線をZCTに通し忘れた場合は単純なミスである。図3. 67の場合、単相負荷電流によってNVが動作してしまう。

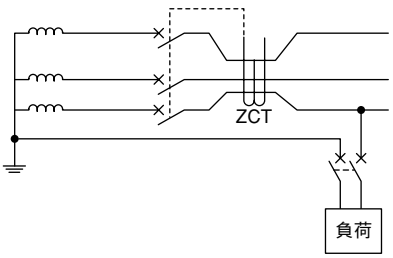


図 3. 67　3相4線の誤結線

また、これとは逆にZCTを通してはいけないものをZCTに通すと漏電しても不動作になることがある（図3. 68参照）ので共通接地線はZCTを通してはいけない。

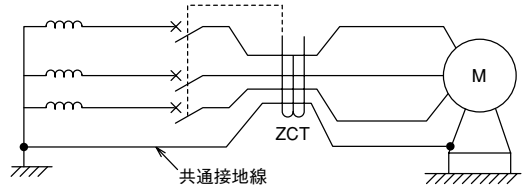


図 3. 68　共通接地線の誤結線

また図3. 69のようにZCTの取付け位置よりも電源側に金属管またはケーブルの金属しゃへいにD種接地工事が行われている場合は、金属管に漏れが起ったときに、NVが正常に作動しない場合がある。

このようなときは、ZCTの負荷側にD種接地線を移すか、ZCTの取り付け位置を金属管以外の所に変えるかすればよいが、これも難しい時はZCT取り付け部分の金属部分を取り除くなど、適当な処置が必要である。

図3. 69において、D種接地をZCTの電源側および負荷側の2か所に設けると、金属管と接地線、大地間でZCTの一次導体としてループを形成するので(6)項で述べた誘導により誤動作することがある。

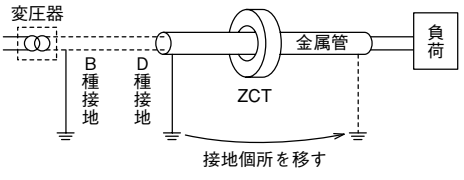


図 3. 69　金属管工事等の接地

(8) 接地の不適当によるもの

図3. 70に示すように接地側電線はどうせ接地しているのだからといって負荷側でも接地することはいけない。

図3. 70の場合、接地側電路の電圧降下分の電圧により負荷電流の一部がIǵのように分流することになり、NVを動作させることになる。（さらに図3. 70ではモーターが漏電しても不動作になることもある。）また、買電―自家発電の切換えは中性線も同時切換えでなければならない。もし図3. 71において破線で示すように同時切換えでなかったとすると、中性線帰路電流I_Nが図のI_Nと$I_{\acute{N}}$に分流することになり、この電路にあるNVの動作を引き起すことになる。

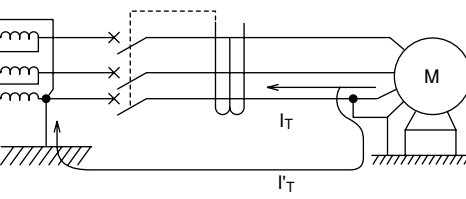


図 3. 70　不適当な二重接地

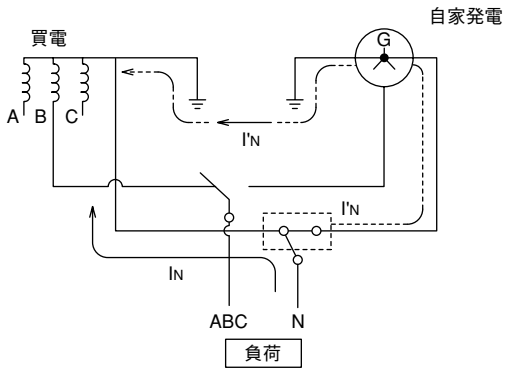


図 3. 71　中性線の同時切換

次に電子回路を用いた装置（電子計算機、NC工作機等）では電子回路のノイズ対策としてフィルターを用いることがある。

図3. 72のようにラインフィルタを用いると、破線で示すように電流が流れてNVを動作させることになる。これをさけるには、電子装置の電源部に絶縁変圧器を用いればよい。

家庭用音響機器などでもオートトランス式のものまたはトランスレス式のものは図3. 73に示すようにシャーシアースを通って帰路電流の一部I_2が漏えいすることになりNVを動作させる原因となる。

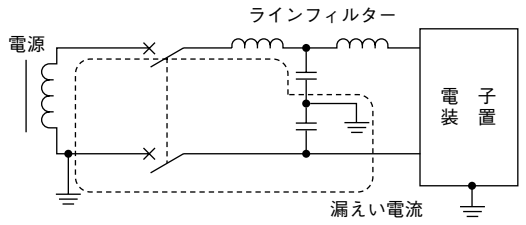


図 3. 72　ラインフィルター

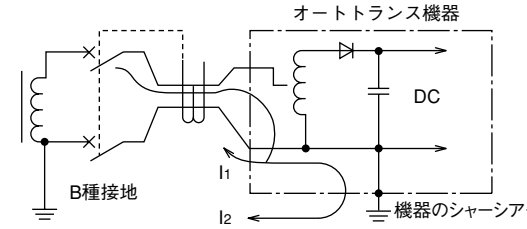


図 3. 73　トランスレス機器のシャーシアース

このように電子装置の漏えい電流のたれ流しは、NVにとってまったく迷惑なものであるが、最近電子機器工業会でこのたれ流しを規制する動きがあることは、よろこばしいことである。

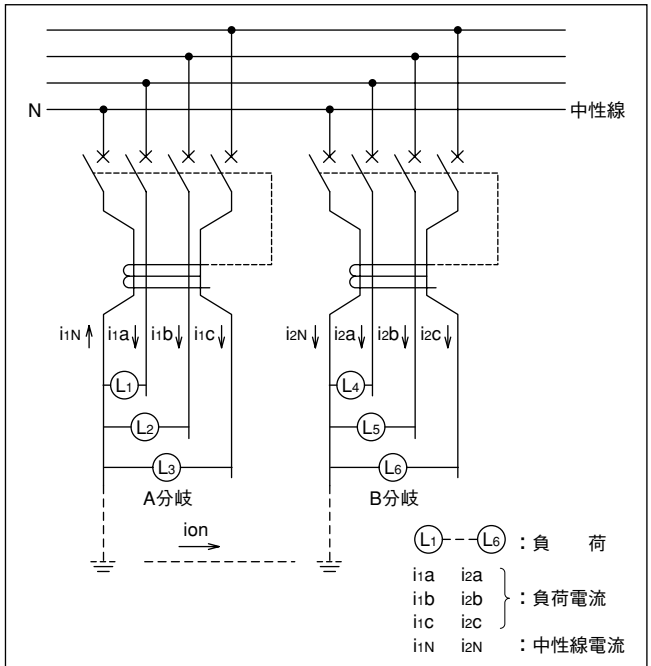


図 3. 74

地絡検出で零相電流を検出するためにZCTを用いた方式のものでは、中性線の処理に注意しなくてはならない。すなわち、単相3線式あるいは三相4線式電路における中性線はZCTを必ず貫通しなければならない。かつ、この中性線は必ず大地に対して絶縁されていることが必要であり、また系統ごとに電気的に独立していることも要求される。すなわち図3. 74においてAおよびBの各分岐ごとにZCTを設けた場合、各中性線が直接的あるいは間接的に大地を通して電気的に結合しないように工事をしなければならない。正常に接続してあればA分岐においては、$i_{1a} + i_{1b} + i_{1c} + i_{1N} = 0$、B分岐では$i_{2a} + i_{2b} + i_{2c} + i_{2N} = 0$となり、それぞれのZCTには起電力を生じず、地絡事故があってはじめてZCTは地絡電流を検出する。

ところが、今かりにA・B分岐の中性線が大地を介して接続されているとすればA分岐とB分岐とがまったくバランスがとれていないかぎりは、$i_{1a} + i_{1b} + i_{1c} + i_{1N} = i_{2a} + i_{2b} + i_{2c} + i_{2N} = i_{0N}$となり、ZCTは$i_{0N}$なる電流を検出し地絡電流が流れていなくとも動作する原因となる。

このように地絡検出は中性線の処理を誤ると問題を起こすので地絡検出をしない場合の配線工事にくらべて注意する必要がある。

(9) 分岐回路地絡時の健全回路の動作

図3. 75のような回路になって地絡事故回路だけでなく健全回路のNVも動作することがある。対地静電容量による漏えい電流に見合った感度電流にすれば防ぐことができる。

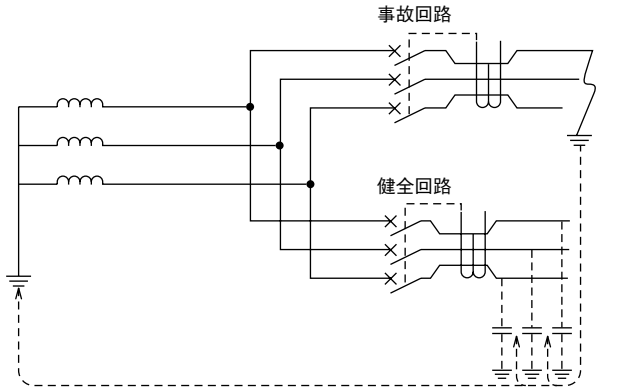


図 3. 75　対地静電容量による健全回路の動作

(10) 過負荷・短絡による動作

過負荷、短絡動作要素付のものが短絡などの際動作することは当然であるが、NVはその多くのものが兼用形であり、過負荷・短絡でも動作することをNVであるがゆえにうっかりしていることがある。

さらに、NVの平衡特性には限度があるので地絡専用のものであっても、大きな過負荷・短絡でも動作することがある。しかし、これらの場合余程大きな過負荷・短絡ならば気付くはずである。

(11) 振動、衝撃、高温等の周囲環境

これらはNFBとほぼ同様に考えてよい。電子回路の耐熱性はとかく不安をもたれているが、三菱NVでは部品の定格に対する裕度を大きくとってあり、かつ高温使用に耐える部品が使用してあると共に、温度補償回路を内蔵した集積回路を使用して周囲温度の変化に対しても安定した動作を行う。

(12) キャリヤホン装置によるもの

電力線を通じて通話できるキャリヤホン装置が設置してある電路にNVを取付けるとNVが誤動作することがある。

これは図3. 76のようにキャリヤホン装置は高周波信号（通常50KHz～400KHz）を電路と大地間に強制的に注入する装置であるため、NVが高周波信号をあたかも漏電電流として検出して誤動作するものである。

誤動作するかどうかは高周波信号の大きさ、NVの高周波特性および定格感度電流の大きさなどに左右される。

対策としては高周波電流での感度電流を意識的に鈍くしたNVを使用するとよいが仕様決定に際しては当社へ照会ください。

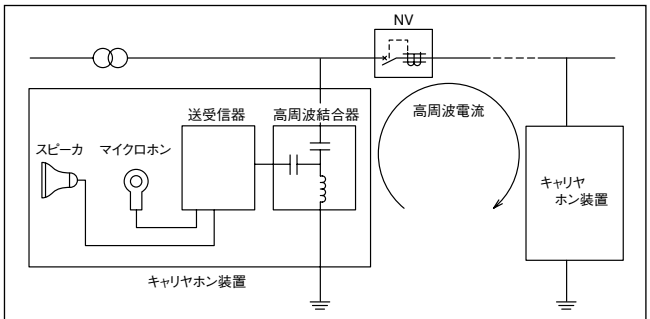


図 3. 76　キャリヤホン装置の設置例

(13) 電波によるもの

近くに大出力の放送局、タクシー無線局、アマチュア無線局等がある場合、電波の強さ、周波数、天候、地形、配線方法などが悪い方向へ重なると不要動作をする場合がある。特に強い電界強度を発生して不要動作を起こし易いのは、携帯形のトランシーバをNVの近くで送信した場合である。一般に携帯形トランシーバは、27/28MHz帯、50/60MHz帯、150MHz帯、400MHz帯、900MHz帯の周波数で、その出力は0.5から5W位であり、NVは各種市販トランシーバ出力5Wのもので、NVから1mの所で送信を行い、不要動作のないことを確認している。さらに強力な電界が発生することが考えられる場合には、NVを鉄箱に収納して箱を接地する。図3. 77に示すように数百～数千pFのコンデンサを取り付ける等の方法によっても不要動作を防止できる。

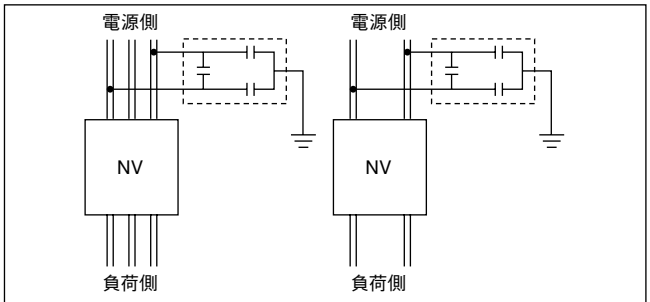


図 3. 77　不要動作防止用コンデンサの取付け

(14) インバータによるもの

インバータは交流電源を整流により直流とした後、トランジスタでスイッチングして交流化するため多くの高周波成分を発生する。

この高周波成分が対地静電容量によって常時流れるため、対地静電容量が大きくなると不要動作をする場合がある(図3. 78)。

従って、一般のNVをインバータ回路で使用する場合は、不要動作を防止するため、通常よりも感度電流の鈍いものを選定することが必要となる。

この対策として、インバータ回路で高感度の地絡検出を行い、かつ、インバータの一次側・二次側共に安定した地絡検出を行うためには、インバータ対応として高周波成分の影響を受けにくくした「高調波・サージ対応品」のNVを使用することが適切である。

また、NVは必ずインバータの一次側に設置することが条件であり、二次側に設置してはならない。

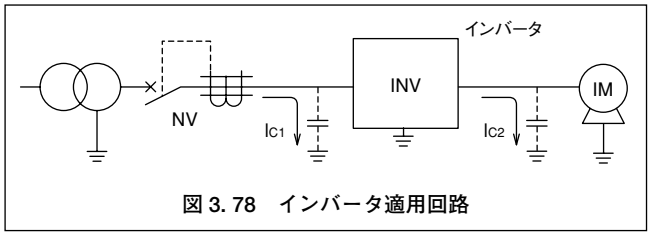


図 3. 78　インバータ適用回路

(15) その他

負荷機器エレクトロニクス化が進み、機器自体をサージから保護するため、機器内又は電路にサージアブソーバを設置する場合が増えている。この大地に対して接続されたサージアブソーバは、サージを大地に放電するため、短時間ではあるが大きな対地漏えい電流を発生し、NVを不要動作させる場合がある(図3. 79)。

大部分のNVでは、絶縁不良等の事故による地絡電流とサージによる対地漏えい電流を判別するDPDCサージ判別回路を設け、サージアブソーバが対地間に設置された場合でも、不要動作防止性能の向上を実現している。

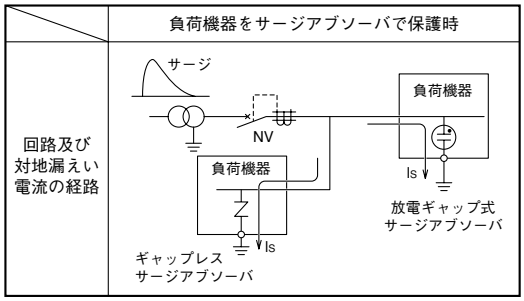


図 3. 79　サージアブソーバによる対地漏えい電流

3. 15. 2　不要動作のまとめ

以上NVの不要動作について述べたが、当社ではNVに起因する不要動作の対策には万全を期しているので一般の使用状態では問題は発生しない。不要動作のほとんどの原因は回路等に起因するものがほとんどであるので、配線工事、結線、NVの設置場所および感度電流の選定に十分配慮すればほとんどの不要動作は防ぐことができる。

電路の対地浮遊静電容量と定格感度電流の選定に関しては設計段階で慎重に検討されることが望まれる。

3. 16　定格遮断容量の選定

遮断器の「遮断（break）」とは、電流を切ることだが、通常は短絡電流のような大きい電流を切る意味に使用する。遮断器にとって、「定格遮断容量」の選定は基本的かつ重要な選定項目である。

3. 16. 1　必要な短絡遮断容量

(1) 全定格遮断方式

JIS規格には「定格遮断容量」として、Icu：定格限界短絡遮断容量、Ics：定格使用短絡遮断容量、のふたつの定格が規定されている。製品カタログの仕様表や製品の名板に表示された定格値を確認し、遮断器を設置する箇所を流れる事故電流（推定短絡電流）より大きい値の製品を選定しなければならない。通常は、Icu値を採用すれば短絡保護ができる。

Icu ≧ 推定短絡電流

主回路、分岐回路などに使用する時、それぞれの配線用遮断器はその施設箇所の推定短絡電流を遮断する能力をもつものを使用し、分岐の配線用遮断器が短絡電流などの大電流で動作した場合には、一般に主回路の配線用遮断器も動作する。このように、主回路と分岐回路の配線用遮断器間に、何ら、協調性を設けずに選定していく方式を全定格遮断方式という。

(2) 選択遮断方式

短絡事故が生じた場合、事故分岐回路の配線用遮断器のみが動作し、他の健全な回路には連続して給電を続ける方式である。

主回路の配線用遮断器に一般の配線用遮断器を使用すると、復帰可能時間（アンラッチングタイム）が非常に短く、分岐回路の配線用遮断器と主回路の配線用遮断器の両方とも瞬時引きはずし用の電磁石が動作してしまい、充分な選択遮断ができない。このため、選択遮断方式の主回路の配線用遮断器には復帰可能時間の長い短限時引きはずし特性を備えた電子式配線用遮断器を採用する。

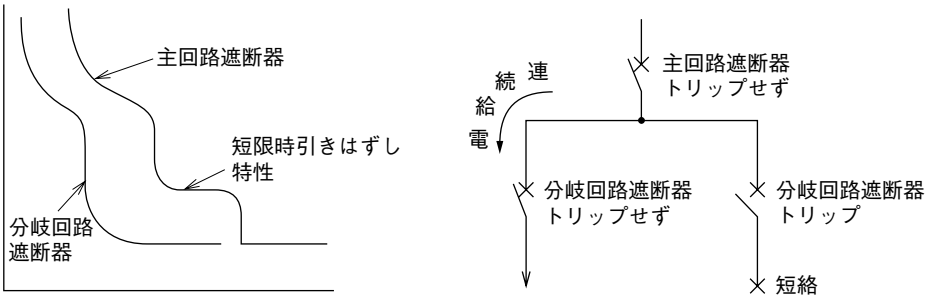


図 3. 80　選択遮断方式

(3) カスケード遮断方式

分岐回路における短絡電流を、主回路の配線用遮断器と分岐回路の配線用遮断器とが共同遮断を行い、分岐回路の配線用遮断器の定格遮断容量を上回る遮断能力とする方式である。

主回路の配線用遮断器がトリップするので健全な回路も停電となるが、分岐回路の配線用遮断器に経済的なものが使用できるという利点がある。

主回路の配線用遮断器に、限流性能のよいものを使用するほどカスケード遮断能力は大きくなる。

なお、カスケード遮断容量は実験値であり、メーカの発表する組合せ以外は使用できない点に注意する。

(2) 選択遮断方式、(3) カスケード遮断方式については、2. 5項の短絡遮断方式や、製品カタログに示す組合せ表から選定することができる。

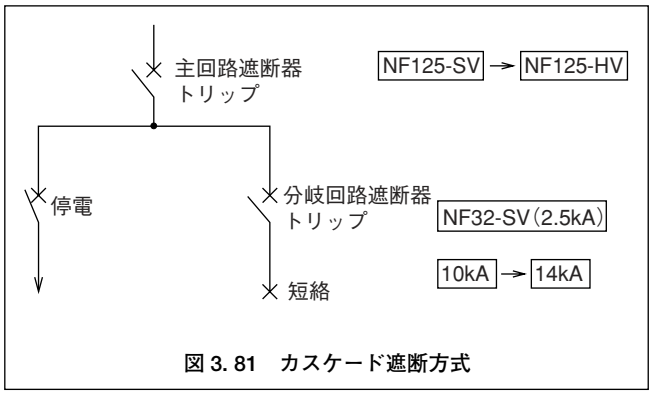


図 3. 81　カスケード遮断方式

3. 16. 2　電気技術規程JEAC8701

電気設備技術基準の解釈第37条に「過電流遮断器の施設」として設置の基準が規定されているが、低圧電路において「施設する箇所を通過する短絡電流」は次のように考えてよい。

－日本電気協会・電気技術規程JEAC8701による－

最大短絡電流の算出方法

(1) 主遮断器（変電室）

主配電盤の母線までの電路が絶縁電線・ケーブルまたは導体を絶縁したバスダクトにより施設される場合は、その末端における母線に短絡が起こったときの短絡電流による。

その電路が裸導体（バスダクトのときを含む）により施設される場合は、その主遮断器の負荷側端子において短絡が起こったときの短絡電流による。

(2) フィーダ用遮断器

分電盤に至るフィーダが絶縁電線・ケーブルまたは導体を絶縁したバスダクトにより施設される場合は、分電盤電源側端子において短絡が起こったときの短絡電流による。

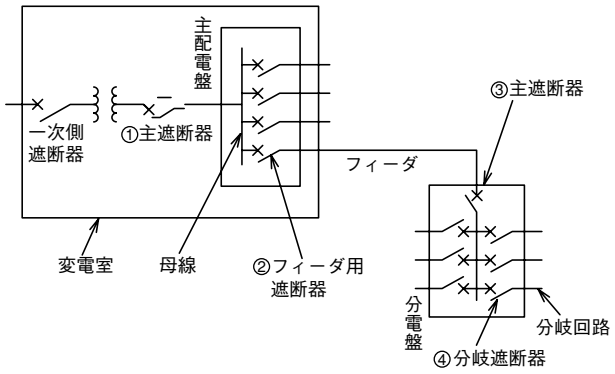
フィーダが裸導体（バスダクトの場合を含む）により施設される場合は、そのフィーダ用遮断器の負荷側端子において短絡が起こったときの短絡電流による。

(3) 主遮断器（分電盤）

その負荷側端子において短絡が起こったときの短絡電流による。

(4) 分岐遮断器

第1アウトレット（第1負荷点）において短絡が起こったときの短絡電流による。



300kVA以下の変圧器から供給される電路の最大短絡電流値（100V級および200V級の単相および三相の電路では、そのつど計算できないことが多いから、次のように考えてよい。）

種類	電路の区分		定格電流（A）	最大短絡電流（A）
Ⅰ	電気事業者の低圧配電線から供給される需要家の屋内電路		30以下のもの	1500　※
			30をこえるもの	2500
Ⅱ	Ⅰ以外のもので高圧または特別高圧の変圧器に結合する低圧電路により供給される低圧屋内電路	バンク容量100kVA以下の変圧器から供給される電路	30以下のもの	1500
			30をこえるもの	2500
		バンク容量100kVAをこえ300kVA以下の変圧器から供給される電路	30以下のもの	2500
			30をこえるもの	5000

（注）※：100V級2線式電路に使用するカットアウトスイッチ、カバー付ナイフスイッチおよび2極1素子の配線用遮断器については1000Aとすることができる。

3. 16. 3　電線との短絡協調

①熱的容量

電線に大電流が短時間（JISC0364-4-43では5S以下）流れた場合、発生した熱がすべて導体に蓄積されるものとすると、次の式が成り立つ。（導体が銅の場合）

$$\left(\frac{I}{S}\right)^2 \cdot t = 5.05\times10^4 \log_e \frac{234+T}{234+T_o}$$

I ：短絡電流実効値（A）

S ：電線の断面積（mm^2）

t ：短絡電流通過時間（s）

T ：短絡時の導体温度（℃）

To：短絡前の導体温度（℃）

上式の関係は図3. 82のようになる。

電線がその許容電流を通電している状態（To=60℃）で短絡が発生したとする。短絡時導体温度Tとして許容できる温度を150℃と考えると図3. 82より、

$I^2 \cdot t = 14000S^2$

となる。上式より計算される許容$I^2 \cdot t$を表3. 48に示す。

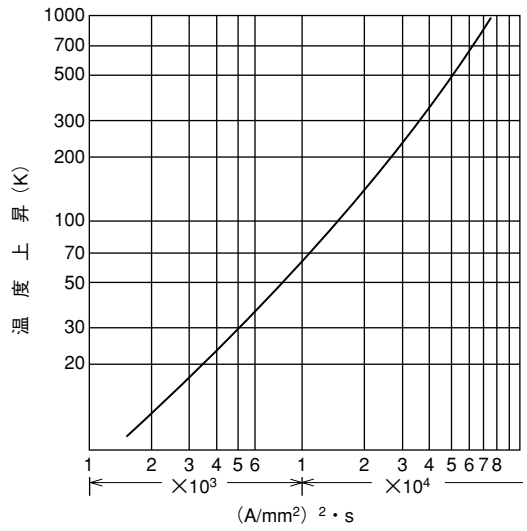


図 3. 82　短時間過電流による導体の温度上昇（銅）

表3. 48　短絡電流に対する電線の電流容量

S 電線太さmm^2 （　）内mm	許容　I^2t $A^2 \cdot s$	Is 許容I^2tから制限される許容短絡電流対称値 kA（Pf）	Fa 許容圧縮力 600V MPa	ia Faのときの許容瞬時電流 kA	Ia Faの力で結束したときの許容3相短絡電流対称値 kA（Pf）
（1.6φ）	0.056×10^6	2.34（0.9）	1.25	12.7	10.3（0.9）
3.5	0.172　〃	4.08（〃）	1.6	16.4	13.3（〃）
5.5	0.424　〃	6.24（0.8）	2	20.5	16.2（0.8）
8	0.896　〃	8.41（0.6）	2.4	24.6	17.8（0.6）
14	2.74　〃	14　（0.5）	3.02	31.3	21.3（0.5）
22	6.78　〃	15.2　（0.3）	3.63	37.9	22.1（0.3）
30	12.6　〃	20.7　（〃）	3.92	42.5	24.8（〃）
38	20.2　〃	26.2　（〃）	4.43	47.3	27.6（〃）
50	35　〃	34.5　（〃）	4.78	52.6	30.7（〃）
60	50.4　〃	41.4　（〃）	5.07	56.5	33　（〃）
80	89.6　〃	55.2　（〃）	5.73	63.1	36.9（〃）
100	140　〃	69　（〃）	6.13	68.7	40.1（〃）
125	219　〃	86.2　（〃）	6.78	76.5	44.7（〃）
150	315　〃	103　（〃）	7.17	83.1	48.5（〃）
200	560　〃	138　（〃）	7.98	91.7	53.5（〃）
250	875　〃	172　（〃）	8.54	101	59.2（〃）

注（1）許容$I^2 \cdot t$は発熱がすべて導体に蓄積されるものとし、導体許容最高温度を150℃と考え、60℃の状態からのホットスタートとして計算した。
（2）Faは絶縁体の厚さが60%に減ずるときの許容抗圧力を計算した。
（3）iaはFaに相当する吸引力が生ずる瞬時電流値であるが、普通の回路では異方向の電流になるのでFaに相当する反発力となる。
（4）Iaは三相回路でFaに相当する反発力または1/3Faに相当する吸引力を生ずるときの対称実効電流値を示す。
（5）Isは14mm^2以下に対しては半サイクル（10ms）22mm^2以上に対しては1サイクル（20ms）遮断と考えたとき、許容$I^2 \cdot t$から制限される許容短絡電流対称値である。

各種絶縁電線の許容温度　短絡時許容温度　　**（JCS：日本電線工業会規格）**

種　別	許容最高温度　℃			種　別	許容最高温度　℃		
	連続使用	短絡時	根　拠		連続使用	短絡時	根　拠
ブチルゴムケーブル	80	230	JCS 168	ビニルケーブル HIV	75	150	類推した。
ポリエチレンケーブル	75	140	JCS 168	天然ゴムケーブル	60	150	JCS 168
架橋ポリエチレンケーブル	90	230	JCS 168	エチレン、プロピレンケーブル	80	230	JCS 168
キャンブリックケーブル	80	200	JCS 168	硅素ゴムケーブル	180	300	JCS 168
ビニルケーブル IV	60	150	内線規程資料1-3-7	三菱ノンフレン、日立ポリフレックス	105～110	230	電線メーカ確認

次にNFBの限流効果がない場合の短絡電流による通過エネルギー(∫i²dt)を考えてみると、通過電流が最大になるような位相で短絡が生じたとすれば、∫i²dtは

力率0.5　　10ms遮断(50Hz)においては、

$$約\frac{Ie^2}{71}\ (A^2\cdot s)$$

力率0.3　　20ms遮断(50Hz)においては、

$$約\frac{Ie^2}{34}\ (A^2\cdot s)$$

となる。ここにIeは交流分実効値である。

14mm²以下の電線に対しては半サイクル遮断、その他の電線に対しては1サイクル遮断とした時の許容電流(Is)を同じく表3. 48に示す。

短絡時における電線の保護を考察する場合、電線の被覆を除いた部分、すなわち図3. 83のXBで短絡が生ずると考えてよい(JEAC8701)ので、実際に電線へ流れる短絡電流は、電線のインピーダンスによって減少した電流を考えればよい。(XAでは電線の保護は無関係となる。)

また、実際にはNFBの限流効果もあり、表3. 48に示すIsよりも大きな推定短絡電流の場所に電線を使用することができる。

すなわち、NFBの通過I²・tと通過最大電流とから、そのNFBで短絡の際に保護できる最小電線が定まる。それを表3. 49に示す。ただし、定格遮断容量を遮断する場合であるから、推定短絡電流の大きさによっては、これより細い電線を使用できる。

図 3. 83　電線保護と短絡点

表3. 49　定格遮断容量に等しい推定短絡電流の回路で保護される電線の最小サイズ

形　　名	定格電流(A)	AC 415V		AC 230V	
		定格遮断容量(Sym. kA)	最小サイズ(mm²)	定格遮断容量(Sym. kA)	最小サイズ(mm²)
NF32-SV	32	2.5	1.6φ	7.5	5.5
NF30-CS	30	1.5	1.6φ	2.5	1.6φ
NF63-SV	63	7.5	5.5	15	5.5
NF63-HV	63	10	8	25	8
NF50-HCW	3・5	42	1.6φ	85	2φ
	10	30	2φ		
NF63-HRV	30	30	5.5	85	5.5
	63		8		8
NF63-CV	63	2.5	1.6φ	7.5	3.5
NF125-SV	30	30	5.5	50	5.5
	125		14		8
NF125-SEV	30	36	8	85	5.5
	125		14		14
NF125-HV	30	50	5.5	100	5.5
	125		14		8
NF125-HEV	30	70	8	100	5.5
	125		14		8
NF125-CV	125	10	8	30	14
NF125-RV	125	150	8	150	5.5
NF125-UV	125	200	5.5	200	5.5
NF250-SV NF250-SEV	250	36	22	85	14
NF250-HV NF250-HEV	250	70	22	100	14
NF250-CV	250	25	14	36	14
NF250-RV	250	150	14	150	8
NF250-UV	250	200	8	200	8
NF400-SW NF400-SEW	400	50	38	85	38
NF400-CW	400	25	38	50	38
NF630-SW NF630-SEW	630	50	38	85	38
NF630-CW	630	35	38	50	38

②電磁機械的強度

平行電線に同方向の電流が流れるときは相互に吸引し、異方向のときは反発する。その力の大きさは次式で表わされる。

$$F = 2\times10^{-7}\cdot\frac{i^2}{D}$$

F：導体に働く力（N/cm）

D：導体間隔（cm）

ｉ：電流瞬時値（A）　2導体の電流か異なるときはその相乗平均

ただし、上式は平行導体の平行する部分の長さが間隔Dにくらべて長いとき（5倍以上のとき）に適用する。

絶縁電線が短絡時に互いに圧縮し合って絶縁破壊を起こさないように、絶縁体の圧縮強度や支持物の強度を検討しなければならない。

電線の有効抗圧面積を$20\sqrt{C(d-C)}$（mm^2/cm）とすると、電線の許容圧縮力Fa（MPa）は表3. 48のようになる。なお上式でCは絶縁体の厚さの40%（mm）、dは導体外径（mm）である。

短絡時の導体間隔Dを電線の外径から絶縁体の圧縮分を差引いたもの（cm）とし、

$$Fa = 2\times10^{-7}\cdot\frac{i^2 a}{D}$$

により許容瞬時短絡電流iaを計算すると表3. 48のようになる。

三相短絡の場合、各相の瞬時値の最大が同時に起こることはないから、許容瞬時電流は上記iaより大きくとることができる。

120°（$=\frac{2}{3}\pi$ rad）隔った正弦波電流の実効値をIとすると、同方向の瞬時値の積の最大値は、

$\frac{1}{4}(\sqrt{2}I)^2$ で異方向に対しては、$\frac{3}{4}(\sqrt{2}I)^2$ であるが、投入時の過渡直流分を考慮するとそれらはそれぞれ、

$$\frac{1}{4}(\sqrt{2}I)^2(1+e^{-\frac{\pi R}{X}})^2 \text{ および}$$

$$\frac{3}{4}(\sqrt{2}I)^2(1+e^{-\frac{\pi R}{X}})^2$$

となる。ここに$\frac{R}{X}$は回路の抵抗、リアクタンス比である。そして、これらが前記iaの2乗に等しくなるときのIaを求めると、同方向電流（吸引力）に対しては、

$$Ia = \frac{\sqrt{2}}{(1+e^{-\frac{\pi R}{X}})}\cdot ia$$

異方向電流（反発力）に対しては、

$$Ia = \frac{\sqrt{2}}{\sqrt{3}(1+e^{-\frac{\pi R}{X}})}\cdot ia$$

となる。表3. 48の許容瞬時電流iaを用いて、この許容短絡電流Iaを求めると表3. 48のとおりとなる。

一般に三相電路では上述のように吸引力よりも反発力のほうが大きいため反発力からの許容電流は小さくなる。そして一旦反発されて線間距離が広がると、吸引力、反発力ともに減少してあるつり合い点を見出すようになる。

以上述べたように、線間距離の狭い場合は上記反発力を考慮して電線相互を強固に支持することが必要であり、とくに接続部、端子などに無理な力が加わらないように考慮しなければならない。表3. 50に線間距離を10cm・20cmとしたときの電磁力を示す。

表3. 50　導体1mあたりに働く電磁力（三相短絡の場合）N

導体間隔　cm ／ 電流対称値　kA（Pf）	10	20
10　（0.4）	490	245
18　（0.3）	1860	930
25　（0.2）	4410	2205
35　（0.2）	8720	4360
42　（0.2）	12545	6270
50　（0.2）	17835	8920
65　（0.2）	30185	15090
85　（0.2）	51550	25775
100　（0.2）	71540	35770
125　（0.2）	111720	55860

3. 16. 4　盤の短絡性能（SCCR）

過電流遮断器に短絡遮断容量を定格付けすることは当然として、受配電盤や機械制御盤などの電気設備自体にも何らかの短絡性能が求められている。

(1) 受配電盤

受配電盤の規格である日本電機工業会規格JEM 1265「低圧金属閉鎖形スイッチギヤ及びコントロールギヤ」によると、遮断器などによって短絡電流から盤を保護する必要があり、そのために、盤を実機試験するか類似品の性能から推定することで、盤の短絡強度を定めることになっている。

JEM 1265
6.10.4 短絡保護及び短絡強度

6.10.4.1 通則
低圧スイッチギヤは，定格短時間電流による動的ストレス及び熱的ストレスに耐えなければならない。
　備考　限流装置 (インダクタンス，限流ヒューズ，そのほかの限流開閉機器) の使用によって，短絡電流を減じてもよい。
低圧スイッチギヤは，遮断器，ヒューズ及びそれらの組合せによって，短絡電流に対して保護しなければならない。
　備考　非接地システムへの使用を目的とした低圧スイッチギヤの場合，短絡保護機器は，多重地絡に対応したものを選定する必要がある。
発注時，使用者は，装置の短絡電流を指定しなければならない。
　備考　低圧スイッチギヤ内部でのアーク事故時，人員に対する保護はできる限り高いことが望ましい。適切な設計によって，そのようなアークを避けること，又はアーク時間を限定することが最も重要である。PTTA に関して，形式試験の実施が不可能な場合は，短絡強度 (表 16 参照) は，類似品の形式試験から推定することによって，証明してもよい。

6.10.4.2 短絡強度に関する情報
a）低圧スイッチギヤが，ただ一つの入力ユニットで構成されている場合，製造業者は次のような短絡強度を明示する。
　1）ユニット内に短絡保護装置を備えた低圧スイッチギヤの場合，ユニットで許容する最大の短絡電流値を示す。
　この値は定格値を超えてはならない（5.4 ～ 5.7 参照）。
　対応するピーク値は，表 6 に規定した値とする。
　短絡保護装置がヒューズ又は限流遮断器の場合，製造業者は短絡保護装置の特性（定格電流，遮断容量，引きはずし電流値，I^2t など）を明示する。
　遮断器が時延引きはずしを用いる場合，製造業者は短時間耐電流に対応した最大の時延時間及び電流整定値を明示する。

(2) 機械制御盤

JIS B 9960-1「機械類の安全性－機械の電気装置－第1 部：一般要求事項」には、表示事項の一つとして装置の短絡定格（例えば、短絡遮断容量）が要求されている。

JIS B 9960-1
16.4 装置のマーキング
装置（例えば，制御装置アセンブリ）には，装置の据え付け後にもはっきり見えるように，消えない方法によって，読めるようにマーキングしなければならない。エンクロージャの各入力電源引込み口の近傍に，次の内容を示す銘板を付けなければならない。
－ 供給者名または商標。
－ 必要な場合，認証済みの表示。
－ あれば，製造番号。
－ 各電源の定格電圧，相数および周波数（交流の場合），全負荷電流。
－ **装置の短絡定格**（例えば，短絡遮断容量）。
－ 基本文書番号（IEC 62023 参照）。
銘板に記載する全負荷電流は，通常の条件で同時に運転される可能性のあるすべての電動機およびその他の装置の負荷電流以上でなければならない。機械が用いる電動機制御器が 1 個だけの場合は，電動機制御器の情報を，よく見えるように取り付けた機械の銘板に記載してもよい。

(3) SCCR

前述のJIS B 9960-1 の「短絡定格」とは、このJIS 規格が整合している国際規格IEC 60204-1 の用語「Short Circuit Rating」からきている。IEC規格やJIS規格と同様に、米国でも制御盤の短絡性能が規定されているが、米国では「Short Circuit Current Rating」と規定し、これを一般にはSCCRと表現する。盤の短絡性能の具体的数値を求める場合、IEC規格やJIS規格ではその値をどのように決めるかが明確にされていないが、米国ではUL規格の方法によることが一般的になっている。すなわち、UL 508A SBに次の手順でSCCR値を決定することが規定されている。

(手順1) 個別部品のSCCR値の決定

動力回路の個々の要素のSCCR値は次のどれかの方法により求める。

①定格名板・取扱説明書などの表示値。

② UL 508A SB表SB4. 1の想定値。(表3. 51参照)

③負荷コントローラ、モータ過負荷リレー、コンビネーションモータコントローラの場合、UL508の基準故障電流や大故障電流での短絡試験を含む性能要求事項の通りに検証され、製造者のプロシジャに述べられている値。

④回路遮断器は定格遮断容量を使用する。

(手順2) 限流要素によるSCCR値の補正

a. トランス　次のどれかの場合、動力トランス二次側を対象外にすることができる。

①動力トランス二次側直下の短絡電流の計算値と比較して、二次側の全部品の短絡電流定格や遮断定格が大きい場合。インピーダンスは判明しているものを使用するか、インピーダンスを2.1%に仮定して計算する。

②UL 508A SBに規定する表の値と比較して、二次側の全部品の短絡電流定格や遮断定格が大きい場合。

定格が2kA以上の場合。

b. フィーダ回路に「current limiting」限流遮断器やクラスCC、G、J、L、RKI、RK5、Tヒューズがある分岐回路については、フィーダ側の機器の限流特性により分岐回路のSCCR が決まる。

(手順3) 盤全体のSCCR値の決定

基本的に動力回路の部品要素が対象である。制御回路は対象外であるが、制御トランスの一次側は動力回路となるので注意が必要である。

各部品要素のSCCR値の中で、最小のSCCR値が制御盤全体のSCCR値となる。

表 3. 51　定格表示のない部品について想定された最大短絡電流定格

部品	短絡電流定格 kA
ブスバー	10
遮断器（GFCI を含む）	5
電流計	a
電流シャント	10
ヒューズホルダー	10
工業用制御装置	
a. 補助機器（過負荷リレー）	5
b. スイッチ（水銀管以外）	5
c. 水銀管スイッチ	
定格 60A 超又は 250V 超のもの	5
定格 250V 以下又は 60A 以下で，かつ 2kVA 超のもの	3.5
定格 250V 以下で 2kVA 以下のもの	1
モータコントローラ（コンビネーションモータコントローラ、フロート及び圧力動作モータコントローラ、動力変換装置及びソリッドステートモータコントローラを含む）定格馬力 (kW)	
a. 0 – 50 (0 – 37.3)	5c
b. 51 – 200 (38 – 149)	10c
c. 201 – 400 (150 – 298)	18c
d. 401 – 600 (299 – 447)	30c
e. 601 – 900 (448 – 671)	42c
f. 901 – 1500 (672 – 1193)	85c
計器ソケットベース	10
ミニチュアヒューズ、その他ヒューズ	10b
漏電保護付コンセント	2
コンセント	10
サーキットプロテクタ	0.2
スイッチユニット	5
端子台	10
多点分岐パワーケーブル	5

a 変流器や電流シャントを介して接続する場合は短絡電流定格は要求しない。直接接続する電流計は短絡電流定格を表示していること。
b ミニチュアヒューズの使用は125V回路に制限される。
c 規定の定格出力範囲のモータコントローラの基準故障電流定格
d モータコントローラの最大定格馬力

3. 17　定格電圧の選定

3. 17. 1　遮断器の電圧定格の種類

IEC規格、JIS規格には「定格電圧」として、次の3つの定格が規定されている。

①定格絶縁電圧（Ui）：沿面距離の基準となる電圧値。

②定格使用電圧（Ue）：定格使用電流と組み合わせて機器の使用を決める電圧値。短絡遮断性能に大きく影響する因子。

③定格インパルス耐電圧（Uimp）：規定の条件下で故障なしに耐えるインパルス電圧のピーク値。空間距離の基準となる電圧値。

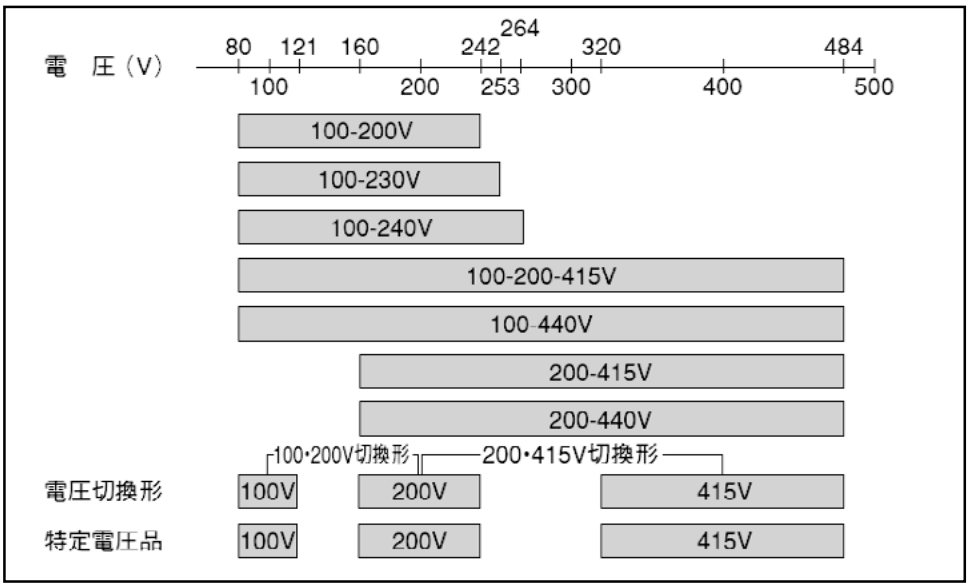
遮断器を実際に使用する際に必要なのは基本的に定格使用電圧である。

遮断器の定格電圧（定格使用電圧）の選定は、ノーヒューズ遮断器と漏電遮断器とでは異なる。

・ノーヒューズ遮断器では、大きい定格使用電圧はそれ以下の電圧を包含できる。ただし、電圧が低くなっても定格遮断容量が上がるとは限らない。

・漏電遮断器では、漏電引きはずし装置が電圧に依存しているため、表3. 52に示す漏電保護機能が動作可能な電圧変動範囲内の回路に適用する必要がある。

表3. 52　漏電保護機能の動作可能な電圧変動範囲



3. 17. 2　絶縁距離と定格電圧

沿面距離は、汚損度（Pollution Degree）と、定格絶縁電圧（Ui）により規定される。表3. 53に最小沿面距離を示す。

空間距離は、汚損度と定格インパルス電圧（Uimp）により規定される。表3. 54に空間距離を示す。

表3. 53　最小沿面距離

装置の定格絶縁電圧又はワーキング電圧交流実効値又は直流[b), c)]	長期間ストレスにさらす装置に対する沿面距離												
	プリント配線材料												
	汚損度												
	1	2	1	2			3				4		
	材料グループ												
	全て	IIIbを除く全て	全て	I	II	III	I	II	IIIa	IIIb	I	II	IIIa	IIIb
V	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm		mm	mm	mm	mm
10	0.025	0.04	0.08	0.4	0.4	0.4	1	1	1		1.6	1.6	1.6	
12.5	0.025	0.04	0.09	0.42	0.42	0.42	1.05	1.05	1.05		1.6	1.6	1.6	
16	0.025	0.04	0.1	0.45	0.45	0.45	1.1	1.1	1.1		1.6	1.6	1.6	
20	0.025	0.04	0.11	0.48	0.48	0.48	1.2	1.2	1.2		1.6	1.6	1.6	
25	0.025	0.04	0.125	0.5	0.5	0.5	1.25	1.25	1.25		1.7	1.7	1.7	
32	0.025	0.04	0.14	0.53	0.53	0.53	1.3	1.3	1.3		1.8	1.8	1.8	
40	0.025	0.04	0.16	0.56	0.8	1.1	1.4	1.6	1.8		1.9	2.4	3	
50	0.025	0.04	0.18	0.69	0.85	1.2	1.5	1.7	1.9		2	2.5	3.2	
63	0.04	0.063	0.2	0.63	0.9	1.25	1.6	1.8	2		2.1	2.6	3.4	
80	0.063	0.1	0.22	0.67	0.95	1.3	1.7	1.9	2.1		2.2	2.8	3.6	
100	0.1	0.16	0.25	0.71	1	1.4	1.8	2	2.2		2.4	3.0	3.8	
125	0.16	0.25	0.28	0.75	1.05	1.5	1.9	2.1	2.4		2.5	3.2	4	
160	0.25	0.4	0.32	0.8	1.1	1.6	2	2.2	2.5		3.2	4	5	
200	0.4	0.63	0.42	1	1.4	2	2.5	2.8	3.2		4	5	6.3	
250	0.56	1	0.56	1.25	1.8	2.5	3.2	3.6	4		5	6.3	8.0	
320	0.75	1.6	0.75	1.6	2.2	3.2	4	4.5	5		6.3	8.0	10	a)
400	1	2	1	2	2.8	4	5	5.6	6.3		8.0	10	12.5	
500	1.3	2.5	1.3	2.5	3.6	5	6.3	7.1	8.0		10	12.5	16	
630	1.8	3.2	1.8	3.2	4.5	6.3	8	9	10		12.5	16	20	
800	2.4	4	2.4	4	5.6	8	10	11	12.5	3)	16	20	25	
1000	3.2	5	3.2	5	7.1	10	12.5	14	16		20	25	32	
1250			4.2	6.3	9	12.5	16	18	20		25	32	40	
1600			5.6	8	11	16	20	22	25		32	40	50	
2000			7.5	10	14	20	25	28	32		40	50	63	
2500			10	12.5	18	25	32	36	40		50	63	80	
3200			12.5	16	22	32	40	45	50		63	80	100	
4000			16	20	28	40	50	56	63		80	100	125	
5000			20	25	36	50	63	71	80		100	125	160	
6300			25	32	45	63	80	90	100		125	160	200	
8000			32	40	56	80	100	110	125		160	200	250	
10000			40	50	71	100	125	140	160		200	250	320	

注 a) この領域での沿面距離値は確定されていない。一般には，材質IIIbの適用は630Vを超える汚損度3及び汚損度4では推奨しない。
b) 例外として，127，208，415/440，660/690及び830Vでは，各々より低い値の125，200，400，630及び800Vの沿面距離を用いる。
c) 250Vの沿面距離の値は公称電圧230V（±10%）に使用できる。

注記1 32V以下のワーキング電圧用の絶縁ではトラッキング又は浸食は発生しないことが認められる。ただし，電食の可能性は考慮しなければならず，このために最小沿面距離が指定される。
注記2 電圧値は，R10シリーズに従って選択する。

表3. 54　最小空間距離

定格インパルス耐電圧 *U*imp	最小距離 mm							
	ケースA 不均一電界（2.5.63参照）				ケースB 理想的均一電界（2.5.62参照）			
	汚損度				汚損度			
kV	1	2	3	4	1	2	3	4
0.33	0.01	0.2	0.8	1.6	0.01	0.2	0.8	1.6
0.5	0.04				0.04			
0.8	0.1				0.1			
1.5	0.5	0.5			0.3	0.3		
2.5	1.5	1.5	1.5		0.6	0.6		
4.0	3	3	3	3	1.2	1.2	1.2	
6.0	5.5	5.5	5.5	5.5	2	2	2	2
8.0	8	8	8	8	3	3	3	3
12	14	14	14	14	4.5	4.5	4.5	4.5

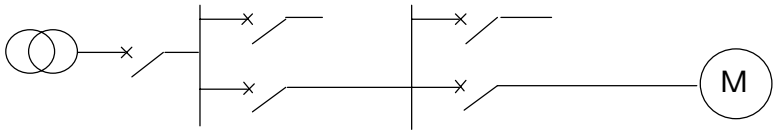
注記　最小空間距離の値は，インパルス電圧1.2/50μs，標高2000mでの通常の気圧に相当する80kPaの気圧に基づいている。

3. 17. 3　低圧回路における電圧協調

過電圧カテゴリーは過渡過電圧を定義するものであるが、低圧回路内の設備や機器間の絶縁協調に用いる概念である。過電圧カテゴリーと適用回路電圧とで機器の耐えるインパルス電圧の基準を決める。

表3. 55　低圧の絶縁協調と定格耐インパルス電圧（Uimp）IEC60664-1(JIS C 60664-1)

過電圧カテゴリー	過渡過電圧の影響を考慮した区分	設備や機器の例
Ⅰ種	過渡過電圧を適当な低レベルに制限するための処置が講じられている	保護された電子機器
Ⅱ種	固定設備からエネルギーが供給される	電気器具，携帯工具，家庭用電気製品
Ⅲ種	機器の信頼性や有効性が要求される固定設備内	固定設備中のスイッチ，固定設備に永久的に接続される産業用機器
Ⅳ種	低圧電気設備の引き込み口	電気計器，一次過電流保護装置



例	主幹（Ⅳ種）	分岐（Ⅲ種）	負荷（Ⅱ種）
380/660	8 kV	6 kV	4 kV
240/415	6 kV	4 kV	2.5kV
127/220	4 kV	2.5kV	1.5kV

3. 17. 4　特殊電圧への対応

(1) 直流DC特殊電圧用遮断器

直流電流は電流零点がないため交流より遮断がむずかしく、DC250Vを越える回路では、DC特殊電圧遮断器を使用する必要があります。

DC特殊電圧用遮断器は、標準の配線用遮断器の消弧装置と引きはずし素子をDC用に改良したものです。

なお、DC440Vまでは3極の配線用遮断器で、DC550V・DC600Vでは4極の配線用遮断器を、図3. 84に示す結線で使用します。

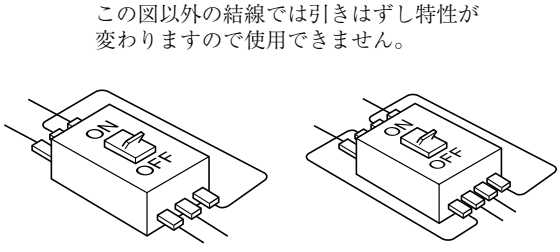


図 3. 84

(2) 特殊電圧漏電遮断器

NVは一般に最大440V電路まで使用できますが，これを超える電路電圧または，輸出物件等で特殊電圧が要求される場合に特殊電圧漏電遮断器をご使用ください。定格使用電圧AC380-550Vまでに対応しています。

(3) 直流高電圧対応 HDV、HDVAシリーズ

近年、太陽光発電は温室効果ガス排出量を削減できるなどの特長を有し、低炭素社会の成長産業として期待されています。東日本大震災での発電所の被災に伴う電力供給不足の発生により、分散型発電設備の重要性が認識され、各地でのメガソーラ発電プラント建設による、電力供給体制の充実化に向けた動きが加速しています。

さらに、データセンターにおいては、ICT装置の高性能化や高密度化、大量稼動に伴う高発熱化により、データセンターの消費電力量は今後ますます増加すると予想されており、変換回数削減(電力ロス削減)による高効率給電化を目的とした高電圧直流給電システム（HVDC）の本格普及が見込まれます。

太陽光モジュールで生成された直流電力が集約される接続箱・集電箱や、PCS内のDC開閉（遮断）特性を持つ開閉器（遮断器）を用意しています。

3. 17. 5　雷保護装置付住宅用分電盤用漏電遮断器の選定

内線規定1361節「雷保護装置」に、住宅用分電盤内に雷保護装置を施設する規定がある。図3. 85に示すように「雷保護装置」の電源側に使用する漏電遮断器には雷インパルス電流が流れるので、雷インパルス電流に対する性能を確認した漏電遮断器を使う必要がある。住宅用分電盤内に雷保護装置を附設する場合に使用できる漏電遮断器および雷インパルス電流の最大値を表3. 56に示す。

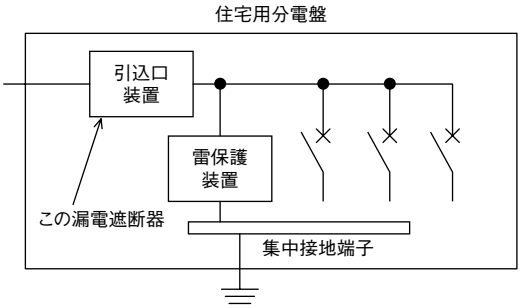


図 3. 85

表3. 56　雷保護装置の電源側に使用可能な漏電遮断器

形名	漏電遮断器の定格電流 A	定格感度電流 mA	動作時間	雷インパルス電流の最大値 (8/20μs)
NV30-CS	30	15, 30	0.1s	5kA
NV30-KC	30	(15), 30		
NV50-CSA	30, 40, 50	15※, 30		
NV50-KC	30, 40, 50	15, 30		
NV63-CV	30, 40, 50	15※, 30		
NV63-CV	60, 63	(15)※, 30		
NV100-KC	60, 75, 100	30		
NV125-CV	60, 75, 100, 125	(15), 30		
NV250-CV	125, 150, 175, 200, 225, 250	30		
NV50-NKC	30, 40, 50	30		
NV63-NCV	30, 40, 50	30		
NV60-NKC	60	30		
NV63-NCV	60, 63	30		
NV100-NKC	60, 75, 100	30		
NV125-NCV	60, 75, 100, 125	30		
NV250-NCV	125, 150, 175, 200, 225, 250	30		

注1. ※印の定格は3極品のみである。
2. 上表の値は、酸化亜鉛アレスタ等の雷保護装置を使用した続流がない条件のものである。

表3. 56の条件以上の雷インパルス電流値又は波尾長で使用した場合には、以下のような不具合が発生する。

〈雷インパルス電流に起因する漏電遮断器の主な不具合〉

(1) 漏電検出回路故障急峻で過大な電流により漏電検出回路が故障する場合がある。

(2) 接点の溶着

瞬時引きはずし領域を超える電流により、接点が瞬間的に浮き上がってアークが発生し、接点溶着が発生する場合がある。

(3) 漏電遮断器の不要動作

瞬時引きはずし領域を超える電流により、過電流引きはずしが不要動作する場合がある。漏電引きはずしについては、DPDCサージ判別回路を採用した高性能ICにより不要動作は発生しない。

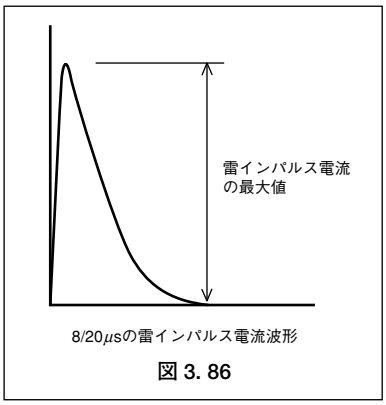


図 3. 86

3. 18　高圧側保護機器との協調

3. 18. 1　高圧ヒューズとの協調

(1) NFBと高圧ヒューズとの協調

高圧側の保護機器としてパワーヒューズ（以下PFという）が使用される場合は、二次側のNFBとは協調していなければならない。つまり、過負荷領域においては、NFBが必ず先に動作し、PFが動作しないことはもちろん、過負荷電流のくり返しによるヒューズエレメントの劣化があってはならない。

したがって、具体的には、図3. 88に示すようにPFの短時間許容特性曲線（不明な場合は、平均溶断特性曲線を電流軸で－20%したものを短時間許容特性とみなしてよい。）とNFBの動作特性曲線を重ね合せ（PFを二次側へまたはNFBを一次側へ換算する）両者が過負荷領域でクロスしないようにする必要がある。

実際に一度検討された方はもう経験されたかも知れないが、PFとNFBとの協調の取りにくい点は図3. 88に示す斜線部である。この場合、瞬時引きはずし電流値が可調整のものでは、⇦で示すとおり、その設定を下げれば協調をとることができる。ただし、NFBの瞬時引きはずし電流値は称呼値から誤差があるのでこの差をも考慮し、良好な協調関係に保ちうる具体的な組合せを表3. 57、表3. 58に示す。これらの表で、協調のとれる領域ととれない領域との境界に示す記号または数字は、前述の瞬時引きはずし電流の設定つまみを示し、この数字以下の設定つまみでは協調がとれる

ことを示す。数字の記入のないものはすべての設定つまみで協調がとれることを示す。

なおPFとNFBとの協調を考えるにあたって、図3. 88に示す非協調部分は、過負荷領域であり、この領域の電流は、NFB_1とNFB_2の間の電路での高インピーダンス短絡以外は、通常、NFB_2以降で発生するものである。

したがって、PFとの協調は、NFB_2との間で検討し、NFB_1との非協調は場合によっては許容するのも一方法であろう。

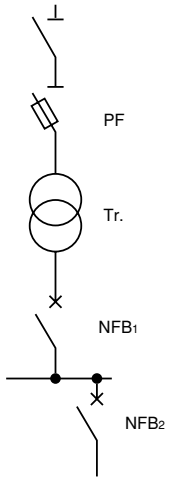


図 3. 87　PF と NFB の協調

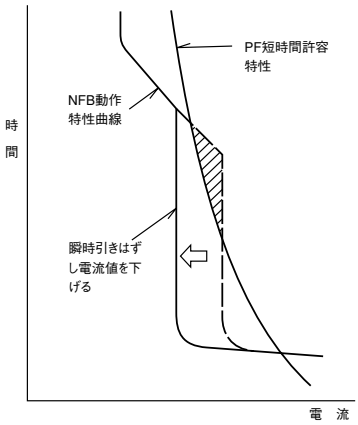


図 3. 88　可調整電磁形の利点

表3. 57　NFBと高圧ヒューズ（CL形）との協調

6.6kV/415V

NFBの定格電流(A) ＼ CLの定格電流(A)		ストライカ付								ストライカなし					
		5	10	20	30	40	50	60	75	75	100	150	200	300	400
NF32-SV	15														
	20														
	30														
NF63-CV NF63-SV NF63-HV	15														
	20														
	30														
	40														
	50														
	60														
NF125-CV	60			△											
NF125-SV	75			△	△					協調の得られる領域					
NF125-HV	100				△	△									
NF125-RV NF125-UV	60														
	75														
	100														
NF250-CV NF250-SV NF250-HV	125			▲	△	△									
	150				△	△									
	175				▲	△	△								
	200				▲	△	△	△							
	225				▲	▲	△	△	△						
NF250-RV NF250-UV	125														
	150														
	175														
	200														
	225														
NF400-SW	250														
	300														
	350														
	400														
NF400-CW	250					▲	△	△							
	300						▲	△	△						
	350						▲	△	△						
	400						▲	▲	△						
NF630-SW	500														
	600														
NF630-CW	500	協調の得られない領域													
	600														

表3. 58　NFBと高圧ヒューズ（CL形）との協調

6.6kV/210V

NFBの定格電流(A) ＼ CLの定格電流(A)		ストライカ付								ストライカなし					
		5	10	20	30	40	50	60	75	75	100	150	200	300	400
NF32-SV	15														
	20														
	30														
NF63-CV NF63-SV NF63-HV	15														
	20														
	30														
	40														
	50														
	60														
NF125-CV	60														
NF125-SV	75			△						協調の得られる領域					
NF125-HV	100			△											
NF125-RV NF125-UV	60														
	75														
	100														
NF250-CV NF250-SV NF250-HV	125			△											
	150			△											
	175			▲	△										
	200			▲	△										
	225			▲	△	△									
NF250-RV NF250-UV	125														
	150														
	175														
	200														
	225														
NF400-SW	250														
	300														
	350														
	400														
NF400-CW	250				▲										
	300				▲	△									
	350				▲	△									
	400				▲	▲	△								
NF630-SW	500														
	600	協調の得られない領域													
NF630-CW	500														
	600														

注（1）△：低インスト品（6倍）

▲：低インスト品（4倍）

（2）△、▲、低インスト品はNFBから接続される電動機などの負荷との協調を別に検討し始動時のミストリップを防止すること。

(2) 電子式NFBと高圧ヒューズとの協調

①電子式NFBの特性

電子式NFBは引きはずし特性をユーザにおいて設定することができる。これらの特性は、他の保護機器と特性上の協調がとりやすく協調用ブレーカとして適している。

(NF125-SEV・HEV、NF250-SEV・HEV、NF400-SEW・HEW・REW・UEW、NF630-SEW・HEW・REW、NF800-CEW・SEW・HEW・REW・UEW、NF1000-SEW、NF1250-SEW、NF1600-SEWは、長限時動作時間、短限時引きはずし電流、短限時動作時間、瞬時引きはずし電流が可調整となっているため、設定範囲がさらに広域となり、協調がとり易くなっている。)

②PFと電子式NFBの協調

高圧側のPFと低圧側の電子式NFBの協調を考慮するにあたって、PFの特性を6.6kV/415V、6.6kV/210Vの率にて低圧側に換算し、電子式NFBの動作特性との間の協調を調べた結果を表3. 59、表3. 60に示す。両者間の協調の考え方は、PFの短時間許容特性と電子式NFBの特性がクロスしないことを条件としている。協調をとりやすくするためにはPFの定格電流は大きいほど望ましいがPFの定格電流はつぎに述べる方法で選定されるので制限があるのはいうまでもない。

・負荷電流の1.5～2倍以上の定格電流とする。

・短絡時の変圧器保護のため変圧器定格電流の25倍の電流を2s以内に遮断すること。

・変圧器励磁突入電流で劣化・溶断がないように、短時間許容特性が変圧器定格電流の10倍、0.1sの点より上側にあること。

(単相巻鉄心の変圧器の場合は15倍、0.1sとすること。)

PFの協調例を図3. 90に示す。

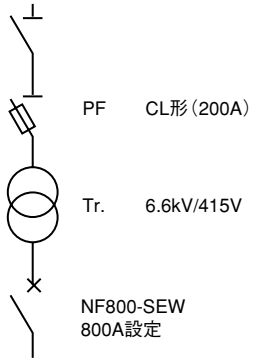


図 3. 89 PF と電子式 NFB の協調例

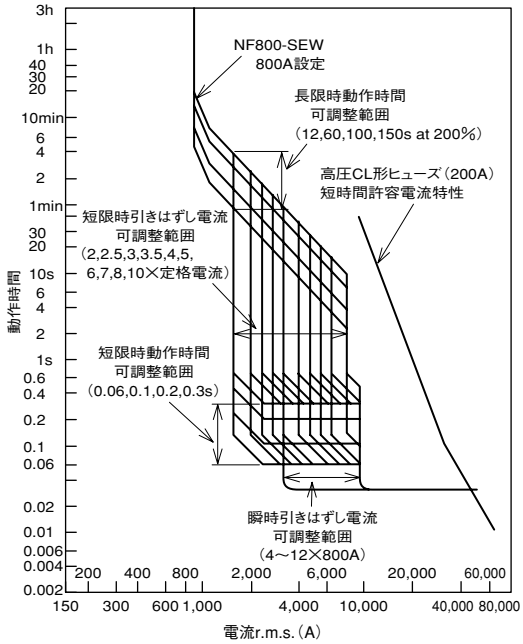


図 3. 90 PF と電子式 NFB の協調例

表3. 59　電子式NFBと高圧ヒューズ（CL形）との協調　6.6kV/415V

NFB形名 定格電流(A) ＼ CLの定格電流(A)		ストライカ付							ストライカなし					
		5	10	20	30	40	50	60	75	100	150	200	300	400
NF125-SEV NF125-HEV	50		○	○										
	60		○	○	○									
	75		○	○	○									
	100		○	○	○									
NF250-SEV NF250-HEV	125		○	○	○	○	○							
	150			○	○	○	○							
	175			○	○	○	○							
	200			○	○	○	○		協調の得られる領域					
	225			○	○	○	○							
NF400-SEW NF400-HEW NF400-REW NF400-UEW	200				○	○	○	○						
	225				○	○	○	○						
	250				○	○	○	○						
	300				○	○	○	○						
	350				○	○	○	○						
	400					○	○	○						
NF630-SEW NF630-HEW NF630-REW	300				○	○	○	○	○					
	350				○	○	○	○	○					
	400					○	○	○	○					
	500					○	○	○	○					
	600						○	○	○					
NF800-CEW NF800-SEW NF800-HEW NF800-REW NF800-UEW	400					○	○	○	○					
	500					○	○	○	○					
	600						○	○	○					
	700						○	○	○					
	800							○	○	○				
NF1000-SEW	500													
	600													
	700													
	800													
	1000													
NF1250-SEW	600													
	700													
	800													
	1000													
	1200													
NF1200-UR	600													
	700	協調の得られない領域												
	800													
	1000													
	1200													

表3. 59、表3. 60の欄内数字、記号は次の意味をもつ。

（1）○は長限時動作時間、短限時引きはずし電流、短限時動作時間、瞬時引きはずし電流の各特性を適切に設定する事により協調可能であることを示す。

（2）何も記入されていない欄は、ノッチの位置に関係なく協調が得られることを意味する。

表3. 60　電子式NFBと高圧ヒューズ（CL形）との協調　6.6kV/210V

NFB形名 定格電流(A) ＼ CLの定格電流(A)		ストライカ付							ストライカなし					
		5	10	20	30	40	50	60	75	100	150	200	300	400
NF125-SEV NF125-HEV	50	○	○											
	60	○	○											
	75	○	○											
	100		○											
NF250-SEV NF250-HEV	125		○	○	○									
	150		○	○	○									
	175		○	○	○									
	200		○	○	○			協調の得られる領域						
	225		○	○	○									
NF400-SEW NF400-HEW NF400-REW NF400-UEW	200			○	○	○	○							
	225			○	○	○	○							
	250			○	○	○	○							
	300			○	○	○	○							
	350			○	○	○	○							
	400			○	○	○	○							
NF630-SEW NF630-HEW NF630-REW	300			○	○	○	○	○						
	350			○	○	○	○	○						
	400			○	○	○	○	○						
	500				○	○	○	○						
	600				○	○	○	○						
NF800-CEW NF800-SEW NF800-HEW NF800-REW NF800-UEW	400				○	○	○	○						
	500				○	○	○	○						
	600				○	○	○	○						
	700				○	○	○	○						
	800				○	○	○	○						
NF1000-SEW	500													
	600													
	700													
	800													
	1000													
NF1250-SEW	600													
	700													
	800													
	1000													
	1200													
NF1200-UR	600													
	700													
	800	協調の得られない領域												
	1000													
	1200													

3. 18. 2　高圧側OCRとの協調

高圧側にOCRがある場合は、低圧側のNFBは当然そのOCRと協調関係になくてはならない。ここでは具体的に図3. 91に示す構成について検討してみる。

受電OCRの設定は、電力会社配変電所の送り出しOCRとの協調を考慮してそのCT比、タップ値およびダイヤル設定が決定されるが、同時に下記の条件も考慮する。

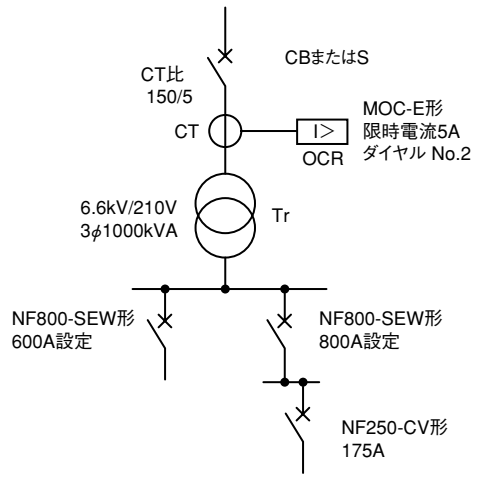


図 3. 91　電子式 NFB と高圧側 OCR との協調

(1) 瞬時引きはずし素子付の場合は、変圧器励磁突入電流で誤動作なきようその設定値は変圧器定格電流の10倍以上とする。

(2) 変圧器の短絡保護のため、定格電流の25倍の電流値で2s以下で動作すること。

具体的に図3. 91の協調関係の検討図を図3. 92に示す。図では低圧側へ換算して描いてある。具体的な選択協調組合せを表3. 61および表3. 62に示した。

①OCRの設定

定格一次電流は87.5AであるからCT比は150/5とし、限時ダイヤルは、配変電所の送り出しOCRとの関係で、通常、定限時部分で0.2s以下、瞬時要素付の場合は1s以下に設定される。ここでは三菱汎用継電器MOC-E形においてダイヤルNo.2の動作特性である。下位のNFBとの協調の検討は、慣性を含めて考える必要があるので、一点鎖線でそれを描いてある。瞬時引きはずし素子の設定は上記 (1) からここでは30Aに設定してある。

②電子式NFBの設定

NF800-SEW形の800Aおよび600A設定を考えてみる。NF800-SEW形の短限時引きはずし特性は次項に述べる理由からいずれも定格電流の5倍にダイヤル設定する。

③OCRと電子式NFBの協調

NF800-SEWの短限時引きはずし電流値は、定格電流の2倍～10倍であり、10倍に設定すると600A設定は6000A、800A設定は8000Aとなる。

つまり、10倍に設定するとNF800-SEWの短限時引きはずしのピックアップ値がOCRのピックアップ値4710A (二次換算) より大きくなるので、4710A以下になるようにいずれも5倍に設定すれば良好な関係になる。

OCRに瞬時引きはずし素子がありその設定値が30A (二次換算28.3kA) であるからOCRとNF800-SEWの選択遮断領域はこの電流値までとなる。

④電子式NFBと下位NFBとの協調

下位NFBとして、250Aフレームがあると想定する。機種はNF250-CV形 (175A) とし、その動作特性の最大および最小を描くと図3. 92のようになる。

最大動作特性曲線がNF800-SEWの動作特性曲線に対してクロスすることなく良好な選択遮断関係にあることが理解できる。

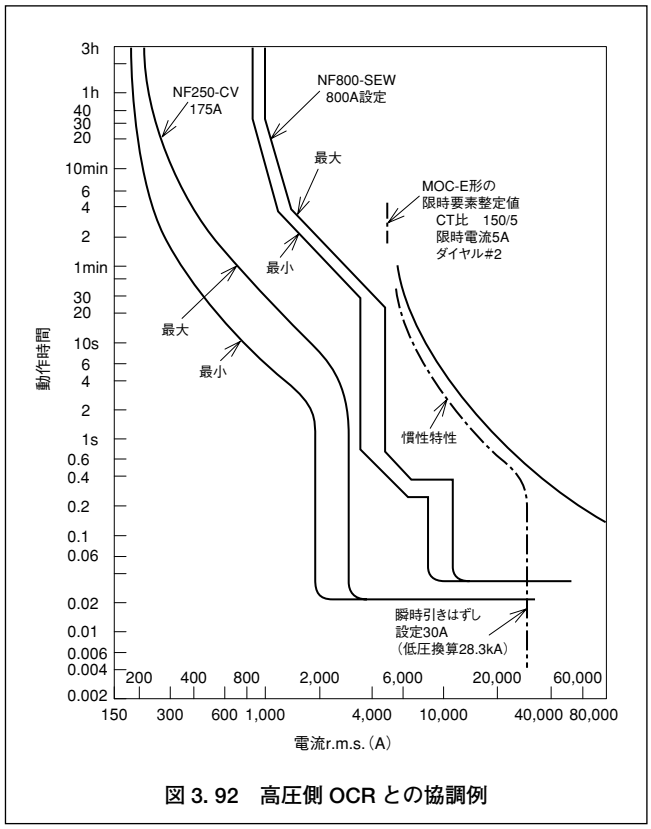


図 3. 92　高圧側 OCR との協調例

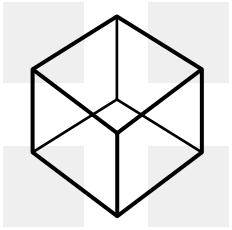
表3. 61　電子式NFBと高圧OCR（MOC-E形）との協調
6.6kV/415V

NFB形名	定格電流(A)	Tr容量3φ(kVA)	300	500	750	1000	1500	2000
		電流(A)一次/二次	26.2/394	43.7/656	65.6/984	87.5/1312	131.2/1968	175.0/2624
		CT比	50/5	75/5	100/5	150/5	200/5	250/5
		限時電流	4	5	5	5	5	5
NF125-SEV NF125-HEV	50							
	60							
	75							
	100							
NF250-SEV NF250-HEV	125	○						
	150	○	○					
	175	○	○	協調の得られる領域				
	200	○	○	○				
	225	○	○	○				
NF400-SEW NF400-HEW NF400-REW NF400-UEW	200	○	○	○				
	225	○	○	○				
	250	○	○	○				
	300		○	○	○			
	350		○	○	○	○		
	400		○	○	○	○		
NF630-SEW NF630-HEW NF630-REW	300		○	○	○			
	350		○	○	○	○		
	400		○	○	○	○		
	500		○	○	○	○	○	
	600			○	○	○	○	
NF800-CEW NF800-SEW NF800-HEW NF800-REW NF800-UEW	400		○	○	○	○		
	500		○	○	○	○	○	
	600			○	○	○	○	
	700			○	○	○	○	
	800				○	○	○	
NF1000-SEW	500							
	600							
	700							
	800							
	1000							○
NF1250-SEW	600							
	700							
	800	協調の得られない領域						
	1000							
	1200							
NF1200-UR	600					○		
	700							
	800	協調の得られない領域					○	
	1000							
	1200							

表3. 62　電子式NFBと高圧OCR（MOC-E形）との協調
6.6kV/210V

NFB形名	定格電流(A)	Tr容量3φ(kVA)	300	500	750	1000	1500	2000
		電流(A)一次/二次	26.2/787	43.7/1312	65.6/1968	87.5/2624	131.2/3937	175.0/5429
		CT比	50/5	75/5	100/5	150/5	200/5	250/5
		限時電流	4	5	5	5	5	5
NF125-SEV NF125-HEV	50							
	60							
	75							
	100							
NF250-SEV NF250-HEV	125							
	150							
	175	○		協調の得られる領域				
	200	○						
	225	○						
NF400-SEW NF400-HEW NF400-REW NF400-UEW	200	○						
	225	○						
	250	○						
	300	○	○					
	350	○	○	○				
	400	○	○	○				
NF630-SEW NF630-HEW NF630-REW	300	○	○					
	350	○	○	○				
	400	○	○	○				
	500	○	○	○				
	600		○	○	○			
NF800-CEW NF800-SEW NF800-HEW NF800-REW NF800-UEW	400	○	○	○				
	500	○	○	○				
	600		○	○	○			
	700		○	○	○	○		
	800		○	○	○	○		
NF1000-SEW	500							
	600							
	700							
	800							
	1000							
NF1250-SEW	600							
	700							
	800							
	1000							
	1200							
NF1200-UR	600		○					
	700							
	800			○				
	1000	協調の得られない領域						
	1200				○			

注）OCRのダイヤルはNo2に設定
表3. 61、表3. 62の欄内数字、記号は次の意味をもつ。
（1）○は長限時動作時間、短限時引きはずし電流、短限時動作時間、瞬時引きはずし電流の各特性を適切に設定する事により協調可能であることを示す。
（2）何も記入されていない欄は、設定つまみの位置に関係なく協調が得られることを意味する。



4. 付属装置

4 付属装置

遮断器は目的に応じたオプションの付属装置を取付ける事で、遮断器の機能が拡張でき、より使い易くなる。
付属装置は、内部付属装置と外部付属装置に分けることができる。

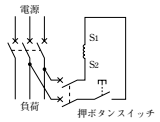
4. 1　内部付属装置

遮断器の内部に取付ける事によって、遮断器の状態を電気的に表示することや電気的にトリップすること等が可能な次のものがある。内部付属装置はリード線引き出し式（リード線の長さ450mm）を標準とする。（UVT・TBMおよびEALの一部の機種は縦形リード線端子台が標準。）

また一部の機種を除いてカセット式となっており、付属装置の変更や追加などが容易となっている。遮断器を並べて取付ける場合は、リード線配線スペースが必要である。原則として8mm以上あける。（リード線負荷側引き出し機種および遮断器側面にリード線引き回し用の溝を設けている機種では、密着取付けが可能）。

SHT 電圧引きはずし装置（Shunt trip）

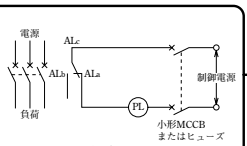
遮断器を遠方から電気的にトリップさせる装置です。許容操作電圧範囲は，定格電圧の70～110%です。
（JIS C 8201-2-1 Ann.1, Ann.2）



接続図

AL 警報スイッチ（Alarm switch）

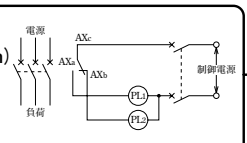
遮断器のトリップ状態を電気的に表示するスイッチです。



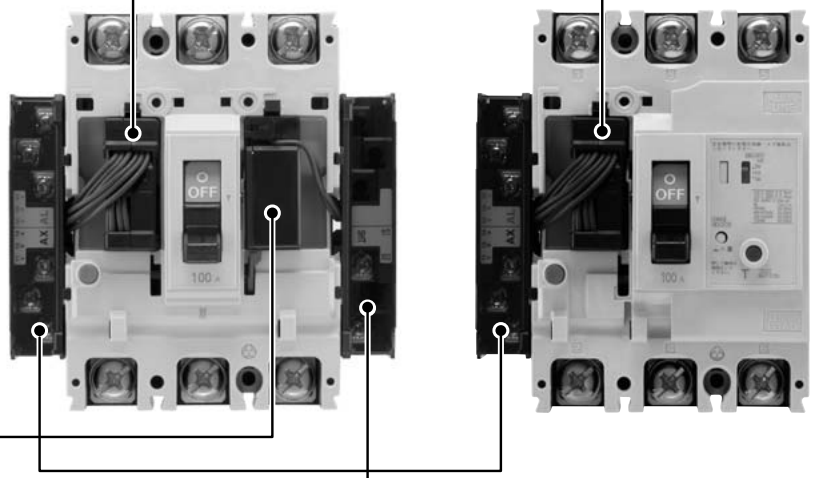
接続図

AX 補助スイッチ（Auxiliary switch）

遮断器のON·OFF状態を電気的に表示するスイッチです。

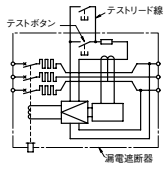


接続図



TBL テストリード線

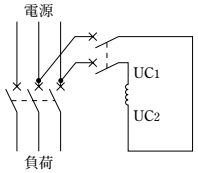
テストボタンを押す代わりに遠方からテスト動作を行う場合に使用します。
この場合リード線には電圧を印加しないでください。
また，テスト回路スイッチは名板に表示している電圧・電流が支障なく開閉できるものをご使用ください。
電圧・電流値は機種によって異なりますので詳細はお問合せください。
（複数のTBLの並列接続は行わないでください。TBLの配線長は10m以内としてください。）



TBL内部接続図側

UVT 不足電圧引きはずし装置（Under voltage trip）

電圧が低下した場合遮断器を自動的にトリップさせる装置です。動作電圧はUVT定格電圧の70～35%です。
（JIS C 8201-2-1 Ann.1）
電圧が少なくとも85%以上に回復すると手動でリセットした後，ONにできます。



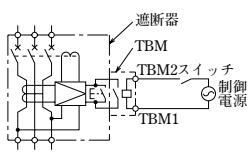
接続図

LT, SLT リード線端子台

内部付属装置との結線用端子です。ご指定により製作します。（付属装置の取付個数および機種によりLT・SLTの寸法は若干異なります。）
ただし400Aフレーム以上の電気操作装置付は標準でLT付またはSLT付となります。

TBM テストボタンモジュール

電圧を印加して遠方からテスト動作を行う装置です。
TBM同志の並列接続も行えます。（標準でSLT付となります。埋込形の場合は外形寸法が一部標準と異なります。）



TBM回路図

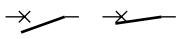
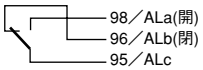
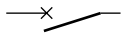
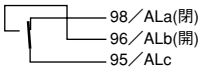
表4.1　内部付属装置の種類と記号

付属装置名	名　板（サンプル）	付属装置名	名　板（サンプル）
AL　警報スイッチ		UVT　不足電圧引きはずし装置	
AX　補助スイッチ		TBL　テストリード線	
SHT　電圧引きはずし装置		TBM　テストボタンモジュール	

4.1.1　警報スイッチ

警報スイッチ（Alarm switch 略号AL）は、遮断器の左極・右極または左右極の内部に取り付けて遮断器のトリップ状態を電気的に表示するスイッチである。ALスイッチの動作については、表4.2に示す。

表4.2　スイッチの動作

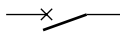
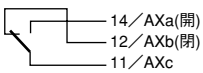
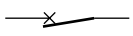
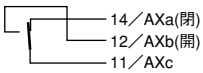
遮断器の状態	ALスイッチの接触状態
 OFFまたはON	 98／ALa(開) 96／ALb(閉) 95／ALc
 トリップ	 98／ALa(閉) 96／ALb(閉) 95／ALc

※端子番号98/ALa, 96/ALb, 95/ALcは取付数・取付極により異なります。

4.1.2　補助スイッチ

補助スイッチ（Auxiliary switch 略号AX）は、遮断器の左極または右極の内部に取り付けて遮断器のON、OFF状態を電気的に表示するスイッチである。AXスイッチの動作については、表4.3に示す。

表4.3　AXスイッチの動作

遮断器の状態	AXスイッチの接触状態
 OFFまたはトリップ	 14／AXa(開) 12／AXb(閉) 11／AXc
 ON	 14／AXa(閉) 12／AXb(閉) 11／AXc

※端子番号14/AXa, 12/AXb, 11/AXcは取付数・取付極により異なります。

表4.4　AL, AXスイッチ定格

遮断器のAフレーム	使用スイッチ	AC 電圧 V	AC 電流 A 抵抗負荷	AC 電流 A 誘導負荷	DC 電圧 V	DC 電流 A 抵抗負荷	DC 電流 A 誘導負荷
30, 50AF	A	(250)	(1)	(0.5)	(50)	(1)	(0.5)
		125	3	(1)	30	(2)	(1)
30～800AF	S	460	—	—	250	0.2	0.2
		250	3	2	125	0.4	0.4
		125	5	3	30	4	3
1000～1600AF	V	460	5	2	250	0.3	0.3
		250	10	10	125	0.6	0.6
		125	10	10	30	10	6

備考（1）（　）内の定格はUL対象外となります。

（1）警報スイッチ、補助スイッチの耐電圧試験電圧、絶縁抵抗測定個所（例：AL　SLT付）

印加時間　1分間　　（単位 V）

補助回路又は制御回路	
操作回路の定格絶縁電圧	試験電圧 （交流分実効値）
60<Uis≦690	2Uis+1000 （最小1500）

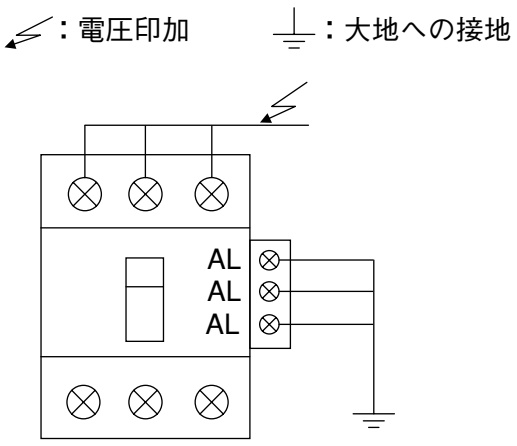


図4.1　主回路充電部-補助回路充電部間

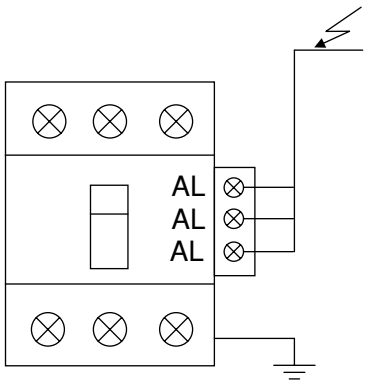


図4.2　補助回路充電部ー大地間

4.1.3　電圧引きはずし装置

電圧引きはずし装置（Shunt trip、記号SHT）は、配線用遮断器を遠方から電気的にトリップさせる装置である。許容操作電圧範囲は、JIS C 8201-2-1付属書1では定格電圧の70～110%、付属書2ではAC85～110%、DC75～110%である。

(1) 一部の機種（例：連続印加可能なNF100-SRU、NF100-HRU）を除き現行機種のSHTは、標準で焼損防止スイッチ付となっており外部スイッチをONしたままでもコイルの焼損は無い。遮断器がトリップ動作した後、焼損防止スイッチがSHTの回路をOFFする。図4.3を参照。

(2) トリップした遮断器をリセット後に投入する場合は、必ずSHTの操作用の外部スイッチはOFFにする。
ONにしたままで遮断器を投入操作すると、投入動作の途中でSHT焼損防止スイッチが切り換わり、投入できない、または投入後即トリップとなる。

(3) SHTの開閉回数は、遮断器開閉回数の10%である。

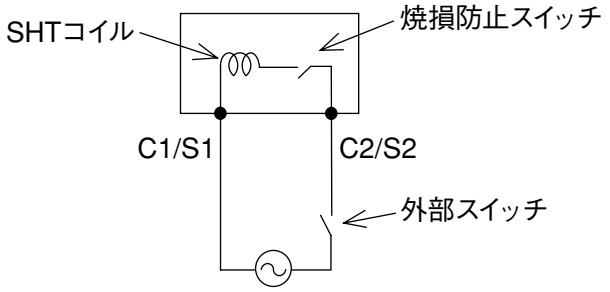


図4.3　SHT　内部回路

①配線例

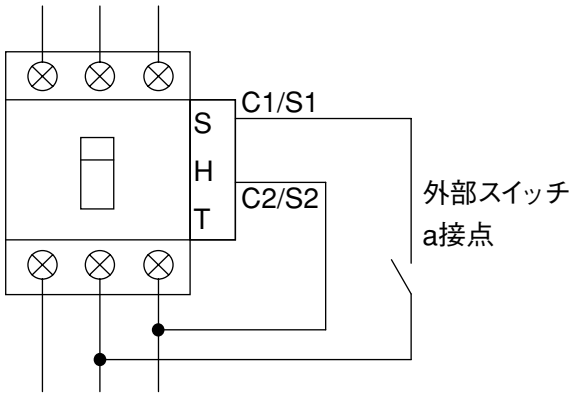


図4.4　負荷側から電源を供給する場合

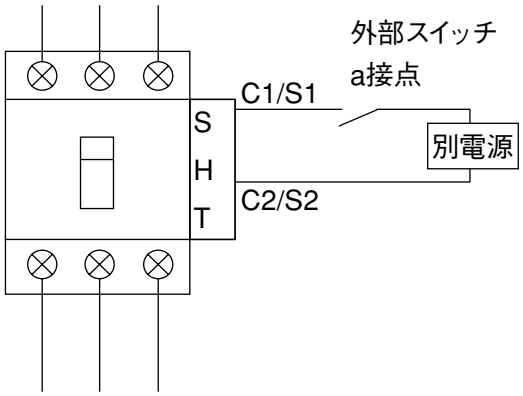


図4.5　別電源から電源を供給する場合

②非常用停止について

SHTは、JIS B 9960-1 9.2.5.4.2：1995年版（IEC 60204-1）に適合している。

下記、JISの抜粋をご参照。

SHTの停止カテゴリは「1」で、動作させるためのスイッチは「a接点」である。

例として、3項（配線例）の外部スイッチが非常停止スイッチとなる。

装置の安全に関するレベルは様々であるが、SHTが有するカテゴリは上記の通りである。

装置で必要なレベル（カテゴリ）をJIS B 9705-1にてご確認する。

尚、カテゴリ「0」を要望される場合は、UVT（不足電圧引きはずし装置）を使用する。

JIS B 9960-1 9.2.2 停止機能

停止には、次の三つのカテゴリーがある。

— カテゴリー0：機械アクチュエータの電源を直接遮断することによる停止（すなわち、非制御停止―3.56参照）

— カテゴリー1：機械アクチュエータが停止するために電力を供給し、その後停止した時に電源を遮断する制御停止（3.11参照）

— カテゴリー2：機械アクチュエータに電力を供給したままにする制御停止。

JIS B 9960-1 9.2.5.4.2 非常停止

非常停止機能には、停止に対する要求事項（9.2.5.3参照）に加えて、次の要求事項がある。

— すべてのモードにおいて、他の機能及び操作より優先しなければならない。

— 危険な状態を引き起こし得る機械アクチュエータの駆動源を、他の危険を発生させることなく、できるだけ早く除去しなければならない。（例えば、外部駆動源を必要としない機械的な停止機能を備える。又はカテゴリー1の停止において逆相制動を用いる。）

— リセットによって、再始動してはならない。

非常停止は、カテゴリー0又はカテゴリー1の停止として機能しなければならない（9.2.2参照）非停止のカテゴリーの選択は、機械のリスクアセスメントによって決定しなければならない。

非常停止機能にカテゴリー0の停止を使用する場合は、ハードワイヤによる電気機械部品だけで構成しなければならない。また、その操作を、電子論理（ハードウェアまたはソフトウェア）によって、又は通信ネットワーク若しくはリンクを経由する指令の伝送によって行ってはならない。

非常停止機能にカテゴリー1の停止を使用する場合は、機械アクチュエータの駆動の最終的な除去は、電気機械部品によって確実に行わなければならならない。

4.1.4 不足電圧引きはずし装置

不足電圧引きはずし装置（Under voltage trip,略称UVT）は、電圧が低下した場合に配線用遮断器を自動的にトリップさせる装置です。動作電圧はJIS規格8201-2-1でUVT定格電圧の70～35%（附属書1）、70～20%（附属書2）に低下した場合、遮断器をトリップさせる装置である。また定格電圧の85%以上に電圧が回復すると遮断器をリセット後、ONすることができる。

仕様は、遮断器のとってがOFFまたはリセット状態にある場合UVTのコイルが無励磁であってもトリップしないリセット可能形と、UVTコイルが無励磁では遮断器をトリップ状態からリセット操作してもOFF状態にすることが不可となるリセット防止形がある。

(1) 配線例

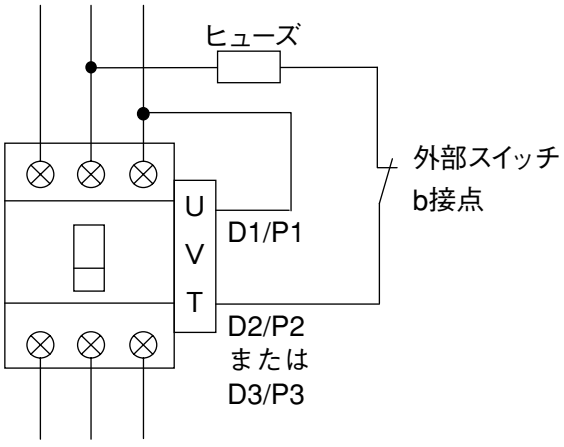


図4.6 電源側から電源を供給する場合
（負荷側から電源を供給することはできません。）

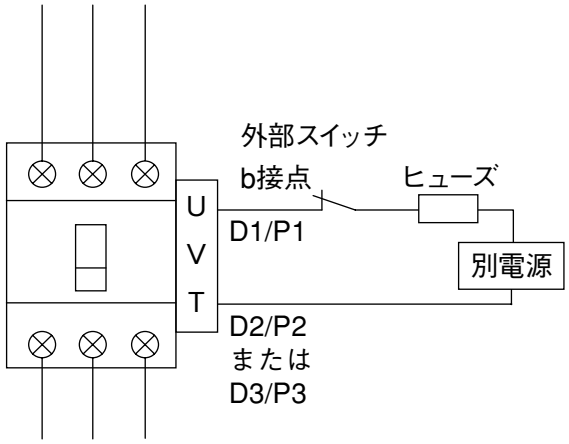


図4.7 別電源から電源を供給する場合

(2) ヒューズの選定

UVTに使用するヒューズの定格電流を選定する時は、負荷電流に余裕を持たせる。

ヒューズの連続通電電流は、過渡突入電流で、溶断することは好ましくないので余裕をとりヒューズ定格電流の80%以下とする。

ヒューズの選定：（VA/電圧）×1.25倍＝定格電流以上のヒューズを選定する。

(3) 非常停止

UVTは、SHTと同様にJIS B 9960-1 9.2.5.4.2：1995年版（IEC 60204-1）に適合している。

UVTの停止カテゴリは「0」で、動作させるためのスイッチは「b接点」である。

例として、前記配線例の外部スイッチが非常停止スイッチとなる。

装置の安全に関するレベルは様々であるが、UVTが有するカテゴリは上記の通りである。
製作する装置で必須レベル（カテゴリ）をJIS B 9705-1にて確認する必要がある。
尚、カテゴリ「1」が必要な場合は、SHT（電圧引きはずし装置）を使用する

4.1.5 リード線端子台

内部付属装置は、長さ450mmのリード線で配線用遮断器の外部に信号が出せるようになっているが、構造によっては、リード線の長さが不足して、制御部との中間に中継端子を設けなければならない場合がある。リード端子台はこの中継端子の変わりに配線用遮断器の側面に取り付けられた端子台で、接続用のリード線を配線用遮断器の
横方向に引き出す横形（略称LT）と、縦方向に引出す縦形（略称SLT）とがある。

4.1.6 TBL（テストボタンリード線）

漏電遮断器及び、単3中性線欠相保護付漏電遮断器のテストボタンを押す代わりに遠方からテスト動作を行う場合に使用する。テスト回路は微少負荷ですので、名板に記載している電圧・電流が支障なく開閉できるスイッチを使用のこと。表4.5を参照

表4.5

漏電遮断器	TBL出力
NV30-CS	100V　35～62mA
NV32-SV～NV250-SV	DC5V　1mA
NV400-CW～NF800-SEW	AC100～440V　30～330mA
NV1000-SB, NV1200-SB	200V　20～150mA 415V　40～310mA

注意事項

(1) TBLのリード線は電子回路の使用電圧（415V）がそのまま出ている機種があるので、使用しない場合は必ず端末の絶縁処理をすること。
(2) テスト動作による開閉回数は、合計開閉回数（通電＋無通電）の10%である。
(3) テストリード線の長さは10m以内のこと。
(4) 時延形の場合は、スイッチを2秒以上操作のこと。
(5) TBLの使用目的は共に遠隔で漏電動作テストが確認できる装置である。目的外の使用をすることは控えること。遠隔で遮断器を動作させたい場合は、SHT（電圧引き外し装置）またはUVT（付属電圧引き外し装置）を使用する。

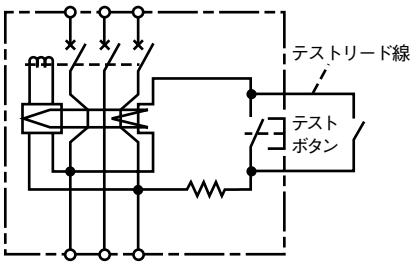


図4.8 TBL 内部回路図

禁止事項

(1) テストリード線に電圧を印加しない。
(2) 複数のTBLを並列接続しない。

4.1.7 TBM（テストボタンモジュール）

TBLと同様に遠隔操作にて漏電遮断器の漏電テストが可能であるが、操作するには外部からの制御電源が必要である。制御電源については表4.6を参照。
TBLと比較すると、(1) 主回路とは絶縁された電圧印加式としており､NFのSHTと制御シーケンスが共用できる。(2) TBLとは異なり、TBM同士の並列接続が行える。

注意事項

(1) 使用する際は、遮断器の左右極に電圧を印加する。
(2) 操作する場合は2秒以上電圧を印加する。
(3) テスト回数は1000回。
(4) リード線の長さは100m以内のこと

表4.6

形　　名	NV32-SVF NV63-CVF/SVF NV32-SV NV63-CV/SV/HV NV125-CVF/SVF/CV/SV/HV NV125-SEV/HEV NV250-CV/SV/HV/SEV/HEV NV250-SEVM/HEVM NV63-NCV～NV250-NCV NF63-NCV～NF250-NCV NV50-SVFU NV100-CVFU NV125-SVU/HVU NV250-SVU/HVU	NV400-CW/SW NV630-CW/SW NV400-SEW～NV800-SEW NV400-HEW～NV800-HEW NV400-REW NV400-NCW NF400-NCW NV225-CWU
制御入力 定格電圧　V	AC100-240/DC100-240共用 (DC24)（注1）	
制御入力　VA	1.5VA以下	1VA以下
参照図	図1	図2

注　(1) ご指定のない場合，AC100-240/DC100-240Vで製作します。DC24Vの場合にはご指定ください。
備考 (1) TBM1・2に接続するリード線の長さは100m以下としてください。

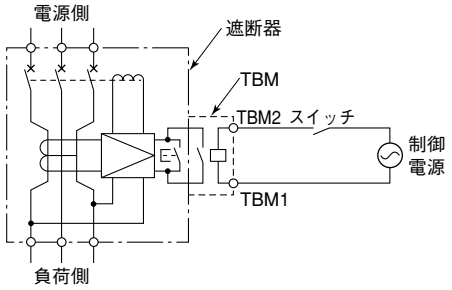


図4. 9　TBM接続図

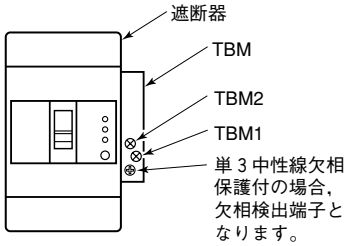


図4. 10　各部名称

4. 1. 8　ECA/SHT（漏電アラーム遮断器専用）

ECA/SHTユニットは、漏電アラーム出力（ECA）端子と電圧引きはずし（SHT）端子が付属しており、漏電アラーム出力や電圧引きはずし各々単独でも使用することができる。図4. 13の接続をする事により地絡遮断をすることができるが、漏電遮断器としては使用不可である。

ただし、電気設備技術基準の「地気を生じたとき自動的に電路を遮断する装置」に該当するので電気設備技術基準で地絡遮断装置が必要な場所に施設することは可能である。

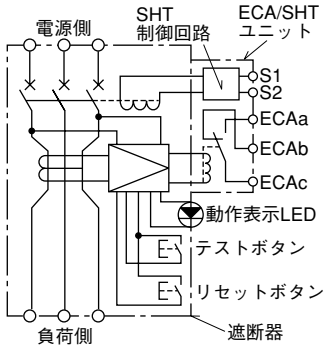


図4. 11　内部接続図

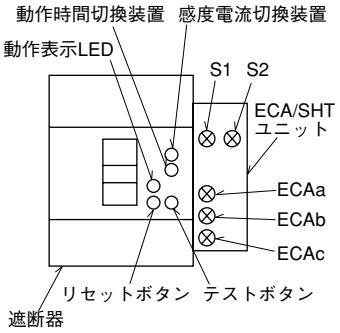


図4. 12　各部名称

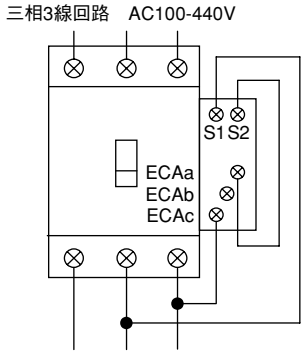


図4. 13　制御電源を主回路から取り込んだ接続例

4.1.9 漏電アラームトリップユニット ATU（漏電アラーム遮断器専用）

外部スイッチを接続することにより、漏電や地絡事故時に漏電アラーム（ECA）のみ出力する「アラームモード」と遮断器を漏電引きはずし（トリップ）させる「トリップモード」に切り換えることが可能である。

またATUには、外部テスト端子（TST）と外部リセット端子（RST）が標準で装備されているので、遠隔でテスト動作やアラームの停止（リセット）も行うことが可能である。

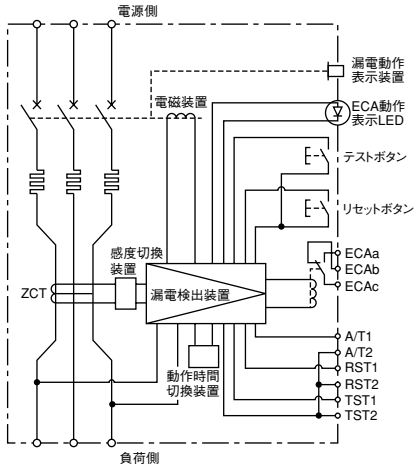
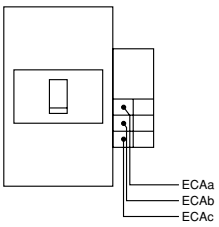


図4.14 内部接続図

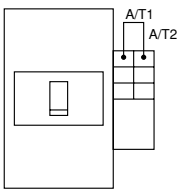
(1) 使用方法

漏電アラーム・モード



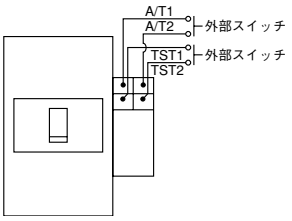
A / T1，A / T2が開放状態の時は，漏電アラーム・モードとなります。

漏電トリップ・モード



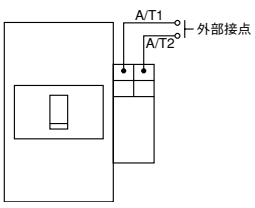
A / T1，A / T2が短絡状態の時は，漏電トリップ・モードとなります。

外部引きはずし



2つのスイッチを同時に押すと遮断器を任意にトリップさせることができます。

漏電アラーム・トリップ切換



外部接点がOFFの時は漏電アラーム・モードです。
外部接点をONにすると漏電トリップ・モードに切換わります。

(2) 用途

漏電トリップ←→漏電警報を状況に応じて使い分ける場合、外部シーケンス回路等を組むことにより利用可能である。

始動時の絶縁が悪いヒーター負荷等に	➡	漏えい電流の多い始動時は、漏電警報モードに設定絶縁回復後、漏電遮断モードに切換える。
漏電検出後、機械を安全な位置に戻して止める場合に	➡	漏電警報モードに設定し、警報が出たら、一定時間経過後、回路を遮断する。
夜間は漏電警報、昼間は漏電遮断として機能させたい場合に	➡	タイマーを使い、時間により漏電警報モードと漏電遮断モードを切換える。

用途例

4.2 外部付属装置

遮断器の外郭に付属装置を取付ける事で、遮断器の機能を拡張することが可能である。

4.2.1 操作とって

操作とっては、箱や盤内にある配線用遮断器を外部から操作する場合に使用する装置で、用途に応じて次の3種類がある。

(1) F形操作とって（ブレーカマウントタイプ）

取付方式はブレーカマウントタイプで、遮断器本体へ操作とって部・操作部を取り付け操作する構造コントロールセンターなど、遮断器本体側に取り付けるタイプである。

配線用遮断器をオープンした時のみ扉を開くことができる扉ロック機構、とってをONまたはOFFの位置で南京錠がロックできる操作ロック機構を装備している。

①EN規格（EN60204-1）の安全基準に適合している。

②遮断器本体と組み合わせて断路（アイソレーション）機能を有している。

③保護等級（IEC　60529）はIP54である。

1) 扉ロック機構

標準品は、リセットオープン仕様である。オープン（リセット）操作をしたときのみ盤の扉を開くことが可能である。また、ON位置やOFF位置でもレリーズツマミを工具等で操作すると盤の扉を開くことが可能である。

形名	レリーズツマミ操作ドライバー寸法
F-03SV2, F-03SV F-03SVE2, F-03SVE F-03SVUL2, F-03SVUL	穂先幅4mm、最大部幅4mm以下
上記以外の機種	穂先幅4mm、最大部幅5mm以下

2) ロック機構

標準品は、OFFロック仕様である。OFF位置で下記の手順にて操作ロックが可能である。（例：南京錠の場合）

①ハンドルをロックプレートとケースの目印が合う位置までリセット方向に回す。

②ロックプレートを押し込む。

③ロックプレートを押したままハンドルをOFF位置に戻す。

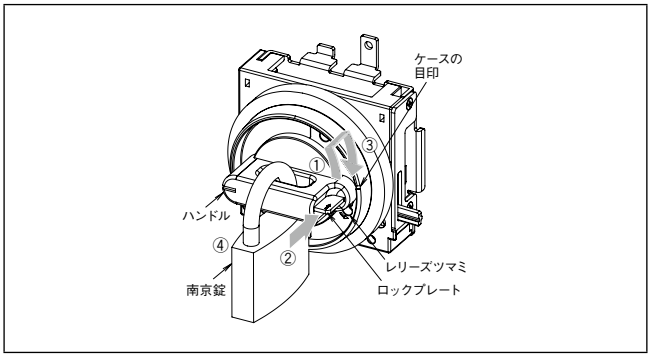
④ハンドルの中央の穴に南京錠で施錠する。

3) 注意

a) 400～800Aフレーム用は、ロック時の③の操作は不要である。

b) 市販の南京錠（35、40mm）が3個取付可能である。南京錠を取り付けた状態でもレリーズツマミの操作で盤の扉を開くことが可能である。

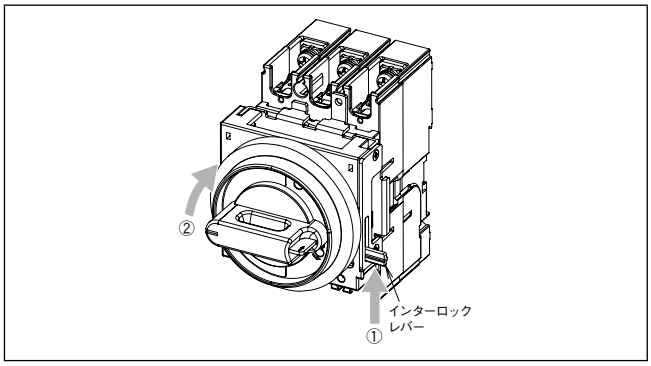
c) F-03SV，F-03SV2，F-03SVE，F-03SVE2，F-03SVUL，F-03SVUL2は2個まで取付可能である。



4) 安全装置

盤の扉が開いた状態では遮断器を投入できないインターロックレバー付である。

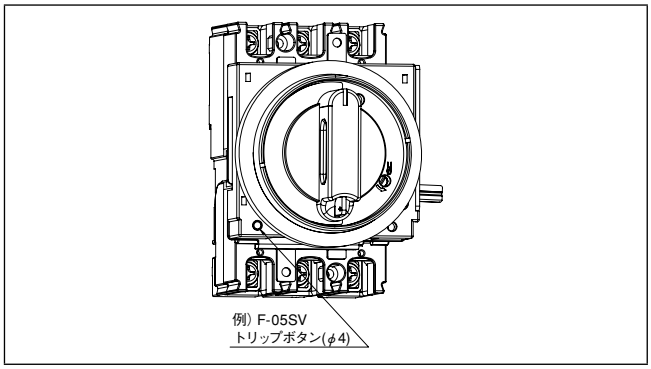
点検時などに扉を開いた状態で遮断器を投入する必要がある場合は、インターロックレバーを矢印の
方向に押した状態でハンドルをON操作する。



5) トリップボタン操作

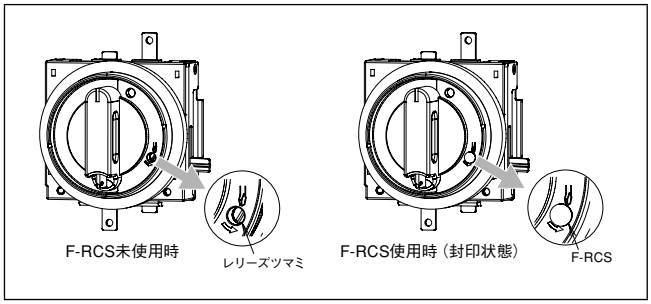
操作とって前面よりトリップボタンを押すことが可能で遮断器動作確認の操作性が向上した。

注意：OFF状態でトリップ操作を行わないこと。操作とってが破損するおそれがある。



6) レリーズツマミの封印

×倍部品のレリーズプロテクション“F-RCS”を使用することによりレリーズツマミによる操作で盤の扉を開けることを禁止することが可能である。



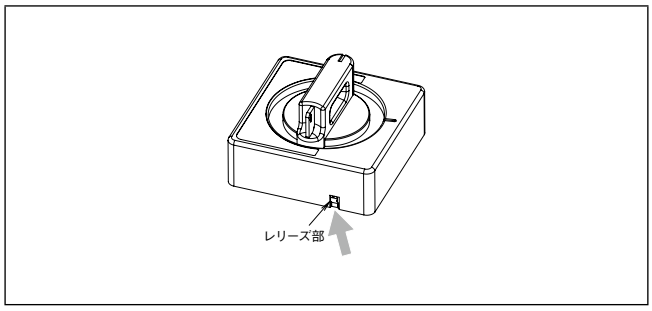
(2) V形操作とって（ドアマウントタイプ）

遮断器本体へ操作部を取付け、盤の扉に操作とって部を取付けるドアマウントタイプの操作とってである。

①EN規格（EN60204-1）の安全基準に適合している。
②遮断器本体と組み合わせて断路（アイソレーション）機能を有している。
③保護等級（IEC　60529）はIP65である。

1）扉ロック機構

OFF位置で盤の扉を開くことが可能である。ON・トリップの位置では盤の扉がロックされるので扉を開くことは不可である。ただし、レリーズ部を工具（幅3mm、厚さ1.8mm）などで矢印の方向に押すとON・トリップ位置でも盤の扉を開くことが可能である。

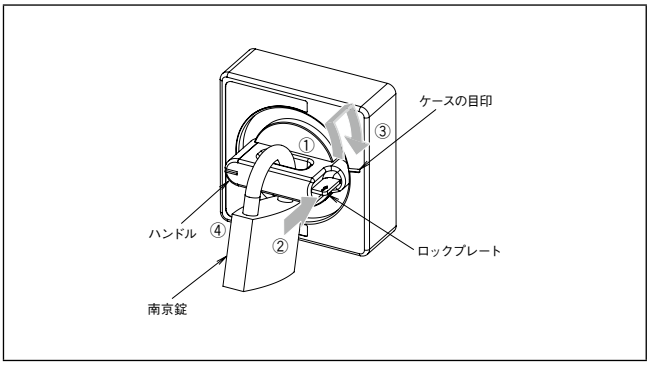


2）操作ロック機構

標準品は、OFFロック仕様のためOFF位置で下記の手順にて操作ロックが可能である。（例：南京錠の場合）

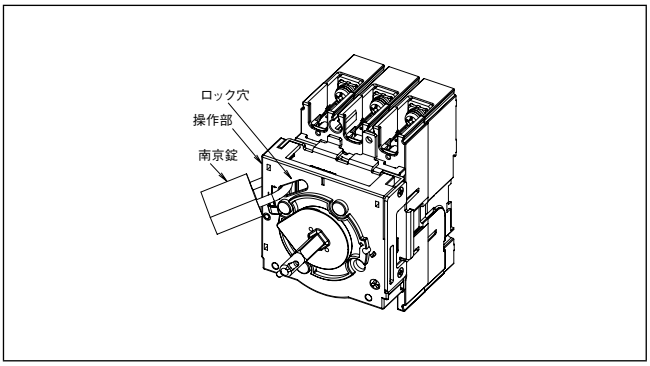
①ハンドルをロックプレートとケースの目印が合う位置までリセット方向に回す。
②ロックプレートを押し込む。
③ロックプレートを押したままハンドルをOFF位置に戻す。
④ハンドルの中央の穴に南京錠で施錠をする。

注1. 400～800Aフレーム用は、ロック時の③の操作は不要である。
　　市販の南京錠（35、40mm）が3個取付が可能である。
注2. F-03SV，F-03SV2，F-03SVE，F-03SVE2，F-03SVUL，F-03SVUL2は2個まで取付可能である。
　　南京錠で操作ロックした場合、扉もロックされる。



3）盤の扉が開いた状態の操作ロック

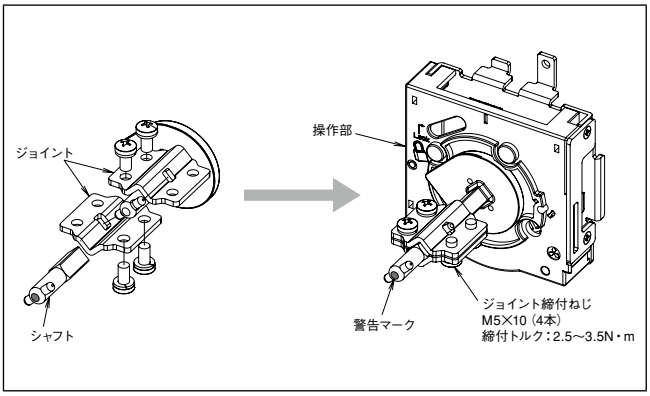
盤の扉が開いた状態で盤内の点検を行うときなどに誤って遮断器を投入しないよう操作ロックが可能である。操作とっての操作部のロック穴に南京錠で施錠する。



調整式

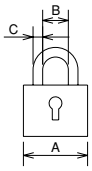
固定式の操作部に別売部品の調整ユニット“V-AD3S”“V-AD3L”を装着することで遮断器取付け面から盤の扉までの高さが調整可能となる。高さに合わせて調整ユニットのシャフトを切断する。

注1. V-03SV、V-03SVUL及び2極外形遮断器には使用不可である。
注2. 極外形遮断器に使用すると位置表示があわないことがある。



使用可能なロックデバイス

(1) 南京錠



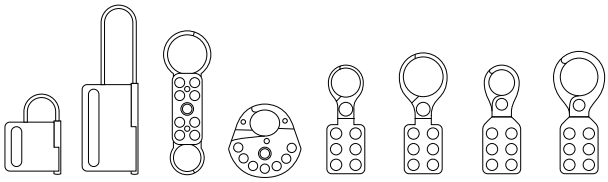
南京錠寸法

南京錠は市販品をご使用ください。 (mm)

適　用	A(呼び寸法)	B	C
全機種	35	19	5
	40	22 または 23	5.5, 6

C 寸法：最大 8mm のサイズが適用できます。

(2) ロックアウトハスプ(シザーズロック)



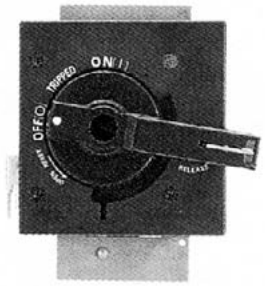
(3) S形操作とって(ドアマウントタイプ)

盤の扉に操作とってを取付けるドアマウントタイプの操作とってである。

①ONまたはOFF位置でロック可能で、南京錠(40mm)3個まで取付け可能である。

②保護等級(IEC 60529)はIP5Xである。

③S4CW、S4SW以外は断路(アイソレーション)機能に適合しない。



扉ロック機構

オープン操作したときのみ扉を開くことのできる扉ロック機構を備えている。

レリーズツマミを矢印の方向に回せば、ONの状態で扉を開くことが可能である。

操作ロック機構

操作とってはONまたはOFFの位置でロックが可能です。

ロック金具を引き出し、南京錠で施錠する。

南京錠は3個取付ける事が可能である。

インターロックとめ金

とめ金が必要な場合は、別売部品としてインターロック用とめ金を準備している。

4. 2. 2　電気操作装置

電気操作装置は、配線用遮断器を電気的に遠方から操作するものである。

小形モータの回転運動を直線運動に変換して直接配線用遮断器をON・OFF(リセット)する方式と、一旦バネにエネルギーを蓄えてONするスプリングチャージ式とがある。

電気操作装置付遮断器の開閉回数性能は、JIS規格に準拠する。

スプリングチャージ式(1)

スプリングチャージ式(2)

電動式(2)

4. 2. 3　機械連動子

機械連動子（MI）は、2台の配線用遮断器のうち、いずれか一方のみ投入可能にする機械式インターロック装置で、パネルに取付けて使用する。また、配線用遮断器本体に直取付けする直取付形機械連動子もある。

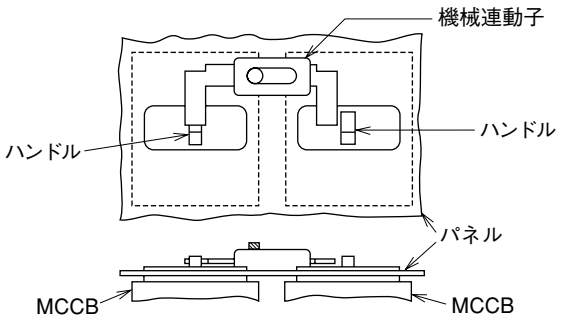


図4. 15　機械連動子

4. 2. 4　とってロック装置

とってロック装置は、配線用遮断器をONまたはOFFにロック（施錠）する装置で、ロックしたままでも過電流が流れると配線用遮断器はトリップする（トリップフリー）。（トリップフリー）。配線用遮断器のとってに装着して使用するタイプと、配線用遮断器のカバーに固定して使用するタイプ（Hl-S）とがある。

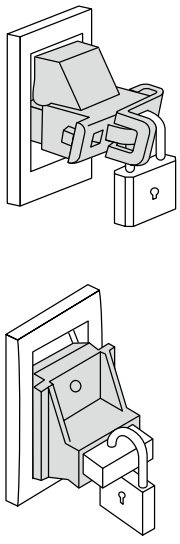


図4. 16　とってロック装着例

4. 2. 5　ロックカバー

ロックカバーは、錠前を掛けることなく簡単に操作禁止を表示する差込式の操作取っ手で、「注意札」を掛けることも可能である。

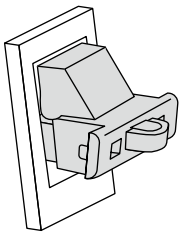


図4. 17　ロックカバー装着例

4. 2. 6　端子カバー

遮断器の端子充電部を覆い、接続方式に応じた各種端子カバー（TCL、TCS、TTC、BTCなど）、を準備している。
端子カバーを装着することで、例えばTCLやTCSを使用すると相間の絶縁強化や遮断器正面からの保護等級をIP2Xとすることが可能である。

遮断器の電源側、負荷側方向は、電線や導体を挿入する穴を開けているのでIP2Xの構造をしていない。
取付方法は遮断器の本体取付け穴に差し込むだけで、外すときは端子カバーの抜け止め突起部をマイナスドライバーの先端または、指先で操作して引き抜くことが可能。

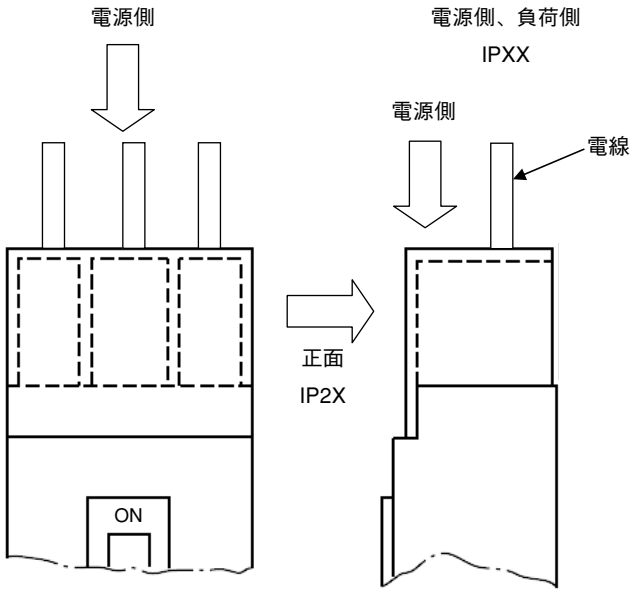


図4. 18　TCLの保護等級例

4. 2. 7　絶縁バリア

絶縁バリアは、遮断器端子部、接続導体の相間絶縁を強化し、導電性の異物やじんあい、小動物や虫など の侵入による短絡事故、および 短絡電流遮断時の遮断ガスによる二次的な地絡事故などを防止するものである。種類としては表面形絶縁バリア（BA-F）・裏面形絶縁バリア（BA-B）・裏面形バリア（BA-FP）・さし込形バリア（BA-P）・地絡防止バリア（BA-G）等がある。

表面形絶縁バリアを標準同梱している機種は、必ず装着する。（端子カバーなどの別の絶縁手段を選択する場合を除く。）

表面形絶縁バリアを標準同梱している機種

表4. 7

	NF（ノーヒューズ遮断器）	NV（漏電遮断器）
電源側のみ （注1）	NF125-CVF/SVF NF63-SV/HV NF63-HRV NF125-SV/HV	NV125-CVF/SVF NV63-SV/HV NV125-SV/HV
電源側 および 負荷側 （注2）	NF63-CVF/SVF（60,63A） NF125-SEV/HEV/RV NF250-CV/SV/HV/SEV/HEV/RV/UV NF100-CVFU（注3） NF125-SVU/HVU NF250-SVU/HVU	NV63-CVF/SVF（60,63A） NV125-SEV/HEV NV250-CV/SV/HV/SEV/HEV NV100-CVFU（注3） NV125-SVU/HVU NV250-SVU/HVU

	NF-Z（漏電アラーム遮断器）	NF/NV-N（単3中性線欠相保護付遮断器）
電源側のみ （注1）	NF63-ZSV/ZHV NF125-ZCV/ZSV/ZHV	—
電源側 および 負荷側 （注2）	NF125-ZEV NF250-ZCV/ZSV/ZHV/ZEV	NF/NV250-NCV NF250-NCVZ

	漏洩電流表示付遮断器
電源側のみ （注1）	NF/NV125-SVL
電源側 および 負荷側 （注2）	NF/NV250-SVL

	MDU ブレーカ
電源側 および 負荷側 （注2）	NF250-SEVM/HEVM/ZEVM NV250-SEVM/HEVM

注（1）電源側のみ同梱の機種については、正接続・逆接続にかかわらず、アーク排出側（ON側）に装着する。
注（2）接続される圧着端子のサイズによって、異極端子間の空間絶縁距離が不足するケースが考えられる機種は、負荷側用も同梱しているので、負荷側にも取付ける。
注（3）NF100-CVFU, NV100-CVFUは、バー端子取付の場合のみに標準同梱している。

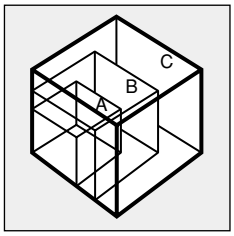
同梱していない機種について

表面形絶縁バリアがなくても短絡遮断試験で問題のないことを確認している機種（例：NF63-CV等）は、絶縁バリアを同梱していない。　ただし、接続導体の絶縁を強化する場合は、オプションとして準備している表面形絶縁バリアや端子カバーを使用する。

表4. 8

NF（ノーヒューズ遮断器）	NV（漏電遮断器）
NF32-CVF, NF32-SV, NF63-CV, NF125-CV NF50-SVFU, NF100-CVFU（注4）	NV32-CVF, NV32-SV, NV63-CV, NV125-CV NV50-SVFU, NV100-CVFU（注4）

注（4）圧着端子用の場合。



5. 構造と特殊性能

5 構造と特殊性能

5.1 ノーヒューズ遮断器の基本構造

5.1.1 概要

NFBは簡単に操作できるほか、すぐれた開閉性能と遮断性能をもっているが、その構造の一例を図5.1に示す。

NFBを構成する主要部は引きはずし力をたくわえるばねをもったトグルリンク機構によって接点の開閉を行う**開閉機構**、過電流や短絡電流に応動してNFBをトリップ(引きはずし)させる**過電流引きはずし装置**、電流を遮断する際に発生するアークを消滅させる**消弧装置**、電線や導体を接続する**端子**、回路を開閉する**接触子**およびこれらを一体にして小形に組込む**モールドケース**などである。

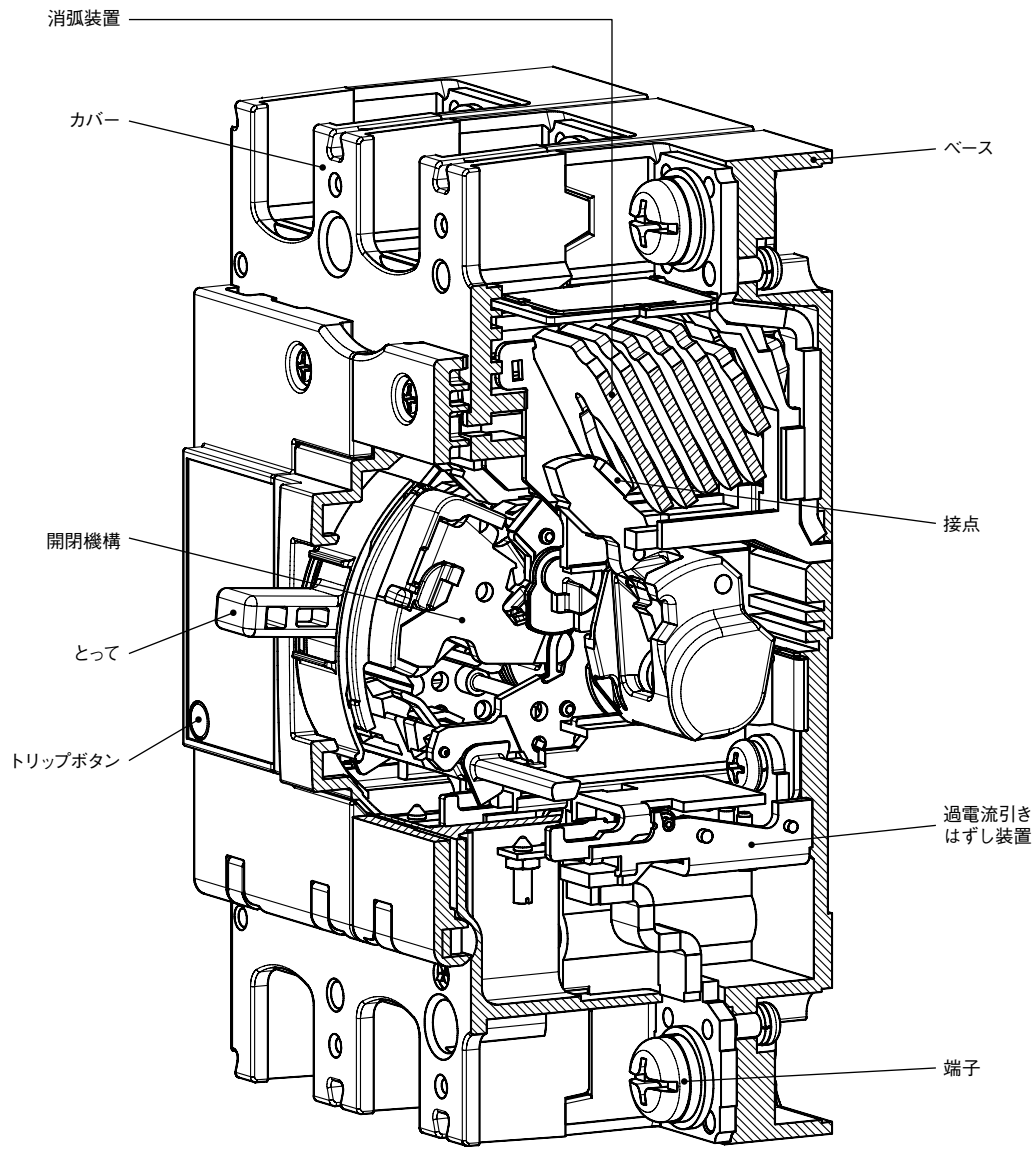


図5.1 NFBの構造例

5.1.2 筐体

NFBのモールドケースに要求される性能は、遮断時のガス圧に耐え得る**強じんさ・耐熱性・耐アーク性**である。初期のNFBには、安価な**フェノール樹脂**などが多く用いられたが、最近の小形化されたコンパクトなNFBではガラスファイバー入りの**ポリエステル樹脂**、**ポリエチレンテレフタレート樹脂**や複雑形状化・薄肉化に適した**ポリアミド樹脂**などが多く用いられている。

5.1.3 端子と接続

端子はNFBと外部導体を接続するところであり、接続が不十分であると異常発熱の原因になるので接続が簡単で確実でなければならない。一般には高い信頼性をもつ**圧着端子**や**導帯**を接続する。端子ねじは、緩みによる異常発熱、火災を防ぐため、取扱説明書等に記載されたトルクで締付ける必要がある。

5.1.4　消弧装置と接触子

(1) 消弧装置

接点を開離させて電流を遮断しようとすると、電流の慣性のために必らずアークが発生する。このアークは、接点や絶縁物に対してきわめて有害であるので、すみやかに消弧しなければならない。

消弧装置は図5.2のように**グリッド**と呼ばれるV字切欠をもつ磁性板を適当な間隔に絶縁物の支持板で支持した**デアイオン消弧装置**といわれるもので、次の3つの作用により消弧を行う。

①磁性板に起因する磁束のかたよりの一部が、アークに作用して、アーク点(陰極点)をV字切欠の奥のほうへ移動しアークを冷却する。

②また、①と同様にアークをV字切欠の奥のほうへ移動してアークを引きのばし、グリッドによりアークを寸断し各グリッド間の短いアークに分割することによって、各グリッドにおいて陰極降下および陽極降下を生じさせる。

③アークを引きのばすことによりアーク柱の電圧降下を増大させ、さらにアークが支持板に触れることにより、支持板から消弧性のガスを放出させて消弧する。

要するに、アークを維持するために必要な電圧(アーク電圧)を高めてやれば電源電圧がアークを維持できなくなり消弧する。交流の場合、電流は半サイクルごとに必らず零点を通過する。この機会をうまくとらえて強力な消弧作用を与えることができるので直流の場合より比較的消弧が容易である。

三菱NFBは長年の経験によりグリッドの間隔・形状・支持板の材料などが絶妙の調和を保っているので、その遮断性能は非常にすぐれている。

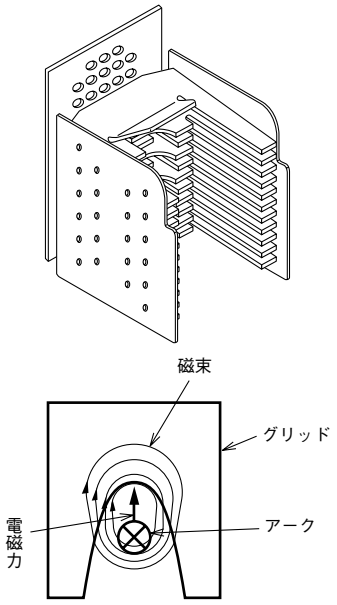


図5.2　消弧室

(2) 接触子

固定接触子と可動接触子の断続によって回路の開閉を行うので、両接触子はきわめて過酷な条件にさらされる。

大容量NFBでは1極につき複数個の接点をそなえ、そのうちのあるものはアーク接点と称してアーク遮断を主として行い、残りのものは通電を主として行うように設計している。

また図5.3に示すように、一般には接触および開離の瞬間には可動接触子の先端部分で接触し、アークをその部分で発生させ、NFBがONの状態では可動接触子後部で接触する構造として、ONでの通電部はアークによる消耗もなく、安定した接触抵抗が維持されるように工夫している。

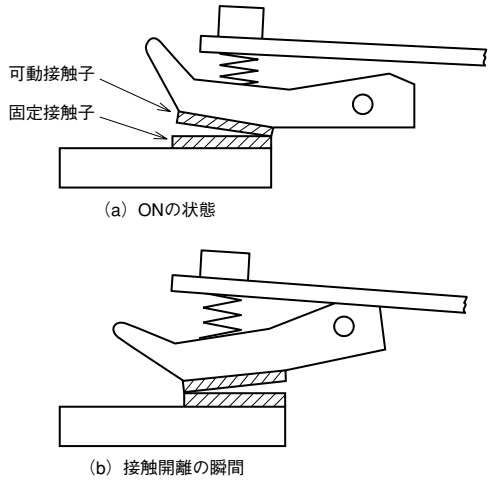


図5.3　接触子の開閉状態

使用される接点は優秀な品質と最良の材質選定が要求され、接点の具備すべき条件として次の事項があげられる。

①接触抵抗が小さいこと

②消耗が少ないこと

③溶着しないこと

低い接触抵抗は、銀または銀成分の多い合金から得られるが、これらは耐消耗性が十分でない。

アークに対する高い耐消耗性は、タングステンまたはタングステンの成分の多い合金から得られるが、これらは逆に接触抵抗がかなり大きい。こうした点を考慮し、実際には使用電圧・電流遮断容量などに応じてそれぞれ要求性能に適合する種々の銀系合金を使用する。たとえば通電を主とする接点には銀60%以上の銀―タングステン合金・銀―タングステンカーバイト合金などを用い、アーク遮断を主とする接点にはタングステン60%以上の銀―タングステン合金などを用いている。

5.1.5　開閉機構

次のような機能により、遮断器としてすぐれた開閉性能をもっている。

(1) 速入り (quick-make) および速切り (quick-break)

NFBは、とってを“ON”“OFF”の位置に操作することにより開閉できる。とってをONまたはOFF操作すれば引きばねの作用線がトグルリンクのデッドポイントをこえ、トグルリンクはON操作においては、急激に伸長し、OFF操作の場合には、逆に屈曲して、とっての操作速度に関係なく接触子は、急速に動作する。過電流引きはずしにおいては、受け金が回転し、クレドルが釈放され、トグルリンクは、上部支点が移動し、引きばねの作用線をこえて急速に屈曲し、接触子を開く。このように開閉機構として、トグルリンク機構によるクイックモーションを採用しているため、接触子は、操作速度に関係なく、速入り･速切り動作を行う。このため開閉時の接触子溶着防止や各極同時投入などに効果がある。(100Aフレーム以下の一部機種を除く。)

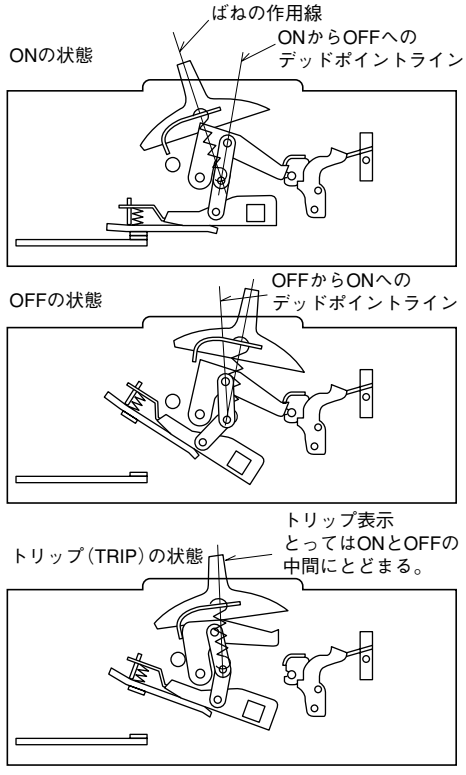


図5.4　開閉機構図

(2) トリップ表示

ONまたはOFFの状態から、NFBがトリップすると、とっては、ONとOFFの中間位置に止まりトリップを表示する。再投入するには、リセット操作後、ON操作を行う。すなわち、とってをOFF方向へOFF位置以上に操作すると、釈放されたクレドルと受け金が係合され、OFFの状態に復帰し、リセットが完了する。(図5.5)

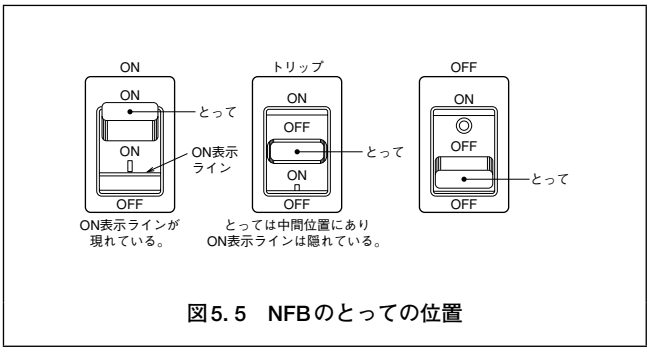


図5.5　NFBのとっての位置

(3) 引きはずし自由(トリップフリー)

とってをON位置に拘束した状態においても、引きはずし動作をさまたげないことをいう。NFBはすべて、トリップフリーの構造となっている。

(4) 共通引きはずし

多極NFBは、各極ごとにモールドケースの隔壁により、電気的に隔離されているが、各極の接触子は、絶縁物からなる共通の1本のクロスバーに強力に固定している。このクロスバーは、トグルリンク機構と連結しているため、同時投入･同時遮断を行い、欠相などの不具合を防止する。したがって4極NFBのように中性極に使用する場合においても、4極同時に開閉を行うため中性線の入れ忘れや誤って開放するというトラブルもなく使用できる。

(5) 断路(アイソレーション)機能

断路(アイソレーション)機能とは、「安全のため全ての電気エネルギー源から設備や区域を分離することにより、設備の全部又は個々の部分から電源を切り離すための機能」と定義されている。

接点が閉じているときは、いかなる場合であっても、とってがOFF表示しないようになっている。

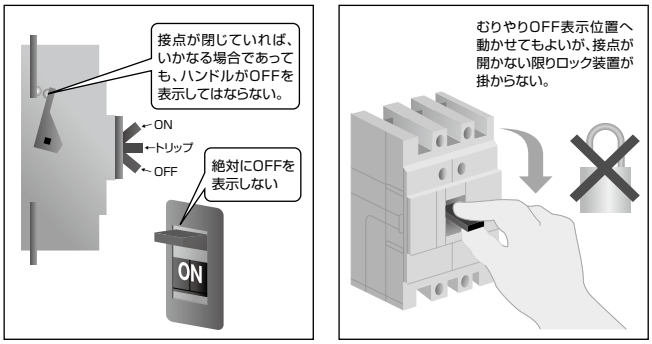


図5.6　断路(アイソレーション)機能

(6) トリップボタン

遮断器を外部より機械的にトリップさせるプッシュボタンである。トリップボタンつき遮断器においては、電圧引きはずし装置(SHT)や不足電圧引きはずし装置(UVT)による電気的な引きはずし、あるいは遮断器の定格電流以上の通電による過電流引きはずしによらなくても、トリップボタンを押すことによって、簡単にトリップさせることができる。このため遮断器のリセットの確認･警報スイッチ(AL)等の付属装置つきのものにおける制御回路の確認・外部操作とってによるリセット操作の確認が容易にできる。

5.1.6 過電流引きはずし装置

動作原理により、熱動電磁形と完全電磁形(単に電磁形ともいう)とに大別できる。

(1) 熱動電磁形

(a) 構造

図5.7に一例を示すように受け金は、ローラトリガーを介して共通引きはずし軸のラッチに係上している。

共通引きはずし軸は、過電流引きはずし装置のベースに固定した支え腕によって回転自在に支えている。

過電流を検出し引きはずし動作を行う素子として、時延引きはずしを行うバイメタルと瞬時引きはずしを行う電磁石を各極ごとに設置している。バイメタルは、熱により矢印方向にわん曲し共通引きはずし軸を、時計方向に回転し、ラッチの係合がはずれると、受け金も時計方向に回転しクレドルを釈放する。

電磁石は、導体を包囲した固定鉄心と可動鉄心および可動鉄心を常時開離方向に付勢させている引きばねとで構成されており、過電流がある限度をこえると、引きばねに逆らって可動鉄心を吸引し、引きはずし棒によって共通引きはずし軸を時計方向に回転し、クレドルを釈放する。バイメタルおよび電磁石は、各極に設置しており、いずれの極の過電流でも共通引きはずし軸に作用するので全極同時に遮断を行い欠相のおそれがない。熱動電磁形は、過電流引きはずし装置の構造により、次の種別がある。

①モールドケースを有するものと有しないもの。

過電流引きはずし装置がそれ自身のモールドケース内に一体に組立てられ、過電流引きはずし装置として封印された構造の、いわゆるトリップユニットと呼ばれるものと、遮断器内部に開放して組立てられたモールドケースを有しない構造のものがある。

②引きはずし特性の固定形と可調整形

時延引きはずし特性および瞬時引きはずし特性の各々について、使用者にて特性を変化できない固定形のものと、負荷に合わせ変化させることのできる可調整形とがある。可調整形には時延引きはずし特性を調整できるサーマル可調整形と、瞬時引きはずし特性を調整できる瞬時可調整形がある。

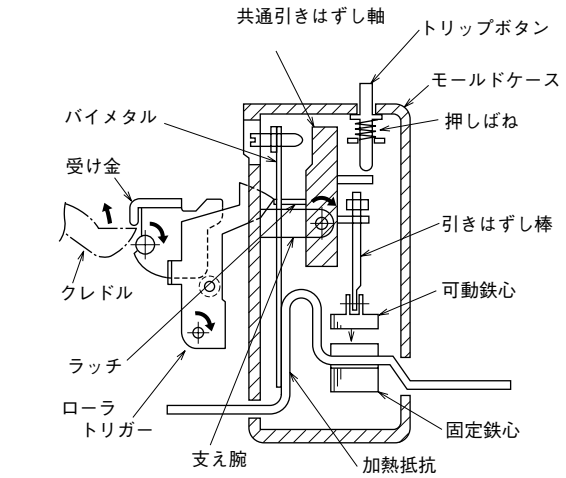


図5.7 熱動電磁形過電流引きはずし装置の構造

- **サーマル可調整形**

  バイメタルと共通引きはずし軸とのギャップを調整し、引きはずしに必要なバイメタルのわん曲量を変化させ定格電流を可調整としたものである。

- **電磁可調整形**

  可動鉄心と固定鉄心のギャップをカムを介して調整し、引きはずし電流値を可調整としたものである。

③バイメタルの加熱方法

- **直熱式**

  バイメタルに直接電流を流し、バイメタルの抵抗により、そのジュール熱により動作する方式である。一般に定格電流の小さなものに使用される。

- **傍熱式**

  加熱抵抗を設け、この加熱抵抗の熱を間接的にバイメタルに与える方式である。

  一般に定格電流の大きなものに使用される。

- **直傍熱式**

  上記両者を併用する方式である。

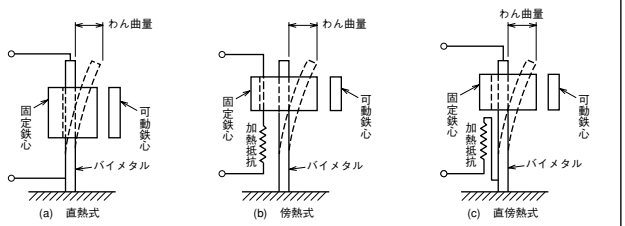


図5. 8　熱動電磁形過電流引きはずし装置のバイメタル加熱方式

(b) 動作原理

過電流が継続して流れると、バイメタルは熱を受けてわん曲し、バイメタルが一定の動作温度に達するとその変位置により、引きはずし動作が行われる。図5. 9. aにバイメタルの温度・電流・時間の関係を示す。電流値の増大に伴って動作温度に達する時間が短くなる。これを電流―動作時間の目盛で示すと図5. 9. bのような反限時引きはずし特性が得られる。短絡の場合においては、瞬時に遮断を行う必要があり、このような場合にはバイメタルのわん曲をまつことなく電磁引きはずし装置により、瞬時に引きはずしを行う。瞬時引きはずし電流値は変圧器の励磁突入電流・誘導電動機の始動電流などの過渡的過電流による不必要な動作をさけるため、一般には定格電流の10倍以上に設定されている。

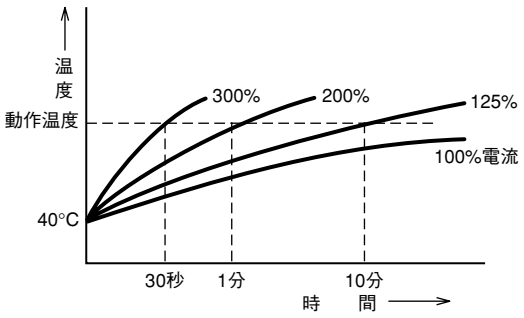


図5. 9. a　電流に対するバイメタル温度ー時間特性

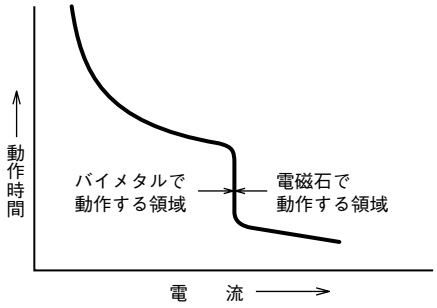


図5. 9. b　動作時間ー電流特性

(2) 完全電磁形

(a) 構造

図5. 10は完全電磁形引きはずし装置の構造の一例を示すもので、時延引きはずし要素としてオイルダッシュポットつき電磁石を用いたものである。電流が定格値以内のときには、鉄心は制動ばねによってパイプの底面に押されて磁気抵抗が大きいので、可動鉄片を吸引するまでにはいたらない。

しかし、過電流が継続して流れると、電磁石の起磁力が増大し、鉄心は制動ばねの力に打ち勝ってパイプの底からフタの方向に移動して磁気抵抗が小さくなり、可動鉄片を吸引しラッチ部の係合をはずして過電流引きはずしする。このとき、パイプの中の制動油の粘性抵抗により**時延動作**を行う。

この時延動作の特性は、電流が大きくなれば電磁吸引力が強くなり動作時間が短くなる反限時特性を示す。短絡電流のような大電流が流れると、急激な漏えい磁束の増大によって可動鉄片は鉄心の移動をまたずに瞬時に吸引され、回路を遮断する。

完全電磁式ではコイルの巻数を変えることにより小電流定格のもの、および制動油の粘度や鉄心とパイプとの間隙を加減することによって特殊なものも製作できる。

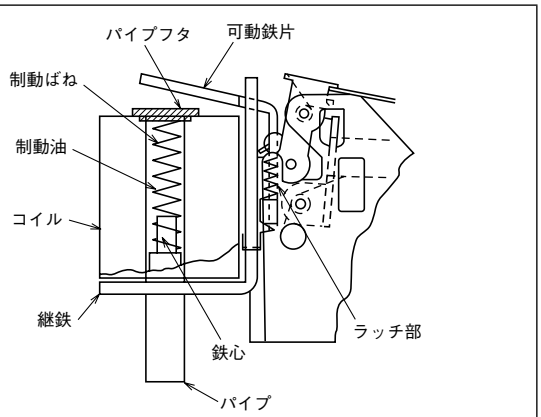
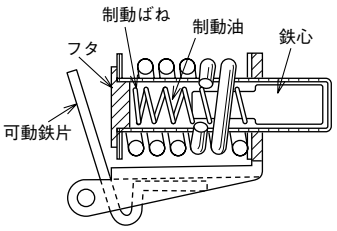
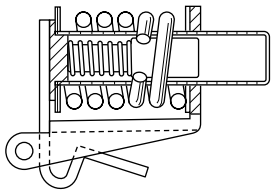
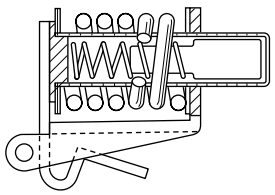


図5. 10　完全電磁形

(b) 動作原理

完全電磁式のNFBは、過電流や短絡電流の遮断を同一の電磁石で行うものであるから、ある所定の電流値までは時限をもち、それをこえるとただちに遮断しなければならない。反限時特性を得るためにオイルダッシュポット式電磁石を使用する。この装置の動作状態は電流の大きさにより表5. 1の3つに区別して説明できる。

表5. 1

不動作状態	 電流が定格値以内のとき、鉄心は制動ばねによって押されて、磁気抵抗が大きく可動鉄片を吸引するまでにはいたらない。
時延動作状態	 過電流が継続すると、漏えい磁束によって鉄心が制動ばねと制動油に反抗してパイプフタの方向に動き、鉄心がフタに吸引されると磁気抵抗が小さくなり、可動鉄片が吸引され、NFBをトリップする。
瞬時動作状態	 ある一定値以上の大電流が流れると、漏えい磁束の増大により可動鉄片は鉄心の移動をまたずに瞬時に吸引され、引きはずし装置を動かせてNFBをただちにトリップする。

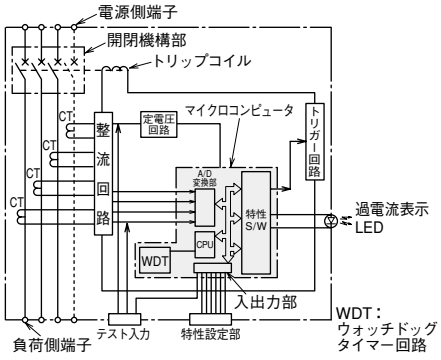
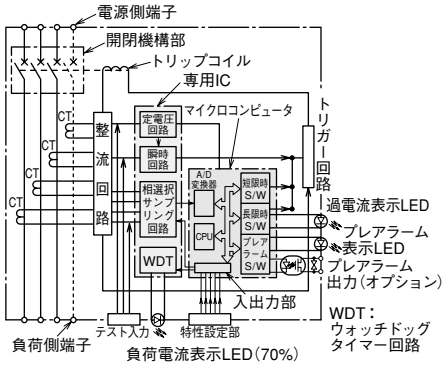
(3) 電子式引きはずし (ETR Electronic Trip Relay)

引きはずし装置における過電流検出、演算・制御、引きはずし指令などの機能が電子回路によって行われる方式を電子式と呼んでいる。

長限時回路が実効値検出方式となっているので、歪波形電流であっても確実な動作が行え、無用に早く動作することがない。

ETRでは、定格電流切換が容易に行えることや、短限時特性が標準装備されているなどの特長をもつ。

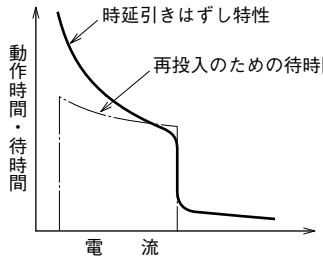
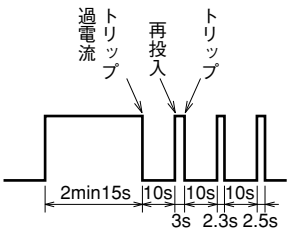
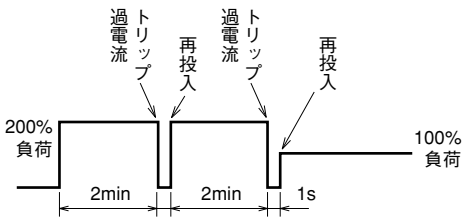
表5. 2

	NF125-SEV～NF250-HEV等	NF400-SEW～NF800-REW NF1000-SEW～NF1600-SEW NF1200-UR等
動作説明	(1) 主回路に負荷電流が流れるとそれに比例した二次電流がCT二次側に流れる。 (2) 各相のAC二次電流を整流回路でそれぞれ整流し、それらに比例したアナログ信号をマイクロコンピュータへ送る。 (3) A/D変換器でアナログ信号をデジタル信号に変換する。 (4) マイクロコンピュータ内で、各相毎に実効値演算し、最大相の信号で長限時引きはずしやプレアラーム特性処理を行う。短限時引きはずしにはピーク演算した値を用い、所定の時間後トリガー回路をONさせる。 (5) 瞬時引きはずしにはピーク演算した値を用い、瞬時にトリガー回路をONにする。 (6) CTからの電流がトリップコイルに流れてNFBがトリップする。 (7) 過電流表示LEDは定格電流の約115%以上の過電流にて点灯する。	(1) 主回路に負荷電流が流れるとそれに比例した二次電流がCT二次側に流れる。 (2) 各相のAC二次電流を整流回路でそれぞれ整流し、それらに比例したアナログ信号を瞬時回路や相選択サンプリング回路へ送る。 (3) 相選択サンプリング回路は、各相信号をサンプリングし、A/D変換器でアナログ信号をデジタル信号に変換する。 (4) マイクロコンピュータは、各相毎に実効値演算し、最大相の信号で長限時引きはずしやプレアラーム特性処理を行う。短限時引きはずしにはピーク演算した値を用い、所定の時間後トリガー回路をONさせる。 (5) 瞬時回路は、各相アナログ信号のピーク値が所定値を超えていれば瞬時にトリガー回路をONにする。 (6) CTからの電流がトリップコイルに流れてNFBがトリップする。 (7) 過電流表示LEDは定格電流の約115%以上の過電流にて点灯する。
電子式過電流引きはずし装置の回路図		

(4) 熱動電磁形と完全電磁形および電子式引きはずしの比較

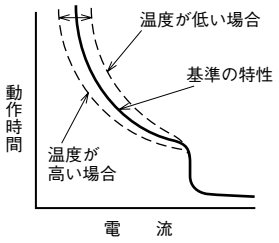
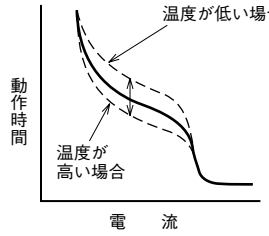
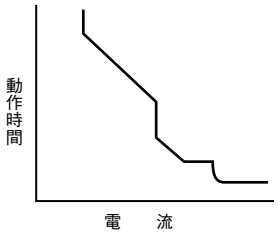
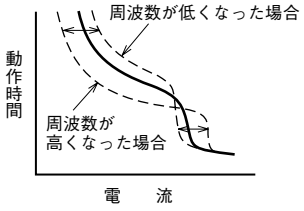
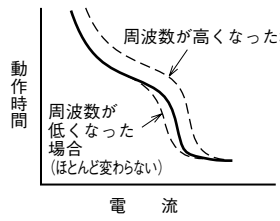
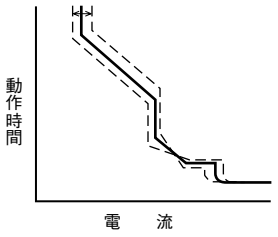
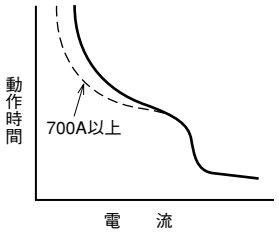
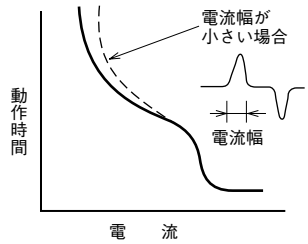
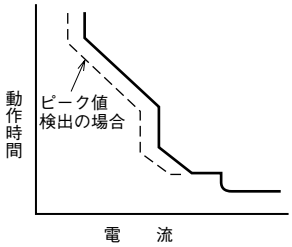
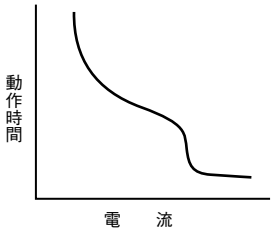
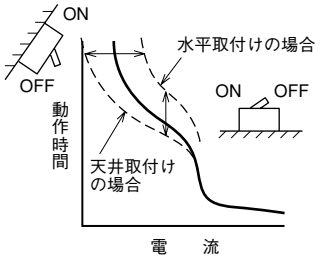
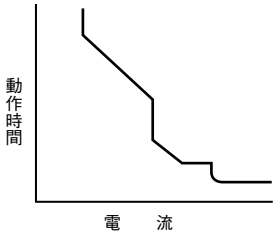
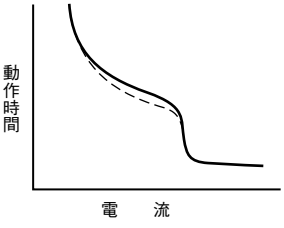
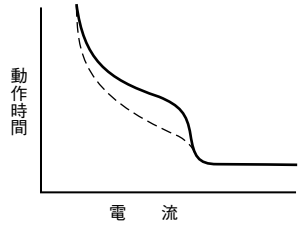
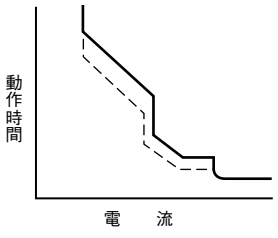
(a) 過電流引きはずし後の再投入

表5. 3

	過負荷領域における再投入	瞬時引きはずし領域における再投入
熱動電磁形	再投入に要する時間は、過電流の大きさによって変わる。定格電流の125～150%過負荷による動作後が最大となり、過負荷電流が大きくなるにしたがって再投入に要する時間は短くなる。これはNFB引きはずし後、バイメタルが冷却されるまでの時間を経て再投入されるものであるが、電線においても過電流により温度上昇しているため、電線を再通電可能な温度にまで下げるための冷却期間を必ず置くことにより、電線の絶縁劣化を防ぐ配慮をしていることになる。  引きはずし特性と再投入時間との関係	バイメタルの動作をまたず電磁石の動作により、非常に短時間（0.1秒以下）で引きはずしが行われるため､バイメタルへの熱の蓄積はほとんどなく、即時再投入が可能である。 一般に熱動形の瞬時引きはずしピックアップ電流値は定格電流の10～14倍であり、電磁形（標準で定格電流の6～10倍位）にくらべ大きいため、誘導電動機の始動突入電流・トランスの一次励磁突入電流などによる不必要な瞬時引きはずしに対して有利である。
完全電磁形	過電流引きはずし後ただちに再投入できて、再閉路した場合の引きはずし時間は、以前と同じと考えがちであるが、実際には過電流引きはずし後再投入すれば、以前よりかなり短い時間で動作する。これは配線の熱的余裕のある回路で、過電流動作後ただちに再投入して、緊急のための連続給電を目的としても、通電後かなり短い時間で動作するため、連続給電は期待できない。 動作後において、回路が復旧されており定常電流であれば、再投入により連続通電が可能である。  200%負荷における動作時間の一例	可動鉄片により瞬時に引きはずしが行われ、即時再投入が可能である。
電子式引きはずし	電子式NFBは引きはずし動作をすると、過電流引きはずし回路を初期状態にリセットする。そのため過電流引きはずし後ただちに再投入でき、再閉路した場合の引きはずし時間は以前と同じである。 動作後において、回路が復旧されており定常電流であれば再投入により連続給電が可能である。  200%負荷における動作時間の一例	短限時引きはずし領域又は瞬時引きはずし領域で引きはずされた場合でも即時再投入が可能である。 一般に電子式NFBの瞬時引きはずしピックアップ電流値は定格電流の15～20倍であり、熱動形（標準で定格電流の10～14倍位）に比べてもさらに大きいため、誘導電動機の始動突入電流・トランスの一次励磁突入電流などによる不必要な瞬時引きはずしに対して有利である。

(b) 動作特性の比較

表5. 4　熱動電磁形、完全電磁形と電子式

比較項目	熱動電磁形	完全電磁形	電　子　式
周囲温度の影響	 バイメタルの動作温度は一定であるので通電容量が変わる。	 通電容量は変わらないが温度によりパイプの中の制動油の粘度が変化するので動作時間が変わる。	 周囲温度の影響を受けないように引きはずし回路の温度補償しており、ほとんど変化しない。
周波数の影響	 600A以下にくらべ700A以上の変化が著しい。60Hz以下では時延引きはずし特性はほとんど変わらない。	 高い周波数では鉄損のため最小動作電流が大きくなる。	 周波数が高くなるとCTや引きはずし回路の影響で、引きはずし電流が大きくなる機種と小さくなる機種がある。
波形歪（高調波）の影響	 600A以下は特性はほとんど変らない。700A以上は、発熱が増えるため通電容量が下る。	 歪が大きいと最小動作電流が大きくなる。	 実効値検出のものは特性はほとんど変わらない。ピーク値検出のものは通電容量が下る。
取付姿勢の影響	 変化なし。	 パイプ中の鉄心重量の影響を受けるので取付け状態によって動作電流値が変わる。	 変化なし。
時延引きはずし特性の変更	 自動引きはずしに必要なバイメタルのわん曲力とそのときの温度でバイメタルの仕様が定まり大きな動作時間の変更はできにくい。	 オイルダッシュポット中の制動油の粘度や鉄心とパイプの間隙を加減することにより動作時間の変更は比較的容易にできる。 しかし一度組込んだものは調整できない。	 動作時間を短かくすることは電子回路の定数を変更することにより比較的容易にできる。 動作時間を長くすることは過電流耐量の関係でできない。
定格電流	バイメタルあるいはヒータの電流による発熱を利用しているので電流値の小さいものは製作困難である。	一定の起磁力を得るようにコイルの巻数を増すことによって任意の定格電流が製作できる。	最大定格電流の50（60）～100%の範囲内であれば任意の定格電流が製作できる。 また短限時引きはずし電流や瞬時引きはずし電流の値を下げる場合も比較的容易にできる。

5. 2　漏電遮断器の基本構造

5. 2. 1　概要

NVを構成する主要部品は接点の開閉を行う開閉機構。地絡電流に応動して遮断器を引きはずす漏電引きはずし装置。漏電引きはずし装置に連動し、地絡事故で作動したことを表示する漏電表示装置。過負荷・短絡電流に応動して遮断器を引きはずす過電流引きはずし装置。電流を遮断する際、発生するアークを消滅させる消弧装置。電線や導体を接続する端子。回路を開閉する接触子。地絡時に動作することを確認するためのテストボタン装置。およびこれらが一体にして小形に組込まれるモールドケース等である。

図5. 11は上記部品の配置の一例を示したものである。

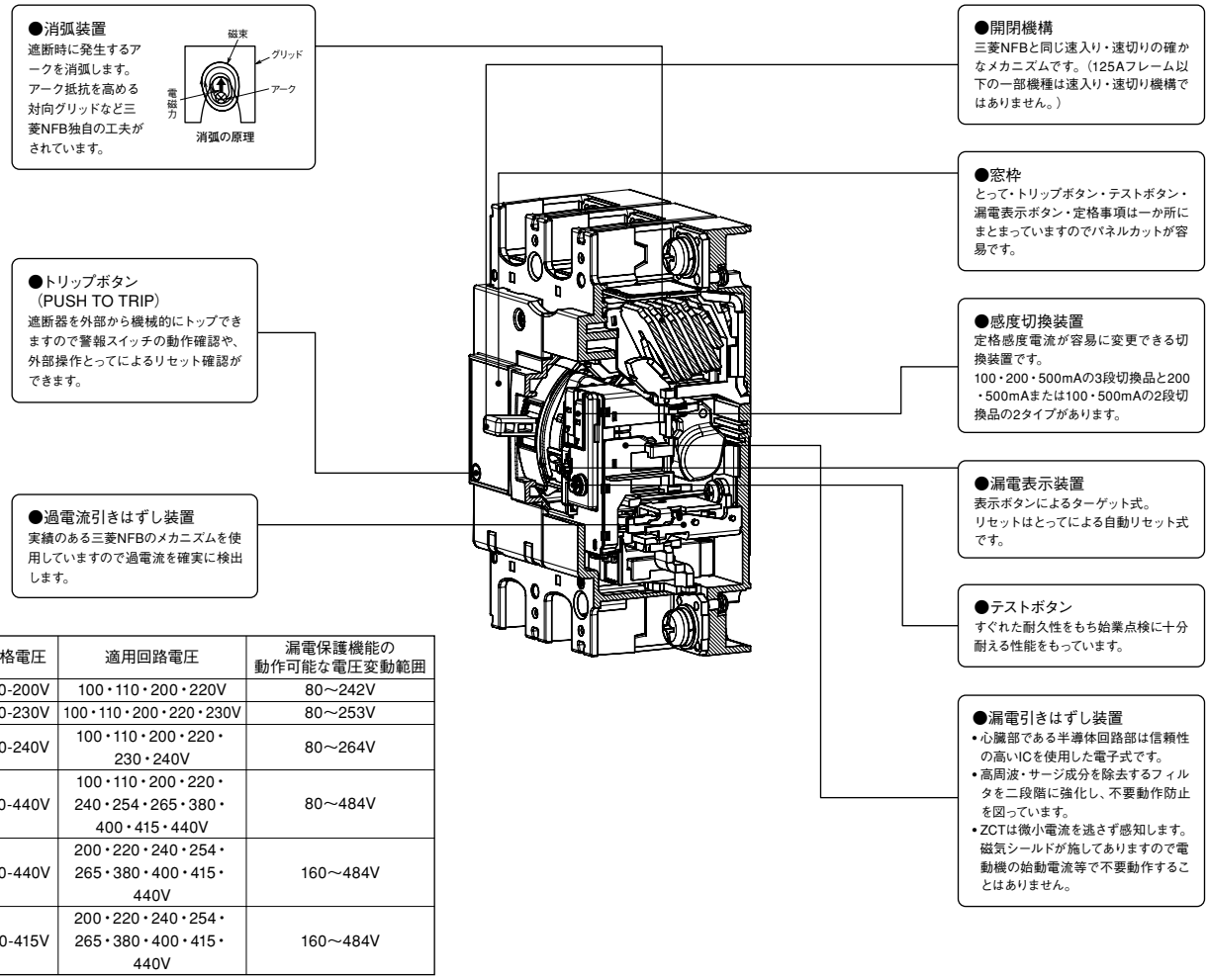
漏電引きはずし装置は地絡電流を直接検出する電流動作形で、その構成は鉄心に巻回した各相の一次巻線、零相電流（地絡電流）を検出する零相変流器（以下ZCTという）ZCTの出力を増幅するための電子回路および遮断器をトリップさせる電磁装置により構成している。

動作原理を説明すると、図5. 12の回路においてZCTの入出力をみると回路が健全な場合は、往路電流と帰路電流による磁束が互いに打ち消し合って二次巻線には電圧が誘起しない。

しかし地絡が発生すると往路電流$\dot{I}_A$は大地を通って変圧器に帰る$\dot{I}_g$とZCTを通って帰る電流$\dot{I}_B$・$\dot{I}_C$に分かれるためZCTを通る電流のベクトル和は$\dot{I}_A + \dot{I}_B + \dot{I}_C = \dot{I}_g$となり、ZCTの鉄心に$\dot{I}_g$による磁束$\phi g$が発生し、二次巻線に電圧が誘起される。

この信号が電子回路のサイリスタのゲート回路に入り、サイリスタを駆動させて、これと直列に接続された電磁装置が作動して遮断器をトリップさせる。

三相の場合、各相の電流が等しくない不平衡負荷の場合でも回路が健全であれば各相の電流の和は$\dot{I}_A + \dot{I}_B + \dot{I}_C = 0$となり、NVが誤動作することはない。（図5. 13）



定格電圧	適用回路電圧	漏電保護機能の動作可能な電圧変動範囲
100-200V	100・110・200・220V	80～242V
100-230V	100・110・200・220・230V	80～253V
100-240V	100・110・200・220・230・240V	80～264V
100-440V	100・110・200・220・240・254・265・380・400・415・440V	80～484V
200-440V	200・220・240・254・265・380・400・415・440V	160～484V
200-415V	200・220・240・254・265・380・400・415・440V	160～484V

図5. 11　NVの構造例

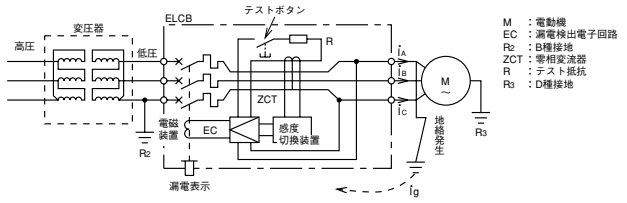


図5. 12　漏電遮断器の回路構成

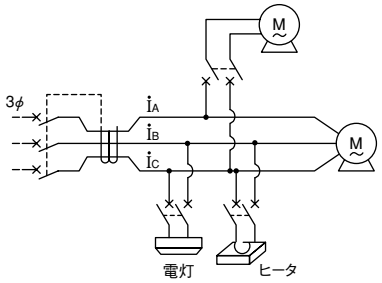


図5. 13　不平衡負荷

5. 2. 2　漏電引きはずし装置

(1) ZCT (零相変流器)

微小な地絡電流を検出するための変流器で、一般の変流器(CT)とは区別して考える必要がある。材質も高透磁率の特殊材料のパーマロイが主流である。構成はパーマロイ鉄心、主回路電流を流す一次導体、鉄心に巻回された二次巻線が基本である。一次導体の各相電流により発生する磁束を鉄心がベクトル合成し、各相の磁束の差分に応じた磁束により二次巻線に起電力が発生する。したがって、一次電流そのものの大小には拘らず各相の電流ベクトル合成が零であるならば、磁束が鉄心の中で互にキャンセルして二次巻線には起電力は発生しない。一方、地絡事故が発生すると各相の電流バランスがくずれ、地絡電流の大きさに相当した磁束により鉄心が励磁され、二次巻線に起電力を生じる。

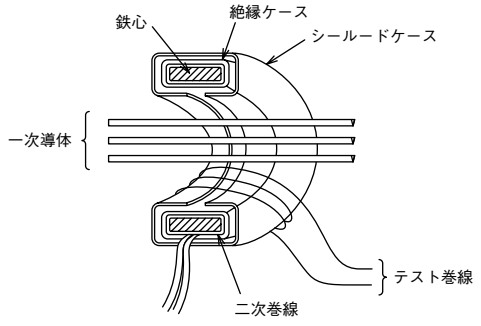


図5. 14　ZCT部の構造

(2) 電子回路部

回路図を図5. 15に示す。制御電源は大部分のNVAC100-440Vになっており、選定、保管、メンテナンスに便利になっている。その他に、AC100-200V、100-230V、200-415V、200-440VおよびAC100V電圧固定のものもある。

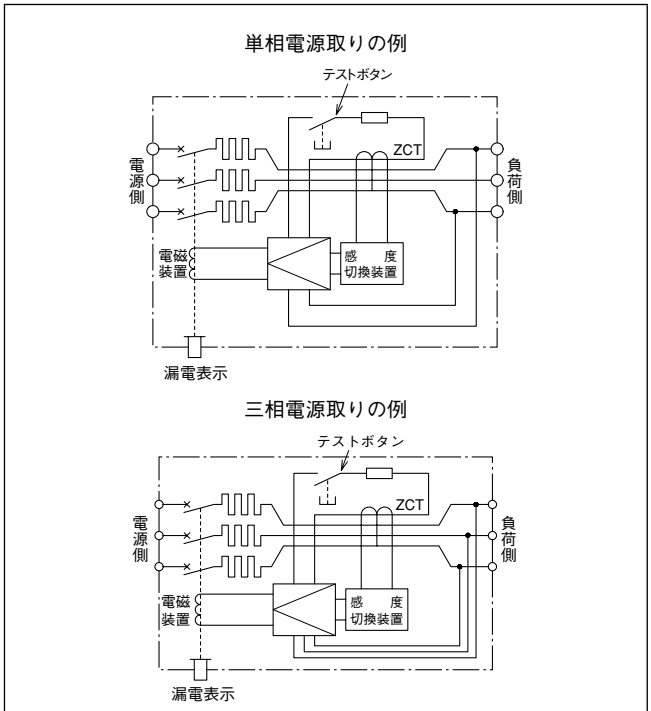


図5. 15　内部接続図

(a) インバータ、二次側の地絡検出

インバータ一次側に設置したNVでインバータ一次側及び二次側の地絡電流を検出する方法について波形のひずみが最も大きい二次側の地絡検出を例として以下に説明する。

①インバータ、二次側の漏えい電流のスペクトル

図5. 16に、当社インバータFR-Z220形を例として、インバータ、二次側の抵抗による地絡電流のスペクトル(200V、△結線一線接地の場合。以下同様)を示す。商用周波、インバータ運転周波、キャリヤ周波成分及びそれらの高調波成分によって構成される。商用周波、インバータ運転周波成分は、キャリヤ周波成分と同等の含有率を持っている。

同様に、図5. 17にFR-Z220形を例として対地静電容量による漏えい電流を含んだ場合のインバータ、二次側の地絡電流のスペクトルを示す。ここではインバータ、二次側の電路が長く、その対地静電容量が大きい場合を模擬している。静電容量による対地インピーダンスが周波数に反比例することから、図5. 16に比較してキャリヤの高調波成分の含有率が高くなっている。この成分は、対地静電容量の大きさ、キャリヤ周波数の高さに比例して大きくなる。また、商用周波、インバータ運転周波成分は図5. 16と同様である。

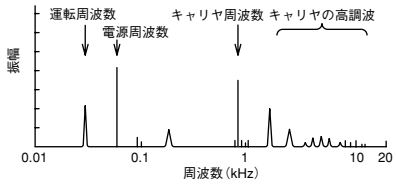


図5. 16　地絡電流のスペクトル（地絡事故による電流）

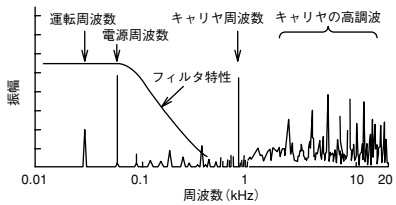


図5. 17　漏えい電流のスペクトル（対地静電容量による電流と地絡電流による。）

②インバータ、二次側の地絡検出の考え方

インバータ、二次側の地絡検出を実現するには、二次側の対地静電容量による漏えい電流の影響を低減する必要がある。そのために、対地静電容量の値によって大きさが変化し、不要動作や感度電流の不安定の原因となるキャリヤ周波とキャリヤの高調波成分を、ローパスフィルタを用いて除去する方式を用いた。フィルタの特性を図5. 17に示す。

IEC 60479-2では、人体通過電流により、心室細動が発生する電流値の周波数特性について図5. 18に示すものを提示している。

この図は、インバータのキャリヤ周波数として用いられる1kHz付近以上の周波数では、心室細動が発生して人体が危険となる電流値が50/60Hzと比較して14倍以上となり、感電に対する危険度は少ないことを示している。したがって、キャリヤ周波及びキャリヤの高調波成分を検出時に除去し、基本波成分のみに着目して地絡検出することによって、人体の感電に対する安全を確保しながら安定した地絡検出を行うことが可能と考えられる。インバータでは、基本波成分が地絡電流中の70%程度存在する。この大きさは、対地静電容量の影響を受けにくく地絡電流の大きさに比例するので、基本波成分のので判別して地絡検出することで安定した地絡検出が可能となる。

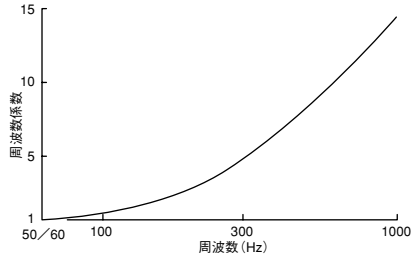


図5. 18　人体通過電流による心室細動発生の電流値（IEC 60479-2）

③ 地絡検出回路の構成と動作

キャリヤ周波及びキャリヤの高調波成分を除去するローパスフィルタとして、デジタルフィルタを用いた。高調波・サージ対応NVでは、ZCTからの信号は入力回路に入力されA/D変換器によりアナログ－デジタル変換する。デジタル化した信号はデジタルフィルタのローパスフィルタへ入力される。デジタルフィルタを採用した理由としては、基本周波成分とキャリヤ周波数（インバータの種類によって異なるが、周波数の低い製品で800Hz程度）との間で必要な減衰量をシャープに得られること、微少なZCTの信号を減衰させることなくフィルタ特性が得られること、低いカットオフ周波数を得るためのフィルタ定数がZCTや電子回路の特性の安定性に影響を与えず設定可能であることによる。

図5. 19に電子回路の構成、図5. 20にデジタルフィルタのブロック図を示す。地絡電流判別回路は地絡電流の大きさと信号の時間幅を検出している。図5. 21に動作を説明する機能ブロック図を示す。地絡信号のレベルが検出レベルを超えるとコンデンサの充電を開始し一定時間が経過すると地絡発生として検出するようになっている。このことで対地静電容量で漏えいする比較的小さいサージ電流成分を除去している。これらの回路は、NV専用ICとしてワンチップにまとめた。

図5. 22に地絡電流検出におけるデジタルフィルタの効果を示す。デジタルフィルタの前後の波形を比較すると、高周波成分にマスクされた二次側の漏えい電流の中から基本波成分を有効に抽出できていることが分かる。つまり、一次側地絡はもちろんのこと、二次側地絡においても、デジタルフィルタを通すことにより、安定した地絡検出ができることが分かる。

ただし、高調波成分を含んだ回路の場合、遮断器の零相変流器（ZCT）が鉄損等により過熱するので負荷機器の漏れ電流の歪を10kHz以下で、且つ3A以下で使用することが必要となる。また、800Aフレーム以上の遮断器の場合、負荷機器の漏れ電流の歪を5kHz以下で、且つ3A以下で使用することが必要となる。

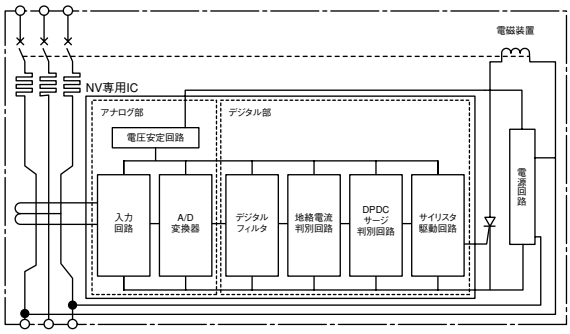


図5. 19　電子回路の構成

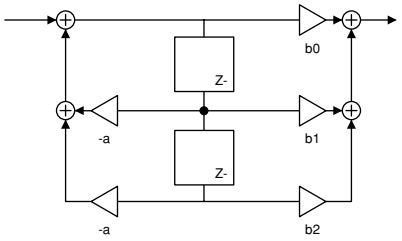


図5. 20　デジタルフィルタのブロック図

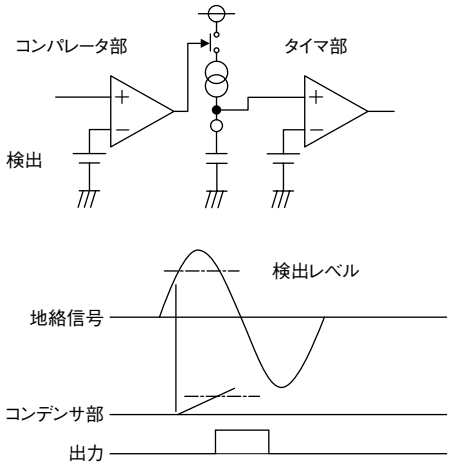


図5. 21　地絡電流判別回路の機能ブロック図

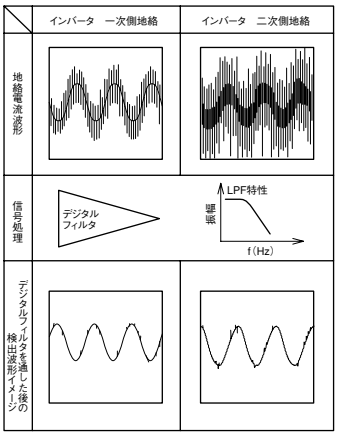


図5. 22　デジタルフィルタの効果

(b) サージによる不要動作の防止の技術

高調波・サージ対応NVでは、サージアブソーバが対地間に設置された場合でも、不要動作が発生しないよう対策を行った。絶縁不良等の事故による地絡電流は、商用周波数の正弦波に近い電流であり、正側･負側が規則的に繰り返し、周期性、連続性のある信号である。一方、サージによる対地漏えい電流は、正側・負側の極性が不規則であり、発生周期も不規則な信号である。この差に着目し、高調波・サージ対応NVでは図5. 19に示すようにDPDC (Dual Polarity Digital Counter) サージ判別回路を設け、不要動作防止性能の向上を実現した。すなわち、ZCTからの検出信号を、従来方式と同様にレベル判別回路によって信号の大きさと時間幅で判別し、対地静電容量で漏えいする比較的小さいサージ成分を除去する。その後DPDCサージ判別回路により、地絡信号とサージを判別する。図5. 23 (a) に示すように、地絡信号の場合は正側と負側の信号が交互に到来する。DPDCサージ判別回路は、正･負交互に到来する信号のみ通過させ、さらにその周期性・連続性を判別するため、通過信号をカウンタによって計数し、複数回の信号が到来した場合に地絡信号として判別する。同図 (b) に示すサージ信号の場合は、正側・負側が交互でない不規則な信号は除去し、また所定時間内に信号が到来しない場合は非周期的・非連続的と判断して計数をリセットしてサージ信号を除去する。

以上のような多項目の判別により、サージによる対地漏えい電流と地絡事故の電流をより確実に判別し不要動作の防止を実現している。

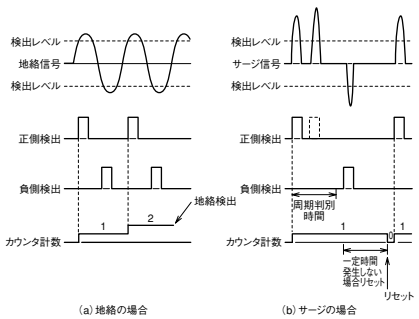


図5. 23　DPDCサージ判別回路の動作

高調波・サージ対応NVの不要動作防止性能の向上を、従来形と比較して図5. 24に示す。ギャップレス､サージアブソーバ、放電ギャップ式サージアブソーバのいずれの場合でも不要動作が発生しないことが確認された。

図5. 24の試験検証した波形から、不要動作防止性能の向上は

(1) サージによる漏えい電流の波高値で耐量3倍以上

(2) サージによる漏えい電力エネルギー (I^2t) で100倍以上

が得られた。

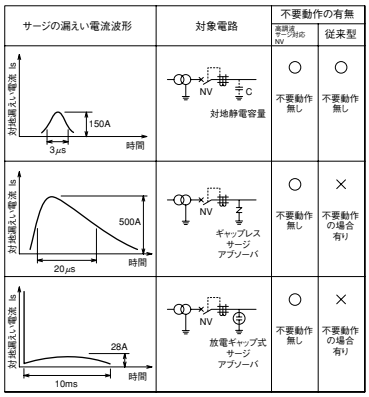


図5. 24　サージによる不要動作の防止性能

(c) Type A漏電特性による漏電保護機能の向上

近年、機械装置は駆動制御の高性能、高精度化からインバータやサーボを搭載した装置が増えてきている。インバータやサーボには整流回路があり、それら整流回路が故障した場合、半波整流された波形や位相制御された波形の漏えい電流が発生することがある。この漏えい電流を検出し、遮断器をトリップさせて感電や漏電火災を防止するためには、図5. 25に示す半波整流、半波位相制御された漏えい電流波形を検出するType A(IEC 60947-2に規定)の漏電保護特性を備える必要がある。そこで250Aフレーム以下のCEマーキング品およびUL登録品(一部の機種を除く)にTypeA漏電特性の機能を追加し、漏電保護範囲の拡大を図った。

地絡電流における動作特性		
地絡波形 / IEC 60947-2での分類	交流の地絡	半波整流された地絡
Type A	○検出可	○検出可
Type AC	○検出可	×検出不可

注：完全な直流地絡には対応しておりません。

図5. 25　漏電検出特性

(3) 電磁装置

地絡電流が所定の値以上になると、電子回路がスイッチング動作を行う。電磁装置はこの信号を受けて開閉機構を作動させ、NVを瞬時に動作させるものである。

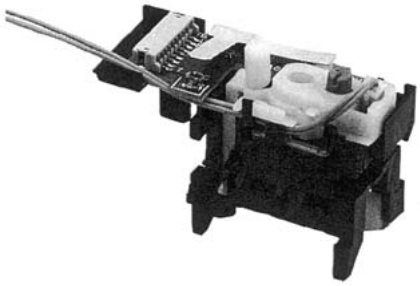


図5. 26　電磁装置の例

5. 2. 3　テスト装置

感電事故は人命にかかわるため、動作の確認が必要である。テスト装置は図5. 27のような地絡の模擬回路をつくり、テストボタンを押すことにより電流を流して地絡事故の場合、確実に動作することを調べる装置である。すべてのNVにはこのテスト装置が装備してある。

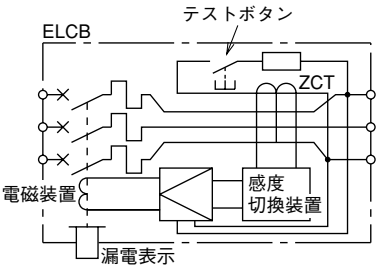


図5. 27　テスト装置の回路

5. 2. 4　漏電表示装置

NVが漏電により動作したとき、他の過負荷短絡による動作との違いが、動作後、遮断器を見れば識別できるようにしたのが漏電表示ボタンである。漏電表示ボタンは図5. 28のように正常時と過電流による動作時は表面から沈んでいるが、漏電により動作した場合は飛び出して漏電により動作したことを示す。

ボタンのリセットはとってと連動させた自動リセット式である。

なお、ボタンは誤って押込んでも破損するようなことはない。さらに、何等かの理由で押さえつけられていても漏電による動作をさまたげることのない構造となっている。

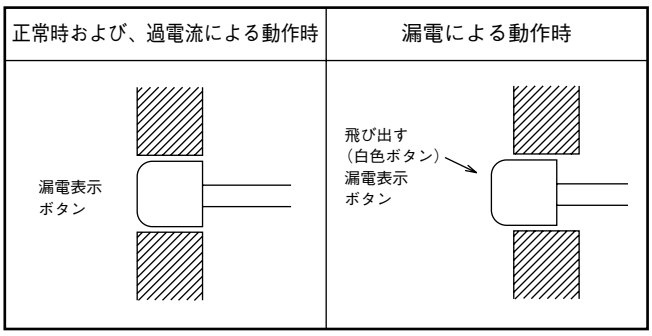


図5. 28　漏電表示ボタンによる表示

5. 2. 5　トリップボタン

トリップボタンをもつ機種は、このボタンを押すことにより機械的にトリップさせることができる。

とくに警報スイッチ(AL)つきの場合、過電流によるトリップを想定した警報回路の動作確認や操作とってつきの場合、操作とってによるリセット確認ができる。

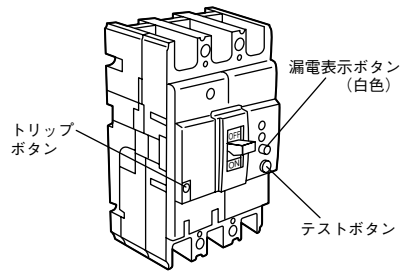


図5. 29　ボタンの位置例

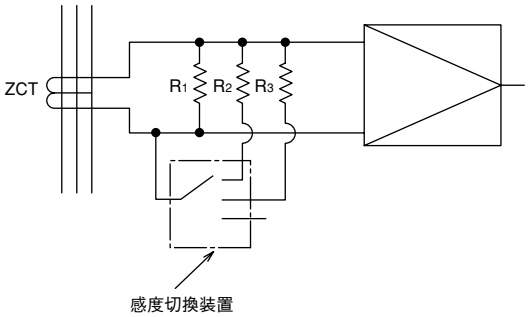


図5. 30　感度切換装置の回路例

5. 2. 6　切換装置

(1) 感度切換装置

感度切換装置は定格感度電流が容易にしかも確実に切換えできる100・200・500mAの3段切換品と200・500mAまたは100・500mAの2段切換品とがある。

なお高感度形（30mAまたは15mA、0.1s以内動作）と中感度形（50mA～1000mA）にまたがって感度を切換える装置を付けてはならないことがJIS規格で定められている。また100AF以下の小形のNVはこの装置を有してないものもある。図5. 30に感度切換装置の回路例を示す。

感度切換は、ZCTの二次側の調整抵抗を切換えることにより感度電流が変更できる。すなわち、調整抵抗R_1で高感度側の感度を設定し、切換装置によって調整抵抗R_2、R_3を並列に接続することにより低感度側の感度を設定する。この方式は万一切換装置の不具合によりR_2、R_3の接触不良があっても、感度電流はR_1で定まり、NVは高感度側で動作するので安全である。

(2) 動作時間切換装置

時延形は感度切換装置に加え動作時間も0.45・1.0・2.0sの三段切換品と0.3・0.8sの二段切換品があり多段での地絡保護協調システムの構成が容易である。

(3) その他

ここで特に述べていない部分はNFBと同様の構造である。

5. 3　気中遮断器の基本構造

5. 3. 1　概要

ACBとNFBの構造の最も大きな違いは、主接点投入機構が**スプリングチャージ方式**になっている点である。外観を図5. 31およびその構造の一例を図5. 32に示す。

ACBを構成する主要部は**投入ばね**に主接点を投入するためのエネルギーを蓄える**チャージ機構**、主接点の開閉を行う**投入／引きはずし機構**、ON、OFF操作を行うための**ON、OFFボタン**、過電流や短絡電流を検出してACBをトリップ（引きはずし）させる**引きはずしリレー**、電流を遮断する際に発生するアークを消滅させる**消弧室**、導体へ接続するための**端子**、付属装置の制御電源を入力するための**制御回路端子台**、引出形の場合は**引出枠**を兼ね備えている。

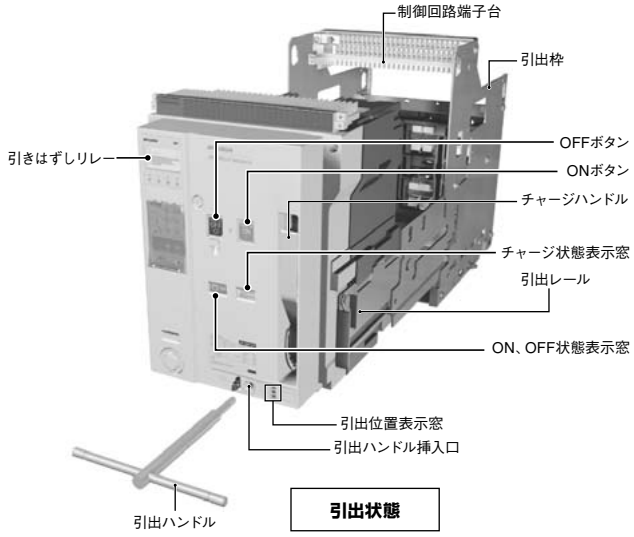


図5. 31　引出形（AE1600-SW 3P）

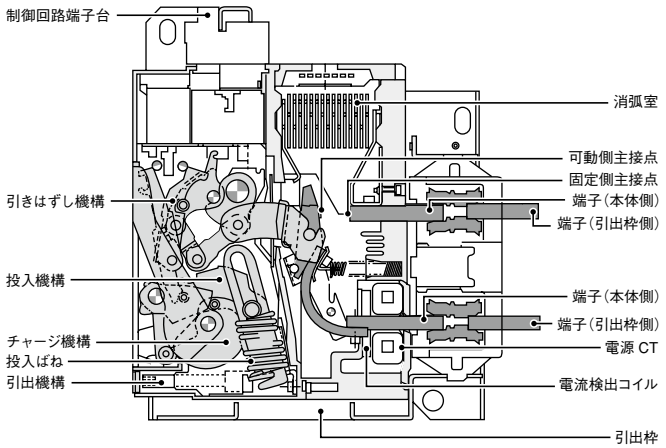


図5. 32　ACBの構造例

その他、ACBの主な特長としては以下が挙げられる。

（1）選択協調システムに最適

ユーザによる動作特性の変更が容易にできる電子式の引きはずしリレーを採用しており、定格電流、長限時、短限時、瞬時引きはずし特性が可調整できる。さらにMCRスイッチとの組合せにより選択協調領域の拡大が可能である。検出は歪波形に強い実効値方式である。

（2）計測、伝送機能の充実

計測拡張モジュール（EX1）、ディスプレイ（DP1/DP2）を使用することで各種電気量の計測、表示をすることができ、インターフェースユニットを使用するとCC-LinkやB/NET伝送も可能となり、MDUブレーカと共に電路の計測監視と省エネをはじめとしたシステム構築に役立つ。

（3）メンテナンスが可能

NFBは非修理系の製品であるのに対し、ACBは引きはずしリレー部や付属装置などの内部部品の交換が可能な構造である。

（4）盤構造に合わせた豊富な接続方式

基本的な接続方法には、固定形と引出形がある。図5. 33にその取付と接続を示す。

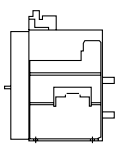
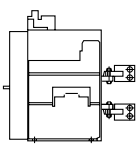
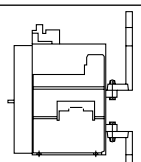
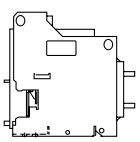
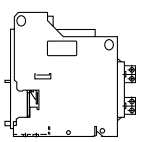
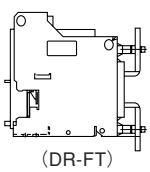
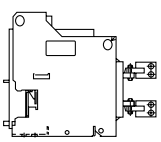
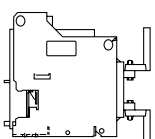
取付方式＼接続方式	水平接続（標準）	垂直接続（VT）	表面接続（FT）	別売部品 垂直端子アダプタ（VTA）	別売部品 表面端子アダプタ（FTA）
固定形（FIX）	 （標準）	―	―	 （FIX-VTA）	 （FIX-FTA）
引出形（DR）	 （標準）	 （DR-VT）	 （DR-FT）	 （DR-VTA）	 （DR-FTA）

図5. 33　取付と接続

5. 3. 2　開閉機構

(1) スプリングチャージ式

ACBの投入操作は投入ばねの放勢、引きはずし操作は接圧ばねの放勢により接点を開閉している。

まず、ACBをON状態にするために投入ばねをチャージハンドルにより蓄勢させる必要がある。ON操作を行うと投入ばねが急激に伸長しメインシャフトが反時計方向に回転し可動接点が固定接点へと移動し接点を閉じる。OFF操作を行うと接圧ばねの伸長によりメインシャフトが時計方向に回転し、素早く接点を開放する。

電動チャージ(MD)、投入コイル(CC)、電圧引きはずし装置(SHT)はそれぞれ投入ばねの蓄勢、投入操作、引きはずし操作を電気的に行う付属装置として使用される。

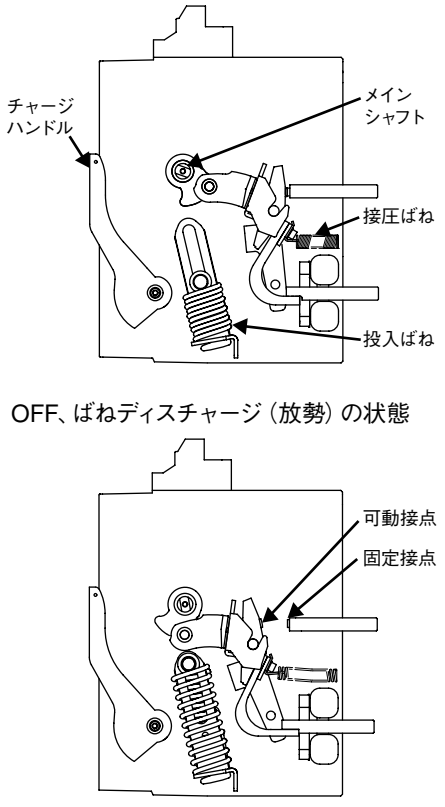


図5. 34　開閉構造図

(2) 状態表示

ONの状態から、ACBがOFFもしくはトリップするとON／OFF状態表示窓が「OFF」を表示する。

同様にOFFの状態からONするとON表示を示す。

チャージハンドル操作もしくは電動チャージにより投入ばねのチャージが完了した場合、チャージ状態表示窓に「CHARGED」(蓄勢状態)が表示される。これらの表示窓は開閉機構と連結されており、ACBをONすると同時にそれぞれの表示窓は「ON」および「DISCHARGED」(放勢状態)を表示する。

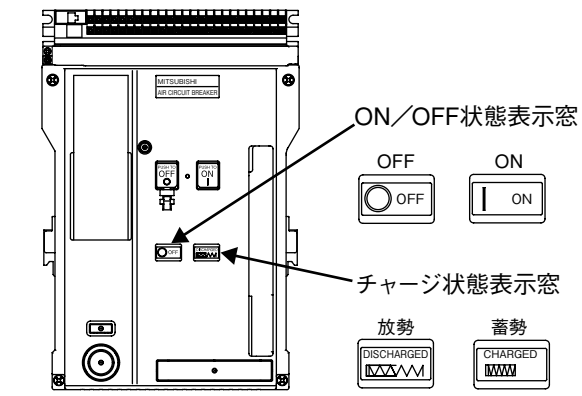


図5. 35　状態表示

(3) 引きはずし自由(トリップフリー)

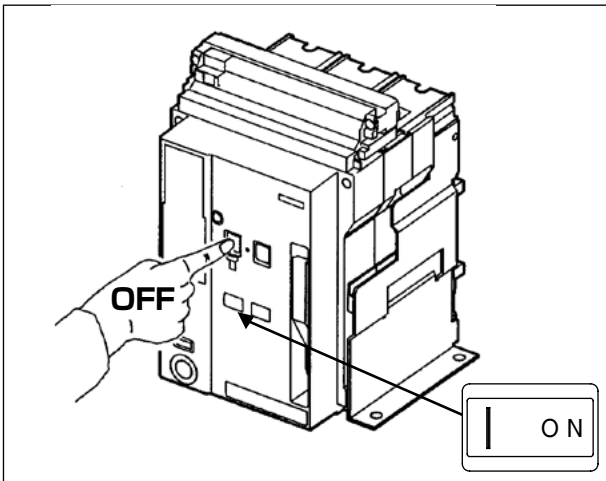
ACBがON動作中にあっても、引きはずし動作を妨げないことをいう。ACBはすべて、トリップフリーの構造となっている。

また、OFF操作中にON操作をしてもONしない(OFF優先動作)構造になっている。

(4) 断路(アイソレーション)機能

断路(アイソレーション)機能とは、「安全のため全ての電気エネルギー源から設備や区域を分離することにより、設備の全部又は個々の部分から電源を切り離すための機能」と定義されている。

接点が閉じているときは、いかなる場合であってもACBはOFF表示ができない構造になっている。



接点が閉じていれば、いかなる場合であってもACBがOFFを表示しない。

図5. 36　断路(アイソレーション)機能

5. 3. 3　引出形ACB

ACBは保守・点検・交換を容易に行えるよう、本体を引出枠から取外し可能な引出形を準備している。

(1) 挿入／引出操作

ACBは引出ハンドルを本体に挿し、ハンドルを回すことで本体を枠へ抜き差しできる。

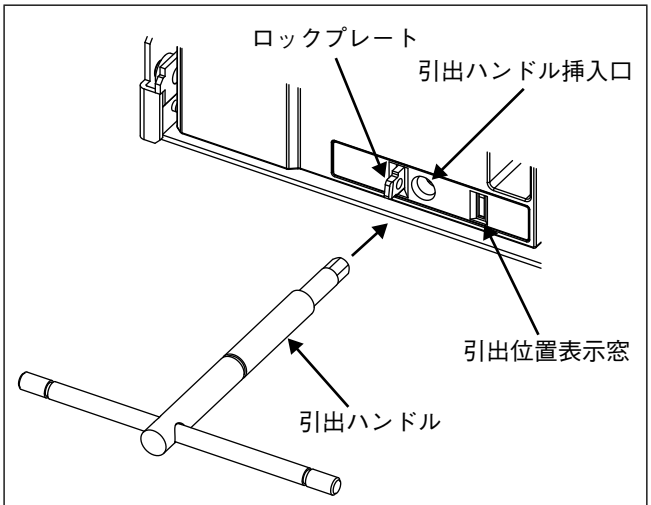


図5. 37　引出形操作部

(2) 引出インターロック

ACBがON状態では、挿入・引出操作できない構造となっている。

OFFボタンを押した状態でなければ引出ハンドルを本体に挿入できない。

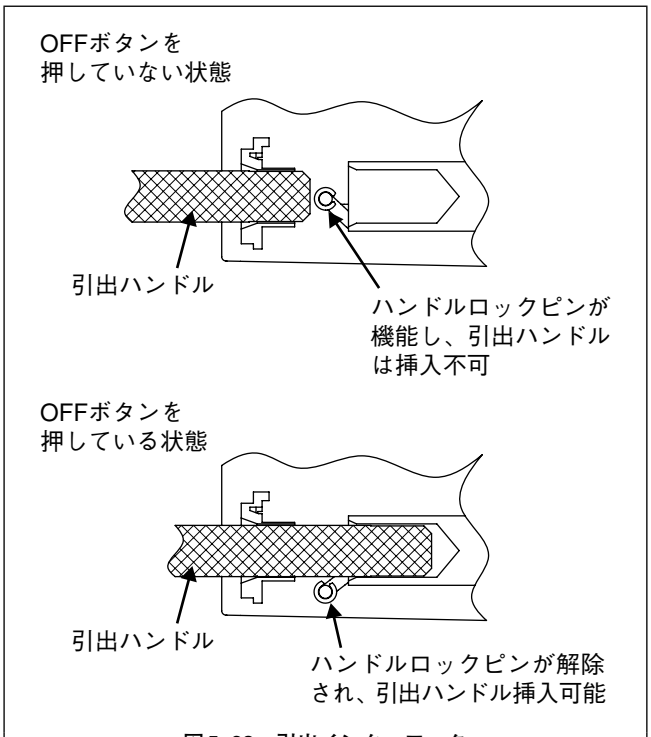


図5. 38　引出インターロック

(3) 引出形操作位置

①操作位置

本体の引出目的は、本体を単純に枠から抜くための操作だけでなく、主回路を断路した状態で制御回路の確認を行うための「試験位置」も存在する。本体の引出状態は、引出位置表示窓で確認することができる。

	状態表示窓	本体の接続状態	備考
接続位置	DISCONNECT TEST CONNECT	制御回路：接続 主回路：接続	主回路・制御回路とも接続している通常の使用状態
試験位置	DISCONNECT TEST CONNECT	制御回路：接続 主回路：断路	主回路は断路し、制御回路は接続している制御回路のテストをすることができる状態
断路位置	DISCONNECT TEST CONNECT	制御回路：断路 主回路：断路	主回路・制御回路とも断路している状態
引出位置			引出レールによりACBが引出枠より外に引出された状態 ※断路位置より手で引出す

図5. 39　引出形操作位置

②ポジションロック

挿入・引出操作時、「試験」「接続」位置で引出機構を自動的にロックし、各位置を明確にする構造となっている。

ロックプレートを押込むとロック解除され、引出ハンドル操作が可能となる。

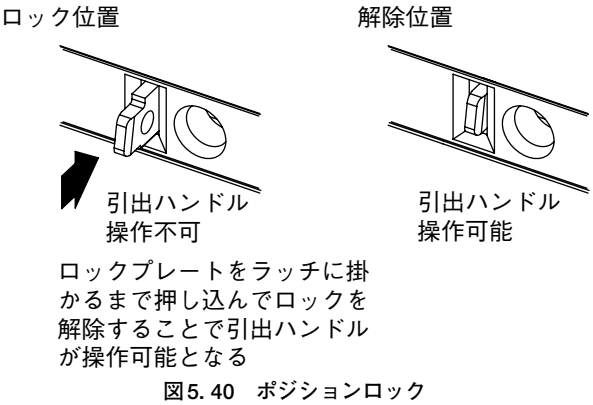


図5. 40　ポジションロック

5. 3. 4　引きはずしリレー

(1) 過電流引きはずし動作

引きはずしリレー(ETR)の過電流引きはずし、地絡保護の動作エネルギーは電源CTから供給される。(漏電保護は制御電源から動作エネルギーを供給)

各相に流れる電流はリニアリティーの良い空芯コイルにより検出され、増幅回路で増幅されてA/D変換器によりデジタル信号に変換される。この信号を実効値演算し、過電流引きはずしの設定値を超えている場合は、トリップコイルのトリガー回路を動作させて引きはずし動作を行う。

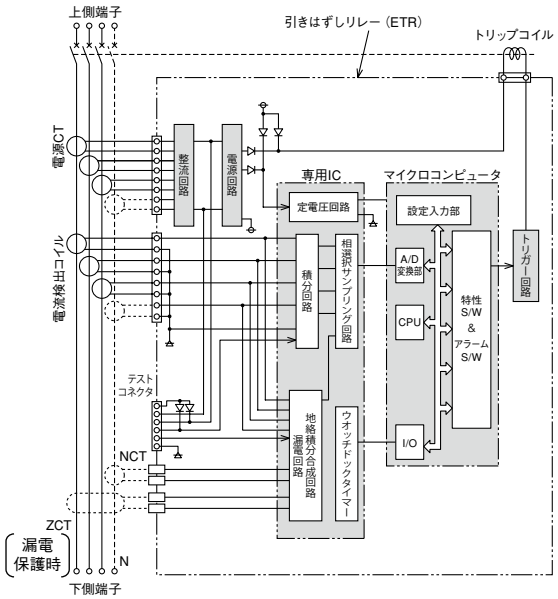


図5. 41　引きはずしリレー内部ブロック図

(2) 検出コイルによる地絡保護

地絡保護は本体内蔵の電流検出コイルにより、各相の電流検出信号をベクトル合成することで検出している。地絡が発生していない場合はベクトル和が0となり(図5. 42)、地絡保護は動作しない。また、不平衡負荷の状態でも地絡が発生していない場合はベクトル和が0となり(図5. 43)、地絡保護は動作しない。

地絡が発生した場合のみベクトル和が0とならず、地絡電流が検出される。(図5. 44)

地絡電流が設定値を超えると地絡動作の設定時間で動作する。地絡保護は、TRIPとALARMの切換えが可能である。

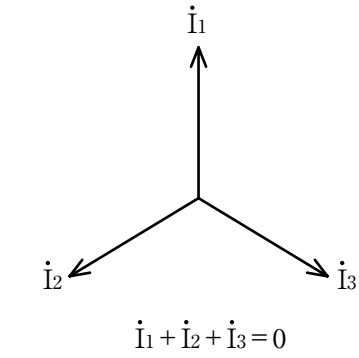


図5. 42　地絡発生なしのベクトル合成

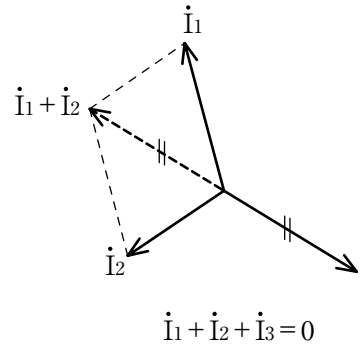


図5. 43　不平衡負荷のベクトル合成

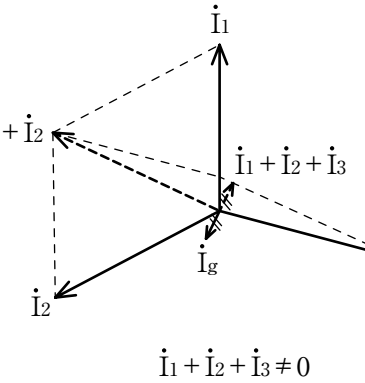


図5. 44　地絡発生時のベクトル合成

(3) ZCTによる漏電保護

漏電保護は、別置きの外部ZCT(零相変流器)を使用して1～10Aの感度電流を検出する。ZCTに導帯(導線)を通すことにより、各相電流により発生する磁束を鉄心がベクトル合成する。漏洩電流が流れると各相の電流バランスがくずれて漏洩電流の大きさに相当した検出電圧がZCTより出力される。この検出電圧を用いて漏電保護を行う。

感度電流が設定値を超えると設定時間で動作する。

漏電保護は、TRIPとALARMの切換えが可能である。

(4) MCR機能

MCR (Making Current Release) 付きACBを使用した場合、ACB投入時 (OFFからON) は (長限時＋短限時＋瞬時) 引きはずし特性を有し、ACB投入後は瞬時引きはずし特性は無くなり (長限時＋短限時) 引きはずし特性となる。

これにより投入時の短絡事故に対しては、瞬時引きはずし特性が機能し、投入後は下位遮断器との選択協調領域がACBの定格短時間耐電流まで拡大可能である。

図5. 45において、S_1点の事故に対してはNFB_1のみが動作し、上位のACBおよびNFB_2はいずれも動作に至らないようにすることができる。

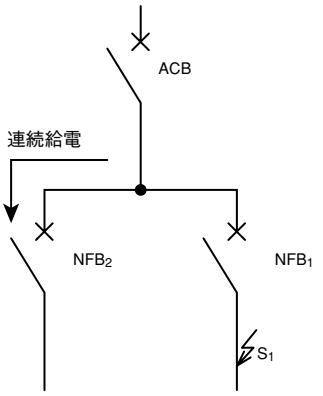


図5. 45　選択遮断

MCR付きACBを使用すると ACBとNFB_1の動作特性曲線は図5. 46のようになり、ACBは長限時と短限時引きはずし特性のみとなる。NFB_1の瞬時引きはずし領域の短絡電流が流れてもACBは遮断動作せず、NFB_1のみ遮断動作する。

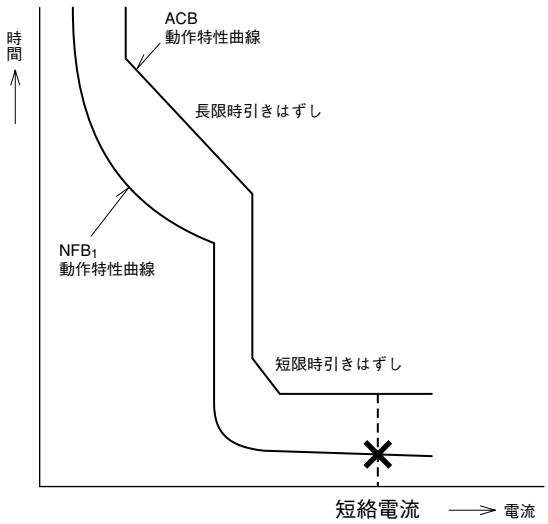


図5. 46　MCR設定時の動作特性

MCR付きACBを使用しないとACBとNFB_1の動作特性曲線は図5. 47のようになり、ACBとNFB_1の瞬時引きはずし領域の短絡電流が流れるとACBとNFB_1共に遮断動作する。

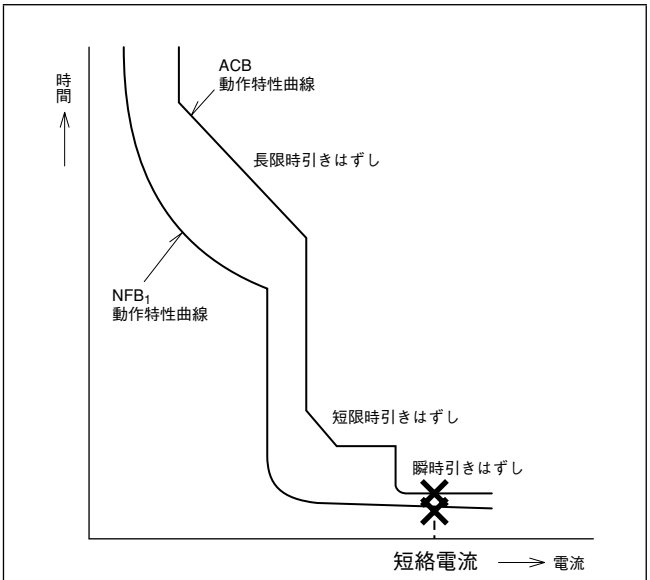


図5. 47　MCR設定なしの動作特性

5. 4　定格、特性の特殊な遮断器

5. 4. 1　マグオンリ

マグオンリ遮断器（瞬時引きはずしのみ付遮断器）は、標準の配線用遮断器に対し時延引きはずし特性をもたず、短絡電流などの大電流に対してのみ保護を行う。短絡電流以下の過負荷保護をする保護機器と組合せて使用する。

5. 4. 2　サイリスタ保護用

(1) AC側（一次側）

インバータ回路、調光回路等の各種のサイリスタ変換装置のAC側（一次側）遮断器として使用するもので、負荷回路の短絡による過電流の他、アーム短絡や点弧失敗等サイリスタの故障による過電流からサイリスタを保護する。

(2) DC側

サイリスタレオナード方式のDC側遮断器として使用するもので電源喪失や転流失敗時の短絡事故電流からサイリスを保護する。瞬時引きはずしのみ付（マグオンリ）とする。
速動ヒューズと組合せ使用すればより確実にサイリスタの保護ができる。

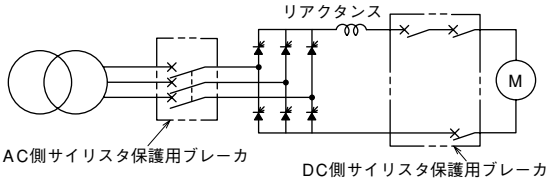


図5. 48　サイリスタ保護用ブレーカの使用例

5. 4. 3　インバータ溶接機用

インバータ溶接機のあらかじめ設定された通電サイクルを超えて通電が行われると、変圧器、配線あるいは溶接物も損傷を受ける。この異常通電に対する保護は一般の過負荷保護装置では動作時間が溶接機の設定通電時間に比べはるかに長く不可能である。
インバータ溶接機用漏電遮断器は漏電保護、短絡保護に加えてこの異常通電に対する保護も可能としたもので、溶接機の通電時間に合せて時間設定ができる。
（タイマ機能が不要な場合は標準の漏電遮断器が使用できる。）

(1) 異常通電に対する保護動作

タイマの通電時間設定は溶接機の通電時間設定値よりやや長目に設定する。タイマの通電時間設定を超えても溶接電流が継続している時（連続通弧、異常通電）はタイマの内蔵接点が閉じ、引きはずしコイルが励磁され、遮断器は自動遮断する。

(2) 漏電に対する保護動作

漏電が発生したときは零相変流器（ZCT）により漏電を検出し、漏電検出部を通し引きはずしコイルが励磁され、遮断器は自動遮断する。
溶接開始時の過渡現象による大きな突入電流が誤動作の原因となる場合があるが、磁気シールドを強化しているので誤動作の心配はない。

(3) 短絡に対する保護動作

短絡が発生したときは瞬時引きはずし装置が働き、瞬時に遮断器は自動遮断する。

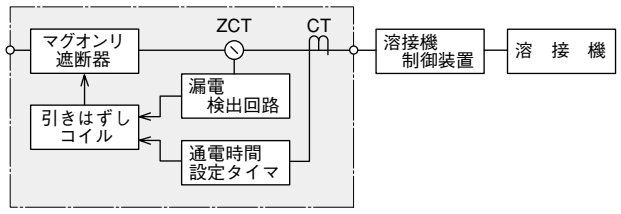


図5. 49　インバータ溶接機用漏電遮断器のブロック図

5. 4. 4　400Hz用

周波数が高くなると渦電流損により引きはずし特性が変化し、温度上昇が大きくなり、瞬時引きはずし電流も大きくなる。400Hz 回路用遮断器は、この点を考慮して、400Hz用に材料変更、特性の調整などを行ったものである。

5. 4. 5　変圧器一次側用高インストブレーカ

変圧器の一次側で開閉を行うと、非常に大きな励磁突入電流が流れ、配線用遮断器の瞬時引きはずし電流設定値（Inst）を越えて不要動作する場合がある。このため、通常は定格電流の大きな配線用遮断器を選定する必要がある。
この変圧器一次側用高インストブレーカは、標準の配線用遮断器に比べて瞬時引きはずし電流値を高くしたもので、励磁突入電流に耐えるものである。
なお、配線用遮断器の投入寿命回数は励磁突入電流の影響で大幅に低下するので、開閉は電磁接触器等の開閉器を設置して行う必要がある。

5. 4. 6　協調用低インストブレーカ

高圧側の保護機器として、電力ヒューズ（PF）が使用されるが、変圧器の二次側の配線用遮断器と協調がとれていなければならない。一般の配線用遮断器では協調がとれない場合がある。

協調用低インストブレーカは、保護協調の範囲を拡大するため、瞬時引きはずし電流値を下げたもので、定格電流の6倍のものと4倍のものがある。

なお、このブレーカを使用する場合は、モータの始動電流などで不要動作しないよう下位の機器との協調を確認しておく必要がある。

5. 4. 7　ノーヒューズスイッチ（DSN形）

ノーヒューズスイッチ（DSN 形）は、標準の配線用遮断器から自動引きはずし素子を取り除いた開閉器である。

したがって、消弧装置がありますので、ACで定格電流の6倍、DCで2.5倍の開閉容量がある。

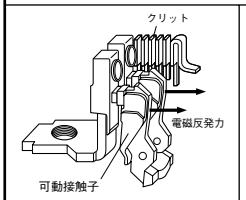
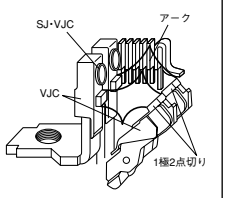
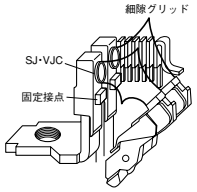
5. 5　超限流ブレーカ

(1) 構造と動作

超限流遮断器は、三菱独自のアーク制御技術VJCを採用した限流ユニットを通常の遮断器本体に接続することによって世界最大クラスの遮断容量AC415V200kAと非常に高い限流性能をもっている。

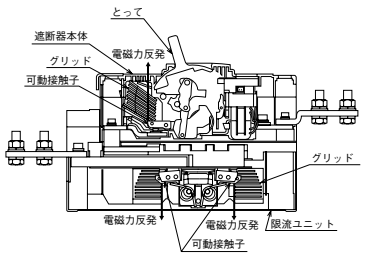
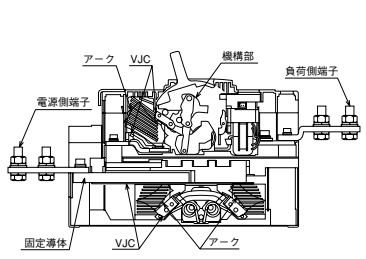
- **NF125-UV、NF250-UV**

表5. 5

限流ユニット部の動作原理	
	短絡電流発生直後、導体間に電磁反発力が働き、可動接触子が開極を始め、アークが発生する。
	接点周囲のVJCにより、発生したアークのアークスポットを強制縮小すると共に、アーク柱を絞りこむ。また、限流ユニットは1極2点切りの構造になっており、限流ユニットのアーク電圧は2倍になり、さらに遮断器本体の接触子を加えると1極直列3点切りとなるため、限流作用は非常に高められる。（トリプルブレーキングシステム）
	固定接点のアークスポットは、SJ-VJCの突起へ高速で転流され、アークは絶縁材料が非常に狭い間隔で配置された細隙グリッドによって冷却される。その後遮断器本体がトリップ動作し、遮断が完了する。（SJ-VJC、細隙遮断）

- **NF400-UEW、NF800-UEW**

表5. 6

	《ON状態》 短絡電流発生直後、限流ユニットと遮断器本体の可動接触子は平行導体間の電磁反発力により、開極を始め、アークが発生する。（電磁反発導体）
	《反発状態》 接点周囲のVJCにより、発生したアークのアークスポットを強制縮小するとともに、アーク柱を絞りこむ。 また、限流ユニットは1極直列2点切りの機構になっており、限流ユニットのアーク電圧は2倍になり、さらに遮断器本体の可動接触子は各極が独立して急速開極し、超限流遮断器は1極直列3点切りとなるため、限流作用は非常に高められる。 （VJC、トリプルブレーキングシステム）

(2) 限流とは

低圧電力回路は、一般に電源と抵抗とインダクタンスからなりたっている。

回路に短絡事故が生じ流れる電流が時間とともに大きくなっていくとき、インダクタンスには電流の流れる方向と反対の向きに起電力が発生する。

この逆起電力と流れる電流との積による電気エネルギーは回路の**磁界のエネルギー**として貯蔵され、次に電流が時間とともに減少するときに放出される。この回路の磁界のエネルギーは、抵抗内に発生する**ジュール熱**とは別のものである。インダクタンスが電路のエネルギーをたくわえたり放出したりする様子は、機械系のはずみ車とよく似ている。はずみ車に回転を与えて、それにエネルギーをたくわえさ

せておき、反回転方向に力をかけるとショックを受けるが、これは、はずみ車にたくわえられたエネルギーが放出されていることを示している。このように電気回路には貯蔵・放出が行われるインダクタンス内のエネルギーと、熱となって放出される抵抗内のエネルギーの2種類がある。短絡電流を遮断するということは、このインダクタンスの磁界内にたくわえられたエネルギーを、いかに上手に外部に放出させるかということと、抵抗内に発生するジュール熱をいかに少なくするかということである。図5. 50において短絡電流が時間とともに増加しioに達したとすると、電流がどのような径路をたどって増加しても$\frac{1}{2}$Lio²(L：インダクタンス)のエネルギーがインダクタンス内にたくわえられる。また、発生する熱はI²R・t(I：通過電流実効値 t：時間 R：抵抗値)に比例している。いずれも電流の2乗に比例しているので、もしなんらかの方法で本来の短絡電流をそのまま流さないで、それを小さくしぼることができれば、すなわち、遮断に際して限流作用を行うことができれば遮断時のエネルギーは小さくてすみ、小形で安価な遮断器の場合でも大きな短絡電流を遮断することができるようになる。短絡電流を小さくしぼること、すなわち**"限流"**という作用が、遮断器の性能のなかの1つの重要な要素として大きくクローズアップされているのは上記のような理由による。三菱NFBには超限流遮断器・VJC付遮断器および遮断方式ISTAC適用の遮断器などが限流遮断を行う。その限流特性を図5. 57から図5. 66に示す。

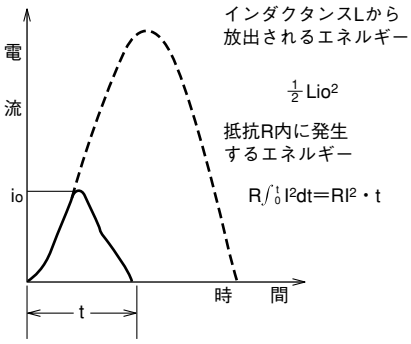


図5. 50　限流遮断の図

5. 6　ISTAC搭載遮断器

(1) 構造と動作

ISTACとはImpulsive Slot Type Acceleratorの略であり、従来の当社NFBの中心的な遮断技術であるVJC(Vapor JetControl)技術と磁界を利用した新技術を融合することで、さらに限流遮断性能の向上を図った遮断技術である。限流性能の向上により、短絡電流を小さく制限でき、遮断も容易になり、遮断器に占める遮断消弧室スペースを縮小でき、選択遮断領域が拡大し、カスケード遮断性能も向上するものである。

(2) VJC技術

限流性能を向上させるには、遮断時のアーク電圧を高める必要がある。当社独自に開発した技術であり接点周辺を厚みのある絶縁物にて覆うことにより、アーク電圧を制御する方法である。

絶縁物によって電極周辺を覆うことにより

① アークの足の制限

② 電極からの高温ベーパー・ジェットの放射方向の制限

その結果として

③ アーク陽光柱の断面積の縮小が起る。

上記①は、絶縁材料による効果である。

②は、アーク足の背後に厚みのある絶縁物があることにより、圧力が上昇するとともに絶縁物の出す蒸気により、アーク足の周辺部の圧力がさらに上昇し、電極から出るベーパー・ジェットの方向に制限を加えている。

③は上記の①と②の結果として足が小さくかつ高温ベーパーの放射方向の制限によって必然的に起ることであり、かつ絶縁物の出すベーパーがアーク外周部の温度を冷却する効果も相まって、さらにアーク陽光柱断面積を縮小していることになる。

また、アークの温度分布を定める上で大切なのはラディエーションと圧力差に基づく膨張冷却である。従ってVJCアークは絶縁物によってアーク空間(特にアークの足近傍)の圧力を上昇させること、および絶縁物蒸気の冷却効果の両者により即ち、ラディエーションロスと膨張冷却を促進させることにより、アークのエネルギーロスを増大させアーク電圧を上昇させることになる。

VJCの有無によるアークの大きさの差異を図5. 51に、アーク電圧の差異を図5. 52に示す。

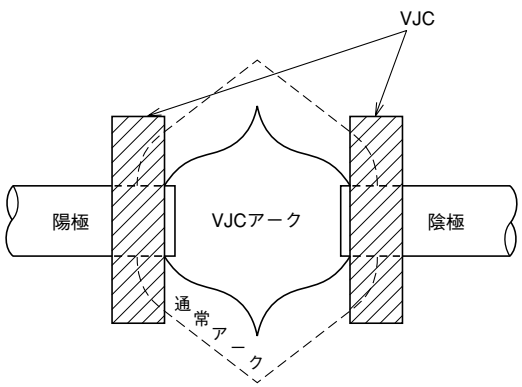


図5. 51　VJCの有無によるアークの差異

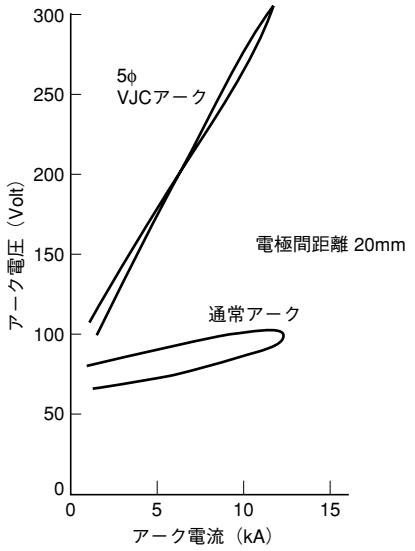


図5. 52　VJCの有無によるアーク電圧の差異

(3) ISTAC技術

ISTACは、さらに限流性能向上のために限流効果の立ち上がりを早める可動子・アークの高駆動力構造と、遮断時の絶縁性能を高める新絶縁材料によって構成されている。

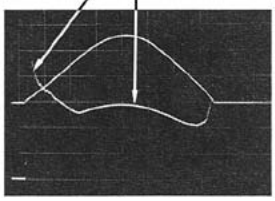
(4) ISTAC電流路

短絡時の限流効果の発生が早ければ早いほど、小さい電流から限流を開始するので、結果的に通過電流せん(尖)頭値を小さくすることができる。そのためには、短絡初期に可動子をより早く開極し、アークをより長く引き伸ばすことが重要である。図5. 53に示すように、大電流アークでの基礎実験によると、駆動磁場によってアークを引き伸ばすことができるのは電流が比較的小さい間だけで、大電流となるとアークの電極蒸気流が強大になり、磁場の効果が生かせない。したがって、アークを引き伸ばす駆動磁場は、電流が大きくなる前の可動子の開極初期にこそ必要である。図5. 54に示す従来のUターン固定子では、電流Bと電流Cによる反発力が可動子に加わるが、電流Aと電流Cによる吸引力も逆方向に可動子に加わっており、可動子を開極させる力が有効に発生していなかった。

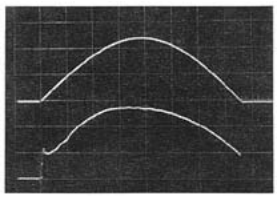
ISTACでの電流路は、図5. 55に示されるように、開極初期において固定子を形成するすべての電流路が、可動子やアークを駆動する方向に構成されている。開極初期において発生する電流Aと電流Cによる吸引力は、可動子を開極させる方向に働き、電流Bと電流Cによる反発力も、可動子を開極させる方向に作用する。さらには、以下で説明する細げき(隙)遮断構造の固定子と可動子間のアークによって発生する圧力も加わり、三つの力で可動子を高速開離する(図5. 56)。

(5) 細隙遮断と新絶縁材料

ISTACでは、従来のVJC技術(Vapor Jet Control)を固定子と可動子に採用し、さらに固定子側VJC絶縁材料で遮断部を囲む細隙遮断方式としているので、アーク抵抗が飛躍的に高まる。しかし、従来方式に比べてアークに触れるVJC絶縁材料の面積が広いため、VJC絶縁材料の性質が遮断に大きな影響を及ぼす。ISTACではVJC絶縁材料にナイロン系の樹脂をベースに充てん(填)材としてセラミック繊維や金属水酸化物を配合した新絶縁材料を開発した。これはナイロン系の樹脂の方が、従来のVJC絶縁材料よりアークに触れたときの表面の炭化やすすの発生量が少ないためである。また、充填材としてセラミック繊維や金属水酸化物も、遮断時の炭化物生成を抑え、遮断直後の絶縁回復力向上に役立っている。



（a）　アークが駆動する様に磁界をかけた場合（磁束密度　B＝1.1T）



（b）　磁界なし

上の波形：電流4.5kA／div, 下の波形：電流54V／div
横軸：時間（1ms／div）

図5. 53　磁界の有無による電流電圧波形
（図5. 51のVJC無し電極間距離L =5mm）

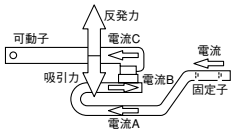


図5. 54　従来方式Uターン固定子

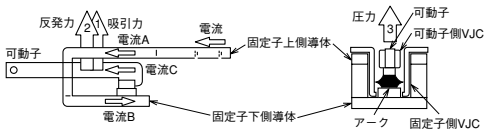


図5. 55　ISTACの構造

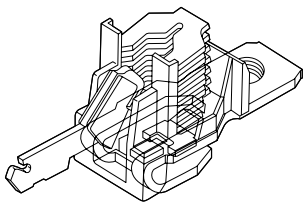


図5. 56　ISTAC細隙構造

• 限流特性図（AC415V）

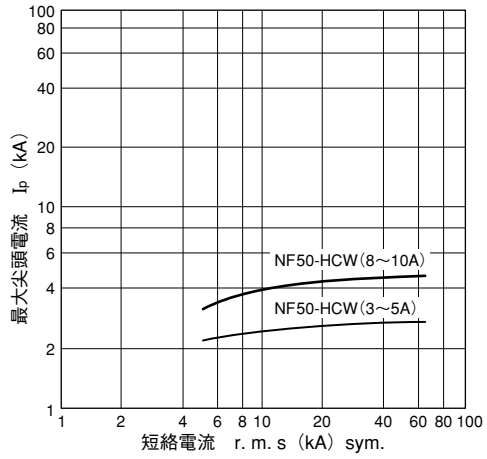


図5. 57 NF50-HCW形通過電流尖頭値特性

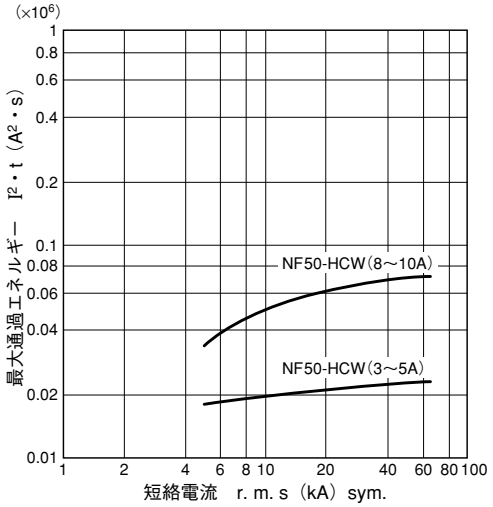


図5. 58 NF50-HCW形通過I^2・t特性

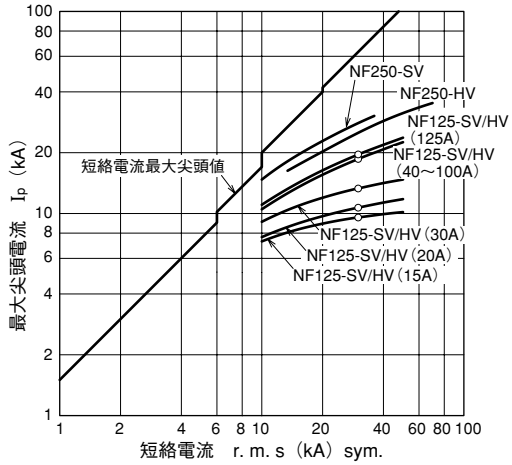


図5. 59 NF125-SV・HV、NF250-SV・HV形
通過電流尖頭値特性

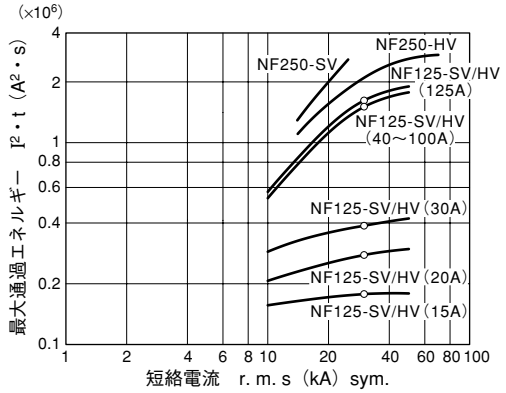


図5. 60 NF125-SV・HV、NF250-SV・HV形
通過I^2・t特性

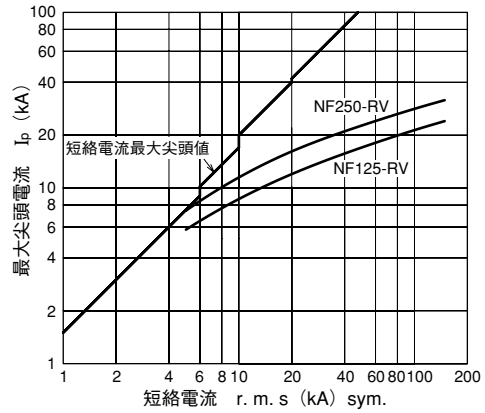


図5. 61 NF125-RV、NF250-RV形
通過電流尖頭値特性

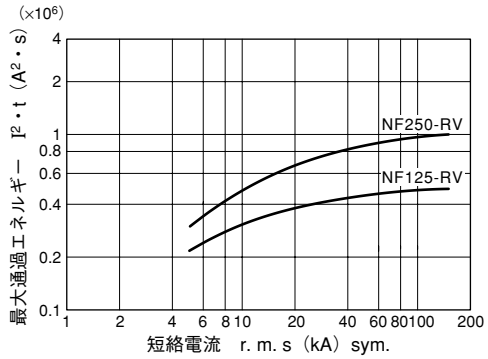


図5. 62 NF125-RV、NF250-RV形
通過I^2・t特性

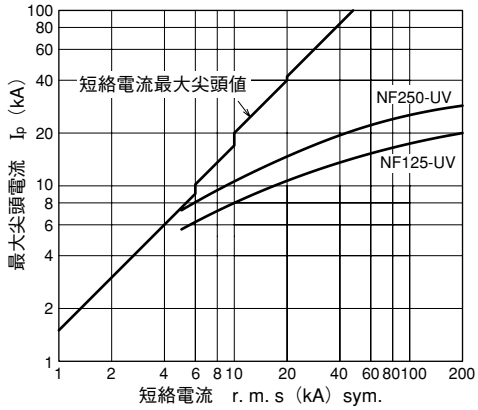


図5. 63 Uクラス通過電流尖頭値特性

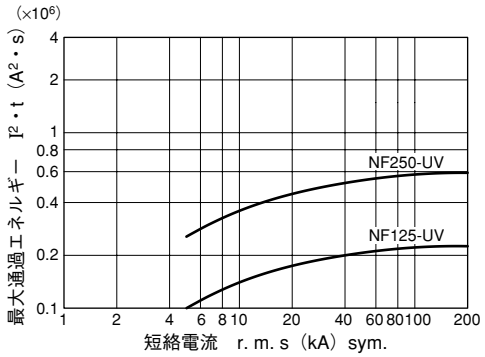


図5. 64 Uクラス通過I²・t特性

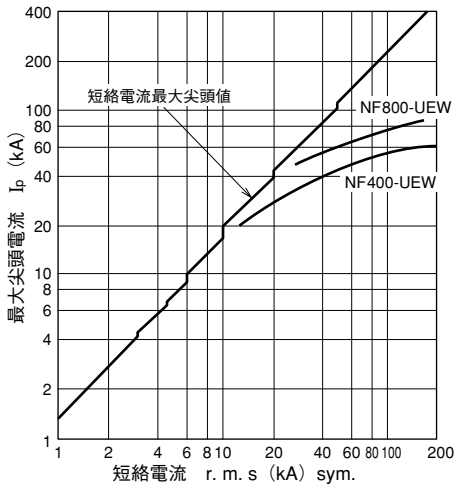


図5. 65 Uクラス通過電流尖頭値特性

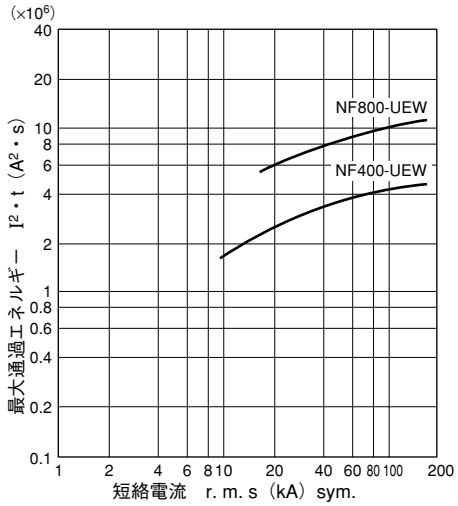


図5. 66 Uクラス通過I²・t特性

5. 7　電子式ノーヒューズ遮断器（NF125-SEV～NF1600-SEW）

(1) 構造と動作

各相に流れる電流はCTによって変成され、整流回路で各相毎に全波整流される。それらに比例したアナログ信号をマイクロコンピュータに送り、A/D変換器でデジタル信号に変換する。この信号を各相毎に実効値演算し、この結果が所定値を越えている場合は、長限時引きはずしやプレアラーム特性処理を行う。

これによりトリガー回路がトリガー信号を出力してトリップコイルを励磁し、開閉機構を引きはずす。ＥＴＲ(Electronic Trip Relay)はデジタル実効値検出方式を採用しており、インバータなどの電子機器負荷による歪波形負荷電流が流れる回路でも、過電流引きはずし特性のズレを防止し、高精度な保護を可能としている。

また、表5. 7の6項目からなる特性をそれぞれ設定できるマルチ可調整方式を採用し、保護協調の自由度を格段に向上させている。

表5. 7

項目 ＼ 適用機種	100～250A フレーム	400～1600A フレーム
定格電流：In	●※1	●※2
長限時動作時間：TL	○	●
短限時引きはずし電流：Is	○	●
短限時動作時間：Ts	○	●
瞬時引きはずし電流：Ii	●	●
プレアラーム電流：Ip	■	●

●：可調整部のつまみで設定可能
○：ポータブルテスタY-350にて設定可能
■：プレアラーム付の場合、プレアラームモジュール上のつまみで設定可能
※1　100A以下の場合、可調整機能はありません（固定になります）
※2　連続可調整（Ir）も可能です。

400～1600Aフレームの可調整部を図5. 68に、動作特性曲線を図5. 69に示す。

図5. 70に示すように、マルチ可調整方式の電子式遮断器を使用することにより、高圧側の電力ヒューズと協調がとり易く、また負荷機器の突入電流による不要動作の回避もやり易くなる。

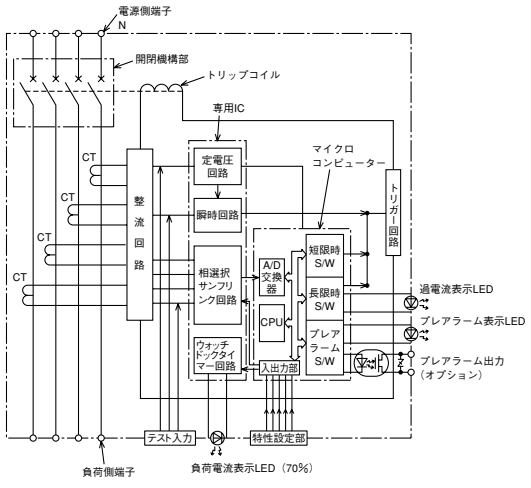


図5. 67　電子式過電流引きはずし装置の回路図

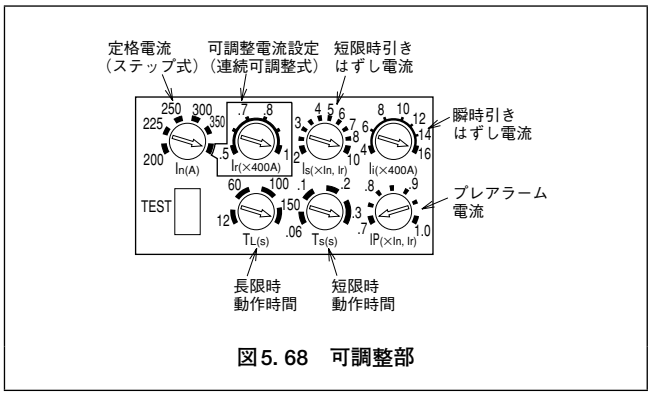


図5. 68　可調整部

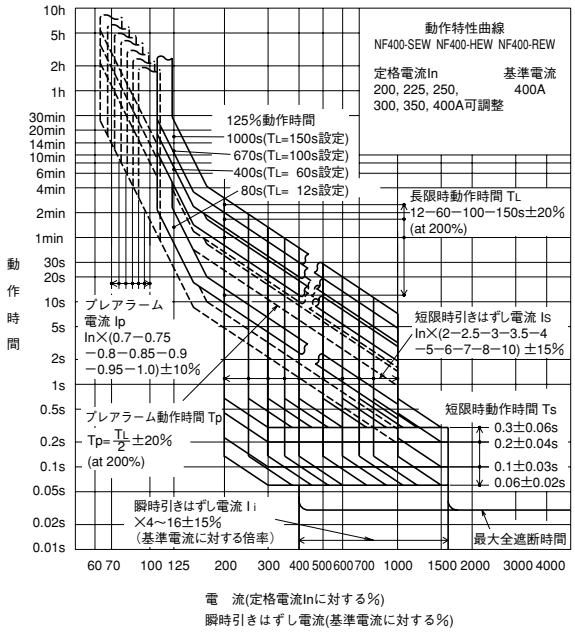


図5. 69　動作特性曲線の例

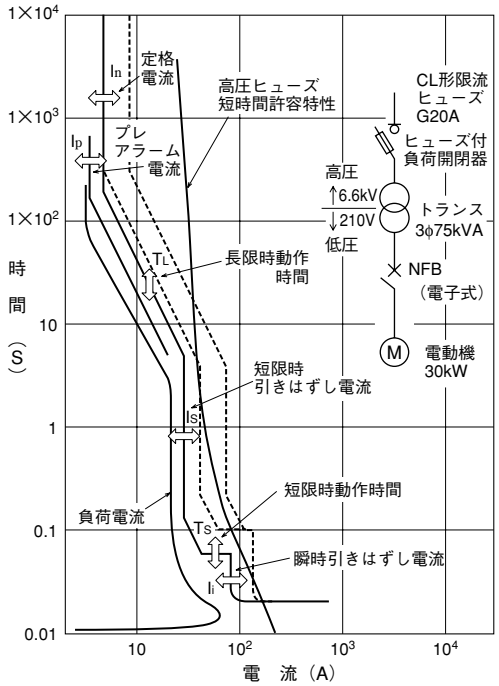


図5. 70　過電流保護協調図

また、保守点検が便利なように、NFB本体に過電流表示LEDを装備しており、動作状況が容易に把握できる。動作表示は次のようになる。

過電流表示LED「OVER」…

定格電流の約115%以上の過電流が流れると赤色点灯さらにポータブルテスタY-351（100A～250Aフレーム用）、およびY-250（400A～1600Aフレーム用）により、長限時引きはずし・短限時引きはずし・瞬時引きはずし・プレアラームの各動作特性チェックが可能である。

NFBにはテストターミナルが装備してある。ポータブルテスタY-351、およびY-250は別売である。

動作テストの方法は次のとおりである。

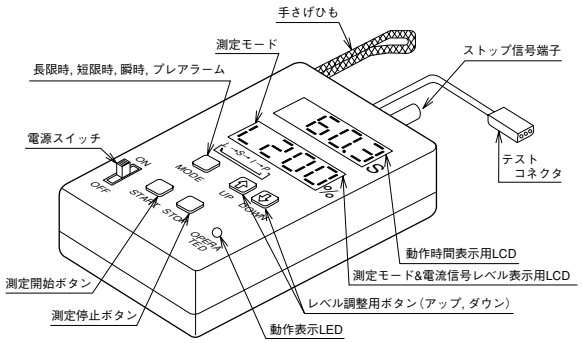


図5. 71　ポータブルテスター Y-250の外観

①動作テストの方法

遮断器のテストカバーを開け、ポータブルテスタのテストコネクタを挿入する。活線では動作テストを行ってはならない。

②長限時動作テスト

測定モードを長限時Lとし、スタートボタンを押す。テスト信号が発生しLCDは動作時間を表示する。テスト信号はレベル調整用ボタンにより最大定格電流の30～300%相当の設定が可能である。（Y-351では最大定格電流の30～600%の設定が可能）

③短限時動作テスト

測定モードを短限時Sとしスタートボタンを押すと短限時動作時間を測定できる。

④瞬時動作テスト

測定モードを瞬時Iとしスタートボタンを押すと瞬時動作時間を測定できる。

⑤プレアラーム動作テスト

測定モードをプレアラームPとし、スタートボタンを押すとプレアラーム動作時間を測定できる。なおY-250では、プレアラーム出力をテスタのストップ信号端子に接続しておく必要がある。

(2) プレアラーム（PAL）

①構造と動作

図5. 72の内部接続図例においてプレアラーム回路には負荷電流の実効値に比例する直流電圧信号が印加され、その値がプレアラーム設定値を所定時間越えた場合に出力回路が働きプレアラーム出力接点が閉じる。これと同時にプレアラーム動作表示用LEDが点灯する。プレアラーム出力は自己保持となっており、リセットボタンを押すか、一部の機種では制御電源を切るまで動作状態を保持する。

この自己保持の機能により、電気管理者が連続監視していなくても、電力需要の最大を知ることができる。プレアラーム動作表示は、複数のプレアラーム遮断器のプレアラーム出力が並列接続されている場合に、どのプレアラーム遮断器が警報を出力したか知るのに便利である。

なお、デジタルETR電子式遮断器のプレアラーム動作時間は、長限時動作時間の1/2で動作する反限時特性を持たせている。

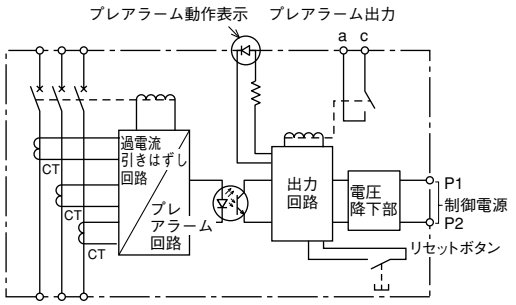
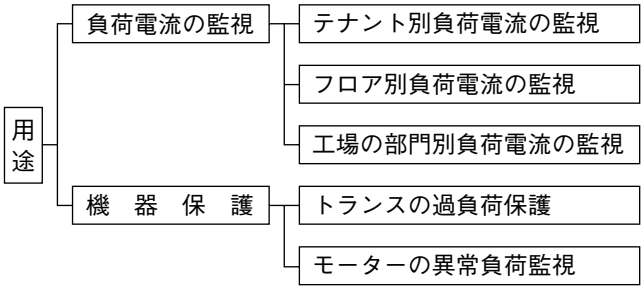


図5. 72　プレアラーム内部接続図例

②用途

プレアラーム遮断器の用途には、下記の様に負荷電流の監視と負荷機器を守る用途がある。



5. 8　MDUブレーカ

5. 8. 1　構造と動作

MDUブレーカとは電路情報を計測しデジタル表示する計測表示ユニット（MDU：Measuring Display Unit）を遮断器に搭載したもので、遮断器とCT、VTおよび計測表示ユニットを複合化することで省配線・省スペースで多彩な電路監視とエネルギー監視、負荷状態の監視を実現できる。

(1) 計測

MDUの計測項目、計測精度はシリーズ、機種、アンペアフレームにより一部異なる。

①動作

図5. 73に示すように各相に流れる電流は一次CTによって変成され、電子式NFBの過電流引きはずし回路および、計測表示ユニットMDUに送られる。

また、線間電圧は抵抗により電圧信号に比例した信号に変換され、VT相当CTによって変成され、MDUに入力される。MDUはCT、VTからの電流、電圧信号を電圧信号に変換し、この信号をA/D変換部でデジタル化する。CPUは実効値演算、デマンド演算、電力演算、電力量の積算、高調波電流演算などを行う。

計測項目には負荷電流、線間電圧、電力、電力量、および高調波電流（第3、5、7、……19次、総合）があり、電路の状況を容易に確認でき、きめ細かなエネルギー管理を実現する。表5. 8および表5. 9にその項目を示す。電圧、電流、電力の計測サンプリングは0.25s間に1回の計測を行い、その値から現在値やデマンド値などの計測値を演算している。電力量は0.25s間に1回の計測サンプリング値からの演算値であるため抵抗溶接機のような断続負荷のある場合は注意が必要である。

電力量は契約や証明用のデータとしては使用できない。

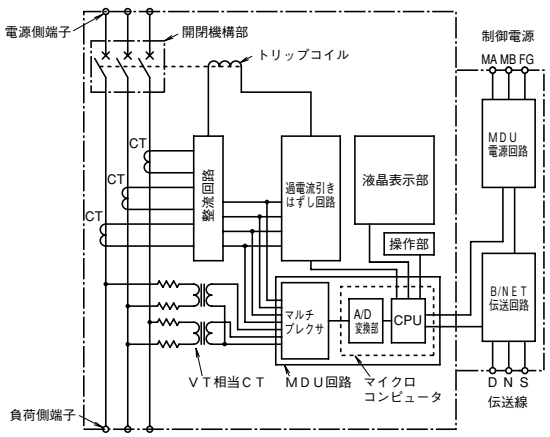


図5. 73　MDUブロック図

表5. 8　計測項目一覧表（WS-Vシリーズ）

項目 ＼ 適用機種		NF250-SEVM
計測・表示	各相の負荷電流　精度±1% 現在値、デマンド値、デマンド最大値	●
	線間電圧　精度±1% 現在値、最大値	●
	高調波電流　精度±2.5% 現在値、デマンド値、デマンド最大値	●
	電力　精度±1.5% 現在値、デマンド値、デマンド最大値	●
	無効電力　精度±2.5% 現在値、デマンド値、デマンド最大値	●
	電力量　精度±2%※1 積算値、最新1時間量、1時間量最大値	●
	無効電力量　精度±3%※2 積算値、最新1時間量、1時間量最大値	●
	力率　精度±5% 現在値、最大値	●
	周波数　精度±2.5% 現在値	●
	事故電流・事故原因表示	●
	計測定格電流	250A※3
	計測定格電圧	AC440V
	計測電流最大値	計測定格電流の2倍
	計測電圧最大値	AC690V
B/NET伝送（オプション）※4		
CC–Link通信（オプション）※4		
電力量パルス出力（オプション）※4		
MDU制御電源		AC/DC100-240V共用　12VA

※1　計量法にもとづいた電力需給用ではありません。電圧（100V～440V）×電流（計測定格電流5～100%）の範囲で真値の±2%になります。
※2　電圧（100V～440V）×電流（計測定格電流10～100%）の範囲で真値の±3%になります。
※3　低定格品（50/60/75/100/125A）は125A。
※4　B/NET伝送・CC-Link通信・電力量パルス出力は同時に取付けはできません。

表5. 9　計測項目一覧表（W&WSシリーズ）

項目 ＼ 適用機種		NF225-SWM	NF400-SEPMA NF400-HEPMA	NF600-SEPMA NF600-HEPMA	NF800-SEPMA NF800-HEPMA
計測・表示	各相の負荷電流　精度±2.5% 現在値、デマンド値、デマンド最大値	●	●	●	●
	線間電圧　精度±2.5% 現在値、最大値	●	●	●	●
	高調波電流　精度±2.5% 現在値、デマンド値、デマンド最大値	●	●	●	●
	電力　精度±2.5% 現在値、デマンド値、デマンド最大値	●	●	●	●
	電力量　精度±2.5%※1 時間電力量、時間電力量最大値	●	●	●	●
	力率　精度5%	●	●	●	●
	事故電流・事故原因表示	●	●	●	●
	計測定格電流	225A※2	400A	600A	800A
	計測定格電圧	AC440V			
	計測電流最大値	計測定格電流の2倍			
	計測電圧最大値	AC690V			
警報LED		PAL OVER			
B/NET伝送（オプション）※3		○			
CC–Link通信（オプション）※3		○			
電力量パルス出力（オプション）※3		○			
MDU制御電源		AC/DC100-240V共用　12VA			

※1　計量法にもとづいた電力需給用ではありません。電圧（100V～440V）×電流（計測定格電流の5～100%）の範囲で真値の±2.5%となります。
※2　低定格品（50A／60A／75A／100A）は100A。
※3　B/NET伝送・CC-Link通信と電力量パルス出力は同時に取付けはできません。

②計測精度

MDUにおける電流、電圧等の精度は計測の定格電流、定格電圧に対する誤差の割合を百分率で表わす。また電力量の精度は真値に対する誤差の割合で示す。

例えばNF250-SEVM 250Aの場合、計測定格電流＝250Aより、その電流の許容差は250A×1%＝2.5Aとなり、電流0Aから250Aまでの領域において±2.5Aがその許容差となる。

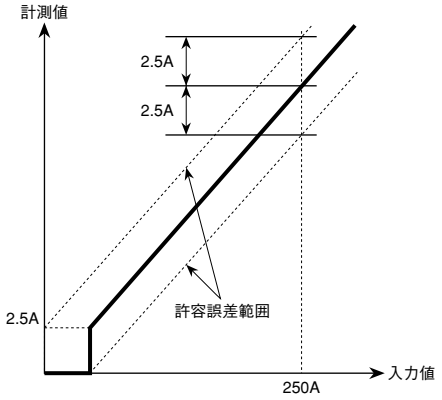


図5. 74　計測精度

またデマンド値とはデマンド時限間におけるほぼ平均値のことである。

デマンド時限（t_0）とは、ある一定入力（I）を連続して通電した場合に計測表示値（I_0）が入力（I）95%を表示するまでの時間をいう。入力（I）を100%表示するには時限（t_0）の約3倍の時間を必要とする。（図5. 75）

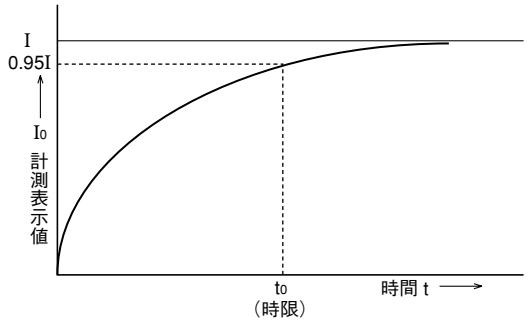


図5. 75　デマンド特性

③MDUの外観・取付

MDU外観例を図5. 76および図5. 77に示す。

【MDU取付け例】

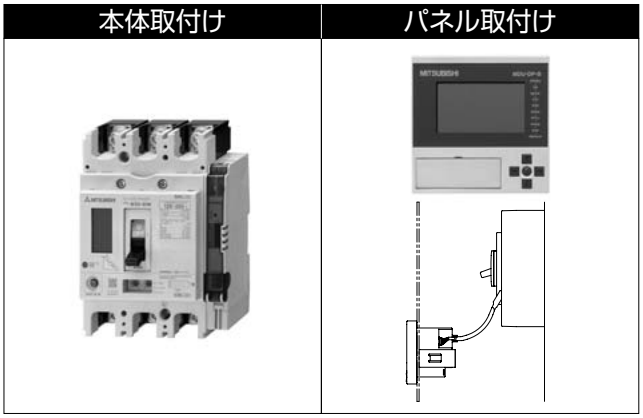
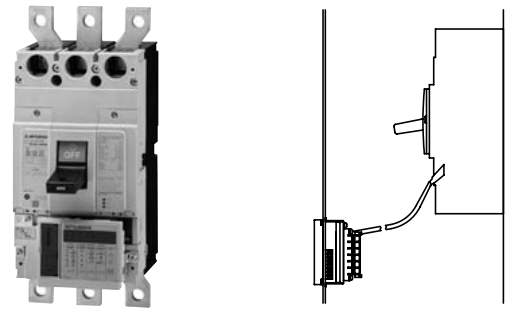


図5. 76　NF250-SEVM 3P



外形　本体取付け　　外形　パネル取付け

図5. 77　NF400-SEPMA　3P

(2) 保全機能

MDUブレーカは事故の原因究明や復旧を早くできるように遮断器がトリップした場合、その事故原因やその時の負荷電流である事故電流を計測し不揮発性メモリに記憶する機能を有している。またデマンド電流、時間電力量等の最大値を不揮発性メモリに記録するので、電気使用の状態の把握等に役立つ。

(3) 警報出力機能

負荷電流を常時監視し、事前設定値を超えた場合、警報を出力する。

負荷電流プレアラームPAL、過電流警報OVERがある。

(4) 通信機能

計測したデータは三菱配線制御ネットワークB/NET（オプション）、または、フィールドネットワークCCLink（オプション）にて通信することができる。省エネルギーのための原単位管理データの取得や予防保全のための電気設備稼働データの自動収集ができる。また、積算電力量はパルス出力（オプション）として出力が可能である。シーケンサに直接入力が可能となり、シーケンサによる電気使用の管理の省力化が可能である。

5. 8. 2　耐電圧・絶縁抵抗試験

遮断器の負荷側極間には、VTが接続されているため、負荷側極間の耐電圧試験はできない。(表5. 10、×印のところ)
DC500Vによる絶縁抵抗試験では、壊れることはないが、低い絶縁抵抗値を示す。(△印のところ)遮断器の主回路一括と大地間の耐電圧試験や絶縁抵抗試験は問題ない。
(注)1000Vの絶縁抵抗計は破壊するため使用できません。

表5. 10　耐電圧・絶縁抵抗試験箇所

測定箇所/試験			絶縁抵抗測定		耐電圧試験	
とっての状態			ON	OFF	ON	OFF
充電部一大地間			○	○	○	○
異極間	電源側	左一中極間	△	○	×	○
		中一右極間	△	○	×	○
		左一右極間	△	○	×	○
		左一中性極間	△	○	×	○
		中一中性極間	△	○	×	○
		右一中性極間	△	○	×	○
	負荷側	左一中極間	△	△	×	×
		中一右極間	△	△	×	×
		左一右極間	△	△	×	×
		左一中性極間	△	△	×	×
		中一中性極間	△	△	×	×
		右一中性極間	△	△	×	×
電源一負荷側端子間			—	○	—	○

5. 9　配電盤用プラグイン形

(1) 構造と特長

配電盤の標準化設計ができ、回路の増設や仕様変更時の停電時間短縮などに役立つ主母線に直結できるプラグイン遮断器である。

①盤の標準化設計ができる。

- 100Aフレームから630Aフレームまで遮断器取付面からパネルカット面までの寸法(124mm)を統一しているので、盤設計が容易である。

②盤の省スペース化が図れる。

- 主母線からの分岐導帯が不要となり盤寸法の縮小が可能となる。

③盤の保全性が向上する。

- 盤の前面保守構造により保全性、安全性の向上が図れる。
- 分岐導帯の母線へのねじ締め作業や遮断器の電源側端子のねじ締め作業が不要となり、作業性がよくなることで増設・仕様変更などの時、停電作業時間が短縮できる。

図5. 78　NF250-SV(BPM)

図5. 79　配電盤用プラグイン形遮断器の使用例

5. 10　非常電源用〈耐熱形〉

5. 10. 1 要求される性能

消防庁告示第10号の「低圧で受電する非常電源専用受電設備の配電盤および分電盤の基準」により、耐熱性能をもった配・分電盤に収納される機器については、火災時でも消防用設備への通電を継続できる耐熱性能をもったものでなければならない。

(1) 耐熱通電性能

①一種耐熱形

280度耐熱試験温度曲線により30分間加熱したとき支障なく耐熱定格電流を通電することができる。

②二種耐熱形

120度耐熱試験温度曲線により30分間加熱したとき支障なく耐熱定格電流を通電することができる。

③耐熱定格電流について

負荷電流は耐熱定格電流（基準周囲温度で規定された定格値の70%）以内で使用すること。

これは配・分電盤の断熱構造による熱拡散の減少を補正するものである。ただし、配線の太さは常温定格電流により選定する。

三菱耐熱形ノーヒューズ遮断器・開閉器はこの基準に定められる一種・二種認定機器に適合し「非常用配電盤等機器認定業務委員会」の認定を得ている。

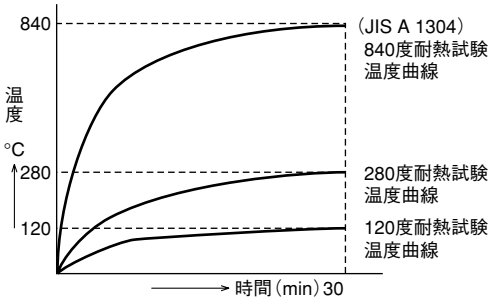


図5. 80　耐熱温度曲線

5. 10. 2　適用

耐熱形NFBの適用は、設置場所により次の表5. 11の通り定められている。

表5. 11　耐熱形NFBの必要場所

消防庁予防課171号　昭和55年8月23日による

非常電源の種類		設置場所	区分	機器の種類
非常電源専用受電設備（特定防火対象物では1000m²未満に限る）	低圧受電（注5）	不燃室（注1）	電気室（注2）	二種
			機械室（注3） パイプシャフト	二種
		一般居室	―	一種
		階段	一般階段	一種
			（注4） 特別避難階段 避難階段	二種
		廊下	―	一種
	高圧受電 特別高圧受電	キュビクル式は規定された屋外または受電室その他は不燃専用室		一般形機器

注(1)不燃材料で造られた壁、柱、床および天井（天井のない場合にあっては屋根）で区画され、かつ窓および出入口に甲種防火戸または乙種防火炉を設けた不燃区画をいう。

(2)耐火構造の床、壁または甲種防火戸もしくは、乙種防火戸で区画された電気室は除き、これら除かれた場所についてはJIS C 8480（キャビネット形分電盤）に適合する配電盤等を設置すればよい。

(3)ボイラー室等の火気使用機械室は1種配電盤等を設置すること。

(4)建築基準法施工令第123条に規定する避難階段または特別避難階段をいう。

(5)関連法規 …… 消防法施行規則第12条

5. 10. 3　構造

(1) 一種耐熱形

一種耐熱形については、耐熱性能を得るため一般品に対して構造を次の通り改善している。

①ベース、カバーを耐熱性の高いもの（ガラス繊維等のフィラー入りポリエステル樹脂）とする。

小形NFBのベース、カバーの材料は一般にはフェノール樹脂を使用しているが、高温条件におかれたばあいの寸法変化および強度等を考慮して、耐熱性成形材料（ガラス繊維入ポリエステル樹脂）を用いている。

これにより高温時収縮等の寸法変化が極めて少いので、密閉性を保って周囲の温度上昇に対してNFB内部の温度上昇を遅らせ、内部機構の保持を行うと同時にベース、カバー自体の耐熱性を向上させている。

一般フェノール樹脂と耐熱形に使用するガラス繊維入ポリエステル樹脂の耐熱性能を比較すれば、表5. 12に示す通りである。

表5. 12　ベース、カバー用材料の耐熱性能の比較

	フェノール樹脂	ポリエステル樹脂
耐熱温度　JIS K 6911　℃　2h	160	200
長期高温放置による寸法変化（150℃　500h）	0.6%	0.05%以下
発　火　温　度　　℃	429	486

注　試験条件と実用状態とは異なるが、比較資料として掲げた。

②ばね材料を耐熱性のあるものとする。

NFBのばねの中には、例えばNFBの時限装置のオイルダッシュポット内の鉄心ばねのようにりん青銅を材料としているものがあるが、これは高温では硬度が低下しばね特性が変りNFBの時限特性が変化する。従ってこのようなばねについては高温時に変化しにくいステンレスに変更している。図5. 81にりん青銅とステンレスの温度特性を示す。

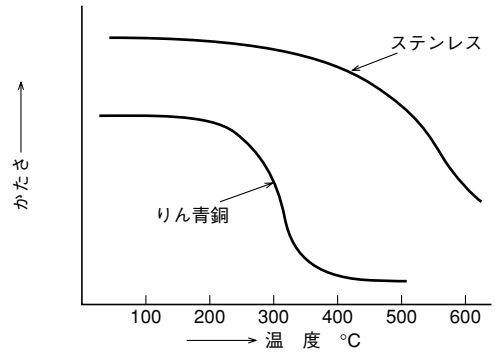


図5. 81　りん青銅とステンレスの温度特性

③はんだは高温はんだを使用する。

オイルダッシュポットのふたの取付、あるいはオイルダッシュポット自体の取付にはんだを用いているが、これを溶融温度の高い高温はんだとしている。

普通はんだと高温はんだの溶融点を比較すれば、表5. 13の通りである。

表5. 13　はんだの溶融点

	普通はんだ	高温はんだ
溶　融　点　℃	190	310

④熱可塑性樹脂は使用しない。

NFBに熱可塑性樹脂は絶縁構造材料として、一部使用される場合もあるが、これら熱可塑性樹脂は、100～200℃で軟化し変化するため一種耐熱形には使用していない。

(2) 二種耐熱形

二種耐熱形については、一般品の材質で充分に耐えられるものであり、かつNFBの外部と内部とは、温度勾配があり内部の温度上昇は更に少いので材質および構造は一般品と同じである。但し動作特性については高温で動作することのないよう特別な動作特性としている。

5. 11　単3中性線欠相保護付

5. 11. 1　背景

近年、一般家庭でもAC200Vを使用するケースが増え、中性極の不充分な接続や事故などによる断線により中性極が欠相するケースが増大している。

一般家庭に採用されている単相3線式配線では、万一中性線が欠相すると、AC100V回路の負荷機器に異常電圧が印加されて、電圧耐量の小さい負荷機器では絶縁劣化や焼損に至る場合がある。

このような事故から負荷機器を保護するため単3中性線欠相保護付遮断器が急速に普及してきた。

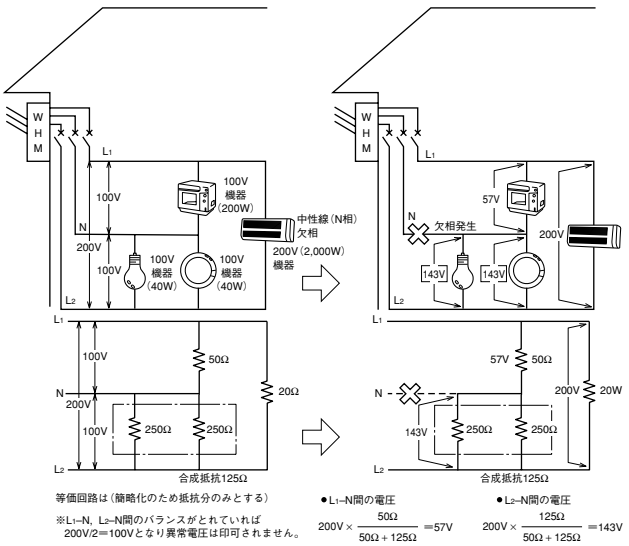


図5. 82　中性線の欠相事故例

5. 11. 2　構造と動作

構造は標準のNFBもしくはNVとほぼ同一であり、過電圧検知機能を有している。

欠相事故が発生すると図5. 82のようにL1 – L2間の中性線が浮いた形となり、AC100V用機器の電圧は負荷の構成により変動し、異常電圧が発生する場合がある。このような場合に過電圧から負荷機器を保護する必要がある。単3中性線欠相保護付NVの、内部回路を図5. 83に示す。欠相時に発生する過電圧は過電圧検出リード線により電子回路に入力される。電子回路部では入力電圧は整流され、過電圧レベル判別回路により検出基準電圧を連続して超えた場合1秒以内に回路を遮断する。動作電圧はAC135V以内となっておりAC120V以内では動作しない。

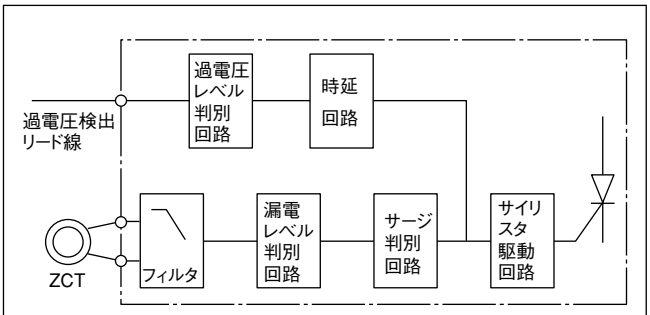


図5. 83　内部回路

図5. 84は一般の家電品がどのくらいの耐電圧を有しているかの実験例であるがこの実験によると単3中性線欠相保護付遮断器により、ほとんどの機器が保護されることになる。しかしながら機器によっては耐量のない場合もあるので注意が必要である。

単3中性線欠相保護付NVは、太陽光発電の商用電力系統と接続する連系システムにおいて必要とされる逆接続に対応している。但し、一部の機種において、内部付属装置であるメグ測定SW（MG）が必要である。（内線規程1375-2による）（漏電遮断器が漏電又はテスト動作後、発電設備側から漏電遮断器二次側に発電停止までの間電圧を印加した状態となるため）

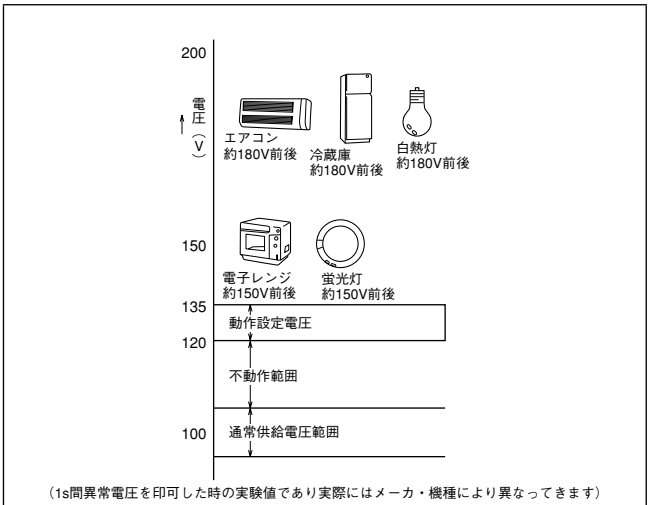


図5. 84　家電品の耐電圧実験例

図5. 85に過電圧検出リード線の接続例を示す。リード線は分電盤の末端の中性極導体へ接続する。過電圧の検出はリード線接続点より電源側を行うことになる。

保護可能範囲は図5. 85および表5. 14に示す通りで、過電圧検出リード線の接続点より電源側の中性線欠相による過電圧を検出することができる。すなわち、図5. 85の①～③の箇所は検出可能であり、④⑤の箇所の検出はできない。

さらに1台の単3中性線欠相保護付遮断器で複数の並列に配置された分電盤を保護することができる過電圧検出分岐ユニット（NBU）も別売りしている。

この接続例を図5. 86に示す。

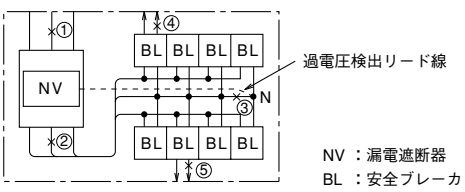


図5. 85　過電圧検出リード線の接続例

表5. 14　断線位置と欠相検出の可否と必要性

断線箇所	①	②	③	④	⑤
検出可否	○	○	○	×	×
必 要 性	要			不要（注）	

注：④⑤の箇所はN相断線であり、過電圧は発生しない。

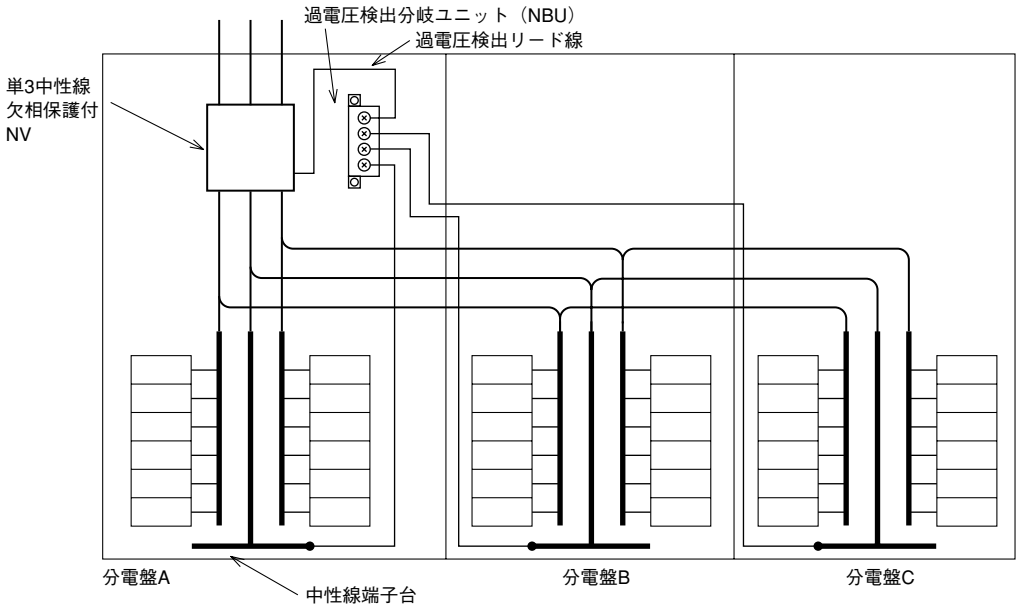


図5. 86　NBU接続例

5. 11. 3　欠相事故防止について

欠相事故の報告の中では、ほとんどの場合、その前兆が報告されている。代表的なものは、テレビの画面や蛍光灯が明るくなったり暗くなったりするちらつき現象が発生している。しかしながら現実問題としてそのような現象を中性線の欠相事故として察知することは少ない。

単相3線式のAC100V回路の機器を保護する有効な手段として単3中性線保護付NVの設置が推進されており、電力会社各社が採用している内線規程でも、単相3線式に設置されるNVには単3中性線欠相保護付を使用するように定められている。また、このような普及に供い1992年、NVのJIS規格に単3中性線欠相保護付NVの項目が新たに追記された。

5. 12　漏洩電流表示付

5. 12. 1　背景

NVにおける漏電トリップの原因を調査する場合、以下のような問題がある。

- ZCT（零相変流器）及び波形記録装置などを設置する必要があり、時間・労力・設置場所が必要になる。
- 測定機器設置後に漏電トリップが再現しない。
- 漏えい電流に高調波が含まれ、正確な測定が困難である。

上記問題を解決するためには、漏電トリップ発生時の漏えい電流値を計測・記憶する漏えい電流表示付きNVが便利である。

また、電路の漏えい電流値を常時計測するため、電路の絶縁劣化状態を把握することも可能である。

5. 12. 2　構造と動作

構造は、遮断器本体部と遮断器本体右側面の側面ユニットより構成される（図5. 87）。遮断器本体部の構造は、標準のNFBもしくはNVと同様である。側面ユニットは、漏えい電流の現在値・最大値・事故電流値などの各種漏えい電流値およびアラーム設定などの設定値を表示するための液晶表示部（図5. 88）、表示項目の切換や各種設定時などに使用する操作スイッチ部、そして漏電アラーム（NFBの場合）または漏電プレアラーム（NVの場合）の警報を出力するための警報接点出力回路部より構成されている（図5. 89及び図5. 90）。

遮断器としての動作は、標準のNFB器及びNVと同様である。側面ユニットの動作はZCTにより検出した漏えい電流を増幅回路により増幅し、マイクロコンピュータ内蔵のA/D変換器によりデジタル化後、実効値演算した結果を液晶表示回路に表示する。演算した漏えい電流値が警報のピックアップ値よりも大きい場合、接点出力回路に出力し、液晶表示回路にアラーム表示する。漏えい電流表示付NVの場合、遮断器がトリップすると、遮断器内部のEAL回路によりマイクロコンピュータにトリップ信号が出力され、マイクロコンピュータはその時の漏えい電流値を事故電流値として計測し、液晶表示回路にトリップ表示するとともに、記憶回路に記憶保持する。

なお、側面ユニットの制御電源は、遮断器内部より取得している。

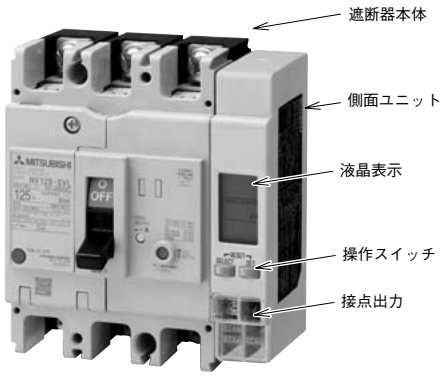


図5. 87　NV125-SVL

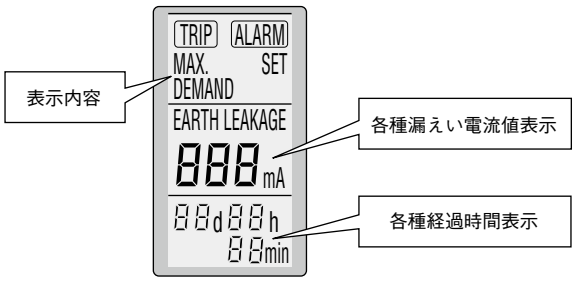


図5. 88　液晶表示（全点灯時）

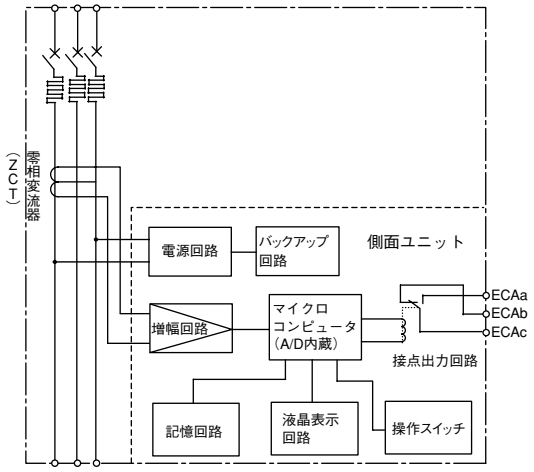


図5. 89　漏えい電流表示付ノーヒューズ遮断器

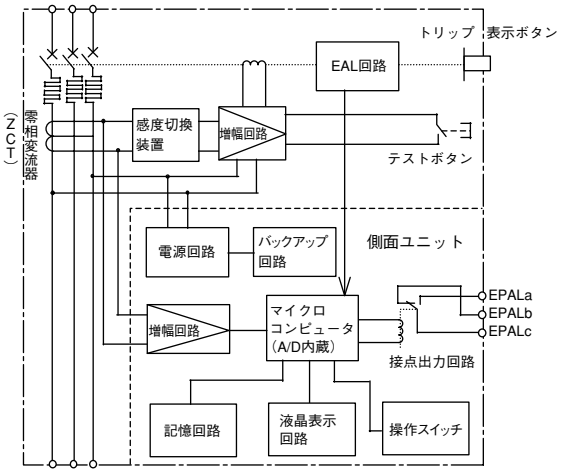
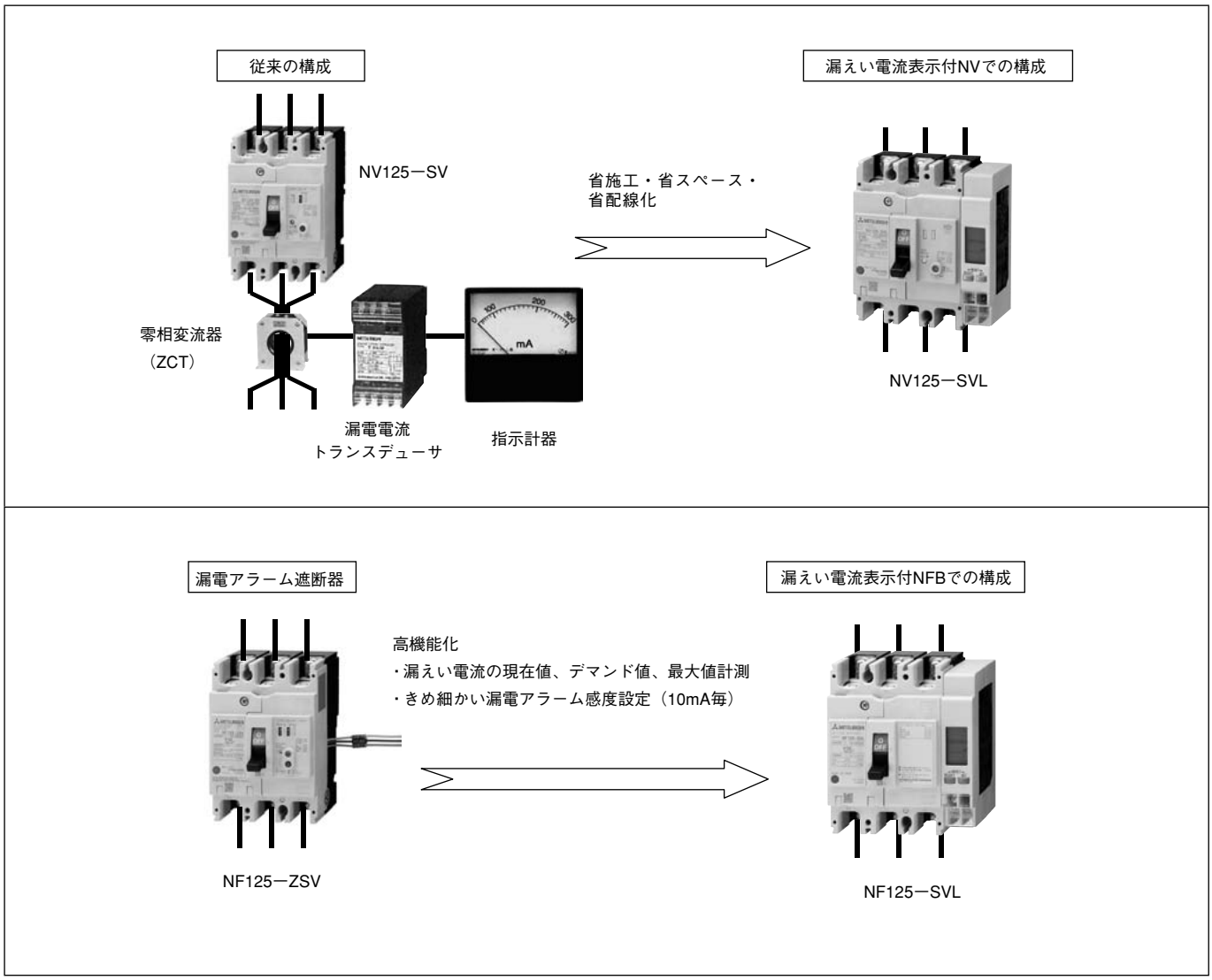


図5. 90　漏えい電流表示付漏電遮断器

5. 12. 3　用途

OA機器・インバータ・ヒータなどの漏えい電流の多い負荷が接続される電路における漏電監視に最適である。従来ではZCT及び指示計器等を使用していた漏電監視システムに、漏えい電流表示付遮断器を使用することにより、省施工・省スペース・省配線で、漏電監視が実現可能となる。

また、漏電アラーム遮断器の代わりに漏えい電流表示付NFBを使用することにより、より詳細な漏電情報が検出可能となる。



5. 13　漏電アラーム

注意：漏電アラーム遮断器は電気用品取得上NFBの一種でありNVではない。したがって、電気設備、技術基準、内線規程、労働安全衛生規則等でNVの設置が義務付けられている箇所には適用できない。

5. 13. 1　背景

近年、地絡が発生しても直ちに遮断できない回路が増加している。

従来このような回路にはNFBと、漏電リレー及びZCTの組み合せが使われていたが、省スペース・省力化の要求に対応する為、一体となった漏電アラーム遮断器が必要となってきた。

5. 13. 2　構造と動作

構造は、NVとほぼ同一であるが、異なる点としては、漏電引きはずし装置の代わりに、地絡発生時に警報のみ出力するリレーが内蔵されていることが挙げられる。外形寸法はNVと同一である。

動作は図5. 91に示すとおり、地絡が発生するとZCTが地絡電流を検出し、その検出信号は増幅回路により増幅され、内蔵されているパワーリレーを駆動し、警報を出力すると同時に本体の漏電表示用LEDが点灯する。

警報は回路内部で電気的にラッチされており、リセットボタンを押すか、主回路の電源がなくなるまで保持される。

なお、地絡電流が定格不動作電流以下になると自動的に警報を停止する、漏電アラーム自動リセット式(ARS)もある。

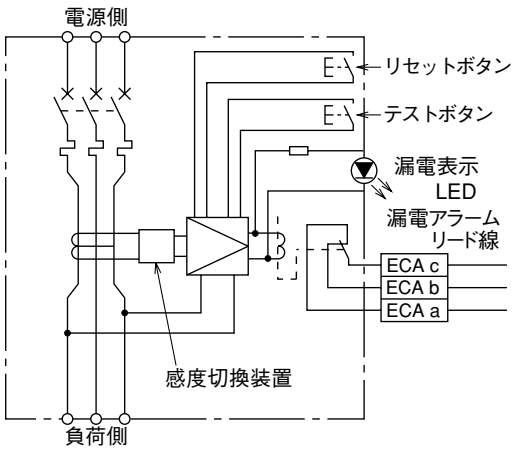


図5. 91　内部接続図

5. 13. 3　用途

連続給電が必要な重要回路の漏電監視に最適であり、ビル・工場の配電設備・各種工作機械の電源など幅広い分野に利用できる。

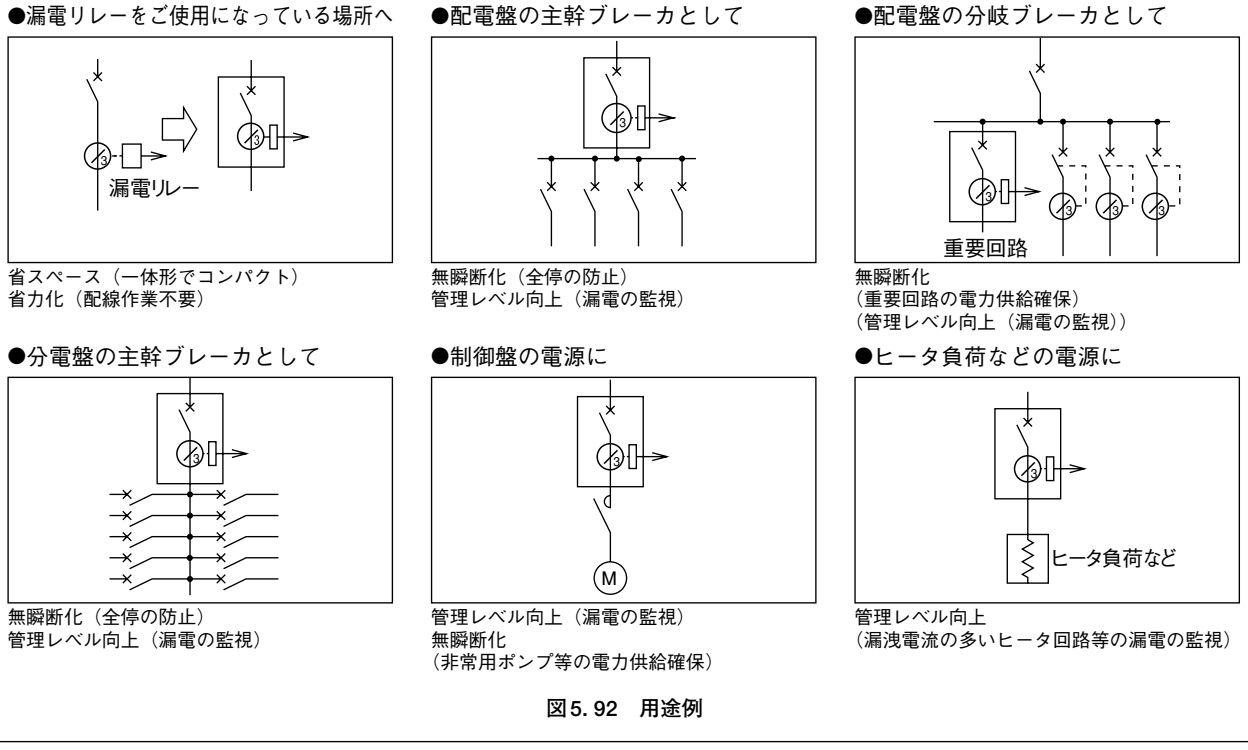


図5. 92　用途例

5. 13. 4　アラーム・トリップ切換形（ATU）

地絡発生時、回路を遮断するか又は、警報を出力するかを、選択したい場合ATU（Alarm Trip Unit）付漏電アラーム遮断器が便利である。

（1）構造と動作

構造はNVの機能である漏電引きはずし装置と漏電アラーム遮断器の機能である警報を出力するリレーがともに内蔵されている。外形寸法はNV及び漏電アラーム遮断器と同一であるが、新たに、リード線端子台が本体右側に付加される。動作は、図5. 93に示すとおり、漏電アラーム遮断器同様、地絡が発生すると、ZCTが地絡電流を検出し、その検出信号は増幅回路により増幅される。このとき、アラーム/トリップ切換端子が開放の場合は、内蔵されているパワーリレーを駆動し、警報を出力すると同時に本体の漏電表示用LEDが点灯する。逆にアラーム/トリップ切換端子が短絡の場合は、漏電引きはずし装置を駆動し回路を遮断するとともに、漏電トリップ表示ボタンが突出する。従って、アラーム/トリップ切換端子の入・切の操作をするだけで、回路遮断か警報出力を選択することができる。

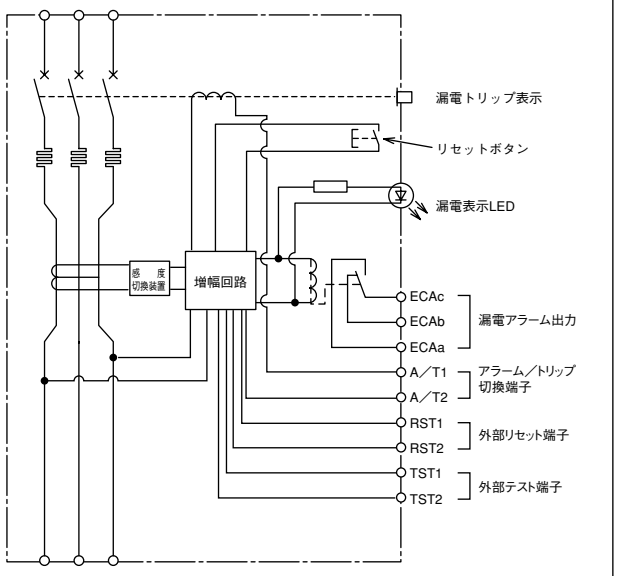


図5. 93　内部接続図

（2）用途

漏電遮断←→漏電警報を状況に応じて使い分ける場合、外部シーケンス回路等を組むことにより利用できる。

始動時の絶縁が悪いヒーター負荷等に	漏えい電流の多い始動時は、漏電警報モードに設定絶縁回復後、漏電遮断モードに切換える。
漏電検出後、機械を安全な位置に戻して止める場合に	漏電警報モードに設定し、警報が出たら、一定時間経過後、回路を遮断する。
夜間は漏電警報、昼間は漏電遮断として機能させたい場合に	タイマーを使い、時間により漏電警報モードと漏電遮断モードを切換える。

図5. 94　用途例

5. 14　分電盤用・制御盤用小形遮断器

5. 14. 1　分電盤・制御盤用遮断器

(1) FAシリーズ

①構造と動作

- 制御盤用FAシリーズは、縦寸法をミニチュアリレー用ソケットの縦寸法72mmに統一、NFBとNV同一外形である。
- 同一ダクト間にミニチュアリレー・電磁接触器等と並べて取付けでき無駄なスペースが無くなる。
- 基本構造と動作は、標準のNFB、NVと同じである。
- IEC35mmレール(DINレール)に標準で取付け可能である。

図5. 95　FAシリーズ

- 接続方式は表面形であるが、裏面配線も可能な端子構造となっている。
- 漏電遮断器は高調波・サージ対応ICを搭載しているのでインバータ負荷にも適用可能である。

(2) KCシリーズ

①構造と動作

- 分電盤・制御盤用KCシリーズは、30～100Aフレームまで外形をJIS協約形モジュール寸法(高さ60mm)に統一、NFBとNV同一外形である。
- 基本構造と動作は、標準のNFB、NVと同じである。
- IEC 35mmレール(DINレール)に標準で取付可能である。取付ねじ方式も全機種可能である。

図5. 96　KCシリーズ

- 接続方式は表面形のほか、電源側プラグイン形がある。
- 30～50AフレームのNFB、モータブレーカは、AC415V(IEC)、AC460V(JIS)回路にて使用可能である。
- NV、漏電アラーム遮断器、モータブレーカは、高調波サージ対応機能を搭載しているのでインバータ負荷にも適用可能である。単3中性線欠相保護付NVは、サージ対応ICを搭載している。
- 単3中性線欠相保護付遮断器NKCは、NVの場合、MG測定スイッチ付にすることにより、太陽光発電システム用ホーム分電盤用途として対応可能である。

(3) BHシリーズ

- 分電盤用BHシリーズは、JIS 協約寸法形遮断器
  JIS C 8201-2-1 附属書JC(参考)の遮断器で、電灯分電盤の分岐回路用の主要寸法を統一した互換性形遮断器である。(一部機種を除く。)
- BHミニシリーズでは、従来の2極品を1極サイズとしているので、分電盤の小形化が可能である。
- 接続方式は表面形のほか、電源側プラグイン形、負荷側速結端子形がある。

図5. 97　BHミニシリーズ

5. 14. 2 サーキットプロテクタ

(1) 背景

サーキットプロテクタは、主に電気機器の電源開閉や制御盤内の制御回路の過電流保護に使用するもので、低圧回路保護機器として同種の配線用遮断器が低圧屋内電路や電気設備の配線保護用として発達してきたのに対し、サーキットプロテクタは通信機器における電源の開閉及び過電流保護用として発達してきた。近年、工作機械をはじめとする一般産業機械や事務機などの制御回路の保護器としても、それまでのヒューズに代わって、サーキットプロテクタの普及が進んでいる。

サーキットプロテクタは、JIS 規格では「機器保護用遮断器」(Circuit Breaker for Equipment) となっているが、本書ではサーキットプロテクタとしている。

(2) 構造と動作

サーキットプロテクタは機器保護用遮断器で工作機械、産業機械、事務機などの内部に設置され制御回路および負荷機器の保護を行う。過負荷や短絡でトリップする。

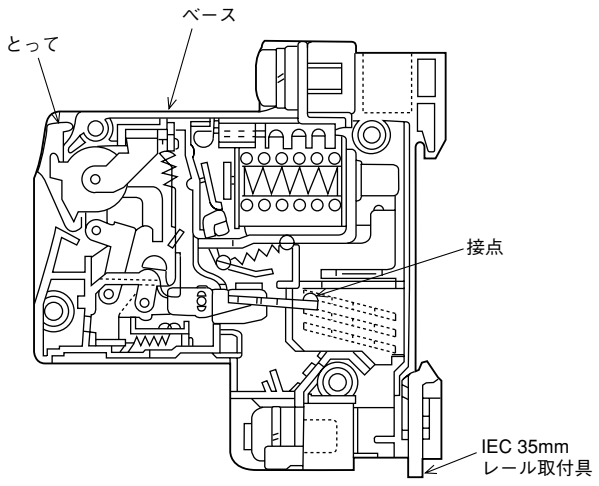


図5. 98　構造例

(3) 取付と接続

表面取付形と裏面取付形とがあり、表面取付形には各種の取付方式がある。

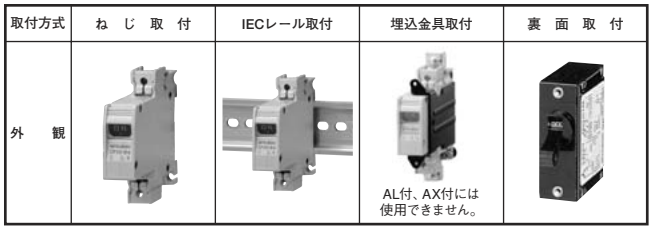


図5. 99　取付

(4) 動作特性の種類

サーキットプロテクタには、瞬時形、高速形、中速形、それに低速形がある。瞬時形は負荷の過負荷耐量の小さい場合に使用し、始動電流や負荷の過電流耐量に応じて、高速形、中速形、低速形のうち、最適な特性の選定する。

また、突入電流による誤動作を防止するため、イナーシャルディレイ (慣性遅延) 付もある。

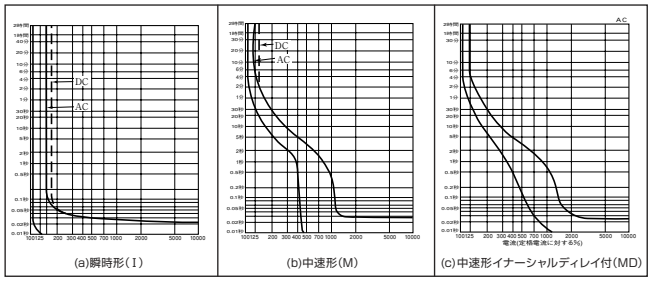


図5. 100　動作特性

5. 15　関連機器

5. 15. 1　漏電リレー

(1) 概要

漏電リレーは、JIS C 8374では、漏電継電器 (Residual current sencing and relaying equipment) とあるが、本書では、一般的な漏電リレー (ELR：Earth Leakage Relay) を使用する。漏電リレーは、漏電検出機能のみを有するもので、自動遮断のためには配線用遮断器と組み合わせて使用するものである。

(2) 構造

漏電リレーの主要構成部品はZCT・増幅装置・内蔵リレー・テストボタン・漏電表示装置及びモールドケースなどである。図5. 101に構成の一例を、図5. 102に内部接続図の一例を示す。

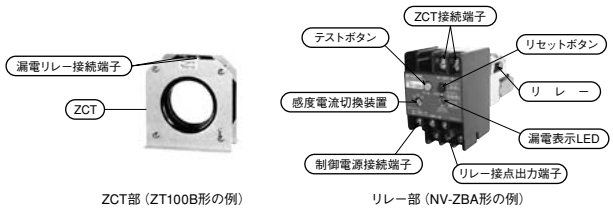


図5. 101　漏電リレーの構造

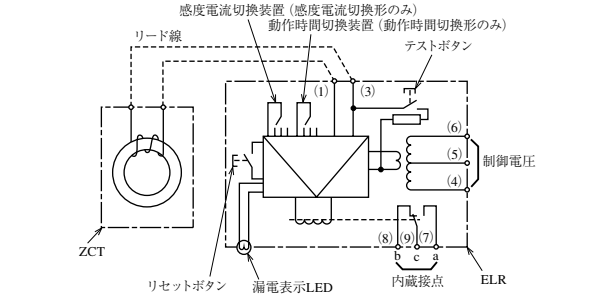


図5. 102　内部回路図（NV-ZBA 形の例）

① 零相変流器（ZCT）

ZCT は電線路の零相分電流を検出するもので高透磁率の磁性材でつくられた鉄心に二次巻線を巻いたものである。

さらに、外部の電磁界の影響を受けて感度電流が変化しないようにシールドケースがほどこしてある。

② 増幅装置

地絡電流が流れるとZCT の二次巻線に起電力が発生しするが、この起電力は非常に微小である。増幅装置はこの微小信号を増幅し、内蔵リレーを駆動するものである。

③ 内蔵リレー

増幅された信号は、増幅装置内の比較回路でレベル比較し、所定の値をこえると小形リレーのコイルを励磁する。リレーには接点が内蔵されており、動作すると外部信号をとりだすことができる。この接点を利用して警報回路・遮断回路の構成等が可能である。

④テストボタン

テストボタンを押すことにより、模擬的に漏電動作の確認をすることができる。定期的にテストボタンを押して漏電リレーの正常動作を確認することを目的としている。

⑤漏電表示装置

地絡事故によって漏電リレーが動作したときに動作表示をする装置で、電気式（LED）と機械式（ボタン）の2 種類がある。電気式は動作すると点灯し、機械式は表示ボタンがカバーの表面に突出する。

⑥接続端子

分離形ではZCT 部とリレー部が分離しているので、それらを電気的に接続することが必要である。このため、両者に接続端子が設けてある。

(3) 動作

①汎用形の場合

地絡事故が発生するとZCT からの信号でリレーが動作し、内蔵の小形リレーが駆動してリレー出力端子の信号が切換わると同時に、漏電表示灯（LED）が点灯する（自己保持式）。地絡事故個所が取除かれれば、リセットボタンを押すことによって初期の状態に復帰する。

制御電原を配線用遮断器などの負荷側に接続し、漏電リレーの動作によって配線用遮断器を遮断させれば、リセット操作は不要となる。

②漏電警報用（NV-ZAA 形）

地絡事故が発生するとZCT からの信号を受けてリレー部が動作し、漏電表示灯が点灯します。漏電リレーが一旦動作すると、このNV-ZAA 形は地絡電流が定格不動作電流以下になると自動的に復帰（リセット）するので、リセット操作をする必要がない。したがって、瞬時地絡などではその都度、リセットする必要がないので、装置の自動制御などに最適である。

(4) 種類

①互換形と組合せ形

リレー部とZCT 部とを自由に組合せられる互換性形と、両者を必ず組合せて使用（発注）する組合せ形とがある。

②リレー部

高調波・サージ対応形と一般形とがある。

③ZCT 部

中小電流用の貫通形と、大電流用の一次導体付とがある。

(5) 用途

漏電リレーは、漏電アラーム遮断器と、機能的にほぼ同一でありながら、取付・接続作業性などの点で劣るため、次第に、漏電アラーム遮断器に置き換わってきていく。

しかしながら、

①大容量の主幹用として使用する場合

②高遮断容量の配線用遮断器と組合せてコントロールセンタ用として使用する場合

③選択協調用漏電リレーを使用して、アーク地絡保護を行う場合などでは、漏電アラーム遮断器では対応できないため、漏電リレー、または漏電リレーと配線用遮断器との組合せが使用されている。

5. 15. 2　リモコン機器

(1) 概要

リモコン機器とは、店舗、オフィスビル、学校、ホテル、病院、体育館、マンションなどの照明の「ON」「OFF」をリモートコントロールし、集中遠隔制御、多ケ所制御などの各種制御をするためのリモコン方式の機器である。

(2) リモコン方式

リモコン方式とは、トランスで降圧された24 Vの交流電圧を操作回路に通じ、ブレーカ、リレーとスイッチに内蔵されたダイオードによって、半波整流された方向性のある直流電流で、ブレーカ、リレーを動作させる方式である。

①リモコン方式の利点

- 操作電圧AC24Vと低電圧なので、安全で配線が容易である。
  主回路電線を操作位置まで施設する必要がないので、配線コストが安上がりである。
  (※操作回路は、主回路電圧と電気的に分離されている。)
- 24V操作線2本を延長するだけで、多カ所からの任意開閉制御が可能である。
- 多数の回路を1カ所に集中して、監視及び操作ができる。
- リモコンスイッチの操作パネルは、コンパクトで設置場所を選ばず美観を損なわない。
- リモコンスイッチは、操作位置で負荷の点滅状態を表示できるので、消し忘れ防止と、こまめな点滅操作により電気料金の節約ができる。

②リモコン方式と従来方式の違い

リモコン方式と従来方式の違いを図5. 103に示す。

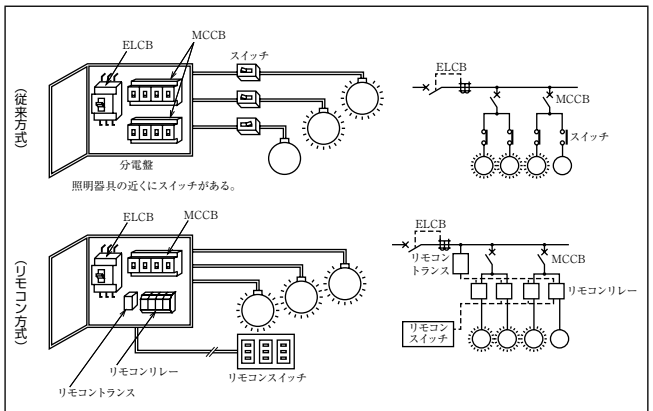


図5. 103　リモコン方式と従来方式の違い

(3) 種類と機能

リモコン機器の種類と機能を表5. 15に示す。

表5.15　リモコン機器の種類とはたらき

種類	はたらき
リモコンブレーカ	リモコンスイッチ等の遠隔操作により動作し、主回路をON･OFF するブレーカです。
リモコン漏電ブレーカ	リモコンスイッチ等の遠隔操作により動作し、主回路をON･OFF する漏電遮断器です。
リモコンリレー	リモコンスイッチ等の遠隔操作により動作し、主回路をON･OFF するリレーです。
リモコンスイッチ	リモコンブレーカ、リモコンリレー等のON･OFFを遠隔操作するスイッチです。
リモコントランス	リモコンブレーカ、リモコンリレー、リモコンスイッチ等の操作回路用トランスです。

(4) 構造

リモコンリレーの例を図5. 104に示す。

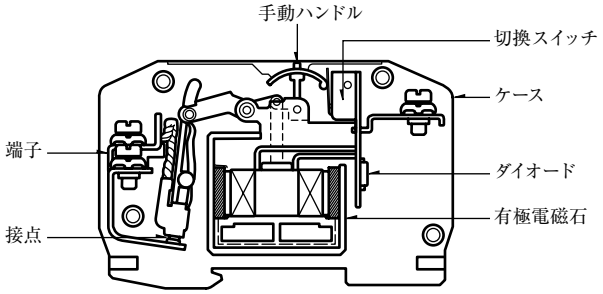


図5. 104　構造(リモコンリレーの例)

(5) 動作原理

リモコンブレーカの例を図5. 105に示す。

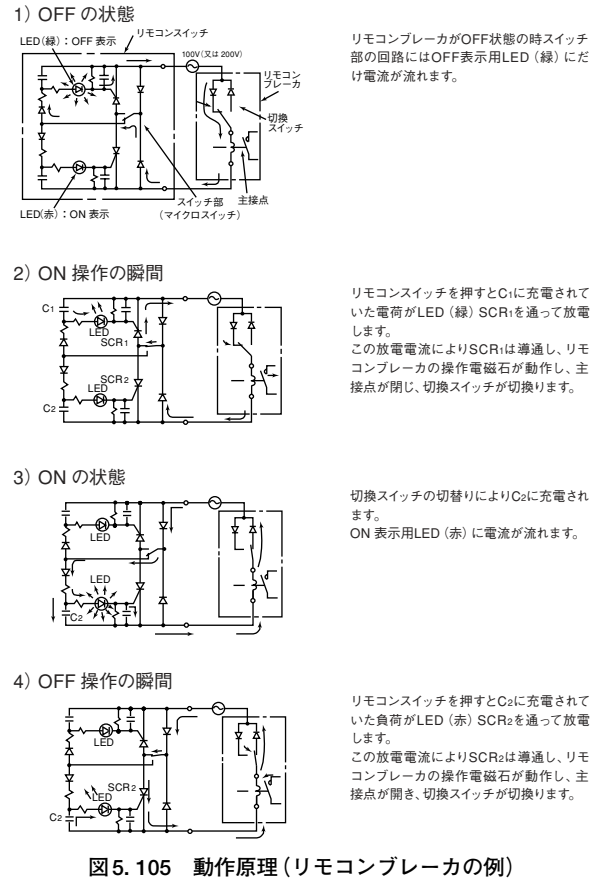


図5. 105　動作原理(リモコンブレーカの例)

5. 16　環境性能と特殊環境用遮断器

5. 16. 1　使用条件

遮断器の使用される周囲条件は千差万別であり、動作特性・短絡および過負荷性能・絶縁性能・耐久性能に大きな影響を与えることもあるので、使用される場所の条件を明確にしておく必要がある。

(1) 標準使用条件

一般に性能の確認は標準の使用条件のもとで行われることが多い。したがって性能の保証も標準使用条件と著しく変わった場合は困難を伴なうことがある。

この点を考慮して三菱遮断器では標準使用条件はつぎのようにきめている。(この条件での期待寿命は15年とされる。)

①使用周囲温度　－10℃～40℃(ただし24時間の平均値は35℃を越えない)

②相対湿度　85%以下で結露のないこと

③標高　2000m以下

④雰囲気　じんあい・煙・腐食性ガス・可燃性ガス・水気・塩分などがあまり含まれていないこと。

⑤ 振動・衝撃　異常な振動および衝撃を受けない状態

5. 16. 2　耐振動性

(1) 試験の条件

NFB

①取付け姿勢および振動方向

垂直取付けで上下左右および前後(図5. 106)

②NFBの状態および振動時間

NFBは、ON・OFFおよびTRIP状態で各々40分間

③振動条件

- 振　動　数　10～100Hz
- 振動加速度　22m/s^2
- 周　　期　10min/サイクル

NV

①取付け姿勢および振動方向

垂直取付けで上下左右および前後(図5. 106)

②NVの状態および振動時間

無電圧試験60分、電圧印加試験30分

③振動条件

表5. 16　NVの振動性条件

形名	振動耐久性能		
	振動幅 mm	振動数 Hz	振動加速度 m/s^2
NV50-KC　NV100-KC NV30-FA　NV50-FA	4	16.7	22
NV30-CS　NV50-CSA MN30-CS　MN50-CSA	4	16.7	22
NV32-CVF　NV32-SV NV63-CV　NV63-SV　NV63-HV NV32-SVF　NV63-CVF　NV63-SVF NV-L20SL　NV-L21SLR　NV-L22SLR	4	16.7	22
NV125-CV　NV125-SV　NV125-HV NV125-SEV　NV125-HEV　NV125-CVF NV125-SVF NV225-SWM　NV250-SEVM　NV250-HEVM NV250-CV　NV250-SV　NV250-HV NV250-SEV　NV250-HEV	4	16.7	22
NV400-CW　NV400-SW　NV400-SEW NV400-HEW　NV400-REW　NV400-SEPMA NV400-HEPMA　NV600-SEPMA　NV600-HEPMA NV630-CW　NV630-SW　NV630-SEW NV630-HEW NV800-SEW　NV800-HEW　NV800-SEPMA NV800-HEPMA　NV1000-SB　NV1200-SB	4	16.7	22

g振動加速度＝0.02×(振動数Hz)^2×複振幅

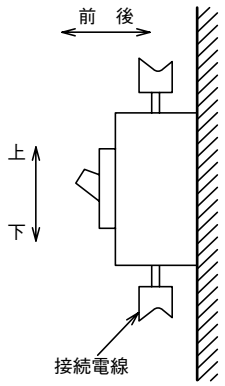


図5. 106

(2) 試験結果

NFB

BH、MBおよびNFの全機種、下記の通り試験結果異常なし。

①ミストリップなし

②動作特性(200%引きはずし)に変化なし

③構造上の異常なし

NV

試験中NVがトリップまたはOFFとならないことおよび感度に異常のないこと。

5. 16. 3　耐衝撃性

(1) 試験の条件

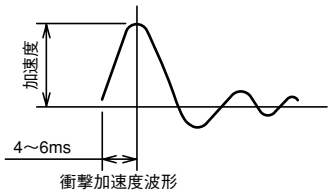
NFB

①落下式衝撃試験機により、図5. 107に示す4方向で行い矢印は落下方向を示す。

②供試品は無通電の状態で行う。

NV

閉路状態において定格電圧を印加し、上下方向および正面が上向きとなる方向にそれぞれ3回ずつ行う。



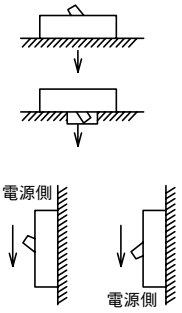


図5. 107

(2) 試験結果

①表5. 17および表5. 18の数値はもっとも弱い方向における数値である。

② 判定はつぎの場合、不合格とする。

- ONのものがOFFになった場合。
- ONのものがトリップした場合。
- 破損した場合。
- 感度電流に異常のないこと (NVのみ)。

表5. 17　NFBの耐衝撃性

シリーズ名		形名						トリップしない衝撃 m/s²	破損しない衝撃 m/s²
BH		BH-K	BH-K100	BH-P	BH-P100			147	490
BHミニ		BH-C1	BH-C2					147	
FA		NF30-FA	NF50-FA					147	
KC		NF30-KC	NF50-KC	NF100-KC				147	
		MB30-KC	MB50-KC						
MB		MB30-CS						147	
		NF32-SV	NF63-CV	NF63-SV	NF63-SVF			196	
		NF125-SV	NF250-SV						
NF	S	NF32-SV	NF32-SVF	NF63-SV	NF63-HV	NF50-HCW	NF63-HRV	196	
		NF63-SVF	NF125-SV	NF125-HV	NF125-SEV	NF125-HEV	NF125-SVF		
		NF250-SV	NF250-HV	NF250-SEV	NF250-HEV	NF225-SWM	NF250-SEVM		
		NF250-HEVM	NF400-SW	NF400-SEW	NF400-HEW	NF400-REW	NF400-SEPMA		
		NF400-HEPMA	NF630-SW	NF630-SEW	NF630-HEW	NF630-REW	NF600-SEPMA		
		NF600-HEPMA	NF800-SDW	NF800-SEW	NF800-HEW	NF800-REW	NF800-SEPMA		
		NF800-HEPMA	NF1000-SEW	NF1250-SEW	NF1250-SDW	NF1600-SEW	NF1600-SDW		
	C	NF30-CS						147	
		NF63-CV	NF63-CVF					196	
		NF125-CV	NF125-CVF	NF250-CV	NF400-CW	NF630-CW	NF800-CEW		
	U	NF125-RV	NF125-UV	NF250-RV	NF250-UV	NF400-UEW		196	
		NF800-UEW	NF1200-UR						

表5. 18　NVの耐衝撃性

形名							衝撃耐久性能	
							誤動作なし m/s²	感度異常なし m/s²
NV50-KC	NV100-KC	NV30-FA	NV50-FA				196	490
NV30-CS MN30-CS	NV50-CSA MN50-CSA						147	490
NV32-SV NV-L20SL	NV63-CV NV-L21SLR	NV63-SV NV-L22SLR	NV63-HV				196	490
NV32-SVF NV125-HEV NV250-SV	NV63-CVF NV125-CVF NV250-HV	NV63-SVF NV125-SVF NV250-SEV	NV125-CV NV225-SWM NV250-HEV	NV125-SV NV250-SEVM	NV125-HV NV250-HEVM	NV125-SEV NV250-CV	147	294
NV400-CW NV600-SEPMA NV800-SEW	NV400-SW NV600-HEPMA NV800-HEW	NV400-SEW NV630-CW NV800-SEPMA	NV400-HEW NV630-SW NV800-HEPMA	NV400-REW NV630-SEW NV1000-SB	NV400-SEPMA NV630-HEW NV1200-SB	NV400-HEPMA	147	294

5. 16. 4　特殊環境用

標準使用条件と異なる状態で使用する場合は、一般につぎのような考慮をはらって使用することが望ましい。もし標準使用条件と異なる条件のもとで使用する場合は、その使用条件に対しあらかじめ製造者が推奨するものを使用するか、あるいは特別の考慮を製造者に要求されたい。

（使用条件によっては期待寿命が15年より短かくなる場合がある。）

(1) 高温での使用

遮断器の基準周囲温度は、遮断器の時間／電流特性が基準とする周囲温度であり標準品の動作特性は40℃で調整されている。40℃をこえる高温での使用については“周囲温度＋温度上昇”の値が遮断器の絶縁物の最高許容温度以下および許容端子温度以下になるよう定格電流を低減しなければならない。表5. 19にその低減率の目安を示す。最高使用周囲温度は60℃をこえてはならない。

なお電線は耐熱度の高い接続電線の使用を考えなくてはならない。

表5. 19　周囲温度による定格電流低減率

周囲温度　℃	低　減　率
50	0.9以下
55	0.8以下
60	0.7以下

(2) 低温での使用

①NFB

常時－5℃以下の低温でNFBを保管・使用することは、特殊の条件下以外では、きわめて少ないと考えられる。三菱NFBは標準品で－10℃においてもとくに異常はなく使用できることを確めているが、常時－10℃未満の低温において長期間にわたって保管・使用する場合は特に絶縁物の低温ぜい性の影響があるので低温仕様のNFBを使用するのが安全である。

使用中比較的高温・多湿状態から氷点下以下の低温にさがることがある場合には、NFBの内部機構が氷結して、動かなくなる心配があるので氷結しないように暖房などの処置が必要である。

寒冷地に輸送する場合などで低温に放置されることがあるときには、NFBはOFF（できればトリップ状態）にして機構各部の応力が小さくなるようにし、金属・絶縁物の低温ぜい性による影響を受けないような考慮が必要である。

〈低温用遮断器〉

－40℃での通電・開閉・短絡遮断ができるように考慮した遮断器で、絶縁材料に耐低温性のものを使用してある。使用温度は－10℃以上であっても－40℃程度の低温に長期間放置されるような場合にもこの低温用遮断器を使用するのが安全である。

②NV

常時－10℃以下の低温でNVを取付け使用することは、特殊の条件下以外では、きわめて少ないと考えられる。

低温になると漏電引きはずし性能に影響があったり、金属や絶縁物の低温ぜい性の影響があるので暖房などの手段を講ずる必要がある。とくに比較的高温・多湿状態から氷点下以下の低温に下がることがある場合には、NVの内部機構が氷結して動かなくなる心配があるので、氷結しないように暖房などの処置が必要である。

また、低温から高温あるいは高温から低温へ急激に温度を変化させないようにすることが望ましい。

－25℃程度の低温にNVを放置することは支障ないが、寒冷地に輸送する場合などはNVはOFF（できればトリップ状

態）にして機構各部の応力が小さくなるようにし、金属・絶縁物の低温ぜい性による影響を受けないような考慮が必要である。

－10℃よりさらに低温で取付け使用したい場合には製造者にご相談されたい。

(3) 多湿条件での使用

多湿条件では絶縁耐力の低下・電気的寿命の低下などの電気的性能の低下の危険があるので、長期間にわたって相対湿度85%をこえる等の多湿中で使用する場合は、熱帯処理遮断器を使用するのが安全である。更に防水形の箱入り遮断器（W形）とするか、又は、防湿構造のケースに収納するのが望ましい。

又、定期的な保守点検を十分行う必要がある。

〈熱帯処理遮断器〉

金属部品には耐食性のめっきを施し、絶縁物成形品には材料によって防かび性の塗装を施している。

①1種熱帯処理　防湿・防かび処理に加え耐食増し処理を行ったものである。

②2種熱帯処理　防湿・防かび処理のみを行ったものである。

(4) 特殊雰囲気での使用

〈箱入り遮断器〉

じんあいの多い場合は、防じん形の箱入り遮断器（I形）を、腐食ガスや蒸気・塩分などの多い場合は防水形の箱入り遮断器（W形）を使用するのが望ましい。箱入り遮断器の保護等級は次の通りである。

箱の形式	保護等級
閉鎖形（S）	IP3X
防じん形（I）	IP4X または IP3X
防水形（W）	IP65 または IP54

表5. 20にJIS C 8201-1に定める外箱構造基準を参考に示す。

表5. 20　外箱構造基準（JIS C 8201-1より抜粋）

第一特性数字		
固形異物の侵入に対する保護		危険部分への接近に対する人体の保護方法
IP	要求事項	
0	無保護	無保護
1	直径50mmの球が完全に侵入してはならない。危険部分との接触を許容しない。	手のこぶし（拳）
2	直径12.5mmの球が完全に侵入してはならない。結合した試験指は、危険部分から十分な空間距離をもたなければならない。	指
3	直径2.5mmの接近度検査用プローブが全く侵入しない。	工具
4	直径1.0mmの接近度検査用プローブが全く侵入しない。	電線
5	限定されたじんあいの侵入は許容する（有害なたい積があってはならない）。	電線
6	じんあいの侵入に対する完全な保護。	電線

第二特性数字		
水の浸入に対する保護		水からの保護方法
IP	要求事項	
0	無保護	無保護
1	垂直に滴下する保護に対して保護されている。限定した浸入は許容する。	垂直滴下
2	15度以内で傾斜しても垂直落下水滴に対して保護されている。限定した浸入は許容する。	垂直から15度までの傾斜への滴下
3	垂直線から60度までの噴霧した水に対して保護されている。限定した浸入は許容する。	限定された散水
4	あらゆる方向からの水の飛まつに対して保護されている。限定した浸入は許容する。	あらゆる角度からの飛まつ
5	噴流に対して保護されている。限定した浸入は許容する。	あらゆる角度からのホースによる吹きかけ
6	暴噴流に対して保護されている。限定した浸入は許容する。	あらゆる角度からの強いホースによる吹きかけ
7	15cmから1mの潜水の影響に対する保護。	一時的な潜水
8	水圧下における長期潜水に対する保護。	連続的な潜水

保護構造の種別の呼称　①　機器の保護構造の種別は、保護構造の呼称であることを示す文字記号IP、第一特性数字、第二特性数字の順に列記して呼称する。

例　IP　5　4
　　┆　└----- 第二特性数字
　　└------- 第一特性数字

②　保護構造の種別を、第一特性数字又は第二特性数字のいずれか一方を特定しないで呼称する場合は、その記号をXで示すことができる。

例　IP　4X

〈耐食増し遮断器〉

①腐食性ガスが多い雰囲気（ガス濃度が下記※の濃度まで）で使用する場合は、耐食増し仕様の遮断器を使用するのが望ましい。

②腐食性ガスが下記※の濃度を越える場合は、耐食増し仕様の遮断器を防水形の箱入り遮断器（W形）として使用するか、又は、防食形の保護構造のケースに耐食増し仕様の遮断器を収納して使用する必要がある。

※腐食性ガスの安全衛生基準上許容されている濃度

一例　H_2S（5ppm）、HCl（5ppm）、Cl_2（0.5ppm）、SO_2（5ppm）、NH_3（25ppm）－（日本産業衛生学会・2005年より）

（H_2S：硫化水素、HCl：塩化水素、Cl_2：塩素、SO_2：亜硫酸ガス、NH_3：アンモニア）

標準の遮断器が使用できる腐食性ガス濃度の限度は以下の通りである。

H_2S（0.01ppm）、HCl（0.05ppm）、Cl_2（0.01ppm）、SO_2（0.05ppm）、NH_3（0.25ppm）

③遮断器の耐食増し仕様のものは、金属部品の防食処理として、つぎのような点に考慮がはらわれている。

- 鉄系構造部品は亜鉛めっきクロメート処理又は窒化処理
- 銅系構造部品は錫めっき
- 導電部・端子は錫めっきを行う
- 導電部の可撓銅より線は錫引きを使用

などの方法で素肌が直接露出しないよう一般品より厚めっきを行うようにしている。

〈ノンアンモニアモールド品〉

防爆形箱、盤内でフェノール樹脂モールドを採用した遮断器を使用すると、高温条件下では、発生したアンモニアガスが金属（特に黄銅部品）の応力割れの原因となる場合があります。このような場合にはノンアンモニアモールド品をご使用ください。

①仕様

外観・外形・穴明寸法はそれぞれ同一形名のBH、Cクラス、モータ保護用と同じです。

ノンアンモニアモールド品には次の機種があります。

- BH……BH-K、BH-P
- Cクラス……NF30-CS、NV30-CS、NV50-CSA
- モータ保護用……MB30-CS、MN30-CS、MN50-CSA

（Cクラス、モータ保護用の上記以外の機種は、標準品にてノンアンモニアモールド品となっています。）

(5) 高地での使用

遮断器を2000mを超える高地で使用する場合、大気圧と気温の変化を考慮しなければならない。

たとえば、気圧は2200mでは約80%、5500mでは約50%に低下する。このとき遮断容量の変化は認められないが、ANSIC 37・29－1970を考慮して表5. 21に示す、定格電流および定格電圧を低減して使用する。

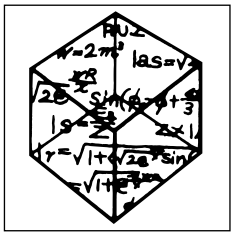
なお、通常高度と共に気温は低下するので(2)項で述べた注意は同時に考慮しなければならない。

表5. 21　高地における定格電圧および定格電流の補正

高度	定格電流	定格電圧
3000m	0.98	0.91
4000m	0.96	0.82
5000m	0.94	0.73
6000m	0.92	0.65

(6) 異常な振動及び衝撃での使用

電磁開閉器を配電盤に取付けて開閉すると、その衝撃が同一盤内の遮断器に伝わり誤動作することがある。この衝撃の大きさは盤の剛性、取付位置等で異なるが対策としては取付位置の変更、緩衝材の追加等の考慮が必要である。



6. 推定短絡電流の計算

6 推定短絡電流の計算

6.1 推定短絡電流の把握

電気設備技術基準の解釈第33条には「過電流遮断器は、これを施設する箇所を通過する短絡電流を遮断する能力を有するものであること。」とあり適正な遮断器を選定するためには、回路の短絡電流を計算（推定）しなければならない。

6.2 用語の意味

(1) %インピーダンス

基準電圧に対する基準電流による電圧降下の比を百分率で表わされた値をいう。

（%インピーダンス法により短絡電流を計算する場合に%インピーダンスを使う）。

$$\%インピーダンス=\frac{基準容量負荷時の電圧降下}{基準電圧}\times 100\ (\%)$$

（基準電圧：三相…相電圧　単相…線間電圧）

(2) 基準容量

%インピーダンスを計算する際の基準とするべき定格電流および定格電圧より定まる容量をいう（通常1000kVAをとる）。

(3) パーユニットインピーダンス

基準電圧に対する基準電流による電圧降下の比を小数で表わされた値をいう。すなわち、%インピーダンスを小数で表わしたもの。パーユニットインピーダンス=%インピーダンス/100

（単位法＜パーユニット法＞により短絡電流を計算する場合にパーユニットインピーダンスを使う。）

(4) 電源の短絡容量

三相電源の短絡容量（MVA）=$\sqrt{3}$ ×電源定格電圧（kV）×電源短絡電流（kA）。

単相電源の短絡容量（MVA）=電源定格電圧（kV）×電源短絡電流（kA）。

(5) 電源インピーダンス

電源の短絡容量より計算されたインピーダンスをいう。

（電源の短絡容量は電力会社から指示されるが不明の場合は三相電源の短絡容量=1000MVA、X/R=25〈NEMA. AB1より〉単相電源の短絡容量=500MVA、X/R=25とする。）

(6) 電動機の寄与電流

稼動中の電動機は短絡発生と同時に発電機として作用し、短絡点に向って電流を流し短絡電流を増加させる。この増加電流をいう。

（三相回路の短絡電流は電動機の寄与電流を考慮する必要がある）。

(7) 電動機インピーダンス

稼動中の電動機は短絡発生時、発電機として作用する。この発電機としての内部インピーダンスをいう。

（変圧器容量に等しい寄与電動機が変圧器と同じ位置にあるとし、その%インピーダンス=25%、X/R=6とみなす。－NEMA. AB1より。）

(8) 電源総合インピーダンス

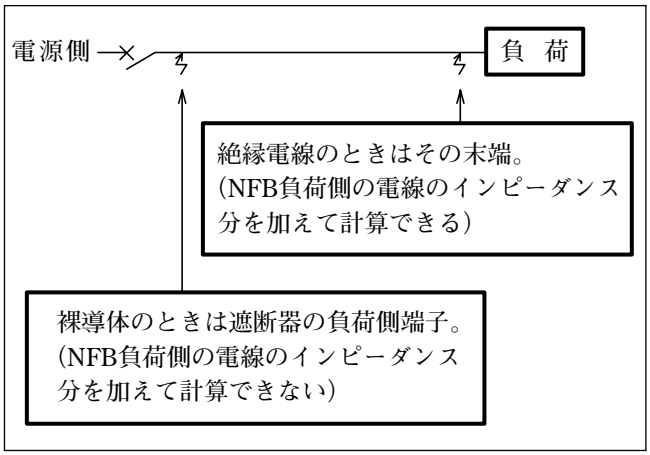
電源インピーダンス（Z_L）、変圧器インピーダンス（Z_T）、および電動機インピーダンス（Z_M）をベクトル合成したインピーダンスをいう。

$$三相電源総合インピーダンス(Zs)=\frac{(Z_L+Z_T)\cdot Z_M}{Z_L+Z_T+Z_M}\ (\%\quad\Omega)$$

$$単相電源総合インピーダンス(Zs)=Z_L+Z_T\qquad(\%\quad\Omega)$$

(9) 遮断器の遮断容量を決めるための短絡電流の計算を行う箇所

NFBを施設する箇所より電源側のインピーダンスにより短絡電流を計算するのが原則であるが、電気技術規程JEAC8701および電気設備技術基準の解説では次のようになっている。



6.3 各インピーダンスとその等価回路

低圧電路における短絡電流を計算するには、電源（発電機）からその短絡点までのすべてのインピーダンスを考慮しなければならない。また負荷として稼動中の電動機は、短絡点に寄与電流を与えるからこれも考慮に入れる必要があり、これらは次のように考える。

6.3.1 各インピーダンスとその考え方

(1) 電源インピーダンス（Z_L）

電源から変圧器一次端子までのインピーダンスは、電力会社からの指示された短絡容量が判明している場合は、その値から計算するが、不明な場合は、三相電源の短絡容量＝1000MVA、X/R=25、単相電源の短絡容量＝500MVA、X/R＝25とする。ただし、電源インピーダンスはその他のインピーダンスに比較すると極めて小さい値になるので無視する場合がある。

(2) 変圧器インピーダンス（Z_T）

変圧器インピーダンスは、電線のインピーダンスとともに、短絡電流の大きさを決定する最も大きな要因のひとつである。変圧器のインピーダンスは、その変圧器の容量における％値が示されているので、その値を基準容量値に換算するか、オーム法で計算するときはオーム値へ換算して使用する。

また、単相変圧器3台を用いて三相変圧器とする場合は、単相変圧器1台のパーセントインピーダンス値をそのまま使用してよい。なお表6.1.1および表6.1.2には標準的な変圧器のインピーダンス値を示すので、インピーダンス値が不明な場合はこの値を用いてもよい。

表6.1.1 三相変圧器インピーダンス

三菱トップランナー変圧器Nシリーズ

変圧器容量 (kVA)	油入変圧器				モールド変圧器			
	6.6kV/210V		6.6kV/420Y242V		6.6kV/210V		6.6kV/420Y242V	
	Z_T(%)	X/R	Z_T(%)	X/R	Z_T(%)	X/R	Z_T(%)	X/R
20	2.26	0.42	—	—	1.50	1.33	—	—
30	2.27	0.65	—	—	2.20	1.31	—	—
50	2.37	0.83	—	—	3.60	1.30	—	—
75	2.43	1.34	2.35	1.29	3.90	1.63	3.70	1.60
100	2.57	1.54	2.46	1.46	3.20	1.58	3.10	1.66
150	2.61	1.74	2.59	1.60	3.00	1.74	2.80	2.04
200	2.98	2.30	2.66	1.80	3.10	2.20	2.80	1.99
300	2.99	3.06	3.36	2.47	4.30	4.01	4.10	3.91
500	4.04	4.23	4.12	3.91	4.20	4.45	4.20	4.32
750	4.43	5.45	4.43	4.99	5.00	6.00	5.20	6.15
1000	5.31	6.91	4.77	5.66	6.20	7.45	6.00	7.44
1500	5.17	6.55	5.43	6.44	5.70	8.53	5.80	8.50
2000	5.91	7.51	4.82	6.53	7.00	11.01	6.20	10.64

表6.1.2 単相・単3変圧器インピーダンス

三菱トップランナー油入変圧器Nシリーズ

変圧器容量 (kVA)	変圧器インピーダンス（Z_T） 外線間	
	Z_T(%)	X/R
10	2.11	0.60
20	2.04	0.54
30	2.11	1.02
50	2.63	1.43
75	2.21	1.55
100	2.34	1.66
150	2.37	1.85
200	3.02	2.61
300	3.94	4.32
500	4.36	5.87

変圧器容量 (kVA)	変圧器インピーダンス（Z_T） 外線—中性線間	
	Z_T(%)	X/R
10	1.46	0.47
20	1.47	0.53
30	1.44	0.79
50	1.70	1.11
75	1.56	1.12
100	1.64	1.24
150	1.23	0.98
200	1.48	1.45
300	1.97	2.28
500	2.03	3.23

(3) 電動機の寄与電流のそのインピーダンス（Z_M）

短絡発生時に運転中の電動機は、その慣性により発電機として作用し、短絡電流を増加させる。三相回路の短絡電流は、この電動機の寄与電流を考慮する必要がある。電動機のインピーダンスは、電動機の種類、容量等により異なるが、誘導電動機が主であり％インピーダンス＝25%、X/R＝6とみなしてよい。したがって、このインピーダンスを持った電動機が、それぞれの容量と短絡点までのインピーダンスに応じてそれぞれ短絡電流を増加させるわけであるが、個々に計算するのは非常に煩雑になるので通常は次のように仮定して考える。

ⅰ）寄与電動機の総容量に等しい単一の電動機が、変圧器と同じ位置にある。

ⅱ）寄与電動機の総容量は、その入力値（VA）が変圧器容量×0.8とみなす。（備考：通常、電動機設備容量（入力）は変圧器容量より大きいが、寄与電流を与える同時稼動のものは変圧器容量×0.8とする。）

ⅲ）この電動機のインピーダンスは％インピーダンス＝25%、X/R＝6とみなす。

(4) 電線（およびバスダクト）のインピーダンス（Z_W、Z_B）

電線およびバスダクトのインピーダンスは、そのサイズおよび長さのほかに、その種類、導体間隔、配線管等の配線方法により変化する。表6. 3. 1および表6. 3. 2に電線、表6. 4にバスダクトのインピーダンス値を示す。この値に長さを乗じて必要な値を求める。この値はもちろんオーム値なのでパーセントインピーダンス法で計算するときは換算を要する。

表6. 3. 1　JIS電線のインピーダンス（Zw）

ケーブルのサイズ (mm²)	抵抗 (mΩ/m)	リアクタンス　(mΩ/m)					
		50Hz			60Hz		
		2C, 3C ケーブル	1Cケーブル 密着	1Cケーブル 6cm間隔	2C, 3C ケーブル	1Cケーブル 密着	1Cケーブル 6cm間隔
φ1.6	8.92	0.103	0.143	0.287	0.123	0.172	0.344
φ2	5.55	0.096	0.134	0.275	0.115	0.161	0.330
φ2.6	3.35	0.095	0.127	0.256	0.114	0.152	0.308
2	9.25	0.094	0.138	0.279	0.119	0.167	0.335
3.5	5.20	0.091	0.126	0.261	0.111	0.152	0.313
5.5	3.30	0.091	0.120	0.247	0.110	0.145	0.297
8	2.32	0.087	0.116	0.236	0.110	0.140	0.283
14	1.30	0.087	0.111	0.217	0.105	0.134	0.261
22	0.824	0.086	0.105	0.203	0.103	0.127	0.245
38	0.488	0.082	0.098	0.187	0.100	0.118	0.225
60	0.304	0.078	0.092	0.171	0.094	0.111	0.206
100	0.180	0.076	0.086	0.155	0.092	0.104	0.186
150	0.118	0.074	0.084	0.141	0.090	0.101	0.170
200	0.092	0.073	0.084	0.133	0.089	0.101	0.161
250	0.072	0.072	0.082	0.125	0.087	0.099	0.151
325	0.057	0.071	0.080	0.118	0.086	0.097	0.142
400	0.045	—	0.079	0.111	—	0.095	0.134
500	0.037	—	0.078	0.105	—	0.094	0.127

備考（1）抵抗値は600Vビニル電線（JIS C 3307）および600Vビニルケーブル（JIS C 3342）による。
（2）リアクタンスは$L=0.05+0.4605\log_{10}D/r$（mH/km）（D=心線中心距離、r=心線半径）により求めた。

表6. 3. 2　IEC電線（銅）のインピーダンス（Zw）

ケーブルのサイズ (mm²)	抵抗 (mΩ/m)	リアクタンス　(mΩ/m)					
		50Hz			60Hz		
		2C, 3C ケーブル	1Cケーブル 密着	1Cケーブル 6cm間隔	2C, 3C ケーブル	1Cケーブル 密着	1Cケーブル 6cm間隔
1.5	12.1	0.1076	0.1576	0.2963	0.1291	0.1891	0.3556
2.5	7.41	0.1032	0.1496	0.2803	0.1238	0.1795	0.3364
4	4.61	0.0992	0.1390	0.2656	0.1190	0.1668	0.3187
6	3.08	0.0935	0.1299	0.2527	0.1122	0.1559	0.3032
10	1.83	0.0873	0.1211	0.2369	0.1048	0.1453	0.2843
16	1.15	0.0799	0.1043	0.2138	0.0959	0.1252	0.2566
25	0.727	0.0793	0.1014	0.2000	0.0952	0.1217	0.2400
35	0.524	0.0762	0.0964	0.1879	0.0914	0.1157	0.2255
50	0.387	0.0760	0.0924	0.1774	0.0912	0.1109	0.2129
70	0.268	0.0737	0.0893	0.1669	0.0884	0.1072	0.2003
95	0.193	0.0735	0.0867	0.1573	0.0882	0.1040	0.1888
120	0.153	0.0720	0.0838	0.1498	0.0864	0.1006	0.1798
150	0.124	0.0721	0.0797	0.1427	0.0865	0.0956	0.1712
185	0.0991	0.0720	0.0806	0.1356	0.0864	0.0967	0.1627
240	0.0754	0.0716	0.0818	0.1275	0.0859	0.0982	0.1530
300	0.0601	0.0712	0.0790	0.1195	0.0854	0.0948	0.1434
400	0.0470	—	0.0777	0.1116	—	0.0932	0.1339
500	0.0366	—	0.0702	0.1043	—	0.0842	0.1252
630	0.0283	—	0.0691	0.0964	—	0.0829	0.1157

備考（1）抵抗値はIEC60228による。
（2）リアクタンスは$L=0.05+0.4605\log_{10}D/r$（mH/km）（D=心線中心距離、r=心線半径）により求めた。

表6.4　バスダクトのインピーダンス（アルミニウム）

定格電流（A）	抵抗（mΩ/m）	リアクタンス（mΩ/m）	
		50Hz	60Hz
600	0.114	0.0231	0.0278
800	0.0839	0.0179	0.0215
1000	0.0637	0.0139	0.0167
1200	0.0397	0.0191	0.0230
1500	0.0328	0.0158	0.0190
2000	0.0244	0.0118	0.0141
2500	0.0192	0.0092	0.0110
3000	0.0162	0.0077	0.0092
4000	0.0119	0.0050	0.0060
5000	0.0095	0.0037	0.0044

(5) その他のインピーダンス

短絡点までは、以上述べたほかに、CT、NFB等のインピーダンスがあるので、これらの値が判明しているときは考慮するが、一般にはこれらの値は、その他のインピーダンスに比較して小さい値であるから通常は無視する。

6.3.2　等価回路

(1) 三相等価回路

前項の考えから、三相短絡電流を計算する回路は図6.1に示すような等価回路と考えることができる。つまり、電動機インピーダンス（Z_M）は、電源インピーダンス（Z_L）と変圧器インピーダンス（Z_T）の直列回路に並列に短絡容量∞の母線に結ばれているものと考えることができる。この3つのインピーダンスを合成して、電源総合インピーダンス（Z_S）とすると、その抵抗（R_S）およびリアクタンス（X_S）は次式となる。

$$Z_S=\frac{(Z_L+Z_T)\cdot Z_M}{Z_L+Z_T+Z_M}=R_S+jX_S$$

$$R_S=\frac{\left\{\begin{array}{l}(R_L+R_T+R_M)\{R_M(R_L+R_T)-X_M(X_L+X_T)\}\\+(X_L+X_T+X_M)\{X_M(R_L+R_T)+R_M(X_L+X_T)\}\end{array}\right\}}{(R_L+R_T+R_M)^2+(X_L+X_T+X_M)^2}$$

$$X_S=\frac{\left\{\begin{array}{l}(R_L+R_T+R_M)\{X_M(R_L+R_T)+R_M(X_L+X_T)\}\\-(X_L+X_T+X_M)\{R_M(R_L+R_T)-X_M(X_L+X_T)\}\end{array}\right\}}{(R_L+R_T+R_M)^2+(X_L+X_T+X_M)^2}$$

したがって、あるバンクの多数の点の短絡電流を計算する場合は、このZsをあらかじめ計算しておけば、あとは直列に電線（およびバスダクト）のインピーダンスを加算するだけであるから便利である。なお表6.5には、この電源総合インピーダンス（Z_S）の値を示す。（変圧器インピーダンスは表6.1.1の値電源短絡容量は1000MVA、X/R=25　とし、電動機の寄与電流は、前項(3)の考えにもとづいて考慮してある。）

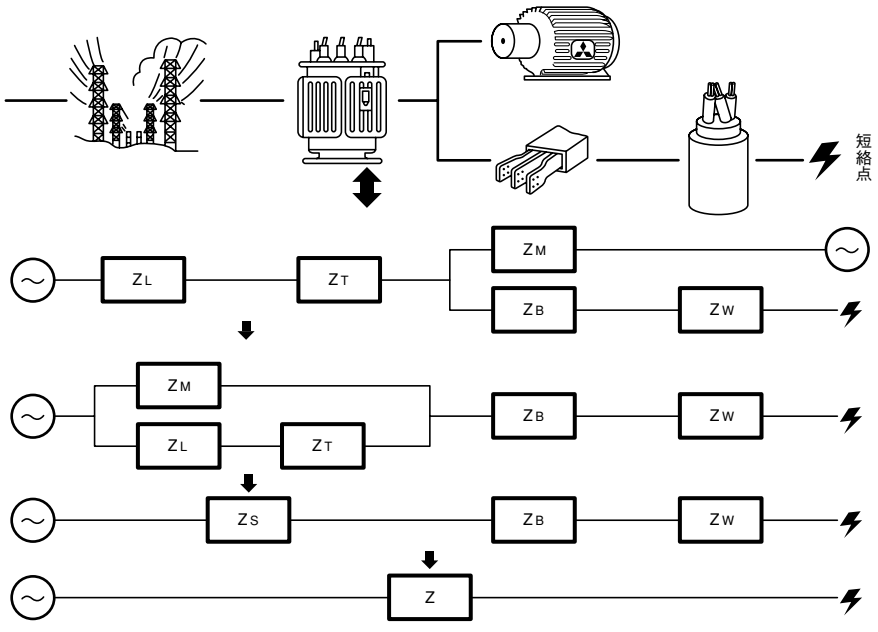


図 6.1　三相等価回路

6 推定短絡電流の計算

(2) 単相等価回路

単相短絡電流を計算する等価回路は、図6. 1の電動機インピーダンス（Z_M）がないものとする。

電源総合インピーダンス（Z_S）は、電源インピーダンス（Z_L）と変圧器インピーダンス（Z_T）を合成したものとなる。

$Z_S=Z_L+Z_T$

なお表6. 6には、単3電源総合インピーダンス（Z_S）の値を示す。（変圧器インピーダンスは表6. 1. 2の値電源短絡容量は500MVA、X/R=25としている。）

表6. 5　三相電源総合インピーダンス（Zs）

三菱トップランナー油入変圧器Nシリーズ

油入変圧器容量（kVA）	パーセントインピーダンス値 1000kVA基準（%）		オーム値（mΩ）	
	210V	420V	210V	420V
20	97.487＋j47.966	—	42.992＋j21.153	—
30	58.310＋j42.377	—	25.715＋j18.688	—
50	33.074＋j30.271	—	14.586＋j13.350	—
75	17.294＋j24.951	17.206＋j23.890	7.627＋j11.004	30.352＋j42.142
100	12.390＋j20.508	12.374＋j19.414	5.464＋j 9.044	21.828＋j34.247
150	7.656＋j14.284	8.090＋j13.926	3.376＋j 6.299	14.272＋j24.565
200	5.171＋j12.700	5.690＋j10.999	2.280＋j 5.601	10.037＋j19.402
300	2.716＋j 8.774	3.603＋j 9.554	1.198＋j 3.869	6.356＋j16.853
500	1.595＋j 7.055	1.736＋j 7.151	0.703＋j 3.111	3.062＋j12.615
750	0.926＋j 5.167	0.998＋j 5.153	0.408＋j 2.279	1.761＋j 9.090
1000	0.667＋j 4.563	0.718＋j 4.151	0.294＋j 2.012	1.266＋j 7.323
1500	0.455＋j 2.996	0.480＋j 3.119	0.201＋j 1.321	0.846＋j 5.503
2000	0.344＋j 2.532	0.323＋j 2.138	0.152＋j 1.117	0.570＋j 3.771

三菱トップランナーモールド変圧器Nシリーズ

モールド変圧器容量（kVA）	パーセントインピーダンス値 1000kVA基準（%）		オーム値（mΩ）	
	210V	420V	210V	420V
20	41.991＋j58.481	—	18.518＋j25.790	—
30	40.148＋j56.210	—	17.705＋j24.789	—
50	37.203＋j53.720	—	16.406＋j23.690	—
75	22.660＋j40.761	21.986＋j38.692	9.993＋j17.976	38.783＋j68.252
100	14.717＋j25.327	13.815＋j24.857	6.490＋j11.169	24.370＋j43.848
150	8.644＋j16.259	7.197＋j15.691	3.812＋j 7.170	12.696＋j27.679
200	5.548＋j13.090	5.505＋j11.742	2.447＋j 5.773	9.711＋j20.714
300	2.934＋j12.335	2.880＋j11.816	1.294＋j 5.440	5.081＋j20.844
500	1.578＋j 7.314	1.619＋j 7.305	0.696＋j 3.225	2.856＋j12.886
750	0.948＋j 5.743	0.960＋j 5.940	0.418＋j 2.533	1.694＋j10.478
1000	0.719＋j 5.194	0.699＋j 5.056	0.317＋j 2.290	1.234＋j 8.918
1500	0.402＋j 3.261	0.409＋j 3.307	0.177＋j 1.438	0.722＋j 5.834
2000	0.302＋j 2.911	0.277＋j 2.642	0.133＋j 1.284	0.489＋j 4.661

注　電源総合インピーダンス（Z_S）$= \dfrac{(Z_L+Z_T)Z_M}{Z_L+Z_T+Z_M}$

オーム値の場合、210Vと異なる電圧（E'）のときは210V値に $\left(\dfrac{E'}{210}\right)^2$ を乗じること。

表6. 6　単3電源総合インピーダンス（Zs）

三菱トップランナー油入変圧器Nシリーズ

変圧器容量（kVA）	パーセントインピーダンス値 1000kVA基準（%）		オーム値（mΩ）	
	外線間 210V	外線—中性線間 105V	外線間 210V	外線—中性線間 105V
10	180.939＋j108.758	264.275＋j124.405	79.794＋j47.962	29.139＋j13.716
20	89.758＋j 48.665	129.898＋j 69.039	39.583＋j21.461	14.321＋j 7.612
30	49.246＋j 50.423	75.337＋j 59.710	21.718＋j22.237	8.306＋j 6.583
50	30.152＋j 43.306	45.523＋j 50.721	13.297＋j19.098	5.019＋j 5.592
75	15.983＋j 24.961	27.714＋j 31.231	7.048＋j11.008	3.055＋j 3.443
100	12.083＋j 20.244	20.598＋j 25.732	5.328＋j 8.928	2.271＋j 2.837
150	7.521＋j 14.099	11.721＋j 11.679	3.317＋j 6.218	1.292＋j 1.288
200	5.410＋j 14.300	8.410＋j 12.383	2.386＋j 6.306	0.927＋j 1.365
300	2.970＋j 12.995	5.283＋j 12.227	1.310＋j 5.731	0.582＋j 1.348
500	1.475＋j 8.796	2.409＋j 7.957	0.649＋j 3.879	0.266＋j 0.877

注　電源総合インピーダンス（Z_S）$=Z_L+Z_T$

オーム値の場合、外線間が210Vと異なる電圧（E'）のときは210V値に $\left(\dfrac{E'}{210}\right)^2$ を乗じること。

6. 4　短絡電流の種類

短絡電流は、図6. 2に示すように、短絡発生瞬間の電圧の位相と回路の力率によって定まるある大きさの直流電流が重畳された電流となる。

この直流分はすぐに減衰するがNFBやヒューズのような高速遮断をするもので遮断する場合は、この直流分を含んだ値が問題になる。

また、電路の機械的強度に関する考察をする場合は、最大の瞬時値が問題になり、したがって短絡電流の大きさは、次のように区別して考えなければならない。

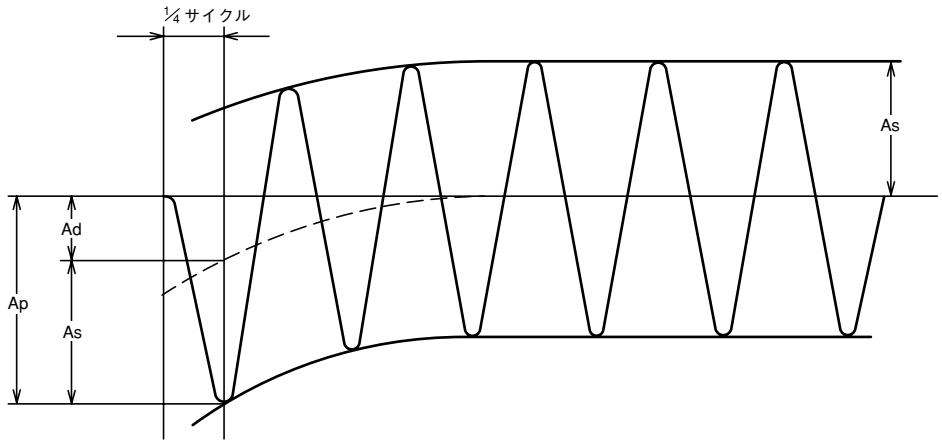


図 6. 2　短絡電流

6. 4. 1　対称短絡電流実効値

対称短絡電流実効値（以下単に対称値またはIsという）は直流分を含まない交流分実効値、つまり、図6. 2におけるAs/ $\sqrt{2}$ をいう。

もちろん6. 3項で述べたインピーダンスから計算できる電流値はこの値である。

6. 4. 2　非対称短絡電流実効値

非対称短絡電流実効値（以下単に非対称値またはIasという）は直流分をも含んだ実効値をいい、図6. 2において

$$Ias=\sqrt{(\frac{As}{\sqrt{2}})^2+Ad^2}$$

をいう。したがって、この値は、直流分が最大になるときに（短絡発生時の電圧位相角をθ、回路力率を$\cos\varphi$とすると$\theta-\varphi=\pm\frac{\pi}{2}$のとき）最大となる。単相回路では、この値は1／2サイクル後において最大値は下記となる。

$$Ias=Is\cdot\sqrt{1+2e^{-\frac{2\pi R}{X}}}=Is\cdot K_1 \text{ ただし} K_1=\sqrt{1+2e^{-\frac{2\pi R}{X}}}$$

ここで、K_1を単相最大非対称係数といい、Iasは対称値と回路の力率から計算できることになる。三相回路では、各相の投入位相角が異っているから、Iasの値は各相異なってくる。そこで1／2サイクル後における各相の平均をとり三相平均非対称短絡電流値とする。この値は次の関係がある。

$$Ias=Is\cdot\frac{1}{3}\left\{\sqrt{1+2e^{-\frac{2\pi R}{X}}}+2\sqrt{1+\frac{1}{2}e^{-\frac{2\pi R}{X}}}\right\}=Is\cdot K_3$$

$$\text{ただし} K_3=\frac{1}{3}\left\{\sqrt{1+2e^{-\frac{2\pi R}{X}}}+2\sqrt{1+\frac{1}{2}e^{-\frac{2\pi R}{X}}}\right\}$$

K_3を非対称係数といい、この非対称値も対称値と回路力率から計算できることになる。

6. 4. 3　最大非対称短絡電流瞬時値

図6. 2に示す短絡電流の瞬時値は、投入位相、力率により異なり（θ =0のとき最大）短絡発生後$\omega t\fallingdotseq\frac{\pi}{2}+\phi$において最大となる。この非対称短絡電流瞬時値（以下最大瞬時値またはIpという）は同様に回路力率と対称値から計算できる。（近似式）

$$Ip=Is\cdot\sqrt{2}\left\{1+\sin\phi\cdot e^{-\left(\frac{\pi}{2}+\phi\right)\cdot\frac{R}{X}}\right\}$$

$$=Is\cdot Kp$$

$$\text{ただし、} Kp=\sqrt{2}\left\{1+\sin\phi\cdot e^{-\left(\frac{\pi}{2}+\phi\right)\cdot\frac{R}{X}}\right\}$$

Kpを最大非対称短絡電流瞬時値係数という。またIpを投入容量と呼ぶことから投入容量係数ともいう。以上の説明からあきらかなように、対称値に回路力率から定まる定数を乗ずれば、非対称値および最大瞬時値は計算できることになる。図6. 3にこれらの係数の値を示す。

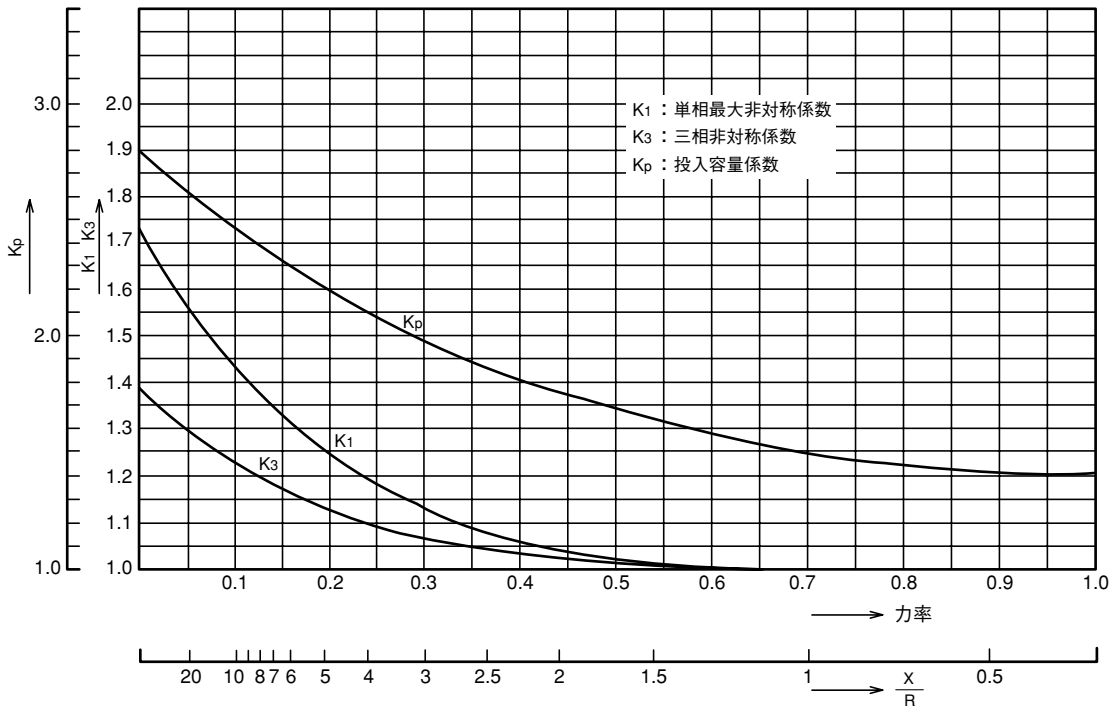


図 6.3　短絡電流の係数

参考）1. 真の最大瞬時値は、交流過渡現象一般式

$i=\sqrt{2}\,Is\left\{\sin(\omega t+\theta-\phi)-\sin(\theta-\phi)e^{-\frac{\omega R}{X}t}\right\}$ において

$\theta=0,\quad \dfrac{\cos(\omega t_1-\phi)}{\cos\phi}=e^{-\frac{\omega R}{X}t_1}$ なる ωt_1 を代入して

$Ip=\sqrt{2}\,Is\cdot\dfrac{\sin\omega t_1}{\cos\phi}$ により得られるが、上記近似式で得られる値とほとんど差はない。

2. 最大瞬時値の近似式として次の式もあります。

$Ip=Is\cdot\sqrt{2}\,(1+e^{-\frac{\pi R}{X}})$

6. 5　短絡電流計算法

6. 5. 1　必要な計算式

表6.7　必要な計算式

<table>
<tr><th></th><th>オ　ー　ム　法</th><th>%インピーダンス法</th><th>解　　説</th></tr>
<tr><td rowspan="3">三相短絡電流</td><td>$Is=\frac{V}{\sqrt{3}\cdot Z}$ ———(1)</td><td>$Is=\frac{P}{\sqrt{3}\cdot V\cdot \%Z}\times 100$ ———(2)
$=\frac{I_B}{\%Z}\times 100$ ———(3)</td><td>$\%Z=\frac{I_B\cdot Z}{V/\sqrt{3}}\times 100$ ———(1')
$P=\sqrt{3}\cdot V\cdot I_B$ ———(2')
● (2)式は(1)(1')(2')式より得られる。
● (3)式は(1)(1')式より得られる。
● (2)式と(12)式より(1)式になることからわかるように%インピーダンス法のIsは基準容量の選定に影響されない。
● 三相回路における単相短絡電流は三相短絡電流を$\sqrt{3}/2$倍する。したがって三相回路は三相短絡電流で検討すればよい。</td></tr>
<tr><td colspan="2">$Ias=K_3\cdot Is$ ———(4)</td></tr>
<tr><td colspan="2">＜記号説明＞ ———(6)
Is　：三相短絡電流〔対称値〕A　　P　：基準容量〔三相分〕VA
V　：線間電圧　V　　%Z：回路の%インピーダンス〔1相分〕%
Z　：回路のインピーダンス〔1相分〕Ω　　IB：基準電流　A
Ias：三相短絡電流〔非対称値〕A　　K3：三相非対称係数
$\left\{K_3=\frac{1}{3}\left\{\sqrt{1+2e^{-\frac{2\pi R}{X}}}+2\sqrt{1+\frac{1}{2}e^{-\frac{2\pi R}{X}}}\right\}\right\}$</td></tr>
<tr><td rowspan="3">単相短絡電流</td><td>$Is=\frac{V}{Z}$ ———(5)</td><td>$Is=\frac{P}{V\cdot \%Z}\times 100$ ———(6)
$=\frac{I_B}{\%Z}\times 100$ ———(7)</td><td>$\%Z=\frac{I_B\cdot Z}{V}\times 100$ ———(3')
$P=V\cdot I_B$ ———(4')
● (6)式は(5)(3')(4')式より得られる。
● (7)式は(5)(3')式より得られる。</td></tr>
<tr><td colspan="2">$Ias=K_1\cdot Is$ ———(8)</td></tr>
<tr><td colspan="2">＜記号説明＞
Is　：単相短絡電流〔対称値〕A　　P　：基準容量　VA
V　：電圧　V　　%Z：回路の%インピーダンス〔往復電路〕%
Z　：回路のインピーダンス〔往復電路〕Ω　　IB：基準電流　A
Ias：単相短絡電流〔非対称値〕A　　K1：単相最大非対称係数
$\left\{K_1=\sqrt{1+2e^{-\frac{2\pi R}{X}}}\right\}$</td></tr>
<tr><td>インピーダンス</td><td>●パーセント値からオーム値への換算
$Z=\frac{V^2}{P}\cdot \%Z\times 10^{-2}\ \Omega$ ———(9)
（このときのPは%Zを算出した容量）
●一次側から見た電源インピーダンス
$Z=\frac{(一次電圧)^2}{短絡容量}$ ———(10)
●二次側に換算した電源インピーダンス
$Z=\left(\frac{一次側の電源}{インピーダンス}\right)\times\left(\frac{二次電圧}{一次電圧}\right)^2$ —(11)</td><td>●オーム値からパーセント値への換算
$\%Z=\frac{P}{V^2}\cdot Z\times 100\ \%$ ———(12)
●基準容量における%Zへの換算
＜電源インピーダンス＞
$\%Z=\frac{基準容量}{短絡容量}\times 100$ ———(13)
＜変圧器インピーダンス、電動機インピーダンス＞
$\%Z=\frac{基準容量}{機器容量}\times\left(\frac{機器容量における}{\%Z}\right)$ —(14)</td><td>● (9)(12)式は(1')(2')式より、または(3')(4')式より得られる。
●電源インピーダンスは短絡容量で100%ゆえ、基準容量における値に換算すると(13)式になる。
●電源の短絡容量が不明の場合の電源インピーダンスは3相は0.0040＋j0.0999(%)単相は0.0080＋j0.1998(%)とする。(詳細は表6. 8、6. 9を参照)
●変圧器インピーダンス、電動機インピーダンスは機器容量における%Zを、(14)式より基準容量における値に換算する。
●単3の外線ー中性線間の基準容量における変圧器インピーダンスは(14)式の機器容量を外線間変圧器容量の1/2として計算する。</td></tr>
</table>

備考(1)　三相回路の単相短絡電流は、三相短絡電流の$\frac{\sqrt{3}}{2}$倍になる。

6. 5. 2　計算法

いずれの計算法によるにしても、要は、短絡点までのインピーダンスの総和を求めることになるが、このときインピーダンスの値を％値とするかオーム値とするかにより次の2つの方法がよく用いられる。

(1) パーセントインピーダンス法

パーセントインピーダンス法は、変圧器で電圧が変圧された場合もインピーダンスの換算が不要であり各インピーダンスを加算すればよいので便利である。ただし、注意すべきことは、パーセントインピーダンス値というのは、絶対値ではなく、ある容量を基準にして定まる値であるから計算にあたっては、この基準となる値を定めておく必要がある。この容量を基準容量といい通常1000kＶＡをとる。したがって、変圧器の容量における％インピーダンス値、電源短絡容量から求められる％インピーダンス値、および電動機インピーダンスは、いずれも基準容量1000kＶＡにおける値に換算する必要がある。((13) 式、(14) 式) また電線およびバスダクトのインピーダンスのようにオーム値で与えられるインピーダンスは、当然、％値に換算する必要がある。((12) 式)

(2) オーム法

ある系統の多数の点の短絡電流を計算する場合は、電線およびバスダクトのインピーダンスが多数変化するのでオーム法で計算するのが便利である。この場合、3 (2) 項で述べた電源総合インピーダンス (Zs) をオーム値で計算しておけば、あとは電線およびバスダクトのインピーダンスが直列にあるだけであるからこれを加算すればよいので便利である。なお、三相電源総合インピーダンス (Zs) は、電動機インピーダンスが並列となるため、計算が若干めんどうであるが、表6. 5には、標準的な変圧器を使用した場合のこのZsを計算してあるからこの表を使用すれば便利である。(単3電源総合インピーダンスは表6. 6に示してある。)

6. 5. 3　計算例

(1) 三相短絡電流計算例

図6. 4の配電系統図で今、短絡点Sで短絡が発生したとすると等価回路図は図6. 5のようになり、その三相短絡電流を％インピーダンス法およびオーム法にて計算すると表6. 8のようになる。

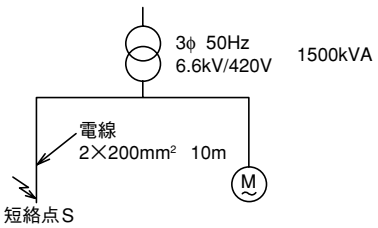


図 6. 4　配電系統図

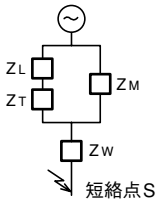


図 6. 5　等価回路図

(2) 単3短絡電流計算例

図6. 6の配電系統図で今、短絡点Sで短絡が発生したとすると等価回路図は図6. 7のようになり、その単3短絡電流を％インピーダンス法およびオーム法にて計算すると外線－中性線間短絡電流は表6. 9、外線間短絡電流は表6. 10のようになる。

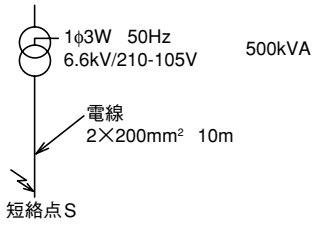


図 6. 6　配電系統図

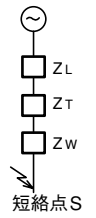


図 6. 7　等価回路図

表6. 8　三相短絡電流計算例

	% インピーダンス法	オーム法
電源インピーダンス Z_L	電源の短絡容量は不明だから1000MVA、X_L/R_L＝25とする。 基準容量1000kVAにおいて (13)式より　$Z_L=\frac{1000\times10^3}{1000\times10^6}\times100=0.1$　(%) X_L/R_L＝25だから $0.1=\sqrt{R_L^2+(25R_L)^2}=25.02R_L$ $Z_L=R_L+jX_L=$**0.0040＋j0.0999**　(%)	電源の短絡容量は不明だから1000MVA、X_L/R_L＝25とする。 一次側からみた電源インピーダンスは (10)式より　$Z_L=\frac{(6600)^2}{1000\times10^6}=0.0436$　(Ω) X_L/R_L＝25より　Z_L＝1.741＋j43.525　(mΩ) 二次側に換算した電源インピーダンスは (11)式より　$Z_L=(1.741+j43.525)\times\left(\frac{420}{6600}\right)^2$ ＝**0.0071＋j0.1763**　(mΩ) 注1　電源インピーダンスのオーム値は次のようにしても求められる。(この方が簡単である。) 電源インピーダンスは短絡容量で100%ゆえパーセント値からオーム値へ換算すると (9)式より $Z_L=\frac{420^2}{1000\times10^6}\times100\times10^{-2}\times10^3=0.1764$　(mΩ) X_L/R_L＝25より　Z_L＝0.0071＋j0.1763　(mΩ)
変圧器インピーダンス Z_T	表6. 1. 1より　Z_T＝5.43%　X/R＝6.44だから Z_T＝0.833＋j5.366　(%) 基準容量1000kVAに換算すると (14)式より　$Z_T=(0.833+j5.366)\times\frac{1000\times10^3}{1500\times10^3}$ ＝**0.553＋j3.577**　(%)	表6. 1. 1より　Z_T＝5.43%　X/R＝6.47だから Z_T＝0.829＋j5.366　(%) パーセント値からオーム値へ換算すると (9)式より $Z_T=\frac{420^2}{1500\times10^3}\times(0.829+j5.366)\times10^{-2}$　(Ω) ＝**0.975＋j6.311**　(mΩ)
電動機インピーダンス Z_M	電動機の総容量が不明だから、変圧器容量×0.8とし、$\%Z_M$＝25(%)　X_M/R_M＝6とする。 基準容量1000kVAにおいて (14)式より $Z_M=(4.11+j24.66)\times\frac{1000\times10^3}{1500\times10^3\times0.8}$ ＝**3.425＋j20.550**　(%)	電動機の総容量が不明だから、変圧器容量×0.8ととし、　Z_M＝25(%)　X_M/R_M＝6とする。 Z_M＝4.11＋j24.66　(%) パーセント値からオーム値へ換算すると (9)式より $Z_M=\frac{420^2}{1500\times10^3\times0.8}\times(4.11+j24.66)\times10^{-2}$　(Ω) ＝**6.042＋j36.250**　(mΩ)
電源総合インピーダンス Z_S	$Z_S=\frac{(Z_L+Z_T)Z_M}{Z_L+Z_T+Z_M}$ ＝**0.481＋j3.119**　(%) (6. 3. 2(1)項の式よりR分、X分、各々計算のこと)	$Z_S=\frac{(Z_L+Z_T)Z_M}{Z_L+Z_T+Z_M}$ ＝**0.846＋j5.503**　(mΩ) (6. 3. 2(1)項の式よりR分、X分、各々計算のこと)
電線インピーダンス Z_W	表6. 3の値に電線長10mを乗じて、基準容量1000kVAに換算すると(12)式より $Z_W=\frac{1000\times10^3}{420^2}\left\{\frac{1}{2}(0.092+j0.084)\right\}\times10^{-3}\times10\times100$ ＝**0.261＋j0.238**　(%)	表6. 3の値に電線長10mを乗じると $Z_W=\frac{1}{2}(0.092+j0.084)\times10$ ＝**0.460＋j0.420**　(mΩ)
全インピーダンス Z	$Z=Z_S+Z_W$ ＝0.742＋j3.357＝3.438　(%)	$Z=Z_S+Z_W$ ＝1.306＋j5.923＝6.065　(mΩ)
三相短絡電流対称値 I_S	(2)式より $I_S=\frac{1000\times10^3}{\sqrt{3}\times420\times3.438}\times100$ ＝**40,000**　(A)	(1)式より $I_S=\frac{420}{\sqrt{3}\times6.065\times10^{-3}}$ ＝**40,000**　(A)
三相短絡電流非対称値 Ias	X/R＝4.52であるから図6. 3よりK_3＝1.1 (4)式より　Ias＝1.1×40,000 ＝**44,000**　(A)	

表6. 9　単3外線－中性線間（105V）短絡電流計算例

	% インピーダンス法	オーム法
電源インピーダンス Z_L	電源の短絡容量は不明だから500MVA　$X_L/R_L=25$ とする。 基準容量1000kVAにおいて (13)式より　$Z_L=\frac{1000\times10^3}{500\times10^6}\times100=0.2$　(%) $X_L/R_L=25$だから $0.2=\sqrt{R_L^2+(25R_L)^2}=25.02R_L$ $Z_L=R_L+jX_L=$**0.0080＋j0.1998**　(%)	電源の短絡容量は不明だから500MVA　$X_L/R_L=25$ とする。 一次側からみた電源インピーダンスは (10)式より　$Z_L=\frac{(6600)^2}{500\times10^6}=0.0871$　(Ω) $X_L/R_L=25$より　$Z_L=3.482+j87.050$　(mΩ) 二次側に換算した電源インピーダンスは (11)式より　$Z_L=(3.482+j87.050)\times\left(\frac{105}{6600}\right)^2$ **＝0.0009＋j0.0220**　(mΩ)
変圧器インピーダンス Z_T	表6. 1. 2 より $Z_T=2.03\%$　$X/R=3.23$ $Z_T=0.6+j1.939$　(%) 基準容量1000kVAに換算すると (14)式より　$Z_T=(0.6+j1.939)\times\frac{1000\times10^3}{250\times10^3}$ **＝2.401＋j7.757**　(%)	表6. 1. 2 より $Z_T=2.03\%$　$X/R=3.23$ $Z_T=0.6+j1.939$　(%) パーセント値からオーム値へ換算すると (9)式より $Z_T=\frac{105^2}{250\times10^3}\times(0.6+j1.939)\times10^{-2}$　(Ω) **＝0.265＋j0.855**　(mΩ)
電源総合インピーダンス Z_S	$Z_S=Z_L+Z_T$ **＝2.409＋j7.957**　(%)	$Z_S=Z_L+Z_T$ **＝0.268＋j0.943**　(mΩ)
電線インピーダンス Z_W	表6. 3の値に電線往復長20mを乗じて、基準容量1000kVAに換算すると(12)式より $Z_W=\frac{1000\times10^3}{105^2}\left\{\frac{1}{2}(0.092+j0.084)\right\}\times10^{-3}\times20\times100$ **＝8.345＋j7.619**　(%)	表6. 3の値に電線往復長20mを乗じて $Z_W=\frac{1}{2}(0.092+j0.084)\times20$ **＝0.920＋j0.840**　(mΩ)
全インピーダンス Z	$Z=Z_S+Z_W$ ＝10.754＋j15.576＝**18.928**　(%)	$Z=Z_S+Z_W$ ＝1.186＋j1.717＝**2.087**　(mΩ)
単3短絡電流対称値 I_S 外線－中性線間(105V)	(6)式より $I_S=\frac{1000\times10^3}{105\times18.928}\times100$ **＝50,500**　(A)	(5)式より $I_S=\frac{105}{2.087\times10^{-3}}$ **＝50,500**　(A)
単3短絡電流非対称値 I_{as} 外線－中性線間(105V)	X/R＝1.45であるから図6. 3より$K_1=1.02$ (8)式より　$I_{as}=1.02\times50,500$ **＝51,500**　(A)	

表6. 10　単3外線間（210V）短絡電流計算例

	% インピーダンス法	オーム法
電源インピーダンス Z_L	電源の短絡容量は不明だから500MVA　$X_L/R_L=25$ とする。 基準容量1000 kVAにおいて (13)式より　$Z_L=\frac{1000\times10^3}{500\times10^6}\times100=0.2$　(%) $X_L/R_L=25$だから $0.2=\sqrt{R_L^2+(25R_L)^2}=25.02R_L$ $Z_L=R_L+jX_L=$**0.0080＋j0.1998**　(%)	電源の短絡容量は不明だから500MVA　$X_L/R_L=25$ とする。 一次側からみた電源インピーダンスは (10)式より　$Z_L=\frac{(6600)^2}{500\times10^6}=0.0871$　(Ω) $X_L/R_L=25$より　$Z_L=3.482+j87.050$　(mΩ) 二次側に換算した電源インピーダンスは (11)式より　$Z_L=(3.482+j87.050)\times\left(\frac{210}{6600}\right)^2$ =**0.0035＋j0.0881**　(mΩ)
変圧器インピーダンス Z_T	表6. 1. 2より　$Z_T=4.36\%$　$X/R=5.87$だから $Z_T=0.732+j4.298$　(%) 基準容量1000kVAに換算すると (14)式より　$Z_T=(0.732+j4.298)\times\frac{1000\times10^3}{500\times10^3}$ =**1.464＋j8.596**　(%)	表6. 1. 2より　$Z_T=4.36\%$　$X/R=5.87$だから $Z_T=0.732+j4.298$　(%) パーセント値からオーム値へ換算すると (9)式より $Z_T=\frac{210^2}{500\times10^3}\times(0.732+j4.298)\times10^{-2}$　(Ω) =**0.646＋j3.791**　(mΩ)
電源総合インピーダンス Z_S	$Z_S=Z_L+Z_T$ =**1.472＋j8.796**　(%)	$Z_S=Z_L+Z_T$ =**0.649＋j3.879**　(mΩ)
電線インピーダンス Z_W	表6. 3の値に電線往復長20mを乗じて、基準容量1000 kVAに換算すると(12)式より $Z_W=\frac{1000\times10^3}{210^2}\left\{\frac{1}{2}(0.092+j0.084)\right\}\times10^{-3}$ $\times20\times100$ =**2.086＋j1.905**　(%)	表6. 3の値に電線往復長20mを乗じて $Z_W=\frac{1}{2}(0.092+j0.084)\times20$ =**0.920＋j0.840**　(mΩ)
全インピーダンス Z	$Z=Z_S+Z_W$ =3.558＋j10.701=11.277　(%)	$Z=Z_S+Z_W$ =1.569＋j4.719=**4.973**　(mΩ)
単3短絡電流対称値 Is 外線間(210V)	(6)式より $I_S=\frac{1000\times10^3}{210\times11.277}\times100$ =**42,300**　(A)	(5)式より $I_S=\frac{210}{4.973\times10^{-3}}$ =**42,300**　(A)
単3短絡電流非対称値 Ias 外線間(210V)	X/R=3.0であるから図6. 3より$K_1=1.14$ (8)式より　Ias=1.14×42,300 =**48,300**　(A)	

6. 6　トランスの各種結線におけるインピーダンスと短絡電流

6. 6. 1　二次2巻線のトランス

図6. 8 (a) のような二次巻線が2個のトランスがある。

容量Pは、$P=2\times V_2I_2 = V_1I_1$　である。

a. 図6. 8 (a) の場合、二次に換算したインピーダンスZ_{ta}は二次巻線1個については、

$$Z_{ta}=\frac{n_2^2}{n_1^2}\ Z_1+Z_2$$

であり、二次巻線1個の短絡電流I_{sa}は、

$$I_{sa}=\frac{V_2}{Z_{ta}}$$

となる。二次巻線2個を同時に短絡したときは、各々の巻線の電流がI_{sa} (2巻線合計で$2I_{sa}$) になるかというとそうではない。2巻線合計では図 (c) の場合と同じになる。

b. 図6. 8 (b) の場合、$Z_b = R_b+jX_b$　とおくと、$R_b = 2R_2$であることは明白である。

X_bについてはつぎのようになる。

一般に、インダクタンスL_1、L_2の直列接続は結合係数をkとすると、

$L = L_1 + L_2 + 2k\sqrt{L_1L_2}$ 、ただし、$0 \leqq k \leqq 1$

となる。$L_1 = L_2$とすれば、$L = 2(1 + k)L_2$

したがって、$Xb = 2(1 + k)X_2$

図 (b) の場合、二次側換算総合インピーダンス

Z_{tb}は、

$$Z_{tb}=\left(\frac{2n_2}{n_1}\right)^2 Z_1+Z_b=$$
$$\left(\frac{2n_2}{n_1}\right)^2 Z_1+2R_2+j2(1+k)X_2$$
$$\%Z_{tb}=\frac{I_2Z_{tb}}{2V_2}\times100=\left\{2\frac{n_2^2}{n_1^2}Z_1+R_2+j(1+k)X_2\right\}\frac{I^2}{V_2}\times100$$

となる。短絡電流I_{sb}は、

$$I_{sb}=\frac{2V_2}{Z_{tb}}=\frac{I_2}{\%Z_{tb}}\times100$$

これは$I_{sb}=I_{sa}\times\frac{2Z_{ta}}{Z_{tb}}$であり、$\frac{2Z_{ta}}{Z_{tb}}<1$　であるから、

$I_{sb}<I_{sa}$　であることを示す。

c. 図6. 8 (c) の場合は、$Z_c = R_c+jX_c$　とおくと、

$R_c=\frac{1}{2}R_2$　であることは明白であろう。

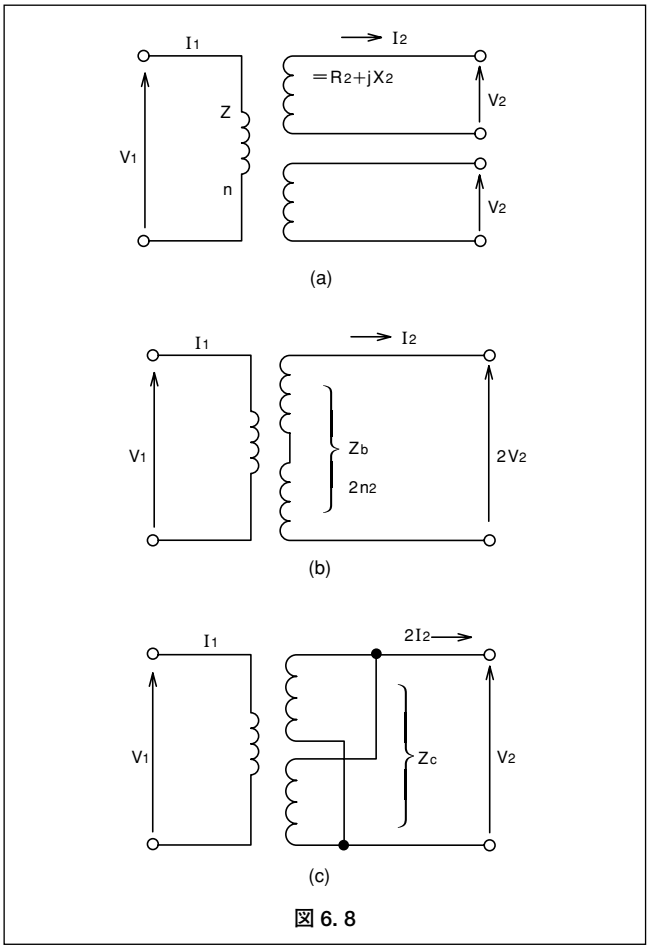


図 6. 8

X_cについては、図6. 9に示すように (a) の場合と (c) の場合、端子から同じ電流1Aを流してやったときの漏えい磁束による誘起電圧を比較すると (c) の場合は1巻線あたり$\frac{1}{2}$の電流となるから、磁束は結合係数をkとすると、図示のように$\left(\frac{1+k}{2}\right)\phi$となり、誘起電圧eも (a) の場合の$\frac{1+k}{2}$倍となる。

インダクタンスLの定義は、$e=L\frac{di}{dt}$であったからiを同じとすれば (c) のLは (a) のLの$\frac{1+k}{2}$倍ということを示す。

よって、

$$X_c=\left(\frac{1+k}{2}\right)X_2$$

となる。総合インピーダンスZ_{tc}は、

$$Z_{tc}=\left(\frac{n_2}{n_1}\right)^2 Z_1+Z_c$$
$$=\frac{n_2^2}{n_1^2}Z_1+\frac{1}{2}R_2+j\left(\frac{1+k}{2}\right)X_2$$
$$\%Z_{tc}=\frac{2I_2Z_{tc}}{V_2}\times100=\left\{2\frac{n_2^2}{n_1^2}Z_1+R_2+j(1+k)X_2\right\}\frac{I_2}{V_2}\times100$$

となる。短絡電流I_{sc}は、

$$I_{sc}=\frac{V_2}{Z_{tc}}=\frac{2I_2}{\%Z_{tc}}\times100$$

となる。これは、

$$I_{sc}=I_{sa}\times\frac{Z_{ta}}{Z_{tc}}\quad\text{であり、}\quad\frac{Z_{ta}}{Z_{tc}}>1$$

であるから、$I_{sc}>I_{sa}$

であることを示す。よって、$I_{sc}>I_{sa}>I_{sb}$　となる。

k=0の場合、Z_{tc}は最小になるが、それでも、$2Z_{tc}>Z_{ta}$であるから、$I_{sc}<2I_{sa}$である。

a項でのべたように(a)で2巻線同時に短絡しても2巻線合計で1巻線の2倍にはならないことがわかる。もしk=1でRが無視できる($R_2\ll X_2$)ならば$Z_{ta}=Z_{tc}$となる。すなわち、2巻線共短絡しても1巻線と変わらないことを示す。

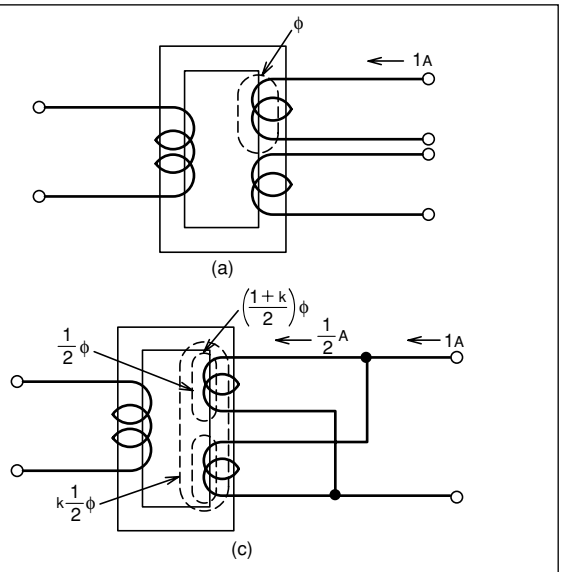


図 6. 9

6. 6. 2　単3用トランスのインピーダンス

図6. 10のような単3用トランスでは、中性線と外線間の合成インピーダンスZ_{t2}および短絡電流1_{s2}は、

$$Z_{t2}=\left(\frac{n_2}{n_1}\right)^2Z_1+Z_2$$
$$=\frac{n_2^2}{n_1^2}Z_1+R_2+jX_2$$

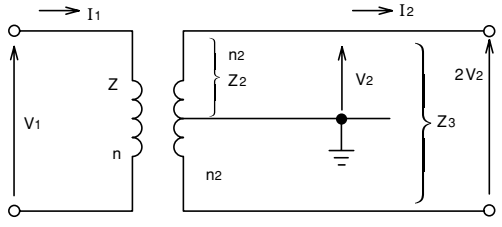


図 6. 10

$$\%Z_{t2}=\frac{I_2Z_{t2}}{V_2}\times100=\left(\frac{n_2^2}{n_1^2}Z_1+R_2+jX_2\right)\frac{I_2}{V_2}\times100$$

$$I_{s2}=\frac{V_2}{Z_{t2}}=\frac{I_2}{\%Z_{t2}}\times100$$

次に、外線間についてはそれぞれZ_{t3}、1_{s3}とすると(1)のb項でのべたように、

$$Z_{t3}=\left(\frac{2n_2}{n_1}\right)^2Z_1+2R_2+j2(1+k)X_2$$

$$\%Z_{t3}=\frac{I_2Z_{t3}}{2V_2}\times100=\left\{2\frac{n_2^2}{n_1^2}Z_1+R_2+j(1+k)X_2\right\}\frac{I_2}{V_2}\times100$$

$$I_{s3}=\frac{2V_2}{Z_{t3}}=\frac{I_2}{\%Z_{t3}}\times100$$

となる。$I_{s3}=I_{s2}\times\frac{2Z_{t2}}{Z_{t3}}$ で、$2Z_{t2}<Z_{t3}$ であるから

$$I_{s3}<I_{s2}$$

もし、$R_2\ll X_2$　で k＝1 ならば、$Z_{t2}=\frac{n_2^2}{n_1^2}Z_1+jX_2$

$Z_{t3}=4\frac{n_2^2}{n_1^2}Z_1+4jX_2$ とできるから、$\frac{2Z_{t2}}{Z_{t3}}=\frac{1}{2}$　よって

$$I_{s3}=\frac{1}{2}I_{s2}$$

すなわち、一相中性線間短絡電流は外線間短絡電流の2倍にもなる。

これは注意すべき事柄である。

なお、$\%Z_{t2}$と$\%Z_{t3}$は算出基準容量が異なることに注意する。

6. 6. 3　三相4線式トランスのインピーダンス

図6. 11のようなトランスで、一相分の二次換算インピーダンスを、$Z_t=R_t+jX_t$とすれば、

$Z_t=$(巻数比)$^2Z_1+Z_2$　である。

また、$\%Z_t=\frac{IZ_t}{V/\sqrt{3}}\times100$　であり、

$$I=\frac{P(kVA)\times10^3}{\sqrt{3}\ V}$$

であるから、$\%Z_t=\frac{PZ_t}{V^2}\times10^5$　となる。

トランスのみの三相短絡電流I_sは、$I_s=\frac{I}{\%Z_t}\times100$　である。

トランスのみの電圧線−中性線間短絡電流I_{SN}は、

$$I_{SN}=\frac{V/\sqrt{3}}{Z_t}=\frac{\frac{1000P}{\sqrt{3}\ V}}{\frac{PZ_t}{V^2}\times10^5}\times100=\frac{I}{\%Z_t}\times100$$

したがって、トランスのみに関しては、$I_s=I_{SN}$　となる。

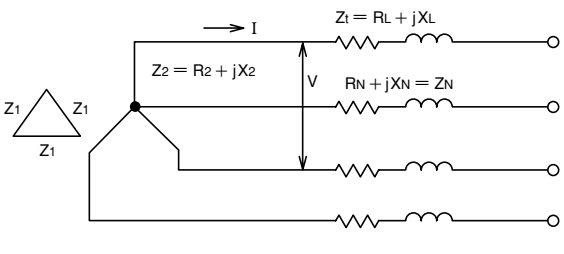


図 6. 11

電路インピーダンスを考えると電圧線－中性線間短絡の場合には往復線路、$Z_t + Z_L + Z_N$となる上$Z_N > Z_L$であることが多いので電圧線－中性線短絡の方が三相短絡よりはるかに小さい。すなわち$I_s > I_{SN}$となる。単3の場合のように$I_N > I_s$（中性線間＞外線間）とならないのはリアクタンスの結合がなく、一次巻線も独立しているからである。
したがって、三相の場合は、つねに三相短絡が最大の電流となる。

6. 6. 4　V結線のインピーダンス

図6. 12についての回路方程式は、

$I_A + I_B + I_C = 0$

$I_A Z_T + I_A Z_M - I_C Z_M = - V_{CA}$

$I_B Z_T + I_B Z_M - I_C Z_M = V_{BC}$

となる。Z_T、Z_M、V_{CA}、V_{BC}を与えられたものとして上式を解けば、I_A、I_B、I_Cを求めることができる。これをベクトル図に描いたものが図6. 13である。θは負荷の力率角である。

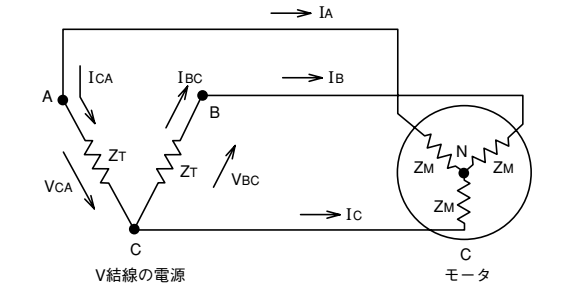


図 6. 12

短絡状態では$Z_M = 0$であるから、回路方程式は、

$I_A + I_B + I_c = 0$

$I_A Z_T = - V_{CA}$

$I_B Z_T = V_{BC}$

となる。Z_Tのインピーダンス角をδとすると、このベクトル図は図6. 14のようになる。

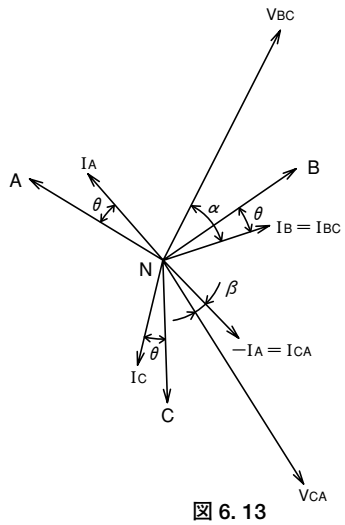


図 6. 13

図6. 12からわかるように$Z_M = 0$のときはAC間のトランスとBC間のトランスを単独に短絡したのと同じであるからトランス1台の容量をP（kVA）二次電圧をVとすると、短絡電流I_s（各相のI_{SA}、I_{SB}、I_{SC}）はつぎのようになる。

A、B相では、$I_s = \dfrac{I}{\%Z} \times 100$（$= I_{SA} = I_{SB}$）

ここに、$I = \dfrac{P}{V}$

C相では、I_{SA}とI_{SB}は回路方程式、あるいは図6. 14からわかるように60°の位相差をもち、

$I_{SC} = -(I_A + I_B)$であるから、

$I_{SC} = \sqrt{3}\ I_S$（電線インピーダンス無視の場合）

となる。すなわちI_{SC}は三相短絡電流と同じであるが、その他の相ではこれより小さい。
なお、単相変圧器はどのように接続しても、%インピーダンスは変わらない。
たとえば、

ｉ）1台の場合は　$I = \dfrac{P}{V}$

$$\%Z = \frac{IZ_T}{V} \times 100 = \frac{P}{V^2} Z_T \times 100$$

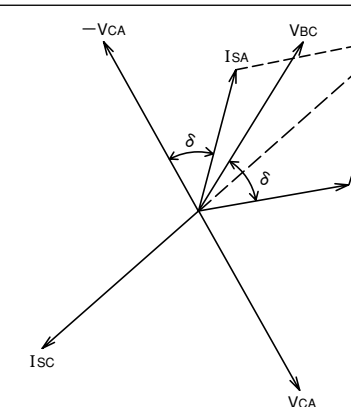


図 6. 14

ii）△の場合図6. 15(a)で、　$I_T = \frac{P}{V}$、$I = \sqrt{3}\ I_T$

$$\therefore I = \frac{\sqrt{3}\ P}{V} = \frac{3\ P}{\sqrt{3} \cdot V}$$

$$\therefore \%Z = \frac{I_T Z_T}{V} \times 100 =$$

$$\frac{P}{V} \cdot \frac{Z_T}{V} \times 100 = \frac{P}{V^2} Z_T \times 100$$

iii）Yの場合　$I = \frac{3\ P}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{3}\ V}$

$$\%Z = \frac{IZ_T}{V} \times 100 = \frac{P}{V^2} Z_T \times 100$$

iv）Vの場合見かけ上の容量は2Pであるが、実際には$\sqrt{3}$ Pの容量にまでしか使用できない。なぜなら、

$I = \frac{2\ P}{\sqrt{3}\ V}$ とすると(図6. 16)Iは $\frac{P}{V}$より大きくなって、過負荷になる。

したがって、$I = \frac{P}{V}$

$$\%Z = \frac{IZ_T}{V} \times 100 = \frac{P}{V^2} Z_T \times 100$$

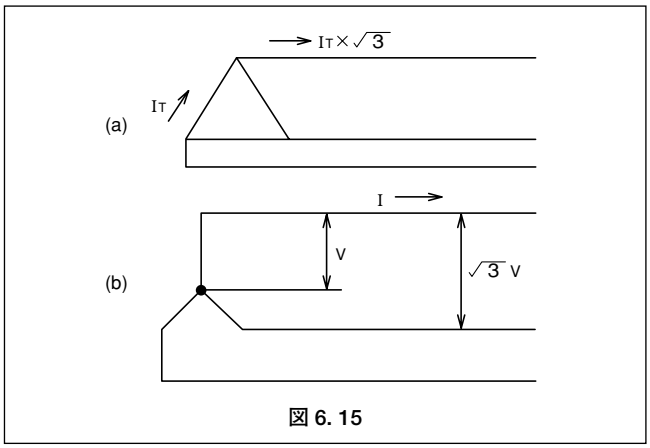


図 6. 15

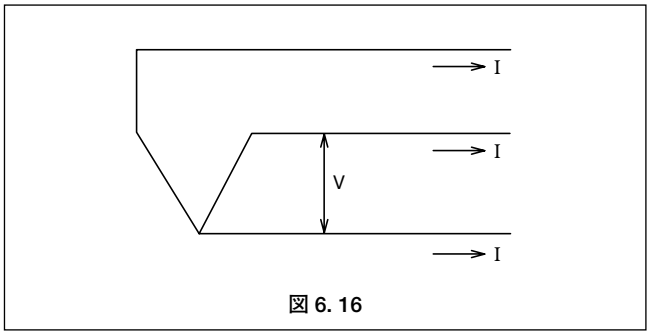


図 6. 16

6. 7　短絡電流早見図

回路の推定短絡電流を高精度で詳細に計算しようとすると煩雑さが増加する。そこであらかじめ変圧器容量や電線・バスダクトのサイズ、長さなどをパラメータにして早見図を作成しておくと、推定短絡電流の目安を容易に得ることができ、非常に便利である。

三相回路及び単相3線回路の各々について、以下の前提条件のもとで求めた短絡電流早見図を示す。

6. 7. 1　三相短絡電流早見図

三相短絡電流対称値は図6. 17A～図6. 27Bの早見図より求めることができる。

各インピーダンスは、次の値とし、二次電圧200V、415V、周波数50Hzの場合を示している。

(1) 電源インピーダンス (Z_L)

電源の短絡容量は1000MVA、$X_L/R_L = 25$とする。

(2) 変圧器インピーダンス (Z_T)

表6. 1. 1による。

(3) 電動機インピーダンス (Z_M)

短絡電流に寄与する電動機群の総容量は、変圧器容量に等しいとし、その％インピーダンスは25%、$X_M/R_M = 6$とする。

(4) 電線およびバスダクトのインピーダンス (Z_w、Z_B)

電線インピーダンス (Z_w) は表6. 3に、バスダクトインピーダンス (Z_B) は表6. 4による。なお、電線の種類は1Cケーブル6cm間隔とする。

6. 7. 2　単3短絡電流早見図

単3外線間 (200V) 短絡電流対称値は図6. 28A～図6. 34Aの早見図より、単3外線－中性線間 (100V) 短絡電流対称値は図6. 28B～図6. 34Bの早見図より求めることができる。

各インピーダンスは、次の値とし、二次電圧は外線間200V、外線－中性線間100V、周波数50Hzの場合を示している。

(1) 電源インピーダンス (Z_L)

電源の短絡容量は500MVA、$X_L/R_L = 25$とする。

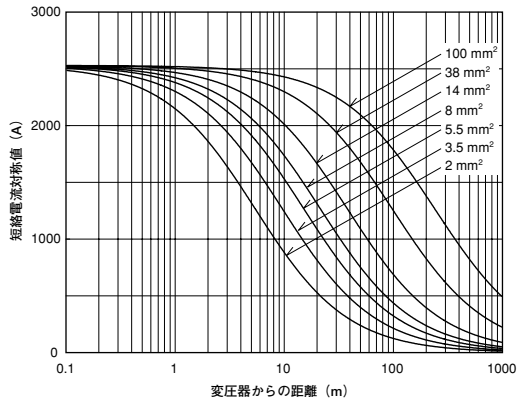
(2) 変圧器インピーダンス (Z_T)

表6. 1. 2による。但し外線－中性線間のインピーダンスは外線間の約1/2と仮定した。

(3) 電線およびバスダクトのインピーダンス (Z_w、Z_B)

電線インピーダンス (Z_w) は表6. 3に、バスダクトインピーダンス (Z_B) は表6. 4による。なお、電線の種類は1Cケーブル6cm間隔とする。

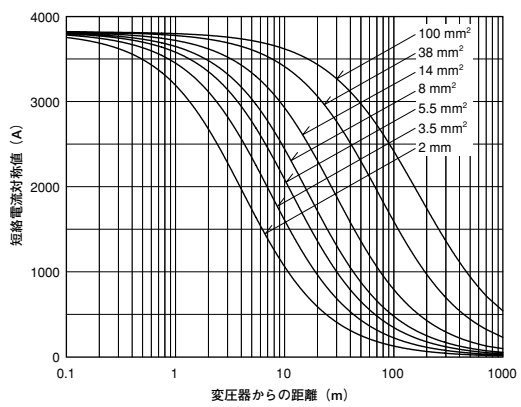
■三相油入変圧器二次電圧210V



3φ 油入変圧器容量 20kVA 二次電圧 210V

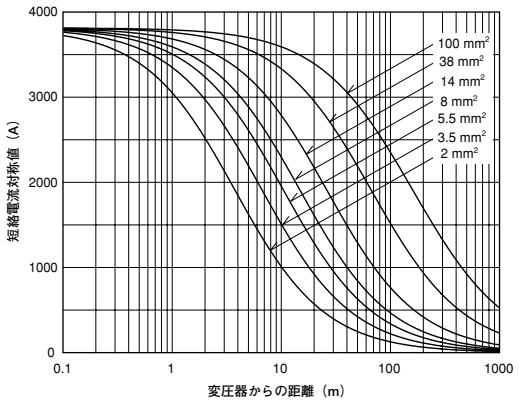
図 6. 17A

■三相モールド変圧器二次電圧210V



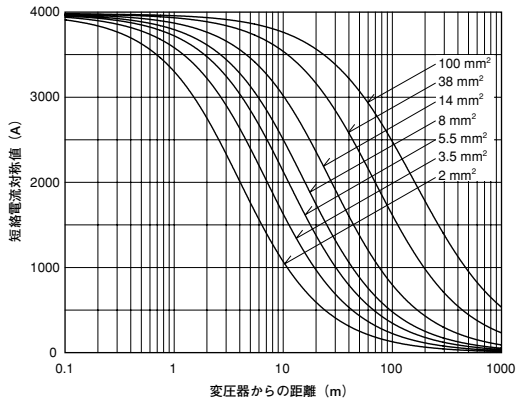
3φ モールド変圧器容量 20kVA 二次電圧 210V

図 6. 17B



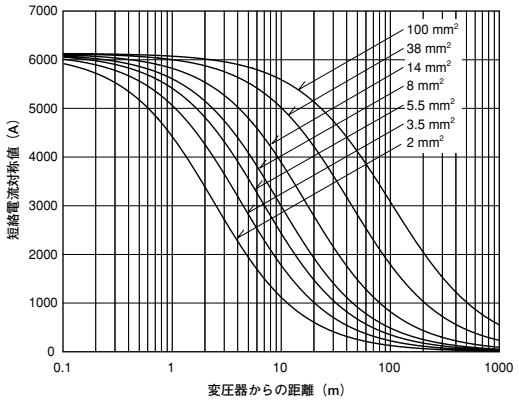
3ϕ 油入変圧器容量 30kVA 二次電圧 210V

図 6. 18A



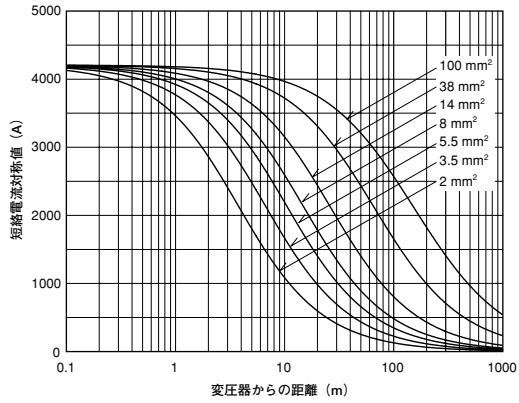
3ϕ モールド変圧器容量 30kVA 二次電圧 210V

図 6. 18B



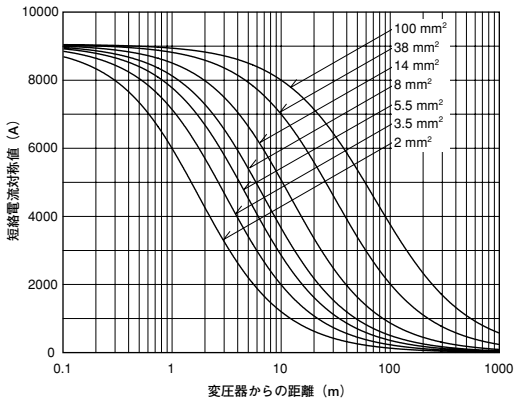
3ϕ 油入変圧器容量 50kVA 二次電圧 210V

図 6. 19A



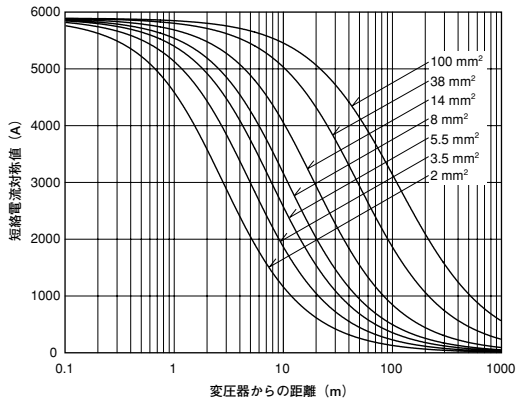
3ϕ モールド変圧器容量 50kVA 二次電圧 210V

図 6. 19B



3ϕ 油入変圧器容量 75kVA 二次電圧 210V

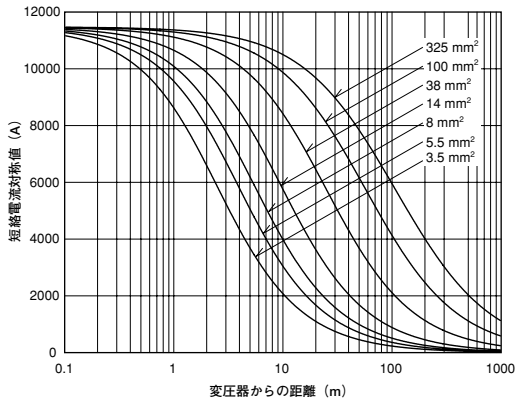
図 6. 20A



3ϕ モールド変圧器容量 75kVA 二次電圧 210V

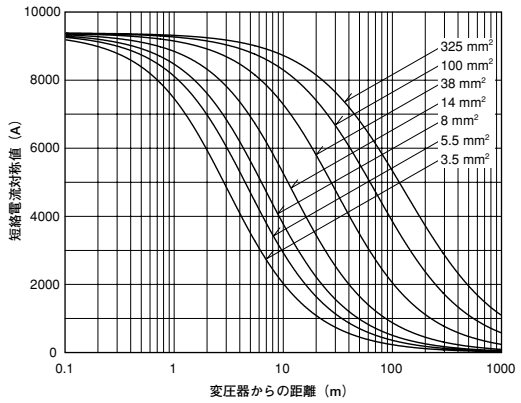
図 6. 20B

6 推定短絡電流の計算



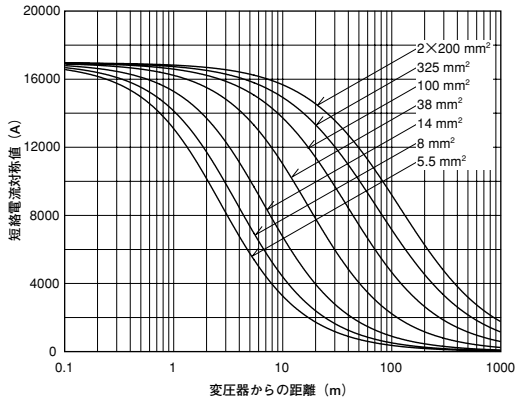
3φ 油入変圧器容量 100kVA 二次電圧 210V

図 6. 21A



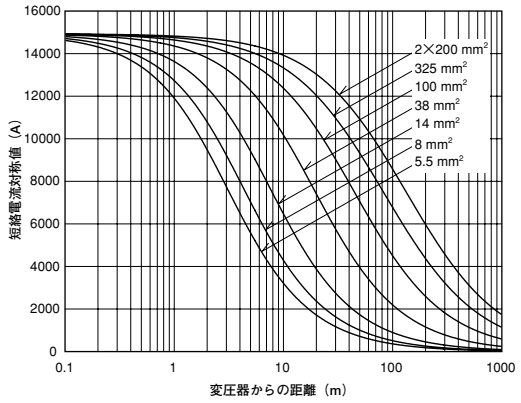
3φ モールド変圧器容量 100kVA 二次電圧 210V

図 6. 21B



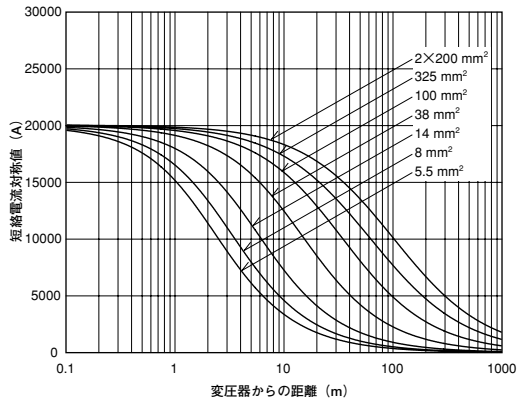
3φ 油入変圧器容量 150kVA 二次電圧 210V

図 6. 22A



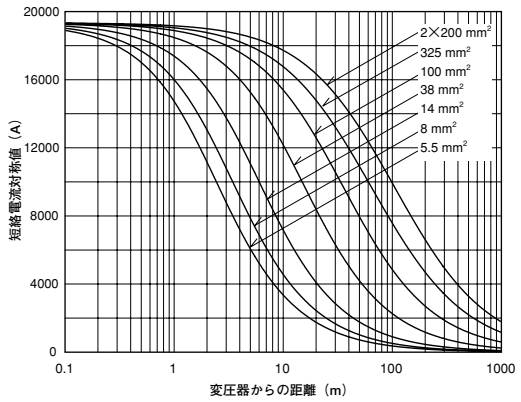
3φ モールド変圧器容量 150kVA 二次電圧 210V

図 6. 22B



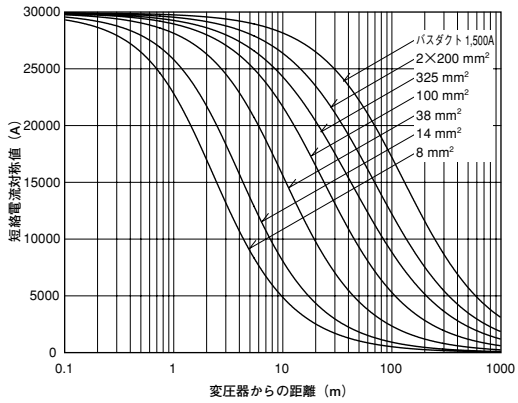
3φ 油入変圧器容量 200kVA 二次電圧 210V

図 6. 23A



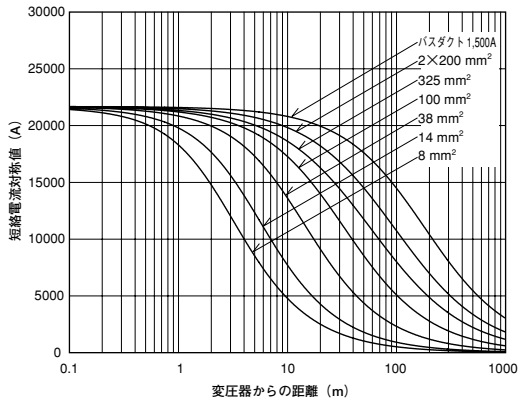
3φ モールド変圧器容量 200kVA 二次電圧 210V

図 6. 23B



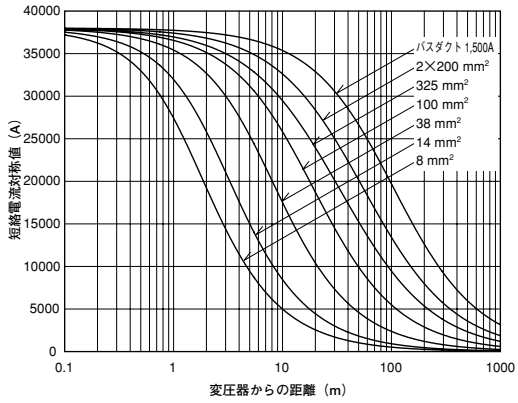
3ϕ 油入変圧器容量 300kVA 二次電圧 210V

図 6. 24A



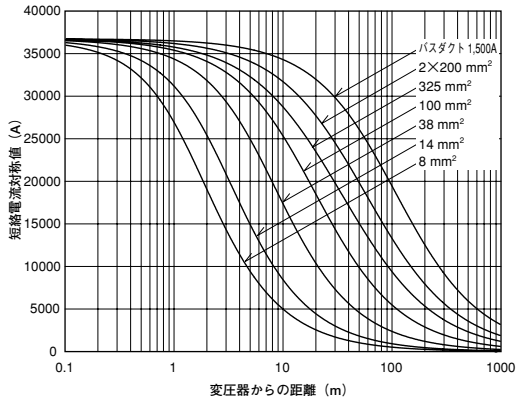
3ϕ モールド変圧器容量 300kVA 二次電圧 210V

図 6. 24B



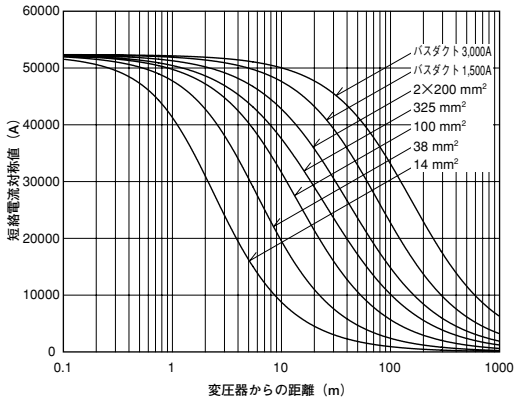
3ϕ 油入変圧器容量 500kVA 二次電圧 210V

図 6. 25A



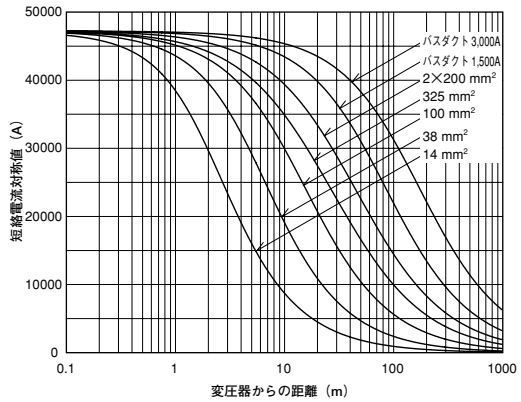
3ϕ モールド変圧器容量 500kVA 二次電圧 210V

図 6. 25B



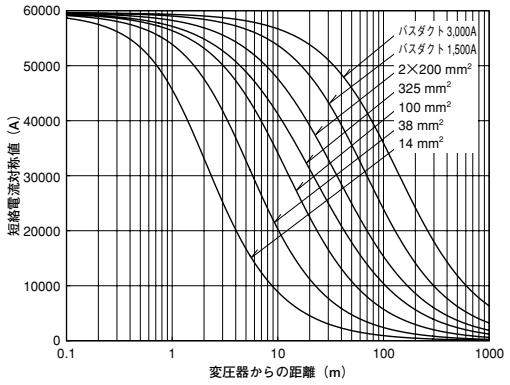
3ϕ 油入変圧器容量 750kVA 二次電圧 210V

図 6. 26A



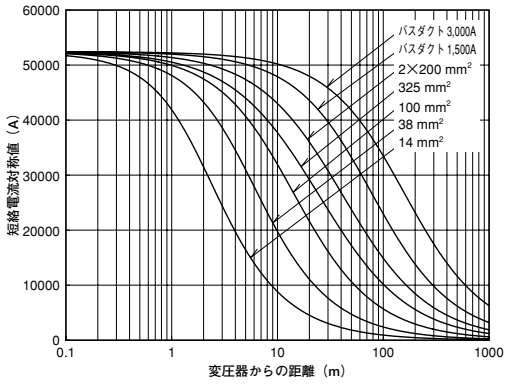
3ϕ モールド変圧器容量 750kVA 二次電圧 210V

図 6. 26B



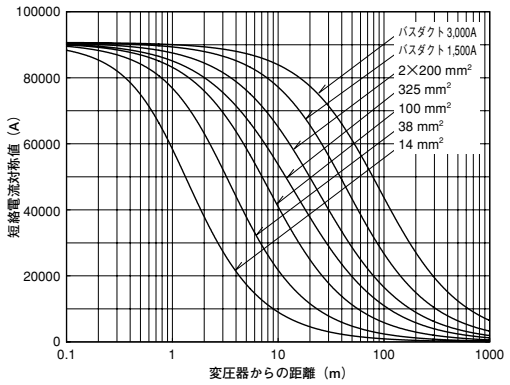
3φ 油入変圧器容量 1000kVA 二次電圧 210V

図 6. 27A



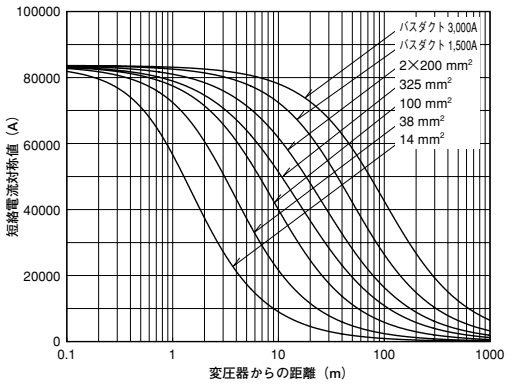
3φ モールド変圧器容量 1000kVA 二次電圧 210V

図 6. 27B



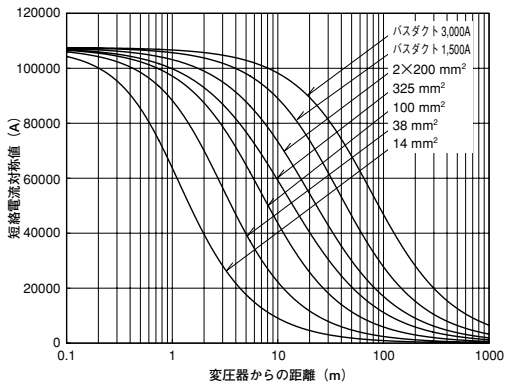
3φ 油入変圧器容量 1500kVA 二次電圧 210V

図 6. 28A



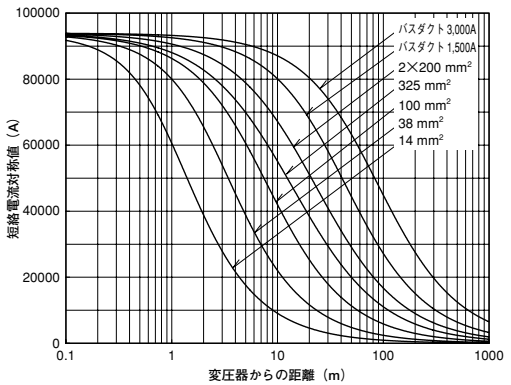
3φ モールド変圧器容量 1500kVA 二次電圧 210V

図 6. 28B



3φ 油入変圧器容量 2000kVA 二次電圧 210V

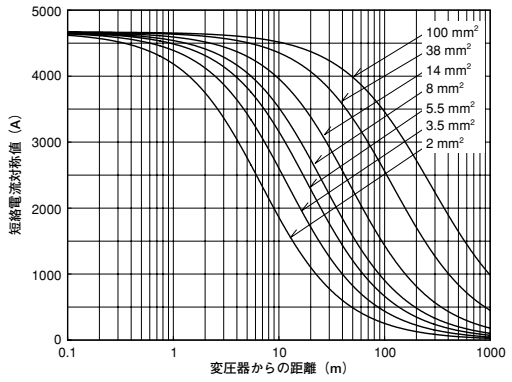
図 6. 29A



3φ モールド変圧器容量 2000kVA 二次電圧 210V

図 6. 29B

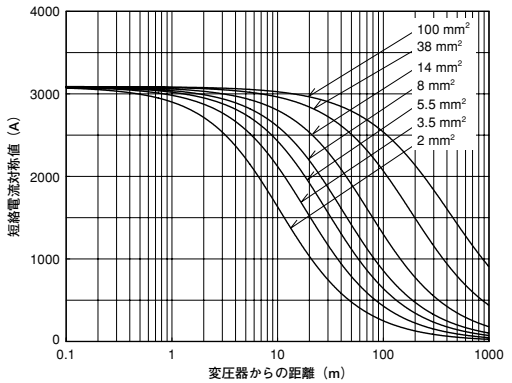
■三相油入変圧器二次電圧420V



3ϕ 油入変圧器容量 75kVA 二次電圧 420V

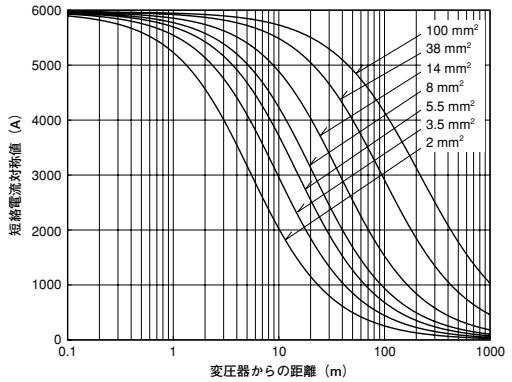
図 6. 30A

■三相モールド変圧器二次電圧420V



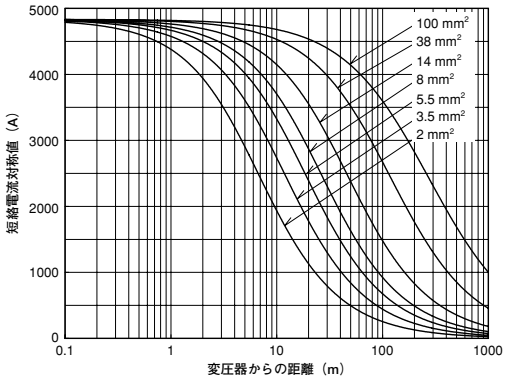
3ϕ モールド変圧器容量 75kVA 二次電圧 420V

図 6. 30B



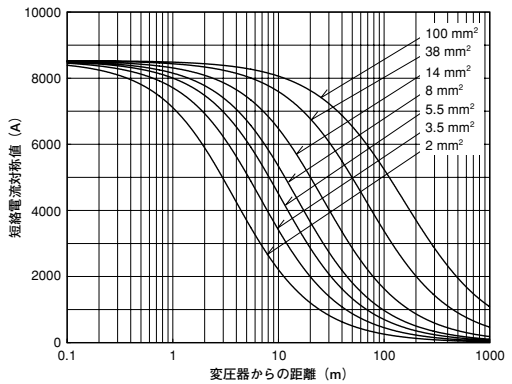
3ϕ 油入変圧器容量 100kVA 二次電圧 420V

図 6. 31A



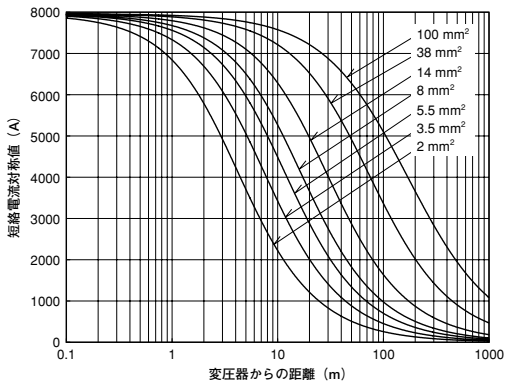
3ϕ モールド変圧器容量 100kVA 二次電圧 420V

図 6. 31B



3ϕ 油入変圧器容量 150kVA 二次電圧 420V

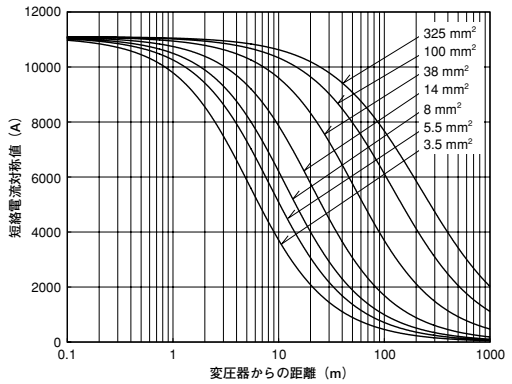
図 6. 32A



3ϕ モールド変圧器容量 150kVA 二次電圧 420V

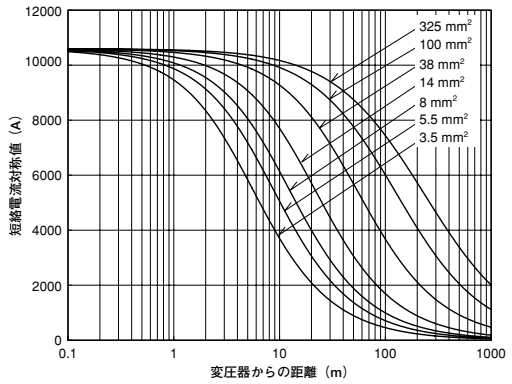
図 6. 32B

6 推定短絡電流の計算



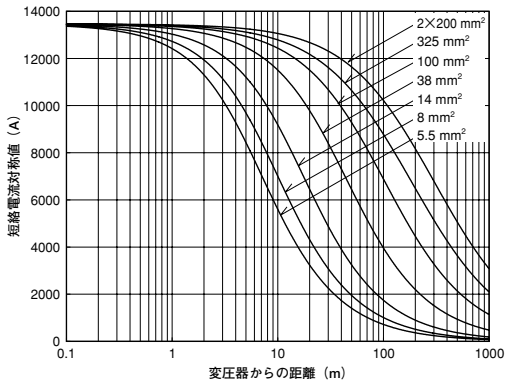
3φ 油入変圧器容量 200kVA 二次電圧 420V

図 6. 33A



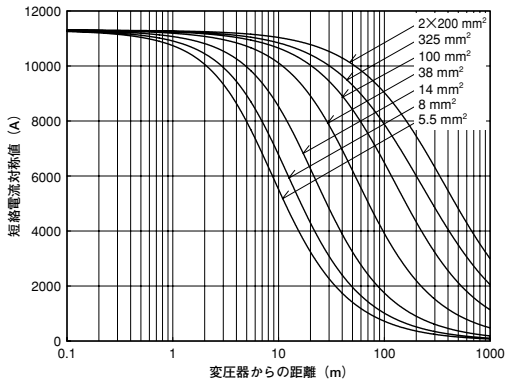
3φ モールド変圧器容量 200kVA 二次電圧 420V

図 6. 33B



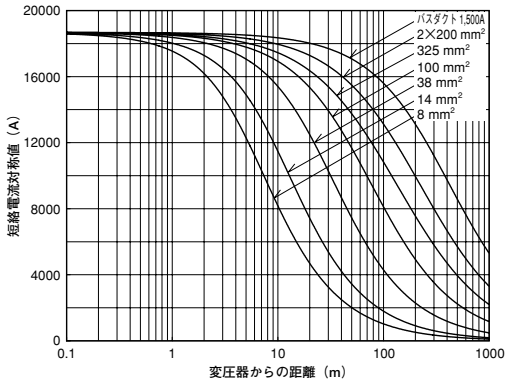
3φ 油入変圧器容量 300kVA 二次電圧 420V

図 6. 34A



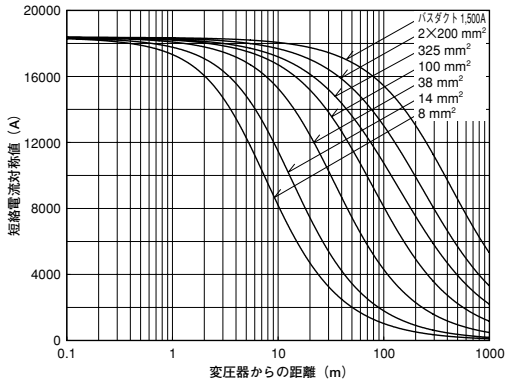
3φ モールド変圧器容量 300kVA 二次電圧 420V

図 6. 34B



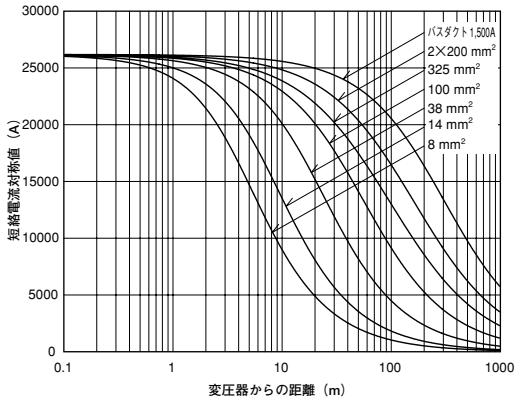
3φ 油入変圧器容量 500kVA 二次電圧 420V

図 6. 35A



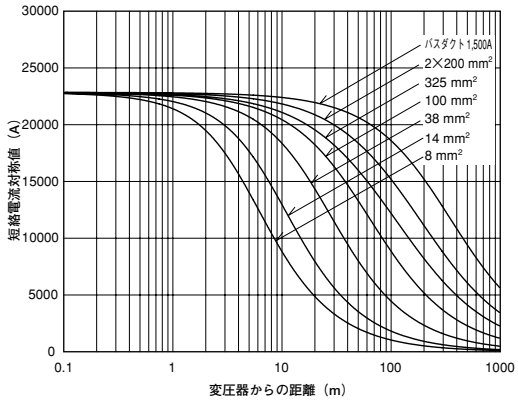
3φ モールド変圧器容量 500kVA 二次電圧 420V

図 6. 35B



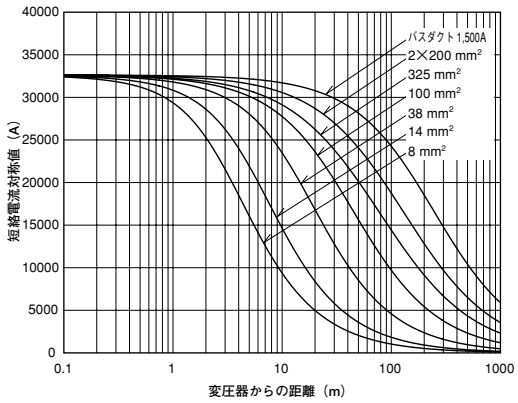
3φ 油入変圧器容量 750kVA 二次電圧 420V

図 6. 36A



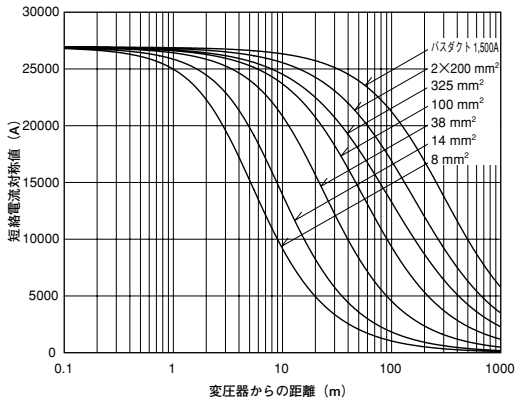
3φ モールド変圧器容量 750kVA 二次電圧 420V

図 6. 36B



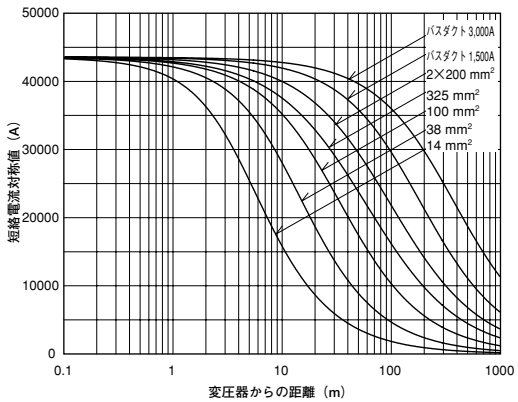
3φ 油入変圧器容量 1000kVA 二次電圧 420V

図 6. 37A



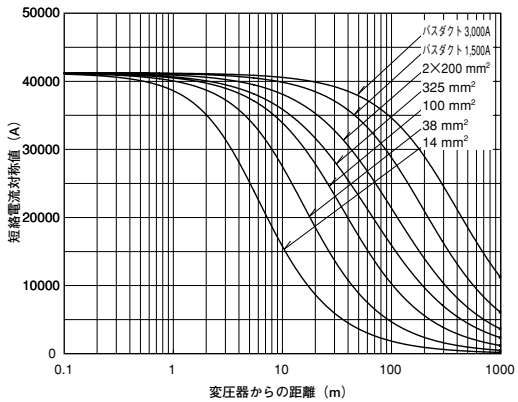
3φ モールド変圧器容量 1000kVA 二次電圧 420V

図 6. 37B



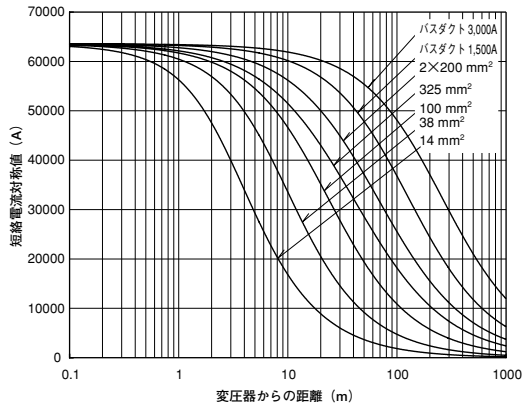
3φ 油入変圧器容量 1500kVA 二次電圧 420V

図 6. 38A



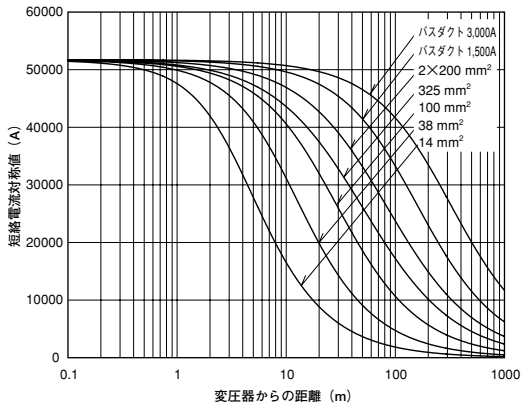
3φ モールド変圧器容量 1500kVA 二次電圧 420V

図 6. 38B



3φ 油入変圧器容量 2000kVA 二次電圧 420V

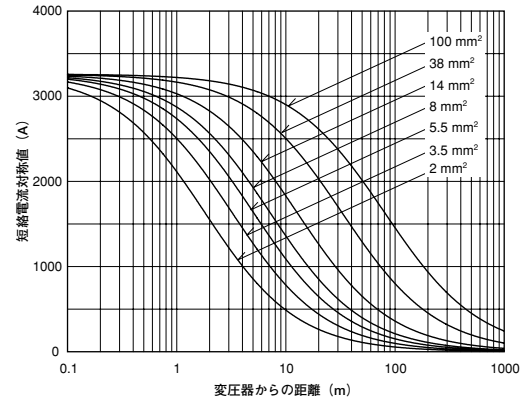
図 6. 39A



3φ モールド変圧器容量 2000kVA 二次電圧 420V

図 6. 39B

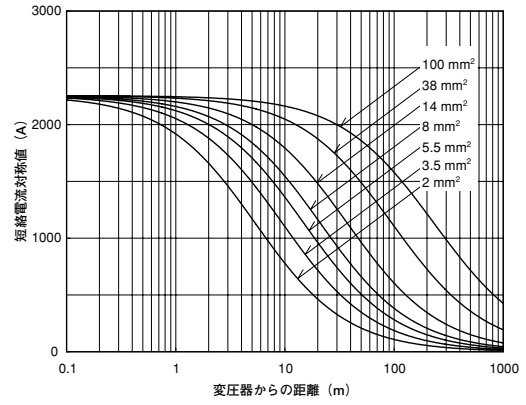
■単相3線油入変圧器外線－中性線間電圧105V



1φ3W 変圧器容量 10kVA 外線－中性線間 105V

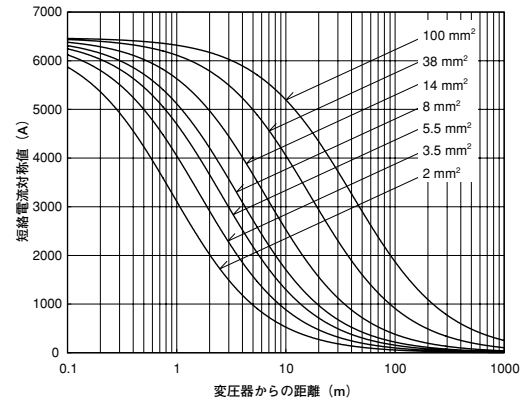
図 6. 40A

■単相3線油入変圧器外線間電圧210V



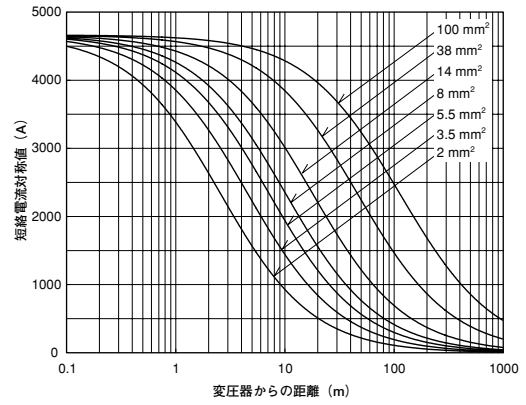
1φ3W 変圧器容量 10kVA 外線間 210V

図 6. 40B



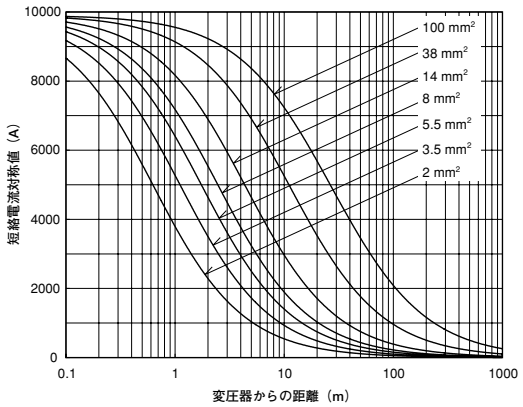
1φ3W 変圧器容量 20kVA 外線－中性線間 105V

図 6. 41A



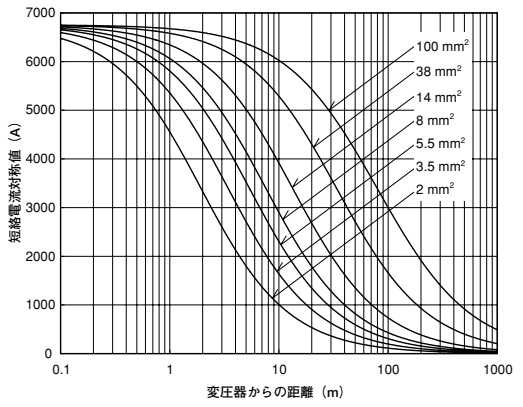
1φ3W 変圧器容量 20kVA 外線間 210V

図 6. 41B



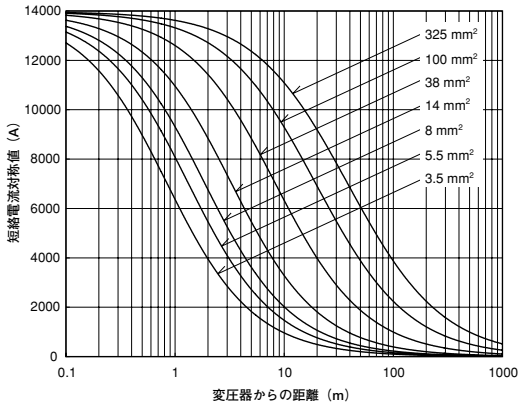
1φ3W 変圧器容量 30kVA 外線－中性線間 105V

図 6. 42A



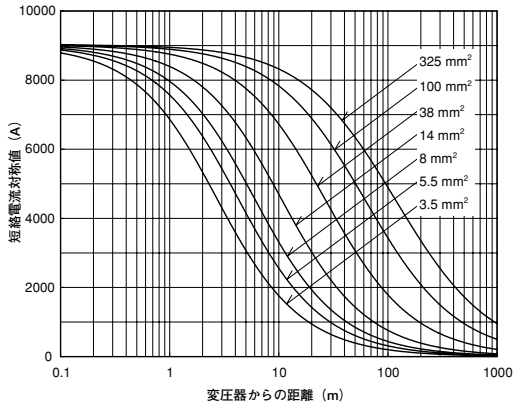
1φ3W 変圧器容量 30kVA 外線間 210V

図 6. 42B



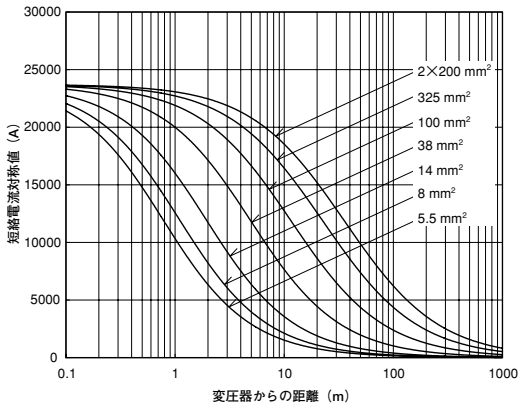
1φ3W 変圧器容量 50kVA 外線－中性線間 105V

図 6. 43A



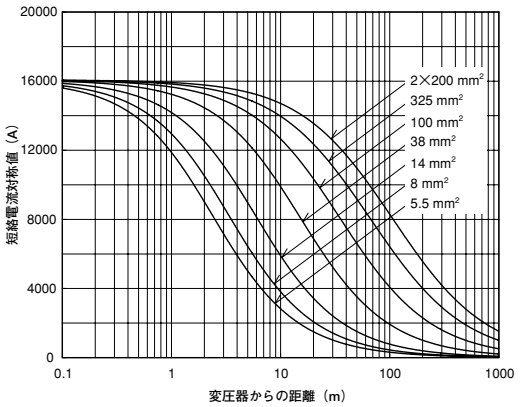
1φ3W 変圧器容量 50kVA 外線間 210V

図 6. 43B



1φ3W 変圧器容量 75kVA 外線－中性線間 105V

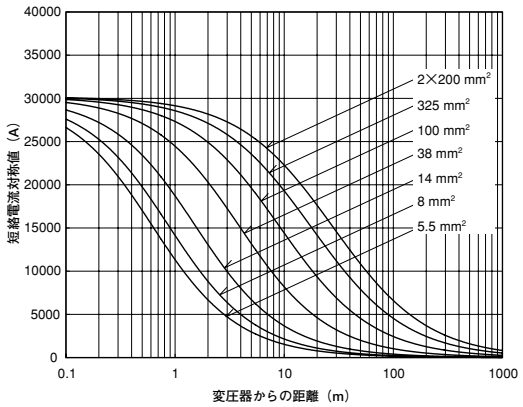
図 6. 44A



1φ3W 変圧器容量 75kVA 外線間 210V

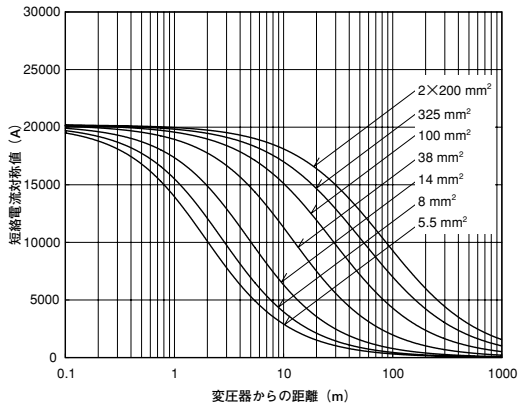
図 6. 44B

6 推定短絡電流の計算



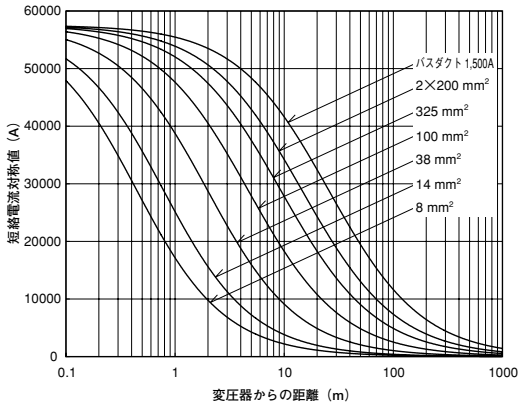
1φ3W 変圧器容量 100kVA 外線－中性線間 105V

図 6. 45A



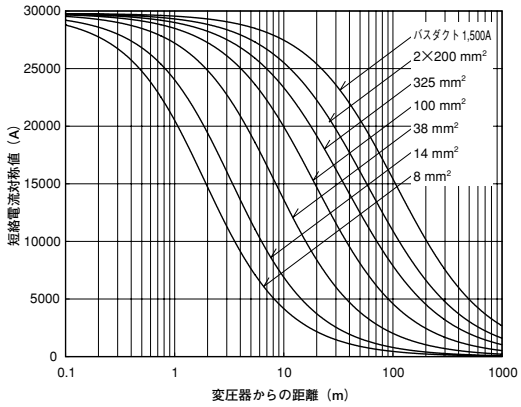
1φ3W 変圧器容量 100kVA 外線間 210V

図 6. 45B



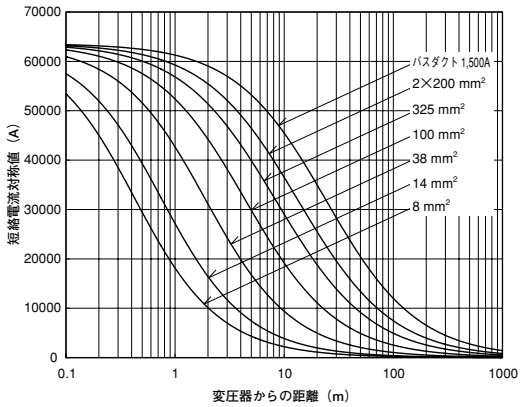
1φ3W 変圧器容量 150kVA 外線－中性線間 105V

図 6. 46A



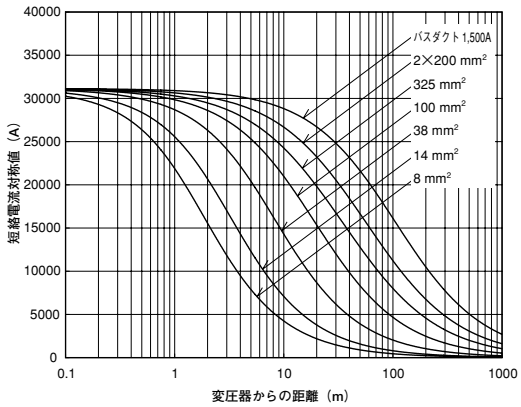
1φ3W 変圧器容量 150kVA 外線間 210V

図 6. 46B



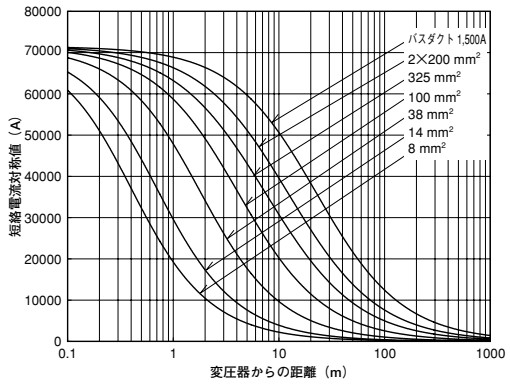
1φ3W 変圧器容量 200kVA 外線－中性線間 105V

図 6. 47A



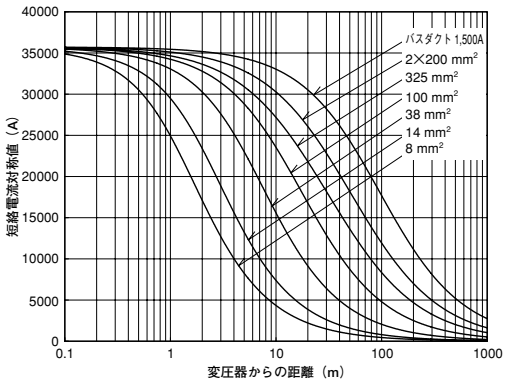
1φ3W 変圧器容量 200kVA 外線間 210V

図 6. 47B



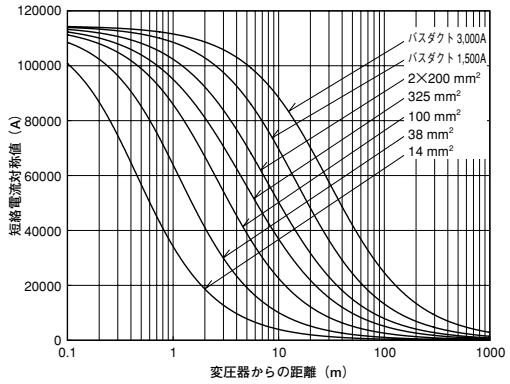
1φ3W 変圧器容量 300kVA 外線－中性線間 105V

図 6. 48A



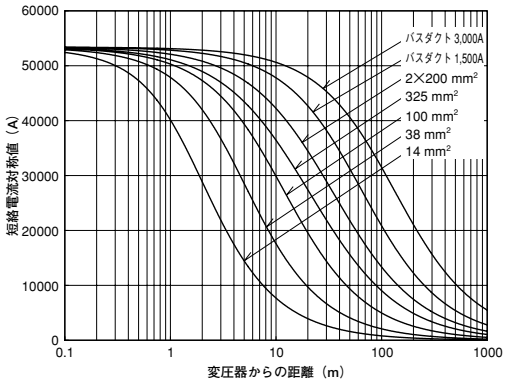
1φ3W 変圧器容量 300kVA 外線間 210V

図 6. 48B



1φ3W 変圧器容量 500kVA 外線－中性線間 105V

図 6. 49A



1φ3W 変圧器容量 500kVA 外線間 210V

図 6. 49B

6.8 パソコンによる短絡電流計算

インターネットによる技術情報サービスhttp://www.MitsubishiElectric.co.jp/faより「短絡電流計算ファイル(MS/Excelファイル形式)」や、さらに高度に遮断器の選定も含む「MELSHORT2」を無償でダウンロードできます。

6.9 参考資料 電気技術規程 JEAC 8701 抜粋

電気設備技術基準の解釈第33条に「過電流遮断器の施設」として設置の基準が規定されているが、低圧電路において「施設する箇所を通過する短絡電流」は次のように考えてよい。

－日本電気協会・電気技術規定　JEAC 8701による－

最大短絡電流の算出方法

①主遮断器(変電室)

主配電盤の母線までの電路が絶縁電線・ケーブルまたは導体を絶縁したバスダクトにより施設される場合は、その末端における母線に短絡が起こったときの短絡電流による。

その電路が裸導体(バスダクトのときを含む)により施設される場合は、その主遮断器の負荷側端子において短絡が起こったときの短絡電流による。

②フィーダ用遮断器

分電盤に至るフィーダが絶縁電線・ケーブルまたは導体を絶縁したバスダクトにより施設される場合は、分電盤電源側端子において短絡が起こったときの短絡電流による。

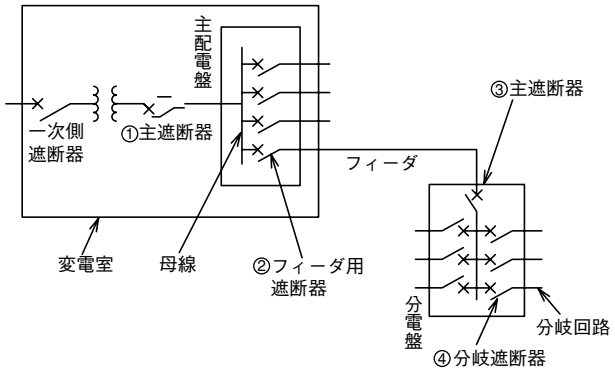
フィーダが裸導体(バスダクトの場合を含む)により施設される場合は、そのフィーダ用遮断器の負荷側端子において短絡が起こったときの短絡電流による。

③主遮断器(分電盤)

その負荷側端子において短絡が起こったときの短絡電流による。

④分岐遮断器

第1アウトレット(第1負荷点)において短絡が起こったときの短絡電流による。

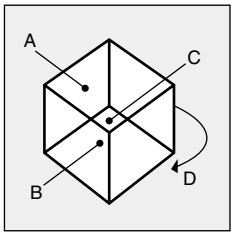


300kVA以下の変圧器から供給される電路の最大短絡電流値

(100V級および200V級の単相および三相の電路では、そのつど計算できないことが多いから、次のように考えてよい。)

種類	電路の区分		定格電流(A)	最大短絡電流(A)
Ⅰ	電気事業者の低圧配電線から供給される需要家の屋内電路		30以下のもの	1500　※
			30をこえるもの	2500
Ⅱ	Ⅰ以外のもので高圧または特別高圧の変圧器に結合する低圧電路により供給される低圧屋内電路	バンク容量100kVA以下の変圧器から供給される電路	30以下のもの	1500
			30をこえるもの	2500
		バンク容量100kVAをこえ300kVA以下の変圧器から供給される電路	30以下のもの	2500
			30をこえるもの	5000

(注)※：100V級2線式電路に使用するカットアウトスイッチ、カバー付ナイフスイッチおよび2極1素子の配線用遮断器については1000Aとすることができる。



7. 配電盤、分電盤、制御盤への適用

7 配電盤、分電盤、制御盤への適用

電気設備、電気装置、盤、エンクロージャ、箱、パネル……多種多様な用語の厳密な定義はさておいて、これらは単に、電気機器を収容するものと理解されがちであるが、電気機器と人間とのインターフェースを担うものと捉えることも可能である。
本章ではそれらを代表して「盤」と呼び、盤内に部品として使用される遮断器と盤との関わりを中心に述べていく。

7.1 盤の種類

盤の機能を一言でいえば、「給電の安全と連続性（信頼性）」の維持にある。このように機能は非常に簡単な言葉で要約されるが、用途に応じてその機能を果たすため、盤はその構造形態、目的機能などから多種多様に分類される。
JEM 1115「配電盤・制御盤・制御装置の用語及び文字記号」によると、主要な盤として次のものが定義されている。

(1) 配電盤

開閉機器と操作・測定・保護・監視・調整の機器とを組み合わせ、更に、内部配線、附属物及び支持構造物を備え、一般に、発電・送電・変電・配電・電力変換のシステムを運転する装置の総称。

(2) 分電盤

分岐過電流保護器を集合して取り付けたもの。分岐開閉器、主開閉器などを併置したもの及び取引用計器、電流制限器の設置場所を設けたものも含む。

(3) 制御盤

開閉機器と操作・測定・保護・監視・調整の機器とを組み合わせ、更に、内部配線、附属物及び支持構造物を備え、一般に、電力消費のシステムを運転する装置の総称。

なお、盤の機能を果たすために盤に組込まれる機器、すなわち、電力回路を保護・開閉、制御、変成、監視する電気機器が盤用機器であり、遮断器もその中に含まれる。

7.2 配電盤

大別すると監視制御を主とする配電盤、すなわち電気諸系統の機器や回路を監視制御するために計器、操作スイッチ、継電器、調整器などを1箇所に集中装備した配電盤（監視制御盤）と、主回路機器（遮断器、断路器など電力開閉器、計器用変成器など）を収納する配電盤とになる。

7.2.1 配電盤の規格

現時点では、JIS規格に配電盤を対象とした規格が存在しない。IEC規格にはIEC 61439（旧60439）シリーズに、一部分電盤を含むが、いくつかの規格が制定されている。このIEC 60439-1をベースにした民間の規格として制定されているのが、JEM 1265「低圧金属閉鎖形スイッチギヤ及びコントロールギヤ」である。
このJEM規格は、低圧用の閉鎖配電盤を対象として1973年3月に制定され、1994年3月の改正時にはIEC規格との整合が図られ現在の第3回改正版（2006年3月）に至っている。その適用範囲は、周波数1kHz以下、定格電圧交流1000V以下又は直流1500V以下の金属閉鎖形開閉制御装置であり、形式試験した組立品（TTA）及び部分的に形式試験した組立品（PTTA）の要求事項を規定している。

7.2.2 配電盤用の遮断器

配電盤の主回路用や分岐回路用に遮断器を使用する時には、**3.16「定格遮断電流の選定」**で述べた選択遮断性能やカスケード遮断性能を検討することが合理的な選定をする上で重要である。

7.2.3 配電盤の短絡性能と遮断器

配電盤の短絡性能について、JEM 1265では次のように要求している。

- 定格短時間電流による動的ストレス及び熱的ストレスに耐えること。
- 遮断器によって短絡電流に対して保護すること。
- 使用者は装置の短絡電流を指定すること。

一般に配電盤の短絡性能は主幹遮断器の遮断性能を利用すると定格限界短絡遮断容量Icu値が採用できる。配電盤の短絡強度の検証試験は、遮断器の遮断試験の内、O責務1回に相当する。配電盤の短絡性能で忘れてはならないものに「アークスペース」がある。特に、スイッチボードのように多数の遮断器を内蔵している配電盤では分岐遮断器の接続に裸ブスバーの使用が多いが、遮断器の遮断動作の際に遮断器電源側に放出される導電性のホットガスによる二次災害（裸ブスバーでの短絡や地絡）の発生を防ぐことが大切であり、そのために必要な絶縁空間をアークスペースという。

7.3 機械制御盤

JEM 1115の定義にいう「電力消費のシステムを運転する装置」である制御盤において、電力消費の対象を機械設備に限定したものを「機械制御盤」と呼ぶ。

7.3.1 機械制御盤の規格

狭義には、JIS B 9960-1「機械類の安全性－機械の電気装置－第1部：一般要求事項」を準拠規格とするものが機械制御盤である。また、機械設備のうち工作機械のみを対象としたJIS B 6015「工作機械－電気装置通則」もあるが、この規格には独自の要求規定がほとんどなく、JIS B 9960-1に従うことを求めているので、機械制御盤のJIS規格は実質JIS B 9960-1となる。

なお、このJIS規格はWTO/TBTによる基準の国際整合化の下、IEC 60204-1を基に作成されており、IEC規格との一致度合いはMOD、すなわち一部修正された規格である。

7.3.2 電源断路機器としての遮断器

機械制御盤の引込口に設置する機器を電源断路機器といい、JIS B 9960-1 5.3.2によると、断路用開閉器（JIS C 8201-3）、断路器（JIS C 8201-3）、回路遮断器（JIS C 8201-2-1、JIS C 8201-2-2）など5種類の機器が使用できる。

電源断路機器は次の要求項目を満たす必要があり、三菱遮断器は外部操作とってとの組合せも含めて、これらの項目に対応している。

- 「O」、「I」を明示する。
- 操作方向がIEC 60447に準拠している。
- 接点が完全に開くまでOFF表示しない。
- 断路（アイソレーション）機能を有する。
- ハンドルの色は黒色または灰色である。（非常停止用の場合は赤色とし、その取付け周りは黄色地とする。）
- OFF位置でロックできる手段を備えている。
- 充電部を断路した状態でエンクロージャを開くことができるよう、扉とのインターロック機能がある。
- 次の条件を満たすとき、有資格者が工具を使用してインターロックを解除できる。
  - インターロックの解除中は、いつでもOFFでき、OFFロックできること。
  - 扉を閉じると自動的に扉ロックが復帰すること。
- エンクロージャは、IP22以上の保護等級である。

7.3.3 過電流保護機器としての遮断器

制御盤内に遮断器を設置する目的は、回路の断路以外に、遮断器の基本機能である過電流保護がある。過電流保護に当たっては、保護協調を検討することが重要である。

7.3.4 感電保護機器としての遮断器

人体の感電保護には表7-1に示すようにいくつかの手段がある。

この中で、直接接触保護の「エンクロージャ」、間接接触保護の「電源の自動遮断」を保護手段として採用したものが最も一般的な形態であり、これが「盤」である。

なお、電源の自動遮断という広い概念になっているのは、系統接地方式を理解する必要があるが、漏電遮断器ではない通常の過電流遮断器によって地絡電流の検知・遮断が可能な場合があるからである。

また、直接接触保護の手段に「漏電遮断器」が見受けられるが、これは単独での保護手段としては認められておらず、直接接触保護を行う他の手段の効果を補強することが目的であることに注意しなければならない。

7.3.5 機械制御盤の短絡性能と遮断器

制御盤の表示事項に盤としての短絡性能がある。現行の規格であるJIS B 9960-1の2008年版の16. 4節には、制御盤のマーキング事項のひとつとして「装置の短絡定格（例えば、短絡遮断容量）」を求めている。

旧版である1999年版では「機械の過電流保護機器が、装置の一部として付いている場合には、その短絡遮断容量」と規定していた。これは明らかに引込口の遮断器の短絡遮断容量を表すものと解することができる。2008年版でその箇所が「装置の短絡定格」となったのは、IEC規格（IEC 60204-1）への整合のためであるが、IEC規格にはない一文「（例えば、短絡遮断容量）」を追加していることで、従来の規定の延長線上にあるかのようにも見える。

現時点のJIS B 9960-1には装置の短絡定格の求め方についての規定がないため、米国UL 508A SBに規定している方法を利用したり、制御盤製造者側で独自に設定していることが多い。

表7.1　感電保護手段の分類（IEC 60364-4-41：2001 より作成）

保護の区分	保護手段
【直接接触保護】 装置正常時、誤って充電部に接触することに対する保護	・エンクロージャ ・絶縁物 ・残留電圧からの保護 ・バリア ・アームズリーチ外（届かない） ・オブスタクル（障害物） ・PELV（特別低電圧） ・漏電遮断器（感度30mA以下）による追加保護
【間接接触保護】 装置の故障時（絶縁破壊時）の危険な接触電圧に対する保護	・電源の自動遮断 ・クラスII又は等価絶縁 ・電気的分離 ・非接地等電位回路 ・非導電性空間 ・PELV（特別低電圧）

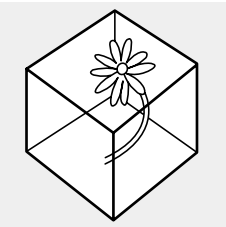
7.4　分電盤

7.4.1　分電盤の規格

分電盤のJIS規格には、JIS C 8328「住宅用分電盤」やJIS C 8480「キャビネット形分電盤」がある。住宅用分電盤は単相2線式100Vまたは単相3線式100/200Vの電路の住宅、店舗、事務所などの引込み口に使用する定格電流150A以下のものである。キャビネット形分電盤は交流300V以下、定格電流400A以下、定格短時間耐電流22kA以下のものあるいは、直流125V以下、定格電流50A以下の電路に使用するものを対象としているが、いずれも専門の知識を持たない一般人が取扱うことを前提にしている。

7.4.2　分電盤用遮断器

遮断器にも一般人が取扱うことを前提にした一連の製品群がある。JIS C 8211「住宅及び類似設備用配線用遮断器」、JIS C 8221「住宅及び類似設備用漏電遮断器―過電流保護装置なし（RCCBs）」、JIS C 8222「住宅及び類似設備用漏電遮断器―過電流保護装置付き（RCBOs）」がその規格である。これらのJIS規格はIEC規格との整合から制定されたものであるが、従来から、これらのJIS規格以外のJIS規格適合品であって分電盤への適用を主な用途にしていた製品があった。三菱製ではBH形、BH-K形などの分電盤用遮断器やBL形、NV-L形などの安全ブレーカであり、熟練者が取扱うことを前提にした、いわゆる産業用のJIS C 8201-2-1附属書2を適用している。



8. 付　録

8 付録

8. 1　遮断器の規格

8. 1. 1　遮断器に関連する基準・規格

遮断器自体あるいは使用方法などに関連した基準・規格のおもなものはつぎのとおりである。

(1) 日本の規格・基準

(a) 法規

◆電気設備に関する技術基準を定める省令
◆電気設備の技術基準の解釈
◆電気用品の技術上の基準を定める省令
◆労働安全衛生規則

(b) JIS（日本工業規格）

◆JIS C 8201-1 「低圧開閉装置及び制御装置－第1部：通則」
◆JIS C 8201-2-1 「低圧開閉装置及び制御装置－第2-1部：回路遮断器」(配線用遮断器及びその他の遮断器)
◆JIS C 8201-2-2 「低圧開閉装置及び制御装置－第2-2部：漏電遮断器」
◆JIS C 4610 「機器保護用遮断器」
◆JIS B 9960-1 「機械類の安全性－機械の電気装置－第1部：一般要求事項」

(c) 民間規格

◆JEAC 8001 「内線規程」（日本電気協会）
◆鋼船規則 （日本海事協会）

(2) 国際規格－IEC規格

◆IEC 60947-1 “Low-voltage switchgear and controlgear - Part 1: General rules”
◆IEC 60947-2 “Low-voltage switchgear and controlgear - Part 2: Circuit-breakers”
◆IEC 60934 “Circuit-breakers for equipment (CBE)”
◆IEC 60204-1 “Safety of machinery - Electrical equipment of machines - Part 1: General requirements”

(3) 欧州の規格・基準

(a) CEマーキング制度

EEA地域内の物流自由化を図る上で強制化されたもので、各製品はそれに関するEU指令に適合する必要があり、これらの指令に適合していることを表すのがCEマークである。この表示なしでは欧州市場で販売ができない。

(b) EU指令

●LVD指令（Low Voltage Directive）

交流50－1000V及び直流75－1500Vの定格電圧で使用するように設計された電気機器が対象となる。公認機関（NB）の型式証明を取得することは必須ではなく、製造者の自己適合宣言で対応することも多い。

●EMC指令（Electro-Magnetic Compatibility）

外部に強い電波を出さないことと、外部からの電磁波によって影響を受けないことを規定しており、電子式遮断器や漏電遮断器などが評価試験の対象となる。

(c) EN規格－IEC規格と整合されている

製品が各EU指令の必須安全要求事項に適合しているものと見なすための最良の方法が整合規格への適合であり、整合規格のほとんどはEN規格となる。

◆EN 60947-1 “Low-voltage switchgear and controlgear - Part 1: General rules”
◆EN 60947-2 “Low-voltage switchgear and controlgear - Part 2: Circuit-breakers”
◆EN 60934 “Circuit-breakers for equipment (CBE)”
◆EN 60204-1 “Safety of machinery - Electrical equipment of machines - Part 1: General requirements”

(d) 第三者認証（TÜV認証）

三菱遮断器の多くは、第三者認証機関であるTÜV Rheinlandにより、EN規格への適合性と安全性が認証されている（該当機種は8. 1. 2参照）。機械装置としてTÜV認証を申請する場合、遮断器の審査は省略される。

(4) 北米の規格・基準

(a) 米国

◆NFPA 70 “National Electrical Code”
◆NFPA 79 “Electrical Standard for Industrial Machinery”
◆UL 489 “Molded-Case Switches, and Circuit-Breaker Enclosures”
◆UL 1053 “Standard for Ground-Fault Sensing and Relaying Equipment”
◆UL 1077 “Standard for Supplementary Protectors for Use in Electrical Equipment”
◆UL 508A “Standard for Industrial Control Panels”

(b) カナダ

◆CSA C22.2 No. 5 “Molded-Case Circuit Breakers, Molded-Case Switches and Circuit-Breaker Enclosures”
◆CSA C22.2 No. 144 “Ground Fault Circuit Interrupters”
◆CSA C22.2 No. 235 “Supplementary Protectors”

(c) 認証マーク

三菱遮断器のいくつかの機種は、認証機関であるULによって米国UL規格、カナダCSA規格に基づき認証されている（該当機種は8. 1. 2参照）。認証機種へ表示するマークはcULus、cURusとなる。

(5) 中国の規格・基準

(a) CCC制度

2001年11月の中国のWTO加盟に伴い、認証制度がCCCに統合された。CCC認証制度の対象には、第1次強制品目として19分類132品目があるが、低圧電器の一品目として三菱遮断器もCCC認証を得ている（該当機種は8. 1. 2参照）。
配電盤はCCC対象であるが、GB 5226.1を適合規格とする制御盤（機械の電気装置）は非対象である。

(b) GB規格

国家標準（Guojia BiaoZhun）の頭文字をつけたGB規格が中国の基本的な規格となる。
IEC 60947シリーズに対応して、GB 14048シリーズがある。

◆GB 14048.1 低圧開閉設備及び制御設備　総則
◆GB 14048.2 低圧開閉設備及び制御設備　低圧断路器
◆GB 17701 設備用断路器
◆GB 5226.1 機械安全 機械電気設備 第1部分:通用技術条件

(6) 韓国の規格・基準

(a) 認証制度

「電気用品安全管理法」及び関係法令・規則に基づく電気製品の安全認証制度である。
日本から韓国への輸出および韓国内で販売するためには、指定機関による製品の認証と認証マークであるKCマークの表示が必要である。

8. 1. 2　適合規格一覧表

●印の認証が遮断器表面に表示されています。

●ノーヒューズ遮断器・モータブレーカ

仕様	クラス	形名＆必須指定記号	北米安全認証マーク					強制製品認証マーク				第三者認証マーク
			UL規格				CSA規格	電気用品安全法	CCC	CEマーキング	韓国電気機器安全認証（注1）	TÜV Rheinland
			アメリカ				カナダ	日本	中国	ヨーロッパ	韓国	ドイツ
		表示マーク										
F Style	C	NF63-CVF, NF125-CVF	―	―	―	―	―	●（125A除く）	●	●	●	●
	S	NF32-SVF, NF63-SVF, NF125-SVF	―	―	―	―	―	●（125A除く）	●	●	●	●
国内一般品	C	NF30-CS	―	―	―	―	―	●	●	●	●	●
		NF63-CV, NF125-CV	―	―	―	―	―	●（125A除く）	●	●（自己宣言）	●	―
		NF250-CV	―	―	―	―	―	●（100Aのみ）	●	●	●	●
		NF400-CW, NF630-CW, NF800-CEW	―	―	―	―	―	―	●	●（自己宣言）	●（NF400-CWのみ）	―
	S	NF32-SV, NF63-SV, NF125-SV	―	―	―	―	―	●（125A除く）	●	●（自己宣言）	●	―
		NF125-SEV	―	―	―	―	―	●（125A除く）	●	●（自己宣言）	―	―
		NF250-SV	―	―	―	―	―	●（100Aのみ）	●	●	●	●（4P除く）
		NF250-SEV	―	―	―	―	―	―	●	●（自己宣言）	―	―
		NF400-SW, NF630-SW NF400-SEW, NF630-SEW NF800-SEW, NF800-SDW	―	―	―	―	―	―	●	●（自己宣言）	―	―
		NF1000-SEW, NF1250-SEW	―	―	―	―	―	―	●	●（自己宣言）	―	―
		NF1600-SEW	―	―	―	―	―	―	●	●（自己宣言）	―	―
		NF1250-SDW, NF1600-SDW	―	―	―	―	―	―	―	●（自己宣言）	―	―
	H/R	NF50-HCW	―	―	―	―	―	●	―	―	―	―
		NF63-HRV	―	―	―	―	―	●	―	●（自己宣言）	―	―
		NF63-HV	―	―	―	―	―	●	●	●（自己宣言）	●	―
		NF125-HV	―	―	―	―	―	●（125A除く）	●	●（自己宣言）	●	―
		NF125-HEV	―	―	―	―	―	●（125A除く）	●	●（自己宣言）	―	―
		NF250-HV	―	―	―	―	―	―	●	●（自己宣言）	●	―
		NF250-HEV	―	―	―	―	―	―	●	●（自己宣言）	―	―
		NF400-HEW, NF400-REW NF630-HEW, NF630-REW NF800-HEW, NF800-REW	―	―	―	―	―	―	●	●（自己宣言）	―	―
	R/U	NF125-RV, NF125-UV	―	―	―	―	―	●（125A除く）	―	●（自己宣言）	―	―
		NF250-RV, NF250-UV, NF400-UEW	―	―	―	―	―	―	―	●（自己宣言）	―	―
		NF800-UEW	―	―	―	―	―	―	―	●（自己宣言）	―	―
		NF1200-UR	―	―	―	―	―	―	―	―	―	―
	KC	NF30-KC, NF50-KC, NF100-KC	―	―	―	―	―	●	―	―	―	―
	FA	NF30-FA, NF50-FA	―	―	―	―	―	●	―	―	―	―
	モータブレーカ	MB30-CS	―	―	―	―	―	●	―	●	●	●
		NF63-SVF MB	―	―	―	―	―	●	●	●	●	●
		NF32-SV MB, NF63-CV MB, NF63-SV MB, NF125-SV MB	―	―	―	―	―	●	●	●（自己宣言）	●	―
		NF250-SV MB	―	―	―	―	―	―	●	●	●	●
	HDV	NF63-HDV（2P）	―	―	―	―	―	―	―	●（自己宣言）（注2）	―	―
		NF63-HDV（3P）	―	―	―	―	―	―	―	●（自己宣言）（注2）	―	―
		NF125-HDV NF250-HDV	―	―	―	―	―	―	―	―	―	―
	HDVA	NF125-HDVA	―	―	―	―	―	―	（注1）	●（自己宣言）（3P除く）	―	―
		NF250-HDVA	―	―	―	―	―	―	（注1）	●（自己宣言）（3P除く）	―	―
	HDW	NF400-HDW	―	―	―	―	―	―	●	●（自己宣言）	―	―
		NF800-HDW	―	―	―	―	―	―	●	●（自己宣言）	―	―
UL ブレーカ	UL 489 Listed	NF50-SMU	―	―	―	●	―	●	●	●（自己宣言）	―	―
		NF100-SRU	―	―	―	●	―	●	●	●	●	●
		NF100-HRU	―	―	―	●	―	●	●	●	―	●
		NF50-SVFU, NF100-CVFU	―	―	―	●	―	●	●	●	●	●
		NF125-SVU, NF125-HVU	―	―	―	●	―	●（125A除く）	●	●	●	●
		NF250-SVU, NF250-HVU	―	―	―	●	―	―	●	●	●	●
		NF225-CWU	―	―	―	●	―	―	●	●	●	●
		NF400-SWU, NF400-HWU NF630-SWU, NF630-HWU	―	―	―	●	―	―	●	●	―	●
	UL 1077 Recognized	NF30-FAU, NF50-FAU	―	―	●	―	―	●	●	●	―	●
		NF50-FHU, NF100-FHU	―	―	●	―	―	●	●	●	―	●

備考：EAC認証はご照会ください。

注（1）ご注文により製作します。機種・極数・定格電流・感度電流によっては対応していない仕様がありますのでご注意ください。詳細はご照会ください。

（2）50A以下が対象となります。

8 付録

●漏電遮断器

●印の認証が遮断器表面に表示されています。

仕様	クラス	形名＆必須指定記号	北米安全認証マーク					強制製品認証マーク				第三者認証マーク
			UL規格				CSA規格	電気用品安全法	CCC	CEマーキング	韓国電気機器安全認証（注）	TÜV Rheinland
			アメリカ				カナダ	日本	中国	ヨーロッパ	韓国	ドイツ
		表示マーク										
F Style	C	NV63-CVF, NV125-CVF	―	―	―	―	―	●（125A除く）	―	―	●	―
	S	NV32-SVF, NV63-SVF, NV125-SVF	―	―	―	―	―	●（125A除く）	―	―	●	―
国内一般品	C	NV30-CS, NV50-CSA	―	―	―	―	―	●	―	―	●（NV50-CSA除く）	―
		NV63-CV, NV125-CV	―	―	―	―	―	●（125A除く）	―	―	●	―
		NV250-CV	―	―	―	―	―	―	―	―	●	―
		NV400-CW, NV630-CW	―	―	―	―	―	―	―	―	●（NV400-CWのみ）	―
	S	NV32-SV, NV63-SV, NV125-SV	―	―	―	―	―	●（125A除く）	―	―	●	―
		NV125-SEV	―	―	―	―	―	●（125A除く）	―	―	―	―
		NV250-SV	―	―	―	―	―	―	―	―	●	―
		NV250-SEV	―	―	―	―	―	―	―	―	―	―
		NV400-SW, NV630-SW, NF400-SEW NF630-SEW, NV800-SEW	―	―	―	―	―	―	―	―	―	―
	H/R	NV63-HV, NV125-HV	―	―	―	―	―	●（125A除く）	―	―	●	―
		NV125-HEV	―	―	―	―	―	●（125A除く）	―	―	―	―
		NV250-HV	―	―	―	―	―	―	―	―	●	―
		NV250-HEV	―	―	―	―	―	―	―	―	―	―
		NV400-HEW, NV400-REW NV630-HEW, NV800-HEW	―	―	―	―	―	―	―	―	―	―
	KC	NV30-KC, NV50-KC, NV100-KC	―	―	―	―	―	●	―	―	―	―
	FA	NV30-FA, NV50-FA	―	―	―	―	―	●	―	―	●	―
	モータブレーカ	MN30-CS, MN50-CSA	―	―	―	―	―	●	―	―	●	―
		NV63-SVF MB, NV63-CV MB NV63-SV MB, NV125-SV MB	―	―	―	―	―	●	―	―	●	―
		NV250-SV MB	―	―	―	―	―	―	―	―	●	―
CE･CCC品（三相電源）	C	NV63-CVF CE, NV125-CVF CE	―	―	―	―	―	●（125A除く）	●	●	●	●
	S	NV32-SVF CE, NV63-SVF CE NV125-SVF CE	―	―	―	―	―	●（125A除く）	●	●	●	●
	C	NV63-CV CE, NV125-CV CE	―	―	―	―	―	●（125A除く）	●（2P除く）	●（自己宣言）	●	―
		NV250-CV CE	―	―	―	―	―	―	●	●	●	●
		NV400-CW CE, NV630-CW CE	―	―	―	―	―	―	●	●（自己宣言）	●（NV400-CWのみ）	―
	S	NV32-SV CE, NV63-SV CE	―	―	―	―	―	●	●	●（自己宣言）	●	―
		NV125-SV CE	―	―	―	―	―	●（125A除く）	●	●（自己宣言）	●	―
		NV250-SV CE	―	―	―	―	―	―	●	●	●	●
		NV400-SW CE, NV630-SW CE NV800-SEW CE	―	―	―	―	―	―	●	●（自己宣言）	―	―
	H	NV63-HV CE	―	―	―	―	―	●	●	●（自己宣言）	●	―
		NV125-HV CE	―	―	―	―	―	●（125A除く）	●	●（自己宣言）	●	―
		NV250-HV CE	―	―	―	―	―	―	●	●（自己宣言）	●	―
UL ブレーカ	UL 489 Listed	NV100-SRU	―	―	―	●	―	●	●	●	●	●
		NV100-HRU	―	―	―	●	―	●	●	●	―	●
		NV50-SVFU, NV100-CVFU	―	―	―	●	―	●	●	●	●	●
		NV125-SVU, NV125-HVU	―	―	―	●	―	●（125A除く）	●	●	●	●
		NV250-SVU, NV250-HVU	―	―	―	●	―	―	●	●	●	●
		NV225-CWU	―	―	―	●	―	―	●	●	●	●
		NV400-SWU, NV400-HWU	―	―	―	●	―	―	●	●	―	●
	UL 1077 Recognized	NV30-FAU, NV50-FAU	―	―	●	―	―	●	●	●	●	●
		NV50-FHU, NV100-FHU	―	―	●	―	―	●	●	●	―	●
		NV-L22HC, NV-L22FYC NV-L22FZC, NV-L22MC	―	―	●	―	―	●	―	●	―	●
		NV-L22HC TUV, NV-L22FYC TUV NV-L22FZC TUV	―	―	●	―	―	●	―	―	―	●

備考：EAC認証はご照会ください。

注．ご注文により製作します。機種・極数・定格電流・感度電流によっては対応していない仕様がありますのでご注意ください。詳細はご照会ください。

●印の認証が遮断器表面に表示されています。

●サーキットプロテクタ

仕様	シリーズ	形名＆必須指定記号	北米安全認証マーク					強制製品認証マーク				第三者認証マーク
			UL規格				CSA規格	電気用品安全法	CCC	CEマーキング	韓国電気機器安全認証	TÜV Rheinland
			アメリカ				カナダ	日本	中国	ヨーロッパ	韓国	ドイツ
		表示マーク										
一般品	CP	CP-S	―	―	―	―	―	●	―	―	―	―
CEマーキング品		CP-S CE	―	―	―	―	―	●	―	●	―	●（EN 60934）
UL 1077 Recognized		CP-SU（1極品）	●	―	―	―	―	●	―	―	―	―
		CP30-BA, CP30-HU	―	―	●	―	―	●	●（GB 17701）（注2）	●（EN 60934）●（EN 60947-2）（自己宣言）	●（注1）	●（EN 60934）―

備考：EAC認証はご照会ください。

注　（1）ご注文により製作します。機種・極数・定格電流・感度電流によっては対応していない仕様がありますのでご注意ください。詳細はご照会ください。

（2）CP30-BAのみ対象となります。

●気中遮断器

仕様	シリーズ	形名	必須指定記号	北米安全認証マーク					強制製品認証マーク			第三者認証マーク
				UL規格				CSA規格	電気用品安全法	CCC	CEマーキング	TÜV Rheinland
				アメリカ				カナダ	日本	中国	ヨーロッパ	ドイツ
			表示マーク									
IEC品	SW	AE630-SW, AE1000-SW AE1250-SW, AE1600-SW AE2000-SWA, AE2000-SW AE2500-SW, AE3200-SW AE4000-SWA, AE4000-SW AE5000-SW, AE6300-SW	IEC 60947-2 or JIS C 8201-2-1	―	―	―	―	―	―	―	●（自己宣言）	―
JEC品	SW	AE630-SW, AE1000-SW AE1250-SW, AE1600-SW AE2000-SWA, AE2000-SW AE2500-SW, AE3200-SW AE4000-SWA, AE4000-SW AE5000-SW, AE6300-SW	JEC 160	―	―	―	―	―	―	―	―	―
CCC品	SW	AE630-SW, AE1000-SW AE1250-SW, AE1600-SW AE2000-SWA, AE2000-SW AE2500-SW, AE3200-SW AE4000-SWA, AE4000-SW AE5000-SW, AE6300-SW	CCC	―	―	―	―	―	―	●	●（自己宣言）	―

備考：EAC認証、KC認証はご照会ください。

注．4極遮断器を除く。

●ノーヒューズ遮断器・モータブレーカ･気中遮断器･サーキットプロテクタ･分電盤用遮断器（船級協会）

仕様	クラスシリーズ	形名	船級協会（注）					
			NK	LR	ABS	DNV・GL	BV	CCS
			日本	イギリス	アメリカ	ノルウェー	フランス	中国
国内一般品	C	NF30-CS	●	△	△	―	―	―
		NF125-CVF	●	△	△	△	△	△
		NF63-CV, NF125-CV	●	△	△	△	△	△
		NF250-CV	●	△	△	△	△	△
		NF400-CW, NF630-CW	●	△	△	△	△	―
		NF800-CEW	●	△	△	△	△	―
	S	NF32-SV, NF63-SV, NF125-SV	●	△	△	△	△	△
		NF250-SV	●	△	△	△	△	△
		NF400-SW, NF630-SW NF400-SEW, NF630-SEW NF800-SEW	●	△	△	△	△	△
		NF1000-SEW, NF1250-SEW	●	△	△	―	―	―
	H/R	NF63-HRV, NF63-HV, NF125-HV	●（3極品のみ）	△	△	△	△	△
		NF250-HV	●	△	△	△	△	△
		NF400-HEW, NF400-REW NF630-HEW, NF630-REW						△（HEW）
		NF800-HEW, NF800-REW						―
		NF125-RV, NF250-RV	●	△	△	△	△	△
	U	NF125-UV, NF250-UV	●	△	△	△	△	△
		NF400-UEW						―
		NF1200-UR	●	―	―	―	―	―
	モータブレーカ	MB30-CS	●	△	△	―	―	―
		NF32-SV MB, NF63-CV MB NF63-SV MB, NF125-SV MB NF250-SV MB	●	△	△	△	△	△
	AE	AE630-SW, AE1000-SW AE1250-SW, AE1600-SW AE2000-SWA, AE2000-SW AE2500-SW, AE3200-SW AE4000-SWA	●	●	●	●	●	●
		AE4000-SW, AE5000-SW, AE6300-SW	●	●	●	●	●	―
	CP	CP30-BA	△	―	―	―	―	―
	BH	BH-K, BH-P BH-K100	△	△（BH-P）	△（BH-P）	△（BH-P）	△（BH-P）	―

注．●印の認証を取得し、標準品の遮断器表面に表示しています。また、△印の認証を取得しています。

8. 1. 3　国内外主要規格の比較（抜すい）

(1) NFB

規　格	IEC 60947-2 EN 60947-2	JIS C 8201-2-1 附属書1	JIS C 8201-2-1 附属書2
名　称	Low-voltage switchgear and controlgear —Part 2: Circuit-breakers	回路遮断器 （配線用遮断器及びその他の遮断器）	回路遮断器 （配線用遮断器及びその他の遮断器）
適用範囲	定格電圧　AC1000V以下 DC1500V以下	定格電圧　AC1000V以下 DC1500V以下 JIS C 0364シリーズによって施工する電気設備用に適用。 JIS C 3662-3の許容温度70℃の絶縁電線（PVC70℃基準絶縁電線）を基準とする。	定格電圧　AC1000V以下 DC1500V以下 在来電気設備規定によって施工する電気設備用に適用。 JIS C 3307の許容温度60℃の絶縁電線（PVC60℃基準絶縁電線）を基準とする。
定格電流 （In）	規定なし 定格電流（In）は、定格連続電流（Iu）（第1部の4.3.2.4参照）である。また、開放熱電流（Ith）に等しい。		
定格絶縁電圧 （Ui）	規定なし 指定なき場合は、定格使用電圧（Ue）の最大値をUiとする。	規定なし 指定なき場合は、定格使用電圧（Ue）の最大値をUiとする。	規定なし 指定なき場合は、定格使用電圧（Ue）の最大値をUiとする。
定格使用電圧 （Ue）	規定なし 但しIEC60038にACシステムにおける標準電圧の規定あり。 3φ3W又は3φ4W：230/400、400/690、1000V 1φ3W　　：120/240V	規定なし	規定なし
定格インパルス耐電圧（Uimp）	1.2/50μs波形のピーク値（kV） 0.33　0.5　0.8　1.5　2.5　4　6　8　12		

定格制御回路電圧（Us）		定格制御回路電圧 （主回路電圧と異なる場合）	操作電圧範囲　%		定格制御回路電圧 （主回路電圧と異なる場合）	操作電圧範囲　%
	交流	24-48-110-127-220-230	85～110 ACの場合　定格周波数	交流	24-48-100-110-127-200-220-230-240-415	85～110 ACの場合　定格周波数
	直流	24-48-110-125-220-250		直流	24-48-100-110-125-200-220-250	

	電気用品安全法 電気用品の技術上の基準
	配線用遮断器
	定格電圧　100V以上　300V以下 定格電流　100A以下
	(1) 15A以下のもの (2) 15Aをこえ、30A以下のもの (3) 30Aをこえ、50A以下のもの (4) 50Aをこえるもの 注) フレームの大きさについての規定はない
	規定なし
	(1) 125V以下のもの (2) 125Vをこえるもの
	規定なし
	規定なし

<table>
<tr><td>規　格</td><td>IEC 60947-2
EN 60947-2</td><td>JIS C 8201-2-1
附属書1</td><td>JIS C 8201-2-1
附属書2</td><td></td></tr>
<tr><td>名　称</td><td>Low-voltage switchgear and controlgear
—Part 2: Circuit-breakers</td><td>回路遮断器
（配線用遮断器及びその他の遮断器）</td><td>回路遮断器
（配線用遮断器及びその他の遮断器）</td><td></td></tr>
<tr><td>引きはずし電圧</td><td><table><tr><td>電圧引きはずし</td><td>不足電圧引きはずし</td></tr><tr><td>定格電圧の70～110%で引きはずしできること。</td><td>定格電圧の70～35%で引きはずし、35%以下で閉路できず、85%以上で閉路できること。電圧の上限は110%。</td></tr></table></td><td colspan="2"><table><tr><td>電圧引きはずし</td><td>不足電圧引きはずし</td></tr><tr><td>定格使用電圧の85～110%（交流）、75～110%（直流）で引きはずしできること。</td><td>定格使用電圧の70～20%で引きはずし、35%以下で閉路できず、85%以上で閉路できること。電圧の上限は110%。</td></tr></table></td><td></td></tr>
<tr><td>定格周波数</td><td>規定なし</td><td>規定なし</td><td>規定なし</td><td></td></tr>
<tr><td>極　数</td><td colspan="3">1　2　3　4（N極付）</td><td></td></tr>
<tr><td>基準周囲温度</td><td>30℃±2℃</td><td>30℃</td><td>40℃</td><td></td></tr>
<tr><td>定格遮断電流（Icn）</td><td colspan="3">Icu（定格最大短絡遮断容量）は規定なし。
Ics（定格サービス短絡遮断容量）はIcuの何%であるかで表現され、25、50、75、100%のいずれかである。
%表示又は小数点切上げの数値で表示する。
Icw（定格短時間電流）は定格電流2500A以下は、定格電流の12倍または5kAの大きい方、2500Aを超えるものは30kAより大きい値のこと。</td><td></td></tr>
<tr><td>構　造</td><td colspan="3">(1) 絶縁材料はグローワイヤ試験により、主回路の通電部を保持するものは960℃、その他は650℃の性能を有することを確認する。
(2) 通電部は必要な強度と通電容量を持ち、接続部は絶縁物を介して締付けないこと。
(3) 沿面距離は、定格絶縁電圧（Ui）と、汚損度（Pollution Degree）と絶縁材料により規定される。
　空隙距離は定格インパルス電圧（Uimp）により規定される。
(4) 操作用ハンドルの操作方向は、IEC60447の規定によること。
(5) ON・OFFの位置の表示は明確であること。ON・OFFはIEC60417のシンボルで表示してもよい。（I、O）
(6) Isolationの規定に適合するものは要求機能が追加される。（詳細省略）
(7) 端子ねじは他の部品の固定に使用しないこと。
(8) 端子記号は明瞭で消えにくく、IEC60447に適合すること。
(9) N極を持つものはNを表示し、他の極より早く開くことなく、遅く閉じないこと。
　N極の通電容量は、63A以下は他の極と同じこと。63Aを超えるものの通電容量は他の極の50%以上で63Aより大きいこと。
(10) 端子強度
　①接続、取外しを5回行う。ねじ式端子はIEC60947-1表Ⅳの締付トルク又は製造者指定トルクの110%のいずれか大きい方で締付ける。
　　2つの端子で試験する。毎回新品の導体を使用すること。端子の損傷がないこと。
　②規定の長さの電線（IEC60947-1表Ⅴ+75mm）を規定のトルク（IEC60947-1表Ⅳ又は製造者の指定値）で締付け、その後半径37.5mm、10±2rpmで電線には規定の重りを付け、135回振回し、電線抜け断線のないこと。ただちに規定の荷重（IEC60947-1表Ⅵ）による引抜き試験をし導体の抜け、端子の破損のないこと。
(11) 引出形端子構造（詳細省略）
(12) 蓄積エネルギー式操作方法（詳細省略）
(13) 機構
　①投入装置が動作していてもトリップすること。
　②遮断器がONで投入装置が動作しても損傷のないこと。
　③トリップフリーの遮断器は、引きはずし装置が動作した時、接点閉のままにならないこと。</td><td></td></tr>
</table>

	電気用品安全法 電気用品の技術上の基準
	配線用遮断器
	規定なし
	50/60Hz
	1　2　3
	40℃±2℃（25℃±2℃）
	（対称値） 1000A以下のもの 1000Aをこえ 1500A以下のもの 1500Aをこえ 2500A以下のもの 2500Aをこえ 5000A以下のもの 5000Aをこえ 7500A以下のもの 7500Aをこえ10000A以下のもの 10000Aをこえ15000A以下のもの 15000Aをこえ20000A以下のもの 20000Aをこえ25000A以下のもの 25000Aをこえ30000A以下のもの 30000Aをこえるもの
	（1）定格電流が20Aをこえるものにあっては電線の先端を環状に曲げずに接続できること。 （2）大頭丸平小ねじを使用するものにあっては端子ねじの頭部でおおわれる端子金具の面積は大頭丸平小ねじの頭部の面積以上であること。 （3）極数が2以上のものにあっては各極（極数が3以上のものにあっては、接地側の極以外の極）を同時に開閉できること。 （4）絶縁距離　定格電流が15A以上の開閉器にあっては空間距離が4mm以上、沿面距離が6mm（ふたまたは外かくを使用者があけることができない構造のものの端子部以外の個所にあっては4mm）以上であること。 （5）排気孔の大きさは直径が5mmの球が貫通しないこと。 （6）遮断器は引きはずし自由形であること。 （7）端子の有効ねじ長さは呼び径8mm未満にあっては2ピッチ以上、呼び径8mm以上にあっては呼び径の40%以上であること。ただし端子枠内面に部分ねじ部を有する呼び径が8mm以上の端子ねじであって、次に適合するものにあってはこの限りでない。 （イ）全ねじ部の有効長さが呼び径の25%以上であり、かつ、全ねじ部と部分ねじ部の有効長さの和が呼び径の55%以上であること。 （ロ）端子部の強度試験を5回繰り返して行ったとき、これに適合すること。

規　格	IEC 60947-2 EN 60947-2	JIS C 8201-2-1 附属書1	JIS C 8201-2-1 附属書2	
名　称	Low-voltage switchgear and controlgear —Part 2: Circuit-breakers	回路遮断器 （配線用遮断器及びその他の遮断器）	回路遮断器 （配線用遮断器及びその他の遮断器）	
電線接続用端子の大きさ	最大接続可能電線は下表以上で、端子はIEC60947-1表Iの電線サイズ表で、2サイズ小さいものが締付できること。			
試験用電線				

試験電流		導体のサイズ mm²
0Aを超え	8A以下	1.0
8	12	1.5
12	15	2.5
15	20	2.5
20	25	4.0
25	32	6.0
32	50	10
50	65	16
65	85	25
85	100	35
100	115	35
115	130	50
130	150	50
150	175	70
175	200	95
200	225	95
225	250	120
250	275	150
275	300	185
300	350	185
350	400	240

定格電流 A	電線	
	単線（直径） mm	より線（断面積） mm²
In ≦ 15	1.6	—
15 < In ≦ 20	2.0	—
20 < In ≦ 30	—	5.5
30 < In ≦ 40	—	8
40 < In ≦ 50(60)	—	14
50 < In ≦ 75	—	22
75 < In ≦ 113	—	38
113 < In ≦ 152	—	60
152 < In ≦ 208	—	100
208 < In ≦ 276	—	150
276 < In ≦ 328	—	200
328 < In ≦ 389	—	250
389 < In ≦ 455	—	2×100、又は325
455 < In ≦ 520	—	2×150、又は400
520 < In ≦ 600	—	2×200、又は500

試験電流の範囲 A		導体			
		メートル		MCM	
		本数	サイズ mm²	本数	サイズ MCM
400	500	2	150	2	250
500	630	2	185	2	350
630	800	2	240	3	300

電気用品安全法

電気用品の技術上の基準

配線用遮断器

定格電流 A	電線	
	単線（直径mm）	より線（公称断面積mm²）
15以下	1.6（2.0）	―
15をこえ20以下	1.6及び2.0（2.0、2.6及び3.2）	2.0及び5.5
20をこえ30以下	20及び2.6（2.6及び3.2）	3.5及び8（14.0）
30をこえ50以下	―	8.0及び14.0（14.0及び22.0）
50をこえ60以下	―	8.0、14.0及び22.0（14.0、22.0及び38.0）
60をこえ75以下	―	14.0、22.0及び30.0（22.0、38.0及び50.0）
75をこえるもの	―	22.0、30.0及び38.0（38.0、50.0及び60.0）

（ ）はA ℓ 及びA ℓ -Cuの文字を表示したものに適用。

定格電流（A）	電線	
	単線（直径mm）	より線（断面積mm²）
15以下	1.6（2.0）	―
15を超え20以下	2.0（2.6）	―
20を超え30以下	（3.2）	5.5
30を超え40以下	―	8（14.0）
40を超え60以下	―	14.0（22.0）
60を超え75以下	―	22.0（38.0）
75を超えるもの	―	38.0（60.0）

規　格	IEC 60947-2 EN 60947-2	JIS C 8201-2-1 附属書1	JIS C 8201-2-1 附属書2	
名　称	Low-voltage switchgear and controlgear —Part 2: Circuit-breakers	回路遮断器 （配線用遮断器及びその他の遮断器）	回路遮断器 （配線用遮断器及びその他の遮断器）	
過電流 引きはずし試験	(1) 長限時引きはずし 基準周囲温度において、定格電流（不動作電流を設定できるものは不動作電流）の1.05倍の電流を2h（定格電流63A以下は1h）通電し動作しないこと。その後ただちに電流を1.30倍に増やし、2h以内（定格電流63A以下は1h以内）にトリップすること。 周囲温度の影響を受けない遮断器においては、30℃±2℃、20℃±2℃又は40℃±2℃において同様の試験をする。3極同時に通電し、コールドスタートとする。 (2) 短絡保護用引きはずし (a) 瞬時引きはずし 設定電流値の80%で0.2s動作しないこと。設定電流の120%で0.2s以内に動作すること。 (b) 短限時引きはずしは設定電流値の80%で製造者の定めた短限時引きはずし時間の2倍の時間動作しないこと。設定電流値の120%で製造者が定めた短限時引きはずし時間の2倍以内で動作すること。 2極の直列に接続して試験すること。2極の組合せは可能な組合せ全てで試験すること。各極ごとの試験も引き続いて行い、引きはずし電流は製造者の定めた値とすること。 (3) 短限時引きはずしの追加試験 (a) 引きはずし電流設定値の1.5倍の電流で、可能な全ての2極の組合せで、2極直列で引きはずし時間を測定し、製造者の定めた範囲内にあること。 (b) aと同じ条件で設定値の1.5倍の電流を製造者の定めた不動作時間通電した後、定格電流を短限時引きはずし時間の2倍通電してトリップしないこと。 (4) 過負荷保護用の瞬時引きはずし、短限時引きはずし（詳細省略） (5) 接続電線は電線接続用端子欄に示すサイズで、長さは温度上昇試験欄に示す長さのこと。過電流引きはずしが可調整の遮断器は、最大と最小設定で試験し、接続電流は設定Inにより選定する。試験電圧は任意の値とする。 (6) シーケンスⅠ、Ⅱ 温度上昇試験後の過電流引きはずし 温度試験の後直ちに、定格電流の1.45倍に増やし、2時間以内（63A以下は1時間以内）に動作すること。全極直列に接続すること。3相電流を使用してもよい。電圧は任意の値でよい。 (7) シーケンスⅢ (a) 定格電流の2倍を各極に通電して、製造者が設定した時間内に動作すること。電圧は任意の値でよい。 (b) Icu、耐電圧試験後の過電流引きはずし。定格電流の2.5倍を各極に通電して、製造者が設定した2倍の電流の時間内に動作すること。	下記以外はIECと同じ (2) 短絡保護用引きはずし (a) 瞬時引きはずし 設定電流値の80%で0.2s動作しないこと。設定電流の120%で0.2s以内に動作すること。 又は、設定値に置き換えて製造業者の指定する下限値及び上限値でそれぞれ試験してもよい。	下記以外は附属書1と同じ (1) 長限時引きはずし 基準周囲温度において、定格電流（不動作電流を設定できるものは不動作電流）の1.0倍の電流を2h（定格電流50A以下は1h）通電し動作しないこと。その後ただちに電流を1.25倍に増やし、2h以内（定格電流50A以下は1h以内）にトリップすること。 また、定格電流の2.0倍の電流を各極ごとに通電したとき、規定の動作時間以内に動作すること。 周囲温度の影響を受けない遮断器においては、30℃±2℃、20℃±2℃又は40℃±2℃において同様の試験をする。3極同時に通電し、コールドスタートとする。 200%　動作時間（分） 2以内（　In ≦ 30A） 4以内（ 30A ＜ In ≦ 50A） 6以内（ 50A ＜ In ≦ 100A） 8以内（ 100A ＜ In ≦ 225A） 10以内（ 225A ＜ In ≦ 400A） 12以内（ 400A ＜ In ≦ 600A） 14以内（ 600A ＜ In ≦ 800A） 16以内（ 800A ＜ In ≦ 1000A） 18以内（1000A ＜ In ≦ 1200A） 20以内（1200A ＜ In ≦ 1600A） 22以内（1600A ＜ In ≦ 2000A） 24以内（2000A ＜ In）	
100% 電流試験	規定なし	規定なし	上記による	

	電気用品安全法 電気用品の技術上の基準
	配線用遮断器
	定格電流 A / 動作時間（min） 定格電流の200%の電流 / 定格電流の125%の電流 30以下 / 2以内 / 60以内 30をこえ50以下 / 4以内 / 60以内 50をこえるもの / 6以内 / 120以内 （1）200%電流は各極ごとに通電する。 （2）125%電流は各極同時に通電する。
	定格電流に等しい電流を各部の温度が一定となるまで通じたとき過電流引きはずし装置が動作しないこと。

<table>
<tr><td>規　格</td><td>IEC 60947-2
EN 60947-2</td><td>JIS C 8201-2-1
附属書1</td><td>JIS C 8201-2-1
附属書2</td><td></td></tr>
<tr><td>名　称</td><td>Low-voltage switchgear and controlgear
—Part 2: Circuit-breakers</td><td>回路遮断器
（配線用遮断器及びその他の遮断器）</td><td>回路遮断器
（配線用遮断器及びその他の遮断器）</td><td></td></tr>
<tr><td>過負荷試験</td><td>630A以下の定格電流の遮断器に適用する。
試験回路はIEC947-1図3～6によること。
電源容量、銅ヒューズの規定は通電耐久試験と同じ。
試験電圧は最大Ueのこと。
可調整引きはずしの設定は最大に設定すること。
開閉は9回は手動により、3回は過電流引きはずしの動作による自動遮断により合計12回試験する。
通電時間は電流が充分規定値になる時間とするが2s以内のこと。
開閉頻度は耐久試験の欄に示す値と同じ。遮断器がリセットできない時は頻度を下げてもよい。
周波数は45～62Hzの範囲内であること
<table><tr><td></td><td>交流</td><td>直流</td></tr><tr><td>電流</td><td>6In</td><td>2.5In</td></tr><tr><td>電圧</td><td>1.05Ue max</td><td>1.05Ue</td></tr><tr><td>力率cosϕ</td><td>0.5</td><td>max</td></tr><tr><td>時定数L/R（ms）</td><td>—</td><td>2.5</td></tr></table></td><td>下記以外はIECと同じ
<table><tr><td></td><td>交流</td><td>直流</td></tr><tr><td>電流</td><td>6In</td><td>2.5In</td></tr><tr><td>電圧</td><td>1.1Ue max</td><td>1.1Ue</td></tr><tr><td>力率cosϕ</td><td>0.5</td><td>max</td></tr><tr><td>時定数L/R（ms）</td><td>—</td><td>2.5</td></tr></table></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>越流試験</td><td>規定なし</td><td>定格使用電圧が交流110Vまたは110/220Vで定格電流50A以下のもので越流性能を表示するものは、次の試験を行い自動的に開放せず、かつ溶着がないこと。
(1) 白熱電球100V、200Wを基準として点灯状態で、遮断器の定格電流が流れる個数。
(2) 試験電圧100～105V。点灯時の電圧降下は5%以内とする。
(3) 試験は2s間閉路ののち開路し、2min間冷却する。この操作を3回連続する。</td><td>定格使用電圧が交流110Vまたは110/220Vで定格電流50A以下のものにつき以下の試験を行い白熱電球を室温、点灯したとき動作せず、かつ溶着がないこと。
(1) 白熱電球100V、200Wを基準として点灯状態で、遮断器の定格電流が流れる個数。
(2) 試験電圧100～105V。点灯時の電圧降下は5%以内とする。
(3) 試験は2s間閉路ののち開路し、2min間冷却する。この操作を3回連続する。</td><td></td></tr>
</table>

	電気用品安全法 電気用品の技術上の基準
	配線用遮断器
	遮断器は定格電流の6倍の電流（定格電流が25A以下のものは150A）を1min間に4回の開閉割合で35回は手動で、15回は手動投入自動引きはずしで開閉すること。 条件 (1) 定格電流の6倍の電流を通した時の電圧降下は15%以下であること。 (2) 規定の太さの絶縁電線を試験品に接続し、通常の使用状態に取り付け定格電圧に等しい電圧を加えること。 (3) 試験回路の力率は0.45以上、0.5以下 (注) 個別引きはずしの配線用遮断器にあっては、多極ごとに自動遮断を行うこと。
	定格電流が50A以下のものにあっては、次に掲げる試験方法により行ったとき自動的に遮断せず、または接点は溶着しないこと。 (1) 点灯状態における電流が定格電流にほぼ等しくなる様に定格電圧が100Vで定格消費電力が200Wのタングステン電球を試験品の負荷側（単相3線式のものにあっては負荷側の中性線と1の電圧側電線）に接続すること。この場合において電流を調整するために必要な限度で定格消費電力が200W以下の電球を使用することができる。 (2) 試験品の電源側端子における無負荷電圧は、100V以上105V以下とし、点灯時の電圧降下は5%以内とする (3) 試験品に接続したタングステン電球を同時に点灯し、2秒後に開路し、次に2分間自然冷却する操作を連続して3回行うこと。

<table>
<tr><td>規　格</td><td>IEC 60947-2
EN 60947-2</td><td>JIS C 8201-2-1
附属書1</td><td>JIS C 8201-2-1
附属書2</td><td></td></tr>
<tr><td>名　称</td><td>Low-voltage switchgear and controlgear
—Part 2: Circuit-breakers</td><td>回路遮断器
（配線用遮断器及びその他の遮断器）</td><td>回路遮断器
（配線用遮断器及びその他の遮断器）</td><td></td></tr>
<tr><td>温度上昇試験</td><td>
<table>
<tr><th colspan="2">場所</th><th>温度上昇限度（K）</th></tr>
<tr><td colspan="2">外部絶縁導体接続端子</td><td>80</td></tr>
<tr><td rowspan="2">操作部</td><td>金　属</td><td>25</td></tr>
<tr><td>非金属</td><td>35</td></tr>
<tr><td rowspan="2">人が触れる部分</td><td>金　属</td><td>40</td></tr>
<tr><td>非金属</td><td>50</td></tr>
<tr><td rowspan="2">通常人が触れない部分</td><td>金　属</td><td>50</td></tr>
<tr><td>非金属</td><td>60</td></tr>
</table>
記載のない絶縁物・部品においても、温度上昇により損傷のないこと。
(1) 試験方法
(a) 周囲温度は少なくとも2つのセンサーで測定すること。
遮断器から約1m離し高さは遮断器取付高さの約半分の位置に取付け、気流や副射熱から保護してあること。
(b) 周囲温度は＋10～＋40℃の範囲にあり、10K以上の変動のないこと。3K以上の変動がある時、熱時定数を考慮し温度上昇測定値を補正すること。
(c) 電磁コイルの温度は抵抗法による。T2＝R2/R1（T1＋234.5）－234.5
温度上限はIEC60216又はIEC60085の規定による。
T1:スタート時の温度（℃）　R1:スタート時の抵抗（Ω）
T2:飽和時の温度（℃）　R2:飽和温度での抵抗（Ω）
(d) 1℃/時以内の温度上昇変化で飽和したとみなす。但し飽和するまでに8hを越えないこと。
(e) 遮断器は正規に取付けること。
(f) 遮断器の定格サーマル電流（Ith）を通電すること。Ithは遮断器の定格電流（In）と同じ。
電圧は任意の電圧でよい。
(g) 直流用は、交流で試験してもよい。多極用遮断器は単相電流を全極直列に通電して試験してもよい。
(h) 4極遮断器でN極を持つものは、①電圧極の3極で試験する。
②N極と隣極とを直列にして単相電流でN極のIthにより試験する。
(i) Ith＝Inが400A以下
接続電線は電線接続用端子の欄に示す表によること。
端子間、他の端子までの最小電線長さは35mm²以下の時1m、35mm²を超える時2mのこと。
(j) Ith＝Inが400Aを超え、800A以下
接続電線は電線接続用端子の欄に示す表のPVC電線又は銅バーによること。ほぼ同じ断面積を持つ他の銅バーでもよい。銅バーは黒色塗装のこと。複数の銅バーを1つの端子に接続する時バーの板厚の空間を設けること。複数の電線を1つの端子に接続する時10mmのギャップを持たせて結束すること。端子間、他の端子までの導体最小長さは2mのこと。スターポイントまでの長さは1.2mとしてもよい。
(k) Ith＝Inが800Aを超え、3150A以下
接続銅バーは電線接続用端子の欄に示す。ほぼ同じ断面積を持つ他の銅バーでもよい。電線接続の場合は製造者の指定によること。銅バーは黒色塗装のこと。複数の銅バーを1つの端子に接続する時、バーの板厚の空間を設けること。端子間、他の端子までの銅バーの最小長さは3mのこと。電源の端子の温度上昇が銅バー長さの中間値より5Kより低くないなら2mにしてもよい。スターポイントまでの最小長さは2m。
(l) Ith＝Inが3150Aを超えるものの試験は製造者と使用者の取り決めによる。
(m) 制御回路の温度上昇は定格電圧、定格電流を印加して試験すること。
補助・警報スイッチの場合、電圧は任意の値とする。
(n) 4極遮断器の場合、まず電圧極の3極で試験し、その後、N極と隣極とで、Inが63A以下の場合Inで、63Aを越える場合、製造者と使用者との取り決めによる電流値で試験すること。
(2) シーケンスⅡ　Ics後の温度上昇試験
端子の温度上昇のみ測定し、80K以下のこと。
最小Inでは試験する必要はない。
</td><td>下記以外は附属書1と同じ
<table>
<tr><th colspan="2">場所</th><th>温度上昇限度（K）</th></tr>
<tr><td colspan="2">外部絶縁導体接続端子</td><td>60</td></tr>
<tr><td rowspan="2">操作部</td><td>金　属</td><td>25</td></tr>
<tr><td>非金属</td><td>35</td></tr>
<tr><td rowspan="2">人が触れる部分</td><td>金　属</td><td>40</td></tr>
<tr><td>非金属</td><td>50</td></tr>
<tr><td rowspan="2">通常人が触れない部分</td><td>金　属</td><td>50</td></tr>
<tr><td>非金属</td><td>60</td></tr>
</table>
</td><td></td></tr>
</table>

	電気用品安全法 電気用品の技術上の基準		
	配線用遮断器		
	測　定　箇　所	温度上昇	
		熱電温度計法	抵抗法
	接点材料が銅または銅合金であって、形状が塊状または平板状であり、かつ、接触機構がつき合わせ接触のものの開閉接触部	40	－
	接点材料が銅または銅合金であって、形状が塊状または平板状であり、かつ、接触機構がしゅう動接触のものの開閉接触部	45	－
	接点材料が銀または銀合金であって、形状が塊状または平板状であり、かつ、接触機構がつき合わせ接触またはしゅう動接触のものの開閉接触部	100	－
	端子金具	60	－
	Y種絶縁のコイル	50	70
	A種絶縁のコイル	65	85
	E種絶縁のコイル	80	100
	B種絶縁のコイル	90	110
	F種絶縁のコイル	115	135
	H種絶縁のコイル	140	160
	裸線を単層巻にしたコイル	90	－
	エナメル線を単層巻にしたコイル	90	－
	エナメル線を二重巻にしたコイル	80	－
	セレン製のもの	45	－
	ゲルマニウム製のもの	30	－
	シリコン製のもの	105	－
	基準周囲温度は、30℃とする。		

<table>
<tr><td>規　格</td><td>IEC 60947-2
EN 60947-2</td><td>JIS C 8201-2-1
附属書1</td><td>JIS C 8201-2-1
附属書2</td><td></td></tr>
<tr><td>名　称</td><td>Low-voltage switchgear and controlgear
—Part 2: Circuit-breakers</td><td>回路遮断器
（配線用遮断器及びその他の遮断器）</td><td>回路遮断器
（配線用遮断器及びその他の遮断器）</td><td></td></tr>
<tr><td>耐久試験</td><td colspan="3">
<table>
<tr><th rowspan="2">定格電流
A</th><th rowspan="2">開閉頻度
回/時間</th><th colspan="3">開閉回数</th></tr>
<tr><th>無通電</th><th>通電</th><th>合計</th></tr>
<tr><td>100以下</td><td>120</td><td>8500</td><td>1500</td><td>10000</td></tr>
<tr><td>100をこえ 315以下</td><td>120</td><td>7000</td><td>1000</td><td>8000</td></tr>
<tr><td>315をこえ 630以下</td><td>60</td><td>4000</td><td>1000</td><td>5000</td></tr>
<tr><td>630をこえ2500以下</td><td>20</td><td>2500</td><td>500</td><td>3000</td></tr>
<tr><td>2500をこえる</td><td>10</td><td>1500</td><td>500</td><td>2000</td></tr>
</table>
開閉頻度は最小値
ブレーカは最大2秒閉路通電すること。

(1) 試験は室温で行う。
制御回路の印加電圧は付属装置の端子で測定する。
過負荷、通電耐久、無通電耐久の試験順序は任意とする。
(2) 無通電試験において合計回数の10%はUVT又はSHTにて引きはずすこと。印加電圧は最大操作電圧。
動作の半分は耐久試験の開始時に、残りの半分は終了時に行うこと。
電気操作装置により開閉する場合定格制御電圧を印加して試験すること。
(3) 通電耐久試験
試験回路はIEC60947-1 図3～6によること。
電源容量は試験電流の10倍又は50kAの小さい方の値以上のこと。
事故検出のためφ0.8mm最小長さ50mmの銅製ヒューズを取付板と中性点の間に接続する。
事故電流は1500A±10%のこと。φ0.8より細い銅線を使用することもできる（条件省略）。
定格電流、定格使用電圧（Ue）を開閉する。
力率は0.8、時定数は2msとする。周波数は45～62Hzの範囲にあること。
可調整引きはずしの場合、過電流設定は最大、短絡用設定は最小のこと。
電気操作装置により開閉する場合、定格制御電圧を印加すること。</td><td></td></tr>
<tr><td>絶縁抵抗試験</td><td>規定なし</td><td>規定なし</td><td>規定なし</td><td></td></tr>
</table>

	電気用品安全法 電気用品の技術上の基準
	配線用遮断器
	定格電圧に等しい電圧を加え定格電流に等しい電流を通じ1min間に10回の開閉割合で5000回の開閉を行う。 試験回路の力率は0.75以上、0.8以下 試験回路の電圧降下2.5%以下

測　定　箇　所	絶縁抵抗（MΩ）
極性が異なる充電部（電動機の充電部および定格電圧が100V未満の操作回路を除く。以下この表において同じ）間。開路の状態における極性が同じである充電部間。充電部とアースするおそれのある非充電金属部または人が触れるおそれがある非金属部との間。充電部と試験用金属板との間。主回路と操作回路との間。	5
電動機の充電部と非充電部と金属の間。定格電圧が100V未満の操作回路とアースするおそれのある非充電金属部又は人が触れるおそれのある非金属部との間。定格電圧が100V未満の操作回路と試験用金属板との間。	1

規　格	IEC 60947-2 EN 60947-2	JIS C 8201-2-1 附属書1	JIS C 8201-2-1 附属書2	
名　称	Low-voltage switchgear and controlgear —Part 2: Circuit-breakers	回路遮断器 （配線用遮断器及びその他の遮断器）	回路遮断器 （配線用遮断器及びその他の遮断器）	
耐電圧試験	(1) インパルス耐電圧試験 試験電圧はIEC60947-1表12によること。 アイソレーション機能のあるものは接点開でIEC60947-1表14の値を印加する。 空隙距離がIEC60947-1表13のケースAより大きい場合、Uimp試験は省略できる。 沿面距離はIEC60947-1表15より大きいこと。材料のCTI値、使用環境の汚損度（Pollution degree）により規定される。 アイソレーション機能のあるものは、1.1Ueの試験電圧を印加して電源・負荷間の洩れ電流が0.5mA以下であること。 絶縁物の操作ハンドルは金属箔で覆い金属の取付板に接続する。 1.2/50μsインパルス波形の電圧を正負各5回、最小1秒の間隔で印加する。 電圧印加箇所 ①主回路、制御回路の充電部一括と取付板間。接点はON・OFF・トリップ。 ②主回路の1極と、他の極一括を取付板に接続。接点はON・OFF・トリップ。 ③主回路と接続しない制御回路と、主回路、他の制御回路、取付板間。 ④電源端子一括と、負荷側端子一括間。接点開。 (2) 耐電圧試験（商用周波耐電圧試験） テストシーケンスの中の耐電圧試験は正弦波電圧による。 金属板上に取付ける。絶縁物の操作ハンドルは金属箔で覆い取付板に接続する。モータ、計器、スナップスイッチ、半導体装置等を備えたものは接続を外して試験する。 電圧印加箇所 (a) 主回路（主回路と接続しない制御回路、補助回路は全て取付板へ接続する） ①遮断器ON: 全充電部一括と取付板間 各極と他の極一括を取付板に接続間 ②遮断器OFF・トリップ: 全充電部一括と取付板間 電源側端子一括と負荷側端子一括間 (b) 制御・補助回路（主回路の全充電部は取付板に接続） ①主回路と接続しない制御・補助回路一括と取付板間 ②1つの付属装置と、他の付属装置一括間 電圧は5秒間印加する。試験電圧は正弦波で、周波数45～62Hzであること。短絡した時の電流は0.2Aより小さくないこと。 試験電圧 定格絶縁電圧Ui（V）　試験電圧　AC rms（V） 60以下　1000 60を超え 300以下　1500 300を超え 690以下　1890 690を超え 800以下　2000 800を超え1000以下　2200 主回路に接続しない制御・補助回路の試験電圧はUi60V以下は1000V、Ui60Vを超えるものは2Ui＋1000Vで最小値1500Vのこと。 (3) シーケンスⅠ　過負荷・通電耐久後の耐電圧試験。2Ueを印加する。但し最小値は1000V。 (4) シーケンスⅡ　Ics後の耐電圧試験。2Ueを印加する。但し最小値は1000V。 (5) シーケンスⅢ　Ics後の耐電圧試験。2Ueを印加する。但し最小値は1000V。		下記以外は附属書1と同じ。 (1) インパルス耐電圧試験 ・Uimpを宣言する場合。 附属書1と同じ。 ・Uimpを宣言しない場合。 ①商用周波耐電圧試験。 附属書1と同じ。 ②雷インパルス耐電圧試験。 1.2/50μsインパルス波形の電圧5kVを正負各3回、充電部と非充電金属部間に印加する。	

	電気用品安全法 電気用品の技術上の基準
	配線用遮断器

定格電圧（V）	試験電圧（V）
30以下	500
30をこえ　150以下	1000
150をこえ　300以下	1500
300をこえ　600以下	2000
600をこえ　1000以下	3000

（備考）二重定格のものにあっては、高い方の定格電圧によること。

絶縁抵抗試験の測定箇所に上表の電圧を連続して1分間加えたときこれに耐えること。

規　格	IEC 60947-2 EN 60947-2	JIS C 8201-2-1 附属書1	JIS C 8201-2-1 附属書2	
名　称	Low-voltage switchgear and controlgear —Part 2: Circuit-breakers	回路遮断器 （配線用遮断器及びその他の遮断器）	回路遮断器 （配線用遮断器及びその他の遮断器）	
短絡試験	(1) 試験条件 (a) 各要素の許容差 電流　＋5～0% 電圧　＋5～0% 力率　0～－0.05 時定数　＋25～0% 周波数　±5% (b) 回復電圧は定格使用電圧（Ue）の105%であること。 (c) 電気操作装置付の場合、85%電圧を印加して試験のこと。 (d) 電源側、負荷側の端子表示のあるものは表示に従い試験のこと。表示のないものは規格の指示によること。 (e) 試験回路はIEC60947-1図9～図12による。 使用中接地する部分、遮断器を覆うワイヤメッシュ、箱は事故電流検出用φ0.8mm、最小長さ50mmの銅製ヒューズを介して、電源中性点に接続する。事故電流は1500A±10%になるよう抵抗を挿入してもよい。配電方式によらず中性点を作った場合、事故設定電流、銅製ヒューズは小さくてもよい。 (f) 接続電線サイズは電線接続用端子欄の値とし、電線長さはInが630A以下は遮断器の電源側50cm、負荷側25cmのこと。 (g) 4極遮断器の場合、N極と隣の極との短絡遮断試験を追加の新品の試料で試験する。 印加電圧はUe/とし、試験電流は製造者と使用者の取り決めによるが、Icu、Icwの60%より小さくないこと。 (h) 短絡遮断試験において、極間の短絡、地絡、事故検出用銅製ヒューズの溶断のないこと。 (i) 遮断電流は3相rmsの平均値であらわす。各相の電流は平均値から10%以上変動しないこと。 (j) 投入電流は3相の最大値であらわす。 (k) 遮断試験の間の時間で、3分又はリセット時間の長い方の時間とする。 (2) 定格使用短絡遮断試験（Ics） 試料の定格使用電圧（Ue）、定格電流（In）、Ics、試料台数は、IEC60947-2表Xによること。 試験責務は、O-t-CO-t-COとする。 ヒューズ付遮断器の場合、溶断したヒューズはその都度交換すること。 (3) 定格最大短絡遮断試験（Icu） 試料の定格使用電圧（Ue）、定格電流（In）、Icu、試料台数は、IEC60947-2表Xによること。 試験責務は、O-t-CO (4) 定格短時間耐電流試験（Icw）、ヒューズ組込遮断器の短絡遮断試験、組合せ試験（Icw=Ics、Icw=Ics=Icu）の詳細は省略。	下記以外はIECと同じ (1) 試験条件 (b) 回復電圧は定格使用電圧（Ue）の110%であること。 (2) 定格使用短絡遮断試験（Ics） 当面の間、この試験シーケンスは、適用しなくてもよい。		

	電気用品安全法 電気用品の技術上の基準
	配線用遮断器

(1) 短絡電流　定格電圧に等しい電圧を加えた時短絡発生後0.5サイクルにおける交流分実効値
(2) 回路定数

定格遮断電流または定格コード保護電流（A）	短絡力率
1500以下	0.7以上0.8以下
1500をこえ5000以下	0.5以上0.6以下
5000をこえるもの	0.3以上0.4以下

(3) 回復電圧　定格電圧に等しくなること。試験電圧は試験品が開路した時から0.2s以上の間加えること。
(4) 短絡試験　試験の順序は次によること。
(a) 閉路した試験品と直列に開路した開閉器を接続し、その開閉器を閉路して試験品により試験回路を自動遮断すること。
(b) 自動遮断をした時から2min（リセットするために2min以上の時間を必要とする場合にあってはリセットするために必要な最小の時間）を経過した時において、試験品を閉路して再び試験回路を自動遮断すること。
(c) 単極のものにあっては、単相の試験回路において（a）および（b）に規定する試験を1回行うこと。この場合において、定格遮断電流が10000Aをこえるものにあっては試験電流を10000Aとして試験を行った後、試験品を取り換えて試験電流を定格遮断電流に等しい電流として行うこと。
(d) 単相2線式の2極のものにあっては、次によること。
イ　定格遮断電流が10000A以下のものにあっては、各極（過電流引きはずし素子のない極を除く）ごとに（a）及び（b）に規定する試験をそれぞれ1回行い、次に2極を直列に接続して（a）及び（b）に規定する試験を1回行うこと。この場合において、定格遮断電流が5000Aを超えるものにあっては各極ごとの試験電流は、5000Aとすることができる。
ロ　定格遮断電流が10000Aを超えるものにあっては、各極（過電流引きはずし素子のない極を除く。）ごとに（a）及び（b）に規定する試験を試験電流5000Aとして1回行い、次に2極直列に接続して（a）及び（b）に規定する試験を試験電流10000Aとして1回行った後、試験品を取り替えて（a）及び（b）に規定する試験を定格遮断電流に等しい電流として1回行うこと。
(e) 単相3線式のものにあっては、試験品の各電圧側電線に接続する極と中性線に接続する極（2極のものおよび個別引きはずし機構を有する配線用遮断器にあっては、中性線）とを直列に接続して（a）および（b）に規定する試験をそれぞれ1回行い、次に単相3線の試験回路において試験品の各電圧側電線に接続する極を直列に接続して（a）および（b）に規定する試験を1回行うこと。
(f) 3相のものにあっては、次によること。
イ　定格遮断電流が10000A以下のものにあっては、各極（過電流引きはずし素子のない極を除く。）ごとに（a）及び（b）に規定する試験をそれぞれ1回行い、次に3相試験回路において（a）及び（b）に規定する試験を1回行うこと。この場合において、定格遮断電流が5000Aを超えるものにあっては各極ごとの試験における試験電流は5000Aとすることができる。
ロ　定格遮断電流が10000Aを超えるものにあっては、各極（過電流引きはずし素子のない極を除く。）ごとに（a）及び（b）に規定する試験を試験電流5000Aとして1回行い、次に3相試験回路において（a）及び（b）に規定する試験を試験電流10000Aとして1回行った後、試験品を取り換えて3相試験回路において（a）及び（b）に規定する試験を試験電流を定格遮断電流に等しい値として1回行うこと。

規　格	IEC 60947-2 EN 60947-2	JIS C 8201-2-1 附属書1	JIS C 8201-2-1 附属書2	
名　称	Low-voltage switchgear and controlgear —Part 2: Circuit-breakers	回路遮断器 （配線用遮断器及びその他の遮断器）	回路遮断器 （配線用遮断器及びその他の遮断器）	
コード保護試験	規定なし	規定なし	規定なし	
試験順序 （形式試験） 各試験項目について同一試験品で行うか別の試験品で行うかはそれぞれの規格に従う	シーケンスI (1) 過電流引きはずし (2) 耐電圧（Uimp） (3) 機械的開閉耐久 　通電開閉耐久 (4) 過負荷 (5) 耐電圧（商用周波） (6) 温度上昇 (7) 過電流引きはずし シーケンスII (1) 定格使用短絡遮断（o-co-co） (2) 耐電圧（商用周波） (3) 温度上昇 (4) 過電流引きはずし シーケンスIII (1) 過電流引きはずし (2) 定格最大短絡遮断（o-co） (3) 耐電圧（商用周波） (4) 過電流引きはずし		シーケンスI (1) 過電流引きはずし (2) 耐電圧（Uimp、商用周波・雷インパルス） (3) 過負荷 (4) 耐電圧（商用周波） (5) 越流 (6) 温度上昇 (7) 開閉耐久 シーケンスII 　附属書1と同じ。 シーケンスIII 　附属書1と同じ。	

	電気用品安全法 電気用品の技術上の基準
	配線用遮断器
	定格コード保護電流を表示するものにあっては、短絡試験をした時から2分（リセットするために2分以上の時間を必要とする場合にあっては、リセットするために必要な最小の時間）を経過した時において(a)に規定する自動遮断を行うこと。 基準 定格コード保護電流を表示するものにあっては、ビニルコードの絶縁体が溶融せず、かつビニルコードの導体が溶断しないこと。
	(1) 構造検査 (2) 越流 (3) 過電流引きはずし (4) 過負荷 (5) 開閉性能 (6) 過電流引きはずし (7) 温度上昇 (8) 絶縁性能 (9) 短絡遮断 (10) コード保護

(2) NV

<table>
<tr><td>規　格</td><td>IEC 60947-2 Annex B
EN 60947-2 Annex B</td><td>JIS C 8201-2-2
附属書1</td><td>JIS C 8201-2-2
附属書2</td><td></td></tr>
<tr><td>名　称</td><td>Circuit breaker incorporating residual current protection (CBR)</td><td>漏電遮断器</td><td>漏電遮断器</td><td></td></tr>
<tr><td>適用範囲</td><td colspan="4">NFBと同じ</td></tr>
<tr><td>定格電流（In）</td><td colspan="4">NFBと同じ</td></tr>
<tr><td>定格絶縁電圧（Ui）</td><td colspan="4">NFBと同じ</td></tr>
<tr><td>定格使用電圧（Ue）</td><td colspan="4">NFBと同じ</td></tr>
<tr><td>定格インパルス耐電圧（Uimp）</td><td colspan="4">NFBと同じ</td></tr>
<tr><td>定格制御回路電圧（Us）</td><td colspan="4">NFBと同じ</td></tr>
<tr><td>定格感度電流（IΔn）</td><td>推奨値　0.006、0.01、0.03、0.1、0.3、0.5、1、3、10、30A</td><td colspan="2">推奨値　0.005、0.006、0.01、0.015、0.03、0.05、0.1、0.2、0.3、0.5、1、3、5、10、20又は30A</td><td></td></tr>
<tr><td>定格不動作電流</td><td>最小値　0.5IΔn</td><td colspan="2">最小値　0.5IΔn</td><td></td></tr>
<tr><td>動作特性</td><td>
<table>
<tr><td colspan="2">漏電電流</td><td>IΔn</td><td>2IΔn</td><td>5IΔn
10IΔn</td></tr>
<tr><td>最大動作時間（秒）</td><td>反限時形</td><td>0.3</td><td>0.15</td><td>0.04</td></tr>
</table>
時延形
時延形の慣性不動作時間は2IΔnで規定し、製造業者が指定しなければならない。
2IΔnにおける慣性不動作時間の推奨値は、0.06秒、0.1秒、0.2秒、0.3秒、0.4秒、0.5秒、1秒とし、最小慣性不動作時間は、0.06秒とする。
0.06秒より長い慣性不動作時間をもつ漏電遮断器に対して、製造業者はIΔn、2IΔn、5IΔn及び10IΔnにおける最大動作時間を明示しなければならない。
慣性不動作時間0.06秒の場合の動作特性
<table>
<tr><td>漏電電流</td><td>IΔn</td><td>2IΔn</td><td>5IΔn
10IΔn</td></tr>
<tr><td>最大動作時間（秒）</td><td>0.5</td><td>0.2</td><td>0.15</td></tr>
</table>
</td><td colspan="2">
<table>
<tr><td colspan="2">漏電電流</td><td>IΔn</td><td>2IΔn</td><td>5IΔn
10IΔn</td><td>20A</td></tr>
<tr><td rowspan="2">最大動作時間（秒）</td><td>反限時形</td><td>0.3</td><td>0.15</td><td>0.04</td><td>—</td></tr>
<tr><td>高速形</td><td>0.1</td><td>—</td><td>—</td><td>0.1</td></tr>
</table>
20Aは定格電流が100A以下のものに適用する。

時延形
IECと同じ</td><td></td></tr>
<tr><td>引きはずし電圧</td><td colspan="4">NFBと同じ</td></tr>
<tr><td>定格周波数</td><td colspan="4">NFBと同じ</td></tr>
<tr><td>極　数</td><td colspan="4">NFBと同じ</td></tr>
<tr><td>基準周囲温度</td><td colspan="4">NFBと同じ</td></tr>
<tr><td>定格遮断電流（Icn）</td><td colspan="4">NFBと同じ</td></tr>
<tr><td>構　造</td><td colspan="3">NFBの内容に下記を追加する。
（1）テスト装置は開路操作を行う唯一の手段でないこと。この機能を開路操作のために使用しないこと。
（2）テスト装置の操作手段の色は赤、緑であってはならず、明るい色が望ましい。</td><td></td></tr>
<tr><td>電線接続用端子の大きさ</td><td colspan="4">NFBと同じ</td></tr>
<tr><td>試験用電線</td><td colspan="4">NFBと同じ</td></tr>
</table>

	電気用品安全法 電気用品の技術上の基準
	漏電遮断器
	（1）15mA以下のもの （2）15mAを超え30mA以下のもの （3）30mAを超え100mA以下のもの （4）100mAを超えるもの
	定格感度電流の50％
	1.定格電圧に等しい電圧を加え、定格電流に等しい電流を通じた後、試験品の1極に定格感度電流の50%に等しいもれ電流を重畳したとき開路せず、かつ、次に適合すること。 （a）高速型のものにあっては、定格感度電流に等しいもれ電流を重畳したとき、0.1秒以内に開路すること。 （b）時延型のものにあっては、定格感度電流に等しいもれ電流を重畳したとき、定格動作時間の50%の時間（0.1秒以下となる場合は、0.1秒）を超え、150%の時間（2秒以上となる場合は、2秒）までの範囲内に開路すること。 （c）反限時型のものにあっては、定格感度電流に等しいもれ電流を重畳したとき0.2秒を超え1秒までの範囲内に、定格感度電流の140%に等しい電流を重畳したとき0.1秒を超え0.5秒までの範囲内に、定格感度電流の440%に等しいもれ電流を重畳したとき0.05秒以内に開路すること。 2.定格電圧に等しい電圧を加え、負荷を接続せずに試験品を閉路した後、試験品の1極にもれ電流を30秒間で定格感度電流の50%に等しい電流から100%に等しい電流に達するような割合で連続してもれ電流を増加させたとき、電流が定格感度電流に等しい電流に達する前に開路すること。 3.定格電圧に等しい電圧を加え、負荷を接続せずに試験品を閉路した後、試験品の1極に20Aの電流を通じたとき、高速型のものにあっては0.1秒以内に、時延型のものにあっては定格動作時間の50%の時間（0.1秒以下となる場合は、0.1秒）を超え150%の時間（2秒以上となる場合は、2秒）の範囲内に、反限時型のものにあっては0.05秒以内に開路すること。
	NFBと同じ

規　格	IEC 60947-2 Annex B EN 60947-2 Annex B	JIS C 8201-2-2 附属書1	JIS C 8201-2-2 附属書2	
名　称	Circuit breaker incorporating residual current protection (CBR)	漏電遮断器	漏電遮断器	
漏電引きはずし試験	定格電圧の85% 25℃、−5℃　無負荷 下記試験は1極で行う。各試験は3回測定。 ①漏電電流を0.2IΔn以下から開始して約30秒間でIΔnに到達するように徐々に増大させて、各回の動作電流を測定する。 ②試験回路を定格感度電流値IΔnに設定し、漏電遮断器で閉路する。動作時間を3回測定する。 ③試験回路漏電電流IΔの値の各々に設定し、スイッチS_2を閉路して急に漏電電流を流す。		定格電圧の85% 25℃、−5℃　無負荷 下記試験は1極で行う。各試験は3回測定。 ①漏電電流を0.2IΔn以下から開始して約30秒間でIΔnに到達するように徐々に増大させて、各回の動作電流を測定する。 ②試験回路漏電電流IΔの値の各々に設定し、スイッチS_2を閉路して急に漏電電流を流す。	
平衡特性試験（単相負荷での不動作過電流試験）	単相負荷で実施する。 6In又は瞬時引きはずし電流設定最大値の80%のいずれか小さい値。 感度電流可調整形は最小設定。 力率0.5 多相平衡負荷試験は不要である。			
テスト装置の試験	①最大定格電圧の1.1倍の電圧を印加し、テスト装置を5秒間隔で25回操作する。 ②最小定格電圧の0.85倍で、テスト装置を5秒間隔で3回操作する。 ③最大定格電圧の1.1倍の電圧を印加し、テスト装置を5秒間押す。			
過電流引きはずし試験	NFBと同じ			
100%電流試験	NFBと同じ			
過負荷試験	NFBと同じ			
越流試験	NFBと同じ			
温度上昇試験	NFBと同じ			
耐久試験	NFBと同じ			
絶縁抵抗試験	NFBと同じ			
耐電圧試験	NFBと同じ			
短絡試験	NFBと同じ			
コード保護試験	NFBと同じ			
環境試験	温湿度サイクル試験 IEC 60068-2-30に従って行う。 上限温度55±2℃、サイクル数は、下記。 −IΔn ＞ 1 Aに対して,6サイクル −IΔn ≦ 1 Aに対して,28サイクル 試験回路漏電電流1.25IΔnに設定し、スイッチS_2を閉路して急に漏電電流を流す。	温湿度サイクル試験 JIS C 60068-2-30に従って行う。 上限温度55±2℃、サイクル数は、下記。 −IΔn ＞ 1Aに対して、6サイクル −IΔn ≦ 1Aに対して、28サイクル 試験回路漏電電流1.25IΔnに設定し、スイッチS_2を閉路して急に漏電電流を流す。		
重地絡遮断試験	規定なし	規定なし	規定なし	
短時間電流性能	規定なし	規定なし	規定なし	

	電気用品安全法 電気用品の技術上の基準
	漏電遮断器
	規定なし
	規定なし
	①定格電圧の80%に等しい電圧及び110%に等しい電圧を加え、10秒間隔でそれぞれ10回テスト装置を操作すること。 ②定格電圧に等しい電圧を加え、10秒以内の感覚で1000回テスト装置を操作すること。
	規定なし
	規定なし
	規定なし

規　格	IEC 60947-2 Annex B EN 60947-2 Annex B	JIS C 8201-2-2 附属書1	JIS C 8201-2-2 附属書2	
名　称	Circuit breaker incorporating residual current protection (CBR)	漏電遮断器	漏電遮断器	
雷インパルス耐電圧試験	耐電圧試験の項（NFBと同じ）にあるインパルス耐電圧試験を参照。			
雷インパルス不動作試験	(1)リングウェーブ電流 無作為に選んだ1極に、サージ電流を10回通電する。サージ電流波形の極性を2回の通電後ごとに逆にする。 二つの連続する通電間隔は、約30sとする。 次の要求事項に適合するように適切な方法でインパルス電流を測定し、調整する。 ー 波高値：200A＋10.0% ー 波頭長：0.5μs±30% ー 次の振動波の期間：10μs±20% ー 各連続する波高値：前の波高値の約60% 漏電遮断器は、試験中動作してはならない。 (2)サージ電流 漏電遮断器を、逆極性がない8/20μsサージ電流波形の供給可能なサージ電流発生装置を使用して試験する。 漏電遮断器の任意の1極に、サージ電流を10回通電する。サージ電流波形の極性を2回の通電後ごとに逆にする。 二つの連続する通電間隔は、約30sとする。 次の要求事項に適合するように適切な方法でインパルス電流を測定し、調整する。 ー 波高値：250A＋10.0% ー 波頭長（フロントタイム）T1：8μs±10% ー 波尾長（半値時間）T2：20μs±10% 漏電遮断器は、試験中動作してはならない。		JIS C 8371と同じ	
電子部品のエージング試験	規定なし	規定なし	規定なし	
主回路用電線接続端子のヒートサイクル試験	規定なし	規定なし	規定なし	
放射電磁波不動作試験	IEC 61000-4-3による		イミュニティ試験による	
高調波電流重畳引きはずし試験	規定なし	規定なし	イミュニティ試験による	
高周波電流重畳引きはずし試験	規定なし	規定なし	イミュニティ試験による	

	電気用品安全法 電気用品の技術上の基準
	漏電遮断器
	規定なし
	規定なし
	規定なし
	規定なし
	規定なし
	規定なし
	規定なし

<table>
<tr><td>規　格</td><td>IEC 60947-2 Annex B
EN 60947-2 Annex B</td><td>JIS C 8201-2-2
附属書1</td><td>JIS C 8201-2-2
附属書2</td><td></td></tr>
<tr><td>名　称</td><td>Circuit breaker incorporating residual current protection (CBR)</td><td>漏電遮断器</td><td>漏電遮断器</td><td></td></tr>
<tr><td>イミュニティ試験</td><td colspan="2">附属書Jによる。
静電気放電
放射無線周波電磁界
電気的ファストトランジェント／バースト
サージ
無線周波によって起こる伝導障害</td><td>(1) 放射電磁波不動作試験
附属書2図X.2に示す回路において、漏電遮断器に定格電圧を印加し、閉路状態で表に示す条件の放射電磁波を2秒間印加する。
<table><tr><td>周波数（MHz）</td><td>試験品近傍の電界強度</td></tr><tr><td>27</td><td>130dB（3.16V/m）</td></tr><tr><td>144</td><td>130dB（3.16V/m）</td></tr><tr><td>430</td><td>140dB（10V/m）</td></tr><tr><td>900</td><td>146dB（20V/m）</td></tr><tr><td colspan="2">備考　1μV/m＝0dBとする。</td></tr></table>
(2) 高周波電流重畳引きはずし試験
附属書2図X.3に示す回路において、周波数が50Hz又は60Hzの定格電圧を印加し、負荷電流を通じない状態において、閉路状態で1極に商用周波電流を通電し、他の1極に表に示す高周波電流を通電して商用周波の電流を徐々に増加させて漏電遮断器が動作したときの感度電流値を測定する。
<table><tr><td>I_{RF}の周波数
kHz</td><td>I_{RF}の値</td></tr><tr><td>1</td><td>定格感度電流の0.1倍</td></tr><tr><td>3</td><td>定格感度電流の0.26倍</td></tr><tr><td>30</td><td>定格感度電流の2.0倍</td></tr><tr><td colspan="2">備考　I_{RF}の最大値は2Aとする。</td></tr></table>
(3) 高調波電流重畳引きはずし試験
附属書2図X.4に示す回路において、周波数が50Hz又は60Hzの定格電圧を印加し、負荷電流を通じない状態において、閉路状態で1極に高調波電流をひずみ率10%となるよう正相及び逆相に重畳し、この電流を徐々に増加させて漏電遮断器が動作したときの感度電流値を測定する。この場合の高調波電流は、3次及び5次の高調波についてそれぞれ行う。</td><td></td></tr>
<tr><td>エミッション試験</td><td colspan="2">附属書Jによる。
伝導無線周波障害
放射無線周波障害</td><td>規定なし</td><td></td></tr>
<tr><td>試験順序
（形式試験）

各試験項目について同一試験品で行うか別の試験品で行うかはそれぞれの規格に従う</td><td>シーケンスI
(1) 過電流引きはずし
(2) 耐電圧（Uimp）
(3) 機械的開閉耐久
　通電開閉耐久
(4) 過負荷
(5) 耐電圧（商用周波）
(6) 温度上昇
(7) 過電流引きはずし

シーケンスII
(1) 定格使用短絡遮断（o-co-co）
(2) 耐電圧（商用周波）
(3) 温度上昇
(4) 過電流引きはずし

シーケンスIII
(1) 過電流引きはずし
(2) 定格最大短絡遮断（o-co）
(3) 耐電圧（商用周波）
(4) 過電流引きはずし</td><td>追加シーケンス
(1) 動作特性
(2) 耐電圧
(3) テスト装置
(4) 平衡特性
(5) 衝撃波不動作
(6) 直流重畳
(7) 電源電圧喪失
(8) 欠相
(9) 重地絡
(10) 環境
(11) イミュニティ
(12) エミッション</td><td>シーケンスI
(1) 過電流引きはずし
(2) 耐電圧（Uimp、商用周波・雷インパルス）
(3) 過負荷
(4) 耐電圧（商用周波）
(5) 越流
(6) 温度上昇
(7) 開閉耐久

シーケンスII
　附属書1と同じ。

シーケンスIII
　附属書1と同じ。

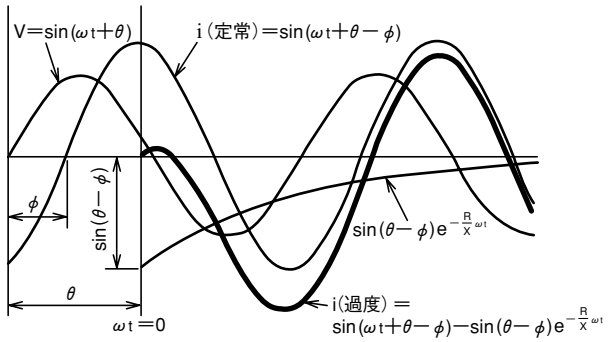
追加シーケンス
　附属書1と同じ。</td><td></td></tr>
</table>

	電気用品安全法 電気用品の技術上の基準
	漏電遮断器
	規定なし
	規定なし
	(1) 構造検査 (2) 越流 (3) 過電流引きはずし (4) 過負荷 (5) 開閉性能 (6) 過電流引きはずし (7) 温度上昇 (8) 絶縁性能 (9) 短絡遮断 (10) コード保護

8. 2　短絡電流過渡状態の吟味と電路に与える熱的・機械的影響について

8. 2. 1　非対称係数について

(1) 交流短絡電流過渡状態



過渡状態の電流瞬時値は次の一般式で表される。

$$i=\sqrt{2}\,Is\left\{\sin(\omega t+\theta-\phi)-\sin(\theta-\phi)\,e^{-\frac{R}{X}\omega t}\right\} \cdots\cdots\cdots\cdots (1)$$

θ：電圧に対する投入角　rad

ϕ：回路力率角　rad

Is：交流実効値

$$Is=\frac{V}{Z}=\frac{V}{\sqrt{R^2+X^2}}$$

(2) 非対称係数

直流分A_Dが最大に含まれる投入位相は(1)式から$\sin(\theta-\phi)=\pm 1$、$\theta-\phi=\pm\pi/2$となる時である。

(1)式より

直流分　$A_D=\sqrt{2}\,Is\sin(\theta-\phi)\,e^{-\frac{R}{X}\omega t}$ ……(3)

$\theta-\phi=\pi/2$、$\omega t=\pi$（1/2サイクル）を代入して、

$$A_D=\sqrt{2}\,Is\,e^{-\frac{\pi R}{X}}$$

単相非対称実効値1ϕIasは前出のIas (P.6-7) において、$As/\sqrt{2}=Is$とおき、

$$1\phi Ias=\sqrt{Is^2+(\sqrt{2}\,Is\,e^{-\frac{\pi R}{X}})^2}$$

$$=Is\times\sqrt{1+2e^{-\frac{2\pi R}{X}}}$$

∴非対称係数　$K_1=\sqrt{1+2e^{-\frac{2\pi R}{X}}}$ ……(4)

三相非対称実効値は、R相、S相、T相の平均値となるので、まず各々を計算する。

R相　直流分$=\sqrt{2}\,Is\ \sin(\frac{\pi}{2})e^{-\frac{\pi R}{X}}$

S相　直流分$=\sqrt{2}\,Is\ \sin(\frac{\pi}{2}-\frac{2}{3}\pi)e^{-\frac{\pi R}{X}}$

T相　直流分$=\sqrt{2}\,Is\ \sin(\frac{\pi}{2}-\frac{4}{3}\pi)e^{-\frac{\pi R}{X}}$

交流分は各相同じなので各相非対称実効値を求めると、

$\sin\frac{\pi}{2}=1$、$\sin(\frac{\pi}{2}-\frac{2}{3}\pi)=-\frac{1}{2}$、

$\sin(\frac{\pi}{2}-\frac{4}{3}\pi)=-\frac{1}{2}$　故、

R相非対称実効値$=\sqrt{Is^2+(\sqrt{2}\,Is\,e^{-\frac{\pi R}{X}})^2}$

S相非対称実効値$=\sqrt{Is^2+(\sqrt{2}\cdot\frac{1}{2}Is\,e^{-\frac{\pi R}{X}})^2}$

T相非対称実効値$=\sqrt{Is^2+(\sqrt{2}\cdot-\frac{1}{2}\,Is\,e^{-\frac{\pi R}{X}})^2}$

S相とT相は同一となるので、

3ϕ Ias = 1/3（R相＋T相＋S相）

$$=\left\{Is\sqrt{1+2e^{-\frac{2\pi R}{X}}}+Is\,2\sqrt{1+\frac{1}{2}\,e^{-\frac{2\pi R}{X}}}\right\}\times\frac{1}{3}$$

$$=Is\times\frac{1}{3}\left\{\sqrt{1+2e^{-\frac{2\pi R}{X}}}+2\sqrt{1+\frac{1}{2}\,e^{-\frac{2\pi R}{X}}}\right\}$$

∴非対称係数

$$K_3=\frac{1}{3}\left\{\sqrt{1+2e^{-\frac{2\pi R}{X}}}+2\sqrt{1+\frac{1}{2}\,e^{-\frac{2\pi R}{X}}}\right\} \cdots\cdots\cdots\cdots (5)$$

非対称係数の一般式(4)(5)より、回路力率角毎に求めたのが次表である。

cos φ pf	X/R	一般式による非対称係数	
		1φ　K1	3φ　K3
0.00		1.732050	1.393846
0.05	19.974984	1.568512	1.301742
0.10	9.949874	1.436525	1.228923
0.15	6.591240	1.330775	1.171676
0.20	4.898979	1.246859	1.127008
0.25	3.872983	1.181052	1.092483
0.30	3.179797	1.130156	1.066103
0.35	2.676428	1.091419	1.046220
0.40	2.291288	1.062476	1.031478
0.45	1.984508	1.041314	1.020762
0.50	1.732051	1.026236	1.013161
0.55	1.518481	1.015832	1.007932
0.60	1.333333	1.008943	1.004477
0.65	1.169130	1.004624	1.002313
0.70	1.020204	1.002113	1.001057
0.75	0.881917	1.000805	1.000402
0.80	0.750000	1.000230	1.000115
0.85	0.619744	1.000039	1.000020
0.90	0.484322	1.000002	1.000001
0.95	0.328684	1.000000	1.000000
1.00	0.000000	1.000000	1.000000
		$K_1=\sqrt{1+2e^{-\frac{2\pi R}{X}}}$	$K_3=\frac{1}{3}\left\{K_1+2\sqrt{1+\frac{1}{2}e^{-\frac{2\pi R}{X}}}\right\}$

8.2.2　投入容量係数を求める

投入容量係数近似計算式として一般に用いられているのは、次の2式である。

近似値

$K_{P1}=\sqrt{2}\ (1+e^{-\frac{\pi R}{X}})$ …… (11)

一般式(1)に$\theta-\phi=\pm\frac{\pi}{2}$、$\omega t=\pi$を代入して得る。

近似値

$K_{P2}=\sqrt{2}\left\{1+\sin\phi\ e^{-\frac{R}{X}(\frac{\pi}{2}+\phi)}\right\}$ …… (12)

一般式(1)に$\theta=0$、$\omega t=\frac{\pi}{2}+\phi$を代入して得る。

近似計算式による投入容量係数

COS ϕ pf	投入容量係数	
	K_{P1}	K_{P2}
0.00	2.828427	2.828427
0.05	2.622613	2.624128
0.10	2.445525	2.450738
0.15	2.292258	2.302383
0.20	2.158967	2.174538
0.25	2.042611	2.063676
0.30	1.940762	1.967021
0.35	1.851474	1.882364
0.40	1.773179	1.807937
0.45	1.704617	1.742320
0.50	1.644778	1.684367
0.55	1.592863	1.633157
0.60	1.548253	1.587963
0.65	1.510488	1.548223
0.70	1.479250	1.513531
0.75	1.454342	1.483647
0.80	1.435660	1.458519
0.85	1.423105	1.438346
0.90	1.416368	1.423696
0.95	1.414313	1.415626
1.00	1.414214	1.414214

8.2.3　電線の許容i^2tから制限される許容短絡電流値

過渡電流一般式

$$i=\sqrt{2}\ Is\left\{\sin(\omega t+\theta-\phi)-\sin(\theta-\phi)e^{-\frac{\omega R}{X}t}\right\}$$

において、最大値が表われる投入位相$\theta=0$で短絡が生じたものとし、0.5サイクルまたは1サイクル間、限流作用がなく通電されたものと考える。

例として、$\cos\phi=0.5\left(\phi=\frac{\pi}{3},\ \frac{R}{X}=\frac{1}{\sqrt{3}}\right)$の場合、計算を容易にするため$\omega=1$とする。

1サイクル時では

$$\int_0^{2\pi}i^2dt=2Is^2\int\left\{\sin^2(t-\frac{\pi}{3})+\frac{3}{4}e^{-\frac{2}{\sqrt{3}}t}+\sqrt{3}\sin(t-\frac{\pi}{3})e^{-\frac{1}{\sqrt{3}}t}\right\}$$

故に、

$$\int_0^{2\pi}i^2dt=2(\pi+0.64906)Is^2\fallingdotseq7.58131\ Is^2$$

従って1サイクル時の実効値$=\sqrt{\frac{7.58131}{2\pi}}\ Is\fallingdotseq1.09845\ Is$

0.5サイクル時では

$$\int_0^{\pi}i^2dt=2(\frac{\pi}{2}+0.63225)Is^2\fallingdotseq4.406093\ Is^2$$

従い、0.5サイクル時の実効値$=\sqrt{\frac{4.406093}{\pi}}\ Is\fallingdotseq1.18427\ Is$を得る。

以上より、$\cos\phi=0.5$、50Hz、1サイクル時の通過i^2tは次のようになる。

$$i^2t=(1.09845)^2\times\frac{1}{50}\ Is^2$$
$$\fallingdotseq\frac{is^2}{41}\ A^2s$$

また、$\cos\phi=0.5$、50Hz、0.5サイクル時の通過i^2tは次のようになる。

$$i^2t=(1.18427)^2\times\frac{1}{100}\ Is^2$$
$$\fallingdotseq\frac{Is^2}{71}\ A^2s$$

さらに他の条件の許容i^2tを求めるには次表の実効値係数を用いる。

投入容量係数と実効値係数

（最大値が表れる位相で投入した場合）

cos ϕ pf	実効値係数		
	0.5サイクル通電	1サイクル通電	2サイクル通電
0.05	1.6467	1.5750	1.4612
0.06	1.6309	1.5488	1.4241
0.07	1.6154	1.5240	1.3911
0.08	1.6002	1.5006	1.3617
0.09	1.5854	1.4784	1.3354
0.10	1.5710	1.4575	1.3119
0.11	1.5569	1.4377	1.2909
0.12	1.5431	1.4190	1.2719
0.13	1.5269	1.4013	1.2548
0.14	1.5163	1.3845	1.2393
0.15	1.5034	1.3686	1.2253
0.16	1.4908	1.3535	1.2125
0.17	1.4784	1.3392	1.2009
0.18	1.4663	1.3256	1.1902
0.19	1.4545	1.3127	1.1804
0.20	1.4429	1.3004	1.1713
0.21	1.4315	1.2887	1.1630
0.22	1.4204	1.2775	1.1553
0.23	1.4095	1.2669	1.1481
0.24	1.3988	1.2568	1.1414
0.25	1.3884	1.2471	1.1351
0.26	1.3781	1.2379	1.1293
0.27	1.3681	1.2291	1.1238
0.28	1.3583	1.2207	1.1186
0.29	1.3486	1.2126	1.1137
0.30	1.3392	1.2049	1.1091
0.31	1.3299	1.1974	1.1048
0.32	1.3208	1.1903	1.1007
0.33	1.3119	1.1835	1.0967
0.34	1.3032	1.1769	1.0930
0.35	1.2946	1.1706	1.0894
0.36	1.2863	1.1646	1.0860
0.37	1.2780	1.1587	1.0828
0.38	1.2699	1.1531	1.0797
0.39	1.2620	1.1476	1.0767
0.40	1.2543	1.1424	1.0739
0.41	1.2466	1.1373	1.0711
0.42	1.2392	1.1324	1.0685
0.43	1.2318	1.1277	1.0659
0.44	1.2246	1.1231	1.0635
0.45	1.2176	1.1187	1.0611
0.46	1.2107	1.1144	1.0588
0.47	1.2039	1.1102	1.0566
0.48	1.1972	1.1062	1.0545
0.49	1.1907	1.1023	1.0524
0.50	1.1843	1.0985	1.0504

限流作用がない場合の通過i^2tを求めるには、

50Hz0.5サイクル通電時のi^2t＝（0.5サイクル通電係数×Is）^{2}×$\frac{1}{100}$ A^2s

60Hz　〃　＝（　〃　）^{2}×$\frac{1}{120}$ A^2s

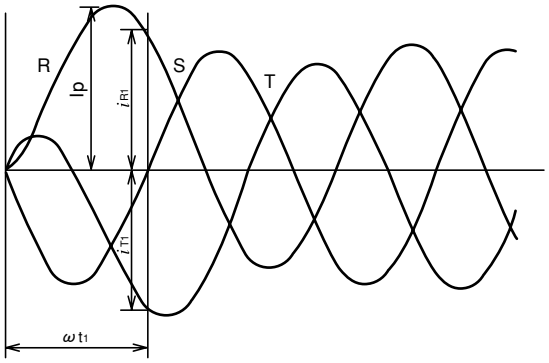
50Hz　1サイクル通電時のi^2t＝（1サイクル通電係数×Is）^{2}×$\frac{1}{50}$ A^2s

60Hz　〃　＝（　〃　）^{2}×$\frac{1}{60}$ A^2s

50Hz　2サイクル通電時のi^2t＝（2サイクル通電係数×Is）^{2}×$\frac{1}{25}$ A^2s

60Hz　〃　＝（　〃　）^{2}×$\frac{1}{30}$ A^2s

8. 2. 4　電線に作用する電磁反発力の最大はいつ生ずるか



図は三相過渡電流波形である。

電磁反発力が最大となるのは$i_R \times i_T$が最大になる時なので図から$i_S = 0$となる時刻ωt_1である。

S相が過渡状態とならない位相（$\theta - \phi = \frac{2}{3}\pi$）で投入されたものとすれば、

過渡電流一般式(1)より、

$$R相\quad i_R = \sqrt{2}\,I_S\left\{\sin(\omega t + \theta - \phi) - \sin(\theta - \phi)e^{-\frac{R}{X}\omega t}\right\}$$

$$= \sqrt{2}\,I_S\left\{\sin(\omega t + \frac{2}{3}\pi) - \sin(\frac{2}{3}\pi)e^{-\frac{R}{X}\omega t}\right\} \quad \cdots\cdots(13)$$

$$S相\quad i_S = \sqrt{2}\,I_S\left\{\sin(\omega t + \theta - \phi - \frac{2}{3}\pi) - \sin(\theta - \phi - \frac{2}{3}\pi)e^{-\frac{R}{X}\omega t}\right\}$$

$$= \sqrt{2}\,I_S \sin\omega t \quad \cdots\cdots(14)$$

(14)式より$i_S = 0$となる時刻は$\omega t_1 = \pi$である。

これを(13)式に代入して、

$$i_{R1} = \sqrt{2}\,I_S\left\{\sin(\pi + \frac{2}{3}\pi) - \sin(\frac{2}{3}\pi)e^{-\frac{\pi R}{X}}\right\}$$

$$= \sqrt{2}\,I_S\left(-\frac{\sqrt{3}}{2} - \frac{\sqrt{3}}{2}e^{-\frac{\pi R}{X}}\right)$$

$$= \sqrt{2}\cdot\frac{\sqrt{3}}{2}(1+e^{-\frac{\pi R}{X}})I_S$$

故に

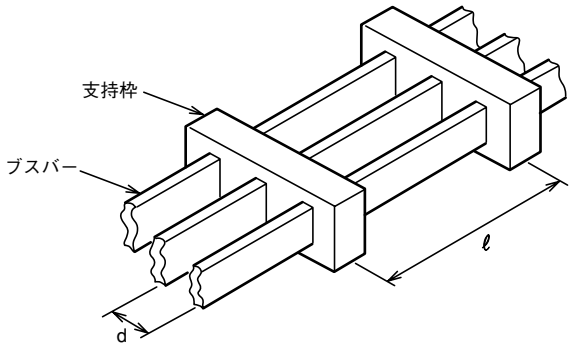
$$i_{R1} \times i_{T1} = \frac{3}{4}\left\{\sqrt{2}\,(1+e^{-\frac{\pi R}{X}})\right\}^2 I_S^2$$

$\because |i_{R1}| = |i_{T1}|$

$\sqrt{2}\,(1+e^{-\frac{\pi R}{X}})$は前述(11)式と同じであるから、近似式

$i_{R1}^2 = \frac{3}{4}(K_{P1} \times I_S)^2 = \frac{3}{4} I_P^2$を得る。

8. 2. 5　短絡電流による電磁力とブスバーの強度計算



ブスバーに働く電磁力の大きさ

$$f = \frac{2}{d} \times i_1 \times i_2 \times 10^{-7}\,(N/m) \quad \cdots\cdots(15)$$

f：導体に働く力

d：導体間隔

i_1　i_2：電流瞬時値

$i = i_1 = i_2$　(A)の場合

$$f = \frac{2}{d} \times i^2 \times 10^{-7}$$

単相短絡の場合、i^2 =（過渡電流最大値）^{2}

$$\fallingdotseq \left\{\sqrt{2}(1+e^{-\frac{\pi R}{X}})I_S\right\}^2$$

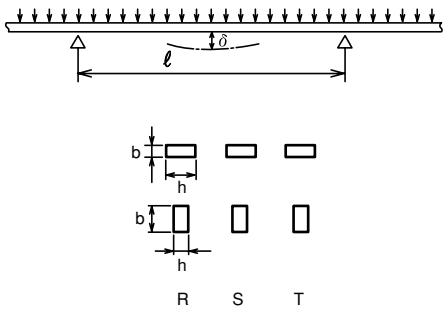
三相短絡の場合$\frac{2}{3}\pi$の位相差を考慮して、

$$i^2 \fallingdotseq \frac{3}{4}\left\{\sqrt{2}(1+e^{-\frac{\pi R}{X}})I_S\right\}^2 \quad \cdots\cdots(16)$$

通過I_Pの最大値が判明していれば$i^2 = \frac{3}{4} I_P^2$とする。

事例について検討する。

ブスバーでは単位長さ当りf(N/m)の等分布荷重を受ける梁に例えて、力学論より、



曲げモーメント最大値　$M = \frac{f\ell^2}{12}$

ブスバーに生ずる応力

$$\sigma = \frac{M}{W}$$

$$= \frac{f\ell^2}{12} \times \frac{6}{bh^2} \text{（方形断面の時）}$$

$$= \frac{f\ell^2}{2bh^2} \quad \cdots\cdots (17)$$

W：断面係数

ブスバー支持点の中央部たわみ

$$\delta = \frac{f\ell^4}{384EJ}$$

$$= \frac{f\ell^4}{384E} \times \frac{12}{bh^3} \text{（方形断面の時）}$$

$$= \frac{f\ell^4}{32Ebh^3} \quad \cdots\cdots (18)$$

E：材料のヤング率
　銅の時　$E = 10.8 \times 10^{10}\ N/m^2$
J：断面二次モーメント

8. 3　遮断の動作・原理・性能に関係のある用語の意味

説明の便宜上図8. 1のような単相回路を考える。
Gは発電機、T_rはトランス、R_1は一次抵抗、R_2は二次抵抗、Mは負荷となる電動機。
NFBの接点は実線が閉路状態を、破線は開路（遮断）状態をあらわしている。
図8. 2は横軸に時間をとり、(a) では縦軸に電流の大きさをとり、(b) では縦軸に電圧をとってあらわしたグラフで、時間t_1において図8. 1のNFBとMの間で短絡が起こり、時間t_3で完全に遮断されたときの様子を示す。

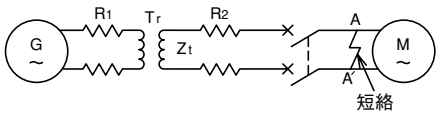


図8. 1

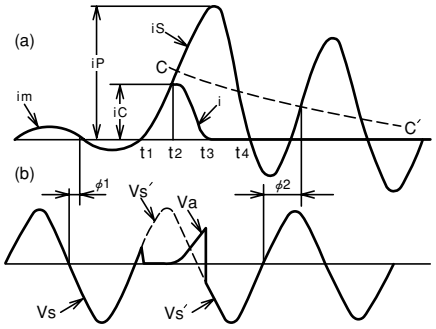


図8. 2

8. 3. 1　短絡現象

たとえば図8. 1の回路で電流が負荷であるところの電動機を通らずA − A'に示したような電路の途中で電線の接触などにより、近道を流れる場合これを短絡という。
短絡には、電線の接触や金属による接触のように完全な短絡（完全短絡）と裸導体部間がアークにより接続されるアーク短絡とがある。図8. 2-(a) においてimは電動機の負荷電流をあらわしている。imは電動機の種類および負荷の大きさから定まるもので、運転時の電動機コイルの誘起電圧およびインピーダンスがimをコントロールする。これに対して図8. 2-(a) のisはNFBがない場合に時刻t_1で短絡が発生したときに流れるであろう電流をあらわし、これを回路の推定短絡電流と呼んでいる。この大きさは電路のインピーダンスR_1、R_2やトランスのインピーダンスZ_tおよび発電機のインピーダンスなどにより制限される。これらの短絡電流制限要素を短絡回路のインピーダンス（系統のインピーダンス）と呼んでいる。図8. 2-(a) のiは回路にNFBがあるときに実際に流れる短絡電流で通過電流（Let-through current）と呼ぶ。次にこれらについて説明する。

8. 3. 2　推定短絡電流

電源が交流の場合isも交流となるがこれは図8. 2-(a) にみるように電流の零軸に対して対称でない。その包絡線の中心C − C'は非対称分をあらわすものでこれを短絡電流の直流分と呼んでいる。非対称分は短絡回路のインピーダンスは通常抵抗分にくらべてリアクタンス分が多いので短絡前後において力率が急変し、しかも電流に慣性があることから生ずる。すなわち短絡前の力率は$\cos\phi_1$であるが短絡後は$\cos\phi_2$になり、かつ時刻t_1において電流が連続していなければならないからである。短絡電流の包絡線間隔を$2\sqrt{2}$で除した値を短絡電流の交流分の実効値、または短絡電流の対称分実効値という。
元来、実効値というのは熱的等価電流（2乗平均平方根）のことであるから対称分実効値だけでは短絡電流の大きさを正当にあらわしていることにはならない。そこで概略的に直流分を考慮して$\sqrt{(\text{対称分実効値})^2+(\text{直流分})^2}$を推定短絡電流の非対称実効値という。
推定短絡電流の非対称実効値は同じ短絡回路においても短絡発生の時刻（厳密にはあとでのべる投入位相）によって異なる。それはリアクタンス分の多い回路（電流勾配がほぼ電圧瞬時値に従うような回路）を考えても、電圧が最大の瞬間に投入（短絡回路を閉じて短絡を発生させることを投入という）した場合は、電流勾配が最大のところからはじまるので負荷電流を無視すれば直流分はあらわれない。すなわち、対称分を一定と考えても、投入位相（投入時の電圧の位置）によって直流分の大きさが変わるから非対称実効値は一定ではない。三相回路では各相の投入位相に120度ずつのずれが生ずるので各相の直流分は異なるが、各相の非対称値の2乗平均平方根をとれば、これは投入位相に関係なくほぼ一定となる。また単相の場合は前にのべたように一定ではないが、規約上直流分が最大にあらわれるように想定して試験法および適用が定められているので、そのような位相で

論ずれば、単相、三相を問わず、非対称－対称比は回路のリアクタンス－抵抗比と一定の関係がある。
これを非対称係数と呼ぶがこれをKであらわすと、

非対称実効値＝対称実効値×K

となる。Kは、回路のリアクタンス－抵抗比（または回路の力率）によって定まる値であるが、三相短絡のKの値は単相短絡のKの値より小さい。

8. 3. 3　投入容量および投入位相

図8. 2-（a）のipが最大になるような位相で投入した場合でも遮断器に異常が起こらないような最大のip（図8. 2-（a））の値をもってそのNFBの投入容量という。最大にあらわれる直流分の減衰状態は短絡回路のリアクタンス－抵抗比によって定まるので、回路のリアクタンス－抵抗比（これは力率にも換算できる）と投入容量の対称分に対する比率との間には一定の関係がある。

8. 3. 4　通過電流

図8. 2-（a）に示すように回路にNFBがあって遮断動作を行うと、実際に回路に流れる電流iは時刻t_3で遮断される。短絡後NFBの接点が開離するまでは通過電流iは推定短絡電流isに従って流れる。そして時刻t_2において接点が開離しはじめるとアークの発生によって電圧を消費するので回路中に可変抵抗を挿入したのと同じ効果を生じる。この仮想の抵抗をアーク抵抗という。アーク抵抗は接点の開離によってアーク長が増大するに従って増大し、ついには電源電圧を全部アーク抵抗で消費して、もはや短絡電流を維持できなくし、アークを消してしまう。これが消弧という現象で消弧によって、短絡電流の遮断が完了する。その過程においてアーク抵抗が負担する電圧（図8. 2-（b）のVa）をアーク電圧というが$\frac{\text{アーク電圧}}{\text{アーク電流}}$の比、つまりアーク抵抗は、電流に対して一定ではない。良好な遮断を行なうためには接点が開離するや否や、なるべく早く、大きなアーク電圧を発生せしめて、すみやかに消弧することが望ましい。
そのために考案された装置を消弧装置または消弧室という。

8. 3. 5　動作責務

遮断器の遮断試験における動作責務とは、定格遮断容量に等しい短絡電流を遮断、あるいは投入－遮断を一定の時間をへだてて行う一連の動作である。
NFBの場合、JIS C 8201-2-1によると、遮断試験における動作責務は、定格限界短絡遮断容量（I_{CU}）の場合“O”－3分－“CO”、定格使用短絡遮断容量（I_{CS}）の場合“O”－3分－“CO”－3分－“CO”と規定されている。

（備考）“O”：遮断動作
“CO”：投入動作に引き続き、裕余なく遮断動作を行うもの。

8. 3. 6　短時間電流容量

遮断器の定格短時間電流とは一定時間通じても異常を認められない電流値をいう。JISによると、この短時間耐電流定格をもつ遮断器は選択度種別Bと規定され、短絡条件での選択用の短時間遅延を備え、選択遮断に適している。

8. 3. 7　遮断時間

図8. 2-（a）において、短絡発生からアークが消滅して遮断が完了するまでの時間を全遮断時間、または単に遮断時間という。つまり、$t_3 - t_1 = t$を全遮断時間というが、細かく分析すればつぎのものを含むことがわかる。すなわち、短絡発生から短絡電流感知装置（これをリレーという）が短絡電流を検知できる値（これを感度電流という。NFBの場合は電磁引きはずし電流）まで電流が上昇するデッドタイムtd、感度電流に達してからリレーが動作するのに要する時間tr、リレーが動作してから（開閉機構が始動されてから）接点の開離が始まるまでの時間tm、接点の開離がはじまってから全開離するまでの時間to、全開離してからアークが消滅するまでの時間taである。これを便宜上図8. 3のように呼んでいる。
開極時間は短絡発生後接点が開離しはじめるまでの時間で図8. 3において$t_2 - t_1$である。

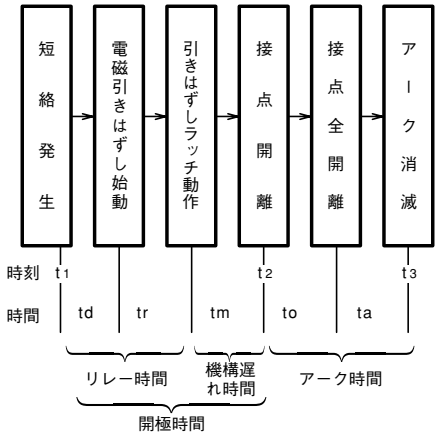


図8. 3

8. 3. 8　限流・通過エネルギー

図8. 2-(a)において通過電流の波高値icが推定短絡電流の最大値ipより小さくかつ遮断完了t_3が推定短絡電流の零点t_4より早く起こるような遮断を限流遮断という。そして通過電流の2乗時間積、すなわち$\int_{t1}^{t3} i^2\,dt$を通過エネルギーまたは全遮断I^2tという。

8. 3. 9　回復電圧

遮断が完了した直後、NFB端子間にあらわれる試験周波数の電圧（図8. 2-(b)のVs'）を回復電圧という。この値は電源の回復の早さをあらわすもので、遮断の良否に大きな影響を及ぼす。一般に回復電圧には、さらに回路の共振などで生ずる高周波振動電圧や開閉サージの反射電圧などが重畳して複雑となるが、遮断瞬時における試験周波数以外の過渡電圧を含む電圧を再起電圧と呼び、これらも遮断現象の良否に影響を与える。回復電圧はNFBの絶縁回復による耐圧の回復と混同しないよう注意を要する。

8. 3. 10　保護協調

直列に用いられるいくつかのNFBは負荷側に過負荷や短絡があった場合、負荷側に近いNFBほど早く動作、または遮断するのが好ましく、このような保護を行うことを保護協調という。協調はこのほかにも、NFBの動作時間と保護される電線や機器の過負荷耐量との協調をいう場合もある。
協調といえば、電気回路では絶縁の協調をいう場合もある。これは保守や事故復旧を考慮して回路の中でもっとも高価な（修復の困難な）機器の絶縁強度をもっとも高くし、電路の絶縁をこれにつぎ、避雷器の絶縁（放電開始電圧）をもっとも低くすることである。NFBは保護器であるからその絶縁強度はもっとも高いものでなければいけない。

8. 4 ホットスタート動作特性曲線

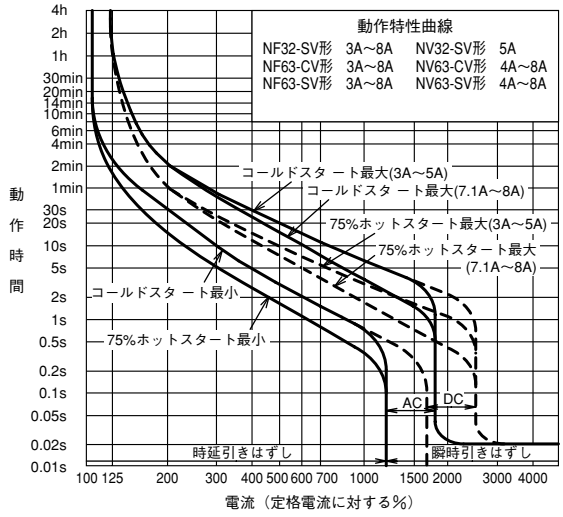


図8. 4

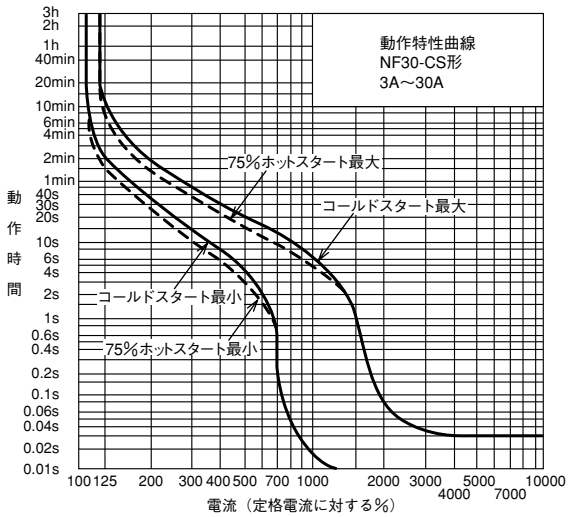


図8. 5

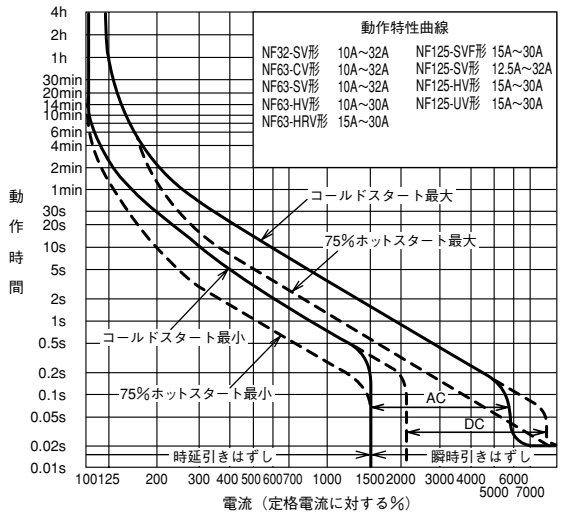
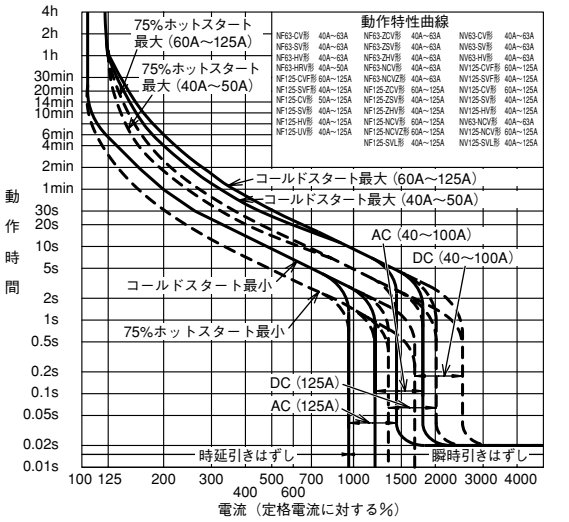


図8. 6



備考. モータブレーカ, NF63-ZCV/ZSV/ZHV/NCV/NCVZ,
NF125-HV/UV/ZCV/ZSV/ZHV/NCV/NCVZ/SVL,
NV63-CV/SV/HV/NCV, NV125-CVF/SVF/CV/SV/HV/NCV/SVL形はAC特性のみです。

図8. 7

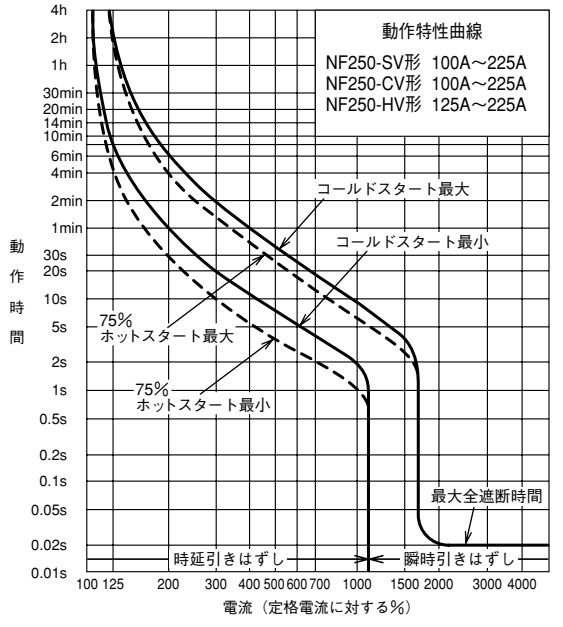


図8. 8

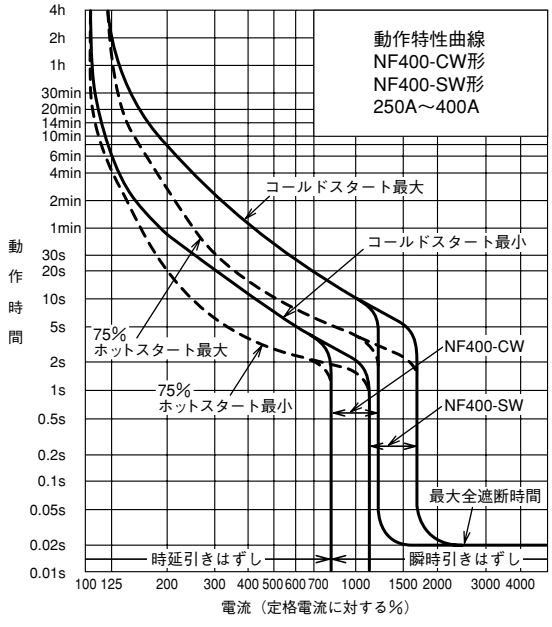


図8. 9

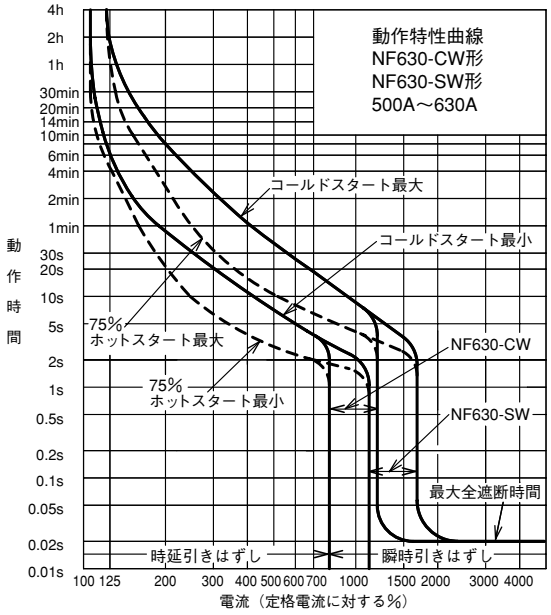


図8. 10

表8. 1 三菱NFBのリレー時間平均
（アンラッチングタイム）

フレーム A	電流 A	リレー時間平均 ms.
30	500	4
	1000	3.5
	2500	3
50, 60, 63	1000	4
	2500	3.5
	5000	3
100, 125	5000	3
	10000	2.5
	15000	2.2
225Aフレーム ～ 1250Aフレーム	10000	2.9
	15000	2.4
	20000	2.0
	25000	1.7
1600Aフレーム 以上	15000	3.3
	20000	2.8
	25000	2.6

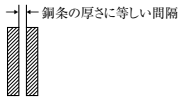
備考　電子式は除く。

8. 5　母線用銅条の電流容量

母線用銅条の電流容量

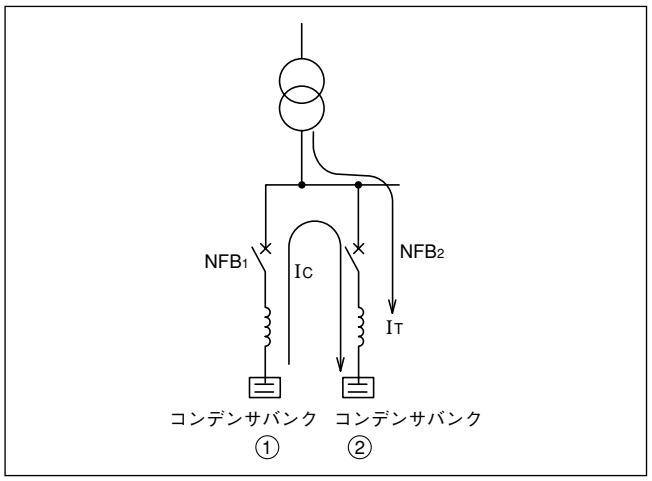
母線用銅条			電　流　容　量　A		
厚さ	巾	断面積 mm²	並列枚数	交流50Hzまたは60Hz	直流
3	25	75	1	250	260
			2	450	480
3	50	150	1	500	500
			2	800	900
6	50	300	1	700	720
			2	1100	1300
6	75	450	1	1000	1040
			2	1600	1800
6	100	600	1	1300	1360
			2	2100	2400
6	150	900	1	1900	2000
			2	2800	3500

注（1）温度上昇　約30deg.
（2）配列

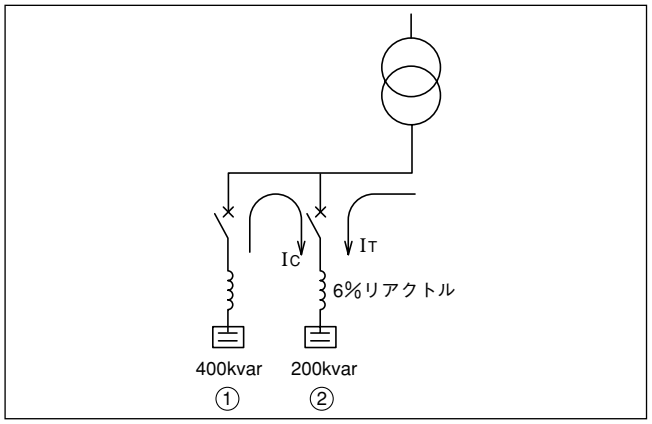


8. 6　コンデンサバンクが複数ある場合の突入電流計算

コンデンサバンク①が投入された後、バンク②が投入されるものとすると、バンク②のコンデンサには、変圧器からの突入電流I_Tに加えて、充電された隣接コンデンサから流れこむ突入電流I_Cを考慮しなければならない。



事　例



3 ϕ　2000kVA　50Hz
415V　6.00%　X/R = 5.21

電線1　3000　バスダクト　3m
$RW_1 = 0.0167 \times 3m\Omega$　$XW_1 = 0.0107 \times 3m\Omega$

電線2　2 × 200mm²　1m
$RW_2 = \frac{1}{2} \times 0.092 \times 1m\Omega$　$XW_2 = \frac{1}{2} \times 0.073 \times 1m\Omega$

8. 6. 1　まず変圧器から流れこむ電流 I_Tの計算を行う。

突入電流ピーク値の計算式

過渡現象論から次式を得る。

$$i_{mT} = \frac{E}{\sqrt{\frac{L}{C}}} \varepsilon^{-\frac{\alpha}{\beta}\phi}$$

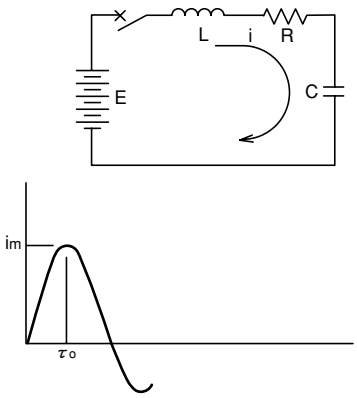
$$\tau_0 = \frac{\phi}{\beta}$$

$$\alpha = \frac{R}{2L}$$

$$\beta = \frac{\sqrt{4\frac{L}{C} - R^2}}{2L}$$

$$\cot\ \phi = \frac{\alpha}{\beta}$$

（交流波高値電圧に等しい直流電圧回路と考える。）



回路の諸定数と計算

変圧器の抵抗およびインダクタンス

%Z = 6.00　X/R = 5.21であるから、

%R = 1.13　%X = 6.02

$$R_T = \frac{415^2}{2000\times10^3}\times1.13\times10^{-2} = 0.9731\times10^{-3}(\Omega)$$

$$X_T = \frac{415^2}{2000\times10^3}\times6.02\times10^{-2} = 5.184\times10^{-3}(\Omega)$$

$$L_T = \frac{X_T}{2\pi f} = \frac{5.184}{2\times\pi\times50}\times10^{-3} = 16.501\times10^{-6}(H)$$

電線の抵抗およびインダクタンス

$$R_{W1} = 0.0167\times3m\Omega = 0.0501\times10^{-3}(\Omega)$$

$$X_{W1} = 0.0107\times3m\Omega = 0.0321\times10^{-3}(\Omega)$$

$$L_{W1} = \frac{X_{W1}}{2\pi f} = \frac{0.0321}{2\times\pi\times50}\times10^{-3} = 0.1022\times10^{-6}(H)$$

$$R_{W2} = \frac{1}{2}\times0.092\times1m\Omega = 0.046\times10^{-3}(\Omega)$$

$$X_{W2} = \frac{1}{2}\times0.073\times1m\Omega = 0.0365\times10^{-3}(\Omega)$$

$$L_{W2} = \frac{X_{W2}}{2\pi f} = \frac{0.0365}{2\times2\times50}\times10^{-3} = 0.1162\times10^{-6}(H)$$

コンデンサ静電容量

$$200\times10^3 = 2\pi fc\times415^2$$

$$C = \frac{200\times10^3}{2\times\pi\times50\times415^2} = 3.6964\times10^{-3}(F)$$

直列リアクトルのインダクタンス

6%リアクトルであるから、

$$2\pi fL_1 = \frac{1}{2\pi fc}\times0.06$$

$$L_1 = \frac{0.06\times10^3}{(2\times\pi\times50)^2\times3.6964} = 0.1645\times10^{-3}(H)$$

全回路の定数合計

$$R = R_T + R_{W1} + R_{W2}$$
$$= (0.9731 + 0.0501 + 0.046)\times10^{-3} = 1.0692\times10^{-3}(\Omega)$$

$$L = L_T + L_{W1} + L_{W2} + L_1$$
$$= (16.501 + 0.1022 + 0.1162)\times10^{-6} + 0.1645\times10^{-3}$$
$$= 0.1812\times10^{-3}(H)$$

$$C = 3.6964\times10^{-3}(F)$$

従って、

$$\alpha = \frac{R}{2L} = \frac{1.0692\times10^{-3}}{2\times0.1812\times10^{-3}} \fallingdotseq 2.95$$

$$\beta = \frac{\sqrt{4\frac{L}{C} - R^2}}{2L} = \frac{\sqrt{4\times\frac{0.1812\times10^{-3}}{3.6964\times10^{-3}} - (1.0692\times10^{-3})^2}}{2\times0.1812\times10^{-3}}$$
$$\fallingdotseq 1222$$

$$\cot\phi = \frac{\alpha}{\beta} = 2.414\times10^{-3} \qquad \phi = 1.568 \ \text{rad}$$

故に、I_Tの突入電流ピーク値i_{mT}は、

$$i_{mT} = \frac{E}{\sqrt{\frac{L}{C}}}\varepsilon^{-\frac{\alpha}{\beta}\phi} \qquad E = \frac{415}{\sqrt{3}}\times\sqrt{2} = 338.9$$

$$= \frac{338.9}{\sqrt{\frac{0.1812\times10^{-3}}{3.6964\times10^{-3}}}}\varepsilon^{-2.414\times10^{-3}\times1.568}$$

$$\fallingdotseq 1531\times0.996$$

$$\fallingdotseq 1525A$$

$$\tau_o = \frac{\phi}{\beta} = \frac{1.568}{1222}$$

$$\fallingdotseq 1.283\times10^{-3}(s)$$

8. 6. 2　次に隣接コンデンサから流れこむ電流Icの計算を行う。

充電された隣接コンデンサから流れこむ突入電流ピーク値の計算式

過渡現象論から、

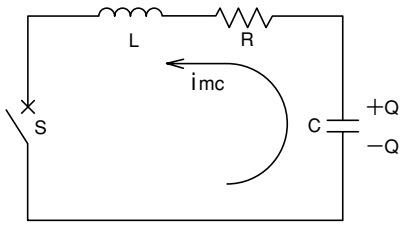
$$i_{mc} = \sqrt{\alpha^2 + \beta^2}\ Q\ \varepsilon^{-\frac{\alpha}{\beta}\phi}$$

$$\tau_o = \frac{\phi}{\beta}$$

$$\alpha = \frac{R}{2L}$$

$$\beta = \frac{\sqrt{4\frac{L}{C} - R^2}}{2L}$$

$$\cot\ \phi = \frac{\alpha}{\beta}$$



C：コンデンサ①、②が直列に接続された容量値

回路の諸定数と計算

電線の抵抗およびインダクタンス

2 × 200mm² × 1mの電線とする。前記と同じく。

$R_W = 0.046 \times 10^{-3}\ (\Omega)$

$L_W = 0.1162 \times 10^{-6}\ (H)$

コンデンサ静電容量

200kvarコンデンサ、前記と同じく。

$C_2 = 3.6964 \times 10^{-3}\ (F)$

400kvarコンデンサ

$C_1 = 2 \times 3.6964 \times 10^{-3}\ (F)$

直列リアクトルのインダクタンス

200kvarコンデンサ回路、前記と同じく。

$L_2 = 0.1645 \times 10^{-3}\ (H)$

400kvarコンデンサ回路

$L_1 = \frac{1}{2} \times 0.1645 \times 10^{-3}\ (H)$

全回路の定数合計

$R = R_W = 0.046 \times 10^{-3}\ (\Omega)$

$L = L_W + L_2 + L_1$

$= 0.1162 \times 10^{-6} + 0.1645 \times 10^{-3} + \frac{1}{2} \times 0.1645 \times 10^{-3}$

$= 0.2469 \times 10^{-3}\ (H)$

$C = \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2}$

$= \frac{2 \times 3.6964 \times 3.6964}{2 \times 3.6964 + 3.6964} \times 10^{-3}$

$= 2.4643 \times 10^{-3}\ (F)$

$Q = C_1 V$

$= 2 \times 3.6964 \times \frac{415}{\sqrt{3}} \times \sqrt{2} \times 10^{-3}\ (C)$

$= 2.505\ (C)$

従って、

$$\alpha = \frac{R}{2L} = \frac{0.046 \times 10^{-3}}{2 \times 0.2469 \times 10^{-3}} \fallingdotseq 0.0932$$

$$\beta = \frac{\sqrt{4\frac{L}{C} - R^2}}{2L} = \frac{\sqrt{4\frac{0.2469}{2.4643} - (0.046 \times 10^{-3})^2}}{2 \times 0.2469 \times 10^{-3}}$$

$$\fallingdotseq 1282$$

$$\cot\ \phi = \frac{\alpha}{\beta} = 7.27 \times 10^{-5} \qquad \phi = 1.5707\ \text{rad}$$

従って、

$$i_{mc} = \sqrt{\alpha^2 + \beta^2}\ Q\ \varepsilon^{-\frac{\alpha}{\beta}\phi}$$

$$= \sqrt{0.0932^2 + 1282^2} \times 2.505 \times\ \varepsilon^{-7.27 \times 10^{-5} \times 1.5707}$$

$$\fallingdotseq 1282 \times 2.505 \times 1 \qquad \tau_o = \frac{\phi}{\beta}$$

$$= 3211\ (A) \qquad = \frac{1.5707}{1282}$$

$$= 1.225 \times 10^{-3}\ (s)$$

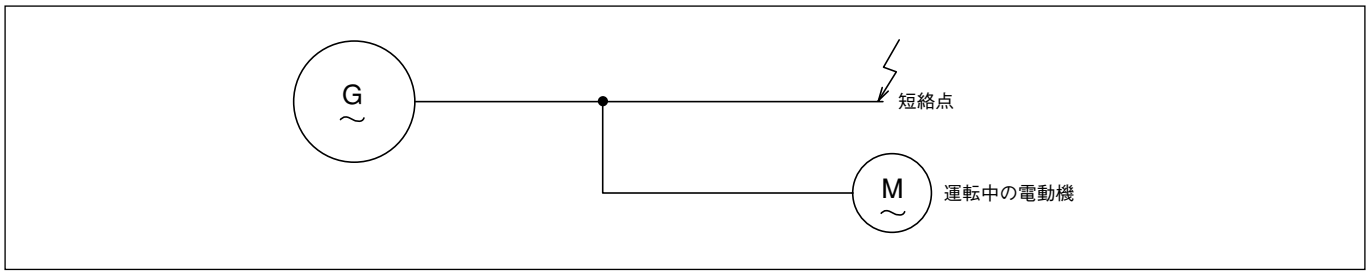
8. 6. 3　故に突入電流を合計すれば

$i_{mT} + i_{mc} = 1525 + 3211 = \underline{4736\ (A)}$

実効値に換算すると、$4736 \div \sqrt{2} = 3349\ (A)$

尚、$\tau_o < 10^{-4}$sの時にはNFBの瞬時動作に関係しないので無視してよい。

8. 7　発電機回路における短絡電流計算法…IEC61363より（％インピーダンス法）



発電機短絡電流	電動機寄与電流
V　：voltage〔V〕 電圧	V　：voltage〔V〕 電圧
f　：frequency〔Hz〕（T=1/f） 周波数	f　：frequency〔Hz〕（T=1/f） 周波数
P_g　：Generator capacity〔kVA〕 発電機容量	P_m　：Motor capacity〔kVA〕 電動機容量
X_g''　：sub-transient reactance〔%〕 二次過渡リアクタンス	Z_m　：Motor impedance〔%〕 電動機インピーダンス
X_g'　：transient reactance〔%〕 過渡リアクタンス	X_m　：Motor reactance〔%〕 電動機リアクタンス
T_g''　：sub-transient time constant〔s〕 発電機二次過渡時定数	r_s　：Stator resistance〔%〕 ステータ抵抗
T_{gdc}　：DC time constant〔s〕 発電機直流時定数	r_r　：Rotor resistance〔%〕 ロータ抵抗
$r_g = \dfrac{X_g''}{2\pi f \times T_{gdc}}$〔%〕 r_g　：Generator resistance 発電機抵抗	$T_{mdc} = \dfrac{X_m}{2\pi f r_s}$ T_{mdc}：DC time constant 電動機直流時定数 $T_m = \dfrac{X_m}{2\pi f r_r}$ T_m'　：transient time constant 電動機過渡時定数
r_{eg}　：発電機－短絡点間の抵抗〔%〕	r_{em}　：電動機－短絡点間の抵抗〔%〕
X_{eg}　：発電機－短絡点間のリアクタンス〔%〕	X_{em}　：電動機－短絡点間のリアクタンス〔%〕

$$Z_{eg}'' = \sqrt{(r_g + r_{eg})^2 + (x_g'' + x_{eg})^2}$$

$$Z_{eg}' = \sqrt{(r_g + r_{eg})^2 + (x_g' + x_{eg})^2}$$

$$I_{eg}'' = \frac{I_g}{Z_{eg}''} = \frac{P_g}{\sqrt{3}\ VZ_{eg}''} \times 100$$

$$I_{eg}' = \frac{I_g}{Z_{eg}'} = \frac{P_g}{\sqrt{3}\ VZ_{eg}'} \times 100$$

$$T_{eg}'' = T_g'' \frac{1 + \{X_{eg}/(X_g'' + X_{eg})\}}{1 + \{X_{eg}/(X_g' + X_{eg})\}}$$

$$I_{gac} = (I_{eg}'' - I_{eg}')\,EXP^{-T/2Teg''} + I_{eg}'$$

$$◎I_{g\ sym} = I_{gac} \times 1.1$$

$$T_{egdc} = \frac{T_{gdc} + (X_{eg}/2\pi f r_g)}{1 + (r_{eg}/r_g)}$$

$$◎I_{g\ peak\ max} = \sqrt{2} \times I_{gac} + \sqrt{2}\ I_{eg}'' \times EXP^{-T/2Tegdc}$$

$$Z_{em} = \sqrt{(r_s + r_{em})^2 + (X_m + X_{em})^2}$$

$$T_{em}' = \frac{(X_{em} + X_m)}{2\pi f (r_{em} + r_r)}$$

$$◎I_{mac} = \frac{I_m}{Z_{em}} = \frac{P_m}{\sqrt{3}\ VZ_{em}} \times 100 \times EXP^{-T/2Tem'}$$

$$T_{emdc} = \frac{T_{mdc} + (X_{em}/2\pi f r_s)}{1 + (r_{em}/r_s)}$$

$$= \frac{X_{em} + X_m}{2\pi f (r_{em} + r_s)}$$

$$◎I_{m\ peak\ max} = \sqrt{2} \times I_{mdc} + \sqrt{2}\ \frac{P_m \times 100}{3VZ_{em}} \times EXP^{-T/2Temdc}$$

〔TOTAL〕

$I_{sym} = I_{gsym} + I_{mac}$（$I_{sym}$：対称電流値）

$I_{peak\ max} = I_{g\ peak\ max} + I_{m\ peak\ max}$（$I_{peak\ max}$：最大電流値）

8.8　漏電遮断器に関係する用語の意味

（人と電気に関する用語）

感知電流

人体に流れる電流が、数mAをこえると刺戟として感ずる。人によっては1mA以下でも感ずる場合がある。

不随意電流または離脱限界電流

導体を握ったまま電流を増して行くと、5mA～20mAの領域で筋肉が収縮けいれんを起し、導体を離すことができなくなる。

心室細動電流

人体通過電流が、数10mAの場合、心筋がけいれんし、体内各部への新鮮な血液の供給が停止し、死亡のおそれがある。短時間で通電を停止すれば死は免れることができる。

（NVの構造・性能に関する用語）

漏電遮断装置

電路に地絡を生じたとき、負荷機器、金属製外箱などに発生する故障電圧又は地絡電流を検出する部分と、遮断器部分とを組み合わせたものにより、自動的に電路を遮断するものをいう。

漏電遮断器

漏電遮断装置を一体として容器内に収めて製作したもので、容器外から手動で電路の開閉ならびに自動遮断後の復帰が行えるものをいう。

誘導電動機保護兼用NV

電動機の過負荷保護を兼ねたNVで、定格電流を電動機の全負荷電流に合わせたものをいう。（MN形）

単3中性線欠相保護付NV

単相3線式電路において、中性線の欠相が発生した場合に電圧極に発生する不平衡電圧（過電圧）を検出して回路を遮断する機能をもつNVをいう。

漏電警報装置

漏電警報装置とは、電路に地絡を生じたとき、負荷機器、金属製外箱などに発生する故障電圧又は地絡電流を検出する部分と警報を発する部分とを組み合わせたものにより、自動的に音、光その他の方法により警報を発するものをいう。

漏電警報器

漏電警報器とは、漏電警報装置を一体（直接警報を発する部分を除いたものを含む。）として容器内に収めたものをいう。

電流動作形NV

電流動作形NVとは、地絡電流をZCT（差動変流器を含む、以下同じ）によって検出し、自動遮断させるNVをいう。

感度電流

感度電流とは、NVを閉路した状態で、主回路の1極に電流を通じ、この電流を徐々に増加させてNVが引きはずし動作をしたときの電流値をいう。

定格感度電流

定格感度電流とは、所定の条件注において、ZCTの一次側の地絡電流により、NVが必ず引きはずし動作をする一次側の地絡電流をいう。

定格不動作電流

定格不動作電流とは、所定の条件注において、ZCTの一次側の地絡電流があっても、NVが引きはずし動作をしない一次側の地絡電流をいう。

注 ここにいう所定の条件とは、標準使用状態において、かつ電圧が定格値の80%又は110%の範囲にあることをいう。

動作時間

動作時間とは、定格感度電流以上の地絡電流が生じたときから、その回路を遮断するまでの時間をいう。

慣性不動作

慣性不動作とは、時延形NVを閉路した状態で、主回路の1極に規定の電流を短時間通電したとき、NVが引きはずし動作をしないことをいう。このときの動作しない最大の時間を慣性不動作時間という。

動作過電圧

電圧極と中性極との間に過電圧を印加したとき、NVが引きはずし動作をする電圧をいう。

定格動作過電圧

所定の条件の下で電圧極と中性極との間に過電圧を印加したとき、NVが必ず引きはずし動作をする電圧をいう。

定格不動作過電圧

所定の条件の下で電圧極と中性極との間に過電圧を印加しても、NVが引きはずし動作をしない電圧をいう。

定格過電圧動作時間

定格動作過電圧に等しい電圧が発生してから、NVがその回路を遮断するまでの時間の上限値をいう。

過電圧慣性不動作時間

定格動作過電圧に等しい電圧を短時間印加したとき、NVが動作しない最大の時間をいう。

高速形NV

高速形NVとは、定格感度電流における動作時間が0.1秒以内のNVをいう。

機械または配線器具材料の金属製外箱などを経て地絡が生じた場合に、金属製外箱などにほどこしてある接地工事と相まって電路の遮断が行われ、機器金属製外箱に人が触れていても感電による事故保護が期待できる。

時延形NV

時延形NVとは、定格感度電流における動作時間が0.1秒を超え2秒以内のNVをいう。この形は回路容量が大きい配線、

他の高速形NVと併用し協調を必要とする回路などに用い、機械または配線器具材料の接地されている金属製外箱などを経て地絡が生じた場合に回路を遮断し、機器外箱などが充電状態を継続することを中断し、人身災害、漏電火災を防止する。

反限時形NV

反限時形NVとは、定格感度電流における動作時間が0.3秒以内、定格感度電流の2倍における動作時間が0.15秒以内、定格感度電流の5倍及び500Aにおける動作時間が0.04秒以内のNVをいう。この形は高感度形の部類に入るもので、主として感電事故防止の観点から地絡電流の大きさにより、動作時間が反限時的になるようにしたものである。この形のものは衝撃波不動作形となっており、サージ電圧、その他継続性がなく、しかも危険度の小さい微小地絡現象では動作をしない特徴をもっている。

高感度形NV

高感度形NVとは、定格感度電流が30mA以下のNVをいう。

中感度形NV

中感度形NVとは、定格感度電流が30mAをこえ1000mA以下のNVをいう。

衝撃波不動作形NV

衝撃波不動作形とは、高感度形NVであって、閉路した状態で規定の衝撃波電圧を印加したとき、NVが引きはずし動作をしないものをいう。

越流

越流とは、白熱電球を点燈した瞬間に流れる定常電流より大きな電流をいう。

引きはずし自由

引きはずし自由とは、投入操作中又は投入指令が維持されているときでも、引きはずし動作によって、そのNVを引きはずすことができることをいう。

（電気回路に関する用語）

電路

通常の使用状態において電気を通ずる回路の全部または一部をいう。

電線路

発電所、変電所、開閉所およびこれらに類する場所ならびに電気使用場所相互間の電線（電車線、小勢力回路および出退表示灯回路の電線を除く）ならびにこれを支持し、または保蔵する工作物をいう。

（注）保蔵する工作物とは、地中電線路についてケーブルを収める暗きょ、管、地中箱などをいう。

地絡

電路と大地間の絶縁が異常に低下し、アークまたは導電性物質によって橋絡されたため、電路または機器の外部に危険な電圧が現れたり、電流が流れる状態をいう。

地絡電流

地絡によって電路の外部へ流出し、火災または人畜の感電もしくは電路、機器の損傷等の事故をひき起すおそれのある電流をいう。

接触電圧

地絡を生じている電気機械器具の金属製外箱等に人畜が触れたとき、生体に加わる電圧をいう。

過電流

過負荷電流および短絡電流をいう。

過負荷電流

機械に対してはその定格電流、電線に対してはその許容電流をある程度超過し、その継続時間をあわせて考えたとき、機器または電線の損傷防止上自動遮断を必要とする電流をいう。

（注）始動電流は、含まない。

短絡電流

電路の線間がインピーダンスの少ない状態で接触を生じたことにより、その部分を通じて流れる大きな電流をいう。

漏えい電流

電路以外に流れる電流であって、電路の絶縁体（電線の被覆絶縁体、がいし、がい管、ブッシング、スペーサその他機器の部分として使用する絶縁体など）の内部および表面ならびに空間を通じて線間または大地との間に流れる電流をいう。

（注）漏えい電流が生ずるのは、絶縁体の絶縁抵抗が無限大でないためであり、また、電路各部相互間および電路と大地との間に静電容量が存在するためである。

保護接地

接触電圧を許容値以下に抑制するために、電気機械器具の金属製外箱等を接地するものをいう。

接地線

次のものを接地極に接続する金属線をいう。

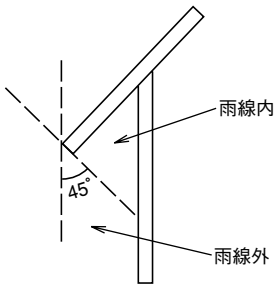
a　電気機器の金属製フレームまたは外箱
b　金属製の電線管、ダクトなど
c　ケーブルの金属被覆
d　電路の中性点または1端子
e　避雷器の接地端子
f　その他接地の目的物

（施設場所に関する用語）

電気使用場所

電気を使用するための電気工作物を施設した場所をいう。

注 (1) 発電所、変電所、開閉所、受電所または配電盤などは含まれない。
(2) 屋外において、一つの作業場としてまとまっている場所などは、一つの電気使用場所として考えてよい。



雨線内、雨線外の説明図

構内

へい、さく、堀などによって区切られた地域もしくは施設者およびその関係者以外の者が自由に出入りできない地域または地形上その他社会通念上、これらに準ずる地域とみなしうるところをいう。

屋側

建造物の屋外側面をいう。

雨線内

屋側において、のき、ひさしなどの先端から、鉛直線に対し、建造物の方向に45°の角度で下方に引いた線より内側の部分またはこれに類する場所であって、通常の降雨状態において雨のかからない部分をいう。

雨線外

屋側において、雨線内以外の場所（雨のかかる場所）をいう。

乾燥した場所

ふだん湿気または水気のない場所をいう。

湿気の多い場所

次に該当する場所をいう。ただし、一般には、料理店の調理場（a に該当する場合は除く）、住宅の台所のような場所は含まない。

a　浴室またはそば屋、うどん屋などのかま場のように水蒸気が充満する場所
b　床　下
c　酒、醤油などを醸造し、または貯蔵する場所
d　その他上記に類する場所

水気のある場所

次に該当する場所をいう。

a　魚屋、八百屋、クリーニング店の作業場などの水を取り扱う土間。洗車場、洗い場またはこれら付近の水滴が飛散する場所
b　簡易な地下室のように常時水が漏出し、または結露するような場所
c　沼、池、プール、用水などおよびそれらの周辺の場所
d　その他上記に類する場所

人が容易に触れるおそれがある場所

たとえば屋内において床面などから1.8m以下、屋外において地表面などから2m以下の場所をいい、その他階段の中途、窓、物干台などから手を延ばして容易にとどく範囲をいう。

人が触れるおそれがある場所

たとえば屋内においては床面などから低圧の場合は1.8mをこえ2.3m以下（高圧の場合は1.8mをこえ2.5m以下）屋外においては地表面などから2mをこえ2.5m以下の場所をいい、その他階段の中途窓、物干台などから手を延ばしてとどく範囲をいう。

接地側電線

低圧電路において、技術上の必要により接地された中性線または接地された1線をいう。

中性線

多線式電路の電源の中性極に接続される電線をいう。

電圧側電線

低圧電路において、接地側電線以外の電線をいう。

8. 9　法規・指針（抜粋）

8. 9. 1　感電・地絡保護に関する関連法規

NVに関する関連法律、規格、技術指針が公的機関より発行されているので実際のNVの適用にあたっては、それらを参照するのが適当と考えるので関係条項のみをまとめてここに紹介する。

(1) 設置に関する法規

現在施行されている法規のうちNV関係のものは表8. 2のとおりである。これらの法規はいずれも強い行政指導のもとに実施されるものである。

表8. 2

平成25年8月現在

名　　称	制定（年月日）	備　　考	関係条項
電気設備に関する技術基準	経済産業省令 昭和40. 6. 15　制定 平成23. 3. 31　改正	電気事業法第39条1項及び第56条1項の規定にもとづき制定され、電気設備全般にわたり規定されている	解釈　第 17条　第 29条 36〃　128〃 143〃　178〃 189〃　197〃 196〃　187〃
労働安全衛生規則	厚生労働省令 昭和47. 9. 30　制定 平成25. 3. 14　改正	労働安全衛生法第20条に関連し、可搬式、移動式電動機器にNVを設置することが定められている	第333条 334〃
内線規程 （JEAC 8001）	日本電気協会 昭和43. 11. 25　制定 平成17. 9. 25　改正	電気設備に関する技術基準にもとづき施行細則を定めたものである	1300-1 1350-1　1350-2 1375-1･2･3･4･5･6 3202-2　3205-8 3210-7　3235-8 3245-4　3302-8 3430-1　3435-6 3515-9　3540-6 3542-8　3545-5 3550-7　3590-5.8 3591-4

(2) 適用にあたっての技術指針

技術指針は主として使用方法、適用上の注意、選定基準などについて述べられている。

表8. 3

名　　称	制　　定	制定年月日	備　　考
低圧電路 地絡保護指針 （JEAG 8101）	日本電気協会 電気技術基準調査委員会	昭和　46・4	NVを中心とした低圧電路の地絡保護の方式適用および施設方法
感電防止用漏電遮断器 安全指針 （TR-69）	厚生労働省 労働安全衛生総合研究所	昭和　44・9 昭和　47・11　改正	
感電防止用漏電遮断装置の接続および使用の安全基準に関する技術上の指針	厚生労働省	昭和　49・7・4	NVの保守・点検

8. 9. 2　電気設備に関する技術基準

接地工事の種類及び施設方法（省令第11条）

技術基準の解釈

第17条　A種接地工事は、次の各号によること。

一　接地抵抗値は、10Ω以下であること。

二　接地線は、次に適合するものであること。

イ　故障の際に流れる電流を安全に通じることができるものであること。

ロ　ハに規定する場合を除き、引張強さ1.04kN以上の容易に腐食し難い金属線又は直径2.6mm以上の軟銅線であること。

ハ　移動して使用する電気機械器具の金属製外箱等に接地工事を施す場合において可とう性を必要とする部分は、3種クロロプレンキャブタイヤケーブル、3種クロロスルホン化ポリエチレンキャブタイヤケーブル、4種クロロプレンキャブタイヤケーブル若しくは4種クロロスルホン化ポリエチレンキャブタイヤケーブルの1心又は多心キャブタイヤケーブルの遮へいその他の金属体であって、断面積が8mm^{2}以上のものであること。

三　接地極及び接地線を人が触れるおそれがある場所に施設する場合は、前号ハの場合、及び発電所又は変電所、開閉所若しくはこれらに準ずる場所において、接地極を第19条第2項第一号の規定に準じて施設する場合を除き、次により施設すること。

イ　接地極は、地下75cm以上の深さに埋設すること。

ロ　接地極を鉄柱その他の金属体に近接して施設する場合は、次のいずれかによること。

(イ) 接地極を鉄柱その他の金属体の底面から30cm以上の深さに埋設すること。

(ロ) 接地極を地中でその金属体から1m以上離して埋設すること。

ハ　接地線には、絶縁電線（屋外用ビニル絶縁電線を除く。）又は通信用ケーブル以外のケーブルを使用すること。ただし、接地線を鉄柱その他の金属体に沿って施設する場合以外の場合には、接地線の地表上60cmを超える部分については、この限りでない。

ニ　接地線の地下75cmから地表上2mまでの部分は、電気用品安全法の適用を受ける合成樹脂管（厚さ2mm未満の合成樹脂製電線管及びCD管を除く。）又はこれと同等以上の絶縁効力及び強さのあるもので覆うこと。

四　接地線は、避雷針用地線を施設してある支持物に施設しないこと。

2. B種接地工事は、次の各号によること。

一　接地抵抗値は、17-1表に規定する値以下であること。

17-1表

接地工事を施す変圧器の種類	当該変圧器の高圧側又は特別高圧側の電路と低圧側の電路との混触により、低圧電路の対地電圧が150Vを超えた場合に、自動的に高圧又は特別高圧の電路を遮断する装置を設ける場合の遮断時間	接地抵抗値（Ω）
下記以外の場合		$150/I_g$
高圧又は35,000V以下の特別高圧の電路と低圧電路を結合するもの	1秒を超え2秒以下	$300/I_g$
	1秒以下	$600/I_g$

〔備考〕I_gは、当該変圧器の高圧側又は特別高圧側の電路の1線地絡電流（単位：A）

二　17-1表における1線地絡電流I_gは、次のいずれかによること。

イ　実測値

ロ　高圧電路においては、17-2表に規定する計算式により計算した値。ただし、計算結果は、小数点以下を切り上げ、2A未満となる場合は2Aとする。

17-2表

電路の種類		計算式
中性点非接地式電路	下記以外のもの	$1+\frac{\frac{V'}{3}L-100}{150}+\frac{\frac{V'}{3}L'-1}{2}$（$=I_1$とする。） 第2項及び第3項の値は、それぞれ値が負となる場合は、0とする。
	大地から絶縁しないで使用する電気ボイラー、電気炉等を直接接続するもの	$\sqrt{I_1^2+\frac{V^2}{3R^2}\times10^6}$
中性点接地式電路		
中性点リアクトル接地式電路		$\sqrt{\left(\frac{\frac{V}{\sqrt{3}}R}{R^2+X^2}\times10^3\right)^2+\left(I_1-\frac{\frac{V}{\sqrt{3}}X}{R^2+X^2}\times10^3\right)^2}$

〔備考〕

V'は、電路の公称電圧を1.1で除した電圧（単位：kV）

Lは、同一母線に接続される高圧電路（電線にケーブルを使用するものを除く。）の電線延長（単位：km）

L'は、同一母線に接続される高圧電路（電線にケーブルを使用するものに限る。）の線路延長（単位：km）

Vは、電路の公称電圧（単位：kV）

Rは、中性点に使用する抵抗器又はリアクトルの電気抵抗値（中性点の接地工事の接地抵抗値を含む。）（単位：Ω）

Xは、中性点に使用するリアクトルの誘導リアクタンスの値（単位：Ω）

ハ　特別高圧電路において実測が困難な場合は、線路定数等により計算した値

三　接地線は、次に適合するものであること。

イ　故障の際に流れる電流を安全に通じることができるものであること。

ロ　17-3表に規定するものであること。

17-3表

区分	接地線
移動して使用する電気機械器具の金属製外箱等に接地工事を施す場合において、可とう性を必要とする部分	3種クロロプレンキャブタイヤケーブル、3種クロロスルホン化ポリエチレンキャブタイヤケーブル、3種耐燃性エチレンゴムキャブタイヤケーブル、4種クロロプレンキャブタイヤケーブル若しくは4種クロロスルホン化ポリエチレンキャブタイヤケーブルの1心又は多心キャブタイヤケーブルの遮へいその他の金属体であって、断面積が8mm²以上のもの
上記以外の部分であって、接地工事を施す変圧器が高圧電路又は第108条に規定する特別高圧架空電線路の電路と低圧電路とを結合するものである場合	引張強さ1.04kN以上の容易に腐食し難い金属線又は直径2.6mm以上の軟銅線
上記以外の場合	引張強さ2.46kN以上の容易に腐食し難い金属線又は直径4mm以上の軟銅線

四　第1項第三号及び第四号に準じて施設すること。

3. C種接地工事は、次の各号によること。

一　接地抵抗値は、10Ω（低圧電路において、地絡を生じた場合に0.5秒以内に当該電路を自動的に遮断する装置を施設するときは、500Ω）以下であること。

二　接地線は、次に適合するものであること。

イ　故障の際に流れる電流を安全に通じることができるものであること。

ロ　ハに規定する場合を除き、引張強さ0.39kN以上の容易に腐食し難い金属線又は直径1.6mm以上の軟銅線であること。

ハ　移動して使用する電気機械器具の金属製外箱等に接地工事を施す場合において、可とう性を必要とする部分は、次のいずれかのものであること。

（イ）多心コード又は多心キャブタイヤケーブルの1心であって、断面積が0.75mm²以上のもの

（ロ）可とう性を有する軟銅より線であって、断面積が1.25mm²以上のもの

4. D種接地工事は、次の各号によること。

一　接地抵抗値は、100Ω（低圧電路において、地絡を生じた場合に0.5秒以内に当該電路を自動的に遮断する装置を施設するときは、500Ω）以下であること。

二　接地線は、第3項第二号の規定に準じること。

5. C種接地工事を施す金属体と大地との間の電気抵抗値が10Ω以下である場合は、C種接地工事を施したものとみなす。

6. D種接地工事を施す金属体と大地との間の電気抵抗値が100Ω以下である場合は、D種接地工事を施したものとみなす。

要点　低圧電路に動作時間0.5秒以内のNVを使用するときはC種接地工事およびD種接地工事の接地抵抗値は500Ωまで緩和される。

解説　NVの特性は定格感度電流100mA以下、動作時間0.2秒以下のものであることがよい。これは接触電圧を50V（500Ω×100mA）以下におさえるためであるが接地抵抗値と漏電遮断装置の定格感度電流の協調がとれていれば100mA超過のものを使用することができる。電気用品安全法では最大1Aまでの製品が認められている。動作時間は短かいほど好ましいが選択遮断のことも考慮して最大0.5秒とした。定格感度電流の選定は付録の地絡保護指針JEAG8101を参照するのがよい。低い接地抵抗値の得難いところあるいは接地工事の簡略化により省力化をはかることができる利点がある。また、電技第29条に接地工事を省略できる条件があげてあるがいずれにしても接地工事を省くことは好ましくなく接地工事を行ない漏電遮断方式と併用するのが最良の方策である。

機械器具の金属製外箱等の接地（省令第10条、第11条）

技術基準の解釈

第29条　電路に施設する機械器具の金属製の台及び外箱（以下この条において「金属製外箱等」という。）（外箱のない変圧器又は計器用変成器にあっては、鉄心）には、使用電圧の区分に応じ、29-1表に規定する接地工事を施すこと。ただし、外箱を充電して使用する機械器具に人が触れるおそれがないようにさくなどを設けて施設する場合又は絶縁台を設けて施設する場合は、この限りでない。

29-1表

機械器具の使用電圧の区分		接地工事
低圧	300V以下	D種接地工事
	300V超過	C種接地工事
高圧又は特別高圧		A種接地工事

2. 機械器具が小出力発電設備である燃料電池発電設備である場合を除き、次の各号のいずれかに該当する場合は、第1項の規定によらないことができる。
   一　交流の対地電圧が150V以下又は直流の使用電圧が300V以下の機械器具を、乾燥した場所に施設する場合
   二　低圧用の機械器具を乾燥した木製の床その他これに類する絶縁性のものの上で取り扱うように施設する場合
   三　電気用品安全法の適用を受ける2重絶縁の構造の機械器具を施設する場合
   四　低圧用の機械器具に電気を供給する電路の電源側に絶縁変圧器（2次側線間電圧が300V以下であって、容量が3kVA以下のものに限る。）を施設し、かつ、当該絶縁変圧器の負荷側の電路を接地しない場合
   五　水気のある場所以外の場所に施設する低圧用の機械器具に電気を供給する電路に、電気用品安全法の適用を受ける漏電遮断器（定格感度電流が15mA以下、動作時間が0.1秒以下の電流動作型のものに限る。）を施設する場合
   六　金属製外箱等の周囲に適当な絶縁台を設ける場合
   七　外箱のない計器用変成器がゴム、合成樹脂その他の絶縁物で被覆したものである場合
   八　低圧用若しくは高圧用の機械器具、第26条に規定する配電用変圧器若しくはこれに接続する電線に施設する機械器具又は第108条に規定する特別高圧架空電線路の電路に施設する機械器具を、木柱その他これに類する絶縁性のものの上であって、人が触れるおそれがない高さに施設する場合
3. 高圧ケーブルに接続される高圧用の機械器具の金属製外箱等の接地は、日本電気技術規格委員会規格JESCE2019（2009）「高圧ケーブルの遮へい層による高圧用の機械器具の鉄台及び外箱の連接接地」の「2. 技術的規定」により施設することができる。
4. 太陽電池モジュールに接続する直流電路に施設する機械器具であって、使用電圧が300Vを超え450V以下のものの金属製外箱等に施すC種接地工事の接地抵抗値は、次の各号に適合する場合は、第17条第3項第一号の規定によらず、100Ω以下とすることができる。
   一　直流電路は、非接地であること。
   二　直流電路に接続する逆変換装置の交流側に、絶縁変圧器を施設すること。
   三　太陽電池モジュールの合計出力は、10kW以下であること。
   四　直流電路に機械器具（太陽電池モジュール、第46条第1項第二号及び第三号に規定する器具、逆変換装置及び避雷器を除く。）を施設しないこと。

要点　電気用品の型式認承のあるNV（300V以下、100A以下）で定格感度電流15mA以下、動作時間0.1秒以下のものを使用したときには、機械器具の鉄台および外箱の接地の省略が認められる。

解説　人間の電撃に対する安全限界は可随意電流範囲内といわれているが、この値は米国Dalziel博士のデータによると、男9mA、女6mAと報告されていること。およびNVの不動作電流がほぼ60%（15mAの場合には9mA）であることなどから15mAが限界となった。接地工事が不可能な場合にのみ限定し、通常は接地と併用するのがよい。分岐回路の多いまたは長い回路に使用すると不要に動作することがあるので移動形または可搬形機器に範囲を限定して使用することが望ましい。

地絡遮断装置の施設（省令第15条）

技術基準の解釈

第36条　金属製外箱を有する使用電圧が60Vを超える低圧の機械器具に接続する電路には、電路に地絡を生じたときに自動的に電路を遮断する装置を施設すること。ただし、次の各号のいずれかに該当する場合はこの限りではない。
   一　機械器具に簡易接触防護措置（金属製のものであって、防護措置を施す機械器具と電気的に接続するおそれがあるもので防護する方法を除く。）を施す場合
   二　機械器具を次のいずれかの場所に施設する場合
      イ　発電所又は変電所、開閉所若しくはこれらに準ずる場所
      ロ　乾燥した場所
      ハ　機械器具の対地電圧が150V以下の場合においては、水気のある場所以外の場所
   三　機械器具が、次のいずれかに該当するものである場合
      イ　電気用品安全法の適用を受ける2重絶縁構造のもの
      ロ　ゴム、合成樹脂その他の絶縁物で被覆したもの
      ハ　誘導電動機の2次側電路に接続されるもの

ニ　第13条第二号に掲げるもの

四　機械器具に施されたC種接地工事又はD種接地工事の接地抵抗値が3Ω以下の場合

五　電路の系統電源側に絶縁変圧器（機械器具側の線間電圧が300V以下のものに限る。）を施設するとともに、当該絶縁変圧器の機械器具側の電路を非接地とする場合

六　機械器具内に電気用品安全法の適用を受ける漏電遮断器を取り付け、かつ、電源引出部が損傷を受けるおそれがないように施設する場合

七　機械器具を太陽電池モジュールに接続する直流電路に施設し、かつ、当該電路が次に適合する場合

イ　直流電路は、非接地であること

ロ　直流電路に接続する逆変換装置の交流側に絶縁変圧器を施設すること。

ハ　直流電路の対地電圧は、450V以下であること。

八　電路が、管灯回路である場合

2. 電路が次の各号のいずれかのものである場合は、前項の規定によらず、当該電路に適用される規定によること。

一　第3項に規定するもの

二　第143条第1項ただし書の規定により施設する、対地電圧が150Vを超える住宅の屋内電路

三　第165条第3項若しくは第4項、第178条第2項、第180条第4項、第187条、第195条、第196条、第197条又は第200条第1項に規定するものの電路

3. 高圧又は特別高圧の電路と変圧器によって結合される、使用電圧が300Vを超える低圧の電路には、電路に地絡を生じたときに自動的に電路を遮断する装置を施設すること。ただし、当該低圧電路が次の各号のいずれかのものである場合はこの限りでない。

一　発電所又は変電所若しくはこれに準ずる場所にある電路

二　電気炉、電気ボイラー又は電解槽であって、大地から絶縁することが技術上困難なものに電気を供給する専用の電路

4. 高圧又は特別高圧の電路には、36-1表の左欄に掲げる箇所又はこれに近接する箇所に、同表中欄に掲げる電路に地絡を生じたときに自動的に電路を遮断する装置を施設すること。ただし、同表右欄に掲げる場合はこの限りでない。

36-1表

地絡遮断装置を施設する箇所	電路	地絡遮断装置を施設しなくても良い場合
発電所又は変電所若しくはこれに準ずる場所の引出口	発電所又は変電所若しくはこれに準ずる場所から引出される電路	発電所又は変電所相互間の電線路が、いずれか一方の発電所又は変電所の母線の延長とみなされるものである場合において、計器用変成器を母線に施設すること等により、当該電線路に地絡を生じた場合に電源側の電路を遮断する装置を施設するとき
他の者から供給を受ける受電点	受電点の負荷側の電路	他の者から供給を受ける電気を全てその受電点に属する受電場所において変成し、又は使用する場合
配電用変圧器（単巻変圧器を除く。）の施設箇所	配電用変圧器の負荷側の電路	配電用変圧器の負荷側に地絡を生じた場合に、当該配電用変圧器の施設箇所の電源側の発電所又は変電所で当該電路を遮断する装置を施設するとき

〔備考〕引出口とは、常時又は事故時において、発電所又は変電所若しくはこれに準ずる場所から電線路へ電流が流出する場所をいう。

5. 低圧又は高圧の電路であって、非常用照明装置、非常用昇降機、誘導灯又は鉄道用信号装置その他その停止が公共の安全の確保に支障を生じるおそれのある機械器具に電気を供給するものには、電路に地絡を生じたときにこれを技術員駐在所に警報する装置を施設する場合は、第1項、第3項及び第4項に規定する装置を施設することを要しない。

要点　(1) 原則として電圧60V超過で人の容易に触れるおそれのある金属性外箱の機械器具にはNVを設置しなければならない。

(2) 電気用品の型式認証のあるNVを機械器具内に取付けた場合には電路にNVを取付けなくてもよい。

(3) 一次が特高または高圧で二次が300Vをこえる電路では、変電室等の引出口付近にNVを設置しなければならない。

(4) 非常用照明、非常用昇降機等その停止が公共の安全確保に支障を生ずる場合にはNVに代えて漏電リレーによる警報でよい。

解説　使用電圧が60Vをこえる機器を対象としたのは使用電圧が60V以下の場合には特殊な条件下でなければ一応安全とみなせる電圧であり、また小勢力回路および出退表示燈回路に接続する機器を除外するためでもある。「地気を生じたとき自動的に電路を遮断する装置」とはNVや漏電リレーとNFBあるいは電磁開閉器とを組合せた漏電遮断方式を意味しており、過電流遮断方式は感電防止の観点から判断すれば不適当と考えられる。また、条文中の「電路」と

は電気を通ずる回路の全部または一部を意味しているので主回路に施設しても分岐回路に施設してもよいが、一般には第171条の分岐回路の開閉器および過電流遮断器の設置個所に施設するのがよい。

漏電遮断装置等の定格感度電流についてはとくに規定がないが分岐回路においては不必要な動作をさけるため15～50mA程度のものが望ましい。定格感度電流の選定の詳細は地絡保護指針JEAG8101「低圧電路地絡保護指針」を参照されたい。適用場所については以下にのべる地絡遮断装置の施設除外項目に該当しないあらゆる場所、たとえば次のような場所にはNVが必要である。

＊100Vおよび単三の200Vでは魚屋、八百屋、クリーニング店の作業場などの水を取扱う土間。洗場、洗車場、浴室の洗い場またはその付近の水滴の飛散する場所。簡易な地下室のように常時水が漏出しまたは結露するような場所。浴用および水気のある場所に供する電気温水器。雨線外に設けられたクーラなどの水気のある場所。

＊200V（対地電圧150V以上）では上記100Vおよび単三100/200Vで必要な場所の他に浴室またはそば屋、うどん屋などのかま場のように水蒸気が充満する場所、床下、酒・醤油など醸造しまたは貯蔵する場所など湿気の多い場所、屋外や雨線外などの雨露にさらされる場所など「人が容易に触れるおそれのある場所」とは屋内において床面などから1.8m以下、屋外においては地表面などから2m以下の場所をいい、その他階段の中途、窓物干台などから手をのばして容易にとどく範囲をいう。

「その他その停止が公共の安全の確保に支障の生ずるおそれのある機器」とは漏電したことによる弊害よりも電路を遮断する弊害の方が大きい場合、すなわち回路遮断により危険な状態となる電路でNVを設置することが不適当な場合を意味している。「公共の安全」とは広義に解釈でき一般公衆のみならず1人の従業員の安全という意味も包含している。ここで事後の処置との関連において運転保守体制が整っていなければならないことは当然であると考えられる。

電路の対地電圧の制限（省令第15条、第56条、第59条他）

技術基準の解釈

第143条　住宅の屋内電路（電気機械器具内の電路を除く。以下この項において同じ。）の対地電圧は、150V以下であること。ただし、次の各号のいずれかに該当する場合は、この限りでない。

一　定格消費電力が2kW以上の電気機械器具及びこれに電気を供給する屋内配線を次により施設する場合

イ　屋内配線は、当該電気機械器具のみに電気を供給するものであること。

ロ　電気機械器具の使用電圧及びこれに電気を供給する屋内配線の対地電圧は、300V以下であること。

ハ　屋内配線には、簡易接触防護措置を施すこと。

ニ　電気機械器具には、簡易接触防護措置を施すこと。ただし、次のいずれかに該当する場合は、この限りでない。

(イ) 電気機械器具のうち簡易接触防護措置を施さない部分が、絶縁性のある材料で堅ろうに作られたものである場合

(ロ) 電気機械器具を、乾燥した木製の床その他これに類する絶縁性のものの上でのみ取り扱うように施設する場合

ホ　電気機械器具は、屋内配線と直接接続して施設すること。

ヘ　電気機械器具に電気を供給する電路には、専用の開閉器及び過電流遮断器を施設すること。ただし、過電流遮断器が開閉機能を有するものである場合は、過電流遮断器のみとすることができる。

ト　電気機械器具に電気を供給する電路には、電路に地絡が生じたときに自動的に電路を遮断する装置を施設すること。ただし、次に適合する場合は、この限りでない。

(イ) 電気機械器具に電気を供給する電路の電源側に、次に適合する変圧器を施設すること。

(1) 絶縁変圧器であること。

(2) 定格容量は3kVA以下であること。

(3) 1次電圧は低圧であり、かつ、2次電圧は300V以下であること。

(ロ) (イ) の規定により施設する変圧器には、簡易接触防護措置を施すこと。

(ハ) (イ) の規定により施設する変圧器の負荷側の電路は、非接地であること。

二　当該住宅以外の場所に電気を供給するための屋内配線を次により施設する場合

イ　屋内配線の対地電圧は、300V以下であること。

ロ　人が触れるおそれがない隠ぺい場所に合成樹

脂管工事、金属管工事又はケーブル工事により施設すること。

三　太陽電池モジュールに接続する負荷側の屋内配線（複数の太陽電池モジュールを施設する場合にあっては、その集合体に接続する負荷側の配線）を次により施設する場合

イ　屋内配線の対地電圧は、直流450V以下であること。

ロ　電路に地絡が生じたときに自動的に電路を遮断する装置を施設すること。ただし、次に適合する場合は、この限りでない。

(イ) 直流電路が、非接地であること。

(ロ) 直流電路に接続する逆変換装置の交流側に絶縁変圧器を施設すること。

(ハ) 太陽電池モジュールの合計出力が、20kW未満であること。ただし、屋内電路の対地電圧が300Vを超える場合にあっては、太陽電池モジュールの合計出力は10kW以下とし、かつ、直流電路に機械器具（太陽電池モジュール、第46条第1項第二号及び第三号の器具、逆変換装置並びに避雷器を除く。）を施設しないこと。

ハ　屋内配線は、次のいずれかによること。

(イ) 人が触れるおそれのない隠ぺい場所に、合成樹脂管工事、金属管工事又はケーブル工事により施設すること。

(ロ) ケーブル工事により施設し、電線に接触防護措置を施すこと。

四　第132条第3項の規定により、屋内に電線路を施設する場合

2. 住宅以外の場所の屋内に施設する家庭用電気機械器具に電気を供給する屋内電路の対地電圧は、150V以下であること。ただし、家庭用電気機械器具並びにこれに電気を供給する屋内配線及びこれに施設する配線器具を、次の各号のいずれかにより施設する場合は、300V以下とすることができる。

一　前項第一号ロからホまでの規定に準じて施設すること。

二　簡易接触防護措置を施すこと。ただし、取扱者以外の者が立ち入らない場所にあっては、この限りでない。

3　白熱電灯（第183条に規定する特別低電圧照明回路の白熱電灯を除く。）に電気を供給する電路の対地電圧は、150V以下であること。ただし、住宅以外の場所において、次の各号により白熱電灯を施設する場合は、300V以下とすることができる。

一　白熱電灯及びこれに附属する電線には、接触防護措置を施すこと。

二　白熱電灯（機械装置に附属するものを除く。）は、屋内配線と直接接続して施設すること。

三　白熱電灯の電球受口は、キーその他の点滅機構のないものであること。

要点　定格消費電力が2kW以上の機械器具へ電気を供給する回路にNVを使用すれば対地電圧300Vまで認められる。

解説　住宅の空調機器のようにコンプレッサとファンとが別個の場所に施設される場合には電気機器として機能的に一つの機器として解釈してもよいが相互を接続する配線等外部へ導き出されたものは機器内の電路とは解さない。住宅とは一般家庭において日常起居する場所であってアパート、寮の私室を含む。高層アパートのボイラ室、コンプレッサ室等が附帯設備やホテルのロビーに相当するような場所は住宅と考えなくてよい。店舗付住宅などでは店舗に相当する部分は住宅に含まれない。対地電圧300Vまで認めたのは家庭電化が進み冷暖房機器、温水器など容量の大きい電気機器が使われるようになり、とくに電動機応用品は始動電流も大きくフリッカー障害を生ずることがあり、機器の効率、配線の経済性などからである。2kWを限界としたのは2kW未満の機器では単相100Vあるいは単相3線式の200Vで対応できるからである。なおここでは固定機器を対象としており可搬形、移動形は100V以下が原則である。設置するNVの定格感度電流は感電防止の見地から15～50mAのものが適当である。

8. 9. 3　労働安全衛生規則

第5章　電気による危険の防止

（漏電による感電の防止）

第333条　事業者は、電動機を有する機械又は器具（以下「電動機械器具」という）で、対地電圧が150ボルトをこえる移動式若しくは可搬式のもの又は水等導電性の高い液体によって湿潤している場所その他鉄板上、鉄骨上、定盤上等導電性の高い場所において使用する移動式若しくは可搬式のものについては、漏電による感電の危険を防止するため、当該電動機械器具が接続される電路に、当該電路の定格に適合し、感度が良好であり、かつ、確実に作動する感電防止用漏電遮断装置を接続しなければならない。

2. 事業者は、前項に規定する措置を講ずることが困難なと

きは、電動機械器具の金属製外わく、電動機の金属製外被等の金属部分を、次に定めるところにより接地して使用しなければならない。

一　接地極への接続は、次のいずれかの方法によること。

イ　一心を専用の接地線とする移動電線及び一端子を専用の接地端子とする接続器具を用いて接地極に接続する方法。

ロ　移動電線に添えた接地線及び当該電動機械器具の電源コンセントに近接する箇所に設けられた接地端子を用いて接地極に接続する方法。

二　前号イの方法によるときは、接地線と電路に接続する電線との混用及び接地端子と電路に接続する端子との混用を防止するための措置を講ずること。

三　接地極は、十分に地中に埋設する等の方法により、確実に大地と接続すること。

（解釈例規）

湿潤している場所

「水その他導電性の高い液体によって湿潤している場所」とは、常態において、作業床等が水、アルカリ溶液等の導電性の高い液体によってぬれていることにより、漏電の際に感電の危険を生じやすい場所をいい、湧水ずい道内、基礎掘削工事場、製氷作業場、水洗作業場等はおおむねこれに含まること。（昭35. 11. 22基発 990）

移動式のもの

「移動式のもの」とは、移動式空気圧縮機、移動式ベルトコンベヤー、移動式コンクリートミキサー、移動式クラッシャー等、移動させて使用する電動機付きの機械器具をいい、電車、電気自動車等の電気車両は含まないこと。（昭35. 11. 22基発 990）

可搬式のもの

「可搬式のもの」とは、可搬式電気ドリル、可搬式電気グラインダ、可搬式振動機等手に持って使用する電動機械器具をいうこと。（昭35. 11. 22基発 990）

当該電路の定格に適合し

第1項の「当該電路の定格に適合し」とは、電動機械器具が接続される電路の相、線式、電圧、電流および周波数に適合することをいうこと。（昭44. 2. 5基発 59）

感度が良好

第1項の「感度が良好」とは、電圧動作形のものにあっては動作感度電圧がおおむね20ボルトないし30ボルト、電流動作形のもの（電動機器の接地線が切断または不導通の場合電路を遮断する保護機構を有する装置を除く。）にあっては動作感度電流がおおむね30ミリアンペアであり、かつ、動作時限が、電圧動作形にあっては0.2秒以下、電流動作形にあっては0.1秒以下であるものをいうこと。（昭和44. 2. 5基発 59）

確実に作動する感電防止用漏電遮断装置

第1項の「確実に作動する感電防止用漏電遮断装置」とは、JIS C 8370（配線用遮断器）に定める構造の遮断器若しくはJIS C 8325（交流電磁開閉器）に定める構造の開閉器またはこれらとおおむね同等程度の性能を有する遮断装置を有するものであって、水または粉じんの侵入により装置の機能に障害を生じない構造であり、かつ、漏電検出遮断動作の試験装置を有するものをいうものであること。（昭和44. 2. 5基発 59）

感電防止用漏電遮断装置

第1項の「感電防止用漏電遮断装置」とは、電路の対地絶縁が低下した場合に電路をじん速に自動的に遮断して感電による危険を防止するものをいうこと。その動作方式は、電圧動作形と電流動作形に大別され、前者は電動機械器具のケースや電動機のフレームの対地電圧が所定の値に達したときに作動し、後者は漏えい電流が所定の値に達したときに作動するものであること。

なお、この装置を接続した電動機械器具の接地については、特に規定していないが、電気設備の技術基準（旧電気工作物規程）に定めるところにより本条第2項第一号に定める方法または電動機械器具の使用場所において接地極に接続する方法により接地することは当然であること。ただし、この場合の接地抵抗値は、昭和35年11月22日付け基発第990号通達の7の（11）に示すところ（注25オーム以下）によらなくてもさしつかえないこと。（昭44. 2. 5基発 59）

（適用除外）

第334条　前条の規定は、次の各号のいずれかに該当する電動機械器具については、適用しない。

一　非接地方式の電路（当該電動機械器具の電源側の電路に設けた絶縁変圧器の二次電圧が300ボルト以下であり、かつ、当該絶縁変圧器の負荷側の電路が接地されていないものに限る。）に接続して使用する電動機械器具

二　絶縁台の上で使用する電動機械器具

三　電気用品安全法（昭和36年法律第234号）第2条第2項の特定電気用品であって、同法第10条第1項の表示が付された二重絶縁構造の電動機械器具

8. 9. 4　内線規程（2005年版）

1300-1　屋内電路の対地電圧の制限

1. 住宅の屋内電路（電気機械器具内の電路を除く。以下この項において同じ。）の対地電圧は150V以下とすること。ただし、次の各号のいずれかに該当するときは、この限りでない。（解釈162）

〔注〕住宅は、乳児から老人に至るまで安心して生活できるべき場所であり、このような場所では安全性を確保するため、屋内電路の対地電圧を原則150V以下としている。

① 定格消費電力が2kW以上の電気機械器具及びこれのみに電気を供給するための屋内配線を次により施設する場合で、住宅の屋内電路の対地電圧が300V以下の場合。

〔注〕定格消費電力が2kW以上の電気機械器具が家庭においても使われるようになり、特に電動機応用機器では始動電流が大きく一時的な電圧低下を生ずることがあり、また、機器の効率及び配線の経済性からも三相200Vの動力線に接続しなければならないという場合もあることから、定格消費電力2kW以上の固定して施設する電気機械器具について、その対地電圧を300Vまで認めている。なお、定格消費電力2kW未満のものについては、単相3線式による機器の効率及び配線の経済性がそれほど問題となることはなく、単相3線式による対地電圧100V、使用電圧200Vで対応できることなどから、これらの機器については、対地電圧150V以下を原則としている。

ａ．使用電圧は、300V以下であること。

ｂ．電気機械器具及び屋内の配線は、人が容易に触れるおそれがないように施設すること。ただし、電気機械器具であって、人が容易に触れるおそれがある部分が絶縁性の材料で作られているもの又は乾燥した木製の床、畳、リノリウム張りの床、石など絶縁性のあるものの上で取り扱うよう施設されたものにあっては、この限りでない。

〔注〕コンクリート製の床は、絶縁性のある床とはみなさない。

ｃ．電気機械器具は、移動して使用するおそれがないように施設し、かつ、屋内配線と直接接続して使用すること。

ｄ．電気機械器具に電気を供給する電路には、専用の開閉器及び過電流遮断器を施設すること。

ｅ．電気機械器具に電気を供給する電路には、漏電遮断器を施設すること。ただし、当該電路の引込口に近い箇所に絶縁変圧器（一次電圧が低圧及び二次電圧が300V以下であって、定格容量が3kVA以下のものに限る。）を人が容易に触れるおそれがないように施設し、かつ、絶縁変圧器の二次側電路を接地しない場合は、この限りでない。

〔注1〕この場合の漏電遮断器は、原則として定格感度電流30mA以下、動作時間0.1秒以内とする。（以下「高感度高速形漏電遮断器」という。）

〔注2〕漏電遮断器の取付け位置は、原則として配電盤及び分電盤とする。

② 当該住宅以外の場所に電気を供給するための屋内配線を人が触れるおそれがないいんぺい場所に合成樹脂管配線、金属管配線又はケーブル配線により施設する場合で、住宅の屋内電路の対地電圧が300V以下の場合。

③ 太陽電池モジュールに接続する負荷側の屋内配線（複数の太陽電池モジュールを施設した場合にあっては、その集合体に接続する負荷側の配線。）を次により施設する場合で、住宅の屋内電路の対地電圧が直流450V以下の場合。

ａ．電路に地絡が生じたときに自動的に電路を遮断する装置を施設する場合。

ｂ．人が触れるおそれのないいんぺい場所に合成樹脂管配線、金属管配線若しくはケーブル配線により施設する場合又は人が触れるおそれがないようケーブル配線により施設し、電線に適当な防護装置を設けて施設する場合。

2. 住宅以外の場所の屋内に施設する白熱電灯（電気スタンド及び装飾用電灯器具を除く。）又は放電灯（電気スタンドその他これに類するものを除く。）に電気を供給する屋内電路の対地電圧は、150V以下とすること。ただし、次の各号により、白熱電灯又は放電灯を施設する場合は、対地電圧を300V以下とすることができる。（解釈162）

〔注〕白熱電灯回路の対地電圧が150Vを超える場合は、高感度高速形漏電遮断器を取付けることが望ましい。

① 白熱電灯又は放電灯は、人が触れるおそれがないように施設すること。

② 白熱電灯（パイロットランプ、機器と一体となった手元照明など機械装置に付属するものを除く。）又は放電灯用安定器は、屋内配線と直接接続して施設すること。

③ 白熱電灯の電球受口は、キーその他の点滅機構のないものであること。

3. 住宅以外の場所の屋内に施設する家庭用電気機械器具に電気を供給する屋内電路の対地電圧は、150V以下とすること。ただし、家庭用電気機械器具、電線及び配線器具を1項①aからcまでの規定に準じて施設する場合又は取扱者以外の者が容易に触れるおそれがないように施設する場合は、300V以下とすることができる。（解釈162）

〔注〕住宅以外の場所の屋内とは、次に示す場所のように常時人が居住しない所をいう。
(1) 商店、料理飲食店などの店舗部分
(2) 事務所、工場
(3) 旅館、ホテルの客室、廊下など
(4) その他上記に準ずる場所

1350-1　接地工事の種類

接地工事の種類は、A種接地工事、B種接地工事、C種接地工事及びD種接地工事の4種とし、各接地工事における接地抵抗値は、1350-1表の値を保つこと。ただし、次の各号に掲げるものの接地工事は、この条の適用は受けない。（解釈19）

1350-1表　接地工事の種類とその接地抵抗値

接地工事の種類	接　地　抵　抗　値
A種接地工事	10Ω以下
B種接地工事	変圧器の高圧側又は特別高圧側の電路の一線地絡電流のアンペア数で150（変圧器の高圧側の電路又は使用電圧が35,000V以下の特別高圧側の電路と低圧側の電路との混触により低圧電路の対地電圧が150Vを超えた場合に、1秒を超え2秒以内に自動的に高圧電路又は使用電圧が35,000V以下の特別高圧電路を遮断する装置を設けるときは300、1秒以内に自動的に高圧電路又は使用電圧が35,000V以下の特別高圧電路を遮断する装置を設けるときは600）を除した値に等しいΩ数以下。ただし、5Ω未満であることを要しない。
C種接地工事	10Ω（低圧電路において当該電路に電流動作形で定格感度電流100mA以下、動作時間0.5秒以下の漏電遮断器を施設するときは500Ω）以下
D種接地工事	100Ω（低圧電路において当該電路に電流動作形で定格感度電流100mA以下、動作時間0.5秒以下の漏電遮断器を施設するときは500Ω）以下

備考1. B種接地工事の一線地絡電流の計算については、資料1-3-5参照のこと。
備考2. 漏電遮断器の選定、動作感度の選び方など具体的な事例については（社）日本電気協会制定、電気技術指針、JEAG8101「低圧電路地絡保護指針」を参照のこと。
備考3. 漏電遮断器を取付けた場合の接地抵抗値については資料1-3-8参照のこと。

1350-2　機械器具の鉄台、金属製外箱及び鉄わくなどの接地

機械器具の鉄台、金属製外箱及び鉄わくなどは、1350-2表により接地工事を施すこと。ただし、次の各号のいずれかに該当するものは、この限りでない。（解釈29）

1350-2表　機械器具の区分による接地工事の適用

機械器具の区分	接　地　工　事
300V以下の低圧用のもの	D種接地工事
300Vを超える低圧用のもの	C種接地工事
高圧用のもの	A種接地工事

⑧ 水気のある場所以外に施設する低圧用の機械器具に電気を供給する電路に電気用品安全法の適用を受ける高感度高速形漏電遮断器（定格感度電流が15mA以下、動作時間が0.1秒以下の電流動作形のものに限る）を施設する場合。

〔注〕15mA以下の定格感度電流の漏電遮断器を分岐回路の多い又は長い回路に使用すると不要に動作することがあるので、移動形又は可搬形機器に範囲を限定して使用することが望ましい。

1350-13　接地線及び接地極の共用の制限

漏電遮断器で保護されている電路と保護されていない電路に施設される機器などの接地線及び接地極は、共有しないこと。ただし2Ω以下の低抵抗の接地極を使用する場合は、この限りでない。（勧告）

1375-1　漏電遮断器などの取付け

1．人が容易に触れるおそれがある場所に施設する使用電圧が60Vを超える低圧の金属製外箱を有する機械器具に電気を供給する電路（次項及び4項から21項までに規定する電路並びに管灯回路などを除く）には、漏電遮断器を施設すること。ただし、次のいずれかに該当する場合は、この限りではない。（解釈40）

① 概械器具を変電室又は受電室などの電気取扱者以外の者が立入らない場所に施設する場合
② 機械器具を乾燥した場所に施設する場合
③ 対地電圧が150V以下の機械器具を水気のある場所以外の場所に施設する場合
④ 機械器具に施されたC種接地工事又はD種接地工事の接地抵抗値が3Ω以下の場合
⑤ 電気用品安全法の適用を受ける二重絶縁の構造の機械器具（庭園灯、電動工具など）を施設する場合
⑥ 当該電路の電源側に二次電圧が300V以下であって、定格容量が3kVA以下（当該電路に地絡を生じたときに警報する装置を設けた場合を除く。）の絶縁変圧器を施設し、かつ、当該電路を接地しない場合
⑦ 機械器具がゴム、合成樹脂、その他の絶縁物で被覆したもの（コンデンサ、計器用変成器に限る。）である場合
⑧ 機械器具が誘導電動機の二次側電路に接続される抵抗器である場合
⑨ 電気浴器、電気炉、電気ボイラ、又は電解槽など大地から絶縁することが技術上困難なものに接続する場合（1345-1（電路の絶縁）参照）
⑩ 機械器具内に、電気用品安全法の適用を受ける漏電遮断器を取付け、かつ、電源の引込部の電線が損傷するおそれがないように施設する場合

〔注〕漏電遮断器の一般的な施設例と留意事項は、1375-1表のとおりである。

2．特別高圧又は高圧の電路に変圧器によって結合される300Vを超える低圧電路（電気炉、電気ボイラー又は、

電解槽であって、大地から絶縁することが技術上困難なものに電気を供給する専用の電路を除く。）には、地絡を生じたとき自動的に電路を遮断する漏電遮断器を施設すること。（解釈40）

3．非常用照明装置、非常用昇降機、消防用設備等、鉄道用信号装置その他その停止が公共の安全の確保に支障を生ずるおそれのある機械器具に電気を供給する電路には、1項、2項、4項及び5項の規定にかかわらず漏電遮断器に代えて技術員駐在所に警報する漏電警報器にすることができる。（解釈40）

注1.「その他その停止が公共の安全の確保に支障を生ずるおそれのある機械器具」とは、漏電したことによる弊害よりも、電路を遮断する弊害が大きい場合、すなわち回路遮断により危険な状態となる電路で漏電遮断器を設置することが不適当な場合を意味している。

注2.「消防用設備等」とは、消防法第17条で定められている消防の用に供する設備、消防用水及び消火活動上必要な施設をいい、代表的なものとして、自動火災警報設備、屋内消火栓設備、誘導燈などがある。

4．住宅屋内に施設する対地電圧150Vを超え300V以下の低圧電路（機械器具内の電路を除く）には、漏電遮断器を施設すること。

ただし、当該電路の電源側に絶縁変圧器（1次電圧及び2次電圧が300V以下で定格容量が3kVA以下のものに限る。）を人が容易に触れるおそれがないように施設し、かつ、当該電路を接地しない場合は、この限りでない。（解釈162）

〔注〕本条文は、住宅屋内に三相3線式200Vの電気機械器具を施設する場合には、原則として漏電遮断器を施設することを示している。

1375-1表　漏電遮断器の一般的な施設例

機械器具の施設場所 ＼ 電路の対地電圧	屋内		屋側		屋外	水気のある場所
	乾燥した場所	湿気の多い場所	雨線内	雨線外		
150V以下	—	—	—	□	□	○
150Vを超え300V以下	—	○	—	○	○	○

〔備考1〕1375-1表に示した記号の意味は、次のとおりである。
○：漏電遮断器を施設すること。
□：道路に面した場所に、ルームエアコンディショナ、ショーケース、アイスボックス、自動販売機など電動機を部品とする機械器具を施設する場合には、漏電遮断器を施設すること。

〔備考2〕1375-1表中、人が、当該機械器具を施設した場所より電気的な条件が悪い場所から触れるおそれがある場合には、電気的条件の悪い場所に設置されたものとして扱うこと。
この場合の具体例を示すと次のような場合である。
〔例〕「機械器具」が乾燥した場所に施設された場合であっても、人が水気のある場所から当該機械器具に触れるおそれがある場合には、水気のある場所として扱うこと。

〔備考3〕住宅の電路には、1375-1表に係らず漏電遮断器を施設することを原則とする（4項及び5項参照）。また、個別施設などに対する漏電遮断器の施設については2項及び6項以降によること。

5．住宅に施設する低圧の電気機械器具に電気を供給する電路（前項に規定する電路及び機械器具内の電路を除く。）には漏電遮断器を施設すること。ただし、次のいずれかに該当する場合は、この限りでない。
① 1項⑤、⑥又は⑩に該当する場合。
② 対地電圧150V以下の消防用設備等を乾燥した場所に施設する場合。

6．人が容易に触れるおそれのある場所に施設するライティングダクトに電気を供給する電路には、漏電遮断器を施設すること。（解釈185）

7．平形保護層配線に電気を供給する電路には、漏電遮断器を施設すること。（解釈186）

8．火薬庫内の電気設備に電気を供給する電路には、火薬庫以外の場所において、漏電遮断器又は漏電警報器を施設すること。（解釈195）

9．フロアヒーティング又はロードヒーティングなどの施設に電気を供給する電路には、漏電遮断器を施設すること。（解釈228）

10. 電気温床などに電気を供給する電路には、発熱線を空中又は地中（3540-6（漏電遮断器）ただし書に定める場合に限る。）に施設するものを除き、漏電遮断器を施設すること。（解釈230）

11. パイプライン等の電熱装置の施設に電気を供給する電路には、漏電遮断器を施設すること。（解釈229）

〔注〕詳細については、3515節（パイプライン等の電熱装置の施設）を参照のこと。

12. プール用水中照明灯その他これに準ずる施設に絶縁変圧器により電気を供給する場合であって、かつ、絶縁変圧器の二次側電路の使用電圧が30Vを超えるものについては、二次側電路に漏電遮断器を施設すること。（解釈234）

13. コンクリートに直接埋設して施設するケーブルの臨時配線には、電源側に漏電遮断器を施設すること。（解釈242）

14. 対地電圧が150Vを超える移動形若しくは可搬形の電動機器又は水などの導電性の液体によって湿潤している場所、その他鉄板上、鉄骨上、定盤上など導電性の高い場所において使用する移動形若しくは可搬形の電動機器に電気を供給する電路には、高感度高速形の漏電遮断器を施設すること。

〔注〕この規定は労働安全衛生規則に関連するものである。

15. 浴室に施設するコンセントに電気を供給する電路には、漏電遮断器を施設すること。

〔注〕詳細については3202-2（コンセントの施設）1項⑦を参照のこと。

16. メタルラス張り、ワイヤラス張り又は金属板張りの造営材に施設する電気看板に電気を供給する電路には、漏電遮断器を施設すること。

〔注〕詳細については3210節（屋外灯）を参照のこと。

17. アーケード照明施設に電気を供給する電路には、漏電遮断器を施設すること。

〔注〕詳細については3235節（アーケード照明施設）を参照のこと。

18. 架空電飾の施設に電気を供給する電路には、漏電遮断器を施設すること。

〔注〕詳細については3245節（架空電飾）を参照のこと。

19. 深夜電力機器に電気を供給する電路で、次の各号のいずれかに該当する場合は、漏電遮断器を施設すること。ただし、当該機器に漏電遮断器を内蔵するものにあっては、この限りでない。

① 貯蔵式電気温水器を浴用又は水気のある場所で使用する場合

② 深夜電力機器を水気のある場所に施設する場合

③ 対地電圧150V超過で使用する深夜電力機器を施設する場合

〔注1〕詳細については3545節（深夜電力機器の施設）を参照のこと。
〔注2〕住宅に施設する場合には5項を参照のこと。

20. 建設工事用などの施設に電気を供給する電路には、漏電遮断器を施設すること。

21. 次の各号に掲げる設備に電気を供給する電路には、漏電遮断器を施設すること。

① プール、公衆浴場、噴水、池、水田等これらに類するものに使用する循環濾過ポンプ、給排水ポンプ等用の電動機設備

〔注〕公衆浴場には、温湯、潮湯又は温泉その他を使用して公衆を入浴させる施設のほかホテル、旅館の大浴場などを含むものとする。

② プールサイドに施設する照明設備。ただし、照明設備が絶縁性のポール上にある場合など金属部分に人が触れるおそれのない場合又は外箱が絶縁性のものである場合は、この限りでない。

③ 雨線外又は屋外に施設する電動機（制御用のものを除く。）を有する機械器具
ただし、1項①又は④から⑩まで（⑧を除く。）の規定のいずれかに該当する場合は、この限りでない

④ 屋側又は屋外に施設するコンセント設備

22. 臨時架空電飾の施設に電気を供給する電路には、漏電遮断器を施設すること。

23. その他電路への施設
1項から22項に規定するもの以外であって、次に掲げる電路には、漏電遮断器を施設すること。（推奨）

① 湿気の多い場所に施設する電気使用機械器具に至る電路

〔注〕詳細については、3435節（湿気の多い場所又は水気のある場所）を参照のこと。

② 屋外に施設する電気機械器具であって、人が容易に触れる電気機械器具に至る電路

③ 1300-1（屋内電路の対地電圧の制限）2項で規定する電路であって、当該電路の対地電圧が150Vを超えるもの

④ メタルラス張り又はワイヤラス張りのモルタル壁を有する防火構造の木造造営物に施設する電路

⑤ 金属板張り壁を有する防火構造の木造造営物に施設する電路

1375-2　漏電遮断器などの選定

1．1375-1（漏電遮断器などの取付け）の規定により低圧電路に施設する漏電遮断器などは、電流動作形とし、かつ、次の各号に適合するものであること。

① 漏電遮断器の種類は、電気用品安全法の適用を受けるものを除き、1375-2表に示すいずれかのものであること。

② 漏電遮断器の定格電流容量は、当該電路の負荷電流以上の電流値を有するものであること。

③ 漏電遮断器の操作用とって又はボタンは、引きはずし自由機構であること。

〔注〕漏電警報器の音声警報装置は、原則として、ベル式又はブザー式のものであること。

1375-2表　漏電遮断器の種類（その1）

区　分		定格感度電流（mA）	動作時間
高感度形	高速形	5，6，10，15，30	定格感度電流で0.1秒以内
	時延形		定格感度電流で0.1秒を超え2秒以内
	反限時形		定格感度電流で0.3秒以内 定格感度電流の2倍の電流で0.15秒以内 定格感度電流の5倍の電流で0.04秒以内
中感度形	高速形	50，100，200，300，500，1,000	定格感度電流で0.1秒以内
	時延形		定格感度電流で0.1秒を超え2秒以内
低感度形	高速形	3,000，5,000，10,000，20,000	定格感度電流で0.1秒以内
	時延形		定格感度電流で0.1秒を超え2秒以内

〔備考〕漏電遮断器の最小動作電流は、一般的に定格感度電流の50%以上の値となっているので、選定には注意すること。

1375-2表　漏電遮断器の種類（その2）

（JIS C 8201-2-2の附属書2、JIS C 8221の附属書2、JIS C 8222の附属書2）

感度電流による区分		定格感度電流（mA）
高感度形		5，6，10，15，30
中感度形		50，100，200，300，500，1,000
低感度形		3,000，5,000，10,000，20,000，30,000
動作時間による区分		動作時間
非時延形	高速形	定格感度電流で0.1秒以内
	反限時形	定格感度電流で0.3秒以内 定格感度電流の2倍の電流で0.15秒以内 定格感度電流の5倍の電流で0.04秒以内
時延形	反限時形*	定格感度電流で0.5秒以内 定格感度電流の2倍の電流で0.2秒以内 定格感度電流の5倍の電流で0.15秒以内
	定限時形	定格感度電流で0.1秒を超え2秒以内

〔備考1〕JIS C 8201-2-2の附属書2、JIS C 8221の附属書2、JIS C 8222の附属書2では感度電流による区分と動作時間による区分との組み合わせによる。

〔備考2〕漏電遮断器の最小動作電流は、一般的に定格感度電流の50%以上の値となっているので、選定には注意すること。

〔備考3〕＊印のものは、定格感度電流の2倍における慣性不動作時間が0.06秒の場合を示す。その他のものは、製造業者の指定による。

2．漏電遮断器の定格感度電流及び動作時間の選定は、次の各号によること。

① 感電事故防止を目的として施設する漏電遮断器は、高感度高速形のものであること。ただし、感電事故防止対象機械器具の外箱などに施す接地工事の接地抵抗値が、1375-3表に掲げる値以下の場合であって、かつ、漏電遮断器の動作時間が0.1秒以内（高速形）の場合は、中感度形のものとすることができる。

〔注1〕接地抵抗値の算出根拠の詳細については、資料1-3-8（漏電遮断装置を取付けた場合の接地抵抗値）又は（社）日本電気協会制定のJEAG8101「低圧電路地絡保護指針」参照のこと。

〔注2〕高感度高速形の漏電遮断器を使用する場合は、電動機の始動電流などによって不必要に電路が遮断されることがあるので、メーカカタログなどにより保証された範囲で選定するが、一般的には、定格感度電流が30mAの漏電遮断器は、過電流遮断器の定格電流が100A以下の電灯負荷回路又は過電流遮断器の定格電流が50A以下の電動機負荷回路に使用するのがよい。

② 前①に規定する以外の保護目的により施設する漏電遮断器は、当該保護目的に適合するものを選定すること。

〔注〕漏電遮断器などの保護目的としては、感電事故防止以外に、火災防止及びアークによる機械器具の損傷防止などがある。

1375-3表　保護接地抵抗値

漏電遮断器の動作感度整定電流（mA）	接地抵抗値（Ω）	
	水気のある場所など電気的危険度の高い場所	その他の場所
30	500	500
50	500	500
75	333	500
100	250	500
150	166	333
200	125	250
300	83	166
500	50	100
1,000	25	50

3．〔住宅用分電盤等の主開閉器としての施設〕

定格電流が30A以下の漏電遮断器を住宅用の分電盤等の主開閉器部分に施設する場合は、次のいずれかに適合する互換性形漏電遮断器を使用すること。

（勧告）

① JIS C 8371（漏電遮断器）

② JIS C 8221（住宅及び類似設備用漏電遮断器－過電流保護装置なし（RCCBs））

③ JIS C 8222（住宅及び類似設備用漏電遮断器－過電流保護装置付き（RCBOs））

〔注1〕互換性形漏電遮断器は、漏電遮断器本体にその旨が表示してある。

〔注2〕互換性形漏電遮断器は、住宅、商店、事務所などの一般的設備において使用する漏電遮断器について、取付け、取替えなど総合的な便利を図るために標準寸法が規定されているものである。なお、寸法の詳細については、資料1-3-9を参照のこと。

4．〔漏電遮断器の選定〕

漏電遮断器は、次のいずれかに適合するものであること。

（勧告）

① JIS C 8371（漏電遮断器）

② JIS C 8201-2-2（低圧開閉器装置及び制御装置：漏電遮断器）の附属書2

③ JIS C 8221（住宅及び類似設備用漏電遮断器－過電流保護装置なし（RCCBs））の附属書2

④ JIS C 8222（住宅及び類似設備用漏電遮断器－過電流保護装置付き（RCBOs））の附属書2

〔注1〕JIS適合品は、漏電遮断器本体にJIS番号と附属書2によるものであることの表示、若しくはJISマーク（又はJIS C 8371）の表示により確認することができる。

表示例：JIS C 8201-2-2 附属書2（Annex2, Ann2など）
JIS C 8221 附属書2（Annex2, Ann2など）
JIS C 8222 附属書2（Annex2, Ann2など）
JIS C 8371
㋮

〔注2〕漏電遮断器の種類、定格及び表示については、資料1-3-10、漏電遮断器のJISについては資料1-3-19を参照のこと。

5．単相3線式電路に施設する漏電遮断器（3605-2（分岐回路の種類）3項の規定により、単相3線式分岐回路の分岐過電流遮断器として施設するものを除く。）は、中性線欠相保護機能付きのものとすること。ただし、当該遮断器の負荷側電路に中性線欠相保護機能を有する遮断器（配線用遮断器又は漏電遮断器）が施設されている場合にあっては、この限りでない。

〔注〕中性線欠相により発生する異常電圧から単相3線式電路に接続される電気使用機械器具の被害を防止するため、当該電路は中性線欠相保護を行う必要がある。中性線欠相保護機能を有する遮断器（配線用遮断器又は漏電遮断器）の施設例を1360-1図に示す。

6．〔漏電遮断器と引込開閉器との兼用〕

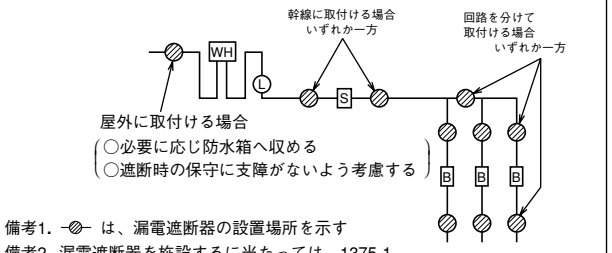
漏電遮断器を引込開閉器と兼用させる場合は、過電流

保護機能付とすること。(推奨)

1375-3　漏電遮断器などの設置場所

2．漏電遮断器などの設置場所は、当該機械器具に内蔵される場合を除き、分電盤の電源側又は分電盤内に施設すること。ただし、当該電路が保護できる場合に限り、1375-1図によることができる。

1375-1図　漏電遮断器の設置場所(例示)



備考1. -◎- は、漏電遮断器の設置場所を示す
備考2. 漏電遮断器を施設するに当たっては、1375-1(漏電遮断器などの取付け)3項に注意して設置場所を決定するのがよい。
備考3. 住宅に施設する漏電遮断器は住宅用分電盤内に施設することが望ましい。

1375-4　漏電遮断器などの施設方法

2．漏電遮断器などは、次の各号により施設すること。

① 漏電遮断器などの零相変流器部を屋外の電路に設けるときは、施設場所に応じ、雨水などの浸入を防止する構造の変流器を使用するか、又は防水箱などの中に収めて施設すること。

〔注1〕1100-1(用語)㉟(防湿形)、㊱(防雨形)、㊲(防まつ形)、㊳(防浸形)により選定する必要がある。

② 電路に施設する変流器には、接地線を貫通させないこと。

③ 変流器には、電気方式の異なる2回路以上の配線を一括して貫通させないこと。

④ 遮断装置又は警報装置に操作電源を必要とする場合は、専用の回路とし、かつ、これに設ける開閉器(15Aのヒューズを装置したもの又は20A以下の配線用遮断器を使用するもの)は、「漏電遮断器用」「漏電警報器用」と赤色などで表示すること。

1375-5　漏電遮断器などの停電警報装置

漏電遮断器などが、電路を自動的に遮断した場合に使用設備に与える影響が大きいものについては、電路を遮断したとき、当該施設の監視所などに停電を警報する装置を施設すること。

〔注〕このような設備としては、養魚場の給水、エアポンプ、温床施設などの生物の育成栽培用のものなどがある。

1375-6　接地線

1．接地線は、漏電遮断器が動作した場合に接地専用線又は接地線が遮断されることがないように施設すること。

2．〔接地線に使用する電線〕
接地線は、IV電線又はこれと同等以上の絶縁効力のある電線を使用すること。(勧告)

3202-2　コンセントの施設

⑦ 浴室内には、コンセントを施設しないこと。ただし、洋風の浴室内において次の各号により施設する場合は、この限りでない。

a．高感度高速形漏電遮断器(定格感度電流15mA以下)又は絶縁変圧器(定格容量3kVA以下)で保護された回路に接続すること。

b．浴室には、換気扇又は換気口を設けてあること。

c．コンセントの取付位置は、床上80cm以上とし、かつ、浴槽からできるだけ離隔すること。

〔注〕ここにいう洋風浴室とは、給湯、給水設備が完備し、換気、給湯能力が十分あり、洗い場を設けず浴槽内でのみ体を洗う設備であるものをいい、湿気の多い場所とは扱わない。

3205-8　工場内などにおける対地電圧150Vを超える白熱電灯の施設

1．工場内などにおいて、対地電圧が150Vを超え300V以下の電路に白熱電灯を施設する場合は、次の各号により行うこと。

① 白熱電灯は、人が触れるおそれがないように施設すること。

② 白熱電灯は、屋内配線と直接接続して施設すること。

③ 白熱電灯の受口は、キー、その他の点滅機構のないものを使用すること。

2.〔高感度高速形漏電遮断器の施設〕
前項に規定する白熱電灯回路には、原則として高感度高速形漏電遮断器を取付けること。(勧告)

3210節　屋外灯

3210-7　漏電遮断器

メタルラス張り、ワイヤラス張り又は、金属板張りの造営材に施設する電気看板に電気を供給する電路には、漏電遮断器を施設すること。

3235節　アーケード照明施設

3235-8　漏電遮断器

アーケード照明施設に電気を供給する電路には、漏電遮断器を施設すること。

3245節　架空電飾

3245-4　漏電遮断器

架空電飾に電気を供給する電路には、漏電遮断器を施設すること。(解釈162)

3302節　低圧電動機・各装置類への電路に施設する機器類

3302-8　漏電遮断器の施設

1．電動機、加熱装置、電力装置などの配線で、1375節（漏電遮断器など）の規定に該当する場合は、漏電遮断器を施設すること。（解釈40）

2．住宅に施設する三相200Vのルームエアコンディショナなどの配線には、漏電遮断器を施設すること。（解釈162）

3430-1　火薬庫に施設する電気設備

2．火薬庫内の電気設備に電気を供給する電路には、火薬庫以外の場所において取扱者以外の者が容易に操作できないように専用の開閉器及び過電流遮断器を各極（過電流遮断器にあっては、多線式電路の中性極を除く。）に施設し、かつ、電路に地絡を生じたときに自動的に電路を遮断し、又は警報する装置を設けること。（解釈195）

3435節　湿気の多い場所又は水気のある場所

3435-6　漏電遮断器

湿気の多い場所又は水気のある場所に施設する機械器具に電気を供給する電路には、1375節（漏電遮断器など）の定めるところにより漏電遮断器を施設すること。（解釈40）

3540節　電気温床などの施設

3540-6　漏電遮断器

発熱線に電気を供給する電路のうち、発熱線を3540-3（発熱線の施設）3項及び4項により施設する場合は、当該電路に漏電遮断器を施設すること。ただし3540-3（発熱線の施設）4項により施設する対地電圧が150V以下の発熱線を地中に施設する場合であって、発熱線を施設する場所に取扱者以外の者が立ち入らないように周囲に適当なさくを設けるときは、この限りではない。（解釈230）

〔注1〕発熱線に電気を供給する電路には、発熱線を3540-3（発熱線の施設）3項及び4項以外により施設する場合においても、漏電遮断器を施設するのがよい。

〔注2〕家畜小屋の暖房、魚の養殖用などの発熱線に電気を供給する電路に漏電遮断器を施設した場合、電路の自動遮断により損害が発生するおそれのあるものには、電路を自動遮断したことを警報する装置を施設する必要がある。

3542節　フロアヒーティングなどの施設

3542-8　漏電遮断器

フロアヒーティングなどに用いる発熱線又は発熱ボード、電熱シート若しくは表皮電流加熱装置に電気を供給する電路には、漏電遮断器を施設すること。（解釈228）

3515節　パイプライン等の電熱装置の施設

3515-9　漏電遮断器

パイプライン等の電熱装置に電気を供給する電路には、漏電遮断器を施設すること。（解釈229）

3545節　深夜電力機器の施設

3545-5　保安工事

2．深夜電力機器に供給する電路で、次の各号のいずれかに該当する場合は、高感度高速形の漏電遮断器を施設すること。ただし、当該機器に高感度高速形の漏電遮断器を内蔵するものにあっては、この限りではない。

① 貯蔵式電気温水器を浴用又は水気のある場所で使用する場合

② 深夜電力機器を水気のある場所に施設する場合

③ 対地電圧150V超過で使用する深夜電力機器を施設する場合

3550節　水中照明灯などの施設

3550-7　漏電遮断器

3550-2（電源装置）に規定する絶縁変圧器の二次側電路の使用電圧が30Vを超える場合は、その電路に地絡を生じたときに自動的に電路を遮断する漏電遮断器を施設すること。（解釈234）

3590節　臨時施設

3590-5　漏電遮断器

建設現場等のがいし引き配線による臨時施設に電気を供給する電路には、漏電遮断器を施設すること。

3590-8　漏電遮断器

当該配線に電気を供給する電路には、漏電遮断器を施設すること。（ケーブル配線による臨時施設）

3591節　臨時架空電飾の施設

3591-4　漏電遮断器の施設

臨時架空電飾に電気を供給する電路には、漏電遮断器を施設すること。

8. 9. 5　感電防止用漏電遮断装置の接続及び使用の安全基準に関する技術上の指針

（昭和49年7月4日付官報）

1. 定期の検査及び測定

1－1　定期の検査

(1) 遮断装置については、定期に、次に掲げる事項について検査を行い、その結果を記録すること。

イ. 遮断装置の定格が、接続している電動機械器具の定格に適合していること。

ロ. 端子の電路への接続が確実になされていること。

ハ. 電動機械器具の金属性外わく、金属性外被等の金属部分に接地がなされていること。

ニ. 通電中の遮断装置が異常な音を発していないこと。

ホ. ケースの一部が破損し、又は開閉不能になっていないこと。

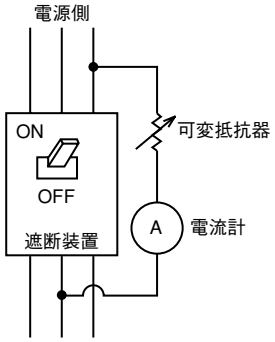
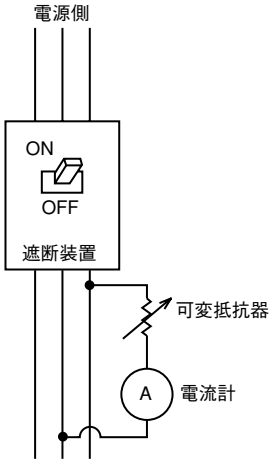
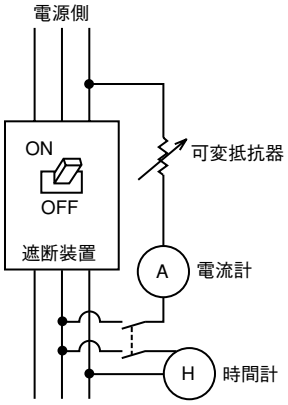
(2) 前 (1) の検査は、電気取扱者等に行わせること。

(3) 前 (1) の検査の実施時期は、遮断装置の使用ひん度、設置場所その他使用条件を考慮して決定すること。

1－2　定期の測定

(1) 遮断装置については、定期に、次の表の左欄に掲げる事項について、それぞれ同表の右欄に掲げる方法により測定を行うこと。

(2) 測定を行う者及び測定の実施時期については、1－1 (2) 及び (3) と同様とすること。

事　項	方　法
定格感度電流	遮断装置用テスターを用い、又は次の図に示す方法により測定すること。  備考　測定に当たっては、可変抵抗器の抵抗を徐々に減少させて、遮断装置が作動したときの電流値を測定すること。
作動時間	遮断装置用テスターを用い、又は第1図及び第2図に示す方法により測定すること。 第1図  第2図  備考　測定に当っては、第1図に示す位置で、かつ、電流計の指示値が遮断装置の定格感度電流になるような可変抵抗器を設定した後、第2図に示すとおり接続を行い、スイッチ(SW)を投入して時間計(H)の指示値を測定すること。
絶縁抵抗	500Vの絶縁抵抗計を用い、各外部電線接続端子間及び外部電線接続端子と非充電金属部分(金属ケースを有するものにあってはその接地端子、それ以外のものにあっては遮断装置を取り付ける金属板とする)との間の絶縁抵抗を測定すること。

解説

1－1　定期の検査

(1) 結果を記録することが要求されているが、これは(1)のイ～ホについてであって、1－2定期の測定は記録を要しない。

1－1(3)では、検査の時期は使用条件を考慮して決定すること、と述べられているので、毎月1回であっても毎年1回であっても要するに使用条件を勘案して定めておけばよい。

ただし、定期といっても必ずしも一定間隔を意味しない。最大間隔が定まっておればよいと考えられる。

なお、この検査項目イ～ホは特に問題となるようなむずかしいものではなく、電気保安安全管理者の通常の行為の範囲内にあると考えられる。

1－2　定期の測定

ここではNVの感度、動作時間、絶縁抵抗の定期の測定が規定されている。

これは記録をとることは要しないが、実際にこれを完全に実施しようとすれば、測定器具が必要であり、NVを数個しか使用しない事業所では、測定器具を備えることは、測定器具の維持管理が困難と思われまた、NVを数千台も使用する大きな事業所では、その手数は電気取扱者の妥当な人員の限度を超過するものと考えられる。

したがって、この規定はその精神が活かされればよいと考えられる。

すなわち、本指針はNVを設置するときの注意ならびに留意事項であり、規制しているものではないが、本指針を十分参考にしてNVを取扱うことが望ましい。

一般の機械器具についていえることと同様に電気器具は正しい取扱いによってのみ、その正常な機能、動作が期待されるものである。NVは、精緻な構造をもつ保安器具であり、普及後の実績も比較的少ない新しいメーカーも多いので、とくに官としてこの点を強調され、その上正しい取扱いの条件も明らかでないと考えたので、このような定期の測定の項目が規定されたものと考えられる。

しかし、一般の商習慣からも明らかなように、この定期の測定によってメーカーの責任に帰すべき製品の欠陥から生じた事故の責任を設置者の保守管理の責任に転嫁するものでないことはいうまでもない。

したがって、このような定期の測定を遂行するか否かは設置者の意志によるが、このような定期の測定を課することによって起り得るべき事故が未然に防止できるのではないかという官の親心があったものと考えられる。

しかしながら、信用を重んずるメーカーの製品はこのような定期の測定によらなければ品質の維持ができないというものではなく技術的に見ても三菱NVの感度電流および動作時間は長期間に亘って十分に製品規格の規定を満足するものであることは当然である。

テストボタン動作確認は本指針によるとその日の使用を開始しようとする場合とあるが、一般には次の場合で十分である。

(1) はじめての使用開始
(2) 転用の場合（レイアウト変更等で結線をやり直した場合）
(3) じんあい、油、煙等が付着した場合
(4) 振動、衝撃を与えたとき（通路等にあって運搬中の物が当ったり落下した場合）
(5) 長期間（1～2週間以上）使用せず使用再開の場合
(6) その他の場合は使用条件の悪い場合（とくに温度、湿度、腐食ガスの多い場合）は月に1～2回、使用条件のよい場合は年に1～2回

1－3　絶縁抵抗の測定

絶縁抵抗は電路絶縁の原則（電路は大地から絶縁されていなければならない）に則って定められたものと考えられる。したがって、電路の対地絶縁抵抗の測定のために支障がないように器具についても対地絶縁抵抗が定められている。

この指針では対地間のみでなく極間（異極間）についても測定することが述べられているが、モータやトランスでは当然極間の絶縁抵抗は存在しないし、UVT付NFBや各種リレー等も極間絶縁抵抗は存在しない。

したがって電路の絶縁抵抗の測定も極間はこれらの機械器具の端子から電線をはずさなければできない。実際問題として、このような事情から電路の線間絶縁抵抗の測定は困難なことが多く、また、電線については対地絶縁抵抗が十分ならば線間絶縁も十分であることが推定されるので、内線規程135－2注4においても「電線相互間の絶縁抵抗試験は省畔することができる」となっている。

漏電遮断器についても対地間の絶縁抵抗さえ測定できれば、特に問題はないわけで、器具そのものの極間絶縁はメーカーが保証すべき性質のものである。

8. 9. 6　機械制御盤の規格

JIS B 9960-1:2008

機械類の安全性－機械の電気装置－第1部：一般要求事項

5. 3　入力電源断路器

5. 3. 1　一般事項

入力電源断路器は、次の電源に対して設置しなければならない。

－ 機械への各入力電源。

注記1　入力電源は、機械に直接接続することもあり、給電システムを介して接続することもある。給電システムには、導体ワイヤ、導体バー、スリップリング機構、可とうケーブルシステム（リール巻き、懸架式）、誘導式電源供給システムなどがある。

－ 機械に搭載している各電源。

入力電源断路器は、機械の電気装置を、必要なとき（例えば、電気装置又は機械に介入して作業をするとき）に電源から断路（切り離し）できなければならない。

5. 3. 2　種類

入力電源断路器には、次のいずれかの種類を用いなければならない。

a）JIS C 8201-3又はIEC 60947-3に適合する、使用負荷種別AC-23B又はDC-23Bの、ヒューズ付き又はヒューズなし断路用開閉器。

注記　JIS C 8201-3:2001は、IEC 60947-3:1990に対応している（MOD）。IEC 60204-1:2005が引用するIEC 60947-3:1999と同じではない。次のb）についても同様。

b）JIS C 8201-3又はIEC 60947-3に適合する、ヒューズ付き又はヒューズなし断路器であって、常に断路器の主接点が開く前に別の開閉機器によって負荷回路を遮断させるための補助接点をもつもの。

c）回路遮断器であって、JIS C 8201-2-1又はJIS C 8201-2-2に適合し、断路に適するもの。

d）その他の開閉機器であって、その製品の日本工業規格又はIEC規格に適合し、JIS C 8201-1の断路の要求事項を満たし、かつ、電動機又は他の誘導負荷を負荷状態で開閉する用途に適することが、その製品規格の使用負荷種別で規定されているもの。

e）給電用可とうケーブルに用いるプラグ・ソケット対。

5. 3. 3　要求事項

入力電源断路器は、5. 3. 2 のa）～d）に規定する種類のいずれかである場合は、次の要求事項をすべて満足しなければならない。

－ 電源から電気装置を断路でき、一つのオフ（断路）位置と一つのオン（閉路）位置をもち、各位置を、記号“○”及び“｜”で明示する［記号は、IEC 60417-5008（DB:2002-10）及びIEC 60417-5007（DB:2002-10）による。10. 2. 2 参照。］。

－ 接点間ギャップを目視できる。又は、全接点が実際に開いて断路機能の要求事項が達成されるまでオフ（断路）を表示できない位置表示器をもつ。

－ 断路機器のエンクロージャ外面部に操作手段（例えば、ハンドル）をもつ（例外 電動式の開閉器であって、これをオフするための他の操作手段を開閉器とは別に備える場合は、開閉器エンクロージャの外面部で直接操作できなくてもよい。）。外面部の操作手段が非常操作を目的とするものでない場合、ハンドルの色は、黒又は灰色とすることを推奨する（10. 7. 4 及び10. 8. 4 参照。）。

－ オフ（断路）位置にロックできる手段（例えば、南京錠）を備えている。オフにロックされているときは、手元操作及び遠隔操作による閉路を防止できる。

－ 電源回路のすべての充電導体を断路できる。ただし、電源がTN-S接地系統[4)]で供給される場合は、中性線を断路してもしなくてもよい。いかなる接地系統においても、PE導体、PEN導体を断路してはならない。

注[4)]　TN-S接地系統は、TN接地系統においてPE導体とN導体（中性線）が分離されるものである。我が国の商用電源にはTN-S接地系統は用いられない。

－ 機械の電気装置の中で最大の負荷容量をもつ電動機の拘束電流とその他のすべての電動機及び／又は負荷の通常の作動電流との総和の電流を遮断できる遮断容量をもつ。なお、単純合計による遮断容量は、実績に基づく係数によって減じてもよい。

5. 3. 4　操作手段

入力電源断路器の操作手段（例えば、ハンドル）は、作業面から0.6m以上1.9m以下の、容易に手が届く位置に設けなければならない。上限は1.7mを推奨する。

注記　操作の方向については、JIS B 9706-3に規定されている。

7. 2　過電流保護

7. 2. 1　一般事項

機械（電気装置）内の回路電流が、構成品の定格値又は導体の許容電流容量のいずれか小さい方を超える可能性がある場合には、過電流保護を備えなければならない。選定すべき定格値又は設定値に関しては、7. 2. 10に規定する。

7. 2. 2　電源導体

注記　7. 2. 2で規定する電源導体とは、電気装置の入力端子外の、一般には電気装置の構成に含まれない（電気装置使用者が用意する）電源線をいう。

電気装置の供給者は、使用者の指定がない限り、電気装置への電源導体のための過電流保護機器を備える必要はない（附属書B参照）。

電気装置の供給者は、電源導体のための過電流保護機器の選定に必要なデータを据付接続図に記述しなければならない（7. 2. 10及び17. 4参照）。

7. 2. 3　電力回路

電力回路の各充電導体には、7. 2. 10に従って選定した、過電流を検知してこれを遮断する機器を設けなければならない。

次の導体は、それに関連する充電導体が断路する前に断路してはならない。

－ 交流電源回路の中性線。

－ 直流電源回路の接地側導体。

－ 移動機械の露出導体にボンディングされた直流電源の導体。

中性線の断面積がその相導体の断面積と同等以上である場合には、この中性線には過電流検出器及び遮断器を設けなくてよい。断面積が関連相導体より小さい中性線の過電流保護には、JIS C 60364-5-52の524を適用する。

IT系統では中性線を用いないことが望ましい。中性線を用いる場合は、JIS C 60364-4-43の431. 2. 2に規定する方策を適用しなければならない。

7. 2. 8　過電流保護機器の配置

過電流保護機器は、次のすべての条件を満足しない限り、導体断面積の減少又はその他の変化によって導体電流容量が減少する場所に配置しなければならない。

－ すべての導体の電流容量が、少なくとも負荷の電流容量以上である。

－ 電流容量が減少する導体から過電流保護機器までの導体長が3mを超えない。

－ 短絡する可能性が少ない方法で導体を布設する。例えば、エンクロージャ又はダクトで保護する。

7. 2. 9　過電流保護機器

定格短絡遮断容量は、過電流保護機器の設置点において想定される故障電流以上としなければならない。

過電流保護機器に流れる短絡電流に、電源以外（例えば、電動機、力率改善用コンデンサ）から流れ込む電流が含まれる場合は、これらの電流を考慮しなければならない。

必要な遮断容量をもつ別の過電流保護機器、例えば、電源導体の保護のための過電流保護機器（7. 2. 2参照）が、その電気装置の入力端子から見て電源側に設置されている場合には、電気装置の過電流保護機器の遮断容量は、その外部過電流保護機器の遮断容量より小さくてもよい。この場合、直列になった二つの過電流保護機器の通過エネルギー（I^2t）が、負荷側の過電流保護機器及びそれによって保護される導体を損傷しない範囲内になるように二つの保護機器の特性の協調をとらなければならない（JIS C 8201-2-1の附属書A参照）。

注記　このように過電流保護機器の協調をとることによって、両方の過電流保護機器が正しく作動する。

ヒューズを過電流保護機器として用いる場合には、容易に入手できる種類を選ぶか、又は使用者が予備品として入手できるようにしなければならない。

7. 2. 10　過電流保護機器の定格及び作動電流設定値

ヒューズの定格電流、又はその他の過電流保護機器の作動電流の設定値は、可能な限り小さくしなければならないが、予想される過電流（例えば、電動機の始動時及び変圧器の励磁時）に対して適切な値でなければならない。これらの保護機器を選定する場合には、過電流による損傷（例えば、接点溶着）から開閉機器を保護することを考慮しなければならない。

過電流保護機器の定格電流又は作動電流設定値は、保護する導体の許容電流と最大許容遮断時間tとから決定する。導体の許容電流は、12. 4及びD. 2によって決定できる。最大許容遮断時間tは、D. 3によって決定できる。この場合、保護する回路内の他の電気機器との協調の必要性を考慮に入れる。

10. 7. 4　非常停止に用いる電源断路器の直接操作

次の場合には、電源断路器の直接操作を非常停止機能として用いてもよい。

－ オペレータが断路器に容易にアクセスできる。

－ 5. 3. 2のa）、b）、c）又はd）に規定されている種類の断路器である。

電源断路器を非常停止の目的にも用いるときは、アクチュエータを10. 7. 3 に規定する色にしなければならない。

16. 4　装置のマーキング

装置（例えば、制御装置アセンブリ）には、装置の据え付け後にもはっきり見えるように、消えない方法によって、読めるようにマーキングしなければならない。エンクロージャの各入力電源引込み口の近傍に、次の内容を示す銘板を付けなければならない。

－ 供給者名又は商標。

－ 必要な場合、認証済みの表示。

－ あれば、製造番号。

－ 各電源の定格電圧、相数及び周波数（交流の場合）、全負荷電流。

－ 装置の短絡定格（例えば、短絡遮断容量）。

－ 基本文書番号（IEC 62023参照）。

銘板に記載する全負荷電流は、通常の条件で同時に運転される可能性のあるすべての電動機及びその他の装置の負荷電流以上でなければならない。

機械が用いる電動機制御器が1個だけの場合は、電動機制御器の情報を、よく見えるように取り付けた機械の銘板に記載してもよい。

8. 10　漏えい電流

電路の漏えい電流は種々の要因が含まれているのでその値を知るには実測が望ましいが、現実には実測不可能な場合も多いので計算により漏えい電流の目安をたてて、NVの感度を選定する。

漏えい電流の要因のうち電線路の亘長、電線の種類、太さ等により発生する電線路の漏えい電流、モータの巻線とケース間の漏えい電流、その他負荷機器やサージフィルタなどからの漏えい電流を求めて合計することが必要である。

8. 10. 1　電線路の漏えい電流

(1) 電線路の漏えい電流の計算式

電線路の漏えい電流は電線の種類、太さ、電線路の亘長、および配線方式などによって異なるが次の方法で計算できる。

(a) 三相3線式△結線電路の漏えい電流の計算

漏えい電流をig、各相の漏えい電流をi_{gA}、i_{gB}、i_{gC}とすると

$$\dot{I}_g = \dot{I}_{gA} + \dot{I}_{gB} + \dot{I}_{gC}$$

電源トランスは△結線、対地インピーダンスは各相同じとすると

$\dot{I}_{gC} = 0$となり $\dot{I}_g = \sqrt{3}\,\dot{I}_{gA}$となる。

対地インピーダンスが静電容量Cの場合、対地電圧をE、周波数をfとすると

$$\dot{I}_g = \sqrt{3} \times 2\pi f C E \quad \cdots\cdots (1)$$

対地インピーダンスが抵抗Rの場合

$$\dot{I}_g = \sqrt{3} \cdot \frac{E}{R} \quad \cdots\cdots (2)$$

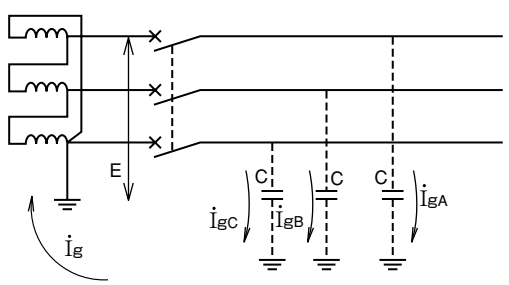


図8. 15　三相3線△結線電路

(b) 三相3線式Y結線および三相4線式Y結線

中性線接地式電路での定常状態を考えると、図8. 11において各相の漏えい電流を$\dot{I}_{gA}$　$\dot{I}_{gB}$　$\dot{I}_{gC}$とすると漏えい電流$\dot{I}_{g1}$は

$$\dot{I}_{g1} = \dot{I}_{gA} + \dot{I}_{gB} + \dot{I}_{gC}$$

となるが対地インピーダンスが同じとすると

$\dot{I}_{g1} = 0$となる。

したがって、電路がいくら長くなっても漏えい電流は零である。

しかし、実際の電路では3線とも同一条件で配線できない(対地インピーダンスが同じでない)し、また、単相負荷をとったり、あるいは投入スイッチの不揃い投入やチャタリングなどがあって漏えい電流が流れる場合がある。

したがって、少なくとも一線あたりの漏えい電流を計算し、感度電流を設定する必要がある。

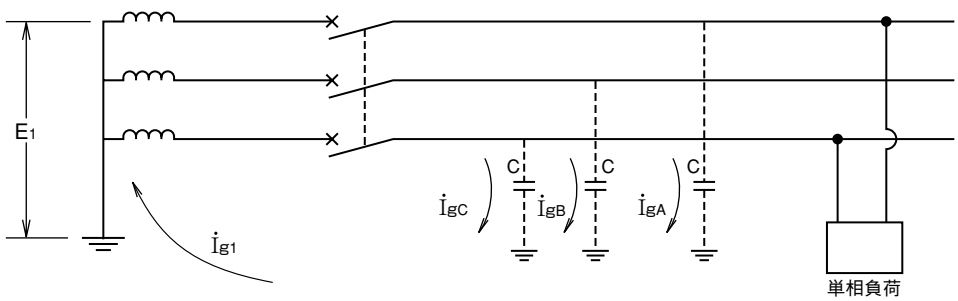


図8. 16　三相3線Y結線電路

一線あたりの漏えい電流は、漏えい電流をi_{g1}、対地電流をE_1、対地静電容量をC、周波数をfとすると

$$I_{g1}=2\pi fCE_1 \cdots\cdots (3)$$ となる

(c) 単相3線式電路の漏えい電流の計算

単相3線式電路での定常状態を考えると、図8. 12において、各相の漏えい電流を$\dot{I}_{gA}$、$\dot{I}_{gB}$とすると

$$\dot{I}_{g2}=\dot{I}_{gA}+\dot{I}_{gB}$$

となるが対地インピーダンスが同じとすると

$$\dot{I}_{g2}=0$$ となる。

したがって、電路がいくら長くなっても漏えい電流は零である。

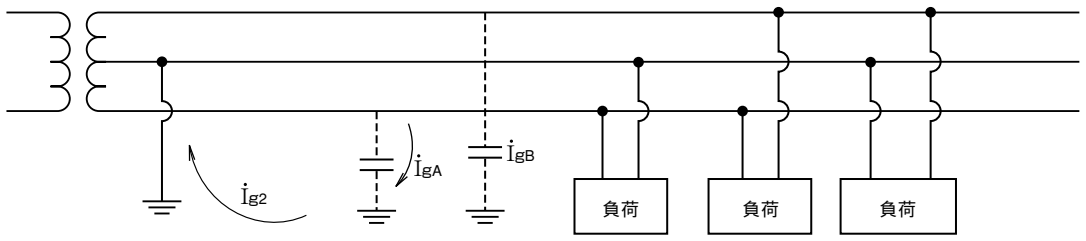


図8. 17　単相3線電路

しかし、実際の電路では、負荷のとり方は図8. 12のようにいろいろあるため、各相の電源の長さは異なるし、また投入スイッチの不揃い投入やチャタリングなどがあって漏えい電流が流れる場合がある。

したがって、少なくとも一線あたりの漏えい電流を計算し、感度電流を計算する必要がある。一線あたりの漏えい電流は(3)式となる。

(d) 単相2線式電路の漏えい電流の計算

単相電路での漏えい電流は電圧線からだけであるので、一線あたりの漏えい電流を計算すればよい。

この場合算式は(3)式と同じになる。

(2) 電線路の漏えい電流計算値

(a) 三相3線式△結線200V電路

①電線路の漏えい電流の項で述べた(1)及び(2)式を用いて計算した電線サイズごとの漏えい電流を表8. 4、および表8. 5に示す。

表8. 4　600Vビニール電線（IV）の場合

IV電線を大地に密着させて配線した場合（金属管配線）の1kmあたりの漏えい電流

電線サイズ mm²	1kmあたりの静電容量C　μF	1kmあたりの絶縁抵抗R　MΩ	Cによる漏れ電流Ic　mA	Rによる漏れ電流IR　mA	1kmあたりの漏れ電流 ig＝ic＋iR　mA
5.5	0.763	40	99.6	0.009	99.6
8	0.763	40	99.6	0.009	99.6
14	0.845	40	110.4	0.009	110.4
22	0.915	30	119.5	0.012	119.5
(30)	1.02	30	133.2	0.012	133.2
38	1.03	30	134.5	0.012	134.5
(50)	1.16	30	151.5	0.012	151.5
60	1.26	20	164.5	0.017	164.5
(80)	1.30	20	169.8	0.017	169.8
100	1.45	20	189.4	0.017	189.4
150	1.60	20	208.9	0.017	208.9
200	1.65	10	215.5	0.035	215.5
250	1.86	10	242.9	0.035	242.9
325	1.94	10	253.4	0.035	253.4
400	2.13	10	278.2	0.035	278.2
500	2.18	10	284.7	0.035	284.7

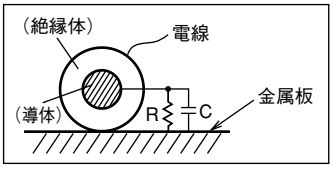
表8. 5　ゴム絶縁電線（RB），3芯600V架橋ポリエチレン絶縁電線（CV）の場合

RB，CV電線を大地に密着させて配線した場合の1kmあたりの漏えい電流

ゴム絶縁電線（RB）				3芯600V架橋ポリエチレン絶縁電線（CV）		
電線サイズ mm²	1kmあたりの静電容量 μF	1kmあたりの絶縁抵抗MΩ	1kmあたりの漏れ電流mA	1kmあたりの静電容量 μF	1kmあたりの絶縁抵抗MΩ	1kmあたりの漏れ電流mA
5.5	0.400	60	52.2	0.251	2500	32.8
8	0.467	60	61.0	0.289	2500	37.7
14	0.573	60	74.8	0.368	2500	48.1
22	0.582	50	76.0	0.380	2500	49.6
(30)	0.654	50	85.4	0.426	2500	55.6
38	0.722	50	94.3	0.486	2000	63.5
(50)	0.722	40	94.3	0.486	2000	63.5
60	0.722	40	94.3	0.486	2000	63.5
(80)	0.812	30	106.0	0.535	2000	69.9
100	0.812	30	106.0	0.535	1500	69.9
150	0.885	30	115.6	0.563	1500	73.5
200	0.885	30	115.6	0.563	1500	73.5
250	0.900	30	117.5	0.573	1500	74.8
325	0.997	30	130.2	0.649	1000	84.8
400	1.03	30	134.5	0.718	1000	93.8
500	1.03	30	134.5	0.718	900	93.8

注（1）静電容量C、絶縁抵抗値Rは右図の値である。
（2）三菱電線工業（株）資料による
（3）漏えい電流は前記（1）（2）式へE＝200V f＝60Hzを代入して計算
（4）50Hzの場合は0.84倍すること。
（5）静電容量Cの理論式　$C=\dfrac{0.02413\varepsilon\gamma}{\log_{10}\dfrac{d_2}{d_1}}$（μF/km）

$\varepsilon\gamma$＝電線の絶縁体の比誘電率
d_1＝導体外径
d_2＝絶縁体外径



(b) 三相3線式Y結線400V電路の場合

表8. 4および表8. 5は三相3線△結線200Vの場合を基本にした計算であるので、これを基準に考えてみると次のとおりとなる。

(1) 式と (3) 式より

$$Ig_1/Ig = 2\pi fCE_1/\sqrt{3} \times 2\pi fCE = E_1/\sqrt{3}\,E$$

ここで $E_1 = \dfrac{400}{\sqrt{3}}$、E = 200を代入すると

$$Ig1/Ig \fallingdotseq 0.7$$

対地インピーダンス、抵抗分Rの場合も同様である。

したがって、三相3線Y結線400V電路の漏えい電流の計算は表8. 4、表8. 5の値の0.7倍すればよい。

(c) 単相3線式200V電路および単相100V電路の場合

(1) 式と (3) 式より

$$Ig_1/Ig = E_1/\sqrt{3}\,E$$

ここでE_1 = 100V、E = 200Vを代入すると

$$Ig_1/Ig \fallingdotseq 0.3$$

したがって、単3、200V電路の漏えい電流の計算は表8. 4、表8. 5の値の0.3倍すればよい。

(3) 配線工事方法と漏えい電流

(a) 対地距離と静電容量の関係

表8. 4、表8. 5を見ると電線からの漏えい電流が非常に多いことがわかる。これを減少させるためには大地から離すとよい。対地距離と静電容量の関係は図8. 13のようになる。

図8. 18によると、たとえば木造建築で天井配線して大地より4m離したとすると静電容量は表8. 4、表8. 5の0.6%程度に減少することがわかる。

つぎに実際の配線工事方法による漏えい電流の値を計算する。

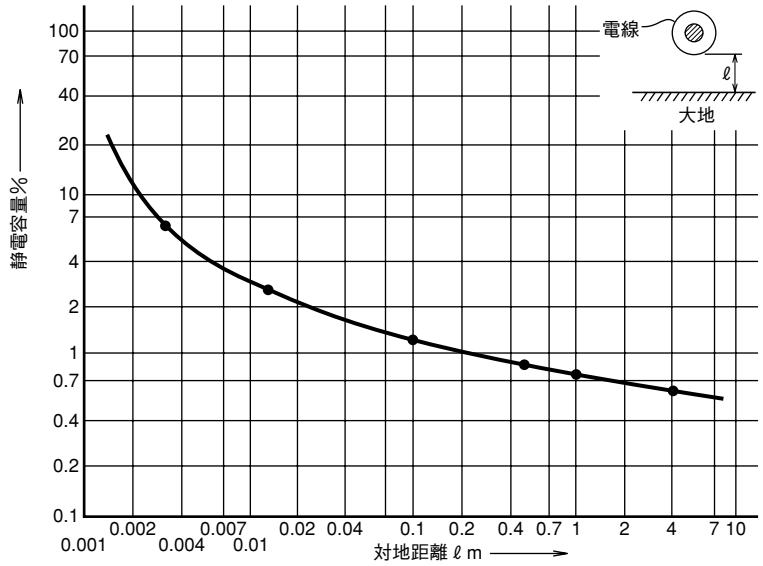


図8. 18　対地距離と静電容量の関係

(b) 電線を大地より4m以上離して配線した場合

木造建築の1階の天井配線、2階以上の配線、電柱を使用した空中配線等、電線を大地、コンクリート建の鉄筋または鉄骨等から4m離した場合、電線の対地静電容量は図8. 18より表8. 4、表8. 5の値の0.6%となるので、漏えい電流は表8. 6のようになる。

表8. 6　電線を大地より4m離して配線した場合の電線路1kmあたりの漏えい電流　　単位mA

電線の種類 / 電線サイズmm²	IV	RB	CV
5.5	0.60	0.31	0.20
8	0.60	0.37	0.23
14	0.66	0.45	0.29
22	0.72	0.46	0.30
(30)	0.80	0.51	0.33
38	0.81	0.57	0.38
(50)	0.91	0.57	0.38
60	0.99	0.57	0.38
(80)	1.02	0.64	0.42
100	1.14	0.64	0.42
150	1.25	0.69	0.44
200	1.29	0.69	0.44
250	1.46	0.71	0.45
325	1.52	0.78	0.51
400	1.67	0.81	0.56
500	1.71	0.81	0.56

(c) 電線を大地より10cm以上離して配線した場合

鉄筋コンクリート建、鉄骨建等で大地または鉄筋、鉄骨から10cm離した場合、電線の対地静電容量は図8. 18より表8. 4、表8. 5の値の1.3%程度となるので漏えい電流は表8. 6のようになる。

表8. 7　電線を大地より10cm離して配線した場合の電線路1kmあたりの漏えい電流　　単位mA

電線の種類 / 電線サイズmm²	IV	RB	CV
5.5	1.29	0.68	0.43
8	1.29	0.79	0.49
14	1.44	0.97	0.63
22	1.55	0.99	0.64
(30)	1.73	1.11	0.72
38	1.75	1.22	0.83
(50)	1.97	1.22	0.83
60	2.14	1.22	0.83
(80)	2.21	1.38	0.91
100	2.46	1.38	0.91
150	2.72	1.50	0.96
200	2.80	1.50	0.96
250	3.16	1.53	0.97
325	3.29	1.69	1.10
400	3.62	1.75	1.22
500	3.62	1.75	1.22

(d) 電線を大地より1.5mm以上離して配線した場合

ビニール管埋込工事等、ビニール管の肉厚分のみ大地、コンクリート建の鉄筋、または鉄骨等から離した場合、電線の対地静電容量は図8. 18より表8. 4、表8. 5の20%程度となるので漏えい電流は表8. 8のようになる。

表8. 8　電線を大地より1.5mm離して配線した場合の電線路1kmあたりの漏えい電流　　単位mA

電線の種類 / 電線サイズmm²	IV	RB	CV
5.5	19.9	10.4	6.6
8	19.9	12.2	7.5
14	22.1	15.0	9.6
22	23.9	15.2	9.9
(30)	26.6	17.1	11.1
38	26.9	18.9	12.7
(50)	30.3	18.9	12.7
60	32.9	18.9	12.7
(80)	34.0	21.2	14.0
100	37.9	21.2	14.0
150	41.8	23.1	14.7
200	43.1	23.1	14.7
250	48.6	23.5	15.0
325	50.7	26.0	17.0
400	55.6	26.9	18.8
500	56.8	26.9	18.8

(e) 電線を大地に密着させて配線した場合

鉄管工事、鉄ダクト工事、配電盤内配線等金属を通して大地と密着させた場合、電線の対地静電容量は表8. 4、表8. 5のとおりである。

(4) 低圧電路の漏えい電流のデータ

(a) 低圧屋内電路の常時漏えい電流分布状況

各電力会社が建物の引込口付近の漏えい電流を測定した結果を図8. 19、図8. 20に示す。

これによると定格感度電流30mAのNVでは動作することもあることがわかる。

・測定日……昭和45年3月～4月

・測定者……各電力会社の営業所(配電課検査担当)

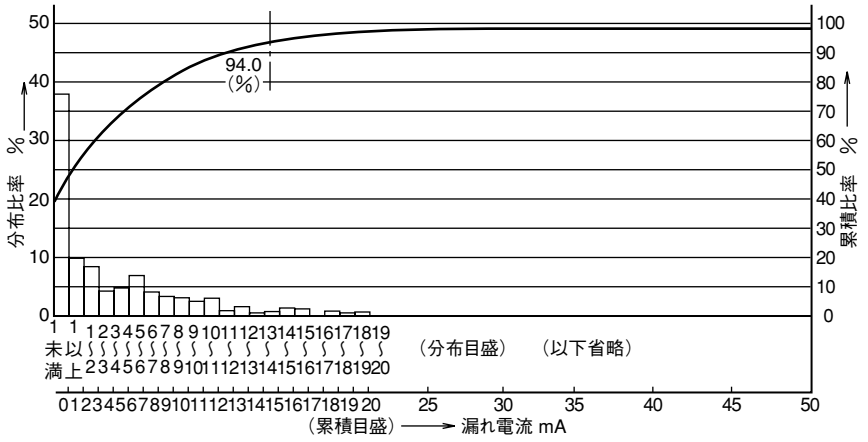


図8. 19　100V電路の常時漏えい電流分布状況

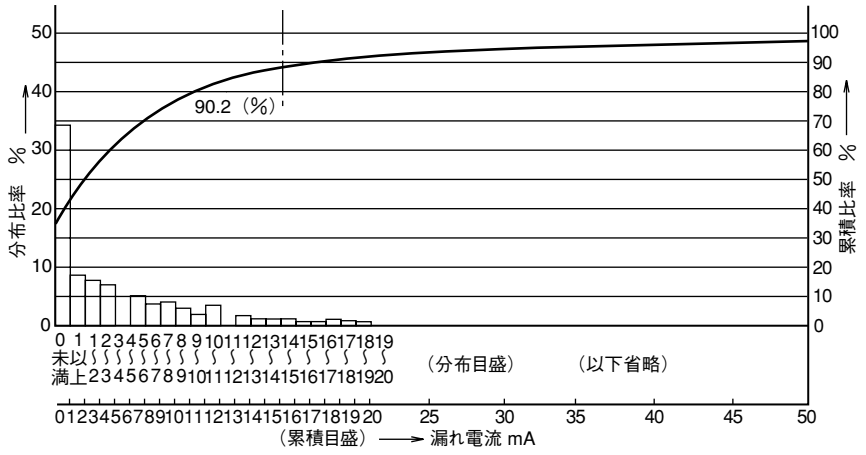


図8. 20　200V電路の常時漏えい電流分布状況

(b) 一般住宅電路の漏えい電流

一般住宅の引込口付近の漏えい電流および対地絶縁抵抗を測定した結果を表8. 9に示す。

これを見ると一般住宅では漏えい電流は2mA以下であるので定格感度電流30mAを設置することができる。

漏えい電流の測定は図8. 21のように引込口開閉器をOFFにし、開閉器の電源側の引出線と負荷側の間に1kΩの抵抗器を接続し、電圧計(D.V.M)の読みから漏えい電流を計算した。

対地絶縁抵抗の測定は図8. 22のように引込口開閉器をOFFにし、開閉器の電源側電路と負荷側の間に500V絶縁抵抗計を接続した。

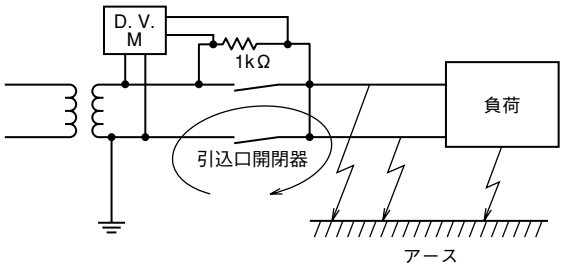


図8. 21　漏えい電流の測定

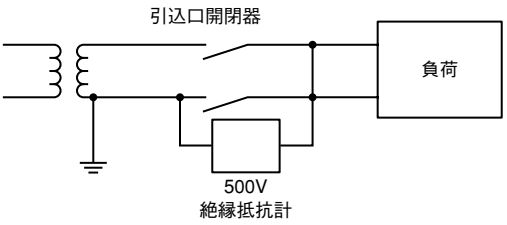


図8. 22　対地絶縁抵抗の測定

表8. 9　一般住宅の漏えい電流　対地絶縁抵抗測定

建物の用途	建物の規模 m^2	建物の種類	建物の階数	建築後 年	配電方式	容量A	絶縁抵抗値 MΩ	漏洩電流 mA
一般住宅	66～165	プレハブ	2	5	1φ2W	30以下	6.4	0.2
一般住宅	66～165	木造	2	5	1φ2W	30以下	3.0	0.2
一般住宅	66～165	木造	1	5	1φ2W	30以下	8.5	0.2
一般住宅	66～165	木造	1	5	1φ2W	30以下	11.1	0.2
一般住宅	66～165	プレハブ	1	5	1φ2W	30以下	4.2	0.2
一般住宅	66～165	プレハブ	2	5	1φ2W	30以下	10.9	0.2
一般住宅	66～165	プレハブ	2	0.5	1φ3W	30以下	5.0	0.3
一般住宅	33～66	木造	1	25	1φ2W	30以下	1.7	0.3
一般住宅	33～66	木造	2	6	1φ2W	30以下	10	0.0
一般住宅（農家）	66～165	木造	1	50	1φ2W	30以下	10.8	0.2
一般住宅（農家）	66～165	プレハブ	2	1	1φ3W	30以下	5.4	0.1
一般住宅（農家）	66～165	木造	2	15	1φ2W	30以下	3.4	0.5
一般住宅（商店）	66～165	木造	2	40	1φ3W	30以下	1.5	0.2
一般住宅（商店）	66～165	木造	2	16	1φ2W	30以下	0.2～0.5	0.7
一般住宅（商店）	66～165	木造	2	20	1φ2W	30以下	1.6	0.1
一般住宅（農家）	66～165	木造	2	50	1φ2W	30以下	0.08	1.2
一般住宅（農家）	66～165	木造	2	12	1φ2W	30以下	1.6	0.4
一般住宅（農家）	33～66	木造	1	6	1φ2W	30以下	11.5	0.1
一般住宅（農家）	33～66	木造	1	10	1φ2W	30以下	15.6	0.1
一般住宅（農家）	66～165	木造	1	10	1φ2W	30以下	0.05	0.1
一般住宅（農家）	66～165	木造	2	15	1φ2W	30以下	0.9	0.5

(c) 超高層ビルにおける電路の漏えい電流

超高層ビルにおける電路の漏えい電流を測定した結果を表8. 10に示す。

これをみると相当の漏えい電流があり、定格感度電流0.5～1AのNVが必要である。

なお図8. 23の2A・2Bの個所のような主回路には分岐回路との地絡協調のために時延形のNVを設置することが望ましい。

電気系統図は図8. 23に示す。測定は電路に零相変流器を挿入した。

表8. 10　超高層ビルにおける電路の漏えい電流

盤	測定個所	漏えい電流mA
分電盤	1A	3.5
分電盤	1B	1.4
分電盤	1A	3.1
分電盤	1B	1.0
分電盤	1A	2.2
分電盤	1B	14.5

盤	測定個所	漏えい電流mA
分岐盤	2B	9.0
分岐盤	2B	3.0
分岐盤	2B	0.8
分岐盤	2A	20.0
分岐盤	2B	25.0

盤	測定個所	漏えい電流mA
電燈・動力用配電盤	3A	100
	3B	55
動力用配電盤	3C	47
電燈・動力用配電盤	3D	100
非常用配電盤	3E	0
A群Tr中性点	4A	52.0
B群Tr中性点	4B	68.0
A・B・C群Tr中性点	4	130.0

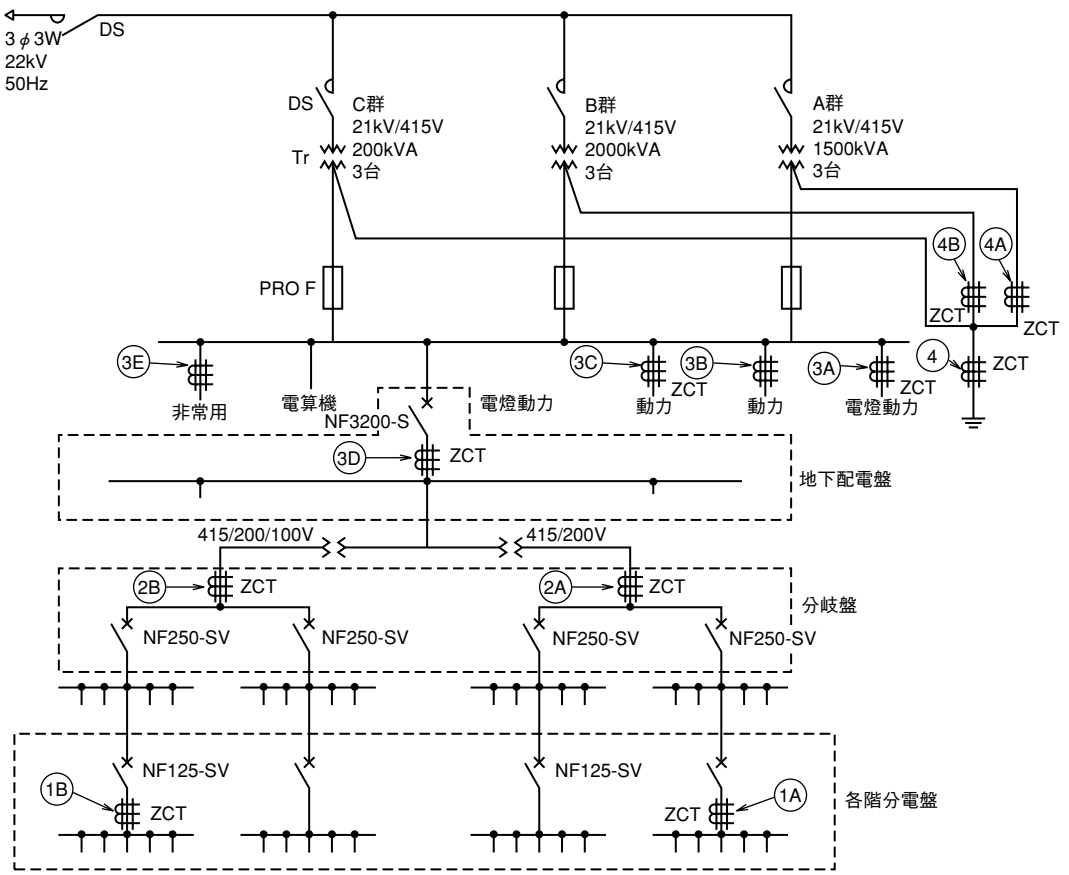


図8. 23　超高層ビルの概略電気系統図（必要個所のみ）

8. 10. 2　電動機の漏えい電流

電動機の場合には運転時と、始動時の漏えい電流を考慮しなければならない。これを表8. 11に示す。

運転時の漏えい電流は対地静電容量、対地絶縁抵抗を通して流れる。

始動時には、負荷電流が大きくなるだけであるので漏えい電流は実際には、運転時と同じである。しかしNVのZCTの一次導体の配置により各一次導体電流により、ZCTに生ずる磁束が多少異なる為実際に漏えい電流がなくとも、ZCTの二次側に若干の出力がある。（これをZCTの平衡特性と呼んでいる。）

したがって、始動時には相当大きな負荷電流が流れる（表8. 10は7倍で計算）ため平衡特性によるZCTの二次出力も大きくなるので漏えい電流の計算にあたっては考慮しなければならない。

三菱NVは平衡特性を向上させるために磁気シールド等の対策をこうじているが、最悪の場合は表8. 11の値となることがある。

また表8. 11は一般的な全閉形電動機の漏えい電流であるので、水中モートル等特殊なものはメーカに相談する必要がある。

クーラー、工作機等、電動機を使用している機器はほぼ電動機の容量で計算してよい。

表8. 11　三菱三相誘導電動機かご形（200V）の全閉外扇形電動機の漏えい電流

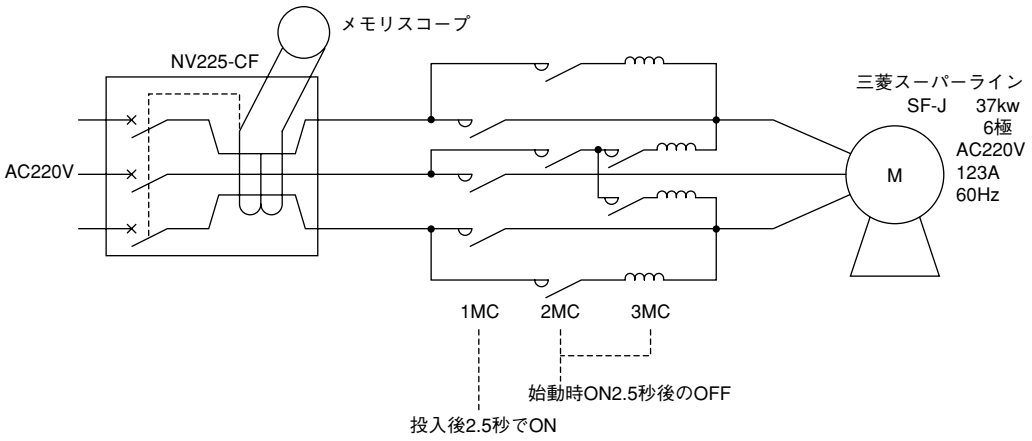
運転条件	容量 kW	電動機			漏えい電流の計算			
		全負荷電流 始動電流A	一相あたりの対地静電容量 C μF	一相あたりの対地絶縁抵抗 R MΩ	Cによる漏えい電流 Ic mA	Rによる漏えい電流 IR mA	始動時の零相分電流の影響 IM mA	漏えい電流 IgM＝ic＋iR＋IM mA
運転時	0.2	1.1	0.0004	10	0.05	0.04	—	0.06
始動時		7.7					0.08	0.14
運転時	0.4	1.9	0.0006	10	0.08	0.04	—	0.09
始動時		13.3					0.14	0.23
運転時	0.75	3.2	0.0008	10	0.11	0.04	—	0.12
始動時		22.4					0.23	0.35
運転時	1.5	6.0	0.0011	10	0.14	0.04	—	0.15
始動時		42.0					0.43	0.58
運転時	2.2	8.4	0.0014	10	0.18	0.04	—	0.18
始動時		58.8					0.61	0.79
運転時	3.7	14.0	0.0020	10	0.26	0.04	—	0.26
始動時		98.0					1.01	1.27
運転時	5.5	20.5	0.0022	10	0.29	0.04	—	0.29
始動時		143.5					1.28	1.57
運転時	7.5	27.5	0.0029	10	0.38	0.04	—	0.38
始勤時		192.5					1.67	2.05
運転時	11	41.0	0.0040	10	0.52	0.04	—	0.50
始動時		287.0					1.89	2.39
運転時	15	52.0	0.0044	10	0.57	0.04	—	0.57
始動時		364.0					2.06	2.63
運転時	18.5	66.0	0.0050	10	0.65	0.04	—	0.65
始動時		462.0					2.38	3.03
運転時	22	76.5	0.0055	10	0.72	0.04	—	0.72
始動時		535.5					2.76	3.48
運転時	30	103	0.0067	10	0.87	0.04	—	0.87
始動時		721.0					3.71	4.58
運転時	37	127	0.0077	10	1.00	0.04	—	1.00
始動時		889.0					4.57	5.57
運転時	45	153	0.0084	10	1.09	0.04	—	1.09
始動時		1071					5.51	6.60
運転時	55	188	0.0094	10	1.22	0.04	—	1.22
始動時		1316					6.77	7.99
運転時	75	252	0.0114	10	1.48	0.04	—	1.48
始動時		1764					9.07	10.54
運転時	90	300	0.0127	10	1.65	0.04	—	1.65
始動時		2100					10.80	12.45
運転時	110	374	0.0150	10	1.95	0.04	—	1.95
始動時		2618					13.50	15.45

電動機始動時の零相分電流の影響を測定した結果図8. 19の例では常時約2mA程度の零相分電流があり、これが始動時には1.6倍の約3.2mAに達した。しかしながら、NVの感度電流値（22mAに調整）に対してきわめて低い値なので誤動作のおそれはなく、引続き実際に実負荷運転したが誤動作はなかった。

なお、電動機の始動電流は約540%に達した。また電磁開閉器（1MC・2MCおよび3MC）の開閉時には接点のチャタリングによるサージを発生することがわかったが、これは回路の対地静電容量によるものと思える。

図8. 25は電動機の始動電流を示している。始動開始時に約360～380%、リアクトル短絡時約540%の電流が流れている。

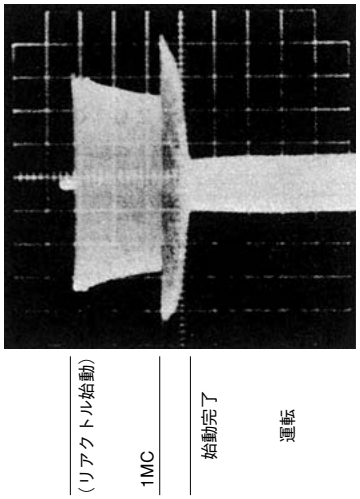
図8. 26は電動機始動時の零相分電流をNV、ZCT二次側の起電力で測定したものである。スケール単位はZCT一次側の零相分電流へ換算した値としてある。定常時の零相分電流は2mAであるが、始動時には定常時に比較して約1.6倍の3.2mAの零相分電流が流れた。定常運転時の零相分電流は配線や電動機などの対地静電容量・ZCTの平衡特性（残留電流特性）などの影響が考えられる。始動時に零相分が増加するのは負荷電流が増加したり、サージが発生するので上記諸要因による影響が大きく出ているためと考えられる。三菱NVは、これらの要因に対し磁気シールドやその他の対策を折込んでいるので実用上問題を起こさない。



◇始　　動……リアクトル始動で始動電流をおさえる。まず、2MCおよび3MCをONとしてスタートし、2.5秒後に2MC，3MCはOFFとなり1MCがONとなり、定常運転状態となる。

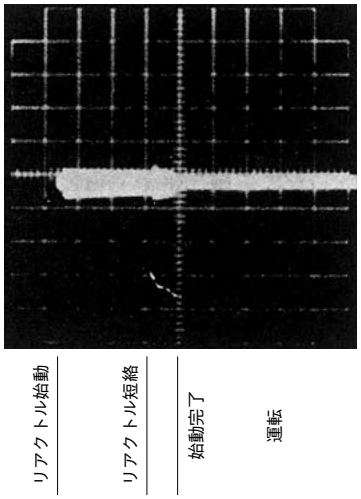
◇零相分の測定……上記零相分の変化を実際のNVのZCTを用いて、メモリスコープにより測定した。

図8. 24　電動機始動時の零相分の影響測定



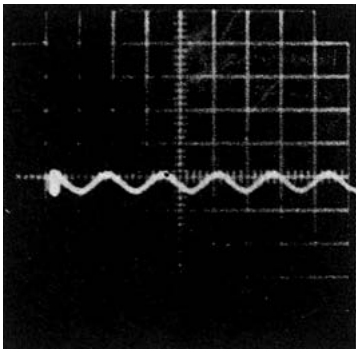
縦軸：200A/div
横軸：1s/div

図8. 25　電動機始動電流



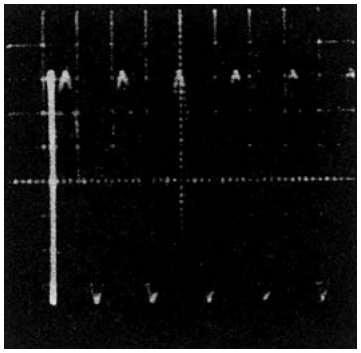
縦軸：10mA/div
横軸：1s/div

図8. 26　電動機始動時の零相分電流



縦軸：10mA/div
横軸：10ms/div

図8. 27　電動機定常運転時の零相分



縦軸：10mA/div
横軸：10ms/div

図8. 28　零相電流22mA時のZCT二次出力

付録

8. 10. 3　漏えい電流の測定法

通常電路の絶縁には異常がなくても漏えい電流が流れていることがよくあり、感度電流の選定のときやNVが動作したときに、原因追求のために電路の漏えい電流を測定できると便利なことがある。このときの参考のため、電路の漏えい電流の測定法を紹介する。

図8. 29に示すように漏えい電流の測定回路にモニター用ZCTを挿入し、そのZCTの二次側に安定用抵抗を接続して、その両端の電圧をデジタルボルトメータ等の計測器を用いて測定する。

測定の手順としては、まず測定開始に先立ちZCTの入出力の基本データを準備することが必要である。

(1) ZCTの入出力基本データ

測定に使用するモニター用ZCT（当社ZT15B～ZT100Bを使用）を図8. 30のように結線し抵抗器Rの両端の電圧（Vo）と励磁電流（Io）の関係を図8. 31のようにグラフ化しておく。このときの抵抗器Rは約500Ω前後の値が適当である。抵抗器のない状態では励磁電流（Io）の値が大きくなると出力電圧（Vo）の電圧波形が歪み、正確な値を計測できないので、抵抗器は必ず用いる。

(2) 電路の漏えい電流の測定

(1) で検出したZCTおよび抵抗器を用いて図8. 29のように電路の各線（三相3線なら3本、三相4線なら4本）をZCTに一括貫通させる。電源のブレーカを投入して電源を入れると電路（負荷が接続されていれば負荷も含めて）に漏えいがある場合には、ZCTの二次側に接続されている抵抗器Rの両端に電圧Voがあらわれるので、この値をデジタルボルトメータ等の入力インピーダンスの大きい測定器具で測定する。漏えい電流の大きさに応じたVoの値があらわれるのでその値を記録し、図8. 31のグラフを用いて漏えい電流値を求める。すなわち図8. 29の方法で測定したVoの値がA（mV）であったとすれば、Vo軸のA点と曲線Dとの交点BよりIo軸に垂直におろし、その交点Cの値がその電路における漏えい電流（地絡していれば地絡電流を含めて測定される）である。

上記の方法で求めた漏えい電流が大きい場合には電路に地絡事故等が発生している懸念があるので電路をチェックする。

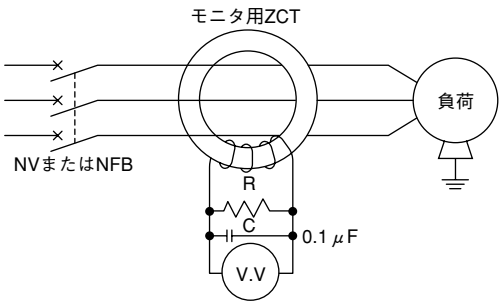


図8. 29　漏えい電流の測定法

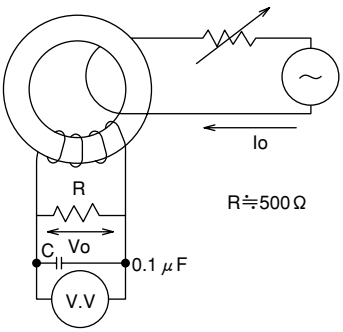


図8. 30　ZCTの較正

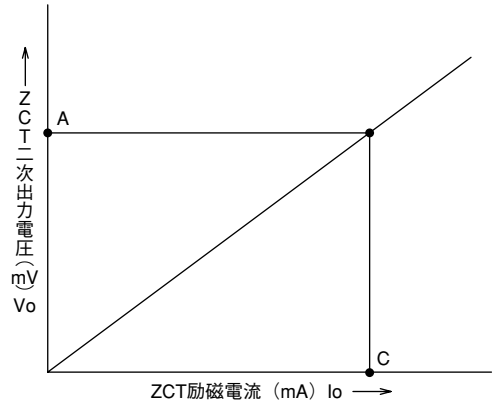


図8. 31　較正曲線

(3) 測定上の注意

漏えい電流は一般的に微少であるため測定にあたっては次の点に注意する。

- 計器類はZCTの基本データをとったときのものを使用する。
- 図8. 29により、一次電線をZCTに貫通させるときは、できるだけ電線は真直ぐになるように作業する。(図8. 32参照)
- 負荷を接続した状態では負荷機器と電路の合成された漏えい電流を測定する。
- 図8. 29および図8. 30の安定用抵抗器Rは必ず挿入する。
- この測定法では定常時の漏えい電流の値が測定できるが、ある瞬間に地絡したり、漏えいしたりする電流については、絶えず監視していないかぎり測定できない。

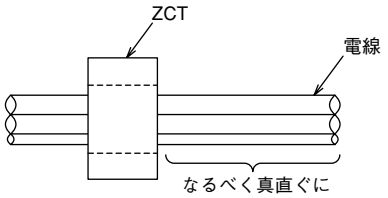


図8. 32　電線の配置

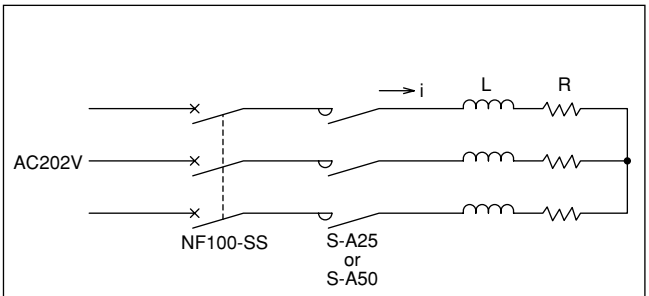
8. 11　低圧回路の開閉サージ電圧

8. 11. 1　目　　的

NFBや開閉器類を開閉すると回路中の電気的および磁気的エネルギーが急激に変化し異常な過電圧が発生する。とくに弱電流接点の開閉のような小電流遮断の場合はきわめて短時間に消弧され、電流裁断の現象が起こり高い異常電圧が発生することが考えられる。このような系統のサージ電圧については測定条件などによりまちまちな結果になったり、波形の複雑さなどのため解析は困難で理論的に完全に解明されてはいない。以前から多くの研究者によって研究結果が発表されているが実験的に行われたものがほとんどである。しかも、絶縁強度の検討という点から高圧回路に関するものが多くとくに低圧回路を主に研究した文献はほとんどみあたらない。

一般的には誘導性回路を開放すると逆起電力$e = L\frac{di}{dt}$なる電圧が発生するがdi/dtの値を数式的に求めることが困難である。消弧時間は開閉機構すなわち開離速度、接点材質、消弧方法、負荷状態、回路電圧などの要因によって影響を受けるので定量的には求め難く実験的検討が必要である。かかる実情なので当社においてかなりきびしい条件のもとで開閉サージの発生現象を実験的に研究してみた。

8. 11. 2　実験回路

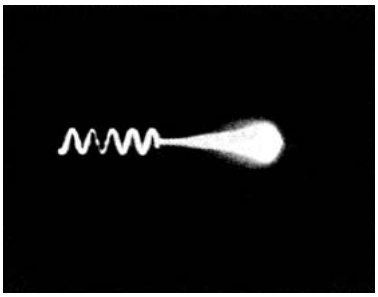
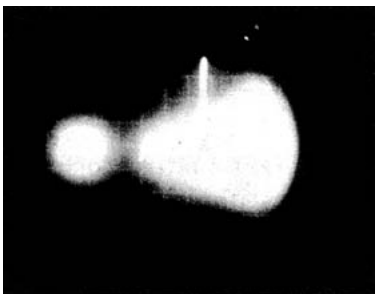
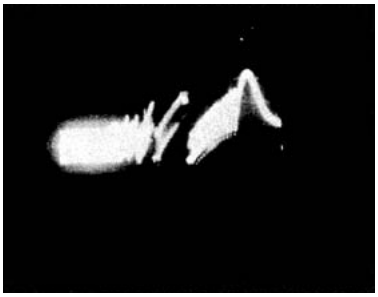
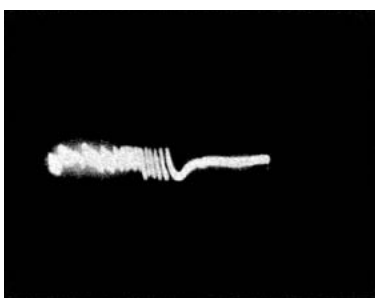


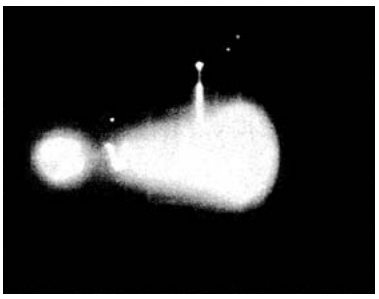
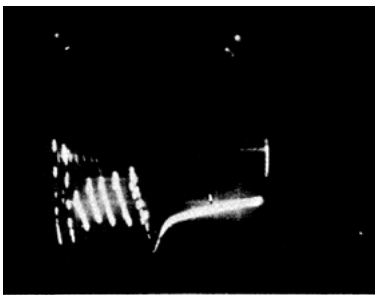
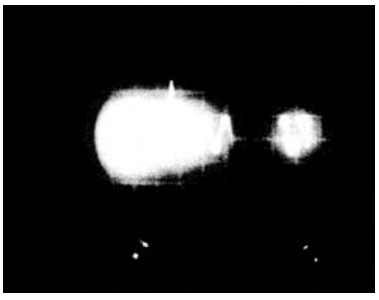
8. 11. 3　試験条件と結果

負荷を接続しその開閉を電磁接触器およびNFB(NF100-SS)で行い発生サージの大きさと周波数を実測した。発生サージ電圧の過酷性を求めるために負荷電流を種々変えると共に数百回の開閉を行って発生サージ電圧の大きさを統計的に求めた。

データは典形的なもののみ記録しメモリスコープで撮影した。

インダクタンス負荷はトランス一次側を使用した。

電源電圧 (V)	負荷電流 (A)	力　率 (遅)	開閉器 の種類	発生サージ電圧波形		フィルム校正		備　考
				電圧（V）	振動数（Hz）	よこ目盛	たて目盛	
202	0.01	1	S-A50	とくに 発生せず		20ms	600V	フィルム1
				 フィルム1				
202	0.07	0.55	NF100-SS	1900		20ms	500V	
			〃	2300		20ms	500V	
			〃	2200		20ms	500V	
			〃	2200		20ms	600V	
			〃	2400		20ms	600V	フィルム2
			〃	1800	33k	50 μs	600V	
			S-A50	2100	40k	50 μs	600V	フィルム3
			〃	1700		20ms	600V	
			〃	2200		20ms	600V	
			S-A25	500		50 μs	600V	フィルム4
				 フィルム2				
				 フィルム3				
				 フィルム4				

電源電圧 (V)	負荷電流 (A)	力　率 (遅)	開閉器 の種類	発生サージ電圧波形		フィルム校正		備　考
				電圧（V）	振動数（Hz）	よこ目盛	たて目盛	
202	0.17	0.65	NF100-SS S-A50 S-A50	1600 2000 2400		20ms 20ms 20ms	600V 600V 600V	フィルム5
 フイルム5								
202	0.5	0.47	NF100-SS NF100-SS S-A50 S-A50	1500 700 1600 1900	 200k 100k 	20ms 50 μs 20 μs 50ms	400V 400V 400V 400V	フィルム6
 フイルム6								
202	1	0.38	NF100-SS NF100-SS S-A50 S-A50	850 600 1000 400	 200k 100k	20ms 20 μs 20ms 20 μs	400V 400V 400V 400V	フィルム7
 フイルム7								
202	5	0.34	NF100-SS NF100-SS S-A50 S-A50	700 850 600 500	 60k 	20ms 50 μs 20ms 20 μs	400V 400V 400V 400V	

8. 12　インピーダンスおよび消費電力

表8. 12. 1　三菱NFBのインピーダンスおよび消費電力

形名	AC/DC	定格電流（A）	抵抗R（mΩ）	リアクタンスX（mΩ）	インピーダンスZ（mΩ）	消費電力（W）
NF30-CS	AC	3	143.2	93.2	170.7	1.29
		5	39.2	29.4	49.0	0.98
		10	12.3	5.80	13.6	1.23
		15	6	2.98	6.7	1.34
		20	3.3	1.88	3.8	1.32
		30	2.4	0.70	2.5	2.16
NF63-CVF	AC	3	167	48.9	174	1.50
		5	86.3	14.4	87.5	2.16
		10	18.4	26.9	32.6	1.84
		15	7.9	10.4	13.1	1.78
		20	6.4	8.70	10.8	2.56
		30	2.4	3.22	4.02	2.16
		40	1.9	2.46	3.11	3.04
		50	1.7	2.20	2.78	4.25
		60	1.58	0.36	1.62	5.69
		63	1.53	0.30	1.56	6.07
NF125-CVF	AC/DC	60	1.5	0.39	1.55	5.40
		75	1.1	0.34	1.15	6.19
		100	0.72	0.30	0.78	7.20
		125	0.64	0.23	0.68	10.0
NF63-CV	AC/DC	3	180	26.9	182	1.62
		5	98.5	7.69	98.8	2.46
		10	7.0	1.69	7.20	0.70
		15	5.3	1.54	5.52	1.19
		20	4.6	1.37	4.80	1.84
		30	3.8	1.08	3.95	3.42
		40	2.5	0.64	2.58	4.00
		50	1.7	0.46	1.76	4.25
		60	1.5	0.39	1.55	5.40
		63	1.49	0.35	1.53	5.91
NF125-CV	AC/DC	50	1.9	0.56	1.98	4.75
		60	1.5	0.43	1.56	5.40
		75	1.1	0.34	1.15	6.19
		100	0.68	0.27	0.73	6.80
		125	0.62	0.23	0.66	9.69
NF250-CV	AC/DC	100	0.85	0.19	0.87	8.50
		125	0.53	0.15	0.55	8.28
		150	0.48	0.14	0.50	10.8
		175	0.39	0.13	0.41	11.9
		200	0.32	0.11	0.34	12.8
		225	0.29	0.11	0.31	14.7
		250	0.24	0.10	0.26	15.0
NF400-CW	AC/DC	250	0.39	0.43	0.58	24.4
		300	0.26	0.30	0.40	23.4
		350	0.20	0.27	0.34	24.5
		400	0.18	0.22	0.28	28.8
NF600-CW	AC/DC	500	0.13	0.18	0.22	32.5
		600	0.10	0.15	0.18	36.0
		630	0.10	0.15	0.18	39.7
NF800-CEW	AC	800	0.06	0.12	0.13	38.4
NF32-SVF	AC/DC	3	167	48.9	174	1.50
		5	86.3	14.4	87.5	2.16
		10	18.4	26.9	32.6	1.84
		15	7.9	10.4	13.1	1.78
		20	6.4	8.70	10.8	2.56
		30	2.4	3.22	4.02	2.16
		32	3.5	5.89	6.85	3.58
NF63-SVF	AC/DC	3	167	48.9	174	1.50
		5	86.3	14.4	87.5	2.16
		10	18.4	26.9	32.6	1.84
		15	7.9	10.4	13.1	1.78
		20	6.4	8.70	10.8	2.56
		30	2.4	3.22	4.02	2.16
		40	1.9	2.46	3.11	3.04
		50	1.7	2.20	2.78	4.25
		60	1.58	0.36	1.62	5.69
		63	1.53	0.30	1.56	6.07
NF125-SVF	AC/DC	15	15.1	2.47	15.3	3.40
		20	9.7	1.53	9.82	3.88
		30	5.0	1.10	5.12	4.50
		40	2.5	0.64	2.58	4.00
		50	1.7	0.46	1.76	4.25
		60	1.5	0.39	1.55	5.40
		75	1.1	0.34	1.15	6.19
		100	0.72	0.30	0.78	7.20
		125	0.64	0.23	0.68	10.0

形名	AC/DC	定格電流（A）	抵抗R（mΩ）	リアクタンスX（mΩ）	インピーダンスZ（mΩ）	消費電力（W）
NF32-SV	AC/DC	3	180	26.9	182	1.62
		5	98.5	7.69	98.8	2.46
		10	7.0	1.69	7.20	0.70
		15	5.3	1.54	5.52	1.19
		20	4.6	1.37	4.80	1.84
		30	3.8	1.08	3.95	3.42
		32	3.7	1.06	3.85	3.79
NF63-SV	AC/DC	3	259	39.5	262	2.33
		5	130	16.2	131	3.25
NF63-SV NF63-HV	AC/DC	10	7.0	1.69	7.20	0.70
		15	5.3	1.54	5.52	1.19
		20	4.6	1.37	4.80	1.84
		30	3.8	1.08	3.95	3.42
		40	2.5	0.64	2.58	4.00
		50	1.7	0.46	1.76	4.25
		60	1.5	0.39	1.55	5.40
		63	1.49	0.35	1.53	5.91
NF63-HRV NF125-SV NF125-HV	AC/DC （HVはAC）	15	16.0	2.54	16.2	3.60
		20	9.0	1.41	9.11	3.60
		30	5.1	1.06	5.21	4.59
		40	2.8	0.79	2.91	4.48
		50	1.9	0.56	1.98	4.75
NF125-SV NF125-HV	AC/DC （HVはAC）	60	1.5	0.43	1.56	5.40
		75	1.1	0.34	1.15	6.19
		100	0.68	0.27	0.73	6.80
		125	0.62	0.23	0.66	9.69
NF125-SEV	AC	50	0.23	0.24	0.33	0.58
		60	0.23	0.24	0.33	0.83
		75	0.23	0.24	0.33	1.29
		100	0.23	0.24	0.33	2.30
		125	0.23	0.24	0.33	3.59
NF225-SWM	AC	50	2.02	0.49	2.08	5.05
		60	1.46	0.48	1.54	5.25
		75	1.06	0.29	1.10	5.97
		100	0.73	0.30	0.79	7.27
NF250-SV	AC/DC	100	0.85	0.19	0.87	8.50
NF250-SV NF250-HV	AC/DC	125	0.53	0.15	0.55	8.28
		150	0.48	0.14	0.50	10.8
		175	0.39	0.13	0.41	11.9
		200	0.32	0.11	0.34	12.8
		225	0.29	0.11	0.31	14.7
		250	0.24	0.10	0.26	15.0
NF250-SEV	AC	125-250	0.23	0.24	0.33	14.4
NF400-SW	AC/DC	250	0.37	0.19	0.42	23.1
		300	0.23	0.16	0.28	20.7
		350	0.19	0.16	0.25	23.3
		400	0.14	0.17	0.22	22.4
NF400-SEW NF400-HEW NF400-REW	AC	400	0.10	0.14	0.17	16.0
NF630-SW	AC/DC	500	0.13	0.18	0.22	32.5
		600	0.10	0.15	0.18	36.0
		630	0.10	0.15	0.18	39.7
NF630-SEW NF630-HEW NF630-REW	AC	630	0.10	0.14	0.17	39.7
NF800-SEW NF800-HEW NF800-REW	AC	800	0.06	0.12	0.13	38.4
NF800-SDW	DC	700	0.07	—	—	34.3
		800	0.07	—	—	44.8
NF1000-SEW	AC	1000	0.035	0.11	0.12	35.0
NF1250-SEW	AC	1250	0.035	0.11	0.12	54.7
NF1250-SDW	DC	1250	0.05	—	—	78.1
NF1600-SEW	AC	1600	0.03	0.11	0.11	76.8
NF1600-SDW	DC	1600	0.03	—	—	76.8

注（1）表面形の1極当りの値を示す。
（AC の場合は 50Hz の場合を示す。NF1600-SEW 以上は裏面形を示す。）
（2）60Hzの場合はリアクタンスを1.2倍する。
（3）接続方式および製品により差がある。
（4）消費電力は1極当りの定格電流通電時の値を示す。

表8. 12. 2　三菱NFBのインピーダンスおよび消費量力

形名	AC/DC	定格電流（A）	抵抗R（mΩ）	リアクタンスX（mΩ）	インピーダンスZ（mΩ）	消費電力（W）
NF125-RV	AC	15	15.8	4.61	16.5	3.56
		20	11.5	3.35	12.0	4.60
		30	7.5	2.19	7.81	6.75
		40	4.0	1.17	4.17	6.40
		50	2.9	0.85	3.02	7.25
		60	2.2	0.64	2.29	7.92
		75	1.6	0.47	1.67	9.00
		100	1.05	0.31	1.09	10.5
		125	0.9	0.26	0.94	14.1
NF125-UV	AC	15	16.7	2.6	16.9	3.76
		20	9.7	1.5	9.82	3.88
		30	5.8	1.2	5.92	5.22
		40	3.5	0.89	3.61	5.60
		50	2.6	0.66	2.68	6.50
		60	2.2	0.53	2.26	7.92
		75	1.8	0.44	1.85	10.1
		100	1.4	0.37	1.43	13.8
		125	1.3	0.33	1.36	20.6
NF250-RV	AC	125	0.9	0.26	0.94	14.1
		150	0.48	0.14	0.50	10.8
		175	0.41	0.12	0.43	12.6
		200	0.41	0.12	0.43	16.4
		225	0.38	0.11	0.40	19.2
		250	0.38	0.11	0.40	23.8
NF250-UV	AC	125	0.76	0.29	0.81	11.9
		150	0.71	0.28	0.76	16.0
		175	0.62	0.27	0.67	19.0
		200	0.55	0.25	0.61	22.0
		225	0.52	0.25	0.58	26.3
		250	0.47	0.24	0.53	29.4
NF400-UEW	AC	400	0.22	0.37	0.43	35.2
NF800-UEW	AC	800	0.11	0.2	0.23	70.4
NF1200-UR	AC	1200	0.045	0.13	0.14	64.8

	形名	AC/DC	定格電流（A）	抵抗R（mΩ）	リアクタンスX（mΩ）	インピーダンスZ（mΩ）	消費電力（W）
KCシリーズ	NF50-KC	AC	5	58.6	64.1	86.8	1.47
			10	11.9	12.2	17.0	1.19
			15	6.2	6.6	9.0	1.40
			20	3.4	3.6	4.9	1.36
			30	2.4	2.5	3.5	2.16
			40	1.3	1.4	1.9	2.08
			50	1.1	1.1	1.6	2.75
	NF100-KC	AC	60	0.8	0.9	1.1	2.88
			75	0.7	0.9	1.1	3.94
			100	0.6	0.8	1.0	6.00
BHシリーズ	BH-K BH-P	AC/DC	10	10.95	1.94	11.12	1.095
			15	7.23	1.79	7.31	1.63
			20	5.42	0.99	5.51	2.17
			30	3.34	0.78	3.46	3.01
			40	2.64	0.77	2.75	4.22
			50	2.01	0.67	2.12	5.03
			60	1.5	0.57	1.60	5.4
			75	1.2	0.45	1.28	6.8
			100	0.9	0.35	0.97	9.0
	BH-C1	AC	15	5.77	0.59	5.80	1.30
				1.55	0.95	1.82	0.35
			20	5.50	1.45	5.70	2.20
				1.55	0.95	1.82	1.40
			30	4.04	0.86	4.13	3.64
				1.55	0.95	1.82	1.40
	BH-C1D	DC	15	5.77	—	—	1.30
				1.55	—	—	0.35
			20	5.50	—	—	2.20
				1.55	—	—	1.40
			30	4.04	—	—	3.64
				1.55	—	—	1.40
	BH-C2	AC	15	5.77	0.59	5.80	1.30
			20	5.50	1.45	5.70	2.20
			30	4.04	0.86	4.13	3.64
	BH-C2D	DC	15	5.77	—	—	1.30
			20	5.50	—	—	2.20
			30	4.04	—	—	3.64
FAシリーズ	NF30-FA	AC/DC	5	39.81	6.82	40.39	1.00
			10	22.86	3.11	23.07	2.29
			15	7.46	0.87	7.51	1.68
			20	6.28	0.87	6.34	2.51
			30	3.61	0.54	3.65	3.25
	NF50-FA	AC/DC	40	1.90	0.89	2.09	3.03
			50	1.44	0.87	1.69	3.61
BLシリーズ	BL-1C	素子付極	20	5.0	1.6	5.25	2.00
	BL-2C	素子ナシ極		1.5	1.6	2.19	0.60

注（1）表面形の1極当りの値を示す。（ACの場合は50Hzの場合の値を示す。）
（2）60Hzの場合はリアクタンスを1.2倍する。
（3）接続方式および製品により差がある。
（4）消費電力は1極当りの定格電流通電時の値を示す。

備考　1J＝1W・S

表8. 12. 3　三菱NVのインピーダンスおよび消費電力

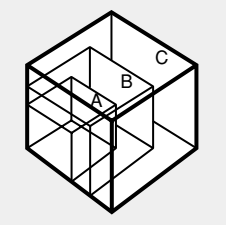
形名	定格電流 (A)	抵抗R (mΩ)	リアクタンスX (mΩ)	インピーダンスZ (mΩ)	消費電力 Pw (W)
NV30-CS	5	51.74	35.38	62.68	5.88
	10	15.15	8.14	17.20	6.55
	15	8.42	4.28	9.44	7.68
	20	5.26	4.39	6.85	8.31
	30	3.04	2.94	4.23	10.21
NV50-CSA	5	51.74	35.38	62.68	5.88
	10	15.15	8.14	17.20	6.55
	15	8.42	4.28	9.44	7.68
	20	5.26	4.39	6.85	8.31
	30	3.04	2.94	4.23	10.21
	40	2.03	0.77	2.17	11.75
	50	1.97	0.84	2.14	16.74
NV63-CVF	5	88.7	14.6	89.9	8.65
	10	19.5	26.4	32.8	7.85
	15	8.2	11.0	13.7	7.54
	20	6.9	10.3	12.4	10.3
	30	2.6	4.35	5.07	9.02
	40	2.1	3.98	4.50	12.1
	50	1.8	3.54	3.97	15.5
	60	1.64	0.41	1.69	19.7
	63	1.58	0.31	1.61	20.8
NV125-CVF	60	1.5	0.39	1.55	18.2
	75	1.1	0.34	1.15	20.6
	100	0.72	0.30	0.78	23.6
	125	0.61	0.22	0.65	30.6
NV63-CV	5	105	14.5	106	9.88
	10	7.8	1.69	7.98	4.34
	15	5.6	1.59	5.82	5.78
	20	4.8	1.44	5.01	7.76
	30	3.9	1.20	4.08	12.5
	40	2.8	0.67	2.88	15.4
	50	2.1	0.46	2.15	17.8
	60	1.5	0.39	1.55	18.2
	63	1.49	0.35	1.53	19.7
NV125-CV	60	1.6	0.51	1.68	19.3
	75	1.15	0.31	1.19	21.4
	100	0.68	0.29	0.74	22.4
	125	0.64	0.23	0.68	32.0
NV250-CV	125	0.53	0.15	0.55	26.8
	150	0.51	0.14	0.53	36.4
	175	0.40	0.13	0.42	38.8
	200	0.33	0.12	0.35	41.6
	225	0.30	0.11	0.32	47.6
	250	0.28	0.11	0.30	54.5
NV400-CW	250	0.30	0.14	0.33	58.3
	300	0.22	0.15	0.26	61.4
	350	0.19	0.11	0.22	71.8
	400	0.16	0.11	0.19	78.8
NV630-CW	500	0.12	0.23	0.26	92.0
	600	0.10	0.38	0.39	110
	630	0.10	0.38	0.39	121.1
NV32-SVF	5	88.7	14.6	89.9	8.65
	10	19.5	26.4	32.8	7.85
	15	8.2	11.0	13.7	7.54
	20	6.9	10.3	12.4	10.3
	30	2.6	4.35	5.07	9.02
	32	3.9	7.52	8.47	14.0
NV63-SVF	5	88.7	14.6	89.9	8.65
	10	19.5	26.4	32.8	7.85
	15	8.2	11.0	13.7	7.54
	20	6.9	10.3	12.4	10.3
	30	2.6	4.35	5.07	9.02
	40	2.1	3.98	4.50	12.1
	50	1.8	3.54	3.97	15.5
	60	1.64	0.41	1.69	19.7
	63	1.58	0.31	1.61	20.8
NV125-SVF	15	16.3	3.63	16.7	13.0
	20	9.7	1.82	9.87	13.6
	30	5.0	1.46	5.21	15.5
	40	2.8	0.67	2.88	15.4
	50	2.1	0.46	2.15	17.8
	60	1.5	0.39	1.55	18.2
	75	1.1	0.34	1.15	20.6
	100	0.72	0.30	0.78	23.6
	125	0.61	0.22	0.65	30.6
NV32-SV	5	105	14.5	106	9.88
	10	7.8	1.69	7.98	4.34
	15	5.6	1.59	5.82	5.78
	20	4.8	1.44	5.01	7.76
	30	3.9	1.20	4.08	12.5
	32	3.8	1.11	3.96	13.7
NV63-SV	5	137	16.6	138	12.3
	10	7.8	1.69	7.98	4.34
NV63-SV NV63-HV	15	5.6	1.59	5.82	5.78
	20	4.8	1.44	5.01	7.76
	30	3.9	1.20	4.08	12.5
	40	2.8	0.67	2.88	15.4
	50	2.1	0.46	2.15	17.8
	60	1.5	0.39	1.55	18.2
	63	1.49	0.35	1.53	19.7
NV125-SV NV125-HV	15	16.0	2.54	16.2	12.8
	20	9.0	1.41	9.11	12.8
	30	5.2	1.26	5.35	16.0
	40	2.5	0.64	2.58	14.0
	50	1.8	0.51	1.87	15.5
	60	1.6	0.51	1.68	19.3

形名	定格電流 (A)	抵抗R (mΩ)	リアクタンスX (mΩ)	インピーダンスZ (mΩ)	消費電力 Pw (W)
NV125-SV NV125-HV	75	1.15	0.31	1.19	21.4
	100	0.68	0.29	0.74	22.4
	125	0.64	0.23	0.68	32.0
NV125-SEV	50	0.32	0.29	0.43	4.40
	60	0.32	0.29	0.43	5.46
	75	0.32	0.29	0.43	7.40
	100	0.32	0.29	0.43	11.6
	125	0.32	0.29	0.43	17.0
NV250-SV NV250-HV	125	0.53	0.15	0.55	26.8
	150	0.51	0.14	0.53	36.4
	175	0.40	0.13	0.42	38.8
	200	0.33	0.12	0.35	41.6
	225	0.30	0.11	0.32	47.6
	250	0.28	0.11	0.30	54.5
NV250-SEV	125-250	0.32	0.29	0.43	62.0
NV400-SW	250	0.31	0.25	0.40	60.1
	300	0.23	0.24	0.33	64.1
	350	0.19	0.26	0.32	71.8
	400	0.16	0.22	0.27	78.8
NV400-SEW NV400-HEW NV400-REW	200	0.10	0.31	0.32	14.0
	225	0.10	0.31	0.32	17.2
	250	0.10	0.31	0.32	20.8
	300	0.10	0.31	0.32	29.0
	350	0.10	0.31	0.32	38.8
	400	0.10	0.31	0.32	50.0
NV630-SW	500	0.1	0.38	0.39	92.0
	600	0.1	0.38	0.39	110
	630	0.1	0.38	0.39	121.1
NV630-SEW NV630-HEW	300	0.1	0.31	0.32	29.0
	350	0.1	0.31	0.32	38.8
	400	0.1	0.31	0.32	50.0
	500	0.1	0.31	0.32	77.0
	600	0.1	0.31	0.32	110.0
	630	0.1	0.31	0.32	121.1
NV800-SEW NV800-HEW	400	0.13	0.37	0.39	64.4
	450	0.13	0.37	0.39	80.9
	500	0.13	0.37	0.39	99.6
	600	0.13	0.37	0.39	142.4
	700	0.13	0.37	0.39	193.1
	800	0.13	0.37	0.39	251.6
NV1000-SB	1,000	0.057	0.169	0.179	173
NV1200-SB	1,200	0.057	0.169	0.179	248
NV-G2N(2P)	30	1.75	0.883	1.96	5.15
NV-G3NA(3P)	30	1.80	0.608	1.90	6.86
NV-2F (2P)	15	8.62	0.930	8.67	5.88
	20	6.12	1.62	6.33	6.9
	30	3.32	1.47	3.63	7.98
NV50-KC	5	53.1	56.3	77.4	6.0
	10	14.6	16.1	21.7	6.4
	15	6.8	7.6	10.1	6.6
	20	4.9	6.0	7.7	7.9
	30	2.7	3.6	4.4	9.3
	40	1.6	2.0	2.6	9.7
	50	1.4	1.8	2.3	12.5
NV100-KC	60	0.8	1.5	1.7	10.6
	75	0.8	1.5	1.7	15.5
	100	0.8	1.5	1.8	26.0
BV-C1	15	6.60	2.33	7.00	2.49
		1.63	1.69	2.35	1.37
	20	6.12	3.12	6.87	3.45
		1.63	1.69	2.35	1.65
	30	3.55	2.24	4.20	4.20
		1.63	1.69	2.35	2.47
BV-C2(2P)	15	6.60	2.33	7.00	4.97
	20	6.12	3.12	6.87	6.90
	30	3.61	2.14	4.20	8.50
NV30-FA	5	40.06	2.02	40.06	5.00
	10	21.70	2.28	21.82	8.51
	15	7.24	1.10	7.33	6.89
	20	5.92	1.30	6.06	9.10
	30	3.09	1.01	3.25	10.34
NV50-FA	(5)	40.06	2.02	40.06	5.00
	(10)	21.70	2.28	21.82	8.51
	(15)	7.24	1.10	7.33	6.89
	(20)	5.92	1.30	6.06	9.10
	(30)	3.09	1.01	3.25	10.34
	40	2.03	0.68	2.14	11.74
	50	2.37	1.41	2.76	19.78
NV-L20 NV-L20M(2P)	30	1.90	1.95	2.75	5.42
NV-L22GR (2P)	15	7.53	4.3	8.67	5.39
	20	6.15	1.11	6.25	6.92
	30	6.00	2.23	6.40	12.8

注（1）50Hzにおける表面形の値を示す。
（2）60Hzの場合はリアクタンスを1.2倍する。
（3）接続方式および製品誤差により差があります。
（4）消費電力は次式により求めた3極品の値を示す。
（但し、NV-G2N、NV-2Fは2極品の値を示す。）

$Pw = I^2R \times 10^{-3} \times P + 2$ 〔W〕　　P：極数
2：電子回路の消費電力

備考：1J＝1W･s



9. 選定表

9 選定表

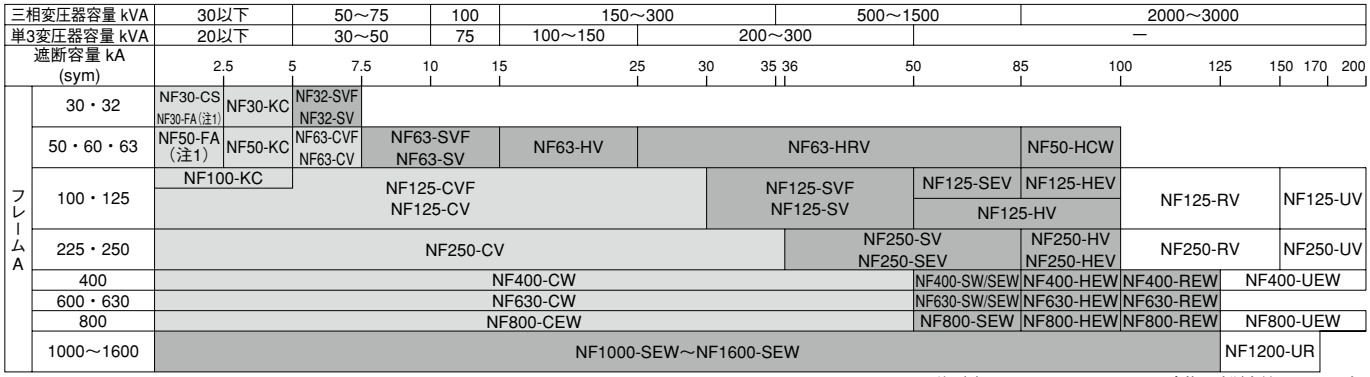
電気設備で遮断器を使用する場合には、3. 選定と協調のところで述べた方法でそれぞれに最適の定格を選ぶことになるが、あらかじめ早見表のようなものがあると便利である。そこで種々の負荷に対応した遮断器選定表を準備している。

9. 1　遮断容量

表 9. 1. 1　遮断容量からみた NFB の適用 AC200V

Cクラス、FA・KCシリーズ　S/H/Rクラス

（変圧器と遮断容量の対比は三相標準変圧器二次電圧210V、420V または単3変圧器210Vの直下で短絡した場合を想定しています。）



注（1）NF30-FA、NF50-FA　5A定格の遮断容量は1.5kAです。

表 9. 1. 2　遮断容量からみた NFB の適用 AC415V

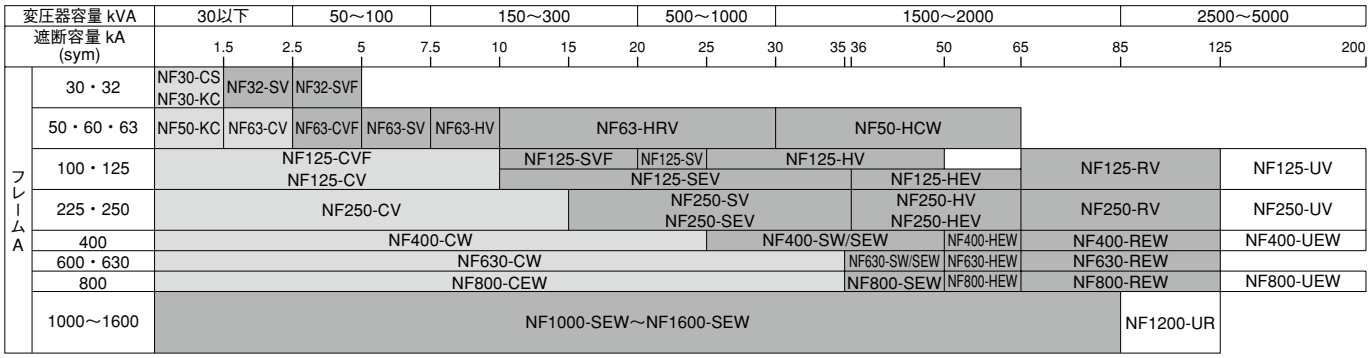
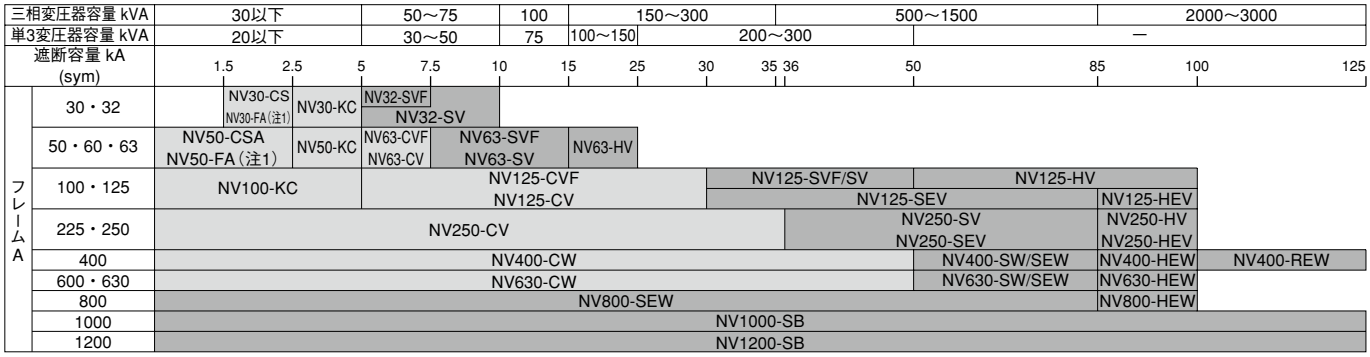


表 9. 1. 3　遮断容量からみた NV の適用 AC200V

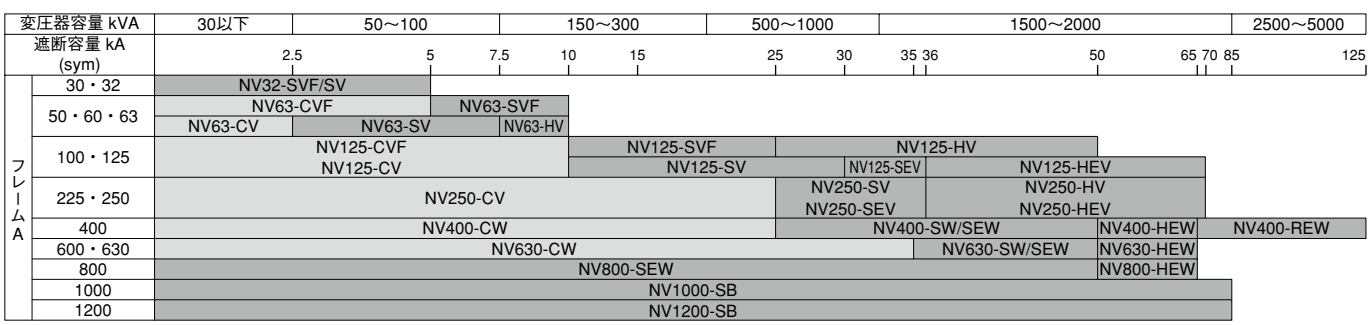
Cクラス、FA・KCシリーズ　S/H/Rクラス

（変圧器と遮断電流の対比は三相標準変圧器二次電圧210V、420V または単3変圧器210Vの直下で短絡した場合を想定しています。）



注（1）NV30-FA、NV50-FA　5A定格の遮断電流は1.5kAです。

表 9. 1. 4　遮断容量からみた NV の適用 AC415V



9. 2　電灯・電熱回路

表 9. 2. 1　電灯・電熱回路用 NFB の選定　AC200V 配線

内線規程 JEAC 8001 によると次のように規定されています。	3605-3 条 3 連続負荷を有する分岐回路の負荷容量は、その分岐回路を保護する過電流遮断器の定格電流の 80%を超えないこと。［勧告］

最大使用電流 A	遮断器の定格電流A	遮断容量 kA AC230V（Icu sym）
12	15	NF30-CS BH-K, BH-P BH-C2 / NF30-KC NF50-KC BH-K, BH-P BH-C2（110/220V） / NF32-SVF NF32-SV / NF63-SVF NF63-SV / NF63-HV / NF125-SVF NF125-SV NF125-SEV / NF63-HRV / NF125-HV / NF125-RV / NF125-UV
16	20	
24	30	
25	32	
32	40	NF50-KC BH-K, BH-P（110/220V） BH-K（2P, 3P） / NF63-CVF NF63-CV
40	50	
48	60	NF100-KC
50	63	
60	75	BH-P100 / NF100-KC BH-K100 / NF125-CVF NF125-CV / NF125-SEV / NF125-HV NF125-HEV
80	100	
100	125	
120	150	NF250-CV / NF250-SV NF250-SEV / NF250-HV NF250-HEV / NF250-RV / NF250-UV
140	175	
160	200	
180	225	
200	250	
240	300	NF400-CW / NF400-SW NF400-SEW / NF400-HEW / NF400-REW / NF400-UEW
280	350	
320	400	
400	500	NF630-CW / NF630-SW NF630-SEW / NF630-HEW / NF630-REW / NF800-UEW
480	600	
504	630	
560	700	NF800-CEW / NF800-SEW / NF800-HEW / NF800-REW
640	800	
800	1000	NF1000-SEW / NF1200-UR
960	1200	NF1250-SEW
1000	1250	
1120	1400	NF1600-SEW
1200	1500	
1280	1600	

表 9. 2. 2　電灯・電熱回路用 NFB の選定　AC400V 配線

最大使用電流 A	遮断器の定格電流A	遮断容量 kA AC415V（Icu sym）
12	15	NF30-CS NF30-KC / NF32-SV / NF32-SVF / NF63-SV / NF63-SVF NF63-HV / NF125-SVF / NF63-HRV / NF125-HV / NF125-RV / NF125-UV
16	20	
24	30	
25	32	
32	40	NF50-KC / NF63-CV BH-K（2P, 3P） / NF63-CVF NF63-CV
40	50	
48	60	
50	63	
60	75	BH-K100 / NF125-CVF NF125-CV / NF125-SV / NF125-SEV / NF125-HV / NF125-HEV
80	100	
100	125	
120	150	NF250-CV / NF250-SV NF250-SEV / NF250-HV NF250-HEV / NF250-RV / NF250-UV
140	175	
160	200	
180	225	
200	250	
240	300	NF400-CW / NF400-SW / NF400-SEW / NF400-HEW / NF400-REW / NF400-UEW
280	350	
320	400	
400	500	NF630-CEW / NF630-SW NF630-SEW / NF630-HEW / NF630-REW / NF800-UEW
480	600	
504	630	
560	700	NF800-CEW / NF800-SEW / NF800-HEW / NF800-REW
640	800	
800	1000	NF1000-SEW / NF1200-UR
960	1200	NF1250-SEW
1000	1250	
1120	1400	NF1600-SEW
1200	1500	
1280	1600	

9 選定表

表 9. 2. 3　電灯・電熱回路用 NV の選定　AC200V 配線

最大使用電流 A	遮断器の定格電流A	遮断容量 kA AC230V（Icu sym）
		2.5 / 5 / 7.5 / 10 / 15 / 25 / 30 / 36 / 50 / 85 / 100 / 150
12	15	NV30-CS BV-C2 / NV30-KC BV-C2 (100/200V) / NV32-SVF NV63-CVF / NV32-SV / NV63-HV / NV125-HV NV125-HEV
16	20	
24	30	
25	32	
32	40	NV50-CSA / NV50-KC / NV63-CVF NV63-CV / NV63-SVF NV63-SV / NV125-SVF NV125-SV / NV125-SEV
40	50	
48	60	
50	63	
60	75	NV100-KC / NV125-CVF NV125-CV
80	100	
100	125	
120	150	NV250-CV / NV250-SV NV250-SEV / NV250-HV NV250-HEV
140	175	
160	200	
180	225	
200	250	
240	300	NV400-CW / NV400-SW NV400-SEW / NV400-HEW / NV400-REW
280	350	
320	400	
400	500	NV630-CW / NV630-SW NV630-SEW / NV630-HEW
480	600	
504	630	
560	700	NV800-SEW / NV800-HEW
640	800	
800	1000	NV1000-SB
960	1200	NV1200-SB

表 9. 2. 4　電灯・電熱回路用 NV の選定　AC400V 配線

最大使用電流 A	遮断器の定格電流A	遮断容量 kA AC415V（Icu sym）
		2.5 / 5 / 7.5 / 10 / 25 / 30 / 36 / 45 / 50 / 70 / 85 / 125
12	15	NV32-SVF NV32-SV NV63-CVF NV63-CV / NV63-SV / NV63-SVF NV63-HV / NV125-SVF / NV125-SV / NV125-HV
16	20	
24	30	
25	32	
32	40	NV63-CVF NV63-CV / NV125-SEV / NV125-HEV
40	50	
48	60	
50	63	
60	75	NV125-CVF NV125-CV
80	100	
100	125	
120	150	NV250-CV / NV250-SV NV250-SEV / NV250-HV NV250-HEV
140	175	
160	200	
180	225	
200	250	
240	300	NV400-CW / NV400-SW / NV400-SEW / NV400-HEW / NV400-REW
280	350	
320	400	
400	500	NV630-CW / NV630-SW NV630-SEW / NV630-HEW
480	600	
504	630	
560	700	NV800-SEW / NV800-HEW
640	800	
800	1000	NV1000-SB
960	1200	NV1200-SB

9. 3　電動機回路

表 9. 3. 1　モータブレーカ、モータ保護用漏電遮断器の選定（直入始動）

NF・MB形モータブレーカ
NV・MN形モータ保護用漏電遮断器
三相誘導電動機用

モータブレーカの選定はその動作特性曲線が、モータの熱特性より下まわることが原則です。
下表の電動機の定格容量は三菱標準かご形三相電動機（4極）の場合を示します。
始動条件は表中記載によります。

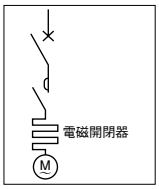
形名	モータブレーカ	MB30-CS	MB30-KC	NF32-SV		MB50-KC	NF63-CV	NF63-SV	NF63-SVF	NF125-SV	NF250-SV	
	モータ保護用漏電遮断器	MN30-CS	MN30-KC		MN50-CSA	MN50-KC	NV63-CV	NV63-SV	NV63-SVF	NV125-SV	NV250-SV	
定格短絡遮断容量 kA	230V	2.5	5	7.5	2.5	5	7.5	15	15	50	85	
	415V	1.5（注3）	1.5（注3）	2.5	—	1.5（注3）	2.5	7.5	10	30	36	
600%始動時間制限（s）		2	2	2	2	2	32A以下2 40A以上7	32A以下2 40A以上7	2	32A以下2 40A以上7	5	
始動突入制限（%）		700	700	1200	700	700	1200	1200	1100	1200	1100	
電動機の定格容量例（kW）		定格電流	定格電流	定格電流	定格電流	定格電流	定格電流	定格電流	定格電流	定格電流	定格電流	電磁接触器を組合せる場合の形名
200/220V	400/440V											
		(0.8)	(0.8)									T10～T21
		(0.9)										
		(1)										
		(1.1)										
	0.4	(1.2)	(1.2)		(1.2)				1.2（注1）			
0.2		1.4	1.4（注1）		1.4	(1.4)（注2）			1.4			
		(1.6)										
		(1.8)										
	0.75	(2)	(2)		(2)				2（注1）			
		(2.2)										
0.4		2.5	2.5（注1）		2.5	(2.5)（注2）			2.5			
		(2.8)										
		(3.2)										
		(3.6)										
0.75	1.5	4	4（注1）	4	4	(4)（注2）	4	4	4			
		(4.5)										
	2.2	(5)	(5)	5	(5)		5（注1）	5（注1）	5（注1）			
		(5.6)										
		6.3（注1）	(6.3)（注2）		(6.3)	(6.3)（注2）						
1.5		7.1	7.1（注1）	7.1	7.1	(7.1)（注2）	7.1	7.1	7.1			
	3.7	(8)	(8)	8	(8)	(8)	8（注1）	8（注1）	8（注1）			T12～T35
		(9)										
2.2		10	10（注1）	10	10	(10)	10	10	10			
	5.5	(12)	(12)	12	(12)	(12)	12（注1）	12（注1）	12（注1）	(12.5)		T20～T35
		(14)										T20～T50
3.7	7.5	16	16（注1）	16	16	(16)	16	16	16	(16)		
		(18)										T25～T65
		(20)										
		(22)										
5.5	11	25	25（注1）	25	25	(25)	25	25	25	(25)		
		(28)										T35～T80
7.5	15	32	32（注1）	32	32	(32)	32	32	32	32		
												T50～T100
	18.5					(40)	40（注1）	40（注1）	40（注1）	(40)		
11	22				45	45（注1）	45	45		45（注1）		
												T65～T100 N125
15	30									63		
18.5	37									71		T80･T100 N125
22	45									90		T100･N125
	55									100		
30											125（注1）	N125～N220
37	75										150（注1）	N150～N400
45	90										175（注1）	N180～N400
											200（注1）	N220～N400
55	110										225（注1）	

備考（1）□の定格電流はNF・MB形およびNV・MN形で製作できます。□の定格電流はNF・MB形のみ製作します。また（ ）内の定格電流はご注文により製作します。
（2）直入れ始動時の突入電流は概ね次の値になります。
7.5kWまで：1000%、11kW以上：1200%、75kW以上：1400%
始動電流が大きく、かつ始動力率が低い場合には146ページ「電動機分岐回路用遮断器選定表」による電磁開閉器との組合せ使用が適します。

注　（1）NV・MN形では特殊定格になります。ご注文により製作します。
（2）NV・MN形のみで製作します。
（3）MB形のみです。

注意事項
（1）始動突入電流、始動電流、始動時間が上表の条件を超える場合、遮断器は動作しますのでご注意ください。
特に高効率電動機の場合は汎用電動機と比べて、一般に始動電流は大きく、始動トルクは小さくなっていて、モータブレーカが適用できない場合がありますのでご注意ください。
（2）電動機が回転中に電磁接触器などを開閉すると遮断器が動作する場合がありますのでご注意ください。
（3）モータブレーカの定格電流は電動機・全負荷電流のおおむね1.0～1.1倍を目安に選定ください。

9 選定表



電動機の過負荷保護は電磁開閉器が行います。
遮断器は回路の短絡保護を目的として設置します。

表 9. 3. 2　AC200/220V三相誘導電動機用

	電動機 4極の場合		電磁開閉器(注1)(注2)		遮断容量 kA AC230V (Icu sym)																											
					2.5		2.5(注3)		5		7.5		10		15		25		30(注4)		50		85		100		150		200	
	出力 kW	全負荷電流A	形名	ヒータ称呼A	形名	定格	形名	定格	形名	定格	形名	定格	形名	定格	形名	定格	形名	定格	形名	定格	形名	定格	形名	定格	形名	定格	形名	定格	形名	定格	形名	定格
直入れ始動	0.75	3.6	T10～T21	3.6	NF30-CS	10	NF30-FA	15	NF30-KC	10	NF32-SV	10			NF63-SV	10	NF63-HV	10			NF125-SV	(15)			NF50-HCW NF125-HV	8 (15)	NF125-RV	(15)	NF125-UV	(15)		
	1.5	6.4	T10～T25	6.6	〃	15	〃	30	〃	15	〃	15			〃	15	〃	15			〃	(15)	NF63-HRV	(15)	NF125-HV	15	〃	(15)	〃	(15)		
	2.2	9.4	T10～T35	9	〃	20	〃	30	〃	20	〃	20			〃	20	〃	20			〃	20	〃	20	〃	20	〃	20	〃	20		
	3.7	15	T20～T35	15	〃	30	NF50-FA	50	〃	30	〃	30			〃	30	〃	30			〃	30	〃	30	〃	30	〃	30	〃	30		
	5.5	22.3	T25～T65	22					NF50-KC	50	NF63-CV	50			〃	50	〃	50			〃	50	〃	50	〃	50	〃	50	〃	50		
	7.5	29.1	T35～T80	29					NF100-KC	60	〃	60			〃	60	〃	60			〃	60			〃	60	〃	60	〃	60		
	11	41.6	T50～T100	42					〃	100									NF125-CV	75	〃	75			〃	75	〃	75	〃	75		
	15	57.1	T65～T100･N125	54															〃	100	〃	100			〃	100	〃	100	〃	100		
Y-Δ始動 直入れ始動	5.5	22.3	—	22					NF50-KC	50	NF63-CV	50			NF63-SV	50	NF63-HV	50			NF125-SV	50	NF63-HRV	50	NF125-HV	50	NF125-RV	50	NF125-UV	50		
	7.5	29.1	—	29					NF100-KC	75	〃	60			〃	60	〃	60	NF125-CV	60	〃	60			〃	60	〃	60	〃	60		
	11	41.6	—	42					〃	100									〃	75	〃	75			〃	75	〃	75	〃	75		
	15	57.1	—	54															〃	100	〃	100			〃	100	〃	100	〃	100		
	18.5	68.2	T80･T100･N125	67															〃	100	〃	100			〃	100	〃	125	〃	100		
	22	81.4	T100･N125･N150	82															NF250-CV	150			NF250-SV	150	NF250-HV	150	NF250-RV	150	NF250-UV	150		
	30	110	N125～N220	105															〃	175			〃	175	〃	175	〃	175	〃	175		
	37	136	N150～N220	125															〃	225			〃	225	〃	225	〃	225	〃	225		
	45	167	N180～N400	150																	NF400-CW	400	NF400-SW	250	NF400-HEW	250	NF400-REW	250	NF400-UEW	250		
	55	202	N220～N400	180																	NF630-CW	500	NF400-SEW NF400-SW	300 350	〃	300	〃	300	〃	300		

注　(1)フレーム対応表はL(名)01034-Bを基に作成した。 (2)高効率モータに適用する場合、電磁接触器の電気的耐久性が低下する場合があります。
(3)NF30-FA　5A定格の遮断容量は1.5kAです。 (4)NF250-CVの遮断容量は36kAです。

表 9. 3. 3　AC400/440V三相誘導電動機用

	電動機 4極の場合		電磁開閉器(注1)(注2)		遮断容量 kA AC415V (Icu sym)																											
					1.5		2.5		7.5		10		25		30(注3)		30		50		70		150		200								
	出力 kW	全負荷電流A	形名	ヒータ称呼A	形名	定格	形名	定格	形名	定格	形名	定格	形名	定格	形名	定格	形名	定格	形名	定格	形名	定格	形名	定格	形名	定格						
直入れ始動	0.75	1.8	T10～T21	1.7	NF30-KC NF30-CS	5	NF32-SV	5	NF63-SV	5	NF63-HV	10			NF125-SV	(15)			NF125-HV	(15)	NF50-HCW	5	NF125-RV	(15)	NF125-UV	(15)						
	1.5	3.2	〃	3.6	〃	10	〃	10	〃	10	〃	10			〃	(15)			〃	(15)	〃	8	〃	(15)	〃	(15)						
	2.2	4.7	〃	5	〃	10	〃	10	〃	10	〃	10			〃	(15)			〃	(15)	〃	8	〃	(15)	〃	(15)						
	3.7	7.5	T12～T35	6.6	〃	20	〃	20	〃	20	〃	20			〃	20	NF63-HRV	20	〃	20			〃	20	〃	20						
	5.5	11.2	T20～T35	11	〃	30	〃	30	〃	30	〃	30			〃	30	〃	30	〃	30			〃	30	〃	30						
	7.5	14.6	T20～T35	15	〃	30	〃	30	〃	30	〃	30			〃	30	〃	30	〃	30			〃	30	〃	30						
	11	20.8	T25～T65	22	NF50-KC	50	NF63-CV	50	〃	50	〃	50			〃	50	〃	50	〃	50			〃	50	〃	50						
	15	28.6	T35～T80	29			〃	60	〃	60	NF63-HV	60			〃	60			〃	60			〃	60	〃	60						
	18.5	34.1	T50～T100	35			〃	60	〃	60	NF125-CV	60			〃	60			〃	60			〃	60	〃	60						
	22	40.7	〃	42							〃	75			〃	75			〃	75			〃	75	〃	75						
	30	55	T65～T100･N125	54							〃	100			〃	100			〃	100			〃	100	〃	100						
	37	68	T80･T100･N125･N150	67							〃	100			〃	100			〃	100			〃	100	〃	100						
	45	83.5	T100･N125･N150	82									NF250-CV	125	NF250-SV	125					NF250-HV	125	NF250-RV	125	NF250-UV	125						
Y-Δ始動 直入れ始動	5.5	11.2	—	11			NF63-CV	30	NF63-SV	30	NF63-HV	30			NF125-SV	30	NF63-HRV	30	NF125-HV	30			NF125-RV	30	NF125-UV	30						
	7.5	14.6	—	15			〃	40	〃	40	〃	40			〃	40	〃	40	〃	40			〃	40	〃	40						
	11	20.8	—	22			〃	50	〃	50	〃	50			〃	50	〃	50	〃	50			〃	50	〃	50						
	15	28.6	—	29			〃	60	〃	60	NF125-CV	60			〃	60			〃	60			〃	60	〃	60						
	18.5	34.1	—	35			〃	60	〃	60	〃	60			〃	60			〃	60			〃	60	〃	60						
	22	40.7	—	42							〃	75			〃	75			〃	75			〃	75	〃	75						
	30	55	—	54							〃	100			〃	100			〃	100			〃	100	〃	100						
	37	68	—	67							〃	100			〃	100			〃	100			〃	125	〃	100						
	45	83.5	—	82									NF250-CV	150	NF250-SV	150					NF250-HV	150	NF250-RV	150	NF250-UV	150						
	55	101	N125～N220	105									〃	175	〃	175					〃	175	〃	175	〃	175						

注　(1)フレーム対応表はL(名)02031-F(1702)MEEを基に作成した。
(2)高効率モータに適用する場合、電磁接触器の電気的耐久性が低下する場合があります。 (3)NF250-SVの遮断容量は36kAです。
備考 (1) 選定は右表の始動条件を目安に行っています。
(2) 一般的にY-Δ始動では大きな過渡突入電流が流れることが知られているOpen transition方式を想定した。
(3) Δ切替時の突入電流はY始動時の残留磁束やΔ投入位相あるいは電源トランスの容量により変動しますが概ね右表の値以下です。
(4) 保護協調の検討は40℃コールドスタートとした。
(5) 定格( )は飽和リアクトル付サーマルリレーを使用した場合を示す。

選定上の始動条件

電動機容量	始動突入電流(×全負荷電流)	
	直入れ始動	Y-Δ始動
0.2～7.5kW	12倍	16倍
11～45	12	17
55	12	18

表 9. 3. 4　AC200/220V三相誘導電動機用

	電動機 4極の場合		電磁開閉器(注1)(注2)		遮断容量 kA AC230V (Icu sym)																							
					2.5		2.5(注3)		5		7.5		15(注4)		25		30(注5)		50		85		100		150			
	出力 kW	全負荷電流A	形　名	ヒータ称呼A	形　名	定格	形　名	定格	形　名	定格	形　名	定格	形　名	定格	形　名	定格	形　名	定格	形　名	定格	形　名	定格	形　名	定格	形　名	定格	形　名	定格
直入れ始動	0.75	3.6	T10～T21	3.6	NV30-CS	10	NV30-FA	15	NV30-KC	10	NV63-CV	10	NV32-SV	(15)	NV63-HV	(15)			NV125-SV	(15)			NV125-HV	(15)				
	1.5	6.4	T10～T25	6.6	〃	15	〃	30	〃	15	〃	15	〃	15	〃	15			〃	15			〃	(15)				
	2.2	9.4	T10～T35	9	〃	20	〃	30	〃	20	〃	20	〃	20	〃	20			〃	20			〃	20				
	3.7	15	T20～T35	15	〃	30	NV50-FA	50	〃	30	〃	30	〃	30	〃	30			〃	30			〃	30				
	5.5	22.3	T25～T65	22	NV50-CSA	50			NV50-KC	50	〃	50	NV63-SV	50	〃	50			〃	50			〃	50				
	7.5	29.1	T35～T80	29					NV100-KC	60	〃	60	〃	60	〃	60			〃	60			〃	60				
	11	41.6	T50～T100	42					〃	100							NV125-CV	75	〃	75			〃	75				
	15	57.1	T65･T100･N125	54													〃	100	〃	100			〃	100				
Y-Δ始動 直入れ始動	5.5	22.3	—	22					NV50-KC	50	NV63-CV	50	NV63-SV	50	NV63-HV	50			NV125-SV	50			NV125-HV	50				
	7.5	29.1	—	29					NV100-KC	75	〃	60	〃	60	〃	60	NV125-CV	60	〃	60			〃	60				
	11	41.6	—	42					〃	100							〃	75	〃	75			〃	75				
	15	57.1	—	54													〃	100	〃	100			〃	100				
	18.5	68.2	T80･T100･N125	67													〃	100	〃	100			〃	100				
	22	81.4	T100･N125･N150	82													NV250-CV	150			NV250-SV	150	NV250-HV	150				
	30	110	N125～N220	105													〃	175			〃	175	〃	175				
	37	136	N150～N220	125													〃	225			〃	225	〃	225				
	45	167	N180～N400	150															NV400-CW	350	NV400-SW	250	NV400-HEW	250	NV400-REW	250		
	55	202	N220～N400	180															NV630-CW	500	NV400-SEW NV400-SW	300 350	〃	300	〃	300		

注　(1)フレーム対応表はL(名)01034-Bを基に作成した。　(2)高効率モータに適用する場合、電磁接触器の電気的耐久性が低下する場合があります。
(3)NV30-FA　5A定格の遮断容量は1.5kAです。　(4)NV32-SVの遮断容量は10kAです。　(5)NV250-CVの遮断容量は36kAです。

表 9. 3. 5　AC400/440V三相誘導電動機用

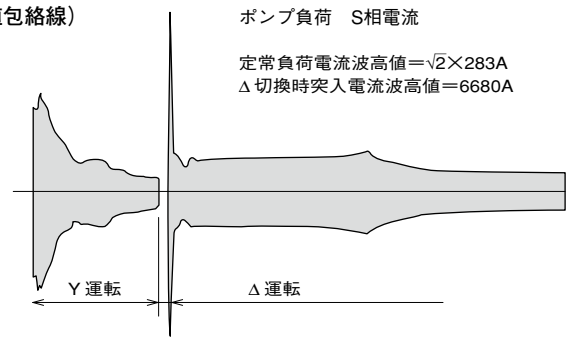
	電動機 4極の場合		電磁開閉器(注1)(注2)		遮断容量 kA AC415V (Icu sym)																			
					2.5		5		7.5		10		25		30(注3)		50		70					
	出力 kW	全負荷電流A	形　名	ヒータ称呼A	形　名	定格	形　名	定格	形　名	定格	形　名	定格	形　名	定格	形　名	定格	形　名	定格	形　名	定格				
直入れ始動	0.75	1.8	T10～T21	1.7	NV63-CV	5	NV32-SV	5	NV63-SV	5	NV63-HV	(15)			NV125-SV	(15)	NV125-HV	(15)						
	1.5	3.2	〃	3.6	〃	10	〃	10	〃	10	〃	(15)			〃	(15)	〃	(15)						
	2.2	4.7	〃	5	〃	10	〃	10	〃	10	〃	(15)			〃	(15)	〃	(15)						
	3.7	7.5	T12～T35	6.6	〃	20	〃	20	〃	20	〃	20			〃	20	〃	20						
	5.5	11.2	T20～T25	11	〃	30	〃	30	〃	30	〃	30			〃	30	〃	30						
	7.5	14.6	T20～T50	15	〃	30	〃	30	〃	30	〃	30			〃	30	〃	30						
	11	20.8	T25～T65	22	〃	50			〃	50	〃	50			〃	50	〃	50						
	15	28.6	T35～T80	29	〃	60			〃	60	〃	60			〃	60	〃	60						
	18.5	34.1	T50～T100	35							NV125-CV	60			〃	60	〃	60						
	22	40.7	〃	42							〃	75			〃	75	〃	75						
	30	55	T65～T100･N125	54							〃	100			〃	100	〃	100						
	37	68	T80･T100･N125･N150	67							〃	100			〃	100	〃	100						
	45	83.5	T100･N125･N150	82									NV250-CV	125	NV250-SV	125			NV250-HV	125				
Y-Δ始動 直入れ始動	5.5	11.2	—	11	NV63-CV	30	NV32-SV	30	NV63-SV	30	NV63-HV	30			NV125-SV	30	NV125-HV	30						
	7.5	14.6	—	15	〃	40			〃	40	〃	40			〃	40	〃	40						
	11	20.8	—	22	〃	50			〃	50	〃	50			〃	50	〃	50						
	15	28.6	—	29	〃	60			〃	60	NV125-CV	60			〃	60	〃	60						
	18.5	34.1	—	35							〃	60			〃	60	〃	60						
	22	40.7	—	42							〃	75			〃	75	〃	75						
	30	55	—	54							〃	100			〃	100	〃	100						
	37	68	—	67							〃	100			〃	100	〃	100						
	45	83.5	—	82									NV250-CV	150	NV250-SV	150			NV250-HV	150				
	55	101	N125～N220	105									〃	175	〃	175			〃	175				

注　(1)フレーム対応表はL(名)01034-Bを基に作成した。
(2)高効率モータに適用する場合、電磁接触器の電気的耐久性が低下する場合があります。　(3)NV250-SVの遮断容量は36kAです。
備考　(1)選定は右表の始動条件を目安に行っています。
(2)一般的にY-Δ始動では大きな過渡突入電流が流れることが知られているOpen transition方式を想定した。
(3)Δ切替時の突入電流はY始動時の残留磁束やΔ投入位相あるいは電源トランスの容量により変動しますが概ね右表の値以下です。
(4)保護協調の検討は40℃コールドスタートとした。
(5)定格(　)は飽和リアクトル付サーマルリレーを使用した場合を示す。

選定上の始動条件

電動機容量	始動突入電流(×全負荷電流)	
	直入れ始動	Y-Δ始動
0.2～7.5kW	12倍	16倍
11～45	12	17
55	12	18

Y-Δ始動　始動電流波形例（波高値包絡線）



9 選定表

9. 4　溶接機回路

表 9. 4　スポット溶接機用 NFB（マグオンリ）選定表

溶接機の定格容量 kVA	溶接機の標準最大入力 kVA	単相200V 遮断器（マグオンリ）			単相400V 遮断器（マグオンリ）		
		形名	定格電流A	瞬時引きはずし設定値A	形名	定格電流A	瞬時引きはずし設定値A
12.5	50	NF125-SV NF125-CV	125	600±120	NF32-SV	30	300±60
	62.5		125	750±150	NF63-SV, CV	40	400±80
25	100		125	1400±280	NF63-SV, CV	50,60	600±120
	125		125		NF125-SV NF125-CV	50	750±150
50	200	NF250-SV NF250-CV	225	2250±450		100	1400±280
	250		225	3150±630		100	

備考（1）溶接機は同期投入方式の場合を示しています。
（2）NFBの形名は定格遮断容量より選定してください。いずれも特殊仕様品です。

9. 5　変圧器一次側回路

表 9. 5. 1　変圧器一次側用 NFB の選定 単相 210V

変圧器容量 kVA	定格一次電流 A	変圧器励突例①			変圧器励突例②			変圧器励突例③		
		第1波波高値(倍数)	形　名	定格 A	第1波波高値(倍数)	形　名	定格 A	第1波波高値(倍数)	形　名	定格 A
5	23.8	45	NF125-CV（注1） NF125-CV, NF125-SV, NF125-HV NF125-SEV, NF125-HEV	60 100 50	37	NF63-CV（注1） NF125-CV（注1） NF125-CV, NF125-SV	50 60 75	24	NF63-CV（注1） NF63-CV, NF63-SV NF125-CV（注2） NF125-SV	30 50 (50) 50
7.5	35.7	45	NF250-CV, NF250-SV, NF250-HV NF250-SEV, NF250-HEV	150 125	37	NF125-SEV NF125-CV（注1） NF250-CV, NF250-SV	50 75 125	24	NF63-CV（注1） NF125-CV（注1）（注2） NF125-CV, NF125-SV	50 60(50) 75
10	47.6	43	NF250-CV, NF250-SV, NF250-HV NF250-SEV, NF250-HEV	200 125	37	NF125-CV（注1） NF250-CV, NF250-SV NF250-SEV	100 175 125	24	NF125-CV（注1） NF125-CV, NF125-SV	60 100
15	71.4	43	NF400-CW NF400-SW NF400-SEW, NF400-HEW	400 300 200	35	NF250-CV, NF250-SV NF250-SEV	225 125	23	NF125-CV（注1） NF250-CV, NF250-SV	100 150
20	95.2	43	NF400-SW NF400-SEW, NF400-HEW	400 200	35	NF400-SW NF400-SEW	350 200	23	NF250-CV, NF250-SV NF250-SEV	200 125
30	143	37	NF400-SEW, NF400-HEW NF630-SW	200 500	34	NF400-SEW	200	23	NF400-SW NF400-SEW	300 200
50	238	35	NF630-SEW（注1） NF1000-SEW	300 500	34	NF630-SEW	300	23	NF400-SEW（注1） NF630-SEW	300 300
75	357	30	NF800-SEW（注1） NF1250-SEW	400 600	29	NF800-SEW（注1）	400	22	NF630-SEW	400
100	476	27	NF1600-SEW	800	28	NF1600-SEW	800	20	NF800-SEW（注1）	600
150	714	24	—	—	24	—	—	19	NF1600-SEW	800
200	952	21	—	—	22	—	—	19	—	—
300	1429	17	—	—	18	—	—	16	—	—
500	2381	—	—	—	17	—	—	—	—	—

表 9. 5. 2　変圧器一次側用 NV の選定 単相 210V

変圧器容量 kVA	定格一次電流 A	変圧器励突例①			変圧器励突例②			変圧器励突例③		
		第1波波高値(倍数)	形　名	定格 A	第1波波高値(倍数)	形　名	定格 A	第1波波高値(倍数)	形　名	定格 A
5	23.8	45	NV125-CV, NV125-SV, NV125-HV NV125-SEV, NV125-HEV	100 50	37	NV125-CV, NV125-SV NV125-SEV	75 50	24	NV63-CV, NV63-SV NV125-CV NV125-SV NV125-SEV	50 60 50 50
7.5	35.7	45	NV250-CV, NV250-SV, NV250-HV NV250-SEV, NV250-HEV	150 125	37	NV125-SEV NV250-CV, NV250-SV	50 125	24	NV125-CV, NV125-SV NV125-SEV	75 50
10	47.6	43	NV250-CV, NV250-SV, NV250-HV NV250-SEV, NV250-HEV	200 125	37	NV250-CV, NV250-SV NV250-SEV	175 125	24	NV125-CV, NV125-SV NV250-CV, NV250-SV	100 125
15	71.4	43	NV400-CW NV400-SW NV400-SEW, NV400-HEW	400 300 200	35	NV250-CV, NV250-SV NV250-SEV	225 125	23	NV250-CV, NV250-SV NV250-SEV	150 125
20	95.2	43	NV400-SW NV400-SEW, NV400-HEW	400 200	35	NV400-SW NV400-SEW	350 200	23	NV250-CV, NV250-SV NV250-SEV	200 125
30	143	37	NV400-SEW, NV400-HEW NV630-SEW	200 300	34	NV400-SEW	200	23	NV400-SW NV400-SEW	300 200
50	238	35	—	—	34	NV630-SEW	300	23	NV630-SEW NV800-SEW	300 400
75	357	30	—	—	29	—	—	22	NV630-SEW	400
100	476	27	—	—	28	—	—	20	—	—
150	714	24	—	—	24	—	—	19	—	—
200	952	21	—	—	22	—	—	19	—	—
300	1429	17	—	—	18	—	—	16	—	—
500	2381	—	—	—	17	—	—	—	—	—

注　（1）変圧器一次側用高インストブレーカ（特殊品）での選定例です。
（2）（　）定格は特殊品です。

備考（1）定格電流が可調整となっている遮断器では、定格電流設定値を示します。
（2）励磁突入電流第１波波高値は各表中の第１波波高値の倍数を基準として計算し遮断器の瞬時引きはずし電流下限波高値を越えないこと。また、変圧器定格電流値が遮断器定格電流の0.9倍を越えないこととして選定しています。第１波波高値の倍数が、各表中と異なる場合は個別に選定が必要となります。

表 9. 5. 3　変圧器一次側用 NFB の選定 単相 420V

変圧器容量 kVA	定格一次電流 A	変圧器励突例①			変圧器励突例②			変圧器励突例③		
		第1波波高値(倍数)	形　　名	定格 A	第1波波高値(倍数)	形　　名	定格 A	第1波波高値(倍数)	形　　名	定格 A
5	11.9	45	NF63-CV（注1） NF63-CV, NF63-SV, NF63-HV NF63-HRV, NF125-CV, NF125-SV, NF125-HV	30 50 50	37	NF32-SV NF63-CV, NF63-SV NF125-SV	15 15 15	24	NF32-SV, NF63-CV, NF63-SV NF50-KC NF125-SV	15 40 15
7.5	17.9	45	NF63-CV（注1） NF125-CV, NF125-SV, NF125-HV	50 75	37	NF63-CV（注1） NF63-CV, NF63-SV NF125-CV, NF125-SV	40 60 60	24	NF32-SV, NF63-CV, NF63-SV NF125-SV NF125-CV（注2）	30 30 (50)
10	23.8	43	NF125-CV（注1） NF125-CV, NF125-SV, NF125-HV	60 100	37	NF63-CV（注1） NF125-CV, NF125-SV	50 75	24	NF63-CV（注1） NF63-CV, NF63-SV NF125-CV（注2） NF125-SV	30 50 (50) 50
15	35.7	43	NF125-CV（注1） NF250-CV, NF250-SV, NF250-HV NF250-SEV, NF250-HEV	100 150 125	35	NF125-CV（注1）	75	23	NF63-CV（注1） NF125-CV（注1）（注2） NF125-CV, NF125-SV	50 60(50) 75
20	47.6	43	NF250-CV, NF250-SV, NF250-HV NF250-SEV, NF250-HEV	200 125	35	NF125-CV（注1） NF250-CV, NF250-SV NF250-SEV	100 150 125	23	NF125-CV（注1） NF125-CV, NF125-SV	60 100
30	71.4	37	NF250-SEV, NF250-HEV NF400-CW NF400-SW	125 350 250	34	NF250-CV, NF250-SV NF250-SEV	225 125	23	NF125-CV（注1） NF250-CV, NF250-SV	100 150
50	119	35	NF400-SW NF400-SEW, NF400-HEW	400 200	34	NF400-SW NF400-SEW	400 200	23	NF250-SEV	150
75	179	30	NF400-SEW, NF400-HEW NF630-SW NF630-SEW, NF630-HEW	200 500 300	29	NF400-SEW	200	22	NF400-SW NF400-SEW	400 200
100	238	27	NF400-SEW（注1） NF630-SW NF630-SEW, NF630-HEW	300 600 300	28	NF400-SEW（注1） NF630-SEW	300 300	20	NF400-SEW	350
150	357	24	NF630-SEW（注1）	400	―	―	―	19	NF400-SEW（注1） NF630-SEW	400 400
200	476	21	NF800-SEW（注1）	600	22	NF800-SEW（注1）	600	19	NF800-SEW（注1）	600
300	714	17	NF1250-SEW	800	18	NF1600-SEW	800	16	NF1250-SEW	800
500	1190	―	―	―	17	―	―	―	―	―

表 9. 5. 4　変圧器一次側用 NV の選定 単相 420V

変圧器容量 kVA	定格一次電流 A	変圧器励突例①			変圧器励突例②			変圧器励突例③		
		第1波波高値(倍数)	形　　名	定格 A	第1波波高値(倍数)	形　　名	定格 A	第1波波高値(倍数)	形　　名	定格 A
5	11.9	45	NV63-CV, NV63-SV, NV63-HV NV125-CV NV125-SV, NV125-HV	50 60 50	37	NV32-SV NV63-CV, NV63-SV NV125-SV	15 15 15	24	NV32-SV NV63-CV, NV63-SV NV125-SV	15 15 15
7.5	17.9	45	NV125-CV, NV125-SV, NV125-HV	75	37	NV63-CV, NV63-SV NV125-CV, NV125-SV	60 60	24	NV32-SV NV63-CV, NV63-SV NV125-SV	30 30 30
10	23.8	43	NV125-CV, NV125-SV, NV125-HV NV125-SEV, NV125-HEV	100 50	37	NV125-CV, NV125-SV NV125-SEV	75 50	24	NV63-CV, NV63-SV NV125-CV NV125-SV	50 60 50
15	35.7	43	NV250-CV, NV250-SV, NV250-HV NV250-SEV, NV250-HEV	150 125	35	NV125-SEV	50	23	NV125-CV, NF125-SV NV125-SEV	75 50
20	47.6	43	NV250-CV, NV250-SV, NV250-HV NV250-SEV, NV250-HEV	200 125	35	NV250-CV, NV250-SV NV250-SEV	150 125	23	NV125-CV, NF125-SV NV125-SEV	100 60
30	71.4	37	NV250-SEV, NV250-HEV NV400-CW NV400-SW	125 350 250	34	NV250-CV, NV250-SV NV250-SEV	225 125	23	NV250-SV, NV250-SV NV250-SEV	150 125
50	119	35	NV400-SW NV400-SEW, NV400-HEW	400 200	34	NV400-SW NV400-SEW	400 200	23	NV250-SEV	150
75	179	30	NV400-SEW, NV400-HEW NV630-SEW, NV630-HEW	200 300	29	NV400-SEW	200	22	NV400-SW NV400-SEW	400 200
100	238	27	NV630-SEW, NV630-HEW NV800-SEW, NV800-HEW	300 400	28	NV630-SEW NV800-SEW	300 400	20	NV400-SEW	350
150	357	24	―	―	24	―	―	19	NV630-SEW NV800-SEW	400 400
200	476	21	―	―	22	―	―	19	―	―
300	714	17	―	―	18	―	―	16	―	―
500	1190	―	―	―	―	―	―	―	―	―

注　(1) 変圧器一次側用高インストブレーカ（特殊品）での選定例です。
　　(2) (　) 定格は特殊品です。

備考 (1) 定格電流が可調整となっている遮断器では、定格電流設定値を示します。
　　(2) 励磁突入電流第 1 波波高値は各表中の第 1 波波高値の倍数を基準として計算し遮断器の瞬時引きはずし電流下限波高値を越えないこと。また、変圧器定格電流値が遮断器定格電流の0.9倍を越えないこととして選定しています。第 1 波波高値の倍数が、各表中と異なる場合は個別に選定が必要となります。

9 選定表

表 9. 5. 5　変圧器一次側用 NFB の選定 三相 210V

変圧器容量 kVA	定格一次電流 A	変圧器励突例①			変圧器励突例②			変圧器励突例③		
		第1波波高値(倍数)	形　　名	定格 A	第1波波高値(倍数)	形　　名	定格 A	第1波波高値(倍数)	形　　名	定格 A
5	13.7	25	NF32-SV NF63-CV, NF63-SV, NF63-HV NF63-HRV, NF125-SV, NF125-HV	20 20 20	26	NF50-KC NF32-SV, NF63-CV, NF63-SV NF125-SV	50 20 20	18	NF32-SV, NF63-CV, NF63-SV NF50-KC NF125-SV	20 40 20
7.5	20.6	25	NF63-CV（注1） NF63-CV, NF63-SV, NF63-HV NF125-CV（注2） NF63-HRV, NF125-SV, NF125-HV	30 50 (50) 50	26	NF63-CV（注1） NF63-CV, NF63-SV NF125-CV, NF125-SV NF100-KC	30 50 50 75	18	NF32-SV, NF63-CV, NF63-SV NF125-CV（注2） NF125-SV	30 (50) 30
10	27.5	24	NF63-CV（注1） NF63-CV, NF63-SV, NF63-HV NF125-CV（注1） NF125-CV, NF125-SV, NF125-HV	40 60 50 60	26	NF63-CV（注1） NF63-CV, NF63-SV NF125-CV, NF125-SV NF100-KC	40 60 60 100	18	NF63-CV, NF63-SV NF125-CV（注2） NF125-SV NF100-KC	50 (50) 50 75
15	41.2	24	NF63-CV（注1） NF125-CV, NF125-SV, NF125-HV	50 100	26	NF125-CV（注1） NF125-CV, NF125-SV	60 100	18	NF63-CV（注1） NF63-CV, NF63-SV NF125-CV, NF125-SV	50 63 75
20	55.0	20	NF125-CV（注1） NF125-CV, NF125-SV, NF125-HV	75 100	26	NF125-CV（注1） NF125-SEV NF250-CV, NF250-SV	75 75 150	18	NF125-CV（注1） NF125-CV, NF125-SV	75 100
30	82.5	20	NF125-CV（注1） NF250-CV, NF250-SV, NF250-HV NF250-SEV, NF250-HEV	100 150 125	26	NF250-CV, NF250-SV NF250-SEV	200 125	18	NF125-CV（注1） NF250-CV, NF250-SV	100 150
50	137	20	NF250-SEV, NF250-HEV NF400-CW NF400-SW	175 350 250	23	NF400-CW NF400-SW NF400-SEW	400 300 200	16	NF250-CV, NF250-SV NF250-SEV	200 175
75	206	21	NF400-SW NF400-SEW, NF400-HEW	400 250	18	NF400-SW NF400-SEW	350 250	14	NF400-SW NF400-SEW	300 250
100	275	21	NF400-SEW（注1） NF630-SW NF630-SEW, NF630-HEW	350 600 350	17	NF400-SEW	350	13	NF400-SW NF400-SEW	350 300
150	412	17	NF630-SEW, NF630-HEW	500	14	NF630-SEW	500	13	NF630-SW NF630-SEW	500 500
200	550	16	NF800-SEW（注1）	700	13	NF800-SEW	700	12	NF800-SEW	700
300	825	16	NF1600-SEW	1000	13	NF1250-SEW	1000	12	NF1000-SEW	1000
500	1375	—	—	—	11	NF1600-SEW	1600	11	NF1600-SEW	1600

表 9. 5. 6　変圧器一次側用 NV の選定 三相 210V

変圧器容量 kVA	定格一次電流 A	変圧器励突例①			変圧器励突例②			変圧器励突例③		
		第1波波高値(倍数)	形　　名	定格 A	第1波波高値(倍数)	形　　名	定格 A	第1波波高値(倍数)	形　　名	定格 A
5	13.7	25	NV32-SV NV63-CV, NV63-SV, NV63-HV NV125-SV, NV125-HV	20 20 20	26	NV32-SV NV63-CV, NV63-SV NV50-KC NV125-SV	20 20 50 20	18	NV32-SV NV63-CV, NV63-SV NV50-KC NV125-SV	20 20 40 20
7.5	20.6	25	NV63-CV, NV63-SV, NV63-HV NV125-CV NV125-SV, NV125-HV	50 60 50	26	NV63-CV, NV63-SV NV125-CV NV125-SV NV100-KC	50 60 50 75	18	NV32-SV NV63-CV, NV63-SV NV125-SV	30 30 30
10	27.5	24	NV63-CV, NV63-SV, NV63-HV NV125-CV, NV125-SV, NV125-HV	60 60	26	NV63-CV, NV63-SV NV125-CV, NV125-SV NV100-KC	60 60 100	18	NV63-CV, NV63-SV NV125-CV NV125-SV NV100-KC	50 60 50 75
15	41.2	24	NV125-CV, NV125-SV, NV125-HV NV125-SEV, NV125-HEV	100 50	26	NV125-CV, NV125-SV NV125-SEV	100 50	18	NV63-CV, NV63-SV NV125-CV, NV125-SV	63 75
20	55.0	20	NV125-CV, NV125-SV, NV125-HV NV125-SEV, NV125-HEV	100 75	26	NV125-SEV NV250-CV, NV250-SV	75 150	18	NV125-CV, NV125-SV NV125-SEV	100 75
30	82.5	20	NV250-CV, NV250-SV, NV250-HV NV250-SEV, NV250-HEV	150 125	26	NV250-CV, NV250-SV NV250-SEV	200 125	18	NV250-CV, NV250-SV NV125-SEV	150 125
50	137	20	NV250-SEV, NV250-HEV NV400-CW NV400-SW	175 350 250	23	NV400-CW NV400-SW NV400-SEW	400 300 200	16	NV250-CV, NV250-SV NV250-SEV	200 175
75	206	21	NV400-SW NV400-SEW, NV400-HEW	400 250	18	NV400-SEW NV400-SW	250 350	14	NV400-SW NV400-SEW	300 250
100	275	21	NV630-SEW, NV630-HEW NV800-SEW, NV800-HEW	350 400	17	NV400-SEW	350	13	NV400-SW NV400-SEW	350 300
150	412	17	NV630-SEW, NV630-HEW NV1000-SB	500 1000	14	NV630-SEW NV800-SEW	500 500	13	NV630-SEW NV800-SEW	500 500
200	550	16	—	—	13	—	—	12	NV800-SEW	700
300	825	16	—	—	13	—	—	12	—	—
500	1375	—	—	—	11	—	—	11	—	—

注　(1) 変圧器一次側用高インストブレーカ（特殊品）での選定例です。
　　(2) (　) 定格は特殊品です。

備考 (1) 定格電流が可調整となっている遮断器では、定格電流設定値を示します。
　　(2) 励磁突入電流第 1 波波高値は各表中の第 1 波波高値の倍数を基準として計算し遮断器の瞬時引きはずし電流下限波高値を越えないこと。また、変圧器定格電流値が遮断器定格電流の0.9倍を越えないこととして選定しています。第 1 波波高値の倍数が、各表中と異なる場合は個別に選定が必要となります。

表 9. 5. 7　変圧器一次側用 NFB の選定 三相 420V

変圧器容量 kVA	定格一次電流 A	変圧器励突例①			変圧器励突例②			変圧器励突例③		
		第1波波高値(倍数)	形　　名	定格 A	第1波波高値(倍数)	形　　名	定格 A	第1波波高値(倍数)	形　　名	定格 A
5	6.9	32	NF32-SV NF63-CV, NF63-SV, NF63-HV NF63-HRV, NF125-SV, NF125-HV	10 10 15	26	NF30-CS, NF30-KC NF32-SV, NF63-CV, NF63-SV NF50-KC	30 10 30	18	NF30-KC, NF50-KC NF32-SV, NF63-CV, NF63-SV NF125-SV	20 10 15
7.5	10.3	32	NF32-SV NF63-CV, NF63-SV, NF63-HV NF63-HRV, NF125-SV, NF125-HV	15 15 15	26	NF32-SV, NF63-CV, NF63-SV NF50-KC NF125-SV	15 40 15	18	NF30-KC, NF50-KC NF32-SV, NF63-CV, NF63-SV NF125-SV	30 15 15
10	13.7	31	NF32-SV NF63-CV, NF63-SV, NF63-HV NF125-CV（注2） NF63-HRV, NF125-SV, NF125-HV	20 20 (50) 20	26	NF32-SV NF63-CV, NF63-SV NF50-KC NF125-SV	20 20 50 20	18	NF32-SV NF63-CV, NF63-SV NF50-KC NF125-SV	20 20 40 20
15	20.6	31	NF63-CV（注1） NF63-CV, NF63-SV, NF63-HV NF125-CV, NF125-SV, NF125-HV NF125-SEV, NF125-HEV	40 60 60 50	26	NF63-CV（注1） NF63-CV, NF63-SV NF125-CV, NF125-SV	30 50 50	18	NF32-SV, NF63-CV, NF63-SV NF50-KC NF125-CV（注2） NF125-SV	30 50 (50) 30
20	27.5	26	NF63-CV（注1） NF63-CV, NF63-SV, NF63-HV NF125-CV（注1） NF125-CV, NF125-SV, NF125-HV	40 60 50 60	26	NF63-CV（注1） NF63-CV, NF63-SV NF125-CV, NF125-SV	40 60 60	18	NF63-CV（注1） NF63-CV, NF63-SV NF125-CV, NF125-SV	40 50 50
30	41.2	24	NF63-CV（注1） NF125-CV（注1） NF125-CV, NF125-SV, NF125-HV	50 50 100	26	NF125-CV（注1） NF125-CV, NF125-SV	60 100	18	NF63-CV（注1） NF125-CV, NF125-SV	50 75
50	68.7	22	NF125-CV（注1） NF250-CV, NF250-SV, NF250-HV NF250-SEV, NF250-HEV	100 150 125	23	NF125-CV（注1） NF250-CV, NF250-SV	100 150	16	NF125-CV, NF125-SV	100
75	103	15	NF250-CV, NF250-SV, NF250-HV NF250-SEV, NF250-HEV	150 125	18	NF250-CV, NF250-SV NF250-SEV	175 125	14	NF250-CV, NF250-SV	150
100	137	15	NF250-CV, NF250-SV, NF250-HV NF250-SEV, NF250-HEV	200 175	17	NF250-CV, NF250-SV NF250-SEV	225 175	13	NF250-CV, NF250-SV	175
150	206	15	NF400-CW NF400-SW NF400-SEW, NF400-HEW	400 300 250	14	NF400-SW NF400-SEW	300 250	13	NF400-CW NF400-SW NF400-SEW	400 250 250
200	275	14	NF400-SW NF400-SEW, NF400-HEW	350 350	13	NF400-SW/SEW	350/350	12	NF400-SW NF400-SEW	350 350
300	412	10	NF630-CW NF630-SW NF630-SEW, NF630-HEW	600 500 500	13	NF630-SEW	500	12	NF630-SW NF630-SEW	500 500
500	687	15	NF800-SEW（注1） NF1250-SEW	800 800	11	NF800-SEW	800	11	NF800-SEW	800

表 9. 5. 8　変圧器一次側用 NV の選定 三相 420V

変圧器容量 kVA	定格一次電流 A	変圧器励突例①			変圧器励突例②			変圧器励突例③		
		第1波波高値(倍数)	形　　名	定格 A	第1波波高値(倍数)	形　　名	定格 A	第1波波高値(倍数)	形　　名	定格 A
5	6.9	32	NV32-SV（注1） NV63-CV, NV63-SV（注1） NV63-HV NV125-SV, NV125-HV	15(10) 15(10) 15 15	26	NV32-SV（注1） NV63-CV, NV63-SV（注1） NV125-SV	15(10) 15(10) 15	18	NV32-SV（注1） NV63-CV, NV63-SV（注1） NV125-SV	15(10) 15(10) 15
7.5	10.3	32	NV32-SV NV63-CV, NV63-SV, NV63-HV NV125-SV, NV125-HV	15 15 15	26	NV32-SV NV63-CV, NV63-SV NV125-SV	15 15 15	18	NV32-SV NV63-CV, NV63-SV NV125-SV	15 15 15
10	13.7	31	NV32-SV NV63-CV, NV63-SV, NV63-HV NV125-CV NV125-SV, NV125-HV	20 20 50 20	26	NV32-SV NV63-CV, NV63-SV NV125-SV	20 20 20	18	NV32-SV NV63-CV, NV63-SV NV125-SV	20 20 20
15	20.6	31	NV63-CV, NV63-SV, NV63-HV NV125-CV, NV125-SV, NV125-HV NV125-SEV, NV125-HEV	60 60 50	26	NV63-CV, NV63-SV NV125-CV NV125-SV	50 60 50	18	NV32-SV NV63-CV, NV63-SV NV125-SV	30 30 30
20	27.5	26	NV63-CV, NV63-SV, NV63-HV NV125-CV, NV125-SV, NV125-HV	60 60	26	NV63-CV, NV63-SV NV125-CV, NV125-SV	60 60	18	NV63-CV, NV63-SV NV125-CV NV125-SV	50 60 50
30	41.2	24	NV125-CV, NV125-SV, NV125-HV NV125-SEV, NV125-HEV	100 50	26	NV125-CV, NV125-SV NV125-SEV	100 50	18	NV125-CV, NV125-SV	75
50	68.7	22	NV250-CV, NV250-SV, NV250-HV NV250-SEV, NV250-HEV	150 125	23	NV250-CV, NV250-SV NV250-SEV	150 125	16	NV125-CV, NV125-SV	100
75	103	15	NV250-CV, NV250-SV, NV250-HV NV250-SEV, NV250-HEV	150 125	18	NV250-CV, NV250-SV NV250-SEV	175 125	14	NV250-CV, NV250-SV	150
100	137	15	NV250-CV, NV250-SV, NV250-HV NV250-SEV, NV250-HEV	200 175	17	NV250-CV, NV250-SV NV250-SEV	225 175	13	NV250-CV, NV250-SV	175
150	206	15	NV400-CW NV400-SW NV400-SEW, NV400-HEW	400 300 250	14	NV400-SW NV400-SEW	300 250	13	NV400-CW NV400-SW NV400-SEW	400 250 250
200	275	14	NV400-SW NV400-SEW, NV400-HEW	350 350	13	NV400-SW NV400-SEW	350 350	12	NV400-SW NV400-SEW	350 350
300	412	10	NV630-CW, NV630-SW NV630-SEW, NV630-HEW	600 500	13	NV630-SEW NV800-SEW	500 500	12	NV630-SEW	500
500	687	15	—	—	11	—	—	11	—	—

注　(1) 変圧器一次側用高インストブレーカ（特殊品）での選定例です。
　　(2) (　) 定格は特殊品です。

備考 (1) 定格電流が可調整となっている遮断器では、定格電流設定値を示します。
　　(2) 励磁突入電流第 1 波波高値は各表中の第 1 波波高値の倍数を基準として計算し遮断器の瞬時引きはずし電流下限波高値を越えないこと。また、変圧器定格電流値が遮断器定格電流の0.9倍を越えないこととして選定しています。第 1 波波高値の倍数が、各表中と異なる場合は個別に選定が必要となります。

9. 6　選択遮断組合せ

表 9. 6. 1　選択遮断組合せ表 AC415V（JIS C 8201-2-1、8201-2-2）

AC415V　sym kA

分岐回路遮断器		単体遮断容量 ＼ 主回路遮断器	電子式 NFB NF 125-SEV NF 125-HEV	NF 250-SEV NF 250-HEV	NF 400-SEW	NF 630-SEW	NF 800-CEW NF 800-SEW	NF 1000-SEW NF 1250-SEW	NF 1600-SEW
			70（注3）	70（注3）	50	50	50（注4）	85	85
NF－S・H・NV－S・H	NF32-SV	2.5	1.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5
	NV32-SV	5	1.5	2.5	5	5	5	5	5
	NF63-SV NV63-SV	7.5	1.5	2.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5
	NF63-HV NV63-HV	10	1.5	2.5	7.5	10	10	10	10
	NF50-HCW 5A以下	70	1.5	42	42	42	42	42	42
	NF50-HCW 5Aをこえる	70	1.5	7.5	30	30	30	30	30
	NF63-HRV	30	—	2.5	7.5	15	18	18	30
	NF125-SV NF125-SEV NV125-SV NV125-SEV	30（注3）	—	2.5	5	10	10	10	22
	NF125-HV NV125-HV	50	—	2.5	7.5	18	18	18	50
	NF250-SV NF250-SEV NV250-SV NV250-SEV	36	—	—	—	10	10	10	22
	NF250-HV NF250-HEV NV250-HV NV250-HEV	70	—	—	—	10	15	15	22
	NF400-SW NV400-SW	45	—	—	—	—	13	13	20
	NF400-SEW NV400-SEW	50	—	—	—	—	13	13	20
	NF630-SW NF630-SEW NV630-SW NV630-SEW	50	—	—	—	—	—	—	20
NF－C・NV－C	NF63-CV NV63-CV	2.5	1.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5
	NF125-CV NV125-CV	10	—	2.5	5	10	10	10	10
	NF250-CV NV250-CV	25	—	—	—	7.5	7.5	7.5	15
	NF400-CW NV400-CW	36	—	—	—	—	13	13	20
	NF630-CW NV630-CW	36	—	—	—	—	—	—	20
NF－U	NF125-RV	150	—	2.5	15	30	50	50	85
	NF125-UV	200	—	2.5	15	30	50	50	85
	NF250-RV	150	—	—	—	15	25	25	85
	NF250-UV	200	—	—	—	15	25	25	85
	NF400-UEW	200	—	—	—	—	15	15	25
	NF800-UEW	200	—	—	—	—	—	—	—
BH	240V以下 BH-K（注1） BH-P	2.5	1.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5
	BH-K（注2） BH-K100	2.5	1.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5

注　（1） 1 極 全定格および 2 極 10Aの場合です。
（2） 2 、 3 極 15〜50Aの場合です。
（3）SEVの場合は36kAです。
（4）CEWの場合は36kAです。
（5）SEVの場合は85kAです。
（6）CEWの場合は50kAです。

備考（1）主回路遮断器の瞬時引きはずし特性は最大値に設定しているものとします。
（2）過電流域の選択性については、別に動作特性曲線により協調性を確認してください。

AC230V　sym kA

分岐回路遮断器		単体遮断容量 ＼ 主回路遮断器	電子式 NFB NF 125-SEV NF 125-HEV	NF 250-SEV NF 250-HEV	NF 400-SEW	NF 630-SEW	NF 800-CEW NF 800-SEW	NF 1000-SEW NF 1250-SEW	NF 1600-SEW
			100（注5）	100（注5）	85	85	85（注6）	125	125
NF－S・H・NV－S・H	NF32-SV	7.5	1.5	2.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5
	NV32-SV	10	1.5	2.5	10	10	10	10	10
	NF63-SV NV63-SV	15	1.5	2.5	10	10	10	10	10
	NF63-HV NV63-HV	25	1.5	2.5	10	20	25	25	25
	NF63-HRV	85	—	2.5	10	20	65	65	85
	NF125-SV NF125-SEV NV125-SV NV125-SEV	50（注5）	—	2.5	7.5	15	18	18	50
	NF125-HV NV125-HV	100	—	2.5	10	25	35	35	100
	NF250-SV NF250-SEV NV250-SV NV250-SEV	85	—	—	—	10	10	10	50
	NF250-HV NF250-HEV NV250-HV NV250-HEV	100	—	—	—	10	10	10	50
	NF400-SW NV400-SW	85	—	—	—	—	13	13	20
	NF400-SEW NV400-SEW	85	—	—	—	—	13	13	20
	NF630-SW NF630-SEW NV630-SW NV630-SEW	85	—	—	—	—	—	—	20
NF－C・NV－C	NF63-CV NV63-CV	7.5	1.5	2.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5
	NF125-CV NV125-CV	30	—	2.5	7.5	10	15	15	25
	NF250-CV NV250-CV	36	—	—	—	7.5	7.5	7.5	25
	NF400-CW NV400-CW	50	—	—	—	—	13	13	20
	NF630-CW NV630-CW	50	—	—	—	—	—	—	20
NF－U	NF125-RV	150	—	2.5	22	65	85	85	125
	NF125-UV	200	—	2.5	22	65	85	85	125
	NF250-RV	150	—	—	—	—	50	50	125
	NF250-UV	200	—	—	—	—	50	50	125
	NF400-UEW	200	—	—	—	—	15	15	25
	NF800-UEW	200	—	—	—	—	—	—	—
BH・NF－KC・NV－KC	BH-K（注1） BH-P, BH-P100 BH-C1, BH-C2 BV-C1, BV-C2	2.5	1.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5
	NF30-KC NF50-KC NF100-KC MB30-KC MB50-KC NV30-KC NV50-KC NV100-KC MN30-KC MN50-KC BH-K（注2） BH-K100	5	1.5	2.5	5	5	5	5	5

表 9. 6. 2　選択遮断組合せ表 AE-SW シリーズ（JIS C 8201-2-1、8201-2-2）

AC415V　　sym kA

	主回路遮断器 / 単体遮断容量		低圧気中遮断器 AE-SW												
			AE630-SW	AE1000-SW	AE1250-SW	AE1600-SW	AE2000-SWA	AE2000-SW	AE2500-SW	AE3200-SW	AE4000-SWA	AE4000-SW	AE5000-SW	AE6300-SW
	分岐回路遮断器		65	65	65	65	65	85	85	85	85	130	130	130
NF-S・NV-S	NF32-SV	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5
	NV32-SV	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
	NF63-SV NV63-SV	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5
	NF63-HV NV63-HV	10	9(10)	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
	NF50-HCW 5Aは下	70	9(42)	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42
	NF50-HCW 5Aをこえる	70	9(30)	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
	NF63-HRV	30	9(30)	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
	NF125-SV NV125-SV	30	7(30)	20(30)	25(30)	30	30	30	30	30	30	30	30	30
	NF125-SEV NV125-SEV	36	7(36)	20(36)	25(36)	30(36)	36	36	36	36	36	36	36	36
	NF125-HV NV125-HV	50	9(50)	30(50)	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50
	NF250-SV NF250-SEV NV250-SV NV250-SEV	36	7(36)	14(36)	19(36)	25(36)	25(36)	36	36	36	36	36	36	36
	NF250-HV NF250-HEV NV250-HV NV250-HEV	70	7(65)	15(65)	25(65)	42(65)	42(65)	70	70	70	70	70	70	70
	NF400-SW NV400-SW	45	–	–	18(45)	24(45)	24(45)	33(45)	45(45)	45	45	45	45	45
	NF400-SEW NV400-SEW	50	9(50)	15(50)	18(50)	24(50)	24(50)	30(50)	39(50)	50	50	50	50	50
	NF400-HEW NV400-HEW	70	9(65)	15(65)	18(65)	24(65)	24(65)	30(70)	39(70)	70	70	70	70	70
	NF400-REW NV400-REW	125	9(65)	15(65)	18(65)	24(65)	24(65)	30(75)	39(75)	80	80	100	100	100
	NF630-SW NV630-SW	50	–	–	–	24(50)	24(50)	30(50)	37(50)	50	50	50	50	50
	NF630-SEW NV630-SEW	50	–	15(50)	18(50)	24(50)	24(50)	30(50)	37(50)	50	50	50	50	50
	NF630-HEW NV630-HEW	70	–	15(65)	18(65)	24(65)	24(65)	30(70)	37(70)	48(70)	48(70)	70	70	70
	NF630-REW	125	–	15(65)	18(65)	24(65)	24(65)	30(75)	37(75)	48(75)	48(75)	75(100)	75(100)	75(100)
	NF800-SEW NV800-SEW	50	–	–	18(50)	24(50)	24(50)	30(50)	37(50)	48(50)	48(50)	50	50	50
	NF800-HEW NV800-HEW	70	–	–	18(65)	24(65)	24(65)	30(70)	37(70)	48(70)	48(70)	70	70	70
	NF800-REW	125	–	–	18(65)	24(65)	24(65)	30(75)	37(75)	48(75)	48(75)	75(100)	75(100)	75(100)
NF-C・NV-C	NF63-CV NV63-CV	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5
	NF125-CV NV125-CV	10	9(10)	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
	NF250-CV NV250-CV	25	9(25)	15(25)	18(25)	25	25	25	25	25	25	25	25	25
	NF400-CW NV400-CW	36	–	15(36)	18(36)	24(36)	24(36)	25(36)	36	36	36	36	36	36
	NF630-CW NV630-CW	36	–	–	–	24(36)	24(36)	30(36)	36	36	36	36	36	36
	NF800-CEW	36	–	–	18(36)	24(36)	24(36)	30(36)	36	36	36	36	36	36
NF-U	NF125-RV	150	35(65)	65	65	65	65	85	85	85	85	125	125	125
	NF125-UV	200	50(65)	65	65	65	65	85	85	85	85	130	130	130
	NF250-RV	150	9(65)	50(65)	65	65	65	85	85	85	85	125	125	125
	NF250-UV	200	9(65)	65	65	65	65	85	85	85	85	130	130	130
	NF400-UEW	200	9(65)	15(65)	18(65)	29(65)	29(65)	48(75)	85	85	85	130	130	130
	NF800-UEW	200	–	–	18(65)	24(65)	24(65)	30(75)	37(75)	68(75)	68(75)	85(100)	85(100)	85(100)

AC230V　　sym kA

	主回路遮断器 / 単体遮断容量		低圧気中遮断器 AE-SW											
			AE630-SW	AE1000-SW	AE1250-SW	AE1600-SW	AE2000-SWA	AE2000-SW	AE2500-SW	AE3200-SW	AE4000-SWA	AE4000-SW	AE5000-SW	AE6300-SW
	分岐回路遮断器		65	65	65	65	65	85	85	85	85	130	130	130
NF-S・NV-S	NF32-SV	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5
	NV32-SV	10	9(10)	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
	NF63-SV NV63-SV	15	9(10)	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
	NF63-HV NV63-HV	25	9(25)	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25
	NF63-HRV	85	9(65)	50(65)	65	65	65	85	85	85	85	85	85	85
	NF125-SV NV125-SV	50	9(50)	45(50)	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50
	NF125-SEV NV125-SEV	85	9(65)	45(65)	50(65)	50(65)	50(65)	85	85	85	85	85	85	85
	NF125-HV NV125-HV	100	9(65)	50(65)	65	65	65	100	100	100	100	100	100	100
	NF250-SV NF250-SEV NV250-SV NV250-SEV	85	9(65)	20(65)	22(65)	42(65)	42(65)	50(85)	85	85	85	85	85	85
	NF250-HV NF250-HEV NV250-HV NV250-HEV	100	9(65)	25(65)	40(65)	65	65	85	85	85	85	100	100	100
	NF400-SW NV400-SW	85	–	–	20(65)	30(65)	30(65)	48(75)	70(75)	85	85	85	85	85
	NF400-SEW NV400-SEW	85	9(65)	15(65)	20(65)	30(65)	30(65)	48(75)	70(75)	85	85	85	85	85
	NF400-HEW NV400-HEW	100	9(65)	15(65)	20(65)	30(65)	30(65)	48(75)	70(75)	85	85	100	100	100
	NF400-REW NV400-REW	150	9(65)	15(65)	20(65)	30(65)	30(65)	48(75)	70(75)	85	85	130	130	130
	NF630-SW NV630-SW	85	–	–	–	24(65)	24(65)	30(75)	40(75)	60(75)	60(75)	75(85)	75(85)	75(85)
	NF630-SEW NV630-SEW	85	–	15(65)	18(65)	24(65)	24(65)	30(75)	40(75)	60(75)	60(75)	75(85)	75(85)	75(85)
	NF630-HEW NV630-HEW	100	–	15(65)	18(65)	24(65)	24(65)	30(75)	40(75)	60(75)	60(75)	75(100)	75(100)	75(100)
	NF630-REW	150	–	15(65)	18(65)	24(65)	24(65)	30(75)	40(75)	60(75)	60(75)	75(100)	75(100)	75(100)
	NF800-SEW NV800-SEW	85	–	–	18(65)	24(65)	24(65)	30(75)	40(75)	60(75)	60(75)	75(85)	75(85)	75(85)
	NF800-HEW NV800-HEW	100	–	–	18(65)	24(65)	24(65)	30(75)	40(75)	60(75)	60(75)	75(100)	75(100)	75(100)
	NF800-REW	150	–	–	18(65)	24(65)	24(65)	30(75)	40(75)	60(75)	60(75)	75(100)	75(100)	75(100)
NF-C・NV-C	NF63-CV NV63-CV	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5
	NF125-CV NV125-CV	30	9(30)	15(30)	18(30)	24(30)	24(30)	30	30	30	30	30	30	30
	NF250-CV NV250-CV	36	9(36)	15(36)	18(36)	24(36)	24(36)	36	36	36	36	36	36	36
	NF400-CW NV400-CW	50	–	15(50)	20(50)	27(50)	27(50)	42(50)	50	50	50	50	50	50
	NF630-CW NV630-CW	50	–	–	–	24(50)	24(50)	30(50)	40(50)	50	50	50	50	50
	NF800-CEW	50	–	–	18(50)	24(50)	24(50)	30(50)	40(50)	50	50	50	50	50
NF-U	NF125-RV	150	65	65	65	65	65	85	85	85	85	130	130	130
	NF125-UV	200	65	65	65	65	65	85	85	85	85	130	130	130
	NF250-RV	150	9(65)	65	65	65	65	85	85	85	85	130	130	130
	NF250-UV	200	9(65)	65	65	65	65	85	85	85	85	130	130	130
	NF400-UEW	200	9(65)	15(65)	18(65)	29(65)	29(65)	48(75)	85	85	85	130	130	130
	NF800-UEW	200	–	–	18(65)	24(65)	24(65)	30(75)	37(75)	68(75)	68(75)	85(100)	85(100)	85(100)

備考（1）表の数値は主回路遮断器、分岐回路遮断器とも最大定格電流を設定し、主回路遮断器の最大瞬時ピックアップ設定での選択協調です。

（2）（ ）内の数値はAE-SWシリーズの引きはずしリレーがMCR付（MCR側にセットした時）の値を示します。

9 選定表

9. 7　カスケード遮断

表 9. 7. 1 カスケード遮断組合せ表 AC415V（JIS C 8201-2-1、8201-2-2）

sym kA

被バックアップ遮断器		導体断面積mm²	バックアップ遮断器 NF-S/R・NV-S/R																NF-C・NV-C				NF-R/U						
			NF125-SV NV125-SV	NF125-HV NV125-HV	NF250-SV NV250-SV	NF250-HV NV250-HV	NF400-SW NV400-SW	NF400-HEW NV400-HEW	NF400-REW NV400-REW	NF630-SW NV630-SW	NF630-HEW NV630-HEW	NF630-REW	NF800-SEW NV800-SEW	NF800-HEW NV800-HEW	NF800-REW	NF1000-SEW, NF1250-SEW NF1600-SEW	NV1000-SB NV1200-SB	NF250-CV NV250-CV	NF400-CW NV400-CW	NF630-CW NV630-CW	NF800-CEW	NF125-RV	NF125-UV	NF250-RV	NF250-UV	NF400-UEW	NF800-UEW	NF1200-UR
			30	50	36	70	45	70	125	50	70	125	50	70	125	85	85	25	36	36	36	150	200	150	200	200	200	125
NF—S・NF—H・NV—S・NV—H	NF32-SV	2.5	10	14	5	5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	5	—	—	—	35	125	35	50	—	—	—
	NV32-SV	5	14	14	10	10	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	50	125	35	50	—	—	—
	NF63-SV	7.5	14	20	15	10	15	10	10	10	10	10	10	10	10	—	10	—	10	10	—	50	125	50	50	10	10	—
	NV63-SV	7.5	14	20	10	10	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	10	10	—	50	125	50	50	—	—	—
	NF63-HV NV63-HV	10	20	30	18	—	15	15	15	14	14	14	—	—	—	—	—	—	—	—	—	125	125	50	50	—	—	—
	NF50-HCW	70	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	125	200	—	—	—	—	—
	NF63-HRV	30	—	50	—	42	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	125	200	125	200	200	85	—
	NF125-SV NV125-SV	30	—	50	—	42	35	35	35	35	35	35	—	35	35	—	—	—	—	—	—	125	200	125	200	50	35	—
	NF125-HV NV125-HV	50	—	—	—	—	—	65	65	—	65	65	—	65	65	—	—	—	—	—	—	125	200	125	200	200	85	65
	NF250-SV NV250-SV	36	—	—	—	—	35	50	50	35	50	50	35	50	50	—	—	—	—	—	—	—	—	125	200	85	85	—
	NF250-HV NV250-HV	70	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	125	200	200	200	—
	NF400-SW NV400-SW	45	—	—	—	—	—	65	65	—	65	65	—	65	65	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	200	200	—
	NF400-SEW NV400-SEW	50																										
	NF630-SW NF630-SEW NV630-SW NV630-SEW	50	—	—	—	—	—	—	—	—	65	65	—	65	65	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	200	—
NF—C・NV—C	NF63-CV NV63-CV	2.5	10	14	5	5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	5	—	—	—	35	125	35	50	5	—	—
	NF125-CV NV125-CV	10	20	30	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	—	14	—	14	14	14	125	200	50	125	14	14	—
	NF250-CV NV250-CV	25	—	—	—	—	30	30	30	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	125	200	50	—	—
	NF400-CW NV400-CW	36	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	50	50	—
	NF630-CW NV630-CW	36	—	—	—	—	—	—	—	42	50	50	42	50	50	42	42	—	—	—	—	—	—	—	—	—	200	42
BH・KC	240V以下 BH-K BH-P	2.5	18	30	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	125	200	—	—	—	—	—
	BH-K (注1) BH-K100	2.5	5	5	5	5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	5	—	—	—	125	200	—	—	—	—	—
	NF30-KC NF50-KC	1.5	5	5	5	5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

注（1）2、3極の15～50Aの場合です。

表 9. 7. 2 カスケード遮断組合せ表 AC230V（JIS C 8201-2-1、8201-2-2）

sym kA

被バックアップ遮断器		導体断面積(mm²)	NF-S/R・NV-S/R															NF-C・NV-C				NF-R/U						
			NF125-SV NV125-SV	NF125-HV NV125-HV	NF250-SV NV250-SV	NF250-HV NV250-HV	NF400-SW NV400-SW	NF400-HEW NV400-HEW	NF400-REW NV400-REW	NF630-SW NV630-SW	NF630-HEW NV630-HEW	NF630-REW	NF800-SEW NV800-SEW	NF800-HEW NV800-HEW	NF800-REW	NF1000-SEW, NF1250-SEW NF1600-SEW	NV1000-SB NV1200-SB	NF250-CV NV250-CV	NF400-CW NV400-CW	NF630-CW NV630-CW	NF800-CEW	NF125-RV	NF125-UV	NF250-RV	NF250-UV	NF400-UEW	NF800-UEW	NF1200-UR
バックアップ遮断器			50	100	85	100	85	100	150	85	100	150	85	100	150	125	125	36	50	50	50	150	200	150	200	200	200	170
NF—S・NF—H・NV—S・NV—H	NF32-SV	7.5	42	50	10	10	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	125	200	35	50	—	—	—
	NV32-SV	10	42	50	35	35	14	14	14	14	14	14	—	—	—	—	—	25	14	14	—	125	200	35	50	—	—	—
	NF63-SV	15	42	85	35	35	30	30	30	30	30	30	—	—	—	—	—	25	—	—	—	125	200	85	125	—	—	—
	NV63-SV	15	42	85	35	35	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	25	—	—	—	125	200	85	125	—	—	—
	NF63-HV NV63-HV	25	50	100	50	50	50	50	50	50	50	50	—	—	—	—	—	—	30	30	—	125	200	85	125	—	—	—
	NF63-HRV	85	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	125	200	125	200	200	125	—
	NF125-SV NV125-SV	50	—	100	—	85	85	85	85	85	85	85	—	—	—	—	—	—	—	—	—	125	200	125	200	200	125	—
	NF125-HV NV125-HV	100	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	125	200	125	200	200	125	—
	NF250-SV NV250-SV	85	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	125	200	200	125	—
	NF250-HV NV250-HV	100	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	125	200	200	200	—
	NF400-SW NV400-SW	85	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	100	100	—	—	—	—	—	—	—	—	200	200	100
	NF400-SEW NV400-SEW	85																										
	NF630-SW NF630-SEW NV630-SW NV630-SEW	85	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	100	100	—	—	—	—	—	—	—	—	—	200	100
NF—C・NV—C	NF63-CV NV63-CV	7.5	35	50	10	10	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	125	200	35	50	—	—	—
	NF125-CV NV125-CV	30	35	85	50	50	50	50	50	50	50	50	—	—	—	—	—	—	—	—	—	125	200	85	125	50	—	—
	NF250-CV NV250-CV	36	—	—	50	50	50	50	50	50	50	50	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	125	200	200	50	—
	NF400-CW NV400-CW	50	—	—	—	—	85	85	85	85	85	85	85	85	85	85	85	—	—	—	—	—	—	—	—	200	200	85
	NF630-CW NV630-CW	50	—	—	—	—	—	—	—	85	85	85	85	85	85	85	85	—	—	—	—	—	—	—	—	—	200	85
BH・KC	BH-K (注1) BH-P BH-P100	2.5	30	42	5	7.5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	5	—	—	—	125	200	—	—	—	—	—
	BH-K (注2) BH-K100	5	30	42	10	7.5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	10	—	—	—	125	200	—	—	—	—	—
	NF30-KC NF50-KC NF100-KC NV30-KC NV50-KC NV100-KC	5	30	42	10	7.5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	125	200	—	—	—	—	—

注（1） 1極の全定格、 2極の10Aの場合です。
（2） 2 、 3極の15～50Aの場合です。

三菱ノーヒューズ遮断器・漏電遮断器

ご採用に際してのご注意

●本製品を、原子力用、電力用、航空宇宙用、医療用、乗用移動体用の機器あるいはシステムなど特殊用途への適用をご検討の際には、当社の営業担当窓口までご照会ください。
●当社の責に帰すことができない事由から生じた損害、当社製品の故障に起因するお客様での機会損失、逸失利益、当社の予見の有無を問わず特別の事情から生じた損害、二次損害、事故補償、当社製品以外への損傷およびその他の業務に対する補償については、当社は責任を負いかねます。

⚠ 安全に関するご注意

●本カタログに記載された製品を正しくお使いいただくため、ご使用の前に必ず「取扱説明書」をよくお読みください。
●安全のため接続は電気工事、電気配線などの専門技術を有する人が行ってください。

三菱電機株式会社

〒100-8310　東京都千代田区丸の内2-7-3(東京ビル)

お問い合わせは下記へどうぞ

本社機器営業第一部 …… 〒100-8310 東京都千代田区丸の内2-7-3(東京ビル7F) …… (03)3218-6660
北海道支社 …… 〒060-8693 札幌市中央区北二条西4-1(北海道ビル5F) …… (011)212-3789
東北支社 …… 〒980-0013 仙台市青葉区花京院1-1-20(花京院スクエア) …… (022)216-4554
関越支社 …… 〒330-6034 さいたま市中央区新都心11-2(明治安田生命さいたま新都心ビル ランド・アクシス・タワー34F) …… (048)600-5845
新潟支店 …… 〒950-8504 新潟市中央区東大通2-4-10(日本生命ビル6F) …… (025)241-7227
神奈川支社 …… 〒220-8118 横浜市西区みなとみらい2-2-1(横浜ランドマークタワー18F) …… (045)224-2625
北陸支社 …… 〒920-0031 金沢市広岡3-1-1(金沢パークビル) …… (076)233-5501
中部支社 …… 〒450-6423 名古屋市中村区名駅3-28-12(大名古屋ビルヂング22F) …… (052)565-3341
豊田支店 …… 〒471-0034 豊田市小坂本町1-5-10(矢作豊田ビル) …… (0565)34-4112
関西支社 …… 〒530-8206 大阪市北区大深町4-20(グランフロント大阪タワーA) …… (06)6486-4096
中国支社 …… 〒730-8657 広島市中区中町7-32(ニッセイ広島ビル) …… (082)248-5296
四国支社 …… 〒760-8654 高松市寿町1-1-8(日本生命高松駅前ビル) …… (087)825-0072
九州支社 …… 〒810-8686 福岡市中央区天神2-12-1(天神ビル) …… (092)721-2243

電話技術相談窓口　受付時間　月曜～金曜　9:00～19:00、 土曜・日曜・祝日　9:00～17:00(春季・夏季・年末年始の休日を除く)

対象機種		電話番号
低圧遮断器	ノーヒューズ遮断器/漏電遮断器 MDUブレーカ/気中遮断器(ACB)/サーキットプロテクタなど	052-719-4559

お問い合わせの際には、今一度電話番号をお確かめの上、お掛け間違いのないようお願い致します。

FAX技術相談窓口　受付時間　月曜～金曜　9:00～16:00(祝日・当社休日を除く)

対象機種		FAX番号
低圧遮断器	ノーヒューズ遮断器/漏電遮断器 MDUブレーカ/気中遮断器(ACB)/サーキットプロテクタなど	084-926-8280

三菱電機FAサイトの「仕様・機能に関するお問い合わせ」もご利用ください。

三菱電機FAサイト

三菱電機 FA　検索
www.MitsubishiElectric.co.jp/fa

メンバー登録無料!

インターネットによる情報サービス「三菱電機FAサイト」

三菱電機FAサイトでは、製品や事例などの技術情報に加え、トレーニングスクール情報や各種お問い合わせ窓口をご提供しています。また、メンバー登録いただくとマニュアルやCADデータ等のダウンロード、eラーニングなどの各種サービスをご利用いただけます。

Y-0657F　1809〈IP〉

この技術資料集は再生紙を使用しております。
この印刷物は、2018年9月の発行です。なお、お断りなしに仕様を変更することがありますのでご了承ください。

2018年9月作成