

第6章 保護リレーの種類と機能

6-1

Ⓔ 電気学会 実務に則した保護リレーシステム技術の基礎の学び方 調査専門委員会

目次

- 6. 1 保護リレーの種類「事故除去リレー」「事故波及防止リレー」
- 6. 2 送電線保護リレー
- 6. 3 母線保護リレー
- 6. 4 変圧器保護リレー
- 6. 5 配電線保護リレー
- 6. 6 過負荷防止リレー
- 6. 7 脱調防止リレー
- 6. 8 周波数異常防止リレー
- 6. 9 電圧異常防止リレー

概要

本章では5章で説明した「事故除去リレー」「事故波及防止リレー」のうち、電力系統で適用されている一般的な保護リレーの種類とその主検出リレーの特徴などについて説明する。

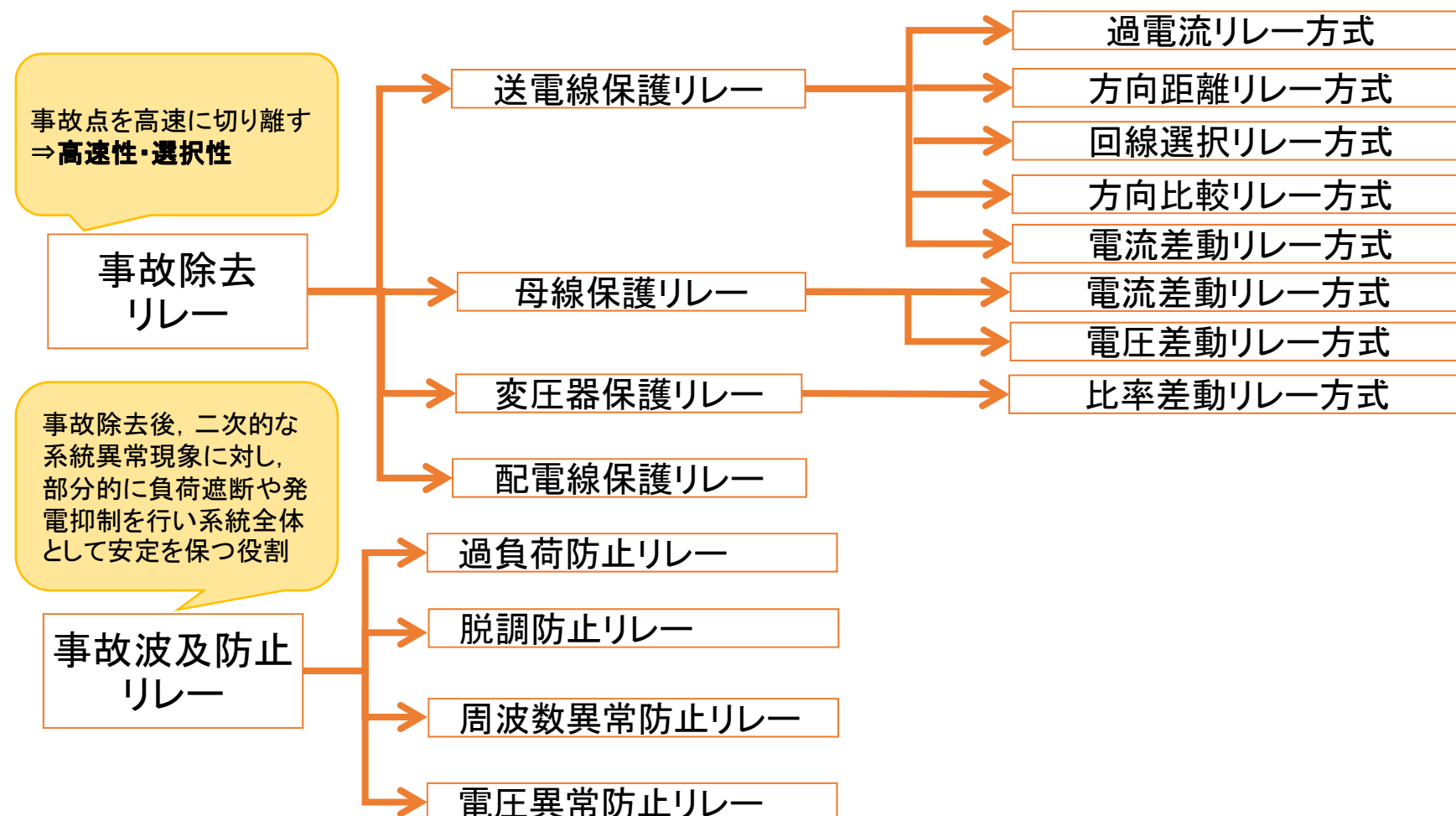
第6章 保護リレーの種類と機能

6-2

電気学会 実務に則した保護リレーシステム技術の基礎の学び方 調査専門委員会

6.1 保護リレーの種類「事故除去リレー」「事故波及防止リレー」

6.1.1 保護リレーの種類「事故除去リレー」「事故波及防止リレー」



第6章 保護リレーの種類と機能

電気学会 実務に則した保護リレーシステム技術の基礎の学び方 調査専門委員会

6.1 保護リレーの種類「事故除去リレー」「事故波及防止リレー」

6.1.2 電力系統拡大に応じた保護リレー方式の変遷

○多種多様な保護リレーがある理由

電力系統の大規模化・複雑化(3.2節参照)とともに、電力の供給信頼度と安全の確保への要求も高まり、保護リレーも年々変化する系統特性に対応し、様々な方式を適用してきた。

- ・電源分散化により両端電源系統が増加
⇒自端の保護リレーだけでは事故区間判別が困難
- ・系統拡大に伴う短絡容量の増加(事故波及への影響)
⇒同期安定性の維持や電線溶断を回避するため 両端同時遮断等の事故除去の高速化が必要となり、事故波及防止リレーの必要性も増加
- ・ケーブル系統増加に伴う静電容量の増加

保護リレー方式の変遷に関する参考文献

文献名称	出版元
技術報告第641号 保護リレーシステム基本技術体系	電気学会

		1950	1955	1960	1965	1970	1975	1980	1985	1990	現在	
保護リレーシステムの形態		電気機械形リレー			アナログ静止形リレー				デジタル形リレー			
送電線 保護方式	直接 接地系 〔500kV ～187kV〕		方向比較									
			位相比較									
									FM電流差動			
									PCM電流差動			
	高抵 抗接地系 〔154kV 以下〕	過電流										
		距離				系統拡大に最も影響を受けているのが、送電線保護リレーであり、 系統の拡大に応じて、様々な保護方式を開発・適用している。						
			回線選択									
			表示線									
			方向比較									
									FM電流差動		PCM電流差動	

系統拡大に最も影響を受けているのが、送電線保護リレーであり、系統の拡大に応じて、様々な保護方式を開発・適用している。

第6章 保護リレーの種類と機能

6-4

電気学会 実務に則した保護リレーシステム技術の基礎の学び方 調査専門委員会

コラム①

保護リレーの特性

保護リレー特性は電圧・電流・位相などの電気量をもとに、保護範囲に応じて、目的に適合した電氣的異常を検出できるよう工夫してつくられている。

各リレーの特性図に関する参考文献

〔保護リレー特性の例〕

○過電流リレーの特性

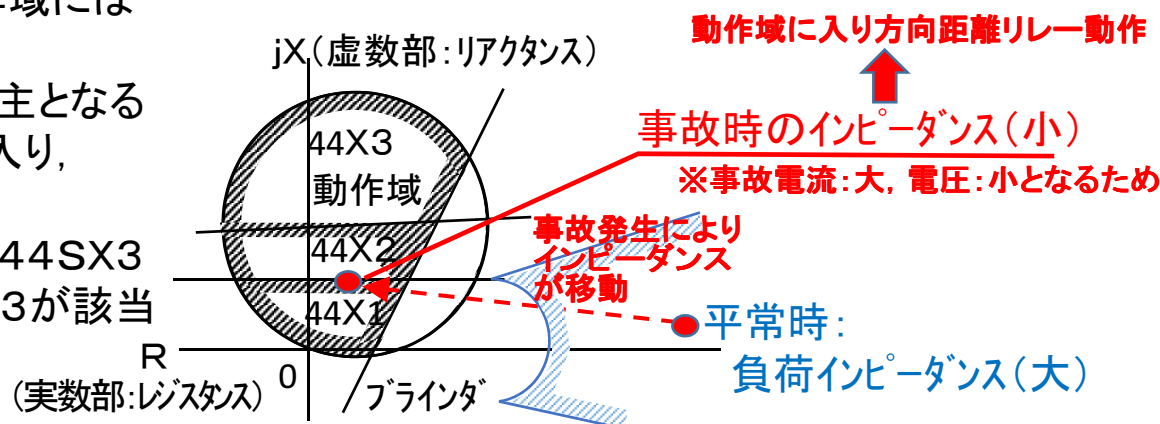
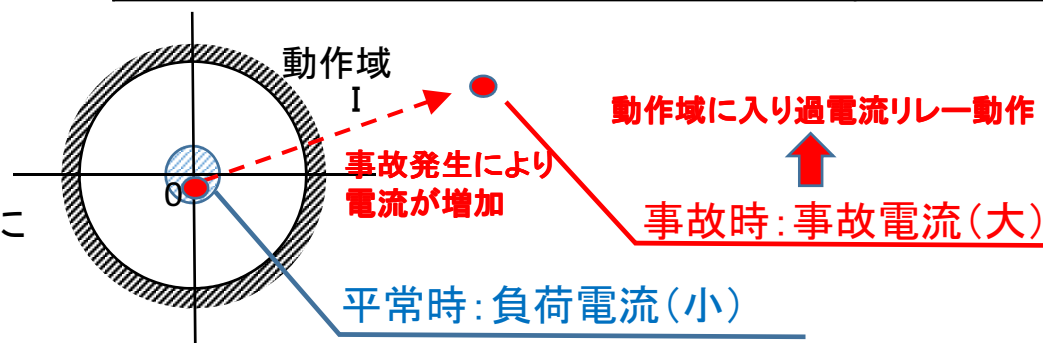
- ・方向によらず、一定以上の電流が流れたら動作する特性。

○方向距離リレーの特性

- ・電圧と電流で求められるインピーダンスによって応動する特性で、方向性がある。
- ・平常時は、負荷インピーダンスを測距し、負荷は抵抗分が大きいいため、動作域には入ってこない。
- ・事故時は送電線のリアクタンスが主となるため、動作域にインピーダンスが入り、動作する。

※右図の示す、44SX1・44SX2・44SX3は、6.2.2項に示すA1・A2・A3が該当する。

文献名称	出版元
技術報告第1331号 保護ルーの方式・運用の現状と海外技術動向	電気学会
保護ルーシステム工学	電気学会



第6章 保護リレーの種類と機能

6-5

電気学会 実務に則した保護リレーシステム技術の基礎の学び方 調査専門委員会

6.2 送電線保護リレー

送電線は広範囲に亘って施設されており、自然現象等の影響を受けやすいため、事故が発生する頻度が高く、送電線保護リレーは系統構成や重要度に応じて使い分けている。

6.2.1 過電流リレー方式

○概要

電流の大きさにて判別する方式。

○主なリレー構成

短絡 過電流リレー

地絡 地絡過電流リレー（または 地絡方向リレー）

○特徴

過電流リレー

- ・自端のみで検出する方式で、伝送路不要(最もシンプルで安価)
- ・事故区間の選択を時間協調で行うため、電源端に近いほど事故除去時間が延びる。
- ・方向性を持たないことから、外部事故で動作するおそれがあり、両端電源の系統では適用が困難(地絡過電流リレーの場合、充電電流が大きい系統では誤動作のおそれがあるため、適用できない)。
- ・負荷電流と比較して事故電流が大きい一端電源放射状系統に適用⇒配電線保護リレーとしても適用。

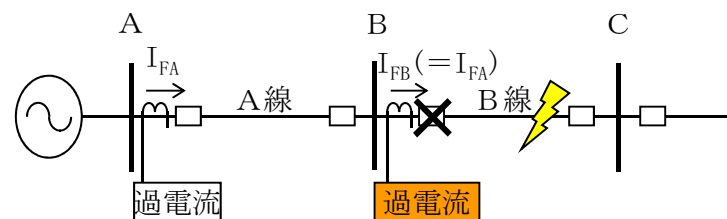
<参考>地絡方向リレー

- ・零相※の電圧・電流にて判定をするため方向性を有し、かつ潮流の影響を受けないため高感度で地絡検出が可能。
- ・事故区間の選択を時間協調で行う必要がある。

※零相電圧・電流は7.2.1項、7.2.2項参照

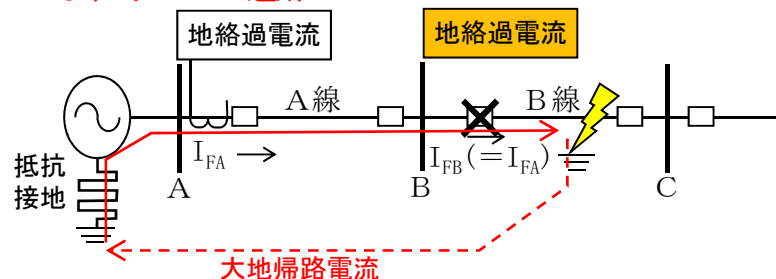
〔過電流リレー〕

A・Bリレーともに動作するが、時間協調(AよりBが先に動くよう設定)によりBリレーにて遮断



〔地絡過電流リレー〕

A・Bリレーともに動作するが、時間協調(AよりBが先に動くよう設定)によりBリレーにて遮断



過電流リレー、地絡方向リレーに関する参考文献

文献名称	出版元
技術報告第1331号 保護ルーの方式・運用の現状と海外技術動向	電気学会
保護ルーシステム工学	電気学会

第6章 保護リレーの種類と機能

6-6

電気学会 実務に則した保護リレーシステム技術の基礎の学び方 調査専門委員会

6.2 送電線保護リレー

6.2.2 方向距離リレー方式

○概要

電圧と電流から事故点までのインピーダンスを演算して判定。

○主なリレー構成

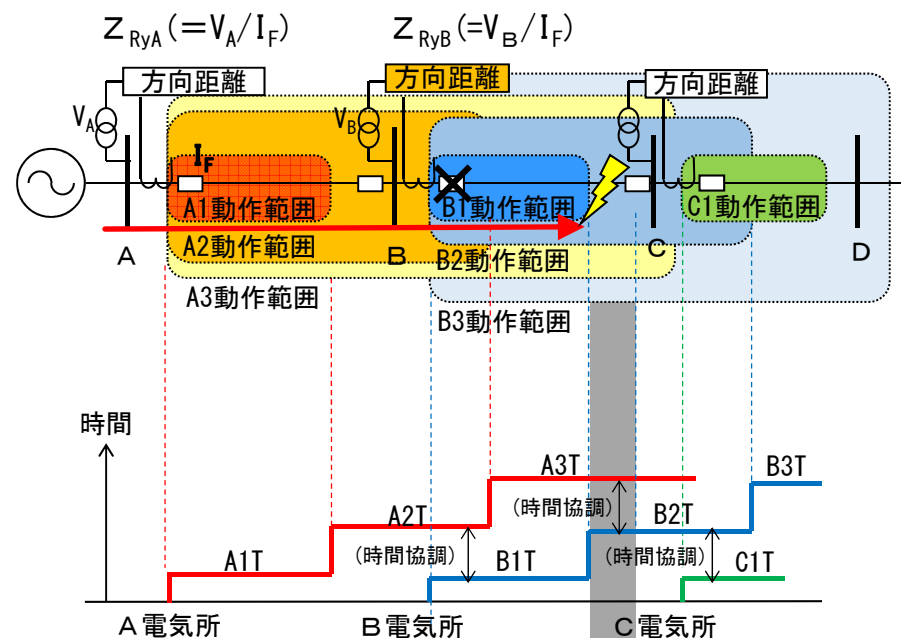
短絡 方向距離リレー

地絡 方向距離リレー，地絡方向リレー
(直接接地系) (抵抗接地系)

○特徴

- ・自端のみで検出する方式で，伝送路不要。
- ・事故方向と事故点までの測距が比較的确实であり，高速動作が可能。
- ・多端子系統など，分岐電源や負荷の影響により自区間の測距性能が悪くなる(分流効果)。
- ・前方区間との協調は，方向距離リレー要素とタイマーの組み合わせで実施
(整定では分流効果や誤差によるアンダーリーチやオーバーリーチの考慮も必要)。
極短距離送電線での適用は困難。
- ・主に後備保護として適用(放射状1回線系統では主保護としても適用)。

〔B電気所とC電気所間での事故時の応動〕



例)
B電気所とC電気所の間(A3動作範囲とB2動作範囲が重なる箇所)で事故が発生すると，A・Bリレーともに動作するが，時間協調によりBリレーが先にトリップ信号を出力し事故除去する

方向距離リレーに関する参考文献

文献名称	出版元
技術報告第1331号 保護ルーの方式・運用の現状と海外技術動向	電気学会
保護ルーシステム工学	電気学会

第6章 保護リレーの種類と機能

6-7

電気学会 実務に則した保護リレーシステム技術の基礎の学び方 調査専門委員会

6.2 送電線保護リレー

6.2.3 回線選択リレー方式

○概要

1・2号線のCTを交差接続して、交差電流で内部・外部判定を行う方式。

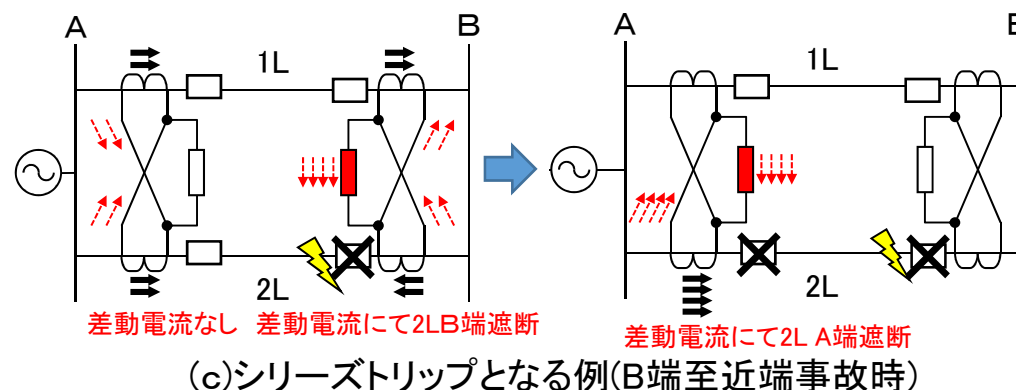
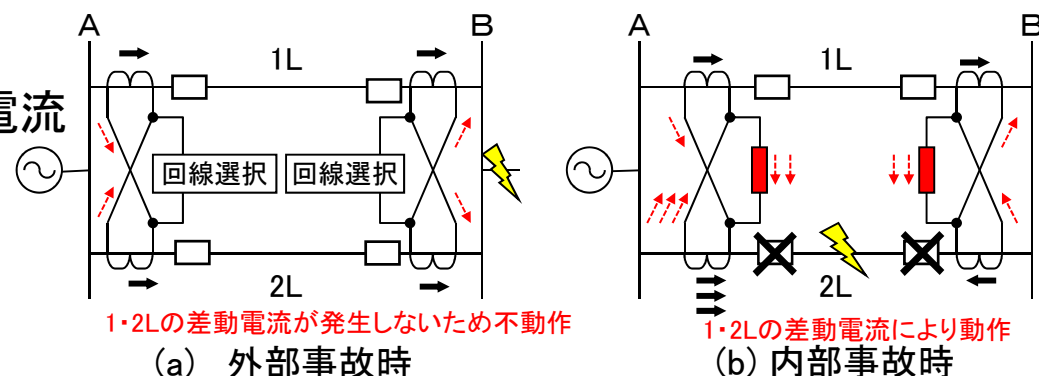
○主なリレー構成

短絡	回線選択リレー
地絡	回線選択リレー

○特徴

- ・自端のみで検出する方式で、伝送路不要
- ・非電源端子にも適用可能。
- ・事故回線選択が比較的確実であり、両端同時遮断が可能。
- ・事故点によっては差動電流が発生しない端子が生じ、シリーズトリップとなって事故除去が遅延。
- ・2回線同相事故時は事故検出不可。
- ・2回線併用時のみ適用可。
- ・極短距離送電線での適用は困難。

系統上の断路器等の接触抵抗により事故電流がアンバランスになり、外部事故時に電気所毎に異なる回線を選択遮断するタスキ遮断となるおそれがあるため



回線選択リレーに関する参考文献

文献名称	出版元
技術報告第1331号 保護ルーの方式・運用の現状と海外技術動向	電気学会
保護ルーシステム工学	電気学会

第6章 保護リレーの種類と機能

6-8

電気学会 実務に則した保護リレーシステム技術の基礎の学び方 調査専門委員会

6.2 送電線保護リレー

6.2.4 方向比較リレー方式

○概要

自端と相手端の内部方向リレーと外部方向リレーの組合せにより内部・外部の判定を行う方式で、搬送波の伝送にはマイクロ波通信や電力線搬送を使用。

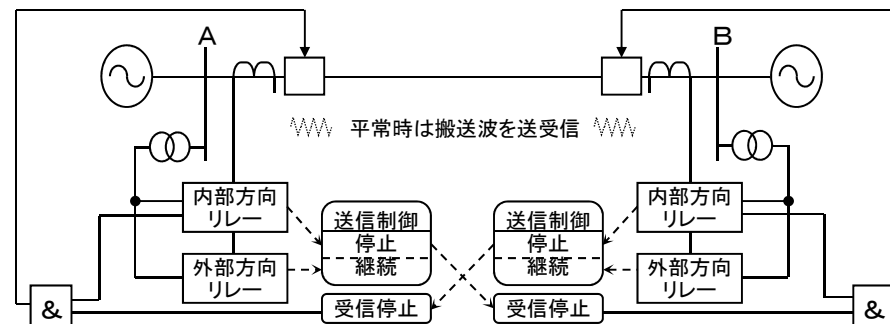
○主なリレー構成

短絡	方向距離リレー
地絡	地絡方向リレー

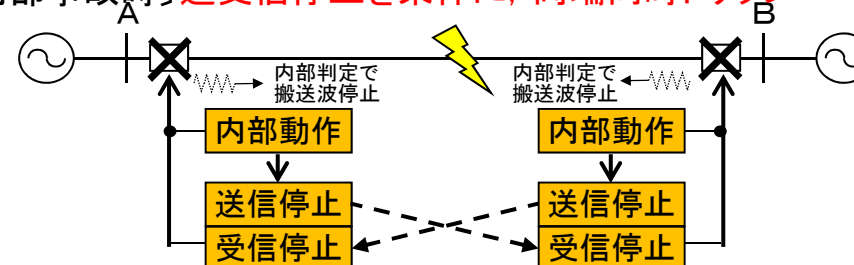
○特徴

- ・伝送情報が少ないため、送電線を伝送路とする電力線搬送が適用可能。
- ・保護区間内事故を、事故点位置に関係なく高速遮断が可能(主に主保護として適用)。
- ・多重事故や追いかけて事故時は、誤動作・誤不動作のおそれあり。
- ・外部事故時のロックを確実にするため、検出感度や時間協調が必要(運用が複雑)。
- ・短距離・多端子系統への適用は困難。

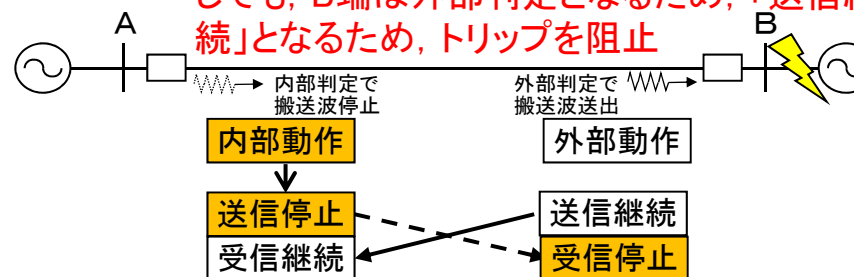
〔平常時〕



〔内部事故時〕送受信停止を条件に、両端同時トリップ



〔外部事故時〕A端が内部判定して搬送波の「送信停止」をしても、B端は外部判定となるため、「送信継続」となるため、トリップを阻止



方向比較リレーに関する参考文献

文献名称	出版元
技術報告第1331号 保護ルーの方式・運用の現状と海外技術動向	電気学会
保護ルーシステム工学	電気学会

第6章 保護リレーの種類と機能

6-9

電気学会 実務に則した保護リレーシステム技術の基礎の学び方 調査専門委員会

6.2 送電線保護リレー

6.2.5 電流差動リレー方式

○概要

自端と相手端の電流値等を常時伝送路で受渡しを行って内部・外部判定を行う方式で、データ伝送にはPCM(pulse code modulation)方式を使用。

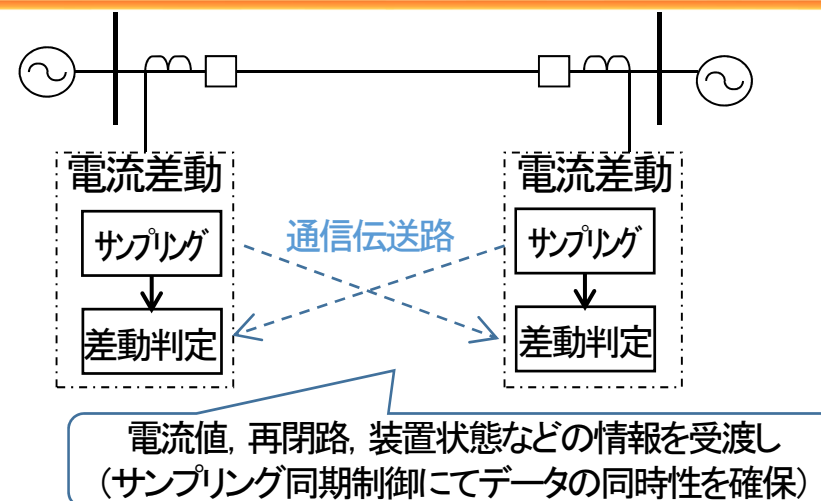
○主なリレー構成

短絡 電流差動リレー

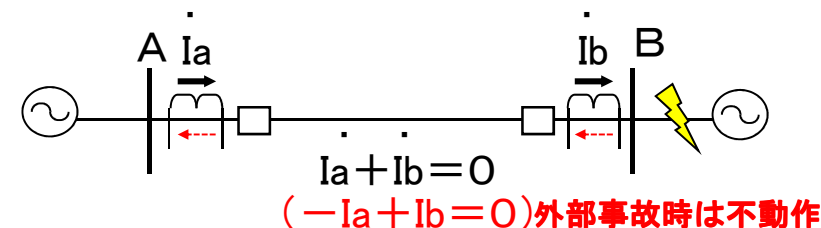
地絡 電流差動リレー

○特徴

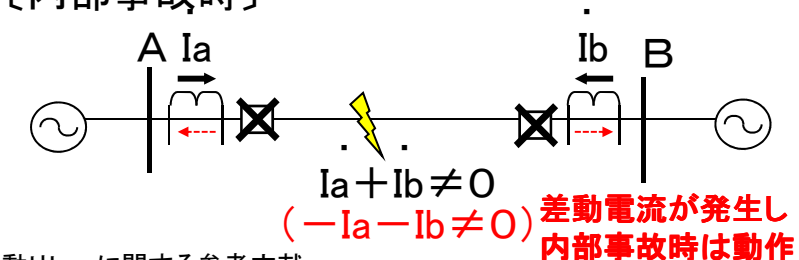
- ・保護区間内の事故を全端子同時に高速遮断可能
- ・潮流・零相循環電流の影響を受けず、系統動揺時にも不要動作しない。
- ・充電電流は差電流に見えるため、影響を受ける(特にケーブル系統)が、充電電流分を演算により補償することで、影響を受けないよう対策している。
- ・多端子、短～長距離送電線、ケーブル系統に適用可
- ・事故相の選別能力に優れ、高速多相再閉路も適用可
- ・マイクロ波または光搬送等の高速伝送路が必要となるため高コスト。
- ・主保護として適用。



〔平常時または外部事故時〕



〔内部事故時〕



電流差動リレーに関する参考文献

文献名称	出版元
技術報告第1331号 保護リレーの方式・運用の現状と海外技術動向	電気学会
保護リレーシステム工学	電気学会

第6章 保護リレーの種類と機能

6-10

電気学会 実務に則した保護リレーシステム技術の基礎の学び方 調査専門委員会

6.3 母線保護リレー

送電線の長さ比べて母線は短く、事故発生率は低い、万一、事故が発生した場合の影響度が大きい、事故母線を高速、正確に遮断できる高速性・選択性を要求。
⇒主に電流差動リレー方式を適用しているが、差動回路を高インピーダンスとした電圧差動方式もある。

電流差動リレー方式

○概要

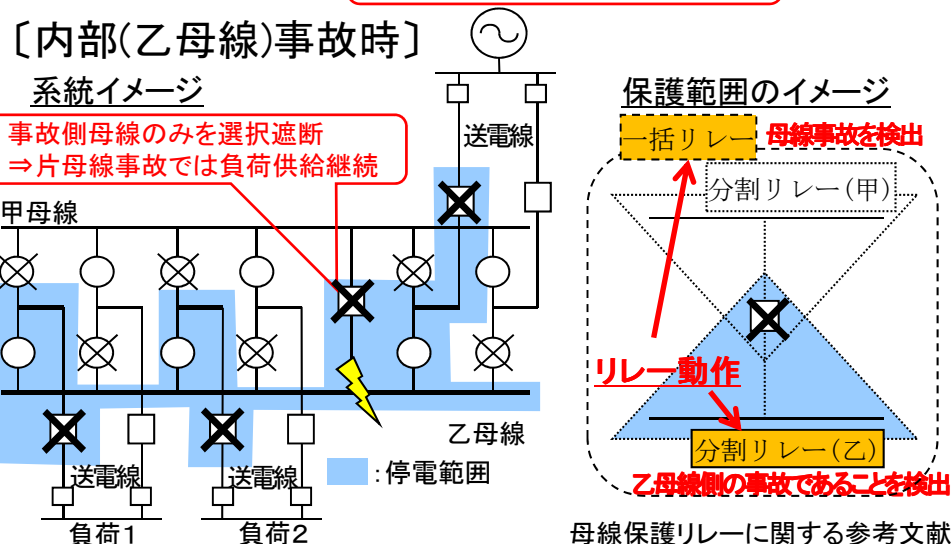
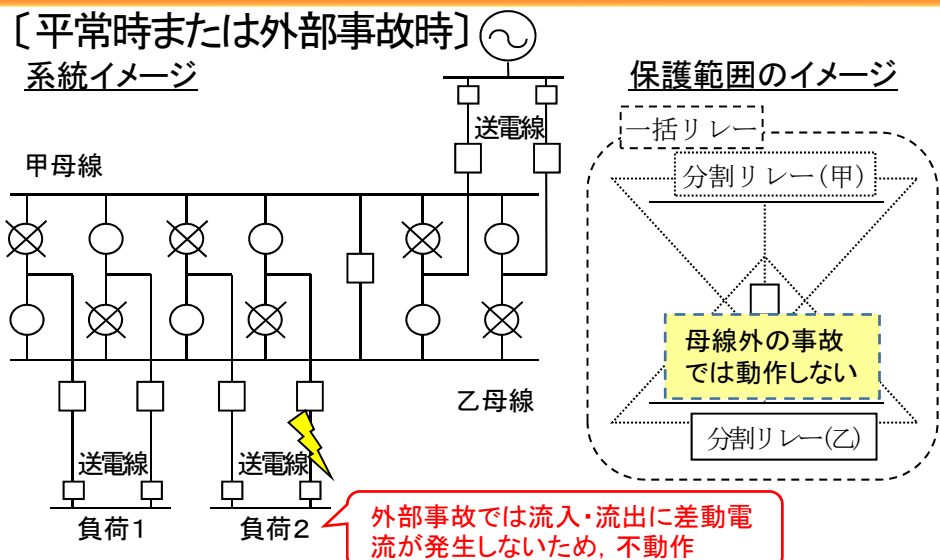
母線への流入電流と流出電流の差動電流にて内部・外部を検出。

二重母線には一括・分割保護を適用。

- ・一括要素：母線事故を検出
- ・分割要素：甲乙事故母線を判定

○特徴

- ・母線内部事故を高速に遮断可能。
- ・系統構成に左右されず、事故母線選択可能。
- ・系統動揺時に不要動作しない。
- ・CT誤差の考慮、CT飽和対策(7.2節参照)が必要。
- ・電圧差動は、CT飽和に強い。



母線保護リレーに関する参考文献

文献名称	出版元
技術報告第1331号 保護リレーの方式・運用の現状と海外技術動向	電気学会
保護リレーシステム工学	電気学会

第6章 保護リレーの種類と機能

6-11

電気学会 実務に則した保護リレーシステム技術の基礎の学び方 調査専門委員会

6.4 変圧器保護リレー

- ・変圧器は内部事故が発生すると長期間停止が必要となり、運用面で大きな制約となる。
- ・内部事故が継続すると、急激な圧力上昇により変圧器本体の破壊や火災に進展するおそれ。
⇒変圧器保護には、変圧器本体(タンク)強度との保護協調上、高速度・高感度動作を要求。
⇒電気式リレーとしては主に比率差動方式が適用されている。

比率差動リレー方式

○概要

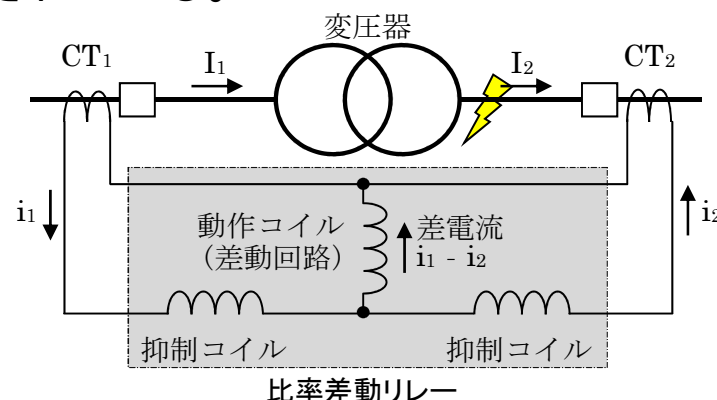
変圧器への流入電流と流出電流の差により内部・外部事故判定を行う方式であるが、変圧器を介する誤差などにより、通常の電流差動リレーでは誤動作するおそれがあるため、比率差動リレーを適用。

〔誤差の例〕

- ・通過電流による比例誤差。
- ・変圧器タップ位置の不整合による誤差。
- ・CT特性不揃いによる誤差。 など

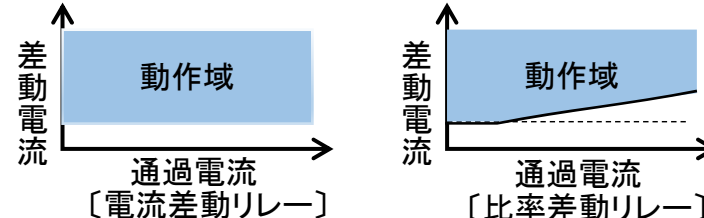
○特徴

- ・内部事故を高速に遮断可能。
- ・励磁突入電流により誤動作しない対策が必要。
- ・変圧器巻線のターン間短絡事故など、電気式保護リレーでは検出が難しい事象もあるため、必要に応じて機械式リレーと併用する場合もある。



比率差動リレー

通過電流に応じた抑制力を持たせたリレー方式で抑制力によって誤差による差動電流では動作しない



変圧器保護リレーに関する参考文献

文献名称	出版元
技術報告第1331号 保護ルーの方式・運用の現状と海外技術動向	電気学会
保護ルーシステム工学	電気学会

第6章 保護リレーの種類と機能

6-12

電気学会 実務に則した保護リレーシステム技術の基礎の学び方 調査専門委員会

6.5 配電線保護リレー

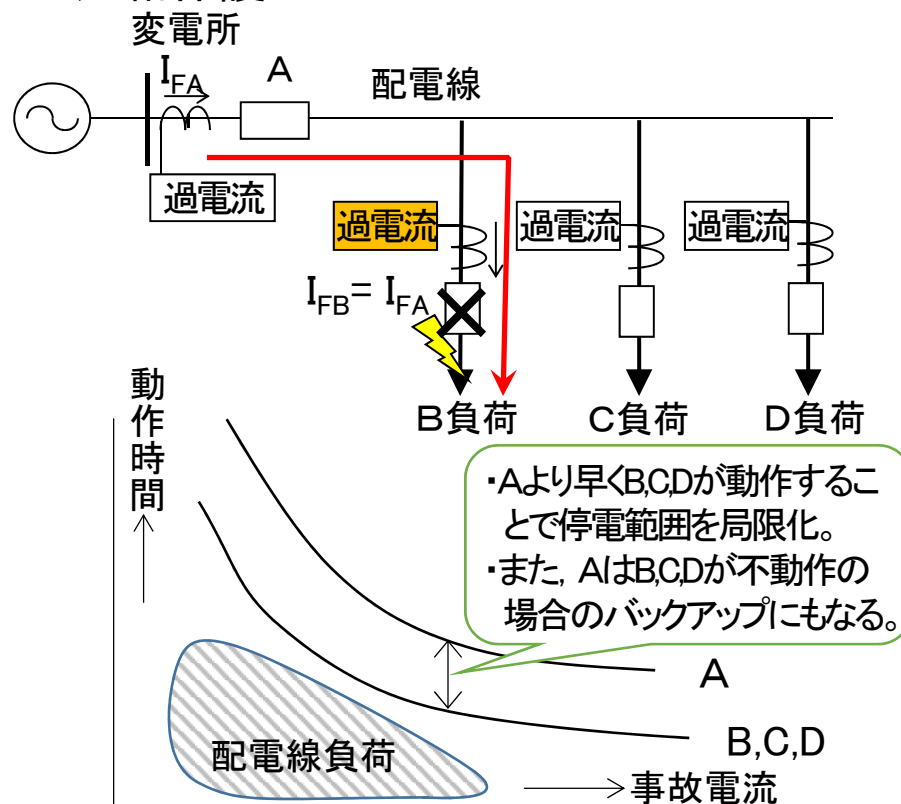
配電線系統の特徴である一端電源放射状系統や非接地方式を考慮した保護リレーを適用。

○主なリレー構成

短絡 過電流リレー

地絡 地絡方向リレー

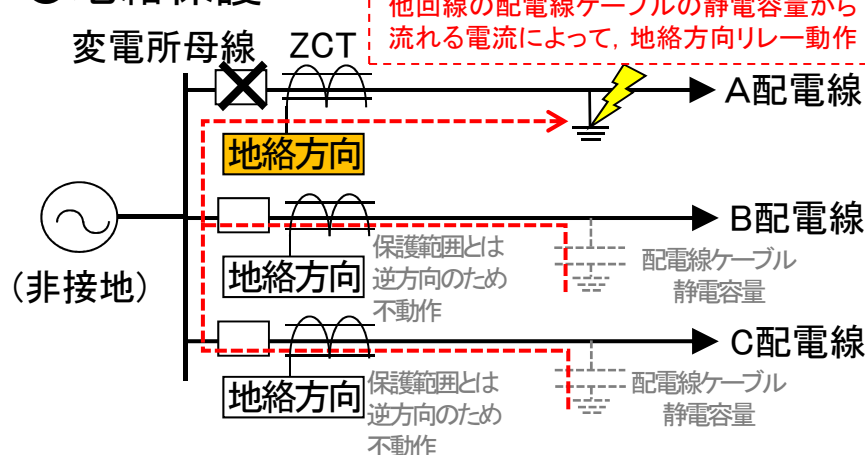
○短絡保護



- ・Aより早くB, C, Dが動作することで停電範囲を局限化。
- ・また, AはB, C, Dが不動作の場合のバックアップにもなる。

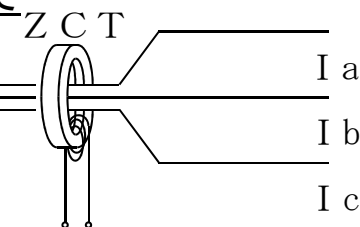
※事故電流が大きくなるほど短時間で動作

○地絡保護



ZCT(零相変流器)について

- ・各相電流を3線とも一括して1つの鉄心で囲むことで, 電力の出入りである正相, 逆相電流の磁束は, 互いに打ち消し合い, 零相電流による磁束のみを検出。



配電線保護リレーに関する参考文献

文献名称	出版元
保護ルーシステム工学	電気学会

第6章 保護リレーの種類と機能

6-13

電気学会 実務に則した保護リレーシステム技術の基礎の学び方 調査専門委員会

6.6 過負荷防止リレー

○過負荷

送電線や変圧器の事故遮断に伴い、残された健全設備が定格容量を超え、過負荷状態となる場合があり、この過負荷状態が継続すると温度上昇により最高使用温度を超過し、設備損傷のおそれがある。

⇒事故時に過負荷が発生しないよう設備形成する事が望ましいが、過負荷とならない設備の形成は高コストになるため、リレーにより過負荷防止。

○リレーによる過負荷防止対策

過負荷防止リレーにより、過負荷電流を検出し、必要な電源の増発・抑制や負荷遮断を実施。

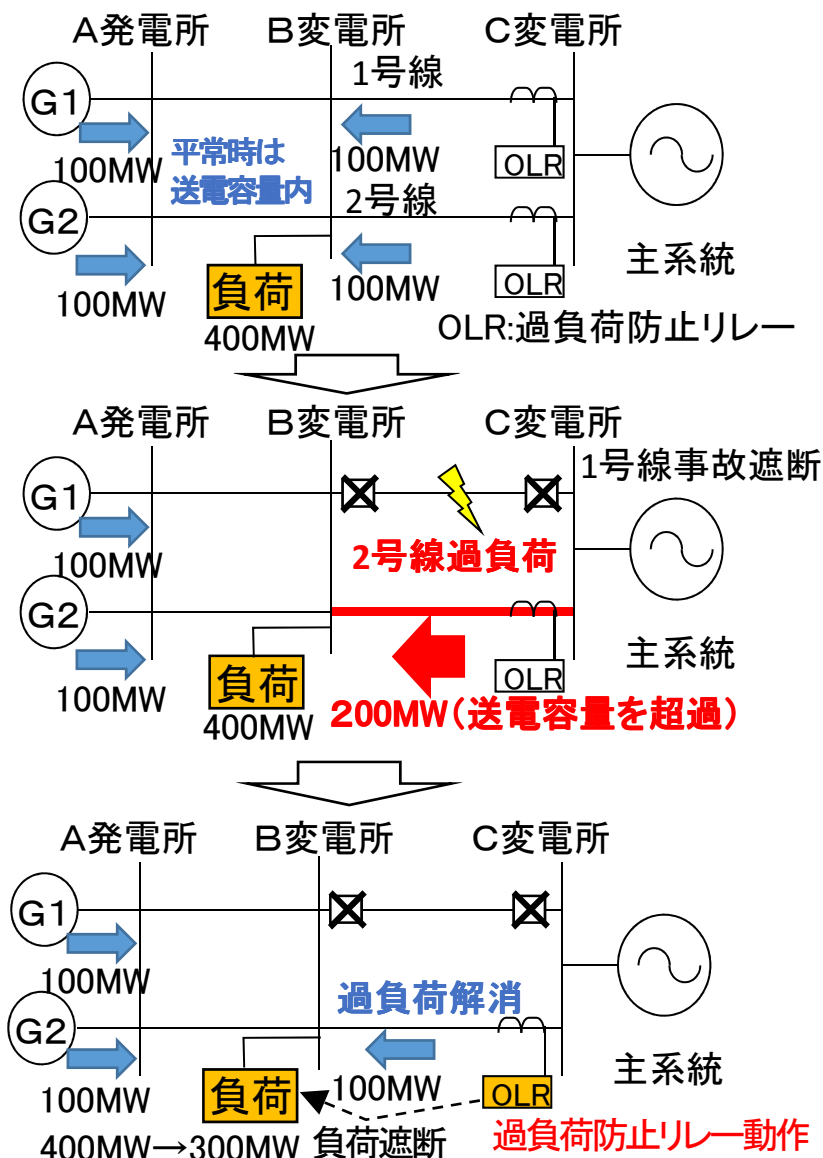
例)

右図のとおり系統事故により、送電線が一回線となった場合に送電線潮流が送電線許容容量を超過。
⇒負荷遮断にて送電線許容容量以下まで抑制。

過負荷防止リレーに関する参考文献

文献名称	出版元
技術報告第1069号 過負荷保護技術	電気学会

1回線の送電容量が150MWとすると



第6章 保護リレーの種類と機能(★)

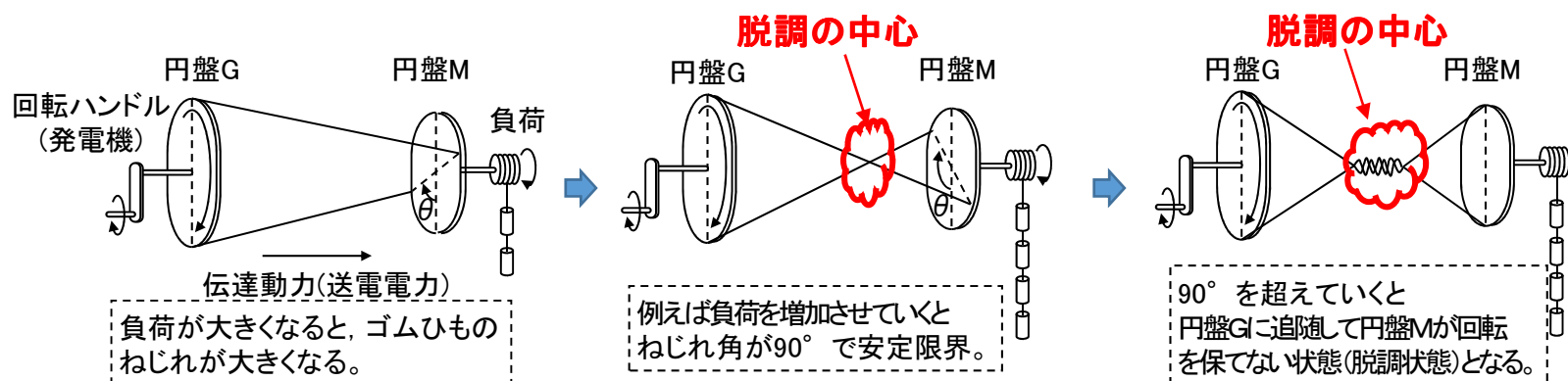
6-14

電気学会 実務に則した保護リレーシステム技術の基礎の学び方 調査専門委員会

6.7 脱調防止リレー

○脱調現象

事故などのじょう乱により系統間(発電機間)の同期が乱れ、回復できずに同期外れを起こすと、発電機の安定運転継続が困難になる。



⇒事故時に脱調現象が発生しないよう設備形成する事が望ましいが、完全に脱調しない設備形成とすると高コストになるため、リレーにより脱調を防止。

○リレーによる脱調防止対策

事前の事故様相の想定や現状の系統状態から将来の現象を予測することにより脱調を未然に防ぐ脱調未然防止リレーと、万一脱調現象が発生した場合、脱調の中心で系統を分離し、脱調の影響が広範囲に波及することを防止する脱調分離リレーがある(ここでは、脱調分離リレーについて概要を説明)。

第6章 保護リレーの種類と機能(★)

6-15

電気学会 実務に則した保護リレーシステム技術の基礎の学び方 調査専門委員会

6.7 脱調防止リレー

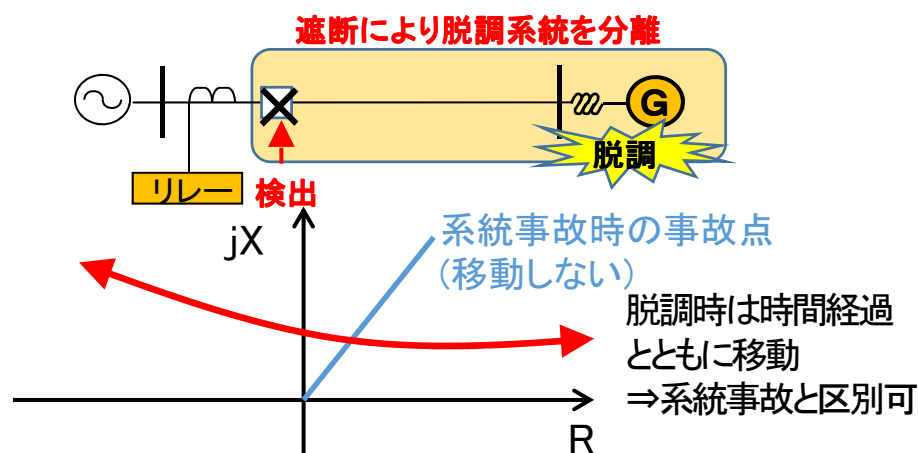
○脱調分離リレー

脱調発生時の特徴を利用して、脱調を検出する方法としてインピーダンスローカス方式と電圧位相検出方式があり、動作時は系統を分離する。

〔インピーダンスローカス方式〕

以下特徴を利用して、方向距離リレーで脱調を検出。

- ・脱調の中心は3φS相当の電流が流れる。
- ・脱調の中心は時間経過とともに移動する。



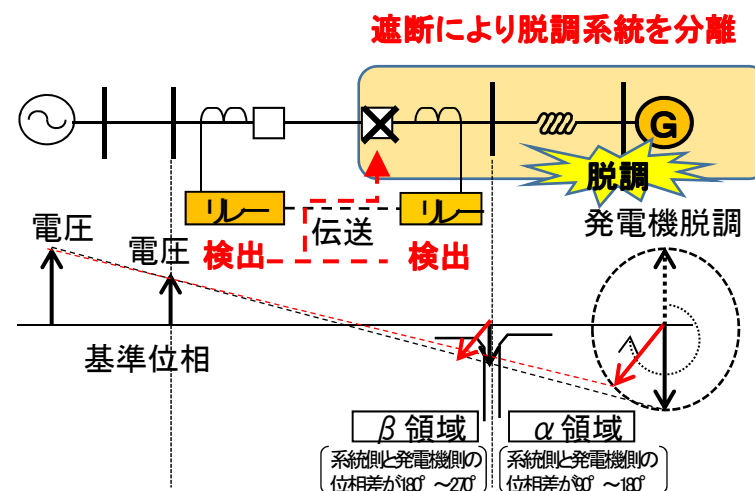
脱調防止リレーに関する参考文献

文献名称	出版元
保護リレーシステム工学	電気学会
電力系統安定化システム工学	電気学会

〔電圧位相検出方式〕

以下特徴を利用して、脱調を検出。

- ・系統側と発電機側の間で位相が反転する。



α 領域から β 領域へ位相変化により脱調と判定。
⇒ 系統事故時発電機位相は変化しないため区別可。

第6章 保護リレーの種類と機能(★)

6-16

電気学会 実務に則した保護リレーシステム技術の基礎の学び方 調査専門委員会

6.8 周波数異常防止リレー

○周波数異常

系統事故により連系線の分断や電源・負荷の脱落が発生し、有効電力の需給バランスが崩れると周波数が変動。

○リレーによる周波数異常防止対策

周波数異常が発生した場合、周波数リレーにより検知し、負荷遮断または発電抑制を実施し、周波数異常の影響が広範囲にまで波及することを未然に防止。

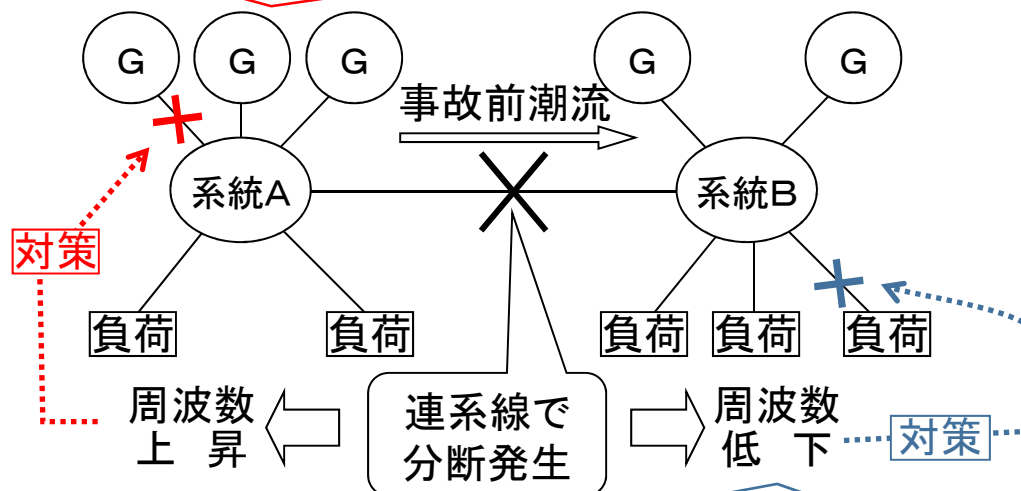
周波数異常防止リレーに関する参考文献

文献名称	出版元
技術報告第1127号 周波数リレーシステムによる事故波及防止技術	電気学会

周波数上昇(系統A)

事故発生⇒『発電>負荷』となり周波数が上昇
⇒運転限界を超えて発電機が停止
⇒一転して周波数が低下
⇒最終的に大規模・広範囲停電
発電を抑制(発電機を解列など)

発電≒負荷



周波数低下(系統B)

事故発生⇒『負荷>発電』となり周波数が低下
⇒運転限界を超えて発電機が停止
⇒周波数低下がさらに助長
⇒最終的に大規模広範囲停電
負荷遮断

発電≒負荷

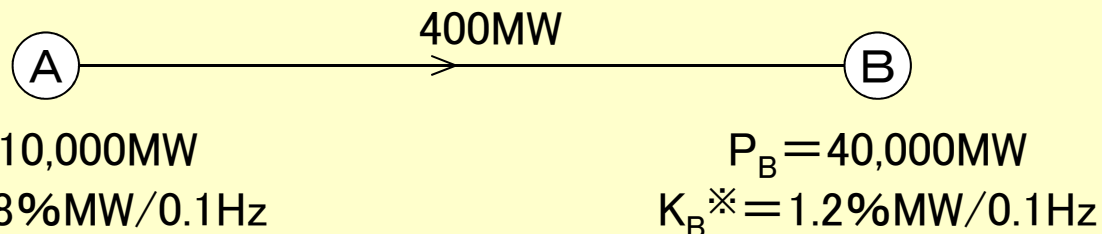
第6章 保護リレーの種類と機能(★)

6-17

電気学会 実務に則した保護リレーシステム技術の基礎の学び方 調査専門委員会

(周波数変動に関する演習)

A系統とB系統とが下図のように連系線で連系されているものとする。



Bで1,000MWの電源脱落した時の周波数変化量(ΔF)を求めよ。

※ K_A , K_B は周波数特性定数で、各々の系統の負荷や発電機の量によって決まる固有の定数

(回答)

A系統の周波数特性定数 K_A (MW/Hz)は

$$K_A = 10,000 \times \frac{0.8}{100} \times 10 = 800 \text{ MW/Hz}$$

B系統の周波数特性定数 K_B (MW/Hz)は

$$K_B = 40,000 \times \frac{1.2}{100} \times 10 = 4,800 \text{ MW/Hz}$$

周波数変化量 ΔF (Hz)は

$$\Delta F = \frac{-\Delta P_B}{K_A + K_B} = \frac{-1,000}{800 + 4,800} = -0.178 \text{ Hz}$$

第6章 保護リレーの種類と機能(★)

6-18

電気学会 実務に則した保護リレーシステム技術の基礎の学び方 調査専門委員会

6.9 電圧異常防止リレー

○電圧異常

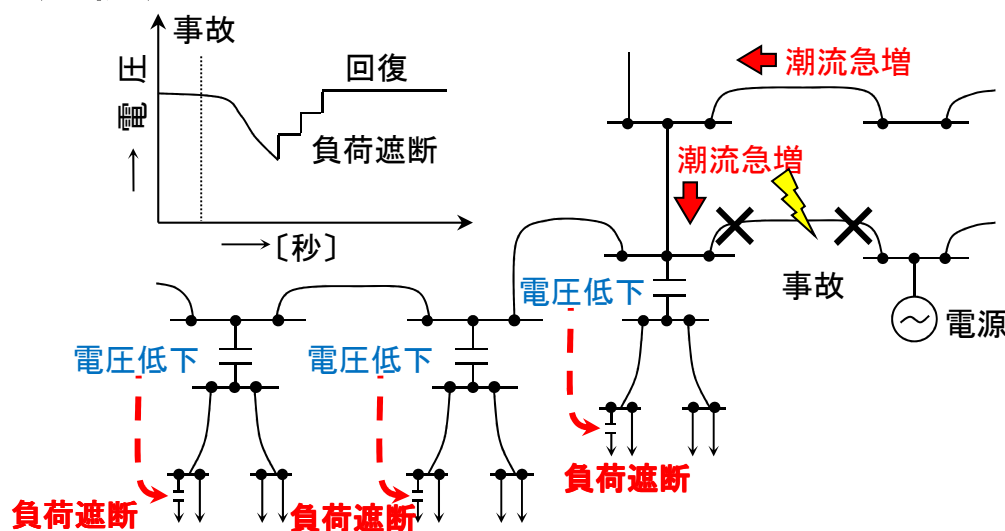
事故遮断後インピーダンスが増加する系統では系統電圧が大幅に低下。

⇒通常は、発電機の無効電力や調相設備を制御により、電圧低下を防止。

○リレーによる電圧異常防止対策

発電機の制御や調相設備制御での無効電力が補えない系統では、電圧低下検出リレーを全系統に分散配置し、負荷制御により潮流を減らし電圧不安定防止を図る。

適用例)



システム構成

- ・ 不足電圧リレーと緊急負荷制御順序を決めるタイマで構成
- ・ 事前に定めた整定値に従って順次負荷制御電圧回復を図るとともに異常波及を防止

電圧異常防止リレーに関する参考文献

文献名称	出版元
保護リレーシステム工学	電気学会

第7章 保護リレーの構成と周辺設備

7-1

電気学会 実務に則した保護リレーシステム技術の基礎の学び方 調査専門委員会

目次

- 7. 1 保護リレーシステムの全体概要
- 7. 2 【周辺設備】系統電流・電圧の取込み，電源設備
- 7. 3 【リレー】アナログ／デジタル変換部
- 7. 4 【リレー】演算部・通信部
- 7. 5 【リレー】デジタル入出力部
- 7. 6 【運用・保守】保護リレーのその他機能
- 7. 7 【周辺設備】保護リレーからの情報および制御の出力先
- 7. 8 保護リレー装置の展開接続図

概要

本章では，保護リレー装置を構成する設備の役割および機能，保護リレー装置に接続される周辺設備の役割および機能などについて説明する。現在は，複雑化する電力系統において保護リレーの精度を維持・向上するために，マイクロコンピュータを活用したデジタルリレーが主体である。保護リレーシステムとして，系統電圧・電流の取込みから遮断器制御など，一連の情報の流れ（信号の流れ）を示した構成となっている。

また，保護リレー装置の展開接続図の構成や読み解くポイントなどについてもまとめている。

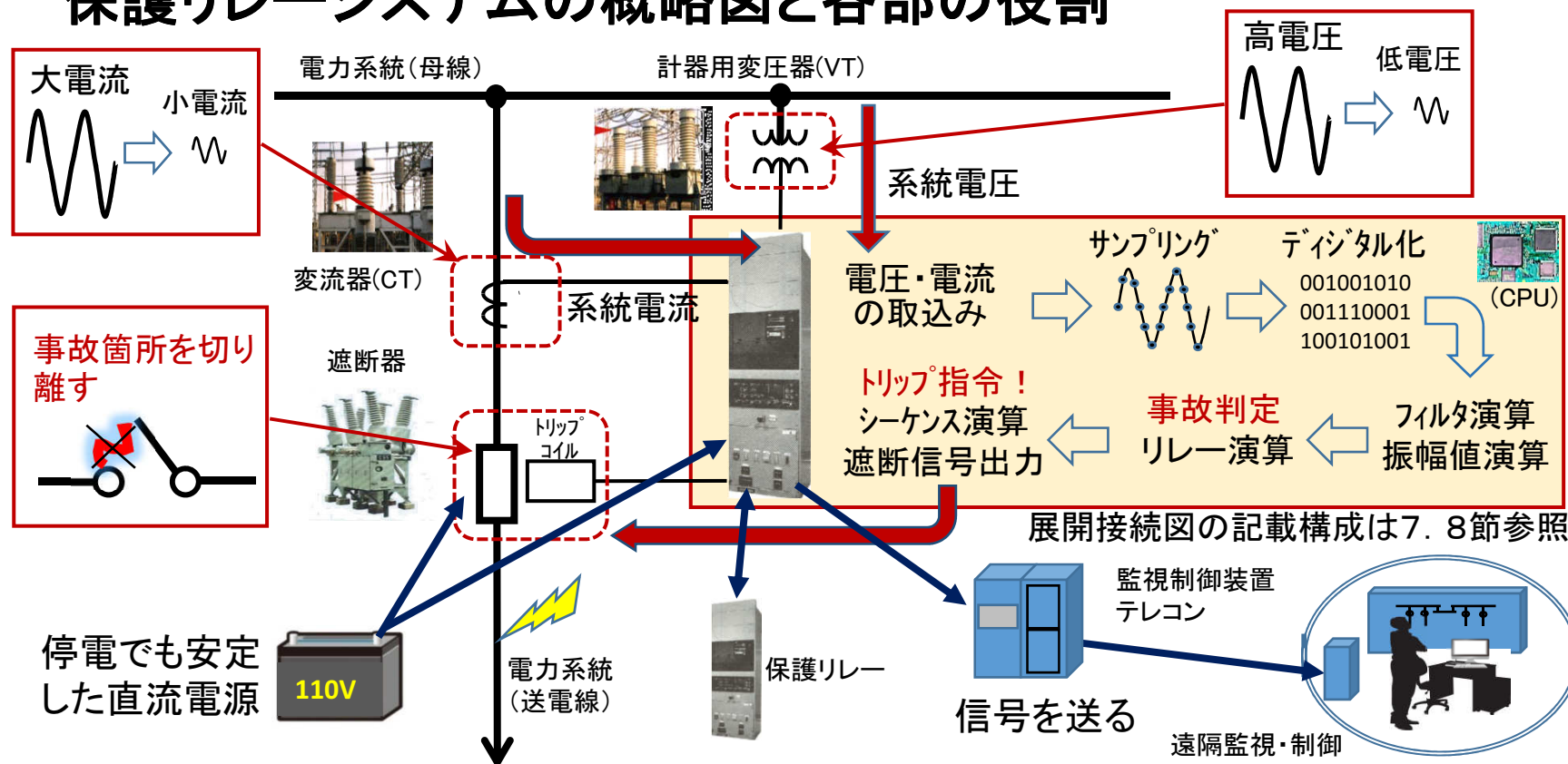
第7章 保護リレーの構成と周辺設備

7-2

電気学会 実務に則した保護リレーシステム技術の基礎の学び方 調査専門委員会

7.1 保護リレーシステムの全体概要

保護リレーシステムの概略図と各部の役割



保護リレーシステムは、電力系統の事故の除去、事故波及防止のため、**正しい情報の取り込み⇒正確な判断⇒高速動作による事故部分の除去**が必要。高性能な保護リレー本体と保護リレーを囲む周辺設備で構成。

第7章 保護リレーの構成と周辺設備

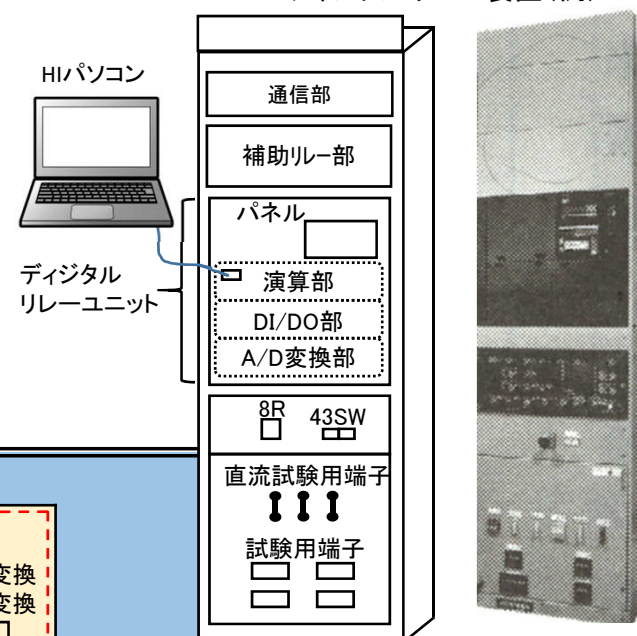
7-3

電気学会 実務に則した保護リレーシステム技術の基礎の学び方 調査専門委員会

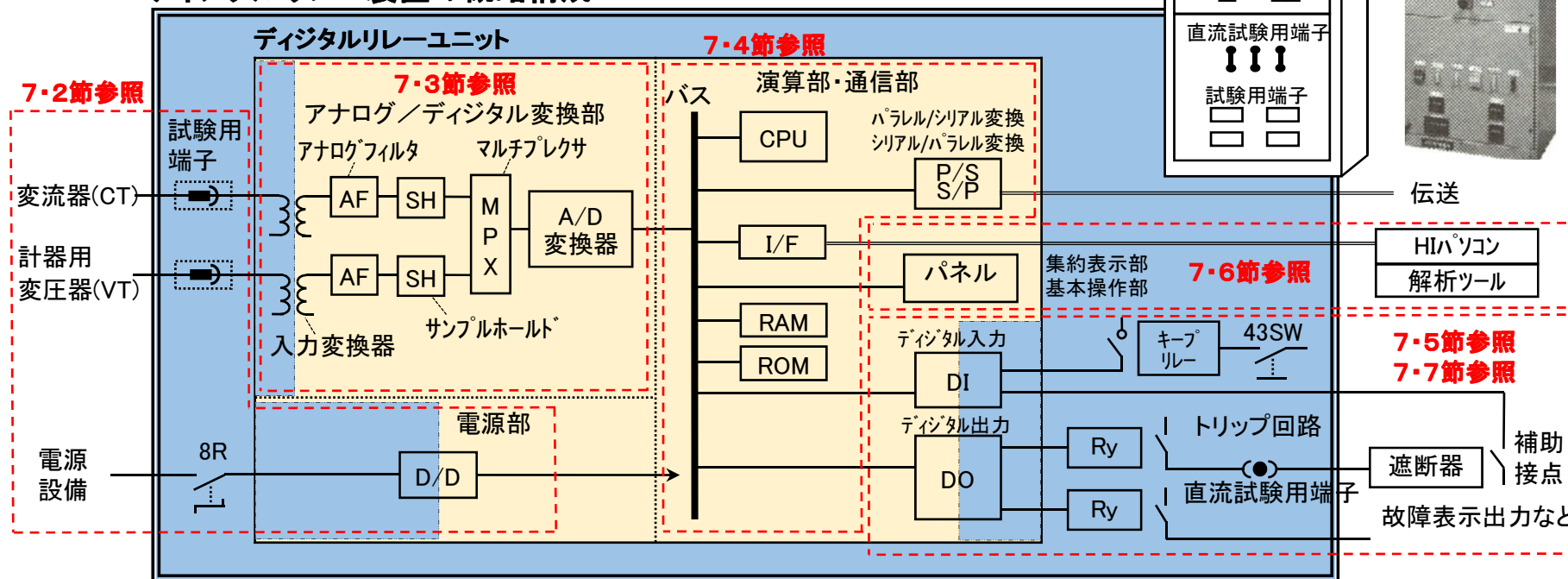
7.1 保護リレーシステムの全体概要

保護リレー（デジタルリレー装置）は主に、アナログ／デジタル変換部、電源部、演算部・通信部、デジタル入出力部で構成。
各部機能について次頁以降に述べる。

デジタルリレー装置（例）



デジタルリレー装置の概略構成



(部は強電と弱電の境界を示す)

第7章 保護リレーの構成と周辺設備

7-4

電気学会 実務に則した保護リレーシステム技術の基礎の学び方 調査専門委員会

コラム①

保護リレー装置の歴史

保護リレーは進化し続け、電力系統を守っている。

年代	～1950	1960	1970	1980	1990	2000	2010	現在
アナログ形	電気機械形							
	保護リレー誕生初期							
	可動鉄心形リレー：磁束を可動鉄心に作用させて動作							
デジタル形	誘導円板形リレー							
	誘導円筒形リレー：回転体に移動磁束や回転磁界を作用させて動作							
	性能改善 高速化							
デジタル形	トランジスタ形							
	アナログIC形							
	検出部は可動方式ではなくトランジスタやアナログICを用いた構成							
デジタル形	保護性能改善と自動監視機能付加による信頼性向上							
	第一世代デジタルリレー							
	・16ビットCPU ・12ビットA/D変換 ・サンプリング周波数600Hzまたは720Hz ・LEDランプ表示							
デジタル形	マイクロプロセッサを用い、プログラムで演算処理して動作判定。内部処理はソフトウェアで決定されるため、1つのデジタルリレーで複数の機能を構成できるなど保護リレーの高機能化、高性能化が可能。							
	第二世代デジタルリレー							
	初期					現在		
デジタル形	・32ビットCPU ・16ビットA/D変換 ・サンプリング周波数4800Hzまたは5280Hz							
	タッチパネルディスプレイ					パソコンHI		
	高性能CPUによる保護機能の更なる高機能化、高性能化 ヒューマンインターフェイスの充実 遠隔化対応による運用保守の効率化							

第7章 保護リレーの構成と周辺設備

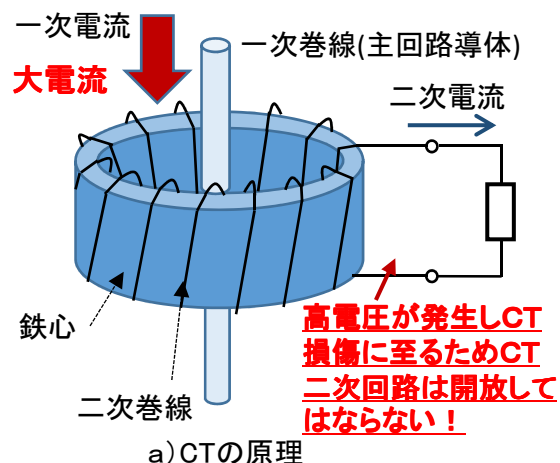
7-5

電気学会 実務に則した保護リレーシステム技術の基礎の学び方 調査専門委員会

7.2 【周辺設備】系統電流・電圧の取込み，電源設備

7.2.1 変流器(CT)

保護リレーが扱える大きさの電流に変換。
また，電力系統の主回路と保護リレーとを絶縁。



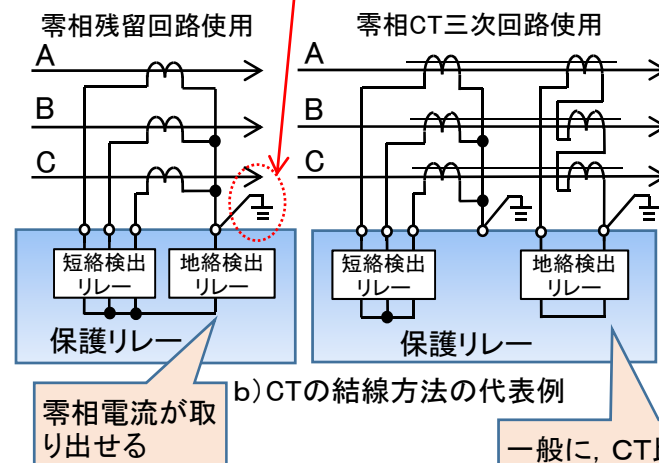
変流器の定格電流
(JEC-1201-2007抜粋)

定格一次電流	定格二次電流
5A～20000A	1A 5A

変流器の仕様詳細

文献名	出版元
JEC-1201-2007 計器用変成器 (保護継電器)	電気学会

1点接地(8.5節参照)



CTの仕様決定に当たっては，事故時電流，過渡特性，布設ケーブルと定格負担などを適切に選定する必要がある。適切な選定を行わないと保護リレーの誤動作・誤不動作，精度低下を招く場合がある。

○保護範囲と無保護区間

確実な選択遮断のため，無保護区間が生じないようCTの配置を行う。(5.7節参照)

○CT飽和

CTの性能を超えた事故時の過大電流やその電流に直流分が含まれることでCT誤差が大きくなる。CTまたは保護リレーでの対策が必要。

○過電流定数と事故時最大電流

過電流定数は事故時最大電流をカバーしなければならない(大電流領域でも保護リレーが正常に動作)。

過電流定数: 比誤差-10%となる一次電流と定格一次電流の比

一般に，CT比が大きく地絡検出感度を上げたいときなどに採用

第7章 保護リレーの構成と周辺設備(★)

7-6

電気学会 実務に則した保護リレーシステム技術の基礎の学び方 調査専門委員会

コラム②

CT飽和

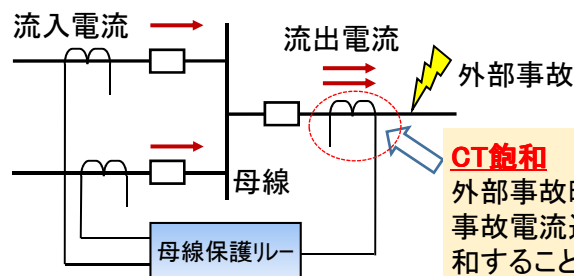
○交流飽和:鉄心を使用したCTの一次側に性能を超えた過大な電流が流れると、**磁気飽和により二次電流の出力波形がほぼ零**になる。

○直流飽和:事故時の直流分が含まれた電流(右図b)がCTの一次側に流れることで、鉄心の磁束が時間の経過とともに増大、飽和域に達して励磁電流が大きくなり二次電流波形がひずむ。二次電流の誤差が大。

⇒保護リレーによる事故除去まではCT飽和させないことが望ましい。事故発生から指定時間まで誤差特性が指定された**過渡特性付きCTの採用**

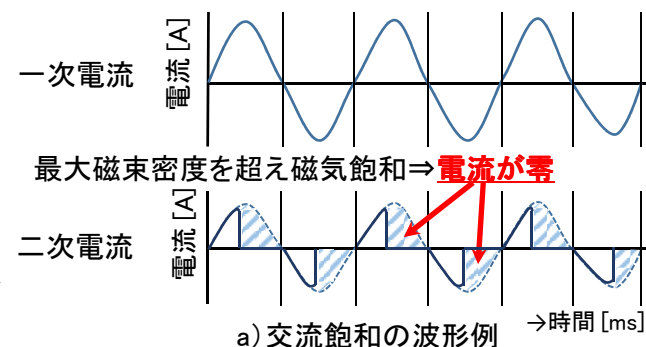
【母線保護リレーとCT飽和】

外部事故の場合、通常は流入電流＝流出電流で母線保護リレーは動作しない。流出側CTでCT飽和が発生すると、流出側CTの二次電流が零(右上a図)になる部分で差電流が発生、**流入電流≠流出電流となり母線保護リレーが誤動作する。**



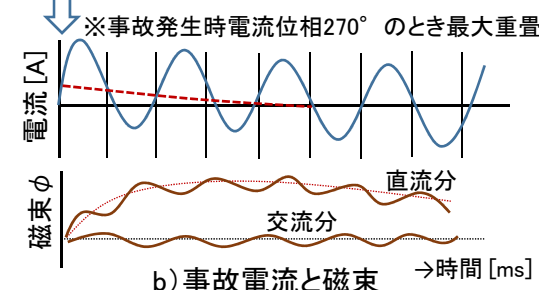
CT飽和
外部事故時の過酷な事故電流通過でCT飽和することがある

【保護リレーでの対策例】
CT飽和の特徴である事故電流発生後の一定不飽和期間や、CT飽和期間が繰り返されることを波形から判別してリレーをロックするなど実施。(ソフト処理)



直流分が重畳された事故時波形

線路に含まれるインダクタンス(L)の作用により交流分電流は急変されず、その分それを打ち消す直流分電流が重畳。線路の時定数により直流分電流は減衰。



CT飽和などのCT特性に関する参考文献

文献名称	出版元
技術報告(Ⅱ部)第227号 計器用変成器(保護継電器用)における最近の技術的諸問題	電気学会

第7章 保護リレーの構成と周辺設備

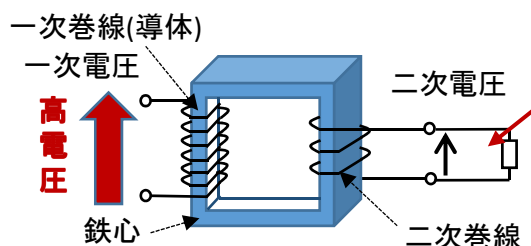
7-7

電気学会 実務に則した保護リレーシステム技術の基礎の学び方 調査専門委員会

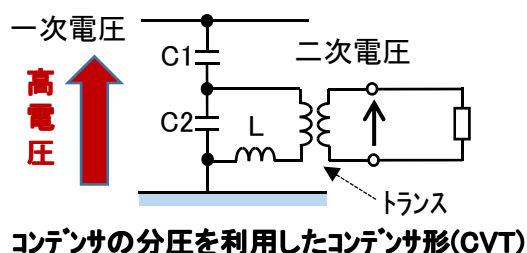
7.2 【周辺設備】系統電流・電圧の取込み，電源設備

7.2.2 計器用変圧器(VT)

変流器と同様，保護リレーが扱える大きさの電圧に変換。
また，電力系統の主回路と保護リレーとを絶縁。



電磁誘導作用を利用した変圧器形(VT)



コンデンサの分圧を利用したコンデンサ形(CVT)

a) VTおよびCVTの原理

過大電流が流れVT損傷に至るためVT二次回路は短絡してはならない！

計器用変圧器の定格電圧(JEC-1201-2007抜粋)

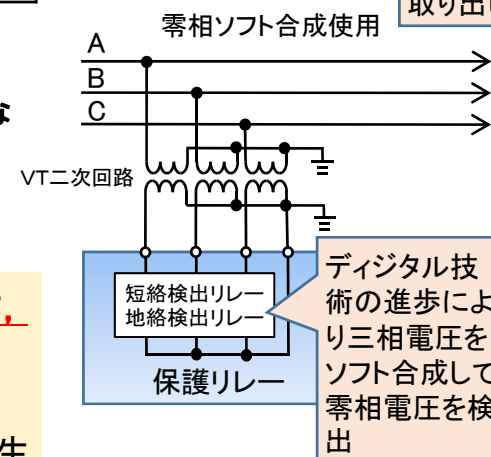
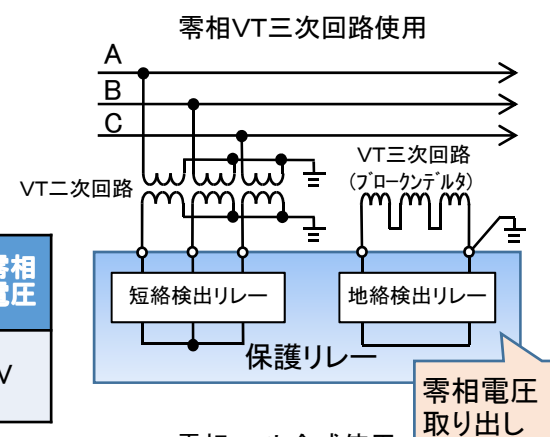
定格一次電圧		定格二次電圧		定格三次電圧	定格零相三次電圧
三相用	単相用	三相用	単相用		
0.22kV ~ 550kV	0.22/ $\sqrt{3}$ kV ~ 550/ $\sqrt{3}$ kV	110V	110/ $\sqrt{3}$ 3V	110/3V	110V

※/ $\sqrt{3}$ は相電圧表記である

計器用変圧器の仕様詳細

文献名	出版元
JEC-1201-2007 計器用変成器 (保護継電器)	電気学会

地絡過電圧リレー(64)などの整定値は，零相三次電圧(3Vo)で表現



b) VTの結線方法代表例

計器用変圧器(VT)では，**事故発生時の過渡特性などにより，保護リレーの誤動作，精度低下といった問題**となる。保護リレーシステム設計上十分考慮が必要。

○鉄共振

一次側電圧印加，事故の発生・復帰時，二次側短絡などの電氣的衝撃により発生する鉄共振によって二次電圧がひずむ。VTなどで対策が必要。

第7章 保護リレーの構成と周辺設備(★)

7-8

電気学会 実務に則した保護リレーシステム技術の基礎の学び方 調査専門委員会

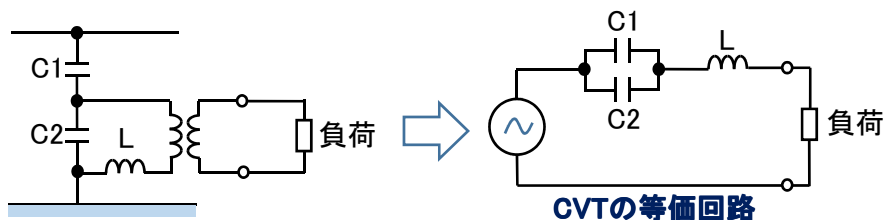
コラム③

鉄共振

○鉄共振:鉄心を有するインダクタンス(L)とキャパシタンス(C)が共存するとき、急激な電氣的变化による一時的な鉄心の磁氣飽和によってLとC間でエネルギーの授受が発生、この振動が持続する現象。

二次電圧の出力波形がひずむ。

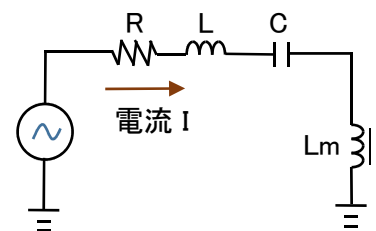
【コンデンサ形計器用変圧器(CVT)の鉄共振例】



負荷に飽和しやすい鉄心を使用した補助VTなどを使用すると、一次側電圧印加や二次側短絡の復帰などの電氣的衝撃をきっかけに鉄共振が発生することがある。

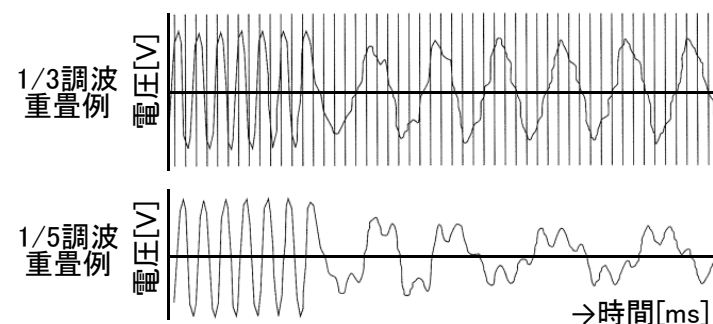
【鉄共振抑制例】

- 変圧器の低磁束密度化が最も有効⇒定格電圧のもとで0.3テスラ(3000ガウス)以下。
- 補助負担抵抗の付加(負担が大きいと発生しにくい)。保護リレーに内蔵する補助VTは上記ほどの低磁束密度化が期待できないが、一般に巻線抵抗が高く鉄共振はほぼ発生しない。発生した場合は負担抵抗付可飽和リアクトルで抑制も可能。



磁氣飽和によってインダクタンス L_m が大幅減少、電流 I が急増、コンデンサC直流的に充電、位相反転で非飽和、放電⇒繰り返す。

a) 鉄共振現象の基本回路



b) 鉄共振発生時のVT二次電圧波形例

鉄共振などのVT特性に関する参考文献

文献名称	出版元
技術報告(Ⅱ部)第227号 計器用変成器(保護継電器用)における最近の技術的諸問題	電気学会
JEC-1201-2007 計器用変成器(保護継電器)	電気学会

第7章 保護リレーの構成と周辺設備

7-9

電気学会 実務に則した保護リレーシステム技術の基礎の学び方 調査専門委員会

7.2 【周辺設備】系統電流・電圧の取込み，電源設備

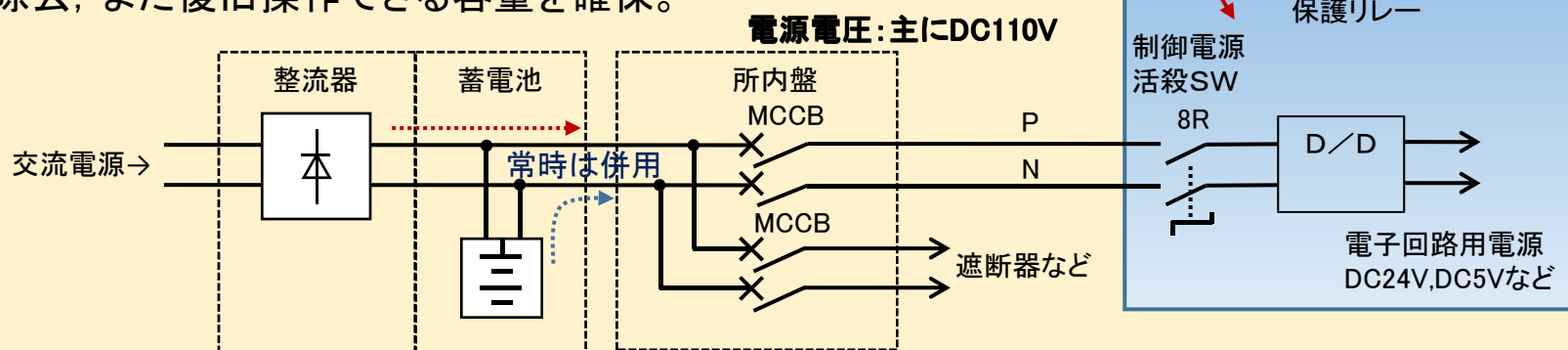
7.2.3 電源設備

保護リレーや遮断器は，系統に事故が発生したとき確実に動作することが必要。⇒制御電源は，電気所(変電所)が全停でも安定した電源である**蓄電池(鉛電池，アルカリ電池など)の直流電源**を使用。

(蓄電池なしに系統電力(所内交流電源)を直接使用することは適切でない)

常時は交流電源から整流器により浮動充電して常に蓄電池の充電量を満たして異常時に備える。
電気所が全停しても電力系統の復電で受電操作する過程で事故内在母線を充電したとしても確実に事故除去，また復旧操作できる容量を確保。

充電中や遮断器動作などによる一時的な電圧上昇または低下に耐えるよう88V～143Vで正常に動作するように設計。



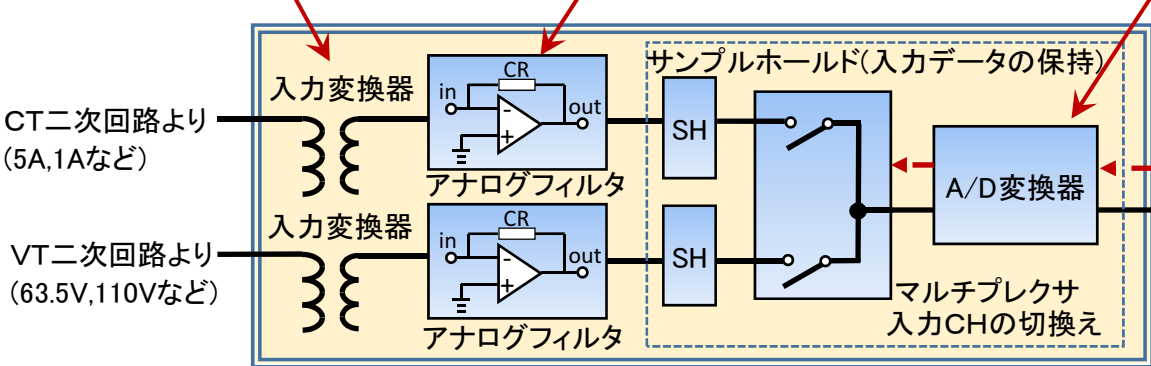
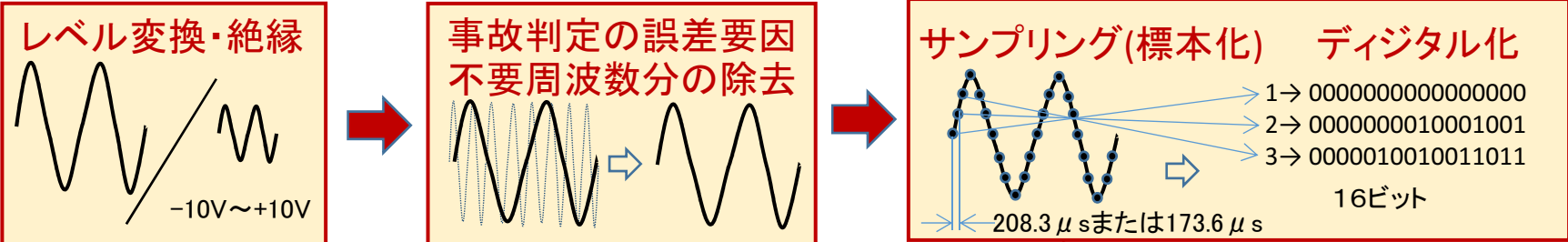
電源回路の接続ケーブル選定では，導体抵抗による電圧降下に留意が必要

a) 直流電源設備の概略構成例

第7章 保護リレーの構成と周辺設備

電気学会 実務に則した保護リレーシステム技術の基礎の学び方 調査専門委員会

7.3 【リレー】アナログ／デジタル変換部 アナログ／デジタル変換部の概要



アナログ／デジタル変換部は保護リレーの入り口。電圧・電流データを入力、加工して演算部へ送る。

演算部より サンプリング指令
演算部(メモリ)へ

アナログ／デジタル変換部のしくみや保護リレーに使用する部品(オペアンプ、トランジスタなど)に関する詳細は下記の代表的な文献を参照。

アナログ／デジタル変換部の概略仕様

項目	仕様	備考
サンプリング周波数	50Hz系:4,800Hz(208.3 μs) 60Hz系:5,760Hz(173.6 μs)	電気角3.75°
A/D変換入力範囲電圧	-10V～+10V	
変換ビット数	16ビット	データ精度(分解能)
変換範囲	8000h～7FFFh	10進数表現で-32768～+32767

文献名称	出版元
デジタル信号処理	共立出版, (株)昭晃堂出版
A/Dコンバータ入門	オーム社
基礎電子回路	コロナ社
アナログ電子回路	(株)昭晃堂出版

第7章 保護リレーの構成と周辺設備

7-11

電気学会 実務に則した保護リレーシステム技術の基礎の学び方 調査専門委員会

7.3 【リレー】アナログ／デジタル変換部

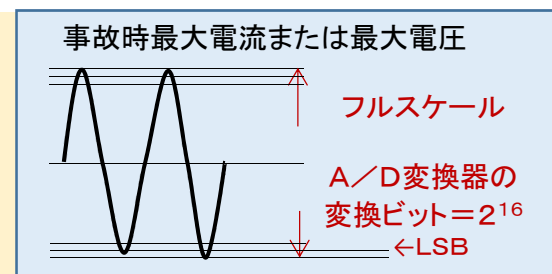
7.3.1 入力変換器

内部に補助VTまたは補助CTを有し、系統側の回路と保護リレーを絶縁、A/D変換器の入力に対応したレベル(電圧値)に変換。フルスケール、過電流強度(一般に定格電流×40倍)、鉄共振の対策など設計上考慮が必要。

○フルスケールとLSB(Least Significant Bit)

フルスケールとは、A/D変換器から出力できる最大値に相当するアナログ入力値。事故時の最大電流値または最大電圧値が保護リレーで確実に認識できるよう算出。

LSBとは、A/D変換器から出力する最小有効ビット。最小有効ビット当たりのアナログ入力値を“LSBの重み”という。保護リレーの精度(誤差)に影響。



○フルスケール算出方法の代表例

- (1) I_{max} または V_{max} / 分解能 2^{16-1} (32768)

I_{max} , V_{max} : 系統条件, 機器仕様, 事故時過渡現象(直流分重畳)から求める事故時の最大電流または最大電圧

- (2) (1)の値をキリのいい値に丸めLSBの重みを決める (例: 4. 2mA⇒5mA)

- (3) LSBの値 × 分解能 2^{16-1} (32768)

代表的な値: 相電圧: 163.84V(LSB:5mV)

相電流: 163.84A(LSB:5mA)

フルスケールなどに関する参考文献

文献名称	出版元
JEC-2502-2010 デジタル演算形保護継電器のA/D変換部	電気学会

第7章 保護リレーの構成と周辺設備(★)

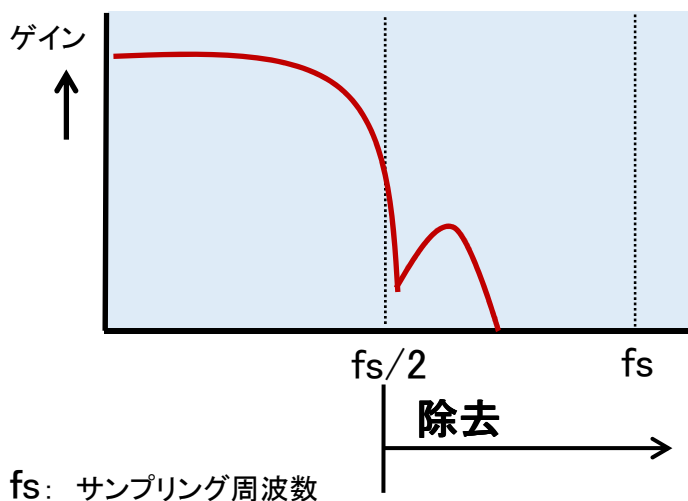
7-12

電気学会 実務に則した保護リレーシステム技術の基礎の学び方 調査専門委員会

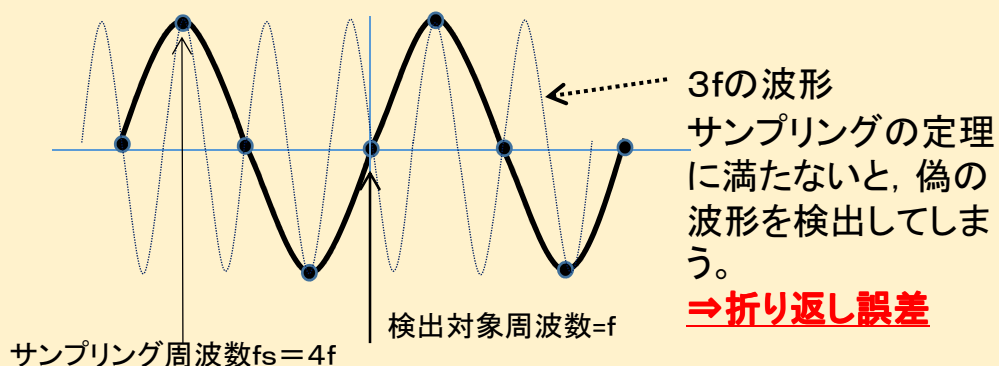
7.3 【リレー】アナログ／デジタル変換部

7.3.2 アナログフィルタ

アナログフィルタでは，入力変換器からの出力電圧データ(系統の電圧・電流)に含まれる，折り返し誤差の要因となるサンプリング周波数の1/2以上の不要な周波数成分を除去。



サンプリングの定理＝原周波数の2倍以上のサンプリング周波数で正確に波形を再現できる。



b) 折り返し誤差の例

事故判定のための演算に必要な基本周波数(50Hzまたは60Hz)以外の周波数成分が含まれると，演算結果に誤差が生じ，正しい事故判定が不可。

保護リレーにおける特定周波数成分の除去または抽出は，後述するデジタルフィルタも含めてトータルで検討することが重要。

第7章 保護リレーの構成と周辺設備(★)

7-13

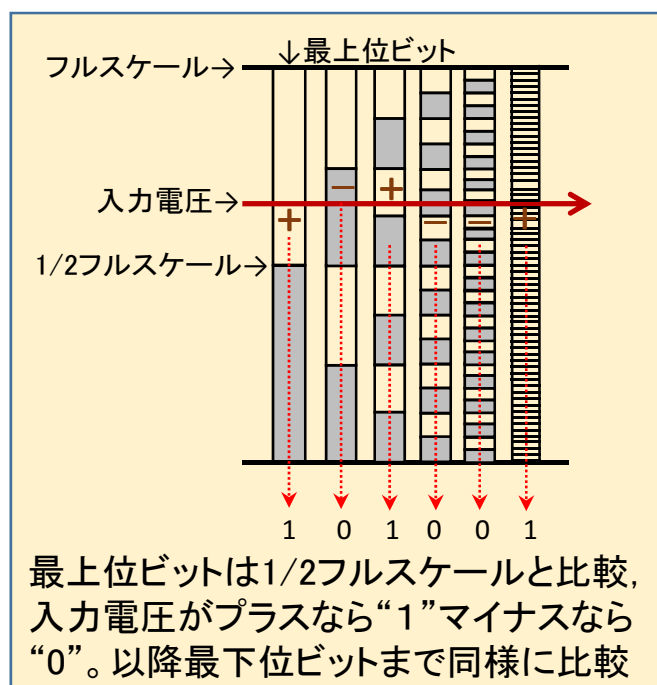
電気学会 実務に則した保護リレーシステム技術の基礎の学び方 調査専門委員会

7.3 【リレー】アナログ／デジタル変換部

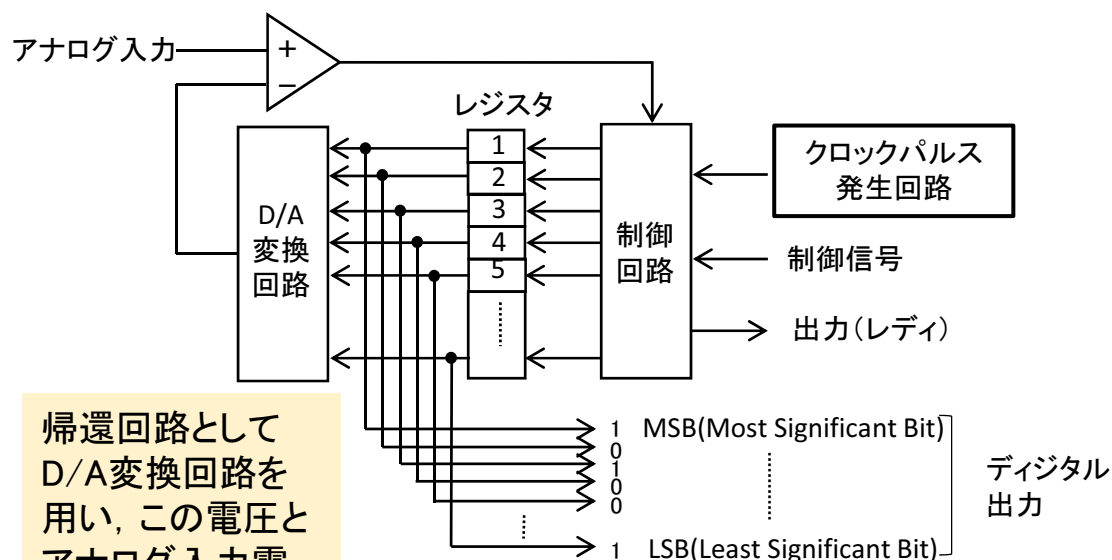
7.3.3 A/D変換器

アナログフィルタを通ったアナログ量は、CPU(マイクロプロセッサ)からの指令により一定周期でサンプリングされる。A/D変換器はサンプリングされたアナログ量をCPUで演算可能なデジタル量に変換。

保護リレーの性能を決定する大きな役割を持った部分。



a) デジタル化の概念図



b) A/D変換の方法(代表例: 逐次比較形)

第7章 保護リレーの構成と周辺設備(★)

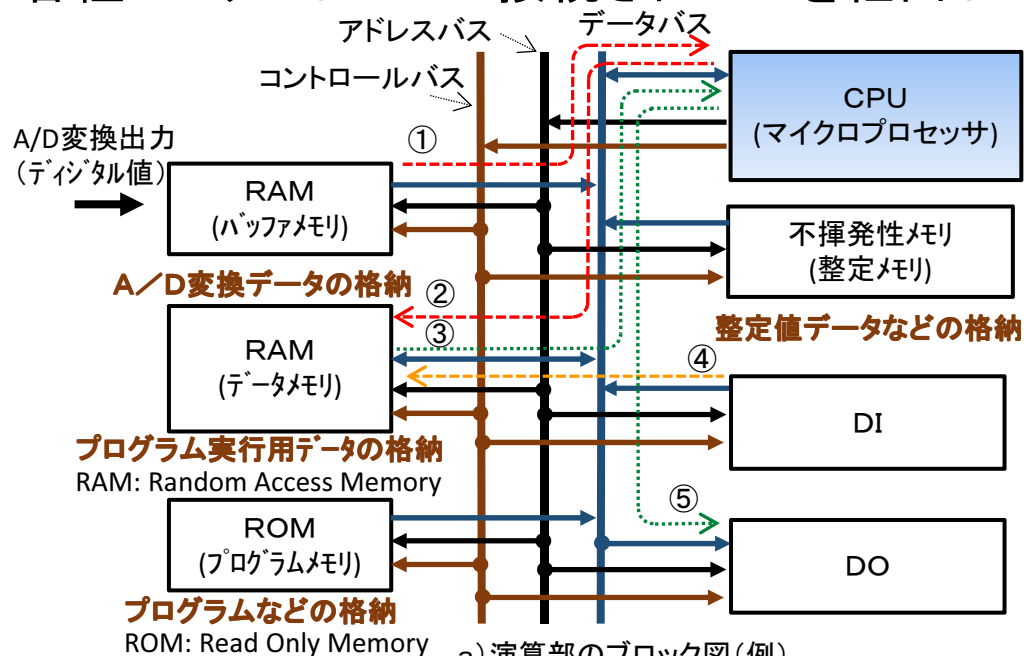
7-14

電気学会 実務に則した保護リレーシステム技術の基礎の学び方 調査専門委員会

7.4 【リレー】演算部・通信部

7.4.1 CPU, バス

A/D変換されたデジタル量を用いて事故判定するために, CPU(マイクロプロセッサ)でデジタルフィルタ演算, リレー演算, シーケンス演算などを行う。各種メモリとはバスで接続されバスを經由して命令やデータをやりとり。



a) 演算部のブロック図 (例)

マイクロプロセッサなどに関する参考文献

文献名称	出版元
マイクロコンピュータ入門テキスト	オーム社
マイクロプロセッサアーキテクチャ入門	CQ出版社

【簡単な信号の流れ】

CPUは, ①A/D変換データが格納されたRAM(バッファメモリ)を参照して, プログラム(ROM)に従いフィルタ演算, リレー演算などを行い結果を②RAM(データメモリ)に格納。RAM(データメモリ)に格納された②, ④(DI)の情報などを参照してシーケンス演算などを行い⑤DOに出力指令(トリップ指令など)を行う。

演算部の仕様例(電協研第65巻, 第2号から抜粋)

項目		仕様
CPU方式		CISCまたはRISC
語長		CPU:32ビット 外部バス:32ビット
メモリ容量	ROM	64k～4Mバイト
	RAM	64k～16Mバイト
	不揮発	8k～2Mバイト
CPUクロック(内部)		20～228MHz

高性能CPUによる演算処理能力向上など, デジタルリレーの性能に大きく寄与。

第7章 保護リレーの構成と周辺設備

7-15

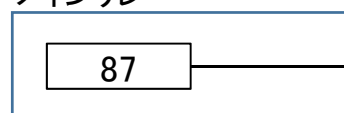
電気学会 実務に則した保護リレーシステム技術の基礎の学び方 調査専門委員会

7.4 【リレー】演算部・通信部

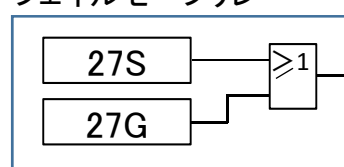
7.4.2 メイン・フェイルセーフ構成

リレー要素メイン・フェイルセーフ概略構成例
送電線保護リレー（電流差動リレーの場合）

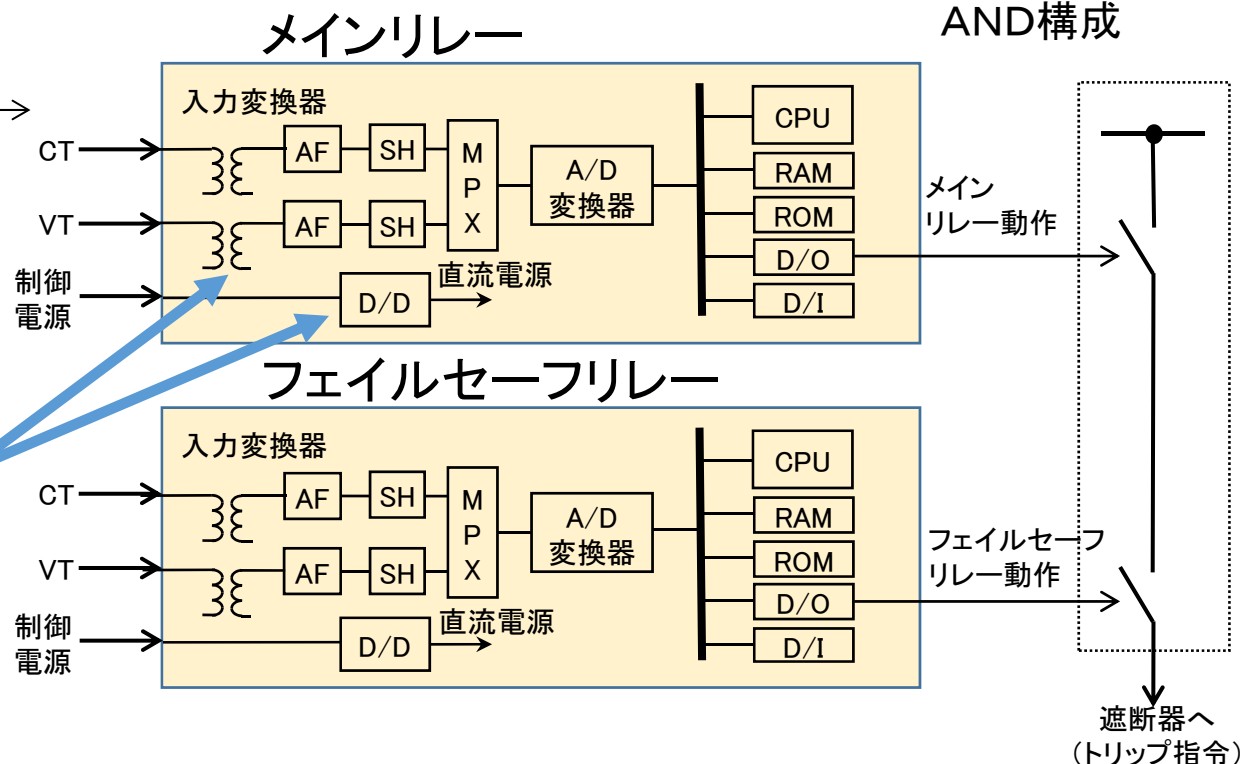
メインリレー



フェイルセーフリレー



入力変換器と直流電源
(D/D)は、メインとフェイル
セーフで共用される場合
が多い。
保護対象箇所の重要度な
どもによる。



【トリップ回路】

最終段出力でメイン
とフェイルセーフの
AND構成

ハードを分離したメインリレーおよびフェイルセーフリレー双方で事故の検出を行う。1個の部品不良などで誤動作に至らないよう構成。

第7章 保護リレーの構成と周辺設備

7-16

電気学会 実務に則した保護リレーシステム技術の基礎の学び方 調査専門委員会

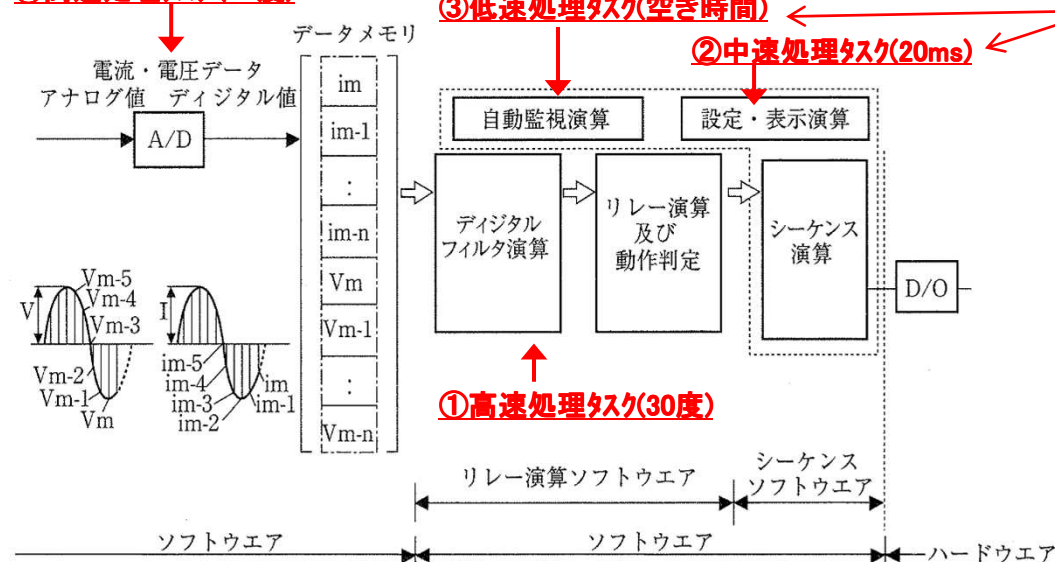
7.4 【リレー】演算部・通信部

7.4.3 ソフトウェア

○ソフトウェア構成

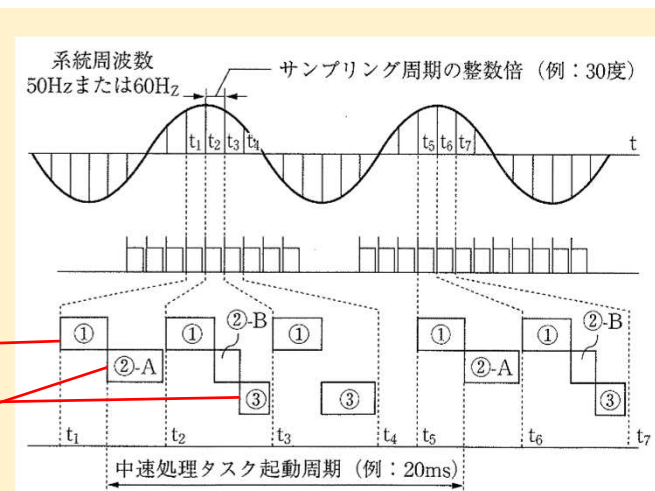
メモリに蓄えられたデジタル値をソフトウェアによってデジタルフィルタ演算, リレー演算。その他シーケンス演算なども合わせて処理。

①高速処理タスク(30度)



a) ソフトウェア構成例

主なプログラミング言語は, C言語(高級言語), アセンブリ言語。理解しやすく記述が容易なC言語が主流。



リアルタイムOS

保護リレーは, 動作時間に高速性が要求される。**各演算処理をタスク構成とし, それに対応したリアルタイムオペレーションシステム(RTOS)を適用**することが多い。

プログラミングに関する参考文献

文献名称	出版元
ソフトウェア工学入門	日科技連出版
プログラム言語C	共立出版

第7章 保護リレーの構成と周辺設備

7-17

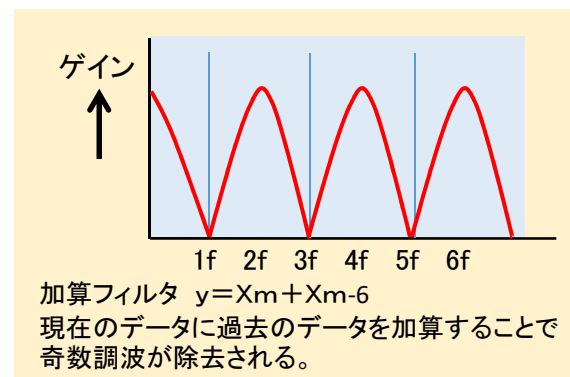
電気学会 実務に則した保護リレーシステム技術の基礎の学び方 調査専門委員会

7.4 【リレー】演算部・通信部

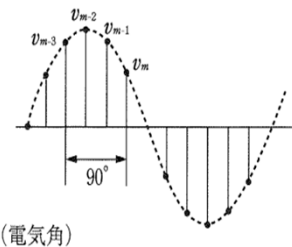
7.4.3 ソフトウェア

○デジタルフィルタ演算

サンプリングによりメモリに蓄えられた電圧・電流データは、保護リレーの誤動作要因となる直流分や高調波分(第3調波, 第5調波など)をデジタルフィルタによって除去。または、特定周波数成分を抽出。



a) デジタルフィルタのアルゴリズム例

種別	演算原理	
振幅値演算 (代表例)	積形 $ V ^2 = v_m^2 + v_{m-3}^2$	 (電気角) 電気角90° 毎のデータを2乗して2点加算する

【振幅値演算の原理(代表例)】

ピタゴラスの定理 $\sin^2 \theta + \cos^2 \theta = 1$ (1^2)に基づき、現在のデータと90°前のデータを用いて計算(三角関数の定義 $\sin(\theta - 90) = \cos \theta$ による)することで容易に振幅値を求めることができる。

b) 基本的な演算アルゴリズム代表例

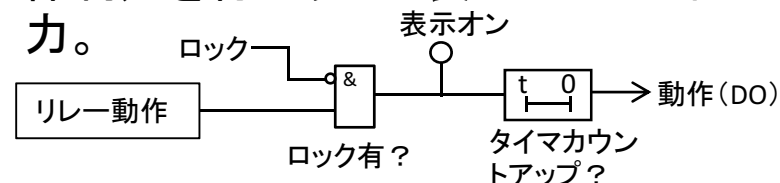
○リレー演算および動作判定

デジタルフィルタ後、事故判定に必要な電流・電圧の大きさ・方向を瞬時値から振幅値演算、位相差演算などを行い動作判定。

例: $v_m^2 + v_{m-3}^2 = |V|^2 > K$

○シーケンス演算(例)

動作判定された要素から各種条件判定を行いランプ表示やDOに出力。



第7章 保護リレーの構成と周辺設備

7-18

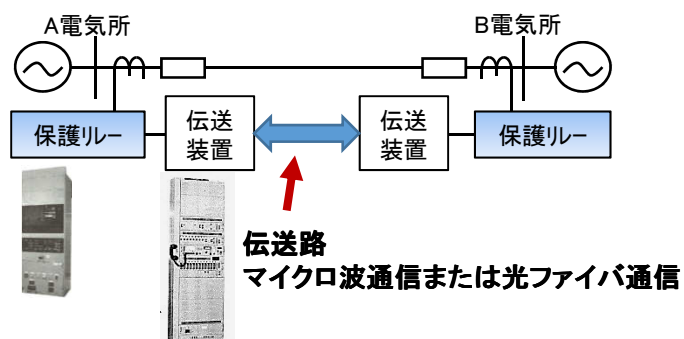
電気学会 実務に則した保護リレーシステム技術の基礎の学び方 調査専門委員会

7.4 【リレー】演算部・通信部

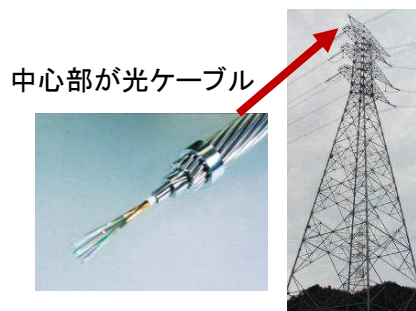
7.4.4 伝送回路と通信設備

送電線保護リレーの電流差動リレーなど、事故の検出に必要な情報を電気所(数km～数百km程度の距離)間で送受信。主な伝送路として、無線ではマイクロ波通信、有線では光ファイバ通信、電力線搬送。

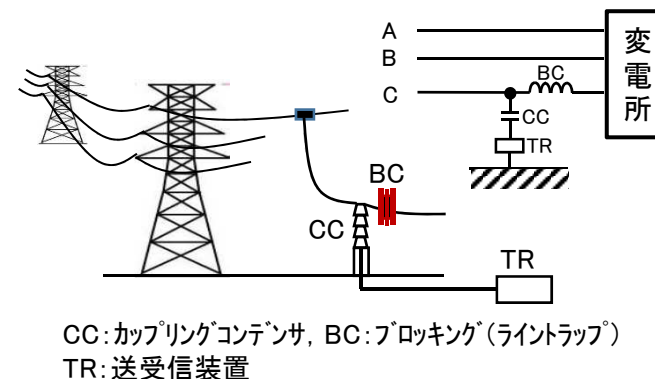
主な伝送路の種類	適用される主な保護リレー方式	主な特徴
マイクロ波通信	方向比較リレー(D-Cr), 電流差動リレー (PCMデジタル電流差動リレー)	伝送路にマイクロ波通信回線を使用。風水害に対して安定的で品質も高い。情報伝送量も大きい。長距離回線として経済的。
光ファイバ通信	方向比較リレー(D-Cr), 電流差動リレー (PCMデジタル電流差動リレー)	光を搬送波として使用。情報伝送量も大きい。電気雑音の影響を受けにくい。伝送路として主に光ファイバ複合架空地線(OPGW)を使用。
電力線搬送	方向比較リレー(D-Cr)	電力線を信号伝送回線として使用。送電線の雑音の影響を受けやすい。情報伝送量が比較的小さい。



a) キャリアリレー方式の構成と伝送路

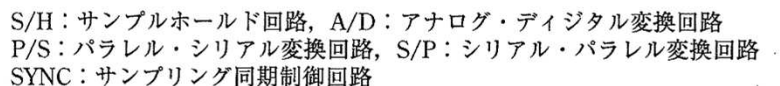


b) OPGW方式の光通信



c) 電力線搬送方式における伝送方式例

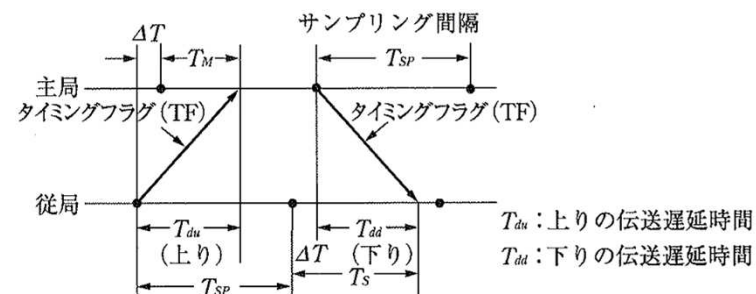
7. 4. 5 サンプリング同期制御



a) PCMデジタル電流差動リレーの構成例

PCMデジタル電流差動リレーは、送電線の両端電気所の電流入力を同期をとってサンプリングを行い相互に伝送し合う。

自局のサンプリングタイミング時刻と相手端子からのタイミングフラグの受信時刻との時間間隔を測定、従局ではこの時間間隔により同期誤差を求め自身でタイミングを補正。



b) サンプリング同期制御の方法

両端電気所のサンプリングのタイミングがずれればデータの同時刻性が失われ、系統事故が無い状態でも差動電流が発生し誤動作をしてしまうため、サンプリング同期制御を行う必要がある。

第7章 保護リレーの構成と周辺設備

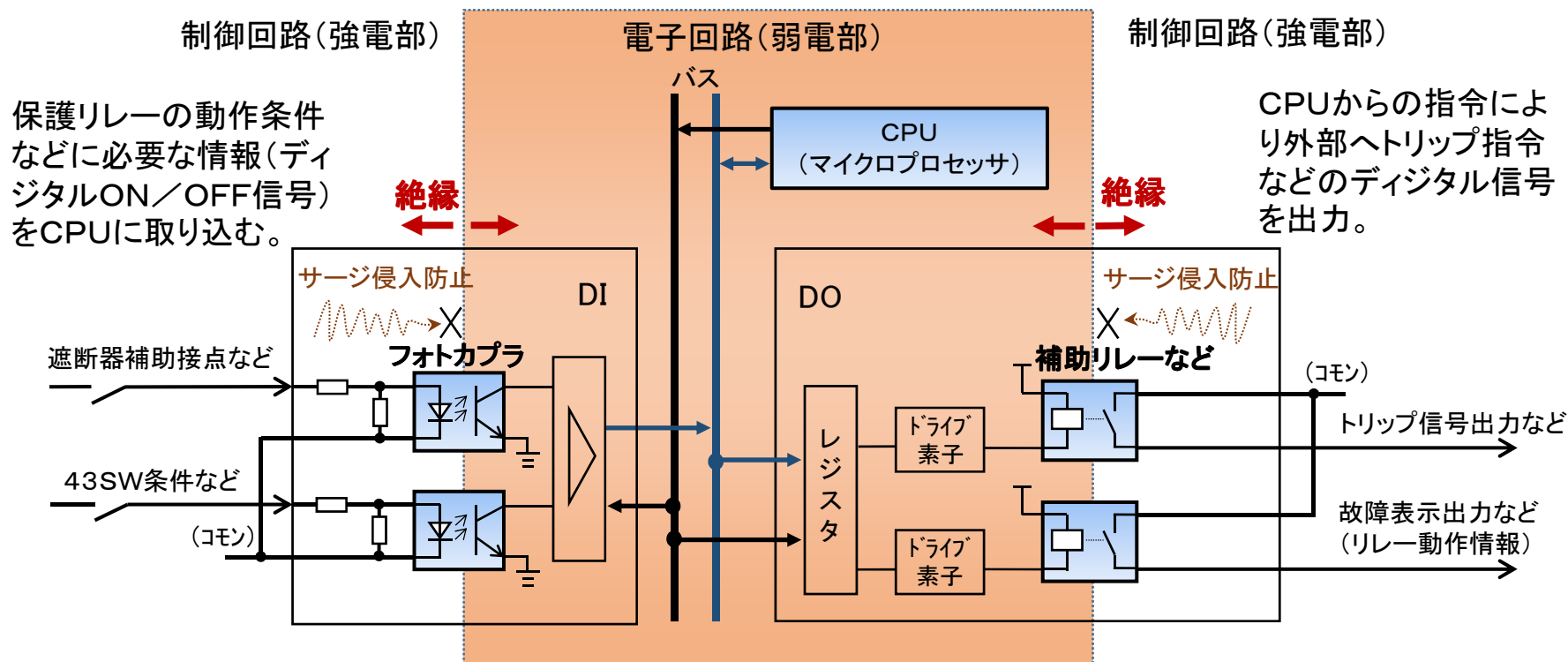
7-20

電気学会 実務に則した保護リレーシステム技術の基礎の学び方 調査専門委員会

7.5 【リレー】デジタル入出力部

7.5.1 DI/DO

DI/DOは、保護リレーと外部回路とのデジタル入出カインターフェイス部。
外部からのサージやノイズ侵入を防止するためフォトカプラや補助リレーなどで外部と絶縁。



a) DI/DO部の概略構成例

第7章 保護リレーの構成と周辺設備(★)

7-21

電気学会 実務に則した保護リレーシステム技術の基礎の学び方 調査専門委員会

コラム④

保護リレーが受けるサージ・ノイズ

外部からのサージ・ノイズの侵入は保護リレー誤動作の要因。

【代表例1】 主回路の開閉に起因する 一過性サージ

遮断器などの開閉操作によって発生したサージ電圧が、近傍の制御ケーブルに移行。

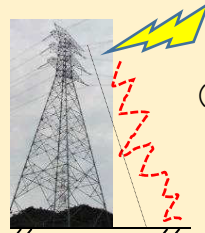


減衰振動波サージ
(最大2.5kV, 数MHz相当)

方形波インパルスサージ
(最大1kV, 数十MHz相当)

【代表例2】 雷電流に起因する 一過性サージ

電気所直撃雷や架空地線から接地網へ流入する雷電流により、近傍の制御ケーブルに電圧を誘導。



インパルスサージ
(最大2kV, 20kHz相当)

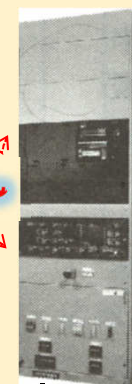
【代表例3】 保護リレーが設置された 電磁界環境によるノイズ

帯電した人間の接触による静電気放電によって発生する電磁界。



トランシーバや公共放送などの電磁波がケーブルに誘導。

制御ケーブル
制御ケーブル



保護リレーでは、外部とのインターフェイス部の絶縁や、アースの強化、サージ吸収コンデンサの設置、ソフト処理によるノイズ除去や入出力用制御ケーブルにはシールド付ケーブルを採用するなど、対策を実施。

保護リレーの耐ノイズ性能については、国際規格であるIEC60255シリーズと整合したJEC-2501が2010年に制定され、厳しい耐ノイズ試験について規定。近年の保護リレーはこの規定をクリアするものもあり、非常に高い耐ノイズ性能を有す。

保護リレーの耐ノイズ性などに関する参考文献

文献名称	出版元
JEC-2501-2010 保護継電器の電磁両立性試験	電気学会
電共研 第57巻3号 保護制御システムのサージ対策技術	電気共同研究会

第7章 保護リレーの構成と周辺設備

7-22

電気学会 実務に則した保護リレーシステム技術の基礎の学び方 調査専門委員会

7. 5【リレー】デジタル入出力部

7. 5. 2 トリップ回路

DOからのトリップ信号により、遮断器に遮断出力(トリップ指令)を行う。

遮断器に信号を出力する機器(図内MDXなど)には、電磁形補助リレーや高速動作を目的とした半導体素子などを使用。適用する系統の状況に応じて採用。回路内は、不要遮断を防止するトリップロック機能や保護リレーの接点を保護するシールイン回路などを有した構成が一般的。

【リレーロック回路】

保護リレー点検などのリレーロック時は、トリップ回路をロックし不要遮断を防止

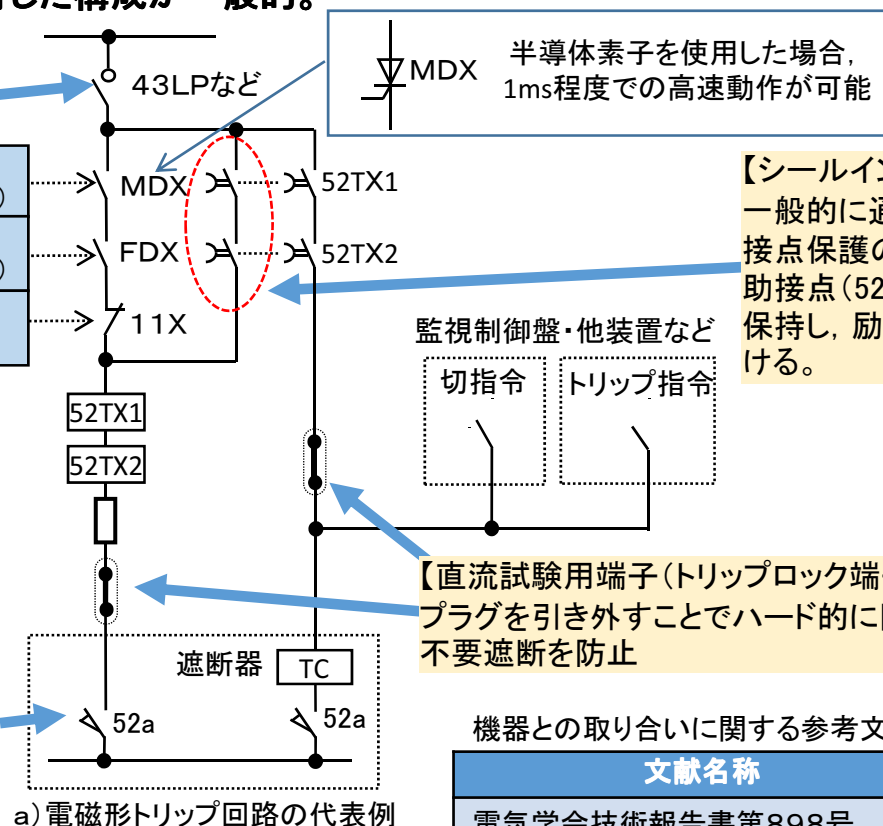
メイン
フェイルセーフ ≥ 1

【トリップロック指令】

自動点検時、自動的にトリップロックを行い、自動点検時における不要遮断を防止

52a: 遮断器の主接点と連動した補助接点。
トリップ回路インターロックやトリップ時のトリップ電流を遮断する役割がある。

TC: 遮断器を開放する働きを担うコイル。



機器との取り扱いに関する参考文献

文献名称	出版元
電気学会技術報告書第898号 電力機器と系統保護の相互協調	電気学会

第7章 保護リレーの構成と周辺設備

7-23

電気学会 実務に則した保護リレーシステム技術の基礎の学び方 調査専門委員会

7.6 【運用・保守】保護リレーのその他機能

7.6.1 自動監視(常時監視・自動点検)

保護リレー内部の故障により**誤動作, 誤不動作の無きよう, 常時自動的に各部の不良を検出**。異常を検出した場合は, 即座に異常表示(アラーム)の出力や異常の履歴を保存。

自動監視を充実させることで点検の省略や故障復旧迅速化にも繋がる。

(自動監視対象外の部位は定期点検などで確認。8.6.5項参照)

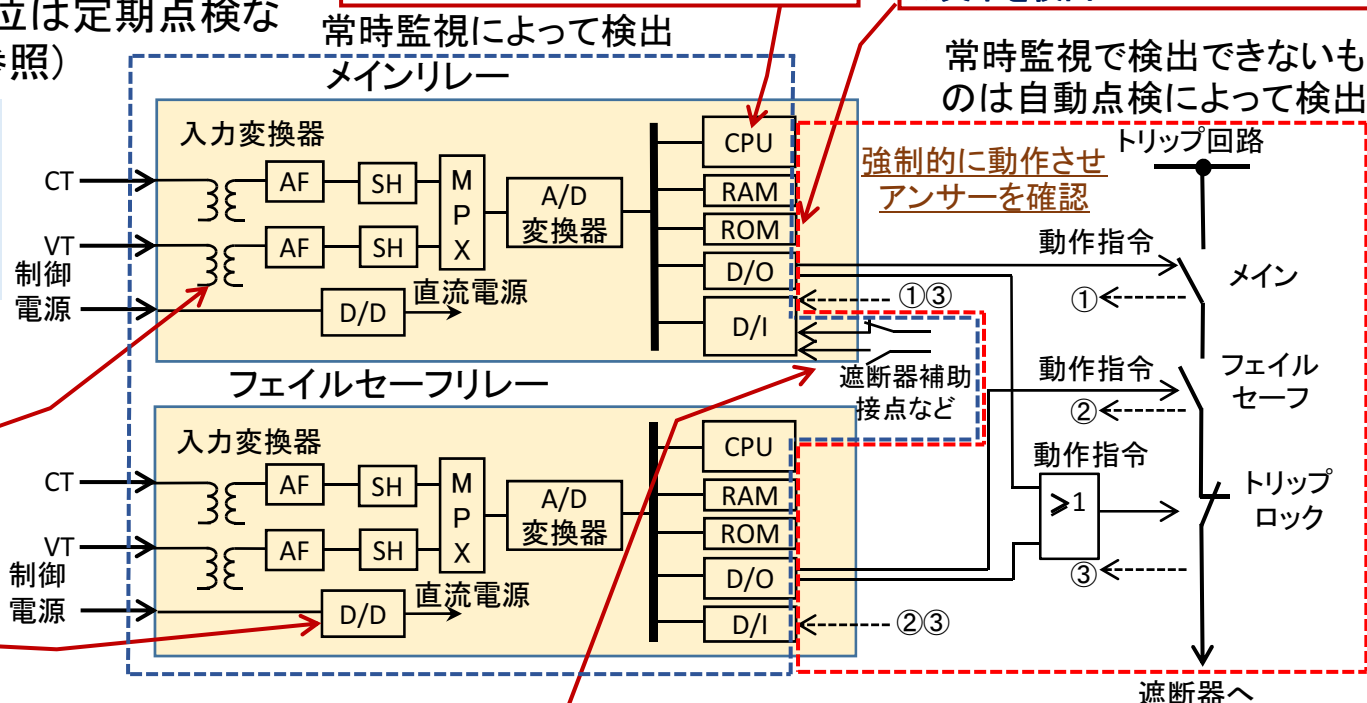
一過性の故障で異常を検出しないよう**CPUのリスタート処理や検出時限**を設けて監視。

アナログ入力部の監視
三相電流, 三相電圧の平衡度を監視, 断線などを検出

電源部の監視
入力・出力側の過電流, 不足電圧を監視, 異常検出でブレーカを遮断

CPU自己監視
ウォッチドックタイマ監視によるCPUの停止, 暴走を検出など

メモリの監視
プログラムのサム値を監視, メモリの異常を検出



D/I入力回路監視 遮断器補助接点入力などは, a接点b接点を入力して不一致を監視し異常を検出

a) 自動監視の代表例

第7章 保護リレーの構成と周辺設備

7-24

電気学会 実務に則した保護リレーシステム技術の基礎の学び方 調査専門委員会

コラム⑤

保護リレーが大きく進化したきっかけ

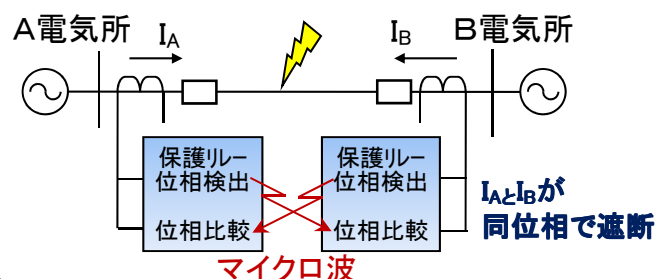
■ニューヨーク大停電事故(1965年)

史上最大の大停電(約4,300万kW, 最大13時間)。
⇒一つの事故が引き金になり大停電に至った事例であり我が国の電力業界に大きな警鐘。

保護リレーの性能向上, 信頼性向上の検討

- ・主幹系統保護施設専門委員会(電気協同研究, 第25巻, 第4号)
- ・保護継電器自動監視専門委員会(電気協同研究, 第28巻, 第1号)

マイクロ波回線トランジスタ形電流位相比較リレーの開発(1969年初適用)



性能・信頼性向上策 ⇒ 今日の保護リレー技術の基礎となる

- ・マイクロ波伝送回路を用いた電気所間での情報送受信の採用。
- ・自動監視技術の採用(誤動作と誤不動作の防止)。
- ・保護リレーの2系列化構成(誤不動作防止)。
- ・メインとフェイルセーフのアンド構成(誤動作防止)。
- ・多相再閉路方式の採用(電力系統連系強化による信頼度向上)。

■御母衣事故(1965年)

事故内容は5章コラム①参照

大規模停電を防止する系統安定化技術のより一層の発展

- ・事故除去: 送電線や母線の保護リレー2系列化, 保護リレー・遮断器の高速化, 無保護区間の防止など。
- ・事故波及防止: 信頼性の高い伝送系やコンピュータを採用した新制御システム(「系統安定化装置(SSC)」など)の開発。⇒中央制御方式(電源や負荷の遠隔制御)により格段に信頼性が向上。
- ・電力各社間において事故時の連系点のあり方が決定された。

第7章 保護リレーの構成と周辺設備

7-25

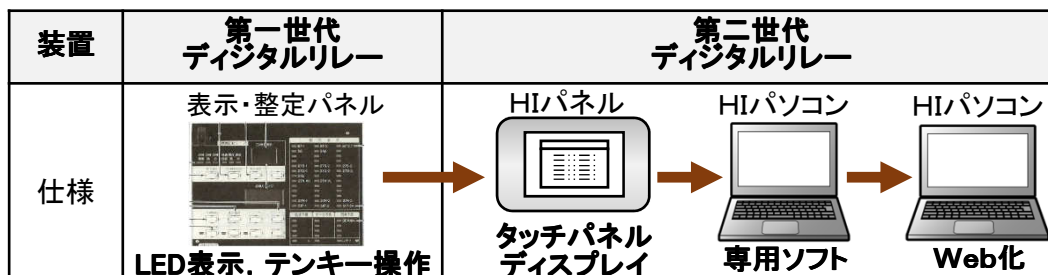
電気学会 実務に則した保護リレーシステム技術の基礎の学び方 調査専門委員会

7.6 【運用・保守】保護リレーのその他機能

7.6.2 ヒューマンインターフェイス

保護リレーを運用・保守するため、整定操作やリレー動作、自動監視結果などの運転状態を確認。

ヒューマンインターフェイス方式の変遷(デジタルリレー装置)



HIのメニュー概略構成例

メニュー名	内容
整定	メインリレー整定, フェイルセーフ整定
運用状態	リレー動作, 入力電気量
試験制御	強制制御, 試験設定, オシロ出力
動作内容	動作履歴
異常内容	自動監視異常履歴
自動点検	点検時刻設定, 手動起動
補助設定	時刻設定, 記録消去, IPアドレス設定
データセーブ	セーブデータの読み出しなど

現在は, HI(Human Interface)パソコン(Ethernet通信)によるWeb汎用ブラウザを用いた方式が主流。

IP網経由で保守員駐在箇所からの**遠隔保守, 遠隔整定が可能**。
変電所に行かなくとも保護リレーの状態を確認できるなど**保守対応の迅速化・効率化が可能**。



a) ブラウザを用いたHI画面例

第7章 保護リレーの構成と周辺設備

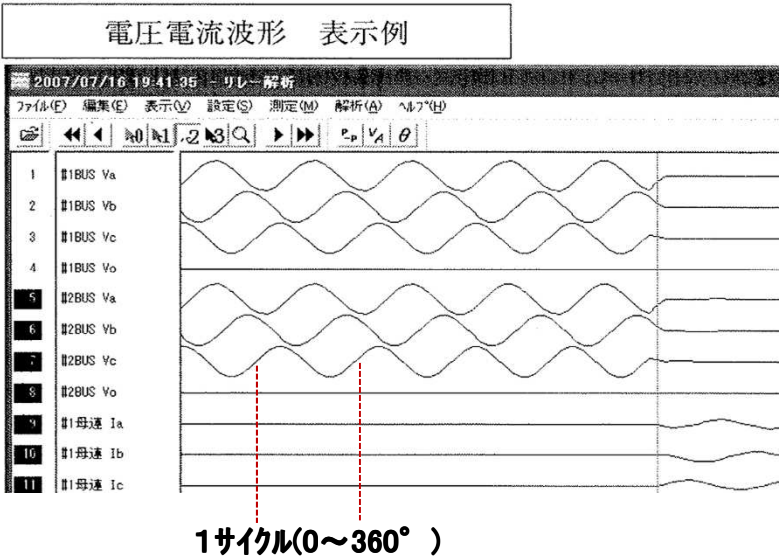
電気学会 実務に則した保護リレーシステム技術の基礎の学び方 調査専門委員会

7. 6 【運用・保守】保護リレーのその他機能

7. 6. 3 データセーブ

保護リレーのリレー応動解析および故障部位解析を目的に，保守支援機能としてデータセーブ機能を設けている。実際の系統のオシロ動作記録などによる応動解析(8. 6節参照)の他に，データセーブにより保護リレーがどのように応動したかの解析も可能。

保護リレー内部のデータを読み出し，解析専用ソフトウェアを使用することで電圧や電流の波形などデータの解析が可能。一部では，汎用データ(CSV形式)での読み出しも適用。



a) データセーブの解析例

データセーブ内容例(電協研，第65巻，第2号より抜粋)

項目	仕様	
起動条件 (保存条件)	1) 常時監視，自動点検不良，伝送不良 2) トリップ出力 3) 手動起動 4) 各リレー動作 など	
記憶項目	1) 起動条件 2) 起動時刻(年，月，日，時，分，秒) 3) 不良項目，不良部位詳細情報 4) アナログ情報 瞬時値または実効値，位相 5) 入出力情報 デジタル入出力，トリップ出力 6) リレー情報 動作リレー要素(メイン，フェイルセーフ) 7) リレー演算量 動作量，抑制量，インピーダンス 8) 整定値 9) 伝送情報 伝送不良情報，伝送アナログ情報	
記憶量	記憶時間	起動前：6～18サイクル 起動後：4～12サイクル
	記憶回数	7～40回
	記憶容量	250kバイト～3Mバイト

第7章 保護リレーの構成と周辺設備

7-27

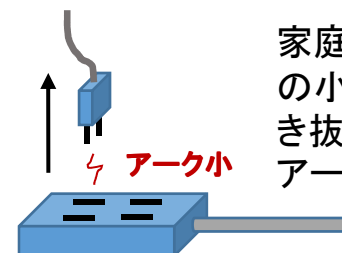
電気学会 実務に則した保護リレーシステム技術の基礎の学び方 調査専門委員会

7.7 【周辺設備】保護リレーからの情報および制御の出力先

7.7.1 遮断器

遮断器は保護リレーからのトリップ信号により事故時の大電流を遮断し、事故部分を切り離す。

電気を切り離すとき電気は電路を流れ続けようとするため**アークを発生**。電力系統の大電流では大変大きなアークが発生するため、**遮断器はアークを消弧する設備を設け大電流を高速に遮断**。



家庭用コンセントなどの小電流ではプラグ引き抜くだけで簡単にアークは消せる

遮断器の定格項目 (JEC-2300-1998抜粋)

定格項目	内容
定格電圧[kV]	3.6～550kV
定格遮断電流[kA]	12.5～63kA
定格遮断時間[サイクル]	2,3,5サイクル
定格電流[A]	600～8000A

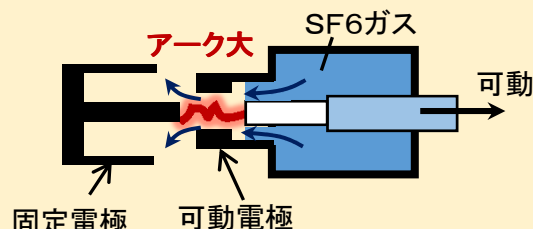
遮断器に関する参考文献

文献名称	出版元
JEC-2300-1998 交流遮断器	電気学会

引き外し自由

引き外し動作(トリップ指令による開放動作)を優先。遮断器が投入指令中であっても引き外し指令が与えられれば直ちに遮断器開放動作を行う。

主な遮断器の種類	特徴
ガス遮断器(GCB)	遮断部分をSF6ガスが充填された密閉容器内に設置。アークに絶縁性能・消弧性能が高いSF6ガスを吹き付けて消弧。遮断性能に優れ、主に高電圧系統に広く普及。
真空遮断器(VCB)	遮断部分を高真空に保たれた容器内に設置。アークを高真空によって拡散し消弧。メンテナンス性にも優れコストも比較的安価であり、幅広く普及。
油遮断器(OCB)	遮断部分を油の入ったタンクの中に設置。アークによって油が水素などに分解され、水素ガスによる冷却作用により消弧。絶縁油を使用するためメンテナンスが煩雑で、近年は減少傾向。



a) ガス遮断器(GCB)の内部構造イメージ図

第7章 保護リレーの構成と周辺設備

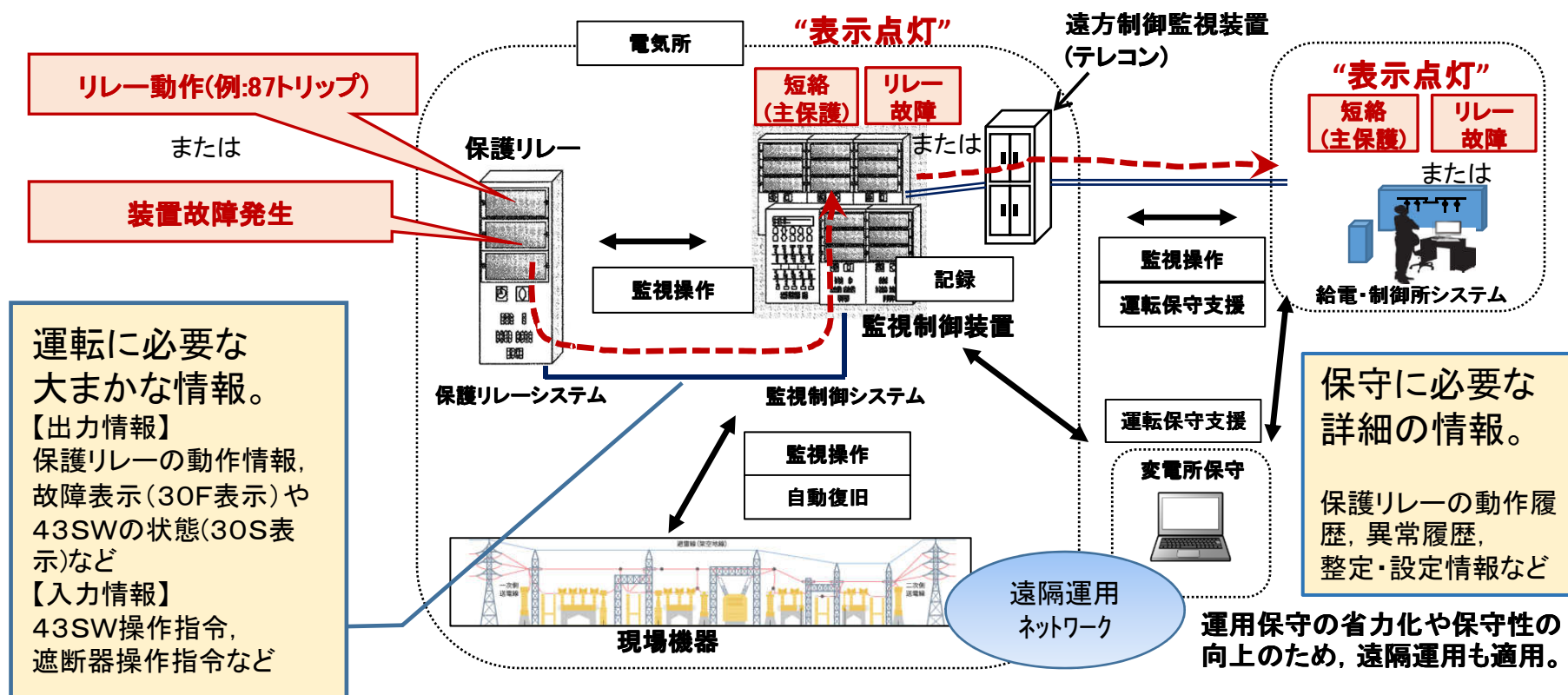
7-28

電気学会 実務に則した保護リレーシステム技術の基礎の学び方 調査専門委員会

7.7 【周辺設備】保護リレーからの情報および制御の出力先

7.7.2 監視制御装置

電力安定供給のために広域な電力系統を遠隔監視・操作するため、保護リレーの情報は、変電所の監視制御装置、遠方監視制御装置(テレコン)を経由してやりとり。 ⇒変電所の無人化



a) 保護リレーシステムと変電所監視制御システムの構成例

第7章 保護リレーの構成と周辺設備

7-29

電気学会 実務に則した保護リレーシステム技術の基礎の学び方 調査専門委員会

7.8 保護リレー装置の展開接続図

保護リレー装置の展開接続図は、以下の構成が主流。保護リレーのシステム全体説明の後、ハード回路、論理回路のような順で記載されることが多い。

構成順	記載概要	具体的な項目	解説
構成1	保護機能についての全体システム構成、展開接続図の見方	保護系統、機器仕様、保護リレー方式、システム構成、保護ブロック図、リレー特性、整定範囲、フルスケール など。	主要機能・仕様などはここにまとめて記載される。 <u>保護リレー装置を理解する要の部分</u> 。
構成2	外部とのインターフェイス、保護装置内の接続などのハード回路	直流電源回路、アナログ入力回路、遮断器制御回路、制御条件・機器条件入力回路、警報表示接点回路 など。	直流電源およびCT・VTからの入力・分配、リレー演算後のトリップ出力など保護リレーと周辺設備の接続をまとめた部分。
構成3	リレー内部の保護機能についての主要論理回路	メインリレー、フェイルセーフリレー、再閉路回路、制御入出力 など。	リレー演算(リレー動作)後のロック条件や協調タイマなどを記載したソフトロジック部分。
構成4	リレー内部の詳細機能についての論理回路	警報回路、表示回路、自動監視回路など。	リレー事故判定後の30出力や動作表示、自動監視などのソフトロジック部分。
構成5	その他必要な情報	外形図、実装図、端子台図、機器一覧・補助リレー一覧 など。	保護リレー装置の外観や外部からのケーブル接続箇所を示した表などを記載。

○ポイント1

- ・当該保護リレー装置を理解するには、展開接続図の冒頭に記載される構成1を十分確認することが重要。(ここでほぼ全体の情報が確認できる)
- ・上記構成を把握しておくことが、展開接続図を読み解く第一のポイント。

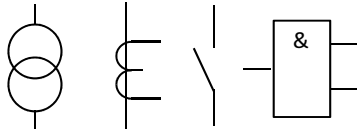
- ・図内の行先表示や同じデバイス名を追っていき、信号の流れ(繋がり)を確認。

第7章 保護リレーの構成と周辺設備

電気学会 実務に則した保護リレーシステム技術の基礎の学び方 調査専門委員会

7.8 保護リレー装置の展開接続図

展開接続図は、図内表現の煩雑化を避けるなどの理由により、各種規格に則った専門的な制御器具番号(デバイス)や用語、および文字記号で表現。
下記は主な規格。

規格種類(規格名)	規格番号	記載内容(例)
制御器具番号	JEM 1090	87, 51, 59, 27, 52, S, G
配電盤・制御盤の用語および文字記号	JEM 1115	CT, CB, OCR, UVR
電気用図記号	JIS C 0617	
展開接続図の様式	JEM 1404	書き方, 基本構成など

【制御器具番号(デバイス)の記載例】
保護リレー要素: 87MC-1, 144GX2-2
補助リレー: 30X1A, 43TPX1

基本器具番号+補助番号の構成。
※展開接続図内部の詳細デバイスになると補助番号(末尾)の付け方でメーカー間で差異が出やすい。

保護リレーの仕様比較 参考文献

文献名称	出版元
電気学会技術報告1331号 保護リレーの方式・運用と海外の技術動向	電気学会

○ポイント3

・制御器具番号や用語および文字記号などについては、普段から上記規格に触れておくことが早期理解につながる。