

目次

- 8. 1 保護リレーにかかわる業務の流れ
- 8. 2 企画・計画
- 8. 3 設計・発注
- 8. 4 製作・試験
- 8. 5 工事
- 8. 6 運用・保守

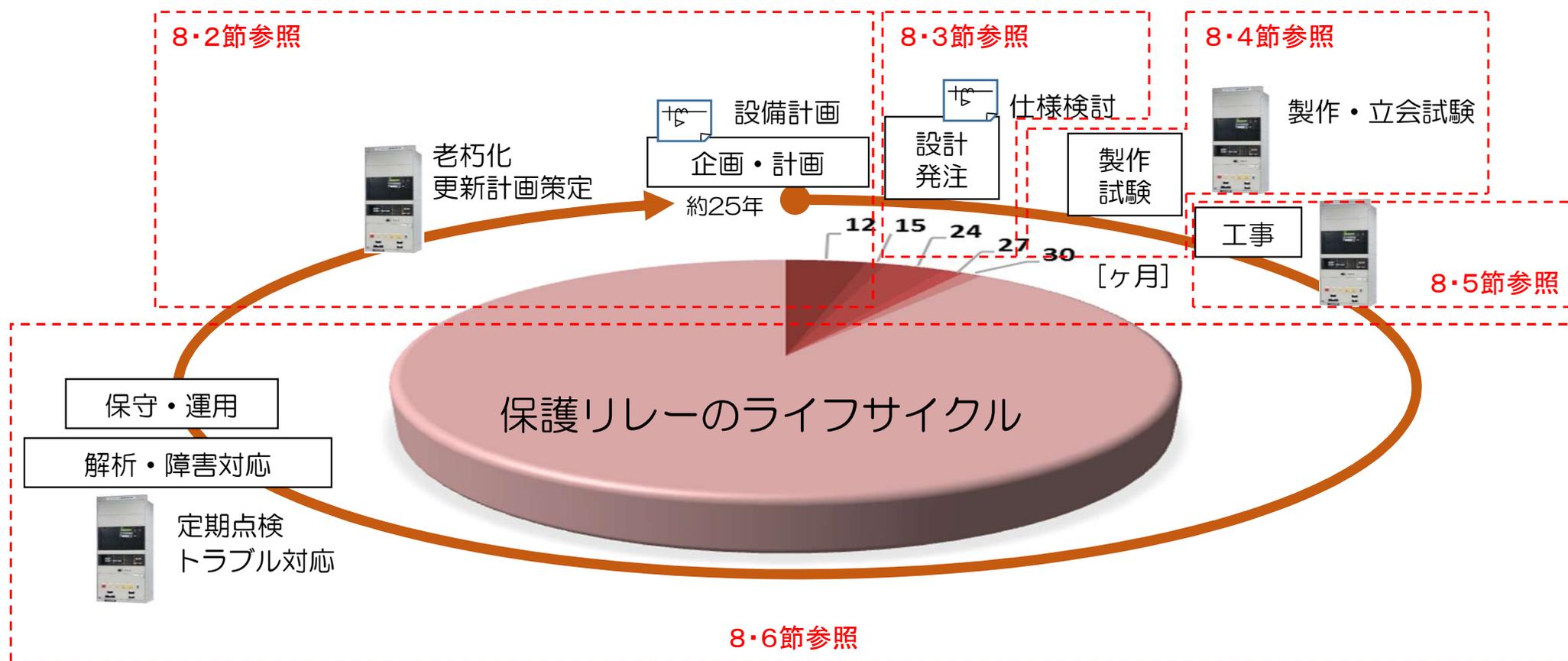
概要

保護リレー装置は、電力の安定供給に欠くことのできない重要な装置であり、周辺設備を含めた保護リレーシステムとしての稼働においては、常に高い信頼度が要求され、電力会社・メーカーが協力して、さまざまな業務を行うことでその信頼度を実現している。

本章では、保護リレーシステムを中心となる保護リレー装置のライフサイクルに沿って、多くの保護リレー技術者が従事している各業務内容について、電力会社・メーカーのかかわり、背景、目的を含めて説明する。

8.1 保護リレーにかかわる業務の流れ

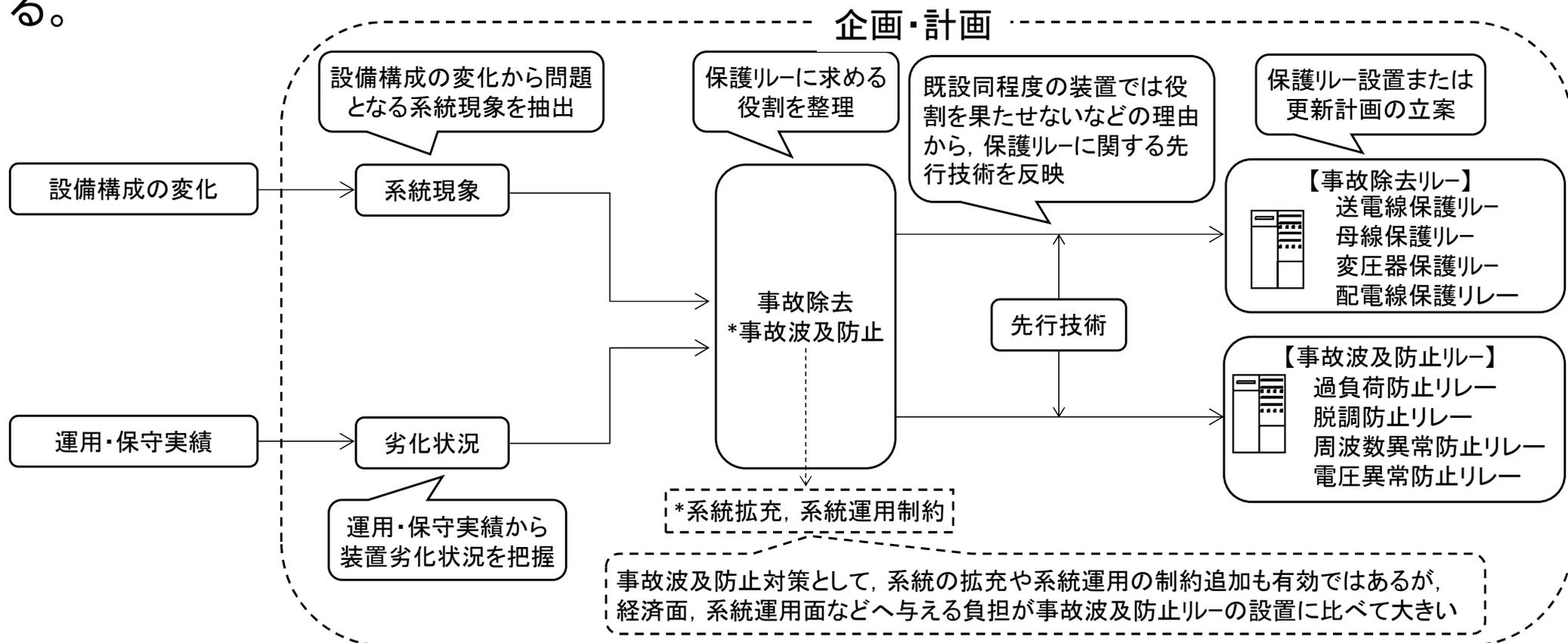
下図は保護リレー装置のライフサイクルから関連する業務の流れを表したイメージであり、電力会社(工事会社含む)やメーカーでは多くの技術者が携わっている。



8.2 企画・計画

8.2.1 保護リレーの企画・計画

電力会社は設備構成から系統現象を、保護リレー運用・保守実績から劣化状況の変化を先見的にとらえ、合理的な保護リレー計画を立てる。また、新しい保護リレーシステムへのニーズを抽出し、先行技術を取り入れる際は、メーカ共同で研究開発する。

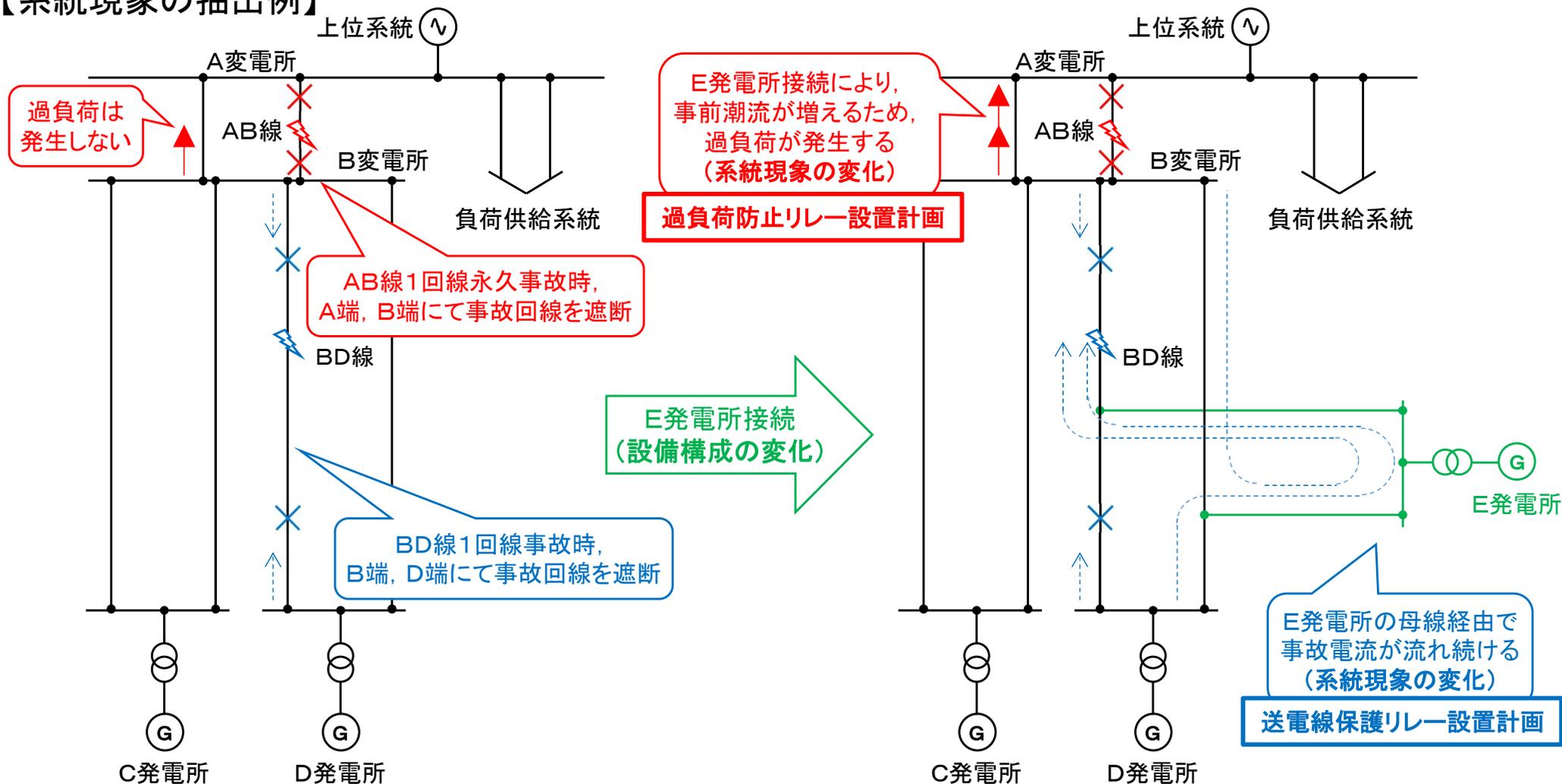


8.2 企画・計画

8.2.2 系統現象の抽出

設備の新增設・変更による系統現象の変化に応じ、保護リレーの設置を検討する。

【系統現象の抽出例】

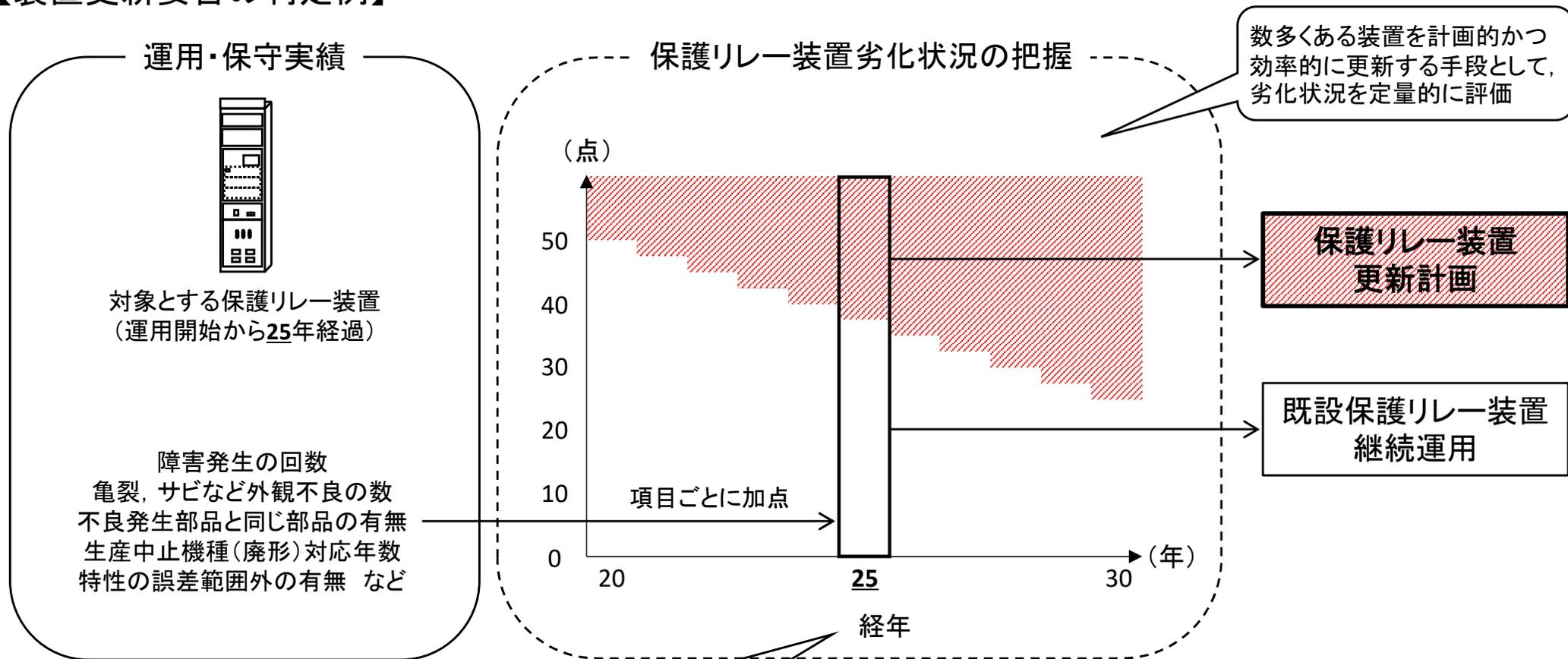


8.2 企画・計画

8.2.3 装置劣化状況の把握

保護リレーの運用・保守実績から劣化状況を把握し、装置更新の要否を判定する。

【装置更新要否の判定例】



保護リレー更新周期は20~30年程度であり、
運開から約25年以降が更新判定対象装置

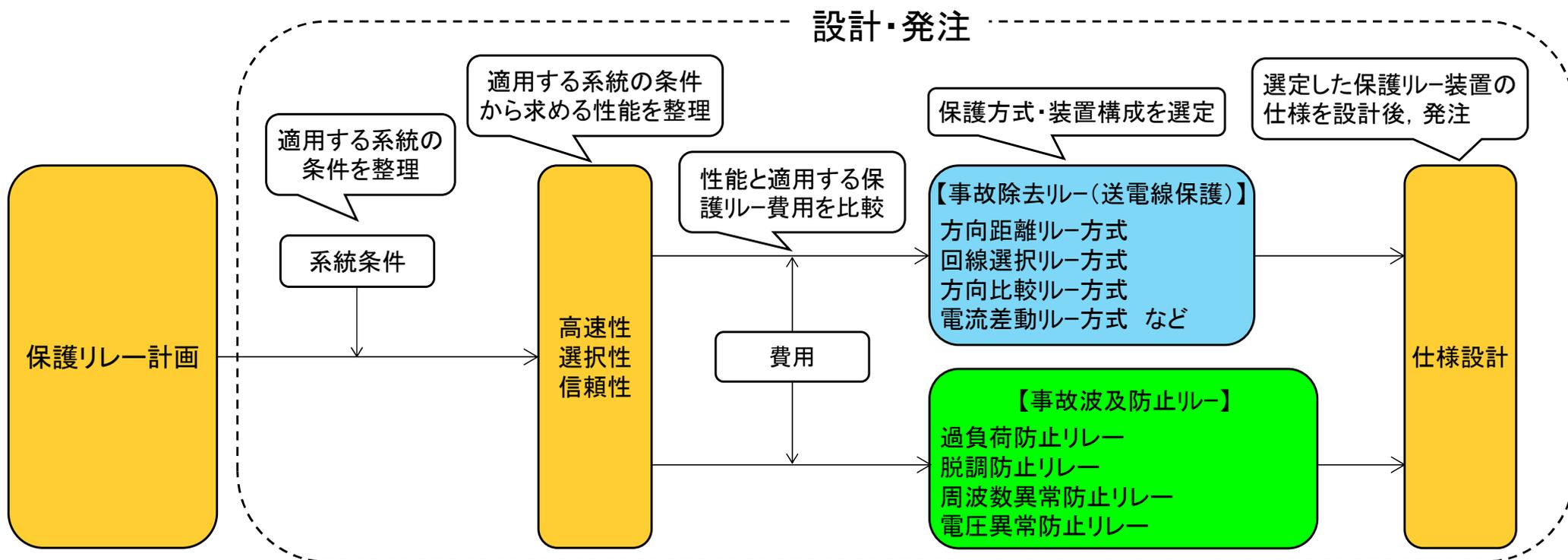
保護リレー更新周期や廃形対応の考え方に関する参考文献

文献名称	出版元
第65巻第2号 保護リレーの新しい機能・性能	電気協同研究会

8.3 設計・発注

8.3.1 保護リレーシステムの設計

電力会社は系統条件から保護リレーシステムに求める性能を把握したうえで、保護方式、装置構成を検討し、適用する保護リレーシステムを設計している。

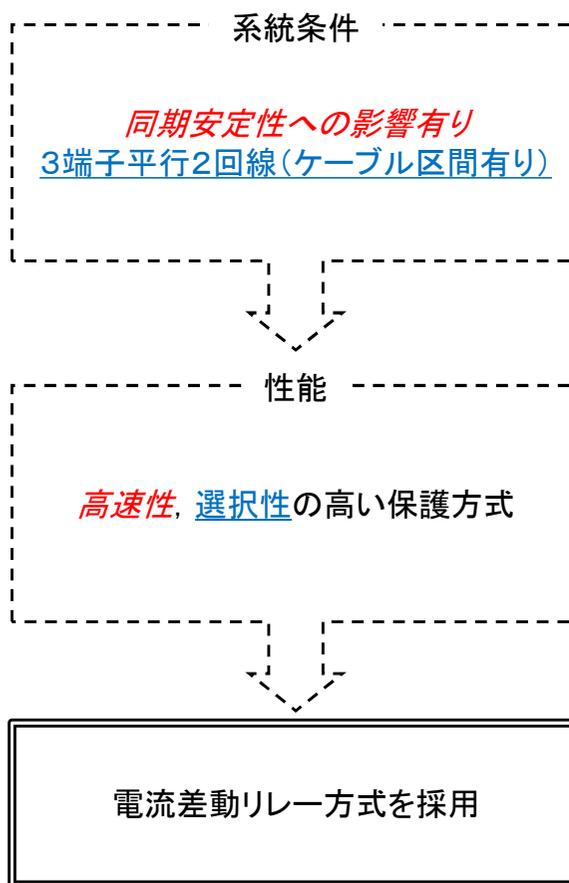
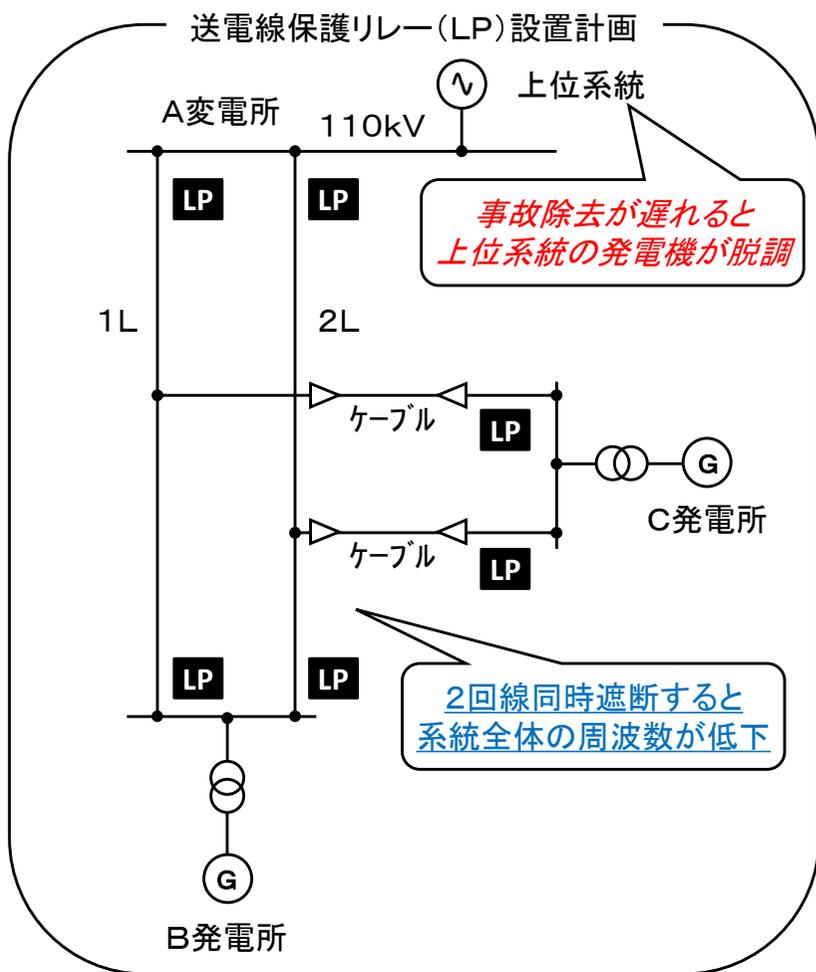


保護方式の詳細に関する参考文献

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

8.3 設計・発注

【保護方式選定例】



➤ 過電流リレー方式
事故電流の大きさだけでは、事故区間を正しく判定できない
⇒選択性に欠けるため、不採用

➤ 方向距離リレー方式
B端、C端至近事故を2段保護領域で検出させるため、事故除去時間が遅れ、ルート断となる
⇒高速性・選択性に欠けるため、不採用

➤ 回線選択リレー方式
B端(C端)至近事故に対してB端(C端)遮断後にA端が遮断するため、事故除去時間が遅れる
⇒高速性に欠けるため、不採用

➤ 方向比較リレー方式
電力線搬送を用いる場合、ケーブル区間で伝送ロスが大きいため、事故区間判定結果を正しく送受信できない
⇒選択性に欠けるため、不採用

電圧階級と性能の高さは比例傾向にあり、電力会社にとって電圧階級は保護方式を選定する一つの目安となる

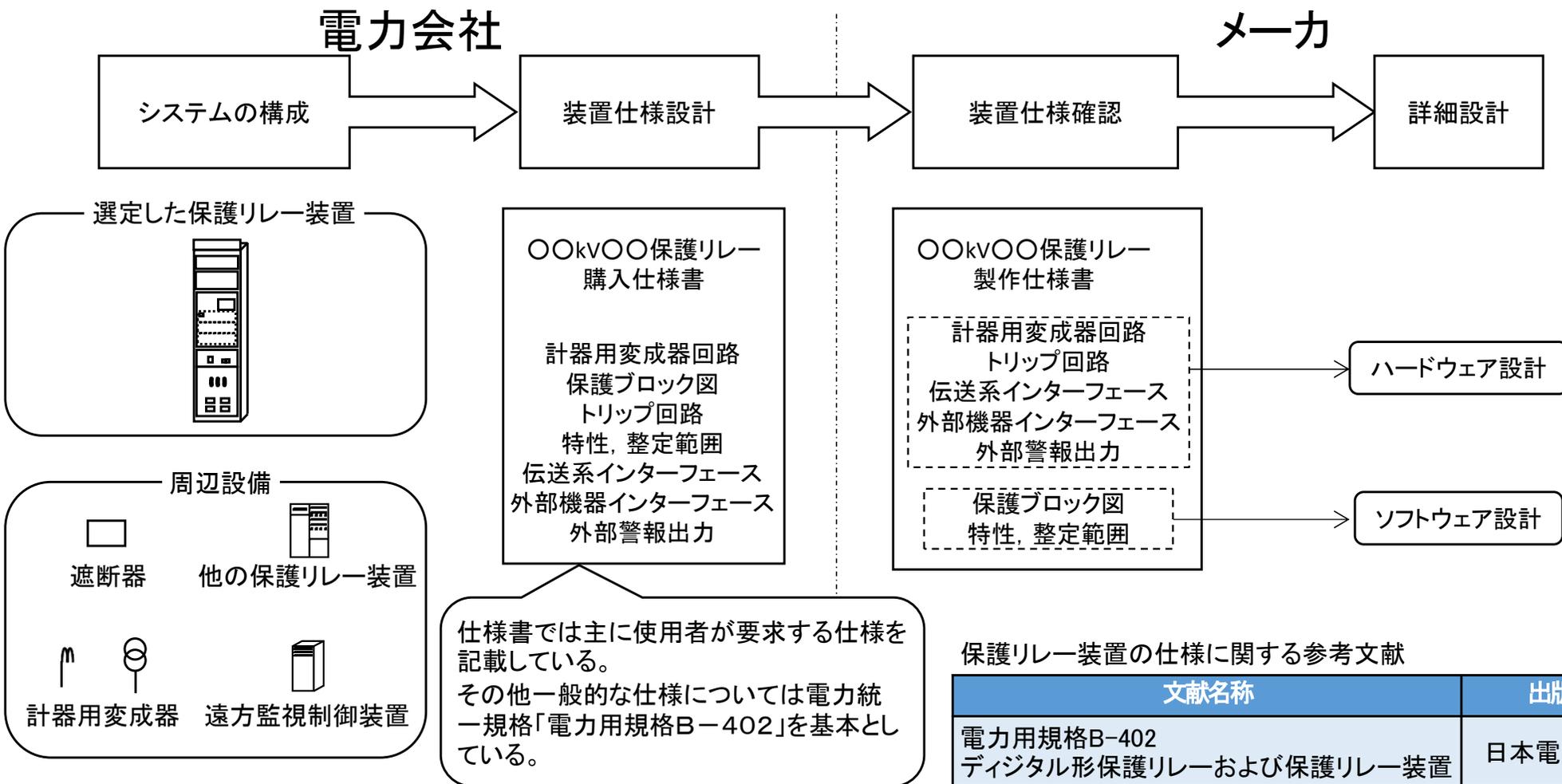
保護リレーシステム適用に関する参考文献

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

8.3 設計・発注

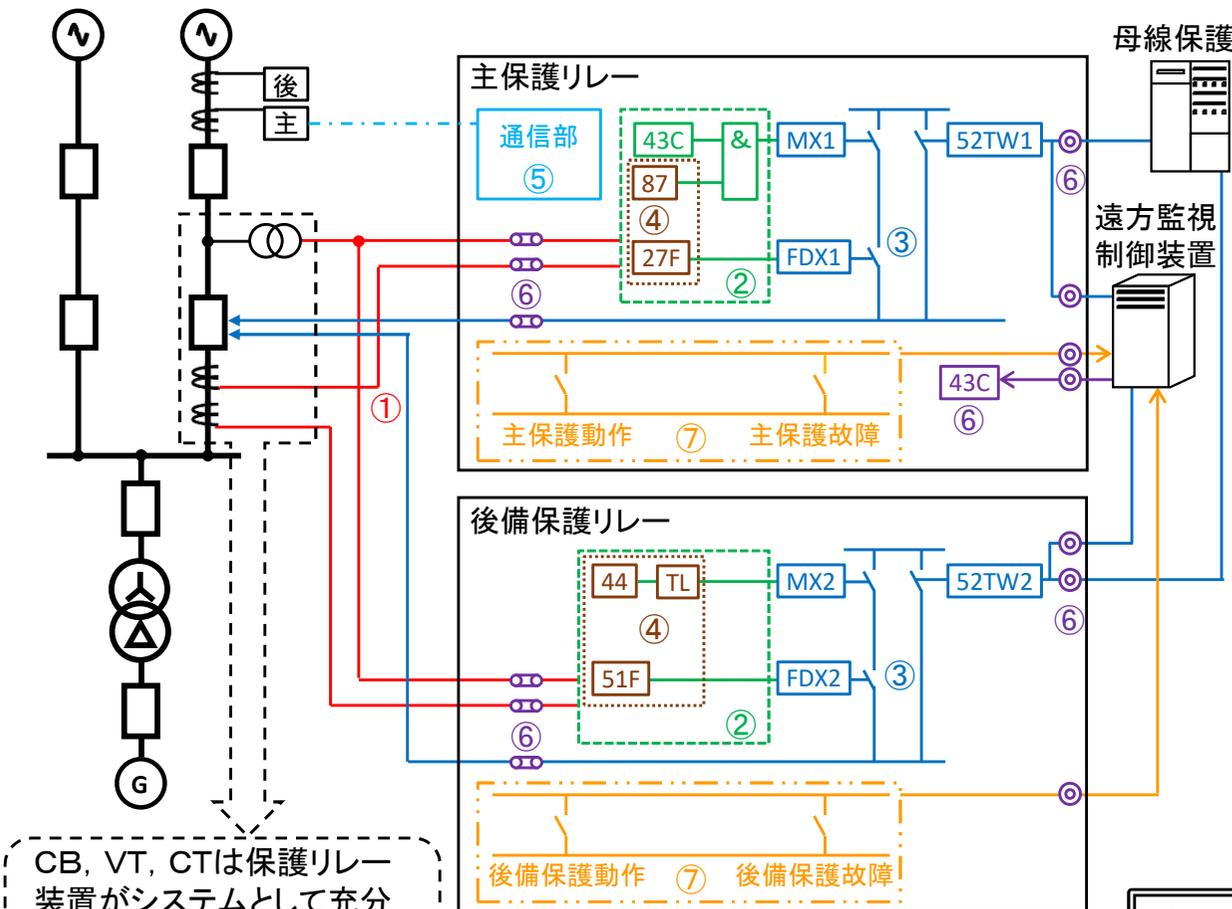
8.3.2 保護リレー装置の設計

電力会社は、周辺設備を含めたシステムを構成したうえで、保護リレー装置の仕様を設計し、メーカーと仕様確認を行う。



8.3 設計・発注

【システム構成と仕様設計例】



CB, VT, CTは保護リレー装置がシステムとして十分に機能を発揮できる仕様が選定されている。

CB, VT, CT仕様選定に関する参考文献

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

仕様	考慮する要因
① 計器用変成器回路	変成比 CTコア数 事故電流
② 保護ブロック図	時間協調 事故検出方法
③ トリップ回路	信頼性 高速性
④ 特性, 整定範囲	CT特性 事故電圧 事故電流 保護協調
⑤ 伝送系インターフェース	伝送方式 (伝送路選定, 伝送遅延時間算出)
⑥ 外部機器インターフェース	系統運用 (遠方制御スイッチの選定) 点検・試験方法 (試験用端子の選定)
⑦ 外部警報出力	応動確認 (事故時に必要な情報の選定) 障害対応 (装置障害時に必要な情報の選定)

考慮する要因がどのように仕様へ反映されているかは電力会社ごとに異なり, 選定された保護リレーが同一でも, 仕様には差異がある。

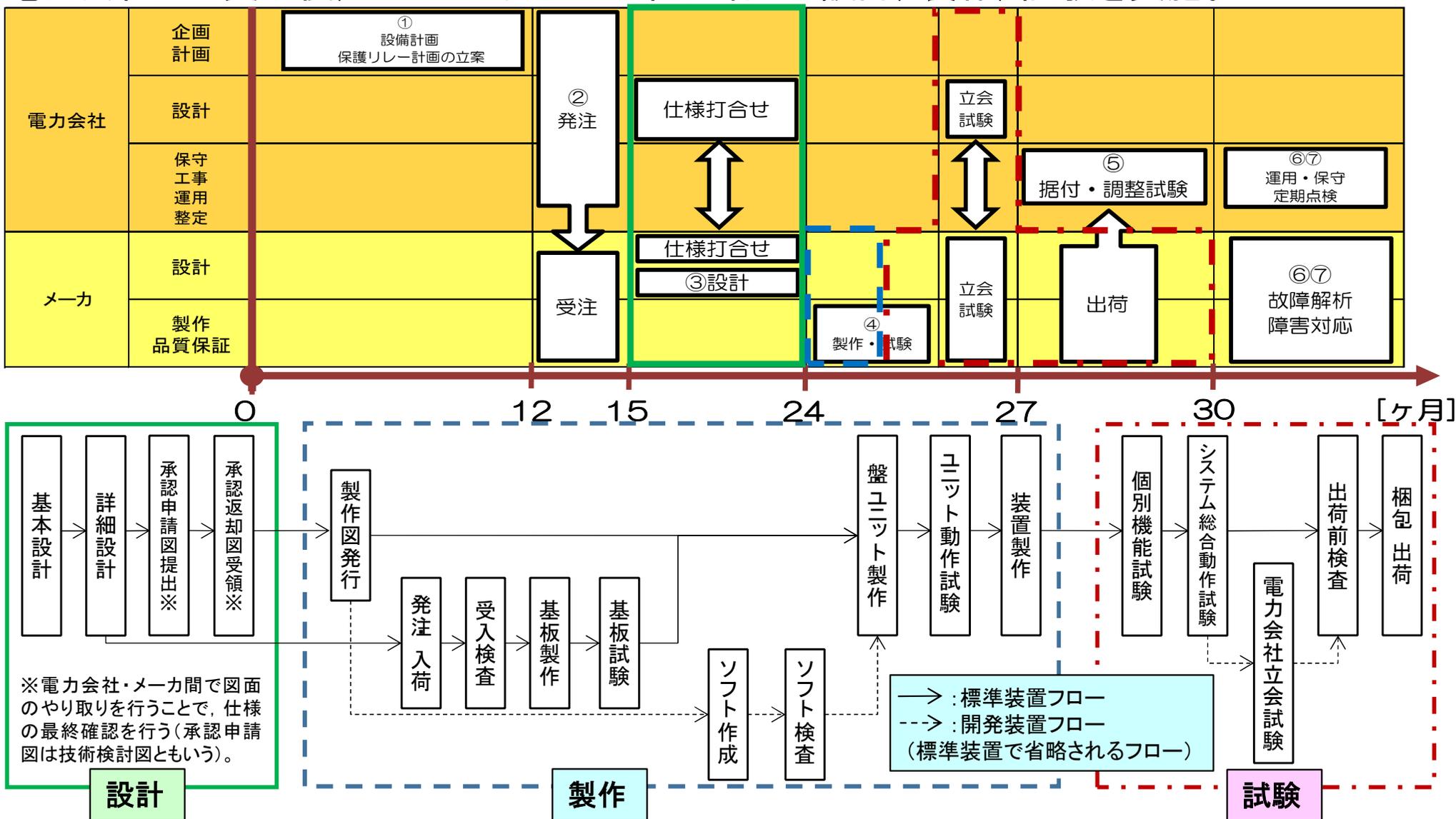
保護リレー仕様比較や仕様を与える要因に関する参考文献

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

8.4 製作・試験

8.4.1 メーカーにおける全体工程

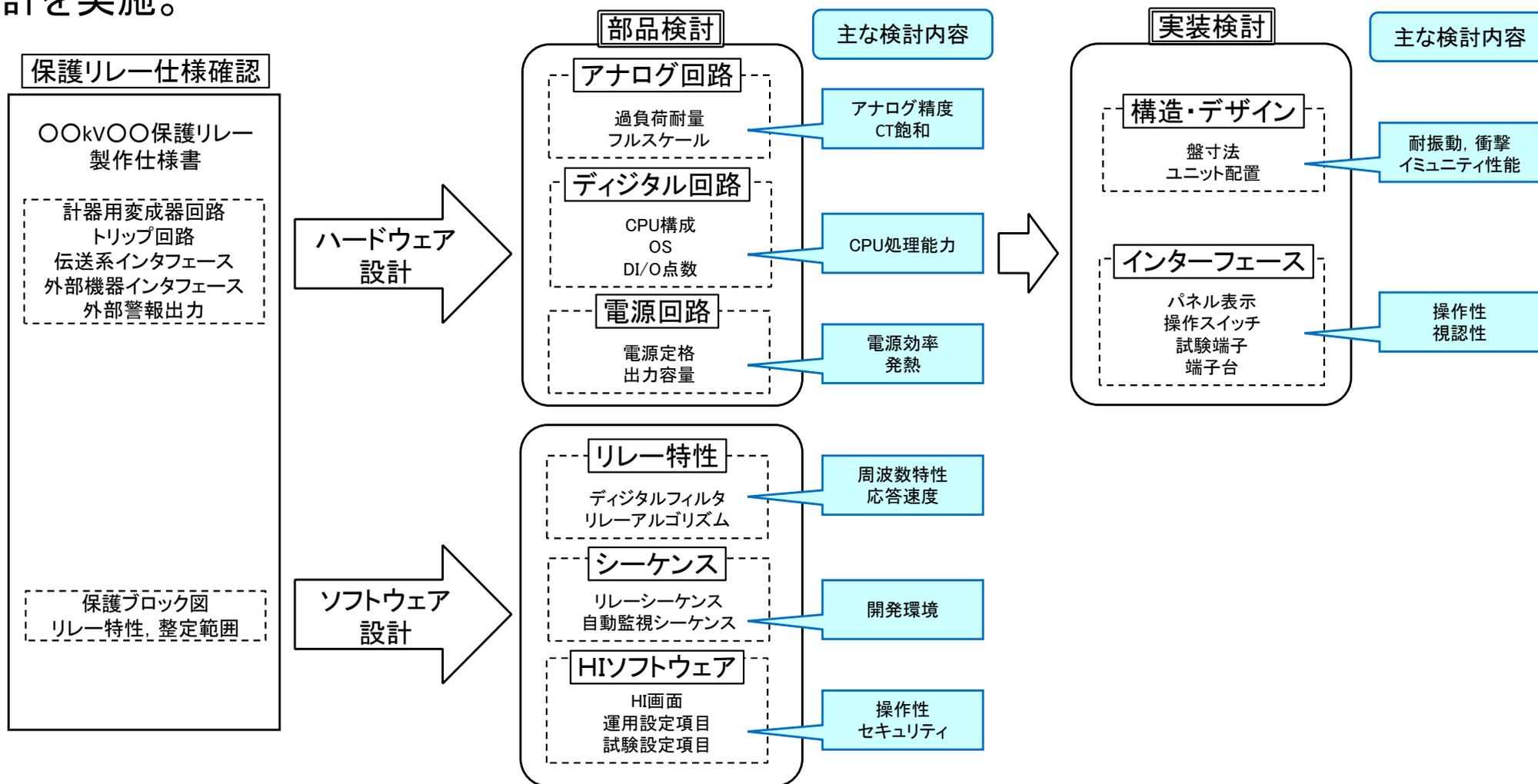
電力会社から受注後、メーカーは以下の工程に沿って設計、製作、試験を実施。



8.4 製作・試験

8.4.2 メーカーにおける設計

電力会社より提示された発注仕様書を基に保護リレー装置のハードウェア設計, ソフトウェア設計を実施。



8.4 製作・試験

8.4.3 保護リレー装置の製作

電力会社・メーカー間で相互確認した製作図に従って、盤筐体およびユニットなどのハードウェア製作、およびリレー単体やシーケンス部などのソフトウェア製作が行われる。

保護リレー装置には高い信頼度が要求されるため、製作の各工程において、品質維持向上策を実施している。

○ハードウェア面の品質向上策

目的	品質向上策	具体例
部品不良の低減	スクリーニング※1改善	高温エージング, 基板ダイナミックエージング
	高信頼度部品の採用	電解コンデンサの長寿命化, 部品良品解析
	低消費電力素子の使用	低消費電力素子(例:FPGA※2)への切替, 高集積化
	部品点数の削減	CPU高性能化, FPGAの採用
製作不良の低減	無接点化, 回路の簡素化	ハード処理→ソフト処理の切替, フォトカプラへの切替
	デレーティング設計	定格値に対する使用条件の裕度設計
	静電気対策の実施	温度湿度管理, 静電気対策作業服
	機械化・自動化の推進	外観検査器, インサーキットテスタ
	標準化の推進	部品・プリント基板の標準化

※1 スクリーニング
意図的にストレスを加え、劣化を加速することにより、初期故障不良を除外すること。

※2 FPGA (Field Programmable Gate Array)
論理回路を何度も繰り返し書き換え可能な半導体チップ。ハードウェア記述言語により設計したハードウェアロジック回路を書き込むことで、複雑な回路をワンチップ化することが可能。

品質向上策に関する参考文献

参考文献	出版元
第65巻第2号 保護リレーの新しい機能・性能	電気協同研究会

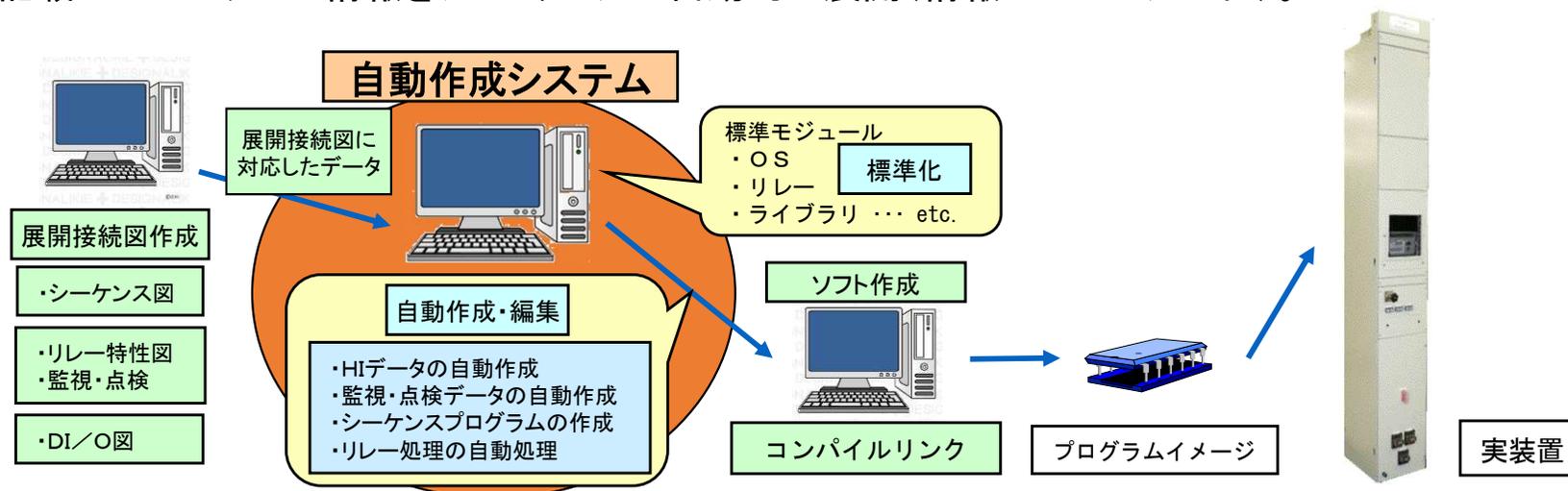
8.4 製作・試験

○ソフトウェア面の品質向上策例

目的	品質向上策	具体例
設計・製作不良の低減	高級言語の採用	C言語など的高级言語の定着
	標準化と再利用	モジュール化(機能単位)
検証漏れの低減	ソフトウェア自動生成	シーケンスの自動生成, HIの自動生成
	シミュレーション・ツール活用	CPU高性能化, FPGAの採用
	汎用ソフトウェア活用	インターネット技術応用(汎用ブラウザなど)

ソフトウェア自動生成例

図面に記載したシーケンス情報をソフトウェアへ自動的に展開(情報のビジュアル化)。



8.4 製作・試験

8.4.4 保護リレー装置の工場試験

保護リレー装置がその目的および要求品質に適合した性能，機能を有しているかを各種試験により確認している。

○個別機能試験

イミュニティ※1試験，保護リレー単体の特性試験などの試験を，検査規格※2に従って確認する。

○システム総合動作試験

保護リレー装置について，模擬送電線※3や電力システムデジタルシミュレータなどを用いて，実システムを模擬した条件で総合的な機能を確認する。

※1イミュニティ

装置の電磁妨害(電界, 磁界, 電流, 電圧)に対する耐える能力

※2日本工業規格(JIS)

電気学会電気規格調査会標準規格(JEC)

電力用規格(B-402)

電力会社ごとの社内規格 など

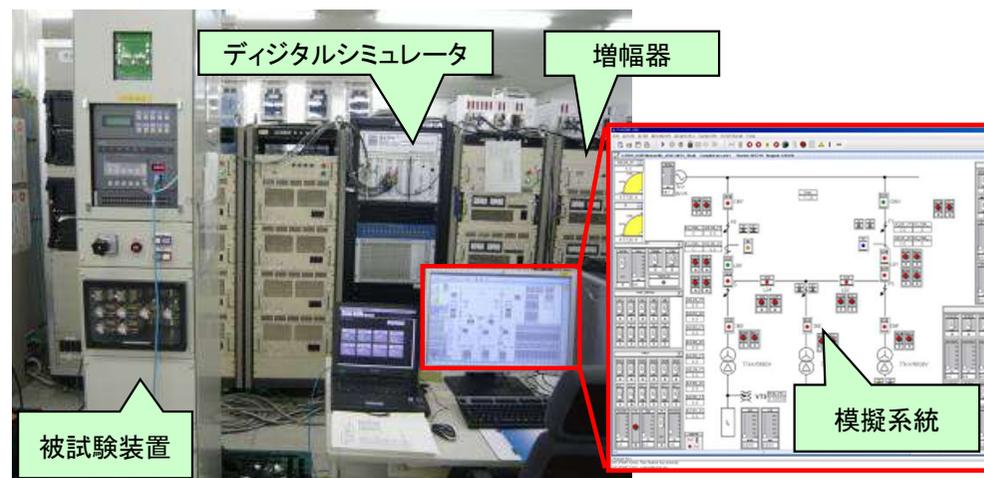
※3模擬送電線

電力システムの模擬設備。実際の事故を模擬し，保護リレー装置の動作確認試験をするための装置

<アナログ模擬送電線設備>



<デジタル模擬送電線設備>



デジタル化

8.4 製作・試験

○電力会社立会試験

電力会社立会のもと、事前に協議して決めた項目について試験を行い、装置の合否判定を受ける。メーカーは規定の試験項目の他にも電力会社の要望に合わせ、さまざまなケースにて試験を実施し、両者にて製作した装置が規定の性能を満足しているかの確認を行う。



○出荷前検査

保護リレー装置に電源を入れた状態で時間を経過させ、不具合が発生しないことを確認する。また出荷前の装置外観検査を実施する。

試験の効率化

メーカーでは、保護リレーの信頼度向上のために、品質管理・試験工程において種々の改善方策を実施してきた。さらに保護リレー製作のコストダウンを推進し、信頼度の維持・向上を前提にして品質管理・試験の効率化を図っている。

(例:リレー特性試験自動化, 電力システムシミュレータの導入 など)

電力会社においても、規格・基準の見直しにより、保護リレー製作における効率化に配慮した改善を実施している。

・形式試験: その形式について、要求される性能を有していることを確認するために実施する試験

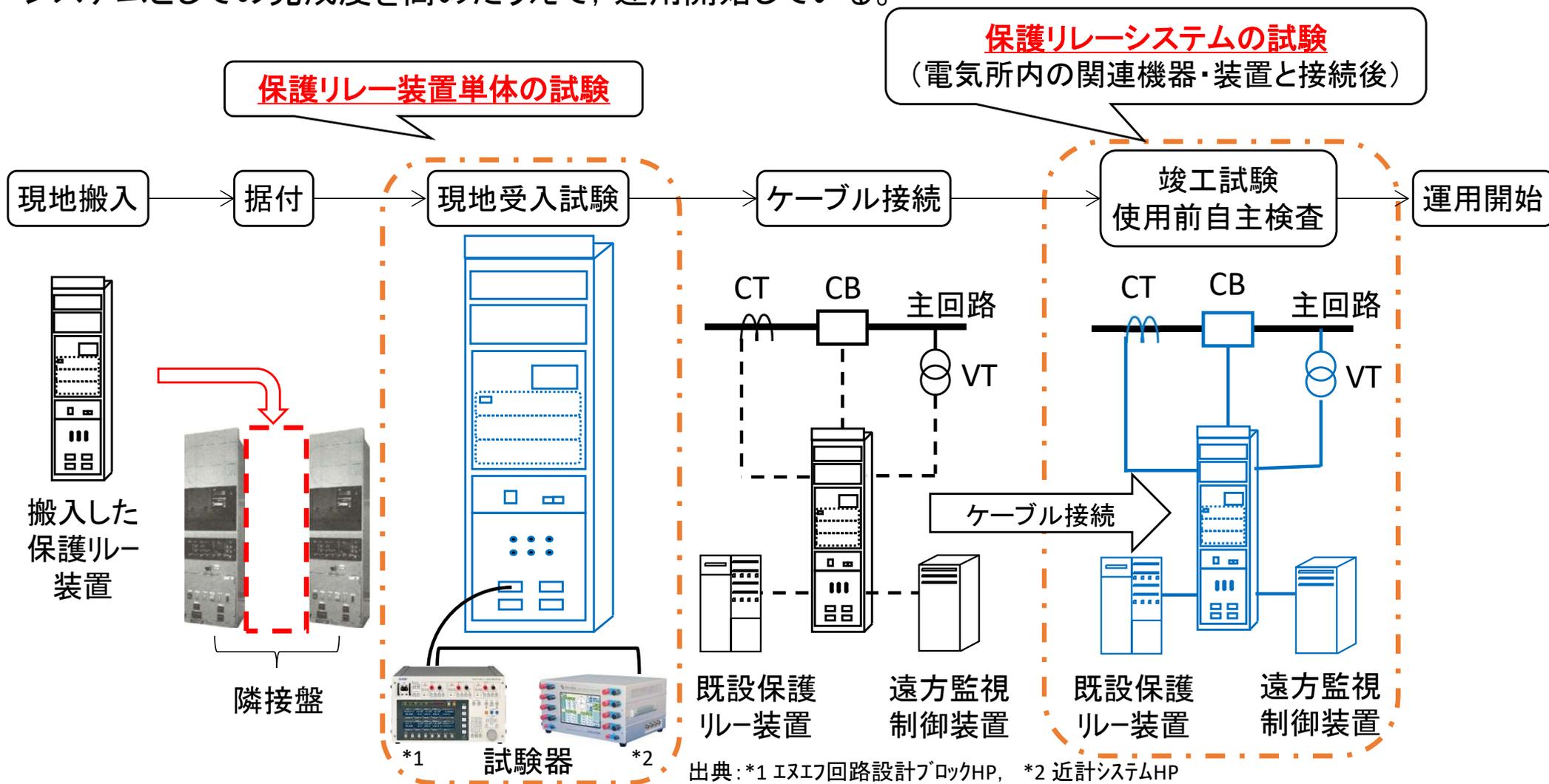
・ルーチン(受入)試験: 当該リレー装置が形式検査合格品と同等の性能を有していることを確認するため、形式試験項目の一部について行う試験



8.5 工事

8.5.1 保護リレーシステムの工事

現地へ搬入された保護リレー装置は各工程で満足すべき性能・機能の確認を行いながら、保護リレーシステムとしての完成度を高めたうえで、運用開始している。



8.5 工事

8.5.2 据付

○据付工事

工場から運搬(搬出～輸送～搬入)された保護リレー装置(1面:約200～300kg)を電気所内に据え付ける。据付箇所(床面)の基礎にアンカーボルトで固定されたチャンネルベース(金具)が用意されており、このチャンネルベースにボルト、ナットを用いて保護リレー装置を固定する。

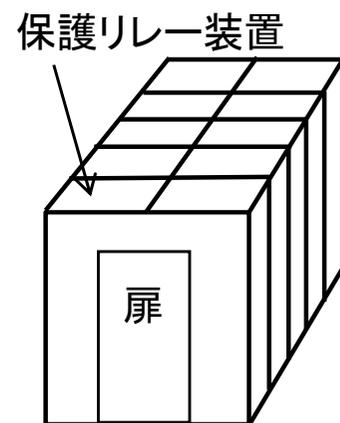
なお、保護リレー装置の据付作業の際、隣接盤と隙間が生じないように据え付ける必要があるが、振動や衝撃によって隣接盤(保護リレー装置)が誤動作するおそれがある場合は、隣接盤のリレーロックや、リレーロックが難しい場合は、保護対象となる系統の停止を行う。



チャンネルベース



据付工事の様子



保護リレー装置の配置(一例)



保護リレーの振動・衝撃に関する参考文献

文献名称	出版元
電力用規格B-402 デジタル形保護リレーおよび保護リレー装置	日本電気協会
第59巻第1号 保護リレーシステムの開発・保守運用効率化	電気協同研究会

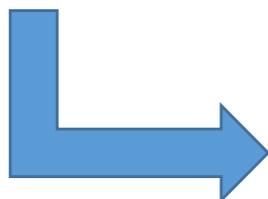
8.5 工事

○変電所機器配置(一例)

保護リレー装置を含む変電所の各機器は、メンテナンススペースや将来増設等を考慮のうえ、建屋の形状や用地スペースに合わせて配置される。



屋内式変電所(外観)



1F(GIS室, 配変室, 冷却器)



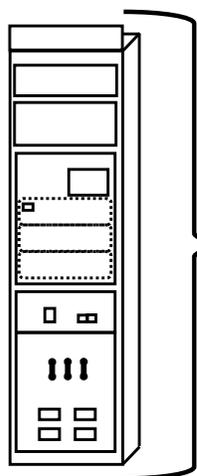
2F(配電盤室)

8.5 工事

8.5.3 現地受入試験

工場出荷から現地搬入，そして据付工事の際に保護リレー装置の機能低下や障害が発生していないかを確認するため，**関連機器・装置とケーブルで接続する前に，保護リレー装置単体の健全性について試験を行い確認する。**

試験では，各種事故様相に応じて，保護リレー装置の試験用端子から電流・電圧を試験器より印加し，系統事故を模擬（定常状態から実事故と同様の状態に電流・電圧を急変させる）して，保護リレー装置の健全性を確認する。



保護リレー装置

現地受入試験
（保護リレー装置
単体の確認）



現地受入試験の様子



電圧電流発生器



電圧電流位相差計

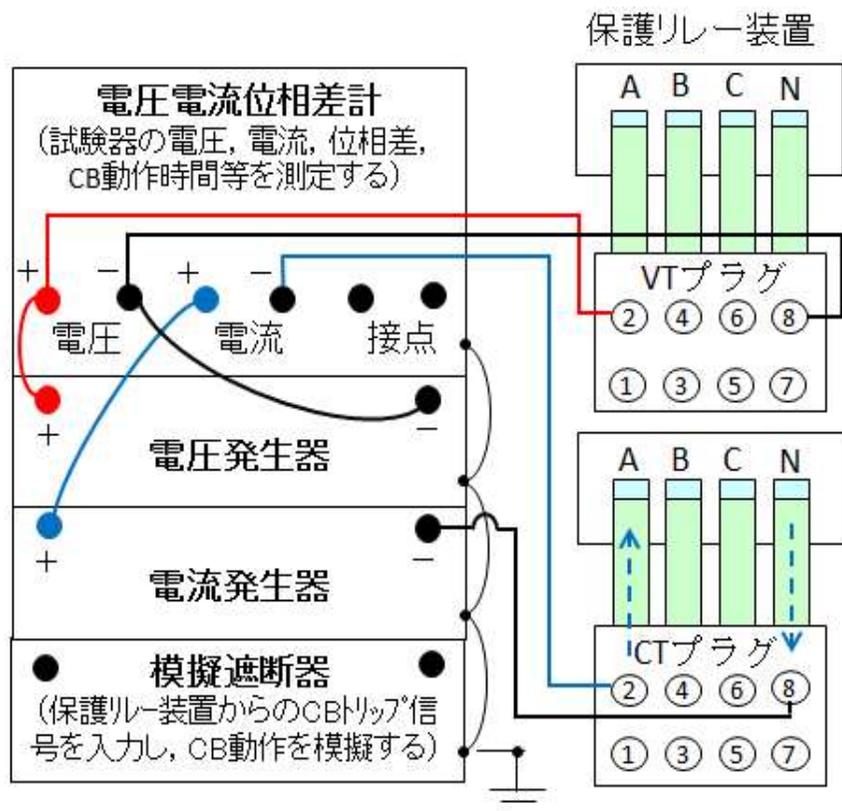
試験では，電圧電流発生器，電圧電流位相差計等を用いて，保護リレー装置に事故を模擬した電流・電圧を入力し，保護リレー装置の動作確認を行う。

例：CT比2000/5の場合，保護リレー装置は試験用端子5A入力に対して，事故電流2000Aと認識する。

コラム①

試験器の構成(一例)

試験用端子は、試験時にVT、CT回路と保護リレー装置の切り分けを行う場合や、任意の電圧・電流を試験器より保護リレー装置に入力する場合に用いる。また、運用中の保護リレー装置の入力電圧・電流を測定する場合にも用いる。



【試験回路を構成する際の注意点】

電圧入力(並列に接続すること)

VT回路は、短絡すると過電流が発生し、試験器に保護機能がある場合は出力が停止する。(ブレーカー断など)

電流入力(直列に接続すること)

CT回路は、開放すると過電圧が発生し、試験器に保護機能がある場合は出力が停止する。

電流の向き(基準相に注意して接続すること)

測定器に表示される電圧・電流の位相は基準相に対する位相差のことであり、接続の際、+と-を逆に接続すると位相は180度反転したものが表示される。

試験機の校正(測定器の管理を正しく行うこと)

保護リレー装置へ入力する電圧・電流値を正しく測定するため、測定器は定期的に校正試験を受け測定値誤差が基準値内のものを使用する。

試験機の筐体は、絶縁不良等による感電を防ぐため、接地をする。

挿入(VT, CTプラグ)

試験用端子



コラム②

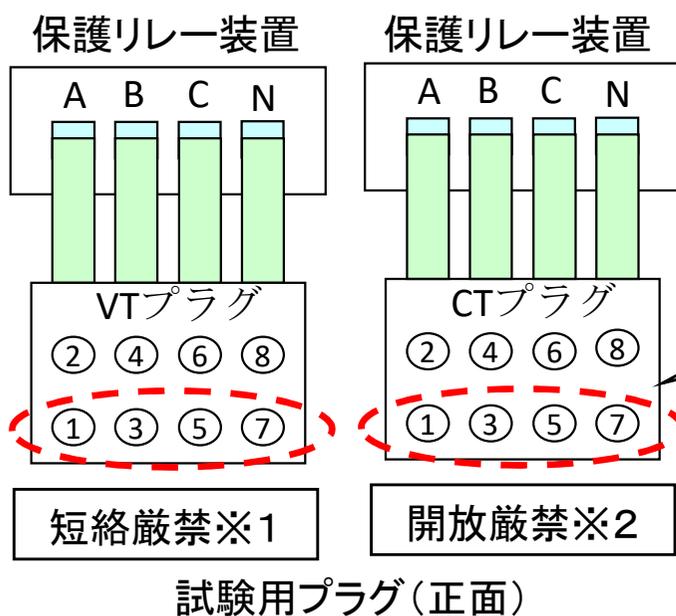
試験用プラグの取扱の注意点－1

試験等で保護リレー装置に試験用プラグを挿入する際、VTプラグは一次側の開放、CTプラグは一次側各相間を短絡させる必要がある。(詳細は8章コラム⑤「VT短絡厳禁」、⑥「CT開放厳禁」を参照)

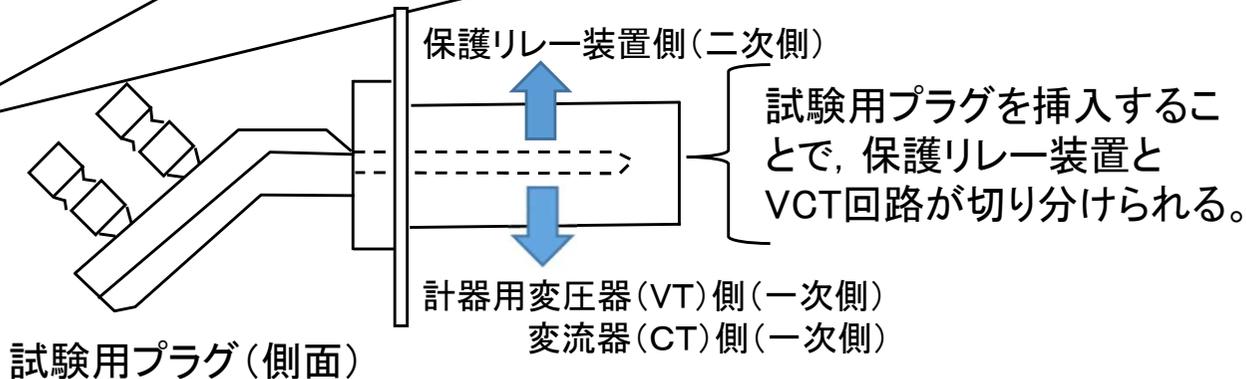
そのため、試験用端子へ試験用プラグを挿入する前にテスターにて導通チェックを行い、試験用プラグの状態(短絡、開放等)を確認する必要がある。また、VTおよびCTプラグ一次側と二次側に導通がないこと、二次側の各相間の導通がないことも確認する必要がある。

※1:VTプラグの下側(一次側)を短絡した状態で挿入すると、VT回路の短絡にて過電流が生じる。(短絡厳禁)

※2:CTプラグの下側(一次側)を開放した状態で挿入すると、CT回路の開放にて過電圧が生じる。(開放厳禁)



受入試験時は保護リレー装置とVT, CT回路は接続されていないため、プラグ一次側が開放・短絡となっていない状態で挿入しても過電流・過電圧は発生しないが、運用中の保護リレー装置への誤挿入等、ヒューマンエラーによる事故を防止する観点から、プラグの状態を確実に確認して挿入することが大切である。

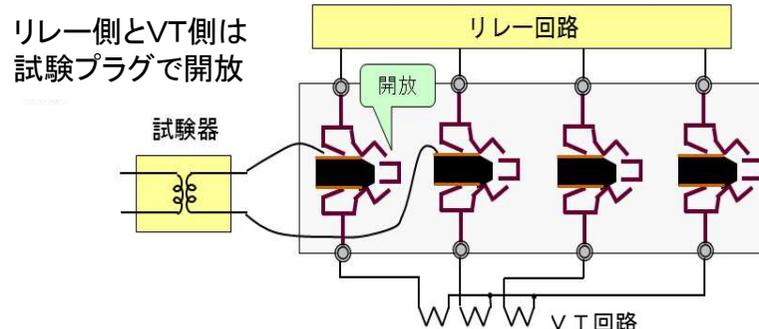
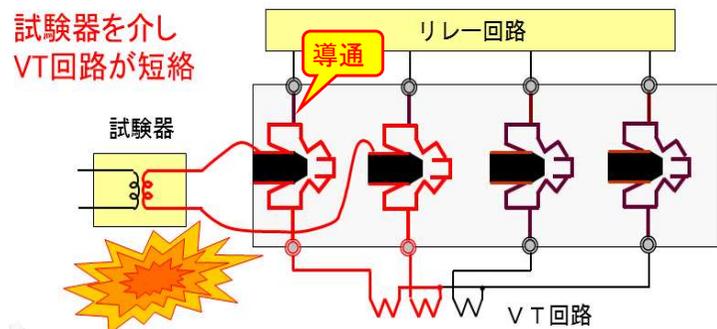
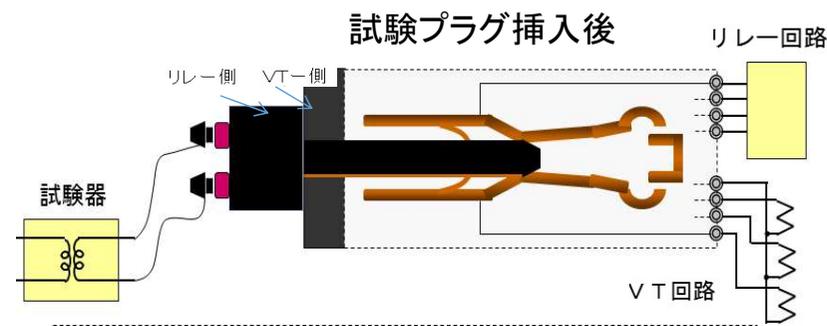
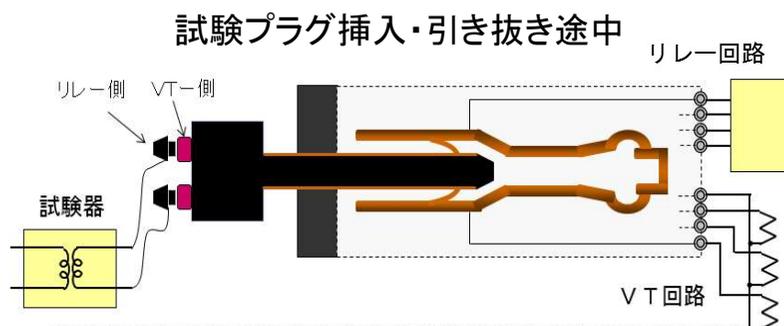


コラム②

試験用プラグの取扱の注意点－2

保護リレー試験等で試験プラグを挿入および引き抜きする過程でリレー側とVT・CT側が導通となる。リレー側に試験器を接続した状態で試験プラグを挿入または引抜した場合、VT・CTが試験器を介して短絡状態となる。このため試験プラグを挿入および引き抜きする時は必ず試験機の配線を外すこと。

※下図は、常時挿入形の試験用プラグである。



8.5 工事

8.5.4 ケーブル接続

保護リレー装置を運用するためには制御ケーブル、光ケーブル、LANケーブルなどで周辺設備(VT, CT, 遮断器, 直流電源装置, その他の保護リレー装置, 伝送装置, 監視制御装置など)と接続する必要がある。

接続が誤っていた場合, 保護リレー装置の誤動作, 誤不動作に繋がるため, ケーブルは布線表を基に, 対向で導通チェック等を行い正確に接続する。

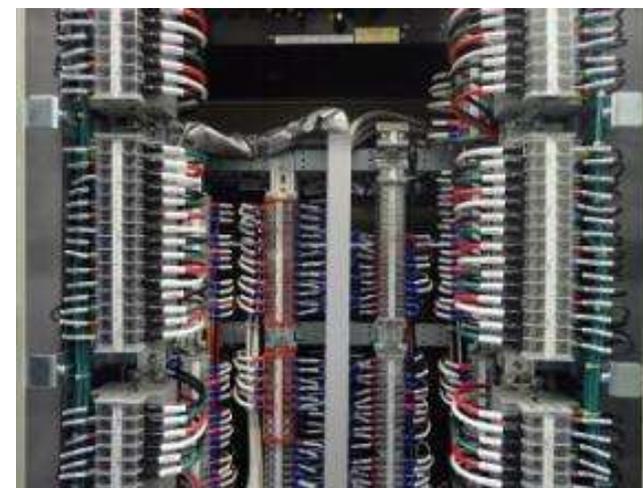
また, ケーブルの誤結線防止を図るため, ケーブルを色で識別するなどのルールを定めており, 一例として, 三相回路のA相は赤色(ア), B相は白色(シ), C相は黒色(ク), N相は緑色(ミ)としたり, キャップの色で識別できるようにしている。



ケーブル接続作業の様子

ケーブル接続のルール(一例)

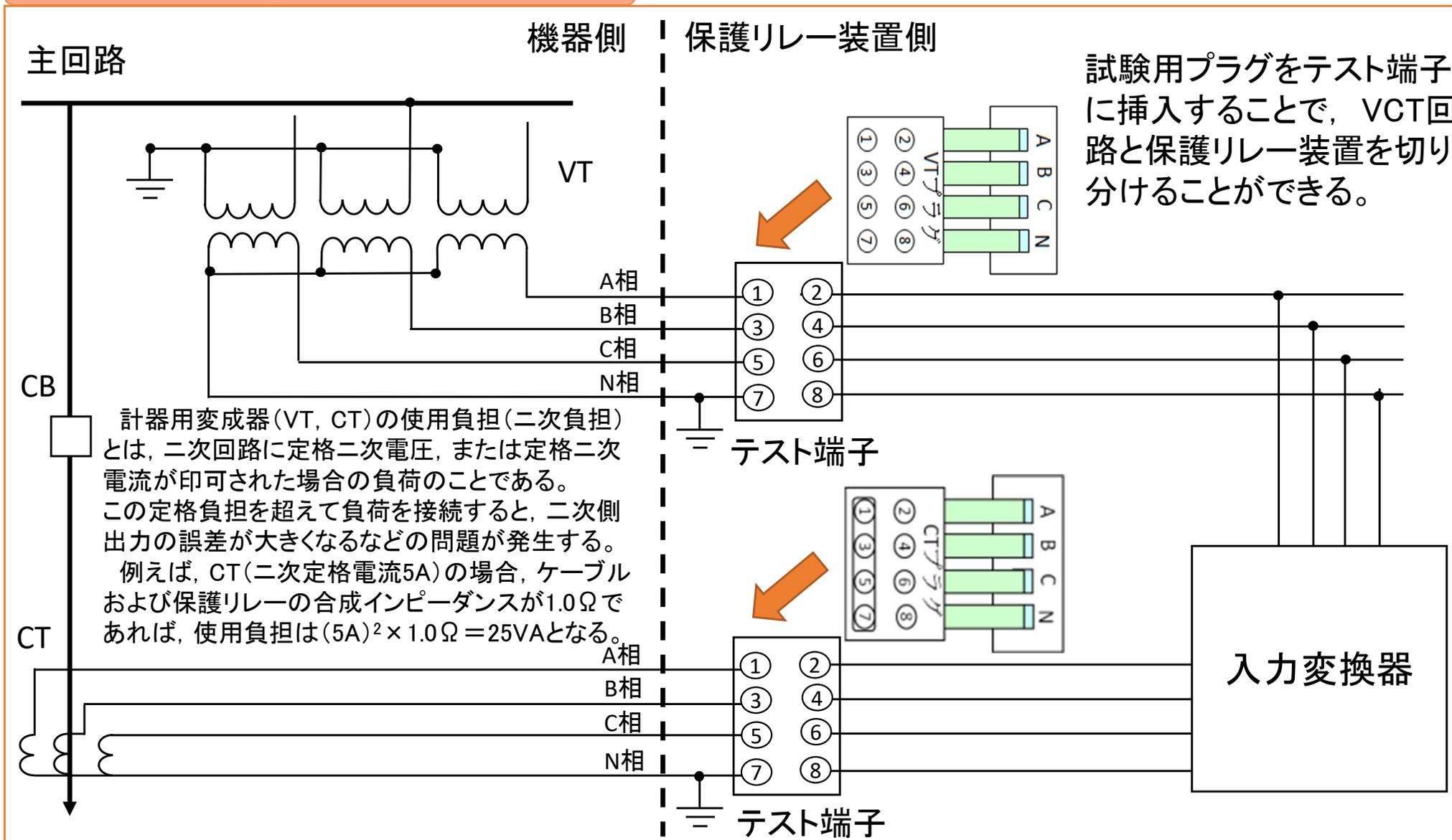
	内部配線(内線) リレー内部での接続	外部配線(外線) 外部機器との接続
電流回路(CT)	黒電線(IV線)	黒キャップ
電圧回路(VT)	赤電線(IV線)	赤キャップ
直流回路(DC)	青電線(IV線)	P(+): 赤キャップ N(-): 青キャップ
交流回路(AC)	黄電線(IV線)	黄キャップ



保護リレー装置の裏側(端子台)

コラム③

VCT回路との接続



コラム④

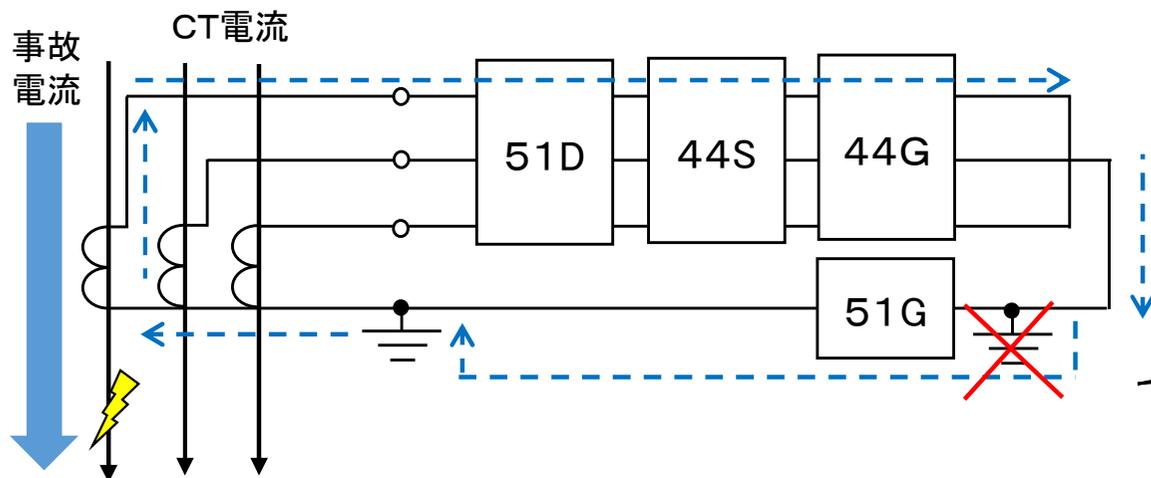
VT・CT(二次・三次回路)の接地, CT1点接地の理由について

「VT・CT回路(二次・三次回路)の接地について」

計器用変圧器(VT), 変流器(CT)の二次または三次回路は, 高圧または特別高圧(一次側)と低圧(二次側)の混触および静電移行電圧による異常電圧の危険を防ぐため, 「電気設備の技術基準の解釈」にて接地することが定められている。(詳細は「電気設備の技術基準の解釈」を参照)

- ・高圧計器用変成器の二次側電路には, D種接地工事を施すこと。
- ・特別高圧計器用変成器の二次側電路には, A種接地工事を施すこと。

「CTの1点接地について」

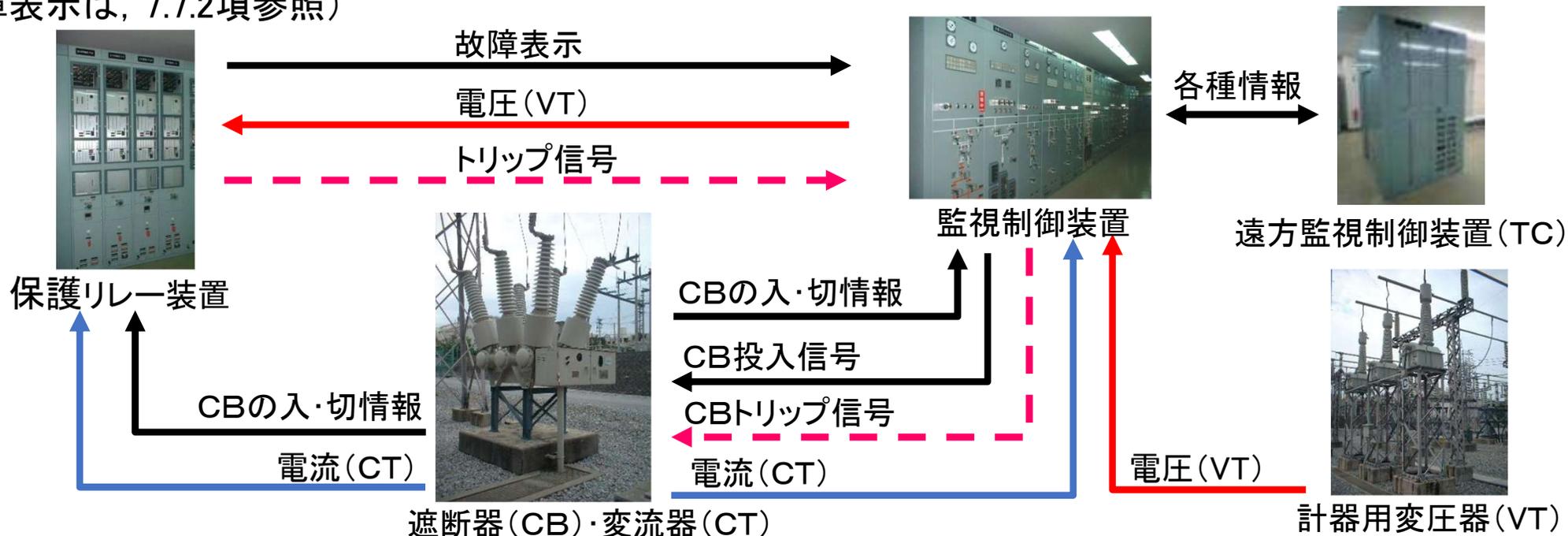


CT二次回路を2点接地とした場合, 地絡事故時にアース回路に事故電流が分流し, 51Gが不動作(動作に必要な電流が流れない)となるおそれがある。そのため, 工事の際はCT回路が1点接地になっていることを確認する。

8.5 工事

○保護リレー装置と他の機器との接続(一例)

保護リレー装置は他の装置と制御ケーブルや、LANケーブルなどで接続することで、その役割が果たせるようになるため、保護リレー装置と現地機器との接続は重要な作業となる。(給電・制御所システムへの故障表示は、7.7.2項参照)



監視制御装置: CBの入切, 警報, 故障表示, 有効・無効電力の表示などを行う。

遠方監視制御装置: 電気所等の情報 (CB等の状態, 潮流, 電圧, 故障表示, 警報, 他) を遠方 (給電・制御所システム) へ送ったり, 遠方からのCB入切等の制御を行う。

ケーブル接続においては、ケーブルの長さ、サイズ(太さ)に注意して、適切なものを選定する必要がある。VT, CTの使用負担が定格負担を超える場合や電圧降下にて到達電圧が低くなる*場合などは、ケーブル長を短く、サイズを太くするなどしてケーブルのインピーダンスを小さくし、使用負担や到達電圧が管理値内となるようにする。

(使用負担については、8章コラム③「VCT回路との接続」を参照)

*到達電圧が低下すると、CBトリップに必要な動作電圧が得られず、CBがトリップしない。

8.5 工事

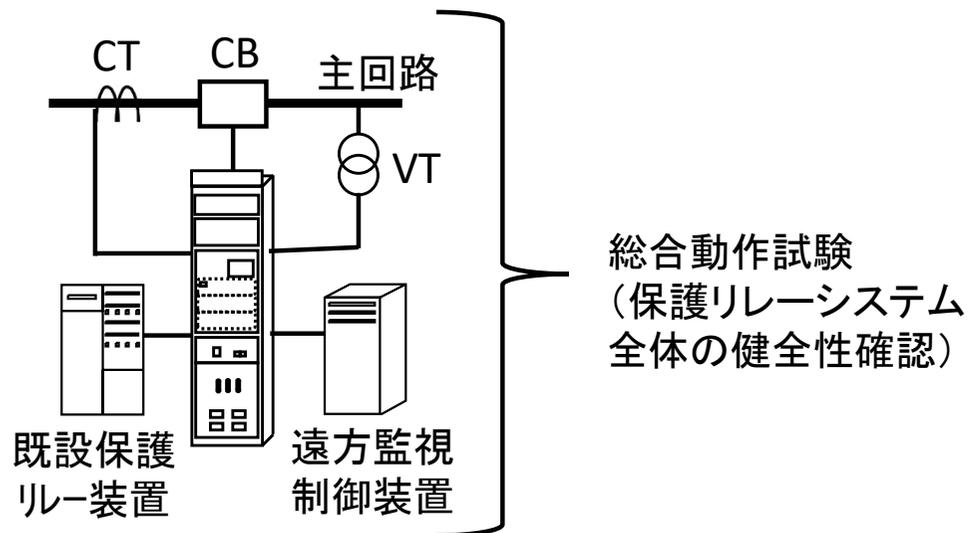
8.5.5 竣工試験

○総合動作試験

保護リレー装置と関連設備をケーブル接続した状態で、保護リレーシステム全体の総合動作を確認する。

試験では、保護リレー装置の試験用端子に各種事故様相に応じた電流・電圧を試験器より印加し、系統事故を模擬(定常状態から実事故と同様の状態に電流・電圧を急変させる)して、保護リレーシステムの健全性を確認する。

現地受入試験では、保護リレー装置単体の健全性について確認を行ったが、総合動作試験では、事故模擬により保護リレー装置を動作させ、関連する遮断器、故障表示器、警報装置、遮断器の開閉表示等が正常に動作し、保護リレーシステム全体の健全性を確認する。



総合動作試験の様子

8.5 工事

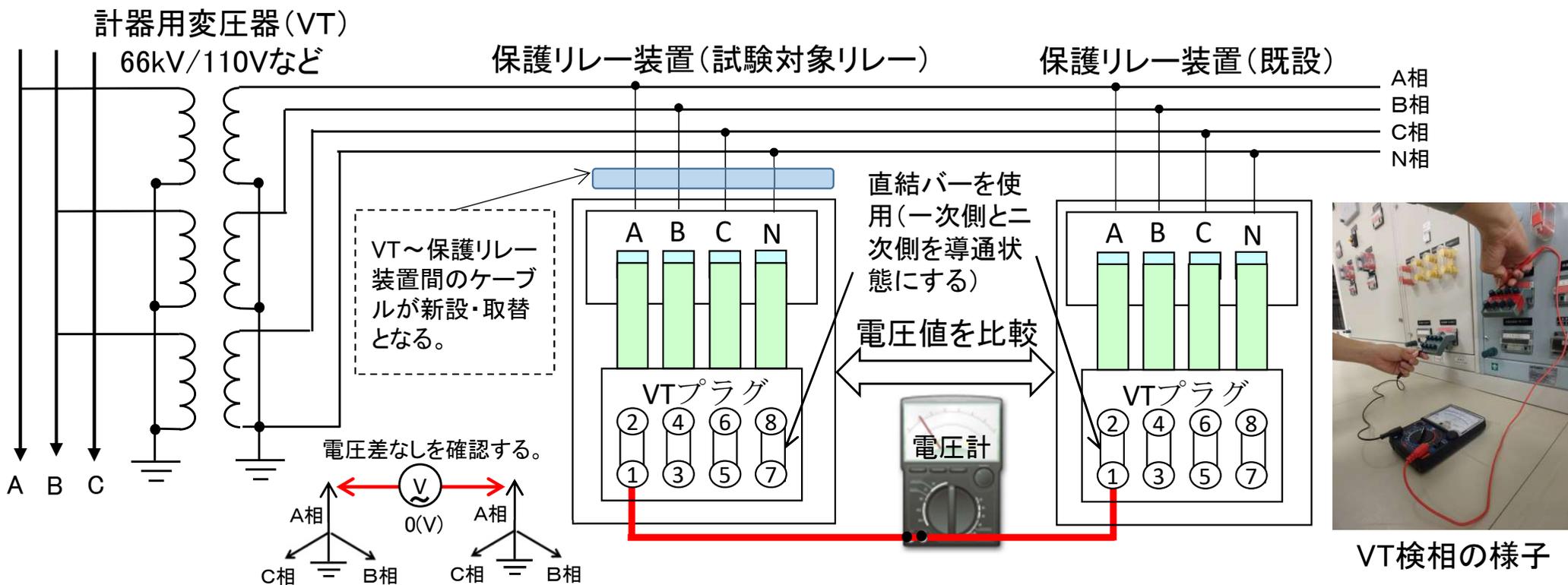
○実負荷試験

保護リレー装置の運用を開始するにあたり、保護リレー装置と実系統(主回路)がVT・CTを介して、正しく接続されていることを確認する。

実負荷試験では保護リレー装置のVT回路取込の電圧を確認する電圧検相, CT回路の電流の大きさや, 向きを確認する電圧電流位相測定を実施する。

電圧検相

既に検査合格済みの保護リレー装置(既設)の電圧と試験対象リレーの電圧を電圧テスターで測定(電位差を測定)することで, ケーブルに誤結線がないことを確認する。
(VCT回路と保護リレー装置との接続は8章コラム③「VCT回路との接続」を参照)



8.5 工事

○実負荷試験

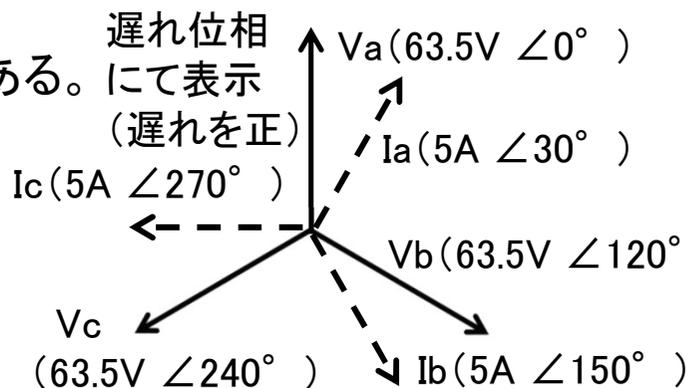
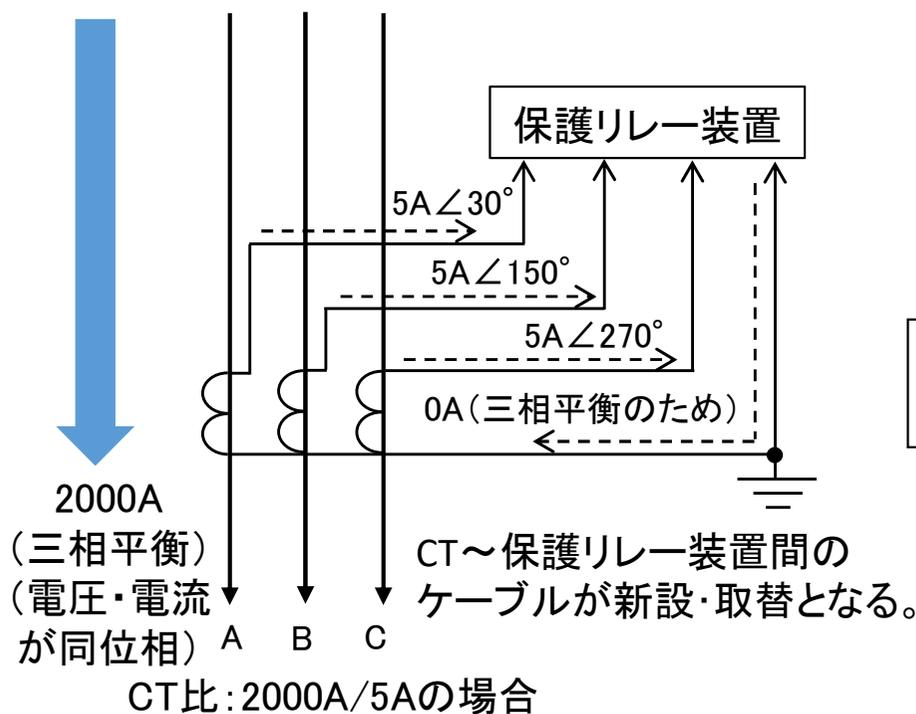
電圧電流位相測定

実潮流を用いて、電流(CT取込)の大きさ(CT比)、保護リレー装置の電圧(VT取込)を基準に位相(電流の向き)を確認し、ケーブルの誤結線等がないかを確認する。

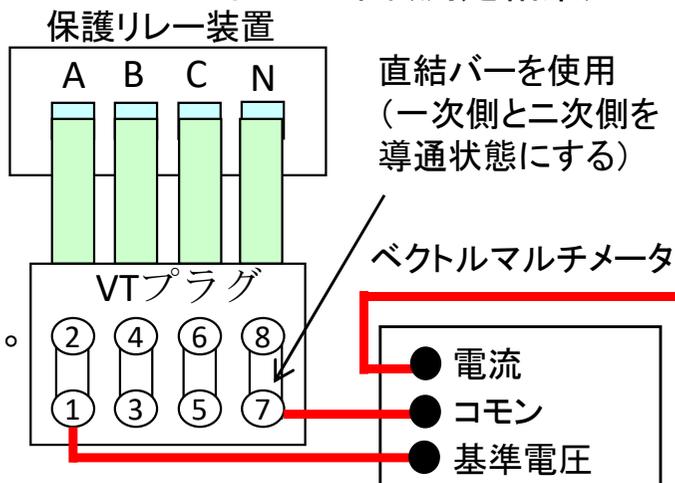
実潮流による確認のため、VTプラグ、CTプラグは一次側と二次側を直結バー(スルーバー)にて接続したものを用いる。

HIパソコンによって電圧電流を測定する場合もある。

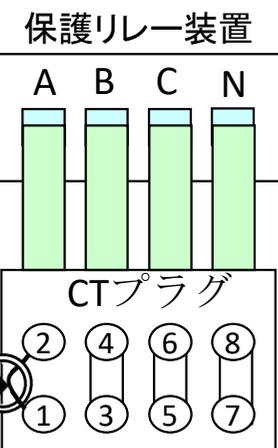
実潮流 変流器(CT)



イメージ図(測定結果)

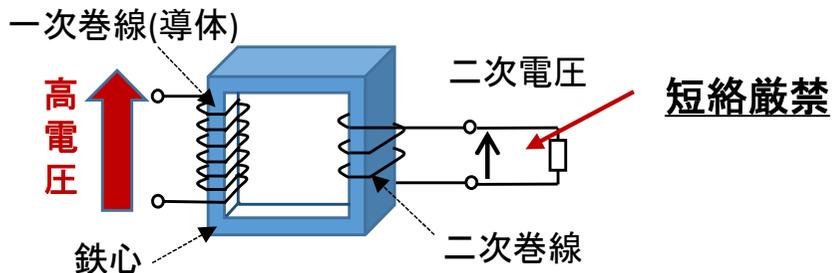


位相測定の様子

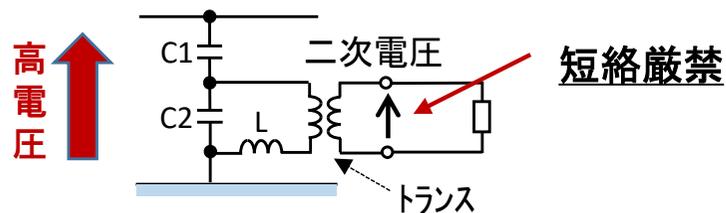


コラム⑤

VT短絡厳禁

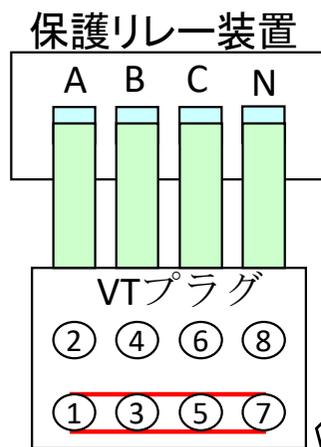
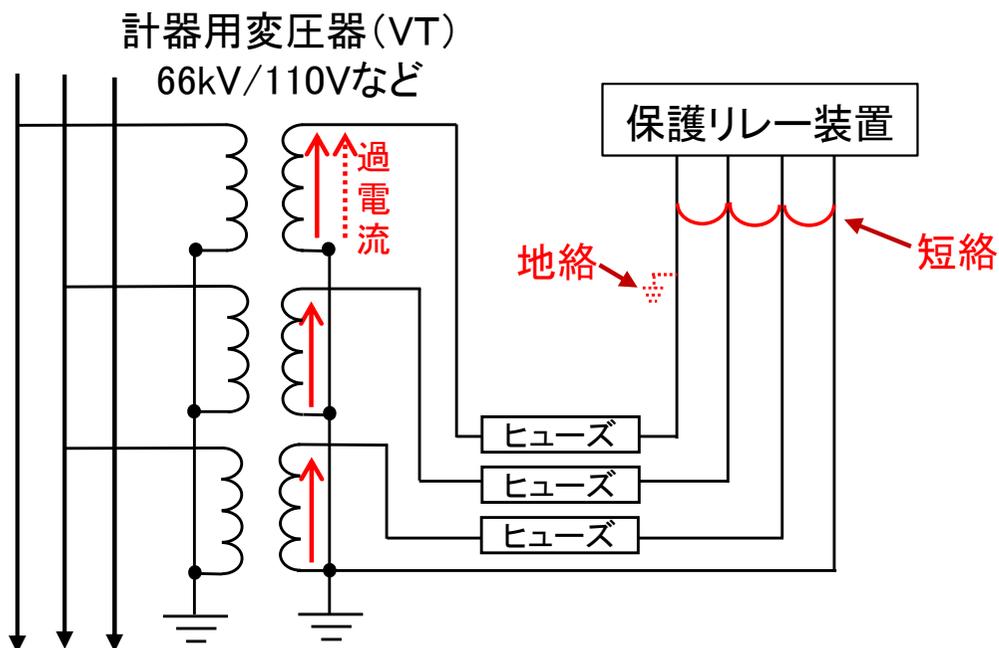


電磁誘導作用を利用した変圧器形(VT)



コンデンサの分圧を利用したコンデンサ形(CVT)

VT二次回路を短絡した場合、過電流が流れVTなどが損傷に至るため、保護用ヒューズが取り付けられている。

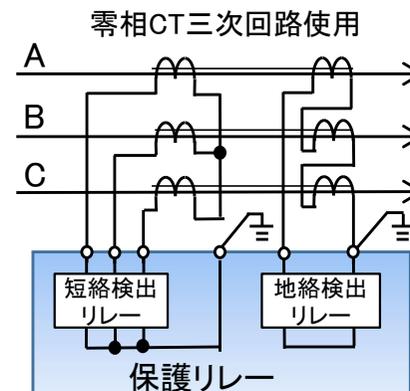
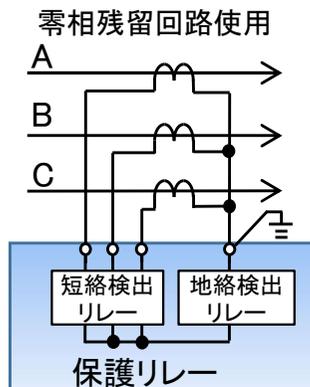
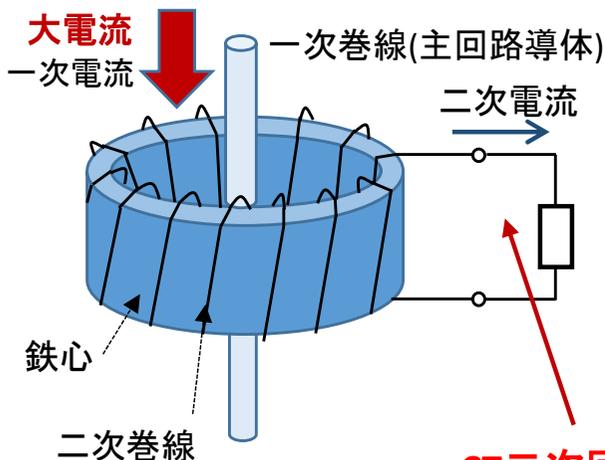


**短絡厳禁
(過電流発生)**

VTプラグの一次側を短絡した状態で保護リレー装置に挿入するとVT二次回路が短絡し、過電流が発生する。また、同様に地絡させた場合も地絡相とN相のVT回路が短絡状態となり過電流が発生する。
VT回路の保護用ヒューズが断となり、故障表示器・警報装置が動作する。また、VT二次回路に接続される機器の電圧監視が不可となり、保護リレーが正常に動作できなくなるなど、運用に支障をきたすため、VT回路の短絡(地絡)は避けなければならない。

コラム⑥

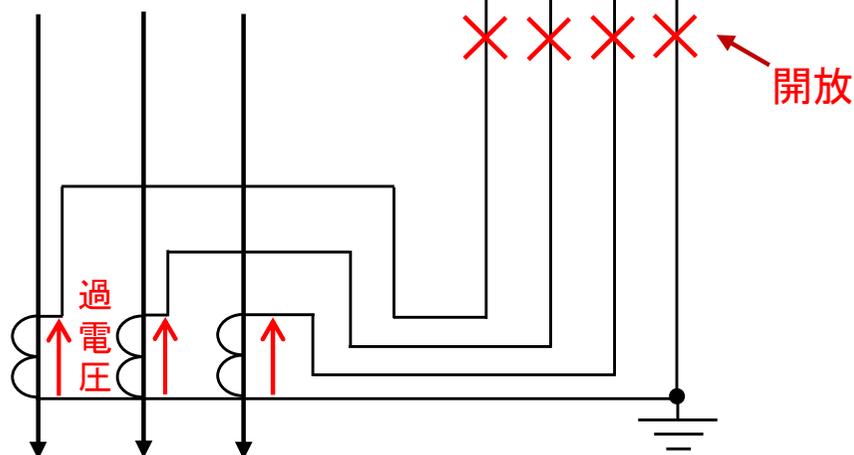
CT開放厳禁



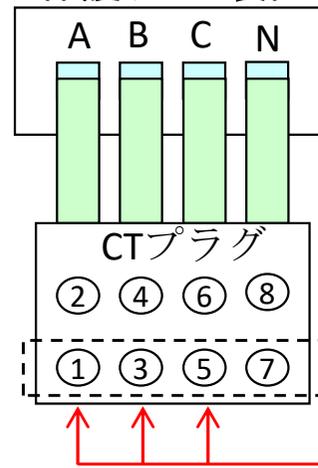
CT二次回路を開放した場合、過電圧が発生しCT損傷に至る。

変流器 (CT)
2000A/5Aなど

保護リレー装置



保護リレー装置



CTプラグの一次側を開放した状態で保護リレー装置に挿入するとCT二次回路が開放 (CTオープン) となり、過電圧が発生する (数千Vとなる場合もある)。CT損傷や作業員の感電などが発生するため、避けなければならない。

**開放厳禁
(過電圧発生)**

8.5 工事

8.5.6 使用前自主検査

使用前自主検査とは、電気事業法第48条第1項に基づく工事計画を届出した事業用電気工作物（系統電圧170kV以上の電気工作物の設置・取替工事など）に対して、使用開始前に当該電気工作物の自主検査を行い、工事計画に従って工事が行われたこと、技術基準（電気設備に関する技術基準を定める省令など）に適合していることを確認するものである。

なお、使用前自主検査の記載内容および保管期間は、電気事業法施行規則第73条の5で定められている。また、検査終了後には使用前自主検査実施に係わる体制の適正を評価するため、安全管理審査が行われる。



変電所における保護リレー装置の検査方法および判定基準

(a) 検査方法

電技解釈第34条、第36条又は第43条で規定される保護装置ごとに、関連する継電器※を手動等で接点を閉じるか又は実際に動作させることにより試験する。

※継電器とは保護リレーのことを指す。

(b) 判定基準

関連する遮断器、故障表示器、警報装置、遮断器の開閉表示等が正常に動作すること。

使用前自主検査に関する法令等

・【電気事業法第51条】

・【使用前自主検査及び使用前自己確認の方法の解釈】

・【電気事業法施行規則第73条】

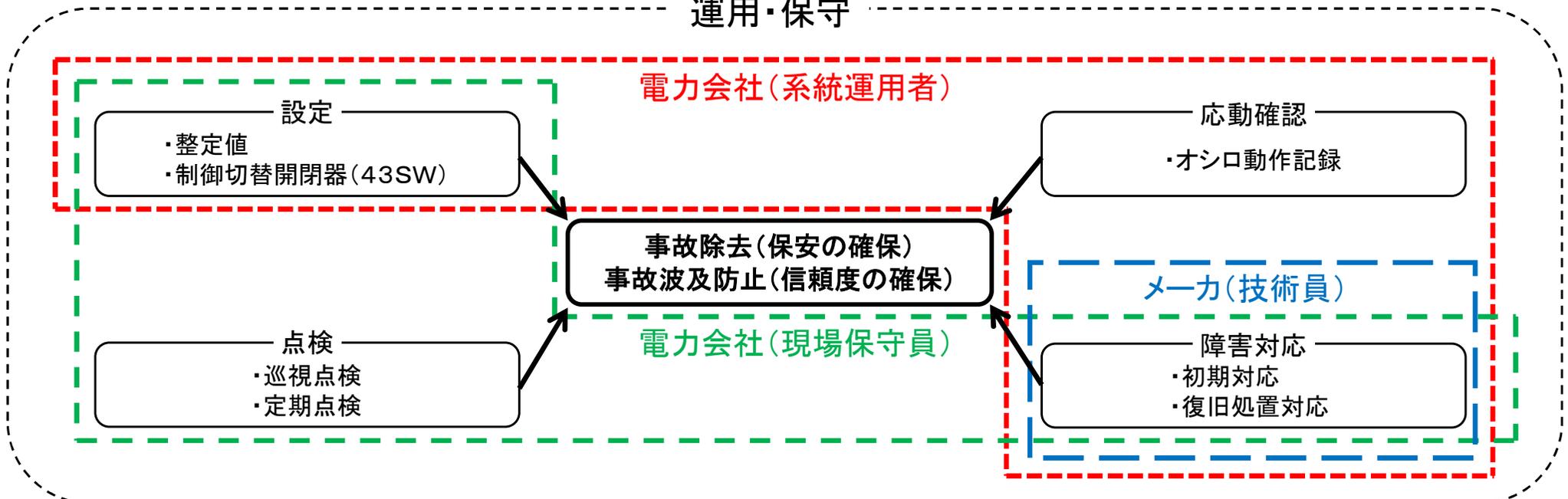
8.6 運用・保守

8.6.1 保護リレーの運用・保守

保護リレーの運用・保守は保護リレー装置の「設定」「応動確認」「障害対応」「点検」に大別され、電力会社(系統運用者, 現場保守員)とメーカー(技術員)がこれらの業務を協力して行うことで、保護リレーの役割を維持するようにしている。

デジタル通信網の整備によって、IPによる遠隔運用保守が可能となった反面、外部からの不正アクセス防止のため、セキュリティ対策が必要である。

運用・保守



系統運用者, 現場保守員が担当する業務の範囲は電力会社ごとに多少の差異がある。

8.6 運用・保守

8.6.2 設定

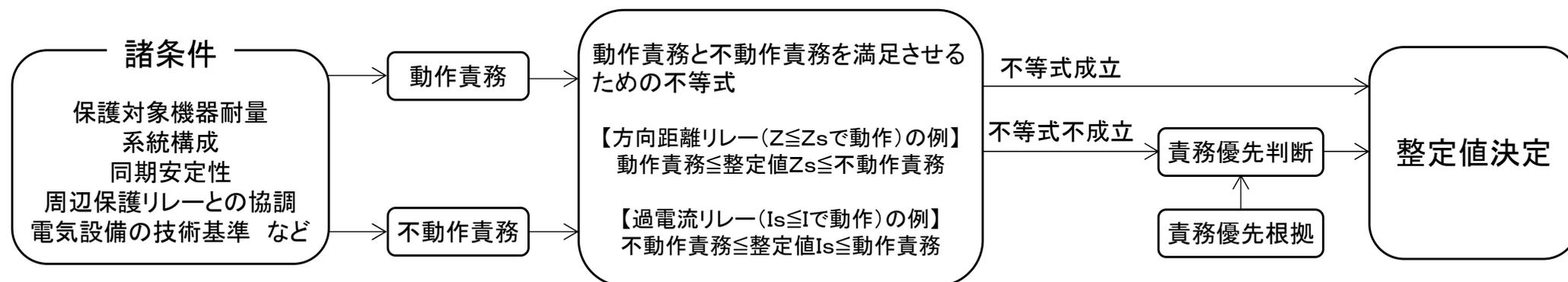
電力会社は保護リレー装置の運用開始に伴い、保護リレー装置の「整定値」、「制御切替開閉器(43SW)」を設定する。運用開始以降も系統状態や周辺保護リレー運用状態に応じて設定を変更する。保守省力化に向けて、遠隔整定が可能な装置が導入されている。

○整定値

整定値とは、電気的入力(電圧, 電流, 信号)に対する保護リレー装置の動作しきい値であり、整定値を検討・決定することを整定という。

整定では保護対象機器の耐量, 周辺保護リレーとの協調, 電気設備の技術基準などのさまざまな諸条件から、保護対象事故時に確実に動作させる「動作責務」、それ以外の系統状態では動作しない「不動作責務」などを考慮し、適切な整定値を決定する。

なお、整定値が適切でない場合、系統事故時に保護機能を発揮できず、停電範囲の拡大や設備損傷が発生するおそれがある。



8.6 運用・保守

【保護リレー運開に伴う整定例】

整定対象

A端方向距離リレーの44SX2保護範囲

整定方針

- ① B端母線事故発生時、動作すること(F1事故で動作)
(系統構成による動作責務)
- ② B端44SX1保護範囲を超えないこと(F2事故で不動作)
(周辺保護リレーとの協調による不動作責務)

整定検討

- ① B端母線事故時の測距インピーダンス
 $(2\% + 3\%) \times 1.3(\text{マージン}) = 6.5\%$
マージンには主にVT誤差, CT誤差, リレー誤差, 線路定数誤差が含まれる

保護リレー～事故点の分岐電源によって、事故電流が分流され、検出する事故電流が小さくなる現象

C端の分流効果を考慮したB端母線事故時の測距インピーダンス
 $[2\% + 3\% + 3\% \times \left\{ \frac{(2\% + 80\% + 120\%)}{(1\% + 20\%)} \right\}] \times 1.3\%(\text{マージン}) = 44.1\%$

- ② A端～B端44SX1保護範囲までのインピーダンス
 $(2\% + 3\% + 4\%) \times 0.8(\text{マージン}) = 7.2\%$

∴ ①6.5% ①44.1% ≤ 44SX2 ≤ ②7.2% ⇒ 不等式不成立

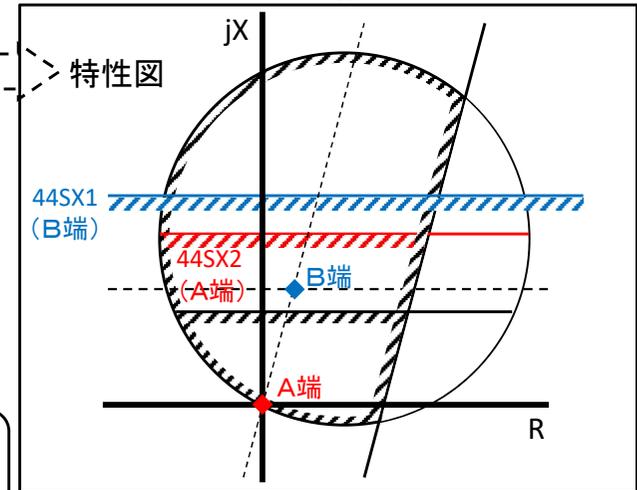
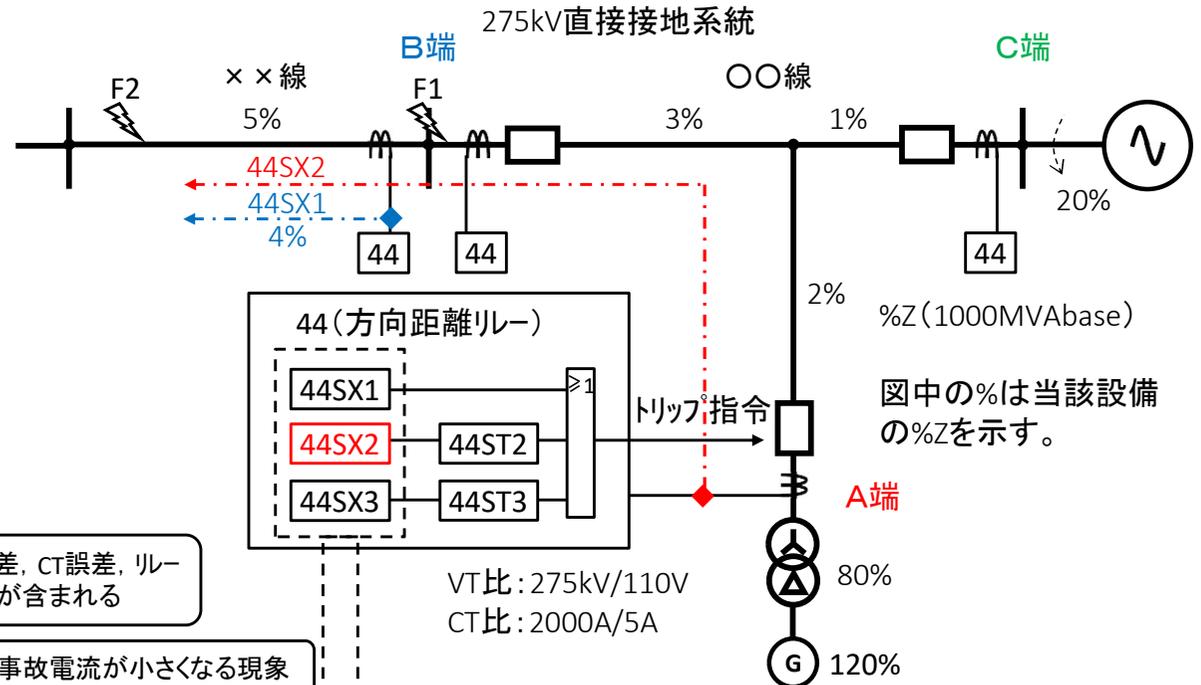
以下の理由から不動作責務を優先する

- ・①44.1%は遠方事故発生時に不要動作する可能性がある
 - ・①6.5%以上であれば、C端CBトリップ後、分流効果がなくなりB端母線事故を検出可能(シリーズトリップを許容する)
- ∴ 不動作責務を満たす最大値②7.2%とする。

整定値

$$7.2\% \times \left(\frac{275kV^2}{1000MVA \times 100} \right) \times \frac{110V/5A}{275kV/2000A} = 0.871\Omega \approx 0.87\Omega$$

%Z ⇒ 一次値Z_Q (4.3節演習参照) 一次値Z_Q ⇒ リレー値Z_Q



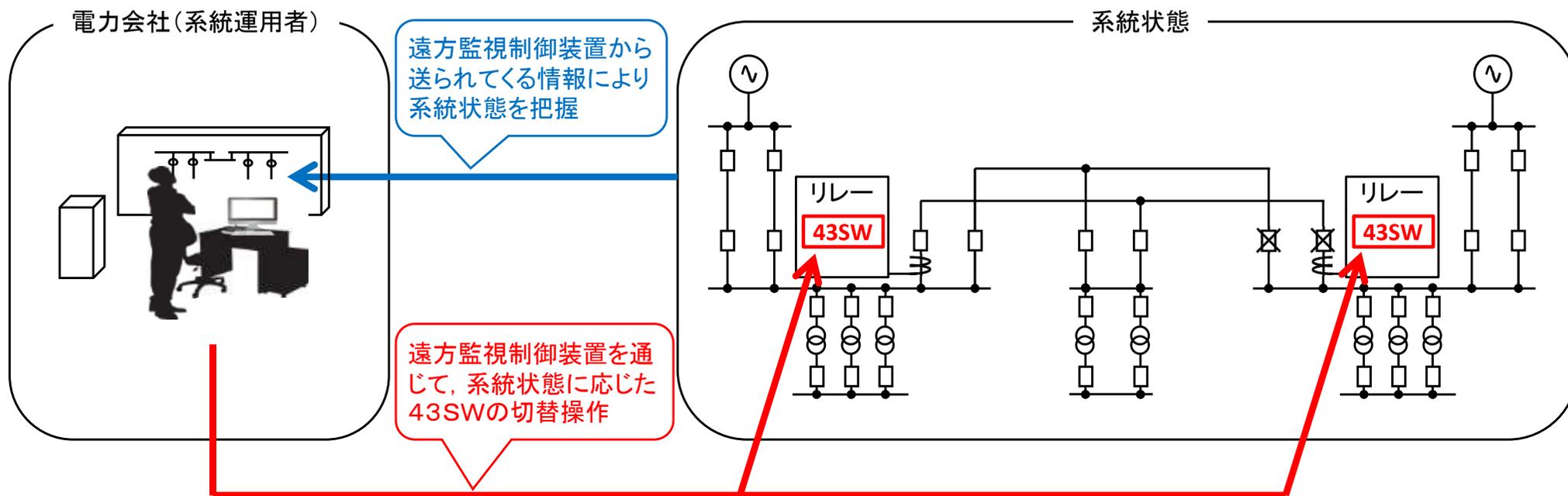
分流効果と測距インピーダンスに関する参考文献

文献名称	出版元
保護リレーシステム工学	電気学会

8.6 運用・保守

○制御切替開閉器(43SW)

制御切替開閉器(43SW)とは、保護リレー装置の機能活殺や運用状態を変更する切替スイッチであり、電力会社(系統運用者)は系統状態に応じて、遠方操作※にて43SWを切替えている。



※43SWの種類、遠方制御の可否などは、電力会社毎に差異がある。

43SW設置状況に関する参考文献

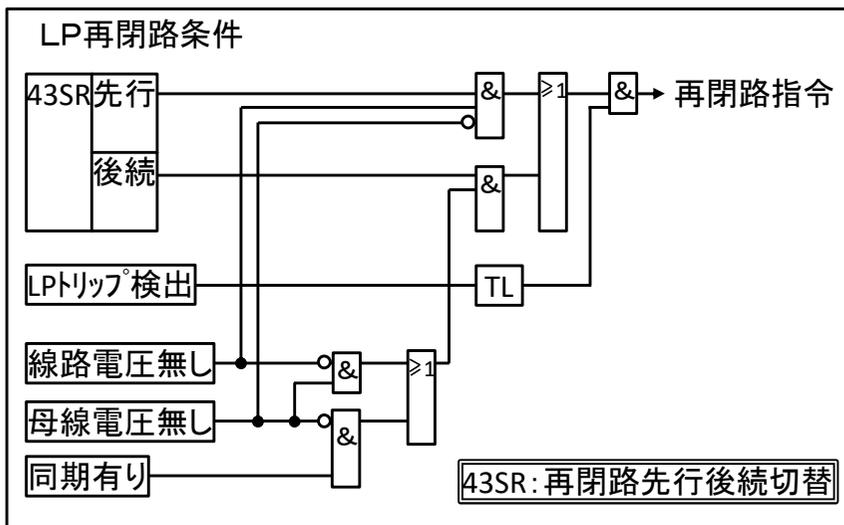
文献名称	出版元
電気学会技術報告書第1331号 保護リレーの方式・運用の現状と海外技術動向	電気学会

8.6 運用・保守

【43SW切替例】

43SW切替対象

A端, B端送電線保護リレー(LP)の43SR



系統状態の変化

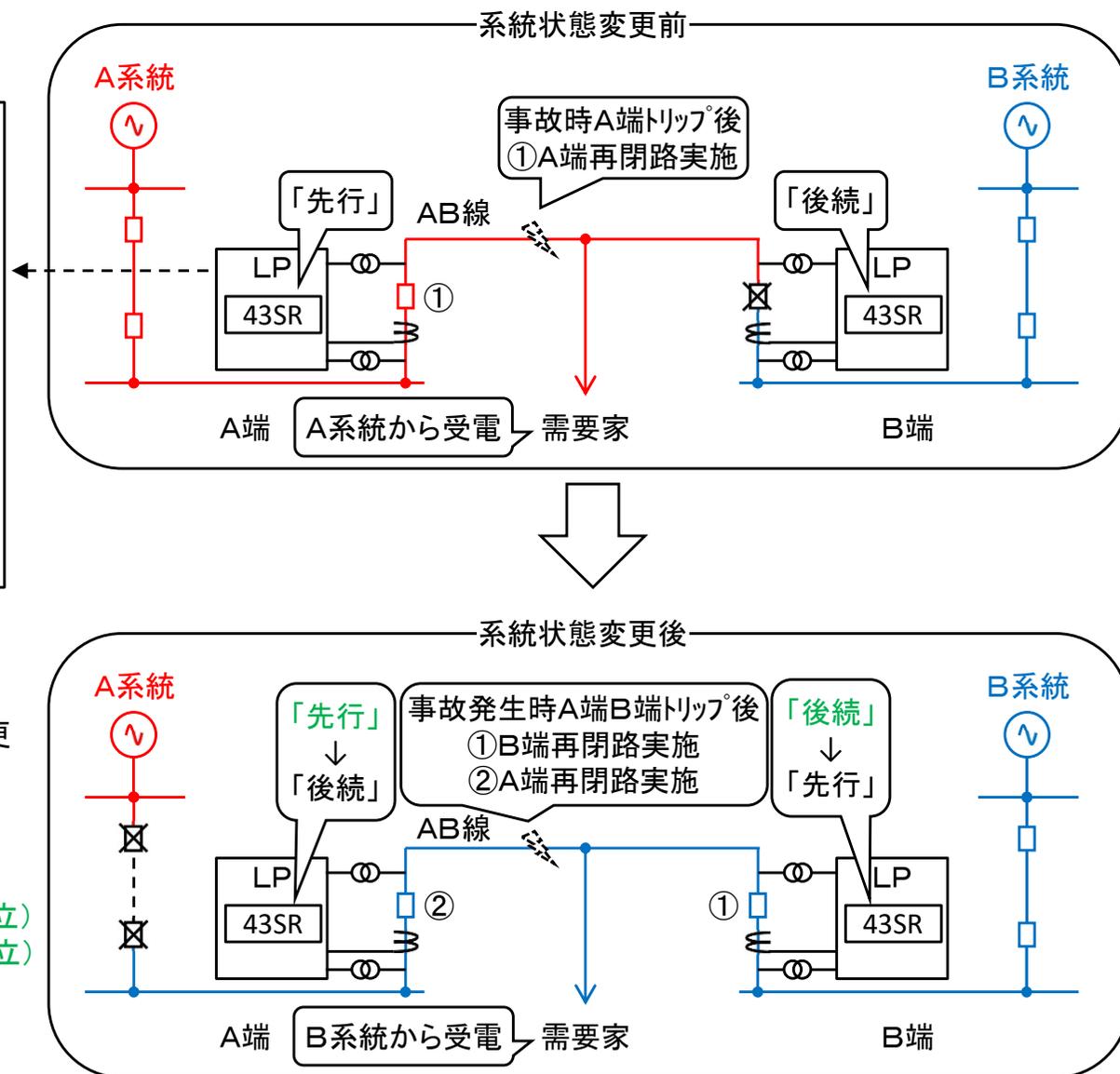
送電線作業により, 需要家をA系統受電からB系統受電へ変更

43SWの切替

AB線事故発生時A端B端トリップ後, A端と需要家が停電する
43SRがA端「先行」B端「後続」のままだと……

- ①A端再閉路不実施(母線電圧がないため, 再閉路条件不成立)
- ②B端再閉路不実施(線路電圧がないため, 再閉路条件不成立)
- ③A端と需要家が停電継続となる

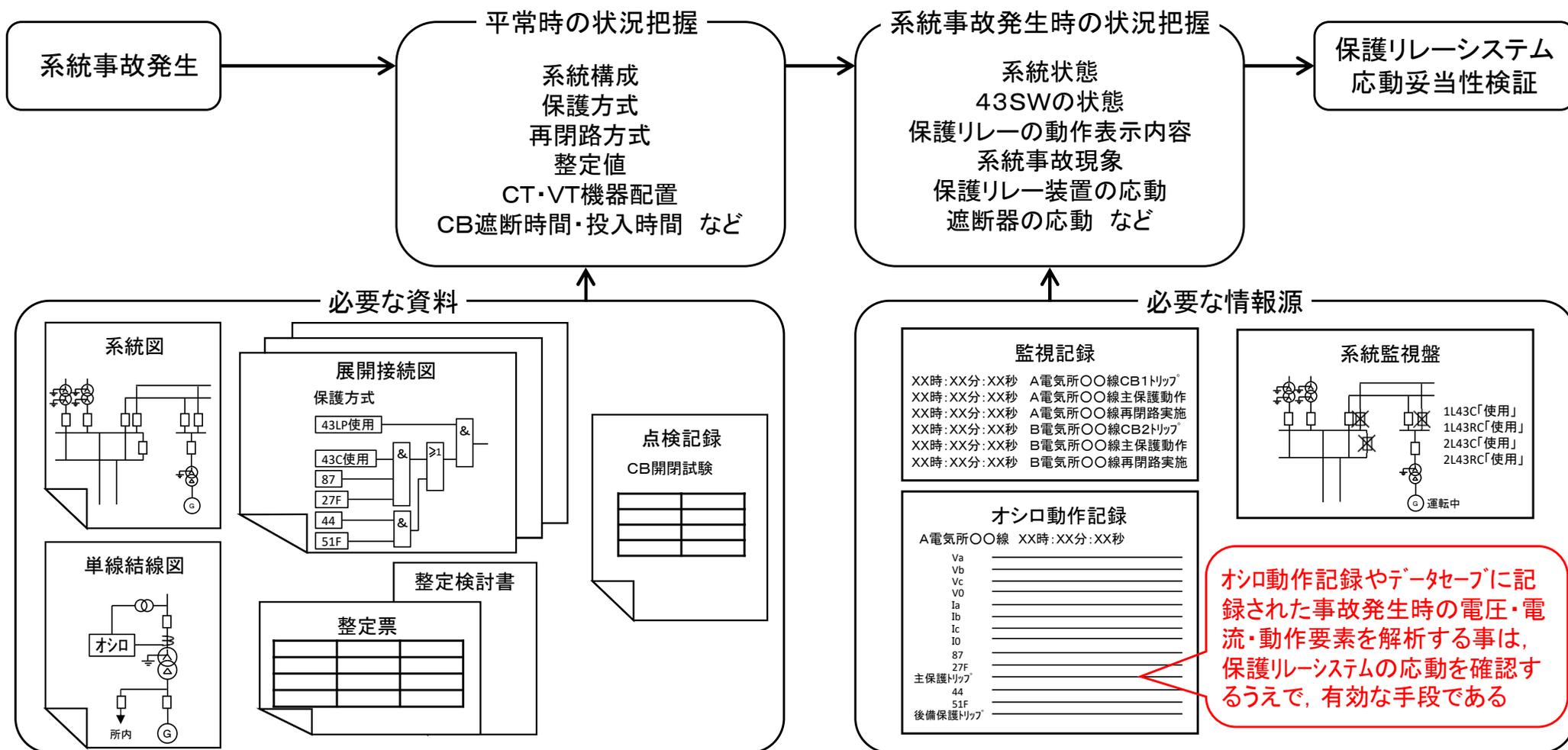
∴A端43SR「先行」⇒「後続」, B端43SR「後続」⇒「先行」とする



8.6 運用・保守

8.6.3 応動確認

電力会社は系統事故発生時，状況を把握したうえで事故現象に対する保護リレーシステム応動の妥当性について検証を行う。

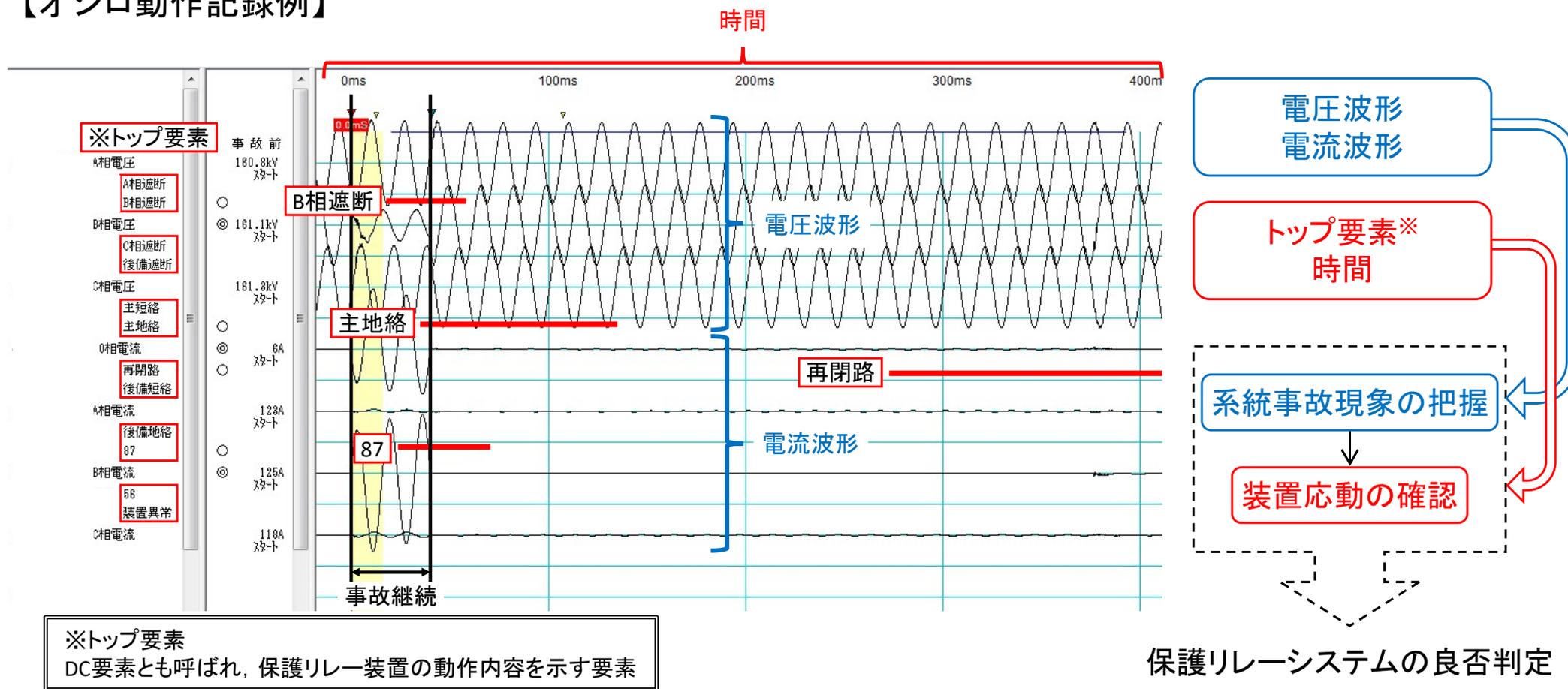


8.6 運用・保守

○オシロ動作記録

保護リレー装置に記録されるデータセーブに対して、オシロ装置に記録されるオシロ動作記録は客観的な情報である。保護リレーシステムの応動判定においては、主に「系統事故現象の把握」と「装置応動の確認」が重要となる。

【オシロ動作記録例】

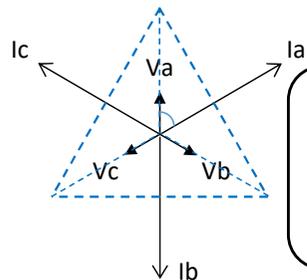
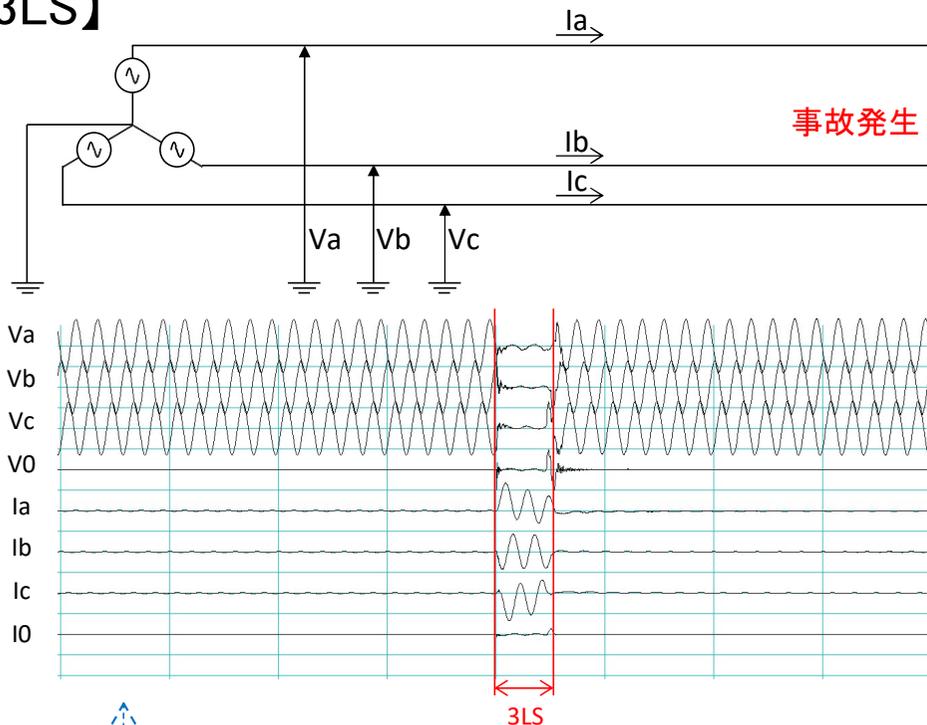


8.6 運用・保守

⇒ 系統事故現象の把握

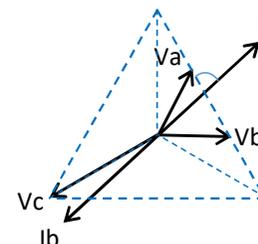
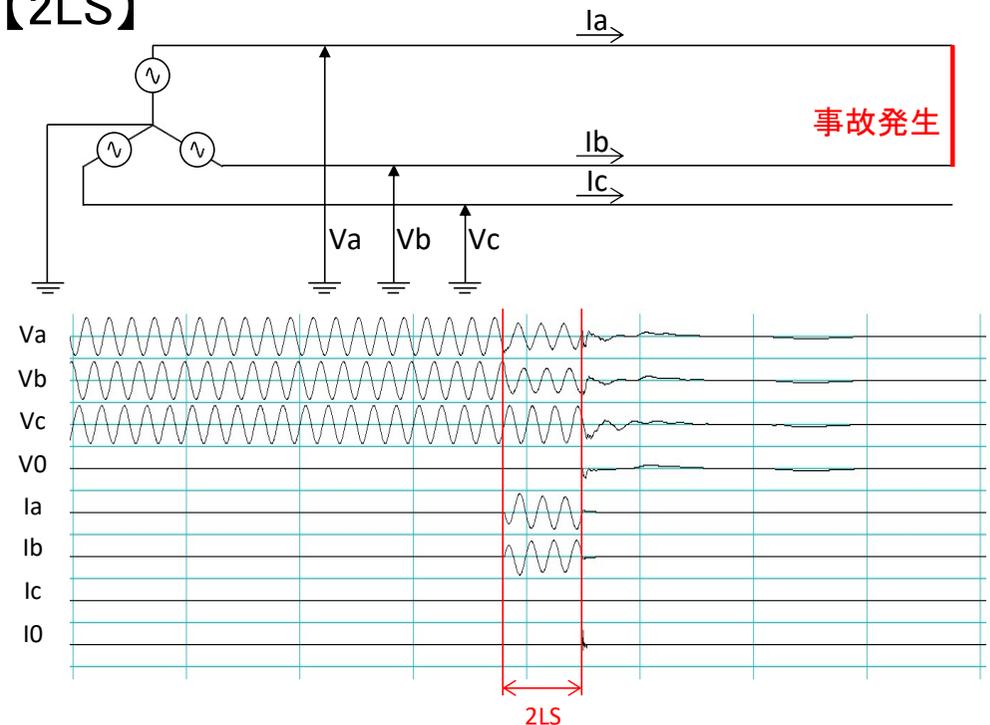
電圧・電流波形の変化の傾向から事故様相を判定することができる。なお、地絡事故については中性点接地方式により波形が異なる。

【3LS】



- 特徴
- ・三相電圧が小さくなる
 - ・三相電流が大きくなる
 - ・三相平衡状態
 - ・事故電流が線路インピーダンス角分、電圧より遅れる

【2LS】



- 特徴
- ・健全相変化無し
 - ・事故相電圧が小さくなる
 - ・事故相電流の大きさが等しい
 - ・事故相電流の位相差が180度
 - ・事故電流が線路インピーダンス角分、電圧より遅れる

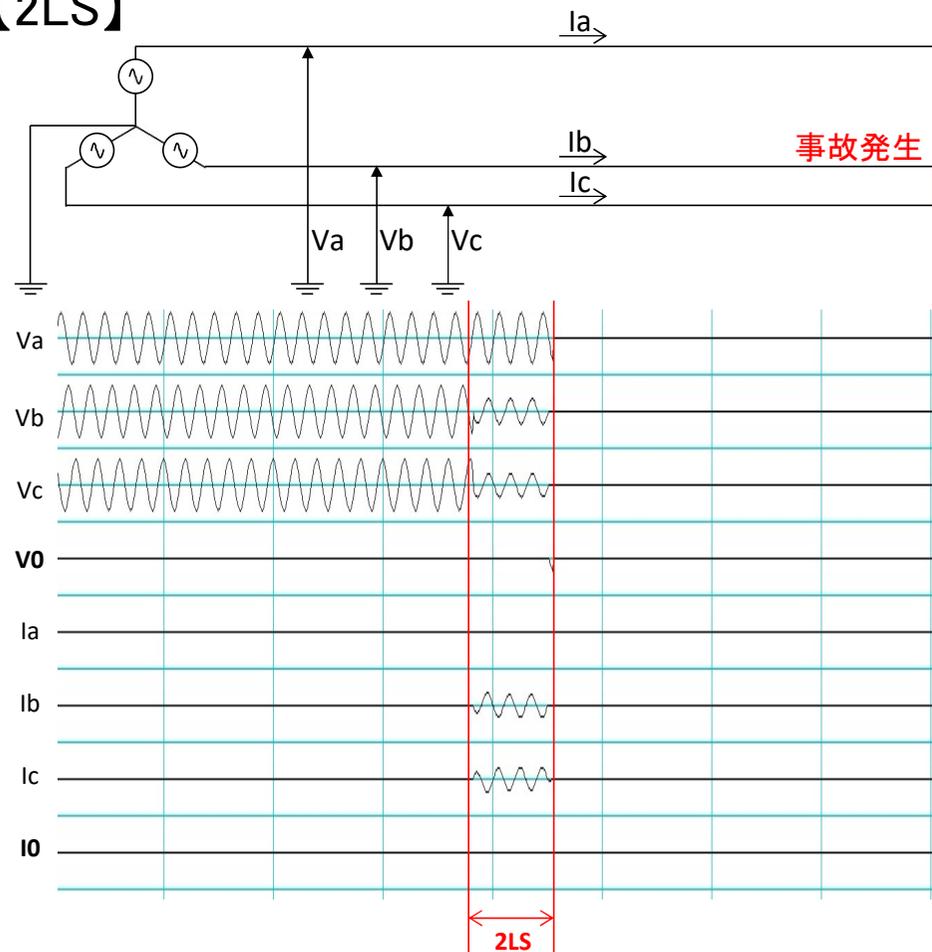
コラム⑦

2LSと2LGの大きな違い

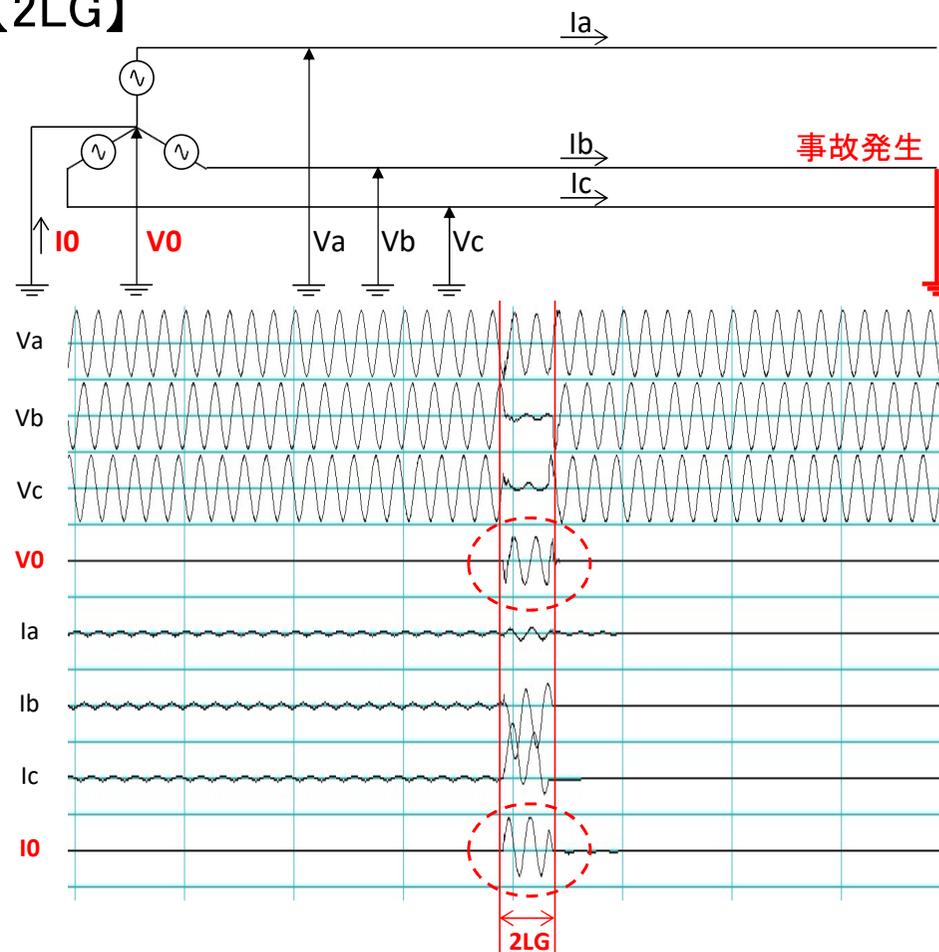
2LS→事故が零相回路に絡まないため、零相電圧(V_0), 零相電流(I_0)が現れない。

2LG→事故が零相回路に絡むため、事故による零相電圧(V_0), 零相電流(I_0)が現れる。

【2LS】

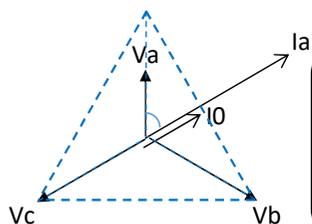
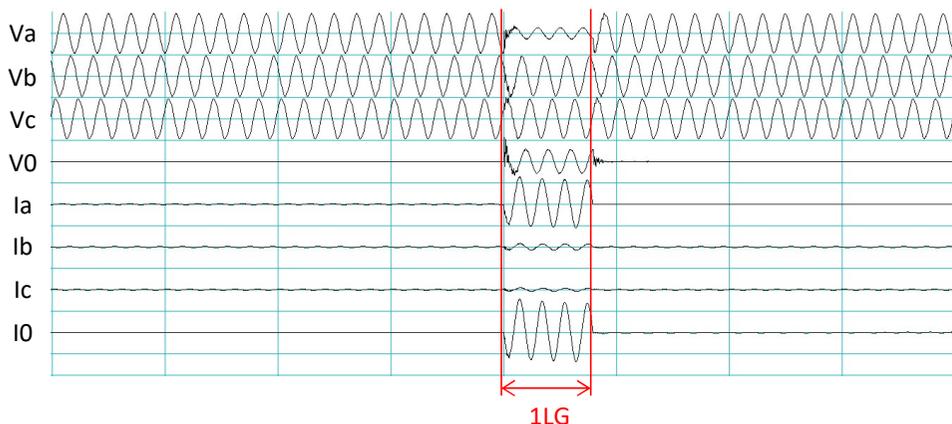
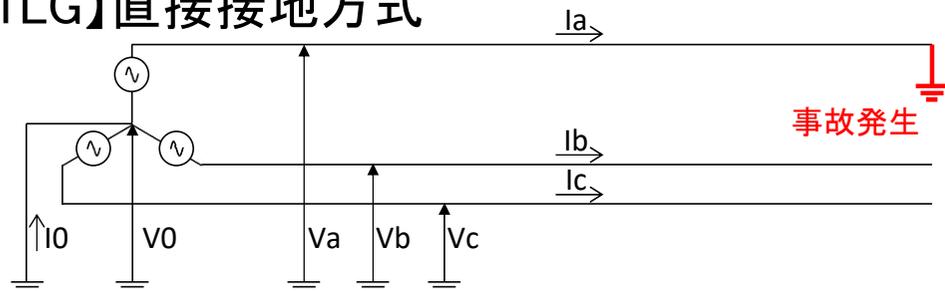


【2LG】



8.6 運用・保守

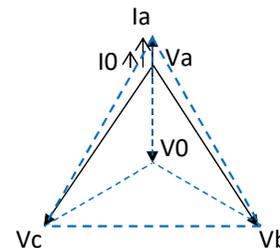
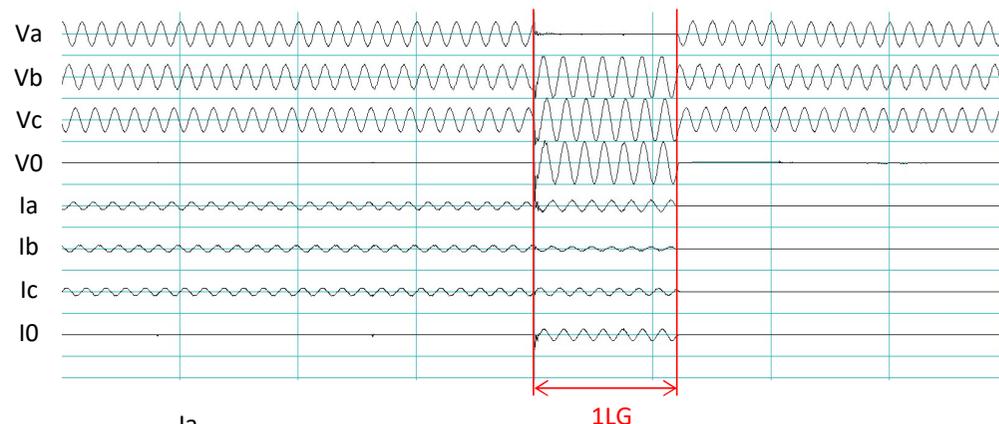
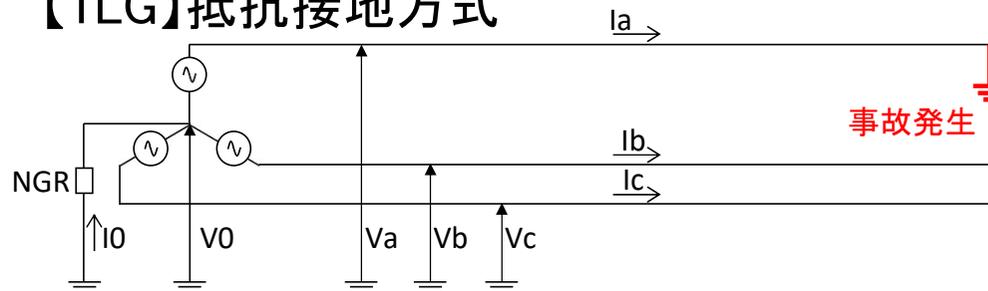
【1LG】直接接地方式



特徴

- ・健全相ほぼ変化無し
- ・事故相電圧が小さくなる
- ・事故相電流が3LSとほぼ同じ大きさ
- ・事故電流が線路インピーダンス角分, 電圧より遅れる

【1LG】抵抗接地方式



特徴

- ・健全相電圧が $\sqrt{3}$ 倍程度まで大きくなる
- ・中性点の電位が上昇する
- ・事故相電圧が小さくなる
- ・事故電流が直接接地系統に比べて小さい

対称座標法を用いれば, 電圧・電流の変化を定量的に算出でき, 多重事故など複雑な系統事故現象も把握できる。
また, %Z法でも概略を求めることは可能である(4.3節演習参照)

対称座標法に関する参考文献

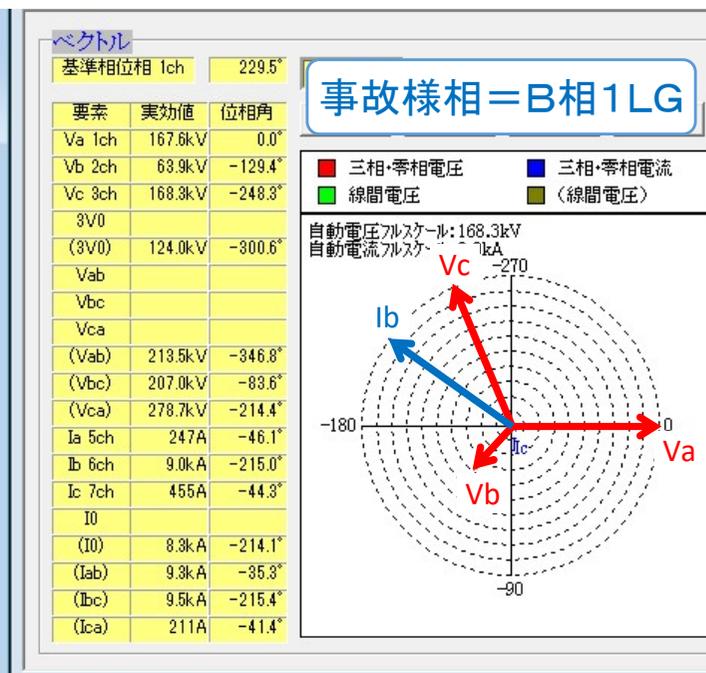
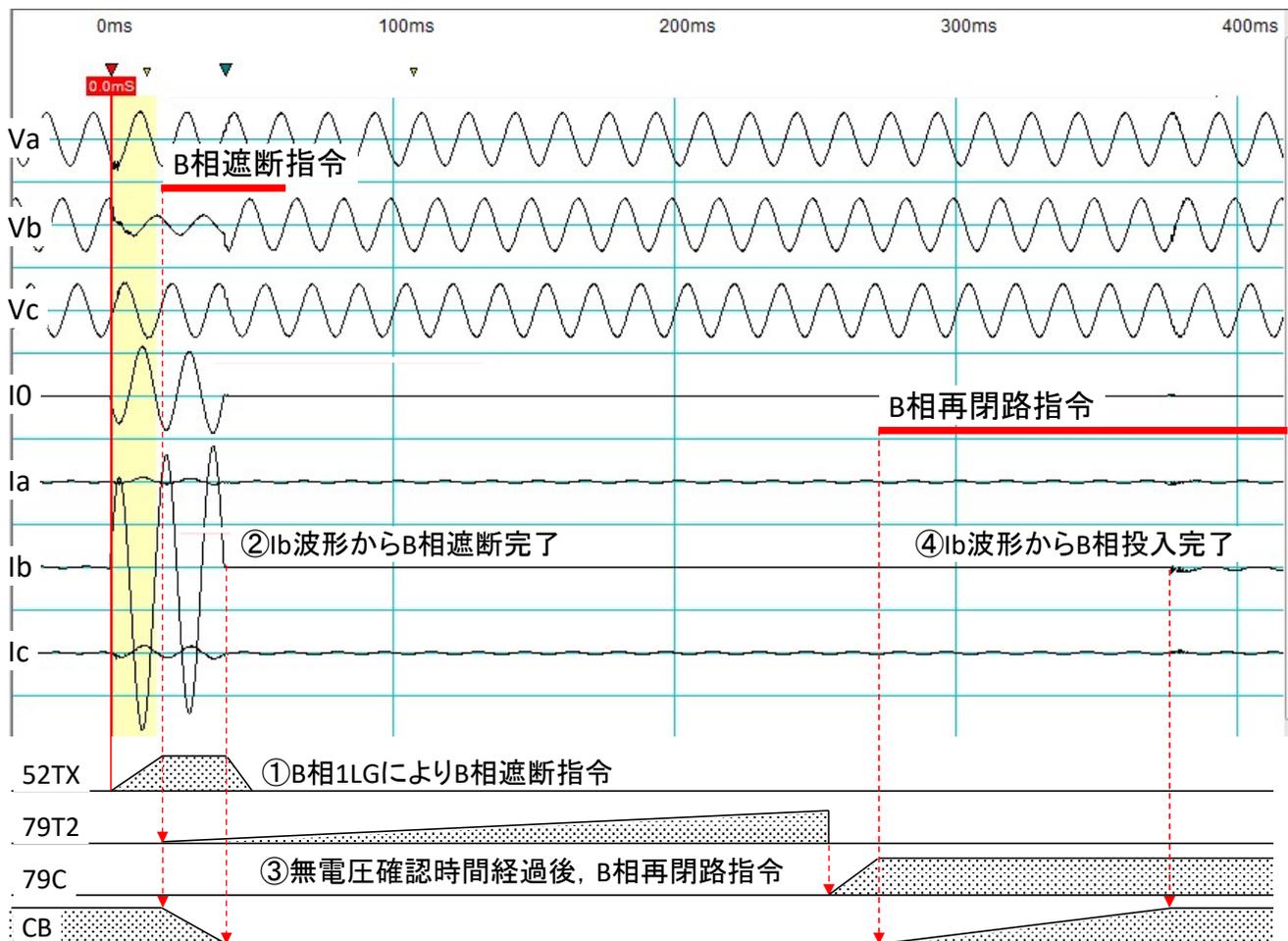
文献名称	出版元
電力系統技術計算の基礎	電気書院
電力系統技術計算の応用	電気書院

8.6 運用・保守

⇒装置応動の確認

保護リレーのトップ要素や、事故電流が消滅する時間から、保護リレー装置の応動を確認し、保護リレーシステム応動の妥当性を検証する。

【275kV直接接地系送電線保護リレー(電流差動リレー方式)オシロ動作記録】



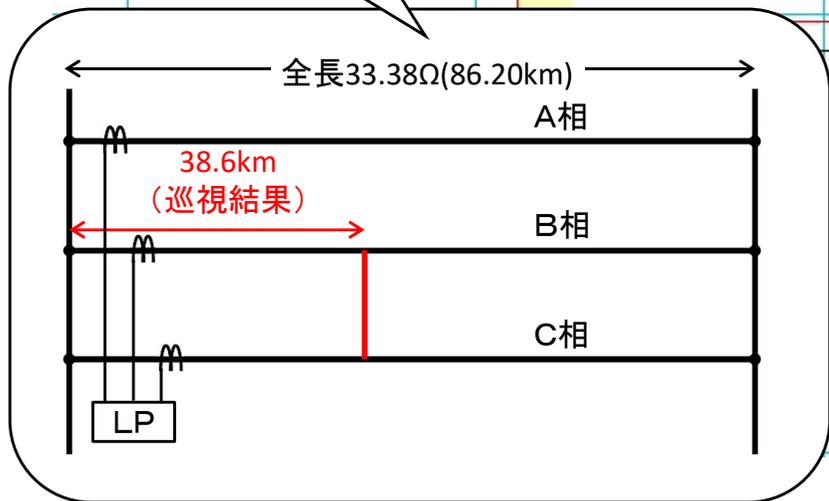
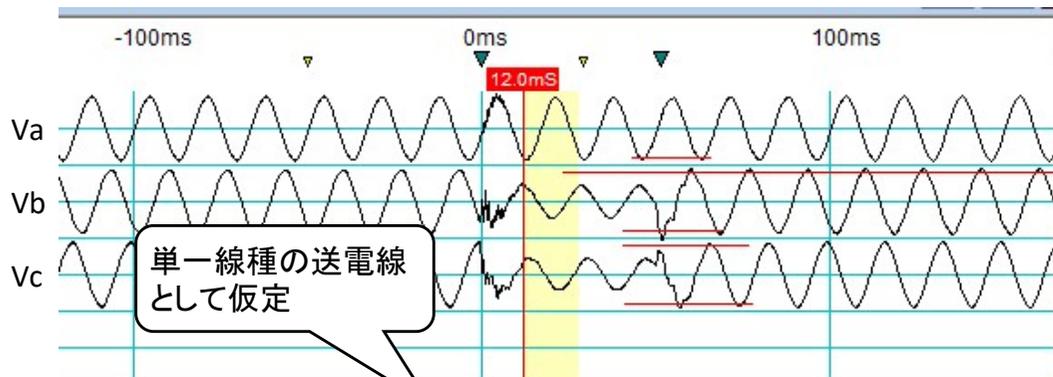
保護リレーシステム応動判定のポイント

項目	ポイント
トップ要素	B相1LGに対して誤動作・誤不動作がないか
時間	事故発生～CB遮断～CB投入完了まで想定内の時間か

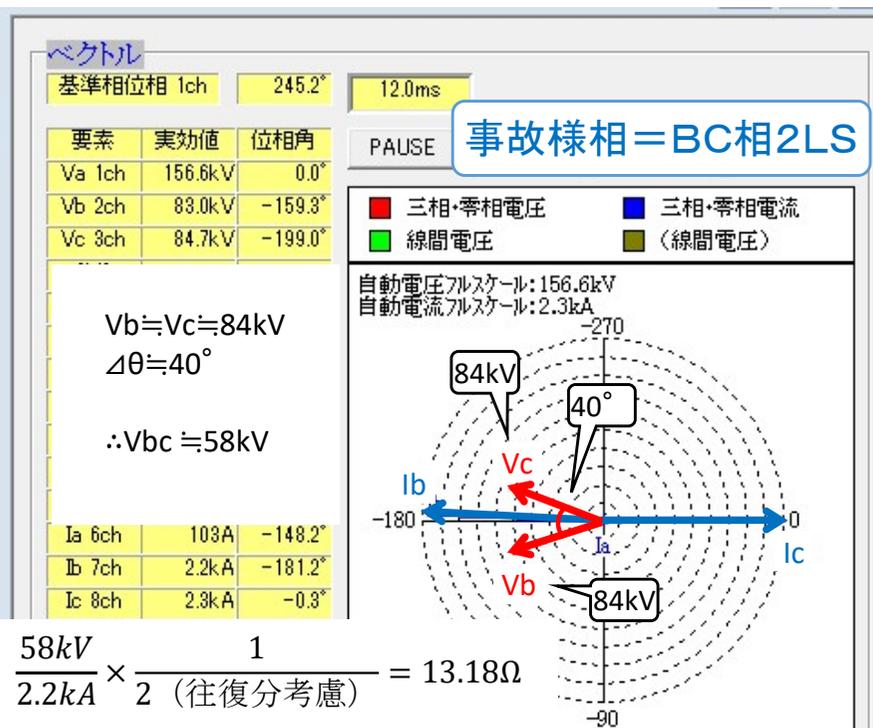
展開接続図, 整定票, 点検記録を元に事故発生～CB遮断～CB投入完了までのタイムチャートを想定

コラム⑧

オシロ波形による事故発生地点の標定



「事故点標定装置」に頼らなくても、オシロ波形からおおよその事故点を標定することも可能であり、実務において送電線巡視労力軽減にも寄与している。



$$\frac{58kV}{2.2kA} \times \frac{1}{2} \text{ (往復分考慮)} = 13.18\Omega$$

$$\frac{13.18\Omega}{33.38\Omega} \times 86.20km = 34.0km$$

34.0km(オシロ波形から算出)

異なる線種の混在や事故点アーク抵抗などにより、巡視結果と差異が生じる場合がある。

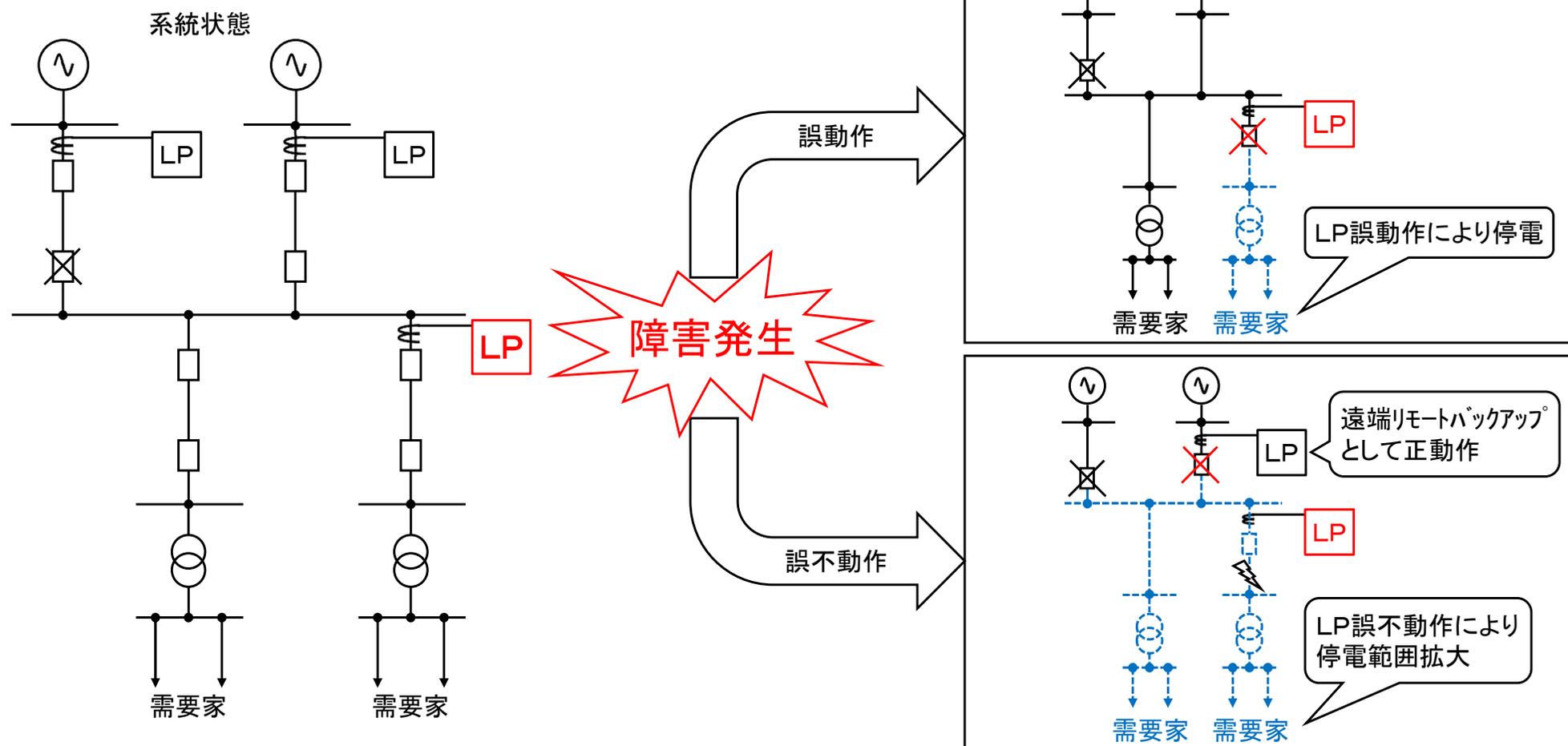
事故点標定装置に関する参考文献

文献名称	出版元
電気学会技術報告書第1208号 電力系統事故時の復旧操作	電気学会

8.6 運用・保守

8.6.4 障害対応

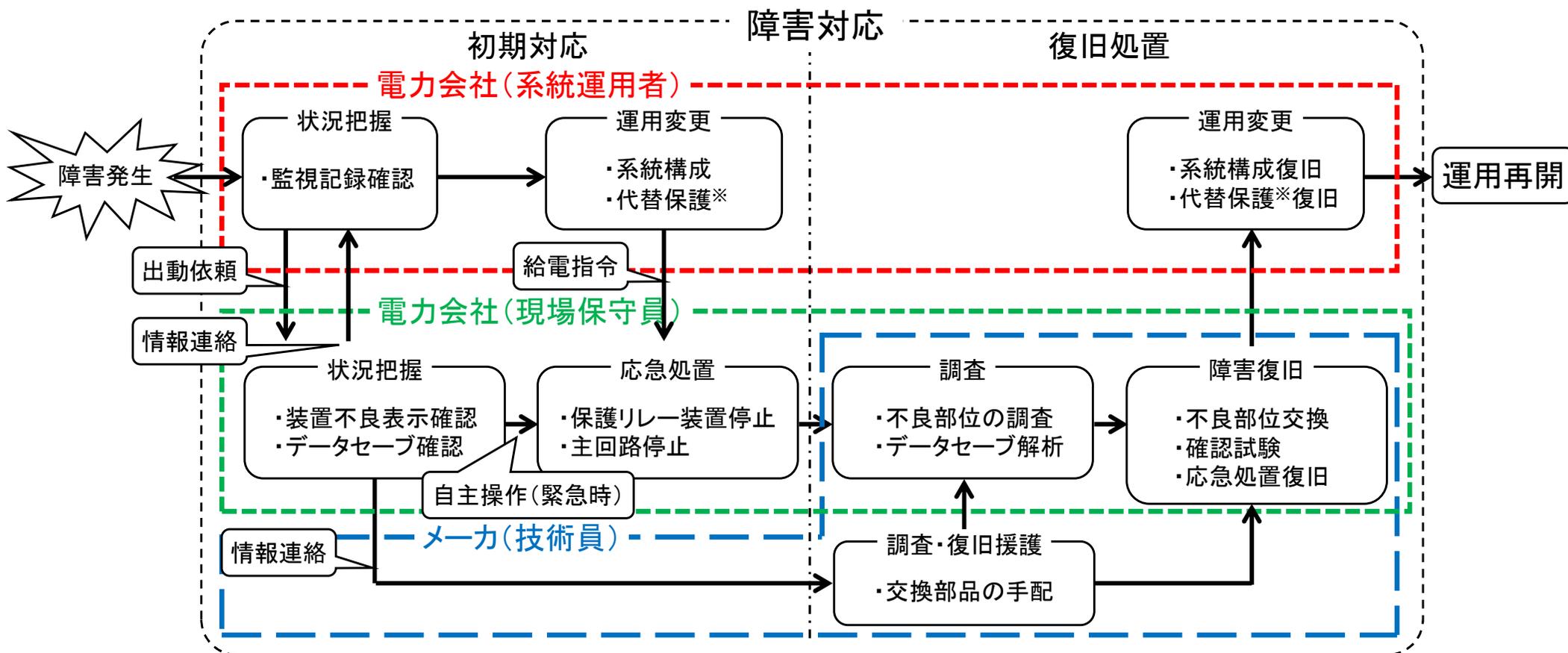
保護リレー装置に障害が発生した場合，正常に動作することができず，保安の確保や電力系統の安定運用に支障を及ぼすおそれがあるため，速やかに正常な運用状態に復旧する必要がある。



8.6 運用・保守

【障害対応例】

障害対応は、障害の内容によって異なるが、状況把握、情報連絡、応急措置などの初期対応は電力会社主体で行い、調査、復旧などの復旧処置対応は電力会社・メーカーが協力して行う。



系統運用に関する参考文献

文献名称	出版元
電気学会技術報告書第1208号 電力系統事故時の復旧操作	電気学会

※代替保護
停止した保護リレーの代行として、周辺の保護リレー整定値を変更すること

8.6 運用・保守

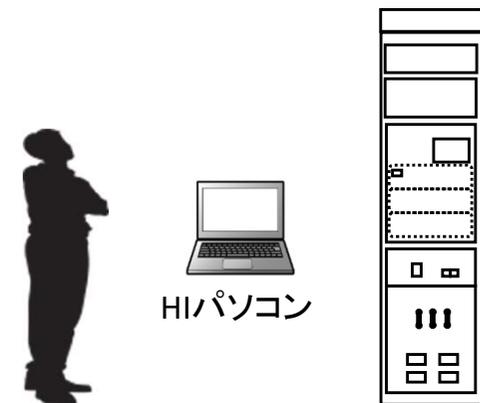
8.6.5 点検

保護リレー装置の予防保全として、電力会社では「巡視点検」と「定期点検」を実施。

○巡視点検

保護リレー装置運用中に、系統運用に支障を与えない範囲で、基本的に目視によって行う点検。

点検部位	ポイント
全般	異音・異臭・破損がないか
表示部	警報表示がないか、リレー動作表示がないか、自動点検回数が更新されているか
43SWの位置	本来、使用すべき機能がロックされていないか
試験用端子	短絡片やプラグの接続状態に誤りがないか
HIパソコン	常に使用できる状態となっているか



○定期点検

保護リレー装置の運用を停止して実施する点検であり、点検項目は構造面と性能面に分けられる。

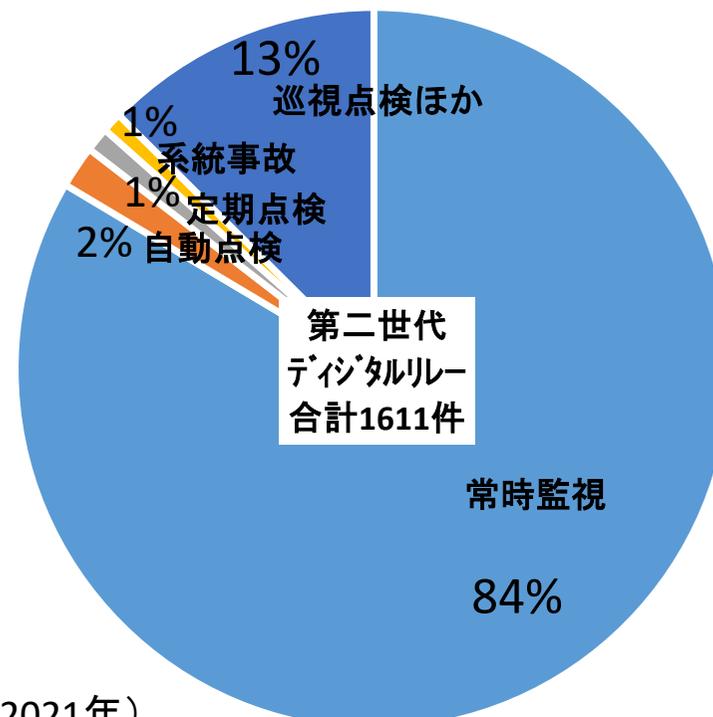
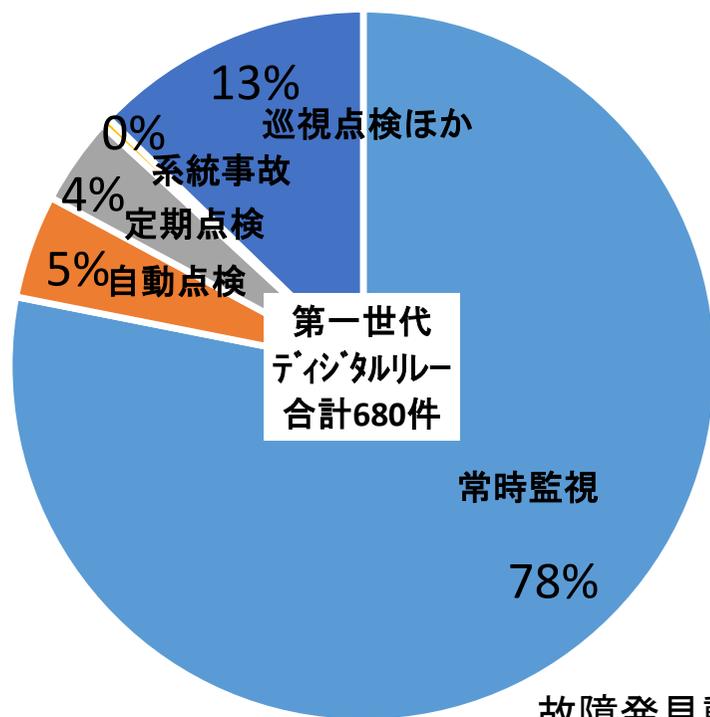
	主な点検項目	点検内容
構造面	構造点検	保護リレー装置の制御電源を停止し、盤内部の配線状況などを確認
	絶縁抵抗測定	各回路(VT回路, CT回路, 直流回路)の絶縁性能を確認
性能面	単体特性試験	試験器から入力する電圧・電流を連続的に変化させ、各リレー要素の特性を確認 (デジタル形のリレー要素はソフトウェア化され不変であるため、代表要素で特性確認を実施)
	総合動作試験	系統事故時の電圧・電流を模擬入力または強制動作によりリレー要素を動作させ、保護リレー装置の動作時間、自動監視対象外である警報表示などを確認
	CB結合(表示)試験	保護リレー装置を動作させ、CBの動作時間、監視制御装置の表示を確認

※定期点検の実施有無や内容は、各電力会社で異なる。

8.6 運用・保守

○点検と自動監視

デジタルリレーの自動監視機能(常時監視, 自動点検)は装置障害の大部分を検出できる。自動監視の性能が向上すれば, 現場保守業務の効率化を図ることができ, 各電力会社では現場点検周期・点検項目を精査・検討しており, すでに第二世代デジタルリレーに対する定期的な点検を省略している電力会社もある。自動監視機能によって発見できる項目などは定期点検項目から除き, 現場保守業務・費用の効率化を図っている場合がある。自動監視対象範囲外での障害は現場保守員の点検から発見している。



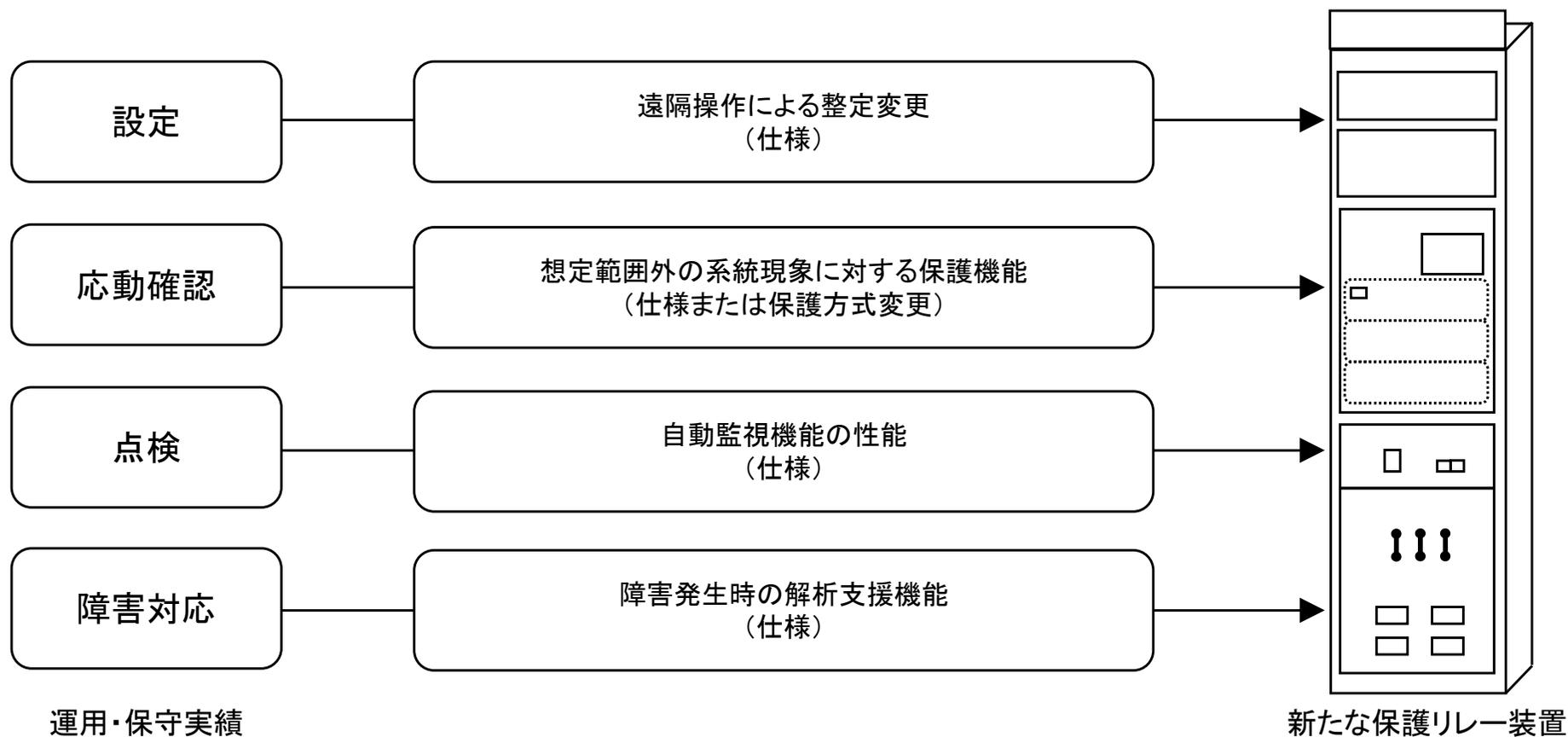
故障発見動機比率(2017年~2021年)

8.6 運用・保守

8.6.6 運用・保守から企画・計画への反映

保護リレー装置の運用や保守の実績は、装置劣化状況の把握だけでなく、今後の設備劣化更新計画や新たな保護リレー装置の仕様に反映する。

【運用・保守実績から保護リレー装置仕様への反映例】



目次

- 9. 1 技術者としての姿勢
- 9. 2 電力業界を取り巻く環境と対応例
- 9. 3 新技術の適用
- 9. 4 保護リレー技術に関わる技術者の声

概要

初級技術者が習得すべき保護リレーシステムに関する技術は広範囲かつ専門的である。加えて、保護リレーシステムは今も進化を続けている。

保護リレー技術者は専門的な知識や技術の習得だけではなく、業務の背景・目的をしっかりと理解したうえで業務に取り組むことが大切である。また、保護リレーシステムに関する技術の習得にあたっては、保護対象機器や電気現象、電力システムの運用、事故復旧操作などの幅広い知識の習得も必要である。

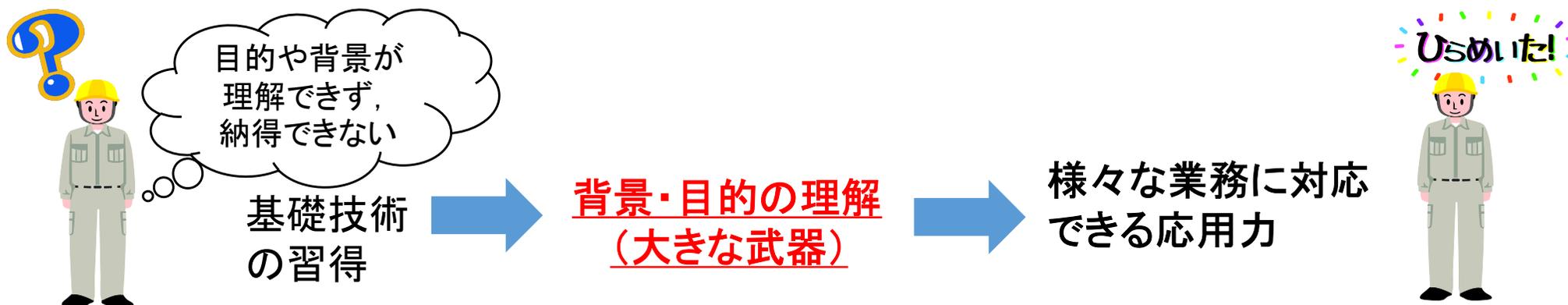
本章では、保護リレー技術者が目指すべき姿勢を説明するとともに、近年、再生可能エネルギーの導入拡大や電力自由化などから電力業界を取り巻く環境が大きく変化している中で、その問題点や課題に対する保護リレー技術者の取り組み状況、保護リレーに関する新技術についても紹介する。

また、最後に保護リレー技術者としての姿勢や業務の魅力を知って貰うため、技術者が日頃どのように業務に取り組む、どのように感じているのか代表的な技術者の声を紹介する。

9.1 技術者としての姿勢

○背景・目的を理解することの重要性(1)

- ・保護リレーシステムは、電力の安定供給を担う装置として、長期にわたる稼働が求められており、電力系統に事故が発生した際には、高速かつ適切に事故検出・制御を行えるよう、非常に高い信頼度が要求されている。
- ・保護リレー技術者は、保護リレーシステムの業務(企画・設計・製作・工事・運用保守等)を行う上で、個々の知識・技術の習得のみならず、保護リレーシステム全体に関連する知識・技術(保護リレー装置の構築技術にとどまらず、電力系統に発生するさまざまな現象を正確に把握する解析技術や、VT・CT・CBなどの周辺設備や保護対象設備の特性を踏まえた協調技術などを総合的に活用できるスキル)を習得する必要があるため、初級技術者にとっては、広範囲かつ専門的な内容であるがゆえに理解しきれず「つまずき」が発生するケースがある。業務の中で「つまずき」を抱えた場合、個人では時間を要し、また、少しでも条件が変わると対応できないなどあらゆる場面で手間を取るなど経験したことはないだろうか。



9.1 技術者としての姿勢

○背景・目的を理解することの重要性(2)

- ・業務における「つまずき」については、保護リレーシステム技術の背景にあたる電力系統や目的にあたる保安確保と安定供給を理解することで防止できることが多い。保護リレーシステム技術の背景や目的を理解する上で大事なことは、保護リレーシステムのみならず、関連する電力系統の特性や系統運用など幅広い視点で常に疑問を持ちながら業務に接することが大切である(なぜ?の追及)。具体的には、電力系統で事故が発生した際は、保護リレーの動作結果のみだけでなく電気現象にも目を向けたり、また、保護リレーの点検で異常が見つかった場合には、その異常が保安や安定供給の確保に及ぼす影響について考えてみるなどが挙げられる。その中で自分自身の力だけでは背景や目的が理解できず「つまずき」が発生した際には、ぜひ本入門書を活用して「つまずき」を克服してほしい。また、初級技術者の業務で応用力が必要となる場面においても、理解した背景や目的を深掘することで、解決策を導くこともできる。つまり、背景や目的の理解は「生涯活用できる大きな武器」と成り得ることも心得てほしい。
- ・近年、電力自由化に伴う新規発電事業者の連系、発送電分離、広域系統運用など、電力系統は、より複雑化しており、保護リレー技術者は、これらの課題に対して柔軟に対応できるよう、保護リレーシステムの高度化を図りながら、常に電力の安定供給という使命を果たしてゆかなければならない。ゆえに、初級技術者の皆様には、「将来の電力系統を支えるのは俺たちだ」とする気概を持って業務や技術習得に取り組んで頂きたい。

9.1 技術者としての姿勢

○新しい技術の習得・開発

- ・保護リレーシステムは多くの技術者・研究者の尽力により、デジタル形リレーの開発、PCM伝送技術を活用したデジタル形電流差動リレーの開発など、常に新しい技術を取り込みながら、進化を続けている。
- ・再生可能エネルギーの導入拡大などの要因で電力系統は変化しており、その変化に応じて保護リレーシステムも進化していく必要がある。そのためには、技術者として、基礎技術の背景を理解し、確実に習得した上で、新しい技術への関心を忘れず、学び、貪欲に取り込みながら、研究や新装置の開発などに積極的に取り組むことが大切である。

進化の背景

- ・電力系統の大規模化・複雑化への対応
- ・電力の安定供給，安全確保の要求の高まり
- ・マイクロプロセッサ技術の向上
(デジタル形リレー開発による保護性能・信頼性の向上，省スペース化，保守の省力化など)
- ・運用保守業務の遠隔化のニーズ
(情報伝送網の整備，情報伝送技術の高度化)
- ・汎用通信を利用したリレーの導入

○ アナログリレー
(電磁機械形，静止形)



○ デジタルリレー開発



○ ネットワーク通信技術



○ 次世代の保護リレー技術
(IED, IEC 61850など)



保護リレーは電力系統の変化に対応し、常に進化を続けている

- ・新しい技術への関心
- ・貪欲に学ぶ姿勢
- ・研究や新装置の開発への取り組み

9.2 電力業界を取り巻く環境と対応例

保護リレー技術者は、電力の安定供給を守るため、これまでも様々な課題に対して新技術の開発・導入を行うなどして技術的な解決を図ってきた。

近年、電力業界を取り巻く環境は、大きく変化し、それに伴い新たな課題も発生している。これらの課題解決に向け、保護リレー技術者は各種検討、新技術の開発・導入を進めていく必要がある。

そのため、保護リレー技術者は技術的にもチャレンジできる機会が多くあり、また、その果たす役割は大きいものとなる。

9.2 電力業界を取り巻く環境と対応例

➤ ①再エネ導入拡大・主力電源化・大量連系への対応例

- 周波数低下保護の強化(例1)
- グリッドフォーミングインバーターの開発(例2)
- 再エネと蓄電池を伴うM-Gセットの開発(例3)
- 蓄電池の導入拡大
- 既設システムの有効活用(例4)

➤ ②効率化・高度化・デジタル化への対応例

- デジタル技術や新技術の活用・推進
- DX(デジタルトランスフォーメーション)推進
- サイバーセキュリティ強化
- 系統慣性力の計測・見える化
- 変電所デジタル化



- 効果的、計画的な設備更新計画と確実な実施
- 効率的な保護リレー装置の取替(例5)
- 連系線・基幹システムの整備、増強・直流送電

- 移動用変電設備・電源車の保有、一元管理
- 安定化装置の高度化
- 装置仕様の標準化・簡素化

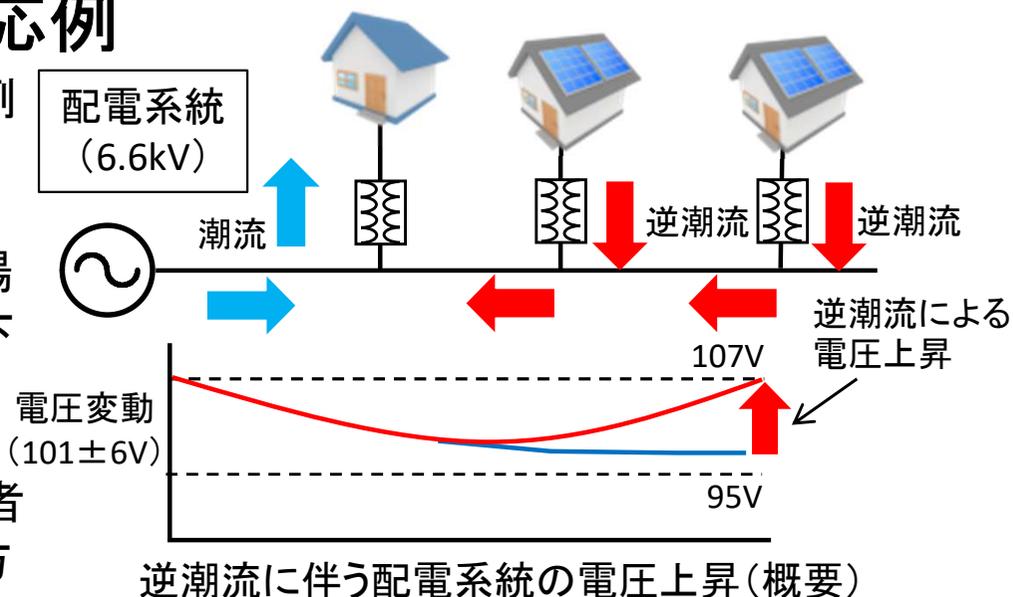
➤ ③料金低廉化、系統強靱化・安定供給への対応例

9.2 電力業界を取り巻く環境と対応例

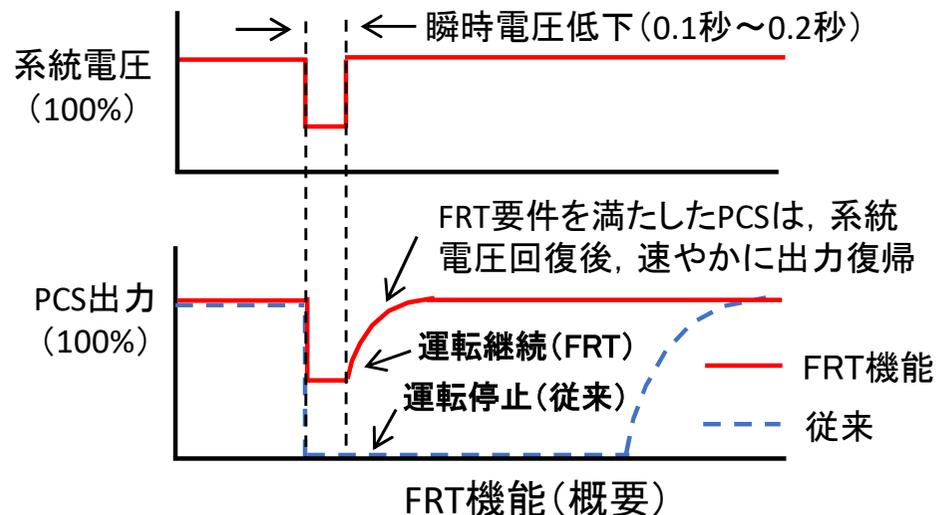
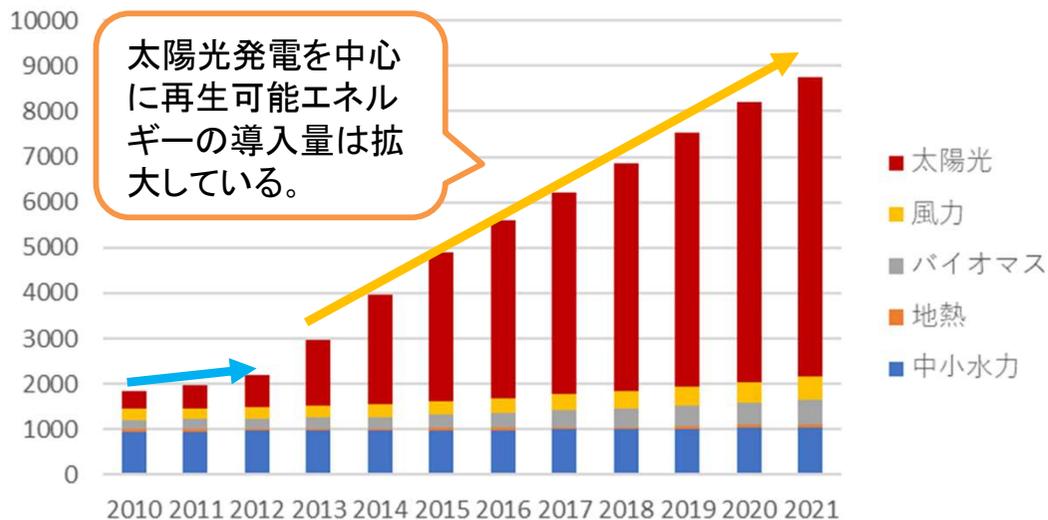
①再エネ導入拡大・主力電源化・大量連系への対応例 (例1)周波数低下保護の強化

逆潮流による配電系統の電圧上昇問題や電力系統の事故時にパワーコンディショナー(PCS)を有する太陽光・風力発電等が一斉に解列した場合は、周波数低下が生じるなど、電力品質の確保や供給支障拡大の懸念がある。

そのため、周波数低下に対しては、保護リレー技術者は周波数低下保護の強化(リレー装置の追加設置, 方式変更, 整定見直しなど)を行っている。



[万kW] 再生可能エネルギー等による設備容量の推移



Fault Ride Through, FRT: 系統擾乱時における運転継続性能

9.2 電力業界を取り巻く環境と対応例

①再エネ導入拡大・主力電源化・大量連系への対応例

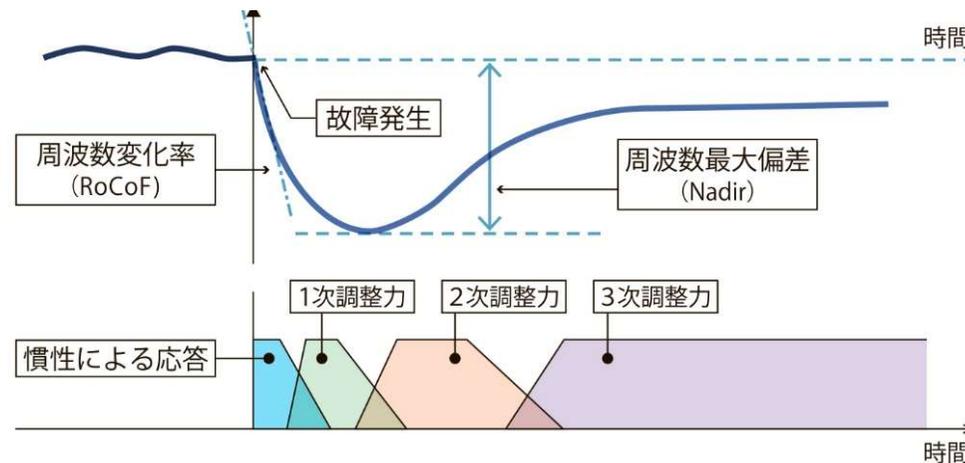
(例2)グリッドフォーミングインバーターの開発

発電機や送電線のトラブルなどで、電力網(グリッド)に対する供給力が失われると、周波数が低下する。周波数低下が一定以上になってしまうと電力システムを安定に保つことができなくなり、全ての発電機が停止する全域停電に至ってしまう。これを防止するために、周波数低下があるレベル(1.5Hz程度)に達した時に一部の電力供給を自動的に停止し(負荷遮断)、需給バランスを回復させる対応がとられる。通常、発電機1台の停止など単独の故障では、周波数低下が負荷遮断まで至らず、10秒程度で健全な発電機のガバナフリー(1次調整力)が働いて発電出力を増すことにより、周波数低下を食い止め上昇に転じさせるようになっている。

グリッドにつながっている発電機は基本的に同期発電機であり、電力システムの周波数変化を自律的に小さくする慣性を有する。この慣性が大きいほど周波数低下スピード(Rate of Change of Frequency= RoCoF)が小さく、周波数低下幅も小さいため、電力システムの安定性が高い。

再生可能エネルギーは非同期電源であり、非同期電源のグリッドへの接続が増えると、電力システムの慣性が低下し、安定性も低下することになる。この対策として再生可能エネルギーに疑似的に慣性を持たせるGFM(Grid forming)インバータ開発が行われている。

図1 故障発生時の周波数変化



出典元: 電気新聞2019年12月23日号

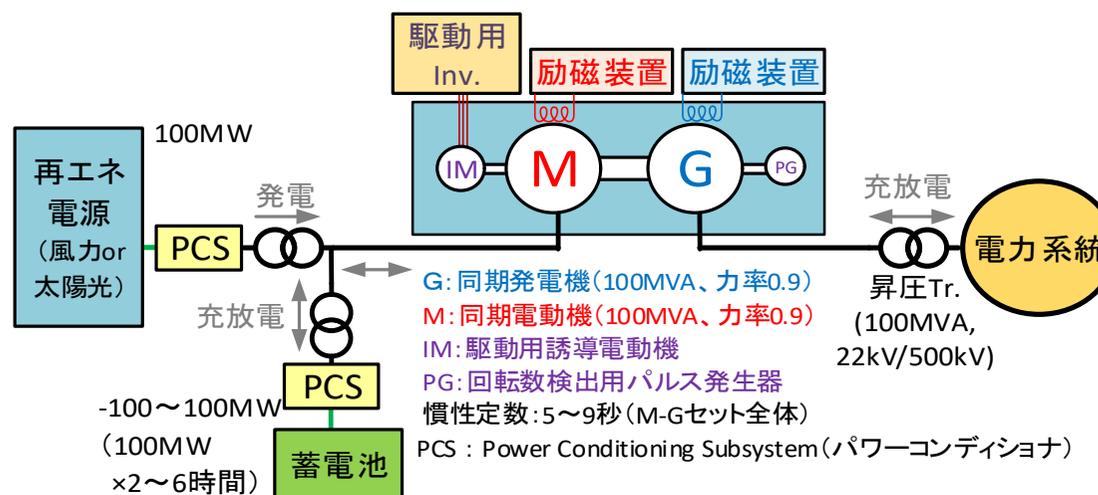
9.2 電力業界を取り巻く環境と対応例

①再エネ導入拡大・主力電源化・大量連系への対応例

(例3)再エネと蓄電池を伴うM-Gセットの開発

再エネを電力系統に連系する際、その出力補償や出力平準化のために蓄電池が併設されることがあるが、さらに電動機(M: Motor)と発電機(G: Generator)を組合せることで、再エネと蓄電池を伴うM-Gセットを構築することができる。系統側から見れば発電機のみが並列されている状態になるため、以下の特長をもつ。

- ・系統連系点の電圧を維持し、短絡容量を確保できることで、ほかのインバータ機器の安定運転に貢献
- ・大規模電源脱落時に同期化力により慣性エネルギーを放出することで周波数変化率(Rate of Change of Frequency: RoCoF)を低減可能
- ・0 kWでガバナフリー運転が可能
- ・系統事故時に高速に有効電力を減少させること(N-1電源制限のような動作)で系統安定度の向上に寄与
- ・ブラックアウト後の試送電発電機として利用可能



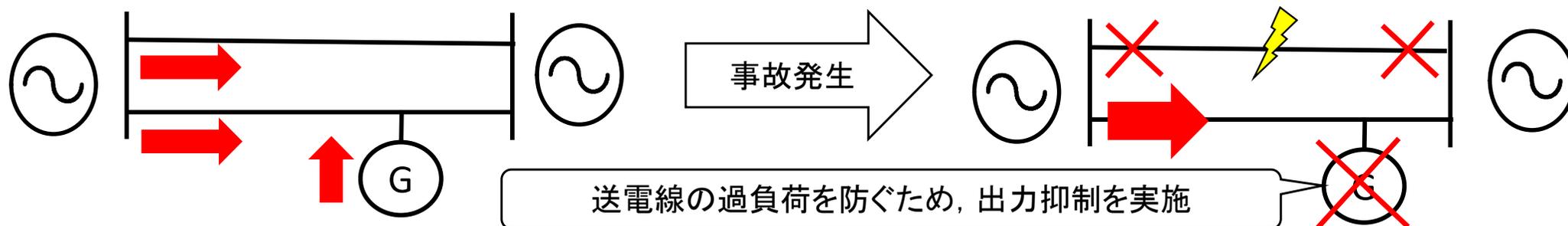
9.2 電力業界を取り巻く環境と対応例

①再エネ導入拡大・主力電源化・大量連系への対応例

(例4) 既設系統の有効活用

近年、再生可能エネルギーなどの新規発電事業者が連系され、発電から需要に至るまでの潮流状態が大きく変化してきている。また、送電線の容量不足や逆潮流など、これまで想定されていなかった現象も発生している。これらを設備の増設・増容量で対応することは、コスト・期間ともに高額・長期間を要することから、保護リレー装置側で対応できるように保護リレー技術者にて検討が進められている。

例として、送電線は2回線を1組として設置されており、緊急時に備えて1回線分の送電運用容量を設定されているが、保護リレー装置に送電線事故などの現象を検出し、適切に発電機を制御する機能を付加することで、平時の送電運用容量を拡大し(N-1電制)、発電事業者の連系を可能とする検討が進められている。



9.2 電力業界を取り巻く環境と対応例

①再エネ導入拡大・主力電源化・大量連系への対応例

(例5) 効率的な保護リレー装置の取替

保護リレー技術者はコスト低減を図るべく、保護リレー装置の更新において、取替の対象となる既設装置の筐体はそのまま流用し、保護リレーのユニットのみを取替える手法(レトロフィット更新またはユニット更新)を検討し適用している。

一般に筐体や制御ケーブルなどは保護リレー装置よりも耐用年数が長いため、それらを流用することで、工期短縮や費用抑制が可能となる。

また、系統運用上、送電線や変圧器などの停止が困難な場合にも、ケーブルの接続に必要な機器停止を行うことなく保護リレー装置の更新を行えるメリットもある。



取替対象の保護リレー装置をユニットのみ更新

レトロフィット(一例)

9.3 新技術の適用

保護リレー技術者は電力業界を取り巻く環境の変化に対応するため、様々な新技術の開発・導入に取り組んでいく必要がある。そのため、技術者は業務や技術の背景・目的を確実に理解し、更に新しい技術への関心を忘れず常に学び続ける必要がある。

ここでは、運用・保守面に配慮しつつ、コストダウンを目指した保護リレーの開発、近年の情報伝送技術、セキュリティ技術を活用した保護リレー開発、仕様の国際標準化への対応など保護リレーに関する新技術の中で今後適用が考えられるIEDやIEC 61850について紹介する。

IEDを用いた保護リレーについて

IED(Intelligent Electronic Device)は、近年のICT(情報通信技術)やデジタル技術などの発展により、用途に応じて機能を設定できる多機能性、柔軟性に優れた電子機器であり、欧米を中心に汎用性に富んだ保護リレーとして普及している。国内でもその特性(多機能性、柔軟性、小スペース化、低コスト等)を活かして、従来からの保護リレー装置をIEDで構築したり、保護リレー不具合時の仮復旧を目的とした可搬型保護リレーとして活用しているケースもある。



IEDを用いた保護リレー

- ①部品の汎用化, 量産化
- ②多機能性(ソフトウェア)
- ③部品サイズ, 点数削減



利用例(保護リレー装置)



利用例(可搬型保護リレー)

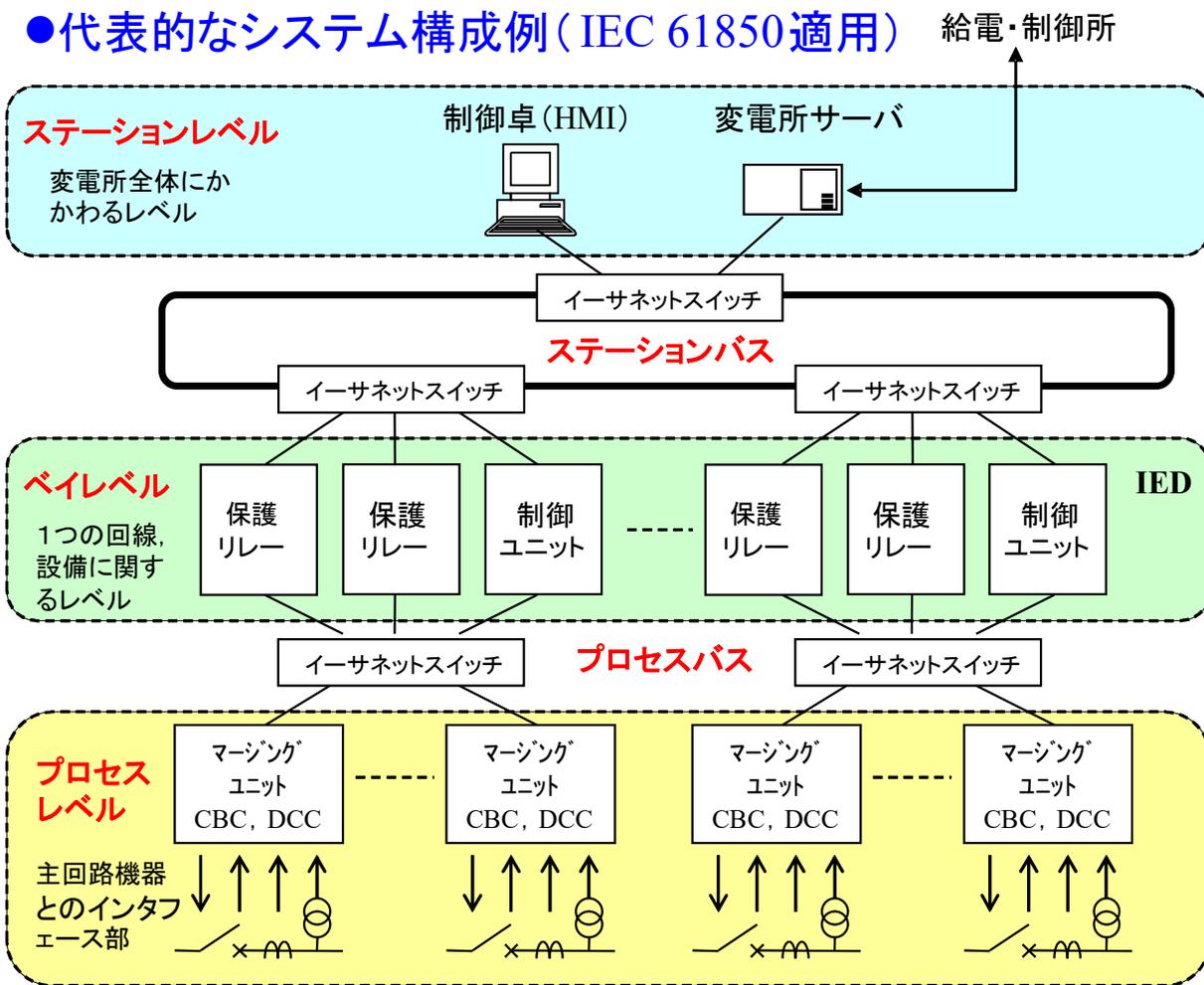
IEDを用いたリレーのメリットとしては、低コスト、短納期、多機能、コンパクト化などが挙げられるが、電力用規格(B-402)のフェイルセーフリレー(FD)のハード分離や自動監視機能が十分とは言えないので、保護リレーに求める機能、信頼性などに応じて使い分けることが大切である。

9.3 新技術の適用

(1) IEC 61850について

IEC 61850とは、電子機器の相互接続性を確保することを目的に、IEC(国際電気標準会議)が定めた規格であり、変電所においては監視制御・保護の用途で使用する機器や装置が、他の機器や装置と相互接続(異メーカー接続を含む)可能となる。

●代表的なシステム構成例(IEC 61850適用)



IEC 61850では、変電所の機能をプロセス、ベイ、ステーションといった3つレベルに分類するとともに、プロセスレベルでは主機近傍でデジタル化する特徴がある。

MU(マージングユニット): 入力される電流信号や電圧信号(アナログ信号)からA/D変換によりデジタル信号を生成し、通信回線を介して出力する。

IEC61850に関する参考文献

文献名称	出版元
電気学会技術報告1203号 変電所監視制御システム技術	電気学会

9.3 新技術の適用

(2) IEC 61850を適用した変電所に期待される効果・課題

IEC 61850を適用した変電所では、変電所構内をネットワークで接続したシステムにすることによる大量のメタルケーブル削減に伴うコスト削減や、マルチベンダ接続、ベイレベルやステーションレベルに集まったデジタルデータは中央演算型の監視制御・保護システムに活用できるとともに、長期間に亘って蓄積すれば保守業務(劣化診断)や系統計画業務(潮流図作成)等の活用(ビックデータとしての活用)が期待されている。

一方で、変電所構内がネットワークで接続されると、サイバー攻撃のリスクが生じるため、セキュリティ対策が必要である。また、IEC 61850を適用した保護・制御システムの適用例が少ないため、電力会社・メーカー共に新技術(情報通信技術, 国際標準規格に基づいたエンジニアリング)を学ぶ必要がある。

(3) LAN冗長化方式(冗長化プロトコル)

デジタル変電所の構内通信ではイーサネットが使われている。イーサネットの冗長構成およびそのプロトコルとして、PRP(Parallel Redundancy Protocol)やHSR(High-availability Seamless Redundancy), RSTP(Rapid Spanning Tree Protocol)が使われることが多い。

文献名称	出版元
IEC 61850を適用した電力ネットワーク	コロナ社

9.4 保護リレー技術に関わる技術者の声(電力会社)

○保護リレー技術者としての姿勢や業務の魅力を知って貰うため、技術者が日頃どのように業務に取り組み、どのように感じているのか技術者の声を紹介する。

(保護リレーの運用、整定等を行う電力会社の技術者の声を記載)

電気は現代社会生活を支える最も重要なエネルギーであることを考えると、業務が「社会に与える影響」を強く感じる。自分が行っている業務に対し、身の引き締まる思いがする。

技術的な業務なので、誰に対しても自分が考えたことを堂々と伝えることができる。また、様々な人に自分の考えを伝えることで、自分が気付かなかったことを教えてもらった時は、更なるスキルアップに繋がる。

入社後、保守、運転、管理部門と幾つかの業務を経験したが、電気理論の難しい部分を一番必要としたのが保護リレー整定検討業務であった。大学で学んだ経験を活かせる専門性の高い業務に携わることができ、やりがいを感じた。

保護リレー業務は専門性が高く、仕事に対してプロとしてのやりがいを感じる。

保護リレーが自分が整定した値でしっかり動作することが面白い。また、その整定値で事故から人や設備を守っていると思うと、絶対に失敗してはならないという責任を強く感じる。

保護リレー業務は、変電、配電、通信、水力、火力、原子力など様々な業務と関わりがあり、多くの知識・技能を習得できて、スキルアップに繋がる。また、専門的な研究開発などにも関わることができ、魅力的な業務だと感じる。

保護リレー業務は変電所のみならず系統全体を見渡せる業務であり、保護リレーによって系統構成上の問題を解決するとともに、発電可能量を増加させたり、運用者や保守者の労力を低減させたりと様々な可能性を持っていると感じている。系統上の問題を見つけ、自らの思いを系統に反映させることの出来る保護リレー業務は魅力的だと感じる。



9.4 保護リレー技術に関わる技術者の声(メーカー)

○保護リレー技術者としての姿勢や業務の魅力を知って貰うため、技術者が日頃どのように業務に取り組み、どのように感じているのか技術者の声を紹介する。

(保護リレーの設計・製作・開発等を行うメーカーの技術者の声を記載)

担当した装置が実際に運用されていること(特に設計初期から電力会社と打合せをして設計を進め納入した装置)。

電力会社などとの共同研究で、難易度の高い課題を克服できたとき。

保護リレーの不審応動の確認において、オシロ記録や過去の経験等から、原因を推定し、その通りの現象が確認できた時。

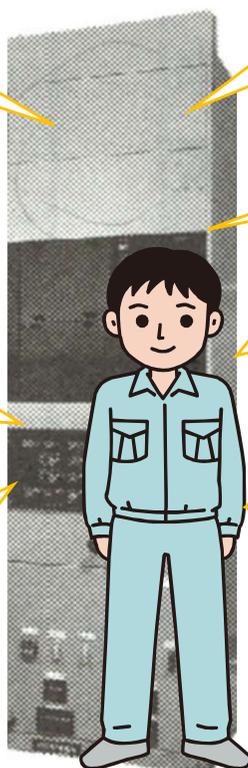
学会発表等で、新しい技術に触れた時、自分でも新しい発見がしたい、と意欲がわいた。

大学で電力システムに関する研究を行っていた。実際に電力の安定供給に関わる仕事に従事でき、技術者としてやりがいを感じる。

新たな保護リレーを担当するたびに新たな知識を習得できておもしろい。自分が組立試験したものが出荷されると、より達成感を得る。

太陽光発電や風力発電等の再生可能エネルギー電源の導入が進む中で、電力の安定供給を維持するには保護リレーの果たす役割は大きく、「保護リレーは面白い」と感じる。

保護リレーが盤に実装され、実際に運用されているところを見たときに、仕事をした実感を得た。また、現地で実務をされている方と一緒に仕事することで、多くの人々によって保護リレーの世界は広がっているのだと感じた。



10.1 本入門書の位置づけ

本書は、電気学会「実務に則した保護リレーシステム技術の学び方」調査専門委員会における調査結果をもとに、モチベーションの向上を図りつつ、初級技術者自らが積極的に保護リレーシステムについて学ぶこと、初級保護リレー技術者に対する実際の教育資料として活用することを目的に、以下の点を考慮して製作したものである。

- 初級技術者が、自ら保護リレーシステムの基礎技術に関して学ぶことのできる構成、内容とする。
- 初級技術者が自らつまづきの解決方法を見出すために、保護リレー全般に関して背景や目的の記載を充実させる。
- 初級技術者の学習意欲の向上を図る。
- 将来、保護リレー業務に携わるであろう学生が、保護リレーに興味を抱く内容とする。
- 学校教育を含めた教育の現場で、活用できる内容とする。

詳細な調査結果および、初級技術者に対する教育のあり方については、技術報告書にて取りまとめているので、参考にさせていただきたい。

- 技術報告第1425号 実務に則した保護リレーシステム技術の基礎の学び方
https://www.iee.or.jp/cfml/OA/front/NonAuthenticate/bookpur/fbo_BookDetail.cfm?objectID=5F2B1B86-C77B-AA7A-C95C8985DA992543
※ 2023.02現在

10.2 本書のメンテナンスについて

基礎技術はいつの時代でも変わらないと考えられるが、システム技術全般は今後の技術の進歩などの環境変化を取り込む必要性がある。

内容の見直しが必要となった場合は、以下の方法で改訂を行うものとする。

- ①修正案を作成する(適宜)
- ②各社が保護リレーシステム技術委員会委員を通じて修正案を提出
- ③修正案を委員会で審議
- ④必要により修正・審議を繰り返し、承認
- ⑤承認後、保護リレーシステム技術委員会にて所定のURL※へアップロード

※ https://bppr.ieejpes.org/onsite_lecture/primer/ (2023年10月現在)

改訂履歴

- ・平成30年3月 初版発行
(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)
- ・令和5年11月 改訂

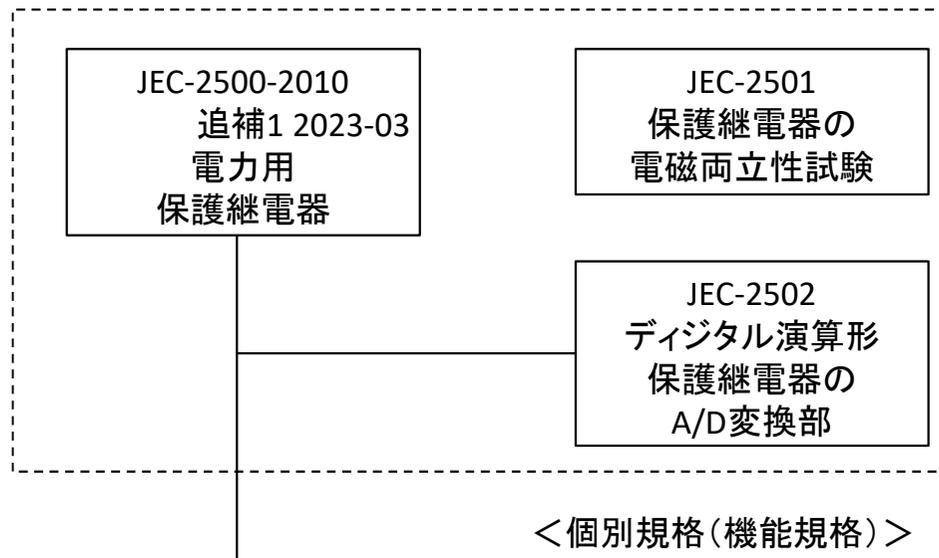
文献名称	出版元	参照章
電気学会技術報告1331号 保護リレーの方式・運用の現状と海外技術動向	電気学会	4章, 5章, 6章, 8章
保護継電工学	オーム社	4章
定期報告と事故報告の手引	日本電気協会	4章
電力系統技術計算の基礎	電気書院	4章, 8章
電力系統技術計算の応用	電気書院	4章, 8章
これならわかるベクトル図徹底攻略	電気書院	4章
電力系統安定化システム工学	電気学会	3章, 5章, 6章, 8章
電気学会技術報告第641号 保護リレーシステム基本技術体系	電気学会	6章, 8章
保護リレーシステム工学	電気学会	5章, 6章, 8章
電気学会技術報告1127号 周波数リレーシステムによる事故波及防止技術	電気学会	6章
電気学会技術報告1069号 過負荷保護技術	電気学会	6章
JEC-1201-2007 計器用変成器(保護継電器)	電気学会	7章

文献名称	出版元	参照章
技術報告第1475号 保護制御システムにおける計器用変成器と関連技術の現状と動向	電気学会	7章
デジタル信号処理	共立出版, (株)昭晃堂出版	7章
A/Dコンバータ入門	オーム社	7章
基礎電子回路	コロナ社	7章
アナログ電子回路	(株)昭晃堂出版	7章
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	7章
マイクロコンピュータ入門テキスト	オーム社	7章
マイクロプロセッサアーキテクチャ入門	CQ出版社	7章
ソフトウェア工学入門	日科技連出版	7章
プログラム言語C	共立出版	7章
JEC-2501-2010 保護継電器の電磁両立性試験	電気学会	7章
JEC-2300-2020 交流遮断器	電気学会	7章

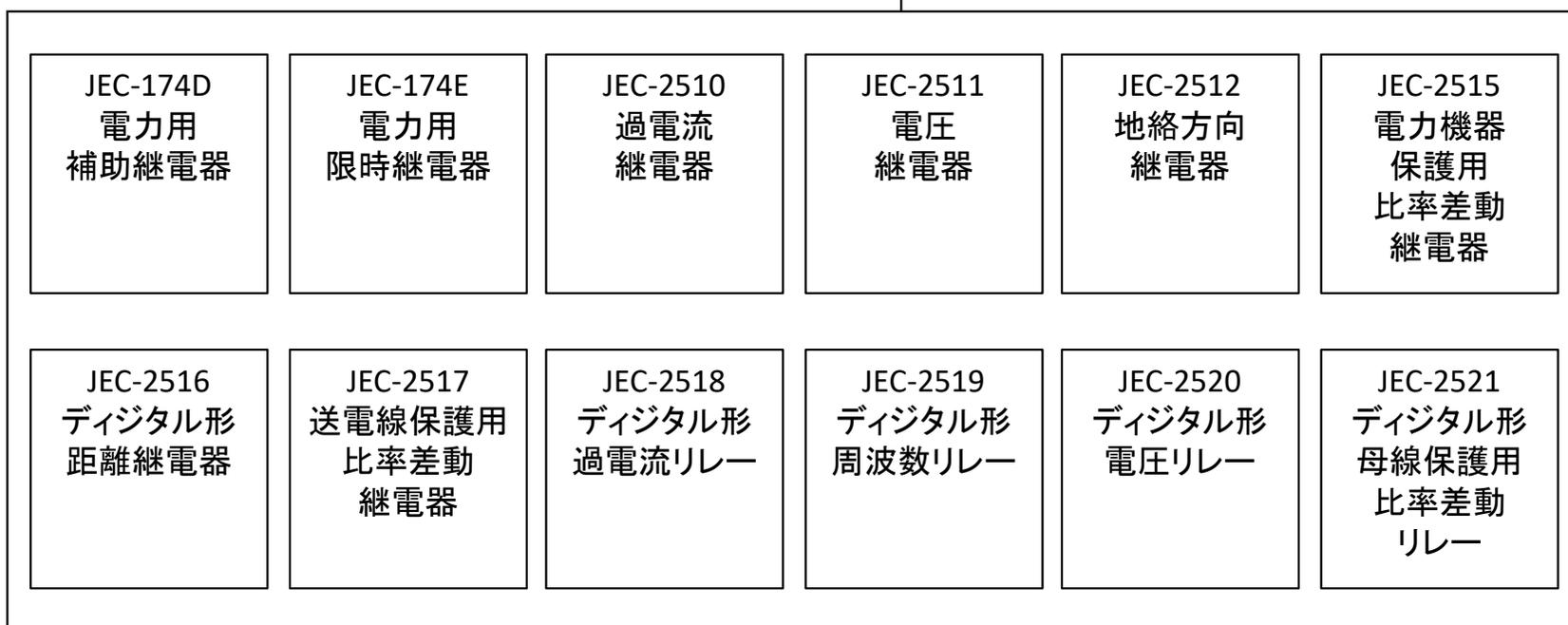
文献名称	出版元	参照章
制御器具番号 JEM 1090	日本電機工業会	7章
交流変電所用制御器具番号 JEM 1093	日本電機工業会	7章
第65巻第2号 保護リレーの新しい機能・性能	電気協同研究会	8章
電力用規格B-402 デジタル形保護リレーおよび保護リレー装置	日本電気協会	8章
第59巻第1号 保護リレーシステムの開発・保守運用効率化	電気協同研究会	8章
電気学会技術報告第1208号 電力系統事故時の復旧操作	電気学会	8章
電気学会技術報告1203号 変電所監視制御システム技術	電気学会	9章
IEC 61850を適用した電力ネットワーク	コロナ社	9章
電気学会技術報告 第1540号 配電用変電所保護リレーシステム技術	電気学会	9章

文献名称	出版元
電力系統工学	電機大出版局
電力系統	オーム社
電力系統技術の実用理論	丸善
送電工学	電気学会
シーケンス制御工学	電気学会
保護継電技術	電気書院
保護継電技術	電機大出版局
第50巻第1号 第二世代デジタルリレー	電気協同研究会
デジタルリレー実務読本	オーム社
計器用変成器	電気書院
電気学会技術報告第898号 電力機器と系統保護の相互協調	電気学会
電気学会技術報告書第1276号 保護リレーにおける通信利用技術の現状と高度化	電気学会
電気学会技術報告書第1475号 保護制御システムにおける計器用変成器と関連技術の現状と動向	電気学会

< 共通規格 >



< 個別規格(機能規格) >



保護リレー業務に携わって間もない若手技術者の多くが経験するつまずきと解決の事例である。同様の内容で悩んでいる方は回答となる箇所を適宜読んでいただきたい。短時間で回答のヒントを得る事ができる。なお、回答は閲覧して欲しい順に記載している。

Q: CT, VT一次試験を実施する際に試験回路を実際の設備と結びつけることができなかった。

A: 7.1節, 7.2節, 8.5節

Q: 保護リレー装置点検時に、他盤との関わりが分かっていなかったため、試験条件を作るのに時間がかかった。

A: 7.1節, 7.7節

Q: 総合動作試験時の各ケースの試験電圧, 電流, 位相等の値の妥当性について判断することができなかった。

A: 5章, 6章

Q: 保護リレー装置のシーケンスを詳細に理解することができなかった。

A: 7.8節

Q: 保護リレーの概要について, どのような装置でどんなことに必要なのか, 何に役立っているのか理解に苦労した。

A: 5章, 4章

Q: メーカーより提出される技術検討図の確認において, どのようなところを重点的に確認し修正するのかわからなかった。

A: 8.3節, 7.1節

Q: 保護リレー装置更新の打合せにおいて, 保護要素・整定範囲・保護ブロック図等, 詳細な部分の確認を求められたため, 返答に苦慮した。

A: 8.2節, 8.3節

Q: シーケンスの全体像(第一階層・・・)を把握できていなかったため, イメージが湧かなかった。

A: 7.1節, 7.2節, 7.7節, 7.8節, 5章, 6章

Q: 系統事故によって生じる系統現象, 変成器によって生じる波形偏歪, リレー内部の波形処理など, 系統事故からリレー判定・動作までの理解に時間がかかった。

A: 3章, 4章, 7.2節, 7.3節, 7.4節

Q: 自動点検処理の必要性や判定値等の根拠を理解できておらず, デバッグ時に苦労した。

A: 7.6節, 7.5節

Q: 保護リレーの実運用現場を知る機会がなく, 保護リレーがどんなところでどのように使用されているか理解できなかった。

A: 2章, 3章, 4章, 8.5節

Q: デジタル演算における演算種類や量子化誤差, 折り返し誤差など, 理解できていなかった。

A: 7.3節, 7.4節

Q: 教育でリアルタイム処理については学んだが、実業務となかなか結びつかず理解するのに苦労した。

A: 7.4節, 5章

Q: 形式装置における各種試験は、どのような意図で実施するものなのか、疑問だった。例えば雷インパルス試験, ノイズ試験は、どのような現象を想定したもので行うものなのか、わからず苦慮していた。

A: 8.4節, 7章

その他電気一般技術等として以下の技術について勉強することで業務遂行を助けるものとなるので、参考にしていただきたい。

- ベクトル, 対称座標法, オームの法則, 微分積分, 電気回路, 単位法, 故障計算, 電磁気学, アンペアターン, 三相交流
- 電子回路, IPネットワーク, C言語, 信号処理, 論理回路, マクロプログラム, 通信技術
- 計測工学, 制御工学, 板金加工技術, 生産システム技術, CAD, 電気主任技術者, 電気工事士

業務などの会話でよく耳にする略語や頻出用語を以下にまとめた。参考として頂きたい。以下には、正式に定義されていない俗称も含まれている。

用語	その他の言い方
保護リレー	継電器, RY
CT	変流器
VT	計器用変圧器, PT, ポテ
距離リレー	DZ
事故検出	FD, フェールセーフ
PCM電流差動リレー	PCM
表示線	パイロットワイヤ
送電線	ライン
母線	BUS(バス), ブス
遮断器	CB
変圧器	トランス, バンク

用語	その他の言い方
送電線保護	ラインプロ, LP
母線保護	ブスプロ, BP
変圧器保護	トラプロ, TP
過電流リレー	OC
不足電圧リレー	UV
過電圧リレー	OV
地絡過電圧リレー	OVG
地絡過電流リレー	OCG
トリップ	遮断
シーケンス	展開接続図

その他, 保護リレーに関する専門用語は「電気学会 電気専門用語集(Web版) No.23 保護リレー装置」を参考にして頂きたい。

URL: https://jec-ieee.org/jec_ev/New_Yougo_Itiran.php?yougoshuu_no=23

業務で保護リレー等を制御器具番号で呼ぶことがあり、よく使われる番号を以下にまとめた。制御器具番号の見方は7章(7-31)を参照されたい。

基本器具番号	名称	基本器具番号	名称
27	不足電圧リレー	67G	地絡方向リレー
43	切替スイッチ	87	差動リレー
44S	短絡距離リレー	87B	母線保護用差動リレー
44G	地絡距離リレー	87G	地絡保護用差動リレー
50S	短絡回線選択リレー	87T	変圧器保護用差動リレー
50G	地絡回線選択リレー		
51	過電流リレー		
51G	地絡過電流リレー		
52	交流遮断器		
56Z	インピーダンスローカス形 脱調リレー		
56V	電圧位相比較形 脱調リレー		

制御器具番号に関する参考文献

文献名称	出版元
制御器具番号 JEM 1090	日本電機工業会
交流変電所用制御器具番号 JEM1093	日本電機工業会