

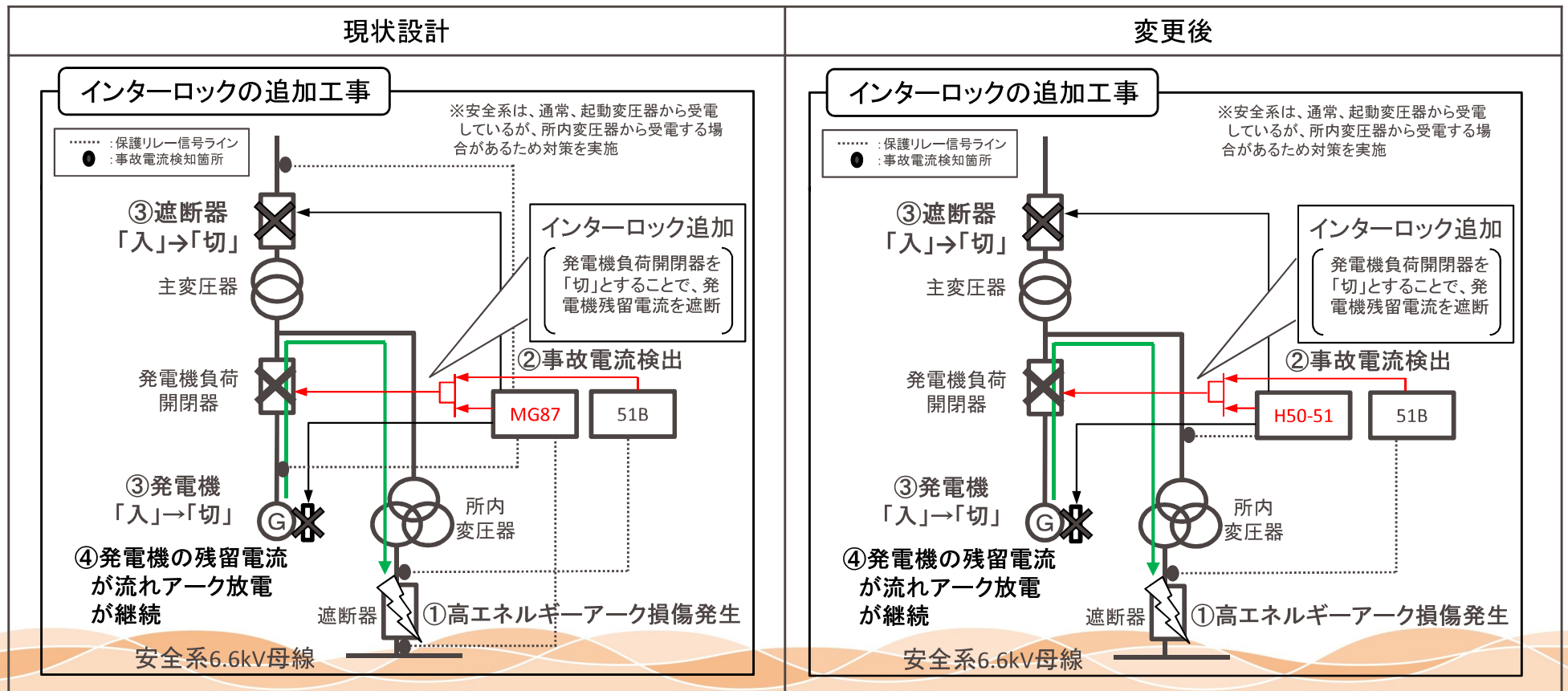


美浜3号機、高浜1, 2号機
高エネルギーアーク損傷対策に係る工認申請の
設計変更について

2019年11月12日
関西電力株式会社

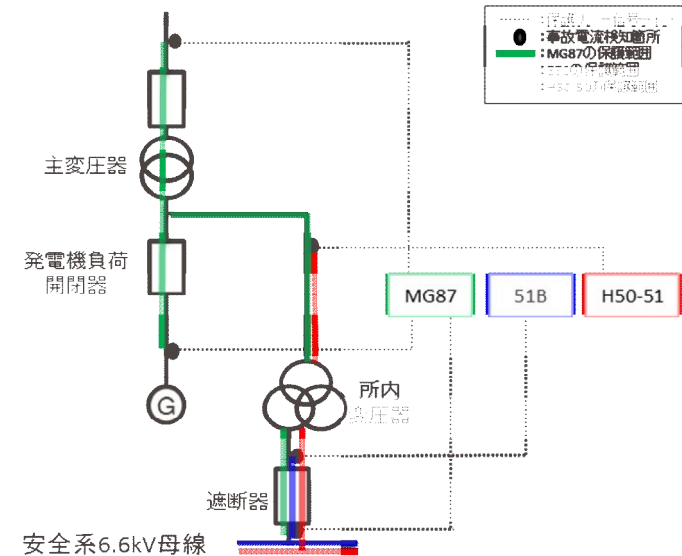
1. 概要

- ✓ 2018年10月19日に工事計画認可申請し、2019年4月26日に認可いただいた「美浜3号機、高浜1号機、高浜2号機 高エネルギーアーク損傷対策に係る工事計画」において、所変受電時の所変受電遮断器へのHEAF対策に関して「2. 設計変更理由」により、保護リレーの動作確実性を考慮し、以下の図に示すとおり、保護ロジックの設計変更を実施する。
- ✓ 保護ロジックの設計変更とは、所変受電遮断器でのHEAF想定において、MG87保護リレーと51B保護リレーのアンドロジックにて、発電機負荷開閉器（美浜3号機の場合：G30）を開放する設計としていたものを、H50-51保護リレーと51B保護リレーのアンドロジックに変更するものである。（大飯3,4号機同様設計）※詳細な回路系統図は「7. 参考」参照。



2. 設計変更理由

- ✓ 高浜1, 2号機及び美浜3号機で建設時より採用されているMG87保護リレーは、主変を含む発電機主回路から所変回路までが保護範囲（図の緑範囲）であり、可能な限り広い範囲を保護するという設計思想より採用されたものである。また、所変回路の保護にはもともとH50-51保護リレー（図の赤範囲）も設置されている。
- ✓ 美浜3号機及び高浜1, 2号機のHEAF対策としては、51B保護リレー（図の青範囲）との保護協調を考慮する必要がないこと、動作時間がH50-51保護リレーよりも動作時間が早いことから、MG87保護リレーと51B保護リレーとのアンドロジック設計で進め工認申請した。
- ✓ しかしながら、工事計画認可後にプラントメーカーにて詳細設計を進めたところ、51B保護リレーとのアンドロジックは、MG87保護リレーよりもH50-51保護リレーを採用する方が、以下の観点より現設計より信頼性あるHEAF対策となることが判明した。
 - ① MG87は主に所変1次側(主変～発電機主回路)の電気事故を検出するための保護リレーである。保護範囲としてHEAF事故点として想定する所変2次側も含まれるが、所変2次側へ供給される電流は1次側と比べ非常に小さく、相対的に所変2次側事故時の検出感度は下がる方向となる。
 - ② プラント建設時の設計思想では所変回路の保護はH50-51保護リレーを期待しており設計思想を踏まえたHEAF対策となる。



MG87保護リレー：広範囲保護（発電機～主変圧器～所内変圧器）、H50-51保護リレー：狭範囲保護（所内変圧器1次側から2次側）

- ✓ なお、これらの設計変更は、これまで工認申請でご説明した基本設計方針等を変更するものではなく、また、設計変更後の遮断時間から算出されるアークエネルギーについては、誤差を考慮しても閾値内に収まることは確認済である。

4. 工認計画認可申請書への影響

- ✓ 保護ロジックの設計変更に伴い工事計画認可申請書への影響については、添付資料内（非常用発電装置の出力の決定に関する説明書）の数値変更のみであり、本文記載には影響がないものである。

工事計画認可申請書	申請書への影響有無
本文	影響なし
添付資料	影響あり
補足説明資料【参考】	影響あり

- ✓ 変更箇所の一例（美浜3号機のメタクラC系の例）として以下に示す。

（詳細については、添付資料1参照。また、設計変更反映資料を添付資料2に示す。）

アーク放電発生箇所		アーク放電を遮断するために開放する遮断器	変更前		変更後		しきい値
機器名称	遮断器名称		遮断時間 (s)	アークエネルギー (MJ)	遮断時間 (s)	アークエネルギー (MJ)	
メタクラッド開閉装置	4-3C (M/C受電遮断器(HTr側))	130(主変遮断器)	0.110	3.38	0.650	19.95	25MJ
		G30(発電機負荷開閉器)	0.750	23.02	0.694	21.30	



設計変更前後のロジック図比較

5. 適合性確認検査のスケジュール

工認	工程			
	2018年	2019年		現在
美浜3号機 主要工程		美浜3号機 25回定検		8/E (並列) ▽
美浜3号機 HEAF対策工事	工認申請 10/19 ▽	工認補正 2/15 ▽	工認認可 4/26 ▽	11/B ▽ 工事着手 11/E ★ 適合性確認検査※ (C安全系母線、主変 圧器、起動変圧器) 4/M ▽ 工事完了 2/M ★ 適合性確認検査 (D安全系母線) 4/E ★ 適合性確認検査 (予備変圧器)

✓ 本設計変更にかかわる至近の検査については、美浜3号機11月28日に適合性確認検査である。
(高浜1, 2号機については、美浜3号機以降であり、時期は未定。)

6. 設計変更理由補足説明 (1 / 3)

- ✓ 現場工事を実施するにあたり2019年4月26日に認可後に詳細解析を実施した結果、保護を期待する保護リレー (MG87) の設計変更 (MG87 (差電流動作) →H50-51 (過電流動作) : 大飯34号機同様設計) を実施することにより、動作信頼性をより確実なものとする必要があることから保護ロジックについて設計変更するものである。
- ✓ 美浜3号機及び高浜1, 2号機の当初設計としては、保護リレー (51B) との保護協調を考慮する必要がないこと、動作時間がH50-51よりも早い (MG87動作時間: 0.060s) ことを考慮し、MG87を採用し設計を進めていた。
- ✓ しかし、詳細解析を実施したところ、図1~3に示す通り所変2次側事故(所変受電遮断器HEAF)の場合、MG87の動作判定条件となる差電流が小さくなり、不動作域に移る可能性があることが判明した。
 - ・通常は、図1に示す電流の流れとなり差電流Iは0となりMG87は動作しない。
 - ・MG87の主な保護範囲となる所変1次側事故では、図2の通り事故点に対して発電機側及び系統(主変)側から事故電流が供給され、所変2次側の入力ほぼ0のため差電流Iは190kAとなりMG87は動作する。

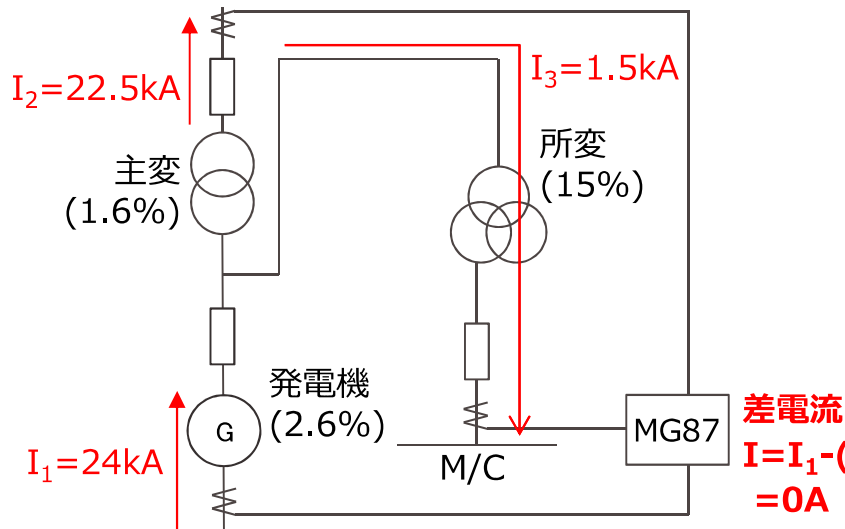


図1 MG87保護回路イメージ
(通常運転時)

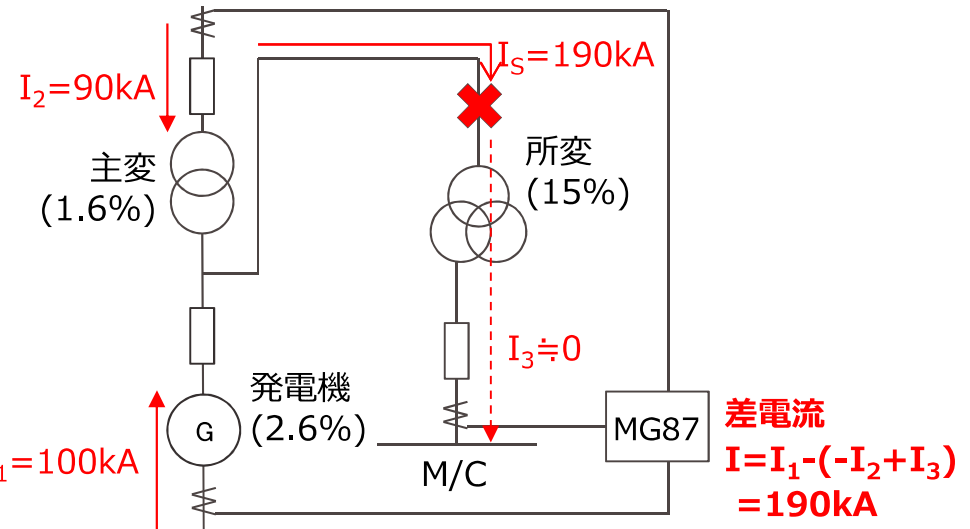
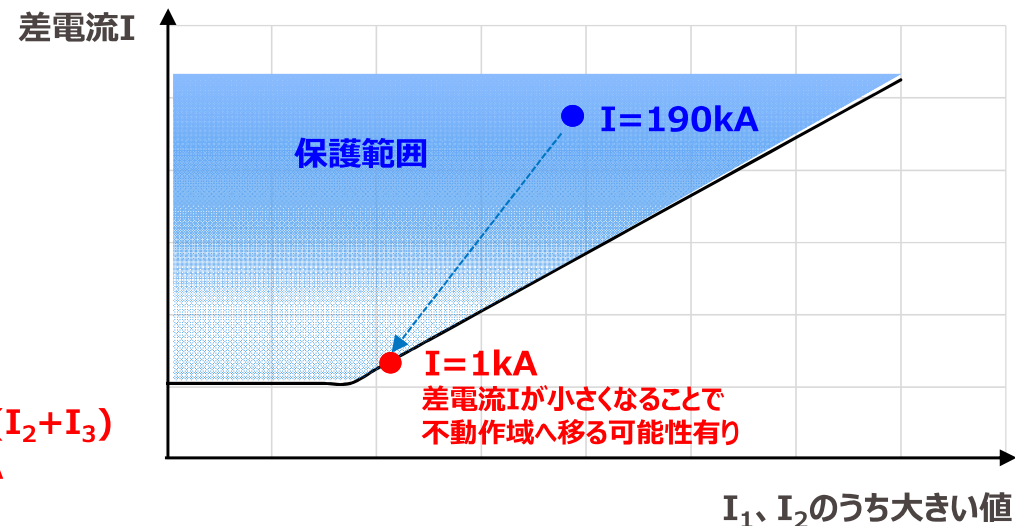
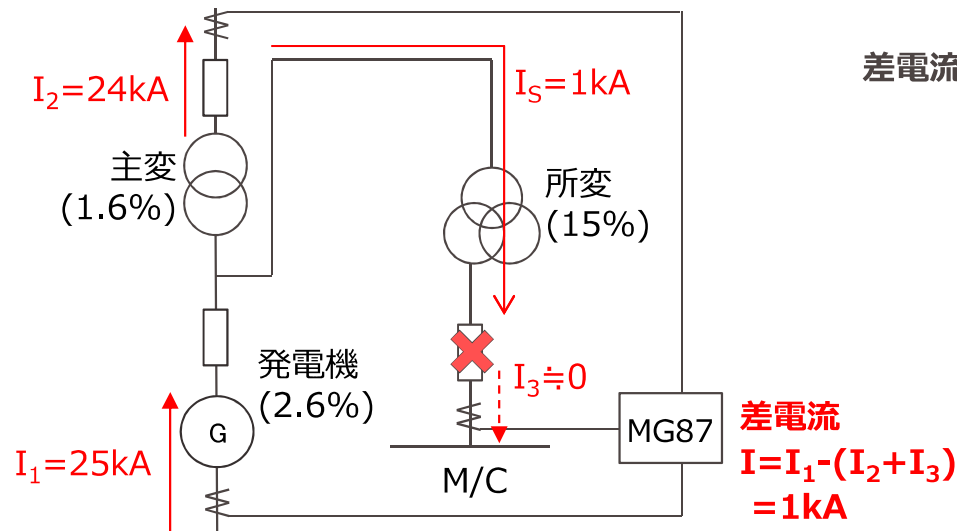


図2 MG87保護回路イメージ
(所変1次側事故時)

※ : ()内の数値は100MVAベースの%インピーダンスを示す

6. 設計変更理由補足説明 (2/3)

- ✓ 一方で、HEAF事故として想定している所変 2 次側事故では、所変のインピーダンス(抵抗)が発電機や主変と比べ大きいいため、図 3 の通り系統(主変)側からの電流供給がほとんどなく、MG87が検出する差電流Iは非常に小さいものとなる。
- ✓ 差電流 I が非常に小さくなることで、図 4 の通りMG87の不動作域に入る可能性がある。従い、動作信頼性としてより確実に H E A F 保護が可能となるH50-51保護リレーを採用する。
⇒H50-51は、MG87とは異なり、回路抵抗より一定値で求まる短絡電流を検出して動作するため、系統やプラントの状態によらず確実に動作し、HEAF保護すること可能となる。



※ : ()内の数値は100MVAベースの%インピーダンスを示す

6. 設計変更理由補足説明 (3/3)

- ✓ なお、設計変更後の主変遮断器（美浜の場合：130）の開放時間から算出されるアークエネルギーについては、誤差等を考慮したとしてもアークエネルギー閾値（25MJ）内に収まることは確認済である。
- ✓ さらに図5の通りH50-51保護リレーを採用した場合においても保護協調に設計余裕をとっており、図6の短絡事故においてH50-51が51Bよりも先に動作（協調逆転）することは無いことも確認済である。

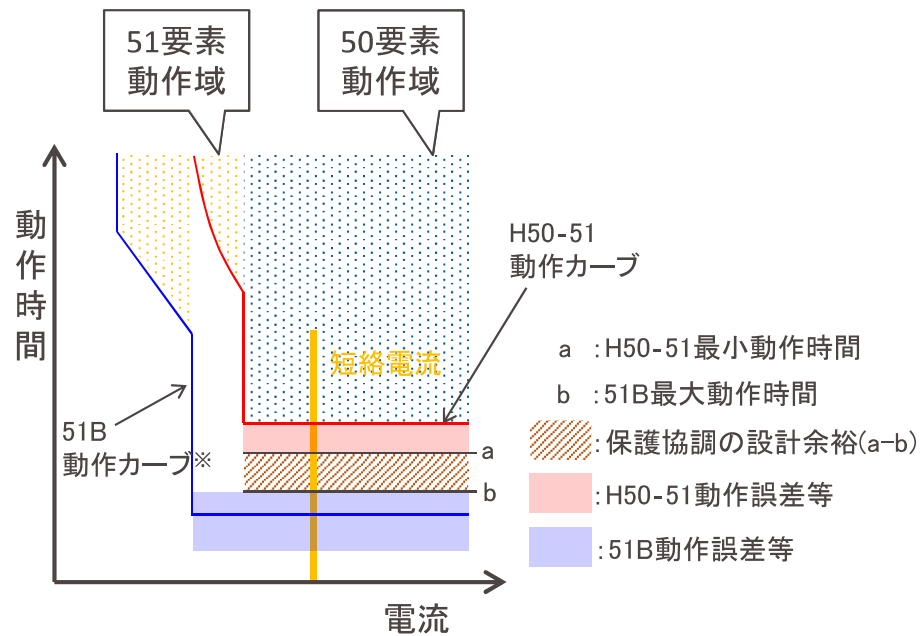


図5 保護協調カーブ

※51B保護リレーもH50-51保護リレーと同様に50要素は含まれているため、H50-51保護リレーと同様の50要素動作域を持っている。(51B動作カーブの横線より上側)

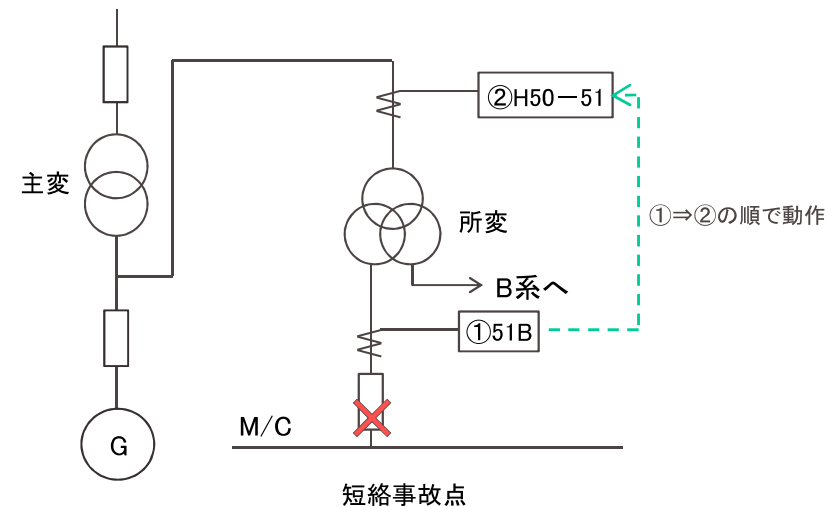
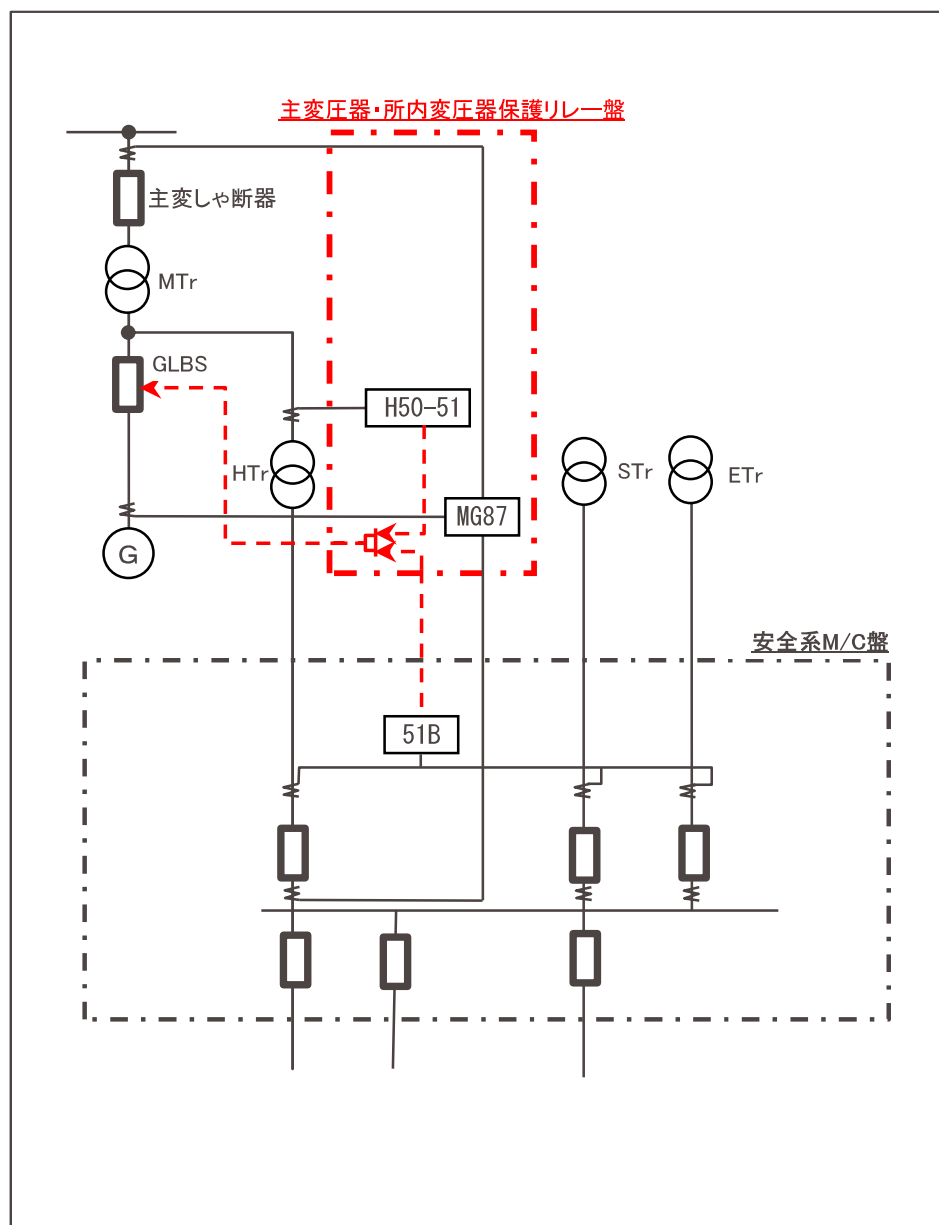


図6 保護協調イメージ



設計変更後の回路系統図

設計変更前後整理表

	変更前	変更後
保護リレー名称	MG87	H50-51
動作方式 (要素)	比率差動方式 (87)	過電流 瞬時動作方式 (50) ※1 過電流 限時動作方式 (51)
既設保護リレー 設置位置 (盤の設置場所) ※2	主変圧器・所内変圧 器保護リレー盤内 (3号機送電系 リレー室)	主変圧器・所内変圧 器保護リレー盤内 (3号機送電系 リレー室)
新設有無	なし	なし

※1: H E A F時は50要素で動作する

※2: 美浜3号機の一例として記載

＜頭文字の補足説明＞

- ・ B51のBは「Bus」の頭文字
- ・ H50-51のHは「House Transformer」の頭文字
- ・ MG87のMGは「Main Transformer」と「Generator」の頭文字