

50Hz と 60Hz の両用電源に対応したき電用保護継電器の開発

○ [電] 久水泰司 [電] 兎束哲夫 [電] 森本大観 (鉄道総合技術研究所)

[電] 八木英行 金子利美 [電] 出口實 (鉄道・運輸機構)

Feeding protection relay applicable to 50Hz / 60Hz dual frequencies

○Yasuji Hisamizu, Tetsuo Uzuka, Hiroaki Morimoto, (Railway Technical Research Institute)

Hideyuki Yagi, Toshimi Kaneko, Hiroshi Ideguchi
(Japan Railway Construction, Transport and Technology Agency)

The extended section of Hokuriku Shinkansen(from Nagano to Kanazawa) will pass through both 50Hz area and 60Hz area. One of the traction substations alone will receive 50Hz electric power from the grid; the others 60Hz. Thus in case of accidents at the 50Hz substation, feeding circuit will have to be fed by 60Hz electric power from adjacent substation to rescue trains. So protection relays for the 50Hz-planned substation and related sectioning posts must work well on both 50Hz and 60Hz. We have developed two types of such relays and tested the basic functions the field.

キーワード：保護継電器，異周波

Key Words：protection relay, Dual frequency

1. はじめに

現在建設が進む北陸新幹線の一部区間(長野・金沢間)では、50Hz 用で電する変電所が停止したときの予備電源は 60Hz の電源を延長してき電される。このため、通常時は 50Hz であるが、異常時の救済き電時は 60Hz で動作する保護継電器が必要となる。これを踏まえ、50Hz と 60Hz の両用に対応したき電用保護継電器を開発したので報告する。

2. 北陸新幹線の 50Hz と 60Hz

2.1 50Hz と 60Hz の異周波箇所

北陸新幹線の長野から金沢間では、長野県が 60Hz、新潟県が 50Hz の電源を用いる。図 1 に示すように、両方のき電区分所(SP)で 50Hz と 60Hz が突き合わせとなる。

2.2 50Hz 変電設備を 60Hz で使用する場合の検討

50Hz の電源の変電所(SS)が自然災害等により停止した場合における救済き電では、隣接する SS から通常時と異なる 60Hz の電源を受けることになる。これによるき電設備の検討項目を下記に示す。

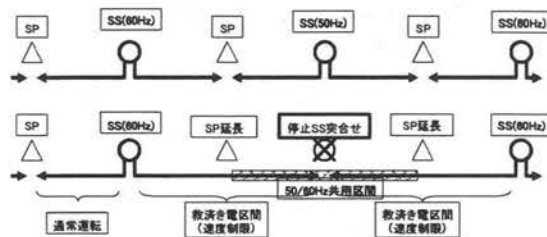


図1 北陸新幹線 50Hz と 60Hz 区間の救済き電

(1) 変圧器，計器用変成器

変圧器を 50Hz 仕様で製作すれば、若干の特性変化を許容した上で 60Hz の使用ができる。

(2) しゃ断器，断路器

しゃ断器，断路器は両方の周波数で問題なく使用ができる。

(3) き電用保護継電器

従来のき電用保護継電器は入力電圧・電流の周波数が定格周波数と異なる場合は不動作となるため(後述)使用できない。

(4) 高調波共振抑制装置

50Hz 用高調波共振抑制装置は 60Hz 使用時に基本波電流が増加し、熱容量的に過負荷になるので切り離しを考える。

(5) 補機類

エアコン等は 50Hz と 60Hz の両用のインバータを使用し、ファン等も両用品を使用する。

以上の検討結果に基づきき電用保護継電器で問題が残ることから、50Hz と 60Hz の両方に対応したき電用保護継電器を開発した。

3. 50Hz と 60Hz 両用電源に対応したき電用保護継電器の開発

主なき電用保護装置には距離継電器(44F)、交流故障選択装置(50F)、ベクトル形故障選択装置(50FV)がある。これらのき電用保護継電器は設定した周波数と異なるき電電圧・電流が入力された場合、き電電流に見かけ上の第 2 高調波が整定値以上に検出され出力抑止となり、き電用保護継電器としては不動作となる。このため、50Hz と 60Hz に対応したき電用保護継電器としては、連絡遮断装置等により系統構成情報を伝送し周波数切替情報(50Hz=off, 60Hz=on)を与えるとともに入力周波数をき電用保護継電器の内部で監視して切り替える必要がある。

3.1 サンプル周波数切替方式 (A 方式)

保護継電器の内部で A/D 変換のサンプル周波数を切り替える。この方式は、ハードウェア・ソフトウェアとも新規開発が必要であるが、完成後のハードウェアを小さくすることができる。全体構成を図 2 に示す。なお、周波数切替指令入力は配電盤等による外部からの入力である。

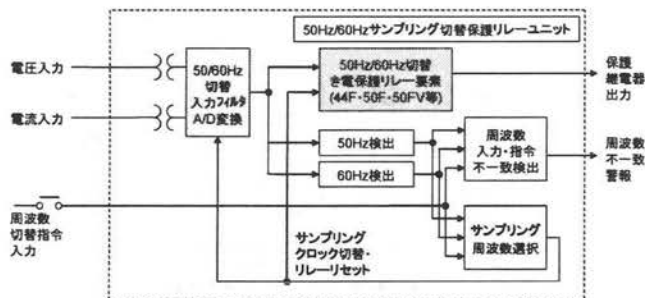


図 2 サンプル周波数切替方式 (A 方式) き電用保護継電器の全体構成

サンプル周波数の切替は以下の条件で行う。

- (1) 周波数検出部の「50Hz 検出」と「60Hz 検出」がいずれも検出していないで、「周波数切替指令」の入力が無い場合は保護対象周波数を 50Hz とする。
- (2) 周波数検出部の「50Hz 検出」が 50Hz を検出しているれば、保護対象周波数を 50Hz とする。
- (3) 周波数検出部の「60Hz 検出」が 60Hz を検出している場合、または「50Hz 検出」を検出していないで「周波数切替指令」の入力が有る場合は保護対象周波数を 60Hz とする。

(4) 周波数検出部の「60Hz 検出」が 60Hz を検出しているで、「周波数切替指令」の入力が無い場合は保護対象周波数を 60Hz とする。

(5) き電停止時は、き電停止前の状態を 1 秒間保持する。

(6) 周波数検出の「50Hz 検出」と「60Hz 検出」がいずれも未検出となった場合は、「周波数切替指令」の入力が有りで 60Hz、無しで 50Hz とする。

3.2 50Hz/60Hz 並列監視方式 (B 方式)

既成の 50Hz 専用・60Hz 専用のき電用保護継電器の基本設計を継承したもので、入力周波数に応じて不用な出力を抑止する機能を追加し、き電周波数と一致するき電保護継電器のみ機能させる。この方式は、ハードウェアが大きくなるが、実績のある既製品を若干のソフトウェア追加のみで用いることができる。全体構成を図 3 に示す。

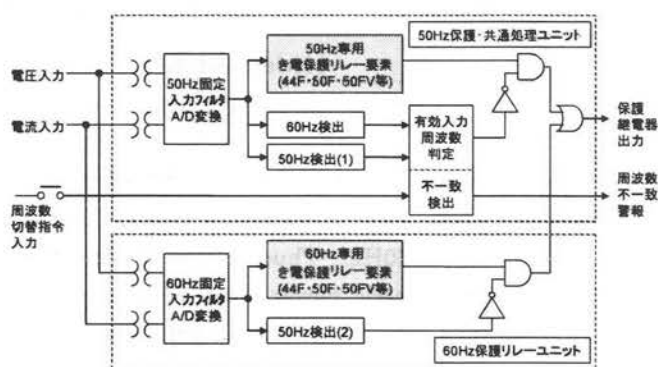


図 3 50Hz/60Hz 並列監視方式 (B 方式) き電用保護継電器の全体構成

保護対象周波数の切替は、追加したソフトウェアにより以下の条件で行う。

- (1) 60Hz 保護リレーユニット内で 50Hz を検出した場合は、60Hz のき電用保護継電器出力をロックする。
- (2) 50Hz 保護・共通処理ユニット内で 60Hz を検出した場合は、50Hz のき電用保護継電器出力をロックする。
- (3) 60Hz 保護リレーユニット内で 50Hz を検出せず、かつ、「周波数切替指令」の入力が有りの場合には 50Hz のき電用保護継電器出力をロックする。ただし、この時に内部周波数検出要素が 60Hz を検出しない状態が 10 秒継続した場合には 50Hz のき電用保護継電器出力のロックを解除する。

なお、いずれの方式でも周波数切替指令入力は 2 系統用意し、入力相互およびき電用保護継電器自身の検出周波数と検定して不一致がある場合は警報を出力する。

4. フィールド試験結果

A 方式および B 方式で試作器によりフィールド試験を行った。き電用保護継電器が周波数切替動作を行うことを確認する。フィールド試験を実施するにあたって、常時 50Hz 電源と 60Hz 電源が突き合わせになっている北陸新幹線新軽井沢 SP で実施した。

4.1 き電電圧電流を用いたフィールド試験結果

配電盤の CT・VT 二次側出力を試作したき電用保護継電器に接続し、50Hz および 60Hz の実加圧で試験を行った。整定値は既設継電器と同条件とし、周波数切替信号は電源周波数一致条件と不一致条件設定については手動により行った。

フィールド試験結果では A 方式、B 方式とも、切替信号と実周波数検出の不一致時も、実電源周波数に合わせた所定の動作となった。また、電源投入時の AT 励磁突入電流による不要動作はなかった。

図 4 は 60Hz 切替指令を与えたままで 50Hz 電源を印加した際のタイムチャートである。両器共に 60Hz 対応動作から、リレーロック等のシーケンスを経て、50Hz 対応動作に切り替わっている。き電開始時に AT の励磁突入電流が流れているが、不要動作していないことが確認できる。

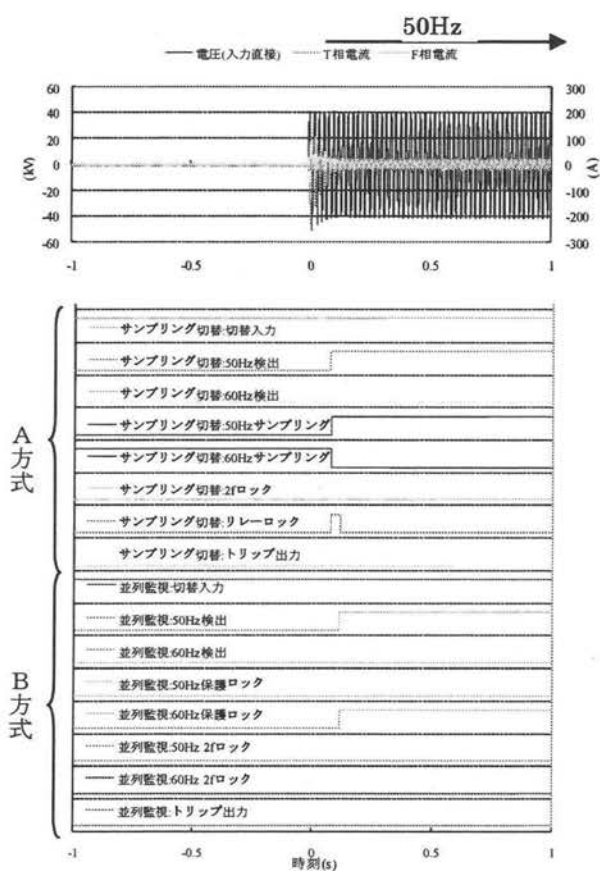


図 4 入力 50Hz・切替信号 60Hz 時

4.2 所内制御電源を用いたフィールド試験結果

新軽井沢 SP 所内制御電源(100V)が毎夜切り替わることを利用して、所内制御電源をき電電源と見立てて、無人で 2 ヶ月間にわたって試作品のき電用保護継電器の動作を監視した。長期試験中のき電用保護継電器の電流入力が無いため、周波数切替機能のみの確認となった。

長期試験では、前記の連絡遮断装置等から得られる周波数切替情報 (50Hz = off, 60Hz = on) を模擬するため、図 5 に示す周波数検知装置を仮設した。周波数検知装置の動

作は電源停電から復電する際に周波数の変化が無い場合には 0.1 秒以内に電源電圧をそのまま出力する。復電時に電源周波数が変化した場合は、2 秒間の遅れをもって周波数切替信号を出力し、さらに 0.5 秒後に(電源周波数変化後の)電源電圧を出力する。これにより新軽井沢 SP での所内電源切替時に、き電用保護継電器から見ると周波数切替指令が入力された 0.5 秒後に入力電圧が印加されたように見えることになり、北陸新幹線延伸区間で想定される通常の延長き電手順における周波数切替指令の挙動を模擬できる。

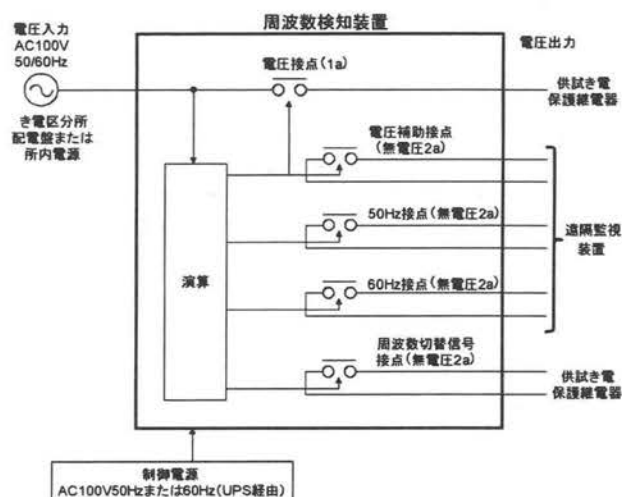


図 5 周波数検知装置 (外部装置)

毎晩繰り返されたき電停止・電源切替・き電開始条件において、き電用保護継電器は不要動作もなく、50 回の周波数切替動作を正常に行った。

表 1 長期試験結果

試番	時刻	条件		結果	備考、図番
		入力周波数	切替信号		
1	各夜 23:50	50→60	50→60	不要動作無切替正常	通常運用模擬合計 50 回 (図 6)
2	各夜 0:10	60→60	60→60	同上	同上
3	各夜 5:20	60→50	60→50	同上	同上 (図 7)
4	日中	50→60	50→60	同上	線路故障によるき電停止
5	日中 (4 の続き)	60→50	60→50	同上	き電停止から 5 分後にき電再投入
6	午前	50→60→50	50→60→50	同上	線路故障によるき電停止と自動再閉路

また、期間中に行われた深夜の保守作業時の切替動作も正常であった。さらに、期間中数回にわたり所内電源切替が発生したが、この際のき電用保護継電器の動作も正常であった。

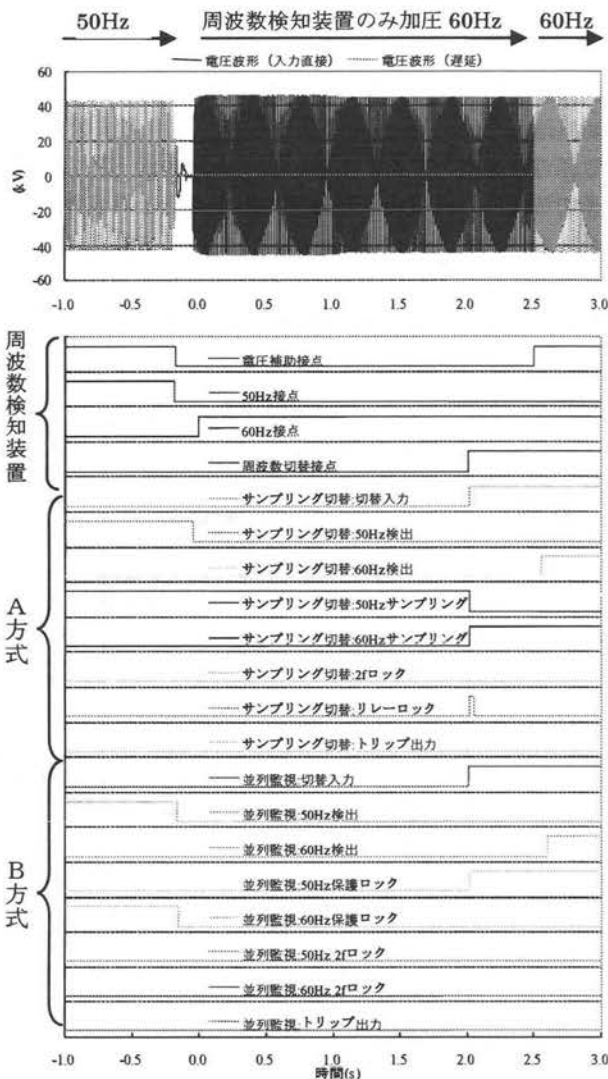


図 6 試番 1 50Hz→60Hz 切替結果

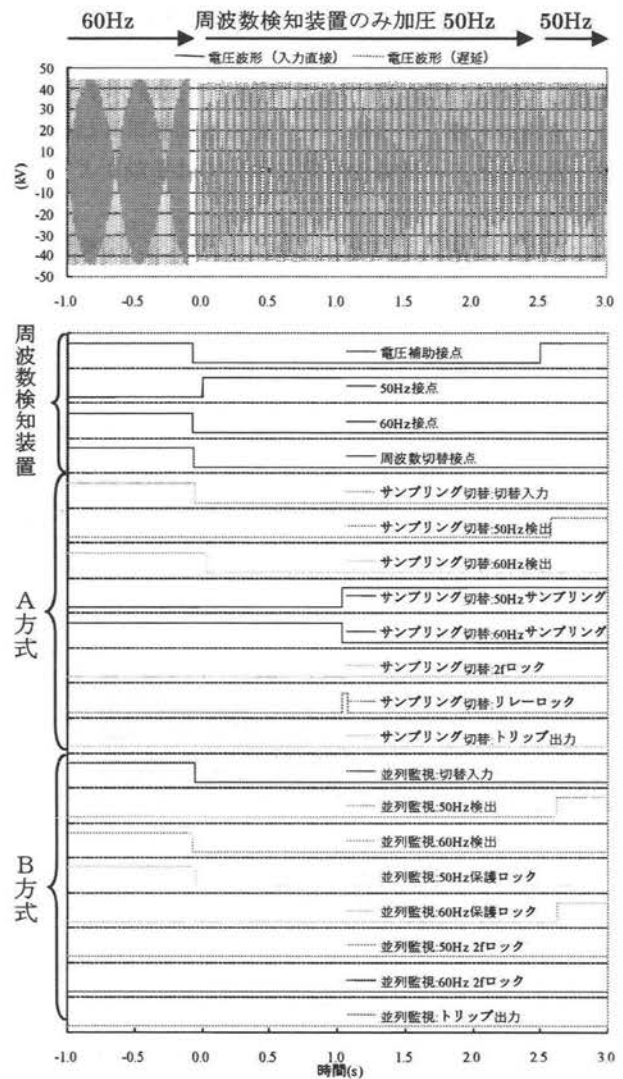


図 7 番 3 60Hz→50Hz 切替結果

代表的な試験結果を表 1, 図 6 および図 7 に示す. 図 6 (試番 1) では周波数検知装置の働きにより, 60Hz 所内制御電源の立ち上がりの 2.5 秒後にき電用保護継電器へ周波数切替指令が入力されて各き電用保護継電器は 60Hz への周波数切替を行い, そのさらに 0.5 秒後に電圧が印加されている. 図 7 (試番 3) では停電発生直後に周波数切替指令がなくなり, 各き電用保護継電器が 50Hz への周波数切替を行っている. これにより, 両方式き電用保護継電器が仕様どおりの動作が行っていることを確認した.

表 1 内の試番 4 および試番 5 は日中の線路故障に伴うき電停止時の動作である. 新軽井沢 SP 所内制御電源は, 50Hz き電停止に伴って 60Hz となり, き電再投入によって 60Hz から 50Hz に復帰した. き電用保護継電器からは, 夜間のき電停止と同じ電源切替手順に見えるため, 順調に周波数切り替え動作が行われた.

試番 6 は日中に, 50Hz 側き電回路で故障に伴う保護動作と, 0.5 秒後のき電回路再開路が行われた例である. き電トリップによる所内瞬停後, 所内電源は 60Hz となったが, 約 0.5 秒後に通常のき電再開路によって再び 50Hz 電

源に切り替わった. このとき周波数検知装置の仕様によりき電用保護継電器への電圧印加が 2.5 秒間断たれた状態であり, 60Hz 外部切替信号も off のままであった. したがってき電用保護継電器から見ると, 50Hz 電源停止の 2.5 秒後に再度 50Hz 電源が供給された形となり, 当初策定した仕様どおり, A,B 両方式のき電用保護継電器とも保護対象周波数の切替は行われなかった.

5. まとめ

試作したサンプリング周波数切替方式 (A 方式) のき電用保護継電器および 50Hz/60Hz 並列監視方式 (B 方式) のき電用保護継電器は, それぞれ所定の周波数切替機能と保護機能を発揮しており, 不要動作も無かった. これにより, 実用化の見通しを得ることができた.

末筆ながら, フィールド試験に多大なご協力を頂いた東日本旅客鉄道(株)にこの場を借りて深く感謝いたします.