

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第3809956号
(P3809956)

(45) 発行日 平成18年8月16日(2006.8.16)

(24) 登録日 平成18年6月2日(2006.6.2)

(51) Int. Cl. F I
 HO2H 3/05 (2006.01) HO2H 3/05 D
 HO2H 3/40 (2006.01) HO2H 3/40 D

請求項の数 11 (全 15 頁)

(21) 出願番号	特願2003-402997 (P2003-402997)	(73) 特許権者	503331241
(22) 出願日	平成15年12月2日(2003.12.2)		スングキュンクワン ユニバーシティ
(65) 公開番号	特開2005-33982 (P2005-33982A)		大韓民国、ソウル 110-745、ジョ
(43) 公開日	平成17年2月3日(2005.2.3)		ングローグ、ミュングリュンドング 3ガ
審査請求日	平成15年12月2日(2003.12.2)		、53
(31) 優先権主張番号	2003-047071	(74) 代理人	100071054
(32) 優先日	平成15年7月11日(2003.7.11)		弁理士 木村 高久
(33) 優先権主張国	韓国 (KR)	(72) 発明者	チュルーフワン キム
			大韓民国、ギイエオンツギードー、セオン
			グナムーシ、ブンダングーグ、112 ジ
			ェオングジャードング、ハンソル マエウ
			ル、506-1024
		(72) 発明者	ジェオングーヨング ヘオ
			大韓民国、ソウル、グローグ、ガリボング
			1ードング、136-18
			最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 伝送線路で高調波と状態遷移図を用いた故障検出方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

電力伝送線路で電力系統の電圧と電流を用いて皮相インピーダンスの軌跡がゾーン (zone) に進入したか否かによる進入確認信号 (S) が発生し、前記伝送線路の高調波成分の大きさの和を求め、予め設定された臨界値を超えたか否かによる臨界確認信号 (T) が発生する進入確認信号及び臨界確認信号の発生ステップと；

前記進入確認信号 (S) と臨界確認信号 (T) を状態遷移図に適用させて進入確認信号 (S) と臨界確認信号 (T) の変化によって状態遷移が発生する進入確認信号及び臨界確認信号の状態遷移ステップ；及び

前記状態遷移図から進入確認信号 (S) と臨界確認信号 (T) による状態遷移過程を読み取って電力系統の状態を推定し、故障、非故障または故障でない負荷の増大により皮相インピーダンスの軌跡がゾーンに入る現象の負荷侵入等を区分する判定ステップと；

を含んでなることを特徴とする伝送線路で高調波と状態遷移図を用いた故障検出方法。

【請求項2】

前記臨界確認信号は、次の数式で求められる高調波成分の大きさの和 (H_{sum}) によって発生し、

$$H_{sum} = \sum_{k=2}^{N/2} |X(k)|$$

10

ここで、高調波成分 ($X(n)$) は、次の数式で求められ、

$$X(n) = \sum_{k=0}^{N-1} x_k W_N^{nk}$$

$$= \sum_{k=0}^{N-1} x_k \cos\left(\frac{2\pi nk}{N}\right) - j \sum_{k=0}^{N-1} x_k \sin\left(\frac{2\pi nk}{N}\right)$$

この時、

$$W_N = e^{-j(2\pi/N)}$$

$$x_k = x[t - (N - 1) + k]$$

であることを特徴とする請求項 1 に記載の伝送線路で高調波と状態遷移図を用いた故障検出方法。

【請求項 3】

前記進入確認信号及び臨界確認信号の状態遷移段階は、

初期状態 (S 1) から前記進入確認信号 (S) と臨界確認信号 (T) の入力に対し負荷の増大によりゾーン 3 への進入が行われると負荷侵入状態 (S 5) に遷移し、高調波成分の大きさの和が予め設定された臨界値を超えると故障発生進行状態 (S 2) に遷移するステップと；

前記故障発生進行状態 (S 2) に遷移した後に前記進入確認信号 (S) と臨界確認信号 (T) によって入力される信号の変動事項がない場合には現状を維持し、負荷が減少してゾーン 3 の外に出るか高調波成分の大きさの和が予め設定された臨界値より小さくなると初期状態 (S 1) に遷移し、臨界値を超えた状態で負荷が増大してゾーン 3 への進入が行われると故障状態 (S 3) に遷移するステップと；

前記故障状態 (S 3) に遷移した後に時間遅延により遮断器がトリップする遮断器トリップ状態 (S 9) に遷移し、前記進入確認信号 (S) と臨界確認信号 (T) によって入力される信号の変動事項がない場合には現状を維持し、負荷が減少してゾーン 3 の外に進入すると初期状態 (S 1) に遷移し、負荷が増大された状態で高調波成分の大きさの和が予め設定された臨界値を超えると故障解消進行状態 (S 4) に遷移するステップ；及び

前記故障解消進行状態 (S 4) に遷移した後に前記進入確認信号 (S) と臨界確認信号 (T) によって入力される信号の変動事項がない場合には現状を維持し、負荷の増大によりゾーン 3 への進入を維持した状態で高調波成分の大きさの和が予め設定された臨界値より小さくなると前記故障状態 (S 3) に遷移するステップと；

を進めることを特徴とする請求項 1 に記載の伝送線路で高調波と状態遷移図を用いた故障検出方法。

【請求項 4】

前記負荷侵入状態に遷移した以降に、

前記進入確認信号 (S) と臨界確認信号 (T) によって入力される信号の変動事項がない場合には現状を維持し、負荷の減少によりゾーン 3 の外への進入が行われると初期状態 (S 1) に遷移し、負荷の増大によりゾーン 3 への進入が行われ高調波成分の大きさの和が予め設定された臨界値を超えると一次負荷遮断または故障状態 (S 6) に遷移するステップと；

前記一次負荷遮断または故障状態 (S 6) に遷移した後に前記進入確認信号 (S) と臨界確認信号 (T) によって入力される信号の変動事項がない場合には現状を維持し、負荷の減少によりゾーン 3 の外への進入が行われ高調波成分の大きさの和が予め設定された臨界値より小さくなると初期状態 (S 1) に遷移し、負荷の増大が維持されると負荷遮断進行状態 (S 7) と、二次負荷遮断または故障状態 (S 8) に選択的に遷移するステップ；及び

10

20

30

40

50

前記二次負荷遮断または故障状態（S8）に遷移した後に時間遅延によって前記故障状態（S3）に遷移し、前記進入確認信号（S）と臨界確認信号（T）によって入力される信号の変動事項がない場合には現状を維持し、負荷の減少によりゾーン3の外に進入した状態で高調波成分の大きさの和が予め設定された臨界値を超えると前記負荷遮断進行状態（S7）に遷移するステップと；

を更に進めることを特徴とする請求項3に記載の伝送線路で高調波と状態遷移図を用いた故障検出方法。

【請求項5】

前記負荷遮断進行状態に遷移した以降に、

前記進入確認信号（S）と臨界確認信号（T）によって入力される信号の変動事項がない場合には現状を維持し、負荷の減少によりゾーン3の外へ進入し高調波成分の大きさの和が予め設定された臨界値より小さくなる場合には初期状態（S1）に遷移し、負荷の増大がそのまま維持されると故障発生進行状態（S2）に遷移するステップを更に進めることを特徴とする請求項4に記載の伝送線路で高調波と状態遷移図を用いた故障検出方法。

10

【請求項6】

前記判定ステップは、

前記入力される進入確認信号（S）と臨界確認信号（T）によって状態遷移する過程が、初期状態（S1）-故障発生進行状態（S2）-故障状態（S3）-遮断器トリップ状態（S9）の順に遷移すると、距離継電器のゾーン3に進入して、故障が発生した状態で時間遅延により故障が解消できなくて遮断器がトリップしたと判定することを特徴とする請求項1乃至5のいずれかに記載の伝送線路で高調波と状態遷移図を用いた故障検出方法。

20

【請求項7】

前記判定ステップは、

前記入力される進入確認信号（S）と臨界確認信号（T）によって状態遷移する過程が、初期状態（S1）-故障発生進行状態（S2）-故障状態（S3）-故障解消進行状態（S4）-初期状態（S1）または初期状態（S1）-故障発生進行状態（S2）-故障状態（S3）-初期状態（S1）の順に遷移すると、距離継電器のゾーン3に進入して、故障が発生した状態で主保護により故障が解消したと判定することを特徴とする請求項1乃至5のいずれかに記載の伝送線路で高調波と状態遷移図を用いた故障検出方法。

30

【請求項8】

前記判定ステップは、

前記入力される進入確認信号（S）と臨界確認信号（T）によって状態遷移する過程が、初期状態（S1）-負荷侵入状態（S5）-初期状態（S1）の順に遷移すると、距離継電器のゾーン3に進入して、負荷が増大した状態でゾーン3から離れて負荷が減少したと判定することを特徴とする請求項1乃至5のいずれかに記載の伝送線路で高調波と状態遷移図を用いた故障検出方法。

【請求項9】

前記判定ステップは、

前記入力される進入確認信号（S）と臨界確認信号（T）によって状態遷移する過程が、初期状態（S1）-負荷侵入状態（S5）-一次負荷遮断または故障状態（S6）-二次負荷遮断または故障状態（S8）-初期状態（S1）の順に遷移すると、距離継電器のゾーン3に進入して、負荷が増大した状態で故障が発生した後に負荷が遮断されたことと判定することを特徴とする請求項1乃至5のいずれかに記載の伝送線路で高調波と状態遷移図を用いた故障検出方法。

40

【請求項10】

前記判定ステップは、

前記入力される進入確認信号（S）と臨界確認信号（T）によって状態遷移する過程が、初期状態（S1）-負荷侵入状態（S5）-一次負荷遮断または故障状態（S6）-二次負荷遮断または故障状態（S8）-故障状態（S3）-遮断器トリップ状態（S9）の

50

順に遷移すると、距離継電器のゾーン3に進入して、負荷が増大した状態で故障が発生した後に時間遅延により故障が解消できなくて遮断器がトリップしたと判定することを特徴とする請求項1乃至5のいずれかに記載の伝送線路で高調波と状態遷移図を用いた故障検出方法。

【請求項11】

前記判定ステップは、

前記入力される進入確認信号(S)と臨界確認信号(T)によって状態遷移する過程が、初期状態(S1) - 故障発生進行状態(S2) - 初期状態(S1)の順に遷移すると、故障が発生する途中に負荷が遮断されたことと判定することを特徴とする請求項1乃至5のいずれかに記載の伝送線路で高調波と状態遷移図を用いた故障検出方法。

10

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、伝送線路で高調波と状態遷移図を用いた故障検出方法に関し、特に、電力系統の高調波と状態遷移図を用いて故障を精度よく検出するために、正常状態特性の皮相インピーダンスと過度状態特性の高調波を状態遷移図の入力として用い、系統の状態を推定して電圧不安定、過負荷等の状態でも線路の故障が検出可能な伝送線路で高調波と状態遷移図を用いた故障検出方法に関する。

【背景技術】

【0002】

距離継電器は、線路の電圧と電流を用いて求められた皮相インピーダンスを用いる。線路上において地絡、短絡等の故障が発生すると、距離継電器の皮相インピーダンスが小さい値に落ち、このように小さくなった皮相インピーダンスが一定のゾーンに入ると故障として判断する。図1を参照すると、故障の発生による皮相インピーダンスの軌跡を示す。故障後に収斂される皮相インピーダンスの位置は、距離継電器から故障地点までの距離によって異なる。従って、皮相インピーダンスの位置を用いて故障有無と故障距離を判断することができる。

20

【0003】

一方、前記距離継電器の誤動作について説明すると、伝送線路において電力系統の負荷が増大すると電圧は減少する反面電流は増加し、距離継電器で求められた皮相インピーダンスは減少する。負荷が継続して増大すると、皮相インピーダンスがゾーンに入ることがある。故障でない負荷の増大により皮相インピーダンスがゾーンに入るとを負荷侵入(load encroachment)といい、このような負荷侵入により距離継電器が誤動作するようになる。また、電圧不安定現象が発生して電圧が減少し電流が増加すると、皮相インピーダンスがゾーンに侵入することがある。

30

【0004】

かかる誤動作は、ゾーンの最も外側に位置する感知区間のゾーン3で発生する可能性が最も高い。

【0005】

従来では、伝送線路の故障を検出するために高周波帯域を有するトラップ(Trap)とチューナー(Tuner)を設計して線路の両端に配設した後、高周波成分から取り出した抑制信号と動作信号を用いて伝送線路の故障を検出し判別したが、高周波成分を取り出すためには、別のハードウェアを更に必要とし、高周波成分だけでは信頼性のある故障の検出が困難であった。

40

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

そこで、本発明は、前記のような従来技術の問題点を解決するためになされたものであって、その目的は、伝送線路で故障が発生した時、高調波と状態遷移図を用いて正常状態特性の皮相インピーダンスと過度状態特性の高調波成分の大きさの和を用いて二つの口

50

ジック信号を出力し、前記二つのロジック信号を状態遷移図の入力として用いると、系統の状態によって状態遷移図の状態遷移が発生することにより系統の状態を推定することができ、負荷の増大または電圧不安定等のような状態で距離継電器の誤動作を防ぐことができる伝送線路で高調波と状態遷移図を用いた故障検出方法を提供することである。

【課題を解決するための手段】

【0007】

前記本発明の目的を達成するための伝送線路で高調波と状態遷移図を用いた故障検出方法は、電力伝送線路で電力系統の電圧と電流を用いて皮相インピーダンスの軌跡がゾーン（zone）に進入したか否かによる進入確認信号が発生し、前記伝送線路の高調波成分の大きさの和を求め、予め設定された臨界値を超えたか否かによる臨界確認信号が発生する進入確認信号及び臨界確認信号の発生ステップと、前記進入確認信号と臨界確認信号を状態遷移図に適用させて進入確認信号と臨界確認信号の変化によって状態遷移が発生する進入確認信号及び臨界確認信号の状態遷移ステップ、及び前記状態遷移図から進入確認信号と臨界確認信号による状態遷移過程を読み取って電力系統の状態を推定し、故障、非故障または故障でない負荷の増大により皮相インピーダンスの軌跡がゾーンに入る現象の負荷侵入等を区分する判定ステップと、を含んでなることを特徴とする。

【0008】

また、前記臨界確認信号は、次の数式で求められる高調波成分の大きさの和（ H_{sum} ）によって発生し、

$$H_{sum} = \sum_{k=2}^{N/2} |X(k)|$$

ここで、高調波成分（ $X(n)$ ）は、次の数式で求められ、

$$\begin{aligned} X(n) &= \sum_{k=0}^{N-1} x_k W_N^{nk} \\ &= \sum_{k=0}^{N-1} x_k \cos\left(\frac{2\pi nk}{N}\right) - j \sum_{k=0}^{N-1} x_k \sin\left(\frac{2\pi nk}{N}\right) \end{aligned}$$

この時、

$$W_N = e^{-j(2\pi/N)}$$

$$x_k = x[t - (N - 1) + k]$$

である。

【0009】

一方、前記進入確認信号及び臨界確認信号の状態遷移段階は、初期状態から前記進入確認信号と臨界確認信号の入力に対し負荷の増大によりゾーン3への進入が行われると負荷侵入状態に遷移し、高調波成分の大きさの和が予め設定された臨界値を超えると故障発生進行状態に遷移するステップと、前記故障発生進行状態に遷移した後に前記進入確認信号と臨界確認信号によって入力される信号の変動事項がない場合には現状を維持し、負荷が減少してゾーン3の外に出るか高調波成分の大きさの和が予め設定された臨界値より小さくなると初期状態に遷移し、臨界値を超えた状態で負荷が増大してゾーン3への進入が行われると故障状態に遷移するステップと、前記故障状態に遷移した後に時間遅延により遮断器がトリップする遮断器トリップ状態に遷移し、前記進入確認信号と臨界確認信号によって入力される信号の変動事項がない場合には現状を維持し、負荷が減少してゾーン3の外に進入すると初期状態に遷移し、負荷が増大された状態で高調波成分の大きさの和が予め設定された臨界値を超えると故障解消進行状態に遷移するステップ、及び前記故障解消

進行状態に遷移した後に前記進入確認信号と臨界確認信号によって入力される信号の変動事項がない場合には現状を維持し、負荷の増大によりゾーン3への進入を維持した状態で高調波成分の大きさの和が予め設定された臨界値より小さくなると前記故障状態に遷移するステップと、を進める。

【0010】

更に、前記負荷侵入状態に遷移した以降に、前記進入確認信号と臨界確認信号によって入力される信号の変動事項がない場合には現状を維持し、負荷の減少によりゾーン3の外への進入が行われると初期状態に遷移し、負荷の増大によりゾーン3への進入が行われ高調波成分の大きさの和が予め設定された臨界値を超えると一次負荷遮断または故障状態に遷移するステップと、前記一次負荷遮断または故障状態に遷移した後に前記進入確認信号と臨界確認信号によって入力される信号の変動事項がない場合には現状を維持し、負荷の減少によりゾーン3の外への進入が行われ高調波成分の大きさの和が予め設定された臨界値より小さくなると初期状態に遷移し、負荷の増大が維持されると負荷遮断進行状態と、二次負荷遮断または故障状態に選択的に遷移するステップ、及び前記二次負荷遮断または故障状態に遷移した後に時間遅延によって前記故障状態に遷移し、前記進入確認信号と臨界確認信号によって入力される信号の変動事項がない場合には現状を維持し、負荷の減少によりゾーン3の外に進入した状態で高調波成分の大きさの和が予め設定された臨界値を超えると前記負荷遮断進行状態に遷移するステップと、を更に進める。

10

【0011】

また、前記負荷遮断進行状態に遷移した以降に、前記進入確認信号と臨界確認信号によって入力される信号の変動事項がない場合には現状を維持し、負荷の減少によりゾーン3の外へ進入し高調波成分の大きさの和が予め設定された臨界値より小さくなる場合には初期状態に遷移し、負荷の増大がそのまま維持されると故障発生進行状態に遷移するステップを更に進める。

20

【0012】

前記判定ステップは、前記入力される進入確認信号と臨界確認信号によって状態遷移する過程が、初期状態 - 故障発生進行状態 - 故障状態 - 遮断器トリップ状態の順に遷移すると、距離継電器のゾーン3に進入して、故障が発生した状態で時間遅延により故障が解消できなくて遮断器がトリップしたものと判定する。

【0013】

また、前記入力される進入確認信号と臨界確認信号によって状態遷移する過程が、初期状態 - 故障発生進行状態 - 故障状態 - 故障解消進行状態 - 初期状態または初期状態 - 故障発生進行状態 - 故障状態 - 初期状態の順に遷移すると、距離継電器のゾーン3に進入して、故障が発生した状態で主保護により故障が解消したものと判定する

30

そして、前記入力される進入確認信号と臨界確認信号によって状態遷移する過程が、初期状態 - 負荷侵入状態 - 初期状態の順に遷移すると、距離継電器のゾーン3に進入して、負荷が増大した状態でゾーン3から離れて負荷が減少したものと判定する。

【0014】

また、前記入力される進入確認信号と臨界確認信号によって状態遷移する過程が、初期状態 - 負荷侵入状態 - 一次負荷遮断または故障状態 - 二次負荷遮断または故障状態 - 初期状態の順に遷移すると、距離継電器のゾーン3に進入して、負荷が増大した状態で故障が発生した後に負荷が遮断されたものと判定する。

40

【0015】

更に、前記入力される進入確認信号と臨界確認信号によって状態遷移する過程が、初期状態 - 負荷侵入状態 - 一次負荷遮断または故障状態 - 二次負荷遮断または故障状態 - 故障状態 - 遮断器トリップ状態の順に遷移すると、距離継電器のゾーン3に進入して、負荷が増大した状態で故障が発生した後に時間遅延により故障が解消できなくて遮断器がトリップしたものと判定する。

【0016】

そして、前記入力される進入確認信号と臨界確認信号によって状態遷移する過程が、初

50

期状態 - 故障発生進行状態 - 初期状態の順に遷移すると、故障が発生する途中に負荷が遮断されたことと判定する。

【発明の効果】

【0017】

前述したような本発明に係る伝送線路で高調波と状態遷移図を用いた故障検出方法では、高調波を用いた方法と既存の皮相インピーダンスを用いた方法とを結合して系統の状態を推定し故障を検出することにより、距離継電器の誤動作の可能性を減少し、この結果、より信頼性のある動作を行うことができるようになる。

【0018】

併せて、状態遷移図を用いて故障以外の現在の系統状態遷移図も推定することができる。特に、基本周波数の整数倍の高調波を用いることにより、ハードウェアの修正を不要としソフトウェアの簡単な変更だけで具現することができるという側面で優れた効果を奏する。

10

【発明を実施するための最良の形態】

【0019】

以下、添付した図面を参照して、本発明の好適な実施例について説明する。

【実施例】

【0020】

図1は、従来の技術に係る距離継電器のインピーダンス平面において皮相インピーダンスの軌跡を示す図であって、伝送線路上において故障が発生する前には皮相インピーダンスがゾーンの外に位置しているが、故障が発生すると、皮相インピーダンスがゾーンの内に進入するようになる。このようなゾーンへの進入を用いて故障を検出する。

20

【0021】

故障発生距離が近いほど皮相インピーダンスは原点に近接するようになる。この時、原点より皮相インピーダンスの収斂位置の間の距離は、故障発生距離に比例するため、原点を基準にしてゾーンを分けると、故障発生位置によって遮断器投入の遅延時間を調節することができる。

【0022】

現に一般に使用されている距離継電器は、ゾーン1、ゾーン2、ゾーン3の3段階に分け、それぞれ0秒、0.2秒、2秒の遅延時間を適用している。

30

【0023】

図2は、従来の技術に係る電力系統の状態による皮相インピーダンスの軌跡を示す図であって、図2における点線は、負荷の増減のような漸進的に変化する正常状態の変化を示す。そして、実線は、故障発生、故障解消、負荷遮断のような過度状態の変化を示し、皮相インピーダンスが急激に変化する。

【0024】

過度状態の変換中では大きな高調波成分が発生し、高調波を検出して過度状態であるか否かを判断する。

【0025】

図3は、本発明の全体的なブロック図であって、伝送線路の計器用変圧器(PT)と変流器(CT)を介して電圧と電流が入力される。

40

【0026】

“正常状態特性を用いた故障検出”ブロックでは、皮相インピーダンスとゾーンを用いて皮相インピーダンスのゾーンへの進入有無のロジック信号である進入確認信号(S)が出力される。即ち、皮相インピーダンスがゾーンに進入すると1の信号が出力され、そうでない場合は0の信号が出力される。

【0027】

一方、図面中の“過度状態特性を用いた故障検出”ブロックでは、次の数式1と2を用いて高調波成分の大きさの和を求める。

【0028】

50

【数 1】

$$X(n) = \sum_{k=0}^{N-1} x_k W_N^{nk} \quad (n = 0, 1, 2, \dots, N-1)$$

$$= \sum_{k=0}^{N-1} x_k \cos\left(\frac{2\pi nk}{N}\right) - j \sum_{k=0}^{N-1} x_k \sin\left(\frac{2\pi nk}{N}\right)$$

【0029】

前記数式 1 において、

$$W_N = e^{-j(2\pi/N)}$$

$$x_k = x[t - (N-1) + k]$$

であり、

式中、 $X(n)$ は高調波成分である。

【0030】

【数 2】

$$H_{sum} = \sum_{k=2}^{N/2} |X(k)|$$

【0031】

高調波成分の大きさの和が臨界値を超えるか否かによるロジック信号である臨界確認信号 (T) が出力される。即ち、高調波成分の大きさの和が臨界値を超える時は “ 1 ” の信号が出力され、そうでない場合は “ 0 ” の信号が出力される。

【0032】

前記 “ 故障検出 ” ブロックでは、ロジック信号である進入確認信号 (S) と臨界確認信号 (T) を状態遷移図 (図 4 参照) の入力として用い、状態遷移図の出力値を最終的な故障検出出力信号として出力する。

【0033】

図 4 は、本発明の実施例に係る信号 S と T を用いて故障を検出する状態遷移図であって、前記図 3 の “ 故障検出 ” ブロックにおいて、入力された信号の進入確認信号 (S) と臨界確認信号 (T) を用いて故障を検出する状態遷移図である。

【0034】

正常状態特性を用いた故障検出信号である進入確認信号 (S) と過度状態特性を用いた故障検出信号である臨界確認信号 (T) により状態の変化が発生する。

【0035】

次の表 1 で表わすように、故障発生、負荷増大等のような状態で状態遷移が発生する。

【0036】

10

20

30

40

【表 1】

	事件	状態遷移
1	故障発生→2秒の間故障が解消されていない	I-II-III-IX
2	故障発生→主保護により故障が解消される	I-II-III-IV-I I-II-III-I
3	負荷増大→負荷減少	I-V-I
4	負荷増大→負荷遮断	I-V-VI-VIII-I
5	負荷増大→故障発生	I-V-VI-VIII-III-IX
6	負荷遮断	I-II-I
..

10

【0037】

前記における初期状態は(1)であり、図3の臨界確認信号(T)と進入確認信号(S)によって状態が変わり、故障状態(III)で一定の時間この状態が続くと、遮断器トリップ状態(IX)に遷移してトリップ信号を出力する。

【0038】

前記表1は、系統で発生する事件によって図4の状態値が変化することを示す表である。

20

【0039】

故障が発生した時は、故障状態(III)に遷移して故障と判断し、2秒以上この状態が続くと遮断器トリップ状態(IX)に遷移して遮断器トリップ信号を出力する。しかし、故障でない負荷侵入だけが発生すると負荷侵入状態(V)に遷移し故障と判断しない。

【0040】

図5は、本発明の実施例に係る系統状態による信号S、Tの変化を示す図であって、次のような系統変化による信号である進入確認信号(S)と臨界確認信号(T)の変化を示す図である。

【0041】

- 図5aは、故障発生から故障解消に進む過程を示し、
- 図5bは、負荷増大から負荷減少に進む変化を示し、
- 図5cは、負荷増大から負荷遮断に進む変化を示し、
- 図5dは、負荷増大から故障発生に進む変化を示している。

30

【0042】

前記図5b、図5c、図5dに示すように負荷の増大によって負荷侵入が発生すると、故障が発生しなくても進入確認信号(S)が出力されるため、進入確認信号(S)だけでは故障を的確に検出することができない。しかし、進入確認信号(S)を臨界確認信号(T)と共に用いると故障を的確に検出することができる。

【0043】

図6は、本発明の実施例に係る154kVの3母線両端系統図であって、それぞれの母線に負荷が接続されており、母線1に継電器が接続されている。そして、ゾーン3に当たる母線2と母線3との間の線路での3相故障発生、母線2の負荷の増大と負荷遮断等の条件で本発明のアルゴリズムを適用した。

40

【0044】

図7は、本発明の実施例に係る3相故障発生時における皮相インピーダンスの軌跡を示す図であって、前記図6での母線2と母線3との間で3相故障が発生した時、継電器での皮相インピーダンスはゾーンに進入し、進入確認信号(S)は“1”を出力する。

【0045】

図8は、本発明の実施例に係る3相故障発生時における電流の高調波成分の大きさの和

50

を示す図であって、前記図6での母線2と母線3との間で3相故障が発生した時、継電器での電流の高調波成分の大きさの和が臨界値を超え、臨界確認信号(T)は“1”を出力する。

【0046】

図9は、本発明の実施例に係る3相故障発生時における状態値と信号S、Tを示す図であって、母線2と母線3との間で3相故障が発生した時、発生した進入確認信号(S)、臨界確認信号(T)によって状態が(I) - (II) - (III)の順に遷移し最終的に遮断器トリップ状態の(IX)に遷移する。

【0047】

図10は、本発明の実施例に係る負荷増大と負荷遮断時における皮相インピーダンスの軌跡を示す図であって、母線2の負荷が増大する時、継電器での皮相インピーダンスが徐々に減少してゾーンに進入し、進入確認信号(S)は“1”を出力する。そして、負荷が遮断されると皮相インピーダンスが急激に増加してゾーンから離れ、進入確認信号(S)は“0”を出力する。

【0048】

図11は、本発明の実施例に係る負荷増大と負荷遮断時における高調波成分の大きさの和を示す図であって、母線2の負荷が増大する時は、継電器での電流の高調波成分の大きさの和がほぼ零の値を有するため、臨界確認信号(T)は“0”を維持する。しかし、負荷が遮断されると高調波成分の大きさの和が臨界値を超えることで臨界確認信号(T)は“1”を出力する。

【0049】

図12は、本発明の実施例に係る負荷増大と負荷遮断時における状態値と信号S、Tを示す図であって、母線2の負荷が増大すると進入確認信号(S)は“1”に、臨界確認信号(T)は“0”になるため、状態(I) - (V)に遷移し、負荷が遮断されると(V) - (VI) - (VIII) - (VII) - (I)の順に遷移し初期状態に戻る。従って、負荷侵入により継電器が誤動作したりすることがない。

【0050】

図13は、本発明の実施例に係る重負荷時における皮相インピーダンスの軌跡を示す図であって、母線2の負荷が増大する時、継電器での皮相インピーダンスが徐々に減少してゾーンに進入し、進入確認信号(S)は“1”を出力する。そして、故障が発生すると進入確認信号(S)は“1”を維持し続ける。

【0051】

図14は、本発明の実施例に係る重負荷時における高調波成分の大きさの和を示す図であって、母線2の負荷が増大する時は、継電器での電流の高調波成分の大きさの和がほぼ零の値を有するため、臨界確認信号(T)は“0”を維持する。しかし、故障が発生すると高調波成分の大きさの和が臨界値を超えることで臨界確認信号(T)は“1”を出力する。

【0052】

図15は、本発明の実施例に係る重負荷時における状態値と信号S、Tを示す図であって、母線2の負荷が増大すると進入確認信号(S)は“1”に、臨界確認信号(T)は“0”になるため、状態(I) - (V)に遷移し、この時、故障が発生すると(V) - (VI) - (VIII) - (III)の順に遷移し最終的に遮断器トリップ状態の(IX)に遷移する。

【0053】

従って、負荷の増大により継電器が誤動作したりすることがなく、また、重負荷状態の下で故障を的確に検出することができる。

【0054】

図16は、本発明の実施例に係る全体的な流れを示すブロック図であって、電力伝送線路で電力系統の電圧と電流を用いて皮相インピーダンスのゾーンへの進入有無のロジック信号である進入確認信号(S)が出力され、前記伝送線路の高調波成分の大きさの和を求め、予め設定された臨界値を超えたか否かによるロジック信号である臨界確認信号(T)

10

20

30

40

50

が出力される進入確認信号及び臨界確認信号の発生ステップと、前記進入確認信号(S)と臨界確認信号(T)を状態遷移図の入力として用いて進入確認信号(S)と臨界確認信号(T)の変化によって状態遷移図の状態遷移が発生する進入確認信号、臨界確認信号の状態遷移ステップ、及び前記状態遷移図の進入確認信号(S)と臨界確認信号(T)による状態値を用いて電力系統の状態を推定し、故障、非故障または負荷侵入等を区分する判定ステップと、からなる。

【0055】

図17は、本発明の実施例に係る進入確認信号及び臨界確認信号の状態遷移を示す状態遷移図であって、初期状態(S1)で図16での進入確認信号(S;以下、S信号という)と臨界確認信号(T;以下、T信号という)の入力状態によってS信号とT信号の変動がない時(S11)には現状を維持し、S信号だけが“1”に変更された場合、即ち、ゾーン3に進入した場合(S12)に負荷侵入状態(S5)に遷移し、S信号はそのままでT信号だけが“1”に変更された場合、即ち、臨界値を超えた場合(S12)に故障発生が進行する故障発生進行状態(S2)に遷移する。

10

【0056】

前記故障発生進行状態(S2)に遷移した後、S信号とT信号の変動がない時(S21)には現状を維持し、S信号とT信号が“0、0”に変更された場合(S22)、即ち、ゾーン3に進入していなく、臨界値を超えていない場合には、前記初期状態に遷移し、T信号はそのままでS信号だけが“1”に変更された場合、即ち、ゾーン3に進入した場合(S22)、故障状態(S3)に遷移する。

20

【0057】

前記故障状態(S3)に遷移した後には駆動タイマーが駆動し、一定時間が遅延すると(S31)遮断器がトリップする遮断器トリップ状態(S9)に遷移し、そうでない場合、S信号とT信号の変動がない時(S32)には現状を維持し、S信号の変動のない状態でT信号の変動がないが“1”に変更された場合、即ち、臨界値を超えた場合(S33)に前記初期状態(S1)に遷移し、S信号とT信号が“1、1”に変更された場合(S33)、即ち、ゾーン3に進入し、臨界値を超えた場合(S33)には前記故障解消進行状態(S4)に遷移する。

【0058】

前記故障解消進行状態(S4)に遷移した後、S信号とT信号の変動がない場合(S41)には現状を維持し、S信号とT信号が“0、0”に変更された場合(S42)、即ち、ゾーン3に進入していなく、臨界値を超えていない場合(S42)には前記初期状態(S1)に遷移し、S信号とT信号が“1、0”に変更された場合、即ち、ゾーン3に進入し、臨界値を超えていない場合(S42)には前記故障状態(S3)に遷移する。

30

【0059】

一方、前記負荷侵入状態(S5)に遷移した後、S信号とT信号の変動がない場合(S51)には現状を維持し、S信号とT信号が“0、0”または“0、1”に変更された場合(S52)、即ち、ゾーン3に進入していなく、臨界値を超えていない場合、またはゾーン3に進入していなく、臨界値を超えた場合には、前記初期状態(S1)に遷移し、S信号とT信号が“1、1”に変更された場合(S52)、即ち、ゾーン3に進入し、臨界値を超えた場合には一次負荷遮断または故障状態(S6)に遷移する。

40

【0060】

前記一次負荷遮断または故障状態(S6)に遷移した後、S信号とT信号の変動がない場合(S61)には現状を維持し、S信号とT信号が“0、0”に変更された場合(S62)、即ち、ゾーン3に進入していなく、臨界値を超えていない場合には前記初期状態(S1)に遷移し、S信号とT信号が“0、1”に変更された場合(S63)、即ち、ゾーン3に進入していなく、臨界値を超えた場合には負荷遮断進行状態(S7)に遷移し、S信号とT信号が“1、0”に変更された場合、即ち、ゾーン3に進入し、臨界値を超えていない場合(S63)には、二次負荷遮断または故障状態(S8)に遷移する。

【0061】

50

前記二次負荷遮断または故障状態（S8）に遷移した後はタイマーが駆動し、一定時間が遅延すると（S81）前記故障状態（S3）に遷移し、S信号とT信号が“1、0”または“1、1”に変更された場合（S52）、即ち、ゾーン3に進入し、臨界値を超えていない場合、またはゾーン3に進入し、臨界値を超えた場合には現状を維持し、S信号とT信号が“0、0”に変更された場合（S62）、即ち、ゾーン3に進入していなく、臨界値を超えていない場合には、前記負荷遮断進行状態（S8）に遷移し、そうでない場合には前記初期状態（S1）に遷移する。

【0062】

一方、前記負荷遮断進行状態（S7）に遷移した後、S信号とT信号の変動がない場合（S71）には現状を維持し、S信号とT信号が“0、0”に変更された場合（S72）、即ち、ゾーン3に進入していなく、臨界値を超えていない場合には前記初期状態（S1）に遷移し、S信号だけが“0”に変更された場合（S72）、即ち、ゾーン3に進入してない場合には、前記故障発生進行状態（S3）に遷移する。

10

【0063】

本発明は、上述した実施例に限定されるものではなく、本発明の技術的思想内で当該分野における通常の知識を有する者であれば各種の変更が可能であることは明らかである。

【図面の簡単な説明】

【0064】

【図1】従来の技術に係る距離継電器のインピーダンス平面において皮相インピーダンスの軌跡を示す図である。

20

【図2】従来の技術に係る電力系統の状態による皮相インピーダンスの軌跡を示す図である。

【図3】本発明の全体を示すブロック図である。

【図4】本発明の実施例に係る信号SとTを用いて故障を検出する状態遷移図である。

【図5】本発明の実施例に係る系統状態による信号S、Tの変化を示す図である。

【図6】本発明の実施例に係る154kVの3母線両端系統図である。

【図7】本発明の実施例に係る3相故障発生時における皮相インピーダンスの軌跡を示す図である。

【図8】本発明の実施例に係る3相故障発生時における電流の高調波成分の大きさの和を示す図である。

30

【図9】本発明の実施例に係る3相故障発生時における状態値と信号S、Tを示す図である。

【図10】本発明の実施例に係る負荷の増大と負荷の遮断時における皮相インピーダンスの軌跡を示す図である。

【図11】本発明の実施例に係る負荷の増大と負荷の遮断時における高調波成分の大きさの和を示す図である。

【図12】本発明の実施例に係る負荷の増大と負荷の遮断時における状態値と信号S、Tを示す図である。

【図13】本発明の実施例に係る重負荷時における皮相インピーダンスの軌跡を示す図である。

40

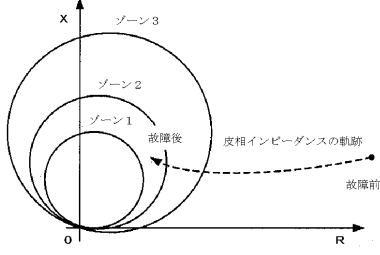
【図14】本発明の実施例に係る重負荷時における高調波成分の大きさの和を示す図である。

【図15】本発明の実施例に係る重負荷時における状態値と信号S、Tを示す図である。

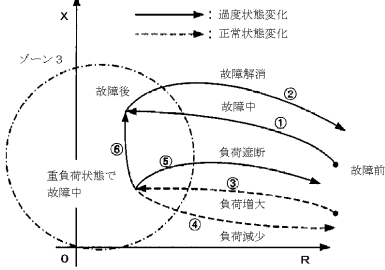
【図16】本発明の実施例に係る全体的な流れを示すブロック図である。

【図17】本発明の実施例に係る進入確認信号及び臨界確認信号の状態遷移を示す状態遷移図である。

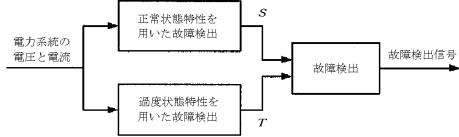
【図 1】



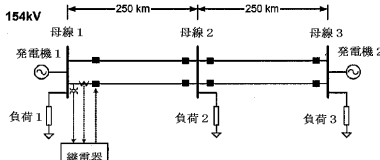
【図 2】



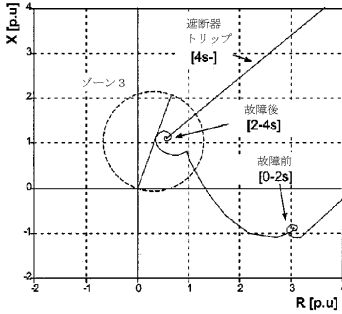
【図 3】



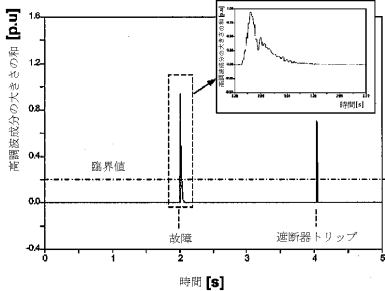
【図 6】



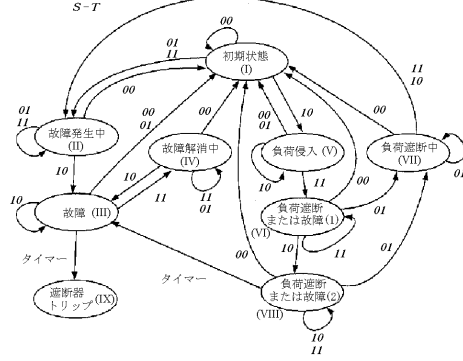
【図 7】



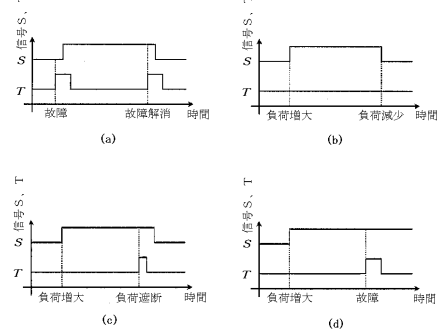
【図 8】



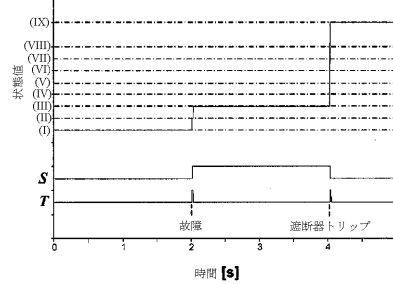
【図 4】



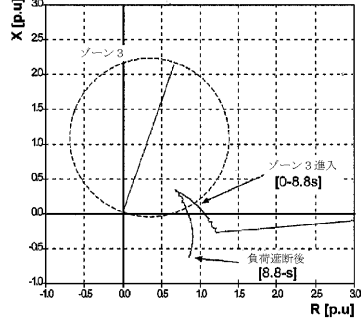
【図 5】



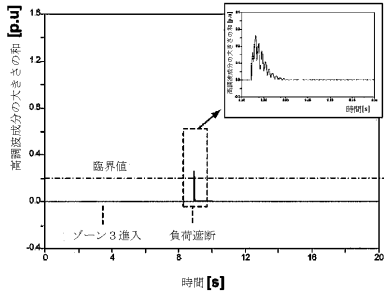
【図 9】



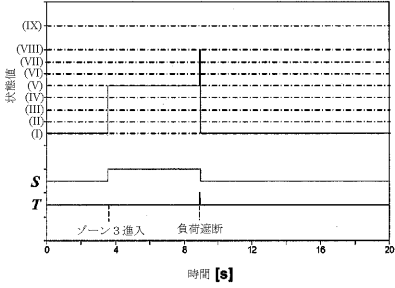
【図 10】



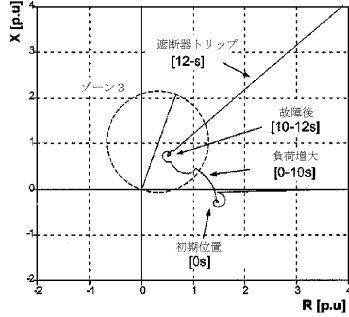
【図11】



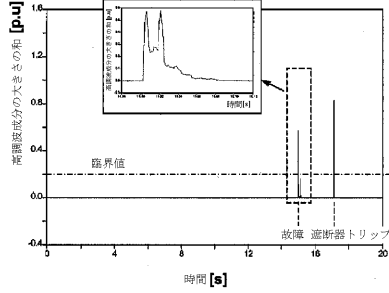
【図12】



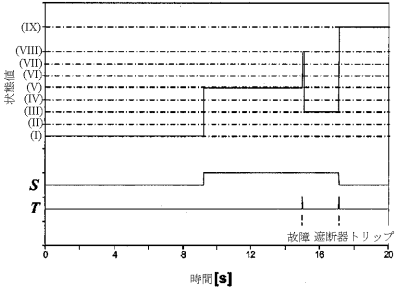
【図13】



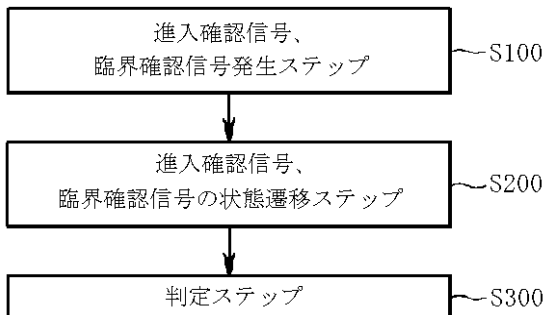
【図14】



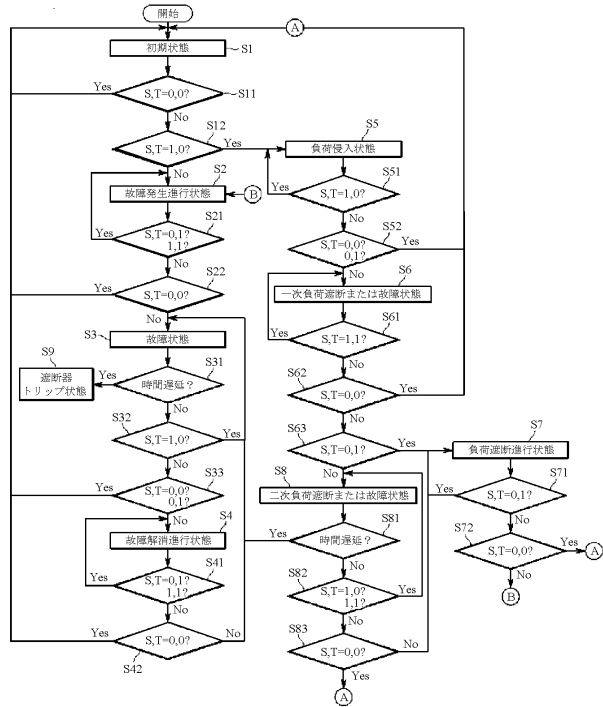
【図15】



【図16】



【図17】



フロントページの続き

審査官 小曳 満昭

(56)参考文献 特開平06-121455(JP,A)
特開平04-364318(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
H02H 1/00-3/07, 3/32-3/52