

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4092617号  
(P4092617)

(45) 発行日 平成20年5月28日(2008.5.28)

(24) 登録日 平成20年3月14日(2008.3.14)

(51) Int. Cl.		F I	
<b>GO 1 R</b>	<b>29/18</b>	<b>(2006.01)</b>	GO 1 R 29/18 N
<b>GO 1 R</b>	<b>25/00</b>	<b>(2006.01)</b>	GO 1 R 25/00
<b>HO 2 H</b>	<b>3/38</b>	<b>(2006.01)</b>	HO 2 H 3/38 D
<b>HO 2 H</b>	<b>3/48</b>	<b>(2006.01)</b>	HO 2 H 3/48 D
<b>HO 2 J</b>	<b>3/24</b>	<b>(2006.01)</b>	HO 2 J 3/24 D

請求項の数 2 (全 15 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号	特願2001-368520 (P2001-368520)	(73) 特許権者	899000057
(22) 出願日	平成13年12月3日(2001.12.3)		学校法人日本大学
(65) 公開番号	特開2003-194863 (P2003-194863A)		東京都千代田区九段南四丁目8番24号
(43) 公開日	平成15年7月9日(2003.7.9)	(74) 代理人	100090044
審査請求日	平成16年9月21日(2004.9.21)		弁理士 大滝 均
		(72) 発明者	佐藤 正弘
			東京都千代田区九段南4丁目8番24号
			学校法人日本大学内
		審査官	藤原 伸二

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 電力系統の脱調検出方法およびその装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

電圧と電流の位相角差に基づいて送電線の両側の電源系統に脱調が発生したと判断する電力系統の脱調検出方法において、

電力系統の送電線の電圧および電流を取り込む第1のステップと、

前記第1のステップで得た電圧と電流を基に、判断時点までの所定区間における電圧の平均値と電流の平均値を求める第2のステップと、

前記第2のステップで得た電圧および電流の平均値の最大値と最小値を求め、これら最大値および最小値を記憶しておく第3のステップと、

前記取り込んだ電圧および電流から位相角差を求める第4のステップと、

前記第4のステップで得た位相角差が90度を超えた時点で、前記第2のステップで得た判断時点の測定電圧の平均値が前記第3のステップで記憶しておいた電圧の平均値の最小値を中心とした一定の範囲に入っている、かつ、前記第2のステップで得た判断時点の測定電流の平均値が前記第3のステップで記憶しておいた電流の平均値の最大値を中心とした一定の範囲に入っているときに、送電線の両側の電源系統の間に脱調が発生したと判断する第5のステップと、

を備えたことを特徴とする電力系統の脱調検出方法。

【請求項2】

電圧と電流の位相角差に基づいて送電線の両側の電源系統に脱調が発生したと判断する電力系統の脱調検出装置において、

10

20

電力系統の送電線の電圧および電流を取込む電圧および電流取込み手段と、  
前記電圧および電流取込み手段で取り込んだ電圧および電流を基に、判断時点までの所  
定区間における電圧の平均値と電流の平均値を求める平均値算出手段と、  
前記平均値算出手段で得た電圧の平均値の最大値および最小値を求めるとともに電流の  
平均値の最大値と最小値を求め、これら最大値および最小値を記憶しておく最大・最小判  
定記憶手段と、  
前記取り込んだ電圧と電流とから位相角差を算出する位相角差演算手段と、  
前記位相角差演算手段から得た位相角差が90度を越えたと判断した場合に、その判断  
時点における前記平均値算出手段から得た測定電圧の平均値が前記最大・最小判定記憶手  
段に記憶しておいた電圧の平均値の最小値を中心した一定の範囲に入っていて、かつ、  
当該判断時点における前記平均値算出手段から得た測定電流の平均値が前記最大・最小判定  
記憶手段に記憶しておいた電流の平均値の最大値を中心とした一定の範囲に入っているとき  
に、送電線の両側の電源系統の間が脱調したと判断する脱調判定手段と、  
を備えたことを特徴とする電力系統の脱調検出装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、電力系統の連係線の両側の発電機群の間に生ずる脱調を確実に検出できる電力  
系統の脱調検出方法および電力系統の脱調検出装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】

従来、この種の電力系統の脱調検出装置は、周知のとおり、電力系統の連係線の両側に設  
置されている発電機群の間に生ずる脱調を検出する装置として提供されている。  
この電力系統の脱調検出装置は、いくつかの脱調検出方式を採用したものが提案されてい  
るが、インピーダンス変化から脱調を検出する方式と、送電線の両端電圧の位相差から脱  
調を検出する方式を採用したものが現在では主流である。

【0003】

まず、インピーダンス変化から脱調を検出する方式を採用した電力系統の脱調検出装置に  
ついて説明すると、インピーダンス変化から脱調を検出する方式には二重円方式あるいは  
3ゾーン方式がある。

二重円方式を採用した電力系統の脱調検出装置は、送電線の端子に設置した継電器のイン  
ピーダンス特性から脱調を検出するようにしたものである。これは、継電器が接地点から  
みるインピーダンスを2つの大小同心円に区分し、小さい円の内側にできる第1の領域と  
、小さい円の外側と大きい円の内側にできる第2の領域と、大きい円の外側にできる第3  
の領域とに分け、通常の運転状態では継電器がみるインピーダンスは大きい円の外側に  
できる第3の領域に位置している。電力系統が脱調すると、継電器がみるインピーダンスは  
、第3の領域から第2の領域、第2の領域から第1の領域へと緩慢に移行してゆくが、第  
2の領域に一定時間を超えた後に第3の領域に移行したときに、脱調が発生したと判断する  
ものである。

【0004】

また、3ゾーン方式を採用した電力系統の脱調検出装置は、上記二重円方式と同様に、あ  
らかじめ3つの領域（第1のゾーン、第2のゾーン、第3のゾーン）を設定しておき、こ  
の状態において継電器がみるインピーダンスが緩慢に第1のゾーン、第2のゾーン、第3  
のゾーンと移行する際に、第2のゾーンに移動しているときに一定時間を超えた後に、第  
3のゾーンに移行したときに、脱調が発生したと判断するものである。

【0005】

さらに、送電線の両端電圧の位相差から脱調を検出する方式を採用した電力系統の脱調検  
出装置は、送電線の両端電圧をそれぞれ検出し、各検出電圧を伝送手段で他の電圧検出地  
点に伝送し合い、両端電圧の位相角差が180度以上になったときに、当該検出地点にお  
いて脱調が発生したと判断するものである。

10

20

30

40

50

しかしながら、インピーダンスの変化から脱調を検出しようとする電力系統の脱調検出装置によれば、各領域を各インピーダンスが通過する時間差から脱調を検出するものであるが、インピーダンスが通過する領域の場合の決め方が困難であり、領域の決め方によっては、脱調ではないのに脱調と判断したり、脱調が発生しているのに脱調ではないと判断したりすることがあり、判断の信頼性が悪かった。

【0006】

また、インピーダンスの変化から脱調を検出しようとする電力系統の脱調検出装置によれば、各領域の通過時間が短い場合には、脱調と判断できなくなることがあった。

さらに、送電線両端電圧の位相差から脱調を検出する電力系統の脱調検出装置によれば、送電線の両端電圧を伝送手段で伝送を行う必要があることから、設備費が増大化する。

10

【0007】

このような不都合を解消した電力系統の脱調検出装置としては、電圧と電流の位相角差の測定間隔毎の変化分を求め、前記位相格差の測定間隔毎の変化分が所定の閾値以下のときに、前記位相角差が脱調判定用位相角差より大きいときに送電線の両側の電源系統に脱調が発生したと判断するものである（特開平10-336883号公報（以下、従来技術という））。

この従来技術の電力系統の脱調検出装置によれば、従来のようにゾーンを設定したり、特別な伝送手段を用いる必要がなく、母線を含む送電線の電圧および電流を測定して高い判定精度で脱調を判定することができる。

【0008】

20

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、上述した従来技術の電力系統の脱調検出装置によれば、特定の位相角差になったときに、現実に脱調していないにもかかわらず、脱調と判断するという不都合があった。

本発明は、上述した不都合を解消し、電力系統の連係線の両側の発電機群の間に生ずる脱調を確実に検出できる電力系統の脱調検出方法およびその装置を提供することを目的としている。

【0009】

【課題を解決するための手段】

上記目的を達成するために、請求項1記載の発明に係る電力系統の脱調検出方法は、電圧と電流の位相角差に基づいて送電線の両側の電源系統に脱調が発生したと判断する電力系統の脱調検出方法において、電力系統の送電線の電圧および電流を取り込む第1のステップと、前記第1のステップで得た電圧と電流を基に、判断時点までの所定区間における電圧の平均値と電流の平均値を求める第2のステップと、前記第2のステップで得た電圧および電流の平均値の最大値と最小値を求め、これら最大値および最小値を記憶しておく第3のステップと、前記取り込んだ電圧および電流から位相角差を求める第4のステップと、前記第4のステップで得た位相角差が90度を超えた時点で、前記第2のステップで得た判断時点の測定電圧の平均値が前記第3のステップで記憶しておいた電圧の平均値の最小値を中心とした一定の範囲に入っている、かつ、前記第2のステップで得た判断時点の測定電流の平均値が前記第3のステップで記憶しておいた電流の平均値の最大値を中心とした一定の範囲に入っているときに、送電線の両側の電源系統に脱調が発生したと判断する第5のステップとを備えたことを特徴とするものである。

30

40

【0010】

上記目的を達成するために、請求項2記載の発明に係る電力系統の脱調検出装置は、電圧と電流の位相角差に基づいて送電線の両側の電源系統に脱調が発生したと判断する電力系統の脱調検出装置において、電力系統の送電線の電圧および電流を取込む電圧および電流取込み手段と、前記電圧および電流取込み手段で取り込んだ電圧および電流を基に、判断時点までの所定区間における電圧の平均値と電流の平均値を求める平均値算出手段と、前記平均値算出手段で得た電圧の平均値の最大値および最小値を求めるとともに電流の平均値の最大値と最小値を求め、これら最大値および最小値を記憶しておく最大・最小判定

50

記憶手段と、前記取り込んだ電圧と電流とから位相角差を算出する位相角差演算手段と、前記位相角差演算手段から得た位相角差が90度を超えたと判断した場合に、その判断時点における前記平均値算出手段から得た測定電圧の平均値が前記最大・最小判定記憶手段に記憶しておいた電圧の平均値の最小値を中心した一定の範囲に入っていて、かつ、当該判断時点における前記平均値算出手段から得た測定電流の平均値が前記最大・最小判定記憶手段に記憶しておいた電流の平均値の最大値を中心とした一定の範囲に入っているときに、送電線の両側の電源系統の間が脱調したと判断する脱調判定手段とを備えたことを特徴とするものである。

【0014】

【発明の実施の形態】

以下、本発明の実施の形態を図面に基づいて説明する。

[第1の実施の形態(請求項1および2に相当)]

図1ないし図5は本発明の第1の実施の形態に係る電力系統の脱調検出方法および電力系統の脱調検出装置を説明するためのものである。

【0015】

ここで、図1は、本発明の第1の実施の形態に係る電力系統の脱調検出装置を含む電力系統全体を示すブロック図である。この図1において、電力系統1aは母線2aを介して送電線3の一端に接続され、また、電力系統1bは母線2bを介して送電線3の他端に接続されることにより、二つの電力系統1a, 1bが送電線3で連係されることになる。また、送電線3に付した記号u, v, wは相の名称をであり、uはu相を、vはv相を、wはw相を示している。

【0016】

ここで、u相, v相, w相の母線2aに電圧変成器4u, 4v, 4wの一次巻線を接続することにより、電圧変成器4u, 4v, 4wの二次巻線から送電線3の電圧Vu, Vv, Vwに比例した所定の電圧信号を取り出すことができる。また、u相, v相, w相の母線2aに変流器5u, 5v, 5wの一次側を設置することにより、変流器5u, 5v, 5wの二次巻線から送電線3に流れる電流Iu, Iv, Iwに比例した所定の電流信号を取り出すことができる。前記各電圧変成器4u, 4v, 4wの二次巻線と、前記各変流器5u, 5v, 5wの二次巻線とは電力系統の脱調検出装置6の入力部に接続されている。

【0017】

前記電力系統の脱調検出装置6は、大別して、電圧および電流取込み手段であるアナログ・デジタル変換装置7と、電力系統の脱調検出プログラムを実行し前記アナログ・デジタル変換装置7から得た電圧・電流デジタルデータに基づいて脱調を判断するデジタル演算処理装置9とから構成されている。

アナログ・デジタル変換装置7は、前記各電圧変成器4u, 4v, 4wの二次巻線から得られた電圧信号を取込み、ノイズ等を除去して電圧信号の基本成分を取り出す電圧用フィルタ71u, 71v, 71wと、前記各変流器5u, 5v, 5wの二次巻線から得られた電流信号を取込み、ノイズ等を除去して電流の基本成分を取り出す電流用フィルタ72u, 72v, 72wと、電圧用フィルタ71u, 71v, 71wから得られた電圧の基本成分をサンプルホールド指令時点でサンプルホールドし当該サンプルホールドした電圧値をデジタル信号に変換する電圧用A/D変換手段73u, 73v, 73wと、電流用フィルタ72u, 72v, 72wから得られた電流の基本成分をサンプルホールド指令時点でサンプルホールドし当該サンプルホールドした電流値をデジタル信号に変換する電流用A/D変換手段74u, 74v, 74wとから構成されている。なお、以下では、説明を簡単にするため、1相のみについて説明する。

【0018】

前記デジタル演算処理装置9は、少なくとも、各種の演算処理を実行する処理装置本体91と、所定のデータ入力に使用するキーボード92と、所定の指令などを行うためのマウス93と、前記処理装置本体91で処理された結果を表示するディスプレイ94とから構成されている。

10

20

30

40

50

## 【 0 0 1 9 】

前記処理装置本体 9 1 は、各種演算処理を行う中央演算処理ユニット 1 1 と、オペレーティングシステムや電力系統の脱調検出プログラムや各種一時データを記憶する主メモリ 1 2 と、入力装置用インターフェース 1 3 と、オペレーティングシステム等を主メモリ 1 2 に展開したり入出力デバイスの読み込みを行わせる基本プログラムが格納された ROM 1 4 と、ハードディスク用インターフェース 1 5 と、オペレーティングシステムや各種プログラム等を格納するハードディスク装置 1 6 と、A / D 変換用インターフェース 1 7 と、ディスプレイ用インターフェース 1 8 と、これらを接続するバスライン 1 9 とから構成されている。

## 【 0 0 2 0 】

電圧用 A / D 変換手段 7 3 u , 7 3 v , 7 3 w および電流用 A / D 変換手段 7 4 u , 7 4 v , 7 4 w は、A / D 変換用インターフェース 1 7 に接続されている。キーボード 9 2 およびマウス 9 3 は、入力装置用インターフェース 1 3 に接続されている。ハードディスク装置 1 6 は、ハードディスク用インターフェース 1 5 に接続されている。ディスプレイ 9 4 は、ディスプレイ用インターフェース 1 8 に接続されている。

## 【 0 0 2 1 】

ハードディスク装置 1 6 には、オペレーティングシステムと、本発明の電力系統の脱調検出方法および電力系統の脱調検出装置を実現させるための電力系統の脱調検出プログラムとが格納されている。

また、ハードディスク装置 1 6 からオペレーティングシステムと、前記電力系統の脱調検出プログラムとを読み出して主メモリ 1 2 に展開し、これらプログラムを中央演算処理ユニット 1 1 が実行することにより、以下に説明する電力系統の脱調検出装置が実現され、これにより電力系統の脱調検出方法も実現される。

## 【 0 0 2 2 】

図 2 は、図 1 に示すデジタル演算処理装置によって実現された電力系統の脱調検出装置の機能ブロックを示すブロック図である。この図 2 において、図 1 と同一構成要素は同一の符号を付して説明を省略する。

この電力系統の脱調検出装置 6 は、既に説明したが、電力系統 1 a の送電線 3 の電圧および電流を母線 2 a から取込む電圧および電流取込み手段であるアナログ・デジタル変換装置 7 と、前記アナログ・デジタル変換装置 7 からのデジタル信号を取込み電力系統の脱調検出プログラムを実行するデジタル演算処理装置 9 とから構成されている。

## 【 0 0 2 3 】

デジタル演算処理装置 9 は、電力系統の脱調検出プログラムを実行することにより、前記アナログ・デジタル変換装置 7 で取り込んだ電圧および電流を記憶するサンプリングデータ記憶手段 9 5 と、前記サンプリングデータ記憶手段 9 5 からのデータを取り出し判断時点までの所定区間における電圧の平均値と電流の平均値を測定する平均値算出手段 9 6 と、前記平均値算出手段 9 6 で得た電圧の平均値の最大値および最小値を求めるとともに電流の平均値の最大値と最小値を求め、これら最大値および最小値を記憶しておく最大・最小判定記憶手段 9 7 と、前記取り込んだ電圧および電流から実効電圧および実効電流を求め、これら実効電圧および実効電流に基づいて位相角差を算出する位相角差演算手段 9 8 と、この位相角差演算手段 9 8 の出力のうち、実効値を記憶する実効値データ記憶手段 9 9 と、前記位相角差演算手段 9 8 からの位相角差を記憶する位相角差データ記憶手段 1 0 0 と、前記位相角差データ記憶手段 1 0 0 からの位相角差を取込み、当該位相角差が 9 0 度を越えたと判断した場合に、その判断時点にける前記平均値算出手段 9 5 から得た現在の測定電圧の平均値が前記最大・最小判定手段 9 7 に記憶しておいた電圧の平均値の最小値を中心した一定の範囲に入っていて、かつ、当該判断時点における前記平均値算出手段 9 5 から得た現在の測定電流の平均値が前記最大・最小判定手段 9 7 に記憶しておいた電流の平均値の最大値を中心とした一定の範囲に入っているときに、送電線の両側の電源系統に脱調と判断する脱調判定手段 1 0 1 とからなる。

## 【 0 0 2 4 】

なお、サンプリングデータ記憶手段 9 5、最大・最小判定手段 9 7 の記憶エリアおよび実効値データ記憶手段 9 9 は、デジタル演算処理装置 9 が動作中の場合であって最新値は主メモリ 1 2 上に作成されており、一定時間経過した後は、ハードディスク装置 1 6 の所定のエリアに作成されている。

【 0 0 2 5 】

このように構成された電力系統の脱調検出装置の動作を図 1 および図 2 を基に、図 3 ないし図 5 を参照して説明する。

図 3 は、本発明の第 1 の実施の形態に係る電力系統の脱調検出装置で処理される電圧および電流のサンプリング状態を説明するための図であり、横軸には時刻  $t$  を、縦軸には電圧  $V$  および電流  $I$  が取られている。図 4 は、電力系統において脱調発生前後の発電機内部電圧および母線電圧・送電線電流などのベクトル関係を説明するための図である。図 5 は、本発明の第 1 の実施の形態に係る電力系統の脱調検出装置において処理される脱調判定を説明するための図であり、横軸には時刻  $t$  が、縦軸には、位相角差、電圧  $V$  および電流  $I$  がそれぞれ取られている。

10

【 0 0 2 6 】

電圧用フィルタ 7 1 u, 7 1 v, 7 1 w は、各電圧変成器 4 u, 4 v, 4 w を介して得られる電圧を取込み、ノイズ成分や高周波成分を除去し基本波成分を電圧用 A / D 変換手段 7 3 u, 7 3 v, 7 3 w に送出する。同様に、電流用フィルタ 7 2 u, 7 2 v, 7 2 w は、各変流器 5 u, 5 v, 5 w を介して得られた電流を取込み、ノイズ成分や高周波成分を除去し基本波成分を電流用 A / D 変換手段 7 4 u, 7 4 v, 7 4 w に送出する。以下では、1 相分についてのみに着目して説明するものとする。

20

【 0 0 2 7 】

デジタル演算処理装置 9 からのサンプリング指令（例えば 6 0 0 [Hz] でサンプリング）を電圧用 A / D 変換手段 7 3 u および電流用 A / D 変換手段 7 4 u が受信すると、図 3 に示すように 3 0 度毎に電圧サンプル値  $V_{m-2}$ ,  $V_{m-1}$ ,  $V_m$ , ... が電圧用 A / D 変換手段 7 3 u で、電流サンプル値  $I_{m-2}$ ,  $I_{m-1}$ ,  $I_m$ , ... が電流用 A / D 変換手段 7 4 u でサンプリングされる。このサンプリング値は、電圧用 A / D 変換手段 7 3 u でデジタル電圧に、電流用 A / D 変換手段 7 4 u でデジタル電流に、それぞれ変換される。ここで、図 2 において、 $m$  は現在のサンプリング時点、 $m - 1$  は一つ前のサンプリング時点、 $m - 2$  は前々回のサンプリング時点をそれぞれ示している。

30

【 0 0 2 8 】

これら電圧用 A / D 変換手段 7 3 u からのデジタル電圧および電流用 A / D 変換手段 7 4 u からのデジタル電流は、サンプリングデータ記憶手段 9 5 に格納される。なお、電圧用 A / D 変換手段 7 3 v, 7 3 w も、電流用 A / D 変換手段 7 4 v, 7 4 w も同様にサンプリングデータ記憶手段 9 5 に格納される。

位相角差演算手段 9 8 は、サンプリングデータ記憶手段 9 5 から前回と今回の電圧  $V_{m-1}$ ,  $V_m$  と、電流  $I_{m-1}$ ,  $I_m$  とを取り出し、次の数式 ( 1 ), ( 2 ) に基づいて電圧実効値  $V$  と電流実効値  $I$  を求める。

$$V^2 = V_m^2 + V_{m-1}^2 \quad \dots ( 1 )$$

$$I^2 = I_m^2 + I_{m-1}^2 \quad \dots ( 2 )$$

40

上記数式により位相角差演算手段 9 8 で算出された電圧実効値  $V$  と電流実効値  $I$  は、実効値データ記憶手段 9 9 に格納される。

【 0 0 2 9 】

一方、平均値算出手段 9 6 は、サンプリングデータ記憶手段 9 5 から所定の期間の電圧および電流を取り出し、判断時点までの所定区間における電圧の平均値  $V_h$  と電流の平均値  $I_h$  を算出し、最大・最小判定手段 9 7 に与える。

最大・最小判定手段 9 7 は、前記平均値算出手段 9 6 で得た電圧の平均値の最大値  $V_{hmax}$  および最小値  $V_{hmin}$  を求めるとともに電流の平均値の最大値  $I_{hmax}$  および最小値  $I_{hmin}$  を求め、これら最大値 ( $V_{hmax}$ ,  $I_{hmax}$ ) および最小値 ( $V_{hmin}$ ,  $I_{hmin}$ ) を記憶する。

【 0 0 3 0 】

50

また、位相角差演算手段 98 は、実効値データ記憶手段 99 に記憶されている電圧  $V$  および電流  $I$  を基に下記数式 (4) から位相角差を算出する。この数式 (4) で位相角差が算出できる理由を説明する。ここで、位相角差を  $\theta$  とすると、電圧および電流の間ではと、次の数式 (3) が成立する。

$$V I \cos(\theta) = V_m \times I_m + V_{m-3} \times I_{m-3} \quad \dots (3)$$

この数式 (3) を変形すると、

$$\theta = \arccos \{ (V_m \times I_m + V_{m-3} \times I_{m-3}) \div V I \} \dots (4)$$

となり、数式 (4) から位相角差  $\theta$  が算出できることが分かる。

この位相角差演算手段 98 で順次算出された位相角差  $\theta$  は、位相角差データ記憶手段 100 に格納される。

10

#### 【0031】

次に、図 4 を参照して位相角差  $\theta$  と図 1 に示す電力系統 1a, 1b との関係を説明する。まず、二つの電力系統 1a, 1b は送電線 3 で連係されているので、この説明を簡単にするために、図 4 (a) に示すように、発電機 G および発電機 S となる電力系統とする。また、発電機 G の内部電圧を  $E_G$ 、発電機 S の内部電圧を  $E_S$  とする。また、母線 2a を N で表し、母線 N の電圧を  $V$  とし、かつ、送電線を TL とし、送電線 TL の電流を  $I$  とする。以上の約束の基に、電力系統の条件に応じて図 4 (b) ないし図 4 (d) の関係が成立する。

#### 【0032】

脱調前では、定常状態あるいは動揺中のいずれでも脱調となる前であれば、図 4 (b) に示すように、両発電機 G, S の内部電圧  $E_G$ ,  $E_S$  の間の位相角差  $\theta$  は、180 度以内である。また、一般に、送電線 TL の抵抗値はリアクタンス値と比較してきわめて小さいので、抵抗を無視するものとする。

20

このとき、電流  $I$  と発電機 G, S の間の電位差 ( $E_G - E_S$ ) はほぼ直交する。言い換えれば、ノード N の電圧  $V$  と電流  $I$  との位相角差  $\theta$  は 90 度以下となる。

#### 【0033】

次に、脱調時点では、図 4 (c) に示すように、発電機 G, S の間の電圧  $E_G$ ,  $E_S$  の位相角差が拡大し、180 度となると、脱調と判断する時点では母線電圧  $V$  と送電線電流  $I$  は直交し、位相角差  $\theta$  は 90 度となる。

さらに、脱調した後では、図 4 (d) に示すように、両発電機 G, S の間の電圧  $E_G$ ,  $E_S$  は 180 度を超え、母線電圧  $V$  と送電線電流  $I$  との位相角差  $\theta$  は 90 度以上になり、脱調となる。

30

この図 4 に示すベクトル関係は、発電機 G, S の電圧  $E_G$ ,  $E_S$  を用いたが、送電線 3 の両端の母線 2a, 2b の電圧関係でも同じである。

#### 【0034】

したがって、脱調判定手段 101 は、上述した関係を利用し、位相角差データ記憶手段 100 から取り出した位相角差データを基に、図 5 に示すように、当該位相角差  $\theta$  が 90 度を超えたと判断した場合に、その判断時点  $t_r$  における前記平均値算出手段 96 から得た現在時点の測定電圧の平均値  $V_h$  が前記最大・最小判定手段 97 に記憶しておいた電圧の平均値の最小値  $V_{hmin}$  を中心した一定の範囲に入っていて、かつ、当該判断時点  $t_r$  における前記平均値算出手段 96 から得た現時点の測定電流の平均値  $I_h$  が前記記憶しておいた電流の平均値の最大値  $I_{hmax}$  を中心とした一定の範囲に入っているときに、送電線 3 の両側の電源系統 1a, 1b に脱調が発生したと判断している。

40

#### 【0035】

したがって、本発明の第 1 の実施の形態によれば、上述したとおり、電圧  $V$  の平均値  $V_h$  の最大値  $V_{hmax}$  および最小値  $V_{hmin}$  を求めるとともに電流  $I$  の平均値  $I_h$  の最大値  $I_{hmax}$  と最小値  $I_{hmin}$  を求め、これら最大値および最小値を記憶しておき、前記電圧  $V$  および電流  $I$  から位相角差  $\theta$  を求め、当該位相角差  $\theta$  が 90 度を超えた場合に、測定電圧の平均値  $V_h$  が前記記憶しておいた電圧  $V$  の平均値の最小値  $V_{hmin}$  を中心とした一定の範囲に入っていて、かつ、当該判断時点の測定電流  $I$  の平均値  $I_h$  が前記記憶しておいた電流の平均

50

値の最大値  $I_{hmax}$  を中心とした一定の範囲に入っているときに、送電線の両側の電源系統に脱調が発生したと判断しているので、90度の時点で脱調が確実に判定でき、かつ、あらかじめゾーンの設定や、通信網を用いることなく、確実に母線を含む送電線の両端の発電機群の脱調を検出することができる。

【0036】

[第2の実施の形態(請求項3および4に相当)]

図6は、本発明の第2の実施の形態に係る電力系統の脱調検出装置を含む系統全体を示す図である。

本発明の第2の実施の形態に係る電力系統の脱調検出装置6aでも、図1に示すハードウェアを利用する。すなわち、この第2の実施の形態に係る電力系統の脱調検出装置6aは、アナログ・デジタル変換装置7と、デジタル演算処理装置9aとから構成されることになる。

10

【0037】

この第2の実施の形態に係る電力系統の脱調検出装置6aが第1の実施の形態に係る電力系統の脱調検出装置6と異なるところは、デジタル演算処理装置9aが第2の実施の形態を4実現するための電力系統の脱調検プログラムを実行することにより、実現される点にある。したがって、第1の実施の形態と同一の構成要素には同一の符号を付して説明を省略する。

【0038】

この第2の実施の形態に係る電力系統の脱調検出装置6aのデジタル演算処理装置9aは、図6に示すように、サンプリングデータ記憶手段95と、平均値算出手段96と、最大・最小判定記憶手段97と、位相角差演算手段98と、実効値データ記憶手段99と、位相角差データ記憶手段100と、前記位相角差データ記憶手段100から順次取り出したデータを基に、将来の判断時点の位相角差位相を推定し、その推定結果から脱調を推定する脱調推定手段105と、前記平均値算出手段96から順次取り出した電圧データを基に判断時点の電圧の平均値を推定する電圧推定手段106と、前記平均値算出手段96から順次読み出した電流データを基に判断時点の電流の平均値を推定する電流推定手段107と、前記脱調推定手段105によって判断時点で脱調と推定された場合に、前記推定した電圧の平均値が前記最大・最小判定記憶手段97に記憶しておいた電圧の平均値の最小値を中心とした一定の範囲に入っていて、かつ、前記予測した電流の平均値が前記最大・最小判定記憶手段97に記憶しておいた電流の平均値の最大値を中心とした一定の範囲に入っているときに、送電線の両側の電源系統に脱調が発生したと判断する脱調判定手段108とから構成されている。

20

30

【0039】

脱調推定手段105は、過去の複数時点の位相角差を用いて、位相角差が例えば二次予測式であれば、二次予測式のパラメータを推定する位相格差パラメータ推定手段1051と、この位相格差パラメータ推定手段1051で推定されたパラメータを持つ二次予測式で、将来の時刻に対する位相角差を予測する位相角差予測手段1052と、前記位相角差予測手段1052で予測される位相角差と脱調判定用位相角差 $c$ とを用いて脱調を予測する脱調予測手段1053とからなる。

40

【0040】

このように構成された電力系統の脱調検出装置6aの動作を説明する。

母線2aの電圧および電流を取込み、アナログ・デジタル変換装置7でデジタル電圧およびデジタル電流に順次変換し、デジタル演算処理装置9aのサンプリングデータ記憶手段95に記憶させる。

また、このサンプリングデータ記憶手段95から順次読み出した電圧および電流を基に、位相角差演算手段98で数式(1)および(2)に基づいて実効電圧 $V$ および実効電流 $I$ を算出し、実効値データ記憶手段99に格納する。

【0041】

位相角差演算手段98は、実効値データ記憶手段99から順次読み出された実効電圧 $V$ お

50



よび実効電流  $I$  を基に、数式 (4) により位相角差  $\theta$  を算出し、位相角差データ記憶手段 100 に記憶させる。

一方、サンプリングデータ記憶手段 95 から順次デジタル電圧およびデジタル電流を読み出し、平均値算出手段 96 により所定期間の電圧の平均値および電流の平均値を算出し、最大・最小判定記憶手段 97 に与える。最大・最小判定記憶手段 97 は、電圧および電流の平均値の最大値および最小値をそれぞれ求め、記憶しておく。

#### 【0042】

また、電圧推定手段 106 は、前記平均値算出手段 96 から得られた電圧の平均値の過去の推移から将来の判断時点の電圧の平均値を推定し、脱調判定手段 108 に与える。

同様に、電流推定手段 107 は、前記平均値算出手段 96 から得られた電流の平均値の過去の推移から将来の判断時点の電圧の平均値を推定し、脱調判定手段 108 に与える。

#### 【0043】

さらに、最大・最小判定記憶手段 97 に記憶されていた電圧の平均値の最小値と、電流の平均値の最大値とは、脱調判定手段 108 に与えられる。

また、脱調推定手段 105 の位相格差パラメータ推定手段 1051 により、過去の複数時点の位相角差を用いて、位相角差が例えば二次予測式であれば、二次予測式のパラメータを推定し、この位相格差パラメータ推定手段 1051 で推定されたパラメータを持つ二次予測式で位相角差予測手段 1052 により、将来の判断時刻に対する位相角差  $\theta$  を予測し、前記位相角差予測手段 1052 で予測される位相角差  $\theta$  と脱調判定用位相角差  $\theta_c$  とを用いて脱調予測手段 1053 で脱調を予測し、その予測結果を脱調判定手段 108 に与える。

#### 【0044】

脱調判定手段 108 は、前記脱調推定手段 105 によって判断時点で脱調と推定された場合に、前記電圧推定手段 106 で推定した電圧の平均値が前記最大・最小判定記憶手段 97 に記憶しておいた電圧の平均値の最小値を中心とした一定の範囲に入っていて、かつ、前記電流推定手段 107 で予測した電流の平均値が前記最大・最小判定記憶手段 97 に記憶しておいた電流の平均値の最大値を中心とした一定の範囲に入っているときに、送電線の両側の電源系統に脱調が発生したと判断する。

このように第 2 の実施の形態によれば、将来の判断時点での位相角差、電圧および電流を用いることにより脱調を早めに予測できるので、脱調による弊害に早めに対処できる。

#### 【0045】

[第 3 の実施の形態 (請求項 5 ないし 8 に相当)]

図 7 および図 8 は、本発明の第 3 の実施の形態を説明するためのものである。ここに、図 7 は、本発明の第 3 の実施の形態に係る電力系統の脱調検出装置を含む系統全体を示す図である。

本発明の第 3 の実施の形態に係る電力系統の脱調検出装置 6b でも、図 1 に示すハードウェアを利用する。すなわち、この第 3 の実施の形態に係る電力系統の脱調検出装置 6b は、アナログ・デジタル変換装置 7 と、デジタル演算処理装置 9b とから構成されることになる。

#### 【0046】

前記デジタル演算処理装置 9b は、電力系統の脱調検出プログラムを実行することにより、前記アナログ・デジタル変換装置 7 で取り込んだ電圧および電流を記憶するサンプリングデータ記憶手段 95 と、前記電圧および電流取込み手段で得た電圧と電流を基に、判断時点までの所定区間における電圧の平均値と電流の平均値を求める平均値算出手段 96 と、前記サンプリングデータ記憶手段 95 からの電圧のデータおよび電流のデータを取り出し、当該電圧データおよび電流データをそれぞれ二次関数の形式に模擬し、当該二次関数の係数を推定し、係数が負で関数が下に凸ならば最小値あるいは係数が正で関数が上に凸ならば最大値と推定し記憶する最大・最小推定記憶手段 130 と、前記取り込んだ電圧および電流から電圧実効値および電流実効値を求め、これら電圧実効値および電流実効値に基づいて位相角差を算出する位相角差演算手段 98 と、この位相角差演算手段 98 の出力の

10

20

30

40

50

うち、実効値を記憶する実効値データ記憶手段 99 と、前記位相角差演算手段 98 からの位相角差を記憶する位相角差データ記憶手段 100 と、前記位相角差データ記憶手段 100 からの位相角差を取込み、当該位相角差が 90 度を越えたと判断した場合に、その判断時点にける前記平均値算出手段 95 から得た現在の測定電圧の平均値が前記最大・最小推定記憶手段 130 に記憶しておいた電圧の最小値を中心とした一定の範囲に入っていて、かつ、当該判断時点における前記平均値算出手段 95 から得た現在の測定電流の平均値が前記最大・最小推定記憶手段 130 に記憶しておいた電流の最大値を中心とした一定の範囲に入っているときに、送電線の両側の電源系統に脱調と判断する脱調判定手段 101 とからなる。

#### 【0047】

ここで、前記最大・最小推定記憶手段 130 は、  
係数を  $A_v$  ,  $B_v$  ,  $C_v$ 、電圧を  $V$  とすると、

$$V = A_v t^2 + B_v t + C_v \quad \dots (5)$$

数式 5 のように模擬し、

係数を  $A_i$  ,  $B_i$  ,  $C_i$ 、電流を  $I$  とすると、

$$I = A_i t^2 + B_i t + C_i \quad \dots (6)$$

数式 (6) のように模擬し、

これら数式に最小自乗法を適用して係数  $A_v$  ,  $A_i$  を推定し、

係数  $A_v$  が正で関数が下に凸ならば電圧  $V$  は最小値とし、係数  $A_i$  が負で関数が上に凸ならば電流  $I$  は最大値とし、それぞれを記憶する。

#### 【0048】

上述したように構成された第 3 の実施の形態の動作を図 8 を参照して説明する。ここに、図 8 は、本発明の第 3 の実施の形態に係る海産物の貯蔵方電力系統の脱調検出装置の動作を説明するための特性図であり、横軸に時間  $t$  を、縦軸に電圧  $V$  を、それぞれ取ったものである。

#### 【0049】

まず、サンプリングデータ記憶手段 95 には、アナログ・デジタル変換装置 7 を介して電力系統 1a の送電線 (母線 2a) から電圧および電流が取り込まれる。

前記平均値算出手段 96 は、前記サンプリングデータ記憶手段 95 に格納されている電圧と電流を基に、判断時点までの所定区間における電圧の平均値と電流の平均値を求める。

#### 【0050】

前記最大・最小推定記憶手段 130 は、次のように電圧の最大値あるいは電流の最小値を推定し、記憶している。すなわち、図 8 に示すように、現在時刻を  $t_k$  とすると、一定時間間隔の過去の数時点  $t_{k-n}$  ,  $\dots$  ,  $t_{k-2}$  ,  $t_{k-1}$  ,  $t_k$  で測定した電圧値  $V_{k-n}$  ,  $\dots$  ,  $V_{k-2}$  ,  $V_{k-1}$  ,  $V_k$  を用いて、上記数式 5 の二次関数の形の式の係数  $A_v$  を、最小自乗法で推定する。

そして、推定した係数  $A_v$  が推定した係数が正で関数が下に凸なら最小値とし、推定した係数が負で関数が上に凸なら最大値とし、これらを記憶する。電流  $I$  についても、上述同様に計算し、記憶しておく。

#### 【0051】

前記位相角差演算手段 98 は、前記サンプリングデータ記憶手段 95 に格納されている電圧および電流から電圧実効値および電流実効値を求め、これら電圧実効値および電流実効値に基づいて位相角差を算出する。

前記脱調判定手段 101 は、前記位相角差演算手段 98 で得た位相角差が 90 度を越えたと判定すると、その時点において前記平均値算出手段 96 で得た判断時点の測定電圧の平均値が前記最大・最小推定記憶手段 130 で記憶しておいた電圧の最小値を中心とした一定の範囲に入っていて、かつ、前記平均値算出手段 96 で得た判断時点の測定電流の平均値が前記最大・最小推定記憶手段 130 で記憶しておいた電流の最大値を中心とした一定の範囲に入っているときに、送電線の両側の電源系統の間に脱調が発生したと判断している。

10

20

30

40

50

## 【 0 0 5 2 】

このような第3の実施の形態によっても、電圧変動の波形あるいは電流変動の波形の傾向に従った電圧および電流の傾きを用いることにより、電力系統の傾向に基づく脱調を早めに検出でき、脱調による弊害に早めに対処できる。

## 【 0 0 5 3 】

## 【発明の効果】

請求項1および2記載の発明によれば、従来のようにゾーンを推定したり、特別な伝送手段を用いることなく、母線を含む送電線の電圧および電流を測定して高い判定精度で脱調を判定でき、かつ、特定の条件になっても確実に脱調を判定することができる。

## 【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1の実施の形態に係る電力系統の脱調検出装置を含む電力系統全体を示すブロック図である。

【図2】本発明の第1の実施の形態に係り、図1に示すデジタル演算処理装置によって実現された電力系統の脱調検出装置の機能ブロックを示すブロック図である。

【図3】本発明の第1の実施の形態に係る電力系統の脱調検出装置で処理される電圧および電流のサンプリング状態を説明するための図である。

【図4】本発明の第1の実施の形態に係わり、電力系統において脱調発生前後の発電機内部電圧および母線電圧・送電線電流などのベクトル関係を説明するための図である。

【図5】本発明の第1の実施の形態に係る電力系統の脱調検出装置において処理される脱調判定を説明するための図である。

【図6】本発明の第2の実施の形態に係る電力系統の脱調検出装置を含む系統全体を示す図である。

【図7】本発明の第3の実施の形態に係る電力系統の脱調検出装置を含む系統全体を示す図である。

【図8】本発明の第3の実施の形態に係る海産物の貯蔵方電力系統の脱調検出装置の動作を説明するための特性図である。

## 【符号の説明】

- 1 a , 1 b 電力系統
- 2 a , 2 b 母線
- 3 送電線
- 4 u , 4 v , 4 w 電圧変成器
- 5 u , 5 v , 5 w 変流器
- 6 , 6 a , 6 b 電力系統の脱調検出装置
- 7 アナログ・デジタル変換装置
- 9 , 9 a , 9 b デジタル演算処理装置
- 1 1 中央演算処理ユニット
- 1 2 主メモリ
- 1 3 入力装置用インターフェース
- 1 4 ROM
- 1 5 ハードディスク用インターフェース
- 1 6 ハードディスク装置
- 1 7 A / D変換用インターフェース
- 1 8 ディスプレイ用インターフェース
- 1 9 バスライン
- 9 1 処理装置本体
- 9 2 キーボード
- 9 3 マウス
- 9 4 ディスプレイ
- 9 5 サンプリングデータ記憶手段
- 9 6 平均値算出手段

10

20

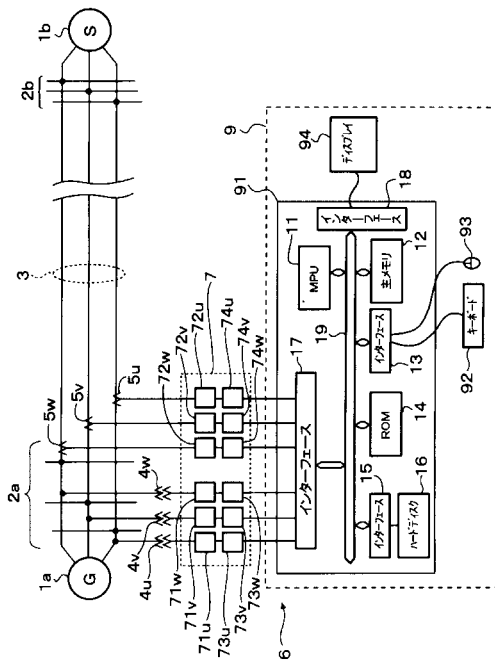
30

40

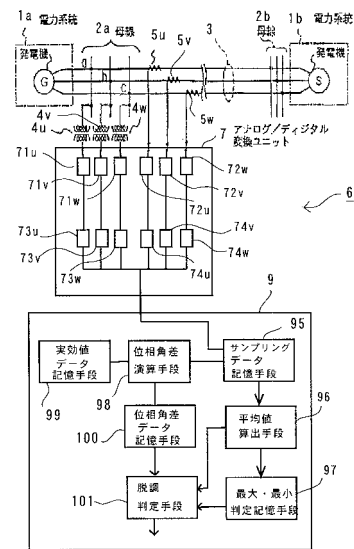
50

- 9 7 最大・最小判定記憶手段
- 9 8 位相角差演算手段
- 9 9 実効値データ記憶手段
- 1 0 0 位相角差データ記憶手段
- 1 0 1 脱調判定手段
- 1 0 5 脱調推定手段
- 1 0 6 電圧推定手段
- 1 0 7 電流推定手段
- 1 0 8 脱調判定手段
- 1 3 0 最大・最小推定記憶手段

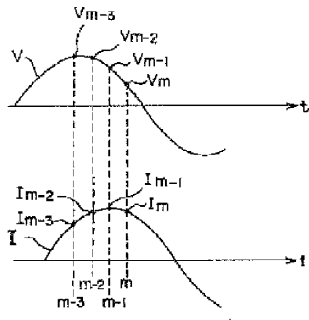
【図 1】



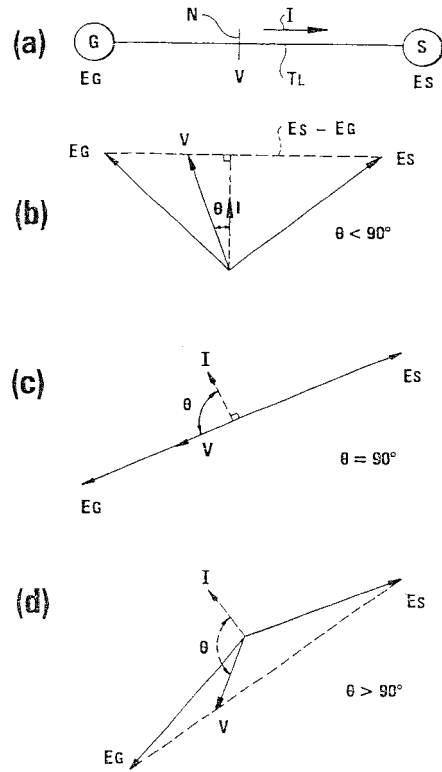
【図 2】



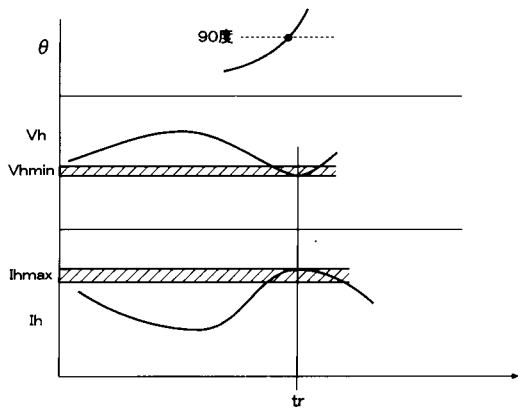
【図3】



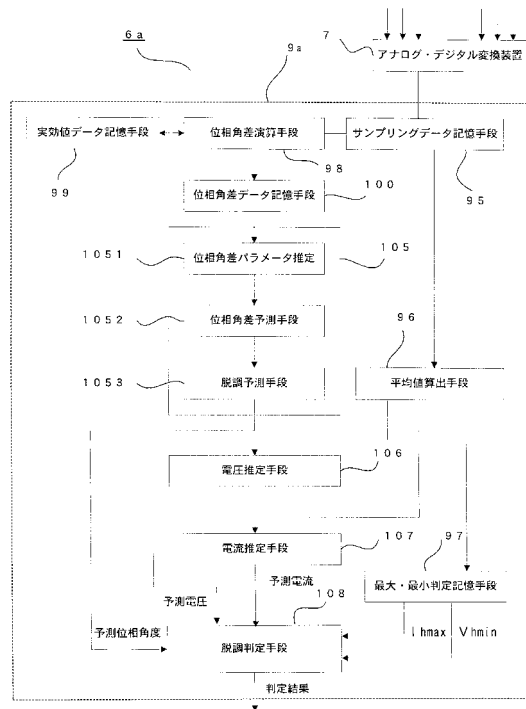
【図4】



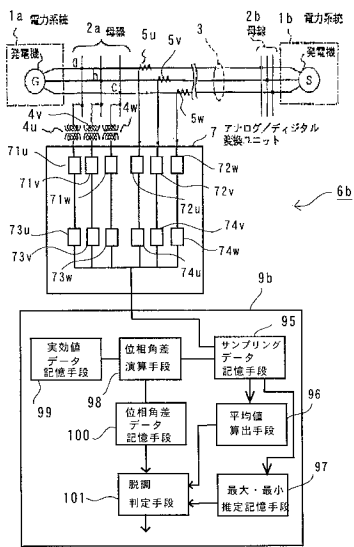
【図5】



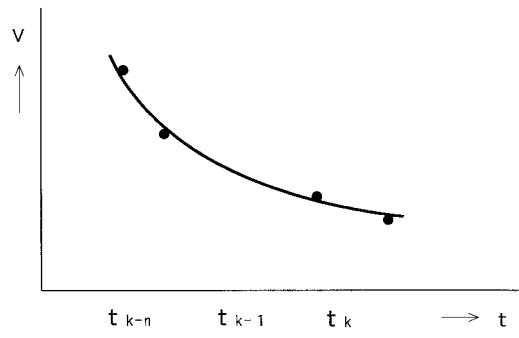
【図6】



【図7】



【図8】



---

フロントページの続き

(51)Int.Cl. F I  
H 0 2 J 3/38 (2006.01) H 0 2 J 3/38 L

(56)参考文献 特開平 1 0 - 3 3 6 8 8 3 ( J P , A )  
特開平 0 6 - 2 8 4 5 7 8 ( J P , A )  
特開平 0 7 - 1 3 1 9 2 6 ( J P , A )  
特開平 1 0 - 3 4 1 5 2 6 ( J P , A )  
特開平 0 8 - 1 0 3 0 2 0 ( J P , A )

(58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)

G01R 29/18  
G01R 25/00-25/08  
H02H 3/32-3/52  
H02J 3/00-5/00