

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第5896879号
(P5896879)

(45) 発行日 平成28年3月30日 (2016. 3. 30)

(24) 登録日 平成28年3月11日 (2016. 3. 11)

(51) Int. Cl.		F I			
H02M	7/48	(2007.01)	H02M	7/48	R
H02J	3/38	(2006.01)	H02J	3/38	180

請求項の数 4 (全 15 頁)

(21) 出願番号	特願2012-238578 (P2012-238578)	(73) 特許権者	000006013
(22) 出願日	平成24年10月30日 (2012. 10. 30)		三菱電機株式会社
(65) 公開番号	特開2014-90564 (P2014-90564A)		東京都千代田区丸の内二丁目7番3号
(43) 公開日	平成26年5月15日 (2014. 5. 15)	(74) 代理人	100088672
審査請求日	平成26年10月6日 (2014. 10. 6)		弁理士 吉竹 英俊
		(74) 代理人	100088845
			弁理士 有田 貴弘
		(72) 発明者	高野 富裕
			東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三
			菱電機株式会社内
		(72) 発明者	村田 充
			東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三
			菱電機株式会社内
		審査官	安池 一貴

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 電源装置及び同期投入装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

電力系統と電氣的に接続可能な電源装置であって、

前記電力系統と電氣的に接続時に、前記電力系統から供給される交流電圧である電力系統電圧の波形に合わせて自身の交流電圧である連系出力電圧の波形を決定して該連系出力電圧を生成する連系運転を行う連系運転実行部と、

前記電力系統と電氣的に非接続時に、前記電力系統電圧とは独立した交流電圧である自立出力電圧の波形を決定して該自立出力電圧を生成する自立運転を実行する自立運転実行部とを備え、

前記自立運転実行部は、前記自立運転時に、前記電力系統電圧の基準周波数 H_s と近似範囲内で異なる自立周波数 H_g となる前記自立出力電圧の波形を決定する自立運転用波形決定部を有し、

前記自立運転用波形決定部は、位相合致時間 $T_h (= 1 / |H_g - H_s|)$ に対し短く設定された振幅変動周期 T_v 毎に振幅変動範囲内で振幅が変化するように前記自立出力電圧の波形を決定する、

電源装置。

【請求項 2】

請求項 1 記載の電源装置であって、

前記自立運転用波形決定部は、前記振幅変動範囲を、予め定められた前記電力系統電圧の運用基準範囲に基づき予め決定する、

10

20

電源装置。

【請求項 3】

請求項 1 記載の電源装置であって、

前記自立運転用波形決定部は、前記振幅変動周期 T_v 間に変化する前記自立出力電圧の電圧波形の振幅範囲を、前記連系運転時における前記電力系統電圧の過去の変動実績に基づき決定する、

電源装置。

【請求項 4】

請求項 1 ～ 請求項 3 のうち、いずれか 1 項に記載の電源装置用の同期投入装置であって、前記電力系統と前記電源装置は連系用遮断器によって自立運転時に電氣的に遮断されており、

10

前記電源装置の自立運転時に、前記電力系統が復電した後の前記電力系統電圧の位相及び振幅を第 1 の計測位相及び第 1 の計測振幅として測定する電力系統位相・振幅計測部と、

前記電源装置の自立運転時に、前記電源装置の前記自立出力電圧の位相及び振幅を第 2 の計測位相及び第 2 の計測振幅として測定する電源装置位相・振幅計測部と、

前記第 1 及び第 2 の計測位相が位相合致許容範囲内にあり、かつ、前記第 1 及び第 2 の計測振幅が振幅合致許容範囲内になった同期投入タイミングの認識をトリガとして、前記電力系統と前記電源装置とを電氣的接続を要求する遮断器投入信号を前記連系用遮断器に出力するとともに、自立運転から連系運転への切替を指示する運転モード指示信号を前記電源装置に出力する同期投入処理を実行する同期投入実行部とを備える、

20

同期投入装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

この発明は、電力系統と電氣的に接続 / 遮断可能な電源装置と、上記電源装置用の同期投入装置に関する。

【背景技術】

【0002】

容量の大小を問わず、電源装置（電源設備）を起動した状態で電力系統へ連系するには、電源設備が生成する電圧波形と、電力系統の電圧波形とを、同じ振幅・位相とした時点で両者を結ぶ遮断器を投入する、同期投入装置が必要とされる。両者の電圧の振幅もしくは位相が異なる状態で遮断器を投入する非同期投入では、遮断器投入と同時に不要な電流である横流が発生し、電源設備や電力系統の過負荷、系統擾乱を引き起こす。

30

【0003】

そこで従来の同期投入装置では、同期投入したい電源装置側の電圧・振幅と、電力系統側の電圧振幅・位相とを同時に計測し、その電圧差・位相差が縮小される方向に電源装置に対して出力電圧の波形を変化させるように指令する。そして、電源装置は、その指令を受け、自身の出力電圧の波形を徐々に能動的に変化させながら、別途設けた同期投入装置によって、両電圧振幅・位相が合致した時点で遮断器を投入する。このような同期投入装置として、例えば特許文献 1 に開示された同期投入制御装置がある。

40

【0004】

従来の同期投入技術では、大容量ないし中容量の回転型発電設備の電源装置を同期投入対象としている。一般に中・大容量の回転型発電設備は、負荷を接続せず発電量がゼロとなる単独状態で起動し、同期投入による系統連系後に初めて発電を開始する。ところが中・大容量の発電設備は発電量がゼロである無負荷状態で長時間運転することができない。そこで従来の同期投入技術では、同期投入の高速化が重視され、目的とされていた。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

50

【特許文献１】特開平２００３－２８４２４６号公報（図１）

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【０００６】

一方、大規模災害などにより電力系統が数時間に及んで停電する長期停電時に、小容量電源設備や蓄電設備を用いた住宅などの小規模施設内の自立運転が注目されている。

【０００７】

ところが電力系統が復電した際、同施設（電源装置）を無停電のまま電力系統へ接続するためには、電源装置、電力系統間で同期投入が必要となる。しかし同期投入装置とそれに連動して出力電圧の波形を調整する電源装置は、装置構成が複雑化し高価である。そのため、小規模施設の電源装置の自立運転では、自立運転状態から一旦電源装置を停止させ、停電した状態で同電源装置を電力系統へ接続する停電切替えを行うのが一般的であった。

【０００８】

この発明は、上記のような問題点を解決するためになされたものであり、比較的簡単な装置構成で同期投入処理が可能な電源装置及びその電源装置用の同期投入装置を得ることを目的としている。

【課題を解決するための手段】

【０００９】

この発明に係る請求項１記載の本願発明である電源装置は、電力系統と電氣的に接続可能な電源装置であって、前記電力系統と電氣的に接続時に、前記電力系統から供給される交流電圧である電力系統電圧の波形に合わせて自身の交流電圧である連系出力電圧の波形を決定して該連系出力電圧を生成する連系運転を行う連系運転実行部と、前記電力系統と電氣的に非接続時に、前記電力系統電圧とは独立した交流電圧である自立出力電圧の波形を決定して該自立出力電圧を生成する自立運転を実行する自立運転実行部とを備え、前記自立運転実行部は、前記自立運転時に、前記電力系統電圧の基準周波数 H_s と近似範囲内で異なる自立周波数 H_g となる前記自立出力電圧の波形を決定する自立運転用波形決定部を有し、前記自立運転用波形決定部は、位相合致時間 $T_h (= 1 / |H_g - H_s|)$ に対し短く設定された振幅変動周期 T_v 毎に振幅変動範囲内で振幅が変化するように前記自立出力電圧の波形を決定する。

【発明の効果】

【００１０】

請求項１記載の本願発明である電源装置は、基準周波数 H_s と近似範囲内で異なる自立周波数 H_g となる自立出力電圧の波形を決定しており、位相合致周期 $T_h = 1 / |H_g - H_s|$ 内において、自立出力電圧の位相と電力系統電圧の位相が合致する瞬間が必ず生じさせることができる。

【００１１】

すなわち、電力系統の復電時に電力系統を電源装置に電氣的に接続するとともに、電源装置を自立運転から連系運転に移行させる同期投入処理が必要な際、電源装置の自立出力電圧の位相を、電力系統電圧の位相に合致するための能動的な制御を何ら必要とせず、位相合致周期 T_h 以内には必ず自立出力電圧の位相と電力系統電圧の位相とが合致する位相合致タイミングを発生させることができる。

【００１２】

その結果、上記位相合致タイミングに合わせて上記同期投入処理を実行することができるため、電源装置の能動的な位相制御の必要性を実質的になくすことができ、電源装置の簡略化を図ることができる。

【図面の簡単な説明】

【００１３】

【図１】この発明の実施の形態１である電源装置を含む電源環境の構成を示すブロック図である。

10

20

30

40

50

【図 2】同期投入装置による同期投入用定期処理の処理手順を示すフローチャートである。

【図 3】電源装置の自立運転時における構内系統電圧波形を示すグラフである。

【図 4】電力系統電圧の電圧波形である電力系統電圧波形と、電源装置の自立運転時における構内系統電圧波形とのシミュレーション結果を示すグラフである。

【図 5】この発明の実施の形態 2 である電源装置を含む電源環境の構成を示すブロック図である。

【発明を実施するための形態】

【0014】

<実施の形態 1>

図 1 はこの発明の実施の形態 1 である電源装置を含む電源環境を示すブロック図である。

【0015】

同図に示すように、電源環境は主として、電力系統 1、構内系統 2、連系用遮断器 3、同期投入装置 4、電源装置 5 及び電力負荷 6 から構成されている。電力系統 1 は電力会社などが保有し、構内系統 2 は電力需要家などが保有する系統であり、連系用遮断器 3 に近接した電力系統 1 及び構内系統 2 それぞれに電圧計 P T 1 及び P T 2 が設けられる。

【0016】

連系用遮断器 3 は電力系統 1 と構内系統 2 との間に設けられ、開放状態時に遮断器投入信号 S 1 8 が投入を指示するとき、電力系統 1 と構内系統 2 と電氣的に接続する投入状態となる。一方、連系用遮断器 3 は、手動操作等により開放状態に設定され、電力系統 1 と構内系統 2 とが電氣的に分離される。電力負荷 6 は構内系統 2 に接続される種々の電力負荷である。

【0017】

電源装置 5 は構内系統 2 に電氣的に接続されており、電力系統 1 との電氣的に接続時に実行される連系運転と、電力系統 1 との電氣的に非接続時に実行される自立運転が可能である。

【0018】

連系運転とは、電力系統 1 から供給される交流電圧である電力系統電圧の波形に合わせて自身の交流電圧である連系出力電圧の波形を決定して該連系出力電圧を生成する処理であり、自立運転とは、電力系統電圧とは独立した交流電圧である自立出力電圧の波形を決定して該自立出力電圧を生成する処理である。

【0019】

同期投入装置 4 は電力系統 1 の復電後、同期投入タイミングを検知し、開放状態の連系用遮断器 3 によって電氣的に分離された状態の電力系統 1 と構内系統 2 とを再び、電氣的に接続すべく、投入を指示する遮断器投入信号 S 1 8 を連系用遮断器 3 に出力する等の同期投入処理を実行する。

【0020】

電源装置 5 は、連系用遮断器 3 の投入状態時において、電力系統 1 により充電されている平常時は、連系運転を行い、電力負荷 6 へは電力系統 1 と電源装置 5 の両方から電力が供給される。

【0021】

電力系統 1 が事故などで停電した場合には、連系用遮断器 3 は開放状態とされ、構内系統 2 に接続する電源装置 5 だけで電力負荷 6 へ電力を供給する自立運転を行う。なお、この自立運転時の構内系統 2 を自立運転系統と呼ぶ。自立運転時には、電源装置 5 は、自身で基準周波数と基準電圧に近い電圧波形を生成する。

【0022】

(同期投入装置 4)

まず、同期投入装置 4 の構成要素、並びに処理フローについて説明する。同期投入装置 4 は、電力系統 1 の復電後に、電力系統 1 と構内系統 2 とを最適な同期投入タイミングで

10

20

30

40

50

電氣的に接続する同期投入処理を行う装置である。

【 0 0 2 3 】

電圧計 P T 1 より測定された測定電圧（電力系統電圧）V 1 は A / D 変換部 1 1 で A / D 変換された後、デジタルデータとして位相計算部 1 2 及び振幅計算部 1 3 に付与される。そして、位相計算部 1 2 により算出位相 P 1 （第 1 計測位相）が得られ、振幅計算部 1 3 より算出振幅 A 1 （第 1 計測振幅）が得られる。

【 0 0 2 4 】

電圧計 P T 2 より測定された測定電圧（構内系統電圧）V 2 は A / D 変換部 2 1 で A / D 変換された後、デジタルデータとして位相計算部 2 2 及び振幅計算部 2 3 に付与される。そして、位相計算部 2 2 により算出位相 P 2 （第 2 計測位相）が得られ、位相計算部 2 3 より算出振幅 A 2 （第 2 計測振幅）が得られる。

10

【 0 0 2 5 】

位相差判定部 1 4 は算出位相 P 1 , P 2 を比較して、両者の位相差が同期投入処理が実行可能な位相差許容値内（例えば、 $\pm 5^\circ$ 以内）である場合に“ H ”の位相判定結果 J P を出力し、そうでない場合は“ L ”の位相判定結果 J P を出力する。

【 0 0 2 6 】

振幅差判定部 1 5 は算出振幅 A 1 , A 2 を比較して、両者の振幅差が同期投入処理が実行可能な振幅差許容値内（例えば、定格電圧比で $\pm 0.1\%$ 以内）である場合に“ H ”の振幅判定結果 J A を出力し、そうでない場合は“ L ”の振幅判定結果 J A を出力する。

【 0 0 2 7 】

論理積回路 1 6 は位相判定結果 J P 及び振幅判定結果 J A の論理積を総合判定信号 S 1 6 としてタイマー部 1 7 及び遮断器投入送信部 1 8 に出力する。

20

【 0 0 2 8 】

タイマー部 1 7 は総合判定信号 S 1 6 を遅延時間 T 遅延させて運転モード送信部 1 9 に出力する。

【 0 0 2 9 】

遮断器投入送信部 1 8 は“ H ”（良）の総合判定信号 S 1 6 の入力を同期投入タイミングとして検知すると、この入力をトリガとして、「投入」を指示する遮断器投入信号 S 1 8 を出力する。一方、遮断器投入送信部 1 8 は“ L ”の総合判定信号 S 1 6 の入力時は何もしない。

30

【 0 0 3 0 】

運転モード送信部 1 9 は、タイマー部 1 7 を経て得られる“ H ”の総合判定信号 S 1 6 の入力をトリガとして、運転モードを自立運転から「連系運転」を指示する運転モード指示信号 S 1 9 を出力する。一方、運転モード送信部 1 9 は“ L ”の総合判定信号 S 1 6 の入力時は何もしない。

【 0 0 3 1 】

上述した位相差判定部 1 4、振幅差判定部 1 5、論理積回路 1 6、タイマー部 1 7、遮断器投入送信部 1 8 及び運転モード送信部 1 9 を主要構成として、上記同期投入タイミング検知をトリガとして、「投入」を指示する遮断器投入信号 S 1 8 の出力及び「連系運転」を指示する運転モード指示信号 S 1 9 を出力する同期投入処理を実行する同期投入実行部が構成される。

40

【 0 0 3 2 】

このような構成において、同期投入装置 4 は、定周期（例えば、電気角 30 度周期：周波数 50 Hz 系統では 1.67 ミリ秒、60 Hz 系統では 1.39 ミリ秒）で同期投入用定期処理を行う。

【 0 0 3 3 】

図 2 は同期投入装置 4 による同期投入用定期処理の処理手順を示すフローチャートである。

【 0 0 3 4 】

同図を参照して、ステップ S T 1 において、電源装置 5 が自立運転の実行中であるか否

50

かを確認し、自立運転中であればステップ S T 2 以降の処理に進み、自立運転中で無く連系運転中であれば処理を終了する。したがって、連系用遮断器 3 が投入されている連系運転時には、同期投入装置 4 はその機能を実質的に停止している。

【 0 0 3 5 】

電力系統 1 が停電し、連系用遮断器 3 が手動操作などにより開放状態に設定され、電源装置 5 が手動操作等により自立運転モードに設定され自立運転が成立した時点で、ステップ S T 1 が Y E S となり、同期投入装置 4 はステップ S T 2 以降を実行することにより実質的な動作を起動する。なお、ステップ S T 1 の自立運転時か否かの処理は、ユーザが手動で実行してもよいし、連系用遮断器 3 の開放 / 投入状態や電源装置 5 の運転モードを取り込んで同期投入装置 4 の (内部の C P U (図示せず) 等による) 制御下で自動判定する処理で実行しても良い。なお、以下に説明するステップ S T 2 以降の処理は、同期投入装置 4 の制御下で自動的に行われる。

10

【 0 0 3 6 】

ステップ S T 2 において、電圧計 P T 1 及び P T 2 から得られる測定電圧 V 1 及び V 2 が A / D 変換部 1 1 及び 1 2 でそれぞれ A / D 変換された後、位相計算部 1 2 , 振幅計算部 1 3 及び位相計算部 2 2 , 振幅計算部 2 3 に付与される。すなわち、これらの計算部 1 2 , 1 3 及び 2 2 , 2 3 が、電圧の瞬時波形を計算処理可能なデジタルデータとして測定電圧 V 1 及び V 2 は取り込まれる。

【 0 0 3 7 】

ステップ S T 3 において、ステップ S T 2 で取り込んだ電圧波形から測定電圧 V 1 及び V 2 それぞれの位相・振幅を計算する。

20

【 0 0 3 8 】

位相計算部 1 2 は測定電圧 (電力系統電圧) V 1 を A / D 変換部 1 1 を介して取り込んだ電圧瞬時波形から電圧波形の位相を算出して算出位相 P 1 を得る。また、振幅計算部 1 3 は、上記電圧瞬時波形から電圧波形の振幅を算出して算出振幅 A 1 を得る。

【 0 0 3 9 】

位相計算部 2 2 は測定電圧 (自立出力電圧) V 2 を A / D 変換部 2 1 を介して取り込んだ電圧瞬時波形から電圧波形の位相を算出して算出位相 P 2 を得る。また、振幅計算部 2 3 は、上記電圧瞬時波形から電圧波形の振幅を算出して算出振幅 A 2 を得る。

【 0 0 4 0 】

なお、位相、及び振幅の算出方法は、様々な方式が実用化されているが、例えば離散フーリエ変換などの算出方法を求めれば良い。

30

【 0 0 4 1 】

その後、ステップ S T 4 において、位相差判定部 1 4 及び振幅差判定部 1 5 によって、位相差 ($| P 1 - P 2 |$) 及び振幅差 ($| A 1 - A 2 |$) が求められる。

【 0 0 4 2 】

さらに、続くステップ S T 5 において、位相差が同期投入処理が実行可能な位相差許容値より小さく、かつ、振幅差が同期投入処理が実行可能な振幅差許容値より小さいという総合判定条件を満足するか否かが確認され、満足する場合 (YES) はステップ S T 6 に移行し、満足しない場合 (NO) は同期投入タイミングでは無いと判断し、処理を終了する。以下、ステップ S T 5 の具体的処理内容について説明する。

40

【 0 0 4 3 】

位相差判定部 1 4 は上記位相差が上記位相差許容値より小さければ “ H ” の位相判定結果 J P を出力し、そうでなければ “ L ” の位相判定結果 J P を出力する。

【 0 0 4 4 】

振幅差判定部 1 5 は上記振幅差が上記振幅差許容値より小さければ “ H ” の振幅判定結果 J A を出力し、そうでなければ “ L ” の振幅判定結果 J A を出力する。

【 0 0 4 5 】

論理積回路 1 6 は位相判定結果 J P 及び振幅判定結果 J A の論理積を求めることにより、位相判定結果 J P 及び振幅判定結果 J A が共に “ H ” のとき、 “ H ” (真 : 総合判定条

50

件を満足した)の総合判定信号 S 1 6 を出力し、それ以外するとき “ L ” の総合判定信号 S 1 6 を出力する。

【 0 0 4 6 】

したがって、総合判定信号 S 1 6 が “ H ” のとき、上記総合判定条件を満足する同期投入タイミングを指示することになる。

【 0 0 4 7 】

ステップ S T 5 で Y E S の場合に実行されるステップ S T 6 において、遮断器投入送信部 1 8 は “ H ” の総合判定信号 S 1 6 の入力を同期投入タイミングとして検知し、“ H ” の総合判定信号 S 1 6 の入力をトリガとして、「投入」を指示する遮断器投入信号 S 1 8 を連系用遮断器 3 に付与する。

10

【 0 0 4 8 】

続くステップ S T 7 において、タイマー部 1 7 は総合判定信号 S 1 6 を遅延時間 T 遅らせて次段の運転モード送信部 1 9 に伝達する遅延時間待機処理(タイマー処理)を実行する。なお、遅延時間 T は、例えば、連系用遮断器 3 が「投入」を指示する遮断器投入信号 S 1 8 を受けて、確実に投入状態となっていると想定される時間(例えば 0 . 1 秒)に設定される。したがって、連系用遮断器 3 が投入状態になる前に自立運転から連系運転に切り替えられて停電状態となる現象を確実に回避することができる。

【 0 0 4 9 】

その後、ステップ S T 8 において、運転モード送信部 1 9 は、“ H ” の総合判定信号 S 1 6 の入力をトリガとして、電源装置 5 へ運転モードを自立運転から連系運転に切り替えるべく、「連系運転」を指示する運転モード指示信号 S 1 9 を電源装置 5 の運転モード受信部 3 2 に出力する。

20

【 0 0 5 0 】

このように、同期投入装置 4 は、同期投入用定期処理を定期的に行うことにより、総合判定信号 S 1 6 が “ H ” となる同期投入タイミングを検知し、このタイミングをトリガとして「投入」を指示する遮断器投入信号 S 1 8 の出力し、「連系運転」を指示する運転モード指示信号 S 1 9 の出力する同期投入処理を実行する。

【 0 0 5 1 】

同期投入装置 4 は、算出位相 P 1 , P 2 の位相差が位相合致許容範囲内にあり、かつ、算出振幅 A 1 , A 2 の振幅差が振幅合致許容範囲内になった同期投入タイミングを検知し、このタイミングをトリガとして、上述した遮断器投入信号 S 1 8 及び運転モード指示信号 S 1 9 を出力する機能を有するだけで、複雑な演算処理を実行する機能を不要にして、同期投入処理を正常に行うことができる効果を奏する。

30

【 0 0 5 2 】

(電源装置 5)

次に、実施の形態 1 の電源装置 5 の各構成要素について説明する。自立運転条件記録部 3 6 は、電力系統 1 側の基準周波数 H s (Hz)より微小に高い(もしくは低い)自立運転時の自立周波数 H g (Hz)を記録する。このように、自立周波数 H g は近似範囲内において基準周波数 H s と異なる値に設定される。

【 0 0 5 3 】

なお、近似範囲としては、例えば、電力系統電圧と自立出力電圧とが数百秒で 1 サイクルずれる程度の範囲が考えられる。

40

【 0 0 5 4 】

さらに、自立運転条件記録部 3 6 は、上述した自立周波数 H g に加え、以下の式(1)によって求められる位相合致周期 T h (秒)よりも十分に短い電圧の振幅変動周期 T v (秒)と、自立出力電圧の振幅変動範囲である最大振幅 V t と最小振幅 V b との 4 情報を予め記録している。これらの 4 情報(H g , T v , V t , V b)は、ユーザが設定するものとする。

【 0 0 5 5 】

$$T h = 1 / | H g - H s | \dots (1)$$

50

例えば、振幅変動範囲（最大振幅 V_t 、最小振幅 V_b ）は、予め定められた電力系統電圧の運用基準範囲に基づきユーザが設定して、自立運転条件記録部 36 に記録させる。

【0056】

また、振幅変動周期 T_v は後述する時間差条件を満足するレベルで位相合致周期 T_h より十分小さく設定される。振幅変動周期 T_v は例えば位相合致周期 T_h の $1/10$ 以下に設定される。

【0057】

自立運転用波形決定部 34 は、自立運転条件記録部 36 にて記録された自立周波数 H_g と内部時間とから生成すべき自立運転時の自立出力電圧の波形の位相を決定するとともに、振幅変動周期 T_v と最大振幅 V_t 、最大振幅 V_t と内部時間とから、生成すべき自立出力電圧の波形の振幅を決定する。

10

【0058】

図 3 は、電源装置 5 の自立運転時における構内系統電圧波形例を示すグラフである。同図に示す構内系統電圧波形 L_2 、すなわち自立出力電圧は、基準周波数 H_s を東日本の 50 (Hz) に対し、自立周波数 H_g を $50.002778 (=50+1/360)$ (Hz)、振幅変動周期 T_v を 0.2 (s)、最大振幅 V_t を 300 (V)、最小振幅 V_b を 200 (V) とした場合の電圧波形例である。

【0059】

同図に示すように、自立運転時における構内系統電圧波形 L_2 は $1000 / (50.002778) = 19.999$ (ms) 周期の波形となり、振幅は 200 (ms) の振幅変動周期で 200 (V) と 300 (V) 間で変化している。

20

【0060】

このように、自立運転用波形決定部 34 は自立周波数 H_g 、振幅変動周期 T_v 、最大振幅 V_t 及び最小振幅 V_b に基づき、自立運転時における自立出力電圧の波形を決定し、この電圧波形を規定した自立運転用波形データ D_{34} を運転モード切替部 33 に出力する。

【0061】

なお、振幅変動周期 T_v 、最大振幅 V_t 、及び最小振幅 V_b については、説明の都合上変化が分かりやすいように、極端な数値を設定しているが、実際の運用では、振幅変動周期 T_v は 10 (秒)、構内系統 2 を小容量の電源装置 5 が連系する 200 V を基準系統とすると、最大振幅 V_t は 210×2 (V)、最小振幅 V_b は 190×2 (V) が妥当である（2 倍は実効値から瞬時値振幅への換算係数）。

30

【0062】

連系運転用波形決定部 35 は、電源装置 5 が構内系統 2 に電氣的に接続する箇所に設けられた電圧計 P_{T3} から A/D 変換部 31 を通して得られるデジタルの電圧波形の位相・振幅に合わせて、電源装置 5 が生成する連系運転時における連系出力電圧の電圧波形の位相・振幅からなる電圧波形を決定して、この電圧波形を規定した連系運転用波形データ D_{35} を運転モード切替部 33 に出力する。

【0063】

運転モード受信部 32 は、同期投入装置 4 の運転モード送信部 19 より受信される運転モード指示信号 S_{19} の指示内容を運転モード切替部 33 に伝達する。なお、自立運転から連系運転への切替は、同期投入装置 4 からの指令（運転モード指示信号 S_{19} ）で実施するが、連系運転から自立運転への切替えは、手動操作などで行う。

40

【0064】

運転モード切替部 33 は、自立運転用波形データ D_{34} 及び連系運転用波形データ D_{35} を受け、自立運転設定時には自立運転用波形データ D_{34} を選択波形データ D_{33} として電圧波形生成部 30 に出力し、連系運転設定時には、連系運転用波形データ D_{35} を選択波形データ D_{33} として電圧波形生成部 30 に出力する。

【0065】

運転モード切替部 33 は、自立運転設定時において、運転モード受信部 32 を介して、「連系運転」への切替を指示する運転モード指示信号 S_{19} を受信すると、設定内容を連

50

系運転に切り替える。すなわち、運転モード切替部 33 は自立運転用波形データ D 34 に替えて、連系運転用波形データ D 35 を選択波形データ D 33 として出力する。

【0066】

電圧波形生成部 30 では、選択波形データ D 33 で規定された電圧波形の位相・振幅に従い、実際の出力電圧の電圧波形を生成する。すなわち、自立運転時には、自立運転用波形データ D 34 に基づく自立出力電圧の波形を生成し、連系運転時には、連系運転用波形データ D 35 に基づく連系出力電圧の波形を生成する。

【0067】

このように、連系運転用波形決定部 35、運転モード切替部 33 及び電圧波形生成部 30 を主要構成として連系運転実行部が構成され、自立運転条件記録部 36、自立運転用波形決定部 34、運転モード切替部 33 及び電圧波形生成部 30 を主要構成として自立運転実行部が構成される。

10

【0068】

なお、電源装置 5 の電圧波形生成部 30 は、出力電圧を選択波形データ D 33 で規定された周波数や振幅で制御可能な電力供給部であればよく、発電機その他、コージェネレーションシステムや蓄電池システムなどであっても良い。

【0069】

以下、電源装置 5 の特徴部分について詳述する。前述したのと同様、一例として、電力系統 1 の基準周波数 H_s を 50 (Hz)、構内系統 2 の基準電圧を 200 (V) とし、自立周波数 H_g を 50.002778 (Hz)、振幅変動周期 T_v を 10 (s)、最大振幅 V_t を 210×2 (V)、最小振幅 V_b を 190×2 (V) とする波形条件を設定した場合を考える。この場合、以下の式(2)より、位相合致周期 T_h が求められる。

20

【0070】

$$T_h = 1 / |H_g - H_s| = 1 / 0.002778 = 360 \text{ (秒)} \dots (2)$$

式(2)に示すように、360 (秒)に一度の周期で、電力系統 1 側の電力系統電圧の波形の位相と、構内系統 2 側の自立出力電圧の電圧波形の位相が自ずと合致する。

【0071】

また、この前後 10 秒 (= 振幅変動周期 T_v) 程度の間で波形は 500 サイクル存在し、その間に自立出力電圧の電圧波形の振幅は 190×2 (V) ~ 210×2 (V)、即ち実効値ベースでは 190 (V) ~ 210 (V) 間で変動する。

30

【0072】

電力系統電圧が実効値ベースで運用基準内である 190 ~ 210 (V) に存在している限り、上記 500 サイクルの中のいずれかで、電力系統電圧の波形の位相・振幅が、電源装置 5 が生成する自立出力電圧の電圧波形の位相・振幅と合致するタイミングが必ず自然に発生する。

【0073】

図 4 は、上記波形条件設定時での、電力系統電圧の電圧波形である電力系統電圧波形 L 1 と、電源装置 5 の自立運転時における構内系統電圧波形 L 2 とのシミュレーション結果を示すグラフである。

【0074】

40

同図(a) に示すように、時間が 0 ms 時点では、構内系統電圧波形 L 2 が電力系統電圧波形 L 1 より若干位相が進み、振幅も大き目となっている。しかし、同図(b) に示すように、時間が 29,800 ms 時点では、電力系統電圧波形 L 1 及び構内系統電圧波形 L 2 の位相・振幅が共に合致している。

【0075】

したがって、同期投入装置 4 は、上述したように、総合判定信号 S 16 が“H”となる同期投入タイミングをトリガとして、「投入」を指示する遮断器投入信号 S 18 を連系用遮断器 3 に出力するとともに、その遅延時間 T 後に「連系運転」を指示する運転モード指示信号 S 19 を電源装置 5 の運転モード受信部 32 に出力する同期投入処理が実行できる。その結果、同期投入装置 4 による同期投入処理により、最適なタイミングで連系用遮

50

断器 3 を投入状態に設定し、かつ、電源装置 5 を自立運転から連系運転へスムーズに移行することが可能となる。

【 0 0 7 6 】

このように、同期投入装置 4 は、電力系統電圧の測定電圧 V_1 と構内系統電圧 (= 自立出力電圧) の測定電圧 V_2 との位相差及び振幅差が共に許容範囲であるか否かに基づき、同期投入装置 4 の投入制御処理、及び電源装置 5 を自立運転から連系運転に変更させる運転制御処理からなる同期投入処理を行うことができる。

【 0 0 7 7 】

上述したように、実施の形態 1 の電源装置 5 は、自立周波数 H_g を近似範囲内で基準周波数 H_s と異なる周波数に設定しているため、位相合致周期 T_h 秒の間には、自立出力電圧の位相と電力系統電圧の位相が合致する瞬間が必ず生じる。

10

【 0 0 7 8 】

すなわち、電力系統 1 の復電時に電力系統 1 を電源装置 5 に電氣的に接続するとともに、電源装置 5 を自立運転から連系運転へと移行する同期投入処理が必要な際、電源装置 5 の自立出力電圧の位相を、電力系統電圧の位相に合致するための能動的な位相制御を必要とせず、位相合致周期 T_h 以内には必ず自立出力電圧の位相と電力系統電圧の位相とが合致する位相合致タイミングを発生させることができる。なお、位相合致タイミングは振幅計算部 13 が出力する位相判定結果 JP が “ H ” となるタイミングを意味する。

【 0 0 7 9 】

さらに、電力系統電圧の電圧変動を考慮した振幅変動範囲内で自立出力電圧の振幅を変動させた振幅変動周期の間に、自立出力電圧の振幅と電力系統電圧の振幅とが合致する瞬間が必ず生じる。

20

【 0 0 8 0 】

すなわち、電源装置 5 の自立出力電圧の振幅を、電力系統電圧の振幅に合致するように、能動的に制御することなく、時間 T_v 以内には必ず自立出力電圧の振幅と電力系統電圧の振幅とが合致する。

【 0 0 8 1 】

この際、振幅変動周期 T_v を位相合致周期 T_h に比べて十分短くしておけば、自立出力電圧の位相と電力系統電圧の位相とが合致した位相合致タイミングから十分短い時間 T_v 内に、自立出力電圧の位相及び振幅と電力系統電圧の位相及び振幅とが共に許容範囲内で合致して、総合判定信号 S_{16} が “ H ” となる同期投入タイミングが発生する。この際、位相差が少しズレる可能性があるが、振幅変動周期 T_v は十分短いため、位相差は位相差許容値内に収まる。

30

【 0 0 8 2 】

その結果、同期投入装置 4 は同期投入タイミングに合わせて上記同期投入処理を実行することができるため、電源装置 5 の能動的な位相制御及び振幅制御の必要性を実質的になくすことができ、電源装置 5 の装置構成の簡略化 (小型化) を図ることができる。

【 0 0 8 3 】

特に、電力系統電圧の変動が振幅差許容値内に収まる場合等、電力系統電圧の振幅変動を考慮する必要が無い場合、上記位相合致タイミングと上記同期投入タイミングとは実質同一になるため、上記位相合致タイミングに合わせて上記同期投入処理を実行することが可能となる。この場合、電源装置 5 の能動的な位相制御の必要性を実質的になくすことができるため、電源装置 5 の装置構成の簡略化を図ることができる。

40

【 0 0 8 4 】

自立運転条件記録部 36 は、振幅変動範囲を予め定められた電力系統電圧の運用基準範囲に基づき決定することにより、自立出力電圧の位相及び振幅と電力系統電圧の位相及び振幅とが精度よく合致するタイミングを必ず設けることができる。

【 0 0 8 5 】

< 実施の形態 2 >

図 5 は本発明の実施の形態 2 である電源装置を含む電源環境の構成を示すブロック図で

50

ある。

【 0 0 8 6 】

同図に示すように、同期投入装置 4 B は同期投入装置 4 に比べ、振幅データベース 2 5 及び振幅範囲計算部 2 6 が追加された点、電源装置 5 B は電源装置 5 に比べ、自立運転条件記録部 3 6 を自立運転条件記録部 3 6 B に置き換えた点が異なる。他の構成は、図 2 で示した電源装置と同じであるため、適宜、同一符号を付して説明を省略する。

【 0 0 8 7 】

振幅データベース 2 5 は、振幅計算部 1 3 から算出振幅 A 1 を入力し、入力された算出振幅 A 1 を蓄積期間（例えば過去 1 年間分）分、逐次記憶する。

【 0 0 8 8 】

振幅範囲計算部 2 6 は、周期的（例えば 1 日周期）で起動し、振幅データベース 2 5 に蓄えられた蓄積期間における電力系統電圧の電圧波形の振幅値の中から、最大振幅値と最小振幅値を算出し、その算出結果を振幅範囲データ D 2 6 として、電源装置 5 B の自立運転条件記録部 3 6 B に出力する。

【 0 0 8 9 】

最大振幅値、最小振幅値の算出には、上記蓄積期間内に単純に電力系統電圧の振幅の最大値、最小値を選択しても良いし、統計処理によって、平均値と標準偏差 を算出し、平均値 + 3 （もしくは平均値 + 2 ）を最大振幅値、平均値 - 3 （もしくは平均値 - 2 ）を最小振幅値としても良い。

【 0 0 9 0 】

電源装置 5 B の自立運転条件記録部 3 6 B は振幅範囲データ D 2 6 に従い、最大振幅 V_t 及び最小振幅 V_b を記録する。

【 0 0 9 1 】

電源装置 5 は、外部より得られる電力系統電圧の過去の変動実績に基づき決定することにより、電力系統 1 の実際の使用環境に適合させることができ、自立出力電圧の位相及び振幅と電力系統電圧の位相及び振幅とが精度よく合致するタイミングを必ず設けることができる。

【 0 0 9 2 】

< 振幅変動周期 T_v の時間差条件及び自立周波数 H_g の近似範囲について >

振幅変動周期 T_v 及び自立周波数 H_g と基準周波数 H_s との間の近似範囲は、

(a) 電力系統 1 側における位相差・振幅差の許容範囲と、

(b) 論理積回路 1 6 の総合判定信号 S_{16} が “ H ” となる同期投入タイミングから、実際に連系用遮断器 3 の同期投入・電源装置 5 の運転モード切替が完了するまでの時間差とに依存して変化する。

【 0 0 9 3 】

上記項目 (a) については、一般的に、位相差 1 5 度以内、振幅差 4 % 以内が電力系統 1 側の許容範囲の目安とされている。勿論、位相差及び振幅差が共に小さいほど、構内系統 2 や電源装置 5 へのショックが軽減されるため、理想的な同期投入となる。

【 0 0 9 4 】

項目 (b) については、連系用遮断器 3 の性能に依存しており、一般に 0 . 1 秒 ~ 2 秒程度の時間差が考えられる。

【 0 0 9 5 】

一例として、上記項目 (a) に関し、電力系統 1 側の許容範囲を位相差 1 5 度以内、振幅差 4 % 以内とし、項目 (b) の時間差の許容範囲を 1 秒以内とした場合の振幅変動周期 T_v の時間差条件及び自立周波数 H_g の近似範囲を考える。

【 0 0 9 6 】

この場合、電力系統 1 の電力系統電圧と自立出力電圧（自立運転電圧）とが完全合致する同期投入タイミングからの 1 秒間は、位相差 1 5 度以内、振幅差 4 % 以内を継続する必要がある。なお、位相差判定部 1 4 の位相差許容範囲、及び振幅差判定部 1 5 の振幅差許容範囲を厳しくすることにより、電力系統電圧と自立出力電圧とが完全合致する時点を同

10

20

30

40

50

期投入タイミングに設定することができる。

【0097】

まず、振幅差について考察する。電気事業法では電圧は100Vベース（実効値ベース）で 101 ± 6 V内での供給が義務付けられている。電力系統電圧の可変幅は12V幅＝12%となる。この12%幅のどこかに合致するように、自立出力電圧を変動させる必要がある。すなわち、同期投入タイミングから、ずれ幅が1秒後でも振幅差4%以内にするには、振幅変動周期 T_v は6秒（＝ $(12/4) \cdot 2$ ）以上にする必要がある。すなわち、振幅変動周期 T_v は6秒以上とする時間差条件を満足させて位相合致周期 T_h よりも十分短い時間に設定することが望ましい。

【0098】

次に、位相差について考える。ずれ幅が6秒後（同期投入タイミングから振幅変動周期 T_v の経過後時間）でも位相差15度以内にするには、位相合致周期 T_h は144秒（＝ $(360/15) \cdot 6$ ）以上にする必要がある。

【0099】

すなわち、上述した式(2)で算出される位相合致周期 T_h が144秒以上となる近似範囲内で自立周波数 H_g を基準周波数 H_s とを異なる値に設定する必要がある。

【0100】

このように、上記項目(a)及び項目(b)の許容範囲を満足することを条件として、自立周波数 H_g の基準周波数 H_s との近似範囲が決定され、位相合致周期 T_h より短くする振幅変動周期 T_v の時間差条件が決定される。

【0101】

（その他）

なお、上述した実施の形態において、同期投入装置4及び同期投入装置4B内の各構成部（位相計算部12、振幅計算部13、位相差判定部14、振幅差判定部15、論理積回路16、タイマー部17、位相計算部22、振幅計算部23及び振幅範囲計算部26等）は、例えば、ソフトウェアに基づくCPUを用いたプログラム処理によって実行される。加えて、図2で示した同期投入用定期処理手順に沿った制御動作も、同期投入装置4（4B）において、ソフトウェアに基づくCPUを用いたプログラム処理によって実行される。

【0102】

同様に、電源装置5及び電源装置5B内の構成部（運転モード切替部33、自立運転用波形決定部34、及び連系運転用波形決定部35等）は、例えば、ソフトウェアに基づくCPUを用いたプログラム処理によって実行される。

【0103】

また、同期投入装置4B内の振幅データベース25、電源装置5内の自立運転条件記録部36及び電源装置5B内の自立運転条件記録部36Bは、例えば、HDD、DVD、メモリなどによって構成される。

【0104】

なお、本発明は、その発明の範囲内において、各実施の形態を自由に組み合わせたり、各実施の形態を適宜、変形、省略したりすることが可能である。

【符号の説明】

【0105】

1 電力系統、2 構内系統、3 連系用遮断器、4, 4B 同期投入装置、5, 5B 電源装置、6 電力負荷、14 位相差判定部、15 振幅差判定部、16 論理積回路、17 タイマー部、18 遮断器投入送信部、19 運転モード送信部、25 振幅データベース、26 振幅範囲計算部、30 電圧波形生成部、31 A/D変換部、31、32 運転モード受信部、33 運転モード切替部、34 自立運転用波形決定部、35 連系運転用波形決定部、36, 36B 自立運転条件記録部。

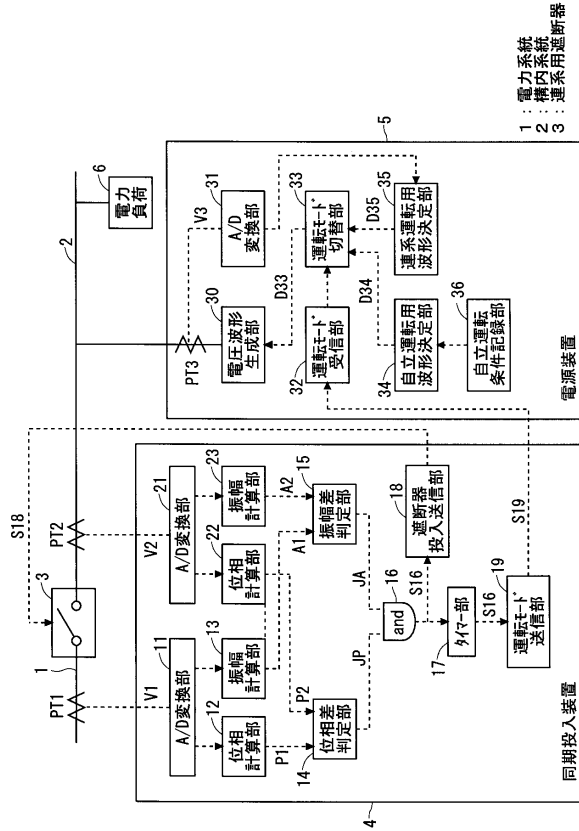
10

20

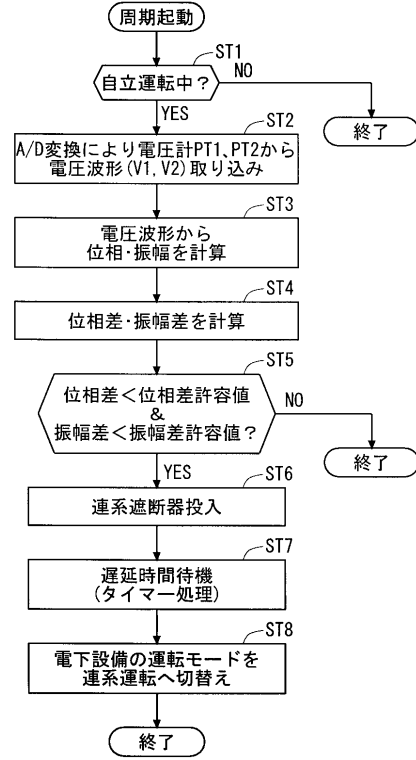
30

40

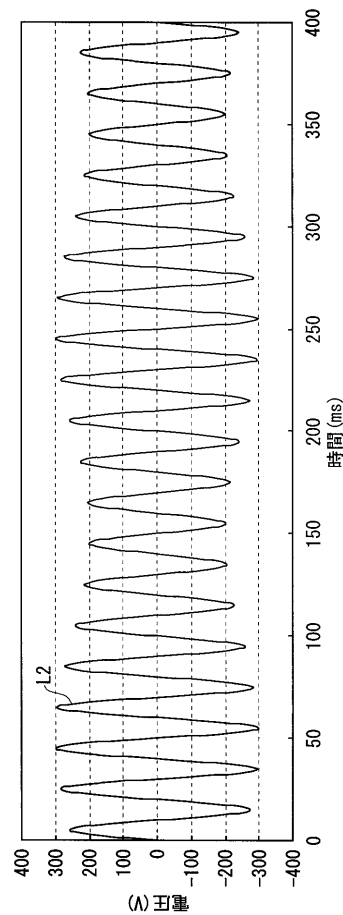
【図 1】



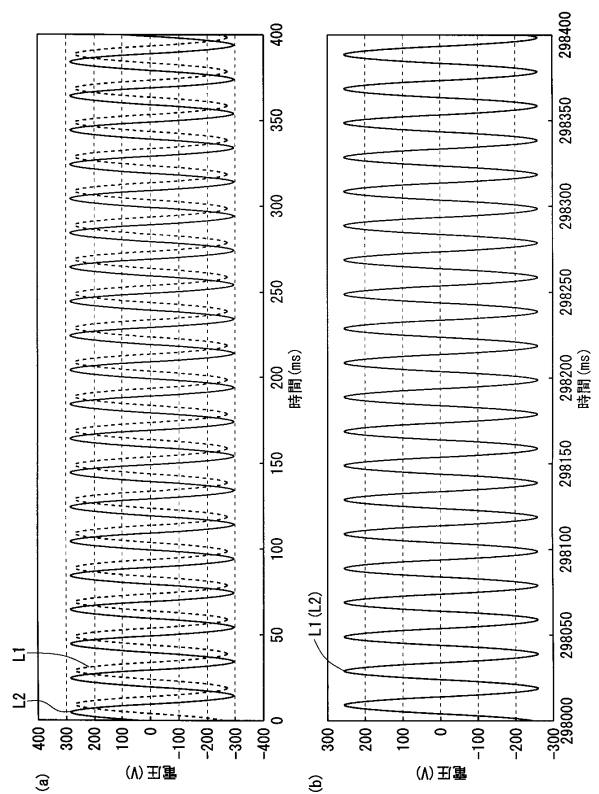
【図 2】



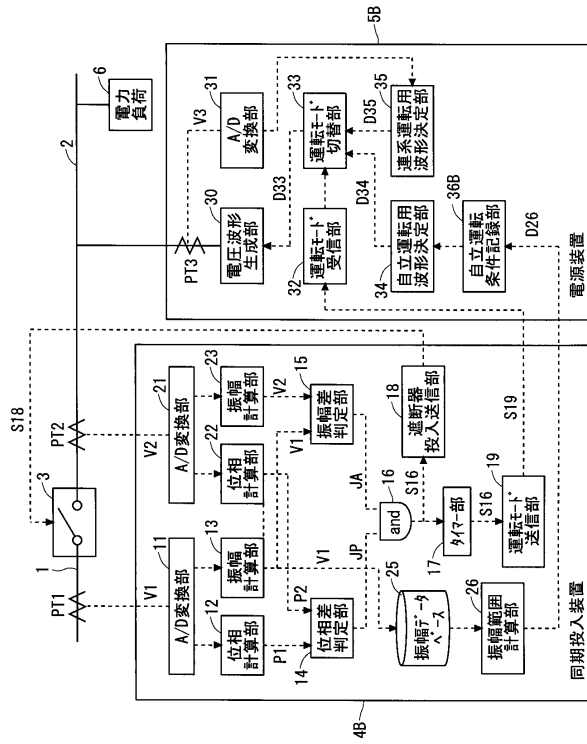
【図 3】



【図 4】



【図5】



フロントページの続き

(56)参考文献 特開平08-009648(JP,A)
特開2011-188614(JP,A)
特開2010-226871(JP,A)
特開2011-114948(JP,A)
特開平07-015968(JP,A)
特開2011-019392(JP,A)
特開平11-266541(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H02M	7 / 48
H02J	3 / 38
H02J	3 / 42