

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第4664113号
(P4664113)

(45) 発行日 平成23年4月6日(2011.4.6)

(24) 登録日 平成23年1月14日(2011.1.14)

(51) Int. Cl.		F I		
H02J 13/00	(2006.01)	H02J 13/00	301A	
G01R 23/12	(2006.01)	G01R 23/12		

請求項の数 17 (全 11 頁)

(21) 出願番号	特願2005-114618 (P2005-114618)	(73) 特許権者	504132272
(22) 出願日	平成17年4月12日(2005.4.12)		国立大学法人京都大学
(65) 公開番号	特開2006-296105 (P2006-296105A)		京都府京都市左京区吉田本町36番地1
(43) 公開日	平成18年10月26日(2006.10.26)	(73) 特許権者	000156938
審査請求日	平成20年3月27日(2008.3.27)		関西電力株式会社
			大阪府大阪市北区中之島三丁目6番16号
特許法第30条第1項適用	平成16年11月25日	(74) 代理人	100101454
平成16年電気関係学会 関西支部連合大会実行委員会			弁理士 山田 卓二
発行の「平成16年 電気関係学会関西支部連合大会		(74) 代理人	100081422
講演論文集」に発表			弁理士 田中 光雄
		(74) 代理人	100098280
特許法第30条第1項適用	平成17年2月8日		弁理士 石野 正弘
国立大学法人京都大学主催の「国立大学法人京都大学エネ		(74) 代理人	100125874
ルギー科学研究科エネルギー応用科学専攻修士論文発表会			弁理士 川端 純市
」において文書をもって発表			

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 電力系統の固有周波数の監視システム及び監視方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

電力系統の固有周波数を監視するシステムであって、
 電力系統に対し、特定周波数の微小電力を注入する擾乱付加手段と、
 微小電力注入後の電力系統からの応答である応答電力を入力し、その応答電力から、電力系統で送電される電力本来の周波数成分を除去して、応答電力における微小電力による変動分を抽出するフィルタと、
 該抽出した応答電力の変動分における前記特定周波数成分と、前記擾乱付加手段から出力された微小電力との位相差を検出する位相差検出手段と、
 前記検出された位相差に基づいて、前記検出された位相差が所定値となるように前記擾乱付加手段の特定周波数を制御する制御手段とを備え、
 前記制御された特定周波数を、電力系統の固有周波数または固有周波数からシフトした周波数として検出する、
 ことを特徴とする電力系統の固有周波数の監視システム。

【請求項2】

前記所定値は90度であることを特徴とする請求項1記載の電力系統の固有周波数の監視システム。

【請求項3】

前記所定値は90度から所定量だけシフトした値であることを特徴とする請求項1記載の電力系統の固有周波数の監視システム。

10

20

【請求項 4】

電力系統の固有周波数を監視するシステムであって、
 電力系統に対し、特定周波数の微小電力を注入する擾乱付加手段と、
 微小電力注入後の電力系統からの応答である応答電力を入力し、その応答電力から、電力系統で送電される電力本来の周波数成分を除去して、応答電力における微小電力による変動分を抽出するフィルタと、
 該抽出した応答電力の変動分の振幅が所定値となる時の変動分の周波数を検出する固有周波数検出手段と、
 前記擾乱付加手段により注入される微小電力の特定周波数が前記検出された周波数に一致するように前記特定周波数を制御する制御手段とを備え、
前記制御された特定周波数を、電力系統の固有周波数または固有周波数からシフトした周波数として検出する、
 ことを特徴とする電力系統の固有周波数の監視システム。

10

【請求項 5】

前記所定値は、前記変動分の振幅の最大値であることを特徴とする請求項 4 記載の電力系統の固有周波数の監視システム。

【請求項 6】

前記所定値は、前記変動分の振幅の最大値から所定量だけシフトした値であることを特徴とする請求項 4 記載の電力系統の固有周波数の監視システム。

20

【請求項 7】

前記擾乱付加手段は S M E S (Superconducting Magnetic Energy Storage System) または S V G (Static Var Generator) であることを特徴とする請求項 1 ないし 6 のいずれか 1 つに記載の電力系統の固有周波数の監視システム。

【請求項 8】

前記微小電力は正弦波状電力であることを特徴とする請求項 1 ないし 6 のいずれか 1 つに記載の電力系統の固有周波数の監視システム。

【請求項 9】

前記微小電力は、前記応答電力の特定周波数成分の位相を 90 度進めた信号成分を含むことを特徴とする請求項 1 ないし 6 のいずれか 1 つに記載の電力系統の固有周波数の監視システム。

30

【請求項 10】

電力系統の固有周波数を監視する方法であって、
 電力系統に対し、特定周波数の微小電力を注入し、
 微小電力注入後の電力系統からの応答である応答電力を入力し、
 その応答電力から、電力系統で送電される電力本来の周波数成分を除去して、応答電力における微小電力による変動分を抽出し、
 該抽出した応答電力の変動分における前記特定周波数成分と、前記注入された微小電力との位相差を検出し、
 該検出した位相差に基づいて、前記位相差が所定値となるように、前記注入する微小電力の特定周波数を制御し、
前記制御された特定周波数を、電力系統の固有周波数または固有周波数からシフトした周波数として検出する
 ことを特徴とする電力系統の固有周波数の監視方法。

40

【請求項 11】

前記所定値は 90 度であることを特徴とする請求項 10 記載の電力系統の固有周波数の監視方法。

【請求項 12】

前記所定値は 90 度から所定量だけシフトした値であることを特徴とする請求項 10 記載の電力系統の固有周波数の監視方法。

【請求項 13】

50

電力系統の固有周波数を監視する方法であって、
 電力系統に対し、特定周波数の微小電力を注入し、
 微小電力注入後の電力系統からの応答である応答電力を入力し、
 その応答電力から、電力系統で送電される電力本来の周波数成分を除去して、応答電力
 における微小電力による変動分を抽出し、
 該抽出した応答電力の変動分の振幅が所定値となる時の変動分の周波数を検出し、
 前記特定周波数が前記検出した周波数に一致するように、前記注入する微小電力の特定
 周波数を制御し、
前記制御された特定周波数を、電力系統の固有周波数または固有周波数からシフトした
周波数として検出する

10

ことを特徴とする電力系統の固有周波数の監視方法。

【請求項 1 4】

前記所定値は、前記変動分の振幅の最大値であることを特徴とする請求項 1 3 記載の電力系統の固有周波数の監視方法。

【請求項 1 5】

前記所定値は、前記変動分の振幅の最大値から所定量だけシフトした値であることを特徴とする請求項 1 3 記載の電力系統の固有周波数の監視方法。

【請求項 1 6】

前記微小電力は正弦波状電力であることを特徴とする請求項 1 0 ないし 1 5 のいずれか 1 つに記載の電力系統の固有周波数の監視方法。

20

【請求項 1 7】

前記微小電力は前記応答電力の特定周波数成分の位相を 9 0 度進めた信号成分を含むことを特徴とする請求項 1 0 ないし 1 5 のいずれか 1 つに記載の電力系統の固有周波数の監視方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0 0 0 1】

本発明は電力系統の状態を監視するシステム及び方法であって、特に、電力系統の固有周波数をオンラインで監視する技術に関する。

【背景技術】

30

【0 0 0 2】

電力送電事業においては、送電する電気の品質（周波数、電圧）を常時一定に保持する必要がある（特許文献 1、2 参照）。このため、電力事業者は電力系統の状態、安定度余裕の把握、制御を行っている。従来、電力系統の運転状態や安定度の把握は、オフラインの計算機による解析によって行われていた。すなわち、電力系統をモデル化し、オフラインで所定のパラメータを与えて計算機で解析することにより行っていた。

【0 0 0 3】

しかし、実際の電力系統を正確にモデル化することは困難であり、また、実際の電力系統では、運転状態は時々刻々と変化することから、オフライン解析では精度または即時性において十分な情報が得られないのが実情である。そのため、電力系統の運転はある程度のマージンを持った上で行われており、系統設備を効率よく利用しているとは言い難い状況にある。

40

【0 0 0 4】

また、近年のわが国における電力事業の自由化にともない、電力系統運用者が十分把握していない多くの電源が連系される状況となっている。これらの不確定な要素はオフラインの計算機解析において十分に反映することができず、系統状態を精度よく把握する上で問題となる。

【0 0 0 5】

また、電力系統の状態を把握する要素として、電力系統の固有値の固有周波数を把握することは重要である。

50

【特許文献 1】特開平 5 - 3 3 6 6 6 6 号公報

【特許文献 2】特開平 3 - 2 5 6 5 3 3 号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

以上のような状況を鑑みれば、今後益々、種々の電源が連系される電力系統において時々刻々と変化する系統状態を精度よくかつ迅速に把握できる監視システムが要望される。

【0007】

本発明は上記課題を解決すべくなされたものであり、その目的とするところは、電力系統状態を示す要素として電力系統の固有周波数をリアルタイムにかつ精度よく監視できる、電力系統のオンライン監視システム及び監視方法を提供することにある。

10

【課題を解決するための手段】

【0008】

本発明の第 1 の監視システムは電力系統の固有周波数を監視するシステムである。擾乱付加手段は、電力系統に対し、特定周波数の微小電力を注入する。フィルタは、微小電力注入後の電力系統からの応答である応答電力を入力し、その応答電力から、電力系統で送電される電力本来の周波数成分を除去して、応答電力における微小電力による変動分を抽出する。位相差検出手段は、抽出した応答電力の変動分における特定周波数成分と、擾乱付加手段から出力された微小電力との位相差を検出する。制御手段は、検出された位相差に基づいて、検出された位相差が所定値となるように擾乱付加手段の特定周波数を制御する。制御された特定周波数が、電力系統の固有周波数または固有周波数からシフトした周波数として検出される。

20

【0009】

本発明の第 2 の監視システムは電力系統の固有周波数を監視するシステムである。擾乱付加手段は、電力系統に対し、特定周波数の微小電力を注入する。フィルタは、微小電力注入後の電力系統からの応答である応答電力を入力し、その応答電力から、電力系統で送電される電力本来の周波数成分を除去して、応答電力における微小電力による変動分を抽出する。固有周波数検出手段は、抽出した応答電力の変動分の振幅が所定値となる時の変動分の周波数を検出する。制御手段は、擾乱付加手段の特定周波数が検出された周波数に一致するように特定周波数を制御する。制御された特定周波数が、電力系統の固有周波数または固有周波数からシフトした周波数として検出される。

30

【発明の効果】

【0010】

本発明によれば、電力系統に注入する微小電力の周波数を、検出した電力系統の固有周波数にロックさせるように制御することが可能となるため、オンラインでの電力系統の固有周波数の精度よいモニタが可能となる。従来では、電力系統の状態を精度よく把握できず、電力事業の自由化にともない不確定な要素が増えることから、ある程度のマージンを持たせて電力系統を運用する必要があったが、本発明により、電力系統の固有周波数すなわち電力系統の状態を精度よく把握できるため、マージンを低減でき、電力設備の稼働効率を向上させることができる。

40

【発明を実施するための最良の形態】

【0011】

以下、添付の図面を参照して本発明に係る電力系統の監視システムの好ましい実施の形態について説明する。以下に説明する電力系統の監視システムは、電力系統の状態を支配する要素として電力系統の固有値の固有周波数を監視する。

【0012】

第 1 の実施形態

図 1 は本発明の第 1 の実施形態における電力系統の固有周波数の監視システムの構成を示した図である。監視システム 1 は電力系統 100 の固有値の固有周波数を監視する。電力系統 100 は一例として 8 機無限大母線系統を用いており、G 1 から G 8 の 8 つの発電

50

機から例えばトータルでおよそ1000MWの電力が供給されている。

【0013】

監視システム1は、電力系統100に対して擾乱としての微小電力を与えるSMES (Superconducting Magnetic Energy Storage System) 11と、SMES11から出力される微小電力 P_{sm} の周波数 f_{sm} を制御する周波数コントローラ13と、電力系統100にて送電される電力における擾乱による変動分 P_{line} を抽出するフィルタ15と、フィルタ15の出力信号中から一定周波数成分の振幅、位相を測定するロックインアンプ17とを備える。

【0014】

監視システム1は、電力系統100に微小電力 P_{sm} を注入し、これに対する系統の電力動揺、例えば送電線電力を計測する。一般に、注入した微小電力 P_{sm} の周波数 f_{sm} が、電力系統の安定度を支配する固有値の固有周波数に近い場合、電力系統100からの応答電力 P_{line} の振幅は最大となり、また、応答電力 P_{line} と、与えた微小電力 P_{sm} との位相差は所定値(例えば90度)となる。そこで、本実施形態の監視システム1では、応答電力の位相差をフィードバック量として用い、与える微小電力 P_{sm} の周波数 f_{sm} を電力系統の固有周波数にロックさせるように制御する。これによって、電力系統の状態の変化により固有周波数が変化した場合、与える微小電力の周波数 f_{sm} がこれに追従するため、オンラインでの電力系統の固有周波数のモニタが可能となる。

10

【0015】

図2は、電力系統100において発電機の出力を変化させたときの電力系統の固有周波数の変化例を示した図である。図2において横軸の単位(p.u.)は、出力されている電力の、発電機の最大出力電力に対する割合を示す。例えば、0.8p.u.とは、最大出力の80%の電力が出力されていることを示す。同図より、発電機出力の増大とともに電力系統の固有周波数は減少していくことが分かる。このことから、固有周波数をモニタすれば、発電機出力が安定限界に近づいてきたか否かを知ることができることが分かる。

20

【0016】

図3は、微小電力 P_{sm} の周波数 f_{sm} を0.5~2.5Hzの範囲で変化させながら、電力系統に擾乱として微小電力 P_{sm} を注入し、その微小電力による応答電力 P_{line} の変動分 P_{line} を測定したときの、変動分 P_{line} の振幅、および、変動分 P_{line} と微小電力 P_{sm} の位相差の変化を示した図である。図3(a)に示すように、変動分 P_{line} の振幅は、ある周波数(1.01Hz)で最大値を示している。この最大値を示す周波数が電力系統の固有周波数である。また、電力系統に与えた微小電力 P_{sm} と、その微小電力による変動成分 P_{line} の位相差は、図3(b)に示すように、周波数変化につれて180度から0度へと変化するが、特に、固有周波数(1.01Hz)において90度となる。本実施形態では、この特性に着目し、微小電力 P_{sm} と変動成分 P_{line} の位相差が90度となるように微小電力 P_{sm} の周波数を制御することで、微小電力 P_{sm} の周波数を電力系統の固有周波数に追従させるようにする。

30

【0017】

微小電力 P_{sm} の周波数の制御についてより具体的に説明する。発電機出力の変動により電力系統の状態が変化すると、それにつれて電力系統の固有周波数も変化する。図4は、2つの電力系統の状態について位相差の変化を示した図である。今、図4において「x」で示す第1の状態から「」で示す第2の状態に電力系統の状態が変化した場合を考える。この場合、固有周波数は1.1Hzから0.86Hzへ変化するため、微小電力の周波数 f_{sm} は減少させる必要がある。このとき、第1の状態の固有周波数である1.1Hz近傍で第2の状態の位相差を測定すると、90度より小さい値が観測される。よって、位相差として90度より小さい値が観測された場合は、微小電力の周波数 f_{sm} は減少させればよいことが分かる。逆に、第2の状態から第1の状態へ変化したとき、すなわち、電力系統の固有周波数が増加したときは、微小電力の周波数 f_{sm} を増加させればよい。このように位相差に基づいて微小電力の周波数 f_{sm} を増減することで、周波数 f_{sm} を電力系統の固有周波数に追従させることができる。

40

50

【 0 0 1 8 】

なお、電力系統の構成によっては、固有周波数が複数存在する場合もあるが、電力系統の安定度に関しては、一般的に最小の固有周波数のみを監視すれば十分である。

【 0 0 1 9 】

上記の点を踏まえて、図 1 に示す監視システム 1 の動作を以下に詳細に説明する。

【 0 0 2 0 】

S M E S 1 1 は電力系統 1 0 0 に対し、擾乱として微小電力 P_{sm} を与える。本実施形態では、次式で表される正弦波状電力を与える。

$$P_{sm} = P_0 \sin(2 f_{sm} t) \quad (1)$$

P_0 は振幅であり、電力系統 1 0 0 に送電される電力の 0 . 数 % 程度の値 (例えば、2 ~ 3 MW) とする。また、 f_{sm} は例えば 0 . 5 ~ 2 . 5 Hz の値をとる。電力系統に注入する微小電力 P_{sm} の波形を図 5 (a) に示す。

10

【 0 0 2 1 】

フィルタ 1 5 は、微小電力注入後の電力系統 1 0 0 の一回線から応答電力 P_{line} を入力し、その入力電力 P_{line} から、電力系統 1 0 0 に本来的に送電される電力の周波数成分を除去して、S M E S 1 1 による擾乱による変動分 P_{line} のみを取り出す。応答電力の変動分 P_{line} の波形を図 5 (b) に示す。

【 0 0 2 2 】

ロックインアンプ 1 7 はフィルタ 1 5 から変動分 P_{line} を測定信号として入力し、S M E S 1 1 から参照信号として微小電力 P_{sm} を入力し、変動分 P_{line} における、微小電力 P_{sm} の周波数 f_{sm} と同じ周波数の成分と、微小電力 P_{sm} との位相差 を出力する。

20

【 0 0 2 3 】

周波数コントローラ 1 3 はロックインアンプ 1 7 からの位相差 に基づいて、S M E S 1 1 から出力される微小電力 P_{sm} の周波数 f_{sm} を電力系統 1 0 0 の固有周波数に一致させるよう、S M E S 1 1 に対して制御信号を出力する。具体的には、周波数コントローラ 1 3 は、位相差 を所定値 (ここでは、所定値は電力系統 1 0 0 の固有周波数を与える位相差である 9 0 度) と比較する。周波数コントローラ 1 3 は、位相差 が 9 0 度より大きければ、周波数 f_{sm} を増加させるように、位相差 が 9 0 度より小さければ、周波数 f_{sm} を減少させるように、周波数 f_{sm} を変化させるための制御信号を出力する。

【 0 0 2 4 】

S M E S 1 1 は周波数コントローラ 1 3 から制御信号を受けて微小電力 P_{sm} の周波数 f_{sm} を制御する。これにより、電力系統 1 0 0 に擾乱を与える P_{sm} の周波数 f_{sm} が、電力系統の固有周波数に追従するよう制御される。すなわち、周波数コントローラ 1 3 で制御される周波数 f_{sm} の値は電力系統 1 0 0 の固有周波数と実質的に等しいため、周波数 f_{sm} をモニタすれば、電力系統 1 0 0 の固有周波数をリアルタイムにかつ精度よく認識できることになる。これにより、電力系統の状態もリアルタイムにかつ精度よく把握できる。

30

【 0 0 2 5 】

なお、上記説明では、電力系統に対して大きな影響を与えず微小な電力擾乱を与える装置として S M E S を用いたが、S M E S の代わりに、有効電力と無効電力を独立かつ高速に制御でき、与えた擾乱により自身の出力が影響を受けないものであれば、他の電力供給装置 (例えば、S V G (Static Var Generator)) を利用することもできる。

40

【 0 0 2 6 】

第 2 の実施形態

第 1 の実施形態では、周波数コントローラ 1 3 は、微小電力の周波数 f_{sm} を電力系統の固有周波数に追従するよう制御した。しかし、追従を行う間、S M E S 1 1 の励振が電力系統の固有周波数付近での電力動揺になるため、そのままでは電力系統の安定度に悪影響を及ぼす恐れがある。そこで微小電力の印加と同時に、S M E S 1 1 から電力系統 1 0 0 に対して安定化制御をかける。すなわち、次式により与えられる微小電力 P_{sm} を電力系統に注入する。

$$P_{sm} = P_0 \sin(2 f_{sm} t) + k_{sm} P_{stab} \quad (2)$$

50

ここで、 k_{sm} は制御ゲインであり、 P_{stab} は応答電力 P_{line} の変動分 ΔP_{line} を90度だけ位相を進めた信号である。 $k_{sm}P_{stab}$ の項により電力系統の制動係数が増加し、動揺を早く減衰させることで系統を安定化することができる。

【0027】

図6は、上記の安定化制御を考慮した監視システムの構成を示した図である。本実施形態の監視システム1bにおいて実施の形態1のものと相違する点は、周波数コントローラ13が位相差 ϕ に加えて応答電力 P_{line} の変動分 ΔP_{line} を入力している点である。周波数コントローラ13は、SMESS11に対し、上式(2)を満たす微小電力 P_{sm} が出力されるよう制御信号を出力する。

【0028】

図7は、本実施形態の監視システムによる実験結果を示した図である。図中、曲線Xは発電機の出力の変化を示し、同図では、時間経過にほぼ比例して発電機出力を増加させている。「 f_r 」は、発電機の出力を時間的に変化させずある値で一定にした場合に測定された固有周波数を示す。曲線Yは本実施形態の監視システムにより測定された電力系統の固有周波数(すなわち、微小電力の周波数 f_{sm})の変化を示す。曲線Yと「 f_r 」とを比較すると、両者はほぼ一致しており、本実施形態の監視システムにより、精度のよい固有周波数の測定結果が得られていることがわかる。また、曲線Zは位相差 ϕ の変化を示し、ほぼ90度に制御されていることがわかる。

【0029】

第3の実施形態

第1および第2の実施形態では、ロックインアンプ17から出力される位相差 ϕ に基づいて、系統に注入する微小電力の周波数 f_{sm} を制御した。本実施形態では、位相差 ϕ の代わりに、応答電力の変動分 ΔP_{line} の振幅の最大値に基づいて、周波数 f_{sm} を制御する例を説明する。

【0030】

図8は、本実施形態における電力系統の監視システムの構成を示す図である。本実施形態の監視システム1cにおいて、周波数コントローラ13は、参照信号 $P(f_r)$ を、その周波数(f_r)を0.5Hzから2.5Hzの範囲で変化させながら、ロックインアンプ17に出力する。ロックインアンプ17は、周波数コントローラ13から参照信号 $P(f_r)$ を受けて、変動分 ΔP_{line} における周波数(f_r)成分の振幅($|\Delta P_{line}(f_r)|$)を、周波数(f_r)の変化に応じて出力する。周波数コントローラ13は、振幅が最大となる周波数(すなわち、固有周波数を与える周波数)を求め、SMESS11の微小電力の周波数を、その求めた周波数になるよう制御する。このように、位相差 ϕ の代わりに変動分 ΔP_{line} の振幅を用いても、微小電力 P_{sm} の周波数 f_{sm} を系統の固有周波数にロックさせることができる。

【0031】

以上のように、第1ないし第3の実施形態の監視システムによれば、電力系統100に微小電力 P_{sm} を擾乱として注入し、これに対する系統の電力動揺を応答電力として計測し、応答電力の擾乱による変動分の位相差又は振幅をフィードバック量として用い、与える微小電力 P_{sm} の周波数 f_{sm} を電力系統の固有周波数にロックさせるように制御する。これによって、電力系統の状態の変化により固有周波数が変化した場合、与える微小電力の周波数 f_{sm} がこれに追従するため、オンラインでの電力系統の固有周波数のモニタが可能となる。

【0032】

なお、上記の各実施形態においては、電力系統に注入する微小電力 P_{sm} の周波数 f_{sm} を系統の固有周波数となるよう制御した。この場合、電力系統には、共振点において擾乱を与えることになり、電力系統の動作が不安定となることも考えられる。そこで、微小電力 P_{sm} の周波数 f_{sm} を固有周波数ではなく、固有周波数から所定値だけシフトした値にロックさせるようにしてもよい。これにより、共振点を避けて電力系統に擾乱を与えることができ、電力系統の安定度をより向上できる。すなわち、第1および第2の実施形態では、

10

20

30

40

50

位相差 が 90 度となるよう微小電力 P_{sm} の周波数 f_{sm} を制御したが、その代わりに、位相差 が 100 度や 110 度となるように周波数 f_{sm} を制御してもよい。また、第 3 の実施形態の場合は、振幅の最大値を与える周波数の代わりに、最大値から所定値だけ離れた値を与える周波数にロックさせるように制御してもよい。

【図面の簡単な説明】

【0033】

【図 1】本発明の第 1 の実施形態における電力系統の固有周波数の監視システムの構成図

【図 2】電力系統における発電機の出力を変化させたときの電力系統の固有周波数の変化を示した図

【図 3】微小電力 P_{sm} の周波数 f_{sm} を変化させながら、電力系統に擾乱として微小電力 P_{sm} を注入したときの、(a) 応答電力における擾乱による変動分の振幅、および、(b) 微小電力と変動分の位相差の変化を示した図

10

【図 4】2 つの電力系統の状態について、微小電力 P_{sm} とそれによる応答電力の変動分 P_{line} との位相差 の変化を示した図

【図 5】(a) 微小電力の波形を示す図、(b) 応答電力の変動分 P_{line} の波形を示す図

【図 6】本発明の第 2 の実施形態における安定化制御を考慮した監視システムの構成を示した図

【図 7】実施形態の監視システムによる実験結果を示した図

【図 8】本発明の第 3 の実施形態における安定化制御を考慮した監視システムの構成を示した図

20

【符号の説明】

【0034】

1、1b、1c 電力系統の固有周波数の監視システム

11 S M E S (超電導電力貯蔵装置)

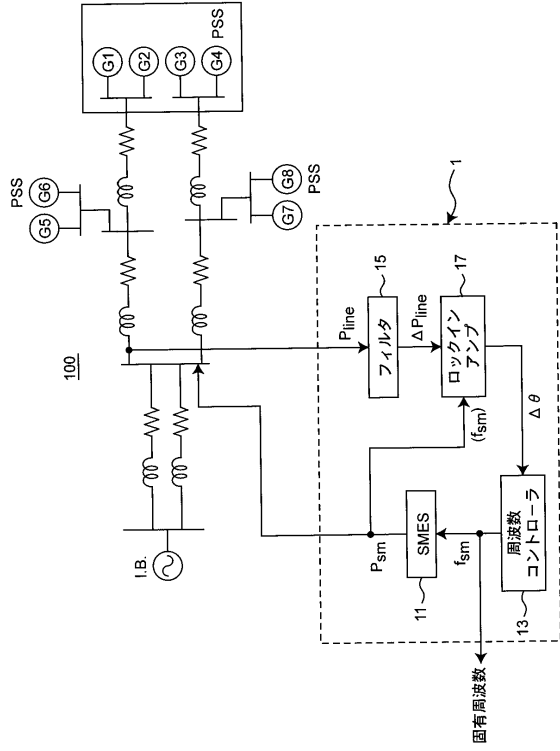
13 周波数コントローラ

15 フィルタ

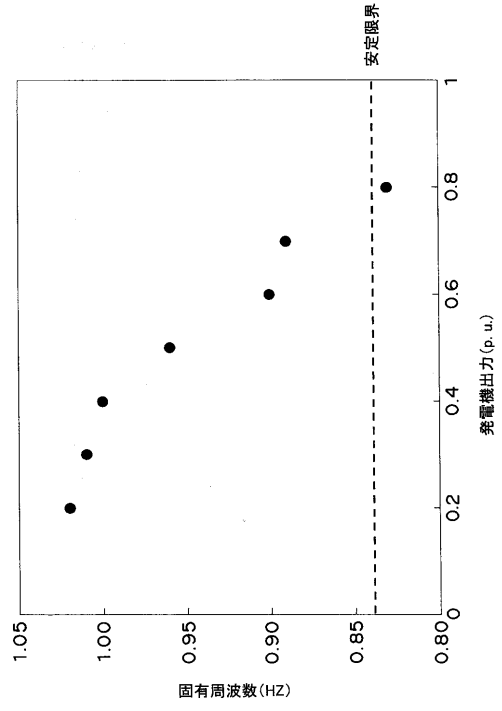
17 ロックインアンプ

100 電力系統 (8 機無限大母線系統)

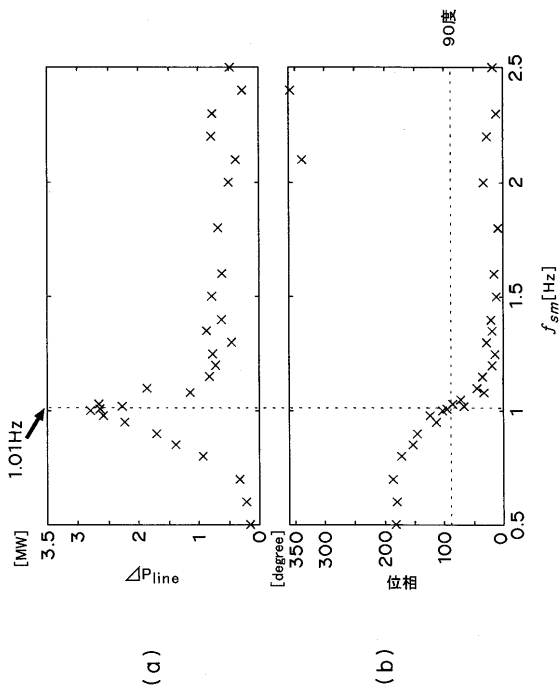
【図1】



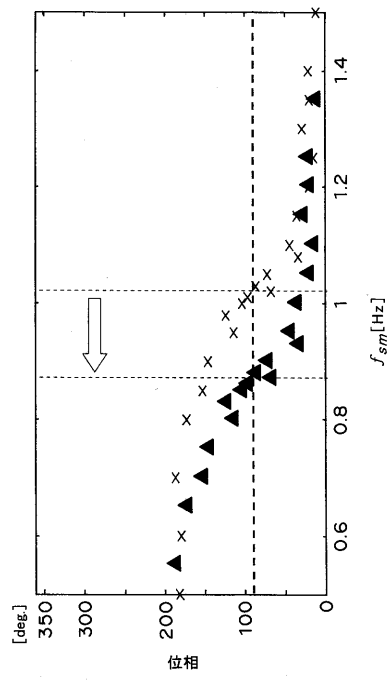
【図2】



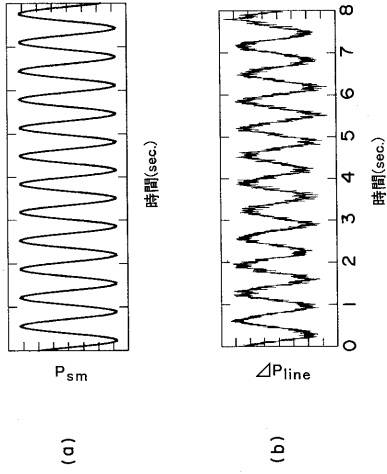
【図3】



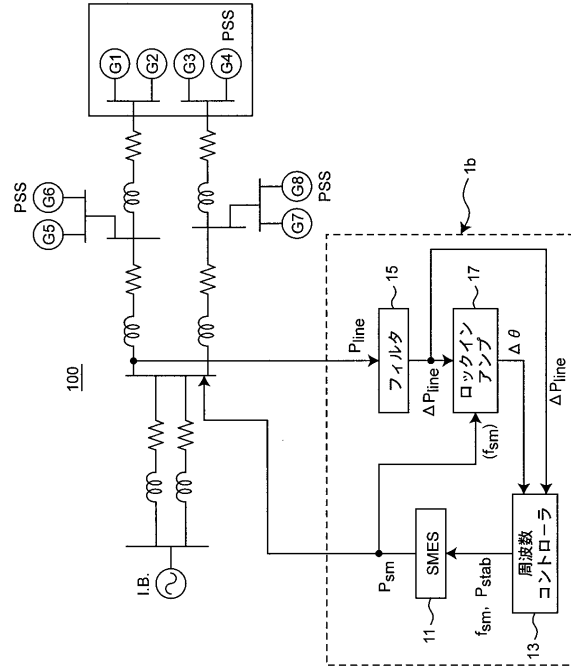
【図4】



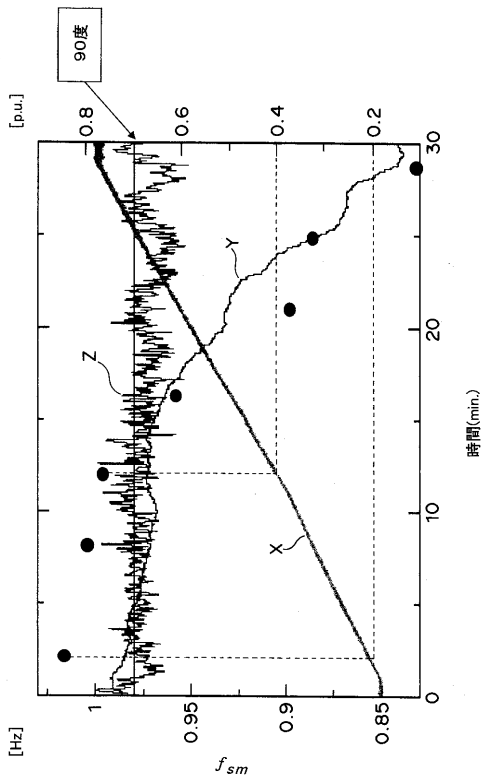
【図 5】



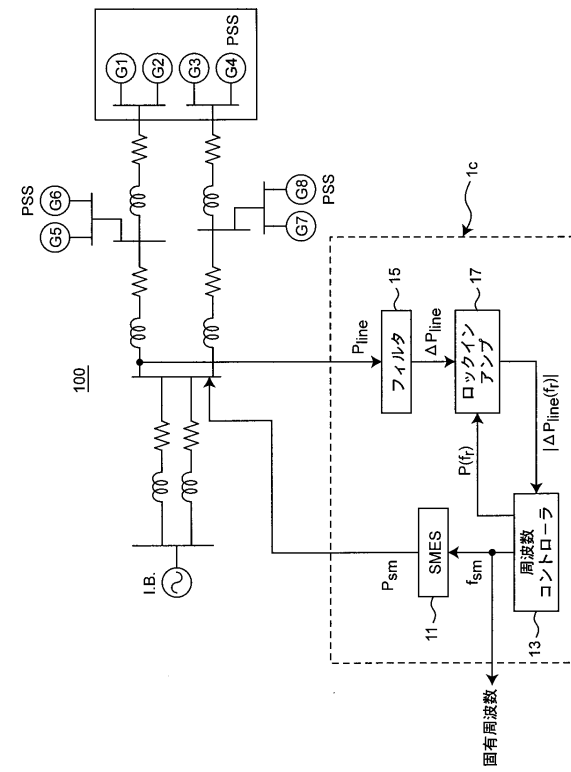
【図 6】



【図 7】



【図 8】



フロントページの続き

特許法第30条第1項適用 2005年3月17日 社団法人電気学会発行の「平成17年 電気学会全国大会
講演論文集 5」に発表

(72)発明者 白井 康之
京都府京都市左京区吉田本町 国立大学法人京都大学大学院エネルギー科学研究科内

(72)発明者 仁田 旦三
東京都文京区本郷7-3-1 国立大学法人東京大学大学院工学系研究科内

(72)発明者 柴田 勝彦
兵庫県尼崎市若王寺3-11-20

審査官 高野 誠治

(56)参考文献 特開平03-256533(JP,A)
特開昭62-114435(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
H02J 13/00
G01R 23/12