

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第3556865号
(P3556865)

(45) 発行日 平成16年8月25日(2004.8.25)

(24) 登録日 平成16年5月21日(2004.5.21)

(51) Int. Cl.⁷

F I

H02J 3/24
H02J 3/00

H02J 3/24 Z
H02J 3/00 G
H02J 3/00 K

請求項の数 18 (全 21 頁)

(21) 出願番号	特願平11-222545	(73) 特許権者	000005108
(22) 出願日	平成11年8月5日(1999.8.5)		株式会社日立製作所
(65) 公開番号	特開2001-54237(P2001-54237A)		東京都千代田区神田駿河台四丁目6番地
(43) 公開日	平成13年2月23日(2001.2.23)	(74) 代理人	100084032
審査請求日	平成13年6月13日(2001.6.13)		弁理士 三品 岩男
		(72) 発明者	渡辺 雅浩
			茨城県日立市大みか町七丁目1番1号 株式会社日立製作所 日立研究所内
		(72) 発明者	天野 雅彦
			茨城県日立市大みか町七丁目1番1号 株式会社日立製作所 日立研究所内
		(72) 発明者	小西 博雄
			茨城県日立市大みか町七丁目1番1号 株式会社日立製作所 日立研究所内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 系統安定化制御パラメータ決定装置および方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

電力系統の構成または状態の変更を可能とする安定化装置の制御パラメータを決定する装置であって、
前記安定化装置が接続された電力系統における、発電機の出力、母線電圧、周波数及び線路潮流のうちの少なくとも1の、外乱による振動に関連する動揺情報と、前記安定化装置が前記電力系統に与える影響の情報とに基づいて、前記電力系統における振動が小さくなるように前記制御パラメータまたは制御構成を決定することを特徴とする系統安定化制御パラメータ決定装置。

【請求項2】

安定化装置が接続された電力系統における、発電機の出力、母線電圧、周波数及び線路潮流のうちの少なくとも1の、外乱による振動に関連する動揺情報の提供を受け、該動揺情報から動揺モード情報を求める可観測性評価装置と、
前記安定化装置が前記電力系統に与える影響の情報の提供を受け、該影響の情報をを用いて当該電力系統の制御に対する感度情報を求める可制御性評価装置と、
前記可観測性評価装置から得られる動揺モード情報および前記可制御性評価装置から得られる感度情報に基づき、前記電気系統における振動が小さくなるように、前記安定化装置の制御パラメータまたは制御構成を決定する制御チューニング装置と、
を備えることを特徴とする系統安定化制御パラメータ決定装置。

【請求項3】

10

20

前記安定化装置が接続された電力系統の状態、構成および構成要素の少なくとも一つに関する情報を前記電力系統から取得し、前記可観測性評価装置へ提供すべき前記動揺情報および前記可制御性評価装置へ提供すべき前記影響の情報のうちの少なくとも一方を生成し、該生成した情報を該当する装置へ出力する系統情報管理装置をさらに備えることを特徴とする、請求項 2 記載の系統安定化制御パラメータ決定装置。

【請求項 4】

前記安定化装置が接続された電力系統の状態、構成および構成要素の少なくとも一つに関する情報の提供を受け、該提供された系統に関する情報に基づいてシミュレーションを実施し、前記可観測性評価装置へ提供すべき前記動揺情報および前記可制御性評価装置へ提供すべき前記影響の情報のうちの少なくとも一方を生成し、該生成した情報を該当する装置へ出力する系統シミュレーション装置をさらに備えることを特徴とする、請求項 2 または 3 記載の系統安定化制御パラメータ決定装置。

10

【請求項 5】

前記可観測性評価装置は、前記提供された動揺情報を用いて動揺モードの振幅、位相および減衰率のうち、少なくとも振幅と位相を求めることを特徴とする、請求項 2 記載の系統安定化制御パラメータ決定装置。

【請求項 6】

前記可制御性評価装置は、前記提供された影響の情報を用いて前記安定化装置の制御量に対する前記電力系統内の発電機の出力変化感度を求めることを特徴とする、請求項 2 記載の系統安定化制御パラメータ決定装置。

20

【請求項 7】

前記制御チューニング装置によって決定された安定化装置の制御パラメータまたは制御構成を、認識可能な形態でオペレータへ告知する監視装置をさらに備えることを特徴とする、請求項 2 記載の系統安定化制御パラメータ決定装置。

【請求項 8】

前記電力系統の構成または状態を変更する場合、前記制御チューニング装置によって決定された前記安定化装置の制御パラメータまたは制御構成の情報に応じて、当該安定化装置の制御装置の変更、予め用意しておいた制御パラメータおよび制御構成のいずれかに対応する安定化装置の制御装置への変更、および、該当する制御装置への入力信号の変更のうちのいずれかを選択することを特徴とする、請求項 2 記載の系統安定化制御パラメータ決定装置。

30

【請求項 9】

前記制御チューニング装置によって決定された安定化装置の制御パラメータまたは制御構成の情報には、フィルタの構成、位相補償ブロックの構成、各構成の時定数、および、各構成のゲインの少なくとも一つが含まれていることを特徴とする、請求項 2 記載の系統安定化制御パラメータ決定装置。

【請求項 10】

前記制御チューニング装置は、前記安定化装置の制御入力信号に含まれる動揺モードの大きさ、位相および減衰率のうちの一つに関する情報と、前記安定化装置の制御量に対する前記電力系統内の発電機の出力変化感度に関する感度情報と、前記電力系統内の発電機の動揺モードの位相情報と、前記電力系統内の発電機の慣性定数または慣性の大きさを表す情報とを用いて、前記安定化装置の制御装置の位相補償量を決定することを特徴とする、請求項 2 記載の系統安定化制御パラメータ決定装置。

40

【請求項 11】

前記制御チューニング装置は、前記安定化装置の制御装置の位相補償量を決定する場合、前記電力系統内の発電機の周波数偏差情報、角速度変化情報、位相角変化情報および有効出力変化情報のうち少なくとも一つと、前記電力系統内の母線電圧周波数偏差情報および線路有効電力変化情報のうちの少なくとも一方とを用いることを特徴とする、請求項 2 記載の系統安定化制御パラメータ決定装置。

【請求項 12】

50

前記可観測性評価装置は、Prony解析手法またはSteiglitz-McBride法によって前記動揺モードの位相、振幅および減衰率のうちの少なくとも一つを求めることを特徴とする、請求項2記載の系統安定化制御パラメータ決定装置。

【請求項13】

前記電力系統についてのシミュレーションを行う系統シミュレーション装置をさらに備え、前記系統情報管理装置は、前記電力系統に外乱が発生した場合に外乱直前の系統情報を前記系統シミュレーション装置に提供し、前記系統シミュレーション装置は、前記提供された系統情報を用いてシミュレーションを実施し、実際の現象よりも早く当該電力系統の応動を予測し、前記可観測性評価装置は、前記予測結果を用いて前記動揺モードの分析を行ない、前記制御チューニング装置は、前記動揺モードの分析結果を用いて、前記安定化装置の制御パラメータまたは制御構成を決定することを特徴とする、請求項3記載の系統安定化制御パラメータ決定装置。

10

【請求項14】

前記安定化装置は、前記電力系統と有効電力または無効電力授受を行なう装置、前記電力系統内の線路に直列挿入されたインピーダンスまたは母線電圧位相を調整する装置、および前記電力系統内の発電機の励磁電圧を制御する装置のうちのいずれかであることを特徴とする、請求項1乃至2のいずれかに記載の系統安定化制御パラメータ決定装置。

【請求項15】

電力系統の構成または状態を変更することを可能とする安定化装置と、該安定化装置を制御する制御装置とを備える系統安定化システムであって、前記制御装置の制御パラメータまたは制御構成を決定する、請求項1または2記載の系統安定化制御パラメータ決定装置を備えることを特徴とする系統安定化システム。

20

【請求項16】

電力系統の構成または状態の変更を可能とする安定化装置の制御パラメータを決定する方法であって、

前記安定化装置が接続された電力系統における、発電機の出力、母線電圧、周波数及び線路潮流のうちの少なくとも1の、外乱による振動に関連する動揺情報と、前記安定化装置が前記電力系統に与える影響の情報とに基づいて、前記振動を小さくするように前記制御パラメータまたは制御構成を決定することを特徴とする系統安定化制御パラメータ決定方法。

30

【請求項17】

安定化装置が接続された電力系統における、発電機の出力、母線電圧、周波数及び線路潮流のうちの少なくとも1の、外乱による振動に関連する動揺情報、及び、前記安定化装置が前記電力系統に与える影響の情報の提供を受け、該動揺情報から動揺モード情報、該影響の情報を用いて当該電力系統の制御に対する感度情報をそれぞれ求め、前記動揺モード情報および前記感度情報に基づいて、前記電力系統における振動を小さくするように前記安定化装置の制御パラメータまたは制御構成を決定することを特徴とする系統安定化制御パラメータ決定方法。

【請求項18】

請求項16または17に記載の系統安定化制御パラメータ決定方法を計算機上で実行させるためのプログラムを記録した、計算機読取り可能な記憶媒体。

40

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、電力系統に設置された安定化装置を制御する制御装置のパラメータや構成を決定およびそれをユーザに示すことで、電力系統の安定度を向上させることを可能とする系統安定化制御パラメータ決定装置に関する。

【0002】

【従来の技術】

交流電力系統の動揺を抑制するために、系統のさまざまなパラメータを制御する安定化装

50

置が検討されている。例えば、電力貯蔵装置を系統に設置して系統と有効電力や無効電力の授受をおこなったり、可変インピーダンス型の直列コンデンサのインピーダンスを変化させることで、系統の動揺の減衰を早めることが可能となる。

【0003】

これらの系統安定化装置が有効に働くためには、系統の動揺に応じて変化する信号、例えば線路潮流や周波数偏差を検出し、その信号に応じて制御を行うことが必要となる。

【0004】

このような制御においては、制御対象となる系統から検出する信号のどれを使い、またその信号に応じていかに制御するか、すなわち制御パラメータをどう設定するかによってその動揺抑制効果が異なってくる。このため系統安定化装置の制御方法の検討や、制御パラメータの決定手法についても検討されてきた。

10

【0005】

例えば、電気学会論文誌電力・エネルギー部門誌、Vol. 113 - B、No. 3、P 203の文献では、複数の遠方地点の発電機角速度偏差の動揺信号に感度で重み付けして総和をとり、制御入力とする手法が示されている。この手法を便宜上、手法1と呼ぶ。

【0006】

また、固有値感度を指標とし、繰り返し計算で制御パラメータを更新して最適な制御パラメータを求める手法も知られている。この手法を便宜上、手法2と呼ぶ。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】

20

上記従来技術の手法1では、時々刻々と変化する系統の観測値、たとえば発電機角速度偏差を常時制御入力とする必要がある。このような制御入力信号に検出や伝送等による遅れが生じると、安定化装置の制御効果が低減することになる。上記手法1では、一般に制御入力として複数の遠方地点の入力信号を常時使用して制御を行なう必要があるために高速な信号伝送設備が必要であったり、また伝送遅れの影響で制御性能が低下したり、多くの入力信号を使用するために信頼性が低下するという問題点があった。

【0008】

また上記従来技術の手法2では、固有値感度を求めるために固有値計算が必要となり、系統及び安定化装置の線形化モデルを用意する必要があった。また、制御パラメータの選択や調整には試行錯誤が必要であり、専門家が繰り返し固有値計算を行わなければならない問題点があった。このように、上記手法2では、安定化装置の制御パラメータを決定するために、膨大な固有値計算を専門家が行う必要があり、制御パラメータを設定するために相当な時間が必要とされていた。

30

【0009】

本発明の目的は、以上のような従来方式の問題点を解決し、安定化装置の制御を行なう制御系の制御パラメータを適切かつ高速に設定することを可能とする系統安定化制御パラメータ決定装置および方法を提供することにある。

【0010】

より具体的には、上記制御パラメータを例えば最低一つの入力信号によって適切かつ高速に設定することを可能とする系統安定化制御パラメータ決定装置および方法を提供することを本発明の目的とする。

40

【0011】

【課題を解決するための手段】

上記目的を達成するために本発明の系統安定化制御パラメータ決定装置および方法は、一実施態様において、電力系統の構成または状態を変更することを可能とする安定化装置が接続された電力系統において、該電力系統の動揺情報と、前記安定化装置が電力系統に与える影響の情報をを用いて、前記安定化装置の制御パラメータまたは制御構成を決定することを特徴とする。

【0012】

また、上記目的を達成するために本発明の系統安定化制御パラメータ決定装置は、他の実

50

施態様において、安定化装置が接続された電力系統の動揺情報を用いて動揺モード情報、例えば動揺モードの振幅、位相、減衰率を求める可観測性評価装置と、前記安定化装置の制御に対する電力系統の感度情報、例えば系統内の発電機の出力変化感度を求める可制御性評価装置と、前記可観測性評価装置によって提供される動揺モード情報および前記可制御性評価装置によって提供される感度情報を用いて安定化装置の制御パラメータまたは制御構成を決定する制御チューニング装置とを備えることを特徴とする。

【0013】

ここで、上記実施態様の系統安定化制御パラメータ決定装置においては、前記安定化装置が接続された電力系統の状態、構成および構成要素の少なくとも一つに関する情報を取得し、前記可観測性評価装置へ提供すべき前記動揺情報および前記可制御性評価装置へ提供すべき前記影響の情報のうちの少なくとも一方を生成し、該生成した情報を該当する装置へ出力する系統情報管理装置を備える構成としてもよい。

10

【0014】

さらに、上記実施態様の系統安定化制御パラメータ決定装置においては、前記系統情報に基づいてシミュレーションを実施し、前記可観測性評価装置へ提供すべき前記動揺情報および前記可制御性評価装置へ提供すべき前記影響の情報のうちの少なくとも一方を生成し、該生成した情報を該当する装置へ出力する系統シミュレーション装置をさらに備える構成としてもよい。

【0015】

また、上記実施態様の系統安定化制御パラメータ決定装置においては、前記制御チューニング装置によって決定された安定化装置の制御パラメータまたは制御構成を、オペレータにわかるように表示あるいは告知する監視装置を備える構成としてもよい。

20

【0016】

また、上記実施態様の系統安定化制御パラメータ決定装置においては、前記電力系統の構成または状態を変更する場合、前記制御チューニング装置によって決定された前記安定化装置の制御パラメータまたは制御構成の情報に応じて、当該安定化装置の制御装置の変更、予め用意しておいた制御パラメータおよび制御構成のいずれかに対応する安定化装置の制御装置への変更、および、該当する制御装置への入力信号の変更のうちのいずれかを選択する構成としてもよい。

【0017】

前記制御チューニング装置によって決定された安定化装置の制御パラメータまたは制御構成の情報とは、例えば、フィルタや位相補償ブロックの構成、または、各構成の時定数やゲインである。

30

【0018】

より具体的に例えば、前記制御チューニング装置は、安定化装置の制御入力信号に含まれる動揺モードの大きさ、位相および減衰率のうち少なくとも一つに関する情報と、安定化装置の制御量に対する系統内の発電機の出力変化感度情報と、系統内の発電機の動揺モードの位相情報と、系統内の発電機の慣性定数または慣性の大きさを表す情報とを用いて、安定化装置の制御装置の位相補償量を決定する。

【0019】

なお、前記制御チューニング装置で安定化装置の制御装置の位相補償量を決定する場合、例えば、電力系統内の発電機の周波数偏差情報、角速度変化情報、位相角変化情報、有効出力変化情報のいずれかが少なくとも一つと、電力系統内の母線電圧周波数偏差情報または線路有効電力変化情報の少なくとも一方とを用いる構成としてもよい。

40

【0020】

前記可観測性評価装置は、例えば、Prony解析手法またはSteiglitz-McBride法によって、動揺モードの位相、振幅および減衰率のいずれかを求める。

【0021】

また、上記実施態様の系統安定化制御パラメータ決定装置において、前記系統情報管理装置が電力系統に外乱が発生した場合に外乱直前の系統情報を前記系統シミュレーション装

50

置に提供し、それをもとに前記系統シミュレーション装置が実際の現象よりも早くシミュレーションによって系統の応動を予測し、その結果をもとに前記可観測性評価装置によって動揺モードの分析を行ない、その結果をもとに前記制御チューニング装置によって安定化装置の制御パラメータまたは制御構成を決定する構成としてもよい。

【0022】

ここで、本発明の系統安定化制御パラメータ決定装置および方法が対象とする安定化装置とは、例えば、電力系統と有効電力または無効電力授受を行なう装置、線路に直列に挿入されたインピーダンスや母線電圧位相を調整する装置、および、発電機の励磁電圧を制御する装置のいずれかである。

【0023】

本発明によれば、電力系統の動揺情報と、安定化装置が電力系統に与える影響の情報とを用いて、安定化装置の制御パラメータまたは制御構成を決定することで、最低限の制御入力信号によって、系統の動揺を効果的に抑制する制御系を設計することが可能となる。

【0024】

また、本発明によれば、提供される動揺情報を用いて動揺モード情報を求める可観測性評価装置と、安定化装置の制御に対する感度情報を求める可制御性評価装置と、前記動揺モード情報および感度情報を用いて前記制御パラメータまたは制御構成を決定する制御チューニング装置とを備えることで、最低限の制御入力信号によって、系統の動揺を効果的に抑制する制御系を設計することが可能となる。

【0025】

また、制御チューニング装置によって決定された安定化装置の制御パラメータまたは制御構成を、オペレータにわかるように表示または告知する監視装置を備えることで、オペレータに制御構成や制御パラメータに関する知見を与えることが可能となる。

【0026】

また、前記電力系統の構成または状態を変更する場合、前記制御チューニング装置によって決定された前記安定化装置の制御パラメータまたは制御構成の情報に応じて、当該安定化装置の制御装置の変更、予め用意しておいた制御パラメータおよび制御構成のいずれかに対応する安定化装置の制御装置への変更、および、該当する制御装置への入力信号の変更のうちいずれかを選択することで、系統の状態に適応した制御構成および制御パラメータの提供が可能となる。

【0027】

また、制御チューニング装置によって決定された安定化装置の制御パラメータまたは制御構成の情報を、フィルタまたは位相補償ブロックの構成、または、各構成の時定数またはゲインとすることで、系統の動揺を効果的に抑制する制御系を設計することが可能となる。

【0028】

また、制御チューニング装置は、安定化装置の制御入力信号に含まれる動揺モードの大きさ、位相および減衰率の少なくとも一つに関する情報と、安定化装置の制御量に対する系統内の発電機の出力変化感度情報と、系統内の発電機の動揺モードの位相情報と、系統内の発電機の慣性定数または慣性の大きさを表す情報を用いて、安定化装置の制御装置の位相補償量を決定することで、最低限の制御入力信号によって系統の動揺を効果的に抑制する制御系を設計することが可能となる。

【0029】

また、制御チューニング装置が前記位相補償量を決定する場合に、電力系統内の発電機の周波数偏差情報、角速度変化情報、位相角変化情報および有効出力変化情報のいずれかと、電力系統内の母線電圧周波数偏差情報または線路有効電力変化情報のいずれかとを用することで、最低限の制御入力信号によって、系統の動揺を効果的に抑制する制御系を設計することが可能となる。

【0030】

また、可観測性評価装置は、Prony解析手法またはSteiglitz-McBri

10

20

30

40

50

d e 法によって動揺モードの位相、振幅、減衰率を求めることで、適切に動揺モード分析を行なうことが可能となる。

【 0 0 3 1 】

また、系統情報管理装置は系統に外乱が発生した場合に外乱直前の系統情報を系統シミュレーション装置に提供し、それをもとに系統シミュレーション装置は実際の現象よりも早くシミュレーションによって系統の応動を予測し、その結果をもとに可観測性評価装置によって動揺モードの分析を行ない、その結果をもとに制御チューニング装置によって安定化装置の制御パラメータまたは制御構成を決定することで、系統故障が発生した後にその系統状態に最も適した制御構成で系統の動揺を抑制することが可能となる。

【 0 0 3 2 】

また、本発明の対象となる安定化装置を、系統と有効電力または無効電力授受を行なう装置、線路に直列に挿入されたインピーダンスや母線電圧位相を調整する装置、および、発電機の励磁電圧を制御する装置のいずれかとするすることで、最低限の制御入力信号によって系統の動揺を効果的に抑制する系統安定化装置を提供することが可能となる。

【 0 0 3 3 】

【 発明の実施の形態 】

以下、本発明の実施の形態を図面を参照して説明する。

【 0 0 3 4 】

本発明を系統安定化装置 (P S S) 1 1 と直流送電システム 1 2 と電力貯蔵装置 1 3 で構成した場合の構成例を図 1 に示す。以下、本発明による系統安定化制御パラメータ決定装置 1 の一実施形態を図 1 を参照して説明する。

【 0 0 3 5 】

本実施形態の系統安定化制御パラメータ決定装置 1 は、制御チューニング装置 2 0、監視装置 2 1、可観測性評価装置 2 2、可制御性評価装置 2 3、系統情報管理装置 2 4、および系統シミュレーション装置 2 5 を備えている。

【 0 0 3 6 】

ここで、制御チューニング装置 2 0、可観測性評価装置 2 2 および可制御性評価装置 2 3 のそれぞれは、例えば、CPU とメモリ を備える計算機およびその上で動作するプログラムとして構成する。前記プログラムは、例えば、記憶媒体に記憶しておき、記憶媒体読込装置等で計算機に読み込む構成としてもよい。

【 0 0 3 7 】

なお、本実施形態では、可観測性評価装置 2 2、可制御性評価装置 2 3 へ供給すべき動揺情報、系統情報を、系統情報管理装置 2 4 および系統シミュレーション装置 2 5 から供給する構成としている。しかし、上記動揺情報および系統情報が外部からの入力を受けることができる場合、あるいは、系統情報管理装置 2 4 および系統シミュレーション装置 2 5 のうちのいずれか一方から得られる場合には、それに応じて不必要となる系統情報管理装置 2 4 および系統シミュレーション装置 2 5 のいずれか一方あるいは両方を除く構成としてもよい。

【 0 0 3 8 】

本実施形態において、直流送電システム 1 2 と電力貯蔵装置 1 3 は発電機 1 4、負荷 1 5、送電線 1 6 等で構成される電力系統に接続されている。

【 0 0 3 9 】

前記電力系統は、一般になんらかの外乱、例えば送電線への落雷事故などによって、例えば発電機 1 4 の回転数が変動し、それに伴って発電機出力、母線電圧、周波数、線路潮流等が振動する。ここではこのような電力系統に発生する振動現象を電力系統の動揺と表記し、またそれらの動揺の様子を表す情報を電力系統の動揺情報と表記する。

【 0 0 4 0 】

系統安定化装置 (P S S) 1 1 は、発電機 1 4 に設置され、発電機 1 4 の動揺を抑制するように発電機の励磁電圧を調整する。直流システム 1 2 と電力系統の間にやり取りされる電力の一部は、直流モジュレーション装置 (D C - P S S) 1 7 によって制御され、電力

10

20

30

40

50

系統の電力動揺を抑制するように働く。電力貯蔵装置 13 の出力は出力制御装置 18 によって電力系統の電力動揺を抑制するように制御される。出力制御装置 18 の出力信号は、検出装置 19 によって検出された送電線 16 の電力偏差 P や周波数偏差 f をもとにして作成される。

【0041】

本実施形態においては、これら系統安定化装置 11、直流送電システム 12、電力貯蔵装置 13 の出力制御装置 18 の制御パラメータまたは制御構成の少なくとも一部を、本発明を適用した系統安定化制御パラメータ決定装置 1 の制御チューニング装置 20 によってセットする。

【0042】

制御チューニング装置 20 は、系統情報管理装置 24 によって与えられる線路インピーダンスや発電機運転状態などの系統構成または現在の系統情報や、可観測性評価装置 22 によって与えられる系統の動揺モード分析結果情報や、可制御性評価装置 23 によって与えられる電力貯蔵装置 13 等の制御量に対する発電機出力変化感度情報を基に、電力貯蔵装置 13 の出力制御装置 18 の制御入力を選定したり、制御パラメータを設定したりする。ここで、動揺モードとは、系統の動揺に含まれるある周波数または周期の振動成分のことを表す。

【0043】

可観測性評価装置 22 および可制御性評価装置 23 の処理機能についての説明は後述する。

【0044】

系統情報管理装置 24 は、可観測性評価装置 22 に対して、発電機や線路電力や母線電圧周波数の動揺等の検出値などの電力系統の動揺情報を与える。また、系統情報管理装置 24 は、可制御性評価装置 23 に対して、電力貯蔵装置 13 の出力変化に対する発電機の出力変化感度等の、安定化装置が電力系統に与える影響の情報を与える。ここでは、安定化装置が電力系統に与える影響の情報のことを感度情報とも表記する。

【0045】

系統シミュレーション装置 25 は、系統情報管理装置 24 によって与えられる線路インピーダンスや発電機定数、発電機出力などの系統情報を基にして、線路地絡故障等の外乱を想定した時間軸シミュレーションを行ない、計算結果から発電機や線路電力や母線電圧周波数の動揺等の検出値などの系統の動揺情報や、電力貯蔵装置 13 の出力変化に対する発電機の出力変化感度などの情報を、可観測性評価装置 22 および可制御性評価装置 23 に与える。

【0046】

すなわち、系統情報管理装置 24 は現実の系統から得られた検出値を基にした動揺および感度情報を可観測性評価装置 22 および可制御性評価装置 23 に与え、一方、系統シミュレーション装置 25 は計算機などによる時間軸シミュレーションを用いた想定故障計算結果を基にした動揺情報および感度情報を可観測性評価装置 22 および可制御性評価装置 23 に与える。

【0047】

監視装置 21 は、これらの制御チューニングに必要となる情報や、選定された制御入力情報や制御パラメータ情報を表示する。オペレータが監視装置 21 の情報を見ることで、系統の電力動揺の様子や、制御チューニングの効果などを監視することが可能となる。

【0048】

ここで、系統安定化装置 11、直流送電システム 12、電力貯蔵装置 13 の出力制御装置 18 の制御パラメータは、制御チューニング装置 20 がセットするとしたが、代りに監視装置 21 に表示される値を見て、オペレータが入力する値に従って制御パラメータを設定する構成としてもよい。

【0049】

また、制御パラメータをチューニングする対象として系統安定化装置 11 と直流送電シス

10

20

30

40

50

テム 12 と電力貯蔵装置 13 を想定したが、この他に無効電力を制御可能とする無効電力補償装置や、インピーダンスを制御可能とするサイリスタ制御直列コンデンサや、位相制御を可能とする位相調整器などの、系統のパラメータを制御して電力動揺を抑制することを可能とする装置であれば、本発明はいずれにも適用可能である。

【 0050 】

また、系統情報管理装置 24 は系統に外乱が発生した場合に外乱直前の系統情報をシミュレーション装置 25 に提供し、それをもとに系統シミュレーション装置 25 による実際の現象よりも早くシミュレーションを行ない系統の応動を予測し、その結果によって可観測性評価装置 22 によって動揺モードの分析を行ない、その結果をもとに制御チューニング装置 20 によって電力貯蔵装置 13 の出力制御装置 18 の制御パラメータまたは制御構成を決定してもよい。

10

【 0051 】

系統情報管理装置 24 の詳細構成の一例を図 2 に示す。

【 0052 】

本例の系統情報管理装置 24 は、系統設備データベース 112、オンライン情報データベース 113、観測値記録データベース 114 等のデータベースと、それらの情報入出力処理を行うコンピュータ等で構成される処理装置 111 とで構成される。処理装置 111 と各データベースは情報伝送路 115 で接続される。

【 0053 】

各データベースは次のような情報を格納する。系統設備データベース 112 は、発電機定数、送電線定数、線路接続状態などの系統構成情報等を格納する。オンライン情報データベース 113 は、発電機出力、遮断器や開閉器の ON - OFF 状態、シャントキャパシタやシャントリアクトルの投入量、直流連系システムの直流電力量、電力貯蔵装置の出力などの時々刻々変化する状態量の情報を格納する。観測値記録データベース 114 は、過去に発生した電力動揺の記録や、過去のステップ応答試験等の実績値の情報を格納する。

20

【 0054 】

中央給電指令装置 116 や系統制御装置 117 などの実際の電力系統を制御している装置から、情報伝送路 118 および処理装置 111 を介して、前記データベースに各種情報が送られる。また、オペレータにより処理装置 111 から直接入力することで各種情報を前記データベースに送ってもよい。

30

【 0055 】

処理装置 111 は、観測値記録データベース 114 の情報を可観測性評価装置 22 や可制御性評価装置 23 に送り、系統設備データベース 112 およびオンライン情報データベース 113 のデータを系統シミュレーション装置 25 に送る。

【 0056 】

本発明による系統安定化制御パラメータの制御方法の一例として、電力貯蔵装置 13 の出力制御装置 18 の制御パラメータを決定する処理例を、図 3 のフローチャートを参照して説明する。

【 0057 】

本処理においては、最初、系統情報管理装置 24 によって制御入力信号となる母線電圧周波数偏差や発電機の周波数偏差 f を検出、もしくは、系統シミュレーション装置 25 によるシミュレーションによってこれらの信号すなわち周波数偏差の時系列データを求める。さらに、可観測性評価装置 22 により周波数偏差の動揺モードを抽出し、各モードの位相と振幅を求める。さらに、可制御性評価装置 23 により電力貯蔵装置 13 の出力変化に対する発電機 14 の出力変化感度を求める (ステップ 201)。

40

【 0058 】

次に、制御チューニング装置 20 により、制御入力信号、位相補償制御量、発電機 14 の動揺位相、電力貯蔵装置 13 の制御感度情報から、安定化指標を算出する (ステップ 202)。

【 0059 】

50

このとき、最も安定化指標が大きい値となったときが、最も系統の電力動揺抑制効果が大きくなる。このため、仮定した位相補償制御量をパラメータとし、繰り返し計算で位相補償制御量を変更し、安定化指標が最大値となった場合の位相補償制御量を最適値とする（ステップ203、204）。このようにして制御パラメータを得ることができる。

【0060】

系統シミュレーション装置25の構成の一例について詳細に示す。

【0061】

本例の系統シミュレーション装置25は、系統情報管理装置24から渡される系統設備データベース112およびオンライン情報データベース113のデータをもとに時間軸シミュレーションを行う。

【0062】

時間軸シミュレーションの方法は、一般的によく知られている実効値や瞬時値ベースの過渡安定度解析手法を用いればよい。実効値ベースのシミュレーション手法については例えば電気書院発行の「電力系統技術計算の応用」（新田目倅造著）に詳細が示されている。また、瞬時値ベースのシミュレーション手法についてはオーム社発行の「電力系統過渡解析論」（関根泰次著）に詳細が示されている。

【0063】

これらの手法は、いずれも電力系統のインピーダンス行列や発電機の運動方程式から系統故障等の外乱時の様子を求める手法である。シミュレーションの結果として、想定した外乱に対する系統の時間応答が得られる。例えば、ある線路で地絡故障が発生した場合の各発電機の角速度変化の様子や各母線の電圧周波数偏差の様子が、時刻に対する値として得られる。

【0064】

本例の系統シミュレーション装置25では、まず系統に発生する頻度が高いかまたは系統の安定度を低下させるような外乱を設定し、その条件下で時間軸シミュレーションを行い、その結果の時間波形情報を可観測性評価装置22に伝える。ここで、外乱の設定はあらかじめオペレータがファイルに記述するなどして決定しておけばよい。

【0065】

この他に、系統シミュレーション装置25は、出力制御装置18によって制御される系統安定化装置11が系統に与える影響についても計算する。具体的には系統安定化装置11が瞬間的に出力をある一定量変化させたときに、系統につながる各発電機の出力の変化量を求める。例えば、図1において電力貯蔵装置13の出力する有効電力を微小量ステップ状に変化させ、その時の発電機14の有効電力の変化量を求める。このときの値を可制御性評価装置23に伝える。

【0066】

なおここでは、電力貯蔵装置13の有効電力を例としたが、それだけでなく、出力制御装置18によって制御される系統安定化装置11について、その装置の制御するパラメータを微小変化させた場合の、いずれのケースについてもシミュレーション可能な構成としてもよい。

【0067】

系統シミュレーション装置25は計算機およびその上で動作するプログラムとして構成してもよいし、電力系統を等価的に表すアナログシミュレータモデルで構成してもよい。すなわち電力系統の状態と想定される外乱条件から時間波形情報が得られるものであればよい。

【0068】

可観測性評価装置22で実施される、系統の動揺情報から動揺モードを抽出し、位相補償を行なう処理例を、図4を参照して説明する。

【0069】

系統情報管理装置24で検出した系統の母線周波数偏差 f_n から、可観測性評価装置22でモード分析を行ない動揺モードを抽出し、該抽出した動揺モードについて振幅 A 、位

10

20

30

40

50

相、減衰係数Dを算出する。モード分析を行なった結果、元の f_n から単一のモードのみからなる時系列情報 f_n' が得られる。この信号を最適な位相補償量 だけずらし、電力貯蔵装置 13 の出力指令値とすればよい。実際の位相補償は、例えば、後述する出力制御装置 18 に含まれる位相補償装置 72 (図 11) によって行うことができる。

【0070】

上記モードの抽出は、後述の Prony 解析手法をオンラインで実施してもよいし、フィルタによって制御対象とするモードを抽出してもよい。

【0071】

可観測性評価装置 22 による系統の動揺モードの分析は、例えば Prony 解析手法を用いて行なえばよい。Prony 解析手法の詳細は、例えば平成 8 年度電気学会電力技術・電力系統技術合同研究会資料 PE-96-79 の文献に記載されている。本解析手法を本発明に適用する場合の処理例について、図 5 を用いて概要を説明する。

10

【0072】

系統から検出されるか、またはシミュレーション結果から得られた系統の母線電圧周波数変動 f には、一般的にいくつかの動揺モードが含まれている。Prony 解析手法によって、図 4 に示すような f の時系列データから、データに含まれる各動揺モードの初期位相、振幅、減衰率、周波数、周期等を近似的に求めることができる。

【0073】

すなわち、図 5 に示すように、 f の時系列データ 81 を解析処理への入力データとし、解析結果として各動揺モードの初期位相、振幅、減衰率、周波数、周期等の動揺モード情報データ 82 を得ることができる。このようにして、可観測性評価装置 22 では、各動揺モード情報を出力する。

20

【0074】

ここでは、Prony 解析で系統の動揺モード分析を行なうことを例に上げたが、各動揺モードの情報を抽出可能な手法であれば、他の方法を用いても構わない。例えば、Steiglitz-McBride 法などを用いてもよい。Steiglitz-McBride 法の詳細は電気学会論文誌電力・エネルギー部門誌、Vol. 118-B、No. 1、P52 の文献に記載されている。

【0075】

Prony 解析手法の詳細を示す。Prony 解析法は、時系列データに含まれる振動モードを抽出し、振動周波数、減衰、振幅、位相を推定するものである。ノイズがない場合には、複数モードの振動を高精度で推定し再現する機能を持つ。Prony 解析によるモード分析方法の概要を以下に示す。

30

【0076】

まず、観測された信号 $y(k)$, $(k = 1, 2, \dots, N-1)$ を

【0077】

【数 1】

数 1

$$y(k) = \sum_{i=1}^n B_i Z_i^k$$

40

【0078】

【数 2】

数 2

$$Z_i = \exp(\lambda_i \Delta t)$$

【0079】

の形で推定することを考える。ただし、 n はモードの数、 t はサンプリング間隔、 i

50

は固有値、 B_i は初期値である。 Z_i は次に示す n 次の多項式（特性方程式）の解として与えられる。

【0080】

【数3】

数3

$$Z^n - (a_1 Z^{n-1} + a_2 Z^{n-2} + \dots + a_n Z^0) = 0$$

【0081】

10

一方、数1と数3とから多項式の係数 $a_1 \sim a_n$ は次式で表される。

【0082】

【数4】

数4

$$\begin{bmatrix} y(n-1) & y(n-2) & \dots & y(0) \\ y(n) & y(n-1) & \dots & y(1) \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ y(N-2) & y(N-3) & \dots & y(N-n-1) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a_1 \\ a_2 \\ \vdots \\ a_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} y(n) \\ y(n+1) \\ \vdots \\ y(N-1) \end{bmatrix}$$

20

【0083】

したがって、観測値から数4を作り、最小二乗法を用いて係数 $a_1 \sim a_n$ を求め、数3を解けば解 Z_i が得られ、固有値 i が算出できる。

【0084】

次に数3から初期値 B_i について次の関係が導出される。

【0085】

【数5】

数5

$$\begin{bmatrix} Z_1^0 & Z_2^0 & \dots & Z_n^0 \\ Z_1^1 & Z_2^1 & \dots & Z_n^1 \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ Z_1^{N-1} & Z_2^{N-1} & \dots & Z_n^{N-1} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} B_1 \\ B_2 \\ \vdots \\ B_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} y(0) \\ y(1) \\ \vdots \\ y(N-1) \end{bmatrix}$$

40

【0086】

これから最小二乗法を用いて初期値 B_i が計算できる。固有値 i が複素数（振動モード）の場合、初期値 B_i も複素数となり、その大きさが振幅、角度が初期位相となる。

【0087】

可制御性評価装置23は、シミュレーションによる感度解析を用いて、電力貯蔵装置13などの制御対象とする装置の出力変化に対する発電機の出力変化感度情報を出力するものである。安定化装置11がシステムへ与える影響は、例えばこの感度情報を指標として測ることが可能となる。

【0088】

感度の求め方の一例について図6を用いて説明する。制御対象を電力貯蔵装置13の有効

50

電力出力とした場合、電力貯蔵装置 13 の設置候補母線 31 に有効電力の微小変化を与え、その時の系統内の各発電機出力変化の大きさを求め、これを安定化効果の指標すなわち感度とする。

【0089】

ここで、有効電力の微小変化を抵抗 32 の挿入によって行うものとしても良く、もちろん実際に電力貯蔵装置 13 について時間軸シミュレーションを行い、該シミュレーション結果から感度を求めてもよい。この感度が大きいほど動揺抑制対象とする発電機に対する安定化制御効果が大きい。

【0090】

なお、本例では有効電力を制御する機器の場合の感度解析について示したが、その他の無効電力やインピーダンスなどのパラメータを制御する装置についても、同様に制御量の微小変化に対する発電機の出力変化を求めることで、感度を計算すればよい。さらにこの他にも、電気学会論文誌電力・エネルギー部門誌、Vol. 115 - B, No. 9, P1054 の文献に記載されている指標 L I E D を感度指標として用いても良い。

【0091】

また、シミュレーションを実施する代わりに、実際の系統において、例えば電力貯蔵装置などの有効電力を微小変化させた場合の発電機の出力変化を観測することで、感度情報を検出する構成としてもよい。

【0092】

次に、本発明による制御パラメータをチューニングする具体的な方法の一例として、制御チューニング装置 20 で実施される処理の流れの一例を図 7 を用いて説明する。

【0093】

以下、系統安定化装置 11、電力貯蔵装置 12、直流送電システム 13 などの制御対象となる装置をまとめて安定化装置と記述する。

【0094】

本処理では最初、ND 個ある安定化装置の 1 台を評価対象に選ぶ。これを図中では添え字 i で表す (ステップ 501、502)。また、NU 個ある制御入力信号候補のいずれかを選択する。これを図中では添え字 k で表す。制御入力信号 k の動揺モードの大きさ A_k および動揺の位相 ϕ_k は可観測性評価装置 22 によって与えられる (ステップ 503、504)。

【0095】

次に安定化装置の位相補償制御量 θ_i を選択する (ステップ 505、506)。 θ_i の値をパラメータとして評価を行なうのであるが、 θ_i は連続量なので、いくつかの θ_i の候補を選び、それについて評価を行なえばよい。例えば θ_i の候補を -180° から 180° の間を 1° 刻みの離散値の値をとるようにし、各々の θ_i の値に対して指標を計算し評価を行なう。ここでは、このようにして選んだ位相補償制御量を θ_i として表す。

【0096】

つぎに、発電機 j について安定化装置の制御の影響を評価する。まず、発電機 j のエネルギー感度 E_{ij} を、例えば数 6 に示すように安定化装置 i の制御量に対する発電機 j の感度 P_{gij} と発電機 j の慣性定数 M_j から求める (ステップ 507 ~ 509)。

【0097】

【数 6】

数 6

$$\Delta E_{ij} = \Delta P_{gij} / M_j$$

【0098】

次に、発電機 j の制御指標 ik_j を、例えば数 7 に示すように発電機 j のエネルギー感度 E_{ij} 、動揺モードの大きさ A_k 、位相 ϕ_k 、安定化装置の位相補償制御量 θ_i 、発電機 j の動

10

20

30

40

50

揺の位相 θ_j から計算する (ステップ 510)。

【0099】

【数7】

数7

$$\alpha_{ikj} = \Delta E_{ij} \cdot A_k \cdot \sin(\psi_k - \phi - \theta_j)$$

【0100】

この制御指標 α_{ikj} を全ての発電機について求めた後に、全ての発電機の α_{ikj} の総和を求め、これをシステムの安定化を示す指標となる制御効果指標 α_{ik} とする (ステップ 511、512)。

【0101】

位相補償制御量 α_{ikj} を、例えば -180° から 180° の範囲で 1° ずつ変えながら、制御効果指標 α_{ik} が最大となる点を求め、その時のパラメータを求める (ステップ 513、514)。

【0102】

このようにして、入力信号 k を用いて安定化装置 i を制御する場合の最適な位相補償制御量 α_{ikj} と、その場合の制御効果指標 α_{ik} が得られる。

【0103】

制御入力信号候補が複数ある場合は、各制御入力信号候補について、制御効果指標 α_{ik} を求め、最も制御効果の大きい制御入力信号を使用することとすればよい。

【0104】

このように、本発明を用いることでより効果的な制御入力信号の選択を行なうことが可能となる。

【0105】

また、安定化装置が複数設置されていたり、システムへの接続点の候補がいくつかあった場合には、各安定化装置または接続点について、最適な位相補償制御量 α_{ikj} と制御効果指標 α_{ik} を求めればよい。そして、複数箇所の安定化装置を同時に運転してもよいし、最も制御効果の大きい制御装置のみ運転することとしてもよい。

【0106】

入力信号の選定では、制御対象モード以外の信号が多く含まれているとフィルタ等で取り除けなかった制御対象ではないモードがノイズとなる可能性があるため、制御効果指標 α_{ik} を元を選択する方法の他に、制御対象と考えていないモードが最も現れていない信号を選択する方法でも良い。また、制御を行わない場合に動揺が最も長く続くような信号を、制御時には入力信号として用いることが望ましいため、制御対象のモードの減衰率が小さく動揺のダンピングが悪い信号を選択する方法でも良い。

【0107】

図8は、上記図7において位相補償制御量 α_{ikj} を変えながら制御効果指標 α_{ik} が最大となる点を求める一例を説明する図である。

【0108】

ここでは、入力信号 k を用いて安定化装置 i を制御する場合の、最適な位相補償制御量 α_{ikj} と、その場合の制御効果指標 α_{ik} を求める場合を示す。位相補償制御量 α_{ikj} を、例えば -180° から 180° の範囲で変えながら制御効果指標 α_{ik} をプロットしたものがグラフ61となる。このグラフ61から、制御効果指標 α_{ik} が最大となる点は、本図にも示すように、位相補償制御量 α_{ikj} が最適値と示す値であることが容易にわかる。

【0109】

このようにして、最適な位相補償制御量 α_{ikj} と、その場合の制御効果指標 α_{ik} が得られる。

【0110】

10

20

30

40

50

制御チューニング装置 20 の入出力データの例について、図 9 および図 10 を用いて説明する。

【0111】

制御チューニング装置 20 の入力データの例を図 9 に示す。本例において、制御入力信号データ 91 として各安定化装置について入力信号候補毎にその動揺モードの大きさと位相を必要とする。動揺モードの大きさと位相は、制御入力信号データと同様に、可観測性評価装置 22 によって与えられる。

【0112】

また、発電機情報データ 92 として、各発電機毎に発電機慣性定数 M と発電機の動揺モードの大きさと位相を必要とする。発電機慣性定数 M は系統情報管理装置 24 によって与えられる。

10

【0113】

さらに、発電機感度情報データ 93 として、各安定化装置について発電機毎の発電機感度 P_g が必要とされる。発電機感度 P_g は可制御性評価装置 23 によって与えられる。

【0114】

制御チューニング装置 20 の出力データの例を図 10 に示す。

【0115】

チューニング結果出力データ 101 としては、位相補償量 に対する制御効果指標 の値が制御チューニング装置 20 に備えられた記憶装置に蓄えるか、または監視装置 21 の画面に表示する。同様に最適チューニング結果出力データ 102 としては、各安定化装置について、最適制御指標 を最大とする制御入力信号と最適位相補償量 を、制御チューニング装置 20 に備えられた記憶装置に蓄えるか、または監視装置 21 の画面に表示する。

20

【0116】

さらにまた、表示された最適位相補償量 に応じてオペレータが決定したパラメータの値を受け付け、入力すべき安定化装置の出力制御装置 18 のパラメータの変更を行う構成としてもよい。

【0117】

さらに、監視装置 21 には、決定された最適値だけではなく、上記図 6 のグラフや、最適値の次に効果のあるパラメータの組み合わせ候補等を併せて示す構成としてもよい。

【0118】

本発明の制御対象となる安定化装置における制御の具体的な構成例を図 11 に示す。

30

【0119】

本例では安定化装置として電力貯蔵装置 13 を用いている。電力貯蔵装置 13 の出力制御装置 18 は、系統の複数箇所の母線電圧周波数偏差を入力として選択することを可能とし、電力貯蔵装置 13 の有効電力出力量を制御する。

【0120】

本例において、入力信号は、周波数偏差検出装置 75 によって検出された信号をゲインブロック 78 に通した信号を入力としてもよく、または、周波数偏差検出装置 74 によって検出された信号をゲインブロック 77 に通した信号と周波数偏差検出装置 76 によって検出された信号をゲインブロック 79 に通した信号の和を用いてもよい。これら、どちらの信号を用いるかは制御チューニング装置 20 の指令によって決定されるものとする。

40

【0121】

出力制御装置 18 は、例えば本図に示されるように、フィルタブロック 71、位相補償ブロック 72、ゲインブロック 73 によって構成される。フィルタブロック 71 は、制御対象とする動揺モード以外のモードのゲインを下げる。具体的にはフィルタブロックの時定数 T_3 を調整すればよい。また、位相補償ブロック 72 によって制御対象とする動揺モードの周波数で所望の位相補償を行なう。具体的には位相補償ブロック 72 の時定数 T_1 、 T_2 を調整すればよい。位相補償ブロック 73 の出力は、ゲインを掛けた後、電力貯蔵装置 13 の出力基準値 P_0 に加えられる。

【0122】

50

例えば、周波数 f_x で振動する動揺モードを抑制するために、制御チューニング装置 20 から入力信号選択指令と位相補償量が指示された場合を考える。この場合、入力信号は指令にしたがってスイッチで切り替える。また、位相補償量の指令に対しては、フィルタ 71 および位相補償ブロック 72 の時定数 T_1 、 T_2 、 T_3 を調整し、周波数 f_x で位相補償量 ϕ となるような時定数に設定する。各時定数の決定は、あらかじめ周波数と位相補償量を実現する時定数の組をテーブルとして持っておけばよい。

【0123】

または、各時定数の組み合わせを作成し、各組み合わせに対してボード線図を計算し、所望の位相補償量となるような時定数の組み合わせを探す方法で決定してもよい。その結果決定された時定数を位相補償ブロック等の時定数として設定すればよい。さらにまた、フィルタ 71、位相補償ブロック 72、ゲイン 73 は時定数を調整可能な電子回路として構成してもよいし、マイコン上で動作するソフトウェアとして構成してもよい。

10

【0124】

このような構成とすることで、制御チューニング装置 20 の指令によって制御入力の選定指令や制御パラメータの変更によって、動揺抑制に効果的な制御系を構成することが可能となる。

【0125】

【発明の効果】

本発明によれば、動揺モード分析による可観測性の評価と、感度解析による可制御性評価をもとにして、安定化装置の制御構成およびパラメータ決定を行なうことで、最低限の制御入力信号によって、系統の動揺を効果的に抑制する制御系の実現が可能となる。

20

【図面の簡単な説明】

【図 1】本発明を適用した系統安定化制御パラメータ決定装置の構成を示すブロック図。

【図 2】系統情報管理装置の構成例を示すブロック図。

【図 3】本発明を適用した系統安定化制御パラメータ決定方法の一例を示す流れ図。

【図 4】動揺モード抽出と位相補償の概念を示す説明図。

【図 5】Prony 解析入力データおよび結果データの例を示す説明図。

【図 6】感度解析方法の一例を示す説明図。

【図 7】本発明を適用した系統安定化制御パラメータ決定方法の一例を示す流れ図。

【図 8】制御効果指標 i_k が最大となる点を求める方法の説明するためのグラフ。

30

【図 9】制御チューニング装置の入力データの例を示す説明図。

【図 10】制御チューニング装置の出力データの例を示す説明図。

【図 11】本発明を適用した電力系統安定化装置の構成の例を示すブロック図。

【符号の説明】

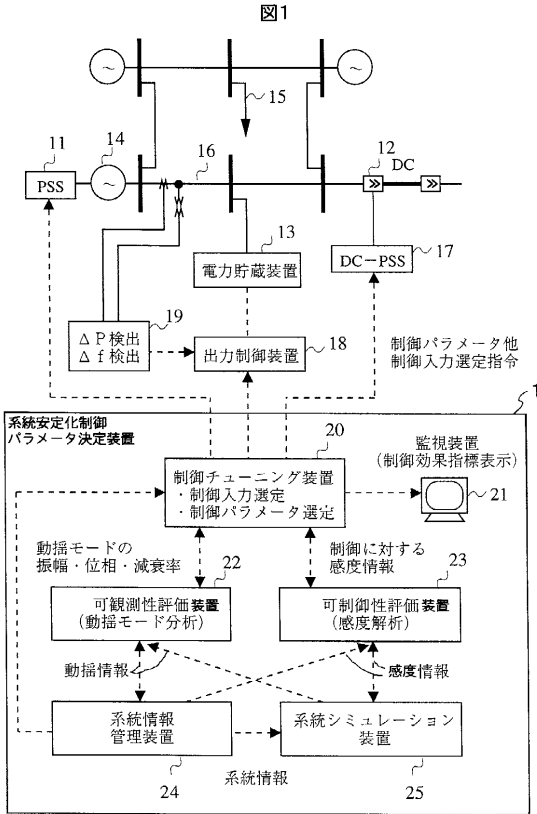
- 11 系統安定化装置
- 12 直流送電システム
- 13 電力貯蔵装置
- 14 発電機
- 15 負荷
- 16 線路
- 17 直流モジュレーション装置
- 18 出力制御装置
- 19 検出装置
- 20 制御チューニング装置
- 21 監視装置
- 22 可観測性評価装置
- 23 可制御性評価装置
- 24 系統情報管理装置
- 25 系統シミュレーション装置
- 31 設置候補母線

40

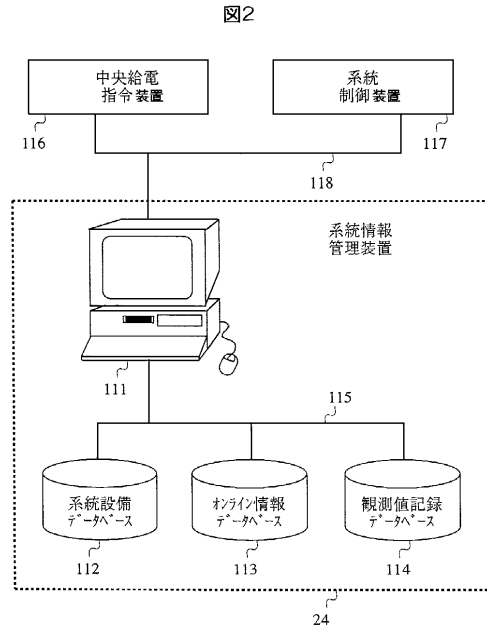
50

3 2	抵抗	
6 1	制御効果指標グラフ	
7 1	フィルタブロック	
7 2	位相補償ブロック	
7 3	ゲインブロック	
7 4	周波数偏差検出装置	
7 5	周波数偏差検出装置	
7 6	周波数偏差検出装置	
7 7	ゲインブロック	
7 8	ゲインブロック	10
7 9	ゲインブロック	
8 1	時系列データ	
8 2	動揺モード情報データ	
9 1	制御入力信号データ	
9 2	発電機情報データ	
9 3	発電機感度情報データ	
1 0 1	チューニング結果出力データ	
1 0 2	最適チューニング結果出力データ	
1 1 1	処理装置	
1 1 2	系統設備データベース	20
1 1 3	オンライン情報データベース	
1 1 4	観測値記録データベース	
1 1 5	情報伝送路	
1 1 6	中央給電指令装置	
1 1 7	系統制御装置	
1 1 8	情報伝送路。	

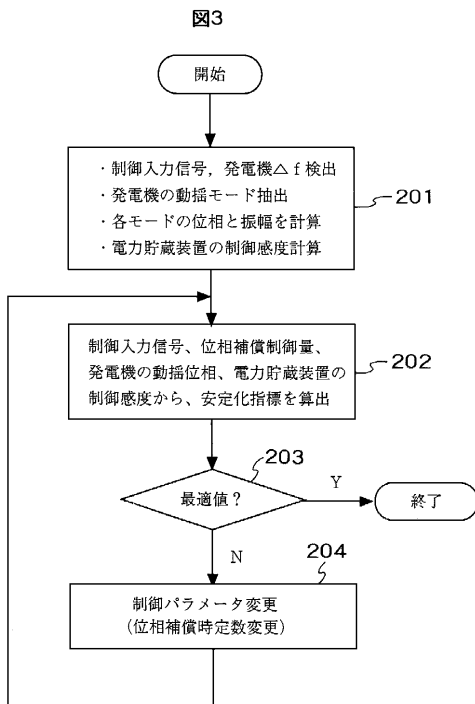
【 図 1 】



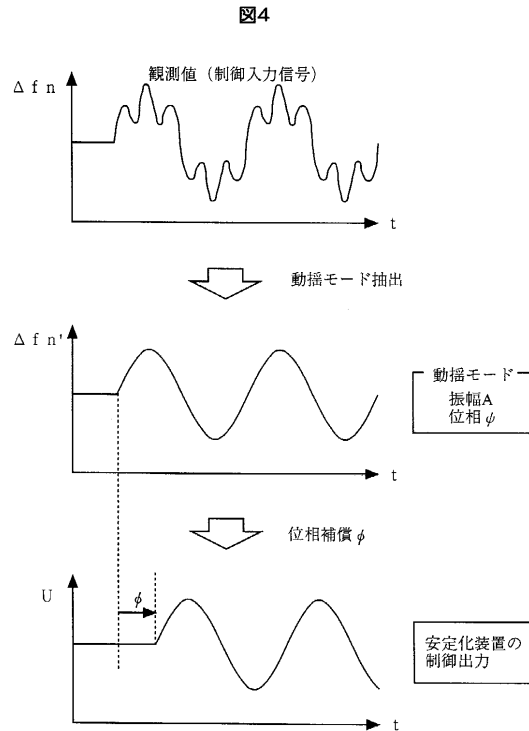
【 図 2 】



【 図 3 】



【 図 4 】



【 図 5 】

図5

Prony 解析入力データ例 81

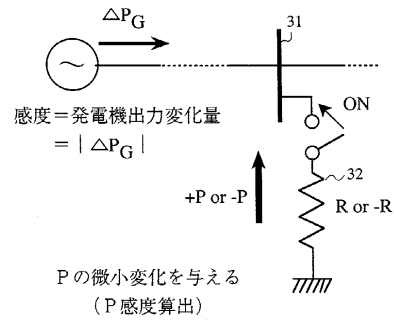
時間t(s)	母線周波数偏差Δf(Hz)
0.0	0.0
0.01	0.22
0.02	0.35
0.03	0.24
0.04	0.04
0.05	-0.15
0.06	-0.31
:	:

Prony 解析結果データ例 82

動揺モード	1	2	3	...
初期位相				
振幅				
減衰率				
周波数				
周期				

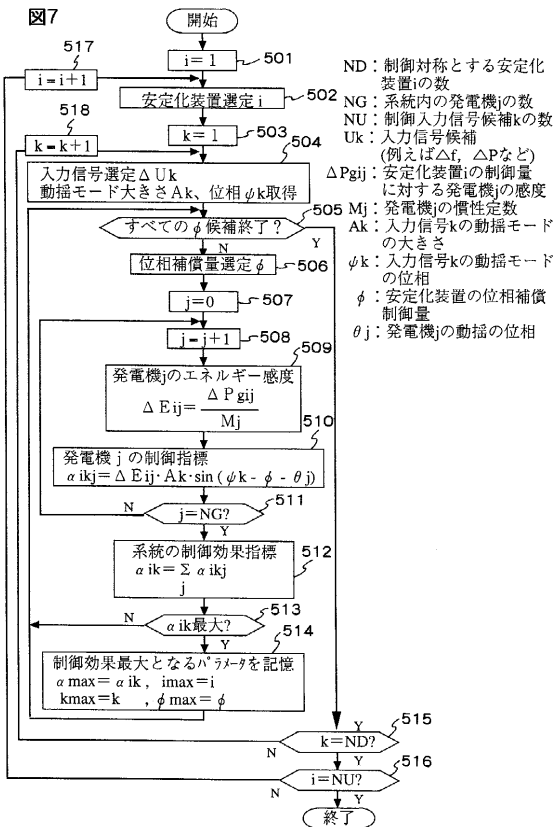
【 図 6 】

図6



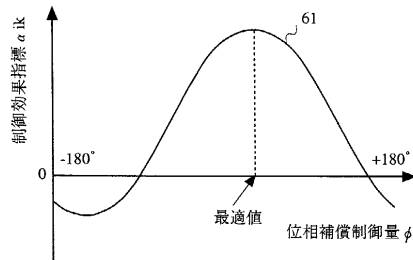
【 図 7 】

図7

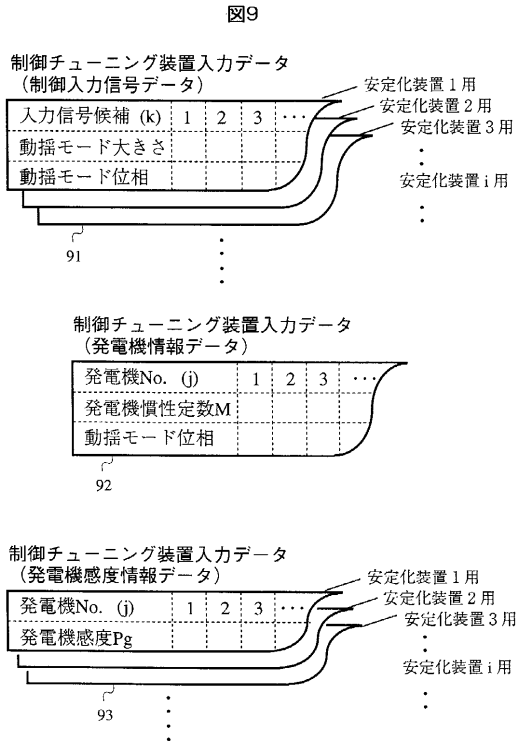


【 図 8 】

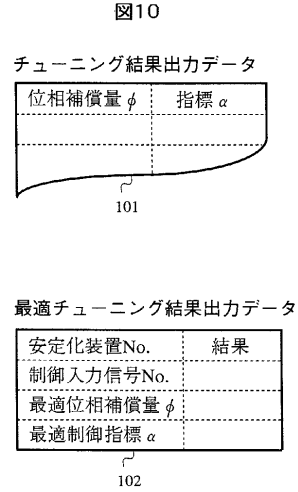
図8



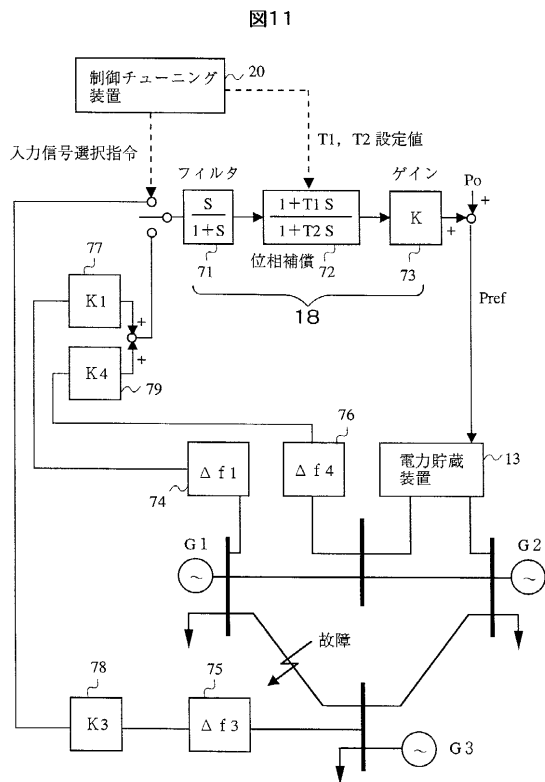
【 図 9 】



【 図 1 0 】



【 図 1 1 】



フロントページの続き

(72)発明者 福井 千尋

茨城県日立市大みか町七丁目1番1号 株式会社日立製作所 日立研究所内

(72)発明者 吉 栖 立格

茨城県日立市国分町一丁目1番1号 株式会社日立製作所 国分工場内

審査官 森川 幸俊

(56)参考文献 特開平07-250431(JP,A)

特開平05-130738(JP,A)

特開平09-037463(JP,A)

特開平01-103199(JP,A)

特開平09-065588(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl.⁷, DB名)

H02J 3/00 - 5/00