

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2005-73473

(P2005-73473A)

(43) 公開日 平成17年3月17日(2005.3.17)

(51) Int. Cl. <sup>7</sup>	F I	ターマコード (参考)
H02J 3/24	H02J 3/24	5G066
H02P 9/14	H02P 9/14	5H590
H02P 9/30	H02P 9/30	H

審査請求 未請求 請求項の数 4 O L (全 6 頁)

(21) 出願番号	特願2003-304029 (P2003-304029)	(71) 出願人	000005108 株式会社日立製作所 東京都千代田区丸の内一丁目6番6号
(22) 出願日	平成15年8月28日 (2003.8.28)	(74) 代理人	100074631 弁理士 高田 幸彦
		(72) 発明者	小西 博雄 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 電機システム事業部内
		Fターム(参考)	5G066 AD08 5H590 AA11 BB11 CC01 CC29 CE01 DD13 DD64 DD66 EA13 EB02 EB21 EB28 FA06 FB05 FB07 FC15 GA02 GB05 HA01 HA02 HA10 HBO2 JA02 JA04 JA05 JA14

(54) 【発明の名称】 電力系統安定化装置

(57) 【要約】

【課題】

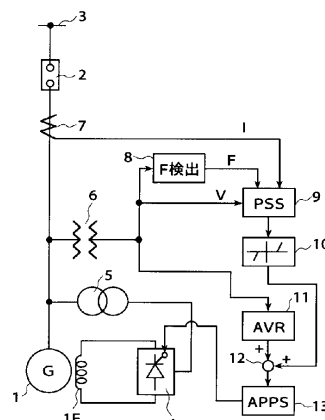
本発明の目的はノイズの影響を受けることなく線形領域の動作点に戻ったときに干渉せずに速やかに定常状態にすることができる電力系統安定化装置を提供することにある。

【解決手段】

系統3に接続される同期発電機1は自動電圧制御装置11の電圧制御信号により端子電圧を設定値に制御される。電力安定化装置9で演算により求めた非線形補償信号が不感帯装置10を介して自動電圧制御装置11の電圧制御信号に加算される。電圧制御信号に非線形補償信号を加算した補償電圧制御信号によって同期発電機1の界磁電流を制御する。

【選択図】 図1

図 1



- 1…同期発電機 1F…界磁巻線 2…遮断器 3…電力系統
- 4…サイリスタ変換器 5…変圧器 6…変成器 7…変流器
- 8…周波数検出装置 9…電力安定化装置 10…不感帯装置
- 11…自動電圧制御装置 12…加算装置 13…位相制御装置

## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

系統に接続される同期発電機と、前記同期発電機の端子電圧を設定値に制御する電圧制御信号を出力する自動電圧制御装置と、前記系統を安定化する非線形補償信号を演算により求める電力安定化装置と、前記非線形補償信号を入力して前記電圧制御信号に加算する不感帯手段と、前記電圧制御信号に前記非線形補償信号を加算した補償電圧制御信号を入力して前記同期発電機の界磁電流を制御する界磁制御手段とを具備することを特徴とする電力系統安定化装置。

## 【請求項 2】

系統に接続される同期発電機と、前記同期発電機の端子電圧を設定値に制御する電圧制御信号を出力する自動電圧制御装置と、前記系統の電力動揺を抑制する非線形補償信号を演算により求める電力安定化装置と、前記非線形補償信号を入力して前記電圧制御信号に加算する不感帯手段と、前記電圧制御信号に前記非線形補償信号を加算した補償電圧制御信号を入力して前記同期発電機の界磁電流を制御する界磁制御手段とを具備することを特徴とする電力系統安定化装置。

10

## 【請求項 3】

系統に接続される同期発電機と、前記同期発電機の界磁電流を制御するサイリスタ変換器と、前記同期発電機の端子電圧を設定値に制御する電圧制御信号を出力する自動電圧制御装置と、前記系統の電力状態量に基づき非線形補償信号を演算により求める電力安定化装置と、前記非線形補償信号を入力して前記電圧制御信号に加算する不感帯手段と、前記電圧制御信号に前記非線形補償信号を加算した補償電圧制御信号を入力して前記同期発電機の界磁電流を制御する界磁制御手段とを具備することを特徴とする電力系統安定化装置。

20

## 【請求項 4】

系統に接続される同期発電機と、前記同期発電機の交流出力電圧を直流電圧に変換し前記同期発電機の界磁電流を制御するサイリスタ変換器と、前記同期発電機の端子電圧を設定値に制御する電圧制御信号を出力する自動電圧制御装置と、前記系統の電力状態量を入力して微分演算を含む演算により非線形補償信号を求める電力安定化装置と、前記非線形補償信号を入力して前記電圧制御信号に加算する不感帯手段と、前記電圧制御信号に前記非線形補償信号を加算して得られる点弧位相制御信号を入力して前記サイリスタ変換器を点弧制御する位相制御手段とを具備することを特徴とする電力系統安定化装置。

30

## 【発明の詳細な説明】

## 【技術分野】

## 【0001】

本発明は同期発電機の界磁制御を行い電力系統を安定化する電力系統安定化装置に関する。

## 【背景技術】

## 【0002】

## 【特許文献 1】特開平 8 - 163782 号公報

## 【0003】

一般に、電力系統の送電線は安定に送電できる限界（安定送電限界）でなく、落雷等による送電線事故時にも安定に送電するために安定送電限界よりも遥かに小さな電力を送電するようにしている。電力需要の増加に伴い送電線の送電電力を安定送電限界近くまで増大させることが求められている。このためには送電線事故時の電力系統の安定度を高める必要がある。

40

## 【0004】

同期発電機の界磁制御を行う電力安定化装置（PSS：Power System Stabilizer）は予め決められた動作点の周りで線形化し、安定に動作するようにしている。動作点の電力は安定送電限界よりも遥かに小さな電力に設定される。しかし、安定送電限界に近いところまで送電容量を増大させると、動作点は非線形性の強い動作点に移行する。このため、

50

電力安定化装置の線形化だけでは系統の潮流の変化時や事故時に十分な制御効果が得られなくなる。

【0005】

このことを解決するために、線形設計された電力安定化装置の出力信号に非線形補償信号を加算することが提案されている。このことは上記特許文献1に記載されている。

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

非線形補償信号を求める非線形演算は、電圧、電流、周波数等の電力状態量の微分値を使うことになる。このため、ノイズの影響を受けることになる。ノイズ対策としてフィルタを用いると制御ゲインを大きくできないので、動作点が安定化されて線形領域に戻ってきたときに干渉して振動したり、定常状態になるのに遅れが生じるという問題点を有する。

10

【0007】

本発明の目的はノイズの影響を受けることなく線形領域の動作点に戻ったときに干渉せずに速やかに定常状態にすることができる電力系統安定化装置を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0008】

本発明の特徴とするところは、電力安定化装置で演算により求めた非線形補償信号が不感帯手段を介して自動電圧制御装置の電圧制御信号に加算されるようにし、電圧制御信号に非線形補償信号を加算した補償電圧制御信号によって同期発電機の界磁電流を制御するようにしたことにある。

20

【0009】

本発明は、非線形補償信号が不感帯手段を介して自動電圧制御装置の電圧制御信号に加算されるようにしている。不感帯を設けることによってノイズを不感帯によってマスクされるために非線形演算の制御ゲインを大きくできるので応答を速くできる。また、動作点が定常状態に近づき非線形補償信号が小さくなると不感帯によってマスクされるので振動することなく速やかに定常状態にすることができる。

【発明の効果】

【0010】

本発明は制御ゲインを大きくできるので応答を速くできると共に線形領域の動作点に戻ったときに干渉せずに速やかに定常状態にすることができる。

30

【発明を実施するための最良の形態】

【0011】

系統に接続される同期発電機は界磁電流をサイリスタ変換器によって制御される。サイリスタ変換器は同期発電機の交流出力電圧を直流電圧に変換し界磁電流として供給する。自動電圧制御装置は同期発電機の端子電圧を設定値に制御する電圧制御信号を出力する。電力安定化装置は系統の電力状態量を入力して微分演算を含む演算により非線形補償信号を求める。非線形補償信号は不感帯手段を介して電圧制御信号に加算される。位相制御手段は電圧制御信号に非線形補償信号を加算して得られる点弧位相制御信号を入力してサイリスタ変換器を点弧制御する。

40

【実施例】

【0012】

図1に本発明の一実施例を示す。

【0013】

図1において、同期発電機1は遮断器2を介して電力系統3に接続されている。遮断器2と系統3の間には通常変圧器を設けているが図示を省略している。同期発電機1の出力電圧(端子電圧)は変圧器5を介してサイリスタ変換器4に入力され直流電圧に変換される。同期発電機1の界磁巻線1Fはサイリスタ変換器4により界磁電流を制御される。同期発電機1は自励式になっている。

50

## 【 0 0 1 4 】

変成器 6 で検出された同期発電機 1 の端子電圧は周波数検出装置 ( F 検出 ) 8 、電力安定化装置 ( P S S ) 9 および自動電圧制御装置 ( A V R ) 1 1 に入力される。周波数検出装置 8 は電力系統 3 の周波数を検出して電力安定化装置 9 に加える。電力安定化装置 9 には変流器 7 で検出した電流も入力される。電力安定化装置 9 には発電機電圧 V 、電流 I および周波数 F の電力状態量が入力される。電力安定化装置 9 は電力状態量により非線形補償信号を演算 2 より求め不感帯装置 1 0 を介して加算装置 1 2 に加える。

## 【 0 0 1 5 】

自動電圧制御装置 1 1 は入力した端子電圧と設定値を比較し、端子電圧を設定値にする電圧制御信号を加算装置 1 2 に加える。加算装置 1 2 で加算された電圧制御信号と非線形補償信号は補償電圧制御信号として位相制御装置 ( A P P S ) 1 3 に加えられる。補償電圧制御信号は点弧位相制御信号となる。位相制御装置 1 3 は点弧位相制御信号に基づきサイリスタ変換器 4 を点弧制御して界磁巻線 1 F に与える界磁電流を調整する。

10

## 【 0 0 1 6 】

図 2 に電力安定化装置 9 の一例構成図を示す。

## 【 0 0 1 7 】

図 2 において、入力部 2 1 に入力された発電機電圧 V 、電流 I 、周波数 F の電力状態量は状態量算出部 2 2 に導かれる。状態量算出部 2 2 は電力状態量により発電機 1 の内部相差角 ( 系統 3 との位相差 ) 、電圧変化量 V など算出する。状態量算出部 2 2 で算出された状態量は微分演算部 2 3 され、座標変換部 2 4 に入力され線形化される。微分演算部 2 3 は補償量を最適値にするために用いられる。

20

## 【 0 0 1 8 】

座標変換部 2 4 で線形化された状態量は操作量演算部 2 5 に入力され操作量が求められる。操作量演算部 2 5 で求めた操作量は線形補償信号となる。操作量演算部 2 5 で求めた操作量 ( 線形補償信号 ) は座標変換部 2 6 で座標変換され非線形補償信号に変換される。座標変換部 2 6 で得られた非線形補償信号は出力部 2 7 を介して不感帯装置 1 0 に出力される。

## 【 0 0 1 9 】

次に動作を説明する。

## 【 0 0 2 0 】

自動電圧制御装置 1 1 は変成器 6 で検出した同期発電機 1 の端子電圧と設定値を比較し、端子電圧を設定値にする電圧制御信号を出力して加算装置 1 2 に加える。また、電力安定化装置 9 には発電機電圧 V 、電流 I および周波数 F の電力状態量が入力される。電力安定化装置 9 は発電機電圧 V 、電流 I および周波数 F を入力して非線形補償信号を演算により求める。非線形制御演算については、例えば、文献「Konishi et. al., "Confirmation Test for Nonlinear Excitation Control System Using State-Space Linearization", IECON2002, Nov. 5-8, Sevilla, Spain」に詳細に記載されており、また、本発明の要旨に直接関係ないので概略を説明する。

30

## 【 0 0 2 1 】

電力安定化装置 9 は発電機 1 が接続されている系統 3 を状態空間で厳密に線形化し、例えば、電力動揺時の振動を最短時間で減衰させる評価関数を定式化する。そして、評価関数が最小となる入力ゲインをリカッチ方程式によって求める。

40

## 【 0 0 2 2 】

電力安定化装置 9 の座標変換部 2 4 からは式 1 で表される変数ベクトル Y が得られる。

## 【 0 0 2 3 】

$$Y = A \cdot Y + B \cdot U \quad \dots ( 式 1 )$$

Y : 状態量変数

A、B : 係数行列

U : 入力ベクトル

操作量演算部 2 5 は式 1 の変数ベクトル Y を入力してリカッチ方程式により線形操作量

50

u を演算する。

【0024】

$$u = C \cdot Y \quad \dots \text{ (式 2)}$$

C: ゲイン定数

操作量演算部 25 で求められた線形操作量 u は座標変換部 26 で座標変換され非線形補償信号 (非線形操作量) に変換され出力部 27 から出力される。電力安定化装置 9 から出力された非線形補償信号は不感帯装置 10 を介して加算装置 12 に加えられる。加算装置 12 で加算された電圧制御信号と非線形補償信号は補償電圧制御信号として位相制御装置 13 に加えられる。補償電圧制御信号は点弧位相制御信号となる。位相制御装置 13 は点弧位相制御信号に基づきサイリスタ変換器 4 を点弧制御して界磁巻線 1F に与える界磁電流を調整する。同期発電機 1 は界磁電流の大きさに応じた電気出力を発生し系統 3 を安定化させる。

10

【0025】

このようにして電力系統の安定化を行うのであるが、その効果を理解するのを容易にするために非線形制御について図 3 を参照して説明する。

【0026】

図 3 は横軸に同期発電機の位相角  $\delta$  をとり、縦軸に発電機出力 P を示す。発電機出力 P は送電線のリアクタンスを X、発電機出力電圧を  $V_g$ 、負荷端の電圧を  $V_r$ 、電圧  $V_g$  と  $V_r$  の位相差を  $\theta$  とすると式 3 で表される。

【0027】

$$P = V_g \cdot V_r \cdot \sin \theta / X \quad \dots \text{ (式 3)}$$

20

いま、発電機が定常的に a 点 (位相角  $\delta_a$ ) で動作しているものとする。従来は界磁制御を a 点で線形化し、つまり特性 b のように直線近似して最適 (応答が速く安定) な界磁制御回路定数を決定している。しかし、系統事故時や送電線潮流が増加して発電機の動作点の位相角  $\delta$  が大きくなると、a 点で線形近似した直線から求まる動作点と実際の動作点との誤差  $\Delta P$  が大きくなる。このために制御応答や制御性能が悪くなるばかりでなく、場合によっては系統が不安定となる。特に既存設備を有効利用するため安定送電限界に近いところで運転を行わざるを得ない状況にある場合には不安定となる。安定送電限界は発電機出力 P の最大値より数 % 程度小さいところである。

【0028】

30

非線形制御は線形近似を行っていないので発電機の動作点が発電機出力 P の正弦波上で移動しても制御誤差を生じることがなく、制御によって不安定となることはない。しかし、非線形制御は電圧、電流、角速度等の状態量の微分値を使用するのでノイズの影響を受け易くなり、制御特性に悪影響を及ぼすことになる。このためゲインを大きくできず、線形領域での動作が線形制御に比べて悪くなる。

【0029】

本発明は電力安定化装置 9 で演算により求めた非線形補償信号が不感帯装置 10 を介して自動電圧制御装置 11 の電圧制御信号に加算されるようにしている。常時の定常状態では非線形補償信号が不感帯幅より小さく線形で応答の速い制御性能の良い制御動作が行える。

40

【0030】

一方、重潮流時や系統事故時等により非線形性の強い領域に動作点に移ると、非線形補償信号が不感帯幅より大きくなり自動電圧制御装置 11 の電圧制御信号を補正して制御安定性と応答を上げるようになる。また、動作点が定常状態に戻ると非線形補償信号が小さくなるために応答も遅くなる。そして非線形補償信号が不感帯幅より小さくなると不感帯により非線形補償信号をマスクするので線形制御が行われる。また、不感帯は常時の非線形制御につきもののノイズによる影響を防止する。

【0031】

以上説明したように、本発明は非線形補償信号が不感帯手段を介して自動電圧制御装置の電圧制御信号に加算されるようにしている。不感帯を設けることによってノイズを不感

50

帯によってマスクされるために非線形演算の制御ゲインを大きくできるので応答を速くできる。また、動作点が定常状態に近づき非線形補償信号が小さくなると不感帯によってマスクされるので振動することなく速やかに定常状態にすることができる。

【0032】

したがって、制御ゲインを大きくできるので応答を速くできると共に線形領域の動作点に戻ったときに干渉せずに速やかに定常状態にすることができる。

【図面の簡単な説明】

【0033】

【図1】本発明の一実施例を示す構成図である。

【図2】本発明の電力安定化装置の一例詳細構成図である。

10

【図3】本発明を説明するための特性図である。

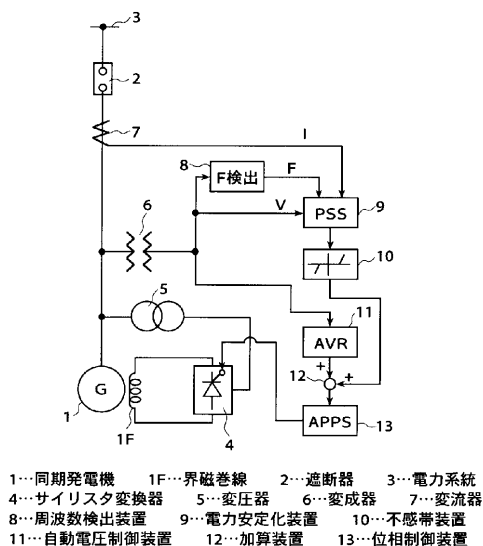
【符号の説明】

【0034】

1...同期発電機、1F...界磁巻線、2...遮断器、3...電力系統、4...サイリスタ変換器、5...変圧器、6...変成器、7...変流器、8...周波数検出装置、9...電力安定化装置、10...不感帯装置、11...自動電圧制御装置、12...加算装置、13...位相制御装置、21...入力部、22...状態量算出部、23...微分演算部、24...座標変換部(線形)、25...操作量演算部、26...座標変換部(非線形)、27...出力部。

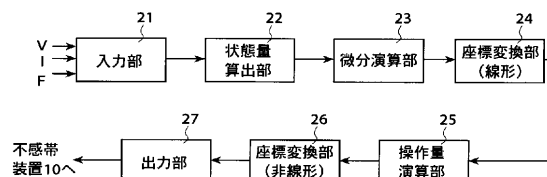
【図1】

図 1



【図2】

図 2



【図3】

図 3

