

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号
特許第4993153号
(P4993153)

(45) 発行日 平成24年8月8日 (2012.8.8)

(24) 登録日 平成24年5月18日 (2012.5.18)

(51) Int.Cl.	F I
GO 1 R 19/00 (2006.01)	GO 1 R 19/00 A
GO 1 R 29/18 (2006.01)	GO 1 R 29/18 N
HO 2 P 9/00 (2006.01)	HO 2 P 9/00 B

請求項の数 10 (全 14 頁)

(21) 出願番号	特願2001-508615 (P2001-508615)	(73) 特許権者	390041542
(86) (22) 出願日	平成12年6月30日 (2000.6.30)		ゼネラル・エレクトリック・カンパニイ
(65) 公表番号	特表2003-504599 (P2003-504599A)		アメリカ合衆国、ニューヨーク州、スケネ
(43) 公表日	平成15年2月4日 (2003.2.4)		クタデイ、リバーロード、1番
(86) 国際出願番号	PCT/US2000/018064	(74) 代理人	100137545
(87) 国際公開番号	W02001/002870		弁理士 荒川 聡志
(87) 国際公開日	平成13年1月11日 (2001.1.11)	(72) 発明者	ホーグル、 ジョセフ、 エー、
審査請求日	平成19年6月22日 (2007.6.22)		アメリカ合衆国 24018 ヴァージニ
(31) 優先権主張番号	09/347,309		ア州 ロアノーク カンター サークル
(32) 優先日	平成11年7月2日 (1999.7.2)		3404
(33) 優先権主張国	米国 (US)	(72) 発明者	ワイズ、 マイケル、 ジー、
			アメリカ合衆国 24015 ヴァージニ
			ア州 ロアノーク アヴェニル アヴェニ
			ュー 2629
		最終頁に続く	

(54) 【発明の名称】 三相の電気的なパラメータのリアルタイム測定方法および装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

多相電気システムを解析する方法であって、
前記多相電気システムの少なくとも1つの出力信号を測定するステップと、
基準ベクトルを生成するステップ (116) と、
前記出力信号および前記基準ベクトル間の位相角度差を測定するステップと、
前記測定された位相角度差の、前記出力信号および前記基準ベクトル間の所望な角度からのずれを決定するステップ (200a、200b) と、
前記ずれに基づいて前記基準ベクトルの位相を変更し、ロックするステップと、
測定された出力信号および前記位相が変更された前記基準ベクトルに基づいて測定ベクトルの投影を得るステップ (126) と、
前記測定ベクトルの投影に基づいて、電圧あるいは電流の大きさ、電圧あるいは電流の位相および周波数の少なくとも1つを計算するステップとを含むことを特徴とする多相電気システムを解析する方法。

【請求項 2】

前記出力信号および前記基準ベクトルの1つのそれぞれに応じてカウンタ (226) を増分し、かつ減分することをさらに含み、
前記カウンタは、前記基準ベクトルの中心周波数に加えられる必要のある周波数ヘルツの小数部分内に至るまでアップあるいはダウンをカウントし、
前記カウンタの出力に従って、前記基準ベクトルの中心周波数が変更されることを特徴と

10

20

する請求項 1 の方法。

【請求項 3】

前記基準ベクトルが、それぞれ電圧制御発振器 (1 1 6) によって発生されたベクトルのサイン成分およびコサイン成分であることを特徴とする請求項 1 の方法。

【請求項 4】

平衡負荷および不平衡負荷の両方の条件下で、実時間で、三相システム発電機の瞬時周波数 (2 2 2)、三相電圧 (1 7 6、1 8 0、1 8 4) 三相電流 (1 8 8、1 9 2、1 9 6)、その相対角 (1 7 4、1 7 8、1 8 2、1 8 6、1 9 0、1 9 4)、電力および力率の少なくとも 1 つを測定し、かつ計算する方法であって、

前記発電機の少なくとも 1 つの出力信号を測定するステップ、

10

基準サイン成分およびコサイン成分を電圧制御発振器 (1 1 6) から生成するステップ、前記出力信号および前記基準サイン成分又はコサイン成分間の位相角度差を測定するステップと、

前記測定された位相角度差の、前記出力信号および前記基準サイン成分又はコサイン成分間の所望な角度からのずれを決定するステップ (2 0 0 a、2 0 0 b) と、

前記ずれに基づいて前記基準サイン成分およびコサイン成分の位相を変更し、ロックするステップと、

前記発電機の前記出力信号を位相が変更し、ロックされた前記サイン成分およびコサイン成分のそれぞれと乗算するステップ (1 1 4 a、1 1 4 b)、

前記乗算ステップの結果のそれぞれをフィルタリングするステップ (1 2 6 a、1 2 6 b)、および

20

(a) 前記フィルタリングステップの結果を二乗するステップ (1 3 2 a、1 3 2 b)、

前記二乗ステップの結果を加算し、かつ平方根 (1 3 6 a) を生じる和から抽出するステップ、前記抽出ステップの結果を増幅し、前記発電機の前記少なくとも 1 つの出力信号の大きさを得るステップ (1 3 8 a)、および (b) 前記抽出ステップの前記結果を反転するステップ (1 5 0 a)、

前記反転ステップの結果を前記フィルタリングの前記結果の 1 つと乗算するステップ (1 5 2 a) と、

前記直前の乗算ステップの積を 1 の絶対最大値にクランプするステップ (1 5 4 a)、および

30

アークコサイン関数を実行し、前記発電機の前記少なくとも 1 つの出力信号と前記コサイン成分との間の角度を得るステップ (1 6 0 a)、を含むことを特徴とする方法。

【請求項 5】

前記発電機の前記出力信号および前記基準サイン成分およびコサイン成分の中の 1 つそれぞれに応じてカウンタ (2 2 6) を増分し、かつ減分することによって前記電圧制御発振器のための入力信号を制御することをさらに含むことを特徴とする請求項 4 の方法。

【請求項 6】

さらに、前記発電機の少なくとも 2 つの出力信号の大きさを測定し、それぞれの測定された振幅を得て、測定された振幅の少なくとも 1 つを所定の閾値と比較し (2 4 0)、前記比較ステップの結果に基づいて、前記少なくとも 2 つの出力信号と関連した異なる位相情報の中のどれが前記位相を変更し、ロックするステップを実行するために使用されることを制御すること (2 4 0、2 0 6) とを含むことを特徴とする請求項 4 の方法。

40

【請求項 7】

多相電気システムを解析する装置であって、

前記多相電気システムの少なくとも 1 つの出力信号を測定する手段と、

基準ベクトルを生成する手段 (1 1 6) と、

前記出力信号および前記基準ベクトル間の測定された位相角度差の、前記出力信号および前記基準ベクトル間の所望な角度からのずれを決定する手段と、

前記ずれに基づいて前記基準ベクトルの位相を変更し、ロックする手段と、

測定された出力信号および前記位相が変更し、ロックされた前記基準ベクトルに基づいて

50

測定ベクトルの投影を得る手段と、

前記測定ベクトルの投影に基づいて作動可能で、電圧あるいは電流の大きさ、電圧あるいは電流の位相および周波数の少なくとも1つを計算する手段(114a、115b、126a、126b、132a、132b、134a、136a、138a、152a、154a、160a)とを備えていることを特徴とする多相電気システムを解析する装置。

【請求項8】

前記基準ベクトルが、前記基準ベクトルを生成する手段(116)によって発生されたベクトルのサイン成分およびコサイン成分であり、

さらに、前記サイン成分およびコサイン成分と前記出力信号とを混合する手段(114a、114b)、フィルタリングする手段(126a、126b)、および二乗する手段(132a、132b)と、前記混合手段、フィルタリング手段および二乗手段の結果を加算する手段(134a)と、前記加算手段の結果の平方根(136a)を抽出する手段と、前記抽出手段の結果を反転する手段(150a)と、前記反転手段の結果を前記基準ベクトルの中の1つと混合する手段(152a)とを含み、それによって前記測定ベクトルと前記基準ベクトルの中の前記1つとの関係が得られることを特徴とする請求項7の装置。

【請求項9】

平衡負荷および不平衡負荷の両方の条件下で、実時間で、三相システム発電機の瞬時周波数、三相電圧、三相電流、相間の相対角、電力および力率の少なくとも1つを測定し、かつ計算する装置であって、

前記発電機の少なくとも1つの出力信号を受信する手段、

基準サイン成分およびコサイン成分を生成する電圧制御発振器(VCO)(116)であって、前記VCOが、

前記出力信号および前記基準サイン成分又はコサイン成分間の位相角度差を測定する手段、

前記測定された位相角度差の、前記出力信号および前記基準サイン成分又はコサイン成分間の所望な角度からのずれを決定する手段、

前記ずれに基づいて前記基準サイン成分およびコサイン成分の位相を変更し、ロックする手段、

前記発電機の前記出力信号を位相が変更し、ロックされた前記サイン成分およびコサイン成分のそれぞれと乗算する乗算ブロックする手段(114a、114b)、

前記乗算ブロックによって出力される結果をそれぞれフィルタリングするローパスフィルタ(126a、126b)、および

(a)前記ローパスフィルタの出力の二乗の和の平方根を得るための二乗関数(132a、132b)、加算関数(134a)および平方根関数(136a)、および前記生じる平方根を増幅する増幅器(138a)、および

(b)前記生じる平方根を割る割算器(150a)、および

前記割算器によって出力された結果を前記ローパスフィルタの前記結果の1つと乗算する他の乗算ブロック(152a)、

前記他の乗算ブロックからの出力を1の絶対最大値にクランプするクランプ回路(154a)、および

前記クランプ回路から出力された結果で作動するアークコサイン関数(160a)、を含むことを特徴とする装置。

【請求項10】

さらに、前記発電機の少なくとも2つの出力信号の振幅を測定し、それぞれの測定振幅を得る手段と、

測定された振幅の少なくとも1つを所定の閾値と比較する手段(240)と、

前記比較手段から出力された結果に基づいて、前記少なくとも2つの出力信号と関連した異なる位相情報の中のどれが前記VCOに供給するために使用されるかを決定するためにスイッチを制御する手段(240、206)とを含むことを特徴とする請求項9の装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【技術分野】

この発明は、電力、電圧、電流、および、周波数のような平衡あるいは不平衡三相の電気的なパラメータのリアルタイムな測定に関する。特に、この発明は、位相ロックされた直交ディテクタを用いる発電機における平衡あるいは不平衡三相の電気的なパラメータのリアルタイムな測定に関する。

【0002】

【背景技術】

多相発電機、特に、三相発電機は、市場用および産業用の電力を生産するために広く使われており、従って、安定性があり、信頼性のある交流電力の供給を行なうことができる発電機が望まれている。このような発電機は、位相および周波数の変動と同様に、様々なタイプの電力変動、障害、電圧および電流の過負荷をしばしば受けるので、発電機の出力パラメータできるだけ確実にモニタできることが好ましい。特に、発電機の作動中は、システムの安全な稼動が望まれ、発電機の作動パラメータをオペレータが容易に入手でき、例えば、入力された機械的な動力と供給される電力間の mismatch のような危険な状態が発生したときに、安全装置が、システムコントロールにフィードバック信号を送ることが好ましい。

【0003】

例えば、GE の Mark V Turbine Control Card DS200 TCCBG1B のような従来技術である発電機のモニタが、三相のシステムにおいて、モニタされた電圧および電流信号が、それぞれの電圧および電流ベクトル間で 120 度位相の関係を有していると仮定する。しかしながら、システムの平衡が乱れている状態では、この 120 度位相の関係はもはや有効な仮定ではない。従って、この仮定された 120 度位相の関係に基づいたすべてのベクトル測定および電力計算も、もはや有効ではなくなる。

【0004】

その他の従来技術における発電機モニタにおけるそれ以上の仮定は、発電機の周波数が、例えば、50 あるいは 60 Hz のような定格のシステム周波数に維持されるというようなものである。この仮定は、通常、特に、発電機が比較的大きな電力グリッドに接続されたとき、これによって発電機が公称周波数に近い周波数に維持する傾向にある電気的な「スチフネス」を受けることになるので正しい。他方で、発電機が、例えば、それ自身に発電能力を備えている製造設備のような大きな電力グリッドに接続されていないとき、および、発電機械設備がオンオフされるとき、あるいは、電力供給システムに信頼性が無い開発途上国においてすら、公称値からの 4 ~ 5 Hz の周波数変動は、まれではない。しかし、位相不平衡および周波数変動は回転機械、電気装置、その他発生された電気に依存している装置に望ましくない影響を生ずる。

【0005】

【発明の概要】

従って、三相発電機の出力のキーとなるパラメータを決定する方法および装置の提供が望まれている。この発明の好ましい実施例によれば、直角の（直交する）一対の基準ベクトルが、選択された入力オープンデルタ線間電圧ベクトルに位相ロックされる。好ましくは、コサイン基準ベクトルが、選択された入力ベクトルから 45 度だけ位相をずらせてロックされる。これは、引き続く大きさおよび位相の計算における精度を高めるような入力ベクトルの直交する対への最上の射影を可能にする。位相ロックされた基準ベクトルは、好ましい実施例におけるシステムに対する入力として与えられる残りのオープンデルタ線間電圧ベクトルおよび三つの線中性点間電流ベクトルに対する大きさおよび位相角度を計算する基礎となる。

【0006】

選択された入力の計算された大きさおよび位相、三つの線間電圧および三つの線中性点間

10

20

30

40

50

電流に対する大きさおよび位相角度の瞬時値の測定、発電機の有効電力（ワット）、ボルトアンペア無効電力（VAR S）、皮相電力（VA）、力率（PF）、および、位相ロックの結果としての発電機の精密な周波数を用いる。

【0007】

【発明を実施するための最良の形態】

この発明の好ましい実施例は、図1Aと図1Bにおいて、100で示されている。一般的に、この実施例には、直交ディテクタと、位相ロックループおよび位相シフトフィードバックからなる三つの主要機能部分がある。以下に議論されるように、図1Aが最初であるが、同じ機能の多くが、別の入力信号に対して働く図1Bにおいても繰り返される。

【0008】

直交ディテクタ部分は、好ましくは、それぞれ、乗算ブロック114a、114b、114c、114dに接続される信号入力110a、110bからなり、これらの乗算ブロックはまた、電圧制御された発信器（VCO）116から出る基準サイン信号118および基準コサイン信号120に接続されている。乗算ブロック114a、114b、114c、114dは、それぞれ、ローパスフィルタ126a、126b、126c、126dに接続され、これらのローパスフィルタは、それぞれ、サイン信号118およびコサイン信号120のそれぞれの平方機能132a、132b、132c、132dに接続されている。さらに、加算接続134a、134b、平方根機能136a、136b、および、利得ブロック138a、138bが一体的に信号の大きさ176、180を与えるように接続されている。ここで開示されている実施例の基礎とする数学については、後で説明する。

【0009】

上述の事項に加えて、直交ディテクタ部分は、好ましくは、それぞれ、平方根機能136a、136bの後に接続されるインバータ150a、150bとクランプ回路154a、154bにそれぞれ接続された乗算ブロック152a、152bを有し、そのクランプ回路が後に、アークコサイン機能160a、160bに接続される。直交ディテクタ部分の上述の構成は、基準ベクトルに関する、すなわち、コサイン信号120に関する入力信号の位相関係を内容とする信号174、178を発生する。最終的に、ブロック170、172が入力信号のサイン信号118へのフィルタリングされた射影が得られることを示す。

【0010】

この発明による好ましい実施例による位相ロックされたループは、以下に詳しく説明される所望のフィードバック信号を選択するためのVCO116（図2に詳細が示されている）、アップダウンカウンタ226、230、ローパスフィルタ224、228、飽和リミッタ214、および、論理回路制御されるスイッチ206からなる。図2に示されるようなVCO116は、好ましくは、ディジタル的に実行され、入力250、ディスクリートな時間積分器252、ロールオーバー機能254、利得ブロック256、度・ラジアンコンバータ258、および、サインおよびコサイン信号118、120をそれぞれ導くサイン機能ブロック260およびコサイン機能ブロック262からなる。ロールオーバー機能254において展開されるアルゴリズムは、図2に示されている。

【0011】

図1Aに示される実施例における位相シフトフィードバック部分は、好ましくは、選択された入力ベクトルおよびコサイン基準信号120間の位相角度差を測定する機能200a、200bを有する。この場合は45度（5.4978ラジアン）である所望な角度からのずれは、付勢されたときに、ディスクリートな時間飽和リセット積分器202aあるいは202bを介して積分され、VCO116に対する周波数・位相エラーフィードバックへのバイアスとしてスイッチ204を介して加算ブロック210によって加算（あるいは減算）されて、サイクルに変換される。すなわち、周波数・位相エラーフィードバックは、エラーフィードバックをVCOの中心周波数220に加算する加算ブロック216に導かれる。調節された周波数は、222において見出すことができ、信号周波数222を示

10

20

30

40

50

す信号は、入力250を介してVCO116に導かれる(図2)。入力110a、110bは、V12、V23およびV31によって図1Aおよび図1Bに示されているオープンデルタ線間電圧ベクトルを示す。この表現は、位相A、B、Cを備える三相システムにおけるVAB、VBCおよびVCAに同じである。三相システムにおける第3の線間電圧は従来周知の電位トランス(PT)によって直接モニタできるが、モニタリングシステム全体のコストダウンという観点から、図1Bに示すように、第3の線間電圧が、否定ブロック112を介してその他の二つにおける線間電圧の否定によって取り出されることが明らかである。二つのその他の電圧と同様に、取り出された第3の電圧は、乗算ブロック114e、114fを介してサインおよびコサイン信号118、120に混合され、得られた積は、フィルタ126e、126fによりフィルタリングされ、フィルタリングされた成分は、すなわち、コサイン射影128cおよびサイン射影130cは、平方機能132e、132fを通過し、得られた結果は、加算ブロック134cにおいて加算され、平方根機能136cを通過する。平方根値は利得ブロック138cにおいて増幅されて第3の線間電圧の大きさ184が決定される。コサイン基準信号120に関する第3の線間電圧の角度は、インバータ150cを介して平方根値を逆数にし、得られた商を乗算ブロック152cにおいてコサイン射影128cに乗ずることによって得られる。得られた積は、クランプ機能154cにおいて+/-1にクランプされ、最終的に、アークコサイン機能160cが、クランプ機能154cからの値に加えられて角度出力182が得られることになる。

10

【0012】

20

三相電流の基準コサイン信号120に関しての大きさおよび位相信号を得るための構成は、第3の線間電圧に関連して上述した構成と同一である。

【0013】

特に、電流信号は、入力110c、110d、110eにおいて入力する。それらの信号は、乗算ブロック114g、114h、114i、114j、114k、114lにおいて基準サインおよびコサイン信号118、120と乗算される。得られた積は、それぞれのコサインおよびサイン射影128d、130d、128e、130e、128f、130fを生じるローパスフィルタ126g、126h、126i、126j、126k、126lにおいてフィルタリングされる。これらの射影のそれぞれは、平方機能132g、132h、132i、132j、132k、132lによって平方され、図示のように加算ブロック134d、134e、および、134fにおいて加算される。その後、平方根機能136d、136e、136fが設けられ、これらは利得ブロック138d、138e、138fに導かれ、188、192、196においてそれぞれの位相電流の大きさが得られる。コサイン基準信号120に関しての位相電流角度のために、コサイン射影128d、128e、128fは、乗算ブロック152d、152e、152fにおいてインバータ150d、150e、150fにおいて逆数を取られた平方根値に乘算される。この乗算の積は、クランプ機能154d、154e、154fにおいてクランプされ、次に、アークコサイン機能が、ブロック160d、160e、160fによって与えられて186、190、194において必要な角度が得られることになる。

30

【0014】

40

図示のように、電力計算に用いられるベクトルの大きさおよび角度(図3)は、直交ディテクタ部分におけるそれぞれのローパスフィルタから出てくるコサインおよびサイン射影128a、130a、128b、130b、128c、130c、128d、130d、128e、130e、128f、130fを用いて決定される。一対の二つの射影におけるその平方の和の平方根は、入力信号の大きさの1/2である。このようにして、信号の大きさは、この量に2を乗算することにより得られる。上述の事柄のより正確な説明に対しては後で数学的な解析を参照されたい。さらに、コサインの射影と、サインおよびコサインの射影を平方したものの和の平方根との比は入力信号およびコサイン基準間の角度のコサインであるので、位相関係は、この比のアークコサインを取ることによって求められる。

50

【 0 0 1 5 】

好ましい実施例に従って取り出されたベクトルの大きさおよび位相の関係に基づいた電力計算が、図 3 に示されている。特に、角度 1 7 4、1 8 6 は、加算ブロック 3 1 0 において加算される。サインおよびコサインは、ブロック 3 1 6、3 1 8 から生じた和から求められる。これらの構成要素は、次いで、乗算ブロック 3 2 0、3 2 2 において第 1 の線間電圧の大きさである大きさ 1 7 6 と混合される。これらの処理は再び乗算ブロック 3 2 4、3 2 6 において位相 A の電流の大きさ 1 8 8 と乗算される。一方、第 2 の線間電圧角度 1 7 8 および 1 8 0 度入力 3 0 0 は、基準コサイン信号 1 2 0 に関して位相 C と B の間の電圧に対する角度を与える加算ブロック 3 1 2 において加算される。この値は、ブロック 3 1 4 内における位相 C 電流のマイナスの角度に加えられる。このブロックは、その出力が乗算ブロック 3 5 4、3 5 6 内で位相 B と C 1 8 0 の間の電圧の大きさと混合されるサインおよびコサイン機能 3 5 0、3 5 2 に接続されている。ブロック 3 5 4、3 5 6 は、位相 C 電流の大きさ 1 9 6 に接続された入力をさらに備えた乗算ブロック 3 5 8、3 6 0 に接続されている。乗算ブロック 3 5 8 の出力は、その出力が有効電力 P 3 3 0 を内容としている加算ブロック 3 2 8 における乗算ブロック 3 2 6 の出力に加算される。この有効電力 P 3 3 0 は、 S (以下に説明される) によって割られると、力率値 3 3 4 となる。図 3 において S と記号化された皮相電力 (VA) は、ワット数の平方和の平方根、すなわち、 $S = \sqrt{P^2 + Q^2}$ として計算される。図 3 において、この関係は、乗算ブロック 3 2 4 および 3 6 0 の出力を取り出し、これを加算ブロック 3 6 2 において加算することによって得られ、これは、図 3 において Q と記号化された無効電力 VARS、3 6 4 を与える。 Q は、次いで、平方機能 3 3 6 における電力 P として平方機能 3 6 6 において平方される。これらの平方値は、加算ブロック 3 3 8 において加算され、その結果としての和の平方根が、機能ブロック 3 4 0 において皮相電力 VA である値 S を生じる。

【 0 0 1 6 】

ここで開示されるシステムの動作が、以下に説明される。位相ロックされたループは、周波数・位相エラーディテクタの動作によって制御され、このディテクタは、入力信号、例えば、1 1 0 a、1 1 0 b の上昇方向にそれぞれ 0 交差するとアップダウンカウンタ 2 2 6、2 3 0 を増加させる。他方、アップダウンカウンタ 2 2 6、2 3 0 は、コサイン基準ベクトル 1 2 0 の上昇方向においてそれぞれ 0 交差すると、減少させられる。カウンタ 2 2 6、2 3 0 は、入力信号の周波数にマッチするように VCO 中心周波数に加えられる必要のある周波数ヘルツの小数部分内に至るまでアップあるいはダウンをカウントする。図 4、5 および 6 は、可能なカウンタ出力値を示している。図 4 は、高い方の周波数に向けて駆動するアップダウンカウンタを示し、図 5 は、高い方のカウントとパルス幅に転移しているアップダウンカウンタを示し、および、図 6 は、安定状態の周波数にロックされたアップダウンカウンタを示している。ロックを維持するのに必要な小数部分ヘルツは、アップダウンカウンタのパルス幅内に埋没している。周波數位相アップダウンカウンタ 2 2 6、2 3 0 の出力は、ローパスフィルタ 2 2 4、2 2 8、によって平滑化され、スイッチ 2 0 6 を介して位相シフトフィードバック信号に加えられる。応答を早めるためのこれら二つのフィードバック信号と増幅器 2 1 2 を介した利得との加算は、VCO 中心周波数 2 2 0 を所望の量だけバイアスして VCO 1 1 6 の出力を入力信号と同じ周波数に維持するのに用いられる。

【 0 0 1 7 】

位相シフトフィードバック、すなわち、入力信号ベクトルおよびコサイン基準ベクトル 1 2 0 および所望の位相シフト (この場合 4 5 度) の間のエラーは、ディスクリートな時間飽和リセット積分器 2 0 2 a、2 0 2 b を介して積分され、加算ブロック 2 1 0 において適切にフィルタリングされた周波数・位相エラーアップダウンカウンタの値に加算される。この位相シフトフィードバックは、二つのフィードバック信号の加算をバイアスし、周波数・位相エラーアップダウンカウンタのパルス幅が、コサイン基準信号 1 2 0 に対して所望の位相角度に維持されている入力ベクトルを備えた安定状態平衡点に到達するようにする。入力信号の周波数は、利得が加えられたフィードバック信号と VCO 中心周波数と

10

20

30

40

50

の和である。

【 0 0 1 8 】

具体的には、機能 2 0 0 a は、好ましくは、図 8 に概略が示されているものと同じソフトウェアコードに従って実行される。図から明らかなように、例えば、1 7 0 であるフィルタリングされたサイン射影は、適正な計算結果を保証するために用いられる。同じアルゴリズムが機能 2 2 0 b フィードバック路に用いられるが、V 1 2 および V 2 3 間の 1 2 0 度の差が、V 1 2 路における 4 5 度に対して 1 6 5 度にするという所望の差を与えるように加えられるところだけが異なっている。このようにして、アルゴリズムの V 2 3 フィードバック路において、3 . 4 0 3 3 9 2 0 4 1 ラジアン (1 9 5 度) が、V 1 2 路における 5 . 4 9 7 7 8 7 1 4 4 ラジアン (3 1 5 度) の代わりに引かれる。

10

【 0 0 1 9 】

フィードバック制御スイッチ 2 4 0 は、図 9 に関連して以下のように働く。位相ロックされたループにおける正常なフィードバック選択は、1 1 0 a における入力信号の大きさが所定の閾値 (ステップ 8 0 0、8 1 0、8 2 0、8 3 0) よりも大きい限りにおいて、V 1 2 入力信号 1 1 0 a を用いる。 そうでないときは、V 2 3 の大きさ、すなわち、入力信号 1 1 0 b は、同じ閾値 (ステップ 8 4 0、8 5 0) と比較される。V 2 3 の信号レベルが十分に大きいときは (ステップ 8 5 0)、フィードバック選択として使われる (ステップ 8 6 0、8 7 0)。フィードバック制御のためのスイッチングは、図 1 A に示されるブロック 2 4 0 において実行される。V 1 2 も V 2 3 も閾値を超えずに、しかも、V 2 3 が V 1 2 よりも非常に大きいときは (例えば、1 5 0 % あるいはその他の適当な値)、V 2 3 は、フィードバック選択として使われる (ステップ 8 8 0、8 6 0、8 7 0)。それ以外は、V 1 2 が使われる。V 1 2 の既定値あるいは本来の使用は任意であり、V 2 3 は、代わりに本来のものとして使用できることに注意すべきである。このルーチンは、システムが「生きた」入力信号に基づいてモニタされていることに確信を得るため適切に繰り返される。すなわち、このスイッチング論理は、システムの故障それに引続いて一方のあるいは他方の入力信号に電圧損失があるときに有効である。従って、電力計算は、発電機位相の一方に電力がある限り行なうことができる。

20

【 0 0 2 0 】

別のやり方で説明すると、ディスクリットなアップダウンカウンタ 2 2 6 あるいは 2 3 0 は、アップあるいはダウンをカウントして粗い整数の周波数調節や、パルス幅を増加あるいは減少させて細かい周波数調節を行う。アップカウントが生じるかあるいはパルス幅が一定のままで残り、平衡点に達するまで、パルス幅は増加することは図 5 - 図 7 から明らかである。同様の効果が、パルス幅の減少とダウンカウントにより得られる。アップダウンカウンタにすぐ追従するローパスフィルタ 2 2 4、2 2 8 が、カウンタ出力を平滑化し、アップダウンカウンタパルス列の平均値を定める。このようにして、パーニヤ (小数部分) 周波数成分は、アップダウンカウンタパルス幅内に埋没する。問題は、入力ベクトルがコサイン基準信号 1 2 0 からずれた一定の 4 5 度に維持されることを如何にして保証するかである。前に述べたように、4 5 度のずれは、基準コサインおよびサインベクトル上の射影により平衡を取らせるとともにより正確な測定を可能にする。位相シフトフィードバック路は、これを望ましい関係に確保する。所望の位相角度とコサイン基準位相にたいするフィードバック入力と差を積分し、次いで、これをアップダウンカウンタに加えることによって、必要な周波数および位相角度においてロックを保持するために必要なバイアスが得られる。換言すると、アップダウンカウンタは、V C O 中心周波数に加えるのに必要な正しいフィードバックを正確に与えて、入力 (発電機 V 1 2 あるいは V 2 3) と同じ周波数に V C O 出力周波数を維持する。しかしながら、位相関係は、アップダウンカウンタフィードバックにおける如何なる構成によっても制御できない。位相シフトフィードバック路を加えることによって、周波数および位相が特定できる。

30

40

【 0 0 2 1 】

以下に示すのは、この発明の実施例に関連して用いられるベクトルの乗算の数学的な分析である。

50

(ベクトルの乗算の数学的な分析)

いずれかの基準ベクトルによる入力乗算は、以下の三角法の恒等式に従う。

$$[A_{in} \sin(\omega_{in} t + \theta_{in})][A_{ref} \sin(\omega_{ref} t + \theta_{ref})] = [(A_{in} A_{ref} / 2) \cos((\omega_{in} t + \theta_{in}) - (\omega_{ref} t + \theta_{ref}))] \cdot [(A_{in} A_{ref} / 2) \cos((\omega_{in} t + \theta_{in}) + (\omega_{ref} t + \theta_{ref}))] \quad (式1)$$

同じ周波数における二つのベクトルに対して、すなわち、 $\omega_{in} = \omega_{ref}$ に対して式1は、以下ようになる。

$$[A_{in} \sin(\omega_{in} t + \theta_{in})][A_{ref} \sin(\omega_{ref} t + \theta_{ref})] = [(A_{in} A_{ref} / 2) \cos(\theta_{in} - \theta_{ref})] - [(A_{in} A_{ref} / 2) \cos(2\omega_{in} t + \theta_{in} + \theta_{ref})] \quad (式2)$$

10

これから、D・C・項が、すなわち、第1のかっこであり、および、A・C・項が、すなわち、第2のかっこであることが分かる。D・C・項は、二つのベクトルが同じ周波数であるときにのみ存在する。式2がD・C・項成分を通過させつつA・C・項成分を除去するローパスフィルタを通過するとき、式2は、以下のように簡単にできる。

【0022】

$$\text{フィルタリングされた} [[A_{in} \sin(\omega_{in} t + \theta_{in})][A_{ref} \sin(\omega_{ref} t + \theta_{ref})]] = [(A_{in} A_{ref} / 2) \cos(\theta_{in} - \theta_{ref})] \quad (式3)$$

基準ベクトルを単位ベクトル、すなわち、 $A_{ref} = 1$ であるとしたとき、式3はさらに以下のように簡単にできる。

【0023】

20

$$\text{フィルタリングされた} [[A_{in} \sin(\omega_{in} t + \theta_{in})][A_{ref} \sin(\omega_{ref} t + \theta_{ref})]] = [(A_{in} / 2) \cos(\theta_{in} - \theta_{ref})] \quad (式4)$$

これは、図7を参照するとき好都合である。

【0024】

定義により

$$\cos(\theta_{in} - \theta_{ref}) \quad (\text{隣接辺} / \text{斜辺}) = (A_{in} \text{の} A_{ref} \text{への射影}) / A_{in} \quad (式5)$$

項(A_{in} の A_{ref} への射影)について式5を解くと、以下ようになる。

$$(A_{in} \text{の} A_{ref} \text{への射影}) = A_{in} \cos(\theta_{in} - \theta_{ref}) \quad (式6)$$

式6と式4を比較すると、以下のことが明らかである。

30

$$\text{フィルタリングされた} [[A_{in} \sin(\omega_{in} t + \theta_{in})][A_{ref} \sin(\omega_{ref} t + \theta_{ref})]] = (A_{in} \text{の} A_{ref} \text{への射影}) / 2 \quad (式7)$$

換言すると、フィルタ出力は、基準ベクトルに対する入力ベクトル射影の1/2となる。

【0025】

角度出力174、178、182、186、190、194において、角度出力は、入力ベクトル(線間電圧あるいは線中性点間電流)とコサイン基準信号120との間の角度である。しかしながら、0度基準に対する真の位相角度は、図10から、コサイン基準角度と、コサイン基準および関心あるモジュロ360のベクトル間の角度との和であることが分かる。すなわち、図10および図7において「ファイ入力」という角度を与えるために、VCO116のコサイン出力120を角度に変換し、上述した計算を実行するアークコサインブロック(図示せず)を図1に加える必要がある。

40

【0026】

【産業上の利用可能性】

このようにして、ここで述べた好ましい実施例に従って、リアルタイムに、平衡あるいは不平衡負荷の状態の下で、瞬時周波数、三相電圧、三相電流、位相間の角度、電力(ワット、VARs、VA)、および、力率を含む発電機の動作パラメータを正確に測定するとともに計算する方法および装置が提供される。直交し、好ましくは約45度で選択された入力にロックされている一対のベクトルを用い、共通の基準として使うことによって、発電機の動作パラメータを計算するのに必要な入力ベクトルのすべてが、非常に正確に測定できる。共通の基準の使用は、仮定される位相角度および/あるいは周波数を使うときの

50

問題を解決し、より強靱な測定を可能にする。特に、基準の直交対から45度だけ入力ベクトルをずらす技術および位相ロックされたループを用いて同じ45度にこれを維持する技術は、電気的なパラメータのさらに正確な最高の測定を約束する。従って、例えば、発電機の原動機の正確な速度制御を行なって供給される電力の周波数および位相をさらに正確に制御することが可能になる。

【0027】

この発明は好ましい実施例について説明されたが、当該技術に通常の知識を備えた者であれば、この発明の技術的な範囲を逸脱することなく、種々の変更を行なうとともに部材の入れ替えを行なうことは極めて容易に行ない得ることであろう。さらに、この発明の基本的な範囲を外れることなく、その示唆するところに従って特定の状況や材料を適用して多くの修正を行なえることも明らかであろう。従って、この発明は、これを実施するために意図された最上の態様として開示されている特定の実施例に限定されるものではなく、この発明は、添付の特許請求の範囲に記載の技術的な範囲に含まれるすべての実施例を包含するものである。

【図面の簡単な説明】

【図1A】 この発明の好ましい実施例の説明図である。

【図1B】 この発明の好ましい実施例の説明図である。

【図2】 この発明の好ましい実施例による電圧制御された発信器の構成をしめす。

【図3】 この発明の好ましい実施例による種々の電力パラメータを得るための構成の説明図である。

【図4】 この発明の好ましい実施例におけるアップダウンカウンタに可能な出力を示すグラフである。

【図5】 この発明の好ましい実施例におけるアップダウンカウンタに可能な出力を示すグラフである。

【図6】 この発明の好ましい実施例におけるアップダウンカウンタに可能な出力を示すグラフである。

【図7】 一旦、位相ロックが達成されたときの、入力信号と、発生されたサインおよびコサイン基準信号成分間の関係を示す図である。

【図8】 この発明によるエラー関数ブロック200aを実行するための好ましい指令を示す図である。

【図9】 この発明の実施例に従ってどの入力信号に対して基準が位相ロックされるべきかを選択する論理回路を示すフロー図である。

【図10】 この発明の好ましい実施例による種々のベクトルにおける位相角度間の関係を示す図である。

10

20

30

【図 1 A】

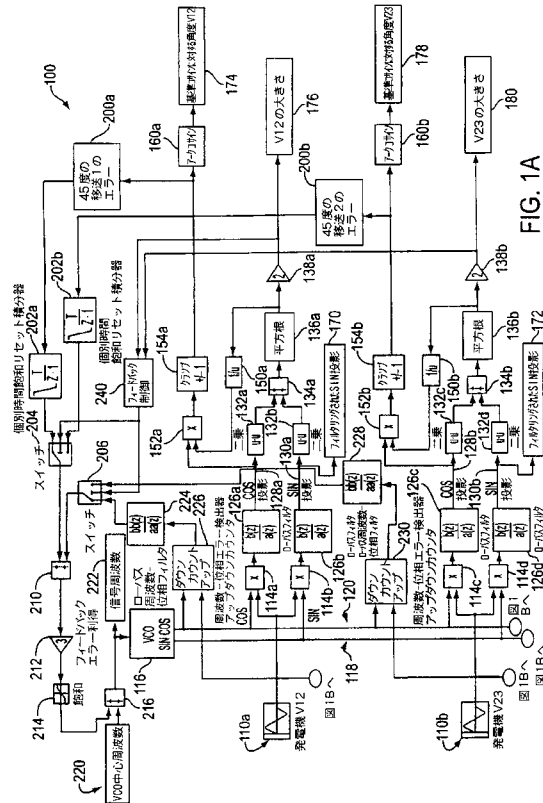


FIG. 1A

【図 1 B】

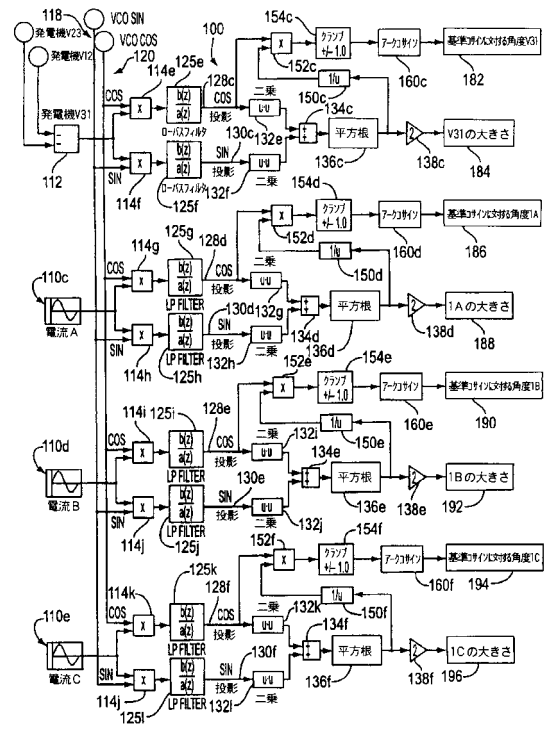


FIG. 1B

【図 2】

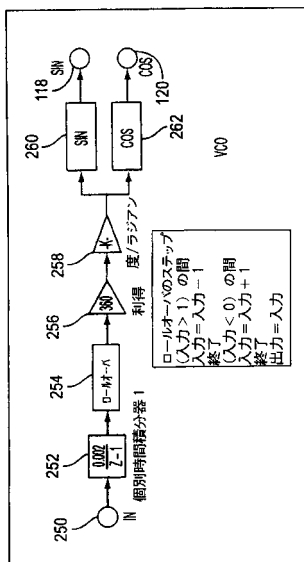


FIG. 2

【図 3】

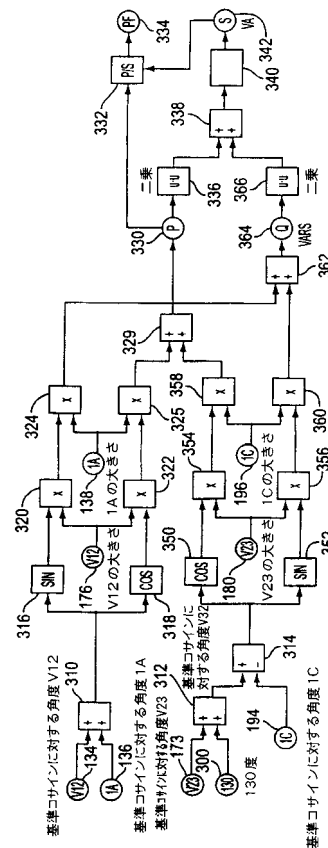


FIG. 3

【図 4】

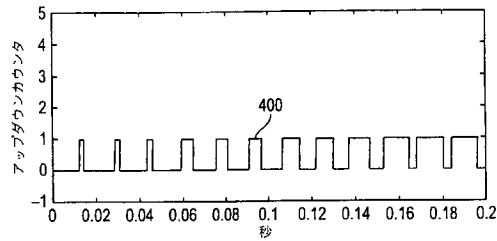


FIG. 4

【図 5】

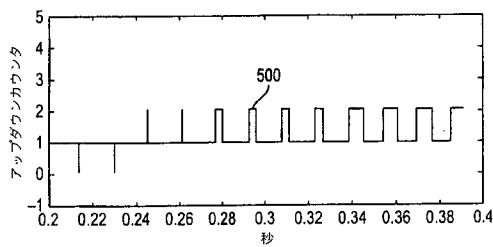


FIG. 5

【図 6】

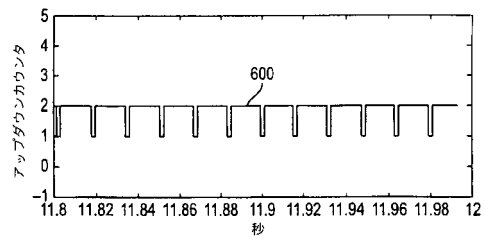


FIG. 6

【図 7】

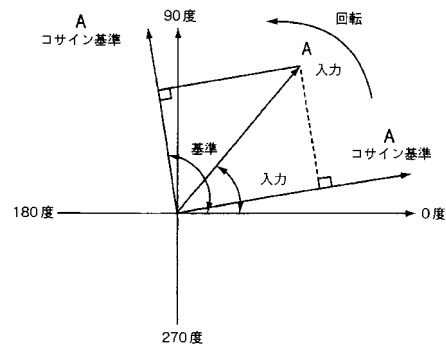


FIG. 7

【図 8】

%位相_45.m
 %入力フェーザーと発電機V12のためのコサイン基準フェーザーとの間で
 45度の移相を強制する
 関数y=位相_45(u)
 グローバルフィルタリング済_SIN_投影;
 %入力フェーザーが第1あるいは第2の象限にあるならば、そのとき
 (フィルタリング済_SIN_投影<0.0)ならば
 %各フェーザーのためのコサイン基準に対する角度を計算する
 角度=アークコサイン(u);
 %そうでなければ、入力フェーザーは第3あるいは第4の象限にあり
 そうでなければ
 %アークコサインは0→PIの範囲でのみ規定される
 %第3あるいは第4の象限において、PI→2PIの範囲で角度を計算する
 ならば
 角度=アークコサイン(u);
 角度=(2*pi)-角度;
 終了
 %角度はコサイン基準から回転の1/8(45度)移相されるべきである
 %この角度と所望の角度との差(エラー)を検出する
 %5.497787144ラジアン(回転の-7/8、すなわち-315度)
 エラー=角度-5.497787144
 %0~2PIラジアン間の角度エラーを正にする
 (エラー<0.0)ならば、エラー=エラー+2*pi;
 終了
 %コサイン基準からの入力フェーザー移相角エラーを
 %ラジアンから1回転の端数に変換する
 (エラー<pi)ならば、y=エラー/(2*pi);
 さもないならば、y=エラー/(2*pi)-1.0
 終了

【図 9】

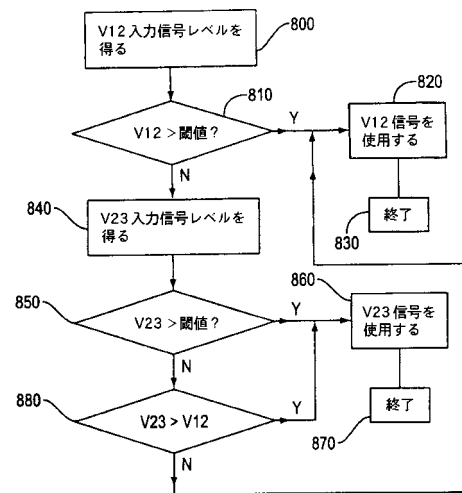


FIG. 9

【図 10】

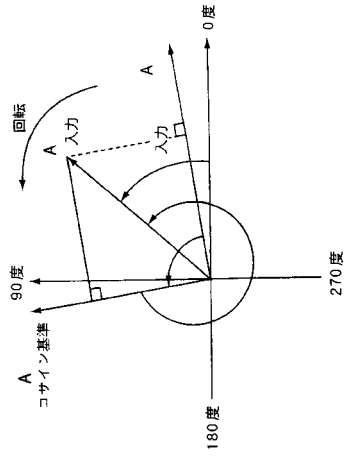


FIG. 10

フロントページの続き

審査官 吉田 久

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

(58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)

G01R 19/00 ~ 19/32、
21/00、
23/00 ~ 23/20、
25/00、 25/04
29/16、 29/18、
31/34
H02P 9/00 ~ 9/48
H02J 3/00 ~ 5/00