

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第5444162号
(P5444162)

(45) 発行日 平成26年3月19日 (2014. 3. 19)

(24) 登録日 平成25年12月27日 (2013. 12. 27)

(51) Int. Cl.	F I
HO 1 H 33/59 (2006. 01)	HO 1 H 33/59 G
HO 1 H 9/54 (2006. 01)	HO 1 H 9/54 H
HO 1 H 9/56 (2006. 01)	HO 1 H 9/56

請求項の数 10 (全 23 頁)

(21) 出願番号	特願2010-185491 (P2010-185491)	(73) 特許権者	000003078
(22) 出願日	平成22年8月20日 (2010. 8. 20)		株式会社東芝
(65) 公開番号	特開2012-43711 (P2012-43711A)		東京都港区芝浦一丁目1番1号
(43) 公開日	平成24年3月1日 (2012. 3. 1)	(74) 代理人	100108855
審査請求日	平成25年2月27日 (2013. 2. 27)		弁理士 蔵田 昌俊
		(74) 代理人	100091351
			弁理士 河野 哲
		(74) 代理人	100088683
			弁理士 中村 誠
		(74) 代理人	100109830
			弁理士 福原 淑弘
		(74) 代理人	100075672
			弁理士 峰 隆司
		(74) 代理人	100095441
			弁理士 白根 俊郎

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 励磁突入電流抑制装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

電源を備えた三相交流の電力系統と三相交流電圧を单相交流電圧に変換する変圧器との接続を開閉する遮断器の励磁突入電流を抑制する励磁突入電流抑制装置であって、

前記遮断器の前記変圧器側の三相交流電圧を計測する変圧器側三相交流電圧計測手段と、

前記変圧器側三相交流電圧計測手段により計測された三相交流電圧に基づいて、前記遮断器による前記変圧器の遮断後の前記変圧器の三線間の残留磁束を演算する残留磁束演算手段と、

前記残留磁束演算手段により演算された前記三線間の残留磁束のうち最も大きな残留磁束の線間を検出する線間検出手段と、

前記遮断器の前記電源側の三相交流電圧を計測する電源側三相交流電圧計測手段と、

前記電源側三相交流電圧計測手段により計測された三相交流電圧に基づいて、前記変圧器の三線間の定常磁束を演算する定常磁束演算手段と、

前記線間検出手段により検出された線間において、前記残留磁束演算手段により演算された残留磁束と前記定常磁束演算手段により演算された定常磁束とが略一致する位相を判断する第1の位相判断手段と、

前記第1の位相判断手段により判断された位相で、前記線間検出手段により検出された線間に対応する二相を投入する第1の投入手段と、

前記第1の投入手段による投入後、投入されていない相を投入する第2の投入手段と

10

20

を備えたことを特徴とする励磁突入電流抑制装置。

【請求項 2】

電源を備えた三相交流の電力系統と三相交流電圧を単相交流電圧に変換する変圧器との接続を開閉する遮断器の励磁突入電流を抑制する励磁突入電流抑制装置であって、

前記変圧器の単相交流電圧を計測する変圧器側単相交流電圧計測手段と、

前記変圧器側単相交流電圧計測手段により計測された前記変圧器の単相交流電圧を、前記変圧器の三相交流電圧に変換する変圧器側電圧変換手段と、

前記変圧器側電圧変換手段により変換された三相交流電圧に基づいて、前記遮断器による前記変圧器の遮断後の前記変圧器の三線間の残留磁束を演算する残留磁束演算手段と、

前記残留磁束演算手段により演算された前記三線間の残留磁束のうち最も大きな残留磁束の線間を検出する線間検出手段と、

前記遮断器の前記電源側の三相交流電圧を計測する電源側三相交流電圧計測手段と、

前記電源側三相交流電圧計測手段により計測された三相交流電圧に基づいて、前記変圧器の三線間の定常磁束を演算する定常磁束演算手段と、

前記線間検出手段により検出された線間において、前記残留磁束演算手段により演算された残留磁束と前記定常磁束演算手段により演算された定常磁束とが略一致する位相を判断する第 1 の位相判断手段と、

前記第 1 の位相判断手段により判断された位相で、前記線間検出手段により検出された線間に対応する二相を投入する第 1 の投入手段と、

前記第 1 の投入手段による投入後、投入されていない相を投入する第 2 の投入手段とを備えたことを特徴とする励磁突入電流抑制装置。

【請求項 3】

電源を備えた三相交流の電力系統と主座変圧器及び T 座変圧器を備えたスコット結線変圧器との接続を開閉する遮断器の励磁突入電流を抑制する励磁突入電流抑制装置であって、

前記主座変圧器の 2 次電圧を計測する主座 2 次電圧計測手段と、

前記主座 2 次電圧計測手段により計測された 2 次電圧に基づいて、前記遮断器による前記変圧器の遮断後の前記主座変圧器の残留磁束を演算する残留磁束演算手段と、

前記遮断器の前記電源側の三相交流電圧を計測する電源側三相交流電圧計測手段と、

前記電源側三相交流電圧計測手段により計測された三相交流電圧に基づいて、前記主座変圧器の定常磁束を演算する定常磁束演算手段と、

残留磁束演算手段により演算された残留磁束と前記定常磁束演算手段により演算された定常磁束とが略一致する位相を判断する第 1 の位相判断手段と、

前記第 1 の位相判断手段により判断された位相で、前記主座変圧器の 1 次巻線に対応する二相を投入する第 1 の投入手段と、

前記第 1 の投入手段による投入後、投入されていない相を投入する第 2 の投入手段とを備えたことを特徴とする励磁突入電流抑制装置。

【請求項 4】

前記第 2 の投入手段は、励磁突入電流を抑制するように予め設定された時間後に投入すること

を特徴とする請求項 1 から請求項 3 のいずれか 1 項に記載の励磁突入電流抑制装置。

【請求項 5】

前記遮断器を少なくとも 1 回開放操作したときの前記変圧器の残留磁束及び前記遮断器の遮断位相を計測した情報を保持する計測情報保持手段と、

前記計測情報保持手段に保持された情報に基づいて、同一の遮断位相で前記遮断器を開放するための開放手段とを備え、

前記第 1 の投入手段は、前記開放手段による前記遮断位相に基づいて、前記遮断器を投入すること

を特徴とする請求項 1 から請求項 4 のいずれか 1 項に記載の励磁突入電流抑制装置。

【請求項 6】

電源を備えた三相交流の電力系統と三相交流電圧を単相交流電圧に変換する変圧器との接続を開閉する遮断器の励磁突入電流を抑制する励磁突入電流抑制方法であって、

前記遮断器の前記変圧器側の三相交流電圧を計測し、

計測した三相交流電圧に基づいて、前記遮断器による前記変圧器の遮断後の前記変圧器の三線間の残留磁束を演算し、

演算した前記三線間の残留磁束のうち最も大きな残留磁束の線間を検出し、

前記遮断器の前記電源側の三相交流電圧を計測し、

計測した三相交流電圧に基づいて、前記変圧器の三線間の定常磁束を演算し、

検出した線間において、演算した残留磁束と演算した定常磁束とが略一致する位相を判断し、

判断した位相で、検出した線間に対応する二相を投入し、

検出した線間に対応する二相を投入後、投入されていない相を投入することを含むことを特徴とする励磁突入電流抑制方法。

【請求項 7】

電源を備えた三相交流の電力系統と三相交流電圧を単相交流電圧に変換する変圧器との接続を開閉する遮断器の励磁突入電流を抑制する励磁突入電流抑制方法であって、

前記変圧器の単相交流電圧を計測し、

計測した前記変圧器の単相交流電圧を、前記変圧器の三相交流電圧に変換し、

変換した三相交流電圧に基づいて、前記遮断器による前記変圧器の遮断後の前記変圧器の三線間の残留磁束を演算し、

演算した前記三線間の残留磁束のうち最も大きな残留磁束の線間を検出し、

前記遮断器の前記電源側の三相交流電圧を計測し、

計測した三相交流電圧に基づいて、前記変圧器の三線間の定常磁束を演算し、

検出した線間において、演算した残留磁束と演算した定常磁束とが略一致する位相を判断し、

判断した位相で、検出した線間に対応する二相を投入し、

検出した線間に対応する二相を投入後、投入されていない相を投入することを含むことを特徴とする励磁突入電流抑制方法。

【請求項 8】

電源を備えた三相交流の電力系統と主座変圧器及び T 座変圧器を備えたスコット結線変圧器との接続を開閉する遮断器の励磁突入電流を抑制する励磁突入電流抑制方法であって、

、

前記主座変圧器の 2 次電圧を計測し、

計測した 2 次電圧に基づいて、前記遮断器による前記変圧器の遮断後の前記主座変圧器の残留磁束を演算し、

前記遮断器の前記電源側の三相交流電圧を計測し、

計測した三相交流電圧に基づいて、前記主座変圧器の定常磁束を演算し、

演算した残留磁束と演算した定常磁束とが略一致する位相を判断し、

判断した位相で、前記主座変圧器の 1 次巻線に対応する二相を投入し、

前記主座変圧器の 1 次巻線に対応する二相を投入後、投入されていない相を投入すること

を含むことを特徴とする励磁突入電流抑制方法。

【請求項 9】

前記投入されていない相の投入は、励磁突入電流を抑制するように予め設定された時間後に投入すること

を特徴とする請求項 6 から請求項 8 のいずれか 1 項に記載の励磁突入電流抑制方法。

【請求項 10】

前記遮断器を少なくとも 1 回開放操作したときの前記変圧器の残留磁束及び前記遮断器の遮断位相を計測した情報を保持し、

保持した情報に基づいて、同一の遮断位相で前記遮断器を開放し、

10

20

30

40

50

前記遮断位相に基づいて、前記遮断器を投入することを含むことを特徴とする請求項6から請求項9のいずれか1項に記載の励磁突入電流抑制方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、遮断器を投入する際に生じる励磁突入電流を抑制する励磁突入電流抑制装置に関する。

【背景技術】

【0002】

10

一般に、変圧器鉄心に残留磁束がある状態で電源投入により無負荷励磁を行うと、大きな励磁突入電流が流れることが知られている。この励磁突入電流の大きさは変圧器の定格負荷電流の数倍になる。このように大きな励磁突入電流が流れると、系統電圧が変動し、その電圧変動が大きい場合、需要者に影響を与えることがある。

【0003】

このため、励磁突入電流を抑制する方法として、投入抵抗と接点とが直列に接続された抵抗体付き遮断器を用いることが知られている。抵抗体付き遮断器は、遮断器主接点と並列に接続する。この抵抗体付き遮断器は、遮断器主接点に先行して投入する。これにより、励磁突入電流が抑制される。

【0004】

20

また、他の抑制方法として、直接接地系の三相変圧器を3台の単相型遮断器で投入する際、任意の1相を先行投入し、その後に残りの2相を投入させるようにして励磁突入電流を抑制する方法が知られている。

【0005】

さらに、非有効接地系の三相変圧器を三相一括操作型遮断器で投入する際の励磁突入電流を抑制する方法として、変圧器が遮断された時の鉄心に残留する磁束の値を計測し、変圧器投入時の励磁突入電流を遮断器の投入位相を制御することが知られている。

【0006】

一方、三相交流電圧を単相交流電圧に変換する方法として、スコット結線、ウッドブリッジ結線変圧器、又は変形ウッドブリッジ結線等が知られている。これらの結線の変圧器は、例えば、単相電気炉又は単相交流電気車などに給電する場合に用いられる。

30

【先行技術文献】

【特許文献】

【0007】

【特許文献1】特開2002-75145号公報

【特許文献2】特開2008-160100号公報

【非特許文献】

【0008】

【非特許文献1】John H.Brunke、外1名、“Elimination of Transformer Inrush Currents by Controlled Switching -Part I: Theoretical Considerations”, IEEE TRANSACTIONS ON POWER DELIVERY, IEEE, 2001年4月, Vol. 16, No. 2, p. 276-280

40

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0009】

しかしながら、上述のような励磁突入電流を抑制する方法では、以下のような問題がある。

【0010】

抵抗体付き遮断器による励磁突入電流抑制方法では、通常の変圧器に対して抵抗体付き遮断器を付加する必要があるため、遮断器全体としてみた場合、大型化してしまう。

50

【0011】

また、いずれの励磁突入電流を抑制する方法も、上述のような三相交流電圧を単相交流電圧に変換する変圧器を投入することは想定されていない。

【0012】

例えば、残留磁束を計測し、遮断器の投入位相を制御する方法では、電力系統に用いられる三相変圧器に対する制御方法を、三相交流電圧を単相交流電圧に変換する変圧器にそのまま適用することはできない。これらの結線の変圧器の場合は、三相交流側の相電圧又は線間電圧を計測しても、変圧器鉄心の磁束をそのまま算出することができないからである。

【0013】

本発明の実施形態の目的は、電源を備えた三相交流の電力系統と三相交流電圧を単相交流電圧に変換する変圧器との接続を開閉する遮断器の励磁突入電流を抑制するための投入位相の制御をすることのできる励磁突入電流抑制装置を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0014】

本発明の実施形態の観点に従った励磁突入電流抑制装置は、電源を備えた三相交流の電力系統と三相交流電圧を単相交流電圧に変換する変圧器との接続を開閉する遮断器の励磁突入電流を抑制する励磁突入電流抑制装置であって、前記遮断器の前記変圧器側の三相交流電圧を計測する変圧器側三相交流電圧計測手段と、前記変圧器側三相交流電圧計測手段により計測された三相交流電圧に基づいて、前記遮断器による前記変圧器の遮断後の前記変圧器の三線間の残留磁束を演算する残留磁束演算手段と、前記残留磁束演算手段により演算された前記三線間の残留磁束のうち最も大きな残留磁束の線間を検出する線間検出手段と、前記遮断器の前記電源側の三相交流電圧を計測する電源側三相交流電圧計測手段と、前記電源側三相交流電圧計測手段により計測された三相交流電圧に基づいて、前記変圧器の三線間の定常磁束を演算する定常磁束演算手段と、前記線間検出手段により検出された線間において、前記残留磁束演算手段により演算された残留磁束と前記定常磁束演算手段により演算された定常磁束とが略一致する位相を判断する第1の位相判断手段と、前記第1の位相判断手段により判断された位相で、前記線間検出手段により検出された線間に対応する二相を投入する第1の投入手段と、前記第1の投入手段による投入後、投入されていない相を投入する第2の投入手段とを備えている。

【図面の簡単な説明】

【0015】

【図1】本発明の第1の実施形態に係る励磁突入電流抑制装置の適用された電力系統システムの構成を示す構成図。

【図2】第1の実施形態に係るスコット結線変圧器の構成を示す構成図。

【図3】第1の実施形態に係るスコット結線変圧器における電圧ベクトルの位置を示す回路図。

【図4】第1の実施形態に係るスコット結線変圧器の1次側の電圧ベクトルを示すベクトル図。

【図5】第1の実施形態に係るスコット結線変圧器の2次側の電圧ベクトルを示すベクトル図。

【図6】第1の実施形態に係るスコット結線変圧器の1次線間電圧の電圧波形を示す波形図。

【図7】第1の実施形態に係るスコット結線変圧器の midpoint を基準とする1次巻線電圧の電圧波形を示す波形図。

【図8】第1の実施形態に係るスコット結線変圧器の1次巻線電圧の電圧波形を示す波形図。

【図9】第1の実施形態に係るスコット結線変圧器の2次巻線電圧の電圧波形を示す波形図。

【図10】第1の実施形態に係る定常磁束算出部により演算される線間電圧の各電圧波形

10

20

30

40

50

を示す波形図。

【図 1 1】第 1 の実施形態に係る励磁突入電流抑制装置による投入位相を説明するための磁束波形を示す波形図。

【図 1 2】第 1 の実施形態に係るスコット結線変圧器の遮断前後の 1 次線間電圧を示す波形図。

【図 1 3】第 1 の実施形態に係るスコット結線変圧器の遮断前後の 1 次線間磁束を示す波形図。

【図 1 4】第 1 の実施形態に係るスコット結線変圧器の遮断前後の遮断器の各相に流れる電流。

【図 1 5】本発明の第 2 の実施形態に係る励磁突入電流抑制装置の適用された電力システムシステムの構成を示す構成図。 10

【図 1 6】第 2 の実施形態に係る変圧器電圧計測部により計測された 2 組の単相交流電圧の電圧波形を示す波形図。

【図 1 7】第 2 の実施形態に係る変圧器電圧変換部による演算処理による変換後の 1 次側線間電圧の電圧波形を示す波形図。

【図 1 8】第 2 の実施形態に係るスコット結線変圧器の 1 次側線間電圧の電圧波形を示す波形図。

【図 1 9】本発明の第 3 の実施形態に係る励磁突入電流抑制装置の適用された電力システムシステムの構成を示す構成図。

【図 2 0】第 3 の実施形態に係る電源電圧計測部により計測された各線間電圧の電圧波形を示す波形図。 20

【図 2 1】第 3 の実施形態に係る電源電圧変換部による変換後のスコット結線変圧器の 1 次巻線電圧の電圧波形を示す波形図。

【図 2 2】第 3 の実施形態に係るスコット結線変圧器の 2 次電圧の電圧波形を示す波形図。

【図 2 3】第 3 の実施形態に係る位相検出部に入力される定常磁束に対応する 1 次巻線電圧の各電圧波形を示す波形図。

【図 2 4】第 3 の実施形態に係る位相検出部による投入位相を説明するための磁束波形を示す波形図。

【図 2 5】第 3 の実施形態に係る遮断器によるスコット結線変圧器の遮断から遮断器の 3 相全てが投入されるまでの 1 次線間電圧の各電圧波形を示す波形図。 30

【図 2 6】第 3 の実施形態に係る遮断器によるスコット結線変圧器の遮断から遮断器の 3 相全てが投入されるまでの 2 次電圧の各電圧波形を示す波形図。

【図 2 7】第 3 の実施形態に係る遮断器によるスコット結線変圧器の遮断から遮断器の 3 相全てが投入されるまでの 2 次巻線磁束を示す波形図。

【図 2 8】第 3 の実施形態に係る遮断器によるスコット結線変圧器の遮断から遮断器の 3 相全てが投入されるまでの各相に流れる相電流の電流波形を示す波形図。

【図 2 9】本発明の第 4 の実施形態に係る励磁突入電流抑制装置の適用された電力システムシステムの構成を示す構成図。

【図 3 0】本発明の第 5 の実施形態に係る励磁突入電流抑制装置の適用された電力システムシステムの構成を示す構成図。 40

【図 3 1】本発明の第 6 の実施形態に係る励磁突入電流抑制装置の適用された電力システムシステムの構成を示す構成図。

【発明を実施するための形態】

【0016】

以下図面を参照して、本発明の実施形態を説明する。

【0017】

(第 1 の実施形態)

図 1 は、本発明の第 1 の実施形態に係る励磁突入電流抑制装置 6 の適用された電力システムシステムの構成を示す構成図である。なお、以降の図における同一部分には同一符号を付 50

してその詳しい説明を省略し、異なる部分について主に述べる。以降の実施形態も同様に
して重複する説明を省略する。

【0018】

本実施形態に係る電力システムシステムは、電源母線1と、遮断器2と、スコット結線変圧器3と、電源母線1に設けられた3相分の電源電圧検出器4U、4V、4Wと、スコット結線変圧器3の1次側に設けられた3相分の変圧器1次側電圧検出器5U、5V、5Wと、励磁突入電流抑制装置6とを備えている。

【0019】

電源母線1は、U相、V相、及びW相からなる三相交流の電源を備えた電力システムの母線である。

10

【0020】

スコット結線変圧器3は、遮断器2を介して、電源母線1に接続されている。スコット結線変圧器3は、有効接地系又は非有効接地系に設置されている。スコット結線変圧器3は、電源母線1から供給される三相交流電圧を2組の単相交流電圧に変換する。スコット結線変圧器3は、三相交流側を1次側とし、単相交流側を2次側とする。

【0021】

遮断器2は、電源母線1とスコット結線変圧器3との間に設けられている。遮断器2は、U相、V相、及びW相の各相を個別に操作する各相操作型の遮断器である。遮断器2が投入されることにより、スコット結線変圧器3は、電源母線1による電源投入がされる。遮断器2が開放されることにより、スコット結線変圧器3は、電源母線1から遮断される。

20

【0022】

3つの電源電圧検出器4U、4V、4Wは、それぞれ電源母線1のU相、V相、W相のそれぞれの相電圧（対地電圧）を計測するための計測用機器である。電源電圧検出器4U、4V、4Wは、例えば、計器用変圧器(VT, Voltage Transformer)である。電源電圧検出器4U、4V、4Wは、検出値を検出信号として、励磁突入電流抑制装置6に出力する。

【0023】

3つの変圧器1次側電圧検出器5U、5V、5Wは、それぞれスコット結線変圧器3の1次側の各端子（U相、V相、W相）のそれぞれの端子電圧を計測するための計測用機器である。変圧器1次側電圧検出器5U、5V、5Wは、例えば、計器用変圧器である。変圧器1次側電圧検出器5U、5V、5Wは、検出値を検出信号として、励磁突入電流抑制装置6に出力する。

30

【0024】

励磁突入電流抑制装置6は、電源電圧検出器4U、4V、4W及び変圧器1次側電圧検出器5U、5V、5Wのそれぞれから受信した検出信号に基づいて、遮断器2の主接点に対して投入指令を出力する。これにより、遮断器2は投入される。

【0025】

図2は、本実施形態に係るスコット結線変圧器3の構成を示す構成図である。

【0026】

40

スコット結線変圧器3は、M座変圧器（主座変圧器）302とT座変圧器301との2つの単相変圧器により構成されている。M座変圧器302の1次巻線の両端子は、U相とV相のそれぞれが接続されている。M座変圧器302は、1次巻線の1/2（0.5）の部分（中点O）をT座変圧器301の1次巻線の一端に接続する。T座変圧器301は、M座変圧器302の1次巻線の両端子に、電源母線1のU相及びV相が接続されたときに、電圧が $0.866(\sqrt{3}/2) \text{ p.u.}$ となるタップを電源母線1のW相に接続する。

【0027】

図3～図5は、本実施形態に係るスコット結線変圧器3における電圧ベクトルを説明するための図である。図3は、スコット結線変圧器3における電圧ベクトルの位置を示す回路図である。図4は、スコット結線変圧器3の1次側の電圧をベクトルで示すベクトル図

50

である。図 5 は、スコット結線変圧器 3 の 2 次側の電圧をベクトルで示すベクトル図である。

【0028】

図 6～図 9 は、本実施形態に係るスコット結線変圧器 3 における電圧波形を示す波形図である。図 6 は、1 次線間電圧 V_{uv} 、 V_{vw} 、 V_{wu} の電圧波形を示している。図 7 は、スコット結線変圧器 3 の中点 O を基準とする 1 次巻線電圧 V_{uo} 、 V_{vo} 、 V_{wo} の電圧波形を示している。図 8 は、1 次巻線電圧 E_M 、 E_T の電圧波形を示している。図 9 は、2 次巻線電圧 E_m 、 E_t の電圧波形を示している。

【0029】

図中において、電圧 V_{uv} は、スコット結線変圧器 3 の 1 次側の UV 相間の線間電圧を、電圧 V_{vw} は、スコット結線変圧器 3 の 1 次側の VW 相間の線間電圧を、電圧 V_{wu} は、スコット結線変圧器 3 の 1 次側の WU 相間の線間電圧を、電圧 E_T は、T 座変圧器 301 の 1 次巻線電圧を、電圧 E_M は、M 座変圧器 302 の 1 次巻線電圧を、電圧 E_t は、T 座変圧器 301 の 2 次巻線電圧を、電圧 E_m は、M 座変圧器 302 の 2 次巻線電圧を、電圧 V_{uo} は、中点 O と U 相との間の 1 次巻線電圧を、電圧 V_{vo} は、中点 O と V 相との間の 1 次巻線電圧を、電圧 V_{wo} は、中点 O と W 相との間の 1 次巻線電圧をそれぞれ示している。

【0030】

UV 相間の線間電圧 V_{uv} と M 座変圧器 302 の 1 次巻線電圧 E_M は、同じ位相になる。T 座変圧器 301 の 1 次巻線電圧 E_T は、M 座変圧器 302 の 1 次巻線電圧 E_M よりも 90 度位相が進む。これにより、T 座変圧器 301 の 2 次巻線電圧 E_t は、M 座変圧器 302 の 2 次巻線電圧 E_m よりも 90 度位相が進む。

【0031】

スコット結線変圧器 3 の 2 組の単相交流電圧は、a-o 端子間及び b-o 端子間に印加される。M 座変圧器 302 の 2 次巻線電圧 E_m は、a-o 端子間から出力される。T 座変圧器 301 の 2 次巻線電圧 E_t は、b-o 端子間から出力される。

【0032】

図 1、図 10 及び図 11 を参照して、励磁突入電流抑制装置 6 の構成について説明する。

【0033】

図 10 は、本実施形態に係る定常磁束算出部 602 により演算される線間電圧 V_{uv} 、 V_{vw} 、 V_{wu} の各電圧波形を示す波形図である。図 11 は、本実施形態に係る励磁突入電流抑制装置 6 による投入位相 T_{c1} を説明するための磁束波形を示す波形図である。

【0034】

励磁突入電流抑制装置 6 は、電源電圧計測部 601 と、定常磁束算出部 602 と、変圧器電圧計測部 603 と、残留磁束算出部 604 と、位相検出部 605 と、投入指令出力部 606 とを備えている。

【0035】

電源電圧計測部 601 は、電源電圧検出器 4U、4V、4W により検出された検出信号に基づいて、電源母線 1 の各相電圧を計測する。電源電圧計測部 601 は、計測した各相電圧を定常磁束算出部 602 に出力する。

【0036】

定常磁束算出部 602 は、電源電圧計測部 601 により計測された各相電圧に基づいて、UV 相間、VW 相間、及び WU 相間の各線間電圧 V_{uv} 、 V_{vw} 、 V_{wu} を演算する。定常磁束算出部 602 は、演算した各線間電圧 V_{uv} 、 V_{vw} 、 V_{wu} をそれぞれ積分する。定常磁束算出部 602 は、この積分された値を、定常時の磁束（定常磁束） ϕ_{Tuv} 、 ϕ_{Tvw} 、 ϕ_{Twu} とする。定常磁束算出部 602 は、遮断器 2 が投入されるまで、定常磁束 ϕ_{Tuv} 、 ϕ_{Tvw} 、 ϕ_{Twu} を演算する。定常磁束算出部 602 は、演算した定常磁束 ϕ_{Tuv} 、 ϕ_{Tvw} 、 ϕ_{Twu} を位相検出部 605 に出力する。

【0037】

10

20

30

40

50

変圧器電圧計測部 603 は、変圧器 1 次側電圧検出器 5U, 5V, 5W により検出された検出信号に基づいて、スコット結線変圧器 3 の 1 次側の各相電圧を計測する。変圧器電圧計測部 603 は、計測した各相電圧を残留磁束算出部 604 に出力する。

【0038】

残留磁束算出部 604 は、変圧器電圧計測部 603 により計測された各相電圧に基づいて、遮断器 2 によるスコット結線変圧器 3 の遮断直後の UV 相間、VW 相間、及び WU 相間の各線間電圧 V_{uv} , V_{vw} , V_{wu} を演算する。残留磁束算出部 604 は、演算した各線間電圧 V_{uv} , V_{vw} , V_{wu} をそれぞれ積分する。残留磁束算出部 604 は、この積分された値を、スコット結線変圧器 3 の鉄心の残留磁束（1 次線間磁束） ϕ_{Zuv} , ϕ_{Zvw} , ϕ_{Zwu} とする。残留磁束算出部 604 は、演算した残留磁束 ϕ_{Zuv} , ϕ_{Zvw} , ϕ_{Zwu} を位相検出部 605 に出力する。

10

【0039】

位相検出部 605 は、残留磁束算出部 604 により演算された 3 線間の残留磁束 ϕ_{Zuv} , ϕ_{Zvw} , ϕ_{Zwu} のうち最も大きな残留磁束を検出する。図 11 に示す波形図の場合、UV 相間の残留磁束 ϕ_{Zuv} となる。

【0040】

位相検出部 605 は、検出した最も大きな残留磁束と、この残留磁束と同一の線間の定常磁束との 2 つの値が略一致する位相を検出する。位相検出部 605 は、検出した位相を先行して遮断器 2 の 2 相を投入するための投入位相 T_{c1} とする。位相検出部 605 は、検出した投入位相 T_{c1} を投入指令出力部 606 に出力する。

20

【0041】

ここで、先行して遮断器 2 を投入する 2 つの相とは、検出した最も大きな残留磁束の線間に対応する 2 相である。図 11 に示す波形図の場合、最も大きな残留磁束 ϕ_{Zuv} の線間は UV 相間である。このため、先行して遮断器 2 を投入する 2 つの相は、U 相及び V 相となる。

【0042】

位相検出部 605 は、投入位相 T_{c1} から予め設定された時間後の位相を、遮断器 2 の残りの 1 相を投入するための投入位相 T_{c2} として、投入指令出力部 606 に出力する。

【0043】

ここで、投入位相 T_{c2} を出力するために予め設定される時間は、遮断器 2 を投入する相の相電圧が零点近傍になるような時間に設定する。

30

【0044】

投入指令出力部 606 は、位相検出部 605 により検出された投入位相 T_{c1} を目標として、先行して投入する遮断器 2 の 2 相の主接点を駆動する操作機構に対して投入指令を出力する。これにより、遮断器 2 の 3 相のうち 2 相が先行して投入される。投入指令出力部 606 は、位相検出部 605 により検出された投入位相 T_{c2} を目標として、遮断器 2 の残りの 1 相の主接点を駆動する操作機構に対して投入指令を出力する。これにより、投入指令出力部 606 は、遮断器 2 の 2 相を投入後、予め設定された時間後に遮断器 2 の残りの 1 相を投入する。

【0045】

40

次に、図 12～図 14 を参照して、励磁突入電流抑制装置 6 による励磁突入電流の抑制方法について説明する。ここで、スコット結線変圧器 3 は、1 次定格電圧 3300 ボルト、2 次定格電圧 415 ボルトの 2 つの単相変圧器をスコット結線で接続したものとする。

【0046】

図 12～図 14 は、遮断器 2 によるスコット結線変圧器 3 の遮断 TP 前後の状態の一例を示している。図 12 は、1 次線間電圧 V_{uv} , V_{vw} , V_{wu} を示す波形図である。図 13 は、1 次線間磁束 ϕ_{uv} , ϕ_{vw} , ϕ_{wu} を示す波形図である。図 14 は、遮断器 2 の各相に流れる電流 I_u , I_v , I_w を示している。なお、説明の便宜上、遮断器 2 が遮断する前の電流 I_u , I_v , I_w は省略する。

【0047】

50

スコット結線変圧器 3 の 1 次側に三相電圧が印加されている場合、遮断器 2 の開放後は、図 1 3 に示す 3 線間の残留磁束 ϕ_{uv} , ϕ_{vw} , ϕ_{wu} がある。3 線間の残留磁束 ϕ_{uv} , ϕ_{vw} , ϕ_{wu} のうち UV 相間の残留磁束 ϕ_{uv} が最も大きな値となる。

【0048】

励磁突入電流抑制装置 6 は、UV 相間の定常磁束と残留磁束との交点である投入位相 T_{c1} で、遮断器 2 の U 相及び V 相を同時投入する。この投入により、図 1 4 に示すように、投入位相 T_{c1} から投入位相 T_{c2} までは、U 相電流 I_u 及び V 相電流 I_v が流れる。この時点では、遮断器 2 の W 相は、まだ投入されていないため、W 相電流 I_w は、流れていない。

【0049】

励磁突入電流抑制装置 6 は、図 1 2 に示すように、遮断器 2 の U 相及び V 相の 2 相を先行投入した後、予め設定した時間後に、先行投入した U 相及び V 相の線間である UV 間線間電圧 V_{uv} の零点（投入位相 T_{c2} ）で、遮断器 2 の W 相を投入する。この投入後は、3 相の全てに電流 I_u , I_v , I_w が流れている。ここで、励磁突入電流抑制装置 6 により投入された遮断器 2 に流れる 3 相の電流 I_u , I_v , I_w の大きさは最大でも数アンペアである。スコット結線変圧器 3 の励磁電流は数アンペアであるため、図 1 4 に示された 3 相電流 I_u , I_v , I_w は、励磁電流のレベルであることを示している。

【0050】

本実施形態によれば、残留磁束の最も大きい線間における残留磁束と定常磁束の交点を目標とする投入位相 T_{c1} で、この線間に対応する遮断器 2 の 2 相を残りの 1 相よりも先行して投入することで、励磁突入電流を抑制することができる。

【0051】

また、後から投入する遮断器 2 の残りの 1 相を、励磁突入電流を抑制するように予め設定された時間後に、投入位相 T_{c2} を目標として投入することで、さらに励磁突入電流を抑制することができる。

【0052】

（第 2 の実施形態）

図 1 5 は、本発明の第 2 の実施形態に係る励磁突入電流抑制装置 6 A の適用された電力系統システムの構成を示す構成図である。

【0053】

本実施形態に係る電力系統システムは、図 1 に示す第 1 の実施形態に係る電力系統システムにおいて、変圧器 1 次側電圧検出器 5 U, 5 V, 5 W の代わりに変圧器 2 次側電圧検出器 5 T, 5 M を設け、励磁突入電流抑制装置 6 の代わりに励磁突入電流抑制装置 6 A を設けた構成である。励磁突入電流抑制装置 6 A は、第 2 の実施形態に係る励磁突入電流抑制装置 6 において、変圧器電圧計測部 6 0 3 及び残留磁束算出部 6 0 4 を、それぞれ変圧器電圧計測部 6 0 3 A 及び残留磁束算出部 6 0 4 A に代え、変圧器電圧計測部 6 0 3 A の出力信号を変圧器電圧変換部 6 1 0 を介して残留磁束算出部 6 0 4 A に入力するようにした構成である。その他の構成は、第 1 の実施形態と同様である。

【0054】

変圧器 2 次側電圧検出器 5 T, 5 M は、スコット結線変圧器 3 の 2 次側の 2 組の単相交流電圧 V_m , V_t をそれぞれ計測するための計測用機器である。単相交流電圧 V_m は、主座変圧器 3 0 2 の 2 次巻線電圧（端子 a - o 間電圧）である。単相交流電圧 V_t は、T 座変圧器 3 0 1 の 2 次巻線電圧（端子 b - o 間電圧）である。変圧器 2 次側電圧検出器 5 T, 5 M は、検出値を検出信号として、変圧器電圧計測部 6 0 3 A に出力する。その他の点は、第 1 の実施形態に係る変圧器 1 次側電圧検出器 5 U, 5 V, 5 W と同様である。

【0055】

変圧器電圧計測部 6 0 3 A は、変圧器 2 次側電圧検出器 5 T, 5 M により検出された検出信号に基づいて、スコット結線変圧器 3 の 2 次側の 2 組の単相交流電圧 V_m , V_t を計測する。変圧器電圧計測部 6 0 3 A は、計測した 2 組の単相交流電圧 V_m , V_t を変圧器電圧変換部 6 1 0 に出力する。

【0056】

図16～図18を参照して、本実施形態に係る変圧器電圧変換部610による演算処理について説明する。

【0057】

図16は、変圧器電圧計測部603Aにより計測された2組の単相交流電圧 V_m 、 V_t の電圧波形を示す波形図である。図17は、変圧器電圧変換部610による変換後の1次側線間電圧 V_{Duv} 、 V_{Dvw} 、 V_{Dwu} の電圧波形を示す波形図である。図18は、スコット結線変圧器3の1次側線間電圧 V_{uv} 、 V_{vw} 、 V_{wu} の電圧波形を示す波形図である。

【0058】

10

変圧器電圧変換部610は、変圧器電圧計測部603により計測された2組の単相交流電圧 V_t 、 V_m を、次式により、1次側線間電圧 V_{Duv} 、 V_{Dvw} 、 V_{Dwu} に変換する。1次側線間電圧 V_{Duv} は、変換後のUV相間の線間電圧である。1次側線間電圧 V_{Dvw} は、変換後のVW相間の線間電圧である。1次側線間電圧 V_{Dwu} は、変換後のWU相間の線間電圧である。変圧器電圧変換部610は、変換した1次側線間電圧 V_{Duv} 、 V_{Dvw} 、 V_{Dwu} を残留磁束算出部604Aに出力する。

【0059】

$$V_{Duv} = V_m \quad \cdots \text{式(1)}$$

$$V_{Dvw} = -(\sqrt{3}/2)V_t - (1/2)V_m \quad \cdots \text{式(2)}$$

$$V_{Dwu} = (\sqrt{3}/2)V_t - (1/2)V_m \quad \cdots \text{式(3)}$$

20

これにより、変圧器電圧変換部610は、図18に示すスコット結線変圧器3の1次側に印加されている線間電圧 V_{uv} 、 V_{vw} 、 V_{wu} と、 p_u 値（定格に対する割合）で換算して、同じ電圧波形を求めることができる。

【0060】

残留磁束算出部604Aは、遮断器2によるスコット結線変圧器3の遮断直後に、変圧器電圧変換部610により変換された各線間電圧 V_{Duv} 、 V_{Dvw} 、 V_{Dwu} をそれぞれ積分する。残留磁束算出部604Aは、この積分された値を、スコット結線変圧器3の鉄心の残留磁束（1次線間磁束） ϕ_{Zuv} 、 ϕ_{Zvw} 、 ϕ_{Zwu} とする。残留磁束算出部604Aは、演算した残留磁束 ϕ_{Zuv} 、 ϕ_{Zvw} 、 ϕ_{Zwu} を位相検出部605に出力する。

30

【0061】

位相検出部605は、第1の実施形態と同様に、定常磁束算出部602により演算された定常磁束 ϕ_{Tuv} 、 ϕ_{Tvw} 、 ϕ_{Twu} 及び残留磁束算出部604Aにより演算された残留磁束 ϕ_{Zuv} 、 ϕ_{Zvw} 、 ϕ_{Zwu} に基づいて、投入位相 T_{c1} を同定する。位相検出部605は、同定した投入位相 T_{c1} に基づいて、投入位相 T_{c2} を算出する。

【0062】

本実施形態によれば、スコット結線変圧器3の2次電圧 V_t 、 V_m を1次線間電圧 V_{Duv} 、 V_{Dvw} 、 V_{Dwu} に変換することで、1次線間の残留磁束 ϕ_{Zuv} 、 ϕ_{Zvw} 、 ϕ_{Zwu} を求めることができる。よって、電源母線1の線間電圧 V_{uv} 、 V_{vw} 、 V_{wu} を計測して、1次線間の定常磁束 ϕ_{Tuv} 、 ϕ_{Tvw} 、 ϕ_{Twu} を求めることで、遮断器2を投入するための投入位相 T_{c1} 、 T_{c2} を同定することができる。

40

【0063】

従って、スコット結線変圧器3に変圧器2次側電圧検出器5T、5Mしか設置されていない場合であっても、第1の実施形態と同様に、励磁突入電流 I_u 、 I_v 、 I_w を抑制することができる。

【0064】

（第3の実施形態）

図19は、本発明の第3の実施形態に係る励磁突入電流抑制装置6Bの適用された電力系統システムの構成を示す構成図である。

【0065】

50

励磁突入電流抑制装置 6 B は、図 1 5 に示す第 2 の実施形態に係る励磁突入電流抑制装置 6 A において、変圧器電圧変換部 6 1 0 の代わりに電源電圧変換部 6 1 1 を設け、定常磁束算出部 6 0 2、残留磁束算出部 6 0 4 A、及び位相検出部 6 0 5 を、それぞれ定常磁束算出部 6 0 2 B、残留磁束算出部 6 0 4 B、及び位相検出部 6 0 5 B に代えた構成である。その他の構成は、第 2 の実施形態に係る励磁突入電流抑制装置 6 A と同様である。

【0066】

残留磁束算出部 6 0 4 B は、遮断器 2 によるスコット結線変圧器 3 の遮断直後に、変圧器電圧計測部 6 0 3 A により計測された 2 組の単相交流電圧 V_t 、 V_m をそれぞれ積分する。残留磁束算出部 6 0 4 B は、この積分された値を、スコット結線変圧器 3 の鉄心の残留磁束（2 次巻線磁束） ϕ_{Zm} 、 ϕ_{Zt} とする。残留磁束 ϕ_{Zm} は、主座変圧器 3 0 2 の 2 次巻線の残留磁束である。残留磁束 ϕ_{Zt} は、T 座変圧器 3 0 1 の 2 次巻線の残留磁束である。残留磁束算出部 6 0 4 B は、演算した残留磁束 ϕ_{Zm} 、 ϕ_{Zt} を位相検出部 6 0 5 B に出力する。

10

【0067】

電源電圧変換部 6 1 1 は、電源電圧計測部 6 0 1 により計測された各相電圧に基づいて、各線間電圧 V_{uv} 、 V_{vw} 、 V_{wu} を演算する。電源電圧変換部 6 1 1 は、演算した各線間電圧 V_{uv} 、 V_{vw} 、 V_{wu} を、次式により、スコット結線変圧器 3 の 1 次巻線電圧 V_{Dm} 、 V_{Dt} に変換する。1 次巻線電圧 V_{Dm} は、変換後の主座変圧器 3 0 2 の 1 次巻線電圧である。1 次巻線電圧 V_{Dt} は、変換後の T 座変圧器 3 0 1 の 1 次巻線電圧である。電源電圧変換部 6 1 1 は、変換したスコット結線変圧器 3 の 1 次巻線電圧 V_{Dm} 、 V_{Dt} を定常磁束算出部 6 0 2 B に出力する。

20

【0068】

$$V_{Dm} = (\sqrt{3}/2) V_{uv} \quad \cdots \text{式 (4)}$$

$$V_{Dt} = (V_{wu} - V_{vw}) / 2 \quad \cdots \text{式 (5)}$$

図 2 0 ～図 2 2 を参照して、本実施形態に係る電源電圧変換部 6 1 1 による演算処理について説明する。

【0069】

図 2 0 は、電源電圧計測部 6 0 1 により計測された各線間電圧 V_{uv} 、 V_{vw} 、 V_{wu} の電圧波形を示す波形図である。電源電圧計測部 6 0 1 が各端子の対地電圧を計測し、それを線間電圧に変換してもよい。図 2 1 は、電源電圧変換部 6 1 1 による変換後のスコット結線変圧器 3 の 1 次巻線電圧 V_{Dm} 、 V_{Dt} の電圧波形を示す波形図である。図 2 2 は、スコット結線変圧器 3 の 2 次電圧 V_m 、 V_t の電圧波形を示す波形図である。

30

【0070】

電源電圧変換部 6 1 1 は、図 2 0 に示す各線間電圧 V_{uv} 、 V_{vw} 、 V_{wu} を、図 2 1 に示すスコット結線変圧器 3 の 1 次巻線電圧 V_{Dm} 、 V_{Dt} に変換する。この変換された 1 次巻線電圧 V_{Dm} 、 V_{Dt} は、図 2 2 に示すスコット結線変圧器 3 の 2 次電圧 V_m 、 V_t の電圧波形と、周期及び位相がそれぞれ同一の波形である。従って、電源電圧変換部 6 1 1 により変換された 1 次巻線電圧 V_{Dm} 、 V_{Dt} は、スコット結線変圧器 3 の 2 次側の各巻線の定常磁束 ϕ_{Tm} 、 ϕ_{Tt} を演算するための 2 次電圧とみなして用いる。

40

【0071】

定常磁束算出部 6 0 2 B は、電源電圧変換部 6 1 1 により変換された 1 次巻線電圧（2 次電圧とみなした電圧） V_{Dm} 、 V_{Dt} をそれぞれ積分する。定常磁束算出部 6 0 2 B は、この積分された値を、スコット結線変圧器 3 の鉄心の定常磁束（2 次巻線磁束） ϕ_{Tm} 、 ϕ_{Tt} とする。定常磁束算出部 6 0 2 B は、演算した定常磁束 ϕ_{Tm} 、 ϕ_{Tt} を位相検出部 6 0 5 B に出力する。

【0072】

図 2 3 は、本実施形態に係る位相検出部 6 0 5 B に入力される定常磁束 ϕ_{Tm} 、 ϕ_{Tt} に対応する 1 次巻線電圧 V_{Dm} 、 V_{Dt} の各電圧波形を示す波形図である。図 2 4 は、本実施形態に係る位相検出部 6 0 5 B による投入位相 T_{c1b} を説明するための磁束波形を示す波形図である。

50

【0073】

次に、図23及び図24を参照して、位相検出部605Bによる投入位相 T_{c1b} 、 T_{c2b} の検出方法について説明する。

【0074】

位相検出部605Bには、定常磁束算出部602Bにより演算された定常磁束 ϕ_{Tm} 、 ϕ_{Tt} 及び残留磁束算出部604Bにより演算された残留磁束 ϕ_{Zm} 、 ϕ_{Zt} が入力される。位相検出部605Bは、定常磁束算出部602Bにより演算された主座の定常磁束 ϕ_{Tm} と、残留磁束算出部604Bにより演算された主座の残留磁束 ϕ_{Zm} とが略一致する位相を検出する。位相検出部605Bは、検出した位相を、主座の1次巻線に接続されるU相及びV相の2相について遮断器2を投入させるための投入位相 T_{c1b} として投入指令出力部606に出力する。

10

【0075】

位相検出部605Bは、投入位相 T_{c1b} から予め設定された時間後の位相を、遮断器2の残りの1相のW相を投入するための投入位相 T_{c2b} として、投入指令出力部606に出力する。

【0076】

ここで、投入位相 T_{c2b} を出力するために予め設定される時間は、T座の1次巻線に接続されるW相の相電圧が零点近傍になるような時間に設定する。

【0077】

投入指令出力部606は、位相検出部605Bにより検出された投入位相 T_{c1b} を目標として、先行して投入する遮断器2のU相及びV相のそれぞれの主接点を駆動する操作機構に対して投入指令を出力する。これにより、遮断器2のU相及びV相が先行して投入される。投入指令出力部606は、位相検出部605Bにより検出された投入位相 T_{c2} を目標として、遮断器2の残りのW相の主接点を駆動する操作機構に対して投入指令を出力する。これにより、投入指令出力部606は、遮断器2のU相及びV相の投入後、予め設定された時間後に遮断器2のW相を投入する。

20

【0078】

次に、図25～図28を参照して、励磁突入電流抑制装置6Bによる励磁突入電流の抑制について説明する。

【0079】

図25～図28は、遮断器2によるスコット結線変圧器3の遮断TPから遮断器2の3相全てが投入されるまでの状態の一例を示している。図25は、1次線間電圧 V_{uv} 、 V_{vw} 、 V_{wu} の各電圧波形を示す波形図である。図26は、2次電圧 V_m 、 V_t の各電圧波形を示す波形図である。これらの電圧波形は、電源電圧変換部611により演算される1次巻線電圧 V_{Dm} 、 V_{Dt} を変圧比換算したものと等価である。図27は、2次巻線磁束 ϕ_m 、 ϕ_t （定常磁束 ϕ_{Tm} 、 ϕ_{Tt} 及び残留磁束 ϕ_{Zm} 、 ϕ_{Zt} ）を示す波形図である。図28は、各相に流れる相電流（励磁突入電流） I_u 、 I_v 、 I_w の電流波形を示す波形図である。

30

【0080】

スコット結線変圧器3の2次側に図26に示す2次電圧 V_m 、 V_t が印加されている場合、遮断器2による遮断TP後は、図27の遮断TPから投入位相 T_{c1b} の間に示す残留磁束 ϕ_m 、 ϕ_t がある。

40

【0081】

励磁突入電流抑制装置6Bは、投入位相 T_{c1b} で、遮断器2のU相及びV相を同時投入する。この投入により、図28に示すように、U相電流 I_u 及びV相電流 I_v が流れる。この時点では、遮断器2のW相はまだ投入されていないため、W相電流 I_w は流れていない。

【0082】

励磁突入電流抑制装置6Bは、図25に示すように、遮断器2のU相及びV相の2相を先に投入した後、予め設定した時間後に、先行投入したU相及びV相の線間であるUV間

50

線間電圧の零点（投入位相 $Tc2b$ ）で W 相を投入している。その後は、3 相の全てに電流 Iu 、 Iv 、 Iw が流れている。ここで、3 相のそれぞれの電流 Iu 、 Iv 、 Iw の大きさは、最大でも数アンペアである。スコット結線変圧器 3 の励磁電流は数アンペアであるため、図 28 に示された三相電流 Iu 、 Iv 、 Iw は、励磁電流のレベルであることを示している。

【0083】

本実施形態によれば、電源母線 1 の線間電圧 Vuv 、 Vvw 、 Vwu からスコット結線変圧器 3 の 2 次巻線磁束の定常磁束 ϕTm 、 ϕTt を求めることができる。よって、スコット結線変圧器 3 の 2 次電圧 Vt 、 Vm を計測して、2 次巻線磁束の残留磁束 ϕZm 、 ϕZt を求めることで、遮断器 2 を投入するための投入位相 $Tc1b$ 、 $Tc2b$ を同定することができる。

10

【0084】

また、主座の 2 次巻線磁束に基づいて検出された投入位相 $Tc1b$ を目標として、遮断器 2 の U 相及び V 相を先行投入することで、これら 2 相に流れる励磁突入電流 Iu 、 Iv を抑制することができる。さらに、 U 相及び V 相の投入後、励磁突入電流を抑制するように予め設定された時間後に、投入位相 $Tc2b$ を目標として、 W 相を投入することで、 W 相の励磁突入電流 Iw を抑制することができる。

【0085】

従って、スコット結線変圧器 3 に変圧器 2 次側電圧検出器 5T、5M しか設置されていない場合であっても、第 1 の実施形態と同様に、励磁突入電流 Iu 、 Iv 、 Iw を抑制することができる。

20

【0086】

（第 4 の実施形態）

図 29 は、本発明の第 4 の実施形態に係る励磁突入電流抑制装置 6C の適用された電力系統システムの構成を示す構成図である。

【0087】

励磁突入電流抑制装置 6C は、図 1 に示す第 1 の実施形態に係る励磁突入電流抑制装置 6 において、位相検出部 605 を位相検出部 605C に代え、計測情報保持部 607、開極位相制御部 608、及び開極指令出力部 609 を追加した構成である。その他の構成は、第 1 の実施形態に係る励磁突入電流抑制装置 6 と同様である。

30

【0088】

励磁突入電流抑制装置 6C の運用前に、計測情報保持部 607 は、遮断器 2 を複数回遮断したときにおける、変圧器電圧計測部 603 により計測された電圧遮断位相と、残留磁束算出部 604 により算出された磁束信号とを計測する。計測情報保持部 607 は、計測された電圧遮断位相及び磁束信号に基づいて、遮断位相と残留磁束との関係などの残留磁束の特性に関する情報を計測情報として保持する。

【0089】

開極位相制御部 608 には、計測情報保持部 607 に保持された計測情報及び電源電圧計測部 601 により計測された電源母線 1 の各相電圧が入力される。開極位相制御部 608 は、計測情報から各線間の残留磁束 ϕZuv 、 ϕZvw 、 ϕZwu を推定する。開極位相制御部 608 は、推定した残留磁束 ϕZuv 、 ϕZvw 、 ϕZwu 及び各相電圧に基づいて、各相の遮断位相が常にそれぞれ同じになるように、遮断器 2 の各相の主接点の開極位相を制御する。開極位相制御部 608 は、制御した開極位相を開極指令出力部 609 に出力する。

40

【0090】

開極指令出力部 609 は、開極位相制御部 608 から受信した開極位相に基づいて、遮断器 2 の各相の主接点を駆動する操作機構に対して開極指令を出力する。これにより、遮断器 2 は、開放される。

【0091】

位相検出部 605C には、計測情報保持部 607 に保持されている計測情報及び定常磁

50

束算出部 602 により算出された定常磁束 ϕTuv , ϕTvw , ϕTwu が入力される。位相検出部 605C は、計測情報保持部 607 に保持されている計測情報から、残留磁束 ϕZuv , ϕZvw , ϕZwu を推定する。位相検出部 605C は、残留磁束 ϕZuv , ϕZvw , ϕZwu 及び定常磁束 ϕTuv , ϕTvw , ϕTwu に基づいて、遮断器 2 を投入する各相の投入位相 $Tc1$, $Tc2$ を同定する。投入位相 $Tc1$, $Tc2$ を同定する方法については、第 1 の実施形態と同様である。

【0092】

ここで、開極位相制御部 608 は、常に各相の遮断位相がそれぞれ同じになるように、位相制御をしている。従って、位相検出部 605C は、計測情報保持部 607 に保持されている情報に変更がなければ（計測情報を更新していなければ）、常に投入位相 $Tc1$, $Tc2$ は同じでよい。

10

【0093】

本実施形態によれば、第 1 実施形態による作用効果に加え、以下の作用効果を得ることができる。

【0094】

電力系統に遮断器 2 及びスコット結線変圧器 3 など一旦設置した後は、この電力系統の回路条件は、常に同じである。このため、遮断器 2 が遮断するときの位相を常に同じにしておけば、スコット結線変圧器 3 の各相の残留磁束の値も常に同じになるはずである。

【0095】

励磁突入電流抑制装置 6C は、遮断器 2 でスコット結線変圧器 3 を遮断する際、各相の遮断位相が常にそれぞれ同じになるように遮断器 2 の各相の開極位相を制御して遮断する。即ち、励磁突入電流抑制装置 6C は、残留磁束を常に同じ値とすることができる。従って、励磁突入電流抑制装置 6C は、遮断器 2 を投入してスコット結線変圧器 3 を励磁させるときも常に同じ位相で、励磁突入電流を抑制することができる。

20

【0096】

従って、変圧器 1 次側電圧検出器 5U, 5V, 5W が常時接続していない場合でも、励磁突入電流抑制装置 6C は、計測情報保持部 607 に保持されている計測情報に基づいて、遮断器 2 が遮断した後のスコット結線変圧器 3 の残留磁束の情報を常に得ることができる。従って、変圧器 1 次側電圧検出器 5U, 5V, 5W は、計測情報保持部 607 による計測時のみ接続し、通常の運用状態では取り外すこともできる。なお、変圧器 1 次側電圧検出器 5U, 5V, 5W は、恒久的に設置されていても良い。

30

【0097】

（第 5 の実施形態）

図 30 は、本発明の第 5 の実施形態に係る励磁突入電流抑制装置 6D の適用された電力系統システムの構成を示す構成図である。

【0098】

励磁突入電流抑制装置 6D は、図 15 に示す第 2 の実施形態に係る励磁突入電流抑制装置 6A において、位相検出部 605 を位相検出部 605D に代え、計測情報保持部 607D、第 4 の実施形態に係る開極位相制御部 608、及び第 4 の実施形態に係る開極指令出力部 609 を追加した構成である。その他の構成は、第 2 の実施形態に係る励磁突入電流抑制装置 6A と同様である。

40

【0099】

励磁突入電流抑制装置 6D の運用前に、計測情報保持部 607D は、遮断器 2 を複数回遮断したときにおける、変圧器電圧変換部 610 により演算された 1 次側線間電圧 $VDuv$, $VDvw$, $VDwu$ と、残留磁束算出部 604A により算出された磁束信号とを計測する。計測情報保持部 607D は、計測された電圧遮断位相及び磁束信号に基づいて、遮断位相と残留磁束との関係などの残留磁束の特性に関する情報を計測情報として保持する。

【0100】

開極位相制御部 608 には、計測情報保持部 607D に保持された計測情報及び電源電

50

圧計測部 601 により計測された電源母線 1 の各相電圧が入力される。開極位相制御部 608 は、計測情報から各線間の残留磁束 ϕZuv , ϕZvw , ϕZwu を推定する。開極位相制御部 608 は、推定した残留磁束 ϕZuv , ϕZvw , ϕZwu 及び各相電圧に基づいて、各相の遮断位相が常にそれぞれ同じになるように、遮断器 2 の各相の主接点の開極位相を制御する。開極位相制御部 608 は、制御した開極位相を開極指令出力部 609 に出力する。

【0101】

位相検出部 605D には、計測情報保持部 607D に保持されている計測情報及び定常磁束算出部 602 により算出された定常磁束 ϕTuv , ϕTvw , ϕTwu が入力される。位相検出部 605D は、計測情報保持部 607D に保持されている計測情報から、残留磁束 ϕZuv , ϕZvw , ϕZwu を推定する。位相検出部 605D は、残留磁束 ϕZuv , ϕZvw , ϕZwu 及び定常磁束 ϕTuv , ϕTvw , ϕTwu に基づいて、遮断器 2 を投入する各相の投入位相 $Tc1$, $Tc2$ を同定する。投入位相 $Tc1$, $Tc2$ を同定する方法については、第 1 の実施形態と同様である。

10

【0102】

ここで、開極位相制御部 608 は、常に各相の遮断位相がそれぞれ同じになるように、位相制御をしている。従って、位相検出部 605D は、計測情報保持部 607D に保持されている情報に変更がなければ（計測情報を更新していなければ）、常に投入位相 $Tc1$, $Tc2$ は同じでよい。

【0103】

本実施形態によれば、第 2 実施形態及び第 4 の実施形態のそれぞれの作用効果と同様の作用効果を得ることができる。

20

【0104】

（第 6 の実施形態）

図 31 は、本発明の第 6 の実施形態に係る励磁突入電流抑制装置 6E の適用された電力系統システムの構成を示す構成図である。

【0105】

励磁突入電流抑制装置 6E は、図 19 に示す第 3 の実施形態に係る励磁突入電流抑制装置 6B において、位相検出部 605B を位相検出部 605E に代え、計測情報保持部 607E、開極位相制御部 608E、及び第 4 の実施形態に係る開極指令出力部 609 を追加した構成である。その他の構成は、第 3 の実施形態に係る励磁突入電流抑制装置 6B と同様である。

30

【0106】

励磁突入電流抑制装置 6E の運用前に、計測情報保持部 607E は、遮断器 2 を複数回遮断したときにおける、変圧器電圧計測部 603A により計測された電圧遮断位相と、残留磁束算出部 604B により算出された磁束信号とを計測する。計測情報保持部 607E は、計測された電圧遮断位相及び磁束信号に基づいて、遮断位相と残留磁束との関係などの残留磁束の特性に関する情報を計測情報として保持する。

【0107】

開極位相制御部 608E には、計測情報保持部 607E に保持された計測情報及び電源電圧計測部 601 により計測された電源母線 1 の各相電圧が入力される。開極位相制御部 608E は、計測情報からスコット結線変圧器 3 の 2 次巻線の残留磁束 ϕZm , ϕZt を推定する。開極位相制御部 608E は、推定した残留磁束 ϕZm , ϕZt 及び各相電圧に基づいて、遮断位相が常に同じになるように、遮断器 2 の主接点の開極位相を制御する。開極位相制御部 608E は、制御した開極位相を開極指令出力部 609 に出力する。

40

【0108】

開極指令出力部 609 は、開極位相制御部 608E から受信した開極位相に基づいて、遮断器 2 の主接点を駆動する操作機構に対して開極指令を出力する。これにより、遮断器 2 は、開放される。

【0109】

50

位相検出部 605E には、計測情報保持部 607E に保持されている計測情報及び定常磁束算出部 602B により算出されたスコット結線変圧器 3 の 2 次巻線磁束の定常磁束 ϕTm , ϕTt が入力される。位相検出部 605E は、計測情報保持部 607F に保持されている計測情報から、残留磁束 ϕZm , ϕZt を推定する。位相検出部 605F は、残留磁束 ϕZm , ϕZt 及び定常磁束 ϕTm , ϕTt に基づいて、遮断器 2 を投入する各相の投入位相 $Tc1b$, $Tc2b$ を同定する。投入位相 $Tc1b$, $Tc2b$ を同定する方法については、第 3 の実施形態と同様である。

【0110】

ここで、開極位相制御部 608E は、常に遮断位相が同じになるように、位相制御をしている。従って、位相検出部 605E は、計測情報保持部 607E に保持されている情報

10

【0111】

本実施形態によれば、第 3 の実施形態及び第 4 の実施形態のそれぞれによる作用効果と同様の作用効果を得ることができる。

【0112】

なお、各実施形態において、電源電圧検出器 4U, 4V, 4W により、電源母線 1 の各相電圧を計測したが、電源母線 1 の各線間電圧を計測してもよい。これにより、相電圧を線間電圧に変換する演算処理を省略することができる。

【0113】

20

また、各実施形態において、励磁突入電流抑制装置 6 等での位相制御における各種パラメータは、より精度を高めるため等により補正をしてもよい。例えば、遮断器 2 の投入において、主接点間に発生するプレアークと呼ばれる先行放電や、操作機構の動作ばらつきなどに起因する投入時間のばらつきが存在する。このプレアークによる投入ばらつきや、遮断器投入時のばらつきは、あらかじめその特性を取得しておくことにより、位相制御を行う際にこの特性による補正をする。このような補正をすることで、これらのばらつきがあっても、励磁突入電流をより確実に抑制することができる。

【0114】

さらに、各実施形態において、定常磁束及び残留磁束を演算する場合に、相電圧から線間電圧、又は線間電圧から各種巻線電圧などのように、電圧を変換してから磁束を求めた

30

【0115】

また、各実施形態では、2 相の遮断器 2 の先行投入後に、残りの 1 相の遮断器 2 を予め設定された時間後に投入したが、この他の方法で、残りの 1 相の遮断器 2 を投入してもよい。例えば、励磁突入電流を抑制するように投入位相を制御して残りの 1 相の遮断器 2 を投入してもよい。

40

【0116】

さらに、第 2 の実施形態及び第 6 の実施形態では、主座及び T 座のそれぞれの定常磁束 ϕTm , ϕTt 及び残留磁束 ϕZm , ϕZt を求める構成としたが、M 座の定常磁束 ϕTm 及び残留磁束 ϕZm のみを求め、T 座の定常磁束 ϕTt 及び残留磁束 ϕZt を求めない構成としてもよい。これにより、T 座の定常磁束 ϕTt 及び残留磁束 ϕZt を求めるための機器及び演算処理などを省略した構成にすることができる。

【0117】

なお、本発明のいくつかの実施形態を説明したが、これらの実施形態は、例として提示したものであり、発明の範囲を限定することは意図していない。これら新規な実施形態は、その他の様々な形態で実施されることが可能であり、発明の要旨を逸脱しない範囲で、

50

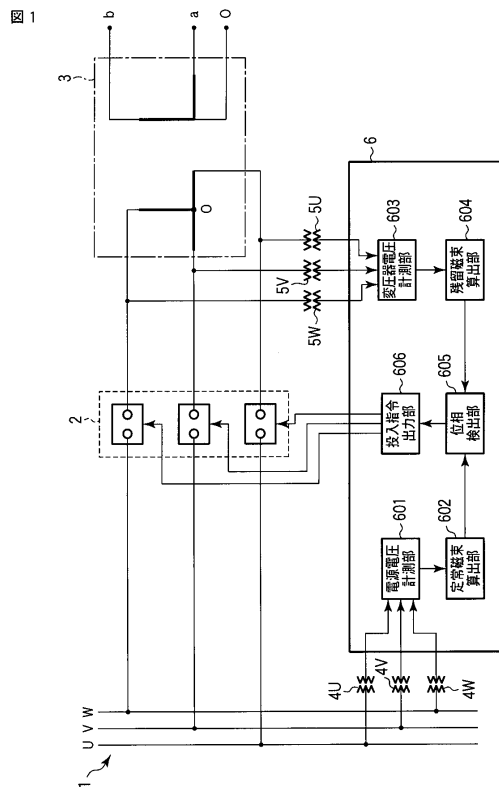
種々の省略、置き換え、変更を行うことができる。これら実施形態やその変形は、発明の範囲や要旨に含まれるとともに、特許請求の範囲に記載された発明とその均等の範囲に含まれる。

【符号の説明】

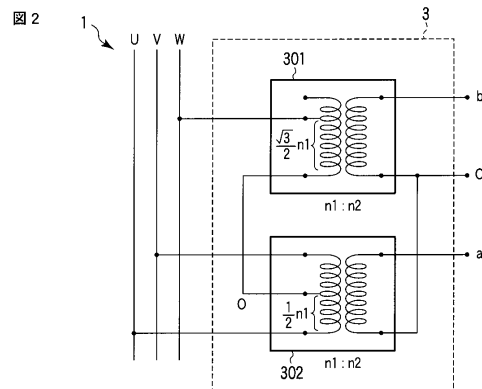
【0118】

1…電源母線、2…遮断器、3…スコット結線変圧器、4U、4V、4W…電源電圧検出器、5U、5V、5W…変圧器側電圧検出器、6…励磁突入電流抑制装置、601…電源電圧計測部、602…定常磁束算出部、603…変圧器電圧計測部、604…残留磁束算出部、605…位相検出部、606…投入指令出力部。

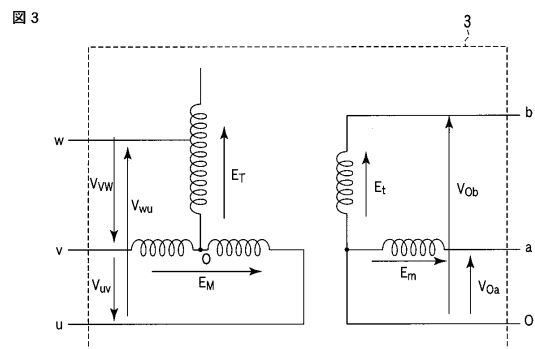
【図1】



【図2】

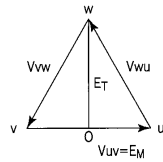


【図3】



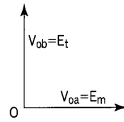
【図 4】

図 4



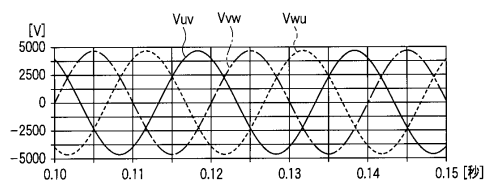
【図 5】

図 5



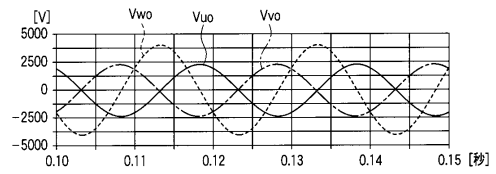
【図 6】

図 6



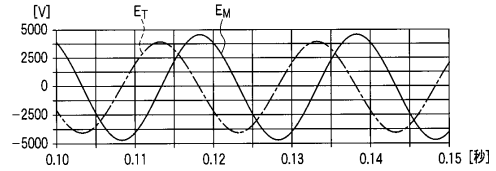
【図 7】

図 7



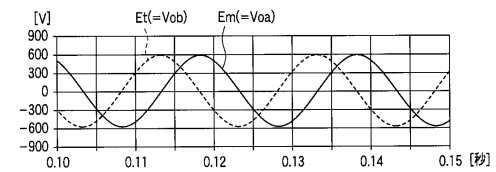
【図 8】

図 8



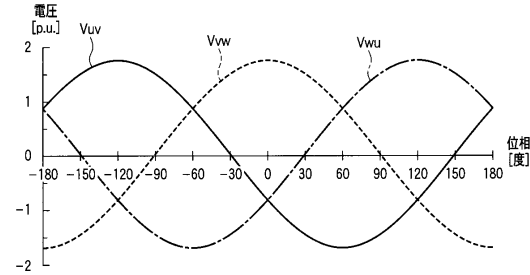
【図 9】

図 9



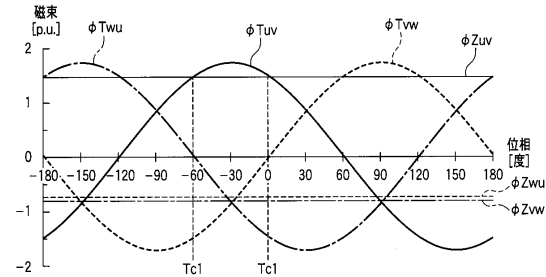
【図 10】

図 10



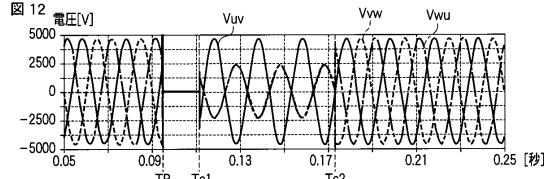
【図 11】

図 11



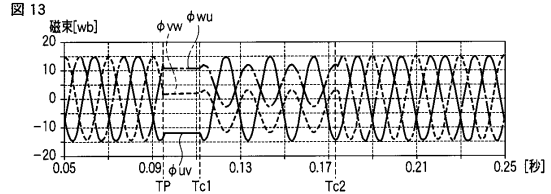
【図 12】

図 12



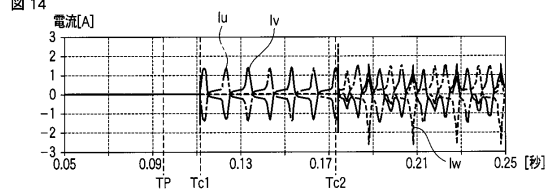
【図 13】

図 13



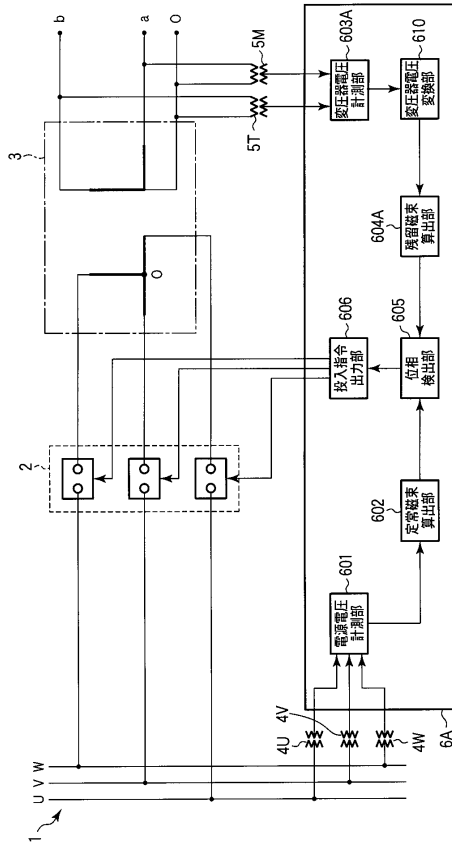
【図 14】

図 14



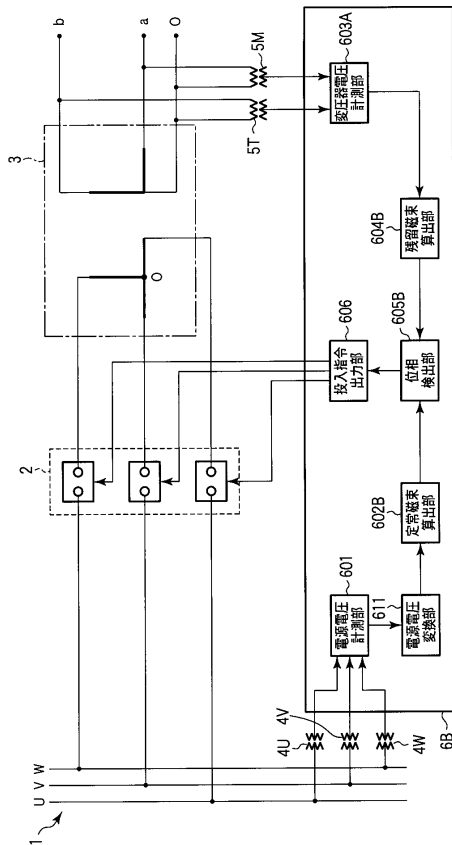
【図 15】

図 15



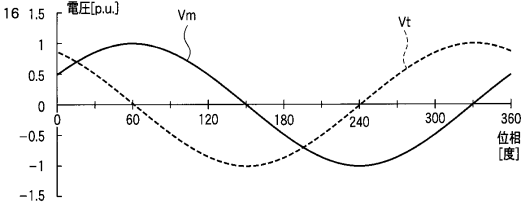
【図 19】

図 19



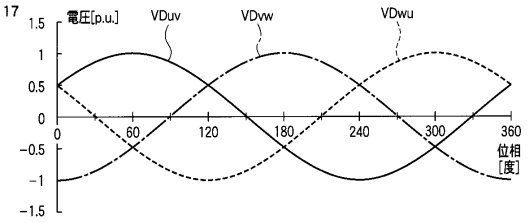
【図 16】

図 16



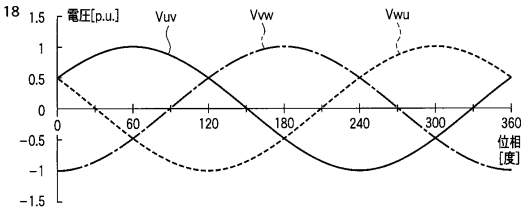
【図 17】

図 17



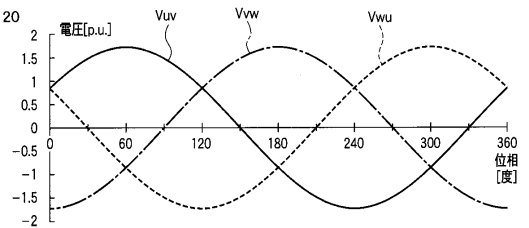
【図 18】

図 18



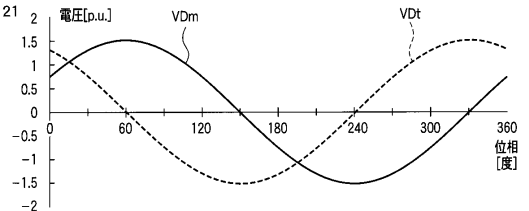
【図 20】

図 20



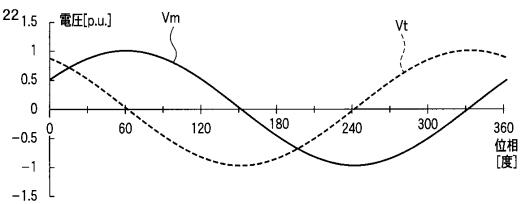
【図 21】

図 21

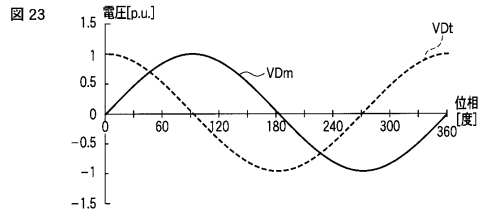


【図 22】

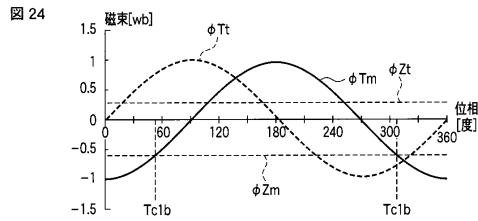
図 22



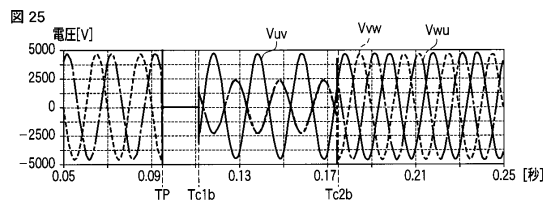
【図 23】



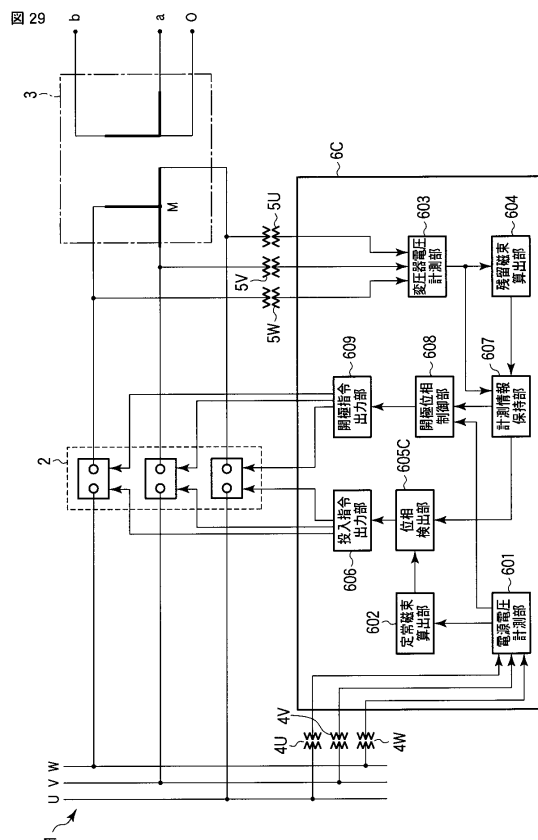
【図 24】



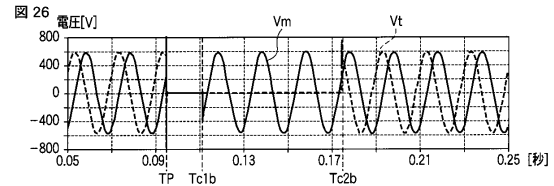
【図 25】



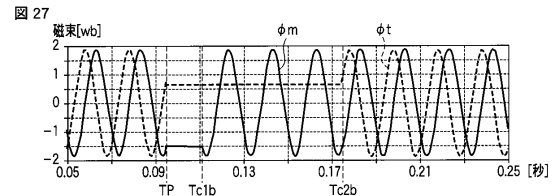
【図 29】



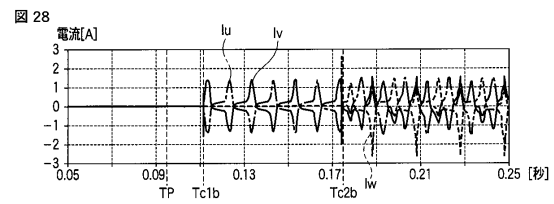
【図 26】



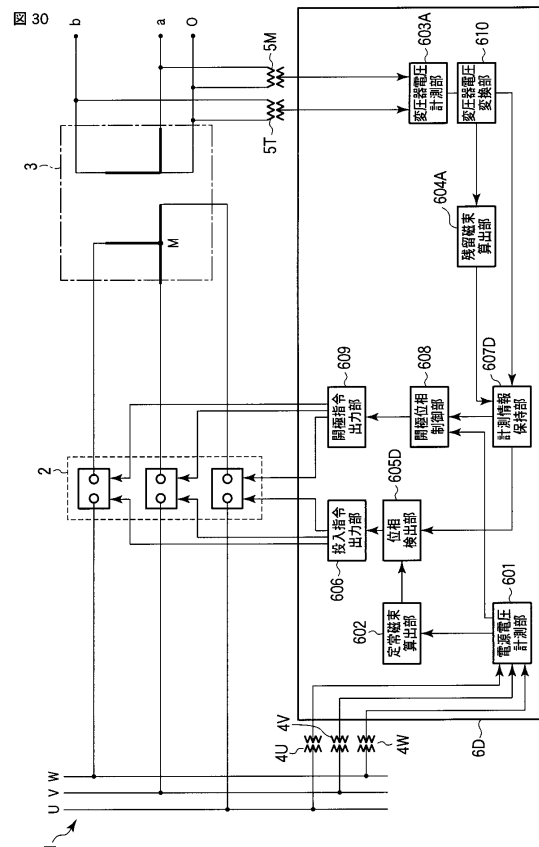
【図 27】



【図 28】



【図 30】



フロントページの続き

- (74)代理人 100084618
弁理士 村松 貞男
- (74)代理人 100103034
弁理士 野河 信久
- (74)代理人 100119976
弁理士 幸長 保次郎
- (74)代理人 100153051
弁理士 河野 直樹
- (74)代理人 100140176
弁理士 砂川 克
- (74)代理人 100101812
弁理士 勝村 紘
- (74)代理人 100124394
弁理士 佐藤 立志
- (74)代理人 100112807
弁理士 岡田 貴志
- (74)代理人 100111073
弁理士 堀内 美保子
- (74)代理人 100134290
弁理士 竹内 将訓
- (74)代理人 100127144
弁理士 市原 卓三
- (74)代理人 100141933
弁理士 山下 元
- (72)発明者 腰塚 正
東京都港区芝浦一丁目1番1号 株式会社東芝内
- (72)発明者 丸山 志郎
東京都港区芝浦一丁目1番1号 株式会社東芝内
- (72)発明者 齋藤 実
東京都港区芝浦一丁目1番1号 株式会社東芝内
- (72)発明者 長山 徳幸
東京都港区芝浦一丁目1番1号 株式会社東芝内

審査官 出野 智之

- (56)参考文献 特開2004-088834 (JP, A)
特開2008-160100 (JP, A)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
- | | |
|------|-------|
| H01H | 33/59 |
| H01H | 9/54 |
| H01H | 9/56 |