

(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2016-144331
(P2016-144331A)

(43) 公開日 平成28年8月8日(2016.8.8)

(51) Int.Cl.
H02J 3/16 (2006.01)
H02J 3/18 (2006.01)

F I
H02J 3/16
H02J 3/18 1 2 8

テーマコード (参考)
5G066

審査請求 未請求 請求項の数 7 O L (全 10 頁)

(21) 出願番号	特願2015-19216 (P2015-19216)	(71) 出願人	501137636 東芝三菱電機産業システム株式会社 東京都中央区京橋三丁目1番1号
(22) 出願日	平成27年2月3日 (2015.2.3)	(71) 出願人	000003078 株式会社東芝 東京都港区芝浦一丁目1番1号
		(74) 代理人	110001737 特許業務法人スズエ国際特許事務所
		(72) 発明者	張 飛 東京都中央区京橋三丁目1番1号 東芝三菱電機産業システム株式会社内
		(72) 発明者	苅部 孝史 東京都港区芝浦一丁目1番1号 株式会社東芝内

最終頁に続く

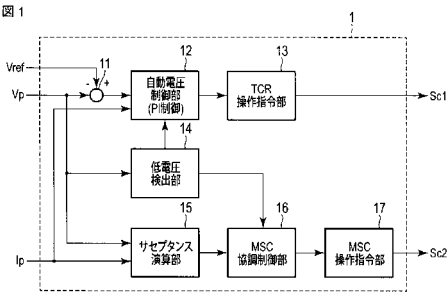
(54) 【発明の名称】 系統電圧制御装置

(57) 【要約】

【課題】 系統電圧を昇圧するための電力用コンデンサを電力系統に投入しても、系統電圧が過電圧になることを抑制することのできる系統電圧制御装置を提供することにある。

【解決手段】 昇圧するためのMSC 5が設けられた電力系統の電圧を制御する無効電力補償装置1であって、系統電圧V_pを検出し、系統電流I_pを検出し、系統電圧V_p及び系統電流I_pに基づいて、サセプタンスを演算するサセプタンス演算部15と、演算したサセプタンスに基づいて、MSC 5を制御するMSC協調制御部16とを備える。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

昇圧するための電力用コンデンサが設けられた電力系統の電圧を制御する系統電圧制御装置であって、

前記電力系統の電圧を検出する電圧検出手段と、

前記電力系統の電流を検出する電流検出手段と、

前記電圧検出手段により検出された電圧及び前記電流検出手段により検出された電流に基づいて、前記電力系統のサセプタンスを計測するサセプタンス計測手段と、

前記サセプタンス計測手段により計測されたサセプタンスに基づいて、前記電力用コンデンサを制御する電力用コンデンサ制御手段と

を備えることを特徴とする系統電圧制御装置。

10

【請求項 2】

前記電力系統は、位相を制御するための交流スイッチが設けられ、

前記電圧検出手段により検出された電圧の積分制御の制御値を演算する積分制御演算手段と、

前記積分制御演算手段により演算された前記積分制御の制御値に基づいて、前記交流スイッチを制御する交流スイッチ制御手段と

を備えることを特徴とする請求項 1 に記載の系統電圧制御装置。

【請求項 3】

位相を制御するための交流スイッチ及び昇圧するための電力用コンデンサが設けられた電力系統の電圧を制御する系統電圧制御装置であって、

前記電力系統の電圧を検出する電圧検出手段と、

前記電力系統の電流を検出する電流検出手段と、

前記電圧検出手段により検出された電圧の積分制御の制御値を演算する積分制御演算手段と、

前記電圧検出手段により検出された電圧が所定の電圧以下の場合、直近の電圧による影響が大きくなるように前記積分制御演算手段の前記積分制御を調整する積分制御調整手段と、

前記積分制御演算手段により演算された前記積分制御の制御値に基づいて、前記交流スイッチを制御する交流スイッチ制御手段と、

前記積分制御演算手段により演算された前記積分制御の制御値に基づいて、前記電力用コンデンサを制御する電力用コンデンサ制御手段と

を備えることを特徴とする系統電圧制御装置。

20

30

【請求項 4】

電力系統の電圧を昇圧するための電力用コンデンサと、

前記電力系統の電圧を検出する電圧検出手段と、

前記電力系統の電流を検出する電流検出手段と、

前記電圧検出手段により検出された電圧及び前記電流検出手段により検出された電流に基づいて、前記電力系統のサセプタンスを計測するサセプタンス計測手段と、

前記サセプタンス計測手段により計測されたサセプタンスに基づいて、前記電力用コンデンサを制御する電力用コンデンサ制御手段と

を備えることを特徴とする電力系統システム。

40

【請求項 5】

電力系統の位相を制御するための交流スイッチと、

前記電力系統の電圧を昇圧するための電力用コンデンサと、

前記電力系統の電圧を検出する電圧検出手段と、

前記電力系統の電流を検出する電流検出手段と、

前記電圧検出手段により検出された電圧の積分制御の制御値を演算する積分制御演算手段と、

前記電圧検出手段により検出された電圧が所定の電圧以下の場合、直近の電圧による影

50

響が大きくなるように前記積分制御演算手段の前記積分制御を調整する積分制御調整手段と、

前記積分制御演算手段により演算された前記積分制御の制御値に基づいて、前記交流スイッチを制御する交流スイッチ制御手段と、

前記積分制御演算手段により演算された前記積分制御の制御値に基づいて、前記電力用コンデンサを制御する電力用コンデンサ制御手段と

を備えることを特徴とする電力システム。

【請求項 6】

昇圧するための電力用コンデンサが設けられた電力システムの電圧を制御する系統電圧制御方法であって、

前記電力システムの電圧を検出し、

前記電力システムの電流を検出し、

検出した電圧及び検出した電流に基づいて、前記電力システムのサセプタンスを計測し、

計測したサセプタンスに基づいて、前記電力用コンデンサを制御すること

を含むことを特徴とする系統電圧制御方法。

【請求項 7】

位相を制御するための交流スイッチ及び昇圧するための電力用コンデンサが設けられた電力システムの電圧を制御する系統電圧制御方法であって、

前記電力システムの電圧を検出し、

前記電力システムの電流を検出し、

検出した電圧の積分制御の制御値を演算し、

検出した電圧が所定の電圧以下の場合、直近の電圧による影響が大きくなるように前記積分制御を調整し、

演算した前記積分制御の制御値に基づいて、前記交流スイッチを制御し、

演算した前記積分制御の制御値に基づいて、前記電力用コンデンサを制御すること

を含むことを特徴とする系統電圧制御方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、系統電圧を制御する系統電圧制御装置に関する。

【背景技術】

【0002】

一般に、電力システムの無効電力を補償するために無効電力補償装置を設けることが知られている。無効電力補償装置は、電力システムの系統電圧を制御する（例えば、特許文献 1 参照）。

【0003】

電力システムの電圧低下を防止するために、開閉器を介して電力用コンデンサが設けられた電力システムがある。無効電力補償装置は、電力システムの電圧低下が生じた場合、開閉器を投入して電力用コンデンサを電力システムに接続することで電圧低下を抑制する。また、系統事故により電力システムが電圧低下した場合、電力用コンデンサを保護するために開閉器を開放する。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献 1】特開平 11-8936 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

しかしながら、電力用コンデンサを投入した状態で、系統事故により電力用コンデンサを切り離し、系統事故が復帰した場合、電力システムに電力用コンデンサを再投入して、系統

10

20

30

40

50

電圧が過電圧になることがある。

【0006】

そこで、本発明の目的は、系統電圧を昇圧するための電力用コンデンサを電力系統に投入しても、系統電圧が過電圧になることを抑制することのできる系統電圧制御装置を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0007】

本発明の観点に従った系統電圧制御装置は、昇圧するための電力用コンデンサが設けられた電力系統の電圧を制御する系統電圧制御装置であって、前記電力系統の電圧を検出する電圧検出手段と、前記電力系統の電流を検出する電流検出手段と、前記電圧検出手段により検出された電圧及び前記電流検出手段により検出された電流に基づいて、前記電力系統のサセプタンスを計測するサセプタンス計測手段と、前記サセプタンス計測手段により計測されたサセプタンスに基づいて、前記電力用コンデンサを制御する電力用コンデンサ制御手段とを備える。

【発明の効果】

【0008】

本発明によれば、系統電圧を昇圧するための電力用コンデンサを電力系統に投入しても、系統電圧が過電圧になることを抑制することのできる系統電圧制御装置を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【0009】

【図1】本発明の第1の実施形態に係る無効電力補償装置の構成を示す構成図。

【図2】第1の実施形態に係る無効電力補償装置の適用された電力システムの構成を示す構成図。

【図3】本発明の第2の実施形態に係る無効電力補償装置の構成を示す構成図。

【図4】第2の実施形態に係る無効電力補償装置の適用された電力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】

【0010】

以下図面を参照して、本発明の実施形態を説明する。

【0011】

(第1の実施形態)

図1は、本発明の第1の実施形態に係る無効電力補償装置1の構成を示す構成図である。図2は、本実施形態に係る無効電力補償装置1の適用された電力システム10の構成を示す構成図である。なお、図面における同一部分には同一符号を付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。

【0012】

電力システム10は、無効電力補償装置1、変圧器2、一次側母線3、二次側母線4、4つのMSC(machinery switched capacitor)5、2つのTCR(thyristor controlled reactor)6、2つのフィルター回路7、電圧検出器21、及び電流検出器22を備える。

【0013】

二次側母線4は、変圧器2を介して、一次側母線3に接続されている。変圧器2の一次側は、一次側母線3に接続されている。変圧器2の二次側は、二次側母線4に接続されている。変圧器2は、一次側母線3の電圧を二次側母線4の電圧に降圧する。

【0014】

電圧検出器21は、一次側母線3の三相電圧を系統電圧 V_p として検出する検出器である。電圧検出器21は、検出した系統電圧 V_p を無効電力補償装置1に出力する。

【0015】

電流検出器22は、変圧器2の一次側に流れる三相電流を系統電流 I_p として検出する検出器である。電流検出器22は、検出した系統電流 I_p を無効電力補償装置1に出力す

る。

【0016】

M S C 5は、二次側母線4に接続されている。M S C 5は、固定容量の機械式開閉器操作コンデンサである。M S C 5は、電力用コンデンサ51、リアクトル52、及び開閉器53を備える。開閉器53が投入されると、電力用コンデンサ51により、系統電圧V_pが昇圧される。M S C 5は、無効電力補償装置1からの制御指令S c 2により制御される。

【0017】

T C R 6は、二次側母線4に接続されている。T C R 6は、無効電力を連続的に制御するための機器である。T C R 6は、2つのリアクトル61、交流スイッチ62、及び開閉器63を備える。交流スイッチ62は、2つのサイリスタが逆並列に接続された回路である。T C R 6は、リアクトル61に流れる電流の位相が交流スイッチ62により制御されることで、無効電力を制御する。T C R 6は、無効電力補償装置1からの制御指令S c 1により制御される。開閉器63は、T C R 6を保護するための機器である。開閉器63は、通常時は投入されている。

【0018】

フィルター回路7は、二次側母線4に接続されている。フィルター回路7は、リアクトル71、コンデンサ72、及び開閉器73を備える。フィルター回路7は、一次側母線3及び二次側母線4に重畳される高調波を抑制する。開閉器73は、フィルター回路7を保護するための機器である。開閉器73は、通常時は投入されている。

【0019】

無効電力補償装置1は、電圧検出器21により検出された系統電圧V_p及び電流検出器22により検出された系統電流I_pに基づいて、M S C 5及びT C R 6を制御することで、系統電圧V_pを制御する。

【0020】

無効電力補償装置1は、減算器11、自動電圧制御部12、T C R 操作指令部13、低電圧検出部14、サセプタンス演算部15、M S C 協調制御部16、及びM S C 操作指令部17を備える。

【0021】

低電圧検出部14は、系統電圧V_pが所定の電圧値以下になると、低電圧として検出する。所定の電圧値は、例えば、系統事故と判断される電圧の上限値である。低電圧検出部14は、低電圧を検出すると、自動電圧制御部12及びM S C 協調制御部16に検出信号を出力する。

【0022】

減算器11には、電圧指令値V_{ref}及び電圧検出器21により検出された系統電圧V_pが入力される。電圧指令値V_{ref}は、予め設定されていてもよいし、外部の上位制御系の装置から受信してもよい。電圧指令値V_{ref}は、例えば定格電圧値である。減算器11は、電圧指令値V_{ref}と系統電圧V_pとの差分の電圧値を自動電圧制御部12に出力する。

【0023】

自動電圧制御部12には、減算器11により演算された差分の電圧値及び電流検出器22により検出された系統電流I_pが入力される。系統電流I_pは、系統電圧V_pの位相を制御するために用いられる。自動電圧制御部12は、減算器11により演算された差分の電圧値が零になるように比例積分(PI, proportional-plus-integral control)制御をする。また、自動電圧制御部12は、低電圧検出部14から低電圧を示す検出信号が入力された場合、全てのT C R 6の総和の容量を超えた制御を行わないように、制御結果の制御値を制限する。制限する上限値は、系統電圧V_pに基づいて演算してもよいし、予め設定された値(零を含む)にしてもよい。なお、自動電圧制御部12は、低電圧検出部14から低電圧を示す検出信号が入力された場合、保護動作として、全てのT C R 6の開閉器63を開放してもよい。自動電圧制御部12は、制御値をT C R 操作指令部13に出力する。

【0024】

T C R操作指令部13は、自動電圧制御部12から入力された制御値に基づいて、T C R6を制御するための位相角を演算する。T C R操作指令部13は、演算した位相角に基づいて、2つのT C R6にそれぞれ制御指令S c 1を出力する。制御指令S c 1によりそれぞれのT C R6の交流スイッチ62が制御される。

【0025】

サセプタンス演算部15は、電圧検出器21により検出された系統電圧V p及び電流検出器22により検出された系統電流I pに基づいてサセプタンスBを演算し、計測する。サセプタンスBは、次式により求める。

【0026】

$$B = Q / V p / V p \quad \cdots (1)$$

ここで、Qは、系統電圧V p及び系統電流I pにより求める無効電力を表している。

【0027】

サセプタンス演算部15は、演算したサセプタンスBをM S C協調制御部16に出力する。

【0028】

M S C協調制御部16は、サセプタンス演算部15により演算されたサセプタンスBに基づいて、投入するM S C5を決定するように制御をする。M S C協調制御部16は、サセプタンスBが所定時間以上継続して所定値を超えた場合などに、系統電圧V pを上げるように制御する。サセプタンスBが所定時間以上継続して所定値を超えたことを判断するために、M S C協調制御部16に遅延回路を設けてもよい。系統電圧V pを上げる場合は、M S C協調制御部16は、投入するM S C5の数量及び総和の容量を増加させる。系統電圧V pを下げる場合は、M S C協調制御部16は、投入するM S C5の数量及び総和の容量を減少させる。低電圧検出部14から低電圧を示す検出信号が入力された場合、M S C協調制御部16は、全てのM S C5の開閉器53を開放する。M S C協調制御部16は、制御結果をM S C操作指令部17に出力する。

【0029】

M S C操作指令部17は、M S C協調制御部16から入力された制御結果に従って、制御するM S C5に制御指令S c 1を出力する。各M S C5の開閉器53は、受信した制御指令S c 1に従って、開放又は投入される。

【0030】

本実施形態によれば、系統電圧V p及び系統電流I pを検出して、サセプタンスBを演算することで、サセプタンスBを常に把握することができる。これにより、無効電力補償装置1は、積分制御を行う自動電圧制御部12と独立に、M S C5を適切に投入することができる。従って、M S C5を投入し過ぎることにより、系統電圧V pが電圧指令値V r e fを上回り過電圧となるような事態を避けることができる。

【0031】

ここで、P I制御を行う自動電圧制御部12からの制御結果に基づいて、M S C5を投入する制御方法も考えられる。しかし、P I制御は、その積分の演算により、現在の系統電圧V pよりも少し古い系統電圧V pが影響した制御結果を出力する。従って、系統電圧V pが低い状態から上昇して回復状態になる場合、現在の系統電圧V pが低くなく、M S C5を投入する必要の無い状態でも、M S C5が投入される可能性がある。

【0032】

例えば、系統電圧V pが低く、M S C5が投入された状態で、系統事故が生じてM S C5が開放された後に、系統事故が復帰した場合について考える。系統事故の復帰後、系統電圧V pは、正常な状態（例えば、定格電圧）に戻るよう上昇する。このとき、P I制御では、系統電圧V pが低い状態のときに積算された残留偏差（オフセット）が蓄えられている。このため、系統電圧V pが目標とする電圧指令値V r e fに到達しても、まだ、P I制御は、系統電圧V pを上げようとする。

【0033】

これに対して、本実施形態のように、検出した系統電圧 V_p 及び系統電流 I_p に基づいて、常にサセプタンス B を演算することにより、直近（現在）のサセプタンス B に基づいて、系統電圧 V_p を制御することができる。これにより、系統電圧 V_p を目標とする電圧指令値 V_{ref} よりも高い電圧に制御することを抑制することができる。

【0034】

（第2の実施形態）

図3は、本発明の第2の実施形態に係る無効電力補償装置1Aの構成を示す構成図である。図4は、本実施形態に係る無効電力補償装置1Aの適用された電力システム10Aの構成を示す構成図である。

【0035】

電力システム10Aは、図2に示す第1の実施形態に係る電力システム10において、無効電力補償装置1を無効電力補償装置1Aに代えたものである。その他の点は、電力システム10Aは、第1の実施形態と同様である。

【0036】

無効電力補償装置1Aは、減算器11、自動電圧制御部12A、TCR操作指令部13A、低電圧検出部14、MSC協調制御部16A、MSC操作指令部17A、及び積分制御調整部18を備える。

【0037】

低電圧検出部14は、系統電圧 V_p の低電圧を検出すると、自動電圧制御部12Aに検出信号を出力する。その他の点は、第1の実施形態に係る低電圧検出部14と同様である。

【0038】

減算器11は、電圧指令値 V_{ref} と系統電圧 V_p との差分の電圧値を自動電圧制御部12Aに出力する。その他の点は、第1の実施形態に係る減算器11と同様である。

【0039】

積分制御調整部18には、電圧検出器21により検出された系統電圧 V_p が入力される。積分制御調整部18は、系統電圧 V_p が所定の電圧値以下になると、所定期間中、自動電圧制御部12AにPI制御を調整するための信号を出力する。所定の電圧値は、低電圧検出部14に設定される低電圧として検出される電圧値などである。所定期間の終了時点は、予め設定された時間が経過するまで、系統電圧 V_p が電圧指令値 V_{ref} に一致した時点、系統電圧 V_p が予め設定された電圧値以上になった時点、又は、これらの組合せによる条件を満たした時点などである。

【0040】

自動電圧制御部12Aは、積分制御調整部18からPI制御を調整するための信号を受信すると、自己のPI制御を調整する。また、自動電圧制御部12Aは、低電圧検出部14から低電圧を示す検出信号が入力された場合、第1の実施形態に係る自動電圧制御部12と同様に、全てのTCR6の容量の総和を超えた制御を行わないように、制御結果の制御値を制限する。なお、自動電圧制御部12Aは、低電圧検出部14から低電圧を示す検出信号が入力された場合、保護動作として、全てのTCR6の開閉器63を開放してもよい。自動電圧制御部12Aは、制御値をTCR操作指令部13A及びMSC協調制御部16Aに出力する。

【0041】

自動電圧制御部12AにおけるPI制御の調整は、残留偏差の上限（上限は、零を含む。）を設けたり、積分時間を短くしたり、蓄積された残留偏差の量を減らしたり（残留偏差の量を零にリセットすることを含む。）することなどである。これにより、自動電圧制御部12Aから出力される制御値は、比例制御と比較して積分制御による影響が小さくなるため、直近（現在）の系統電圧 V_p の影響が大きい制御値になる。自動電圧制御部12Aは、低電圧が解消された後（又は、系統事故の回復後）、PI制御を元の制御に徐々に戻す。例えば、自動電圧制御部12Aは、残留偏差の上限を徐々に増やしたり、積分時間を徐々に長くしたりする。これにより、低電圧の検出直後では、TCR6の投入を通常よ

10

20

30

40

50

りも遅らせることができる。

【0042】

T C R 操作指令部 1 3 A は、自動電圧制御部 1 2 A から入力された制御値に基づいて、2 つの T C R 6 にそれぞれ制御指令 S c 1 A を出力する。制御指令 S c 1 A によりそれぞれの T C R 6 の交流スイッチ 6 2 が制御される。その他の点は、第 1 の実施形態に係る T C R 操作指令部 1 3 と同様である。

【0043】

M S C 協調制御部 1 6 A は、自動電圧制御部 1 2 A から入力された制御値に基づいて、投入する M S C 5 を決定するように制御をする。M S C 協調制御部 1 6 A は、系統電圧 V p が所定の電圧値以下の場合、P I 制御が調整された自動電圧制御部 1 2 A による制御値に基づいて、投入する M S C 5 を決定するように制御をする。系統電圧 V p を上げる場合は、M S C 協調制御部 1 6 A は、投入する M S C 5 の数量及び総和の容量を増加させる。系統電圧 V p を下げる場合は、M S C 協調制御部 1 6 A は、投入する M S C 5 の数量及び総和の容量を減少させる。M S C 協調制御部 1 6 A は、制御結果を M S C 操作指令部 1 7 A に出力する。自動電圧制御部 1 2 A が低電圧検出部 1 4 から低電圧を示す検出信号を受信している場合、M S C 協調制御部 1 6 A は、全ての M S C 5 の開閉器 5 3 を開放する。その他の点は、第 1 の実施形態に係る M S C 協調制御部 1 6 と同様である。

【0044】

M S C 操作指令部 1 7 A は、M S C 協調制御部 1 6 A から入力された制御結果に従って、制御する M S C 5 に制御指令 S c 1 A を出力する。各 M S C 5 の開閉器 5 3 は、受信した制御指令 S c 1 A に従って、開放又は投入される。

【0045】

本実施形態によれば、系統電圧 V p が所定の電圧値以下になった場合、自動電圧制御部 1 2 A における I 制御を調整することで、直近（現在）の系統電圧 V p による影響が大きい制御値で、系統電圧 V p を制御することができる。これにより、第 1 の実施形態と同様の作用効果を得ることができる。

【0046】

なお、第 1 の実施形態において、自動電圧制御部 1 2 で行う制御は、P I 制御に限らず、どのような制御でもよい。また、第 2 の実施形態において、自動電圧制御部 1 2 A で行う制御は、P I 制御に限らず、積分制御が含まれていれば、どのような制御でもよい。

【0047】

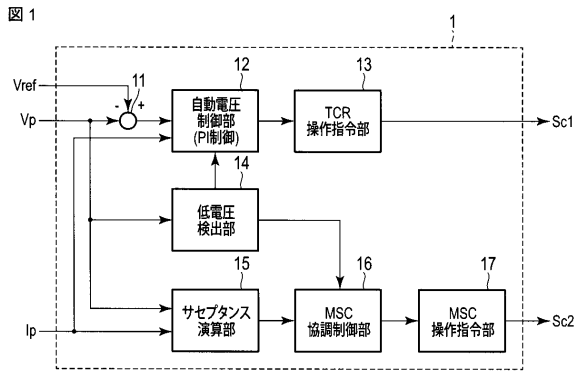
なお、本発明は上記実施形態そのままに限定されるものではなく、実施段階ではその要旨を逸脱しない範囲で構成要素を変形して具体化できる。また、上記実施形態に開示されている複数の構成要素の適宜な組合せにより、種々の発明を形成できる。例えば、実施形態に示される全構成要素から幾つかの構成要素を削除してもよい。さらに、異なる実施形態にわたる構成要素を適宜組み合わせてもよい。

【符号の説明】

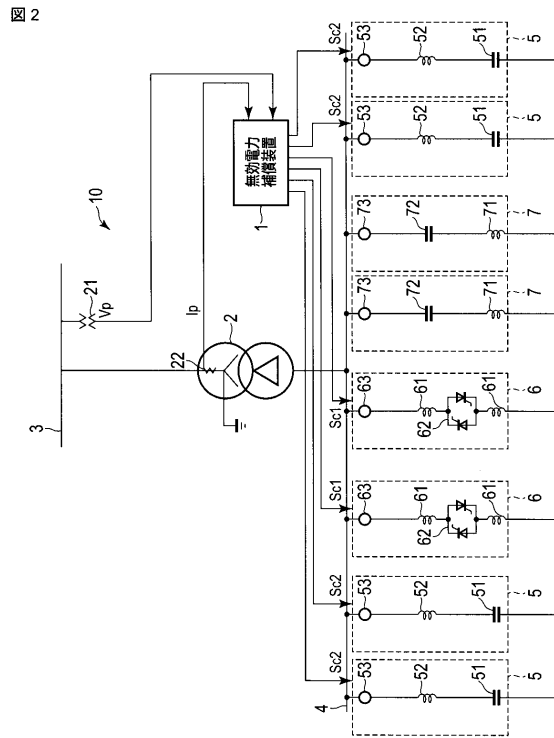
【0048】

1 … 無効電力補償装置、1 1 … 減算器、1 2 … 自動電圧制御部、1 3 … T C R 操作指令部、1 4 … 低電圧検出部、1 5 … サセプタンス演算部、1 6 … M S C 協調制御部、1 7 … M S C 操作指令部。

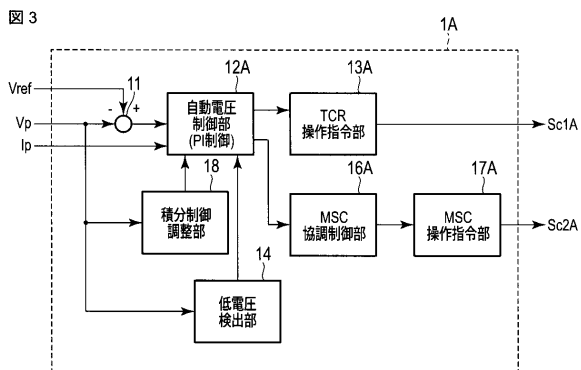
【図 1】



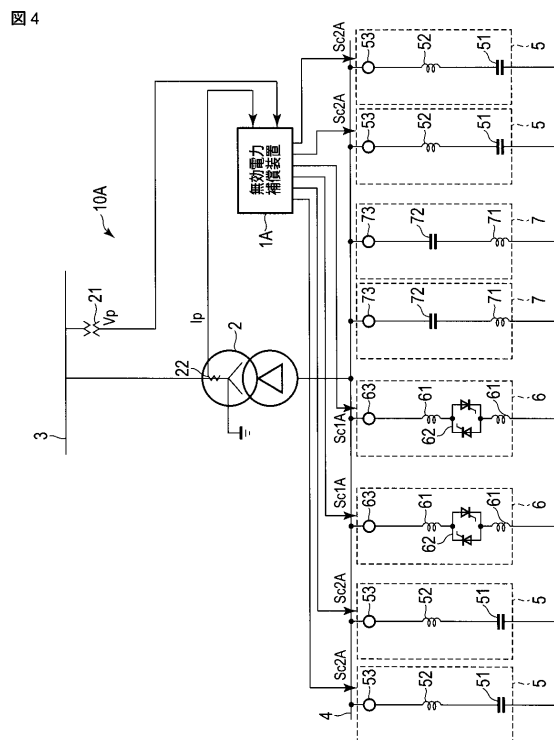
【図 2】



【図 3】



【図 4】



フロントページの続き

(72)発明者 田村 裕治

東京都港区芝浦一丁目1番1号 株式会社東芝内

Fターム(参考) 5G066 DA04 FB02 FB07 FC01 FC12