

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6783826号  
(P6783826)

(45) 発行日 令和2年11月11日(2020.11.11)

(24) 登録日 令和2年10月26日(2020.10.26)

(51) Int.Cl.		F I			
HO2J	3/16	(2006.01)	HO2J	3/16	
HO2J	3/18	(2006.01)	HO2J	3/18	142
G05F	1/70	(2006.01)	G05F	1/70	L

請求項の数 2 (全 9 頁)

(21) 出願番号	特願2018-131252 (P2018-131252)	(73) 特許権者	000116666
(22) 出願日	平成30年7月11日 (2018.7.11)		愛知電機株式会社
(65) 公開番号	特開2020-10546 (P2020-10546A)		愛知県春日井市愛知町1番地
(43) 公開日	令和2年1月16日 (2020.1.16)	(72) 発明者	神部 晃
審査請求日	平成30年7月11日 (2018.7.11)		愛知県春日井市愛知町1番地 愛知電機株式会社内
		(72) 発明者	桑原 祐
			愛知県春日井市愛知町1番地 愛知電機株式会社内
		審査官	杉田 恵一

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 自励式無効電力補償装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

各地の高圧配電線系統のインピーダンス値に対して、系統電圧制御系の周波数特性を基に補償器定数をあらかじめ計算しておき、こうして把握しておいた補償器定数を、配電線インピーダンス値の自動計測結果に基づき自動で設定することを特徴とする自励式無効電力補償装置。

【請求項2】

前記自励式無効電力補償装置から次数間高調波の微小電流を配電系統に注入して、系統電圧の同次数の高調波を計測することで、下記式(1)で次数間高調波電流を求め、下記式(2)で次数間高調波電圧を求め、これらを入力として下記式(3)で前記配電線インピーダンスを求め、これを平均化することにより、平均化した値を前記配電線インピーダンス値と自動推定することを特徴とする請求項1記載の自励式無効電力補償装置：

式(1)

## ① cos 成分

$$I_{ck} = (1/T) \int_0^T i(t) \cos(k\omega t) dt, \quad i(t) : \text{自励式無効電力補償装置の出力電流}$$

T : 積分時間、

k : 次数間高調波の次数

$\omega$  : 系統角周波数、

## ② sin 成分

$$I_{sk} = (1/T) \int_0^T i(t) \sin(k\omega t) dt$$

10

③ 次数間高調波電流  $I_k$  の絶対値  $|I_k|$  と位相  $\phi_{ik}$ 

$$|I_k| = \sqrt{I_{ck}^2 + I_{sk}^2}$$

$$\phi_{ik} = -\tan^{-1}(I_{sk}/I_{ck})$$

$$I_k = |I_k| \cos(k\omega t + \phi_{ik})$$

## 式 (2)

## ① cos 成分

20

$$V_{ck} = (1/T) \int_0^T v(t) \cos(k\omega t) dt, \quad v(t) : \text{配電線電圧}$$

## ② sin 成分

$$V_{sk} = (1/T) \int_0^T v(t) \sin(k\omega t) dt$$

③ 次数間高調波電圧  $V_k$  の絶対値  $|V_k|$  と位相  $\phi_{vk}$ 

$$|V_k| = \sqrt{V_{ck}^2 + V_{sk}^2}$$

$$\phi_{vk} = -\tan^{-1}(V_{sk}/V_{ck})$$

30

$$V_k = |V_k| \cos(k\omega t + \phi_{vk})$$

## 式 (3)

配電線のインピーダンス  $Z_l$

$$Z_l = R + jX, \quad R : \text{配電線インピーダンスの抵抗分}, X : \text{配電線インピーダンスのリアクタンス分}$$

アクタンス分

$$R = |Z_{lk}| \cos \angle Z_{lk}, \quad X = (|Z_{lk}|/k) \sin \angle Z_{lk},$$

$$|Z_{lk}| = |V_k| / |I_k|, \quad \angle Z_{lk} = \phi_{vk} - \phi_{ik}$$

40

## 【発明の詳細な説明】

## 【技術分野】

## 【0001】

本発明は、自励式無効電力補償装置を構成する補償器の定数を自動で最適値に変更する技術に関する。

## 【背景技術】

## 【0002】

太陽光発電や風力発電など自然エネルギーを利用する分散型電源が配電系統に大量導入された場合、系統電圧の変動が増大することが懸念される。特に、日射や風力の急変によ

50

り、これらの出力は大きく変動する。

【0003】

その影響による急激な電圧変動に対しては、変圧器のタップを切換えて電圧を調整する従来の電圧調整装置では対応できず、この問題を解決する装置としてSTATCOMなどの無効電力補償装置が有効と考えられる。

【0004】

STATCOMはIGBT等の半導体デバイスで構成された自励式の無効電力補償装置であり、高速な無効電力出力制御によって急激な電圧変動を迅速に抑制することができる。(下記特許文献1参照)。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【非特許文献1】愛知電機技報No. 37 p30 高圧配電線用STATCOMの開発  
【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

上記STATCOMの制御系を構成する補償器の定数を決めるにあたっては、事前に配電線のインピーダンスを調査し、それに合わせて手動で最適となるよう設定していた。このため、配電系統の切り換えなどで配電線のインピーダンスが大きく変化すると、その都度補償器の設定を手動で変更する必要があった。

【0007】

本発明は、配電線のインピーダンスを自動計測する機能を搭載し、補償器の定数を自動で最適値に変更することのできる自励式無効電力補償装置を提供する。

【課題を解決するための手段】

【0008】

請求項1記載の発明は、各地の高圧配電線系統のインピーダンス値に対して、系統電圧制御系の周波数特性を基に補償器定数をあらかじめ計算しておき、こうして把握しておいた補償器定数を、配電線インピーダンス値の自動計測結果に基づき自動で設定することに特徴を有する。

【0009】

請求項2記載の発明は、請求項1記載の自励式無効電力補償装置において、自励式無効電力補償装置から次数間高調波の微小電流を配電系統に注入して、系統電圧の同次数の高調波を計測することで、下記式(1)で次数間高調波電流を求め、下記式(2)で次数間高調波電圧を求め、これらを入力として下記式(3)で前記配電線インピーダンスを求め、これを平均化することにより、平均化した値を前記配電線インピーダンス値と自動推定することに特徴を有する：

式(1)

10

20

30

① cos 成分

$$I_{ck} = (1/T) \int_0^T i(t) \cos(k\omega t) dt, \quad i(t) : \text{自励式無効電力補償装置の出力電流}$$

T : 積分時間、

k : 次数間高調波の次数

$\omega$  : 系統角周波数、

② sin 成分

$$I_{sk} = (1/T) \int_0^T i(t) \sin(k\omega t) dt$$

10

③ 次数間高調波電流  $I_k$  の絶対値  $|I_k|$  と位相  $\phi_{ik}$ 

$$|I_k| = \sqrt{I_{ck}^2 + I_{sk}^2}$$

$$\phi_{ik} = -\tan^{-1}(I_{sk}/I_{ck})$$

$$I_k = |I_k| \cos(k\omega t + \phi_{ik})$$

式 ( 2 )① cos 成分

$$V_{ck} = (1/T) \int_0^T v(t) \cos(k\omega t) dt, \quad v(t) : \text{系統電圧}$$

20

② sin 成分

$$V_{sk} = (1/T) \int_0^T v(t) \sin(k\omega t) dt$$

③ 次数間高調波電圧  $V_k$  の絶対値  $|V_k|$  と位相  $\phi_{vk}$ 

$$|V_k| = \sqrt{V_{ck}^2 + V_{sk}^2}$$

$$\phi_{vk} = -\tan^{-1}(V_{sk}/V_{ck})$$

$$V_k = |V_k| \cos(k\omega t + \phi_{vk})$$

30

式 ( 3 )

配電線のインピーダンス  $Z_l$

$Z_l = R + jX$ ,  $R$  : 配電線インピーダンスの抵抗分,  $X$  : 配電線インピーダンスのリアクタンス分

$$R = |Z_{lk}| \cos \angle Z_{lk}, \quad X = (|Z_{lk}|/k) \sin \angle Z_{lk},$$

$$|Z_{lk}| = |V_k| / |I_k|, \quad \angle Z_{lk} = \phi_{vk} - \phi_{ik}$$

【発明の効果】

【0010】

請求項1記載の発明によれば、配電線のインピーダンスが大きく変化した場合でも、補償器の設定を手動でする必要はない。また、補償器の最適値を系統電圧制御系の周波数特性から決定するので、制御系を安定かつ応答速度が速く、制御精度の良いものにできる。

40

【0011】

請求項2記載の発明によれば、配電線インピーダンスを計測する際に、配電線に存在しない次数間高調波を用いるので、他からの影響を受けにくく、式(1)と式(2)で積分・時間平均して(デジタルフーリエ変換を用いて)次数間高調波の電圧・電流を検出し、さらに式(3)で求めた値の平均値を採用するので、配電線のインピーダンスを精度良く推定できる。

【図面の簡単な説明】

50

【 0 0 1 2 】

【 図 1 】本発明に係る自励式無効電力補償装置の制御ブロック図である。

【 発明を実施するための形態 】

【 0 0 1 3 】

以下、本発明の実施の形態を図 1 により説明する。図 1 において、1 は高圧配電系統に接続される自励式無効電力補償装置であり、2 は補償器として機能する系統電圧制御部である。

【 0 0 1 4 】

3 は逆変換・逆変換部であり、4 は電流出力部（出力電流制御や P W M 制御インバータ、L C フィルタ、昇圧変圧器を含む）、5 は次数間高調波電流検出部である。

10

【 0 0 1 5 】

6 は次数間高調波電圧検出部であり、7 は配電線インピーダンス演算部である。8 は補償器定数決定部であり、9 は次数間高調波電流指令値生成部である。10 は系統電圧検出部であり、11 は P L L、12 は次数間高調波信号生成部である。

【 0 0 1 6 】

上記のとおり構成した本発明の自励式無効電力補償装置 1 は、直流電圧制御系と系統電圧制御系から構成されている。

【 0 0 1 7 】

系統電圧制御系は、系統電圧制御部 2、逆変換・逆変換部 3、電流出力部 4、計器用変成器 V T および系統電圧検出部 10 から構成される。自励式無効電力補償装置 1 の出力電流指令値は、前記 2 つの制御系の補償器の出力を逆変換・逆変換することにより作成される。そして、電流出力部 4 は、当該出力電流指令値に応じた電流を配電線に出力し、無効電力を供給する。

20

【 0 0 1 8 】

以上のように構成した自励式無効電力補償装置 1 において、補償器 2 の定数を決定する場合、まず、配電線のインピーダンスを計測する。計測にあたっては、該無効電力補償装置 1 から次数間高調波（例えば、2 . 5 次）の微小電流を配電系統に注入する。

【 0 0 1 9 】

次数間高調波電流検出部 5 は、電流検出器 C T で検出した電流  $i(t)$ （電流出力部 4 から出力される電流）と次数間高調波信号生成部 12 が出力する次数間高調波信号を入力として、下記 [ 数 1 ] によって次数間高調波電流  $I_k$  の  $\cos$  成分と  $\sin$  成分を求め、下記 [ 数 2 ] によって次数間高調波電流  $I_k$  を求める。

30

【 0 0 2 0 】

【 数 1 】

cos 成分

$$I_{ck} = (1/T) \int_0^T i(t) \cos(k\omega t) dt, \quad i(t) : \text{自励式無効電力補償装置 1 の出力電流}$$

40

sin 成分

$$I_{sk} = (1/T) \int_0^T i(t) \sin(k\omega t) dt$$

【 0 0 2 1 】

【数 2】

$$|I_k| = \sqrt{I_{ck}^2 + I_{sk}^2}$$

$$\phi_{ik} = -\tan^{-1}(I_{sk}/I_{ck})$$

$$I_k = |I_k| \cos(k\omega t + \phi_{ik})$$

【0022】

次数間高調波電圧検出部 6 は、計器用変成器 VT で検出した電圧  $v(t)$  (自励式無効電力補償装置 1 が接続されている点の配電線の電圧) と次数間高調波信号生成部 12 が出力する次数間高調波信号を入力として、下記 [数 3] によって次数間高調波電圧  $V_k$  の  $\cos$  成分と  $\sin$  成分を求め、下記 [数 4] によって次数間高調波電圧  $V_k$  を求める。

10

【0023】

【数 3】

cos 成分

$$V_{ck} = (1/T) \int_0^T v(t) \cos(k\omega t) dt, \quad v(t) : \text{配電線電圧}$$

20

sin 成分

$$V_{sk} = (1/T) \int_0^T v(t) \sin(k\omega t) dt$$

【0024】

【数 4】

$$|V_k| = \sqrt{V_{ck}^2 + V_{sk}^2}$$

$$\phi_{vk} = -\tan^{-1}(V_{sk}/V_{ck})$$

$$V_k = |V_k| \cos(k\omega t + \phi_{vk})$$

30

【0025】

次に、配電線インピーダンス演算部 7 は、次数間高調波電流検出部 5 によって求めた次数間高調波電流  $I_k$  と、次数間高調波電圧検出部 6 によって求めた次数間高調波電圧  $V_k$  を入力として配電線インピーダンス  $Z_l$  を求める。

【0026】

配電線インピーダンス  $Z_l = R + jX$  ( $R$  : 配電線インピーダンスの抵抗分、 $X$  : 配電線インピーダンスのリアクタンス分) とすると、次数間高調波におけるインピーダンス  $Z_{lk}$  は下記 [数 5] のようになる。

40

【0027】

【数 5】

$$Z_{lk} = R + jkX$$

【0028】

また、次数間高調波におけるインピーダンス  $Z_{lk}$  は下記 [数 6] で計算できる。

50

【 0 0 2 9 】

【数 6】

$$|Z_{1k}| = |V_k| / |I_k|$$

$$\angle Z_{1k} = \phi_{vk} - \phi_{ik}$$

【 0 0 3 0 】

したがって、配電線インピーダンスは下記【数 7】によって求めることができる。

10

【 0 0 3 1 】

【数 7】

$$R = |Z_{1k}| \cos \angle Z_{1k}$$

$$kX = |Z_{1k}| \sin \angle Z_{1k} \quad \therefore X = (|Z_{1k}| / k) \sin \angle Z_{1k}$$

【 0 0 3 2 】

最後に、計算誤差を小さくするため、求めた配電線インピーダンスを平均化する。平均化した値が配電線インピーダンスの計測値となる。

20

【 0 0 3 3 】

配電線インピーダンスの計測値は、補償器定数決定部 8 に出力され、補償器定数決定部 8 は配電線インピーダンスの計測値に基づき補償器定数の最適値を決定する。

【 0 0 3 4 】

補償器定数の最適値は、系統電圧制御系の周波数特性から決定する。一般に、制御系の制御精度や応答性、安定性（発振する・しない）は、制御系の周波数特性で決まる。配電線のインピーダンスに応じて補償器 2 の定数を調整することにより、系統電圧制御系の周波数特性を最適（安定かつ応答速度が速く、制御精度が良い）なものにすることができる。

30

【 0 0 3 5 】

種々のインピーダンス値に対して、系統電圧制御系の周波数特性を最適なものにする補償器 2 の定数をあらかじめ把握しておく。この関係性から、補償器定数の最適値を決定することができる。

【 0 0 3 6 】

上記のごとく決定した補償器定数は系統電圧制御部 2 に出力され、補償器の定数が自動的に最適値に設定される。

【 0 0 3 7 】

以上説明したように、本発明の自励式無効電力補償装置によれば、制御系の補償器の定数を決めるにあたり、事前に配電線のインピーダンスを調査する必要がない。

40

【 0 0 3 8 】

また、系統切換などで配電線のインピーダンスが大きく変化した場合でも、補償器の定数は自動的に最適値に変更されるので、従来のように手動で補償器定数の設定を変更する必要がない。

【産業上の利用可能性】

【 0 0 3 9 】

本発明は、配電線のインピーダンスに応じて調整動作や制御動作を行う配電用機器に利用可能である。

【符号の説明】

【 0 0 4 0 】

50





## フロントページの続き

- (56)参考文献 特開昭63-52639(JP,A)  
特開平2-131329(JP,A)  
特開平3-210614(JP,A)  
特開平5-111162(JP,A)  
特開平6-161576(JP,A)  
特開平8-265975(JP,A)  
特開平11-15543(JP,A)  
特開2001-128366(JP,A)  
特開2002-171667(JP,A)  
特開2009-207225(JP,A)  
特開2012-200111(JP,A)  
特開2013-31362(JP,A)  
特開2017-175821(JP,A)  
特開2018-107877(JP,A)  
中国特許出願公開第102914697(CN,A)  
中国特許出願公開第103630748(CN,A)  
米国特許出願公開第2003/0098671(US,A1)  
国際公開第2018/070007(WO,A1)

## (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G05F 1/70  
H02J 3/16  
H02J 3/18