



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 102290814 B

(45) 授权公告日 2014. 03. 05

(21) 申请号 201110249311. 8

(22) 申请日 2008. 12. 26

(30) 优先权数据

2007-336326 2007. 12. 27 JP

(62) 分案原申请数据

200810190205. 5 2008. 12. 26

(73) 专利权人 株式会社日立制作所

地址 日本东京都

(72) 发明人 内山伦行 大野康则 近藤真一

宫田博昭 伊藤智道 大原伸也

(74) 专利代理机构 中科专利商标代理有限责任

公司 11021

代理人 蒋亭

(51) Int. Cl.

H02J 3/00 (2006. 01)

H02J 3/46 (2006. 01)

(56) 对比文件

US 2007/0097565 A1, 2007. 05. 03, 全文.

JP 特开 200-1346332 A, 2001. 12. 14, 全文.

JP 特开 2000-333373 A, 2000. 11. 30, 全文.

JP 特开 2001-186663 A, 2001. 07. 06, 全文.

JP 特开 2005-160260 A, 2005. 06. 16, 全文.

JP 特开 2003-61364 A, 2003. 02. 28, 全文.

审查员 王晓曦

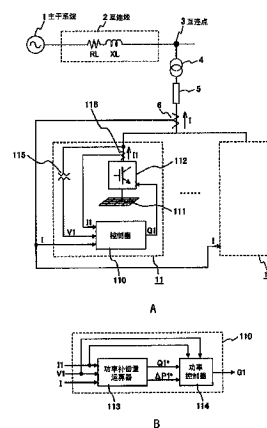
权利要求书1页 说明书9页 附图8页

(54) 发明名称

太阳光发电系统

(57) 摘要

本发明提供的太阳光发电系统中, 设置了功率补偿量运算器 (113), 其用于采用多个太阳光发电装置 (11-1i) 的合成输出电流 (I)、各个功率变换器 (112) 的输出电压 (V1) 以及输出电流 (I1)、和与电力系统之间的互连点 (3) 的电压 (Vs), 运算用于抑制电压变动的功率量 (Q)。在功率补偿量运算器中, 设置了推定与电力系统之间的互连点的电压的机构 (1133)。并且, 采用基于太阳光发电装置的合成发电输出的有效功率 (P) 的变动量 (ΔP) 与互连点电压的变动量 (ΔV_s) 之积所计算的控制参数 (α)、和太阳光发电装置 (110) 的有效功率 (P1), 计算对电压变动进行最小化的无效功率指令值 (Q^*)。这时, 在变动量 (ΔP) 的检测值中设置死区 (1135)。进而, 在太阳光发电装置的合成发电输出的变动量 (ΔP) 处于阈值以下的状态继续规定时间以上的情况下, 将有效功率的变动指令 ($\Delta P1^*$) 传送给功率控制器 (114), 在所计算的控制参数 (α) 的变化量处于阈值以下的情况下, 停止变动指令。



1. 一种太阳光发电系统,通过多个太阳光发电装置与专用布线连接,上述专用布线经由变压器连接在与电力系统的互连点,经由上述互连点与电力系统互连而构成,其中上述太阳光发电装置由对太阳电池板的输出进行控制的多个功率变换器及其控制器构成,并具有对表示上述多个功率变换器的发电合成输出的有效功率 P 与无效功率 Q 之比的控制参数 α 进行调整来抑制电压变动的功能,

上述控制器具有功率补偿量运算部,该功率补偿量运算部包括:

电压变动检测机构,其求出上述互连点的电压 V_s 的变动成分;

有效功率变动检测机构,其求出上述有效功率 P 的变动成分;

符号变换机构,其通过设置规定的死区将所求出的上述有效功率 P 的变动成分变换为表示上述有效功率 P 的变动成分的增减方向的符号信号;和

控制参数算出机构,其基于上述电压 V_s 的变动成分与被变换为符号信号的上述有效功率 P 的变动成分之积来求出上述控制参数 α 。

2. 根据权利要求1所述的太阳光发电系统,其中,

上述有效功率 P 根据从上述专用布线流到上述互连点的多个太阳光发电装置的合成输出电流来求出。

3. 根据权利要求1所述的太阳光发电系统,其中,

在上述功率补偿量运算部中设置了采用太阳光发电系统的合成输出电流的检测值 I 和上述功率变换器的输出电压的检测值 V_i 来推定与电力系统的互连点电压 V_s 的机构。

4. 一种太阳光发电系统,通过多个太阳光发电装置与专用布线连接,上述专用布线经由变压器连接在与电力系统的互连点,经由上述互连点与电力系统互连而构成,其中上述太阳光发电装置由对太阳电池板的输出进行控制的多个功率变换器及其控制器构成,并具有对表示上述多个功率变换器的发电合成输出的有效功率 P 与无效功率 Q 之比的控制参数 α 进行调整来抑制电压变动的功能,

上述控制器具有基于互连点的电压 V_s 的变动成分和上述有效功率 P 的变动成分的积来求出上述控制参数 α 的功率补偿量运算部,

该功率补偿量运算部设置了下述机构,即在上述有效功率 P 的变动成分处于阈值以下的状态继续规定时间以上的情况下,将基于有效功率 P 的变动成分的该太阳光发电装置的变动指令 ΔP_i 传送给上述功率变换器。

5. 根据权利要求4所述的太阳光发电系统,其中,

上述功率补偿量运算部设置了下述机构,即在上述有效功率 P 的变动成分处于阈值以下的状态继续规定时间以上之后,基于上述有效功率 P 的变动成分和互连点电压 V_s 的变动成分的积算出的控制参数 α 的变化量处于阈值以下的情况下,使变动指令 ΔP_i 停止。

6. 根据权利要求4所述的太阳光发电系统,其中,

上述有效功率 P 根据从上述专用布线流到上述互连点的多个太阳光发电装置的合成输出电流来求出。

7. 根据权利要求4所述的太阳光发电系统,其中,

在上述功率补偿量运算部中设置了采用太阳光发电系统的合成输出电流的检测值 I 和上述功率变换器的输出电压的检测值 V_i 来推定与电力系统的互连点电压 V_s 的机构。

太阳光发电系统

[0001] 本申请是申请日为 2008 年 12 月 26 日、申请号为 200810190205.5 的发明申请的分案申请,该申请的发明创造名称为太阳光发电系统。

技术领域

[0002] 本发明涉及将由多个太阳光发电装置组构成的太阳光发电系统互连起来的电力系统的功率品质,涉及一种太阳光发电系统的结构以及控制方法。

背景技术

[0003] 认为地球变暖的原因的二氧化碳排出量的削减成为一个大的课题,作为二氧化碳排出量的削减机构,利用了风力发电和太阳光发电等自然能源的分散型电源的导入正在兴盛。虽然分散型电源与电力系统互连而多被采用,但由于因风速或日照量的变动导致发电输出变动,因此在与电力系统大量互连的情况下,担心会对电力系统的电压或频率产生影响。

[0004] 作为经由功率变换器对与电力系统互连的风力发电机的电压变动进行抑制的方法,在专利文献 1 中,公开了一种方法,对表示功率变换器的发电输出的有效功率 P 与无效功率 Q 之比的控制参数 α 进行调整,并将与发电输出的有效功率相应的无效功率输出,从而抑制因发电输出的变动引起的电压变动。具体而言,是一种采用风力发电机与电力系统之间的互连点的电压的变动量与发电输出的有效功率的变动量之积,探索用于对电压变动进行最小化的最佳控制参数 α 的方法。一般而言,公知有下述方法,通过使该控制参数 α 与从互连点看的电力系统侧的合成阻抗的电阻量与电抗量之比 R/X 一致,从而能够将电压变动最小化。

[0005] 进而,在非专利文献 1 中,在上述方法中公开了一种对风力发电机的发电输出的有效功率的变动量根据其极性进行编码来探索 α 的处理方法。

[0006] 专利文献 1:日本特开 2007-124779 号公报

[0007] 非专利文献 1:平成 19 年日本国电气学会全国大会, No. 4-082

[0008] 风力发电,为了效率化因而多被用作由多个风力发电机构成的风力发电机组、或者风能场 (wind farm)。另一方面,最近关于太阳光发电也有大规模的动向,关于发送功率输出为数 MW 级的所谓超级太阳能系统 (mega solar system) 正在研究。在这些大规模的太阳光发电系统中,与风力发电同样地,也会产生伴随日照量的变化的输出变动以及由此引起的互连点的电压变动。

[0009] 在将太阳光发电系统大规模化的情况下,一般采用的结构是将太阳电池板与额定电容为数 10kW 至数 100kW 的多个功率变换器连接,进而连接这些功率变换器的输出并与电力系统互连。在此,在大规模系统的情况下,由于太阳电池板的设置面积广,因此认为与各功率变换器连接的太阳电池板所接受的日照量变化会产生时间延迟,结果从各功率变换器输出的发电输出的变动成分的相位可能不同。在与电力系统之间的互连点产生的电压变动依赖于在太阳光发电系统整体合成的输出变动,但在因上述相位延迟的影响导致太阳光发

电系统整体的输出变动与各功率变换器的输出变动的增减状态不同时,若应用上述公知技术,则多个功率变换器中用于抑制电压变动的控制有可能会产生干涉(课题1)。

[0010] 另外,在将上述公知技术应用于太阳光发电系统的情况下,风力发电和太阳光发电的输出变动的产生形式的不同会成为问题。在风力发电的情况下,除因天气引起的风速变动所产生的输出变动之外,因在涡轮叶片横切支柱时所产生的风速变动也会产生输出变动,因此成为周期性比较高的输出变动特性。对此,在太阳光发电的情况下,发电输出的变动基本上只依赖于日照量的变化,因此根据天气情况会存在未产生输出变动的情况、或者产生微小的输出变动的时间段持续很长时间的情况、或因云的流动等导致突发且非周期性地产生大输出变动的情况。

[0011] 这些情况下,如上述公知的技术,在采用与电力系统之间的互连点的电压的变动量与发电输出的有效功率的变动量的符号(+1 或者 -1)之积探索最佳控制参数 α 的方法中,通过将微小的发电输出的变动编码,可能会不必要地修正控制参数而偏离最佳值(课题2)。

[0012] 另外,在发电输出未产生变动的状态长时间继续期间,若因系统结构的变更等导致合成阻抗改变,则控制参数 α 的最佳值会改变。在上述公知的技术中,由于如果发电输出不变动则不修正控制参数值,因此 α 偏离最佳值的状态继续,在再次收敛至最佳值之前可能需要时间(课题3)。

发明内容

[0013] 本发明就是鉴于上述课题而形成的,其目的在于提供一种太阳光发电系统,不采用其他补偿装置,通过作为太阳光发电系统的构成要素之一的多个功率变换器的无效功率控制,一边防止干涉一边稳定地抑制因太阳光发电系统的输出变动所产生的电压变动。

[0014] 为了实现上述目的,本发明的太阳光发电系统的特征在于大致以下构成。

[0015] 对于与对太阳光发电系统进行大规模化时的控制的干涉有关的课题1,在各太阳光发电装置的控制器中设置功率补偿量运算器,其采用多个太阳光发电装置的合成输出电流、各太阳光发电装置的功率变换器的输出电压以及输出电流、和与电力系统的互连点的电压,来运算用于抑制电压变动的功率量。

[0016] 对于与控制参数的不必要修正有关的课题2,在上述功率补偿量运算器中,在采用基于多个太阳光发电装置的合成发电输出的有效功率的变动量与互连点电压的变动量之积计算的上述控制参数、和各太阳光发电装置的有效功率,来计算对电压变动进行最小化的无效功率指定值时,在合成发电输出的有效功率的检测值中设置死区。

[0017] 对于控制参数偏离最佳值的状态继续的课题3,在上述功率补偿量运算器中,设置在多个太阳光发电装置的合成发电输出的有效功率的变动量处于阈值以下的状态继续规定时间以上的情况下,将有效功率的变动指令传送给功率变换器的功率控制器,在基于多个太阳光发电装置的合成发电输出的有效功率的变动量与互连点电压的变动量之积所计算的控制参数的变化量处于阈值以下的情况下,停止变动指令的机构。

[0018] 根据本发明的太阳光发电系统,由于根据采用合成输出电流的检测值所计算的发电输出的有效功率的变动成分、和采用根据功率变换器的输出电压的检测值推定的互连点电压计算的电压的变动成分,计算用于抑制电压变动的功率补偿量,因此即使在各功率变

换器的发电输出存在相位差的情况下,也不会产生干涉,能够运算用于稳定地抑制电压变动的功率补偿量。从而,在由多个功率变换器构成的大规模的太阳光发电系统中,能够抑制因发电输出的变动所产生的电压变动。

[0019] 进而,即使在发电输出没有变动、或者发生了微小的变动的时间段继续的情况下,通过根据发电输出的有效功率的检测值由功率变换器使微小变动能动地发生,从而能够克服表示发电输出的有效功率 P 与无效功率 Q 之比的控制参数 α 从用于抑制电压变动的最佳值被不必要地补正,或者向最佳值的收敛需要时间的问题,能够实现适于太阳光发电系统的电压变动抑制控制。

[0020] 在由与电力系统连接的多个功率变换器和太阳电池板构成的太阳光发电系统中,适当且稳定地抑制因发电输出的变动引起的电压变动。该目的不必设置特别的调整装置便能实现。

[0021] 本发明的太阳光发电系统,由控制太阳电池板的输出的功率变换器及其控制器构成,由将多个太阳光发电装置与电力系统互连而成,该太阳光发电装置,具有对表示功率变换器的发电输出的有效功率 P 与无效功率 Q 之比的控制参数 α 进行调整来抑制电压变动的功能。在上述控制器中设置功率补偿量运算器,其采用太阳光发电系统的合成输出电流、太阳光发电系统与电力系统的互连点的电压、和上述功率变换器的输出电压以及输出电流,运算用于抑制电压变动的功率量。在上述功率补偿量运算器中设置采用太阳光发电系统的合成输出电流的检测值 I 和上述功率变换器的输出电压的检测值 V_i 来推定与电力系统的互连点电压 V_s 的机构

[0022] 由上述功率补偿量运算器,在采用基于太阳光发电系统的合成发电输出的有效功率 P 的变动量与互连点电压 V_s 的变动量之积所计算的控制参数、和从上述太阳光发电装置输出的有效功率 P_i ,计算对电压变动进行最小化的无效功率指令值 Q_i 时,在上述合成发电输出的有效功率 P 的变动量的检测中设置死区。并且,在上述功率补偿量运算器中,设置在上述合成发电输出的有效功率 P 的变动量处于阈值以下的状态继续规定时间以上的情况下,将基于有效功率 P 的变动量的该太阳光发电装置的变动指令 ΔP_i 传送给上述功率变换器,在基于上述有效功率 P 的变动量与互连点电压 V_s 的变动量之积所计算的控制参数 α 的变化量处于阈值以下的情况下,使变动指令 ΔP_i 停止的机构。

附图说明

[0023] 图 1 是本发明的实施例 1 的太阳光发电系统的构成图。

[0024] 图 2 是实施例 1 中的控制器的控制框图。

[0025] 图 3 是实施例 1 中的电压推定功能的说明图。

[0026] 图 4 是实施例 1 中的带死区编码器的动作的说明图。

[0027] 图 5 是表示实施例 1 中使有效功率能动地产生的概念的说明图。

[0028] 图 6 是实施例 1 中的使有效功率能动地产生的处理流程图。

[0029] 图 7 是实施例 2 的太阳光发电系统的构成图。

[0030] 图 8 是实施例 2 中的控制器的控制框图。

[0031] 图 9 是实施例 3 的太阳光发电系统的构成图。

[0032] 图 10 是实施例 3 中的功率补偿量控制器的控制框图。

[0033] 图 11 是实施例 3 中的功率补偿量控制器的处理流程图。

[0034] 其中:1- 主干系统,2- 互连线,3- 互连点,4- 互连用变压器,5- 专用布线,6、116- 电流传感器,7、115- 电压传感器,8a- 电压运算器,8b- 功率运算器,9、113- 功率补偿量运算器,11- 太阳光发电装置,110- 控制器,111- 太阳电池板,112- 功率变换器,114- 功率控制器,1131- 电压电流功率运算器,1132- 电压推定运算器,1133、1134、91、92- 变动检测器,1135、93- 带死区编码器,1136、94- 积分器,1137- 无效功率补偿运算器,1138- 输出变动发生器,95- 输出变动判定器。

具体实施方式

[0035] 以下基于附图对本发明的多个实施方式详细进行说明。

[0036] (实施例 1)

[0037] 图 1A、1B 是本发明的一实施方式的太阳光发电系统的概略构成图。多个太阳光发电装置 11 ~ 1i, 经由专用布线 5 以及互连用变压器 4 与电力系统的互连点 3 连接, 进而经由互连线 2 与主干系统 1 互连。在互连用变压器 4 的低压侧设置用于对太阳光发电装置 11 ~ 1i 的输出电流的合成值进行检测的电流检测器 6。

[0038] 太阳光发电装置 11, 主要由太阳电池板 111、功率变换器 112、控制器 110、电压检测器 115、电流检测器 116 构成。控制器 110, 如图 1B 所示, 由功率补偿量运算器 113、功率控制器 114 构成。在功率补偿量运算器 113 中, 采用由电压检测器 115 以及电流检测器 116 得到的输出端的电压检测值 V_1 以及电流检测值 I_1 、和由电流检测器 6 得到的合成电流检测值 I , 运算用于抑制电压变动的功率补偿量 Q_1^* 、 ΔP_1^* , 并指令给功率控制器 114。在功率控制器 114 中, 采用这些功率补偿量指令 Q_1^* 、 ΔP_1^* 、和输出端的电压检测值 V_1 以及电流检测器 I_1 , 将控制功率变换器 112 的门 (gate) 脉冲信号 G_1 输出。

[0039] 图 2 是实施例 1 的功率补偿量运算器中的具体的控制框图。以下说明处理的流程。功率补偿量运算器 113, 在电压电流功率运算器 1131 中, 采用功率变换器 112 的输出端的电压检测值 V_1 以及电流检测值 I_1 、和合成电流检测值 I , 对太阳光发电装置 11 的发电输出的有效功率 P_1 、太阳光发电装置 11 ~ 1i 的总计发电输出的有效功率 P 、与输出端的电压以及电流的 dq 轴成分进行运算并输出。在电压推定运算器 1132 中, 采用输出端的电压以及电流的 dq 成分计算互连点 3 的电压的振幅 V_s 。变动检测器 1133、1134, 输入由电压推定运算器 1132 所求出的电压振幅值 V_s 、合成发电输出的有效功率 P , 并分别提取电压振幅的变动成分 ΔV_s 、有效功率 P 的变动成分 ΔP 。

[0040] 作为变动检测器 1133、1134, 按照能够提取太阳光发电装置的输出变动的主要频率成分的方式应用调整时间常数后的滤波器。作为构成变动检测器 1134 的滤波器, 通过组合例如用于将周期为数秒以下程度的高频噪声成分 (不依赖于日照量变化的变动成分) 切断的低通滤波器、以及用于将周期为数十秒程度以下的低频输出变动成分切断的高通滤波器组合, 从而可以构成。电压对应的变动检测器 1133, 为了提取与有效功率的变动相同的频率成分, 而需要按照成为与变动检测器 1134 相同的特性的方式, 设置滤波器的时间常数。

[0041] 所提取的有效功率的变动成分 ΔP , 被输入至带死区编码器 1135, 在被变换成表示 ΔP 的变动的增减方向的符号信号之后, 与电压变动成分 ΔV_s 进行积运算, 由积分器 1136 对其进行积分后得到控制参数 α 。在此, α 是表示从功率变换器 112 输出的有效功

率 P 与无效功率 Q 之比的参数,通过上述处理,便能够使 α 的值收敛在用于将电压变动最小化的最佳值、即从互连点看的电力系统侧的合成阻抗的阻抗量与电抗量之比 R/X。

[0042] 将控制参数 α 和由电压电流功率运算器 1131 所计算的太阳光发电装置 11 的发电输出的有效功率 P1 输入至无效功率补偿量运算器 1137,得到作为两者的积 $\alpha \cdot P1$ 并指令给功率控制器 114 的无效功率补偿量 $Q1^*$ 。并且,在有效功率变动发生器 1138 中,采用有效功率的变动成分 ΔP 与控制参数 α 计算有效功率的变动量 $\Delta P1^*$,并指令给功率控制器 114。在功率控制器 114 中,采用无效功率指令 $Q1^*$ 、有效功率变动指令 $P1^*$ 、由电压检测器 115 所检测的电压 V1、由电流检测器 116 所检测的电流 I1,生成门脉冲信号 G1,并通过功率变换器 112 控制其输出功率。

[0043] 接着,针对电压电流功率运算器 1131 中的具体运算方法进行说明。功率变换器 112 的输出端的有效功率 P1 以及太阳光发电装置 11 ~ 1i 的合成发电输出的有效功率 P,在例如太阳光发电装置 11 中,采用式 (1) 以及式 (2) 求出。

$$[0044] \quad P1 = I1d \times V1d + I1q \times V1q \quad \cdots \cdots (1)$$

$$[0045] \quad P = Id \times V1d + Iq \times V1q \quad \cdots \cdots (2)$$

[0046] 在此, I1d 以及 I1q,是对由电流检测器 116 所检测的三相电流检测值 I1 通过旋转坐标变换等进行坐标变换后的 d 轴成分以及 q 轴成分。同样, V1d 以及 V1q,是对由电压检测器 115 所检测的三相电压检测值 V1 通过旋转坐标变换等进行坐标变换后的 d 轴成分以及 q 轴成分。并且, Id、Iq 是对由电流检测器 6 所检测的三相合成电流检测值 I 通过旋转坐标变换等进行坐标变换后的 d 轴成分以及 q 轴成分。

[0047] 在电压电流功率运算器 1131 中,有相位检测器(未图示),该相位检测器,对跟踪系统电压的 U 相的相位信号 $\cos(\omega t)$ 、 $\sin(\omega t)$ 进行检测。在相位信号 $\cos(\omega t)$ 与系统的 U 相一致的情况下, Id、Iq、Vd、Vq 由式 (3)、式 (4) 计算。

[0048] 数学式 1

$$[0049] \quad \begin{pmatrix} Id \\ Iq \end{pmatrix} = \frac{2}{3} \begin{pmatrix} \cos\omega o & \sin\omega i \\ -\sin\omega i & \cos\omega o \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 1 & -0.5 & -0.5 \\ 0 & \sqrt{3}/2 & -\sqrt{3}/2 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} Iu \\ Iv \\ Iw \end{pmatrix} \quad \cdots (3)$$

[0050] 数学式 2

$$[0051] \quad \begin{pmatrix} Vd \\ Vq \end{pmatrix} = \frac{2}{3} \begin{pmatrix} \cos\omega o & \sin\omega i \\ -\sin\omega i & \cos\omega o \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 1 & -0.5 & -0.5 \\ 0 & \sqrt{3}/2 & -\sqrt{3}/2 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} Vu \\ Vv \\ Vw \end{pmatrix} \quad \cdots (4)$$

[0052] 在此, Iu、Iv、Iw 是由电流检测器 116 所检测的三相电流的 U 相、V 相、W 相成分。并且, Vu、Vv、Vw 是由电压检测器 115 所检测的三相电压的 U 相、V 相、W 相成分。

[0053] 接着,针对互连点电压的振幅 Vs 的推定方法进行说明。一般而言,互连点电压 Vs 与各太阳光发电装置 11 ~ 1i 的连接点的电压 V1 ~ Vi,因专用布线和互联用变压器的阻抗的影响而不同。应该抑制因太阳光发电装置 11 ~ 1i 的输出变动而产生的电压变动的位置是系统互连点 3,需要采用该位置的电压值进行控制。还能考虑对互连点 3 的电压直接检测后进行变动抑制控制的方法,但需要追加检测器等附带设备。并且,若互连点 3 与太阳光发电装置 11 ~ 1i 的设置距离变长,则还要考虑需要用于传送检测值的通信设备。这种情况下,还要

担心因通信设备所需要的处理时间导致电压变动抑制控制的控制应答性降低。在此,按照以下所示来推定互连端电压。

[0054] 图3表示互连端电压推定运算器的结构图。采用太阳光发电装置11~1i的输出端电压的检测值 $V_1 \sim V_i$ 以及合成输出电流的检测值 I 、专用布线5以及互连用变压器4的阻抗值,来推定互连点3的电压振幅 V_s 。互连点3的电压矢量 V_s ,采用太阳光发电装置11~1i的连接点的电压矢量 V_{pcs} 、合成输出电流矢量 I 、以及专用设备的阻抗 Z_c ,由式(5)表示。

$$[0055] \quad V_s = V_{pcs} - Z_c \times I \quad \cdots \cdots (5)$$

[0056] 在此,太阳光发电装置11~1i的功率变换器112~1i2被设置为相互接近,因此这些连接点的电压矢量 V_{pcs} 与各功率变换器的输出端电压 $V_1 \sim V_i$ 相等。这样,在式(5)中假设 $V_{pcs} = V_1$,则得到式(6)作为太阳光发电装置11中的互连点电压 V_s 的推定式。

$$[0057] \quad V_s = V_1 - Z_c \times I \quad \cdots \cdots (6)$$

[0058] 若将式(4)展开,则互连点电压矢量 V_s 的d轴成分、q轴成分、以及振幅值 V_s 由式(7)~式(9)求得。

$$[0059] \quad V_{sd} = V_1d - R_c \times Id + X_c \times Iq \quad \cdots (7)$$

$$[0060] \quad V_{sq} = V_1q - R_c \times Iq - X_c \times Id \quad \cdots (8)$$

$$[0061] \quad V_s = \sqrt{(V_{sd})^2 + (V_{sq})^2} \quad \cdots (9)$$

[0062] 通过从变动检测器1133、1134至积分器1136的处理计算控制参数 α 的方法的基本考虑方式,与作为公知技术记载的专利文献1的内容相同。但是,作为发电输出的有效功率,不是功率变换器112的有效功率输出 P_1 ,在采用太阳光发电装置11~1i的合成输出的有效功率 P 这点上不同。在此,采用合成输出的有效功率 P 的理由如下。

[0063] 在大规模系统的情况下,由于太阳电池板的设置面积广,因此认为与各功率变换器连接的太阳电池板所接受的日照量变化会产生时间延迟,通过功率变换器有可能发电输出的变动成分的相位不同。在互连点3产生的电压变动依赖于太阳光发电系统整体的输出变动,但在系统整体的输出变动和各功率变换器的输出变动的相位不同的情况下,若是各功率变换器的控制器分别采用自己的有效功率来求出无效功率补偿量的指令值 $Q_1^* \sim Q_i^*$,则用于抑制电压变动的控制会产生干涉,有可能成为过补偿或者补偿不足。

[0064] 另外,作为与专利文献1的记载的其他不同点,列举在编码器1135中设置死区(dead band)。

[0065] 图4是说明本发明的实施例1中的带死区编码器1135的动作的图。在图2的控制块中,即使所检测的电压的变动成分 ΔV_s 小,如果有效功率的变动成分 ΔP 大,则其积($\Delta V_s \cdot \Delta P$)也会成为大的值,认为作为其积分值的控制参数 α 的值也会大大变化。原本的目的在于电压变动的抑制,当电压的变动成分 ΔV 小时,就不需要对控制参数 α 的值进行修正。从而,在非专利文献1中,有效功率的变动成分 ΔP 按照仅表示增减的方向的方式进行编码,将控制参数 α 的修正量作为($\Delta V_s \cdot \Delta P_{SIGN}$)以电压的变动成分 ΔV_s 的值进行调整。

[0066] 如果是风力发电,则由于因塔影(tower shadow)效应等会稳定地发生输出变动,因此非专利文献1的方法是没有问题的,但在太阳光发电的情况下,有可能如图4A的(ii)所示,因日照量的变动的关系导致所检测的有效功率的变动成分 ΔP 继续微小地变动的状

态。这种情况下,因微小的变动成分按照图 4A 的 (iii) 所示那样编码从而被不必要地扩大了,担心如图 4A 的 (iv) (v) 所示,有可能另外对控制参数 α 的值不必要地进行修正。

[0067] 本实施例的带死区编码器 1135 中,如图 4B 的 (ii) 所示,对有效功率的变动成分 ΔP 适当地设置死区。这样,如图 4B(iii) 所示,接近噪声的成分被切断未被编码, ΔP_{SIGN} 成为零,如图 4B(iv) (v) 所示不会发生对控制参数 α 进行不必要的修正。

[0068] 接着,针对本发明的实施例 1 中用于使有效功率能动地产生的概念进行说明。图 5 是使有效功率能动地产生时的概念图。在太阳光发电的情况下,如图 5A 所示,考虑当天晴时等长时间地发电输出的有效功率 P 未变动的情况。其间,由太阳光发电系统互连的电力系统实施供给路线变更等 (iii),从互连点 3 看的系统侧的合成阻抗改变了。于是,由于未发生输出变动,因此控制参数 α 从用于对电压变动进行最小化的最佳值(虚线)偏离。只有太阳光发电系统未产生输出变动时,即使控制参数 α 偏离最佳值也不会发生因输出变动而引起的电压变动。但是,若如图 5B 所示日照量改变,发电输出产生很大变动 (i),则有可能产生大的电压变动 (ii)。这种情况下虽然也会根据所发生的电压变动与输出变动之间的关系按照控制参数 α 慢慢接近最佳值的方式进行补正,但会担心其间继续发生大的电压变动这点。

[0069] 因此,本实施例中,为了消除上述问题,如图 5B 所示从太阳光发电装置的各功率变换器能动地使有效功率输出 P 产生微小的变动 (i),按照一边始终跟踪电力系统的条件变化,一边将控制参数 α 保持在最佳值 (iii) 的方式,在图 2 的控制块中设置有效功率变动发生器 1138。从而,如图 5B 所示,即使日照量变化而发电输出产生很大的变动,由于 α 保持在最佳值,因此也不会发生很大的电压变动。

[0070] 图 6 是实施例 1 中使有效功率能动地产生的变动的情况下的处理流程。本处理内容在所有的太阳光发电装置 11 ~ 1i 的功率补偿量运算器 113 ~ 1i3 中是相同的,以下以功率补偿量运算器 113 的情况为例进行说明。

[0071] 首先,在处理 S1 中,采用太阳光发电装置 11 ~ 1i 的合成输出的变动成分 ΔP ,进行判定是否产生能动的变动指令。例如,有效功率的变动成分 ΔP 处于预先决定的阈值以下的状态连续并继续规定时间以上的情况下判定发生了能动变动的指令,并向下一处理前进。

[0072] 接着,在处理 S2 中,对发生的有效功率的变动指令 $\Delta P1^*$ 进行运算,并指令给图 1 的各功率变换器的功率控制器 114。在功率控制器 114 中,除无效功率补偿量的指令值 $Q1^*$ 外,还基于有效功率的变动指令 $\Delta P1^*$,生成作为用于控制功率变换器 112 的输出的控制信号的脉冲信号 $G1$ 。变动指令 $\Delta P1^*$,例如采用式 (10) 计算。

[0073]
$$\Delta P1^* = P0 \cdot \sin(2\pi f0 \cdot t) \cdots \cdots (10)$$

[0074] 在此, $P0$ 、 $f0$ 是所产生的有效功率变动成分的振幅以及频率。变动频率 $f0$ 需要设置在由有效功率的变动检测器 1134 所检测的频率段。并且,振幅 $P0$ 需要设置为比图 4(b) 所示的有效功率的变动量的死区大,例如按照不对系统产生输出变动的的影响的方式设置在额定输出的数%左右。

[0075] 在处理 S3 中,进行所产生的变动指令 $\Delta P1^*$ 的输出停止的判定。在此,在对图 2 的无效功率补偿运算器 1137 输入的控制参数 α 的规定时间的变化量处于阈值以下的情况下,判定 α 收敛了并在处理 S4 中使变动指令 $\Delta P1^*$ 停止,返回处理 S1。

[0076] 通过按照以上方式进行处理,从而即使在太阳光发电装置 11 ~ 1i 的发电输出没有变动的情况下,由于也能够跟踪系统条件的变更并始终使控制参数 α 保持在电压变动量为最小的最佳值,因此能够防止电压变动的发生。

[0077] (实施例 2)

[0078] 接着,说明本发明的实施例 2。图 7A 和 B 是实施例 2 的太阳光发电系统的结构图,在具有对互连点的电压直接进行计测的机构这一点与图 1 不同。在图 7A 和 B 中,设置对互连点 3 的电压进行检测的电压检测器 7,并将其检测值 V_s 输入给控制器 110,是即使在由一台太阳光发电装置构成的情况下也能够适用的形式。关于其他构成要素与图 1 同样。由电压检测器 7 检测的检测值,被输入到构成控制器 111 的功率补偿量运算器 113。

[0079] 图 8 是实施例 2 的功率补偿运算器的控制框图。在本实施例中,由于由电压检测器 7 对互连点 3 的电压 V_s 进行检测,因此省略了图 2 的电压推定运算器 1132。其他处理与图 2 同样。

[0080] (实施例 3)

[0081] 接着,说明本发明的实施例 3。图 9 是将功率补偿量运算器作为各太阳光发电装置 1i 共用的专用控制器的太阳光发电系统的概略构成图。与图 1 所示的实施例 1 的不同点在于,追加了检测系统互连点的电压的电压检测器 7、电压振幅运算器 8a、功率运算器 8b;以及使用于抑制电压变动的功率补偿量控制器 9 与太阳光发电装置的控制器 110 ~ 1i0 独立并共用化。

[0082] 将采用电压检测器 7 的输出由电压振幅运算器 8a 所计算的互连点电压的振幅 V_s 、与采用由电压检测器 7 以及电流检测器 6 所检测的电压、电流由功率运算器 8b 所计算的太阳光发电装置 11 ~ 1i 的合成发电输出的有效功率检测值 P 输入给功率补偿量控制器 9。在功率补偿量控制器 9 中,采用电压振幅 V_s 和有效功率 P 运算用于抑制电压变动的控制指令,并指令给功率变换器 112 ~ 1i2 的功率控制器 114 ~ 1i4。

[0083] 图 10 是将实施例 3 的功率补偿量运算器作为专用控制器的情况下的控制框图。以下说明处理流程。首先,将电压振幅值 V_s 、合成发电输出的有效功率 P 分别输入给变动检测器 91、92,并分别提取电压振幅值 V_s 、合成发电输出的有效功率 P 的变动成分 ΔV_s 、 ΔP 。

[0084] 作为变动检测器,与图 2 所说明的同样地应用按照能够提取抑制变动的对象的频率成分的方式调整时间常数后的滤波器。在变动检测器 92 中,由于需要从电压 V_s 中提取与有效功率 P 的变动相同的变动成分,因此按照成为与变动检测器 91 相同的特性的方式设置时间常数。

[0085] 所提取的有效功率的变动成分 ΔP 被输入到带死区编码器 93,被变换成表示 ΔP 的变动的增减方向的信号 ΔP_{SIGN} 之后,与电压变动成分 ΔV_s 进行积运算。由积分器 94 对该 $(\Delta V_s \cdot \Delta P_{\text{SIGN}})$ 进行积分,求出控制参数 α ,并将其同时传送给太阳光发电装置 11 ~ 1i 的功率控制器 114 ~ 1i4。

[0086] 在功率控制器 114 ~ 1i4 中,根据所传送的控制参数 α 与自己的发电输出的有效功率 P_1 (~ P_i) 之积,分别计算无效功率的补偿量 Q_i^* 。在此,并不会如实施例 1 那样向功率控制器 114 ~ 1i4 传送无效功率指令 Q_i^* ,而是传送控制参数 α 的理由如下。

[0087] 即,定义为控制参数 α 与有效功率 P_i 之积的无效功率补偿量 Q_i ,为了得到规定的电压变动抑制效果因而需要与时刻变化的有效功率 P 同步被输出。但是,在从功率补偿

运算器 9 传送无效功率补偿量 Q_i 的情况下,担心因通信延迟的影响会无法输出与有效功率 P_i 同步的无效功率补偿量 Q_i ,会得不到足够的电压变动抑制效果。因此,在实施例 3 中传送控制参数 α 。

[0088] 进而,在有效功率变动判定器 95 中,采用有效功率的变动成分 ΔP 和控制参数 α 判定使有效功率的微小变动量发生或者停止的时刻,生成用于使之发生、停止的触发信号 Trig 并指令给太阳光发电装置 11 ~ 1i 的功率控制器 114 ~ 1i4。

[0089] 例如,当触发信号 Trig 的值为“1”时,使变动发生开始,当为“0”时,使变动发生停止。接受该信号后在功率控制器 114 ~ 1i4 中采用式 (10) 对有效功率生成微小的变动指令 $\Delta P1^*$,并基于该指令生成用于控制功率变换器 112 的输出的控制信号即门脉冲信号 G1。在此,没有如实施例 1 那样对功率控制器 114 ~ 1i4 传送变动指令 $\Delta P1^*$ 而传送使变动发生开始 / 停止的触发信号 Trig 的理由在于,因为如上述未受通信延迟的影响。

[0090] 图 11 是用于根据实施例 3 在将功率补偿量运算器作为专用控制器的情况下使有效功率能动地产生的处理流程。

[0091] 首先,在处理 S1 中,采用太阳光发电装置 11 ~ 1i 的合成发电输出 P 的变动成分 ΔP ,进行是否产生能动的变动成分的判定。例如,在 ΔP 处于预先决定的阈值以下的状态继续规定时间以上的情况下,判定产生变动并向下一处理转移。

[0092] 接着,在处理 S2 中向图 9 所示的功率控制器 114 ~ 1i4 传送变动发生开始的触发信号 (Trig = 1)。在功率控制器 114 ~ 1i4 中,采用式 10 产生变动。在处理 S3 中,进行所产生的变动信号的停止判定。在此,在图 10 所说明的控制参数 α 在规定时间的变化量处于阈值以下的情况下,判定 α 收敛了,在处理 S4 中对功率控制器 114 ~ 1i4 传送变动停止的触发信号 (Trig = 0) 并返回处理 S1。

[0093] 通过按照以上方式进行处理,即使在太阳光发电装置 11 ~ 1i 的发电输出没有变动的情况下,由于能够跟踪系统条件的变更并始终将控制参数 α 保持在电压变动量成为最小的最佳值,因此也能够防止电压变动的发生。

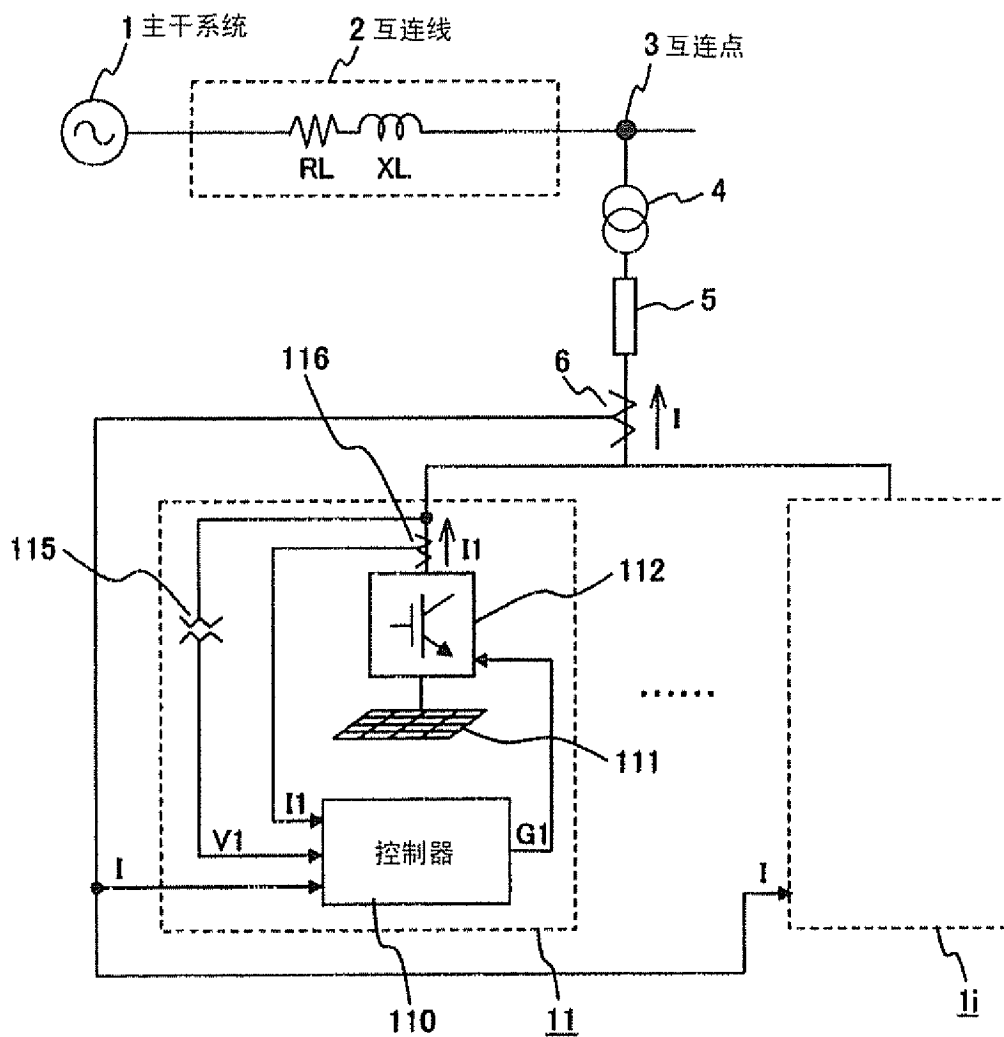


图 1A

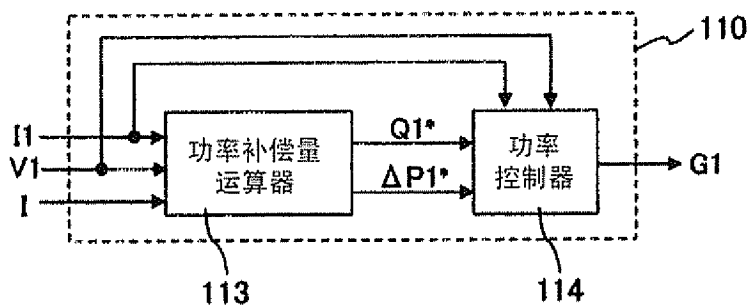


图 1B

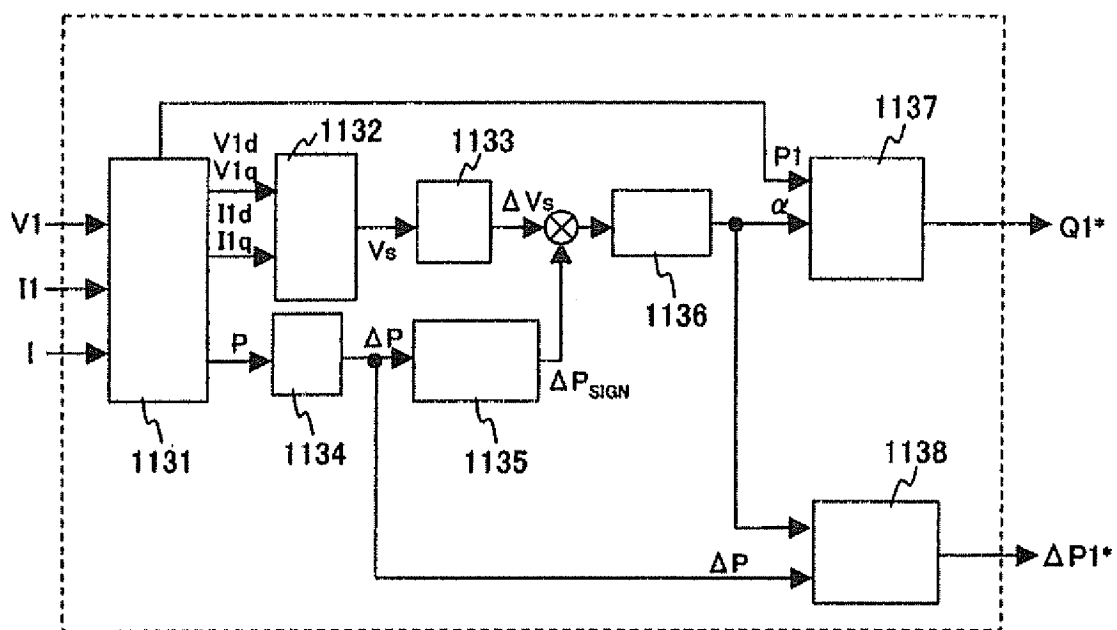


图 2

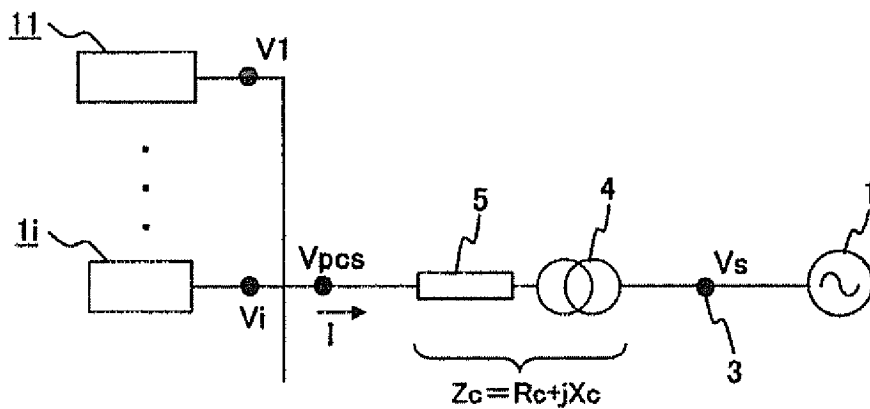


图 3

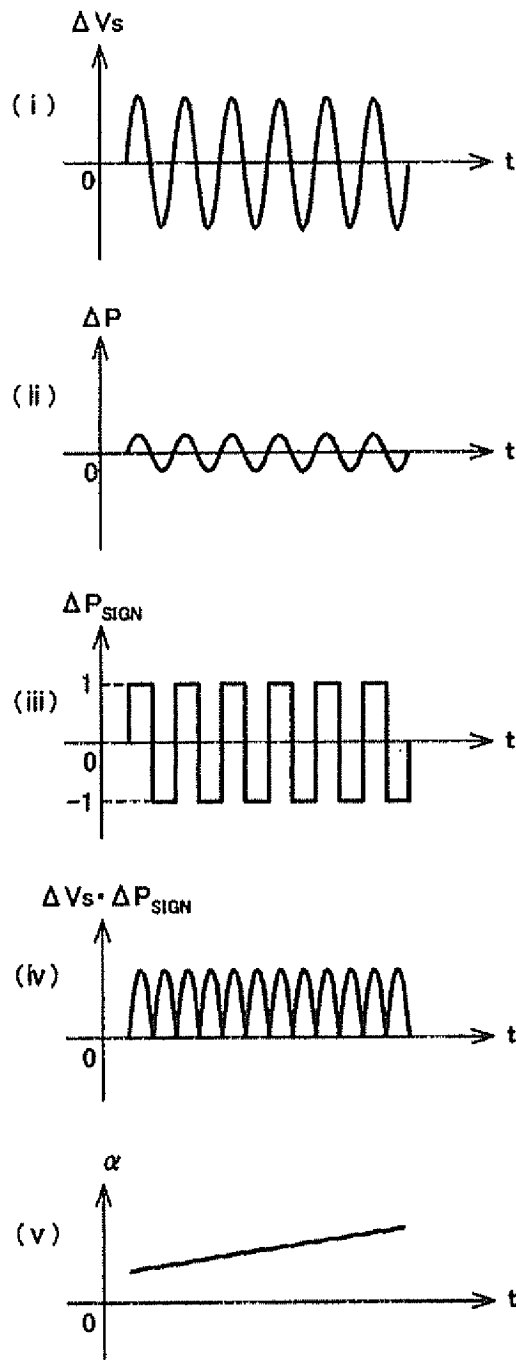


图 4A

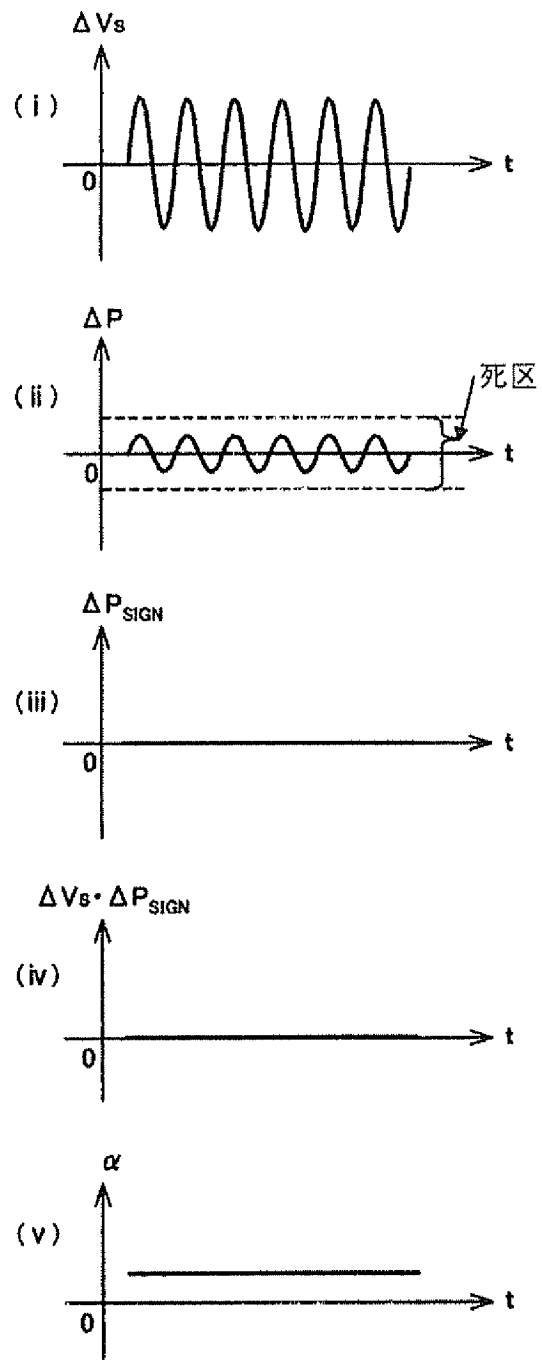


图 4B

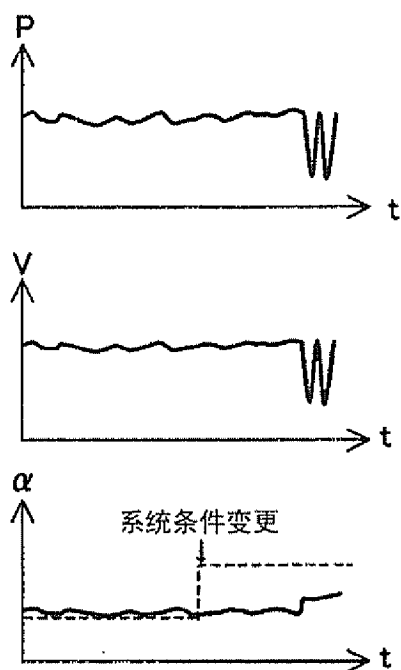


图 5A

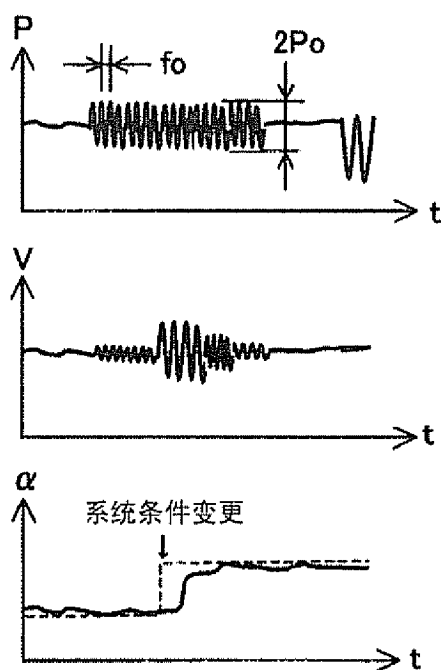


图 5B

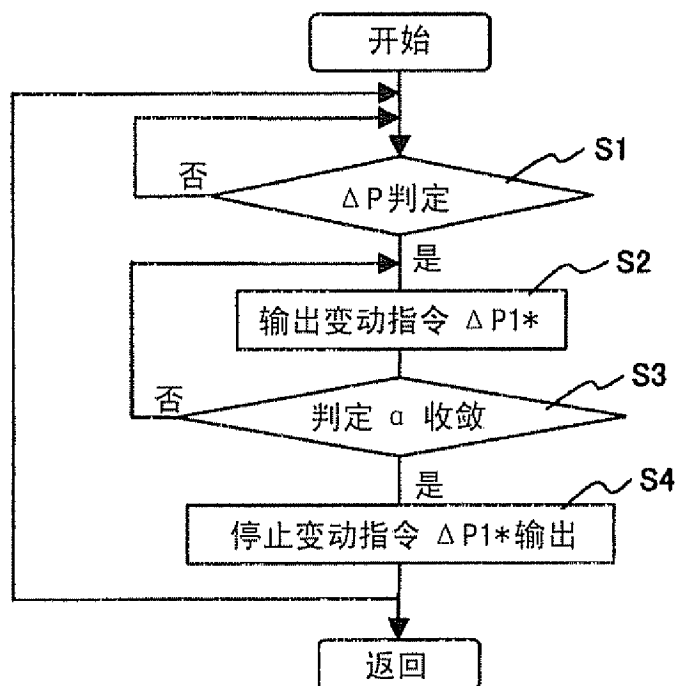


图 6

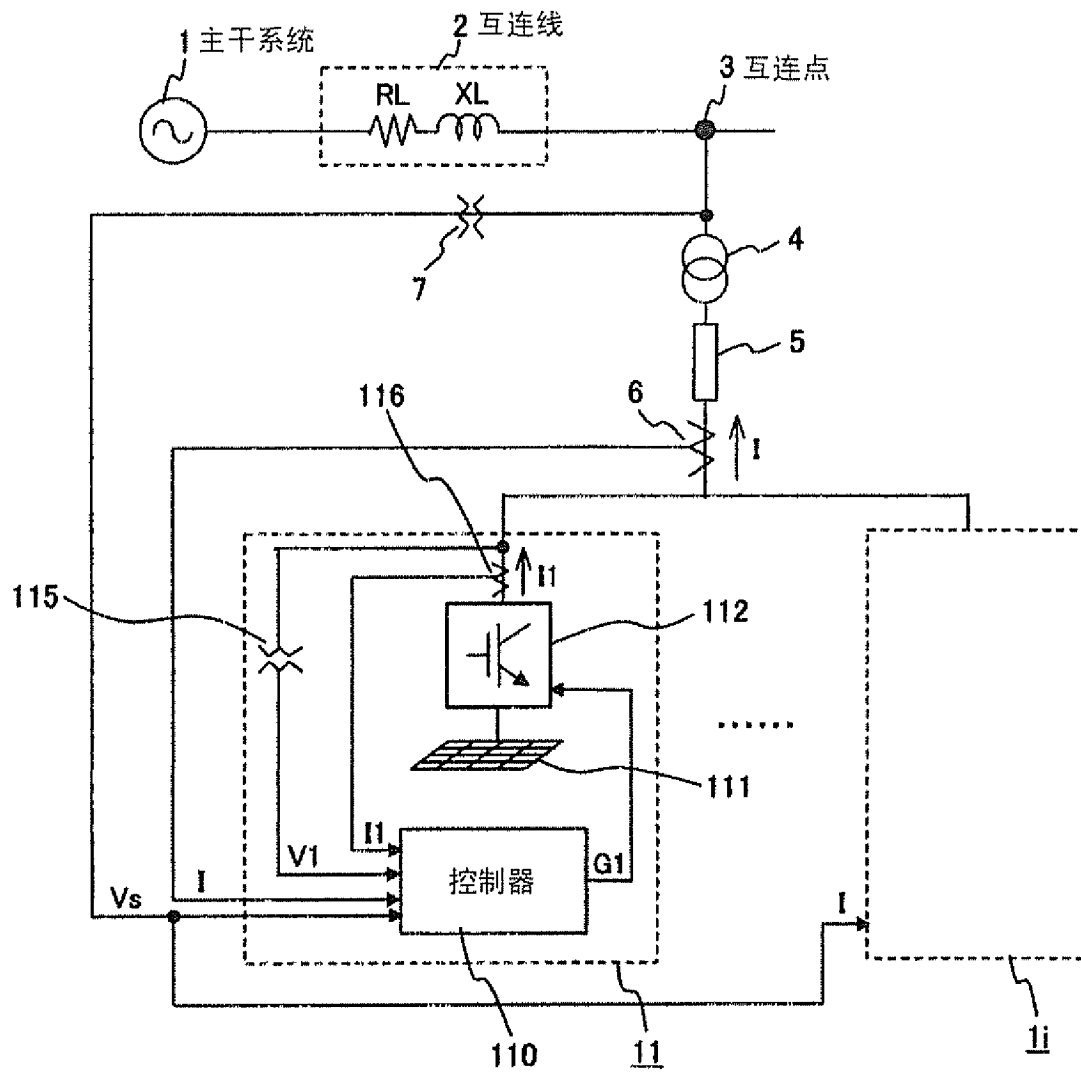


图 7A

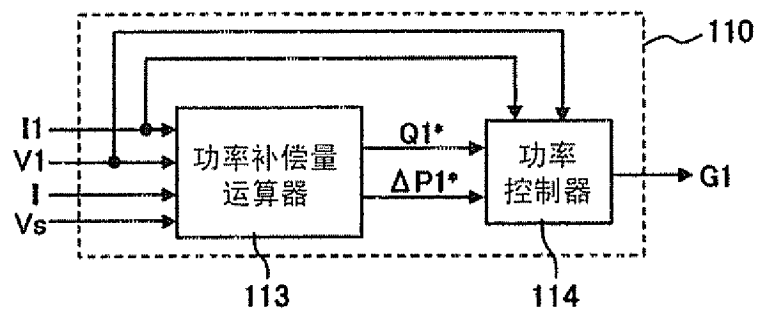


图 7B

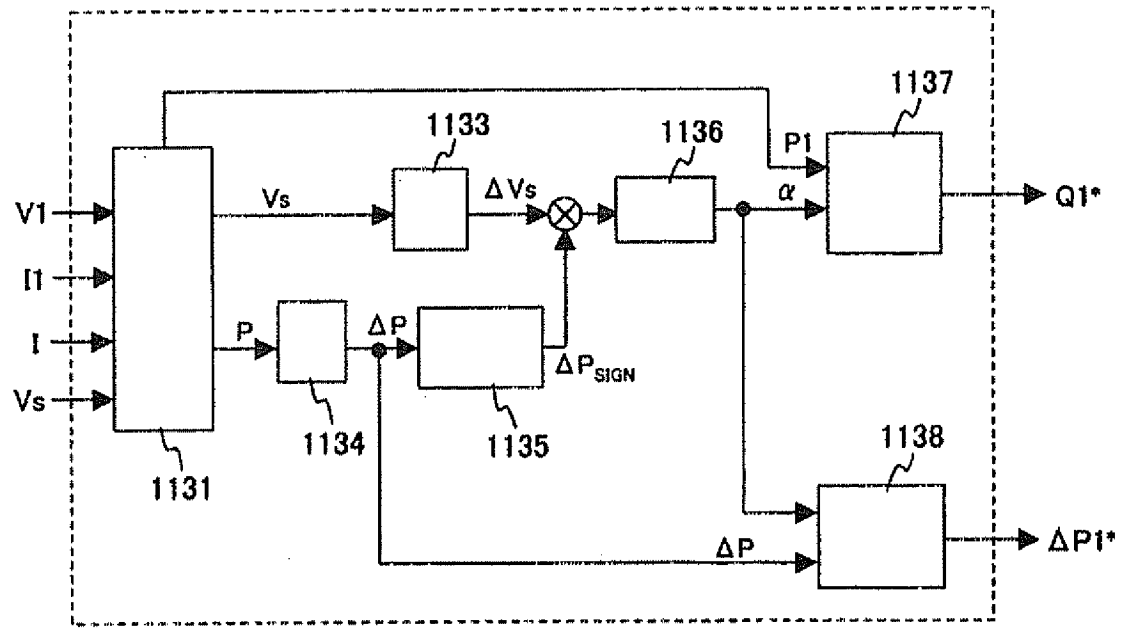


图 8

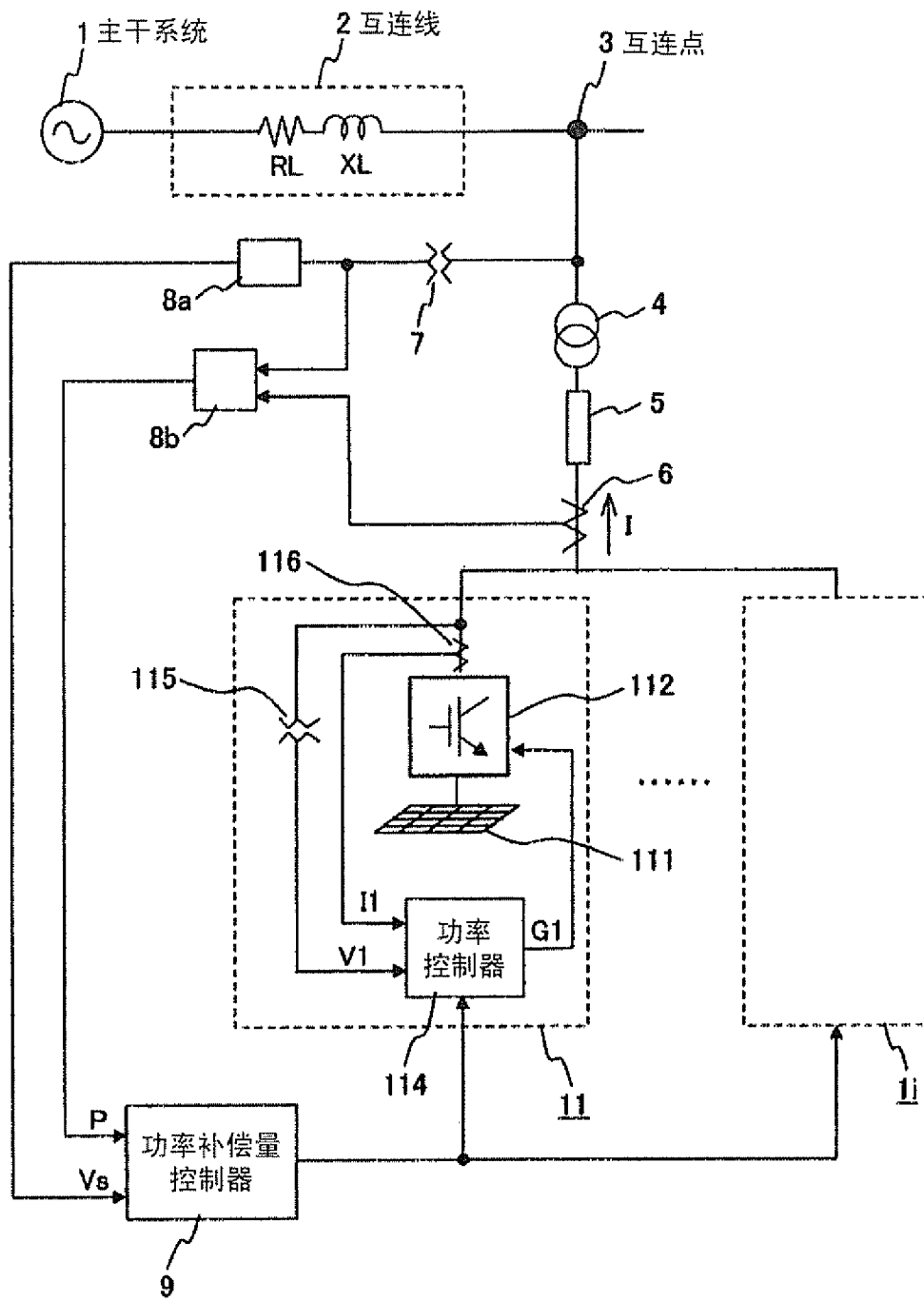


图 9

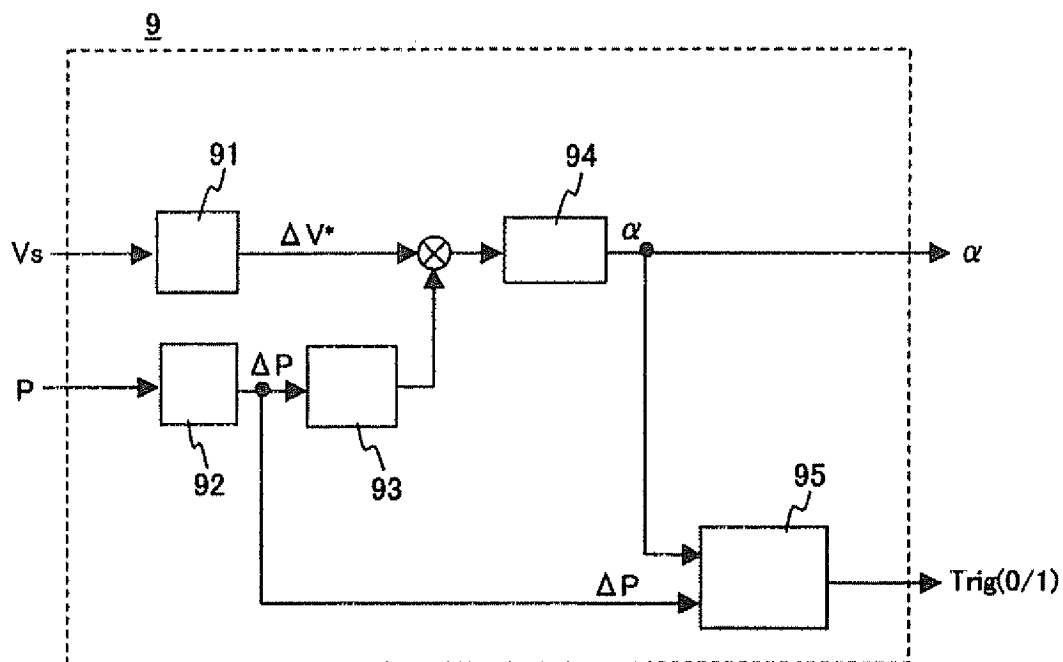


图 10

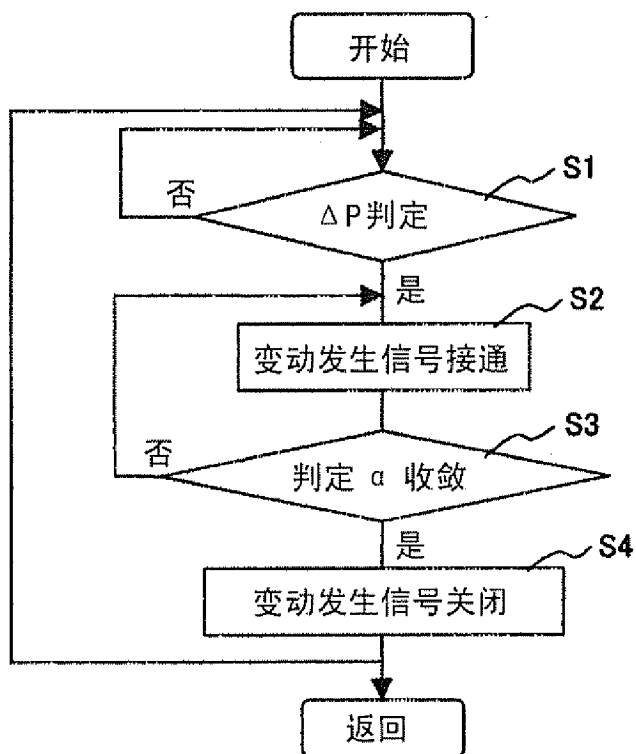


图 11