



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 101635449 B

(45) 授权公告日 2013. 12. 18

(21) 申请号 200910159431. 1

(22) 申请日 2009. 06. 30

(30) 优先权数据
12/164662 2008. 06. 30 US

(73) 专利权人 通用电气公司
地址 美国纽约州

(72) 发明人 R·G·沃戈纳 A·M·里特
A·M·克洛多夫斯基 S·C·弗拉姆
S·W·萨瑟兰 S·A·巴克
W·巴顿

(74) 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司
72001
代理人 柯广华 王丹昕

(51) Int. Cl.
H02H 7/00(2006. 01)
H02H 7/10(2006. 01)

(56) 对比文件

WO 2007/003183 A1, 2007. 01. 11,
CN 1945920 A, 2007. 04. 11,
EP 1523088 A2, 2005. 04. 13,
WO 01/82444 A1, 2001. 11. 01,
CN 1823467 A, 2006. 08. 23, 全文.

审查员 韩伟

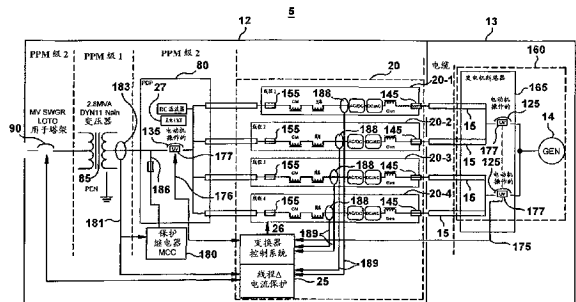
权利要求书2页 说明书12页 附图11页

(54) 发明名称

为风力涡轮发电机优化变换器保护

(57) 摘要

本发明名称为“为风力涡轮发电机优化变换器保护”。提供一种用于风力涡轮功率系统中的多线程变换器 20-1、20-2、20-3、20-4 的集成的故障和人员保护系统 (5) 和方法。该结构和方法提供系统优化以及电弧闪光保护。具有去除作用于变换器的功率的部件的故障感测 (182)、(183) 将可用于产生电弧闪光情况的能量减到最小。将用于保护的感测和诊断设备 (125)、(135)、(145)、(155) 设为靠近能量源以对系统 (5) 提供更多保护。通过选择新颖的特定故障隔离设备的最佳组合, 变换器控制 (25) 检测、识别并隔离故障。将组件分布成物理分离的以增强保护。



1. 一种适用于风力涡轮功率系统的集成的故障和人员保护系统,所述风力涡轮功率系统从安装在风力涡轮塔架顶上并通过塔架电缆互连到功率变换器系统的风力涡轮发电机接收电力,向负载提供功率输出,所述功率变换器系统安装在所述风力涡轮塔架的较低水平处,所述系统包括:

风力涡轮发电机,适用于生成交流功率输出;

功率变换器系统,耦合到所述风力涡轮发电机且适用于生成提供给负载的电压和频率功率输出,其中所述功率变换器系统包括多个并联的发电机侧变换器和多个并联的负载侧变换器,每个发电机侧变换器连接到所述风力涡轮发电机,每个负载侧变换器连接到所述负载;

变换器控制系统,耦合到所述功率变换器系统,并适用于驱动所述功率变换器系统以减少来自所述功率变换器系统的功率输出中的谐波分量和来自所述风力涡轮发电机的交流功率输出上的谐波分量;

主变压器,将所述功率变换器系统耦合到所述负载;

至少一个电动机操作的电路断路器,适用于响应预定的故障将所述风力涡轮发电机与所述功率变换器系统隔离;

至少一个电动机操作的电路断路器,适用于响应预定的故障将所述功率变换器系统与所述负载隔离;

至少一个发电机侧保险丝,用于响应预定的故障对所述并联的发电机侧变换器的发电机侧的保险丝保护;

至少一个负载侧保险丝,用于响应预定的故障对所述并联的负载侧变换器的负载侧的保险丝保护;以及

隔离电路断路器,适用于响应所述主变压器处感测的过电流故障和接地故障,而将所述风力涡轮功率系统与所述负载隔离。

2. 如权利要求 1 所述的集成的故障和人员保护系统,其中适用于将所述风力涡轮发电机与所述并联的发电机侧变换器隔离的所述至少一个电动机操作的电路断路器在物理上位于用于所述风力涡轮塔架的机舱中。

3. 如权利要求 2 所述的集成的故障和人员保护系统,其中适用于隔离所述风力涡轮发电机的所述至少一个电动机操作的电路断路器位于所述风力涡轮发电机下方的机头组件中。

4. 如权利要求 2 所述的集成的故障和人员保护系统,其中所述多个发电机侧变换器和所述多个负载侧变换器包括:四个线程。

5. 如权利要求 4 所述的集成的故障和人员保护系统,其中所述风力涡轮发电机处的所述至少一个电动机操作的电路断路器包括:与所述多个并联的发电机侧变换器的每个并联的发电机侧变换器串联的电动机操作的电路断路器。

6. 如权利要求 4 所述的集成的故障和人员保护系统,其中所述风力涡轮发电机处的所述至少一个电动机操作的电路断路器包括:与所述多个并联的发电机侧变换器的两个并联的发电机侧变换器串联的电动机操作的电路断路器。

7. 如权利要求 4 所述的集成的故障和人员保护系统,其中所述风力涡轮发电机输出处的所述至少一个电动机操作的电路断路器包括根据来自所述变换器控制系统的保护命令

操作的欠电压跳闸线圈。

8. 如权利要求 1 所述的集成的故障和人员保护系统,还包括本地开关面板上用于上锁挂牌的开关,所述开关适用于为来自所述风力涡轮发电机的输出处的所述至少一个电动机操作的电路断路器使欠电压线圈跳闸。

9. 如权利要求 1 所述的集成的故障和人员保护系统,其中用于所述并联的发电机侧变换器的所述至少一个发电机侧保险丝在物理上位于远离所述并联的发电机侧变换器。

10. 如权利要求 1 所述的集成的故障和人员保护系统,其中用于所述负载侧变换器的所述至少一个负载侧保险丝在物理上位于远离所述并联的负载侧变换器。

11. 如权利要求 1 所述的集成的故障和人员保护系统,还包括:适用于减少变换器中电弧闪光危害的强制通风。

12. 如权利要求 1 所述的集成的故障和人员保护系统,其中适用于隔离所述并联的负载侧变换器的所述至少一个电动机操作的电路断路器包括根据来自所述变换器控制系统的保护命令操作的欠电压跳闸线圈。

13. 如权利要求 12 所述的集成的故障和人员保护系统,其中适用于将所述功率变换器系统与所述负载隔离的所述至少一个电动机操作的电路断路器包括用于所述并联的负载侧变换器的每一个的电动机操作的电路断路器。

14. 如权利要求 1 所述的集成的故障和人员保护系统,所述隔离电路断路器包括含有保护继电器的电路保护,所述保护继电器适用于根据所述主变压器的变换器侧上的接地故障跳闸功能和过电流跳闸功能使所述隔离电路断路器跳闸。

15. 一种用于为向负载馈送功率输出的风力涡轮功率系统提供集成的故障和人员保护系统的方法,用于包括以下部件的系统:配置成生成交流功率输入的风力涡轮发电机;耦合到所述风力涡轮发电机且配置成生成输出功率并将所述输出功率提供给所述负载的功率变换器系统,其中所述功率变换器系统包括包含多个并联的发电机侧变换器的发电机侧变换器系统,每个发电机侧变换器连接到所述发电机,以及还包括包含多个并联的负载侧变换器的负载侧变换器系统,每个负载侧变换器互连在相应的发电机侧变换器与所述负载之间;耦合到所述变换器系统并配置成驱动所述变换器系统以减少所述输出功率中和所述交流输入功率上的谐波分量的变换器控制系统;以及将所述功率变换器系统耦合到所述负载的主变压器,

所述方法包括:

响应预定的故障,利用至少一个电动机操作的电路断路器将所述风力涡轮发电机与所述并联的发电机侧变换器隔离;

以及响应预定的故障,利用每个并联的变换器线程的负载侧和发电机侧的电动机操作的电路将所述并联的负载侧变换器与所述负载隔离;

响应预定的故障,利用保险丝隔离所述并联的发电机侧变换器;

响应预定的故障,利用保险丝隔离所述并联的负载侧变换器;以及

利用适用于响应所述主变压器处感测的过电流故障和接地故障的隔离电路断路器,将所述风力涡轮功率系统与所述负载隔离。

为风力涡轮发电机优化变换器保护

技术领域

[0001] 本发明主要涉及风力涡轮发电机,更确切来说涉及用于向负载提供输出的风力涡轮功率系统的集成故障和人员保护的系统和方法。

背景技术

[0002] 一般来说,风力涡轮使用风力来发电。风力使得连接到转子的多个叶片转动。风力所致的叶片旋转使得转子的轴旋转,而转子连接到发电的发电机。更确切地说,转子安装在壳或机舱(nacelle)内,壳或机舱定位于构架式塔架(truss tower)或管式塔架(tubular tower),构架式塔架或管式塔架可以高约100米。公用级风力涡轮(例如设计来为公用电网提供功率的风力涡轮)可能具有大转子(例如直径为30米或以上)。这些转子上的叶片将风能转换成驱动通过齿轮箱以旋转方式耦合到转子的一个或多个发电机的旋转扭矩或旋转力。齿轮箱可以用于为发电机加速涡轮转子的固有低转速以高效率地将机械能转换成提供给公用电网的电能。一些涡轮利用通过齿轮箱直接耦合到转子的发电机。可以在这些风力涡轮中使用多种类型的发电机。

[0003] 许多设备(例如风力涡轮)包括功率变换器系统。功率变换器系统通常用于将输入电压(可以是固定频率交流、可变频率交流或直流电)转换到期望的输出频率和电压电平。变换器系统常常包括按某些频率开关以生成期望的变换器输出电压和频率的多个功率半导体开关,诸如绝缘栅极双极晶体管(IGBT)、集成栅极换向晶闸管(IGCT或GCT)或金属氧化物半导体场效应晶体管(MOSFET)。然后将变换器输出电压提供给多种负载。本文使用的负载理应广义地涵盖例如电动机、电网和电阻负载。

[0004] 为了适应风电场更大功率的需求,单个风力涡轮发电机越来越多地在配备更高功率输出能力。为了适应风力涡轮发电机的更高功率输出,一些风力涡轮系统配备多个并联变换器(也称为变换器线程(converter thread))。多个并联的变换器也可以提供风力变换器中的优点,因为对高可用性和低畸变的需要。

[0005] 通常,功率变换器系统使用与选通控制(gating control)并联的多个功率变换器桥来扩大功率处理能力。在风力涡轮应用中,功率变换器桥常常涉及具有六个功率开关的三相变换器电路。为了满足电网侧和机器侧的功率质量需求,此类系统常常使用大且成本昂贵的滤波器来平滑脉冲宽度调制的波形。当将大且成本昂贵的滤波器最小化时,此类系统有时由于高谐波分量而导致发电机/或变压器以及其它畸变敏感设备的过热。

[0006] 图1是采用多个并联变换器的典型功率系统的示意框图。风力涡轮功率系统10配置成向负载21提供功率,负载21可以是电网。发电机源14配置成生成AC输入功率。将AC输入功率提供给功率变换器系统20。功率变换器系统20包括变换器20-1至20-N。这些变换器以并联方式耦合,并配置成从发电机源14接收AC输入功率。功率变换器系统20配置成将AC输入功率转换成AC输出功率。将AC输出功率提供给负载21。

[0007] 出于成本和大小的原因,每个变换器线程利用导体连接到电网和电厂上的公共点,这些导体常常根据每个变换器线程的额定值而非系统额定值来确定尺寸。

[0008] 变换器控制系统 24 配置成提供用于功率变换器系统 20 的操作的控制信号。变换器控制系统耦合到变换器系统,并配置成根据预先设计的开关模式驱动变换器系统。变换器控制系统提供的预先设计的开关模式可以支持多个并联变换器的同步选通或可以为每个变换器线程提供交错方式的控制,该交错方式的控制具有相位移位选通信号以便因相移开关波形的抵消而减少总体开关谐波分量。

[0009] 图 2 是功率变换器系统的一个典型线程的框图。例如风力涡轮实施例通常包括三相功率变换器系统。变换器 20-1 表示功率变换器系统 20 的一个线程。变换器线程 20-1 包括用于 AC-DC 转换的发电机侧变换器桥 30、DC 链路 35 和用于转换到适合电压和频率的 DC-AC 转换的负载侧变换器桥 40。发电机转换桥 30 可以使用六个半导体功率开关 45 来实现。相似地,负载侧转换桥 40 也可以使用六个半导体功率开关 45 来实现。发电机侧扼流圈 50 和负载侧扼流圈 55 可以将大小确定为使非交错式或交错式选通能够实现。

[0010] 变换器线程中的功率半导体开关的开关导致并联变换器之间的电压之差,这样甚至在系统上没有接地故障的情况下,也产生在变换器线程之间流动的共模电流。在移位的调制相位中操作脉宽调制变换器可以设成产生相似的功率传导电流同时减少两个变换器经由组合电抗器连接到发电机或电网时的低频畸变电流。这样能够减少附加的畸变降低设备,例如能够减少被动滤波器、绝缘和导体。但是,虽然降低了净(变换器线程合的结果)畸变电流,但是使得单个变换器循环电流更差。

[0011] 共模电流将在功率变换器线程之间的循环回路中流动,但是不会对电网或电厂中的净电流有任何影响。共模扼流圈 60 抑制链接发电机侧变换器和负载侧变换器的高频(开关频率范围)共模横向电流。

[0012] 图 3 示出功率变换器系统中的共模电流,其中有 n 个并联变换器线程(20-1 至 20-n) 连接到电网 21 和风力涡轮发电机 14。例如,可能的是,电流可以流进变换器线程 T1_L_Ia 110 并流出 T1_G_Ia 115,然后经由变换器线程 T2_G_Ia 120 和 T2_L_Ia 125 返回。有此类电流的回路的所有线程合将不会影响净电流。但是,这些共模电流以及正常模式循环电流使得变换器开关装置和其它组件在更接近于热极限下工作。

[0013] 再者,这些共模电流可能导致测量该回路的接地故障电流中的直接误差,从而使得故障检测更为困难。。通常,在电流上绝缘的三相子系统的相位电流之和应该为零。但是,对于子系统(例如单个变换器线程),发电机侧和负载侧上的单个变换器线程的共同连接可能因为共模电流在这些变换器线程之间流动而导致电流的非零和。

[0014] 不仅该系统不同于更普通的三相系统,因为畸变电流更高,而且它还不同于三相系统,因为当电网侧和发电机侧电流通过电抗器组合而不利用变压器和/或发电机中的大量附加的绝缘绕组时,相位电网侧电流之和以及发电机侧电流均不保证接近零。

[0015] 基于检测分辨“常规”三相正弦波的电流的故障保护需要处理三相电流的高畸变和非零和。而单个三相变换器线程的保护需要快速故障检测、隔离和修复。

[0016] 图 4 示出用于公用供电应用的具有功率变换器系统 20 的典型风力涡轮功率系统 10,包括用于 AC-DA 转换的三相发电机侧变换器和用于变换 DC-AC 的三相负载(或电网)侧变换器,以及介入的 DC 链路。位于塔架 13 上的风力涡轮发电机 14 生成的三相 AC 功率沿着塔架的高度经由塔架电缆 15 连接到功率变换设备和控制,功率变换设备和控制一般可以朝塔架 13 的较低水平 12 布置,布置在一个或多个电厂机械(PPM)级。

[0017] 多个并联变换器线程 20-1 和 20-4 设为适应风力涡轮发电机 14 的功率变换需求。典型的变换器线程 20-1 可以包括发电机侧 (AC-DC) 变换器 30、DC 链路 35 和负载侧 (DC-AC) 变换器 40, 附有附带的充电电路 27。在这些变换器部件的发电机侧上, 可以设置共模滤波器 60 以将单个变换器线程之间循环的共模电流减到最小。发电机侧滤波器 50 和负载侧滤波器 55 可以设为减少各自一侧变换器上的电压波形的畸变。在这些部件周围, 线路接触器 60 可以提供用于隔离变换器线程的控制。另外, 可以在变换器线程 20-1 的一端上, 一般在物理上靠近变换器线程 20-1 处设置保险丝保护 70。变换器线程 20-2、20-3 和 20-4 以相似的方式布置。

[0018] 变换器线程 20-1 至 20-4 可以在负载侧上连接到人工操作的电路断路器 75, 电路断路器 75 设在例如风力涡轮塔架的基座附近的配电板 80 中。人工操作的电路断路器 75 可以提供与电网侧功率的隔离以及在维护期间在配电板 80 处上锁挂牌 (lockout-tagout) 的功能。人工操作的电路断路器 75 还可以提供过电流跳闸 (trip) 功能。人工操作的电路断路器 75 可以在负载侧上连接到主变压器 85, 以便将变换器功率输出转换成用于风力涡轮所在的风电场的公共母线电压。风力涡轮功率系统 10 的隔离电路断路器 90 还可以设在风力塔架的基座中, 以用于利用过电流跳闸功能和上锁挂牌功能将风力塔架与电网侧功率隔离。

[0019] 图 4 中先前描述的风力涡轮电力输出的典型结构存在多个缺点, 包括: 1) 对于来自风力涡轮发电机源 5 的塔架电缆 15 缺乏电路保护; 2) 发电机侧变换器电缆入口可能受到电弧闪光 (arc flash) 损害, 没有与风力涡轮发电机源 5 的电路保护, 并且必须攀越塔架来施加断电来执行用于保护发电机源 5 的上锁挂牌措施; 3) 变换器内的接触器不提供变换器的隔离; 4) 负载侧变换器的保险丝保护在可能受故障中断干扰的故障状况期间潜在地受到高电离电弧影响。5) 负载侧变换器的电缆入口可能受到故障损害; 6) 发电机侧和负载侧到配电板的电缆入口可能受到电弧闪光损害, 发电机侧电缆尺寸可能无法与电路保护协调。以及 7) 负载侧电缆入口没有充足地提供无接地故障电路保护。

[0020] 因此, 需要提供一种结构和用于提供对风力涡轮发电机变换器系统的保护, 其将在具有共模电流的操作的状况下检测故障并分辨故障, 并在真实故障状况期间提供抗灾难性损害的保护, 并且还提供故障状况和维护期间的人员保护。

发明内容

[0021] 本发明涉及用于在故障状况期间为风力涡轮发电机变换器系统提供抗灾难性损害的保护、以及在故障状况期间和维护期间提供人员保护的结构和方法。

[0022] 根据本发明的第一方面, 为风力涡轮功率系统提供集成的故障和人员保护系统, 风力涡轮功率系统从安装在风力涡轮塔架顶上并通过塔架电缆互连到功率变换器系统的风力涡轮发电机接收电力, 向负载提供功率输出, 所述功率变换器系统安装在风力涡轮塔架的较低水平处。该集成的故障和人员保护系统包括配置成生成交流功率输入的风力涡轮发电机, 以及耦合到该风力涡轮发电机且配置成生成电压和频率输出功率并向负载提供该输出功率的功率变换器系统。功率变换器系统包括具有多个并联的发电机侧变换器的发电机侧变换器系统, 这些并联的发电机侧变换器各连接到发电机; 以及还包括负载侧变换器系统, 负载侧变换器系统包括多个并联的负载侧变换器。每个负载侧变换器可以与负载互

连。

[0023] 变换器控制系统可以耦合到功率变换器系统,并配置成驱动功率变换器系统以减少输出功率中和交流输入功率上的谐波分量。主变压器可以将功率变换器系统耦合到负载。至少一个电动机操作的电路断路器可以适用于将风力涡轮发电机与并联的发电机侧变换器隔离。至少一个电动机操作的电路断路器可以适用于将并联的负载侧变换器与负载隔离。可以提供至少一个保险丝以用于提供并联的发电机侧变换器的发电机侧的保险丝保护。还可以提供至少一个保险丝以用于提供并联的负载侧变换器的负载侧的保险丝保护。可以提供隔离电路断路器,其适用于将风力涡轮功率系统与负载隔离。

[0024] 根据本发明的第二方面,提供一种集成的方法用于为向负载馈送功率输出的风力涡轮功率系统提供故障和人员保护。此类风力涡轮功率系统可以包括配置成生成交流功率输入的风力涡轮发电机;耦合到风力涡轮发电机且配置成生成输出功率并将输出功率提供给负载的功率变换器系统,其中功率变换器系统包括具有多个并联的发电机侧变换器的发电机侧变换器系统,这些并联的发电机侧变换器各连接到发电机,以及还包括具有多个并联的负载侧变换器的负载侧变换器系统,每个负载侧变换器互连在相应的发电机侧变换器与负载之间;耦合到变换器系统并配置成驱动变换器系统以减少输出功率中和交流输入功率上的谐波分量的变换器控制系统;以及将功率变换器系统耦合到负载的主变压器。该方法包括响应预定的故障,利用至少一个电动机操作的电路断路器将风力涡轮发电机与并联的发电机侧变换器隔离;以及响应预定的故障,利用每个并联的变换器线程的负载侧和发电机侧的电动机操作的电路将并联的负载侧变换器与负载隔离。

[0025] 该方法包括响应预定的故障利用保险丝隔离并联的发电机侧变换器,以及响应预定的故障利用保险丝隔离并联的负载侧变换器。该方法还包括利用适用于响应主变压器处感测的过电流故障和接地故障的隔离电路断路器,将风力涡轮功率系统与负载隔离。

[0026] 根据本发明的又一个方面,提供一种集成的故障和人员保护系统用于向负载馈送功率输出的风力涡轮功率系统。该风力涡轮功率系统可以包括配置成生成交流功率输入的风力涡轮发电机;耦合到风力涡轮发电机且配置成生成输出功率并将输出功率提供给负载的功率变换器系统,其中功率变换器系统包括四个变换器线程,在每个变换器线程中包括发电机侧变换器和负载侧变换器;以及耦合到变换器系统并配置成驱动变换器系统以减少输出功率中和交流输入功率上的谐波分量的变换器控制系统;以及将功率变换器系统耦合到负载的主变压器。

[0027] 该集成的故障和人员保护系统包括适用于将至少一个变换器线程与风力涡轮发电机隔离的至少一个电动机操作的电路断路器,该至少一个电动机操作的电路断路器包括根据来自变换器控制系统的命令操作的欠电压跳闸线圈。它还包括适用于将至少一个变换器线程与负载隔离的至少一个电动机操作的电路断路器,该至少一个电动机操作的电路断路器包括根据来自变换器控制系统的命令操作的欠电压跳闸线圈。提供用于向风力涡轮功率系统供电的隔离断路器。该隔离断路器适用于从保护继电器提供跳闸功能。保护继电器适用于对隔离断路器提供远程跳闸功能,包括接地故障跳闸和瞬间过电流跳闸。

[0028] 提供多个负载侧保险丝,对应于每个变换器线程包括一个负载侧保险丝。负载侧保险丝设为远离变换器线程。还提供多个发电机侧保险丝,对应于每个变换器线程包括一个发电机侧保险丝。

附图说明

[0029] 当参考附图阅读下文的详细描述时,将更好地理解本发明的这些和其它特征、方面和优点,在所有这些附图中相似符号表示相似的部件,其中:

[0030] 图 1 示出用于风力涡轮应用的典型多线程功率变换器系统;

[0031] 图 2 是功率变换器系统的一个典型线程的框图;

[0032] 图 3 示出功率变换器系统中的共模电流,其中有 n 个并联变换器线程连接到电网和风力涡轮发电机;

[0033] 图 4 示出用于公用供电应用的典型功率变换器系统,包括用于 AC-DA 转换的三相发电机侧变换器和用于变换 DC-AC 的三相负载(或电网)侧变换器;

[0034] 图 5 示出用于确定并联变换器的负载侧或发电机侧上的故障电流(包括共模循环电流)的电路结构;

[0035] 图 6 示出用于通过将接地故障电流的滤波平方与跳闸阈值比较来避免接地故障电流产生的过热损害的电路结构,该跳闸阈值设置为可接受的接地故障电流水平的平方;

[0036] 图 7 示出分辨线程内流向地的故障电流的电路结构;

[0037] 图 8 示出用于集成的故障和人员保护系统的本发明保护布置的第一实施例;

[0038] 图 9 示出为每个变换器线程提供一个电动机操作的电路断路器以隔离发电机侧的第二实施例;

[0039] 图 10 示出具有可为每个变换器线程在负载侧提供一个电动机操作的电路断路器 135 的本发明保护布置的又一个实施例;以及

[0040] 图 11 示出使用在各个变换器线程之间以及在主变压器处感测的电流差来激活保护跳闸的本发明保护布置的又一个实施例。

具体实施方式

[0041] 本发明的如下实施例具有许多优点,包括先前在现有技术系统下未保护的在故障状况期间的抗灾难性损害的保护和故障保护分析,还提供维护期间的人员保护。

[0042] 在风力涡轮功率变换系统中,有两个主要能量源必须在故障情况下予以考虑:公用电网和风力涡轮发电机。针对这些能量源保护变换器则是关键任务。变换器保护还必须在故障状况期间在变换器内电弧闪光的情况下保护工作人员的方式进行调整。在本领域中用于风力涡轮发电机的多种并联变换器中都遇到过电弧闪光情况。

[0043] 与常规操作比较,本发明提供数据处理中的改进,其结合遇到故障时的多线程变换器系统操作的高级分析。这通过与指示想要电流隔离的子系统内的电流路径的底层故障情况比较更深地了解常规操作以及与中断离开该子系统的电流的可靠机制组合的检测此电流的部件,来实现此目的。

[0044] 当来自所有变换器的发电机侧三相电流相加,并且电流隔离完好时,主要效应源于电容相关的电流。超过这些电容效应(以及小测量误差)的电流指示电压隔离失效,并且可以在因此相同故障隔离部件未受导电路径损害的情况下中断此电流。相似地,只要保持电流隔离,则三相电网和三相发电机侧电流之和应该保持为小。在检测到与电容或测量误差比较大电流的情况下,显示对于一个变换器子系统局部来说保持电压隔离的失效。在

导电路径因此相同故障不损害隔离部件的情况下可以中断此电流。

[0045] 虽然可以使用相加（共模）中的误差来识别绝缘故障，但是单个电流（正常模式）中的误差常常涉及对电压的某个方面失去控制。

[0046] 如前文所指示的，多线程分路变换器（产生独立的瞬时电压的多个三相变换器）产生与功率、基波无功（fundamental reactive）、不平衡和畸变有关的电流。除此之外，当状况或操作改变以及控制修改电压来重新建立稳定状态时将发生或多或少的稳定状态电流瞬态。

[0047] 作为多线程的变换器所固有的共享连接的结果，保持变化但受控的电流的控制能力实质上被修改。此额外的复杂性的明显示例是有更多电流要控制。

[0048] 可控干扰的响应调用产生电流控制的电压控制、对于此控制工作的极限的检测部件以及用于中断超出控制器极限的电流的部件。

[0049] 本发明提供一种方法，其使用直接并联的变换器内部的电流传感器来检测非期望的故障电流的流动，并帮助诊断故障源是电缆或电厂中的内部设备故障、内部接地故障还是外部接地故障。检测此电流的目的不仅是迫使适合的系统响应以在损害可能传播之前阻止电流流动，而且帮助诊断和 / 或隔离问题的起因以利于维修和 / 或使单元重新投入运行。接地故障可以发生在电厂内部或变换器线程内部的这些导体上；而且变换器线程内部的组件也可能失效。重要的是，当发生故障或失效时，快速地识别出根源，不仅确定正确的系统动作以阻止损害传播，而且利于诊断和及时维修。

[0050] 如先前描述的，直接并联的变换器内部的寄生误差或失效功率设备的结果之一是，可能在系统上没有接地故障的情况下导致共模或零序列电流。再次参考图 3，接地故障电流通常通过变换器的电厂侧上的电流之和或电网侧上的电流之和来测量（即 $GndSig1 = T1_L_Ia + T1_L_Ib + T1_L_Ic$ 或 $GndSig2 = T1_G_Ia + T1_G_Ib + T1_G_Ic$ ），但是在此情况中，可以见到共模电流掩蔽了信号（ $GndSig1$ 或 $GndSig2$ ）的原始内容，并最终导致故障。

[0051] 为了隔离故障的起因以及免于插入额外的电流传感器，可以通过测量每个变换器线程 20-1、20-2、20-n 中所有可用电流 205、206、207 并利用加法器 210、211 和 212 将其相加来计算电厂或馈送电厂的电缆中的接地故障电流，如图 5 中电路结构 200 所示。可以通过进一步利用加法器 220、225 将来自单个变换器线程的相加值 215、216、277 相加来计算发电机侧（负载侧）的负载（或发电机）接地故障电流 230。单个线程的每个相加值包括该线程的电流的共模分量，但是以上面的方式将这些电流相加成总接地故障电流 230 自动补偿可以在每个线程 20-1、20-2、20-n 中流动的共模电流，并产生指示电厂或其导体的接地电流的电流信号。

[0052] 该方法的一个重要方面是，可以在将任何特定变换器线程停止运行时，通过隔离器 221、222、223 来对该特定变换器线程关闭该计算，从而在将某个变换器线程停止运行且该变换器线程的电流信号本身在误差中的情况下允许剩余变换器线程的不受阻碍的操作。

[0053] 但是，以此方式将电流相加掩蔽电流流动的真实路径，并且当发生接地故障时，重要的是阻止损害不受阻碍地传播。为了避免因接地故障电流而对组件（包括导体）的过热损害，保护模型通过对接地电流 230 取平方 235、进行滤波 240，并将接地电流的滤波平方值 250 利用比较器 270 与跳闸阈值 260 比较来限制接地故障电流的热贡献，其中跳闸阈值 260 设为可接受的接地故障电流水平的平方 265。可以作为响应触发接地故障功能 280。此阈

值水平必须基于分支中的最小分量,并且通常由用于将每个线程互连到电厂的导体的尺寸来驱动。

[0054] 接地故障检测方案的重要方面之一是电流传感器误差对接地电流的计算的影响。可以显示未相加为零的电流传感器中的偏移误差将导致解释为接地电流的信号。为了提高接地故障检测器的灵敏度,可以在计算接地故障电流中作进一步改良,忽略 dc 分量并检测故障中将流动的 ac 电流的最可能分量。

[0055] 电厂(或其导体)中发生的接地故障将由利用电厂的端电压调制的电压分量馈送,该端电压通过系统的预期运行状况来影响。例如,可变的电压系统将通过控制变换器内部的功率设备来调整电厂的端电压的振幅和频率。可以使用此预期运行状况来进一步改良接地电流的计算。

[0056] 图 6 示出提高接地故障计算的灵敏度的电路结构 300,具体为用于具有 ac 输出电压的系统。将变换器的发电机侧(负载侧)的总接地故障电流 230 分别与接地故障信号 310 的同相和正交分量相乘 311、312。然后可以对这些新形成的信号滤波并组合 325 以形成 ac 接地故障信号 330。可以再次将 ac 接地故障信号滤波 335,并利用比较器 340、350、360 与阈值设置 345、355、365 比较,这可以指示兼用于保护和诊断目的的故障警报 370、375 和故障跳闸 380。

[0057] 上文的接地故障方案可以计算线程电流传感器的负载侧(发电机侧)上的接地电流,但是无法分辨流到线程内部的地故障电流。此电流被先前提到的共模电流掩蔽,并且为了计算内部接地故障电流,必须从信号中去除该共模电流。

[0058] 通过取电网侧的与电厂侧的共模电流之差(差是为电流定义的参考方向的结果)来实现内部接地电流的计算,如图 7 所示。按如下计算每个变换器线程内部的接地故障电流和共模电流:下面的附图可表示来自示范多线程系统的变换器线程 20-1 的负载侧电流相位 405 和发电机侧相位电流 406。还期望的是,当非期望的电流流动时限制变换器系统的操作并分辨该电流的源。在加法器 410 中将线路侧相位电流 405 相加,并在加法器 411 中将发电机侧相位电流相加,从而得到线路侧共模电流 420 和发电机侧共模电流 430。在加法器 415 中将线路侧共模电流 420 和发电机侧共模电流 430 相加以得到线程内部接地故障电流 425。将上面的电流 420、425、430 分别通过滤波器 440、445、450 调节。还可以对线程内部接地故障电流 425 取平方 470 并再次对其滤波 475。可以将电流 420、425 和 430 与阈值极限 461、466 和 481 比较(462、467 和 483)。断言适合的故障 491、492、493 以限制系统操作并形成诊断信息。在此情况中,执行计算,并为每个线程内部的电流断言各自的故障。

[0059] 在本发明中应用上面的原理来提供适合的诊断信息、警报和跳闸,以适于系统内设备和人员的保护。

[0060] 本发明包括多个变换器保护的新方法,从而能够实现系统优化以及电弧闪光保护。本发明的一个方面提供用于具有应用于变换器的去除的部件的协调的故障感测,以便将可用于产生电弧闪光情况的能量减到最小。本发明的另一方面是为靠近能量源的保护定位感测并断开连接以对系统进行更大的保护。利用变换器控制软件和硬件以新颖的方式使用变换器本身的检测仪器来检测、识别和隔离故障,并将状态或技术扩展到目前可用的“接地检测”以外。选择所使用的新颖特定保护的组合,将组件移到单独的物理结构中(例如机柜)以增强保护。对于每个实施例,已仔细研究了在保险丝、电路断路器和导体之间的

选择,以便选择保护并断开系统的每个区域的优选方法。对于每个实施例,已研究了例如接地故障的保护感测、快速过电流跳闸、慢速过电流跳闸和反向功率感测之间的选择,以便建立感测系统的每个区域中的故障的优选方法。这些实施例提高了功率变换器系统可靠性同时降低了成本。

[0061] 在保护布置的多种实施例中,功能性变换器线程 20-1、20-2、20-3、20-4 组件(AC-DC 变换器 30、DC 链路 35、DC-AC 40、共模滤波器 60、发电机侧滤波器 50 和负载侧滤波器 55)可保持相同。虽然在特定实施例中,保护组件的物理放置可以标识为位于例如电厂机械(PPM)级的特定位置处,但是,此类组件的物理放置无需受这些描述限制。

[0062] 图 8 示出用于集成的故障和人员保护系统 5 的本发明保护性布置的第一优选实施例。

[0063] 在并联变换器(线程)20-1 至 20-4 的每一侧上提供有保险丝保护。在发电机侧上,保险丝保护提供有与每个变换器线程的发电机侧内联的保险丝 145,这些保险丝设在变换器外壳(enclosure)内。相似地,在负载侧上,保险丝保护提供有对应于每个变换器线程 20-1 至 20-4 的保险丝 155,其中保险丝 155 设在远离变换器外壳 22 处。保险丝 155 离变换器外壳 22 的远的位置可以增加在故障状况期间保险丝将恰当地中断的概率,否则如果保险丝设在变换器外壳本身内,变换器内的电弧闪光可能产生导致保险丝上的电弧的电离气体。基于相同的原理,还可以将发电机侧变换器保险丝 145 设在远离变换器外壳 22 处。保险丝保护可以包括半导体保险丝,包括 gS 级保险丝(根据 EN60269-4 标准定义的),以提供针对所有类型的过载的可靠 I^2t 保护。通过对变换器的进气道(air inlet)添加遮盖(cover)来增强对变换器线程前面的电弧闪光保护。

[0064] 在变换器 20 与发电机 14 之间可设置至少一个电动机操作的断路器 125。图 8 所示的实施例包括为每对变换器线程提供的电动机操作的电路断路器 125。电动机操作的电路断路器 125 可以在物理上位于机舱 160 中、风力涡轮发电机 14 的正下方的机头组件 165 中,从而提供最大限度的下游故障保护。备选地,电动机操作的电路断路器可以在发电机 14 的输出与发电机接线进入塔架的位置之间的任何方便的位置中提供。可以将电动机操作的电路断路器 125 的跳闸设置成协调塔架电缆 15 的保护。可以由单个变换器控制系统功能 175 使电动机操作的电路断路器 125 的欠电压线圈 177 跳闸。备选地可以在其它配置中提供电动机操作的电路断路器 125,例如为每个变换器线程 20-1 至 20-4 提供一个电动机操作的电路断路器 125 来隔离发电机侧,如图 9 所示,或作为用于所有变换器线程的隔离的单个断路器来提供电动机操作的电路断路器 125(未示出)。

[0065] 可以由位于塔架下方水平 12 的远程开关来使电动机操作的电路断路器 125 跳闸,以提供用于上锁挂牌保护。另外,可以将风力涡轮发电机电缆入口区域构造成使电弧闪光的风险最小。

[0066] 在变换器 20 与负载 21 之间可设置至少一个电动机操作的断路器 135。电动机操作的电路断路器 135 可提供变换器 20 与变换器的负载侧上的功率的隔离,所述功率来自电网或从同一个风电场中的其它风力涡轮功率系统来提供(未示出)。在图 8 的实施例中,单个电动机操作的电路断路器 135 可以为变换器 20 的负载侧提供隔离。可以首选地将该至少一个电动机操作的电路断路器 135 设在对于每个变换器线程的负载侧保险丝保护的负载侧。在其它布置中,可以为每对变换器线程提供电动机操作的电路断路器 135(未示出)。

再或者,可以在每个变换器线程 20-1 至 20-4 的负载侧上提供一个电动机操作的电路断路器 135,如图 10 所示。可以由单个变换器控制系统功能 175 使电动机操作的电路断路器 135 的欠电压线圈 177 跳闸。

[0067] 可以在中压开关柜(未示出)上提供人工操作的电路断路器 90,以将风力涡轮功率系统 10(包括变换器)与负载 21 的功率隔离。负载侧功率可以包括来自电网的功率和来自连接到同一风电场的其它风力涡轮功率系统的功率。可以通过保护继电器使 MV 开关柜上的电路断路器的欠电压线圈跳闸。用于主变压器 85 上的线路电流的电流互感器(current transformer) 183 和用于主变压器上到地线的中性点的电流互感器 184 可以将电流信号 181、182 提供给保护继电器。使用来自这些电流互感器的电流信号 182、183,保护继电器 180 可以将针对瞬间过电流和接地故障状况的跳闸信号 190 提供给人工操作的电路断路器 90。而且,保护继电器 180 可以是自供电的。

[0068] 图 11 示出使用在各个变换器线程之间以及在主变压器处感测的电流差以激活保护跳闸的本发明保护布置的又一个实施例。可以在主变压器 85 处提供电流互感器 183。电流互感器 183 可以将电流信号 181 提供给保护继电器 180,如前文所述。但是,电流互感器还可以将电流信号 181 提供给变换器控制系统 25。变换器控制系统 25 可以因变换器线程中的高差分电流而提供故障保护,这通过将电流互感器 183 测量的单个变换器线程电流 189 与主变压器 85 感测的电流进行比较来实现。当差分电流超过基于工作状况的预定极限时,变换器控制系统可以使变换器的负载侧上的电动机操作的电路断路器 135 跳闸,使变换器 20 的发电机侧上的电动机操作的电路断路器 125 跳闸,和/或使中压开关柜电路断路器 90 跳闸。备选地,可以由管理监视继电器(例如 180)或由控制机柜内的电子组件来比较和测量差分电流。而且,可以提供备选位置以在系统内放置电流互感器。

[0069] 除了保险丝和电路断路器保护外,本发明的另一方面还结合对减缓电弧闪光危害的修改。该修改包括改进电缆连接的遮盖以将对 PDP 外壳的侧面的危害减到最小。还可以对进气道添加遮盖以将外壳前端的电弧闪光危害减到最小。还可以修改 PDP 内的风扇通风以促进消除电弧闪光。

[0070] 对于变换器外壳,还可以对进气道添加遮盖以将外壳前端的电弧闪光危害减到最小。在变换器线程内,可以增强通风以将外壳前端的电弧闪光危害减到最小。

[0071] 还可以通过在电缆与入口组件之间建立分离来将发电机电缆入口区域布置成将电弧闪光的风险降到最低。

[0072] 虽然本文中描述了多种实施例,但是从说明书将认识到,可以进行本文的部件、变化或改进的多种组合且属于本发明的范围内。

[0073] 各部分列表

[0074] 5. 集成的故障和人员保护系统

[0075] 10. 风力涡轮发电机功率系统

[0076] 12. 塔架较低部分

[0077] 13. 塔架

[0078] 14. 风力涡轮发电机

[0079] 15. 塔架电缆

[0080] 20. 变换器功率系统

- [0081] 20-1 到 20-4. 变换器线程
- [0082] 21. 负载
- [0083] 22. 变换器外壳
- [0084] 24. 变换器控制系统
- [0085] 25. 主变压器
- [0086] 26. 变换器控制信号
- [0087] 27. 充电电路
- [0088] 30. AC-DC 变换器
- [0089] 35. DC 链路
- [0090] 40. DC-AC 变换器
- [0091] 45. 半导体设备
- [0092] 50. 发电机侧滤波器
- [0093] 55. 线路侧滤波器
- [0094] 60. 共模滤波器
- [0095] 65. 变换器线程接触器
- [0096] 70. 保险丝保护
- [0097] 75. 人工操作的电路断路器
- [0098] 80. 配电板
- [0099] 85. 主变压器
- [0100] 90. 中压开关柜电路断路器
- [0101] 125. 发电机侧的电动机操作的电路断路器
- [0102] 135. 负载侧的电动机操作的电路断路器
- [0103] 145. 发电机侧保险丝
- [0104] 155. 负载侧保险丝
- [0105] 160. 机舱
- [0106] 165. 机头组件
- [0107] 175. 用于发电机侧的电动机操作的电路断路器的跳闸信号
- [0108] 176. 用于负载侧的电动机操作的电路断路器的跳闸信号
- [0109] 177. uv 跳闸
- [0110] 180. 保护继电器
- [0111] 181. 过电流跳闸信号
- [0112] 182. 接地故障电流跳闸信号
- [0113] 183. 线路电流传感器
- [0114] 184. 中性电流传感器
- [0115] 188. 单个变换器线程内的电流传感器
- [0116] 189. 用于单个变换器线程中的电流的信号
- [0117] 190. 电路断路器跳闸信号
- [0118] 195. 远程开关
- [0119] 205. 线程 1(发电机侧 / 负载侧) 相位电流

- [0120] 206. 线程 2(发电机侧 / 负载侧) 相位电流
- [0121] 207. 线程 N(发电机侧 / 负载侧) 相位电流
- [0122] 210. 加法器
- [0123] 211. 加法器
- [0124] 212. 加法器
- [0125] 215. 线程 1 相加的相位电流
- [0126] 216. 线程 2 相加的相位电流
- [0127] 217. 线程 n 相加的相位电流
- [0128] 220. 加法器
- [0129] 221. 隔离器
- [0130] 222. 隔离器
- [0131] 223. 隔离器
- [0132] 230. 发电机侧 (负载侧) 上的接地故障电流
- [0133] 235. 平方功能
- [0134] 240. 滤波器
- [0135] 250. 滤波的平方的发电机侧 (负载侧) 接地电流
- [0136] 260. 阈值接地故障电流设置
- [0137] 265. 平方功能
- [0138] 270. 比较器
- [0139] 280. 接地故障警报 / 告警功能
- [0140] 310. ac 角度反馈
- [0141] 311. cos 函数
- [0142] 312. Sin 函数
- [0143] 315. 乘法器
- [0144] 320. 滤波器
- [0145] 325. 平方根组合器
- [0146] 330. ac 接地故障信号
- [0147] 335. 滤波器
- [0148] 340. 比较器
- [0149] 345. 阈值设置
- [0150] 350. 比较器
- [0151] 355. 阈值设置
- [0152] 360. 比较器
- [0153] 365. 阈值设置
- [0154] 370. 接地故障告警
- [0155] 375. 接地故障警报
- [0156] 380. 故障跳闸
- [0157] 405. 负载侧相位电流
- [0158] 406. 发电机侧相位电流

- [0159] 410. 加法器
- [0160] 411. 加法器
- [0161] 415. 加法器
- [0162] 420. 负载侧共模电流
- [0163] 425. 线程内部接地故障电流
- [0164] 430. 发电机侧共模电流
- [0165] 440. 滤波器
- [0166] 445. 滤波器
- [0167] 450. 滤波器
- [0168] 460. 滤波的平方的负载侧共模电流
- [0169] 461. 负载侧共模电流阈值极限
- [0170] 462. 比较器
- [0171] 465. 滤波的平方的发电机侧共模电流
- [0172] 466. 发电机侧共模电流阈值极限
- [0173] 467. 比较器
- [0174] 470. 平方功能
- [0175] 475. 滤波器
- [0176] 480. 滤波的平方的接地故障模式电流
- [0177] 481. 接地故障电流阈值极限
- [0178] 482. 平方功能
- [0179] 483. 比较器
- [0180] 491. 负载侧共模电流故障
- [0181] 492. 发电机侧共模电流故障
- [0182] 493. 接地故障警报 / 告警功能

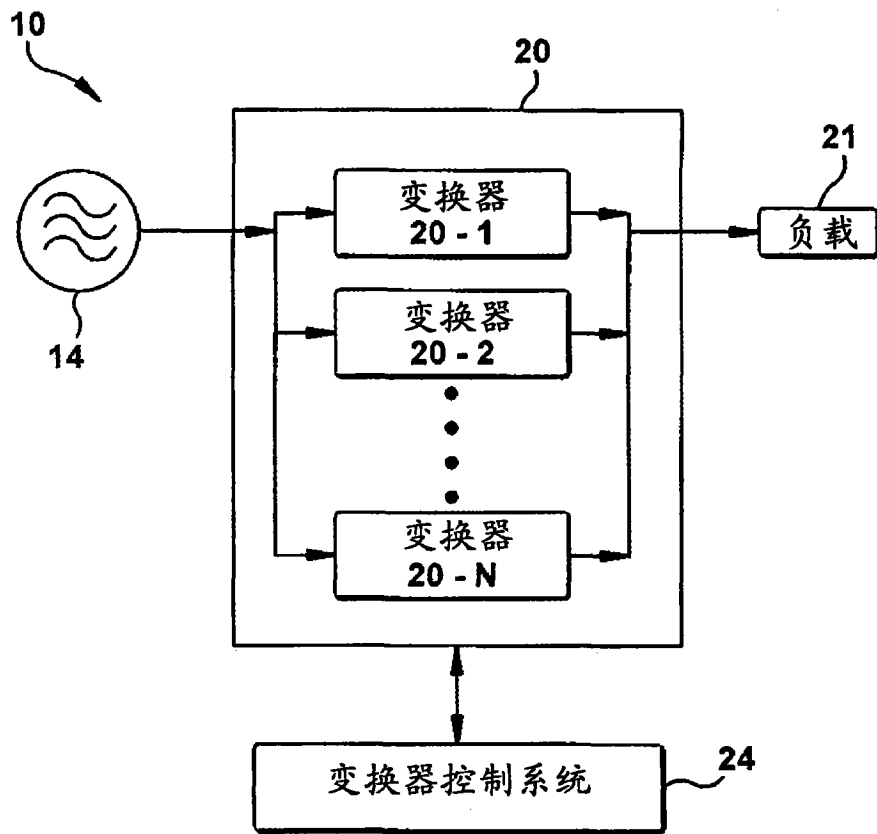


图 1

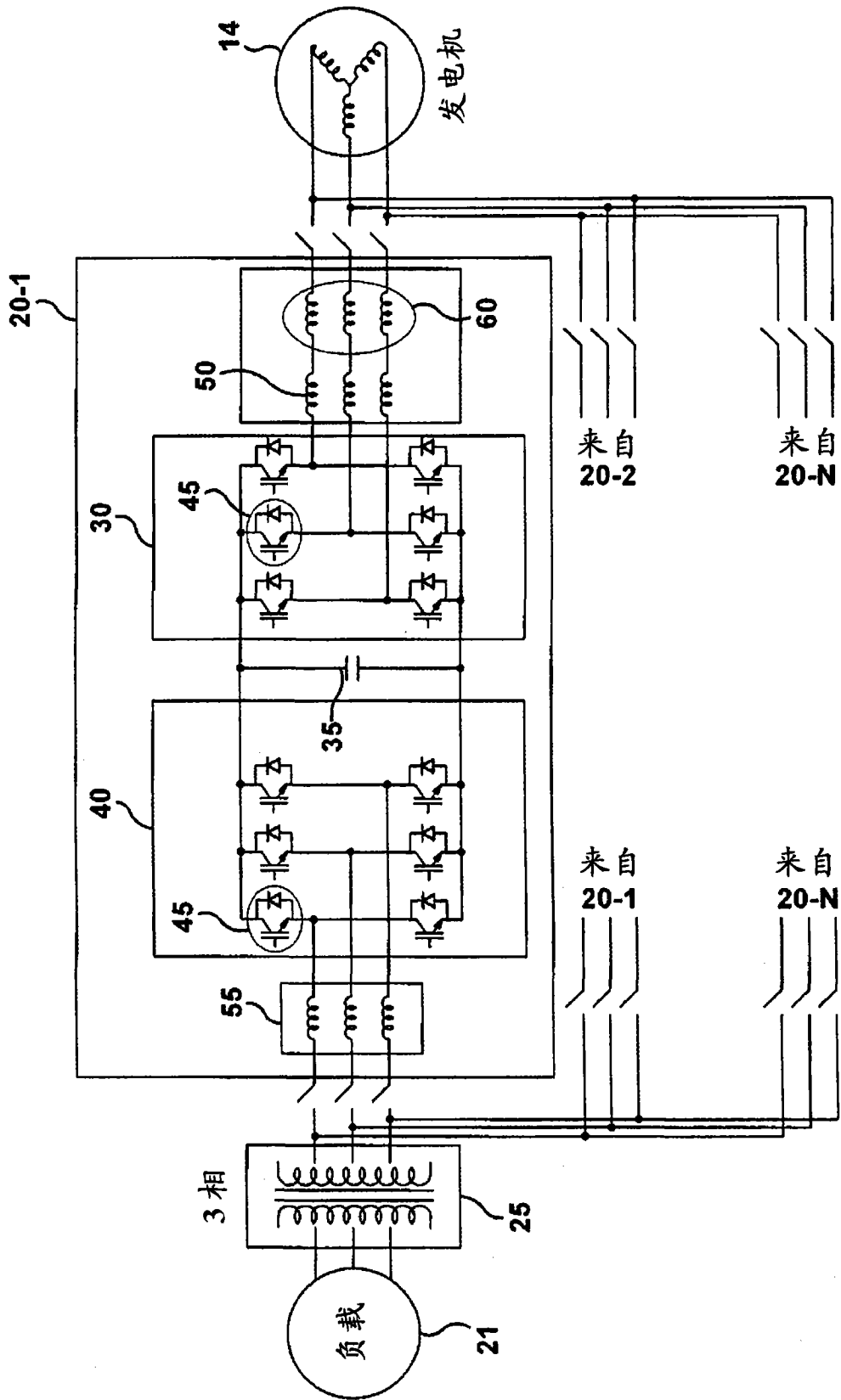


图 2

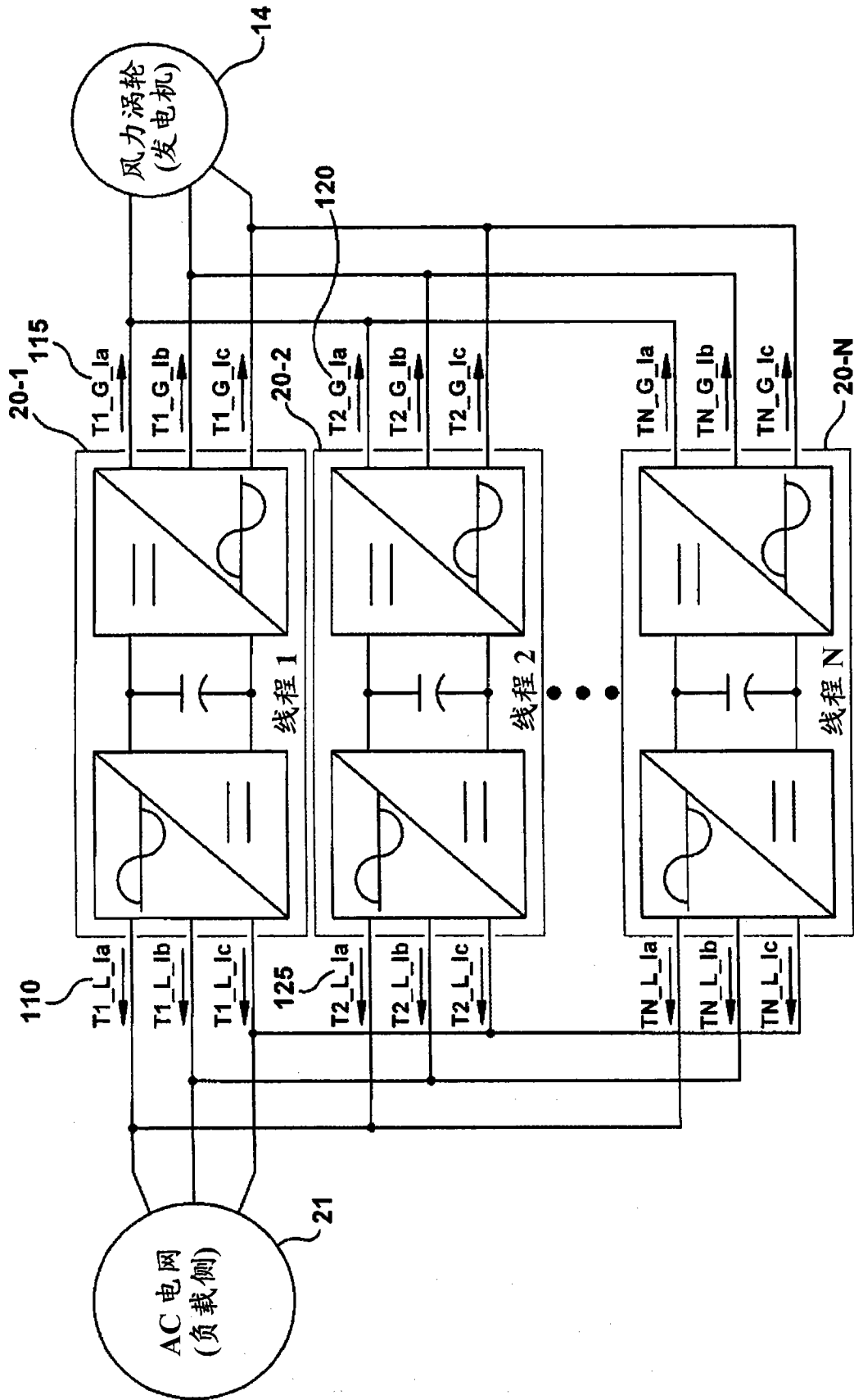


图 3

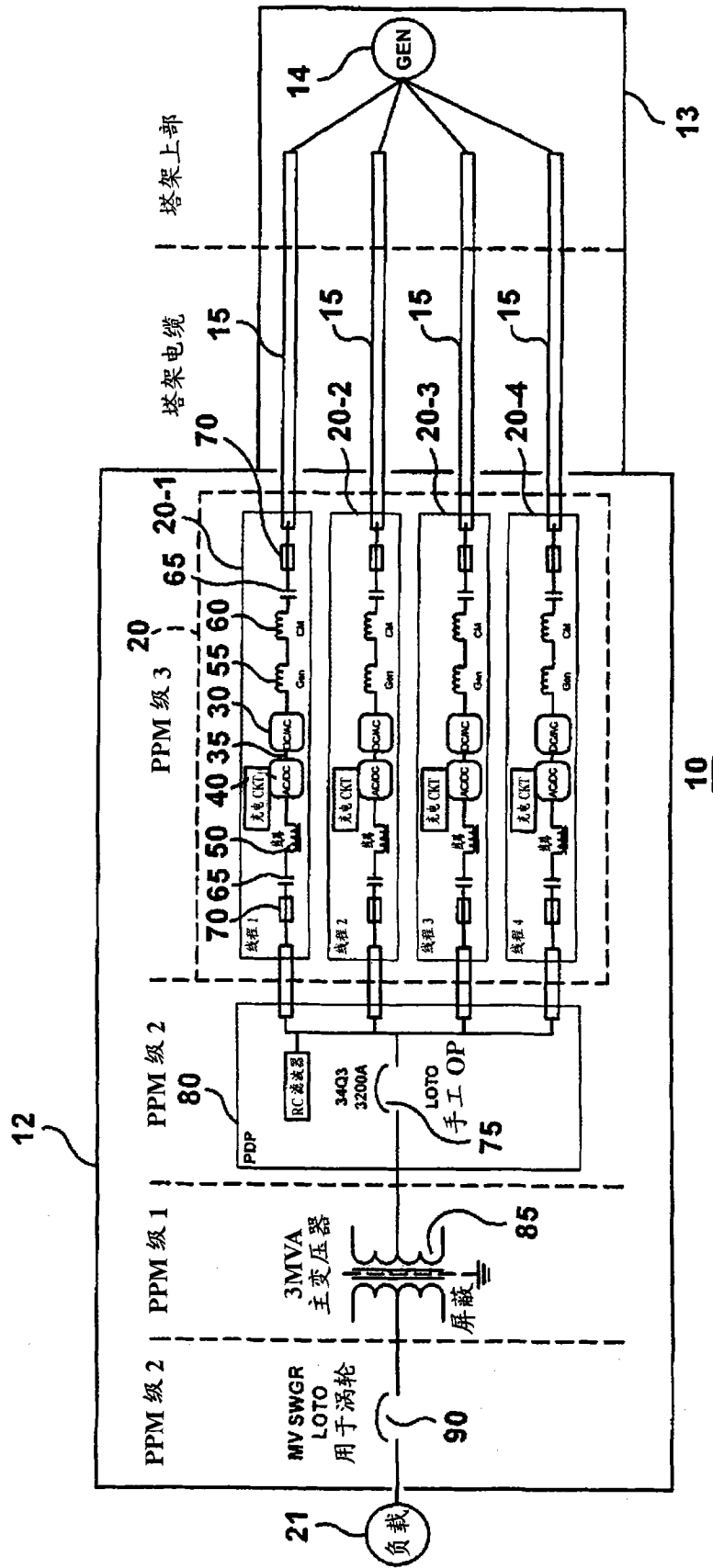


图 4

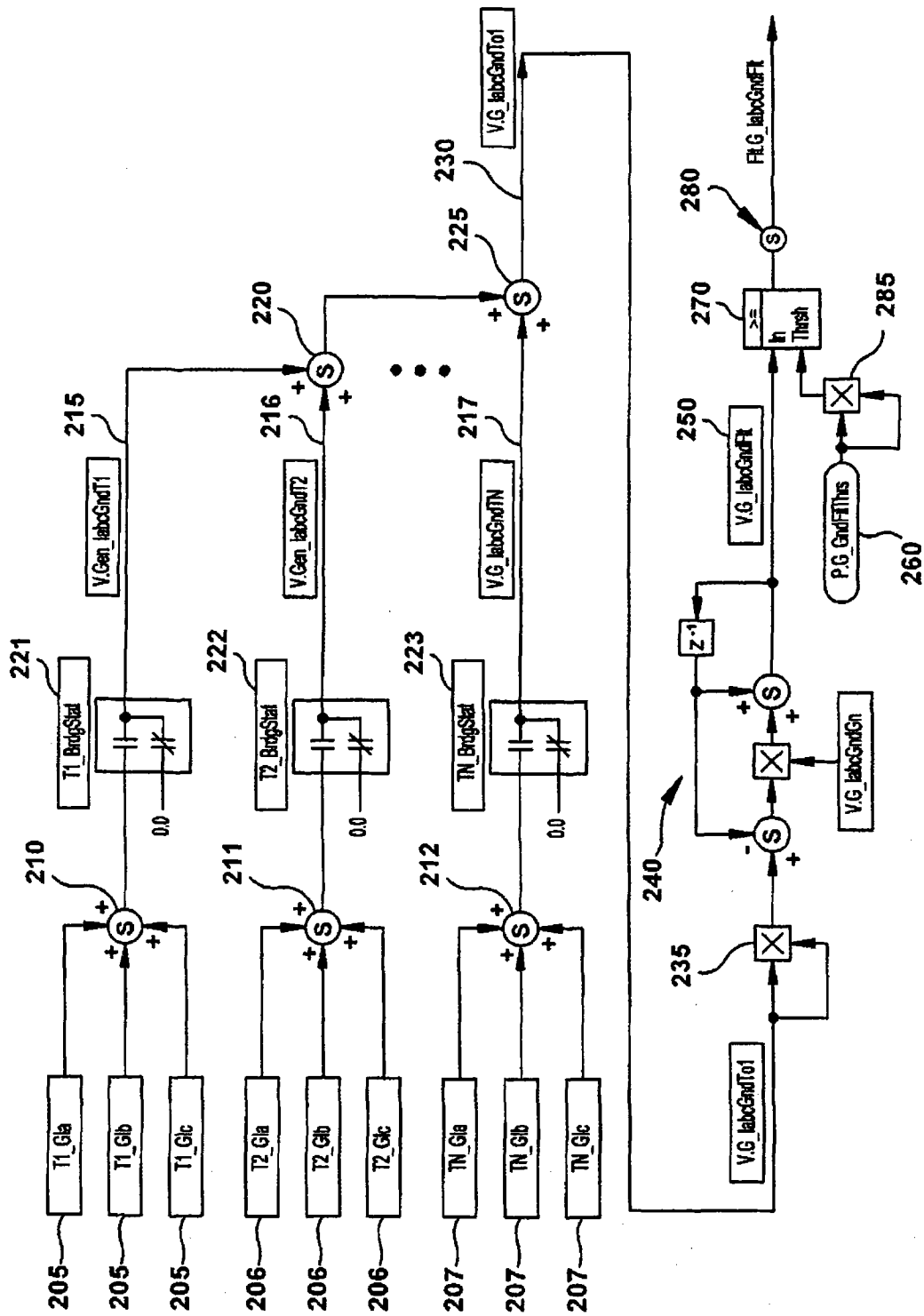


图 5

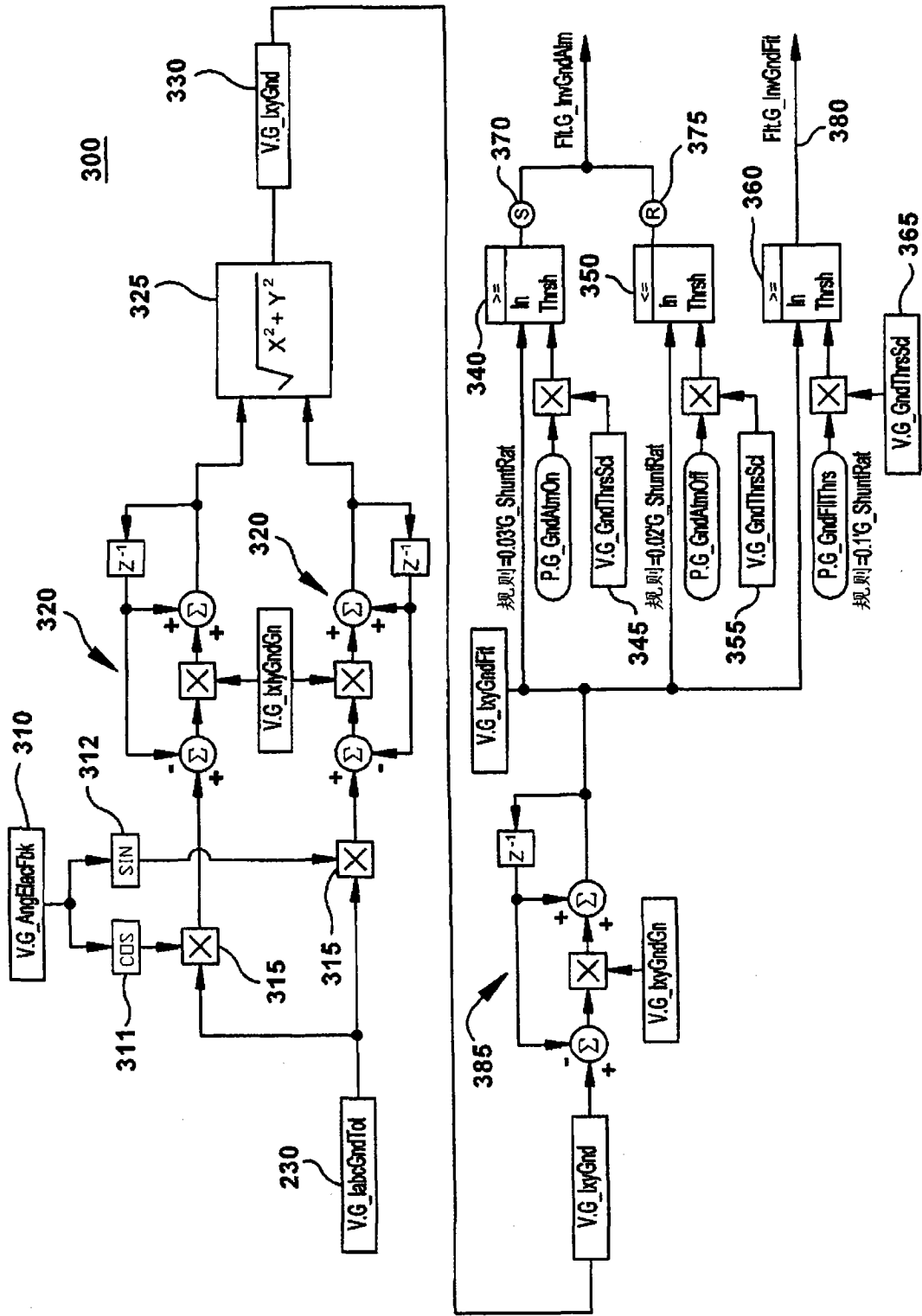


图 6

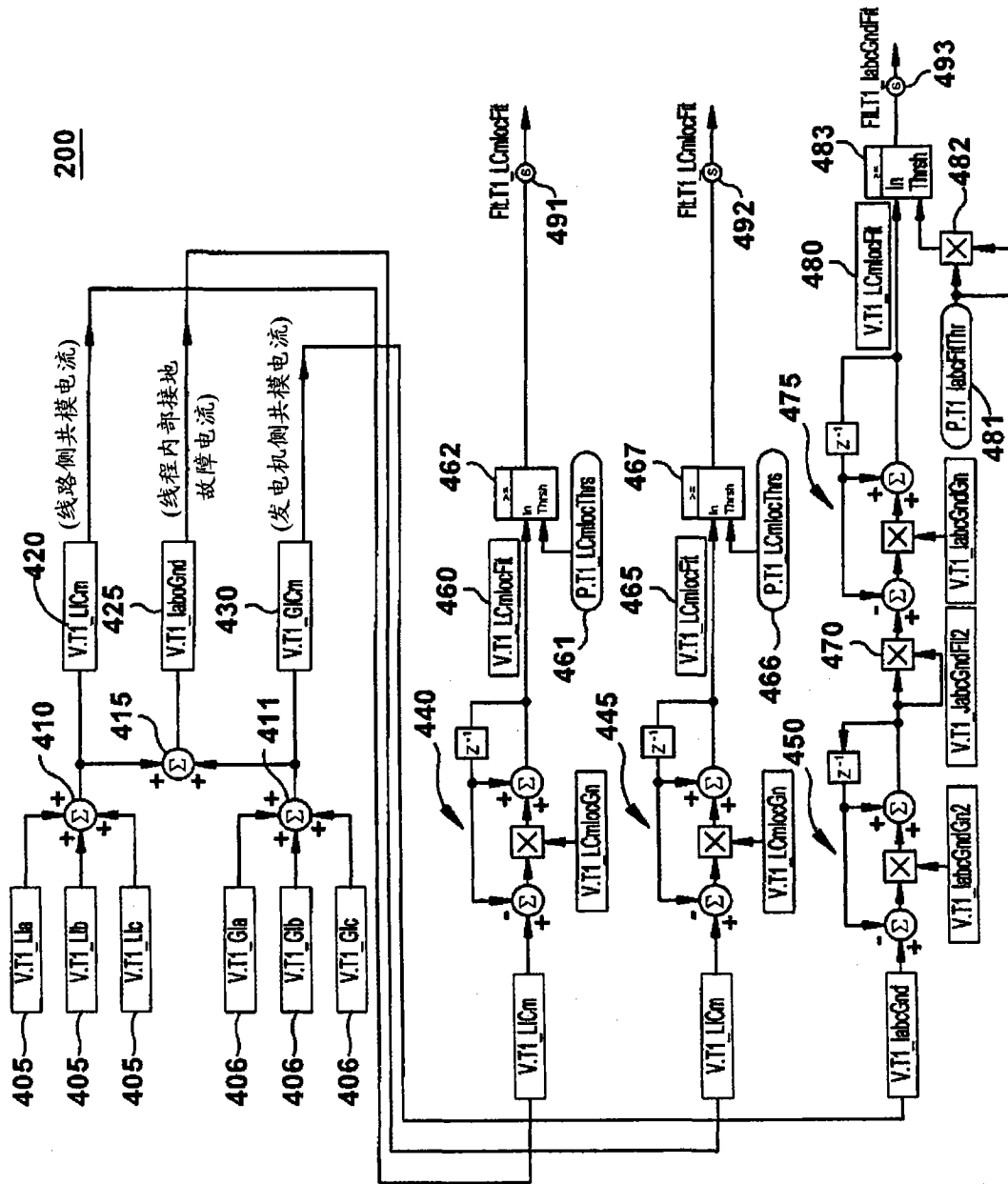


图 7

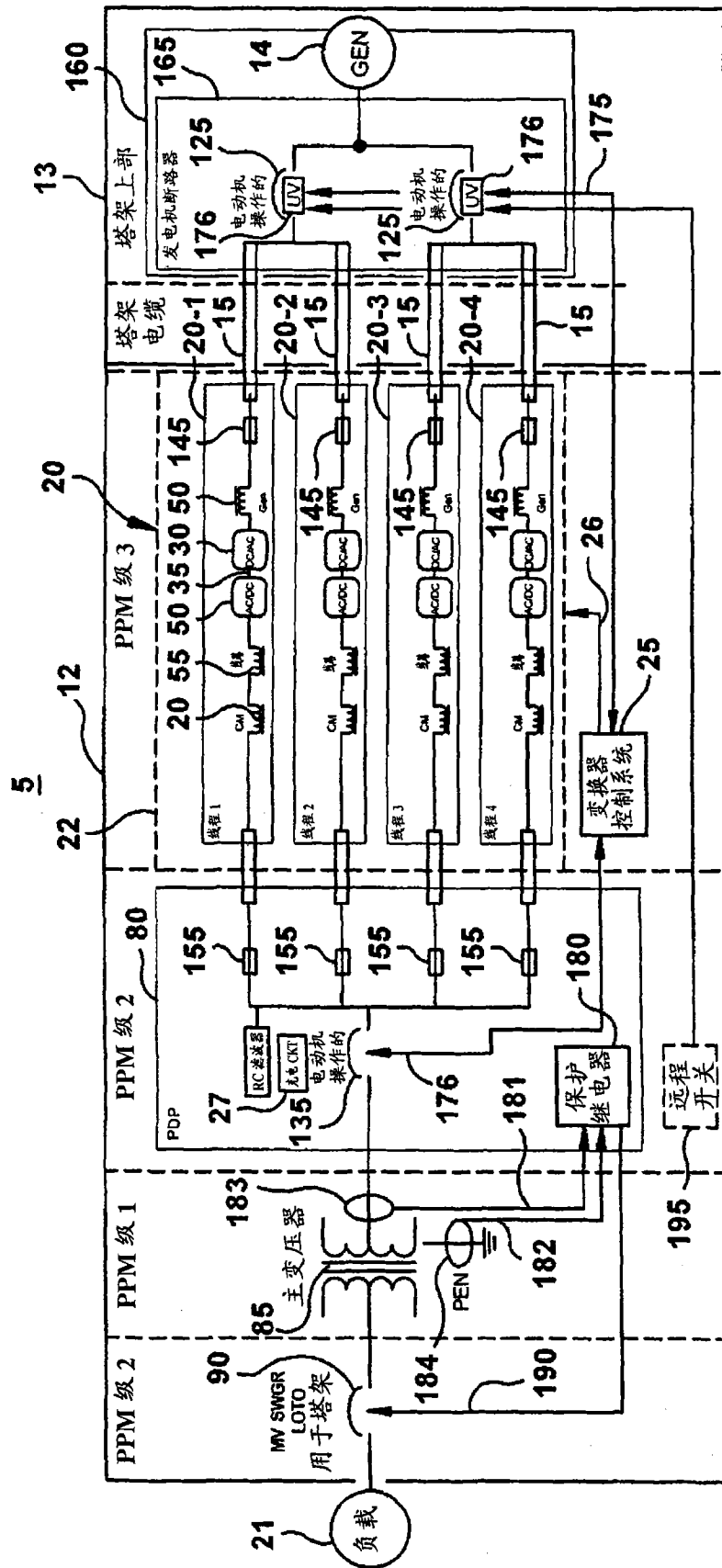


图 8

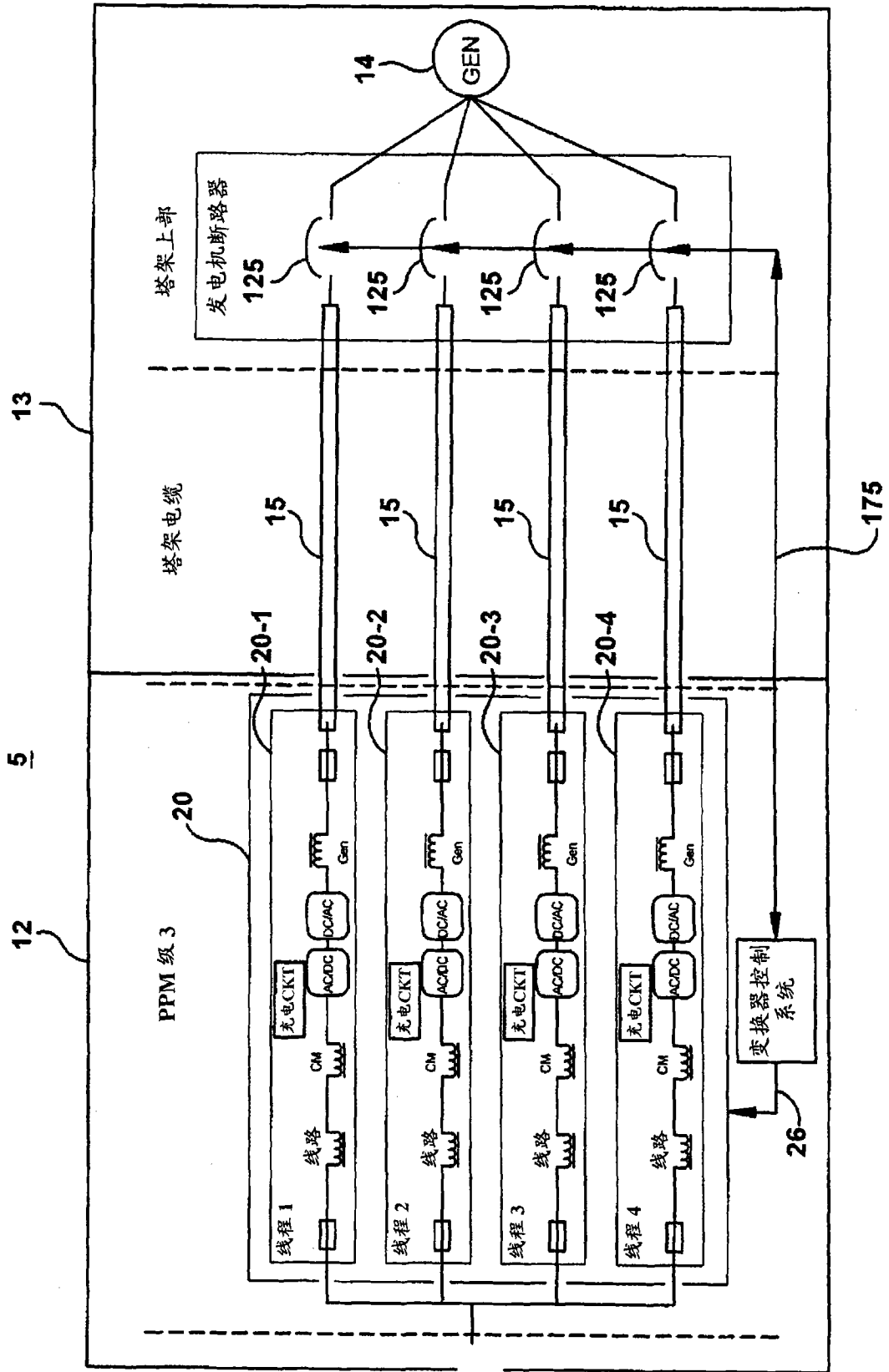


图 9

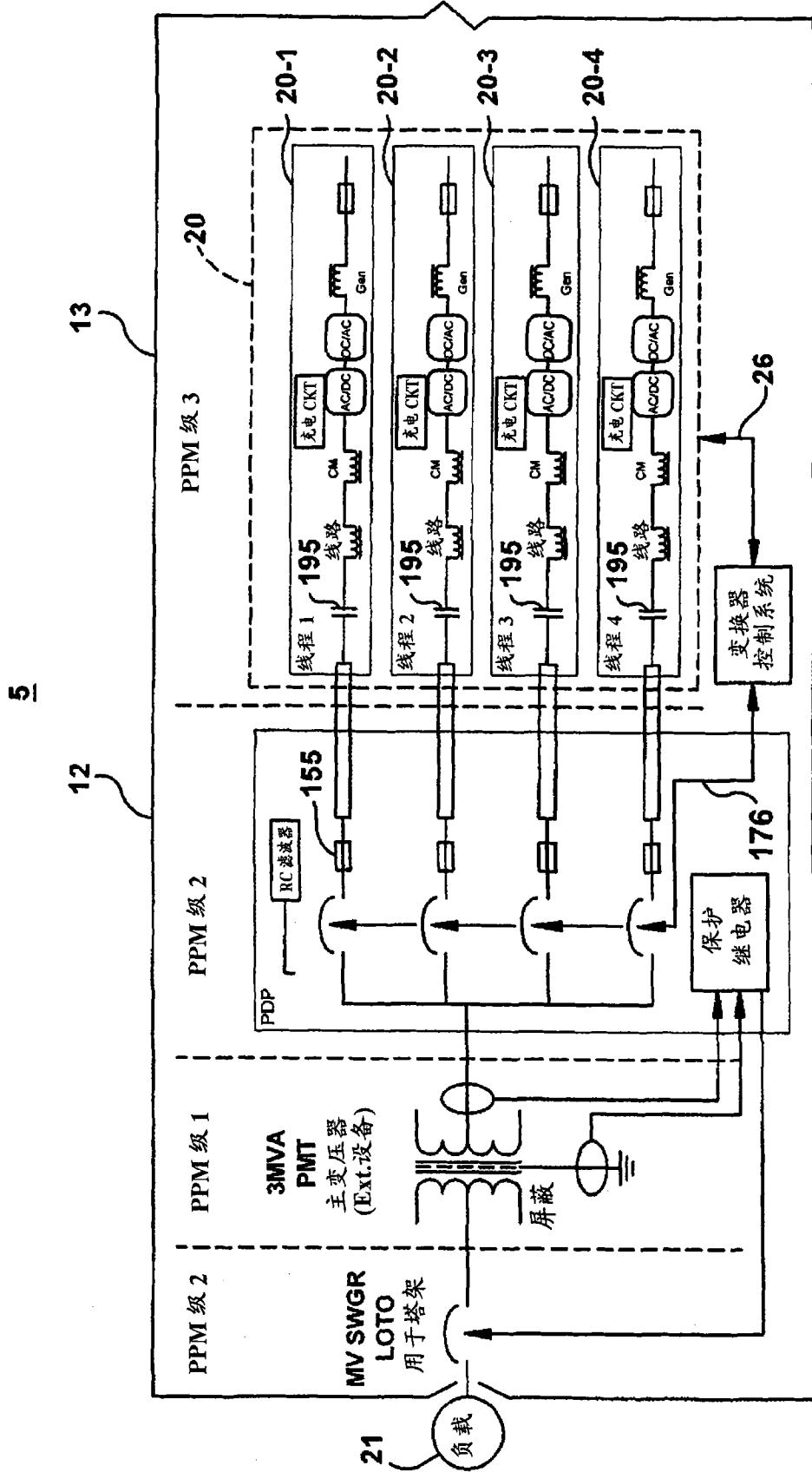


图 10

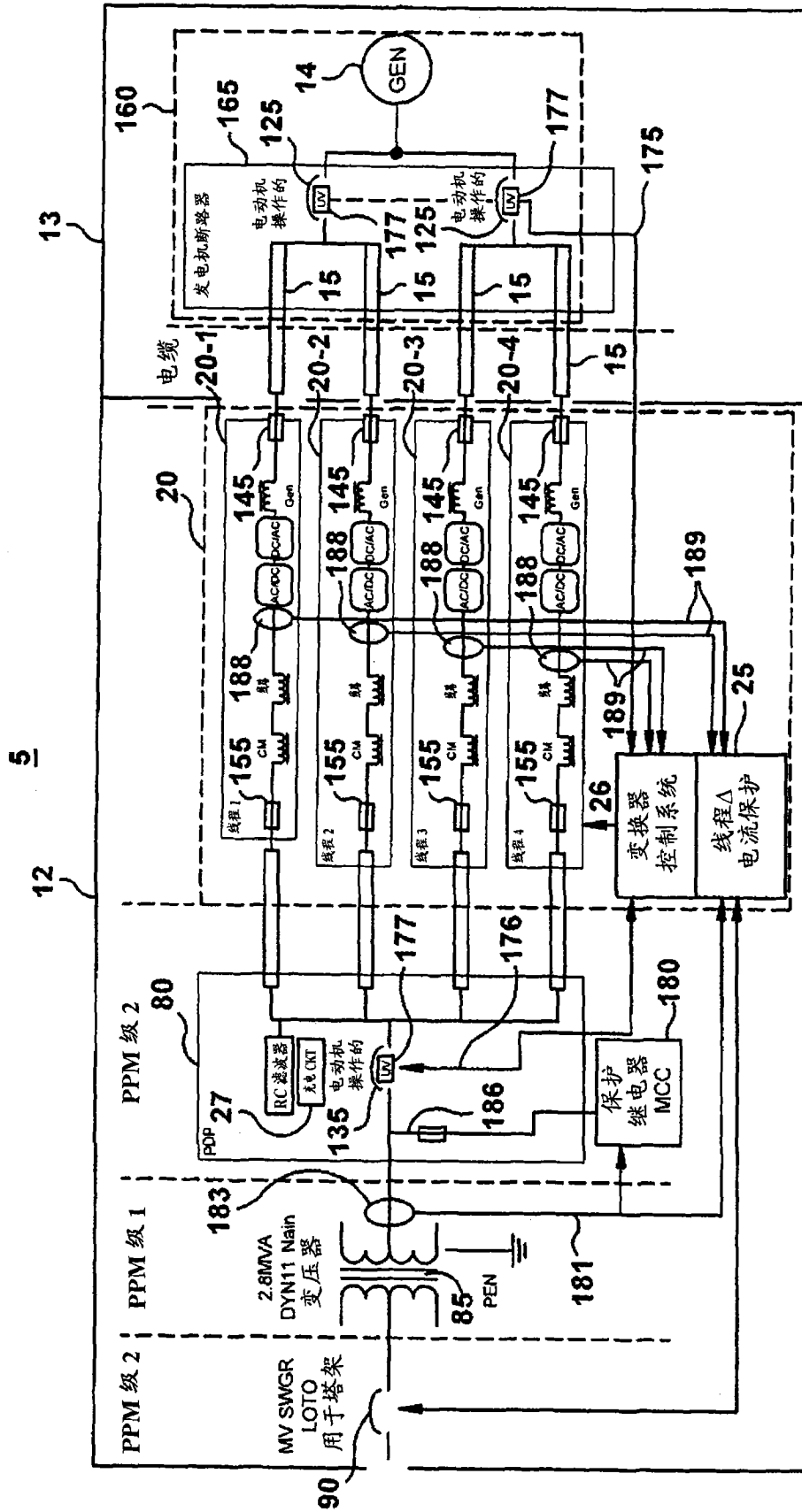


图 11