



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 110018384 A

(43)申请公布日 2019.07.16

(21)申请号 201910017534.8

(22)申请日 2019.01.09

(30)优先权数据

18150887.0 2018.01.09 EP

(71)申请人 ABB瑞士股份有限公司

地址 瑞士巴登

(72)发明人 S·思佳勒提 A·格里罗

M·佳吉罗

(74)专利代理机构 中国国际贸易促进委员会专

利商标事务所 11038

代理人 郭万方

(51)Int.Cl.

G01R 31/02(2006.01)

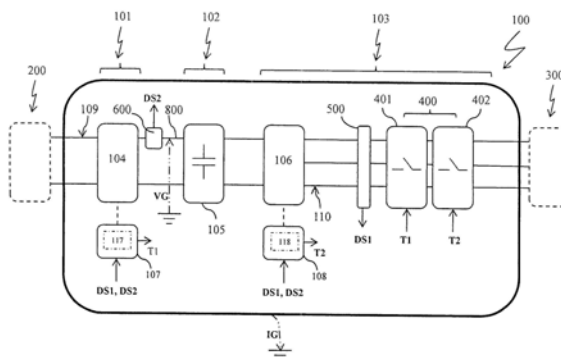
权利要求书2页 说明书10页 附图3页

(54)发明名称

用于检测功率变换装置中的接地故障状况的方法

(57)摘要

本公开涉及用于检测功率变换装置中的接地故障状况的方法。检测功率变换装置(100)中接地故障状况的方法(1),特征在于包括以下步骤:-获取(11)第一检测信号(DS1),其指示功率变换装置与地之间流动的接地漏电电流(IG);-处理(13)第一检测信号(DS1)以针对一个或多个选择的感兴趣频带计算指示接地漏电电流(IG)的时变分量(IG_{AC-BOI})的第一处理信号(PS1);-处理(14)第一检测信号(DS1)以计算指示接地漏电电流(IG)的非时变分量(IG_{DC})的第二处理信号(PS2);-处理(15)第一和第二处理信号(PS1、PS2)以计算指示接地漏电电流(IG)的电阻性分量(IG_{RES})的第三处理信号(PS3);-处理(16)第三处理信号(PS3)以确定是否存在接地故障状况。



1. 一种用于检测功率变换装置(100)中的接地故障状况的方法(1),其特征在于所述方法包括以下步骤:

-获取(11)第一检测信号(DS1),所述第一检测信号(DS1)指示在所述功率变换装置与地之间流动的接地漏电电流(IG);

-处理(13)所述第一检测信号(DS1)以针对一个或多个选择的感兴趣的频带计算第一处理信号(PS1),所述第一处理信号(PS1)指示所述接地漏电电流(IG)的时变分量(IG_{AC-BOI});

-处理(14)所述第一检测信号(DS1)以计算第二处理信号(PS2),所述第二处理信号(PS2)指示所述接地漏电电流(IG)的非时变分量(IG_{DC});

-处理(15)所述第一和第二处理信号(PS1、PS2)以计算第三处理信号(PS3),所述第三处理信号(PS3)指示所述接地漏电电流(IG)的电阻性分量(IG_{RES});

-处理(16)所述第三处理信号(PS3)以确定是否存在接地故障状况。

2. 如权利要求1所述的方法,其特征在于处理所述第一检测信号(DS1)以计算所述第一处理信号(PS1)的所述步骤(13)包括对所述第一检测信号(DS1)进行滤波以计算针对所述选择的感兴趣的频带被滤波的所述接地漏电电流(IG)的交流谐波含量。

3. 如前述权利要求中的一项或多项所述的方法,其特征在于处理所述第一检测信号(DS1)以计算所述第二处理信号(PS2)的所述步骤(14)包括对所述第一检测信号(DS1)进行滤波以计算所述接地漏电电流(IG)的直流谐波含量。

4. 如前述权利要求中的一项或多项所述的方法,其特征在于处理所述第一检测信号(DS1)以计算所述第一处理信号(PS1)的所述步骤(13)包括以下步骤:

-对所述第一检测信号(DS1)进行滤波(131)以计算第一预处理信号(PPS1),所述第一预处理信号(PPS1)指示针对所述选择的感兴趣的频带被滤波的所述接地漏电电流(IG)的交流谐波含量;

-获取(139)指示所述功率变换装置的部件与地之间的不平衡电压(VG)的第二检测信号(DS2)。

-对所述第二检测信号(DS2)进行滤波(132)以获得第二预处理信号(PPS2),所述第二预处理信号(PPS2)指示针对所述选择的感兴趣的频带的所述不平衡电压(VG)的交流谐波含量;

-针对所述选择的感兴趣的频带,处理(133)所述第一和第二预处理信号(PPS1、PPS2)以计算第三预处理信号(PPS3),所述第三预处理信号(PPS3)指示由于所述接地漏电电流(IG)的存在而在所述功率变换装置与地之间交换的有功功率的平均值;

-处理(134)所述第二预处理信号(PPS2)以计算第四预处理信号(PPS4),所述第四预处理信号(PPS4)指示所述第二预处理信号的RMS值;

-处理(135)所述第三和第四预处理信号(PPS3、PPS4)以计算所述第一处理信号(PS1)。

5. 如权利要求4所述的方法,其特征在于处理所述第一和第二预处理信号(PPS1、PPS2)以计算所述第三预处理信号(PPS3)的所述步骤(133)包括以下步骤:

-针对所述一个或多个感兴趣的频带,处理(1331)所述第一和第二预处理信号(PPS1、PPS2)以计算第五预处理信号(PPS5),所述第五预处理信号(PPS5)指示由于所述接地漏电电流(IG)的存在而在所述功率变换装置与地之间交换的所述有功功率的瞬时值;

-处理 (1332) 所述第五预处理信号 (PPS5) 以计算所述第三预处理信号 (PPS3), 处理 (1332) 所述第五预处理信号 (PPS3) 的所述步骤包括计算所述第五预处理信号在时间上的平均或执行对所述第五预处理信号的低通滤波。

6. 如前述权利要求中的一项或多项所述的方法, 其特征在于处理所述第一检测信号 (DS1) 以计算所述第二处理信号 (PS2) 的所述步骤 (14) 包括以下步骤:

-对所述第一检测信号 (DS1) 进行滤波 (141) 以计算第六预处理信号 (PPS6), 所述第六预处理信号 (PPS6) 指示所述接地漏电电流 (IG) 的直流谐波含量;

-处理 (142) 所述第六预处理信号 (PPS6) 以计算所述第二处理信号 (PS2), 处理所述第六预处理信号 (PPS6) 的所述步骤 (142) 包括计算所述第六预处理信号的RMS值。

7. 如前述权利要求中的一项或多项所述的方法, 其特征在于处理所述第三处理信号 (PS3) 的所述步骤 (16) 包括将所述第三处理信号 (PS3) 与一个或多个保护阈值进行比较。

8. 如前述权利要求中的一项或多项所述的方法, 其特征在于所述方法包括以下步骤:

-处理 (17) 所述第一检测信号 (DS1) 以计算第四处理信号 (PS4), 所述第四处理信号 (PS4) 指示所述接地漏电电流 (IG) 的RMS值;

-处理 (18) 所述第四处理信号 (PS4) 和所述第三处理信号 (PS3), 以计算第五处理信号 (PS5), 所述第五处理信号 (PS5) 指示所述接地漏电电流 (IG) 的电容性分量 (IG_{CAP})。

9. 如前述权利要求中的一项或多项所述的方法, 其特征在于所述功率变换装置 (100) 是光伏逆变器。

10. 如权利要求9所述的方法, 其特征在于所述光伏逆变器 (100) 是无变压器类型的。

11. 一种功率变换装置 (100), 所述功率变换装置 (100) 能够与发电系统 (200) 和配电网 (300) 电气连接, 其特征在于所述功率变换装置 (100) 包括数据处理资源 (117、118), 所述数据处理资源 (117、118) 配置为执行根据前述权利要求中的一项或多项的方法 (1)。

12. 如权利要求11所述的功率变换装置, 其特征在于所述功率变换装置是光伏逆变器。

13. 如权利要求12所述的功率变换装置, 其特征在于所述光伏逆变器 (100) 是无变压器类型的。

用于检测功率变换装置中的接地故障状况的方法

技术领域

[0001] 本发明涉及发电厂领域。

[0002] 更特别地,本发明涉及用于检测功率变换装置(例如光伏逆变器)中的接地故障状况的方法。

背景技术

[0003] 众所周知,发电厂(例如光伏电站)包括操作上与对应发电系统(例如光伏板或光伏串)相关联的许多(甚至数百或数千)功率变换装置(例如功率变换装置)。

[0004] 在许多应用中,功率变换装置包括直流部分和交流部分,它们分别通过直流和交流母线与对应发电系统和与配电网电气地连接。

[0005] 大多数传统功率变换装置具有它们的通过变压器彼此耦合和电气绝缘的直流和交流部分。

[0006] 该类型的功率变换装置由于变压器绕组处的功耗现象而在效率方面示出相关限制。另外,它们通常庞大,并且在工业级制造是昂贵的。

[0007] 近年来,无变压器类型的功率变换装置已得到发展。这些设备不包括耦合它们的直流和交流部分的绝缘变压器级。

[0008] 无变压器类型的功率变换装置在市场上日益流行,因为它们的特征是与前述大多数传统设备相对的提高效率、减小的尺寸和重量以及更低的工业成本。

[0009] 然而,这些设备在电力安全方面示出一些缺点,因为它们的直流和交流电路之间没有电气绝缘,并且可能存在朝向地的漏电电流,这对人类健康有潜在危险。

[0010] 为了减轻这些顾虑,无变压器类型的功率变换装置通常配备有开关设备,所述开关设备布置成在接收适当跳闸命令时中断交流母线的电线。

[0011] 当确定接地故障状况时,前述开关设备跳闸,并且功率变换装置(连同电气耦合到它的发电系统)变得与配电网电气隔离。

[0012] 在无变压器类型的功率变换装置中,接地故障状况通常通过测量装置中接地漏电电流的RMS(均方根)值并基于适当识别标准检查这样的电量的行为来检测。

[0013] 经验已示出该技术方法在故障检测精度方面提供不良性能。

[0014] 该情况常常导致制造商设置严格的识别标准(保护阈值)来确定接地故障状况的存在,以确保功率变换装置完全遵从国际法规(例如UL1998, IEC62109-2)。

[0015] 然而,已证明该补救措施就是在功率变换装置从配电网频繁的非期望的断开导致传送到配电网的电能的量减少的起源。

[0016] 在此,针对现有技术,非常需要克服或减轻现有技术的前述缺点的解决方案。

发明内容

[0017] 根据以下权利要求1和相关从属权利要求,本发明打算通过提供用于检测功率变换装置中的接地故障状况的方法来响应该需要。

- [0018] 在通常定义中,根据本发明的方法包括以下步骤:
- [0019] -获取指示在所述功率变换装置和地之间流动的接地漏电电流的第一检测信号;
- [0020] -处理所述第一检测信号以针对一个或多个所选择的感兴趣的频带计算第一处理信号,所述第一处理信号指示所述接地漏电电流的时变分量;
- [0021] -处理所述第一检测信号以计算第二处理信号,所述第二处理信号指示所述接地漏电电流的非时变分量;
- [0022] -处理所述第一和第二处理信号以计算第三处理信号,所述第三处理信号指示所述接地漏电电流的电阻性分量;
- [0023] -处理所述第三处理信号以确定是否存在接地故障状况。
- [0024] 优选地,处理所述第一检测信号以计算所述第一处理信号的所述步骤包括对所述第一检测信号进行滤波以计算针对所述选择的感兴趣频带被滤波的所述接地漏电电流的交流谐波含量。
- [0025] 优选地,处理所述第一检测信号以计算所述第二处理信号的所述步骤包括对所述第一检测信号进行滤波以计算所述接地漏电电流的直流谐波含量。
- [0026] 根据发明的一个方面,计算所述第一处理信号包括计算由于存在接地漏电电流而在功率变换装置与地之间交换的平均有功功率。
- [0027] 优选地,处理所述第一检测信号以计算所述第一处理信号的所述步骤包括以下步骤:
- [0028] -对所述第一检测信号进行滤波,以针对所述选择的感兴趣的频带计算第一预处理信号,所述第一预处理信号指示所述接地漏电电流的交流谐波含量;
- [0029] -获取指示所述功率变换装置的部件与地之间的不平衡电压的第二检测信号;
- [0030] -针对所述选择的感兴趣的频带对所述第二检测信号进行滤波以获得第二预处理信号,所述第二预处理信号指示所述不平衡电压的交流谐波含量;
- [0031] -针对所述选择的感兴趣的频带,处理所述第一和第二预处理信号以计算第三预处理信号,所述第三预处理信号指示由于存在所述接地漏电电流而在所述功率变换装置与地之间交换的有功功率的平均值;
- [0032] -处理所述第二预处理信号,以计算指示所述第二预处理信号的RMS值的第四预处理信号,所述第四预处理信号在实践中指示针对所述选择的感兴趣的频带被交流滤波的不平衡电压;
- [0033] -处理所述第三和第四预处理信号以计算所述第一处理信号。
- [0034] 优选地,处理所述第一和第二预处理信号以计算所述第三预处理信号的所述步骤包括以下步骤:
- [0035] -针对所述一个或多个感兴趣的频带,处理所述第一和第二预处理信号以计算第五预处理信号,所述第五预处理信号指示由于存在所述接地漏电电流而在所述功率变换装置与地之间交换的有功功率的瞬时值;
- [0036] -处理所述第五预处理信号以计算所述第三预处理信号。
- [0037] 根据发明的一个方面,处理所述第一检测信号以计算所述第二处理信号的所述步骤包括以下步骤:
- [0038] -对所述第一检测信号进行滤波以计算指示所述接地漏电电流的直流谐波含量的

第六预处理信号；

[0039] -处理所述第六预处理信号以计算所述第二处理信号。

[0040] 优选地，在直流滤波的接地漏电电流的实践中，处理所述第六预处理信号的所述步骤包括计算所述第六预处理信号的RMS值。

[0041] 根据发明的一个方面，处理所述第三处理信号的所述步骤包括将所述第三处理信号与一个或多个阈值进行比较。

[0042] 根据发明的一个方面，方法包括以下步骤：

[0043] -处理所述第一检测信号以计算指示所述接地漏电电流的RMS值的第四处理信号；

[0044] -处理所述第四处理信号和所述第三处理信号以计算指示所述接地漏电电流的电容性分量的第五处理信号。

[0045] 在另一方面，根据以下权利要求11和相关从属权利要求，本发明涉及功率变换装置。

[0046] 优选地，所述功率变换装置是例如无变压器类型的光伏逆变器。

[0047] 根据本发明的可能实施例，所述功率变换装置包括适于控制DC/DC变换级的操作的第一控制单元和适于控制DC/AC变换级的操作的第二控制单元。

[0048] 优选地，所述第一和第二控制单元中的每一个包括对应数据处理资源，所述数据处理资源配置为执行本发明方法的方法，并且如果在执行所述方法时确定接地故障状况，则生成用于保护件的对应跳闸信号，所述保护件包括在所述功率变换装置中或操作上与所述功率变换装置相关联。

附图说明

[0049] 参照附图中的图的非限制性实施例的以下描述中，本发明的进一步特征和优点将明显，其中：

[0050] -图1示出根据本发明的实现用于检测接地故障状况的方法的功率变换装置的示意框图；

[0051] -图2示出描述根据本发明的方法的示意框图；

[0052] -图3示出描述根据本发明的方法的优选实施例的示意框图。

具体实施方式

[0053] 参考所引用的图，本发明涉及用于检测用于低压发电厂的功率变换装置100中的接地故障状况的方法。

[0054] 为了清楚起见，规定术语“低压”是指低于交流1kV和直流1.5kV的工作电压。

[0055] 原则上，功率变换装置100可以是任何类型的。

[0056] 实际上，本发明的方法通常可以在任何类型的功率变换装置中实现，例如在为光伏发电系统、风力发电系统、燃料电池发电系统、电池发电系统等等设计的功率变换装置中。

[0057] 无论如何，本发明的方法特别适合于在光伏逆变器中实现，并且下文将特别参考该应用来描述，而不打算以任何方式限制发明的范围。

[0058] 因此，在方法1的优选实现中，功率变换装置100是光伏逆变器。

[0059] 特别参考图1,功率变换装置100包括直流部分101以及交流部分103,所述直流部分101旨在通过布置在直流母线109中的一个或多个直流电线与发电系统200(例如包括一个或多个光伏板或光伏串的组件)电气连接,所述交流部分103旨在通过布置在交流母线110中的一个或多个交流电线与配电网300(例如单相或多相类型的)电气连接。

[0060] 优选地,直流部分101包括DC/DC变换级104(例如包括DC/DC开关变换器),所述DC/DC变换级104具有与直流母线109电气连接的输入端口。

[0061] 优选地,交流部分103包括DC/AC变换级106(例如包括DC/AC开关变换器),所述DC/AC变换级106具有与交流母线110电气地连接的输出端口。

[0062] 功率变换装置100包括电气耦合直流部分和交流部分101、103的耦合部分102。

[0063] 优选地,耦合部分102包括将DC/DC变换级104的输出端口和DC/AC变换级106的输入端口电气耦合的直流链路级105。例如,直流链路级105可以包括一个或多个电容器,所述电容器电气地并联连接在DC/DC变换级104的输出端口和DC/AC变换级106的输入端口之间。

[0064] 优选地,功率变换装置100是无变压器类型的。在该情况下,它不包括电气地隔离直流部分和交流部分101、103的(例如,包括在一个或部分101、102、103中的)任何变压器。

[0065] 优选地,功率变换装置100包括控制变换级104、106的操作的控制件107、108。

[0066] 优选地,控制件107、108包括执行它们的功能的数据处理资源117、118。

[0067] 数据处理资源117、118可以以模拟和/或数字方式在工业上实现。

[0068] 如果它们以模拟方式实现,则它们包括适当布置的模拟类型的电子电路。

[0069] 如果它们以数字方式实现,则它们包括适当布置的计算机化单元(例如DSP或微处理器),所述计算机化单元配置为执行存储在介质中或可存储在介质中的软件指令的集合。

[0070] 作为另一备选,数据处理资源117、118可以包括集成电路或能够处理模拟和/或数字信号的其他电子布置(例如FPGA、SoC等等)。

[0071] 根据本发明的一些实施例,前述控制件包括两个不同的控制单元,即控制变换级104的、包括在直流部分101中的第一控制单元107,和控制变换级106的、包括在交流部分103中的第二控制单元108。

[0072] 根据本发明的一些实施例,功率变换装置100包括保护件400,所述保护件400适于在接收适当的跳闸信号T1、T2时将所述装置与配电网300电气断开。

[0073] 优选地,保护件400包括操作上与交流母线110的电线相关联的一个或多个开关设备(例如机械或机电类型的,诸如继电器、接触器等等)。

[0074] 优选地,保护装置400包括开关设备的第一组401和第二组402,所述第一组401和第二组402分别在接收到第一跳闸信号T1和第二跳闸信号T2时可以彼此独立地干预。

[0075] 根据本发明的替代实施例,保护件400不包括在功率变换装置100中,而是仅操作上与所述功率变换装置100相关联。在这种情况下,它们可以沿将交流部分103电气地连接到配电网300的电线来布置。

[0076] 优选地,设备的前述控制件107、108配置为向开关设备的组401、402提供跳闸信号T1、T2。

[0077] 根据本发明的一些实施例,功率变换装置100包括第一感测件500,所述第一感测件500适于提供指示在功率变换装置10与地之间流动的接地漏电电流IG的第一检测信号DS1。

[0078] 优选地,第一感测件500包括布置成检测母线110的电线之间的不平衡电流的不同类型的一个或多个电流变压器或电流传感器。

[0079] 根据本发明的替代实施例,第一感测件500不包括在功率变换装置100中,而是仅在操作上与所述功率变换装置100相关联。在该情况下,它们可以沿将交流部分103与配电网300电气连接的电线布置。

[0080] 优选地,装置的前述控制件107、108配置为接收和处理由第一感测件500传送的第一检测信号DS1。

[0081] 根据本发明的优选实施例,功率变换装置100包括第二感测件600,所述第二感测件600适于提供指示功率变换装置100的给定部件800与地之间的不平衡电压VG的第二检测信号DS2。

[0082] 作为示例,功率变换装置100的部件800可以是直流母线100的导体、直流部分或直流链路级105的适当端子。

[0083] 优选地,感测件600包括不同类型的一个或多个电阻性电路或电压传感器,所述电阻性电路或电压传感器布置成检测功率变换装置100的部件800与地之间的电压差。

[0084] 根据本发明的其他实施例,第二感测件600不包括在功率变换装置100中,而是仅在操作上与所述功率变换装置100相关联。在该情况下,它们可以布置在功率装置100的外部端子和地之间。

[0085] 优选地,装置的前述控制件107、108配置为接收和处理由第二感测件600传送的第二检测信号DS2。

[0086] 通常,直流部分101、耦合部分102和交流部分103的大部分部件和电路以及保护件400和第一和第二感测件500、600可以是已知类型,并且为了简洁起见,本文将不再更详细描述。

[0087] 特别参考图2-3,现在根据本发明描述方法1。

[0088] 方法1包括获取第一检测信号DS1的步骤11,所述第一检测信号DS1指示在功率变换装置100和地之间流动的接地漏电电流IG。

[0089] 如前述,第一检测信号DS1可由包括在功率变换装置100中的或操作上与功率变换装置100相关联的第一感测件500适当地提供。

[0090] 根据发明,方法1包括以下进一步处理步骤:

[0091] -步骤13,处理如此获得的第一检测信号DS1以针对一个或多个感兴趣的频带计算第一处理信号PS1,所述第一处理信号PS1指示接地漏电电流IG的时变分量 IG_{AC-BOI} ;

[0092] -步骤14,处理第一检测信号DS1以计算第二处理信号PS2,所述第二处理信号PS2指示接地漏电电流IG的非时变分量 IG_{DC} ;

[0093] -步骤15,处理第三和第二处理信号PS1、PS2以计算第三处理信号PS3,所述第三处理信号PS3指示接地漏电电流IG的电阻性分量 IG_{RES} ;

[0094] -步骤16,处理第三处理信号PS3以确定是否存在接地故障状况。

[0095] 前述处理步骤13被引导以针对一个或多个所选择的感兴趣的频带来计算信号PS1,所述信号PS1指示所检测的接地漏电电流IG的时变分量 IG_{AC-BOI} 。

[0096] 此解决方案基于以下考虑。

[0097] 在功率变换装置中,所检测的接地漏电电流IG通常可视为由以下关系给出:

[0098] $IG = IG_{AC} + IG_{DC}$

[0099] 其中 IG_{AC} 是接地漏电电流 IG 的时变分量,指示接地漏电电流 IG 的交流谐波含量,并且其中 IG_{DC} 是接地漏电电流 IG 的非时变分量,指示接地漏电电流 IG 的直流谐波含量。

[0100] 为了清楚起见,所检测的接地漏电电流 IG 的术语“非时变分量”和“时变分量”分别指所述电流的直流分量和交流分量。

[0101] 接地漏电电流 IG 的上述时变分量 IG_{AC} 可以考虑为由以下关系给出:

[0102] $IG_{AC} = IG_{AC-BOI} + IG_{AC-NS}$

[0103] 其中, IG_{AC-NS} 是接地漏电电流 IG 的高频交流分量和/或噪声分量,为了检测装置100的接地故障状况,所述高频交流分量和/或噪声分量 IG_{AC-NS} 可因为不感兴趣而切断,并且 IG_{AC-BOI} 是针对一个或多个感兴趣的频带的接地漏电电流 IG 的时变分量 IG_{AC-BOI} 。

[0104] 取决于配电网300和功率变换装置100的电路特性和功能特性,可以适当地选择时变分量 IG_{AC-BOI} 的感兴趣的频带。

[0105] 例如,如果配电网300为单相型(例如功率变换装置100为单相功率变换装置),则检测信号 $PS1$ 可以指示以 F_g 的倍频(例如 $2F_g$)为中心的频带中的时变分量 IG_{AC} ,其中 F_g 是电网频率(例如50或60Hz)。

[0106] 作为另一示例,如果配电网300是三相类型(例如功率变换装置100是三相功率变换装置),则检测信号 $PS1$ 指示以 $3F_g$ 的频率为中心的单个频带中的时变分量 IG_{AC} 。

[0107] 该技术方法为接地故障确定过程提供高度的灵活性,因为可以根据实际功率变换装置100的实际操作状况适当地调整时变分量 IG_{AC} 。

[0108] 另外,根据实际功率变换装置100的实际操作状况导出的高频交流分量和/或噪声分量 IG_{AC-NS} 可以有效地被切断。

[0109] 根据前述推理,计算第一处理信号 $PS1$ 的前述处理步骤13优选地包括对第一检测信号 $DS1$ 进行滤波,以针对所选择的感兴趣的频带计算接地漏电电流 IG 的交流谐波含量 IG_{AC-BOI} 。

[0110] 类似地,处理所述第一检测信号 $DS1$ 以计算第二处理信号 $PS2$ 的前述步骤14优选地包括对第一检测信号 $DS1$ 进行滤波以计算接地漏电电流 IG 的直流谐波含量 IG_{DC} 。

[0111] 在本发明的优选实施例中,如图3中说明的,接地漏电电流 IG 的前述时变分量 IG_{AC-BOI} 是通过针对所选择的感兴趣的频带计算由于存在接地漏电电流 IG 而在功率变换装置100和地之间交换的平均有功功率 P_{A-BOI} 而获得的。

[0112] 换言之,接地漏电电流 IG 的时变分量 IG_{AC-BOI} 是通过针对所选择的感兴趣的频带计算由接地漏电电流 IG 表示的交流电扰动的平均有功功率而获得的。

[0113] 该解决方案基于这一观察结果:对于所选择的感兴趣的频带,这样的所述电扰动的瞬时有功功率 $P_{AC-BOI}(t)$ 通常由以下关系给出:

[0114] $P_{AC-BOI}(t) = V_{GAC-BOI}(t) * I_{GAC-BOI}(t)$

[0115] 其中 $V_{GAC-BOI}(t)$ 和 $I_{GAC-BOI}(t)$ 分别是针对所选择的感兴趣的频带滤波的经检测的不平衡电压 V_G 和接地漏电电流 IG 的时变分量的瞬时值。

[0116] 在实践中, $V_{GAC-BOI}(t)$ 和 $I_{GAC-BOI}(t)$ 表示在所选择的感兴趣的频带中不平衡电压 V_G 和接地漏电电流 IG 的交流谐波含量的瞬时值。

[0117] 对于所选择的感兴趣的频带,所述交流电扰动的平均有功功率 P_A 通常由以下关系

给出：

$$[0118] \quad P_{A-BOI} = \frac{1}{T} \int_0^T V_{GAC-BOI}(t) * I_{GAC-BOI}(t) dt$$

[0119] 其中T是一般时间间隔，例如 $T = T_g = 1/F_g$ （例如20或16ms）。

[0120] 因此，对于所选择的感兴趣的频带，接地漏电电流IG的时变分量 I_{AC-BOI} 由以下关系给出：

$$[0121] \quad I_{GAC-BOI} = P_{AC-BOI} / V_{GAC-BOI}$$

[0122] 其中， $V_{GAC-BOI}$ 是检测的不平衡电压VG的时变分量 $V_{GAC-BOI}$ 。

[0123] 根据上文说明的推理，在本发明的该实施例中，前述处理步骤13优选地包括：

[0124] -步骤131，对第一检测信号DS1进行滤波以针对所选择的感兴趣的频带计算第一预处理信号PPS1，所述第一预处理信号PPS1指示接地漏电电流IG的交流谐波含量 $I_{GAC-BOI}$ ；

[0125] -步骤139，获取第二检测信号DS2，所述第二检测信号DS2指示在功率变换装置100的部件与地之间的不平衡电压VG。如前述，在本发明的该实施例中，检测信号DS2可由第二感测件600分别适当地提供，所述第二感测件600方便地包括在功率变换装置100中或与功率变换装置100操作上相关联；

[0126] -步骤132，对第二检测信号DS2进行滤波以针对所选择的感兴趣频带计算第二预处理信号PPS2，所述第二预处理信号PPS2指示不平衡电压VG的交流谐波含量 $V_{GAC-BOI}$ 。

[0127] 在实践中，针对所选择的感兴趣的频带，第一和第二预处理信号PPS1、PPS2分别指示针对所选择的感兴趣的频带滤波的接地漏电电流IG和不平衡电压VG。

[0128] 为了执行处理步骤131和132，由前述数据处理资源可以方便地执行在所选择的感兴趣的频带上适当调谐的带通滤波功能。

[0129] 前述处理步骤13优选地包括处理第一和第二预处理信号PPS1、PPS2以针对所述一个或多个感兴趣的频带计算第三预处理信号PPS3的步骤133，所述第三预处理信号PPS3指示由于存在接地漏电电流IG而在功率变换装置100和地之间交换的有功功率的平均值 P_{A-BOI} 。

[0130] 优选地，前述处理步骤133包括处理第一和第二预处理信号PPS1、PPS2以计算第三预处理信号PPS3的步骤1331，所述第三预处理信号PPS3指示针对所述一个或多个感兴趣的频带的在功率变换装置100和地之间交换的有功功率的瞬时值 $P_{AC-BOI}(t)$ 。

[0131] 为了执行处理步骤1331，由前述数据处理资源可以方便地执行乘法功能。

[0132] 优选地，前述处理步骤133包括处理第五预处理信号PPS5以计算第三预处理信号PPS1的步骤1332。

[0133] 方便地，处理步骤1332包括计算第五预处理信号PPS5的在时间上（例如在时间间隔 $T = T_g = 1/F_g$ 上）的平均。作为替代，处理步骤1332可以包括利用低通滤波器对第五预处理信号PPS3进行滤波。

[0134] 为了执行处理步骤1332，可以由前述数据处理资源方便地执行积分功能。

[0135] 根据本发明的该实施例，前述处理步骤13优选地包括处理第二预处理信号PPS2以计算第四预处理信号PPS4的步骤134，所述第二预处理信号PPS2指示针对所选择的感兴趣的频带的交流滤波的不平衡电压VG，所述第四预处理信号PPS4指示经滤波的不平衡电压VG

的RMS值。

[0136] 在各个瞬时,针对所选择的感兴趣的频带的交流滤波的不平衡电压的RMS值由以下关系给出:

$$[0137] \quad VG_{AC-RMS-BOI}(t) = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T |VG_{AC-BOI}(t)|^2 dt}$$

[0138] 其中 $VG_{AC-BOI}(t)$ 是交流滤波的不平衡电压VG的瞬时值。

[0139] 为了执行处理步骤134,可以由前述数据处理资源方便地执行RMS计算功能。

[0140] 根据本发明的该实施例,前述处理步骤13优选地包括处理第三预处理信号PPS3和第四预处理信号PPS4以计算第一处理信号PS1的步骤135,所述第三预处理信号PPS3指示平均值 P_A ,所述第四预处理信号PPS4指示交流滤波的不平衡电压VG的RMS值,所述第一处理信号PS1指示时变分量 IG_{AC} 。

[0141] 为了执行处理步骤135,由前述数据处理资源可以方便地执行除法功能。

[0142] 本发明的方法的处理步骤14被引导以计算指示所检测的接地漏电电流IG的非时变分量 IG_{DC} 的信号PS2。

[0143] 方便地,通过从检测的接地漏电电流IG去除所有交流谐波分量来计算该量。在实践中,检测的接地漏电电流IG的交流谐波分量被当作高频噪声(图2-3)。

[0144] 优选地,处理步骤14包括对第一检测信号DS1进行滤波以计算第六预处理信号PPS6的步骤141,所述第六预处理信号PPS6指示接地漏电电流IG的直流谐波含量(经直流滤波的接地漏电电流IG)。

[0145] 为了执行处理步骤141,可以由前述数据处理资源方便地执行低通滤波功能。

[0146] 然后,前述处理步骤14包括处理第六预处理信号PPS6以计算第二处理信号PS2的步骤142,所述第六预处理信号PPS6指示经直流滤波的接地漏电电流IG,所述第二处理信号PS2指示接地漏电电流IG的非时变分量 IG_{DC} 。

[0147] 方便地,处理步骤142包括计算经直流滤波的接地漏电电流IG的RMS值,所述RMS值可以由与上文说明的类似的关系给出。

[0148] 为了执行处理步骤142,可以由前述数据处理资源方便地执行RMS计算功能。

[0149] 本发明的方法的处理步骤15被引导以计算接地漏电电流IG的电阻性分量 IG_{RES} 。

[0150] 该处理步骤的根据在于观察到在功率变换装置中,接地漏电电流IG可视为由以下关系给出:

$$[0151] \quad IG = IG_{RES} + IG_{CAP}$$

[0152] 其中, IG_{RES} 是接地漏电电流IG的电阻性分量,由于存在朝向地的电阻性导电路径而产生并且潜在地危害人类健康,并且 IG_{CAP} 是接地漏电电流IG的电容性分量,通常由于存在寄生电容(例如PV板的寄生电容)而产生并且通常可以容忍,除非它达到高于最大阈值极限的非常高的值。

[0153] 本发明的方法允许在接地故障检测过程中实现更高水平的精度,因为其与不考虑接地漏电电流的杂散分量(从电气安全的角度)的传统接地故障检测方法不同。

[0154] 在本发明的方法中,实际上,故障确定过程一般不基于对接地漏电电流IG的RMS值的分析。

[0155] 相反,测量接地漏电电流IG的电阻性分量IG_{RES},并且基于适当的识别标准来检查该电气量的行为以确定是否存在接地故障状况,所述电阻性分量IG_{RES}是最相关的,因为它可能危害人类健康。

[0156] 优选地,接地漏电电流IG的电阻性分量IG_{RES}由以下关系给出:

$$[0157] \quad IG_{RES} = \sqrt{IG_{DC}^2 + IG_{AC-BOI}^2}$$

[0158] 其中,针对所选择的感兴趣的频带,IG_{DC}是接地漏电电流IG的非时变分量,IG_{AC-BOI}是接地漏电电流IG的时变分量。

[0159] 处理步骤15方便地在于根据前述关系处理第三和第二处理信号PS1、PS2 (图2-3)。

[0160] 为了执行处理步骤15,可以方便地使用实现前述关系的计算功能。

[0161] 本发明的方法的处理步骤16被引导为处理第三处理信号PS3以确定是否存在接地故障状况 (图2-3),所述第三处理信号PS3指示接地漏电电流IG的电阻性分量IG_{RES}。

[0162] 优选地,处理第三处理信号PS3的步骤16包括将第三处理信号PS3与一个或多个保护阈值进行比较。

[0163] 所述保护阈值可以方便地设置为及时检查第三处理信号PS3及其导数的行为。

[0164] 所述保护阈值可以是预定义的 (例如当控制件107、108被配置时存储在存储器中) 或者可以是根据功率变换装置100的操作状况计算的运行时间。

[0165] 根据本发明的一个方面,方法1包括被引导以计算接地漏电电流IG的电容性分量的一些处理步骤。

[0166] 该信息可以被适当地处理以检查可能的对地寄生电容的行为。

[0167] 优选地,接地漏电电流IG的电容性分量IG_{CAP}由以下关系给出:

$$[0168] \quad IG_{CAP} = \sqrt{IG^2 - IG_{RES}^2}$$

[0169] 其中,IG_{RES}是接地漏电电流IG的电阻性分量。

[0170] 优选地,方法1包括处理指示接地漏电电流IG的第一检测信号DS1以计算指示所述接地漏电电流的RMS值的第四处理信号PS4的步骤17 (图2-3)。

[0171] 为了执行处理步骤17,可以由上述数据处理资源方便地执行RMS计算功能。

[0172] 优选地,方法1包括处理第四处理信号PS4和第三处理信号PS3以计算第五处理信号PS5的步骤18 (图2-3),所述第五处理信号PS5指示接地漏电电流IG的电容性分量IG_{CAP}。

[0173] 处理步骤18方便地在于根据前述关系处理第三处理信号PS3和第四处理信号PS4。

[0174] 为了执行处理步骤18,可以方便地使用实现前述关系的计算功能。

[0175] 优选地,也可以使用由处理信号PS4、PS5带来的信息来实现或完成被引导以确定是否存在接地故障状况的前述步骤16。

[0176] 优选地,在其实际实现中,方法1特别适于由功率变换装置100的控制件107、108的数据处理资源117、118执行。

[0177] 优选地,所述数据处理资源配置为以规则的时间间隔 (例如每个电网周期T_g=1/F_g) 执行方法1,并且如果确定在执行所述方法 (图1) 时存在接地故障状况,则向保护件400提供跳闸信号T1、T2,以将功率变换装置100与配电网300电气地断开。

[0178] 优选地,当所述控制件包括如上文说明的两个控制单元时,功率变换装置100的每

个控制单元107、108包括执行方法1的数据处理资源117、118。

[0179] 方便地,每个控制单元107、108能够自主地(即独立于其他控制单元的行为)执行提供跳闸信号T1、T2的方法1。

[0180] 优选地,数据处理资源117、118还配置为如果在执行所述方法时确定存在接地故障状况,则向保护件400提供跳闸信号T1、T2。

[0181] 根据本发明,用于检测功率变换装置中的接地故障状况的方法提供与现有技术相关的若干优点。

[0182] 根据本发明的方法在测试状况(即当接地漏电电流IG由测试设备注入时)和正常操作状况下都提供在检测接地故障状况中的高水平的精度。

[0183] 一方面,该特征允许制造商建立符合规则的最优(即不过于严格的)故障识别标准,因为不期望的从配电网断开的事件较不频繁导致功率变换装置的平均服务时间延长。

[0184] 另一方面,可以实现功率变换装置的总体控制功能的显著改进。

[0185] 根据本发明的方法在其实际实现中具有高度灵活性。因此,它可以成功地用于具有各种配置的功率变换装置中(例如单相功率变换装置或三相功率变换装置中)的接地故障检测目的。

[0186] 根据本发明的方法在无变压器类型的功率变换装置中特别有用。然而,它也可以在大多数传统功率变换装置中实现,即使这些传统功率变换装置相对于前述电气安全顾虑来说通常较不关键。

[0187] 方法1在工业级相对容易实现。作为示例,其可以通过功率变换装置上的处理装置(诸如微控制器或DSP)容易地执行。

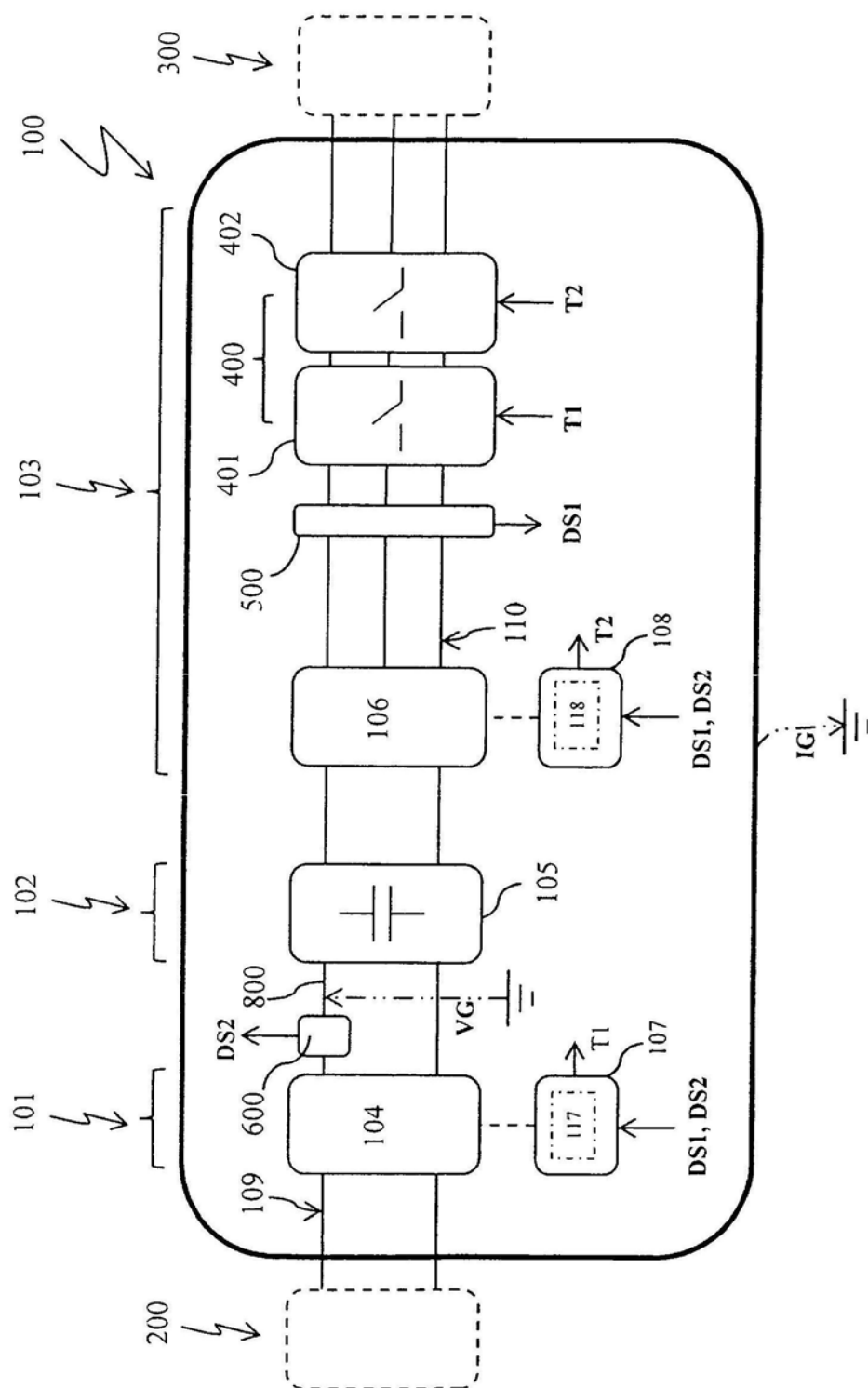


图1

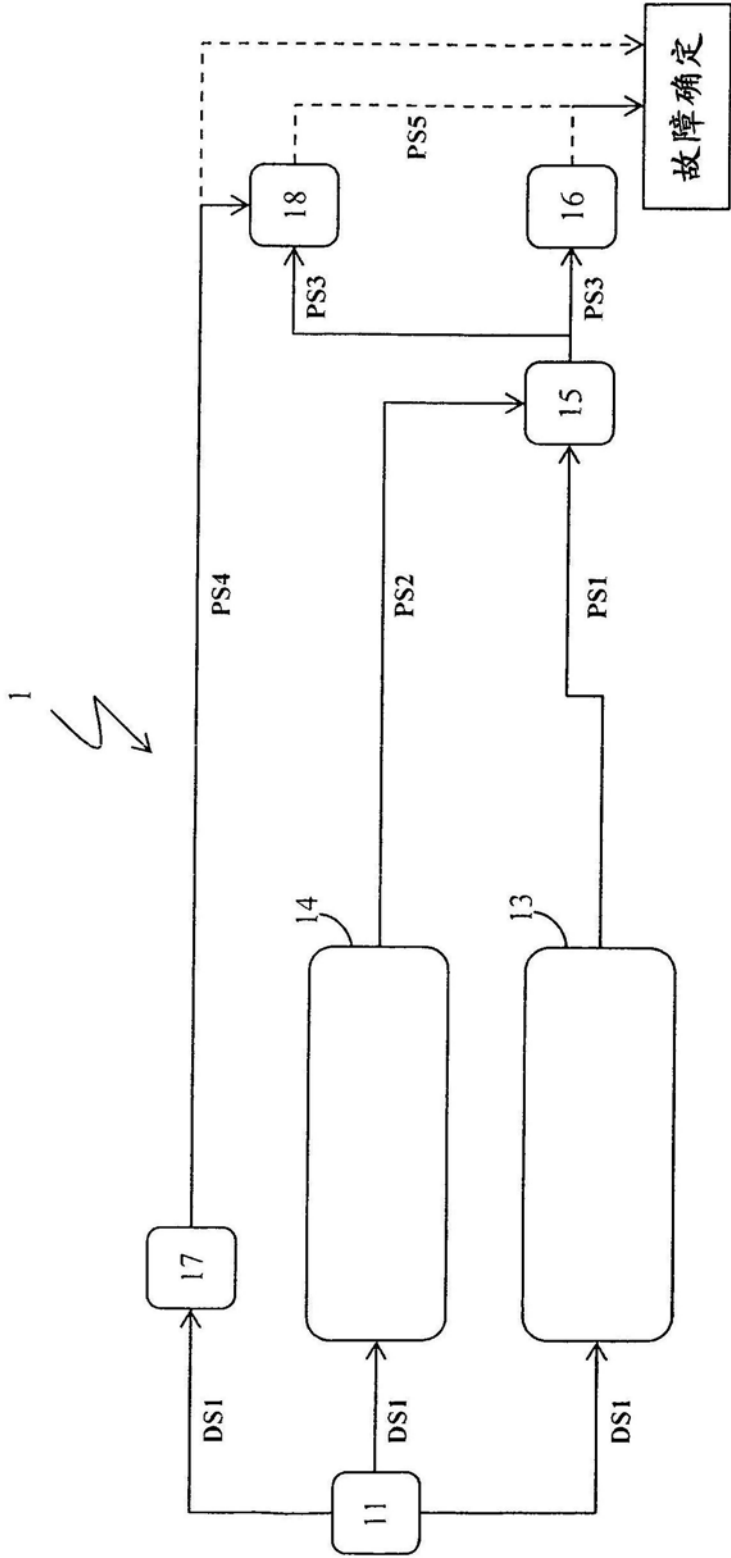


图2

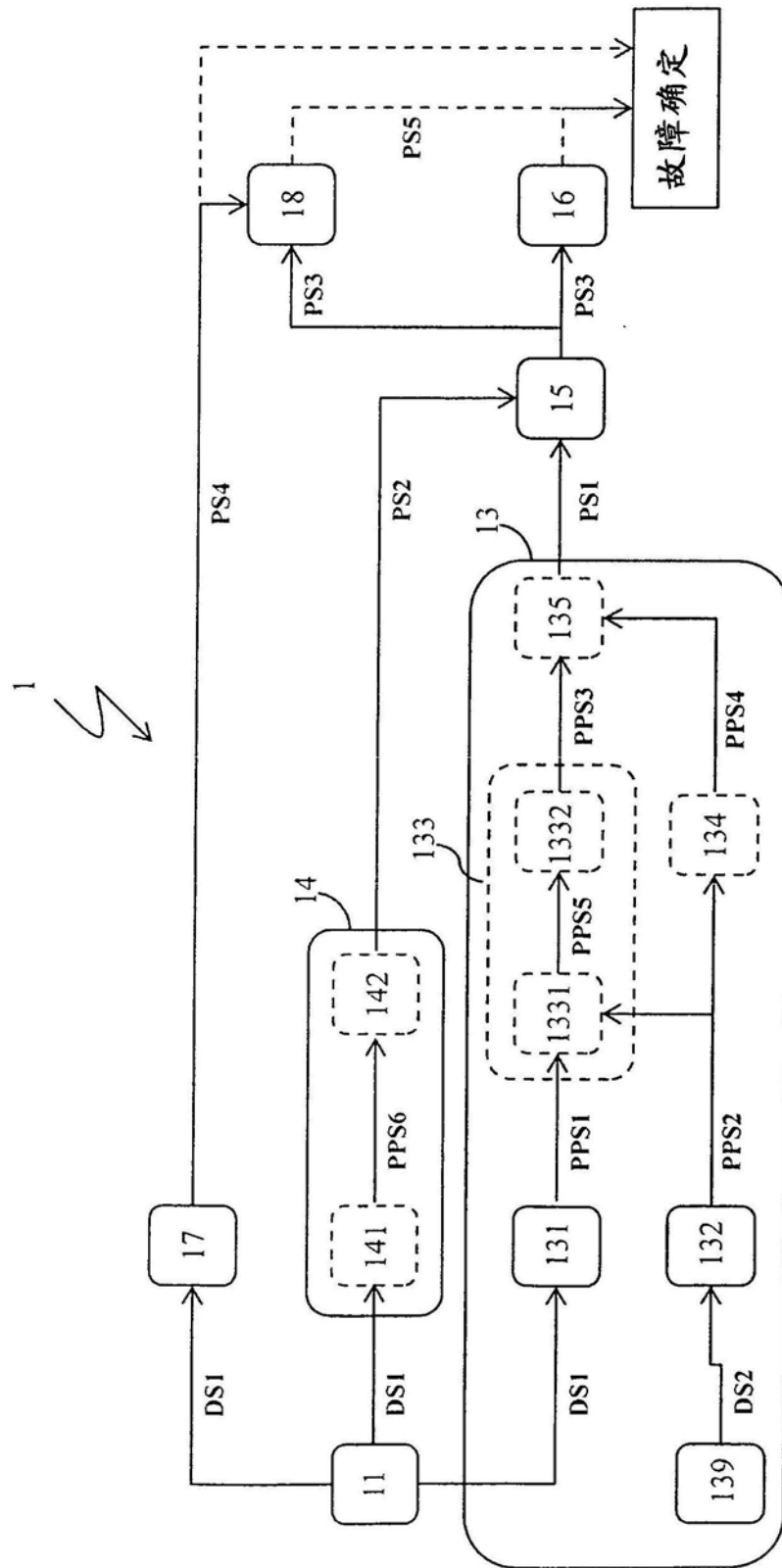


图3