

储能系统的故障主动检测方法及储能系统

本申请要求于 2023 年 03 月 20 日提交至中国国家知识产权局、申请号为 2023102877642、发明名称为“储能系统的故障主动检测方法及储能系统”的专利申请的优先权。

技术领域

本发明涉及储能电池技术领域，具体而言，涉及一种储能系统的故障主动检测方法及储能系统。

背景技术

微电网是储能系统最主要的应用领域，储能系统在微电网中的作用包括：1) 提高分布式能源的稳定性，分布式能源如太阳能、风能等，分布式能源受到外界环境如光照和风速的影响，其发电量具有随机性，而储能系统可在微电网中平衡分布式能源的波动，稳定输出；2) 改善用户的用电电能质量，微电网在与诸网并网运行时，其电能质量必须符合国家的标准，功率因数、电压不对等和电压闪降等参数需达到标准值，储能系统可快速提供功率缓冲，提供有功和无功功率支撑，稳定电压波动；3) 调峰调频，储能在微电网中，可在符合低谷时吸收分布式能源发出的过剩电能，在负荷高峰时释放电能，从而降低电网的运维压力。因此，储能系统需长期上电运行，但是，随着储能系统充放电次数的增加，其寿命衰减、内部故障和电池一致性问题日益凸显，而储能系统在项目场地运行后无法移动，其可靠性难以检验。

发明人所知道的一种电池组中电池故障诊断方法，在电池组经过多次充电、工况放电运行以及发生故障后，根据远程监控数据（存储数据）来对电池组进行故障诊断，具体通过电池组串联模块的最高电压值 V_{max} 和最低电压值 V_{min} 对电池组进行整体诊断，以筛选故障电池组。

上述方法是在电池组发生故障后，根据存储数据对故障电池进行筛选，而无论是动力电池还是储能电池，充放电状态的危险性要远高于静置状态，而此静置状态的诊断方法无法起到故障预测的作用，只能在电池组充放电过程中发生的故障显现后才能对故障电池进行识别，若电池故障未显现，则无法主动识别和判断出故障。

现有技术中，多数电池在生产之初或运行一段时间后，其内部或外部会存在焊接不良或电池制造工艺不良的问题，如外部虚焊或单体电池内部故障，在常规的充放电情况下（恒电流充放电），储能系统存在上述故障依然可以正常运行，即故障难以显现（即储能电池存在隐藏故障），在经过一段时间的运输等振动或运行后，上述故障才会凸显或导致其使用寿命出现严重衰退。而采用发明人所知道的方法仅能够在储能电池发生故障并显现后才能对故障进行识别，若储能电池故障未显现，则无法主动识别和判断出故障，且难以发现隐藏故障，这样容易引起整个储能系统故障。

发明内容

本发明的主要目的在于提供一种储能系统的故障主动检测方法及储能系统，上述储能系统的故障主动检测方法能够判断储能电池是否存在隐藏故障或其使用寿命是否出现严重衰退。

为了实现上述目的，本发明提供了一种储能系统的故障主动检测方法，包括：使储能电池荷电状态达到第一预设值的步骤；使储能电池以恒定电流 a 放电至其荷电状态达到第二预设值，截止放电，并获取放电时间 T 的放电时间获取步骤，其中，第二预设值小于第一预设值；判断放电时间 T 是否小于或等于预设放电时间 t ，如果是，则判定储能电池存在隐藏故障或其使用寿命出现严重衰退，如果否，则判定储能电池正常。

进一步地，储能电池包括多个电芯，电芯的编号为 i ，其中， i 可取 1 至 n ， n 为大于 1 的整数，在判定储能电池存在隐藏故障或其使用寿命出现严重衰退之后，储能系统的故障主动检测方法还包括：获取截止放电时的各电芯 i 的电压 V_i ；分别判断各电压 V_i 是否小于或等于储能电池的终止电压与电压浮动值之和，如果是，则判定电芯 i 异常，并进行更换，如果否，则判定电芯 i 无故障。

进一步地，放电时间获取步骤包括：利用储能变流器对储能电池以恒定电流 a 进行放电，并记录初始时刻 T_1 的放电步骤；判断储能电池的荷电状态是否小于或等于第二预设值，如果是，则执行利用储能变流器控制储能电池停止放电，并记录截止时刻 T_2 ，如果否，则继续执行放电步骤；其中，放电时间 $T = \text{截止时刻 } T_2 - \text{初始时刻 } T_1$ 。

进一步地，使储能电池荷电状态达到第一预设值的步骤包括：使储能系统上电；判断储能电池的荷电状态是否小于或等于第一预设值，如果是，则执行判断储能电池的荷电状态是否等于第一预设值的判断步骤，如果否，则执行对储能电池进行放电的步骤，并在放电一段时间后执行判断储能电池的荷电状态是否小于或等于第一预设值的步骤。

进一步地，使储能电池荷电状态达到第一预设值的步骤还包括：判断储能电池的荷电状态是否等于第一预设值，如果是，则执行放电时间获取步骤，如果否，则执行对储能电池进行充电的步骤，并在充电一段时间后执行判断储能电池的荷电状态是否等于第一预设值的步骤。

进一步地，在放电时间获取步骤之前，在使储能电池荷电状态达到第一预设值的步骤之后，储能系统的故障主动检测方法还包括：微网控制器向储能变流器下达待机指令；断开控制储能电池与微电网之间的电连接；使储能电池、储能变流器和负载首尾依次连接，以形成测试回路。

进一步地，在判定储能电池正常的步骤之后，储能系统的故障主动检测方法还包括：微网控制器向储能变流器下达待机指令；利用微网控制器控制测试回路断开；利用微网控制器使储能电池与微电网电连接。

进一步地，在判定储能电池正常的步骤之后，储能系统的故障主动检测方法还包括：判断当前时刻与上一次检测结束时刻之差是否大于或等于检测周期的定期巡检判断步骤，如果是，则执行使储能电池荷电状态达到第一预设值的步骤，如果否，则执行延时预设时间，之后执行定期巡检判断步骤。

根据本发明的另一方面，本发明提供了一种储能系统，采用上述的储能系统的故障主动检测方法检测故障，储能系统包括：首尾依次电连接的储能变流器、储能电池、负载和第一开关，以形成用于检测储能电池是否故障的测试回路，储能变流器用于与电网之间进行交直流转换及对储能电池进行充放电功率控制，第一开关被配置为与微网控制器控制连接，以控制测试回路是否闭合；储能系统还包括微网控制器和与微网控制器控制连接的第二开关，第二开关位于储能变流器和微电网之间，且储能变流器和第一开关均与微网控制器控制连接。

进一步地，储能系统还包括与储能电池控制连接的电池管理系统，微网控制器与电池管理系统控制连接，电池管理系统用于采集各电芯 i 的电压 V_i 。

应用本发明的技术方案，通过微网控制器控制储能变流器（PCS）和第二开关，可以使储能电池从微电网中脱离，以避免在对储能电池进行故障检测时影响微电网的运行；并且测试回路上还设有与储能电池串联的负载，负载可以用于消纳储能系统测试时的功率，为储能系统的测试提供测试条件，微网控制器可通过闭合第一开关使得储能电池与负载连通，形成独立的测试回路，然后微网控制器通过储能变流器控制储能电池进行充放电，在储能电池充放电时采用下述的储能系统的故障主动检测方法检测故障，这样，不仅可以有效检测储能电池的故障，还能避免影响微电网的运行。

附图说明

构成本申请的一部分的说明书附图用来提供对本发明的进一步理解，本发明的示意性实施例及其说明用于解释本发明，并不构成对本发明的不当限定。在附图中：

图 1 示出了本发明的储能系统的故障主动检测方法的实施例的一个流程图；

图 2 示出了本发明的储能系统的故障主动检测方法的实施例的另一个流程图；以及

图 3 示出了本发明的储能系统的实施例的结构示意图。

具体实施方式

需要说明的是，在不冲突的情况下，本申请中的实施例及实施例中的特征可以相互组合。下面将参考附图并结合实施例来详细说明本发明。

如图 3 所示，本发明的实施例提供了一种储能系统，采用下述的储能系统的故障主动检测方法检测故障。储能系统包括首尾依次电连接的储能变流器、储能电池、负载和第一开关，以形成用于检测储能电池是否故障的测试回路，储能变流器用于与电网之间进行交直流

转换及对储能电池进行充放电功率控制，第一开关被配置为与微网控制器控制连接，以控制测试回路是否闭合；储能系统还包括微网控制器和与微网控制器控制连接的第二开关，第二开关位于储能变流器和微电网之间，且第一开关和储能变流器均与微网控制器控制连接。

上述技术方案中，通过微网控制器控制储能变流器（PCS）和第二开关，可以使储能电池从微电网中脱离，以避免在对储能电池进行故障检测时影响微电网的运行；并且测试回路上还设有与储能电池串联的负载，负载可以用于消纳储能系统测试时的功率，为储能系统的测试提供测试条件，微网控制器可通过闭合第一开关使得储能电池与负载连通，形成独立的测试回路，然后微网控制器通过储能变流器控制储能电池进行充放电，在储能电池充放电时采用下面的储能系统的故障主动检测方法检测故障，这样，不仅可以有效检测储能电池的故障，还能避免影响微电网的运行。

进一步地，采用上述的储能系统进行故障检测，通过微网控制器的协调控制，可以实现储能系统自动对故障进行测试工作，并且可以使得储能系统自动从微电网安全脱离，然后进入测试回路，提高了储能系统的测试便利性，无需人为现场连接测试回路对储能电池进行测试，解决了储能系统在项目现场测试困难的难题。

优选地，本发明的实施例中，第一开关和第二开关均为断路器。

优选地，本发明的实施例中，负载须具备支撑储能电池至少 4 C 放电的能力。

优选地，本发明的实施例中，电池管理系统采用 STM32f4 系列微控制器，微网控制器采用 ARM-A53 控制器。

如图 3 所示，本发明的实施例中，储能系统还包括与储能电池控制连接的电池管理系统（BMS），微网控制器与电池管理系统控制连接，电池管理系统用于采集各电芯 i 的电压 V_i 。

通过上述设置，电池管理系统可以获取各电芯 i 的电压 V_i ，并将获取的上述数据传输至微网控制器，以便于微网控制器对电压数据进行分析处理，从而下发控制指令保护储能电池。

如图 1 和图 2 所示，本发明的实施例提供了一种储能系统的故障主动检测方法。采用上述的储能系统进行检测，储能系统的故障主动检测方法包括：使储能电池荷电状态达到第一预设值的步骤；使储能电池以恒定电流 a 放电至其荷电状态达到第二预设值，截止放电，并获取放电时间 T 的放电时间获取步骤，其中，第二预设值小于第一预设值；判断放电时间 T 是否小于或等于预设放电时间 t ，如果是，则判定储能电池存在隐藏故障或其使用寿命出现严重衰退，如果否，则判定储能电池正常。

上述技术方案中，通过使储能电池以恒定电流 a 放电，并判断储能电池的放电时间 T 是否符合要求（即将储能电池的放电时间 T 与预设放电时间 t 进行比较），来检测储能电池的放电能力，从而判断储能电池是否存在隐藏故障或其使用寿命是否出现严重衰退，还可以有效检验储能电池内的电芯是否具有较好的一致性。

进一步地，若放电时间 T 小于或等于预设放电时间 t ，则表明储能电池的多个电芯一致性较差，存在某个电芯提前到达终止电压的情况，可以进一步进行判断，筛选出异常电芯。

需要说明的是，本发明的实施例中，放电电流 $a \geq 2C$ ，（其中， C 为电池充放电能力倍率，表示放电快慢的一种量度， $1C$ 是指电池的全部容量用 1 小时放电完毕的电流大小），这样可以使储能电池以大电流放电。

需要说明的是，本发明的实施例中，第一预设值和第二预设值为经验值，由于储能电池低容量时，储能电池的各个电芯差异较为明显，且短板电芯（导致储能电池出现隐藏故障的异常电芯）对储能电池的输出功率的影响更为明显，这样，可以根据上述情况对第一预设值和第二预设值进行选值，其中，第一预设值优选为 30%，第二预设值优选为 20%，这样，储能电池在低容量时对其进行大电流放电可快速检验储能电池的功率持续输出能力，从而检验储能电池的整体性能，进而发现储能电池的隐藏故障。

其中，第一预设值大于储能电池的放电截止容量（在放电时，储能电池的容量到达放电截止容量时，储能电池会停止放电）。

在一个实施例中，第一预设值也可以选用大于 30% 的值，即使储能电池不处于低容量时，对储能电池进行放电，短板电芯也会影响储能电池的输出功率，这样也可以判断储能电池是否存在隐藏故障。

需要说明的是，本发明的实施例中，预设放电时间 t 为正常电芯通过大量充放电试验获得的经验值，例如，第一预设值与第二预设值之间的差值为 10%，且以 $2C$ 的放电倍率进行放电，则 t 为 0.04h。

需要说明的是，本发明的实施例中，隐藏故障是指多数电池在生产之初或运行一段时间后，其内部或外部会存在焊接不良或电池制造工艺不良的问题，如外部虚焊或单体电池内部故障，在常规的充放电情况下（恒电流充放电），储能系统存在上述故障依然可以正常运行，即故障难以显现（即储能电池存在隐藏故障），在经过一段时间的运输等振动或运行后，才会凸显的故障。

需要说明的是，本发明的实施例中，储能电池的使用寿命出现严重衰退是指储能电池的使用寿命低于初始使用寿命的 80%。

如图 2 所示，本发明的实施例中，储能电池包括多个电芯，电芯的编号为 i ，其中， i 可取 1 至 n ， n 为大于 1 的整数，在判定储能电池存在隐藏故障或其使用寿命出现严重衰退之后，储能系统的故障主动检测方法还包括：获取截止放电时的各电芯 i 的电压 V_i ；分别判断各电压 V_i 是否小于或等于储能电池的终止电压与电压浮动值之和，如果是，则判定电芯 i 异常，并进行更换，否则，判定电芯 i 无故障。

通过上述设置，可识别所有电芯中率先临近终止电压的问题电芯，并将问题电芯筛选出来进行更换，达到剔除异常电芯的目的，这样可有效延长储能系统的使用寿命，有效避免储能电池在日常运行时发生电芯故障，可提高储能系统的安全性能和健康指数。

需要说明的是，本发明的实施例中，电池的终止电压与电池类型和电压等级有关，本实施例采用锂电池，其终止电压为 3.2V。

需要说明的是，本发明的实施例中，电压浮动值设为 0.2V，这样，可以将临近终止电压的异常电芯识别出，且可以避免电芯的电压降到终止电压。

具体地，本发明的实施例采用电池管理系统获取截止放电时的各电芯 i 的电压 V_i 。

如图 2 所示，本发明的实施例中，放电时间获取步骤包括：利用储能变流器对储能电池以恒定电流 a 进行放电，并记录初始时刻 T_1 的放电步骤；判断储能电池的荷电状态是否小于或等于第二预设值，如果是，则执行利用储能变流器控制储能电池停止放电，并记录截止时刻 T_2 ，如果否，则执行放电步骤；其中，放电时间 $T = \text{截止时刻 } T_2 - \text{初始时刻 } T_1$ 。这样，可以获得储能电池由第一预设值开始放电，直至放电到第二预设值的放电时间 T ，以便于判断储能电池的放电时间 T 是否符合要求，从而提高检测准确性。

如图 2 所示，本发明的实施例中，使储能电池荷电状态达到第一预设值的步骤包括：使储能系统上电；判断储能电池的荷电状态是否小于或等于第一预设值，如果是，则执行判断储能电池的荷电状态是否等于第一预设值的判断步骤，如果否，则执行对储能电池进行放电的步骤，并在放电一段时间后执行判断储能电池的荷电状态是否小于或等于第一预设值的步骤。

通过上述设置，可以使储能电池的荷电状态（SOC）达到第一预设值或第一预设值以下，便于后续使储能电池能够以第一预设值开始放电，从而提高检测准确性。

需要说明的是，本发明的实施例中，储能系统上电是指启动储能系统，以使电池管理系统、储能变流器和微网控制器得到供电。

需要说明的是，本发明的实施例中，上述的放电一段时间为预设值，可以为 1 秒或 2 秒或 1 分钟等等。

在储能系统上电之后，储能系统的故障主动检测方法还包括采用微网控制器检测储能系统是否存在显著运行故障，即储能系统是否可以正常运行，若可以正常运行，则执行判断储能电池的荷电状态是否达到第一预设值的步骤，若储能系统不可以正常运行，则储能系统存在安全隐患，不能进行主动检测模式。这样，可以保证储能系统的安全性。

如图 2 所示，本发明的实施例中，使储能电池荷电状态达到第一预设值的步骤还包括：判断储能电池的荷电状态是否等于第一预设值，如果是，则执行放电时间获取步骤，如果否，则执行对储能电池进行充电，并在充电一段时间后执行判断储能电池的荷电状态是否等于第一预设值的步骤，直至储能电池的荷电状态补足至第一预设值。

通过上述设置，可以使储能电池的荷电状态（SOC）达到第一预设值，便于后续使储能电池能够以第一预设值开始放电，从而提高检测准确性。

需要说明的是，本发明的实施例中，上述的充电一段时间为预设值，可以为 1 秒或 2 秒或 1 分钟等等。

如图 2 所示，本发明的实施例中，在放电时间获取步骤之前，在使储能电池荷电状态达到第一预设值的步骤之后，储能系统的故障主动检测方法还包括：微网控制器向储能变流器下达待机指令；断开控制储能电池与微电网之间的电连接；使储能电池、储能变流器和负载首尾依次连接，以形成测试回路。

上述技术方案中，微网控制器向储能变流器下达待机指令，这样，可以使储能电池停止充放电，避免影响后续工作；然后利用第二开关断开储能电池与微电网之间的电连接，使储能系统彻底从电网断开，避免大的冲击电流的产生，从而避免后续测试影响微电网的工作或者避免微电网影响后续测试，最后闭合第一开关以使储能电池、储能变流器和负载首尾形成测试回路，其中，负载可以用于消纳储能系统测试时的功率，为储能系统的测试提供测试条件。

在一个实施例中，也可以现场人为将负载与储能电池连接形成测试回路对储能电池进行测试。

如图 2 所示，本发明的实施例中，在判定储能电池正常的步骤之后，储能系统的故障主动检测方法还包括：微网控制器向储能变流器下达待机指令；利用微网控制器控制测试回路断开；利用微网控制器使储能电池与微电网电连接。

上述技术方案中，在判定储能电池正常之后，微网控制器向储能变流器下达待机指令，使储能电池停止充放电，微网控制器控制第一开关断开，以断开负载与储能电池，然后微网控制器控制第二开关闭合，以使储能电池并入微电网，从而使储能系统继续工作。

如图 2 所示，本发明的实施例中，在判定储能电池正常的步骤之后，储能系统的故障主动检测方法还包括：判断当前时刻与上一次检测结束时刻之差是否大于或等于检测周期的定期巡检判断步骤，如果是，则执行使储能电池荷电状态达到第一预设值的步骤，如果否，则执行延时预设时间，之后执行定期巡检判断步骤。

上述技术方案中，可以通过设置固定的检测周期，在储能系统正常运行时，定期对储能系统进行故障诊断，主动发现储能系统内部是否存在隐藏故障，并筛选出异常电芯对其进行替换，避免因单个电芯发生故障而导致整个系统发生故障的问题，从而提高储能系统运行安全性和稳定性，并实现了无人化的管理。

需要说明的是，本发明的实施例中，检测周期为人为设定值，可以为一年或一个月或一周。

在一个实施例中，还可以通过软件操作人员手动下达诊断指令，以进入诊断模式。

需要说明的是，本发明的实施例中，上一次检测结束时刻是指在上一次检测时判定储能电池正常的时刻。

本实施例通过定期巡检和人工对异常电芯进行替换的方式来提高储能系统的使用寿命，并且可以避免储能系统正常运行时电芯故障的发生。

需要说明是，由微网控制器统一调度、采集和分析，无需人工干预，可大幅降低人工运维成本，实现储能系统自主故障检测，提高了储能系统整体的安全性和智能化水平。

从以上的描述中，可以看出，本发明上述的实施例实现了如下技术效果：通过微网控制器控制储能变流器（PCS）和第二开关，可以使储能电池从微电网中脱离，以避免在对储能电池进行故障检测时影响微电网的运行；并且测试回路上还设有与储能电池串联的负载，负载可以用于消纳储能系统测试时的功率，为储能系统的测试提供测试条件，微网控制器可通过闭合第一开关使得储能电池与负载连通，形成独立的测试回路，然后微网控制器通过储能变流器控制储能电池进行充放电，在储能电池充放电时采用下述的储能系统的故障主动检测方法来检测故障，这样，不仅可以有效检测储能电池的故障，还能避免影响微电网的运行。

以上所述仅为本发明的优选实施例而已，并不用于限制本发明，对于本领域的技术人员来说，本发明可以有各种更改和变化。凡在本发明的精神和原则之内，所作的任何修改、等同替换、改进等，均应包含在本发明的保护范围之内。

权 利 要 求 书

1. 一种储能系统的故障主动检测方法，其特征在于，包括：
- 使储能电池荷电状态达到第一预设值的步骤；
- 使所述储能电池以恒定电流 a 放电至其荷电状态达到第二预设值，截止放电，并获取放电时间 T 的放电时间获取步骤，其中，所述第二预设值小于所述第一预设值；
- 判断所述放电时间 T 是否小于或等于预设放电时间 t ，如果是，则判定所述储能电池存在隐藏故障或其使用寿命出现严重衰退，如果否，则判定所述储能电池正常。
2. 根据权利要求 1 所述的储能系统的故障主动检测方法，其特征在于，所述储能电池包括多个电芯，电芯的编号为 i ，其中， i 可取 1 至 n ， n 为大于 1 的整数，在判定所述储能电池存在隐藏故障或其使用寿命出现严重衰退之后，所述储能系统的故障主动检测方法还包括：
- 获取截止放电时的各电芯 i 的电压 V_i ；
- 分别判断各电压 V_i 是否小于或等于储能电池的终止电压与电压浮动值之和，如果是，则判定电芯 i 异常，并进行更换，如果否，则判定电芯 i 无故障。
3. 根据权利要求 1 所述的储能系统的故障主动检测方法，其特征在于，所述放电时间获取步骤包括：
- 利用储能变流器对储能电池以恒定电流 a 进行放电，并记录初始时刻 T_1 的放电步骤；
- 判断所述储能电池的荷电状态是否小于或等于所述第二预设值，如果是，则执行利用储能变流器控制储能电池停止放电，并记录截止时刻 T_2 ，如果否，则继续执行所述放电步骤；其中，放电时间 $T = \text{截止时刻 } T_2 - \text{初始时刻 } T_1$ 。
4. 根据权利要求 1 所述的储能系统的故障主动检测方法，其特征在于，使储能电池荷电状态达到第一预设值的步骤包括：
- 使储能系统上电；
- 判断所述储能电池的荷电状态是否小于或等于所述第一预设值，如果是，则执行判断所述储能电池的荷电状态是否等于所述第一预设值的判断步骤，如果否，则执行对储能电池进行放电的步骤，并在放电一段时间后执行判断储能电池的荷电状态是否小于或等于第一预设值的步骤。
5. 根据权利要求 4 所述的储能系统的故障主动检测方法，其特征在于，使储能电池荷电状态达到第一预设值的步骤还包括：
- 判断所述储能电池的荷电状态是否等于所述第一预设值，如果是，则执行所述放电时间获取步骤，如果否，则执行对所述储能电池进行充电的步骤，并在充电一段时间后执行判断储能电池的荷电状态是否等于第一预设值的步骤。

6. 根据权利要求 1 至 5 中任一项所述的储能系统的故障主动检测方法，其特征在于，在所述放电时间获取步骤之前，在使储能电池荷电状态达到第一预设值的步骤之后，所述储能系统的故障主动检测方法还包括：
- 微网控制器向储能变流器下达待机指令；
- 断开控制储能电池与微电网之间的电连接；
- 使储能电池、储能变流器和负载首尾依次连接，以形成测试回路。
7. 根据权利要求 6 所述的储能系统的故障主动检测方法，其特征在于，在判定所述储能电池正常的步骤之后，所述储能系统的故障主动检测方法还包括：
- 微网控制器向储能变流器下达待机指令；
- 利用微网控制器控制所述测试回路断开；
- 利用微网控制器使储能电池与微电网电连接。
8. 根据权利要求 1 至 5 中任一项所述的储能系统的故障主动检测方法，其特征在于，在判定所述储能电池正常的步骤之后，所述储能系统的故障主动检测方法还包括：
- 判断当前时刻与上一次检测结束时刻之差是否大于或等于检测周期的定期巡检判断步骤，如果是，则执行使储能电池荷电状态达到第一预设值的步骤，如果否，则执行延时预设时间，之后执行定期巡检判断步骤。
9. 一种储能系统，其特征在于，采用权利要求 1 至 8 中任一项所述的储能系统的故障主动检测方法来检测故障，所述储能系统包括：
- 首尾依次电连接的储能变流器、储能电池、负载和第一开关，以形成用于检测储能电池是否故障的测试回路，所述储能变流器用于与电网之间进行交直流转换及对储能电池进行充放电功率控制，所述第一开关被配置为与微网控制器控制连接，以控制所述测试回路是否闭合；
- 所述储能系统还包括微网控制器和与所述微网控制器控制连接的第二开关，所述第二开关位于所述储能变流器和微电网之间，且所述储能变流器和所述第一开关均与微网控制器控制连接。
10. 根据权利要求 9 所述的储能系统的故障主动检测方法，其特征在于，所述储能系统还包括与所述储能电池控制连接的电池管理系统，所述微网控制器与所述电池管理系统控制连接，所述电池管理系统用于采集各电芯 i 的电压 V_i 。