



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 112540243 A

(43)申请公布日 2021.03.23

(21)申请号 201910900337.0

G01R 19/00(2006.01)

(22)申请日 2019.09.23

G01R 21/00(2006.01)

(71)申请人 北京市轨道交通建设管理有限公司

地址 100068 北京市丰台区角门北京市轨道交通建设管理有限公司

(72)发明人 韩志伟 王颖 姚楠 任胜天
陈洪茹 鲁玉桐 田宇 马笑松
赵立峰 姜筱旆 王佳 杜凡
杜智恒 未义兵 秦亮 王庆
卫巍 白青林 韩玉琨

(74)专利代理机构 北京同立钧成知识产权代理有限公司 11205

代理人 朱颖 刘芳

(51)Int.Cl.

G01R 31/00(2006.01)

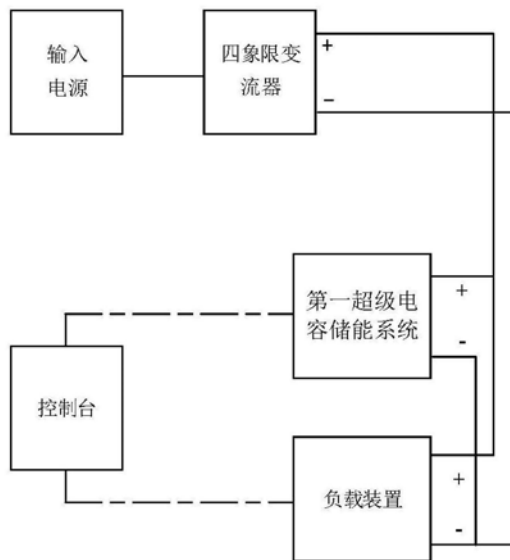
权利要求书3页 说明书15页 附图5页

(54)发明名称

超级电容储能系统测试平台和测试方法

(57)摘要

本发明提供了超级电容储能系统测试平台和测试方法,包括第一超级电容储能系统、负载装置、四象限变流器、控制台和输入电源,控制台控制第一超级电容储能系统放电,以及控制负载装置吸收第一超级电容储能系统释放的电能,所述控制台还用于在测试过程中采集所述第一超级电容储能系统的第一测试参数,以及所述负载装置的第二测试参数,根据所述第一测试参数得到所述第一超级电容储能系统的第一测试结果,根据所述第二测试参数得到所述负载装置的第二测试结果,进而实现了超级电容储能系统充电或放电时的全面测试。



1. 一种超级电容储能系统测试平台,其特征在于:
包括第一超级电容储能系统、负载装置、四象限变流器、控制台和输入电源;
所述输入电源与所述四象限变流器连接;所述输入电源用于为所述四象限变流器提供电源;
所述第一超级电容储能系统和所述负载装置分别连接在所述四象限变流器的输出端;
所述四象限变流器用于交流电与直流电的相互转换;
所述控制台分别与所述第一超级电容储能系统和所述负载装置连接,所述控制台用于控制所述第一超级电容储能系统放电以及控制所述负载装置吸收所述第一超级电容储能系统释放的电能,所述控制台还用于在测试过程中采集所述第一超级电容储能系统的第一测试参数,以及所述负载装置的第二测试参数,根据所述第一测试参数得到所述第一超级电容储能系统的第一测试结果,根据所述第二测试参数得到所述负载装置的第二测试结果。
2. 根据权利要求1所述的测试平台,其特征在于,
所述第一超级电容储能系统包括:第一超级电容柜和第一变流器柜;所述控制台与所述第一变流器柜连接。
3. 根据权利要求2所述的测试平台,其特征在于,
所述第一超级电容柜包括:第一显示器、第一超级电容控制器和第一超级电容储能单元;
所述第一显示器用于显示所述第一超级电容柜的运行状态和报警信息,所述第一超级电容控制器用于调控所述第一超级电容储能单元的电压和温度,所述第一超级电容储能单元用于储存电能。
4. 根据权利要求2所述的测试平台,其特征在于,
所述第一变流器柜包括:第一双向直流-直流DC-DC控制器和第一双向DC-DC变流器;
所述第一双向DC-DC控制器用于控制所述第一双向DC-DC变流器进行充放电。
5. 根据权利要求1-4任一项所述的测试平台,其特征在于,
所述四象限变流器还用于:维持所述四象限变流器的输出端的电压为第一恒压;
当所述第一超级电容储能系统的放电功率小于所述负载装置的充电功率时,所述四象限变流器的输出端的电压小于所述第一恒压,所述四象限变流器补充所述充电功率和所述放电功率的功率差,以维持所述四象限变流器的输出端的电压为所述第一恒压。
6. 根据权利要求1-4任一项所述的测试平台,其特征在于,
所述输入电源为低压电网通过低压配电柜和隔离变压器后,向所述四象限变流器提供的电源。
7. 根据权利要求1-4任一项所述的测试平台,其特征在于,
所述控制台为个人电脑PC机,所述PC机通过以太网分别与所述第一超级电容储能系统和所述负载装置连接。
8. 根据权利要求4所述的测试平台,其特征在于,所述控制台与所述第一变流器柜连接,包括:
所述控制台与所述第一双向DC-DC控制器连接。
9. 根据权利要求1-4任一项所述的测试平台,其特征在于,

所述负载装置为第二超级电容储能系统,所述第二超级电容储能系统包括第二超级电容柜和第二变流器柜。

10. 根据权利要求9所述的测试平台,其特征在于,

所述控制台还用于控制所述第二超级电容储能系统放电以及控制所述第一超级电容储能系统吸收所述第二超级电容储能系统释放的电能,所述控制台还用于在测试过程中采集所述第二超级电容储能系统的第三测试参数,以及所述第一超级电容储能系统的第四测试参数,根据所述第三测试参数得到所述第二超级电容储能系统的第三测试结果,根据所述第四测试参数得到所述第一超级电容储能系统的第四测试结果。

11. 根据权利要求10所述的测试平台,其特征在于,

根据所述第一测试参数和所述第四测试参数得到所述第一超级电容储能系统的第五测试结果,所述第五测试结果包括功率考核、能量效率考核、电流电压纹波率考核、电流电压误差考核和环境温度考核;

根据所述第二测试参数和所述第三测试参数得到所述第二超级电容储能系统的第六测试结果,所述第六测试结果包括功率考核、能量效率考核、电流电压纹波率考核、电流电压误差考核和环境温度考核。

12. 一种超级电容储能系统测试方法,其特征在于,所述方法应用于超级电容储能系统测试平台,所述平台包括第一超级电容储能系统、负载装置、四象限变流器、控制台和输入电源:

所述控制台向所述第一超级电容储能系统发送第一配置指令,所述第一配置指令用于配置所述第一超级电容储能系统的初始电压,以及将所述第一超级电容储能系统的状态配置为放电就绪状态;

所述控制台向负载装置发送第二配置指令,所述第二配置指令用于配置所述负载装置的初始电压和结束电压,以及将所述负载装置的充电电流配置为第一恒流,并将所述负载装置的状态配置为充电就绪状态;

所述控制台向所述第一超级电容储能系统发送第一控制指令,所述第一控制指令用于指示所述第一超级电容储能系统启动放电;

所述控制台向所述负载装置发送第二控制指令,所述第二控制指令用于指示所述负载装置启动充电;

所述控制台在测试过程中采集所述第一超级电容储能系统的第一测试参数,以及所述负载装置的第二测试参数,根据所述第一测试参数得到所述第一超级电容储能系统的第一测试结果,根据所述第二测试参数得到所述负载装置的第二测试结果。

13. 根据权利要求12所述的测试方法,其特征在于,还包括,

所述四象限变流器还用于:维持所述四象限变流器的输出端的电压为第一恒压;

当所述第一超级电容储能系统的放电功率小于所述负载装置的充电功率时,所述四象限变流器的输出端的电压小于所述第一恒压,所述四象限变流器补充所述充电功率和所述放电功率的功率差,以维持所述四象限变流器的输出端的电压为所述第一恒压。

14. 根据权利要求12所述的测试方法,其特征在于,还包括,

若所述负载装置的当前电压为所述负载装置的所述结束电压,则停止测试。

15. 根据权利要求12所述的测试方法,其特征在于,

所述第二控制指令根据所述负载装置设定的第一充电电流生成；

所述第一控制指令根据由所述第一充电电流得到的第一放电电流生成。

16. 根据权利要求12所述的测试方法,其特征在于,所述第一超级电容储能系统包括第一超级电容柜和第一变流器柜;

所述采集所述第一超级电容储能系统的第一测试参数,包括:

在所述第一超级电容储能系统放电过程中通过所述第一变流器柜采集所述第一超级电容储能系统的第一测试参数。

17. 根据权利要求12所述的测试方法,其特征在于,

所述第一超级电容储能系统的初始电压大于所述负载装置的初始电压。

18. 根据权利要求12-17任一项所述的测试方法,其特征在于,

所述负载装置为第二超级电容储能系统,所述第二超级电容储能系统包括第二超级电容柜和第二变流器柜。

19. 根据权利要求18所述的测试方法,其特征在于,所述方法还包括:

所述控制台向所述第二超级电容储能系统发送第三配置指令,所述第三配置指令用于配置所述第二超级电容储能系统的初始电压,以及将第二超级电容储能系统的状态配置为放电就绪状态;

所述控制台向所述第一超级电容储能系统发送第四配置指令,所述第四配置指令用于配置所述第一超级电容储能系统的初始电压和结束电压,以及将所述第一超级电容储能系统的充电电流配置为第二恒流,并将所述第一超级电容储能系统的状态配置为充电就绪状态;

所述控制台向所述第二超级电容储能系统发送第三控制指令,所述第三控制指令用于指示所述第二超级电容储能系统启动放电;

所述控制台向所述第一超级电容储能系统发送第四控制指令,所述第四控制指令用于指示所述第一超级电容储能系统启动充电;

所述控制台在测试过程中采集所述第二超级电容储能系统的第三测试参数,以及所述第一超级电容储能系统的第四测试参数;根据所述第三测试参数得到所述第二超级电容储能系统的第三测试结果,根据所述第四测试参数得到所述第一超级电容储能系统的第四测试结果。

20. 根据权利要求19所述的一种超级电容储能系统测试方法,其特征在于,

根据所述第一测试参数和所述第四测试参数得到所述第一超级电容储能系统的第五测试结果,所述第五测试结果包括功率考核、能量效率考核、电流电压纹波率考核、电流电压误差考核和环境温度考核;

根据所述第二测试参数和所述第三测试参数得到所述第二超级电容储能系统的第六测试结果,所述第六测试结果包括功率考核、能量效率考核、电流电压纹波率考核、电流电压误差考核和环境温度考核。

超级电容储能系统测试平台和测试方法

技术领域

[0001] 本发明实施例涉及电学技术领域,尤其涉及一种超级电容储能系统测试平台和测试方法。

背景技术

[0002] 随着城市化发展,城市规模越来越大,为了缓解城市交通拥堵,改善城市人居环境,促进城市可持续发展,城市轨道交通越来越成为大城市的基本交通工具。城市轨道交通包括:地铁系统、轻轨系统、单轨系统、有轨电车、磁浮系统、自动导向轨道系统和市域快速轨道系统等。

[0003] 现有技术中,通常在城市轨道交通系统中增加超级电容储能系统,将列车制动能量储存起来,供列车牵引时使用,不仅能够节能,而且有利于维持网压稳定,例如(CN208806623U)公开的城市轨道交通超级电容储能系统。而将超级电容储能系统部署到城市轨道交通系统之前,需要对超级电容储能系统进行全面测试,只有在通过全面测试的情况下,超级电容储能系统才能部署到城市轨道交通系统,以保证超级电容储能系统能够安全和可靠的工作。

[0004] 但是,现有超级电容储能系统缺少充电或放电时全面测试的方法。

发明内容

[0005] 本发明实施例提供一种超级电容储能系统测试平台和测试方法,以克服现有超级电容储能系统缺少充电或放电时全面测试方法的问题。

[0006] 一方面,本发明提供一种超级电容储能系统测试平台,

[0007] 包括第一超级电容储能系统、负载装置、四象限变流器、控制台和输入电源;

[0008] 所述输入电源与所述四象限变流器连接;所述输入电源用于为所述四象限变流器提供电源;

[0009] 所述第一超级电容储能系统和所述负载装置分别连接在所述四象限变流器的输出端;

[0010] 所述四象限变流器用于交流电与直流电的相互转换;

[0011] 所述控制台分别与所述第一超级电容储能系统和所述负载装置连接,所述控制台用于控制所述第一超级电容储能系统放电以及控制所述负载装置吸收所述第一超级电容储能系统释放的电能,所述控制台还用于在测试过程中采集所述第一超级电容储能系统的第一测试参数,以及所述负载装置的第二测试参数,根据所述第一测试参数得到所述第一超级电容储能系统的第一测试结果,根据所述第二测试参数得到所述负载装置的第二测试结果。

[0012] 可选地,所述第一超级电容储能系统包括:第一超级电容柜和第一变流器柜;

[0013] 所述控制台与所述第一变流器柜连接。

[0014] 可选地,所述第一超级电容柜包括:第一显示器、第一超级电容控制器和第一超级

电容储能单元；

[0015] 所述第一显示器用于显示所述第一超级电容柜的运行状态和报警信息，所述第一超级电容控制器用于调控所述第一超级电容储能单元的电压和温度，所述第一超级电容储能单元用于储存电能。

[0016] 可选地，所述第一变流器柜包括：第一双向直流-直流(direct current-direct current, DC-DC)控制器和第一双向DC-DC变流器；

[0017] 所述第一双向DC-DC控制器用于控制所述第一双向DC-DC变流器进行充放电。

[0018] 可选地，所述四象限变流器还用于：维持所述四象限变流器的输出端的电压为第一恒压；

[0019] 当所述第一超级电容储能系统的放电功率小于所述负载装置的充电功率时，所述四象限变流器的输出端的电压小于所述第一恒压，所述四象限变流器补充所述充电功率和所述放电功率的功率差，以维持所述四象限变流器的输出端的电压为所述第一恒压。

[0020] 可选地，所述输入电源为低压电网通过低压配电柜和隔离变压器后，向所述四象限变流器提供的电源。

[0021] 可选地，所述控制台为个人电脑(Personal Computer, PC)机，所述PC机通过以太网分别与所述第一超级电容储能系统和所述负载装置连接。

[0022] 可选地，所述控制台与所述第一变流器柜连接，包括：

[0023] 所述控制台与所述第一双向DC-DC控制器连接。

[0024] 可选地，所述负载装置为第二超级电容储能系统，所述第二超级电容储能系统包括第二超级电容柜和第二变流器柜。

[0025] 可选地，所述控制台还用于控制所述第二超级电容储能系统放电以及控制所述第一超级电容储能系统吸收所述第二超级电容储能系统释放的电能，所述控制台还用于在测试过程中采集所述第二超级电容储能系统的第三测试参数，以及所述第一超级电容储能系统的第四测试参数，根据所述第三测试参数得到所述第二超级电容储能系统的第三测试结果，根据所述第四测试参数得到所述第一超级电容储能系统的第四测试结果。

[0026] 可选地，根据所述第一测试参数和所述第四测试参数得到所述第一超级电容储能系统的第五测试结果，所述第五测试结果包括功率考核、能量效率考核、电流电压纹波率考核、电流电压误差考核和环境温度考核；

[0027] 根据所述第二测试参数和所述第三测试参数得到所述第二超级电容储能系统的第六测试结果，所述第六测试结果包括功率考核、能量效率考核、电流电压纹波率考核、电流电压误差考核和环境温度考核。

[0028] 另一方面，本发明还提供一种超级电容储能系统测试方法，所述方法应用于超级电容储能系统测试平台，所述平台包括第一超级电容储能系统、负载装置、四象限变流器、控制台和输入电源：

[0029] 所述控制台向所述第一超级电容储能系统发送第一配置指令，所述第一配置指令用于配置所述第一超级电容储能系统的初始电压，以及将所述第一超级电容储能系统的状态配置为放电就绪状态；

[0030] 所述控制台向负载装置发送第二配置指令，所述第二配置指令用于配置所述负载装置的初始电压和结束电压，以及将所述负载装置的充电电流配置为第一恒流，并将所述

负载装置的状态配置为充电就绪状态；

[0031] 所述控制台向所述第一超级电容储能系统发送第一控制指令，所述第一控制指令用于指示所述第一超级电容储能系统启动放电；

[0032] 所述控制台向所述负载装置发送第二控制指令，所述第二控制指令用于指示所述负载装置启动充电；

[0033] 所述控制台在测试过程中采集所述第一超级电容储能系统的第一测试参数，以及所述负载装置的第二测试参数，根据所述第一测试参数得到所述第一超级电容储能系统的第一测试结果，根据所述第二测试参数得到所述负载装置的第二测试结果。

[0034] 可选地，还包括：

[0035] 所述四象限变流器还用于：维持所述四象限变流器的输出端的电压为第一恒压；

[0036] 当所述第一超级电容储能系统的放电功率小于所述负载装置的充电功率时，所述四象限变流器的输出端的电压小于所述第一恒压，所述四象限变流器补充所述充电功率和所述放电功率的功率差，以维持所述四象限变流器的输出端的电压为所述第一恒压。

[0037] 可选地，还包括：

[0038] 若所述负载装置的当前电压为所述负载装置的所述结束电压，则停止测试。

[0039] 可选地，所述第二控制指令根据所述负载装置设定的第一充电电流生成；

[0040] 所述第一控制指令根据由所述第一充电电流得到的第一放电电流生成。

[0041] 可选地，所述第一超级电容储能系统包括第一超级电容柜和第一变流器柜；

[0042] 所述在所述第一超级电容储能系统放电过程中采集所述第一超级电容储能系统的第一测试参数，包括：

[0043] 在所述第一超级电容储能系统放电过程中通过所述第一变流器柜采集所述第一超级电容柜的第一测试参数。

[0044] 可选地，所述第一超级电容储能系统的初始电压大于所述负载装置的初始电压。

[0045] 可选地，所述负载装置为第二超级电容储能系统，所述第二超级电容储能系统包括第二超级电容柜和第二变流器柜。

[0046] 可选地，所述方法还包括：

[0047] 所述控制台向所述第二超级电容储能系统发送第三配置指令，所述第三配置指令用于配置所述第二超级电容储能系统的初始电压，以及将所述第二超级电容储能系统的状态配置为放电就绪状态；

[0048] 所述控制台向所述第一超级电容储能系统发送第四配置指令，所述第四配置指令用于配置所述第一超级电容储能系统的初始电压和结束电压，以及将所述第一超级电容储能系统的充电电流配置为第二恒流，并将所述第一超级电容储能系统的状态配置为充电就绪状态；

[0049] 所述控制台向所述第二超级电容储能系统发送第三控制指令，所述第三控制指令用于指示所述第二超级电容储能系统启动放电；

[0050] 所述控制台向所述第一超级电容储能系统发送第四控制指令，所述第四控制指令用于指示所述第一超级电容储能系统启动充电；

[0051] 所述控制台在测试过程中采集所述第二超级电容储能系统的第三测试参数，以及所述第一超级电容储能系统的第四测试参数；根据所述第三测试参数得到所述第二超级电

容储能系统的第三测试结果,根据所述第四测试参数得到所述第一超级电容储能系统的第四测试结果。

[0052] 可选地,根据所述第一测试参数和所述第四测试参数得到所述第一超级电容储能系统的第五测试结果,所述第五测试结果包括功率考核、能量效率考核、电流电压纹波率考核、电流电压误差考核和环境温度考核;

[0053] 根据所述第二测试参数和所述第三测试参数得到所述第二超级电容储能系统的第六测试结果,所述第六测试结果包括功率考核、能量效率考核、电流电压纹波率考核、电流电压误差考核和环境温度考核。

[0054] 本发明提供的超级电容储能系统测试平台和测试方法,包括第一超级电容储能系统、负载装置、四象限变流器、控制台和输入电源,控制台控制第一超级电容储能系统放电,以及控制负载装置吸收第一超级电容储能系统释放的电能,所述控制台还用于在测试过程中采集所述第一超级电容储能系统的第一测试参数,以及所述负载装置的第二测试参数,根据所述第一测试参数得到所述第一超级电容储能系统的第一测试结果,根据所述第二测试参数得到所述负载装置的第二测试结果,进而实现了超级电容储能系统充电或放电时的全面测试。

附图说明

[0055] 为了更清楚地说明本发明实施例或现有技术中的技术方案,下面将对实施例或现有技术描述中所需要使用的附图做一简单地介绍,显而易见地,下面描述中的附图是本发明的一些实施例,对于本领域普通技术人员来讲,在不付出创造性劳动性的前提下,还可以根据这些附图获得其他的附图。

[0056] 图1为本发明提供的一种超级电容储能系统测试平台示意图;

[0057] 图2为本发明提供的另一种超级电容储能系统测试平台示意图;

[0058] 图3为本发明提供的又一种超级电容储能系统测试平台示意图;

[0059] 图4为本发明提供的一种超级电容储能系统测试方法示意图;

[0060] 图5为本发明提供的另一种超级电容储能系统测试方法示意图;

[0061] 图6为本发明提供的又一种超级电容储能系统测试方法示意图。

具体实施方式

[0062] 为使本发明实施例的目的、技术方案和优点更加清楚,下面将结合本发明实施例中的附图,对本发明实施例中的技术方案进行清楚、完整地描述,显然,所描述的实施例是本发明一部分实施例,而不是全部的实施例。基于本发明中的实施例,本领域普通技术人员在没有做出创造性劳动前提下所获得的所有其他实施例,都属于本发明保护的范围。

[0063] 本发明提供的超级电容储能系统测试平台和测试方法,包括第一超级电容储能系统、负载装置、四象限变流器、控制台和输入电源,控制台控制第一超级电容储能系统放电,以及控制负载装置吸收第一超级电容储能系统释放的电能,控制台还用于在测试过程中采集第一超级电容储能系统的第一测试参数,以及负载装置的第二测试参数,根据第一测试参数得到第一超级电容储能系统的第一测试结果,根据第二测试参数得到负载装置的第二测试结果,进而实现了超级电容储能系统充电或放电时的全面测试。

[0064] 下面结合几个具体的实施例,对本发明的技术方案进行描述。

[0065] 图1为本发明提供的一种超级电容储能系统测试平台示意图,如图1所示,包括:

[0066] 第一超级电容储能系统、负载装置、四象限变流器、控制台和输入电源。

[0067] 输入电源与四象限变流器连接,输入电源用于为四象限变流器提供电源。

[0068] 第一超级电容储能系统和负载装置分别连接在四象限变流器的输出端,四象限变流器用于交流电与直流电的相互转换。

[0069] 控制台分别与第一超级电容储能系统和负载装置连接,控制台用于控制第一超级电容储能系统放电以及控制负载装置吸收第一超级电容储能系统释放的电,控制台还用于在测试过程中采集第一超级电容储能系统的第一测试参数,以及负载装置的第二测试参数,根据第一测试参数得到第一超级电容储能系统的第一测试结果,根据第二测试参数得到负载装置的第二测试结果。

[0070] 输入电源是指交流电源,可以是低压电网输入的电压为380V,频率为50Hz的交流电源。

[0071] 输入电源与四象限变流器连接,用于为四象限变流器提供电源,同时,四象限变流器将输入电源提供的交流电转换成直流电,提供给四象限变流器输出端的第一超级电容储能系统和负载装置。

[0072] 第一超级电容储能系统和负载装置分别接在四象限变流器的输出端,一种可能的连接方式为:

[0073] 第一超级电容储能系统和负载装置并连接在四象限变流器的输出端。

[0074] 控制台分别与第一超级电容储能系统和负载装置连接,可以通过该连接传输信息流,具体连接方式,可以通过以太网连接,也可以通过串口、无线上网(Wireless Fidelity,Wi-Fi)和蓝牙等其他有线或无线方式连接。

[0075] 超级电容储能系统测试平台的测试过程为:首先,控制台分别控制第一超级电容储能系统和负载装置采用较小的功率充电到各自配置的初始电压,第一超级电容储能系统和负载装置均通过四象限变流器充电,当达到各自配置的初始电压时停止;其次,控制台控制第一超级电容储能系统放电,并控制负载装置充电,负载装置吸收第一超级电容储能系统释放的电;最后,充放电过程中,控制台实时采集第一超级电容储能系统放电时的第一测试参数和负载装置充电时的第二测试参数,并根据第一测试参数和第二测试参数分别得到超级电容储能系统的第一测试结果和负载装置的第二测试结果。

[0076] 第一测试参数包括第一超级电容储能系统放电时的第一瞬时电流、第一瞬时电压和第一环境温度。

[0077] 第二测试参数包括储能装置充电时的第二瞬时电流、第二瞬时电压和第二环境温度。

[0078] 第一测试结果包括但不限于第一超级电容储能系统放电时的功率考核,放电时的电流电压纹波率考核和放电时的环境温度考核。

[0079] 第一测试结果中放电时的功率考核的计算公式如下(1):

$$P(t) = u(t) \times i(t) \quad (1)$$

[0081] 其中,在放电时, $P(t)$ 为 t 时刻的放电功率, $u(t)$ 为 t 时刻的第一瞬时电压, $i(t)$ 为 t 时刻的第一瞬时电流;

[0082] 第一测试结果中放电时的电流电压纹波率考核的计算公式均如下(2)：

$$\begin{aligned} \Delta I\% &= \frac{\Delta I}{I_0} \times 100\% \\ \Delta U\% &= \frac{\Delta U}{U_0} \times 100\% \end{aligned} \quad (2)$$

[0084] 其中 $\Delta I\%$ 和 $\Delta U\%$ 分别为电流纹波率和电压纹波率； ΔI 和 ΔU 分别为电流纹波峰峰值和电压纹波峰峰值； I_0 和 U_0 分别为电流平均值和电压平均值； ΔI 、 ΔU 、 I_0 和 U_0 均可由第一瞬时电压和第一瞬时电流计算得出，具体计算为现有技术，此处不再赘述。

[0085] 第一测试结果中放电时的环境温度考核的方法如下：

[0086] 根据第一环境温度得到放电时的环境温度考核。

[0087] 第二测试结果包括但不限于负载装置充电时的功率考核，充电时的电流电压纹波率考核、充电时的环境温度考核和充电时的电流电压误差考核。

[0088] 第二测试结果中充电时的功率考核的计算公式如下(3)：

$$P(t) = u(t) \times i(t) \quad (3)$$

[0090] 其中，在充电时， $P(t)$ 为 t 时刻的充电功率， $u(t)$ 为 t 时刻的第二瞬时电压， $i(t)$ 为 t 时刻的第二瞬时电流；

[0091] 第二测试结果中充电时的电流电压纹波率考核的计算公式均如下(4)：

$$\begin{aligned} \Delta I\% &= \frac{\Delta I}{I_0} \times 100\% \\ \Delta U\% &= \frac{\Delta U}{U_0} \times 100\% \end{aligned} \quad (4)$$

[0093] 其中 $\Delta I\%$ 和 $\Delta U\%$ 分别为电流纹波率和电压纹波率； ΔI 和 ΔU 分别为电流纹波峰峰值和电压纹波峰峰值； I_0 和 U_0 分别为电流平均值和电压平均值； ΔI 、 ΔU 、 I_0 和 U_0 均可由第二瞬时电压和第二瞬时电流计算得出，具体计算为现有技术，此处不再赘述。

[0094] 第二测试结果中充电时的环境温度考核的方法如下：

[0095] 根据第二环境温度得到放电时的环境温度考核。

[0096] 第二测试结果中充电时的电流电压误差考核的计算公式如下(5)：

$$\begin{aligned} I_{\text{error}} &= \frac{(I_1 - I_2)}{I_2} \times 100\% \\ U_{\text{error}} &= \frac{(U_1 - U_2)}{U_2} \times 100\% \end{aligned} \quad (5)$$

[0098] 其中， I_1 为第二瞬时电流， I_2 为第一恒流， U_1 是第二瞬时电压， U_2 是第一恒压。

[0099] 本发明提供的超级电容储能系统测试平台，通过第一测试结果得到了第一超级电容储能系统放电时的全面测试结果，当负载装置为第二超级电容储能系统时，通过第二测试结果得到了第二超级电容储能系统充电时的全面测试结果，第一超级电容储能系统和第二超级电容储能系统结构相同，因此，本发明能够实现超级电容储能系统充电或放电时的全面测试。并且，通过在四象限变流器的输出端同时接入超级电容储能系统和负载装置，在第一超级电容储能系统放电测试过程中，负载装置吸收第一超级电容储能系统释放的电能，实现功率循环，降低了对电网容量的要求，节约电能；并且避免了将所释放的电能直接作用于交流电网，减少了测试时对交流电网电压的影响。

[0100] 图2是本发明提供的另一种超级电容储能系统测试平台示意图,如图2所示,

[0101] 第一超级电容储能系统包括:第一超级电容柜和第一变流器柜,控制台与第一变流器柜连接。

[0102] 第一超级电容柜具有独立的产品形态,可以单独使用,第一超级电容柜用于存储和释放电能,具有充电速度快,循环使用寿命长,大电流放电能力强,能量转化率高等优点。

[0103] 第一变流器柜具有独立的产品形态,可以单独使用,第一变流器柜用于控制第一超级电容柜充放电。

[0104] 控制台与第一变流器柜连接,是指控制台与第一超级电容储能系统的连接,具体是与第一超级电容储能系统中的第一变流器柜连接的。

[0105] 可选地,第一超级电容柜包括:第一显示器、第一超级电容控制器和第一超级电容储能单元。

[0106] 第一显示器用于显示第一超级电容柜的运行状态和报警信息,第一超级电容控制器用于调控第一超级电容储能单元的电压和温度,第一超级电容储能单元用于储存电能。

[0107] 可选地,第一变流器柜包括:第一双向直流-直流DC-DC控制器和第一双向DC-DC变流器。

[0108] 第一双向DC-DC控制器用于控制第一双向DC-DC变流器进行充放电。

[0109] 可选地,四象限变流器还用于:维持四象限变流器的输出端的电压为第一恒压。

[0110] 当第一超级电容储能系统的放电功率小于负载装置的充电功率时,四象限变流器的输出端的电压小于第一恒压,四象限变流器补充充电功率和放电功率的功率差,以维持四象限变流器的输出端的电压为第一恒压。

[0111] 维持四象限变流器的输出端的电压为第一恒压,一种可能的实施方式为:四象限变流器采用电压电流双闭环控制方式来维持输出端的电压为第一恒压,当电压降低时,四象限变流器能自动调节输出功率以维持输出端的电压为第一恒压。

[0112] 在第一超级电容储能系统放电,负载装置充电过程中,随着时间的推移,第一超级电容储能系统的最大放电功率变小,负载装置充电所需要的功率变大,当第一超级电容储能系统提供的最大放电功率小于负载装置充电所需要的功率时,四象限变流器输出端电压小于第一恒压,此时四象限变流器能自动调节输出功率,补足负载装置充电所需要的功率和第一超级电容储能系统放电功率的功率差,以维持输出端的电压为第一恒压。

[0113] 第一恒压可以为DC1500V \pm 20V,也可以为DC750V \pm 20V。

[0114] 通过四象限变流器补充充电功率和放电功率的功率差,以维持四象限变流器的输出端的电压为第一恒压,能够拓宽第一超级电容储能系统的测试范围。

[0115] 可选地,输入电源为低压电网通过低压配电柜和隔离变压器后,向四象限变流器提供的电源。

[0116] 低压配电柜能够对电路起保护作用,防止人员和设备受到损害,例如低压配电柜的额定电压为380V,频率为50Hz;隔离变压器功能主要是变压和隔离,例如隔离变压器容量为500kVA。

[0117] 可选地,控制台为PC机,PC机通过以太网分别与第一超级电容储能系统和负载装置连接。

[0118] 用户可以通过PC机,制定测试计划和测试方案。

[0119] 可选地,控制台与第一变流器柜连接,具体为:

[0120] 控制台与第一双向DC-DC控制器连接。

[0121] 控制台与第一变流器柜连接的具体连接方式为,控制台与第一变流器柜内的第一双向DC-DC控制器连接。

[0122] 图3是本发明提供的又一种超级电容储能系统测试平台示意图,如图3所示,

[0123] 负载装置为第二超级电容储能系统,第二超级电容储能系统包括第二超级电容柜和第二变流器柜。

[0124] 负载装置的一种可能的实现方式为,负载装置为第二超级电容储能系统,第二超级电容储能系统与第一超级电容储能系统结构可以相同,在测试过程中,设置为不同的工作状态,本发明中将第一超级电容储能系统设置为放电状态,第二超级电容储能系统设置为充电状态。

[0125] 第二超级电容柜,包括:第二显示器、第二超级电容控制器和第二超级电容储能单元。其中,第二显示器与第一超级电容柜中的第一显示器相同,第二超级电容控制器与第一超级电容柜中的第一超级电容控制器相同,第二超级电容储能单元与第一超级电容柜中的第一超级电容储能单元相同,此处不再赘述。

[0126] 第二变流器柜,包括:第二双向直流-直流DC-DC控制器和第二双向DC-DC变流器。其中,第二双向直流-直流DC-DC控制器与第一变流器柜中的第一双向直流-直流DC-DC控制器相同,第二双向DC-DC变流器与第一变流器柜中的第一双向直流-直流DC-DC变流器相同,此处不再赘述。

[0127] 负载装置为第二超级电容储能系统时,由于第一超级电容储能系统和第二超级电容储能系统结构相同,可以降低控制台控制第一超级电容储能系统和第二超级电容储能系统的复杂度。

[0128] 可选地,控制台还用于控制第二超级电容储能系统放电以及控制第一超级电容储能系统吸收第二超级电容储能系统释放的电能,控制台还用于在测试过程中采集第二超级电容储能系统的第三测试参数,以及第一超级电容储能系统的第四测试参数,根据第三测试参数得到第二超级电容储能系统的第三测试结果,根据第四测试参数得到第一超级电容储能系统的第四测试结果。

[0129] 本实施例中,在对第一超级电容储能系统测试完成后,将第一超级电容储能系统和第二超级电容储能系统的角色互换,控制第二超级电容储能系统放电,第一超级电容储能系统吸收第二超级电容储能系统释放的电能,进而通过控制台测试角色互换后的功率指标。

[0130] 本实施例一方面,利用第一超级电容储能系统和第二超级电容储能系统进行对拖测试,实现功率循环,降低了对电网容量的要求,节约电能;另一方面,一次完成两套超级电容储能系统相互测试,提升测试效率。

[0131] 可选地,根据第一测试参数和第四测试参数得到第一超级电容储能系统的第五测试结果,第五测试结果包括但不限于充电和放电时的功率考核、能量效率考核、电流电压纹波率考核、电流电压误差考核和环境温度考核;

[0132] 根据第二测试参数和第三测试参数得到第二超级电容储能系统的第六测试结果,第六测试结果包括但不限于充电或放电时的功率考核、能量效率考核、电流电压纹波率考

核、电流电压误差考核和环境温度考核。

[0133] 第一测试参数包括第一超级电容储能系统放电时的第一瞬时电流、第一瞬时电压和第一环境温度。

[0134] 第四测试参数包括第一超级电容储能系统放电时的第四瞬时电流、第四瞬时电压和第四环境温度。

[0135] 第五测试结果充电和放电时的功率考核的计算公式如下(6)：

$$[0136] \quad P(t) = u(t) \times i(t) \quad (6)$$

[0137] 其中,在放电时, $P(t)$ 为 t 时刻的放电功率, $u(t)$ 为 t 时刻的第一瞬时电压, $i(t)$ 为 t 时刻的第一瞬时电流;

[0138] 在充电时, $P(t)$ 为 t 时刻的充电功率, $u(t)$ 为 t 时刻的第四瞬时电压, $i(t)$ 为 t 时刻的第四瞬时电流。

[0139] 第五测试结果的能量效率考核的计算公式如下(7)：

$$[0140] \quad \begin{cases} E_{in} = \int_{t_1}^{t_2} i_{C1} \cdot u_{C1} dt \\ E_{out} = -\int_{t_3}^{t_4} i_{C2} \cdot u_{C2} dt \\ \eta = E_{out} / E_{in} \times 100\% \end{cases} \quad (7)$$

[0141] 其中, E_{in} 为第一超级电容储能系统输入电能; E_{out} 为输出电能; i_{C2} 是第一瞬时电流, u_{C2} 是第一瞬时电压, i_{C1} 是第四瞬时电流, u_{C1} 是第四瞬时电压, t_1 、 t_2 、 t_3 和 t_4 分别为充电的开始和结束时间以及放电的开始和结束时间。

[0142] 第五测试结果充电和放电时的电流电压纹波率考核的计算公式均如下(7)：

$$[0143] \quad \begin{aligned} \Delta I\% &= \Delta I / I_0 \times 100\% \\ \Delta U\% &= \Delta U / U_0 \times 100\% \end{aligned} \quad (8)$$

[0144] 其中 $\Delta I\%$ 和 $\Delta U\%$ 分别为电流纹波率和电压纹波率; ΔI 和 ΔU 分别为电流纹波峰峰值和电压纹波峰峰值; I_0 和 U_0 分别为电流平均值和电压平均值; ΔI 、 ΔU 、 I_0 和 U_0 均可由第一瞬时电压、第一瞬时电流、第四瞬时电压、第四瞬时电流计算得出,具体计算为现有技术,此处不再赘述。

[0145] 第五测试结果充电时的电流电压误差考核的计算公式如下(9)：

$$[0146] \quad \begin{aligned} I_{error} &= (I_1 - I_2) / I_2 \times 100\% \\ U_{error} &= (U_1 - U_2) / U_2 \times 100\% \end{aligned} \quad (9)$$

[0147] 其中, $I1$ 为第四瞬时电流, $I2$ 为第二恒流, $U1$ 是第四瞬时电压, $U2$ 是第二恒压。

[0148] 第五测试结果充电和放电时的环境温度考核的方法如下：

[0149] 根据第一环境温度得到放电时的环境温度考核,根据第四环境温度得到充电时的环境温度考核。

[0150] 第一测试结果包括第一超级电容储能系统放电时的功率考核,放电时的电流电压

纹波率考核和放电时的环境温度考核。

[0151] 第四测试结果包括第一超级电容储能系统充电时的功率考核,充电时的电流电压纹波率考核、充电时的环境温度考核和充电时的电流电压误差考核。

[0152] 综上,第五测试结果为第一超级电容储能系统充电和放电时的全面测试结果。

[0153] 当负载装置为第二超级电容储能系统时,对第二超级电容储能系统的测试与对第一超级电容储能系统的测试相同。

[0154] 其中,第二测试参数包括第二瞬时电压、第二瞬时电流和第二环境温度,与第四测试参数的第四瞬时电压、第四瞬时电流和第四环境温度对应;第三测试参数包括第三瞬时电压、第三瞬时电流和第三环境温度,与第一测试参数的第一瞬时电压、第一瞬时电流和第一环境温度对应;

[0155] 第一超级电容储能系统的第五测试结果、第一测试结果和第四测试结果分别与第二超级电容储能系统的第六测试结果、第三测试结果和第二测试结果对应。

[0156] 同理,第六测试结果为第二超级电容储能系统充电和放电时的全面测试结果。

[0157] 本发明能够在一套测试系统的一次测试周期中,同时获得两套超级电容储能系统充电和放电时的全面测试。

[0158] 可选地,控制台与第二超级电容储能系统连接,具体为:

[0159] 控制台与第二变流器柜连接。

[0160] 可选地,控制台与第二变流器柜连接,具体为:

[0161] 控制台与第二双向DC-DC控制器连接。

[0162] 可选地,四象限变流器还用于:维持四象限变流器的输出端的电压为第二恒压;

[0163] 第二恒压与第一恒压的功能相同,用于当第二超级电容储能系统的放电功率小于第一超级电容储能系统的充电功率时,四象限变流器的输出端的电压小于第二恒压,四象限变流器补充充电功率和放电功率的功率差,以维持四象限变流器的输出端的电压为第二恒压。

[0164] 第二恒压可以为DC1500V \pm 20V,也可以为DC750V \pm 20V。

[0165] 通过四象限变流器补充充电功率和放电功率的功率差,以维持四象限变流器的输出端的电压为第二恒压,能够拓宽第二超级电容储能系统的测试范围。

[0166] 图4是本发明提供的一种超级电容储能系统测试方法示意图,如图4所示,方法应用于超级电容储能系统测试平台,平台包括第一超级电容储能系统、负载装置、四象限变流器、控制台和输入电源,该方法包括:

[0167] S11,控制台向第一超级电容储能系统发送第一配置指令,第一配置指令用于配置第一超级电容储能系统的初始电压,以及将第一超级电容储能系统的状态配置为放电就绪状态。

[0168] S12,控制台向负载装置发送第二配置指令,第二配置指令用于配置负载装置的初始电压和结束电压,以及将负载装置的充电电流配置为第一恒流,并将负载装置的状态配置为充电就绪状态。

[0169] S13,控制台向第一超级电容储能系统发送第一控制指令,第一控制指令用于指示第一超级电容储能系统启动放电。

[0170] S14,控制台向负载装置发送第二控制指令,第二控制指令用于指示负载装置启动

充电。

[0171] S15,控制台在测试过程中采集第一超级电容储能系统的第一测试参数,以及负载装置的第二测试参数,根据第一测试参数得到第一超级电容储能系统的第一测试结果,根据第二测试参数得到负载装置的第二测试结果。

[0172] 一种可选的方式中,步骤S11中通过第一配置指令配置第一超级电容储能系统的初始电压,可以采用以下方式:

[0173] 在第一超级电容储能系统接收到第一配置命令后,通过四象限变流器进行充电,将第一超级电容储能系统的电压提高到第一配置命令配置的初始电压。第一配置命令配置的初始电压可以为:900V。

[0174] 一种可选的方式中,步骤S12中通过第二配置指令配置负载装置的初始电压和结束电压,以及将负载装置的充电电流配置为第一恒流,可以采用以下方式:

[0175] 在负载装置接收到第二配置命令后,通过四象限变流器进行充电,将第负载装置的电压提高到第二配置命令配置的初始电压。第二配置命令配置的初始电压可以为:450V。

[0176] 第二配置命令配置负载装置的结束电压,用于当负载装置监测达到自身电压提高到第二配置命令配置的结束电压时,停止测试,第二配置命令配置的结束电压可以为900V。

[0177] 第二配置命令将负载装置的充电电流配置为第一恒流,具体为:负载装置为恒流充电,恒流充电电流为第二配置指令配置的第一恒流,第一恒流可以为:1000±20A。

[0178] 其中,步骤S11和步骤S12的执行顺序不做限定,可以先执行S11,再执行S12,也可以先执行S12,再执行S11,还可以同时执行S11和S12。

[0179] 其中,步骤S13和步骤S14的执行顺序可是先执行S13,再执行S14,也可以是同时执行S13和S14。

[0180] 超级电容储能系统测试平台的测试过程为:首先,控制台分别控制第一超级电容储能系统和负载装置采用较小的功率充电到各自配置的初始电压,第一超级电容储能系统和负载装置均通过四象限变流器充电,当达到各自配置的初始电压时停止;其次,控制台控制第一超级电容储能系统放电,并控制负载装置充电,负载装置吸收第一超级电容储能系统释放的电能;最后,充放电过程中,控制台实时采集第一超级电容储能系统放电时的第一测试参数和负载装置充电时的第二测试参数,并根据第一测试参数和第二测试参数分别得到超级电容储能系统和负载装置的第一测试结果和第二测试结果。

[0181] 第一测试结果和第二测试结果如上述实施例中。

[0182] 本发明提供的超级电容储能系统测试方法,通过第一测试结果得到了第一超级电容储能系统放电时的全面测试结果,当负载装置为第二超级电容储能系统时,通过第二测试结果得到了第二超级电容储能系统充电时的全面测试结果,第一超级电容储能系统和第二超级电容储能系统结构相同,因此,本发明能够实现超级电容储能系统充电或放电时的全面测试。并且,通过在四象限变流器的输出端同时接入超级电容储能系统和负载装置,在第一超级电容储能系统放电测试过程中,负载装置吸收第一超级电容储能系统释放的电能,实现功率循环,降低了对电网容量的要求,节约电能;并且避免了将所释放的电能直接作用于交流电网,减少了测试时对交流电网电压的影响。

[0183] 可选地,四象限变流器还用于:维持四象限变流器的输出端的电压为第一恒压;

[0184] 当第一超级电容储能系统的放电功率小于负载装置的充电功率时,四象限变流器

的输出端的电压小于第一恒压,四象限变流器补充充电功率和放电功率的功率差,以维持四象限变流器的输出端的电压为第一恒压。

[0185] 维持四象限变流器的输出端的电压为第一恒压,包括:四象限变流器采用电压电流双闭环控制方式来维持输出端的电压为第一恒压,当电压降低时,四象限变流器能自动调节输出功率以维持输出端的电压为第一恒压。

[0186] 在第一超级电容储能系统放电,负载装置充电过程中,随着时间的推移,第一超级电容储能系统的最大放电功率变小,负载装置充电所需要的功率变大,当第一超级电容储能系统提供的最大放电功率小于负载装置充电所需要的功率时,四象限变流器输出端电压小于第一恒压,此时四象限变流器能自动调节输出功率,补足负载装置充电所需要的功率和第一超级电容储能系统放电功率的功率差,以维持输出端的电压为第一恒压。

[0187] 第一恒压可以为DC1500V±20V,也可以为DC750V±20V。

[0188] 通过四象限变流器补充充电功率和放电功率的功率差,以维持四象限变流器的输出端的电压为第一恒压,能够拓宽第一超级电容储能系统的测试范围。

[0189] 图5是本发明提供的另一种超级电容储能系统测试方法示意图,其中,S11-S15和图4相同,参照上述图4中描述,此处不再赘述,在此基础上,如图5所示,还包括:

[0190] S16,若负载装置的当前电压为负载装置的结束电压,则停止测试。

[0191] 上述步骤S16具体为,在测试过程中,随着负载装置不断充电,负载装置的电压不断升高,当负载装置的电压升高到结束电压时,则停止测试。

[0192] 在一种可选的方式中,在上述图4和图5所示的步骤S15中,控制台在第一超级电容储能系统放电过程中采集第一超级电容储能系统的第一测试参数,并根据第一测试参数得到第一超级电容储能系统的第一测试结果,可以通过如下方式得到:

[0193] 第一超级电容储能系统包括第一超级电容柜和第一变流器柜,控制台在第一超级电容储能系统放电过程中通过第一变流器柜采集第一超级电容柜的第一测试参数,并根据第一测试参数得到第一超级电容储能系统的第一测试结果。

[0194] 可选地,第二控制指令根据负载装置设定的第一充电电流生成;

[0195] 第一控制指令根据由第一充电电流得到的第一放电电流生成。

[0196] 第二控制指令根据负载装置设定的第一充电电流生成,一种可能的实现方式:

[0197] 第一充电电流是依据在控制台制定的测试方案设定的。

[0198] 第一控制指令根据由第一充电电流得到的第一放电电流生成,一种可能的实现方式:

[0199] 控制台通过采集第一超级电容储能系统的端电压和负载装置的端电压,计算出第一超级电容储能系统的放电电流指令,计算公式为(10):

$$[0200] \quad P(t) = u_{SC1}(t) \times i_{SC1}(t) = u_{SC2}(t) \times i_{SC2}(t) \quad (10)$$

[0201] 其中, $P(t)$ 为平衡时的功率值, $u_{SC1}(t)$ 为负载装置的端电压, $i_{SC1}(t)$ 为负载装置的第一充电电流, $u_{SC2}(t)$ 为第一超级电容储能系统的端电压, $i_{SC2}(t)$ 为第一超级电容储能系统的第一放电电流。

[0202] 可选地,第一超级电容储能系统的初始电压大于负载装置的初始电压。

[0203] 当第一超级电容储能系统的初始电压大于负载装置的初始电压时,测试过程中第一超级电容储能系统存储的电能不能够优先满足负载装置充电时需要的功率,从而减小从四

象限变流器获得的电能。

[0204] 可选地,负载装置为第二超级电容储能系统,第二超级电容储能系统包括第二超级电容柜和第二变流器柜。

[0205] 当负载装置为第二超级电容储能系统时,由于第一超级电容储能系统和第二超级电容储能系统结构相同,可以降低控制台控制第一超级电容储能系统和第二超级电容储能系统的复杂度。

[0206] 图6是本发明提供的又一种超级电容储能系统测试方法示意图,如图6所示,在步骤S16之后,方法还包括:

[0207] S21,控制台向第二超级电容储能系统发送第三配置指令,第三配置指令用于配置第二超级电容储能系统的初始电压,以及将第二超级电容储能系统的状态配置为放电就绪状态。

[0208] S22,控制台向第一超级电容储能系统发送第四配置指令,第四配置指令用于配置第一超级电容储能系统的初始电压和结束电压,以及将第一超级电容储能系统的充电电流配置为第二恒流,并将第一超级电容储能系统的状态配置为充电就绪状态。

[0209] S23,控制台向第二超级电容储能系统发送第三控制指令,第三控制指令用于指示第二超级电容储能系统启动放电。

[0210] S24,控制台向第一超级电容储能系统发送第四控制指令,第四控制指令用于指示第一超级电容储能系统启动充电。

[0211] S25,控制台在测试过程中采集第二超级电容储能系统的第三测试参数,以及第一超级电容储能系统的第四测试参数;根据第三测试参数得到第二超级电容储能系统的第三测试结果,根据第四测试参数得到第一超级电容储能系统的第四测试结果。

[0212] 一种可选的方式中,对步骤S21中通过第三配置指令配置第二超级电容储能系统的初始电压时,可以采用以下方式:

[0213] 在第二超级电容储能系统接收到第三配置命令后,通过四象限变流器进行充放电,将第二超级电容储能系统的电压提高到第三配置命令配置的初始电压,第三配置命令配置的初始电压可以为900V。

[0214] 一种可选的方式中,对步骤S22中通过第四配置指令配置第一超级电容储能系统的初始电压和结束电压,以及将第一超级电容储能系统的充电电流配置为第二恒流,可以采用以下方式:

[0215] 在第一超级电容储能系统接收到第四配置命令后,通过四象限变流器进行充放电,将第一超级电容储能系统的电压调节到第四配置命令配置的初始电压,第四配置命令配置的初始电压可以为450V。

[0216] 第四配置命令配置第一超级电容储能系统的结束电压,用于当第一超级电容储能系统监测达到自身电压提高到第四配置命令配置的结束电压时,停止测试,第四配置命令配置的结束电压可以为900V。

[0217] 第四配置命令将第一超级电容储能系统的充电电流配置为第二恒流,具体为:第一超级电容储能系统为恒流充电,恒流充电电流为第四配置指令配置的第二恒流,第二恒流可以为:1000±20A。

[0218] 其中,步骤S21和步骤S22的执行顺序不做限定,可以先执行S21,再执行S22,也可

以先执行S22,再执行S21,还可以同时执行S21和S22。

[0219] 其中,步骤S23和步骤S24的执行顺序可是先执行S23,再执行S24,也可以是同时执行S23和S24。

[0220] 第三测试结果和第四测试结果如上述实施例中。

[0221] 本实施例一方面,利用第一超级电容储能系统和第二超级电容储能系统进行对拖测试,实现功率循环,降低了对电网容量的要求,节约电能;另一方面,一次完成两套超级电容储能系统相互测试,效率高。

[0222] 可选地,根据第一测试参数和第四测试参数得到第一超级电容储能系统的第五测试结果,第五测试结果包括功率考核、能量效率考核、电流电压纹波率考核、电流电压误差考核和环境温度考核;

[0223] 根据第二测试参数和第三测试参数得到第二超级电容储能系统的第六测试结果,第六测试结果包括功率考核、能量效率考核、电流电压纹波率考核、电流电压误差考核和环境温度考核。

[0224] 第五测试结果和第六测试结果如上述实施例中。

[0225] 可选地,四象限变流器还用于:维持四象限变流器的输出端的电压为第二恒压;

[0226] 第二恒压与第一恒压的功能相同,用于当第二超级电容储能系统的放电功率小于第一超级电容储能系统的充电功率时,四象限变流器的输出端的电压小于第二恒压,四象限变流器补充充电功率和放电功率的功率差,以维持四象限变流器的输出端的电压为第二恒压。

[0227] 第二恒压可以为 $DC1500V \pm 20V$,也可以为 $DC750V \pm 20V$ 。

[0228] 通过四象限变流器补充充电功率和放电功率的功率差,以维持四象限变流器的输出端的电压为第二恒压,能够拓宽第二超级电容储能系统的测试范围。

[0229] 可选地,还包括:

[0230] S26,若第一超级电容储能系统的当前电压为第一超级电容储能系统的结束电压,则停止测试。

[0231] 在测试过程中,随着第一超级电容储能系统不断充电,第一超级电容储能系统的电压不断升高,当第一超级电容储能系统的电压升高到结束电压时,则停止测试。

[0232] 在一种可选的方式中,在上述图6所示的步骤S25中,控制台在第二超级电容储能系统放电过程中采集第二超级电容储能系统的第三测试参数,并根据第三测试参数得到第二超级电容储能系统的第三测试结果,可以通过如下方式得到:

[0233] 在第二超级电容储能系统放电过程中通过第二变流器柜采集第二超级电容柜的第三测试参数,并根据第三测试参数得到第二超级电容储能系统的第三测试结果。

[0234] 可选地,第四控制指令根据第一超级电容储能系统设定的第二充电电流生成,第三控制指令根据由第二充电电流得到的第二放电电流生成。

[0235] 第四控制指令的生成方法与第二控制指令的生成方法相同,不再赘述。

[0236] 第三控制指令的生成方法与第一控制指令的生成方法相同,不再赘述。

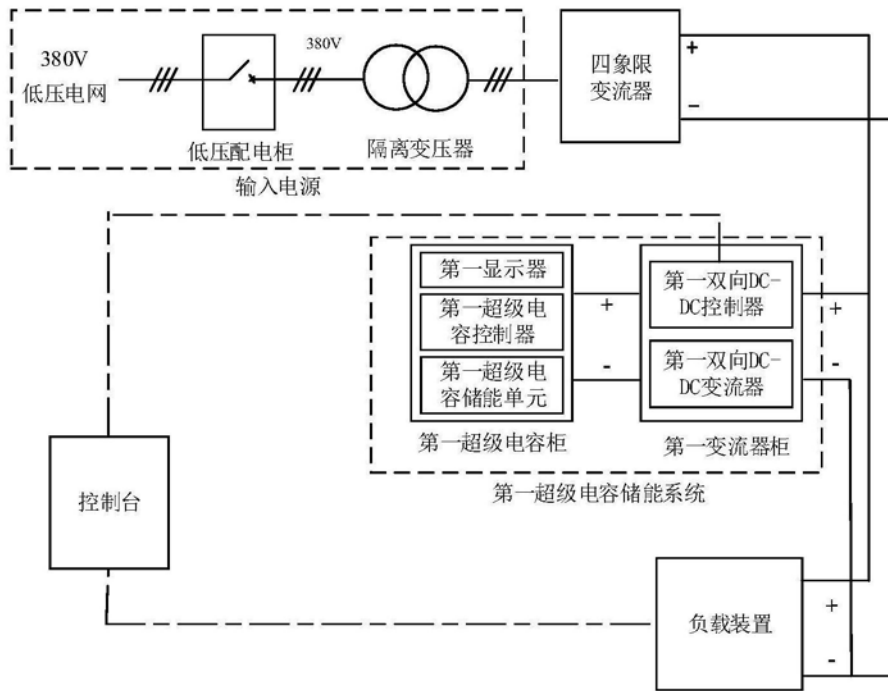
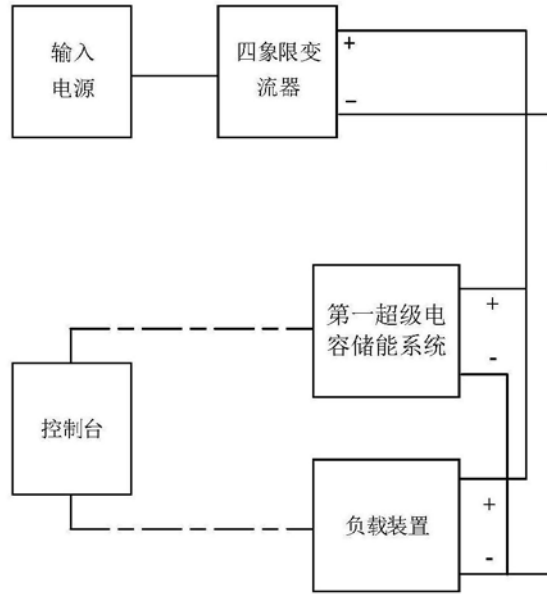
[0237] 可选地,第二超级电容储能系统的初始电压大于第一超级电容储能系统的初始电压。

[0238] 当第二超级电容储能系统的初始电压大于第一超级电容储能系统的初始电压时,

测试过程中第二超级电容储能系统存储的电能能够优先满足第一超级电容储能系统充电时需要的功率,从而减小从四象限变流器获得的电能。

[0239] 本领域普通技术人员可以理解:实现上述各方法实施例的全部或部分步骤可以通过程序指令相关的硬件来完成。前述的程序可以存储于一计算机可读取存储介质中。该程序在执行时,执行包括上述各方法实施例的步骤;而前述的存储介质包括:ROM、RAM、磁碟或者光盘等各种可以存储程序代码的介质。

[0240] 最后应说明的是:以上各实施例仅用以说明本发明的技术方案,而非对其限制;尽管参照前述各实施例对本发明进行了详细的说明,本领域的普通技术人员应当理解:其依然可以对前述各实施例所记载的技术方案进行修改,或者对其中部分或者全部技术特征进行等同替换;而这些修改或者替换,并不使相应技术方案的本质脱离本发明各实施例技术方案的范围。



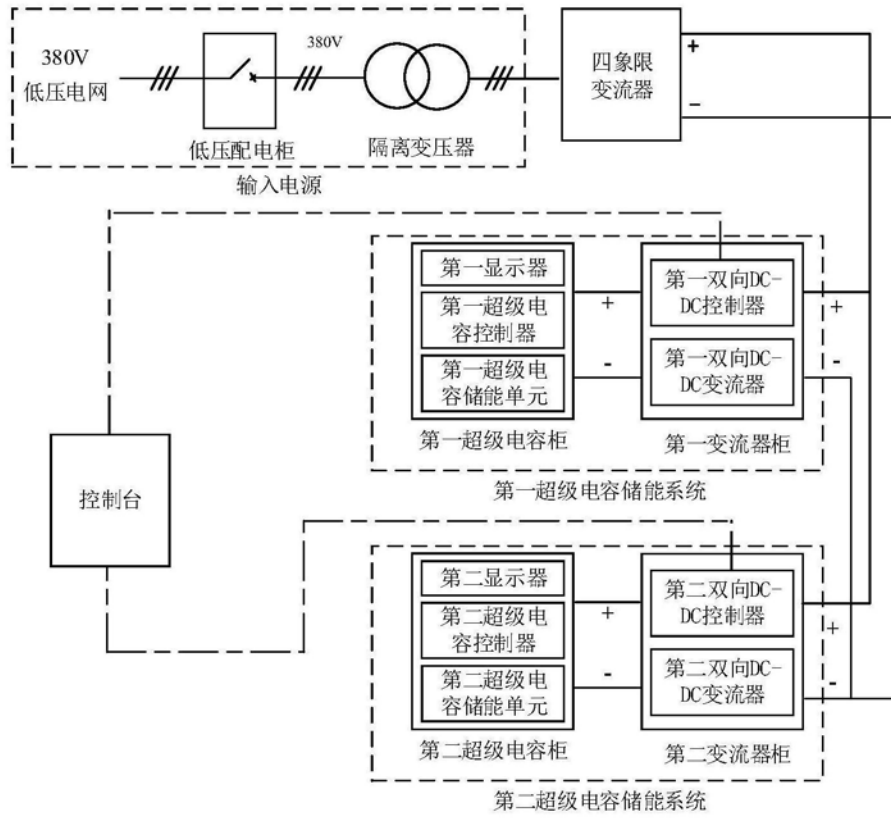


图3

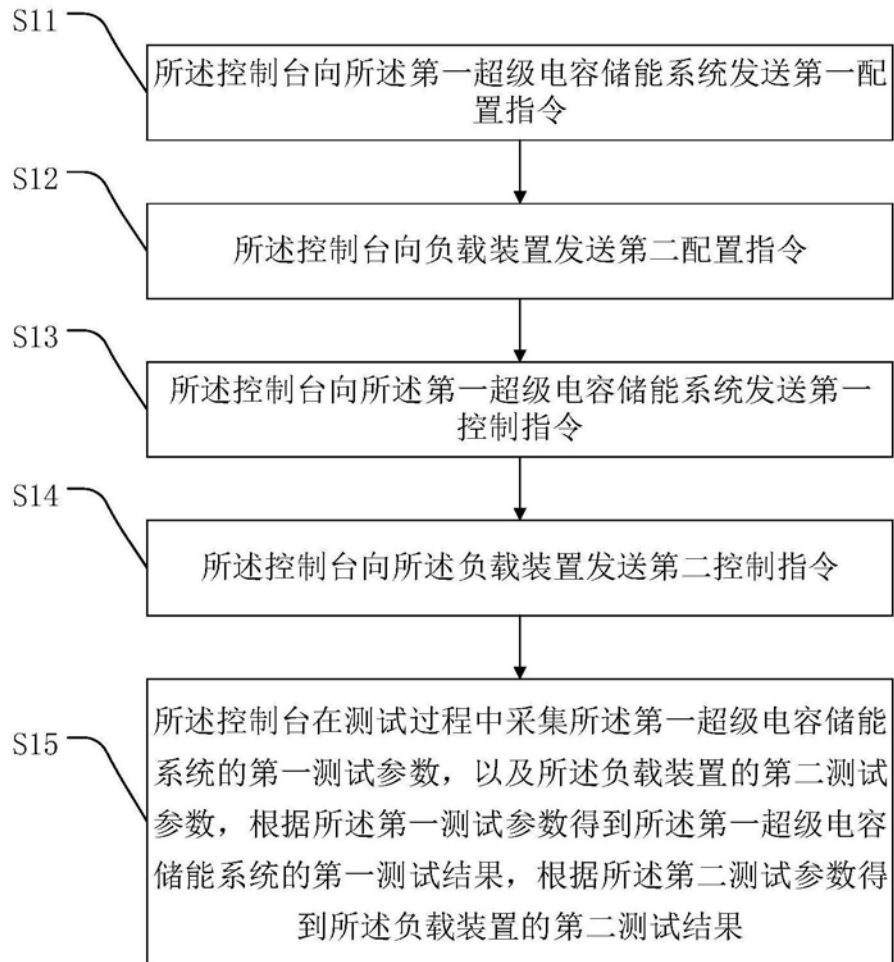


图4

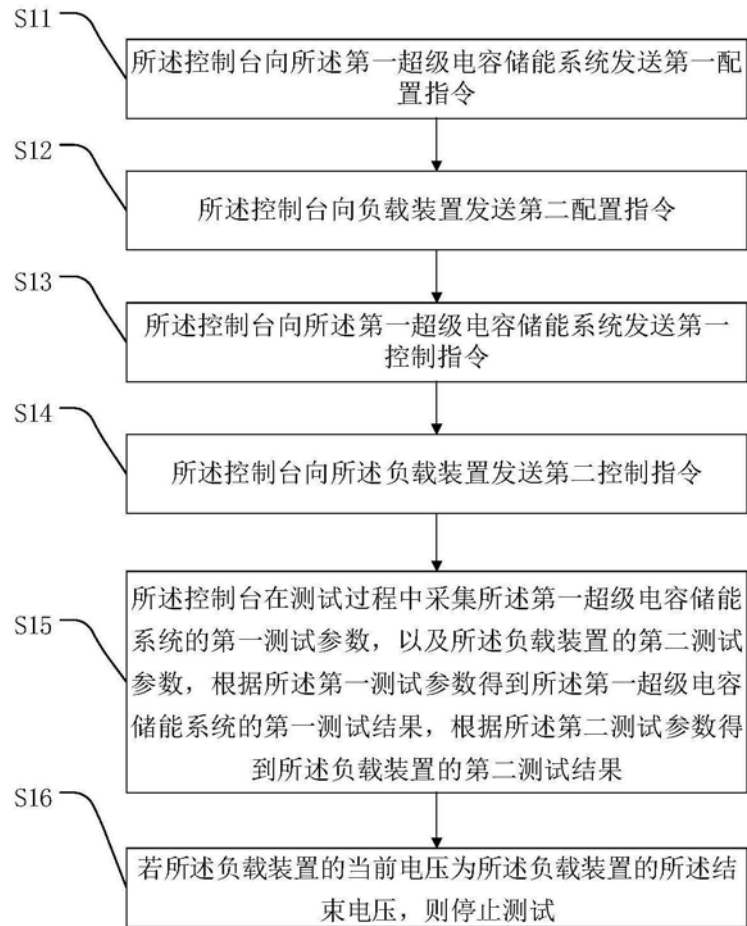


图5

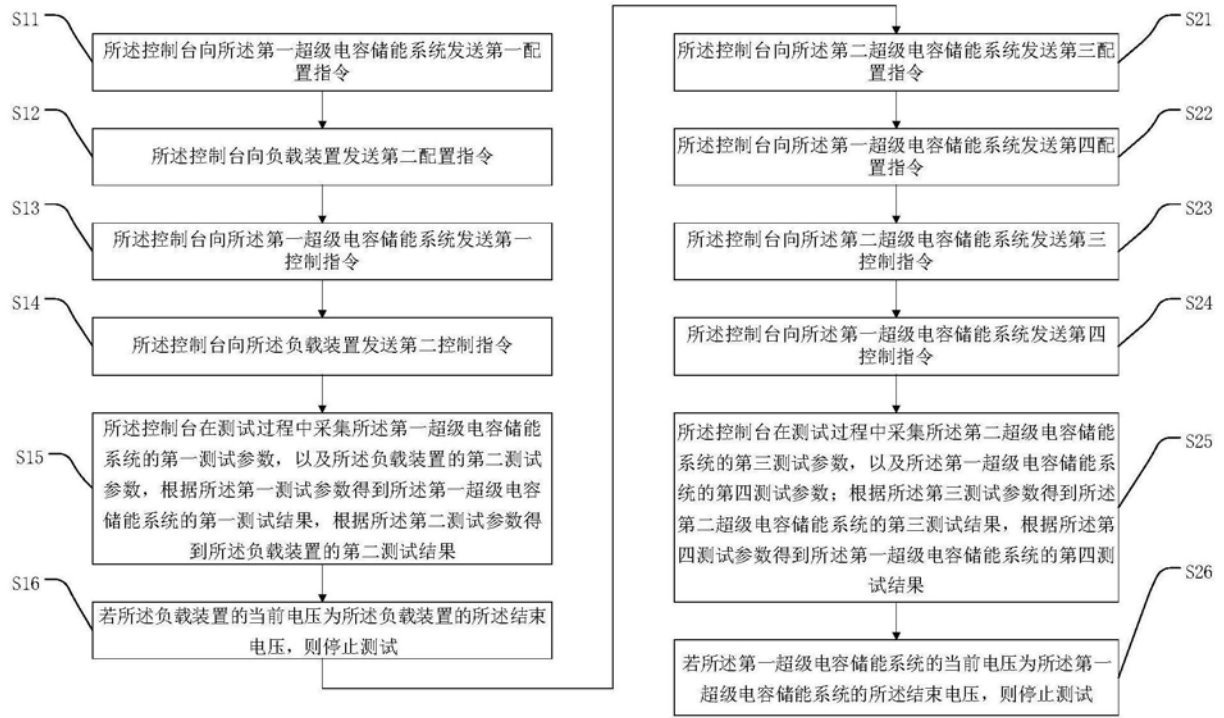


图6