



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 106527182 A

(43)申请公布日 2017.03.22

(21)申请号 201611202634.0

(22)申请日 2016.12.23

(71)申请人 华南理工大学

地址 511458 广东省广州市南沙区环市大道南路25号华工大广州产研院

(72)发明人 夏成军 李猛 蓝海文 周云 廖梦君 郭海平

(74)专利代理机构 广州市华学知识产权代理有限公司 44245

代理人 李斌

(51)Int.Cl.

G05B 17/02(2006.01)

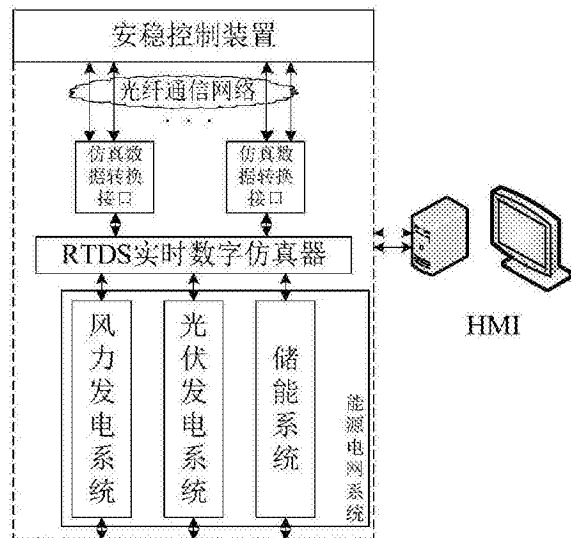
权利要求书2页 说明书5页 附图3页

(54)发明名称

基于RTDS的含多类型高渗透新能源电网安稳试验系统及方法

(57)摘要

本发明公开了一种基于RTDS的含多类型高渗透新能源电网安稳试验系统及方法,所述安稳试验系统包括顺序连接的能源电网系统、RTDS实时数字仿真器、仿真数据转换接口、安稳控制装置、人机交互界面HMI;RTDS实时数字仿真器用于对高渗透新能源仿真信号发送至仿真数据转换接口;仿真数据转换接口用于对含高渗透新能源仿真结果模拟量和数字量数据与实际安稳控制装置之间进行信息的互相传递;RTDS实时数字仿真器在仿真得到数据信号后向仿真数据转换接口传送数据信息;安稳控制装置用于将动作操作指令通过仿真数据转换接口转换后发送至RTDS实时数字仿真器。本发明目的是建立含多类型新能源电力系统实时数字仿真平台,为新能源并网运行协调发展提供新的仿真和检测手段。



1. 一种基于RTDS的含多类型高渗透新能源电网安稳试验系统,其特征在于,包括顺序连接的能源电网系统、RTDS实时数字仿真器、仿真数据转换接口、安稳控制装置、人机交互界面HMI;其中

所述RTDS实时数字仿真器用于对高渗透新能源仿真信号进行计算后发送至所述仿真数据转换接口,并根据安稳控制装置反馈的动作信号做出相应的动作操作,同时将所需要的信息量输出到人机交互界面HMI;

所述仿真数据转换接口用于对RTDS实时数字仿真器计算的含高渗透新能源仿真结果模拟量数据和数字量数据与实际安稳控制装置之间进行信息的互相传递;所述RTDS实时数字仿真器在仿真得到数据信号后,通过D/A Scaling功能将数据统一标准化后向仿真数据转换接口传送开关量、模拟量等数据信息;

所述安稳控制装置用于将动作操作指令通过仿真数据转换接口转换后发送至RTDS实时数字仿真器,实现数据信息的双向闭环传送以及RTDS实时数字仿真器与安稳控制装置的互动。

2. 根据权利要求1所述的基于RTDS的含多类型高渗透新能源电网安稳试验系统,其特征在于,所述能源电网系统包括风力发电系统、光伏发电系统以及储能系统。

3. 根据权利要求2所述的基于RTDS的含多类型高渗透新能源电网安稳试验系统,其特征在于,所述风力发电系统包括双馈风力发电机组和永磁直驱风力发电机组;

所述双馈风电机组采用双PWM控制器,所述双PWM变流器包括转子侧变流器和网侧变流器,所述转子侧变流器用于实现对双馈风力发电机组有功或无功功率输出的解耦控制,所述网侧变流器用于维持直流电压的稳定运行;

所述永磁直驱风力发电机组采用双PWM变流器,所述双PWM变流器包括网侧变流器和机侧变流器;所述网侧变流器采用电压定向矢量控制方式,用于控制直流电压保持稳定,并实现发电系统的并网功能,控制结构为电压外环控制和电流内环控制;所述机侧变流器采用零d轴电流控制策略,用于调节发电机转速以及控制电机输出转矩。

4. 根据权利要求2所述的基于RTDS的含多类型高渗透新能源电网安稳试验系统,其特征在于,所述光伏发电系统采用内环电流控制和外环电压控制的双闭环控制结构;

所述内环电流控制用于对d轴有功电流和q轴无功电流进行控制,以实现并网有功功率和并网无功功率的解耦控制;

所述外环电压控制为直流电压控制,用以维持并网运行期间直流侧电压的稳定控制,同时,为了实现光伏电池的最大效率运行,采用MPPT控制器对光伏系统进行最大功率点跟踪控制,使光伏系统运行处于最优状态。

5. 根据权利要求4所述的基于RTDS的含多类型高渗透新能源电网安稳试验系统,其特征在于,所述储能系统采用适用于MW级锂电池储能电站的多组接入的两极式主回路拓扑结构,每个电池堆分为12组接入前级DC/DC,各电池组电压经DC/DC变换为统一的直流电压后汇入直流母线并作为后级DC/AC的输入。

6. 根据权利要求1所述的基于RTDS的含多类型高渗透新能源电网安稳试验系统,其特征在于,所述仿真数据转换接口包括GTA0板、GTDO板和GTDI板,其中

所述GTA0板用于将RTDS实时数字仿真器发送的模拟信号经光电耦合处理后成为数字信号,并将数字信号发送至安稳控制装置的输入接口;

所述GTDO板用于将RTDS实时数字仿真器发送的开关信号经光电耦合处理后成为数字信号,并将数字信号发送至安稳控制装置的输入接口;

所述GTDI板用于将安稳控制装置的动作信号转换成数字信号,并将数字信号发送至RTDS实时数字仿真器。

7.根据权利要求1所述的基于RTDS的含多类型高渗透新能源电网安稳试验系统,其特征在于,所述安稳控制装置包括允许自试压板、出口总控制投压板、线路检修压板和变通道压板。

8.根据权利要求1所述的基于RTDS的含多类型高渗透新能源电网安稳试验系统,其特征在于,所述人机交互界面HMI用于调节所述能源电网系统的渗透率,模拟能源电网系统在高渗透率情况下特性及运行状态,配置能源电网系统中相关电网的综合模型,以及监视能源电网系统的动态响应数据。

9.一种基于RTDS的含多类型高渗透新能源电网安稳试验方法,其特征在于,包括如下步骤:

S1、建立能源电网系统的RTDS实时数字仿真模型,配置模型控制拓扑与控制参数,保证模型与实际系统动态性能一致;

S2、RTDS实时数字仿真器对RTDS实时数字仿真模型进行计算后,将相关控制信号数据发送至仿真数据转换接口;仿真数据转换接口通过D/A Scaling功能将控制信号数据统一标准化后,向安稳控制装置传送控制信息;

S3、模拟电网多场景:安稳控制装置允许通过相应的压板进行指定功能投退的设置操作指令;

S4、安稳控制装置根据仿真数据转换接口发送的转换信号做出相应的动作操作指令,并将动作操作指令通过仿真数据转换接口转换后发送至RTDS实时数字仿真器,实现数据信息的双向闭环传送以及RTDS实时数字仿真器与安稳控制装置的互动。

## 基于RTDS的含多类型高渗透新能源电网安稳试验系统及方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及电力系统安稳控制技术领域,特别涉及一种基于RTDS的含多类型高渗透新能源电网安稳试验系统及方法。

### 背景技术

[0002] 随着电力系统新能源技术的进步,多类型新能源并网规模进一步提高,新能源渗透率的增加对电力系统安全稳定带来了挑战。安全稳定控制系统是电力系统三道防线中最重要内容之一,系统中的安稳装置数量众多、控制方式复杂,必须通过RTDS试验进行动态测试,保证安稳装置能够适应系统变化而变化,维持系统安全稳定运行与新能源发电的综合消纳。

[0003] 传统的安全稳定控制装置的测试主要依靠在仿真实验室建立单一针对测试装置的仿真模型或者是在传统电网运行模式下进行。一方面,安全稳定控制系统在单一针对测试仿真模型下进行试验只能验证安稳装置的功能性,试验得出的结论具有较大的局限性。针对测试仿真的模型往往运行稳定,无法包含实际系统具有的多运行方式、多场景、多时间尺度等复杂工况;另一方面,在传统电网运行模式下虽然具备大系统特有的动态性能与复杂多尺度特性,由于系统中无法包含多类型新能源的响应特性,仿真试验结果不能够说明安全稳定控制装置在多类型新能源接入系统中控制特性,因此无法确保安全稳定控制装置的功能的全面性。

[0004] 针对现有技术的不足,本发明提供一种基于RTDS的含多类型高渗透新能源电网安稳试验系统,以保证新能源接入电网安全稳定运行及提高新能源综合消纳能力。

### 发明内容

[0005] 为了克服现有技术存在的缺点与不足,本发明提供一种基于RTDS的含多类型高渗透新能源电网安稳试验系统及方法,有利于电力系统规划、分析设计人员掌握含多类型新能源安全稳定控制,为确保含多类型新能源安全稳定运行及综合消纳提供依据;本发明目的是建立含多类型新能源电力系统实时数字仿真平台,为新能源并网运行协调发展提供新的仿真和检测手段。

[0006] 为解决上述技术问题,本发明提供如下技术方案:基于RTDS的含多类型高渗透新能源电网安稳试验系统,包括顺序连接的能源电网系统、RTDS实时数字仿真器、仿真数据转换接口、安稳控制装置、人机交互界面HMI;其中

[0007] 所述RTDS实时数字仿真器用于对高渗透新能源仿真信号进行计算后发送至所述仿真数据转换接口,并根据安稳控制装置反馈的动作信号做出相应的动作操作,同时将所需要的信息量输出到人机交互界面HMI;

[0008] 所述仿真数据转换接口用于对RTDS实时数字仿真器计算的含高渗透新能源仿真结果模拟量和数字量数据与实际安稳控制装置之间进行信息的互相传递;所述RTDS实时数字仿真器在仿真得到数据信号后,通过D/A Scaling功能将数据统一标准化后向仿真数据

转换接口传送开关量、模拟量等数据信息；

[0009] 所述安稳控制装置用于将动作操作指令通过仿真数据转换接口转换后发送至RTDS实时数字仿真器,实现数据信息的双向闭环传送以及RTDS实时数字仿真器与安稳控制装置的互动。

[0010] 进一步地,所述能源电网系统包括风力发电系统、光伏发电系统以及储能系统。

[0011] 进一步地,所述风力发电系统包括双馈风力发电机组和永磁直驱风力发电机组；

[0012] 所述双馈风电机组采用双PWM控制器,所述双PWM变流器包括转子侧变流器和网侧变流器,所述转子侧变流器用于实现对双馈风力发电机组有功或无功功率输出的解耦控制,所述网侧变流器用于维持直流电压的稳定运行；

[0013] 所述永磁直驱风力发电机组采用双PWM变流器,所述双PWM变流器包括网侧变流器和机侧变流器；所述网侧变流器采用电压定向矢量控制方式,用于控制直流电压保持稳定,并实现发电系统的并网功能,控制结构为电压外环控制和电流内环控制；所述机侧变流器采用零d轴电流控制策略,用于调节发电机转速以及控制电机输出转矩。

[0014] 进一步地,所述光伏发电系统采用内环电流控制和外环电压控制的双闭环控制结构；

[0015] 所述内环电流控制用于对d轴有功电流和q轴无功电流进行控制,以实现并网有功功率和并网无功功率的解耦控制；

[0016] 所述外环电压控制为直流电压控制,用以维持并网运行期间直流侧电压的稳定控制,同时,为了实现光伏电池的最大效率运行,采用MPPT控制器对光伏系统进行最大功率点跟踪控制,使光伏系统运行处于最优状态。

[0017] 进一步地,所述储能系统采用适用于MW级锂电池储能电站的多组接入的两极式主回路拓扑结构,每个电池堆分为12组接入前级DC/DC,各电池组电压经DC/DC变换为统一的直流电压后汇入直流母线并作为后级DC/AC的输入。

[0018] 进一步地,所述仿真数据转换接口包括GTA0板、GTDO板和GTDI板,其中

[0019] 所述GTA0板用于将RTDS实时数字仿真器发送的模拟信号经光电耦合处理后成为数字信号,并将数字信号发送至安稳控制装置的输入接口；

[0020] 所述GTDO板用于将RTDS实时数字仿真器发送的开关信号经光电耦合处理后成为数字信号,并将数字信号发送至安稳控制装置的输入接口；

[0021] 所述GTDI板用于将安稳控制装置的动作信号转换成数字信号,并将数字信号发送至RTDS实时数字仿真器。

[0022] 进一步地,所述安稳控制装置包括允许自试压板、出口总控制投压板、线路检修压板和变通道压板。

[0023] 进一步地,所述人机交互界面HMI用于调节所述能源电网系统的渗透率,模拟能源电网系统在高渗透率情况下特性及运行状态,配置能源电网系统中相关电网的综合模型,以及监视能源电网系统的动态响应数据。

[0024] 本发明的另一目的是提供一种基于RTDS的含多类型高渗透新能源电网安稳试验方法,包括如下步骤：

[0025] S1、建立能源电网系统的RTDS实时数字仿真模型,配置模型控制拓扑与控制参数,保证模型与实际系统动态性能一致；

[0026] S2、RTDS实时数字仿真器对RTDS实时数字仿真模型进行计算后,将相关控制信号数据发送至仿真数据转换接口;仿真数据转换接口通过D/A Scaling功能将控制信号数据统一标准化后,向安稳控制装置传送控制信息;

[0027] S3、模拟电网多场景:安稳控制装置允许通过相应的压板进行指定功能投退的设置操作指令;

[0028] S4、安稳控制装置根据仿真数据转换接口发送的转换信号做出相应的动作操作指令,并将动作操作指令通过仿真数据转换接口转换后发送至RTDS实时数字仿真器,实现数据信息的双向闭环传送以及RTDS实时数字仿真器与安稳控制装置的互动。

[0029] 采用上述技术方案后,本发明至少具有如下有益效果:

[0030] 1) 对于多类型新能源接入电网安全稳定的研究,本发明提供较精确的仿真试验平台,能够为安稳装置入网检测提供有效的仿真系统;本发明有利用电力系统规划人员、分析人员掌握含多类型新能源接入电力系统特性,确保电网安全稳定运行;

[0031] 2) 本发明提供含多类型高渗透新能源电网安稳试验平台,有效保证新能源接入电网安全稳定运行及提高新能源综合消纳能力;

[0032] 3) 本发明可以方便地进行扩展应用,在高拟真动态仿真保证电网原始动态特性,建立高渗透率新能源接入电网RTDS实时数字仿真模型,具备针对实际物理装置进行实时、闭环、快速、灵活、全面试验的优势。

## 附图说明

[0033] 图1是本发明基于RTDS实时数字仿真的含多类型高渗透新能源电网安稳试验系统的结构示意图;

[0034] 图2是本发明基于RTDS实时数字仿真的含多类型高渗透新能源电网安稳试验系统的风力发电系统的模型示意图;

[0035] 图3是本发明基于RTDS实时数字仿真的含多类型高渗透新能源电网安稳试验系统的光伏发电系统的模型示意图;

[0036] 图4是本发明基于RTDS实时数字仿真的含多类型高渗透新能源电网安稳试验系统的储能系统的模型示意图;

[0037] 图5是本发明基于RTDS实时数字仿真的含多类型高渗透新能源电网安稳试验系统的RTDS实时数字仿真模型示意图;

[0038] 图6是本发明基于RTDS实时数字仿真的含多类型高渗透新能源电网安稳试验系统的RTDS实时数字仿真器于安稳装置之间的信号流向图;

[0039] 图7是本发明基于RTDS实时数字仿真的含多类型高渗透新能源电网安稳试验系统的构建步骤示意图。

## 具体实施方式

[0040] 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结合,下面结合附图和具体实施例对本申请作进一步详细说明。

[0041] 如图1所示,为本发明的提供一种基于RTDS实时数字仿真的含多类型高渗透新能源电网安稳试验系统,包括RTDS实时数字仿真器、仿真数据转换接口、安稳控制装置、人机

交互界面HMI、风力发电系统、光伏发电系统以及储能系统。本发明系统中新能源发电渗透率能够达到30%及以上,仿真规模涵盖多类型新能源接入电网500kV/200kV/110kV/35kV四级电压等级。RTDS实时数字仿真器将含高渗透新能源仿真结果模拟量与数字量数据经光纤通信网络传送至仿真数据转换接口,经仿真数据转换接口后通过光纤通信网络将仿真结果传送至安稳控制装置;安稳控制装置将动作信号通过仿真数据转换接口转换后利用光纤通信网络传至RTDS实时数字仿真器,实现数据信息的双向闭环传送。

[0042] 基于RTDS的含多类型高渗透新能源电网安稳试验系统的具体实施如下:

[0043] 在RTDS人机交互软件RSCAD中建立风、光、储等值系统综合模型,如图2-图5所示。

[0044] 风力发电系统包括双馈风力发电机组和永磁直驱风力发电机组,双馈风电机组双PWM控制系统采用双环控制方式。双PWM变流器由转子侧变流器(RSC)和网侧变流器(GSC)组成,GSC主要用于维持直流电压的稳定运行,而RSC则主要用于实现对DFIG有功无功功率输出的解耦控制,DFIG发电控制系统结构如图2所示,试验系统中的风机模型采用多机等值的方式,保证实时数字仿真试验中能够高拟真整个风电场的动态特性。

[0045] 永磁直驱风力发电控制系统采用双PWM变流器进行并网,主要包括网侧变流器控制和机侧变流器控制。网侧变流器采用电压定向矢量控制,主要用于控制直流电压保持稳定,并实现发电系统的并网功能,控制结构为电压外环控制和电流内环控制;机侧变流器控制则采用零d轴电流控制策略,主要功能为调节发电机转速,控制电机输出转矩,实现风力发电系统的最大功率点跟踪功能,PMSG发电控制系统结构如图3所示。

[0046] 在模型中光伏逆变器控制将采用基于电压定向的矢量控制策略,系统控制结构采用内环电流控制和外环电压控制的双闭环控制结构,内环电流控制用于对d轴有功电流和q轴无功电流进行控制,以实现并网有功功率和并网无功功率的解耦控制,外环为直流电压控制,用以维持并网运行期间直流侧电压的稳定控制。同时,为了实现光伏电池的最大效率运行,采用MPPT控制器对光伏系统进行最大功率点跟踪控制,使光伏系统运行在最优状态,光伏发电控制结构如图4所示。

[0047] 模型中针对MW级大容量电池储能电站进行建模,电池组模型是基于单体电池模型通过串联等效得到的,单体电池模型是根据实际电池的充放电曲线,由经验公式通过数据拟合得到,因此电池组的RTDS模型能够真实的模拟电池组充放电特性。储能系统PCS采用适用于MW级锂电池储能电站的多组接入的两极式主回路拓扑结构。PCS储能变流器拓扑结构如图5所示,每个电池堆分为12组接入前级DC/DC,各电池组电压经DC/DC变换为统一的直流电压后汇入直流母线并作为后级DC/AC的输入。

[0048] 仿真数据转换接口利用GTAO板与GTDO板卡分别将RTDS中计算得到的模拟信号与开关信号经光电耦合后的数字信号输出到安稳控制装置;与此同时仿真数据转换接口将现场实际安稳控制装置动作后的开关信号转换成数字信号后传送至GTDI板卡,最终被RTDS实时数字仿真器接受。RTDS实时数字仿真器连接安稳控制装置及信号流程如图6所示。

[0049] 仿真数据转换接口采用标准化的双向数据传送方式。在得到RTDS实时数字仿真器的仿真数据后通过D/A Scaling功能将数据统一标准化后向安稳控制装置传送开关量、模拟量等数据信息;在得到安稳控制装置的开关量、模拟量等数据信息后,通过D/A Scaling功能将数据统一标准化后向RTDS实时数字仿真器传送数据信息。

[0050] 本发明在试验中的安稳控制装置允许通过相应的压板进行指定功能投退的设置

操作指令,允许自试压板、出口总控制投压板、线路检修压板、变通道压板等。投入允许自试压板,装置可以进行整组输出试验,装置运行时应退出该压板;投入出口总控制投压板,装置才可以具备上送负荷、收发命令、本地策略判断等功能,退出此压板,装置所有功能退出。装置运行时投入此压板;投入线路检修压板则强制判该线路停运,不判断所有异常,不进行故障判断,退出则装置根据线路的实际电气量进行投停、异常、故障判断;投入变通道压板则开放收发正常数据和命令功能,退出则不发送任何命令、有效数据,也不再处理该通道的任何数据及命令。

[0051] 本发明系统中的新能源渗透率可以通过人机交互界面HMI进行调节,模拟电网在高渗透率(30%及以上)情况下特性及运行状态。系统中包含风、光、储综合模型,具备模拟风电场数超过 $n$ 个,其中 $n \geq 10$ 。通过上述方案的实施,能够有效建立含多类型高渗透新能源电网安稳试验平台,其实施流程如图7所示。

[0052] 尽管已经示出和描述了本发明的实施例,对于本领域的普通技术人员而言,可以理解的是,在不脱离本发明的原理和精神的情况下可以对这些实施例进行多种等效的变化、修改、替换和变型,本发明的范围由所附权利要求及其等同范围限定。



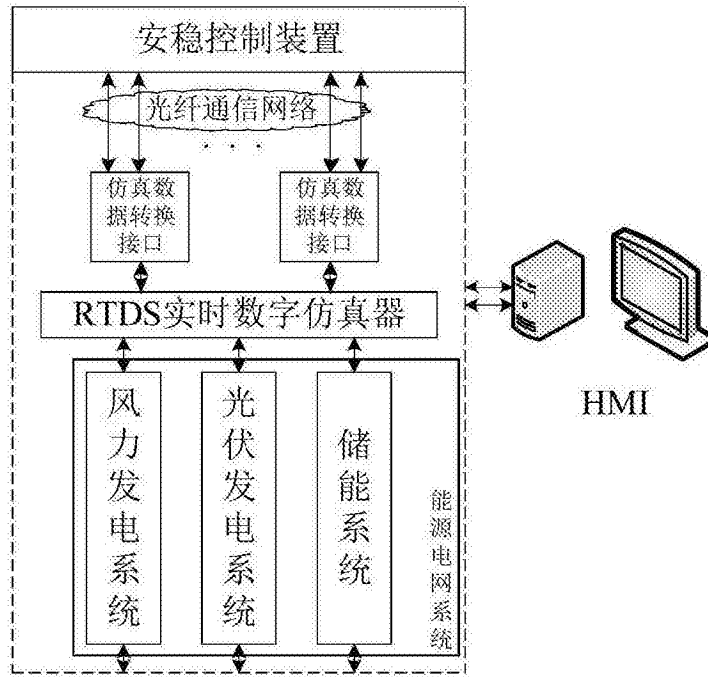


图1

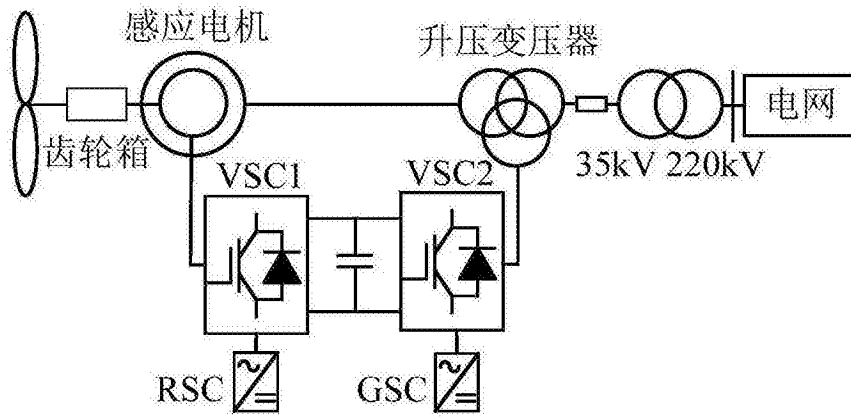


图2

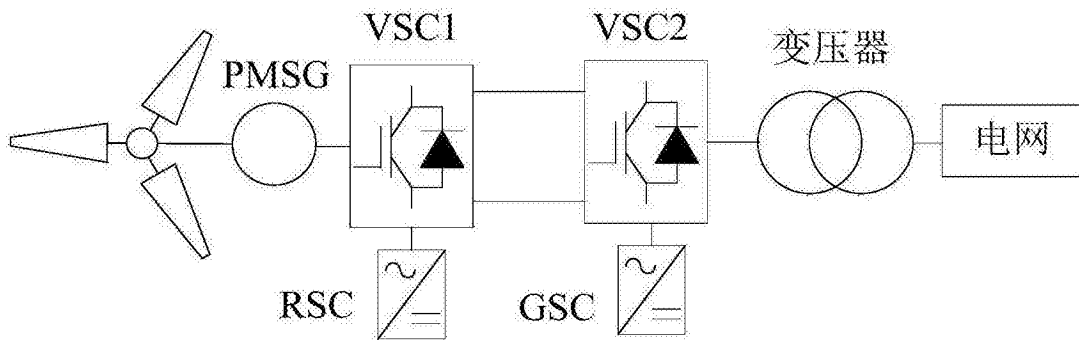


图3

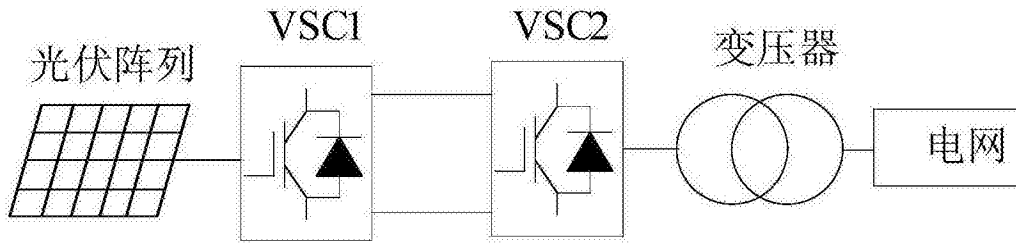


图4

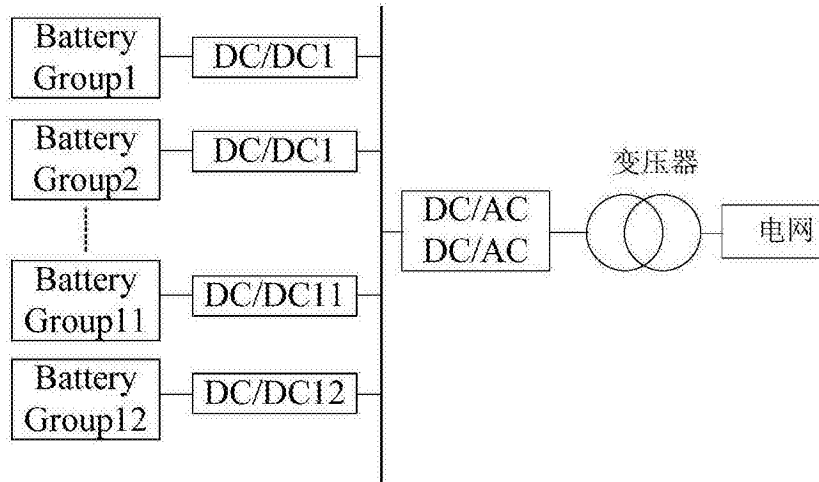


图5

RTDS	开关信号输出	安稳装置
线路A相合位		安稳装置端口A
线路B相合位	→ GTDO → 光电耦合 →	安稳装置端口B
线路C相合位		安稳装置端口C
模拟信号输出		
线路A相电压		安稳装置端口X
线路B相电压	→ GTA0 →	安稳装置端口Y
线路C相电压		安稳装置端口Z
数字信号输入		
切机信号		← GTDI ← 安稳装置端口1
切负荷信号		← 安稳装置端口2

图6

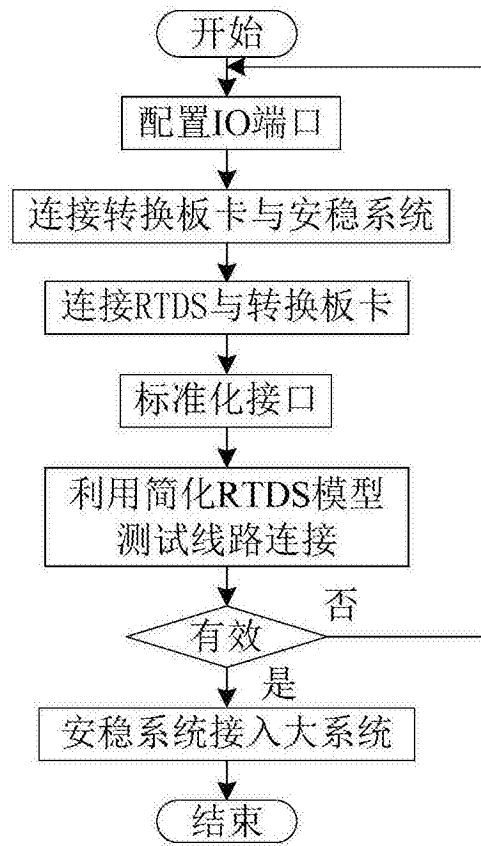


图7