



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 109683583 A

(43)申请公布日 2019.04.26

(21)申请号 201811408469.3

(22)申请日 2018.11.23

(71)申请人 国网安徽省电力有限公司电力科学  
研究院

地址 230601 安徽省合肥市经济技术开发  
区紫云路299号

申请人 国家电网有限公司

(72)发明人 孙辉 汪玉 高博 李远松  
丁津津 李圆智 张峰

(74)专利代理机构 北京润平知识产权代理有限  
公司 11283  
代理人 肖冰滨 刘兵

(51)Int.Cl.

G05B 23/02(2006.01)

G01R 31/00(2006.01)

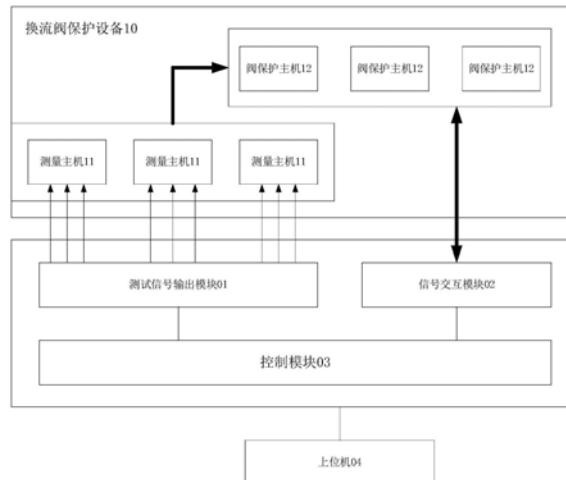
权利要求书2页 说明书5页 附图3页

(54)发明名称

基于控制保护解耦的换流阀保护装置的测  
试系统

(57)摘要

本发明实施方式提供一种基于控制保护解  
耦的换流阀保护装置的测试系统，属于特高压直  
流换流站阀保护测试相关技术领域。测试系统包  
括：测试信号输出模块，用于向换流阀保护装置  
的测量主机输出测量信号；信号交互模块，用于  
与换流阀保护装置的阀保护主机建立交互通信；  
控制模块用于根据预设的仿真模型控制测试信  
号输出模块向测量主机输出测量信号；向阀保护  
主机发送控制指令以使得阀保护主机针对测量  
信号对应的故障进行处理；从阀保护主机中获取  
阀保护主机反馈的输出信号；根据输出信号判断  
换流阀保护装置是否出现故障；上位机，与控制  
模块连接，用于接收工作人员输入的操作指令，  
并根据操作指令向控制模块发送相应的指令。



1. 一种基于控制保护解耦的换流阀保护装置的测试系统, 其特征在于, 所述测试系统包括:

测试信号输出模块, 用于向所述换流阀保护装置的测量主机输出测量信号;

信号交互模块, 用于与所述换流阀保护装置的阀保护主机建立交互通信;

控制模块, 分别与所述测试信号输出模块、所述信号交互模块连接, 用于:

根据预设的仿真模型控制所述测试信号输出模块向所述测量主机输出测量信号;

向所述阀保护主机发送控制指令以使得所述阀保护主机针对所述测量信号对应的运行特性进行处理判断;

从所述阀保护主机中获取所述阀保护主机反馈的输出信号;

根据所述输出信号判断所述换流阀保护装置是否出现故障;

上位机, 与所述控制模块连接, 用于接收工作人员输入的操作指令, 并根据所述操作指令向所述控制模块发送相应的指令。

2. 根据权利要求1所述的测试系统, 其特征在于, 所述测试系统进一步包括三取二装置, 所述三取二装置连接在所述信号交互模块和所述阀保护主机之间。

3. 根据权利要求1所述的测试系统, 其特征在于, 所述测量信号包括模拟量信号、数字量信号和开关量信号中的至少两者;

所述控制模块进一步用于控制所述阀保护主机采用拟合插值计算和补偿机制对所述数字量信号进行处理。

4. 根据权利要求3所述的测试系统, 其特征在于, 所述拟合插值计算包括:

采用公式(1)对所述数字量信号进行处理,

$$V_n' = \frac{(V_{n+1} - V_n)(R \times n) \% R'}{R'} + V_n, \quad (1)$$

其中,  $V_n'$  为处理后的所述数字量信号,  $V_n$  为处理前的所述数字量信号,  $n$  为所述数字量信号的采样序号,  $R$  为处理前的采样率,  $R'$  为处理后的采样率。

5. 根据权利要求3所述的测试系统, 其特征在于, 所述控制模块进一步用于:

根据公式(2)调节所述阀保护装置数字量信号的采样周期,

$$\begin{cases} CntI_n = CntS/N + 1, & (n \leq CntS\%N) \\ CntI_n = ntI_n = CntS/N, & (n > CntS\%N) \end{cases}, \quad (2)$$

其中,  $CntI_n$  为中断序号为  $n$  的输出中断的周期计数器,  $CntS$  为整秒的周期计数器,  $N$  为每秒的中断脉冲的个数。

6. 根据权利要求3所述的测试系统, 其特征在于, 所述控制模块进一步用于:

将所述开关量信号、所述控制指令、所述输出信号以及所述换流阀保护装置的状态关联并存储。

7. 根据权利要求3所述的测试系统, 其特征在于, 所述控制模块进一步用于:

采用时域矩阵法对所述测试信号输出模块输出的开关量信号进行自动置位。

8. 根据权利要求1所述的测试系统, 其特征在于, 所述测试信号输出模块的输出协议包括FT3协议, 所述FT3协议包括10kHz、50kHz、100kHz中的至少一者。

9. 根据权利要求3所述的测试系统, 其特征在于, 所述控制模块进一步用于根据预设的

换流阀保护装置对模拟量信号、数字量信号和开关量信号的响应时间差调整所述模拟量信号、数字量信号和开关量信号的输入时间，从而使得所述换流阀保护装置在同一时刻输出所述模拟量信号、数字量信号和开关量信号的反馈信号。

## 基于控制保护解耦的换流阀保护装置的测试系统

### 技术领域

[0001] 本发明涉及特高压直流换流站阀保护测试相关技术领域,具体地涉及一种基于控制保护解耦的换流阀保护装置的测试系统。

### 背景技术

[0002] 换流阀是直流输电工程的核心设备,其监测、触发和保护功能由换流阀控制保护设备实现。阀控和阀保护及交流保护之间协调配合,保障直流系统安全运行。换流站阀保护装置的运行稳定性与可靠性,直接影响到直流工程运行安全性。

[0003] 提升换流阀保护测试水平,有利于提高装置安全可靠性,降低现场维护成本,促进特高压直流保护的发展,提高特高压直流换流站的安全性与可靠性,有利于提高电力系统的经济效益和社会效益。

[0004] 因直流输电控制保护设备间耦合关系复杂,目前针对包括换流阀保护在内的各种直流保护设备测试,通常采用系统级测试,即针对直流控制保护设备开展成套测试,将控制部分和保护部分当成一个整体开展相关测试。该方法未针对控制与保护间接口进行解耦,无法精确定位设备故障点,对设备升级以及维护造成较大困扰,大大增加现场维护成本。同时保护软件升级或装置板卡更换后,亦需要一种可靠的测试方法以验证阀故障时软件逻辑和输入输出信号的正确性。

### 发明内容

[0005] 本发明实施方式的目的是提供一种基于控制保护解耦的换流阀保护装置的测试系统。该测试系统可以实现控制部分和保护部分的解耦,确保阀保护部分软件逻辑和输出信号的正确性,同时实现阀保护装置内部缺陷的精确定位,提高阀保护装置的运行可靠性。

[0006] 为了实现上述目的,本发明实施方式提供一种基于控制保护解耦的换流阀保护装置的测试系统,所述测试系统包括:

- [0007] 测试信号输出模块,用于向所述换流阀保护装置的测量主机输出测量信号;
- [0008] 信号交互模块,用于与所述换流阀保护装置的阀保护主机建立交互通信;
- [0009] 控制模块,分别与所述测试信号输出模块、所述信号交互模块连接,用于:
- [0010] 根据预设的仿真模型控制所述测试信号输出模块向所述测量主机输出测量信号;
- [0011] 向所述阀保护主机发送控制指令以使得所述阀保护主机针对所述测量信号对应的故障进行处理;
- [0012] 从所述阀保护主机中获取所述阀保护主机反馈的输出信号;
- [0013] 根据所述输出信号判断所述换流阀保护装置是否出现故障;
- [0014] 上位机,与所述控制模块连接,用于接收工作人员输入的操作指令,并根据所述操作指令向所述控制模块发送相应的指令。
- [0015] 可选地,所述测试系统进一步包括三取二装置,所述三取二装置连接在所述信号交互模块和所述阀保护主机之间。

[0016] 可选地,所述测量信号包括模拟量信号、数字量信号和开关量信号中的至少两者;  
[0017] 所述控制模块进一步用于控制所述阀保护主机采用拟合插值计算和补偿机制对所述数字量信号进行处理。

[0018] 可选地,所述拟合插值计算包括:

[0019] 采用公式(1)对所述数字量信号进行处理,

[0020] 
$$V_n' = \frac{(V_{n+1}-V_n)(R \times n) \% R'}{R'} + V_n, \quad (1)$$

[0021] 其中, $V_n'$ 为处理后的所述数字量信号, $V_n$ 为处理前的所述数字量信号,n为所述数字量信号的采样序号,R为处理前的采样率,R'为处理后的采样率。

[0022] 可选地,所述控制模块进一步用于:

[0023] 根据公式(2)调节所述阀保护装置数字量信号的采样周期,

[0024] 
$$\begin{cases} CntI_n = CntS/N + 1, & (n \leq CntS\%N) \\ CntI_n = ntI_n = CntS/N, & (n > CntS\%N) \end{cases}, \quad (2)$$

[0025] 其中,CntI<sub>n</sub>为中断序号为n的输出中断的周期计数器,CntS为整秒的周期计数器,N为每秒的中断脉冲的个数。

[0026] 可选地,所述控制模块进一步用于:

[0027] 将所述开关量信号、所述控制指令、所述输出信号以及所述换流阀保护装置的状态关联并存储;

[0028] 可选地,所述控制模块进一步用于:

[0029] 采用时域矩阵法对所述测试信号输出模块输出的开关量信号进行自动置位。

[0030] 可选地,所述测试信号输出模块的输出协议包括FT3协议,所述FT3协议包括10kHz、50kHz、100kHz中的至少一者。

[0031] 可选地,所述控制模块进一步用于根据预设的换流阀保护装置对模拟量信号、数字量信号和开关量信号的响应时间差调整所述模拟量信号、数字量信号和开关量信号的输入时间,从而使得所述换流阀保护装置在同一时刻输出所述模拟量信号、数字量信号和开关量信号的反馈信号。

[0032] 通过上述技术方案,本发明提供的基于控制解耦的换流阀保护装置的测试系统通过在设置测试信号输入模块根据仿真模型对换流阀保护装置的测量主机进行测试,并采用控制模块对换流阀保护装置的保护主机进行单独控制,从而实现换流阀保护装置的控制部分和保护部分的解耦,确保阀保护部分软件逻辑和输出信号的正确性,同时实现阀保护装置内部缺陷的精确定位,提高阀保护装置的运行可靠性。

[0033] 本发明实施方式的其它特征和优点将在随后的具体实施方式部分予以详细说明。

## 附图说明

[0034] 附图是用来提供对本发明实施方式的进一步理解,并且构成说明书的一部分,与下面的具体实施方式一起用于解释本发明实施方式,但并不构成对本发明实施方式的限制。在附图中:

[0035] 图1是根据本发明的一个实施方式的基于控制保护解耦的换流阀保护装置的结构框图之一;

[0036] 图2是根据本发明的一个实施方式的基于控制保护解耦的换流阀保护装置的结构框图之二；

[0037] 图3是根据本发明的一个实施方式的仿真输电系统的结构示意图。

## 具体实施方式

[0038] 以下结合附图对本发明实施方式的具体实施方式进行详细说明。应当理解的是，此处所描述的具体实施方式仅用于说明和解释本发明实施方式，并不用于限制本发明实施方式。

[0039] 如图1所示是根据本发明的一个实施方式的基于控制保护解耦的换流阀保护装置的测试系统的结构框图。在图1中，该测试系统可以包括：测试信号输出模块01、信号交互模块02、控制模块03和上位机04。

[0040] 测试信号输出模块01可以用于向换流阀保护装置10的测量主机11输出测量信号。

[0041] 信号交互模块02可以用于与换流阀保护装置10的阀保护主机12建立交互通信。

[0042] 控制模块03可以分别与测试信号输出模块01、信号交互模块02连接，用于根据预设的仿真模型控制测试信号输出模块01向测量主机11输出测量信号；向阀保护主机12发送控制指令以使得阀保护主机12针对该测量信号对应的故障进行处理；通过信号交互模块02从阀保护主机12中获取阀保护主机12反馈的输出信号；根据该输出信号判断换流阀保护装置10是否出现故障。

[0043] 上位机04可以与控制模块03连接，用于接收工作人员输入的操作指令，并根据操作指令向控制模块发送相应的指令。

[0044] 在本发明的一个实施方式中，如图2所示，该测试系统进一步包括三取二装置05。该三取二装置05可以连接在信号交互模块02和阀保护主机12之间，用于提高该信息交互模块02与阀保护主机12之间连接的冗余度和稳定性。

[0045] 在本发明的一个实施方式中，考虑到换流阀保护装置（测量主机11）的故障检测方式主要是通过在换流阀的不同位置设置互感器（电子式互感器）的方式来检测该换流阀的实时工作状态，以换流阀的故障为桥臂短路、换相失败、误开通和桥出口短路为例，换流阀保护装置的互感器（例如特高压直流电子式电流互感器）一般设置在交流侧主变中性点、换流阀出口处、上下桥臂母线上以及上下桥臂极线上，用于检测上述各个位置的电流或电压信号。因此，该测量信号可以包括模拟量信号、数字量信号和开关量信号中的至少两者。

[0046] 在本发明的一个实施方式中，测量信号中的模拟量信号可以是例如通过如图3所示出的仿真输电系统来获取。在图3中，该仿真输电系统可以包括交流系统21、直流系统22、换流阀23和变压器24。交流系统21输出的交流电通过变压器24调压和换流阀23整流后转换为直流电。该直流电经过直流系统22长距离传输至另一端的换流阀23，再依次经过换流阀23整流、变压器24调压以传输至另一端的交流系统21。该模拟量信号可以是在该输电系统的任一节点（例如图3中示出的节点A和节点B）设置互感器。该互感器的输出信号即为模拟量信号。

[0047] 由于上述互感器采集的电流或电压数据受到环境因素的影像，因此控制模块03可以进一步用于控制阀保护主机12采用拟合插值计算和补偿机制对数字量信号进行处理，从而使得滤除该电流或电压中的干扰值。具体地，在本发明的一个示例中，拟合插值计算的步

骤可以包括：

[0048] 采用公式(1)对数字量信号进行处理，

$$[0049] V_n' = \frac{(V_{n+1} - V_n)(R \times n) \% R'}{R'} + V_n, \quad (1)$$

[0050] 其中， $V_n'$ 为处理后的数字量信号， $V_n$ 为处理前的数字量信号， $n$ 为数字量信号的采样序号， $R$ 为处理前的采样率， $R'$ 为处理后的采样率。在本发明的一个示例中，考虑到直流互感器采集的数字量信号的输出方式，可以对该直流互感器采集的数字量信号进行异常化处理，其中，该异常化处理包括延迟阻塞控制、采样丢点控制以及异常标志控制。为了使得该数字量信号能够模拟由于中断调度延迟导致的采样发送粘连的故障，可以通过延迟阻塞控制来获取采样报文(数字量信号)的实际发送时间，通过预先配置的阻塞率调节采样报文的发送时刻。在本发明的另一个示例中，为了模拟换流阀保护装置的处理器在处于重度资源消耗时数字量信号采样停发的故障，可以通过预先在数字量信号采样时通过丢点控制的方式跳过指定的采样点发送中断信号。在本发明的再一个示例中，为了验证被测试的换流阀保护装置的采样异常处理机制，可以通过异常标志控制的方式改变直流互感器输出协议的状态标志置位，根据采样报文(数字量信号)的偏移地址，修改预定的字节数据。

[0051] 在本发明的一个实施方式中，控制模块03可以进一步用于：

[0052] 根据公式(2)调节阀保护装置数字量信号的采样周期，

$$[0053] \begin{cases} CntI_n = CntS/N + 1, & (n \leq CntS\%N) \\ CntI_n = ntI_n = CntS/N, & (n > CntS\%N) \end{cases}, \quad (2)$$

[0054] 其中， $CntI_n$ 为中断序号为 $n$ 的输出中断的周期计数器， $CntS$ 为整秒的周期计数器， $N$ 为每秒的中断脉冲的个数。

[0055] 在本发明的一个实施方式中，由于不同故障对应的测量信号不同，在需要检测时需要输入不同的测量信号。为了避免重复复杂的手动重置测试模式(通过上位机04重置)，控制模块03可以进一步采用自学习的方式来记录历史测试流程。具体地，该自学习的方式可以是例如将测量信号、控制指令、输出信号以及换流阀保护装置的状态关联并存储为历史数据，从而在下一次对换流阀保护装置的同一故障处理功能进行测试时，可以在已存储的数据库中调用历史数据，从而降低了测试系统操作的复杂度。另外，该控制模块03也可以采用时域矩阵法对测试信号输出模块输出的开关量信号进行自动置位。

[0056] 在本发明的一个实施方式中，由于换流阀的互感器(例如特高压直流保护系统现场)的输出协议主要采用FT3协议。那么，测试信号输出模块01的输出协议可以包括FT3协议。另外，考虑到现有技术中互感器主要采用的采样率，该FT3协议可以包括10kHz、50kHz、100kHz中的至少一者。

[0057] 考虑到测量信号所包括的模拟量信号、数字量信号和开关量信号通过换流阀保护装置时，会依次经过DA转换、滤波、信号放大、光电转换等相关处理过程，再经过协议转换输出。这样换流阀保护装置针对每个输入的测量信号所作出的反馈的输出信号的输出时刻就会不一致，从而导致控制模块03接收输出信号的时间延长。这样会降低该控制模块03判断该换流阀保护装置是否存在故障的效率。所以在该实施方式中，控制模块03可以进一步用于根据预设的换流阀保护装置对模拟量信号、数字量信号和开关量信号的响应时间差调整

模拟量信号、数字量信号和开关量信号的输入时间,从而使得换流阀保护装置在同一时刻输出模拟量信号、数字量信号和开关量信号的反馈信号。

[0058] 通过上述技术方案,本发明提供的基于控制解耦的换流阀保护装置的测试系统通过在设置测试信号输入模块根据仿真模型对换流阀保护装置的测量主机进行测试,并采用控制模块对换流阀保护装置的保护主机进行单独控制,从而实现换流阀保护装置的控制部分和保护部分的解耦,确保阀保护部分软件逻辑和输出信号的正确性,同时实现阀保护装置内部缺陷的精确定位,提高阀保护装置的运行可靠性。

[0059] 以上结合附图详细描述了本发明例的可选实施方式,但是,本发明实施方式并不限于上述实施方式中的具体细节,在本发明实施方式的技术构思范围内,可以对本发明实施方式的技术方案进行多种简单变型,这些简单变型均属于本发明实施方式的保护范围。

[0060] 另外需要说明的是,在上述具体实施方式中所描述的各个具体技术特征,在不矛盾的情况下,可以通过任何合适的方式进行组合。为了避免不必要的重复,本发明实施方式对各种可能的组合方式不再另行说明。

[0061] 本领域技术人员可以理解实现上述实施方式方法中的全部或部分步骤是可以通过程序来指令相关的硬件来完成,该程序存储在一个存储介质中,包括若干指令用以使得一个(可以是单片机,芯片等)或处理器(processor)执行本申请各个实施方式所述方法的全部或部分步骤。而前述的存储介质包括:U盘、移动硬盘、只读存储器(ROM,Read-Only Memory)、随机存取存储器(RAM,Random Access Memory)、磁碟或者光盘等各种可以存储程序代码的介质。

[0062] 此外,本发明实施方式的各种不同的实施方式之间也可以进行任意组合,只要其不违背本发明实施方式的思想,其同样应当视为本发明实施方式所公开的内容。

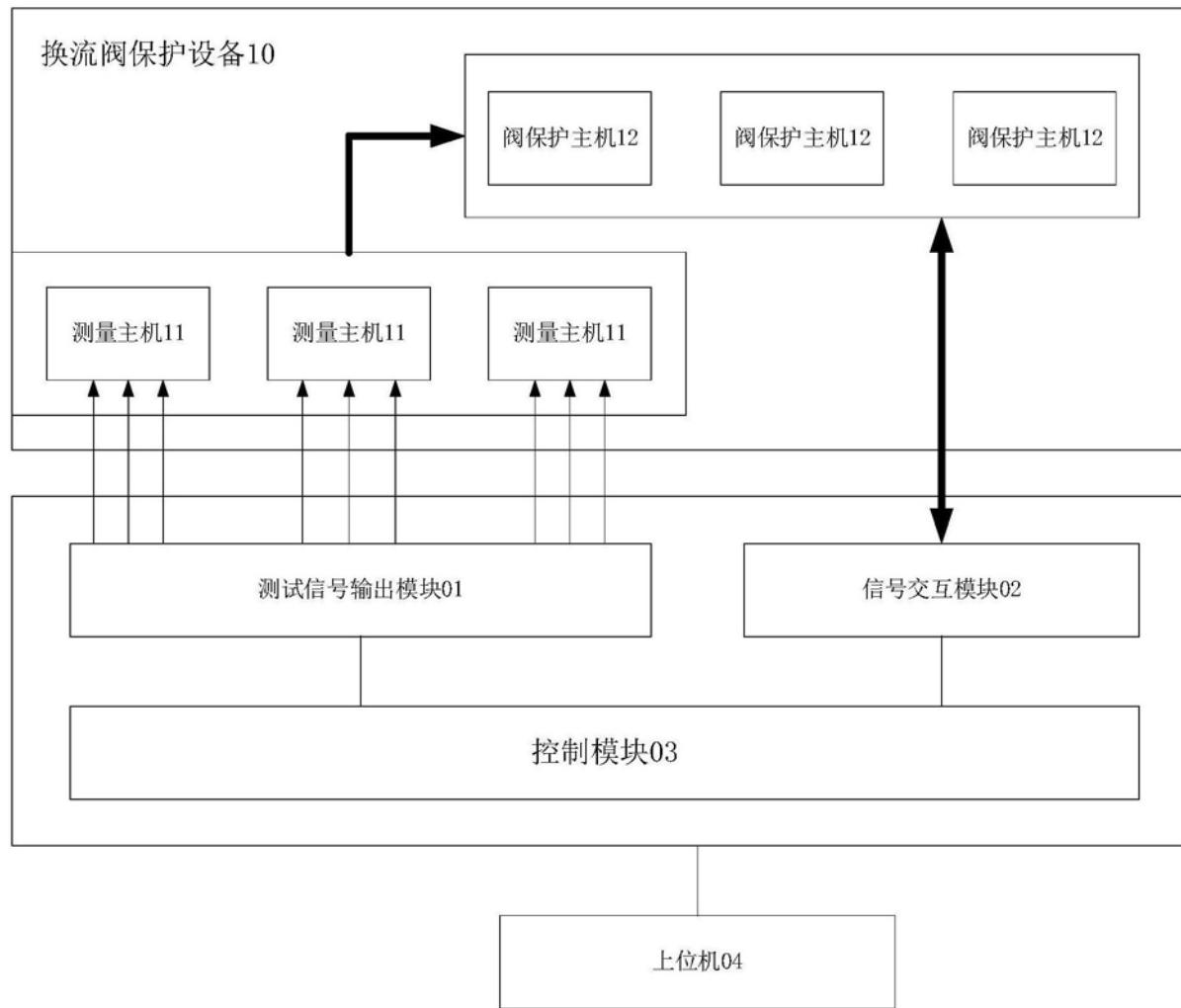


图1

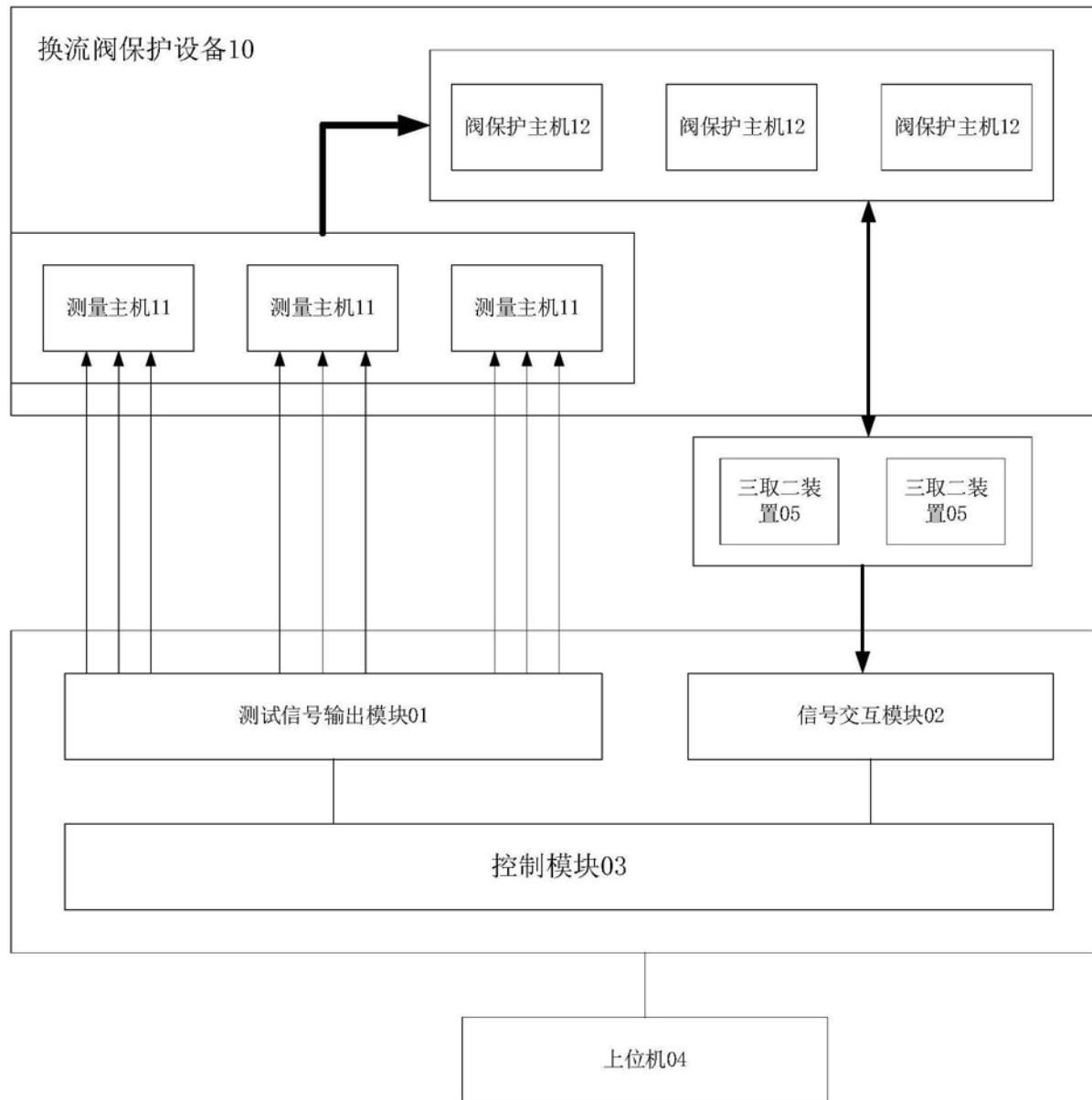


图2

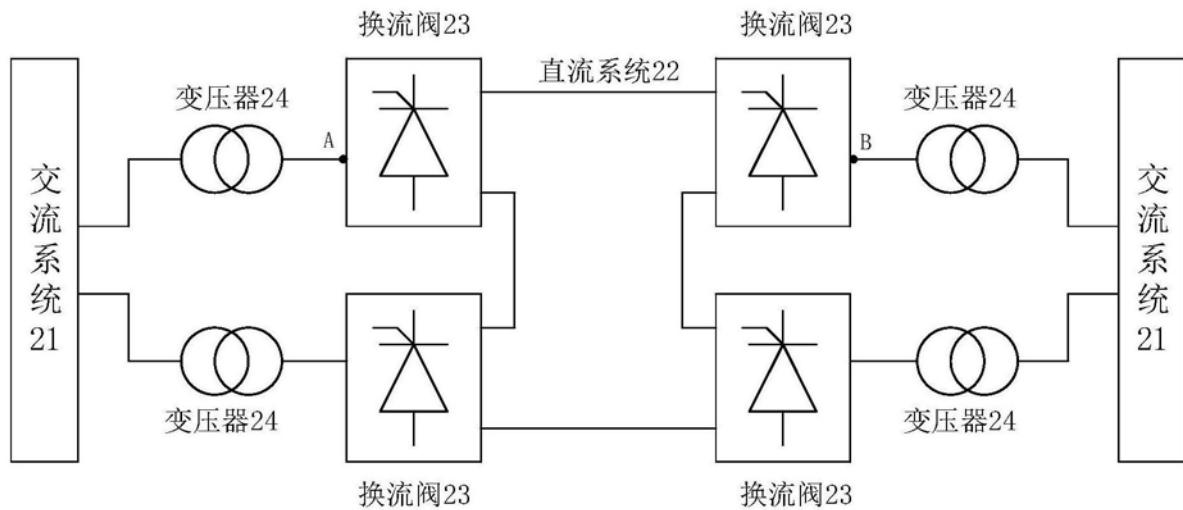


图3