



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 104569670 A

(43) 申请公布日 2015. 04. 29

(21) 申请号 201410838563. 8

(51) Int. Cl.

(22) 申请日 2014. 12. 29

G01R 31/00(2006. 01)

G01R 31/327(2006. 01)

(71) 申请人 国家电网公司

G05B 23/02(2006. 01)

地址 100031 北京市西城区西长安街 86 号

G01R 31/40(2014. 01)

申请人 国网辽宁省电力有限公司大连供电公司

G01R 31/26(2014. 01)

国网智能电网研究院

中电普瑞电力工程有限公司

(72) 发明人 邓卫华 贺之渊 吕铮 冯静波

王海田 孙宝奎 廖红梅 林涛

张冬冬

(74) 专利代理机构 北京安博达知识产权代理有限公司 11271

代理人 徐国文

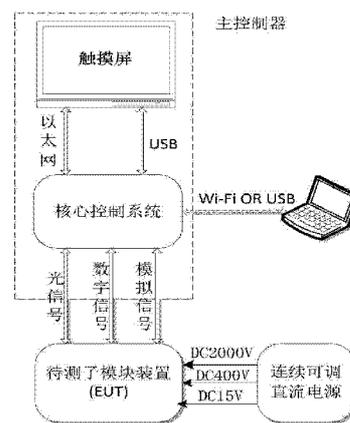
权利要求书2页 说明书6页 附图2页

(54) 发明名称

模块化多电平柔性直流换流阀子模块的测试装置及方法

(57) 摘要

本发明涉及一种模块化多电平柔性直流换流阀子模块的测试装置及方法,测试装置包括主控制器、直流电源和后台显示设备;所述主控制器与子模块装置 EUT 连接,所述直流电源与子模块装置连接;所述后台显示设备通过 WIFI 或 USB 方式与主控制器的核心控制系统进行数据传输。用测试装置测试子模块以及子模块中的旁路开关、中央逻辑控制器 CLC、IGBT 驱动器、取能电源和保护晶闸管的电气性能。本发明能完成子模块功能测试的各项内容,并能不同子模块功能测试模式下快速切换,具备智能化的特点;且能准确检测待测子模块的功能是否满足高压大容量柔性直流换流阀的需求。



1. 一种模块化多电平柔性直流换流阀子模块的测试装置,其特征在于,所述装置包括主控制器、直流电源和后台显示设备;所述主控制器与子模块装置 EUT 连接,所述直流电源与子模块装置连接;所述后台显示设备通过 WIFI 或 USB 方式与主控制器的核心控制系统进行数据传输。

2. 如权利要求 1 所述的子模块的测试装置,其特征在于,所述主控制器包括通过以太网和 USB 接口通信的人机操作界面和核心控制系统;所述人机操作界面包括触摸屏,用于设定试验的参数、工作模式和测试装置的启停;

所述核心控制系统包括核心控制板、接口板、电源板和前面板显示板卡;所述核心板通过背板 LVDS 串行总线与接口板星型连接;所述核心板通过串口将状态信息上传给前面板显示板卡,实时显示对应的状态量;所述核心板、接口板和电源板与背板之间均采用插接式硬连接。

3. 如权利要求 2 所述的子模块的测试装置,其特征在于,所述核心板的数量为 2,两块核心板互为冗余;每块核心板均包含两片 CPU 和 FPGA,所述两片 CPU 均与 FPGA 连接;其中一片 CPU 用于通讯,并通过以太网和 USB 接口与外部连接;另一片 CPU 用于控制算法运算,通过 WIFI 模块对控制算法进行升级,并通过 USB 接口与外部连接;

所述 FPGA 通过 LVDS 串行总线和接口板连接,用于实现数据交互和汇总,利用 LVDS 串线总线与前面板显示板卡进行数据传输,将测试状态信息打印在前面板显示板卡显示,所述 FPGA 预留 3 对光纤接口以使测试装置机箱之间的通讯扩展。

4. 如权利要求 2 所述的子模块的测试装置,其特征在于,所述接口板的数量为 10,每个接口板均包含一片 FPGA 和一片 CPU,且每个接口板包含一路以太网和一路串口;其中 FPGA 用于完成和背板间两路 LVDS 串行总线通讯编解码以及控制对外接口;所述 CPU 用于进行控制算法运算以及与触摸屏的通信;

根据对外接口的不同,接口板分为:光通讯接口板、数字量输出输入接口板和模拟量采集接口板;所述 10 块接口板中,包含 2 块光通讯接口板、4 块数字量输出输入接口板和 4 块模拟量采集接口板,组成 12 个子模块功能测试装置的双冗余系统。

5. 如权利要求 2 所述的子模块的测试装置,其特征在于,所述电源板为核心板、接口板提供 220V 交流输入或 24V 直流输入电源。

6. 如权利要求 2 所述的子模块的测试装置,其特征在于,所述背板为用于与核心板、接口板和电源板之间的连接,所述背板上各板卡之间采用电气线连接,并采用 LVDS 通讯;所述背板能够连接多个接口板。

7. 如权利要求 1 所述的子模块的测试装置,其特征在于,所述直流电源用于为待测的子模块装置 EUT 供电;所述直流电源的输出电压范围为 0 ~ 3000V,且连续可调;所述直流电源具有抗电磁干扰、稳定输出电压、输出过压保护和输出短路保护能力。

8. 如权利要求 1-7 中任一项所述的一种模块化多电平柔性直流换流阀子模块的测试装置的测试方法,其特征在于,所述方法包括:测试模块化多电平柔性直流换流阀子模块以及子模块中的旁路开关、中央逻辑控制器 CLC、IGBT 驱动器、取能电源和保护晶闸管的电气性能。

9. 如权利要求 8 所述的测试方法,其特征在于,测试子模块的电气性能包括:测试子模块组装元器件的配合性能;测试子模块整体电气功能;测试子模块长期稳态运行能力和测

试子模块暂态过负荷能力。

10. 如权利要求 8 所述的测试方法,其特征在于,测试旁路开关的电气性能包括:测试旁路开关闭合时间、弹跳时间和故障回报时间;测试旁路开关储能电容器充电时间和测试旁路开关主触点的通流能力。

11. 如权利要求 8 所述的测试方法,其特征在于,测试中央逻辑控制器 CLC 的电气性能包括:测试中央逻辑控制器 CLC 与 VBC 通信误码率;测试中央逻辑控制器 CLC 正常工作下的功耗;测试旁路开关触发脉冲波形;测试中央逻辑控制器 CLC 与 IGBT 驱动器的控制信号波形;测试 BOD 硬保护触发功能;测试保护晶闸管触发脉冲波形;测试电容电压模拟量采集分压回路的偏差度;测试中央逻辑控制器 CLC 对取能电源故障汇报的响应功能和测试测试中央逻辑控制器 CLC 输入过压和欠压保护功能。

12. 如权利要求 8 所述的测试方法,其特征在于,测试 IGBT 驱动器的电气性能包括:测试 IGBT 驱动器与 IGBT 的配合性能;测试 IGBT 关断电压尖峰;测试 IGBT 安装回路的杂散电感;测试 IGBT 开通时二极管的反相恢复电流和 di/dt 和测试 IGBT 在短路情况下的过电流保护能力。

13. 如权利要求 8 所述的测试方法,其特征在于,测试取能电源的电气性能包括:测试取能电源的启动和闭锁电压;测试取能电源输出电压调整率;测试取能电源故障反馈信号和测试取能电源输入输出过、欠压保护功能。

14. 如权利要求 8 所述的测试方法,其特征在于,测试保护晶闸管的电气性能包括:测试保护晶闸管最小开通电压;测试保护晶闸管触发开通脉冲的周期和时长和测试保护晶闸管分流能力。

模块化多电平柔性直流换流阀子模块的测试装置及方法

技术领域

[0001] 本发明涉及柔性直流输电系统的测试装置及其测试方法,具体讲涉及一种模块化多电平柔性直流换流阀子模块的测试装置及方法。

背景技术

[0002] 与传统的直流输电系统不同,模块化多电平柔性直流输电系统中换流阀是直流输电系统的核心设备,通过依次将三相交流电压连接到直流端得到期望的直流电压和实现对功率的控制,其价值约占换流站成套设备总价的 22 ~ 25%。

[0003] 换流阀的最小单元为组成换流阀的子模块,高压大容量柔性直流换流站的子模块数量众多,随换流站的容量变化而变化。当基于模块化多电平柔性直流输电技术的换流站容量达 1000MW 级时,子模块数量通常达到几千个。子模块主要包含旁路开关、取能电源、IGBT 及驱动设备、保护晶闸管等设备。为验证子模块各器件是否满足模块化多电平柔性直流输电系统的要求,测试内容主要包括:子模块电气功能测试、旁路开关电气性能测试、取能电源电气性能测试、IGBT 驱动器电气性能测试、中央逻辑控制器电气性能测试、保护晶闸管电气性能测试。针对高压大容量柔性直流换流站子模块数量庞大、功能试验项目繁多,需设计一种特殊的子模块功能试验测量装置。

发明内容

[0004] 针对现有技术的不足,本发明的目的是提供一种模块化多电平柔性直流换流阀子模块的测试装置及方法,本发明能准确、快速地检测待测子模块的功能是否满足高压大容量柔性直流换流阀的需求。

[0005] 本发明的目的是采用下述技术方案实现的:

[0006] 本发明提供一种模块化多电平柔性直流换流阀子模块的测试装置,其改进之处在于,所述装置包括主控制器、直流电源和后台显示设备;所述主控制器与子模块装置 EUT 连接,所述直流电源与子模块装置连接;所述后台显示设备通过 WIFI 或 USB 方式与主控制器的核心控制系统进行数据传输。

[0007] 进一步地,所述主控制器包括通过以太网和 USB 接口通信的人机操作界面和核心控制系统;所述人机操作界面包括触摸屏,用于设定试验的参数、工作模式和测试装置的启停;

[0008] 所述核心控制系统包括核心控制板、接口板、电源板和前面板显示板卡;所述核心板通过背板 LVDS 串行总线与接口板星型连接;所述核心板通过串口将状态信息上传给前面板显示板卡,实时显示对应的状态量;所述核心板、接口板和电源板与背板之间均采用插接式硬连接。

[0009] 进一步地,所述核心板的数量为 2,两块核心板互为冗余;每块核心板均包含两片 CPU 和 FPGA,所述两片 CPU 均与 FPGA 连接;其中一片 CPU 用于通讯,并通过以太网和 USB 接口与外部连接;另一片 CPU 用于控制算法运算,通过 WIFI 模块对控制算法进行升级,并通过

USB 接口与外部连接；

[0010] 所述 FPGA 通过 LVDS 串行总线和接口板连接,用于实现数据交互和汇总,利用 LVDS 串线总线与前面板显示板卡进行数据传输,将测试状态信息打印在前面板显示板卡显示,所述 FPGA 预留 3 对光纤接口以使测试装置机箱之间的通讯扩展。

[0011] 进一步地,所述接口板的数量为 10,每个接口板均包含一片 FPGA 和一片 CPU,且每个接口板包含一路以太网和一路串口;其中 FPGA 用于完成和背板间两路 LVDS 串行总线通讯编解码以及控制对外接口;所述 CPU 用于进行控制算法运算以及与触摸屏的通信;

[0012] 根据对外接口的不同,接口板分为:光通讯接口板、数字量输出输入接口板和模拟量采集接口板。1 块通讯接口板、2 块数字量输出输入接口板和 2 块模拟量采集接口板组成一套完整的 12 个子模块的功能测试系统。而 10 块接口板中,包含 2 块光通讯接口板、4 块数字量输出输入接口板和 4 块模拟量采集接口板,作为 12 个子模块功能测试系统的完全双冗余,大大提高了系统的可靠性。

[0013] 进一步地,所述电源板为核心板、接口板提供 220V 交流输入或 24V 直流输入电源。

[0014] 进一步地,所述背板用于与核心板、接口板和电源板之间的连接;所述背板上各板卡之间采用电气线连接,并采用 LVDS 通讯;所述背板能够连接多个接口板。

[0015] 进一步地,所述直流电源用于为待测的子模块装置 EUT 供电;所述直流电源的输出电压范围为 0 ~ 3000V,且连续可调;所述直流电源具有抗电磁干扰、稳定输出电压、输出过压保护和输出短路保护能力。

[0016] 本发明还提供一种模块化多电平柔性直流换流阀子模块的测试装置的测试方法,其改进之处在于,所述方法包括:测试模块化多电平柔性直流换流阀子模块以及子模块中的旁路开关、中央逻辑控制器 CLC、IGBT 驱动器、取能电源和保护晶闸管的电气性能。

[0017] 进一步地,测试子模块的电气性能包括:测试子模块组装元器件的配合性能;测试子模块整体电气功能;测试子模块长期稳态运行能力和测试子模块暂态过负荷能力。

[0018] 进一步地,测试旁路开关的电气性能包括:测试旁路开关闭合时间、弹跳时间和故障回报时间;测试旁路开关储能电容器充电时间和测试旁路开关主触点的通流能力。

[0019] 进一步地,测试中央逻辑控制器 CLC 的电气性能包括:测试中央逻辑控制器 CLC 与 VBC 通信误码率;测试中央逻辑控制器 CLC 正常工作下的功耗;测试旁路开关触发脉冲波形;测试中央逻辑控制器 CLC 与 IGBT 驱动器的控制信号波形;测试 BOD 硬保护触发功能;测试保护晶闸管触发脉冲波形;测试电容电压模拟量采集分压回路的偏差度;测试中央逻辑控制器 CLC 对取能电源故障汇报的响应功能和测试测试中央逻辑控制器 CLC 输入过压和欠压保护功能。

[0020] 进一步地,测试 IGBT 驱动器的电气性能包括:测试 IGBT 驱动器与 IGBT 的配合性能;测试 IGBT 关断电压尖峰;测试 IGBT 安装回路的杂散电感;测试 IGBT 开通时二极管的反相恢复电流和 di/dt 和测试 IGBT 在短路情况下的过电流保护能力。

[0021] 进一步地,测试取能电源的电气性能包括:测试取能电源的启动和闭锁电压;测试取能电源输出电压调整率;测试取能电源故障反馈信号和测试取能电源输入输出过、欠压保护功能。

[0022] 进一步地,测试保护晶闸管的电气性能包括:测试保护晶闸管最小开通电压;测试保护晶闸管触发开通脉冲的周期和时长和测试保护晶闸管分流能力。

- [0023] 与最接近的现有技术相比,本发明提供的技术方案具有的优异效果是:
- [0024] 本发明能完成子模块功能测试的各项内容,并能在不同子模块功能测试模式下快速切换,具备智能化的特点。本发明能准确、快速地检测待测子模块的功能是否满足高压大容量柔性直流换流阀的需求。
- [0025] 本发明能提高子模块功能试验测试效率。
- [0026] 本发明的测试装置具有便携式、易操作的特点。
- [0027] 本发明涉及的核心控制系统具有可移植性和扩展性的特点。

附图说明

- [0028] 图 1 是本发明提供的子模块的测试装置结构示意图;
- [0029] 图 2 是本发明提供的核心控制系统结构示意图;
- [0030] 图 3 是本发明提供的核心板架构框图。

具体实施方式

- [0031] 下面结合附图对本发明的具体实施方式作进一步的详细说明。
- [0032] 本发明采用的主要技术点是采用人机交互界面、核心控制系统、直流电源和后台显示设备组成了一套子模块功能试验装置。该装置的拓扑结构如图 1 所示。操作人员通过触摸屏来操作整个测试装置。其中触摸屏通过以太网和 USB 与核心控制系统通信,并构成主控制器(如图 1 虚线框内);控制系统与被试设备通过光纤接口、电气接口和模拟量采集接口等方式连接,实现对待测子模块设备(EUT)测试数据的记录和波形存储;控制系统和后台显示设备可通过 WIFI 或 USB 等方式进行数据传输,同时软件更新升级也可采用该方式完成。
- [0033] 本发明根据图 1 设计了一种模块化多电平柔性直流换流阀子模块的试验装置,该装置主要包括人机交互界面、核心控制系统、直流电源和后台显示设备。该装置设计技术方案如下:
- [0034] (1) 主控制器
- [0035] 人机操作界面和核心控制设备组成主控制器。人机操作界面主要是设定试验的参数、工作模式和装置的启停。核心控制系统由两块核心控制板、十块接口板、两块电源板和一块前面板显示控制板卡等组成,其结构如图 2 所示。核心板通过背板 LVDS 串行总线和接口板采用星型连接。双核心控制板可以实现双冗余控制提高系统的可靠性,由于核心板能通过单独的 LVDS 总线和每块接口板实现并联通讯,因此可以降低板卡间的故障扩散。此外,核心板采用 USB 和以太网实现与触摸屏的信息交互,并通过串口将相应的状态信息上传给前面板显示板卡,实时显示对应的状态量。接口板分成通用的 DI 板、DO 板、模拟量采集板、光纤接口板,他们可以实现数字量输出输入、数据记录和录波、模拟量采集和光信号通信等功能。
- [0036] (2) 核心板
- [0037] 核心板结构示意图如图 3 所示,主要包含两片 CPU,一片 FPGA。其中一片 CPU 负责通讯,通过以太网和 USB 与外部连接;另一片 CPU 负责控制算法运算,能通过 Wi-Fi 模块对控制算法进行升级,还能通过 USB 与外部连接。FPGA 通过 LVDS 总线和接口板相连能实现数

据交互和汇总等功能,还能利用串线总线和前面板显示板卡进行数据传输,将测试状态信息打印在前面板显示,同时 FPGA 预留 3 对光纤接口以便测试装置机箱之间的通讯扩展。

[0038] (3) 接口板

[0039] 为了提高该装置接口的灵活性,每个接口板包含一片 FPGA 和一片 CPU,同时每个接口板包含一路以太网和一路串口,以便试验装置的调试及程序更新。其中 FPGA 主要完成和背板间的两路 LVDS 通讯编解码以及对外接口的控制;CPU 主要进行控制算法运算和触摸屏控制器的通信。根据对外接口的不同,接口板分成三类:光通讯接口板、数字量输出输入接口板、模拟量采集接口板。

[0040] (4) 电源板

[0041] 电源板为核心板、接口板提供供电电源,可为 220V 交流输入,便于直接接市电。同时也可为 24V 直流输入,能满足不同的电源接口输入。

[0042] (5) 背板

[0043] 背板用于与核心板、接口板和电源板之间的连接。背板上各板卡之间采用电气线连接,采用 LVDS 通讯;核心板、接口板和电源板与背板之间采用插接式硬连接,可连接多个接口板,既能满足连接的可靠性,又便于更换板卡,具有可移植性和可扩展性。

[0044] (6) 直流电源

[0045] 直流电源主要为待测子模块 EUT 设备供电。该直流电源的输出电压范围为 0 ~ 3000VDC,且连续可调。由于子模块测试将对直流电源产生较强的冲击,因此要求电源具有较强的抗电磁干扰和稳定输出电压的能力。因子模块电容器的开始充电类似于直流电源短路、IGBT 关断产生过电压冲击等因素,直流电源还需具备输出过压保护、输出短路保护等能力。

[0046] 按照上述技术方案,本发明还提供一种测试方法,能完成子模块单元和旁路开关、中央逻辑控制器、IGBT 驱动、取能电源、保护晶闸管等元器件进行全面的电气性能测试,以判断待测子模块的电气功能是否满足模块化多电平柔性直流输电系统的要求。具体各测试对象对应的测试内容如表 1 所示。

[0047] 表 1 测试装置测试内容

[0048]

序号	测试对象	测试内容
1	子模块	a) 测试子模块组装元器件的配合性能; b) 测试子模块整体电气功能; c) 测试子模块长期稳态运行能力; d) 测试子模块暂态过负荷能力。
2	中央逻辑控制器 (CLC)	a) 测试 CLC 与 VBC 通信误码率; b) 测试 CLC 正常工作下的功耗; c) 测试旁路开关触发脉冲波形; d) 测试 CLC 与 IGBT 驱动器的控制信号波形; e) 测试 BOD 硬保护触发功能; f) 测试保护晶闸管触发脉冲波形; g) 测试电容电压模拟量采集分压回路的偏差度; h) 测试 CLC 对取能电源故障汇报的响应功能; i) 测试测试 CLC 输入过压和欠压保护功能。
3	IGBT 驱动器	a) 测试 IGBT 驱动和 IGBT 的配合性能;

[0049]

		b) 测试 IGBT 关断电压尖峰; c) 测试 IGBT 安装回路的杂散电感; d) 测试 IGBT 开通时二极管的反相恢复电流和 di/dt; e) 测试 IGBT 在各类短路情况下的过电流保护能力。
4	旁路开关	a) 测试旁路开关闭合时间、弹跳时间和故障回报时间; b) 测试旁路开关储能电容器充电时间; c) 测试旁路开关主触点的通流能力。
5	取能电源	a) 测试取能电源的启动和闭锁电压; b) 测试取能电源输出电压调整率; c) 测试取能电源故障反馈信号; d) 测试取能电源输入输出过、欠压保护功能。
6	保护晶闸管	a) 测试保护晶闸管最小开通电压; b) 测试保护晶闸管触发开通脉冲的周期和时长; c) 测试保护晶闸管分流能力。

[0050] 子模块功能测试装置通过灵活切换不同的接口板完成子模块主要元器件的电气性能测试。采用子模块功能试验装置测试子模块的功能,不仅提高了工作测试效率,还可规范化测试流程,加强质量管控。另外,该测试装置控制系统具有较好的可移植性和扩展性,将来可升级为阀模块或阀塔的试验。

[0051] 实施例

[0052] 本发明能满足 $\pm 320\text{kV}/1000\text{MW}$ 柔性直流输电换流阀子模块的全功能测试,包括 $\pm 320\text{kV}/1000\text{MW}$ 子模块的电气性能测试、保护功能测试和子模块组件性能测试等。本发明应用厦门柔性直流输电科技示范工程换流阀子模块的出厂试验,不仅从性能上能满足换流阀子模块的出厂测试要求,还大大提高了子模块的出厂试验效率,为厦门柔性直流输电科技示范工程换流阀子模块的如期交付提供了很大的帮助。

[0053] 最后应当说明的是:以上实施例仅用以说明本发明的技术方案而非对其限制,尽管参照上述实施例对本发明进行了详细的说明,所属领域的普通技术人员依然可以对本发明的具体实施方式进行修改或者等同替换,这些未脱离本发明精神和范围的任何修改或者等同替换,均在申请待批的本发明的权利要求保护范围之内。

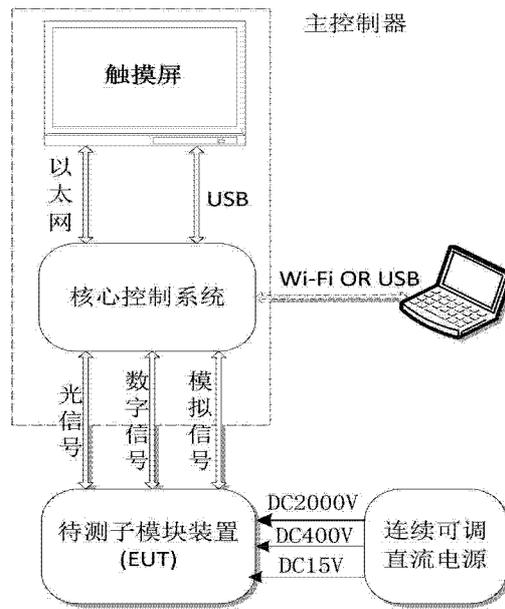


图 1

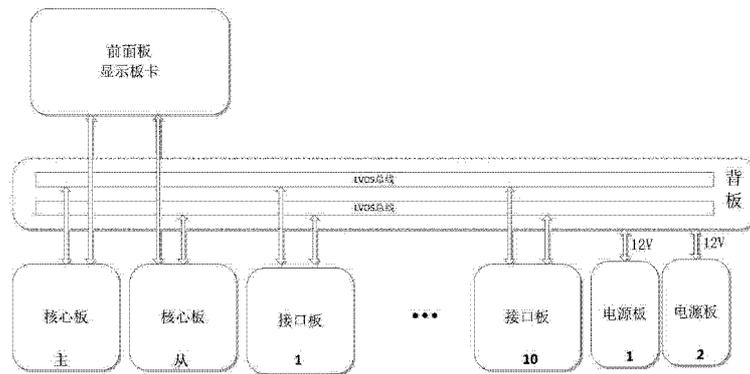


图 2

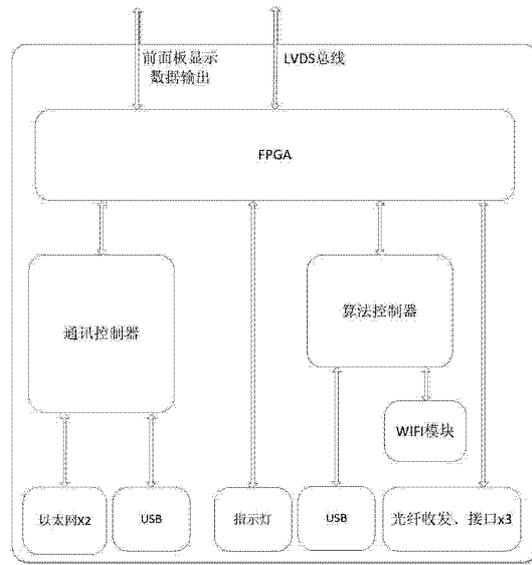


图 3