



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 118868552 B

(45) 授权公告日 2025. 05. 06

(21) 申请号 202410838498.2

H02M 1/32 (2007.01)

(22) 申请日 2024.06.26

H05K 7/02 (2006.01)

(65) 同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 118868552 A

(56) 对比文件

US 2016043555 A1, 2016.02.11

CN 107508281 A, 2017.12.22

(43) 申请公布日 2024.10.29

审查员 杨莹莹

(73) 专利权人 深圳市研硕达科技有限公司

地址 518000 广东省深圳市宝安区松岗街
道沙浦围社区大地路8号A栋201、301A
区、401A区

(72) 发明人 吴华青 吴华松 陆小芳 吴湘平

(74) 专利代理机构 深圳市共赋知识产权代理事

务所(普通合伙) 44897

专利代理师 甄伟军

(51) Int. Cl.

H02M 1/00 (2007.01)

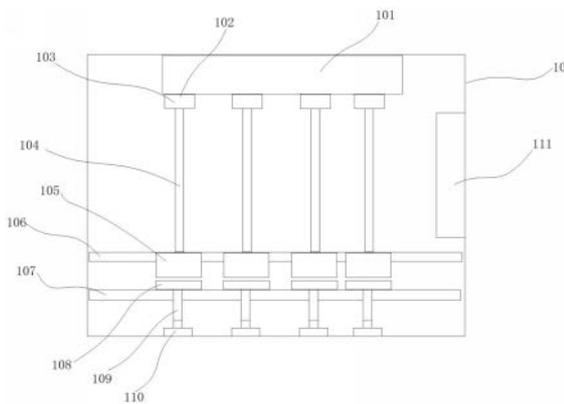
权利要求书2页 说明书10页 附图1页

(54) 发明名称

高压大功率稳压电源的智能适配器结构

(57) 摘要

本发明具体涉及一种高压大功率稳压电源的智能适配器结构,包括适配器外壳,所述适配器外壳内部安装有若干个可拆卸的元件安装机构,每个所述元件安装机构均包括有一个元件载板,所述元件载板上安装有可替换的电子元件,将适配器内部容易出现故障的电子元件集成在元件载板上,通过微控芯片监控电路工作状态,包括电流、电压、温度等关键参数,通过算法分析判断元件是否工作正常,采用微控制器MCU配合高精度传感器,配合定制化的故障诊断算法,实现对每个关键元件的健康状态评估,当元件载板上的某一个电子元件出现故障时,基于继电器的智能切换矩阵立即激活备用元件,无缝切换,确保电源输出稳定。



1. 高压大功率稳压电源的智能适配器结构,其特征在于,包括适配器外壳(100),所述适配器外壳(100)内部安装有若干个可拆卸的元件安装机构,每个所述元件安装机构均包括有一个元件载板(104),所述元件载板(104)上安装有可替换的电子元件,所述元件载板(104)的顶部固定安装有顶块(103),所述适配器外壳(100)内部对应若干顶块(103)的位置开设有一个检修槽(101),所述检修槽(101)的底部对应每一个顶块(103)设有对应的顶板(102),所述顶板(102)与检修槽(101)的底板铰接,所述检修槽(101)的顶部铰设有密封盖,所述检修槽(101)的内部填充有防潮隔垫,所述元件载板(104)的底部固定在底板(105)上,所述适配器外壳(100)内在安装底板(105)的位置固设有第一固定板(106),所述底板(105)嵌设在第一固定板(106)内,所述适配器外壳(100)内在第一固定板(106)的下部还固设有第二固定板(107),所述第二固定板(107)上对应每一个底板(105)的底部分别抵靠设有顶出板(108),所述顶出板(108)的底部固设有螺旋杆(109),所述第二固定板(107)与螺旋杆(109)接触的位置设有相匹配的螺纹,所述螺旋杆(109)的底部固定连接一个微型电机(110),所述适配器外壳(100)的内部还安装有微控芯片(111);元件载板(104)包括主载板和备用载板,主载板上集成主电子元件,备用载板上集成备用电子元件,主电子元件和备用电子元件通过SMT分别固定在对应的元件载板(104)上,主电子元件和备用电子元件的电路通过继电器矩阵相互独立,继电器矩阵中的每个继电器两端分别连接主电子元件电路和对应的备用电子元件电路,正常工作时,继电器连接主电路,一旦主元件故障,继电器迅速切换至备用电路,微控芯片(111)通过数字信号输出端口与继电器矩阵的控制电路相连;

所述元件载板(104)集成的电子元件包括高压滤波电容器、IGBTs、MOSFETs中的一种或多种;

每个元件载板(104)设配置快锁连接器,快锁连接器与元件载板(104)上的电路相连;

量化主电子元件与备用电子元件冗余度的配置方法,统计每个元件的故障率 λ 、平均无故障时间MTTF和系统需求的可靠度目标R;

每个元件的故障率 λ 是指在给定的时间段内,一个元件发生故障的概率;

平均无故障时间MTTF是一个统计量,表示在正常操作条件下,新元件从开始运作到发生第一次故障的平均预期时间;系统需求的可靠度目标R是衡量系统在特定时间段内能持续正常工作的概率,表达的是系统在预定条件和时间内完成其功能的能力;

建立判断公式:

$$R = (1 - e^{-\lambda \cdot MTTF})^N \times (1 - (1 - e^{-\lambda \cdot MTTF})^M);$$

其中,N为系统中主元件的数量,M为备用元件的数量;根据判断公式计算出最优的备用元件数量M,使得系统整体的可靠度最大,同时成本效益比最优。

2. 根据权利要求1所述的高压大功率稳压电源的智能适配器结构,其特征在于,元件载板(104)上还安装有传感器,传感器与微控芯片(111)的数据采集端口相连实时监测电路的关键参数。

3. 根据权利要求2所述的高压大功率稳压电源的智能适配器结构,其特征在于,所述传感器包括电流传感器、电压传感器、RTD,微控芯片(111)采用卡尔曼滤波器处理噪声数据,对于电流和电压,微控芯片(111)采用动态窗口检测,通过比较当前读数与过去一段时间内的平均值和标准差,判断是否存在异常波动,对于温度监测是基于元件的额定温升曲线,当

温升速率异常或达到极限值,即刻发出预警。

高压大功率稳压电源的智能适配器结构

技术领域

[0001] 本发明属于适配器领域,具体涉及一种高压大功率稳压电源的智能适配器结构。

背景技术

[0002] 在现代电力电子技术的发展中,高压大功率稳压电源扮演着举足轻重的角色,广泛应用于工业自动化、数据中心、轨道交通、新能源汽车充电站等关键领域。这些应用环境对电源设备的稳定性和可靠性提出了极高要求,任何故障或不稳定都可能导致整个系统运作中断,引发经济损失乃至安全问题。传统的稳压电源设计往往侧重于提高转换效率和功率密度,但在智能化管理、故障检测与自我修复能力方面存在着明显不足。

[0003] 以往的高压大功率电源适配器结构,多采用单一故障点设计,即电子元件直接固定于主板上,一旦某个关键元件如高压滤波电容器、IGBTs、MOSFETs等发生故障,往往需要整个电源系统停机,进行复杂的故障诊断和元件更换,这不仅延长了系统中断时间,也大幅度增加了维护成本和难度。此外,由于缺乏集成的智能监控系统,难以实现对电源状态的实时监测与故障预测,降低了系统的可用性和安全性。

[0004] 近年来,随着微电子技术、传感器技术和人工智能算法的飞速发展,为高压大功率稳压电源的智能化改造提供了可能。特别是微控制器单元(MCU)、高精度传感器的普及应用,以及基于大数据和机器学习的故障诊断算法的成熟,使得电源系统能够实时监控自身状态,精确识别故障类型,甚至预测潜在故障,从而提前采取措施,减少意外停机。

[0005] 因此,开发一种新型的高压大功率稳压电源智能适配器结构显得尤为迫切。

发明内容

[0006] 本发明的目的在于提供一种高压大功率稳压电源的智能适配器结构,以解决上述背景技术中提出的问题。

[0007] 为了解决上述技术问题,本发明提供如下技术方案:

[0008] 一种高压大功率稳压电源的智能适配器结构,包括适配器外壳,所述适配器外壳内部安装有若干个可拆卸的元件安装机构,每个所述元件安装机构均包括有一个元件载板,所述元件载板上安装有可替换的电子元件,所述元件载板的顶部固定安装有顶块,所述适配器外壳内部对应若干顶块的位置开设有一个检修槽,所述检修槽的底部对应每一个顶块设有对应的顶板,所述顶板与检修槽的底板铰接,所述检修槽的顶部铰设有密封盖,所述检修槽的内部填充有防潮隔垫,所述元件载板的底部固定在底板上,所述适配器外壳内在安装底板的位置固设有第一固定板,所述底板嵌设在第一固定板内,所述适配器外壳内在第一固定板的下部还固设有第二固定板,所述第二固定板上对应每一个底板的底部分别抵靠设有顶出板,所述顶出板的底部固设有螺旋杆,所述第二固定板与螺旋杆接触的位置设有相匹配的螺纹,所述螺旋杆的底部固定连接一个微型电机,所述适配器外壳的内部还安装有微控芯片。

[0009] 进一步,元件载板包括主载板和备用载板,主载板上集成主电子元件,备用载板上

集成备用电子元件,主电子元件和备用电子元件通过SMT分别固定在对应的元件载板上,主电子元件和备用电子元件的电路通过继电器矩阵相互独立,继电器矩阵中的每个继电器两端分别连接主电子元件电路和对应的备用电子元件电路,正常工作时,继电器连接主电路,一旦主元件故障,继电器迅速切换至备用电路,微控芯片通过数字信号输出端口与继电器矩阵的控制电路相连。

[0010] 进一步,所述元件载板集成的电子元件包括高压滤波电容器、IGBTs、MOSFETs中的一种或多种。

[0011] 进一步,每个元件载板设配置快锁连接器,快锁连接器与元件载板上的电路相连。

[0012] 进一步,元件载板上还安装有传感器,传感器与微控芯片的数据采集端口相连实时监测电路的关键参数。

[0013] 进一步,所述传感器包括电流传感器、电压传感器、RTD,微控芯片采用卡尔曼滤波器处理噪声数据,对于电流和电压,微控芯片采用动态窗口检测,通过比较当前读数与过去一段时间内的平均值和标准差,判断是否存在异常波动,对于温度监测是基于元件的额定温升曲线,当温升速率异常或达到极限值,即刻发出预警。

[0014] 量化主电子元件与备用电子元件冗余度配置方法为:统计每个元件的故障率 λ 、平均无故障时间MTTF和系统需求的可靠度目标R;

[0015] 每个元件的故障率 λ :是指在给定的时间段内,一个元件发生故障的概率;

[0016] 平均无故障时间MTTF是一个统计量,表示在正常操作条件下,新元件从开始运作到发生第一次故障的平均预期时间;系统需求的可靠度目标R是衡量系统在特定时间段内能持续正常工作的概率,表达的是系统在预定条件和时间内完成其功能的能力;

[0017] 建立判断公式:

[0018] $R = (1 - e^{-\lambda \cdot \text{MTTF}})^N \times (1 - (1 - e^{-\lambda \cdot \text{MTTF}})^M)$;

[0019] 其中,N为系统中主元件的数量,M为备用元件的数量;根据判断公式计算出最优的备用元件数量M,使得系统整体的可靠度最大,同时成本效益比最优。

[0020] 有益效果

[0021] 本申请将适配器内部容易出现故障的电子元件集成在元件载板上,每一个元件载板上可以集成一种或多种电子元件,通过微控芯片监控电路工作状态,包括电流、电压、温度等关键参数,通过算法分析判断元件是否工作正常,采用微控制器MCU配合高精度传感器,配合定制化的故障诊断算法,实现对每个关键元件的健康状态评估,当元件载板上的某一个电子元件出现故障时,基于继电器的智能切换矩阵立即激活备用元件,无缝切换,确保电源输出稳定,故障检测后,故障模块的元件载板通过微控芯片发出控制信号启动对应微型电机,微型电机的电机轴转动带动螺旋杆旋出第二固定板,从而使得顶出板将底板向上顶出,进而使得元件载板上的顶块顶开顶板,微控芯片同时发出故障指示,便于工作人员取出故障的元件载板。

[0022] 本申请的高压大功率稳压电源智能适配器结构带来以下显著的有益效果:

[0023] 本发明融合了先进的智能化技术与模块化设计理念,从根本上改变了高压电源适配器的运维模式。该智能适配器通过一系列创新设计,显著增强了系统在严苛应用环境中的稳定性和可靠性,同时优化了维护流程,降低了维护成本。

[0024] 核心亮点在于其独特的元件载板模块化设计,每个载板集成了可快速更换的电子

元件,包括高压滤波电容器、IGBTs、MOSFETs等关键部件,且巧妙地配置了主备元件,一旦检测到故障,微控芯片111即刻启动智能切换机制,无缝切换至备用元件,确保电力供应不中断。这一设计极大减少了因单点故障导致的系统停机,提升了系统的连续运行能力。

[0025] 微控芯片111作为智能中枢,集成精密传感器网络和基于机器学习的故障预测算法,实现了对系统状态的实时监控和深度分析,能够精确识别故障类型并预测潜在问题,有效预防了故障的发生。通过动态数据处理和预警系统,维护人员能迅速定位问题,缩短故障排查时间,提升了维护效率。

[0026] 此外,本发明还创新性地采用了自动化故障元件移除机制,利用微型电机驱动的顶出结构,简化了故障模块的更换流程,减轻了人工操作负担,确保了更换过程的安全与便捷。同时,元件载板的标准化设计和兼容性测试确保了不同供应商产品的互换性,进一步提升了维护的灵活性和系统的可扩展性。

[0027] 在成本与可靠性之间取得平衡,本发明通过精确量化主备元件的冗余度,基于系统可靠度目标,计算最优的备用元件数量,确保了在满足高可靠性的前提下,避免了不必要的成本浪费。这一精细化管理策略,结合全面的成本效益分析,使得该智能适配器成为高压大功率应用领域中兼顾经济性和可靠性的理想解决方案。

[0028] 综上所述,本发明的高压大功率稳压电源智能适配器结构,凭借其卓越的智能化监控能力、高效的故障响应与切换机制、便捷的模块化维护设计,以及精细的成本与可靠性平衡策略,为电力电子技术领域带来了前所未有的可靠性提升和运维效率优化,具有显著的实用价值和推动行业进步的创新意义。

附图说明

[0029] 图1为本发明的高压大功率稳压电源的智能适配器结构中元件安装机构的剖视图。

[0030] 图中,100.适配器外壳,101.检修槽,102.顶板,103.顶块,104.元件载板,105.底板,106.第一固定板,107.第二固定板,108.顶出板,109.螺旋杆,110.微型电机,111.微控芯片。

具体实施方式

[0031] 下面将结合本发明实施例,对本发明实施例中的技术方案进行清楚、完整地描述,显然,所描述的实施例仅仅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。

[0032] 本申请提供的高压大功率稳压电源的智能适配器结构,如图1所示,包括适配器外壳100,所述适配器外壳100内部安装有若干个可拆卸的元件安装机构,每个所述元件安装机构均包括有一个元件载板104,所述元件载板104上安装有可替换的电子元件,所述元件载板104的顶部固定安装有顶块103,所述适配器外壳100内部对应若干顶块103的位置开设有一个检修槽101,所述检修槽101的底部对应每一个顶块103设有对应的顶板102,所述顶板102与检修槽101的底板铰接,所述检修槽101的顶部铰设有密封盖,所述检修槽101的内部填充有防潮隔垫,所述元件载板104的底部固定在底板105上,所述适配器外壳100内在安

装底板105的位置固设有第一固定板106,所述底板105嵌设在第一固定板106内,所述适配器外壳100内在第一固定板106的下部还固设有第二固定板107,所述第二固定板107上对应每一个底板105的底部分别抵靠设有顶出板108,所述顶出板108的底部固设有螺旋杆109,所述第二固定板107与螺旋杆109接触的位置设有相匹配的螺纹,所述螺旋杆109的底部固定连接一个微型电机110,所述适配器外壳100的内部还安装有微控芯片111。

[0033] 将适配器内部容易出现故障的电子元件集成在元件载板104上,每一个元件载板104上可以集成一种或多种电子元件,若干个元件载板104中,其中一组或两组元件载板104上集成主电子元件,其他的元件载板104上集成备用的电子元件,通过微控芯片111监控电路工作状态,包括电流、电压、温度等关键参数,通过算法分析判断元件是否工作正常,采用微控制器MCU配合高精度传感器,配合定制化的故障诊断算法,实现对每个关键元件的健康状态评估,当元件载板104上的某一个电子元件出现故障时,基于继电器的智能切换矩阵立即激活备用元件,无缝切换,确保电源输出稳定,元件载板104上集成的电子元件采用模块化设计,具体的将元件载板104上集成的电子元件封装在一个标准化、带保护外壳的模块中,接口采用专用的高压大电流连接器,内置电气隔离与短路保护机制支持带电热插拔,故障检测后,故障模块的元件载板104通过微控芯片111发出控制信号启动对应微型电机110,微型电机110的电机轴转动带动螺旋杆109旋出第二固定板107,从而使得顶出板108将底板105向上顶出,进而使得元件载板104上的顶块103顶开顶板102,微控芯片111同时发出故障指示,便于工作人员取出故障的元件载板104。

[0034] 微型电机110采用闭环控制,通过霍尔效应传感器实时监测电机转速和位置,确保精确控制螺旋杆109的伸出与缩回。电机启动条件设定为微控芯片111接收到故障指示后,经安全验证程序确认,通过PWM(脉冲宽度调制)信号精确控制电机转速,以平稳、安全的方式驱动螺旋杆。为防止移除过程中对元件造成损害,电机驱动程序中包含过载保护和速度限制功能。

[0035] 所有元件载板104遵循统一的设计规范,确保尺寸、接口类型和固定方式标准化。每个元件载板上的快锁连接器采用行业通用标准,如IEC 60320或类似标准,确保不同供应商的元件载板间能够完全互换。为保证互换性,每批次元件载板在生产前需通过严格兼容性测试,确保与适配器主体及其他载板的电气、机械对接无误。

[0036] 元件载板104包括主载板和备用载板,主载板上集成主电子元件,备用载板上集成备用电子元件,主电子元件和备用电子元件通过SMT分别固定在对应的元件载板104上,主电子元件和备用电子元件的电路通过继电器矩阵相互独立,继电器矩阵中的每个继电器两端分别连接主电子元件电路和对应的备用电子元件电路,正常工作时,继电器连接主电路,一旦主元件故障,继电器迅速切换至备用电路,微控芯片111通过数字信号输出端口与继电器矩阵的控制电路相连。

[0037] 每一个元件载板104上精心布局并集成了一种或多种关键电子元件,如高压滤波电容器、IGBTs、MOSFETs、精密电压基准源以及复杂的多层PCB板,这些元件根据其功能和重要性被策略性地分配。在若干个元件载板104的组合中,特意设计了一组或两组载板作为主电子元件的载体,这些主元件是系统电力转换和稳压的核心,承担着主要的电压转换与电流调节任务,确保电源供应的高效与稳定。

[0038] 与此同时,为了保障系统的不间断运行和高度可靠性,其余的元件载板104则专门

用于集成备用电子元件。这些备用元件与主元件完全相同或兼容,能够在微控芯片111监测到主元件故障的瞬间,通过预先设定的智能逻辑控制机制,由微控芯片发送指令给继电器矩阵,实现无缝切换到备用元件,这一过程无需中断电源输出,从而保证了电源供应的连续性和稳定性。

[0039] 更进一步,每一块元件载板104上的电子元件选择与布置都遵循了模块化设计理念,不仅便于生产装配和后期维护,而且每个模块都封装在一个符合行业标准、具有防护功能的外壳中,确保元件免受物理损伤和环境因素影响。此外,每个模块均配备了专为高压大电流应用设计的连接器,支持电气隔离和短路保护,且能够在系统运行中安全地进行热插拔操作,极大地提升了系统的可维护性和灵活性。

[0040] 在具体实施例中,元件载板104的策略性分配如下:假定适配器内部共配置有四个元件载板104,其中两个元件载板标记为A1和A2被指定为主电子元件载板,负责承载高压大电流路径中的核心组件,如大容量高压滤波电容器和高性能IGBT模块,这些元件直接参与高压直流电压的转换和调控,是确保电源输出稳定性的关键。主电子元件载板A1和A2通过优化的布局和高级散热设计,确保在承受高负载工作时,仍能维持高效转换效率和长寿命运行。

[0041] 另外两个元件载板标记为B1和B2则作为备用电子元件的载体,B1载板上集成与A1载板相同的电子元件作为直接备份,B2载板同样对应备份A2载板的元件。备用元件不仅型号规格与主元件一致,且通过微控芯片111与主元件实时数据对比,时刻准备在主元件故障的第一时间介入工作,实现无缝切换。例如,如果A1载板上的IGBT因异常过热而被微控芯片111检测到故障,微控芯片会立即指令继电器矩阵切换至B1载板上的备用IGBT,确保电源输出不中断。

[0042] 每个元件载板104都经过精心设计,确保其上的元件布局既满足电气性能要求,又便于散热管理和故障隔离。例如,A1载板上的高压滤波电容器紧邻散热片安装,而IGBT模块则与之保持适当距离并配备有专门的热管,确保热能快速导出。此外,所有元件载板104均通过标准化接口与适配器内部的高压大电流母线相连,接口处设置有电气隔离和短路保护装置,支持带电插拔,方便快捷地进行元件更换或系统升级,充分体现了设计的模块化和维护友好性。

[0043] 所述适配器的元件载板104集成的电子元件包括高压滤波电容器、IGBTs、MOSFETs中的一种或多种。

[0044] 适配器内部容易出现故障的电子元件,如高压滤波电容器、功率半导体器件如IGBTs或MOSFETs、精密电压参考源及复杂多层线路板等,被精心集成在元件载板104上。这些关键部件通过先进的表面贴装技术SMT和精选的高温焊料牢固地安装于载板之上,以增强其在持续高压和大电流工况下的耐用性。元件之间保持科学的间距布局,结合高效散热材料和热管技术,确保即使在满负荷运行状态下也能维持良好的热管理性能,从而显著延长元件寿命并降低故障率。

[0045] 每个元件载板104设配置快锁连接器,快锁连接器与元件载板104上的电路相连。

[0046] 每个元件载板104的设计考虑了易于维护和快速更换的需求,不仅所有电子元件采用标准封装形式,便于市场采购替换,而且载板边缘配备有坚固可靠的快锁连接器,确保在更换过程中能够迅速断开电气连接而又不会引起其他部件的损坏。此外,元件载板104背

面设有导热垫片和加强筋结构,既能提高载板自身的机械强度,也促进了热量向适配器外壳100的传递,充分利用外壳作为散热媒介,进一步提升系统整体的热效率与稳定性。

[0047] 为了最大化系统可靠性和易维护性,每个元件载板104还集成了一个小型状态指示LED灯条,通过微控芯片111实时监控并显示该载板上各元件的工作状态,绿灯常亮表示一切正常,黄灯闪烁则提示预警告警状态,而红灯亮起则直接指示存在故障,这种直观的视觉反馈机制,使得维护人员无需复杂检测即可迅速定位问题所在,大大缩短了故障排查和修复时间。故障指示系统采用三色LED指示灯(绿、黄、红),集成于适配器外壳100的显眼位置,并通过微控芯片111实时控制。绿色LED常亮表示系统正常运行;黄色LED闪烁表示预警告警,如温度接近上限或电流、电压有轻微异常波动;红色LED亮起则紧急指示存在故障,需立即处理。同时,适配器配备小型LCD显示屏,显示故障代码和简要故障描述,帮助快速定位问题。

[0048] 在具体实施例中,基于继电器的智能切换矩阵设计如下:继电器矩阵中每一行对应一个主元件,每一列对应一个备用元件,形成交叉控制结构。控制逻辑采用双通道设计,一通道用于主电路控制,另一通道为备用电路预留。该矩阵集成于适配器的控制系统中,由微控芯片111直接控制。矩阵包含多个高可靠性继电器,每个继电器对应一对主备电子元件的切换。这些继电器采用快速响应型,确保在微控芯片111检测到主元件故障信号后的极短时间内完成状态切换,无缝衔接电源供应,避免输出中断。

[0049] 实施例中,以主电子元件载板A1上的IGBT故障为例,微控芯片111通过实时数据分析识别到这一故障后,立即将指令通过数字信号线路传输至智能切换矩阵中的特定继电器。该继电器随即动作,断开A1载板上故障IGBT的电路连接,并同时闭合与之相对应的备用载板B1上备用IGBT的电路,这一系列操作在毫秒级完成,确保电流路径的连续性,从而维持电源输出的稳定性。

[0050] 具体步骤如下:

[0051] 1.故障检测与识别:微控芯片111监测到A1载板上的IGBT异常,可能是过热或其他故障情况。

[0052] 2.指令生成与传输:微控芯片111基于预设的故障处理逻辑,生成特定的控制指令,并通过高速总线发送给智能切换矩阵。

[0053] 3.继电器响应:智能切换矩阵接收到指令后,立即激活对应编号的继电器。此继电器之前连接的是主IGBT的电路,现在迅速断开连接。

[0054] 4.备用元件激活:同一继电器的另一端连接到备用载板B1上的备用IGBT,随着主电路的断开,备用电路立即闭合,备用IGBT开始工作。

[0055] 5.状态确认与反馈:微控芯片111再次确认电源输出状态,确保切换成功,并通过LED指示灯或显示屏给予操作人员直观的反馈。

[0056] 这一实施例中,继电器的智能切换矩阵设计不仅确保了故障处理的高效性,还体现了系统设计的灵活性和容错机制,是实现高压大功率稳压电源智能适配器高可靠性与不间断运行的关键技术之一。

[0057] 元件载板104上还安装有传感器,传感器与微控芯片111的数据采集端口相连实时监测电路的关键参数。所述传感器包括电流传感器、电压传感器、RTD,微控芯片111采用卡尔曼滤波器处理噪声数据,对于电流和电压,微控芯片111采用动态窗口检测,通过比较当

前读数与过去一段时间内的平均值和标准差,判断是否存在异常波动,对于温度监测是基于元件的额定温升曲线,当温升速率异常或达到极限值,即刻发出预警。

[0058] 在具体实施例中,微控芯片111通过集成的精密传感器网络实时监测电路的关键参数,包括但不限于电流、电压和温度。这些传感器包括但不限于霍尔效应电流传感器以测量电流,精密电压传感器以监测电压水平,以及热电偶或RTD电阻温度检测器来跟踪元件及关键区域的温度变化。

[0059] 微控芯片111内嵌一套高度优化的算法,该算法基于机器学习模型,利用历史数据和实时输入,对元件的健康状况进行持续评估。算法首先设定了一系列阈值和允许偏差范围,比如电流的允许波动范围、电压的稳定窗口以及元件安全工作温度区间。一旦监测数据超出预设范围,算法会立即识别并分类潜在的故障类型。

[0060] 具体实施例中,微控芯片111每秒收集数千次数据点,通过算法分析,采用卡尔曼滤波器处理噪声数据,微控芯片111采用的卡尔曼滤波器参数,如观测噪声协方差矩阵 Q 和系统噪声协方差矩阵 R ,将根据具体应用场景和传感器特性进行精细调校。对于电流和电压,算法采用动态窗口检测方法,通过比较当前读数与过去一段时间内的平均值和标准差,判断是否存在异常波动。动态窗口检测算法中,设定的标准差阈值和时间窗长度会基于历史数据分析和系统仿真结果确定,以最优化故障检测的准确率和误报率。确保监测的准确性和稳定性。温度监测则结合了元件的额定温升曲线,一旦温升速率异常或达到极限值,即刻发出预警。

[0061] 在实际操作中,假设元件载板104上的IGBT模块在高负载运行时,微控芯片111监测到其工作温度超过预设的安全阈值,同时发现电流波形出现非典型谐波,表明可能存在过热风险和电流不均衡现象。此时,算法立即计算出故障概率并发出预警信号,一方面通过LED状态指示灯显示黄灯闪烁,另一方面向继电器矩阵发送控制命令,准备激活备用元件。同时,微控芯片111记录下详细故障日志,包括时间戳、故障类型、受影响元件等信息,为后续维护提供数据支持。

[0062] 这一实施例不仅体现了微控芯片111在实时监控和故障预测方面的强大功能,还展现了算法分析在提高系统自适应性和维护效率方面的作用,确保了高压大功率稳压电源智能适配器的长期稳定运行和高效维护。

[0063] 本申请的具体电路连接关系如下:

[0064] 1. 主/备用电子元件与元件载板104:每块元件载板104上安装的主电子元件如IGBTs、MOSFETs、高压滤波电容器等通过SMT技术固定,并通过快锁连接器与载板上的电路相连。备用电子元件同样固定于对应的备用元件载板上,其电路与主元件电路通过继电器矩阵相互独立,但设计为可无缝切换的备份路径。

[0065] 2. 传感器与微控芯片111:电流传感器、电压传感器、RTD等传感器直接与微控芯片111的数据采集端口相连,实时监测各项关键参数,并将数据传送给微控芯片进行分析处理。

[0066] 3. 微控芯片111与继电器矩阵:微控芯片111作为核心控制单元,通过数字信号输出端口与继电器矩阵的控制电路相连。当微控芯片根据算法分析判断出某个主电子元件出现故障时,它将立即发送控制信号至对应的继电器,激活备用元件的电路路径。

[0067] 4. 继电器与主/备用电子元件电路:继电器矩阵中的每个继电器两端分别连接主

电子元件电路和对应的备用电子元件电路。正常工作时,继电器连接主电路,一旦主元件故障,继电器迅速切换至备用电路,实现无缝供电。

[0068] 电路连接实例

[0069] 主电子元件与继电器:假设主IGBT模块位于元件载板A1上,其正负极端子通过快锁连接器接入主电路,此电路直接连至负载侧。该电路通过继电器K1的一端与电源正负极连接。K1的另一端则连接到备用IGBT所在的载板B1的相应端子。

[0070] 备用电子元件与继电器:备用IGBT模块位于载板B1,其电路与K1继电器的另一端相连,平时处于断开状态。当微控芯片111检测到A1上的IGBT故障时,通过控制信号使K1切换,从而闭合备用IGBT的电路,断开主IGBT的电路。

[0071] 传感器网络:电流传感器串联于主/备用IGBT的回路中,电压传感器并联于电源与IGBT之间,RTD直接贴附于IGBT表面,三者均通过信号线直接连接到微控芯片111的输入接口。

[0072] 微控芯片111的控制逻辑:微控芯片接收来自传感器的实时数据,运用算法进行分析。当发现电流、电压异常或RTD测得温度超过预设阈值时,立即触发相应的故障处理流程,包括但不限于发送信号至继电器矩阵,启动故障指示系统,并记录故障日志。

[0073] 综合电路逻辑

[0074] 1. 正常运行逻辑:在无故障情况下,微控芯片持续监控,主电路元件正常工作,继电器保持原位,维持主元件供电路径。

[0075] 2. 故障检测逻辑:传感器监测到异常时,微控芯片进行数据分析,确认故障后,发送控制信号。

[0076] 3. 故障响应逻辑:控制信号激活继电器矩阵,切断故障元件电路,同时接通备用元件电路,确保电力供应不中断。

[0077] 4. 维护与恢复逻辑:故障元件载板通过微控芯片111控制微型电机110和螺旋杆109机制移除,便于更换。更换后,系统可自动或手动复位,重新监测并确认恢复正常运行。

[0078] 在进一步实施中,本申请精确量化主电子元件与备用电子元件冗余度,确保在给定的时间,系统都有足够的备用资源应对故障,同时避免过度冗余导致的成本增加。

[0079] 精确量化主电子元件与备用电子元件冗余度配置方法为:统计每个元件的故障率(λ)、平均无故障时间(MTTF)和系统需求的可靠度目标(R)。

[0080] 每个元件的故障率(λ):是指在给定的时间段内,一个元件发生故障的概率。它是时间的函数,用来描述元件随时间推移发生故障的速率。故障率的单位通常是每小时、每年等时间单位内的故障次数,例如“次/小时”或“次/年”。

[0081] 平均无故障时间(MTTF, Mean Time To Failure):平均无故障时间(MTTF)是一个统计量,表示在正常操作条件下,新元件从开始运作到发生第一次故障的平均预期时间。简单来说,MTTF是所有同类元件从开始使用到首次故障时间的平均值。MTTF的单位与时间有关,如小时、天、年等。MTTF与故障率 λ 之间存在倒数关系,因此,一个元件的MTTF越长,意味着它在预期中能更长时间地无故障运行。

[0082] 系统需求的可靠度目标(R):系统可靠度(R)是衡量系统在特定时间段内能持续正常工作的概率,表达的是系统在预定条件和时间内完成其功能的能力。可靠度目标(R)是系统设计时预先设定的一个期望达到的可靠程度,通常用百分比表示,如“系统必须在一年内

有99.9%的时间保持无故障运行”。这个目标反映了系统在性能和安全方面的重要考量,以及用户对系统稳定性的期望。

[0083] 统计元件故障率(λ),数据收集与分析:首先,从供应商提供的历史数据、行业标准或现场运行记录中收集元件的故障数据。这些数据应涵盖长时间跨度,以确保统计的准确性。分析这些数据,计算出各个关键电子元件的平均故障率(λ),例如高压滤波电容器、IGBTs、MOSFETs等。

[0084] 环境与负载因素考虑:考虑到实际应用环境的多样性(如温度、湿度、振动等)和不同的工作负载对元件故障率的影响,对 λ 的计算应引入环境系数和负载系数进行调整,以反映真实运行条件下的故障概率。

[0085] 确定平均无故障时间(MTTF),基于制造商数据:查阅元件制造商提供的MTTF数据作为初步依据。这些数据通常基于实验室条件下的测试结果。

[0086] 实际运行调整:利用现场运行数据对制造商的MTTF进行修正。若无直接数据,可通过行业标准或相似应用案例的MTTF进行估算,并结合元件的实际工作条件进行调整。

[0087] 设定系统可靠度目标(R),应用需求分析:根据高压大功率稳压电源的应用场景(如工业自动化、数据中心等),分析系统中断对业务造成的潜在影响和损失,以此为基础设定系统可靠度目标R。例如,数据中心可能要求全年无故障运行时间达到99.99%,即 $R=0.9999$ 。

[0088] 通过失效率模型建立判断公式,根据判断公式计算出最优的备用元件数量M,使得系统整体的可靠度最大,同时成本效益比最优。判断公式可表示为:

$$[0089] \quad R = (1 - e^{-\lambda \cdot \text{MTTF}})^N \times (1 - (1 - e^{-\lambda \cdot \text{MTTF}})^M)$$

[0090] 其中,N为系统中主元件的数量,M为备用元件的数量;

[0091] 实际计算步骤:

[0092] 确定单个元件的故障率(λ)和平均无故障时间MTTF,系统中主元件的数量N,

[0093] 假设某备用元件数量M,计算单个元件在系统预期运行周期T内的可靠度:利用上述公式计算得到系统可靠度(R);

[0094] 反推备用元件数量M:基于系统可靠度目标R,找到满足条件的最小整数M。

[0095] 成本效益分析:在确定了M的理论值后,需要结合成本分析,考虑增加备用元件带来的成本增加与系统可靠度提升之间的平衡,确定备用元件数量M。

[0096] 本申请的高压大功率稳压电源智能适配器结构带来以下显著的有益效果:本发明融合了先进的智能化技术与模块化设计理念,从根本上改变了高压电源适配器的运维模式。该智能适配器通过一系列创新设计,显著增强了系统在严苛应用环境中的稳定性和可靠性,同时优化了维护流程,降低了维护成本。

[0097] 核心亮点在于其独特的元件载板模块化设计,每个载板集成了可快速更换的电子元件,包括高压滤波电容器、IGBTs、MOSFETs等关键部件,且巧妙地配置了主备元件,一旦检测到故障,微控芯片111即刻启动智能切换机制,无缝切换至备用元件,确保电力供应不中断。这一设计极大减少了因单点故障导致的系统停机,提升了系统的连续运行能力。

[0098] 微控芯片111作为智能中枢,集成精密传感器网络和基于机器学习的故障预测算法,实现了对系统状态的实时监控和深度分析,能够精确识别故障类型并预测潜在问题,有效预防了故障的发生。通过动态数据处理和预警系统,维护人员能迅速定位问题,缩短故障

排查时间,提升了维护效率。

[0099] 此外,本发明还创新性地采用了自动化故障元件移除机制,利用微型电机驱动的顶出结构,简化了故障模块的更换流程,减轻了人工操作负担,确保了更换过程的安全与便捷。同时,元件载板的标准化设计和兼容性测试确保了不同供应商产品的互换性,进一步提升了维护的灵活性和系统的可扩展性。

[0100] 在成本与可靠性之间取得平衡,本发明通过精确量化主备元件的冗余度,基于系统可靠度目标,计算最优的备用元件数量,确保了在满足高可靠性的前提下,避免了不必要的成本浪费。这一精细化管理策略,结合全面的成本效益分析,使得该智能适配器成为高压大功率应用领域中兼顾经济性和可靠性的理想解决方案。

[0101] 综上所述,本发明的高压大功率稳压电源智能适配器结构,凭借其卓越的智能化监控能力、高效的故障响应与切换机制、便捷的模块化维护设计,以及精细的成本与可靠性平衡策略,为电力电子技术领域带来了前所未有的可靠性提升和运维效率优化,具有显著的实用价值和推动行业进步的创新意义。

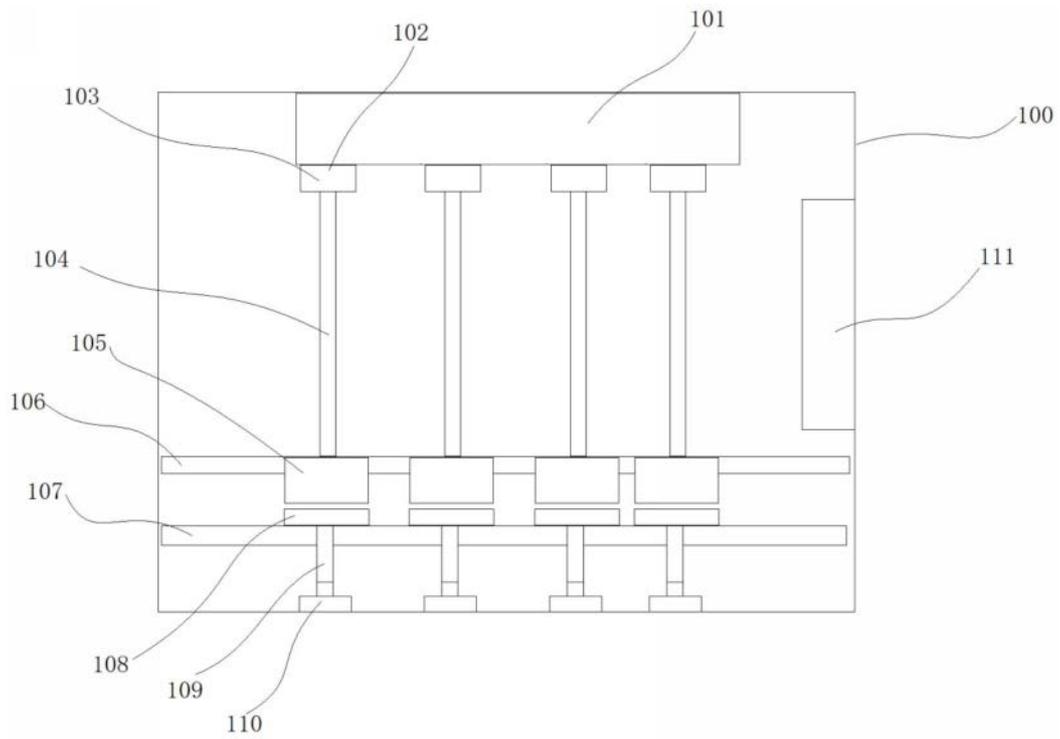


图1