(19)中华人民共和国国家知识产权局

(12)实用新型专利

(10)授权公告号 CN 201608534 U
(45)授权公告日 2010.10.13

(21)申请号 200920257727.2
(22)申请日 2009.10.30
(73)专利权人 河南华盛铁路电气有限公司
地址 450001 河南省郑州市高新技术产业开发区雪松路东化工路北
(72)发明人 李喜文 朱炜 慕洪举 杜永亮 张保明 李保忠
(74)专利代理机构 郑州中原专利事务所有限公司 41109
代理人 赵磊
(51)Int.Cl.
H02J 3/18(2006.01)
H02J 13/00(2006.01)
H02J 3/12(2006.01)
H02H 7/16(2006.01)
H02H 7/04(2006.01)

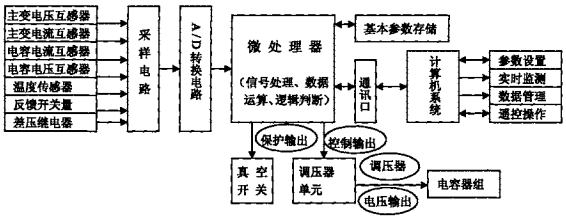
权利要求书 1 页 说明书 6 页 附图 3 页

(54)实用新型名称

电气化铁道微机控制调压式无功自动补偿装置

(57)摘要

一种电气化铁道微机控制调压式无功自动补偿装置，包括位于电网电路中的电压互感器和电流互感器，电压互感器采集的电压模拟信号和电流互感器采集的电流模拟信号通过采样电路和A/D转换电路输入无功自动补偿微处理器，微处理器通过通讯接口与上位机控制系统相连，微处理器输出端通过调压器单元与电容器组相连。本实用新型通过有载自耦调压器自动调节并联电容补偿装置的端电压来改变并联电容的补偿容量，响应速度快、安全系数高、节能节电、补偿效果好，不产生谐波，不对电网运行中的设备产生危害，提高电网的供电质量。



CN 201608534 U

1. 一种电气化铁道微机控制调压式无功自动补偿装置，包括位于电网电路中的电压互感器和电流互感器，电压互感器采集的电压模拟信号和电流互感器采集的电流模拟信号通过采样电路和 A/D 转换电路输入无功自动补偿微处理器，微处理器通过通讯接口与上位机控制系统相连，其特征在于：微处理器输出端通过调压器单元与电容器组相连。

2. 根据权利要求 1 所述的电气化铁道微机控制调压式无功自动补偿装置，其特征在于：所述的电压互感器包括主变电压互感器和电容电压互感器，主变电压互感器采集母线的电压信号，电容电压互感器采集电容器组两端的电压信号，电压信号输送至控制系统采样电路；电流互感器包括主变电流互感器和电容电流互感器，主变电流互感器采集母线的电流信号，电容电流互感器采集电容器组的电流信号，电流信号输送至控制系统采样电路。

3. 根据权利要求 1 或 2 所述的电气化铁道微机控制调压式无功自动补偿装置，其特征在于：所述的调压器单元为有载调压器，由有载分接开关和自耦变压器组成，有载分接开关每档位的切换时间不大于 1 秒。

4. 根据权利要求 3 所述的电气化铁道微机控制调压式无功自动补偿装置，其特征在于：在电网母线和有载调压器之间设有真空断路器，用于执行故障保护。

电气化铁道微机控制调压式无功自动补偿装置

技术领域

[0001] 本实用新型涉及一种应用于电力系统领域的无功补偿装置，具体涉及一种电气化铁道微机控制调压式无功自动补偿装置。

背景技术

[0002] 近年来，由于铁路列车的提速，车流密度和载重量增加，使牵引负荷不断增大，在十几秒内就有几千 KW 的能量变化。目前大部分牵引变电所均加装了固定并联电容补偿装置，所以输出无功是一常量，无法对牵引负荷进行动态补偿，在无牵引负荷时易形成过补偿，有牵引负荷时欠补偿，使得牵引变电所功率因数降低。如何对牵引变电所无功进行有效补偿以提高功率因数，是电气化铁道需要解决的问题。目前，虽然国内外有不同方式的动态补偿装置，但都存在不同程度的问题。比如中国专利 CN2533603Y 公布了一种电力滤波即动态无功补偿装置，该装置有电流互感器、电压互感器、控制器、滤波器、晶闸管投切电抗器组和减压变压器构成，这种可控硅补偿方式虽然能一定程度上实现无功补偿，但在调节无功补偿容量时投切过零准确性和晶闸管温升问题不容易解决且容易产生谐波，加重电网谐波污染。另外目前市场上也有其他无功补偿方法，但均有响应速度慢、安全系数低、调节范围小等不足。

实用新型内容

[0003] 本实用新型的目的在于克服现有技术中存在的上述缺点，提供一种响应速度快、安全系数高、节能节电、补偿效果好的电气化铁道微机控制调压式无功自动补偿装置。

[0004] 为实现上述目的，本实用新型采用如下技术方案：

[0005] 本实用新型的电气化铁道微机控制调压式无功自动补偿装置，包括位于电网电路中的电压互感器和电流互感器，电压互感器采集的电压模拟信号和电流互感器采集的电流模拟信号通过采样电路和 A/D 转换电路输入无功自动补偿微处理器，微处理器通过通讯接口与上位机控制系统相连，微处理器输出端通过调压器单元与电容器组相连。

[0006] 所述的电压互感器包括主变电压互感器和电容电压互感器，主变电压互感器采集母线的电压信号，电容电压互感器采集电容器组两端的电压信号，电压信号输送至控制系统采样电路；电流互感器包括主变电流互感器和电容电流互感器，主变电流互感器采集母线的电流信号，电容电流互感器采集电容器组的电流信号，电流信号输送至控制系统采样电路。

[0007] 所述的调压器驱动单元为有载调压器，由有载分接开关和自耦变压器组成，有载分接开关每档位的切换时间不大于 1 秒。

[0008] 本实用新型在电网母线和有载调压器之间设有真空断路器，用于执行故障保护。

[0009] 主变电压互感器 YH 采集的电压模拟信号和主变电流互感器 LH 采集的电流模拟信号输送至无功自动补偿控制柜 ZWK，通过采集、模数转换等环节送入无功自动补偿控制柜内的计算机，计算机将采集的电压 / 电流数字信号经过数据处理后，计算出当前的视在功率、

无功功率、有功功率、功率因数、相角、谐波等电参量，与设置的功率因数阈值或无功阈值进行适时比较，输出控制信号，驱动有载调压器 TW 控制机构，使调压器输出不同档位的电压，从而改变电容器组 C 的端电压，使之输出不同无功功率，跟踪无功自动补偿，达到适时补偿线路无功功率。

[0010] 再根据对电容器组端电压、电流信号的采集运算，对电容器组采取过压、过流等各种保护，补偿装置的运行信息、电参数、动作事件等数据保存在存储器内，并可形成数据文件，可查看保存的数据，并生成数据表或曲线。

[0011] 和现有技术相比，本实用新型具有如下有益效果：

[0012] (1) 功耗小：采用有载调压器调整无功输出，而有载调压器的功耗小于串联可控硅组及并联电抗器的功耗。

[0013] (2) 安全性高：采用有载调压器避免使用串联可控硅组，提高补偿装置的安全性。多级晶闸管串联使用时，串联的晶闸管导通动作必须一致，稍有不同步现象，就会出现晶闸管击穿。

[0014] (3) 可靠性高：TTWB 型无功补偿装置受温度影响较小，自升温较低，而可控硅组受散热条件限制，温升较大，在高温状态下不能运行。

[0015] (4) 不产生谐波：采用有载调压器不会对电流波形造成畸变，不会产生谐波，而采用可控硅组时，由于改变可控硅的导通角，会产生谐波，加重电网谐波污染。

[0016] (5) 智能巡检各主要部件故障检测，智能控制器采用备份形式，主控制器出现故障时，备用控制器立即接替运行，保障补偿装置可靠运行。

[0017] (6) 补偿电容采用铁路专用的并联电容器，便于维护。

[0018] (7) 补偿装置安装在两相牵引负荷上，并根据各相牵引负荷自动调整补偿装置，可补偿各相无功负荷。

[0019] (8) 电容器组都配有铁路专用空芯串联电抗器，电抗率为 12.5%，抑制 3 次以上谐波，削弱对电容器组的危害。

[0020] (9) 采用智能控制器，实时跟踪线路无功的需求情况，自动调整无功输出；控制器还具有无功曲线变化显示，历史记录，远程监视的功能。

[0021] (10) 具有完善的保护措施。一类是设备的硬件保护，包括熔丝保护、防雷击过压保护、差压保护；另一类是微机保护，微机保护包括过压、欠压、过流、欠流、谐波保护、PT 断线报警、有载调压器异常报警、控制馈线断线报警、有载调压器拒动 / 误动报警。

[0022] (11) 采用框架式结构，结构简洁，便于散热。

附图说明

[0023] 图 1 是本实用新型的工作原理框图；

[0024] 图 2 是本实用新型的原理示意图；

[0025] 图 3 是本实用新型中无功自动补偿控制柜的原理框图；

[0026] 图 4 是本实用新型中无功自动补偿控制柜控制系统原理方框图；

[0027] 图 5 是本实用新型中无功自动补偿控制柜的驱动单元的原理框图。

具体实施方式

[0028] 如图 1 所示，本实用新型的电气化铁道微机控制调压式无功自动补偿装置，包括位于电网电路中的电压互感器和电流互感器，电压互感器采集的电压模拟信号和电流互感器采集的电流模拟信号通过采样电路和 A/D 转换电路输入无功自动补偿微处理器，微处理器通过通讯接口与上位机控制系统相连，微处理器输出端通过调压器单元与电容器组相连。

[0029] 所述的电压互感器包括主变电压互感器和电容电压互感器，主变电压互感器采集母线的电压信号，电容电压互感器采集电容器组两端的电压信号，电压信号输送至控制系统采样电路；电流互感器包括主变电流互感器和电容电流互感器，主变电流互感器采集母线的电流信号，电容电流互感器采集电容器组的电流信号，电流信号输送至控制系统采样电路。

[0030] 所述的调压器驱动单元为有载调压器，由有载分接开关和自耦变压器组成。

[0031] 本实用新型在电网母线和有载调压器之间设有真空断路器，用于执行故障保护。

[0032] 在高压负荷开关和有载调压器之间设有避雷器，确保补偿装置免受雷电冲击。

[0033] 本实用新型主变电压互感器 YH 采集的电压模拟信号和主变电流互感器采集的电流模拟信号输送至无功自动补偿控制柜，通过采集、模数转换等环节送入无功自动补偿控制柜内的微处理器，微处理器将采集的电压 / 电流数字信号经过数据处理后，计算出当前的视在功率、无功功率、有功功率、功率因数、相角、谐波等电参量，与设置的功率因数阈值或无功阈值进行适时比较，输出调节控制信号，驱动有载调压器控制机构，使调压器输出不同档位的电压，从而改变电容器组的端电压，使之输出不同无功功率，跟踪无功自动补偿，达到适时补偿线路无功功率。

[0034] 再根据对电容器组端电压、电流信号的采集运算，对电容器组采取过压、过流等各种保护，补偿装置的运行信息、电参数、动作事件等数据保存在存储器内，并可形成数据文件，可查看保存的数据，并生成数据表或曲线。

[0035] 如图 2 所示，本实用新型的电气化铁道微机控制调压式无功自动补偿装置主要包括控制柜 ZWK 和有载调压器 TW，在主变电路接触网和控制柜 ZWK 之间设有主变电压互感器 YH 和主变电压互感器 LH，在电网母线和有载调压器 TW 之间设有真空断路器 ZN，用于执行故障保护。在真空断路器和有载调压器 TW 之间设有避雷器 BL，确保补偿装置免受雷电冲击。在避雷器与有载调压器之间设有高压隔离开关。有载调压器 TW 输出端依次连接有单相并联电容器 C、空芯串联电抗器 L、单台喷逐式熔断器 FU 和放电线圈 FD；在有载调压器 TW 和单相并联电容器 C 之间设有高压隔离开关 SW，在控制柜 ZWK 和单相并联电容器 C 之间连接有电容电流互感器 LH11 和电容电压互感器 YH11。

[0036] 各组成部分参数如下：

[0037] 本实用新型的电气化铁道微机控制调压式无功自动补偿装置专为电气化铁路牵引变电站无功补偿而设计，各部件设计指标均符合电气化铁路的技术要求，下面说明补偿装置各组成设备的主要参数。

[0038] (1) 真空断路器 ZN

[0039] 真空断路器额定工作电压为 27.5kV，最高电压为 31.5kV，额定电容器组开断电流为 400A，相关试验满足 27.5kV 电压等级要求。

[0040] (2) 避雷器（高压）及放电计数器 BL

[0041] 避雷器额定电压 27.5kV，工作电压为 42kV，相关试验满足 27.5kV 电压等级要求。放电计数器串联在避雷器下方，对避雷器放电计数。

[0042] (3) 有载调压器 TW

[0043] 有载调压器是补偿装置的关键组成部分，采用自耦方式，损耗较小。有载调压器采用有载分接开关改变调压器输出接头，从而改变调压器输出电压，有载调压器的一次端额定电压为 27.5kV，额定容量、调压范围根据牵引变电所具体情况确定。有载调压器可在 1.36 倍额定电压下长期运行。相关试验满足 27.5kV 电压等级要求。

[0044] 有载分接开关，转换速度快，寿命长。分接开关动作时采取过度负载方式，使负荷电压不间断，产生的弧光很小，基本无冲击。

[0045] (4) 电流互感器 LH

[0046] 电流互感器采集牵引变压器输出电流，变比根据牵引变压器的牵引负荷确定，户内选用干式互感器，户外选用油浸式互感器，精度要求在 0.5 级以上。相关试验要按照 27.5kV 电压等级执行。

[0047] (5) 电压互感器 YH

[0048] 电压互感器采集牵引变压器输出电压，变比为 27.5kV/100V，户内选用干式互感器，户外选用油浸式互感器，精度在 0.5 级以上。相关试验要按照 27.5kV 电压等级执行。

[0049] (6) 高压隔离开关 SW

[0050] 隔离开关为单相，选用 27.5kV 电压等级，额定电流为 1250A。其工频耐压试验、雷电冲击等均满足 27.5kV 电压等级要求。

[0051] (7) 电容电流互感器 LH11

[0052] 电流互感器采集电容器组的电流，变比根据电容器组容量确定，干式，单相，户内，精度为 0.2 级，输出容量 50VA，一次端额定电压 35kV。相关试验满足 35kV 电压等级要求。

[0053] (8) 电容电压互感器 YH11

[0054] 电压互感器的变比为 27.5kV/0.1kV，干式，单相，户内，精度为 0.2 级，输出容量 60VA，作为电压保护采样。相关试验满足 27.5kV 电压等级要求。

[0055] (9) 空芯串联电抗器 L

[0056] 电抗器选用空芯串联电抗器，线性好，没有磁饱和现象，额定电抗率 12.5-13％，抑制三次以上谐波危害电容器。串联电抗器额定电压为 27.5kV，单相，提高匝间绝缘，并可以在 1.36 倍额定电压下长期工作。相关试压满足 27.5kV 电压等级要求。

[0057] 电抗器为干式结构，无铁心，不存在磁饱和现象，线性度好。电抗器绕组为多层并联筒式结构，内部分为若干个包封（线圈组），每个包封有数层线圈，各个包封之间有通风道，以利于空气的对流与散热。载流导体由相互绝缘的小截面导线组成，以减小涡流损耗。线圈内外均用环氧树脂浸渍的玻璃丝包绕，经高温固化形成一个坚固的整体，机械强度高，噪音小，电抗器绝缘的耐热性能为 F 级，本体外表面涂以抗紫外线、抗老化的绝缘漆，可在户外环境条件下长期工作。

[0058] (10) 单相并联电容器 C

[0059] 并联电容器采用 BAM 型，分为 4 串使用，单台额定电压为 8.4kV，液体介质是苄基甲苯，固体介质为全膜介质，内设放电电阻及熔丝，可以在 1.36 倍额定电压下长期工作，允许长期通过 1.36 倍额定电流，实测电容值与额定值的偏差不大于 0 ～ 5％，电容器的 tgδ 值

小于 0.0003。极间介质电气强度要求高，极间耐压按照 2.69U_{IN}(AC) 或 5.38U_{IN}(DC)10S 进行。运行时内部油温不超过 65℃。

[0060] (11) 熔断器 FU

[0061] 每台电容器都配置 BRN-10 型快速喷逐式熔断器，与水平面成 45° 安装，额定电流选择为电容额定电流的 1.5-1.8 倍。

[0062] (12) 放电线圈 FD

[0063] 采用适合串联电容器组使用的放电线圈，具有三个一次接线端，端电压为 16.8*2kV，额定容量大于配套电容器组容量，双二次输出电压为 100V*2，输出容量 100VA*2，采取差压保护。油浸户外式结构，相关试验满足 27.5kV 电压等级。

[0064] (13) 无功自动补偿控制柜

[0065] 无功自动补偿控制柜是无功补偿装置的控制核心，是集数据采集、控制输出、各种保护、通讯于一体的智能型控制柜。其作用是采集电网电压、电流信号，并计算出视在功率、有功、无功、功率因数、谐波等参数，并与设置的无功、功率因数等阈值进行比较，自动控制有载调压器的档位输出，改变补偿电容器组的端电压，从而达到补偿无功，提高功率因数，保证供电质量的目的。

[0066] 无功自动补偿控制柜是调压无功自动补偿装置的主要部件，以智能无功补偿控制器为核心，集各种保护、通信于一体。由电压互感器采集母线的电压信号和电容器组两端的电压信号，由电流互感器采集母线的电流信号和电容器组的电流信号送给控制系统采样电路，通过 A/D 转换器，将各种信号模拟量转换成数字量送至微处理器进行采集，再转换成各原始量，控制系统根据检测到的母线电压和母线电流，通过运算得出线路上的有功、无功、功率因数、谐波等参数，然后根据各种控制模式所设置的无功跳档阈值来控制电容器组的无功输出量，迅速实现无功补偿的就地平衡，起到提高功率因数、节能降耗、改善系统输电能力。

[0067] 无功自动补偿控制柜内部结构主要由控制系统、驱动单元、后台计算机以及电源部分构成。其原理框图如图 3 所示。采样信号进入控制系统后，控制系统经过信号处理，数据运算，逻辑判断，输出跳档信号至驱动单元，驱动单元对其进行放大处理，直接驱动调压器进行动作，同时驱动系统采集调压器的当前档位分接信号，反馈给控制系统，控制系统经过处理运算，在后台管理计算机上输出显示调压器当前档位。当控制系统检测到电容器过压、过流、压差以及变压器油温过高时则直接驱动真空断路器跳闸，对整个系统进行保护。电源供电模块采用直流电源供电，经 DC-AC 转换后再对其进行滤波处理，保证了电源供电的质量与可靠性，使控制系统始终能够安全可靠的运行。

[0068] 控制柜的控制原理框图如图 4 所示，信号进入控制系统的微处理器，微处理器对其进行信号处理、数据运算、逻辑判断，输出控制信号至控制系统，并且控制系统有跳档信号指示灯，便于日常维护与故障排除。微处理器运算得出的数据通过 RS232 接口传输到后台计算机，显示电网及其控制系统运行的各项数据参数 ；键盘、鼠标则用于设置各种控制模式下调压器各档位无功补偿范围阈值以及慢速无功模式跳档时间延时等。

[0069] 无功自动补偿控制柜的驱动单元的原理框图如图 5 所示，电动机构分接位置信号和手动信号经光电耦合隔离，送到 CPU 微处理器进行运算处理，以动态扫描方式在前面板上显示当前分接位置数，并从后面板输出无源 BCD 码和对应分接位置信号 ；CPU 还可以通过

RS485 通讯接口将分接位置信号传送给后台计算机，同时又将计算机系统发出的 1-N、N-1、停指令返回到 CPU 运算处理，以控制电动机构逐级运行。

[0070] 微处理器对电动机送入的分接位置信号自动进行极限位置和中间位置超越判断。

[0071] 控制器除了用 RS485 传送 1-N、N-1、停指令，还可以通过“远动指令输入”端口和控制器前面板按钮发送 1-N、N-1、停指令，当微处理器接收到上述指令后均可控制电动机构运行，且驱动单元具有指令互锁功能。

[0072] 外部接入的过电流闭锁接点信号经过二次光电隔离后送入微处理器，当微处理器接收到该信号后进行判断，并且立即关闭所有输入 / 输出接口，调压器停止工作。

[0073] 本实用新型的控制器以高速可编程微处理器为基础，使用多功能应用软件，客户可自行选择补偿模式，可以选择快速无功、慢速无功、功率因数任何一种为补偿模式。

[0074] 本实用新型的主控制器提供三种补偿模式 ：快速无功模式 ；慢速无功模式 ；功率因数模式。

[0075] 本实用新型的保护与报警功能主要有 ：

[0076] (1) 电容器熔丝保护 ：每台电容器都配有快速熔断器，当电容器电流超过过流阈值时，熔断器迅速熔断，保护整套系统安全运行。

[0077] (2) 防雷击保护 ：在整套补偿装置的前端有避雷器，确保补偿装置免受雷电冲击。

[0078] (3) 电容器差压保护 ：若电容器组电压差超过一定的阈值，则差压继电器触点闭合，断开真空断路器，使整套装置断开与母线的连接。

[0079] (4) 调压器瓦斯保护 ：当调压器内部瓦斯气体超过一定的阈值，则气体继电器触点闭合，断开真空断路器，使整套装置断开与母线的连接。

[0080] (5) 调压器油温过高保护 ：当调压器内部油温过高超过一定阈值，控制器输出保护信号，断开真空断路器，使整套装置断开与母线的连接。

[0081] (6) 电容器过压、过流、谐波过大保护 ：当控制器检测到以上任何一种信号超过设定值时，控制器输出保护信号，断开真空断路器，使整套装置断开与母线的连接。

[0082] (7) 电容器欠流报警 ：当控制系统检测到电容器电流过低，超过设定阈值，则控制系统发出报警信号，以便通知用户采取相应措施。

[0083] (8) 馈线错误报警 ：当控制系统检测不到调压器反馈信号时，控制系统发出报警信号，以便通知用户采取相应措施。

[0084] (9) 调压器拒动 / 误动保护 ：当控制系统检测不到电容器两端的电压信号时，调压器不进行动作，以保证整套装置的安全可靠。

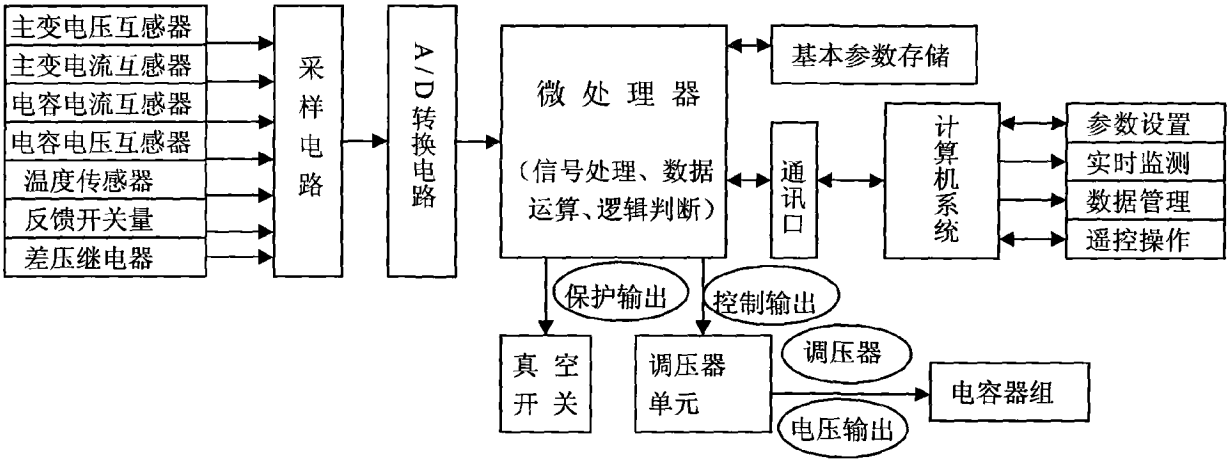

主变电压互感器
主变电流互感器
电容电流互感器
电容电压互感器
温度传感器
反馈开关量
差压继电器
采样电路
A/D转换电路
微处理器
（信号处理、数据运算、逻辑判断）
基本参数存储
通讯口
计算机系统
参数设置
实时监测
数据管理
遥控操作
保护输出
控制输出
真空开关
调压器单元
调压器
电压输出
电容器组

图 1

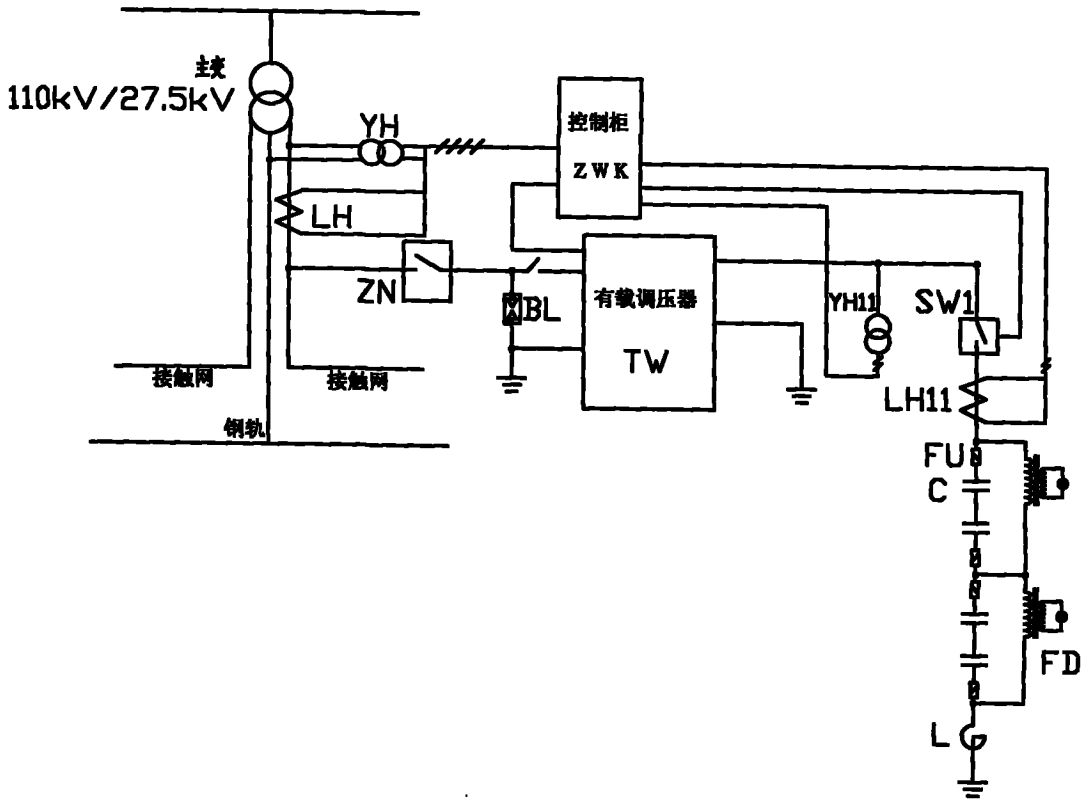

主变
110kV/27.5kV
YH
LH
ZN
BL
控制柜
ZWK
有载调压器
TW
YH11
SW1
LH11
FU
C
FD
L
接触网
接触网
钢轨

图 2

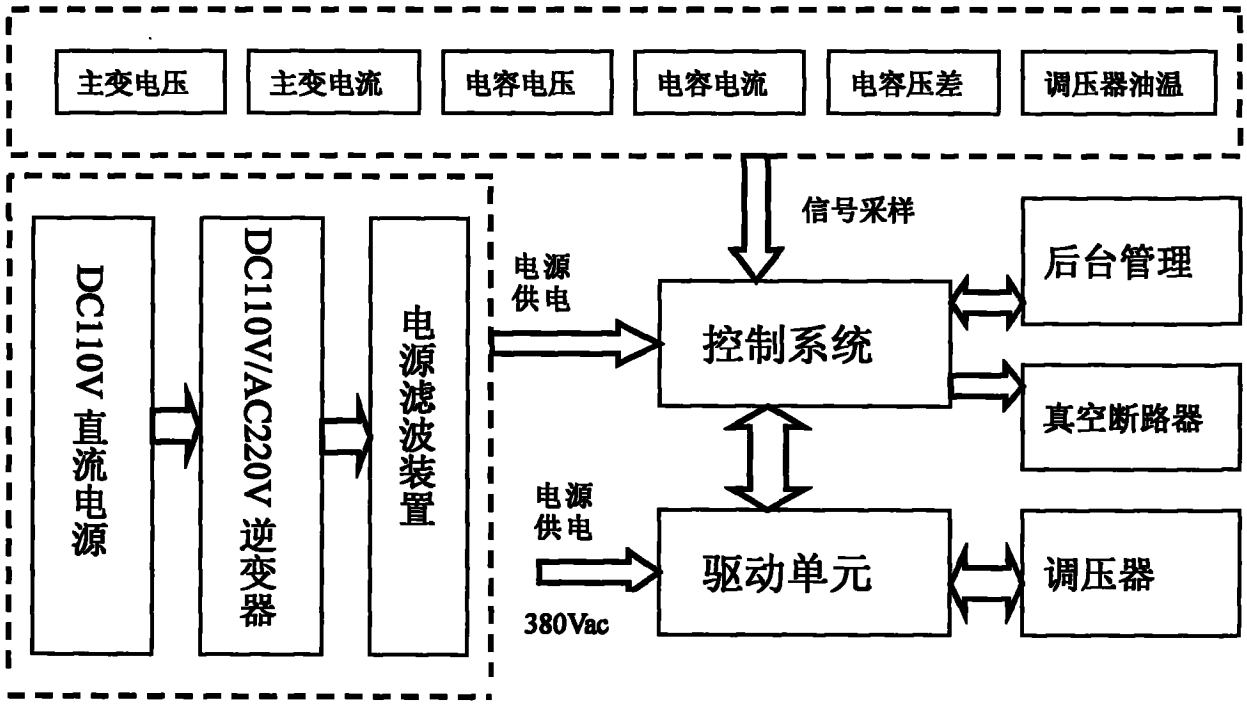

主变电压
主变电流
电容电压
电容电流
电容压差
调压器油温
信号采样
DC110V 直流电源
DC110V/AC220V 逆变器
电源滤波装置
电源供电
控制系统
后台管理
真空断路器
电源供电
380Vac
驱动单元
调压器

图 3

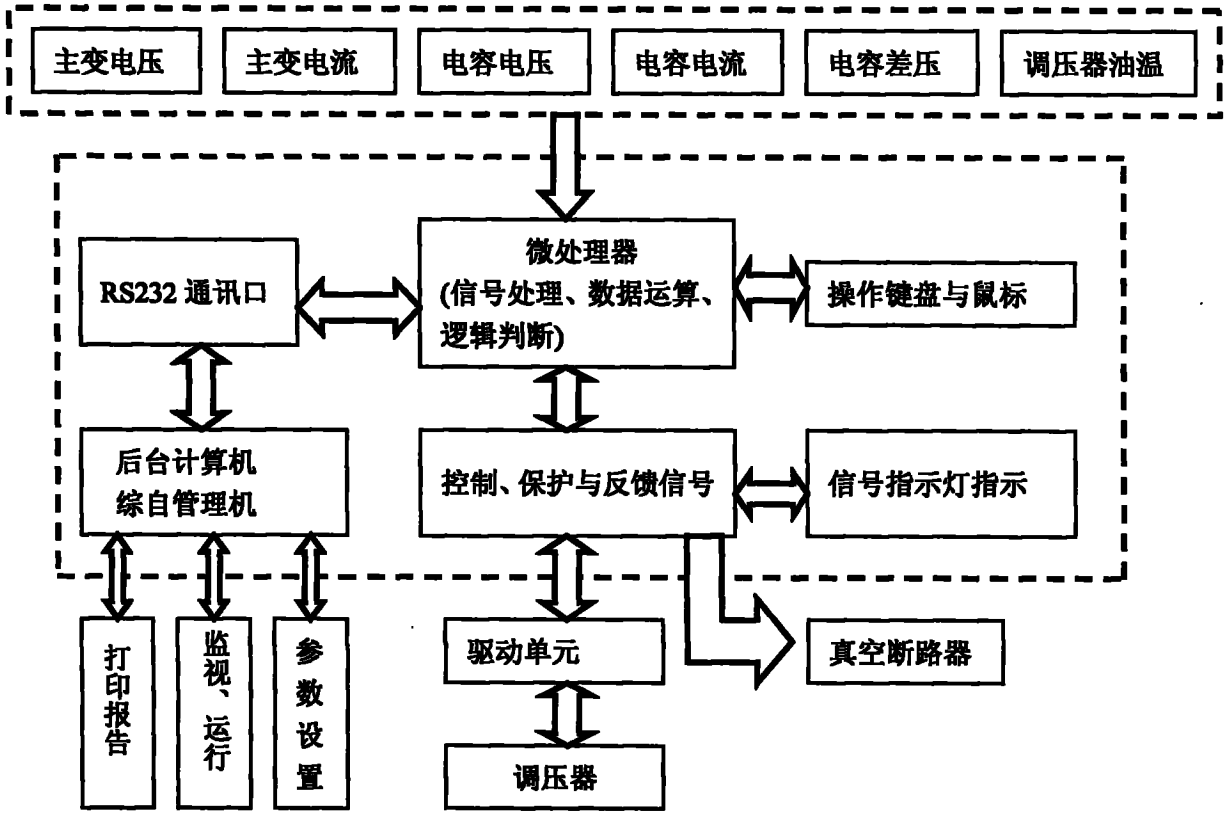

主变电压
主变电流
电容电压
电容电流
电容差压
调压器油温
RS232 通讯口
微处理器
(信号处理、数据运算、
逻辑判断)
操作键盘与鼠标
后台计算机
综自管理机
控制、保护与反馈信号
信号指示灯指示
打印报告
监视、运行
参数设置
驱动单元
真空断路器
调压器

图 4

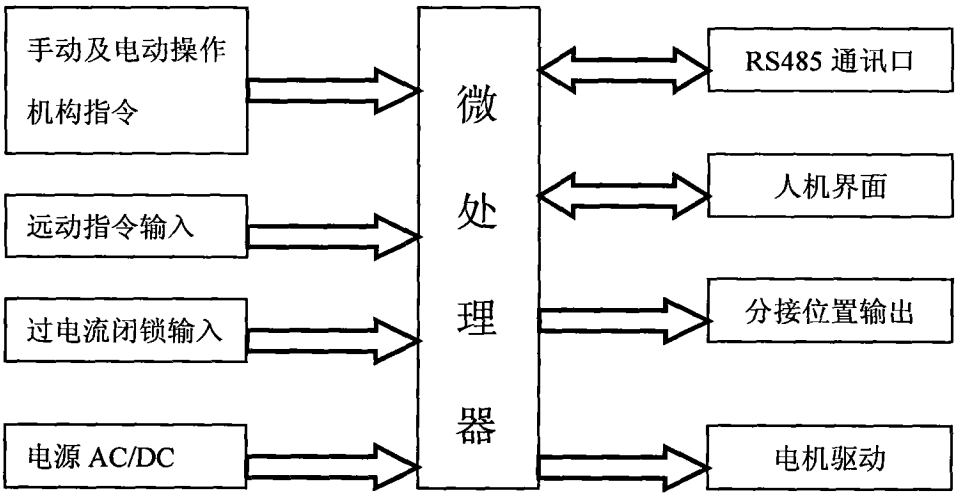

手动及电动操作
机构指令
远动指令输入
过电流闭锁输入
电源 AC/DC
微
处
理
器
RS485 通讯口
人机界面
分接位置输出
电机驱动

图 5