



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 103968508 A

(43) 申请公布日 2014. 08. 06

(21) 申请号 201410229750. 6

(22) 申请日 2014. 05. 28

(71) 申请人 国家电网公司

地址 100032 北京市西城区西长安街 86 号

申请人 国电南瑞科技股份有限公司

国网江西省电力科学研究院

(72) 发明人 黄莉 杨永标 范瑞祥 潘本仁

陈璐 谢敏 周静 颜盛军

(74) 专利代理机构 南京苏高专利商标事务所

(普通合伙) 32204

代理人 张弛

(51) Int. Cl.

F24F 11/00 (2006. 01)

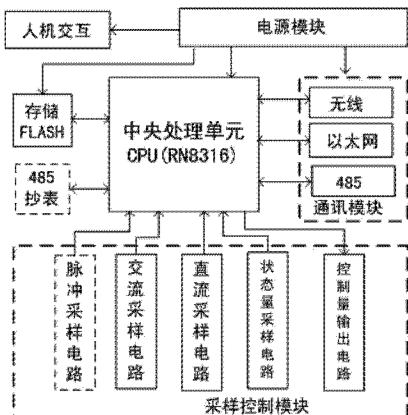
权利要求书4页 说明书9页 附图4页

(54) 发明名称

一种面向中央空调主机系统优化运行的能效控制终端和控制方法

(57) 摘要

本发明公开了一种面向中央空调主机系统优化运行的能效控制终端及控制方法，能效控制终端采用嵌入式开发，嵌入式硬件平台主要由中央处理单元、采样控制模块、通讯模块、存储模块和人机交互模块组成，嵌入式软件系统包括设备驱动层、系统操作层、通讯协议层和应用层。本发明涉及的中央空调主机系统优化控制方法为，分别配置主机能效控制终端、冷冻水泵能效控制终端和冷却水泵能效控制终端，三个终端相互级联协调运行，每个终端内部均配置用于空调系统能效优化的功率定值控和温差定值控，及用于保障电机稳定运行的电压定值控。



1. 一种面向中央空调主机系统优化运行的能效控制终端，其特征在于，所述能效控制终端采用嵌入式开发，由嵌入式硬件平台和嵌入式软件系统组成，硬件平台包括中央处理单元、采样控制模块、通讯模块、存储模块和人机交互模块；软件系统包括设备驱动层、系统操作层、通讯协议层和应用层。

2. 根据权利要求 1 所述的中央空调主机系统优化运行的能效控制终端，其特征在于，所述采样控制模块包括 15 路交流量采集电路、3 路直流量采集电路、4 路状态量采集电路、4 路控制量输出电路及 4 路脉冲输入电路；

所述交流量采集电路用于采集设备的电压、电流量；

所述直流量采样电路用于采集主机进出水温度，主机进回水流量；

所述状态量采样电路用于采集并网继电器开关状态；

所述控制量输出电路用于开出继电器控制信号；

所述脉冲输入电路用于采集设备的用电量。

3. 根据权利要求 1 所述的中央空调主机系统优化运行的能效控制终端，其特征在于，

所述通讯模块包括 3 个 485 通讯接口、1 个以太网口和 1 个无线网口；

所述 485 通讯接口分别用以 485 抄表，控制终端之间的级联回话及与上级子站设备通讯；

所述以太网口和无线网口均是用以与上级子站设备通讯；

所述存储模块包括 SDRAM 内存芯片和 FLASH 外存芯片；

所述 SDRAM 内存芯片用于存放终端运行的程序和中间数据，具备存取速度快、功耗低的特点；

所述 FLASH 外存芯片用于存放系统程序、应用程序、终端配置参数、限值参数、实时采集数据等，具备掉电数据不丢失的特点；

所述人机交互模块包括 LCD 显示屏、操作按钮、灯光指示及告警铃。

4. 根据权利要求 1 所述的中央空调主机系统优化运行的能效控制终端，其特征在于，

所述设备驱动层为硬件设备和软件系统的连接媒介，其功能是为上层程序提供外部设备的操作接口，并且实现设备驱动的程序，上层程序可以不管操作的设备内部实现，只需要调用驱动的接口。

5. 根据权利要求 1 所述的中央空调主机系统优化运行的能效控制终端，其特征在于，

所述操作系统层采用嵌入式 LINUX 操作系统，所述通讯协议层为实现不同通信规约解析，支持 TCP/IP, MODBUS, OPENADR 等通讯协议。

6. 根据权利要求 1 所述的中央空调主机系统优化运行的能效控制终端，其特征在于，

所述应用层为终端设备根据功能定位配置的各类应用功能，包括参数设置、系统维护、人机交互、数据采集、数据传输、数据统计、能效分析、事件监测、智能控制；

所述的数据统计为空调主机和水泵运行实时数据和历史数据分析，包括：

(1) 实时用电数据计算存储，包括电压、电流有效值，有功 / 无功功率，功率因数；电压 / 频率偏差，电流谐波；

(2) 进出水温差跟踪；

(3) 历史用电数据统计存储，包括日 / 月负荷曲线，电压越限统计及时间，电压合格率统计及时间，功率因数统计及时间，谐波总畸变越限及时间；

所述能效分析功能包括空调主机制冷 / 热量计算, 空调系统运行能效比计算, 其中 :

(1) 空调主机的能效比计算公式 :

$$EER = \frac{Q_0}{P}$$

式中,  $Q_0$  为测量的制冷量或制热量,  $P$  为风冷热泵在制冷工况下运行消耗的功率 ;

$$Q_0 = c \cdot m (T_{in} - T_{out}) ;$$

式中  $Q_0$  —— 制冷量或供热量, kW ;

$c$  —— 冷水 (或热水) 比热, kJ/kg°C ;

$m$  —— 冷水 (或热水) 流量, kg/s ;

$T_{in}$  —— 冷水进口温度 / 热水出口温度 ;

$T_{out}$  —— 冷水出口温度 / 热水进口温度 ;

(2) 空调主机的能效限值比

$$B = EER/EER_{LV}$$

式中,  $EER_{LV}$  是空调主机能效比的国标限值 ;

所述智能控制功能包括远程控制, 本地操作控制及本地闭环控制, 远程控制为接收上级子站控制命令并实施操作, 本地操作控制为接收本地按键操作命令并实施。

7. 一种根据权利要求 1 至 6 中任一项中央空调主机系统优化运行的能效控制终端的中央空调主机系统优化运行的控制方法, 其特征在于, 分别配置主机能效控制终端、冷冻水泵能效控制终端和冷却水泵能效控制终端, 三个终端相互级联协调运行, 组成联合控制系统, 终端内部配置本地闭环控制方法, 包括用于空调电机系统能效优化的功率定值控和温差定值控, 及用于保障电机稳定运行的电压定值控。

8. 根据权利要求 7 所述的中央空调主机系统优化运行的控制方法, 其特征在于, 包括 4 台主机及 4 台水泵的空调机组, 所述功率定值控的控制步骤如下 :

(1) 对于空调主机与冷冻水泵、冷却水泵一一对应的空调系统, 主机能效控制终端设置功率定值控, 水泵终端配置遥控功能 ;

(a) 根据经验限值, 投入功率定值控功能 ;

(b) 判断保电功能是否投入, 保电解除则继续执行功率定值控, 否则结束 ;

(c) 判断主机设备轮控是否已设定, 是则继续执行功率定值控, 否则结束 ;

(d) 读取各台空调主机当前负荷, 并计算调控主机的功率定值  $P_{E\pm}$  ;

$$P_{E\pm} = (P_{1S\pm} - P_{1\pm}) + (P_{2S\pm} - P_{2\pm}) + (P_{3S\pm} - P_{3\pm}) ;$$

式中,  $P_{1S\pm}$ 、 $P_{2S\pm}$ 、 $P_{3S\pm}$  为非调控空调主机的额定功率,  $P_{1\pm}$ 、 $P_{2\pm}$ 、 $P_{3\pm}$  为非调控空调主机的实时功率 ;

(e) 读取调控主机的当前运行功率  $P_{\pm}$ , 判定  $P_{\pm} < P_{E\pm}$  ? ;

(f) 是则执行调控主机的跳闸命令, 同时将跳闸命令转发冷冻水泵控制终端和冷却水泵控制终端, 执行对应的跳闸命令 ;

(g) 记录操作事件并保存, 结束 ;

(2) 对于空调主机与冷冻水泵、冷却水泵非一一对应的空调系统, 主机和水泵的能效控制终端均设置功率定值控 ;

空调主机的功率定值控过程 :

- (a) 根据经验限值,投入功率定值控功能;
- (b) 判断保电功能是否投入,保电解除则继续执行功率定值控,否则结束;
- (c) 判断主机设备轮控是否已设定,是则继续执行功率定值控,否则结束;
- (d) 读取各台空调主机当前负荷,并计算调控主机的功率定值  $P_{E\text{主}}$ ;

$$P_{E\text{主}} = (P_{1S\text{主}} - P_{1\text{主}}) + (P_{2S\text{主}} - P_{2\text{主}}) + (P_{3S\text{主}} - P_{3\text{主}});$$

式中,  $P_{1S\text{主}}$ 、 $P_{2S\text{主}}$ 、 $P_{3S\text{主}}$  为非调控空调主机的额定功率,  $P_{1\text{主}}$ 、 $P_{2\text{主}}$ 、 $P_{3\text{主}}$  为非调控空调主机的实时功率;

- (e) 读取调控主机的当前运行功率  $P_{\text{主}}$ ,判定  $P_{\text{主}} < P_{E\text{主}}$  ? ;
- (f) 是则执行调控主机的跳闸命令;
- (g) 记录操作事件并保存,结束;

水泵的功率定值控过程:

- (a) 根据经验限值,投入功率定值控功能;
- (b) 判断保电功能是否投入,保电解除则继续执行功率定值控,否则结束;
- (c) 判断水泵轮控是否已设定,是则继续执行功率定值控,否则结束;
- (d) 读取各台水泵当前负荷,并计算调控水泵的功率定值  $P_{E\text{泵}}$ ;

$$P_{E\text{泵}} = (P_{1S\text{泵}} - P_{1\text{泵}}) + (P_{2S\text{泵}} - P_{2\text{泵}}) + (P_{3S\text{泵}} - P_{3\text{泵}});$$

式中,  $P_{1S\text{泵}}$ 、 $P_{2S\text{泵}}$ 、 $P_{3S\text{泵}}$  为非调控水泵的额定功率,  $P_{1\text{泵}}$ 、 $P_{2\text{泵}}$ 、 $P_{3\text{泵}}$  为非调控水泵的实时功率;

- (e) 读取调控主机的当前运行功率  $P_{\text{泵}}$ ,判定  $P_{\text{泵}} < P_{E\text{泵}}$  ? ;
- (f) 是调控水泵的跳闸命令;
- (g) 记录操作事件并保存,结束。

9. 根据权利要求 7 所述的中央空调主机系统优化运行的控制方法,其特征在于,所述温差定值控的控制步骤如下:

(1) 对于空调主机与冷冻水泵、冷却水泵一一对应的空调系统,主机能效控制终端设置温差定值控,水泵终端配置遥控功能;

- (a) 投入温差定值控功能,并整定温差定值控限值  $T_{E\text{主}}$ ;
- (b) 判断保电功能是否投入,保电解除则继续执行温差定值控,否则结束;
- (c) 判断主机设备轮控是否已设定,是则继续执行温差定值控,否则结束;
- (d) 读取空调主机出回水温度,并计算出回水温差  $T_{\text{主}}$ ;

$$T_{\text{主}} = |T_{in} - T_{out}|$$

式中,  $T_{in}$ 、 $T_{out}$  为空调主机的出水温度和回水温度;

(e) 判定  $T_{\text{主}} < T_{E\text{主}}$  ?, 是则执行调控主机的跳闸命令,同时将跳闸命令转发冷冻水泵控制终端和冷却水泵控制终端,执行对应的跳闸命令;

- (f) 记录操作事件并保存,结束;

(2) 对于空调主机与冷冻水泵、冷却水泵非一一对应的空调系统,主机和水泵的能效控制终端均设置温差定值控;

空调主机的温差定值控过程:

- (a) 投入温差定值控功能,并整定温差定值控限值  $T_{E\text{主}}$ ;
- (b) 判断保电功能是否投入,保电解除则继续执行温差定值控,否则结束;

(c) 判断主机设备轮控是否已设定,是则继续执行温差定值控,否则结束;

(d) 读取空调主机出回水温度,并计算出回水温差  $T_{\text{主}}$ ;

$$T_{\text{主}} = |T_{\text{in}} - T_{\text{out}}|$$

式中,  $T_{\text{in}}$ 、 $T_{\text{out}}$  为空调主机的出水温度和回水温度;

(e) 判定  $T_{\text{主}} < T_{E_{\text{主}}}$ ? ,是则执行调控主机的跳闸命令, 并记录操作事件并保存, 结束;  
水泵的功率定值控过程:

(a) 投入温差定值控功能, 并整定温差定值控限值  $T_{E_{\text{泵}}}$ ; 整定主机的能效限值比定值  $B_E$ ;

(b) 判断保电功能是否投入, 保电解除则继续执行温差定值控, 否则结束;

(c) 判断主机设备轮控是否已设定, 是则继续执行温差定值控, 否则结束;

(d) 读取空调主机出回水温度, 并计算出回水温差  $T_{\text{泵}}$ ;

$$T_{\text{泵}} = |T_{\text{in}} - T_{\text{out}}|$$

式中,  $T_{\text{in}}$ 、 $T_{\text{out}}$  为空调水泵的出水温度和回水温度;

(e) 判断  $T_{\text{泵}} < T_{E_{\text{泵}}}$ ? , 是则继续执行温差定值控, 否则结束;

(f) 与主机控制终端通讯, 读取主机当前能效限值比  $B$ ;

(g) 判断  $B < B_E$ , 是则执行调控水泵的跳闸命令, 并记录操作事件并保存, 结束。

10. 根据权利要求 9 所述的中央空调主机系统优化运行的控制方法, 其特征在于, 所述电压定值控的控制步骤如下:

(1) 空调主机设置电压定值控功能, 水泵设置遥控功能;

(2) 投入电压定值控功能, 根据电机安全运行参数设定电压限值  $U_{E_{\text{下}}}$  及  $U_{E_{\text{上}}}$ ;

(3) 读取监测点电压  $U$ , 并判定  $U < U_{E_{\text{下}}}$  或  $U > U_{E_{\text{下}}}$ ? , 是则告警灯光指示及响铃, 否则结束继续监视;

(4) 判定  $U < 0.9U_{E_{\text{下}}}$  或  $U > 1.1U_{E_{\text{下}}}$ ? , 是则执行跳闸操作, 并将跳闸命令转发水泵控制终端, 通知水泵控制终端执行跳闸命令;

(5) 告警指示并记录操作事件, 结束。

# 一种面向中央空调主机系统优化运行的能效控制终端和控制方法

## 技术领域

[0001] 本发明属于智能用电领域，具体涉及一种面向中央空调主机系统优化运行的能效控制终端和控制方法。

## 背景技术

[0002] 随着社会的进步，用电量的不断增加，能源消耗越来越严重，不仅给能源、环保带来了巨大的压力，特别是近两年雾霾天气的急剧恶化，节能减排保护环境变得更为迫切。电力能耗主要集中在工业用户和商业楼宇用户，除了生产设备是耗能的主力军外，其次就是空调耗能，对于综合型建筑能源消耗而言，暖通空调能耗所占比例最大达 60% 以上，因此有必要对中央空调进行节能改造。此外空调这类天气敏感型负荷是造成近些年冬夏用电高峰的主要原因，实施需求响应削峰填谷，有效缓解电网峰谷压力，也是近期项目研究和工程实施的热点。

[0003] 新建设的中央空调在满足国家相关能效要求基础之上，一般均配置有空调控制系统或集成成于楼宇控制系统，根据配置的不同，部分中央空调系统具备一定的空调系统能效协调优化控制能力，而配置较低的中央空调系统则仅具备远程自动化控制功能。而对于已有空调的节能改造主要是有以下几种途径：1、对空调的主机和水泵加设变频调速设备，变频改造的节能效果明显，也是有条件的用户所优先考虑的措施之一，但投资的成本非常高；2、建设中央空调优化运行自动控制系统，并开发能效优化控制策略的高级应用功能软件，实现能效的自动优化运行。建设中央空调优化运行控制系统涉及的传感采样改造、通信线路的铺设工作量很大，对于有条件的大用户的节能改造中也都会建设；3、建设中央空调监测系统，加强中央空调的优化运行，运维工作人员根据监测信息依靠经验进行相关温度的设定和主机的启停，这种是目前条件一般的用户普遍采用的方法，自动化程度低，且因工作人员经验的不同效果也大不相同。

## 发明内容

[0004] 针对当前空调系统节能改造需求及当前相关产品技术的欠缺，本发明提供了一种面向中央空调主机系统优化运行的控制终端及其控制方法，可用于中央空调主机系统的节能改造及支持需求响应系统建设实施。

[0005] 为了实现上述目的，本发明是通过如下的技术方案来实现：

[0006] 本发明的中央空调主机系统优化运行的能效控制终端，包括

[0007] 能效控制终端采用嵌入式开发，由嵌入式硬件平台和嵌入式软件系统组成；

[0008] 嵌入式硬件平台包括中央处理单元、采样控制模块、通讯模块、存储模块和人机交互模块；

[0009] 嵌入式软件系统包括设备驱动层、系统操作层、通讯协议层和应用层。

[0010] 上述中央处理单元为终端硬件平台的核心处理芯片，也是软件程序的载体，管理

外围设备和电路,维持终端运行。

[0011] 上述采样控制模块包括 15 路交流量采集电路、3 路直流量采集电路、4 路状态量采集电路、4 路控制量输出电路及 4 路脉冲输入电路。

[0012] 交流量采集电路用于采集设备的电压、电流量；

[0013] 直流量采样电路用于采集主机进出水温度,主机进回水流量；

[0014] 状态量采样电路用于采集并网继电器开关状态；

[0015] 控制量输出电路用于开出继电器控制信号；

[0016] 脉冲输入电路用于采集设备的用电量。

[0017] 上述通讯模块包括 3 个 485 通讯接口、1 个以太网口和 1 个无线网口,485 通讯接口分别用以 485 抄表,控制终端之间的级联回话及与上级子站设备通讯,以太网口和无线网口均是用以与上级子站设备通讯。

[0018] 上述存储模块包括 SDRAM 内存芯片和 FLASH 外存芯片,SDRAM 内存芯片用于存放终端运行的程序和中间数据,具备存取速度快、功耗低的特点;FLASH 外存芯片用于存放系统程序、应用程序、终端配置参数、限值参数、实时采集数据等,具备掉电数据不丢失的特点。

[0019] 上述人机交互模块包括 LCD 显示屏、操作按钮、灯光指示及告警铃。

[0020] 上述设备驱动层为硬件设备和软件系统的连接媒介,其功能是为上层程序提供外部设备的操作接口,并且实现设备驱动的程序,上层程序可以不管操作的设备内部实现,只需要调用驱动的接口即可。

[0021] 上述操作系统层采用嵌入式 LINUX 操作系统,设备运行的最基本系统,其功能是管理终端设备的所有软、硬件资源,支撑应用功能软件的运行。

[0022] 上述通讯协议层主要为实现不同通信规约解析,支持 TCP/IP, MODBUS, OPENADR 等通讯协议。

[0023] 上述应用层为终端设备根据功能定位配置的各类应用功能,主要包括参数设置、系统维护、人机交互、数据采集、数据传输、数据统计、能效分析、事件监测、智能控制等九大功能模块,其中

[0024] 上述数据统计为空调主机和水泵运行实时数据和历史数据分析,包括:

[0025] (1) 实时用电数据计算存储,包括电压、电流有效值,有功 / 无功功率,功率因数;电压 / 频率偏差,电流谐波;

[0026] (2) 进出水温差跟踪;

[0027] (3) 历史用电数据统计存储,包括日 / 月负荷曲线,电压越限统计及时间,电压合格率统计及时间,功率因数统计及时间,谐波总畸变越限及时间等。上述能效分析功能主要包括空调主机制冷 / 热量计算,空调系统运行能效比计算,其中:

[0028] (1) 空调主机的能效比计算公式:

$$[0029] EER = \frac{Q_0}{P}$$

[0030] 式中,  $Q_0$  为测量的制冷量或制热量,  $P$  为风冷热泵在制冷工况下运行消耗的

[0031] 功率;

$$[0032] Q_0 = c \cdot m (T_{in} - T_{out})$$

[0033] 式中  $Q_0$ ——制冷量或供热量, kW;

[0034]  $c$ ——冷水(或热水)比热, kJ/kg·°C;

[0035]  $M$ ——冷水(或热水)流量, kg/s;

[0036]  $T_{in}$ ——冷水进口温度 / 热水出口温度;

[0037]  $T_{out}$ ——冷水出口温度 / 热水进口温度。

[0038] (2) 空调主机的能效限值比

[0039]  $B = EER/EER_{LV}$

[0040] 式中,  $E1_{LV}$  是空调主机能效比的国标限值。

[0041] 上述智能控制功能包括远程控制, 本地操作控制及本地闭环控制, 远程控制为接收上级子站控制命令并实施操作, 本地操作控制为接收本地按键操作命令并实施。

[0042] 本发明提出的一种中央控制空调主机系统优化控制方法, 其特征在于, 分别配置主机能效控制终端、冷冻水泵能效控制终端和冷却水泵能效控制终端, 三个终端相互级联协调运行, 组成联合控制系统, 终端内部配置本地闭环控制方法, 包括用于空调电机系统能效优化的功率定值控和温差定值控, 及用于保障电机稳定运行的电压定值控。

[0043] 上述功率定值控的控制方法如下:

[0044] (1) 对于空调主机与冷冻水泵、冷却水泵一一对应的空调系统, 主机能效控制终端设置功率定值控, 水泵终端配置遥控功能。

[0045] (a) 根据经验限值, 投入功率定值控功能;

[0046] (b) 判断保电功能是否投入, 保电解除则继续执行功率定值控, 否则结束;

[0047] (c) 判断主机设备轮控是否已设定, 是则继续执行功率定值控, 否则结束;

[0048] (d) 读取各台空调主机当前负荷, 并计算调控主机的功率定值  $P_{E\pm}$ ;

[0049]  $P_{E\pm} = (P_{1S\pm} - P_{1\pm}) + (P_{2S\pm} - P_{2\pm}) + (P_{3S\pm} - P_{3\pm})$

[0050] 式中,  $P_{1S\pm}$ 、 $P_{2S\pm}$ 、 $P_{3S\pm}$  为非调控空调主机的额定功率,  $P_{1\pm}$ 、 $P_{2\pm}$ 、 $P_{3\pm}$  为非

[0051] 调控空调主机的实时功率。

[0052] (e) 读取调控主机的当前运行功率  $P_{\pm}$ , 判定  $P_{\pm} < P_{E\pm}$ ?

[0053] (f) 是则执行调控主机的跳闸命令, 同时将跳闸命令转发冷冻水泵控制终端和冷却水泵控制终端, 执行对应的跳闸命令。

[0054] (g) 记录操作事件并保存, 结束。

[0055] (2) 对于空调主机与冷冻水泵、冷却水泵非一一对应的空调系统, 主机和水泵的能效控制终端均设置功率定值控。

[0056] 1、空调主机的功率定值控过程:

[0057] (a) 根据经验限值, 投入功率定值控功能;

[0058] (b) 判断保电功能是否投入, 保电解除则继续执行功率定值控, 否则结束;

[0059] (c) 判断主机设备轮控是否已设定, 是则继续执行功率定值控, 否则结束;

[0060] (d) 读取各台空调主机当前负荷, 并计算调控主机的功率定值  $P_{E\pm}$ ;

[0061]  $P_{E\pm} = (P_{1S\pm} - P_{1\pm}) + (P_{2S\pm} - P_{2\pm}) + (P_{3S\pm} - P_{3\pm})$

[0062] 式中,  $P_{1S\pm}$ 、 $P_{2S\pm}$ 、 $P_{3S\pm}$  为非调控空调主机的额定功率,  $P_{1\pm}$ 、 $P_{2\pm}$ 、 $P_{3\pm}$  为非调控空调主机的实时功率。

[0063] (e) 读取调控主机的当前运行功率  $P_{\pm}$ , 判定  $P_{\pm} < P_{E\pm}$ ?

- [0064] (f) 是则执行调控主机的跳闸命令。
- [0065] (g) 记录操作事件并保存,结束。
- [0066] 2、水泵的功率定值控过程 :
- [0067] (a) 根据经验限值,投入功率定值控功能 ;
- [0068] (b) 判断保电功能是否投入,保电解除则继续执行功率定值控,否则结束 ;
- [0069] (c) 判断水泵轮控是否已设定,是则继续执行功率定值控,否则结束 ;
- [0070] (d) 读取各台水泵当前负荷,并计算调控水泵的功率定值  $P_{E\text{泵}}$  ;
- [0071] 
$$P_{E\text{泵}} = (P_{1S\text{泵}} - P_{1\text{泵}}) + (P_{2S\text{泵}} - P_{2\text{泵}}) + (P_{3S\text{泵}} - P_{3\text{泵}})$$
- [0072] 式中,  $P_{1S\text{泵}}$ 、 $P_{2S\text{泵}}$ 、 $P_{3S\text{泵}}$  为非调控水泵的额定功率,  $P_{1\text{泵}}$ 、 $P_{2\text{泵}}$ 、 $P_{3\text{泵}}$  为非调控水泵的实时功率。
- [0073] (e) 读取调控主机的当前运行功率  $P_{\text{泵}}$ ,判定  $P_{\text{泵}} < P_{E\text{泵}}$  ?
- [0074] (f) 是调控水泵的跳闸命令。
- [0075] (g) 记录操作事件并保存,结束。
- [0076] 上述温差定值控的控制方法如下,以 4 台主机 4 台水泵的空调机组为例 :
- [0077] (1) 对于空调主机与冷冻水泵、冷却水泵一一对应的空调系统,主机能效控制终端设置温差定值控,水泵终端配置遥控功能。
- [0078] (a) 根据经验限值,投入温差定值控功能,并整定温差定值控限值  $T_{E\text{主}}$ ,如  $4^{\circ}\text{C}$  ;
- [0079] (b) 判断保电功能是否投入,保电解除则继续执行温差定值控,否则结束 ;
- [0080] (c) 判断主机设备轮控是否已设定,是则继续执行温差定值控,否则结束 ;
- [0081] (d) 读取空调主机出回水温度,并计算出回水温差  $T_{\text{主}}$  ;
- [0082] 
$$T_{\text{主}} = |T_{\text{in}} - T_{\text{out}}|$$
- [0083] 式中,  $T_{\text{in}}$ 、 $T_{\text{out}}$  为空调主机的出水温度和回水温度
- [0084] (e) 判定  $T_{\text{主}} < T_{E\text{主}}$  ?, 是则执行调控主机的跳闸命令,同时将跳闸命令转发冷冻水泵控制终端和冷却水泵控制终端,执行对应的跳闸命令。
- [0085] (f) 记录操作事件并保存,结束。
- [0086] (2) 对于空调主机与冷冻水泵、冷却水泵非一一对应的空调系统,主机和水泵的能效控制终端均设置温差定值控。
- [0087] 1、空调主机的温差定值控过程 :
- [0088] (a) 投入温差定值控功能,并整定温差定值控限值  $T_{E\text{主}}$  ;
- [0089] (b) 判断保电功能是否投入,保电解除则继续执行温差定值控,否则结束 ;
- [0090] (c) 判断主机设备轮控是否已设定,是则继续执行温差定值控,否则结束 ;
- [0091] (d) 读取空调主机出回水温度,并计算出回水温差  $T_{\text{主}}$  ;
- [0092] 
$$T_{\text{主}} = |T_{\text{in}} - T_{\text{out}}|$$
- [0093] 式中,  $T_{\text{in}}$ 、 $T_{\text{out}}$  为空调主机的出水温度和回水温度
- [0094] (e) 判定  $T_{\text{主}} < T_{E\text{主}}$  ?, 是则执行调控主机的跳闸命令,并记录操作事件并保存,结束。
- [0095] 2、水泵的功率定值控过程 :
- [0096] (a) 投入温差定值控功能,并整定温差定值控限值  $T_{E\text{泵}}$ , 整定主机的能效限值比定值  $B_E$  ;

- [0097] (b) 判断保电功能是否投入,保电解除则继续执行温差定值控,否则结束;
- [0098] (c) 判断主机设备轮控是否已设定,是则继续执行温差定值控,否则结束;
- [0099] (d) 读取空调主机出回水温度,并计算出回水温差  $T_{\text{泵}}$ ;
- [0100]  $T_{\text{泵}} = |T_{\text{in}} - T_{\text{out}}|$
- [0101] 式中,  $T_{\text{in}}$ 、 $T_{\text{out}}$  为空调水泵的出水温度和回水温度。
- [0102] (e) 判断  $T_{\text{泵}} < T_{E_{\text{泵}}}$ ? , 是则继续执行温差定值控,否则结束;
- [0103] (f) 与主机控制终端通讯,读取主机当前能效限值比 B;
- [0104] (g) 判断  $B < B_E$ ,是则执行调控水泵的跳闸命令,并记录操作事件并保存,结束。
- [0105] 上述电压定值控的控制方法如下:
- [0106] (1) 空调主机设置电压定值控功能,水泵设置遥控功能
- [0107] (2) 投入电压定值控功能,根据电机安全运行参数设定电压限值  $U_{E_{\text{下}}}$  及  $U_{E_{\text{上}}}$ ;
- [0108] (3) 读取监测点电压 U,并判定  $U < U_{E_{\text{下}}}$  或  $U > U_{E_{\text{上}}}$ ? ,是则告警灯光指示及响铃,否则结束继续监视;
- [0109] (4) 判定  $U < 0.9U_{E_{\text{下}}}$  或  $U > 1.1U_{E_{\text{下}}}$ ? ,是则执行跳闸操作,并将跳闸命令转发水泵控制终端,通知水泵控制终端执行跳闸命令;
- [0110] (5) 告警指示并记录操作事件,结束。

### 附图说明

- [0111] 图 1 为本发明提供的一种面向中央空调主机系统优化运行的能效控制终端硬件结构图。
- [0112] 图 2 为本发明提供的一种面向中央空调主机系统优化运行的能效控制终端软件架构图。
- [0113] 图 3 为本发明提供的空调主机能效控制终端和水泵控制终端的级联应用示意图
- [0114] 图 4 为本发明提供的空调主机能效控制终端的本地闭环控制流程图。
- [0115] 图 5 为本发明提供的空调水泵能效控制终端的本地闭环控制流程图。

### 具体实施方式

[0116] 为使本发明实现的技术手段、创作特征、达成目的与功效易于明白了解,下面结合附图详细叙说具体的实施方式,进一步阐述本发明。

[0117] 参加图 1 及图 2,本发明的中央空调主机系统优化运行的能效控制终端,由嵌入式硬件平台和嵌入式软件系统组成,嵌入式硬件平台包括中央处理单元、采样控制模块、通讯模块、存储模块和人机交互模块,嵌入式软件系统包括设备驱动层、系统操作层、通讯协议层和应用层。

[0118] 中央处理单元为终端硬件平台的核心处理芯片,也是软件程序的载体,管理外围设备和电路,维持终端运行,采用 DSP 数字信号处理器或者 ARM 微处理器,或其它的 MIPS、PowerPC、X86 和 SH 处理器。

[0119] 采样控制模块包括 15 路交流量采集电路、3 路直流量采集电路、4 路状态量采集电路、4 路控制量输出电路及 4 路脉冲输入电路。交流量采集电路用于采集设备的电压、电流量;直流量采样电路用于采集主机进出水温度,主机进回水流量;状态量采样电路用于采

集并网继电器开关状态；控制量输出电路用于开出继电器控制信号；脉冲输入电路用于采集设备的用电量。采集电路的路数可根据现场应用的不同进行增减。

[0120] 通讯模块包括3个485通讯接口、1个以太网口和1个无线网口，485通讯接口分别用以485抄表，控制终端之间的级联通讯及与上级子站设备通讯，以太网口和无线网口均是用以与上级子站设备通讯。通讯口的类型和数量可根据现场应用的不同进行特殊定制。

[0121] 存储模块包括SDRAM内存芯片和FLASH外存芯片，SDRAM内存芯片用于存放终端运行的程序和中间数据，具备存取速度快、功耗低的特点；FLASH外存芯片用于存放系统程序、应用程序、终端配置参数、限值参数、实时采集数据等，具备掉电数据不丢失的特点。

[0122] 人机交互模块包括LCD显示屏、操作按钮、灯光指示及告警铃，各类指示类型可根据告警信息的不同进行组合变换，并以颜色和声音类型进行区别。

[0123] 设备驱动层为硬件设备和软件系统的连接媒介，其功能是为上层程序提供外部设备的操作接口，并且实现设备驱动的程序，上层程序可以不管操作的设备内部实现，只需要调用驱动的接口即可。

[0124] 操作系统层采用嵌入式LINUX操作系统，设备运行的最基本系统，其功能是管理终端设备的所有软、硬件资源，支撑应用功能软件的运行，实际开发时也可以根据需要选Microsoft、QNX和Nuclear等其它操作系统。

[0125] 通讯协议层主要为实现不同通信规约解析，支持TCP/IP, MODBUS, OPENADR等通讯协议。

[0126] 应用层为终端设备根据功能定位配置的各类应用功能，主要包括参数设置、系统维护、人机交互、数据采集、数据传输、数据统计、能效分析、事件监测、智能控制等九大功能模块，其中

[0127] 数据统计为空调主机和水泵运行实时数据和历史数据分析，包括：

[0128] (1) 实时用电数据计算存储，包括电压、电流有效值，有功/无功功率，功率因数；电压/频率偏差，电流谐波；

[0129] (2) 进出水温差跟踪；

[0130] (3) 历史用电数据统计存储，包括日/月负荷曲线，电压越限统计及时间，电压合格率统计及时间，功率因数统计及时间，谐波总畸变越限及时间等。能效分析功能主要包括空调主机制冷/热量计算，空调系统运行能效比计算，

[0131] 其中：

[0132] (1) 空调主机的能效比计算公式：

$$EER = \frac{Q_0}{P}$$

[0134] 式中， $Q_0$  为测量的制冷量或制热量，P 为风冷热泵在制冷工况下运行消耗的功率；

$$Q_0 = c \cdot m (T_{in} - T_{out})$$

[0137] 式中  $Q_0$ ——制冷量或供热量，kW；

[0138] c——冷水（或热水）比热，kJ/kg°C；

[0139] M——冷水（或热水）流量，kg/s；

[0140]  $T_{in}$ ——冷水进口温度 / 热水出口温度；

[0141]  $T_{out}$ ——冷水出口温度 / 热水进口温度。

[0142] (2) 空调主机的能效限值比

[0143]  $B = EER/EER_{LV}$

[0144] 式中,  $E1_{LV}$  是空调主机能效比的国标限值。

[0145] 智能控制功能包括远程控制,本地操作控制及本地闭环控制,远程控制为接收上级子站控制命令并实施操作,本地操作控制为接收本地按键操作命令并实施,本地闭环控制的详细控制步骤见控制方法。

[0146] 本发明提出的一种中央控制空调主机系统优化控制方法,分别配置主机能效控制终端、冷冻水泵能效控制终端和冷却水泵能效控制终端,三个终端相互级联协调运行,组成联合控制系统,如图 3 所示。终端内部配置本地闭环控制方法,包括用于空调电机系统能效优化的功率定值控和温差定值控,及用于保障电机稳定运行的电压定值控。

[0147] 以 4 台主机 4 台水泵的空调机组为例,针对对于空调主机与冷冻水泵、冷却水泵一一对应的空调系统,阐述的控制方法的详细步骤,如图 4 所示:

[0148] (1) 功率定值控的控制方法,主机能效控制终端设置功率定值控,水泵终端配置遥控功能

[0149] (a) 根据经验限值,投入功率定值控功能;

[0150] (b) 判断保电功能是否投入,保电解除则继续执行功率定值控,否则结束;

[0151] (c) 判断主机设备轮控是否已设定,是则继续执行功率定值控,否则结束;

[0152] (d) 读取各台空调主机当前负荷,并计算调控主机的功率定值  $P_{E\pm}$ ;

[0153]  $P_{E\pm} = (P_{1S\pm} - P_{1\pm}) + (P_{2S\pm} - P_{2\pm}) + (P_{3S\pm} - P_{3\pm})$

[0154] 式中,  $P_{1S\pm}$ 、 $P_{2S\pm}$ 、 $P_{3S\pm}$  为非调控空调主机的额定功率,  $P_{1\pm}$ 、 $P_{2\pm}$ 、 $P_{3\pm}$  为非调控空调主机的实时功率。

[0155] (e) 读取调控主机的当前运行功率  $P_{\pm}$ ,判定  $P_{\pm} < P_{E\pm}$ ?

[0156] (f) 是则执行调控主机的跳闸命令,同时将跳闸命令转发冷冻水泵控制终端和冷却水泵控制终端,执行对应的跳闸命令。

[0157] (g) 记录操作事件并保存,结束。

[0158] (2) 温差定值控的控制方法,主机能效控制终端设置温差定值控,水泵终端配置遥控功能。

[0159] (a) 根据经验限值,投入温差定值控功能,并整定温差定值控限值  $T_{E\pm}$ ,如 4°C;

[0160] (b) 判断保电功能是否投入,保电解除则继续执行温差定值控,否则结束;

[0161] (c) 判断主机设备轮控是否已设定,是则继续执行温差定值控,否则结束;

[0162] (d) 读取空调主机出回水温度,并计算出回水温差  $T_{\pm}$ ;

[0163]  $T_{\pm} = |T_{in} - T_{out}|$

[0164] 式中,  $T_{in}$ 、 $T_{out}$  为空调主机的出水温度和回水温度

[0165] (e) 判定  $T_{\pm} < T_{E\pm}$ ? ,是则执行调控主机的跳闸命令,同时将跳闸命令转发冷冻水泵控制终端和冷却水泵控制终端,执行对应的跳闸命令。

[0166] (f) 记录操作事件并保存,结束。

[0167] 以 4 台主机 4 台水泵的空调机组为例,针对对于空调主机与冷冻水泵、冷却水泵非一一对应的空调系统,阐述的能效优化控制方法的详细步骤:

- [0168] (1) 功率定值控制方法,主机和水泵的能效控制终端均设置功率定值控。
- [0169] 1、空调主机的功率定值控过程,如图 4 所示 :
- [0170] (a) 根据经验限值,投入功率定值控功能 ;
- [0171] (b) 判断保电功能是否投入,保电解除则继续执行功率定值控,否则结束 ;
- [0172] (c) 判断主机设备轮控是否已设定,是则继续执行功率定值控,否则结束 ;
- [0173] (d) 读取各台空调主机当前负荷,并计算调控主机的功率定值  $P_{E\text{主}}$  ;
- [0174] 
$$P_{E\text{主}} = (P_{1S\text{主}} - P_{1\text{主}}) + (P_{2S\text{主}} - P_{2\text{主}}) + (P_{3S\text{主}} - P_{3\text{主}})$$
- [0175] 式中,  $P_{1S\text{主}}$ 、 $P_{2S\text{主}}$ 、 $P_{3S\text{主}}$  为非调控空调主机的额定功率,  $P_{1\text{主}}$ 、 $P_{2\text{主}}$ 、 $P_{3\text{主}}$  为非调控空调主机的实时功率。
- [0176] (e) 读取调控主机的当前运行功率  $P_{\text{主}}$ ,判定  $P_{\text{主}} < P_{E\text{主}}$  ?
- [0177] (f) 是则执行调控主机的跳闸命令。
- [0178] (g) 记录操作事件并保存,结束。
- [0179] 2、水泵的功率定值控过程,如图 5 所示 :
- [0180] (a) 根据经验限值,投入功率定值控功能 ;
- [0181] (b) 判断保电功能是否投入,保电解除则继续执行功率定值控,否则结束 ;
- [0182] (c) 判断水泵轮控是否已设定,是则继续执行功率定值控,否则结束 ;
- [0183] (d) 读取各台水泵当前负荷,并计算调控水泵的功率定值  $P_{E\text{泵}}$  ;
- [0184] 
$$P_{E\text{泵}} = (P_{1S\text{泵}} - P_{1\text{泵}}) + (P_{2S\text{泵}} - P_{2\text{泵}}) + (P_{3S\text{泵}} - P_{3\text{泵}})$$
- [0185] 式中,  $P_{1S\text{泵}}$ 、 $P_{2S\text{泵}}$ 、 $P_{3S\text{泵}}$  为非调控水泵的额定功率,  $P_{1\text{泵}}$ 、 $P_{2\text{泵}}$ 、 $P_{3\text{泵}}$  为非调控水泵的实时功率。
- [0186] (e) 读取调控主机的当前运行功率  $P_{\text{泵}}$ ,判定  $P_{\text{泵}} < P_{E\text{泵}}$  ?
- [0187] (f) 是调控水泵的跳闸命令。
- [0188] (g) 记录操作事件并保存,结束。
- [0189] (2) 温差定值控的控制方法如下,,主机和水泵的能效控制终端均设置温差定值控。
- [0190] 1、空调主机的温差定值控过程,如图 4 所示 :
- [0191] (a) 根据经验限值,投入温差定值控功能,并整定温差定值控限值  $T_{E\text{主}}$ ,如  $4^{\circ}\text{C}$  ;
- [0192] (b) 判断保电功能是否投入,保电解除则继续执行温差定值控,否则结束 ;
- [0193] (c) 判断主机设备轮控是否已设定,是则继续执行温差定值控,否则结束 ;
- [0194] (d) 读取空调主机出回水温度,并计算出回水温差  $T_{\text{主}}$  ;
- [0195] 
$$T_{\text{主}} = |T_{in} - T_{out}|$$
- [0196] 式中,  $T_{in}$ 、 $T_{out}$  为空调主机的出水温度和回水温度
- [0197] (e) 判定  $T_{\text{主}} < T_{E\text{主}}$  ?,是则执行调控主机的跳闸命令 , 并记录操作事件并保存,结束。
- [0198] 2、水泵的功率定值控过程,如图 5 所示 :
- [0199] (a) 根据经验限值,投入温差定值控功能,并整定温差定值控限值  $T_{E\text{泵}}$ ,
- [0200] 如  $4^{\circ}\text{C}$  , 整定主机的能效限值比定值  $B_E$ ,如 0.6 ;
- [0201] (b) 判断保电功能是否投入,保电解除则继续执行温差定值控,否则结束 ;
- [0202] (c) 判断主机设备轮控是否已设定,是则继续执行温差定值控,否则结束 ;

[0204] (d) 读取空调主机出回水温度，并计算出回水温差  $T_{\text{泵}}$ ；

[0205]  $T_{\text{泵}} = |T_{\text{in}} - T_{\text{out}}|$

[0206] 式中， $T_{\text{in}}$ 、 $T_{\text{out}}$  为空调水泵的出水温度和回水温度。

[0207] (e) 判断  $T_{\text{泵}} < T_{E_{\text{泵}}}$ ？，是则继续执行温差定值控，否则结束；

[0208] (f) 与主机控制终端通讯，读取主机当前能效限值比 B；

[0209] (g) 判断  $B < B_E$ ，是则执行调控水泵的跳闸命令，并记录操作事件并保存，结束。

[0210] 空调主机系统的电压定值控的控制方法如下，如图 4 所示：

[0211] (1) 空调主机设置电压定值控功能，水泵设置遥控功能；

[0212] (2) 投入电压定值控功能，根据电机安全运行参数设定电压限值  $U_{E_{\text{下}}}$  及  $U_{E_{\text{上}}}$ ；

[0213] (3) 读取监测点电压 U，并判定  $U < U_{E_{\text{下}}}$  或  $U > U_{E_{\text{上}}}$ ？，是则告警灯光指示及响铃，否则结束继续监视；

[0214] (4) 判定  $U < 0.9U_{E_{\text{下}}}$  或  $U > 1.1U_{E_{\text{下}}}$ ？，是则执行跳闸操作，并将跳闸命令转发水泵控制终端，通知水泵控制终端执行跳闸命令；

[0215] (5) 告警指示并记录操作事件，结束。

[0216] 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应当理解：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，而未脱离本发明精神和范围的任何修改或者等同替换，其均应涵盖在本发明的权利要求范围当中。

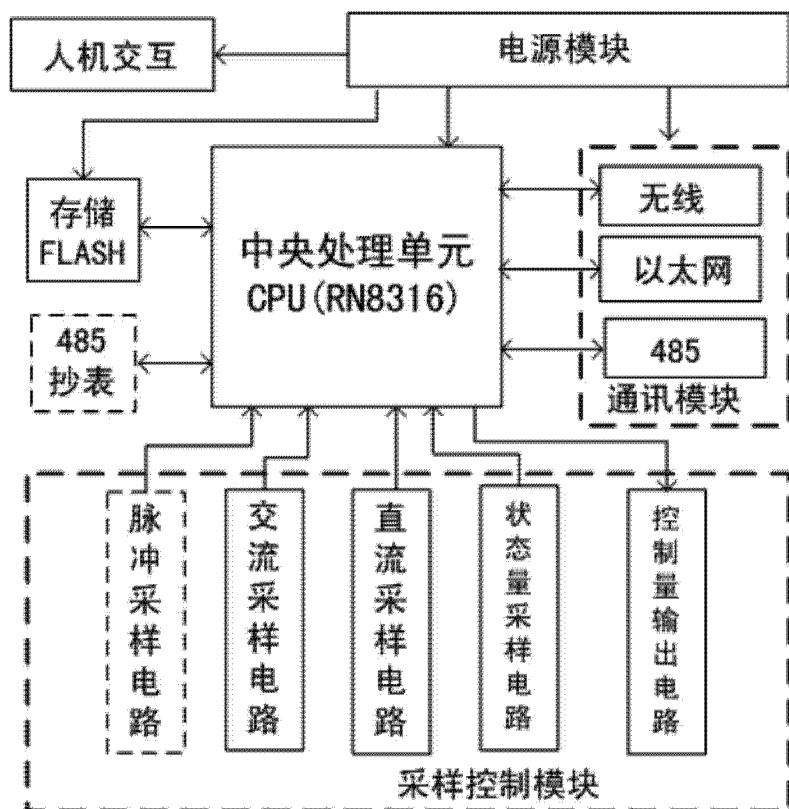


图 1

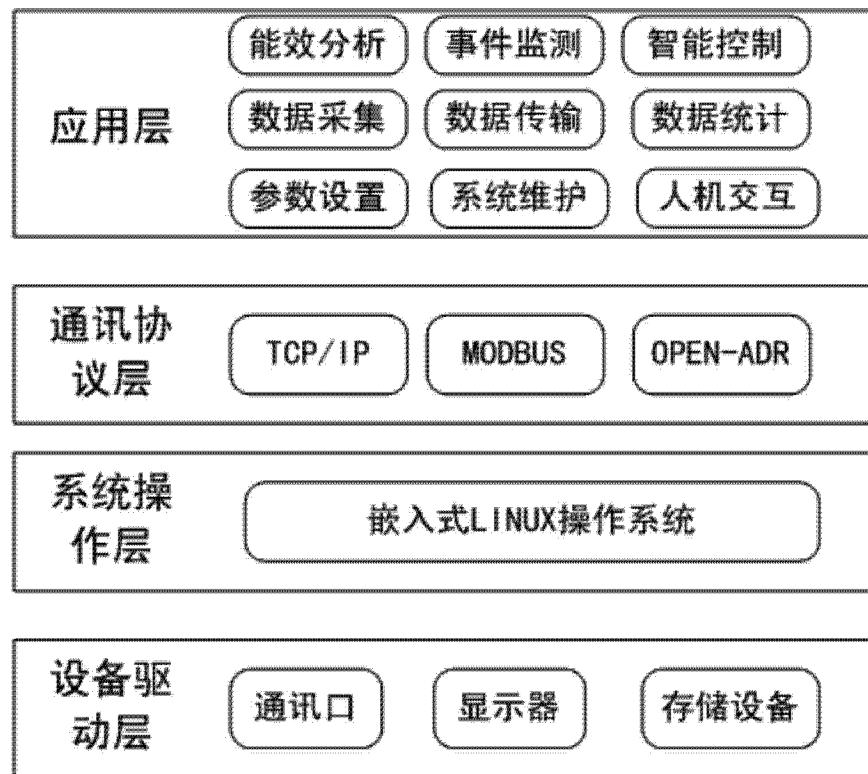


图 2

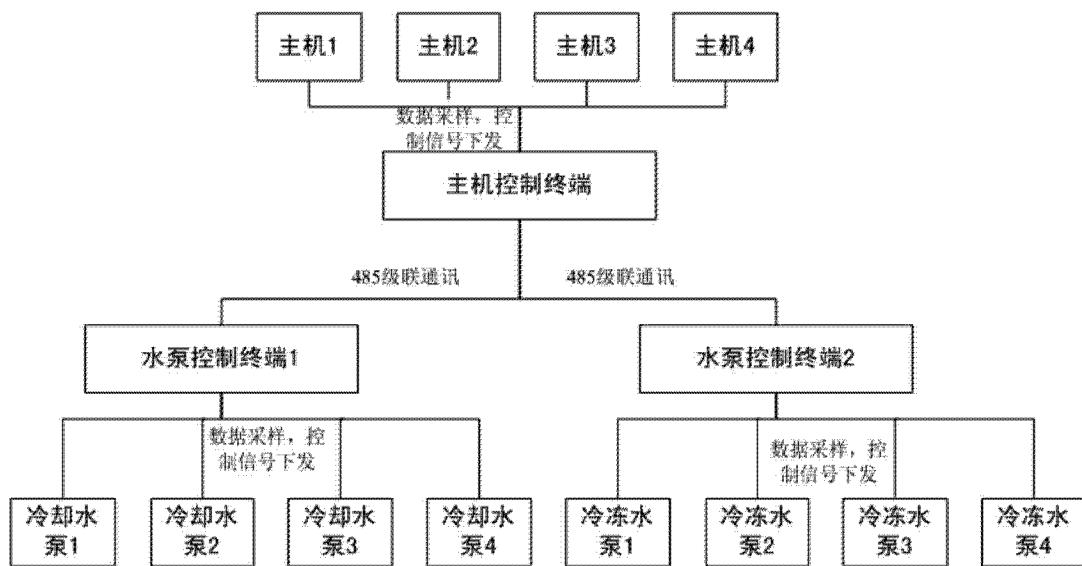


图 3

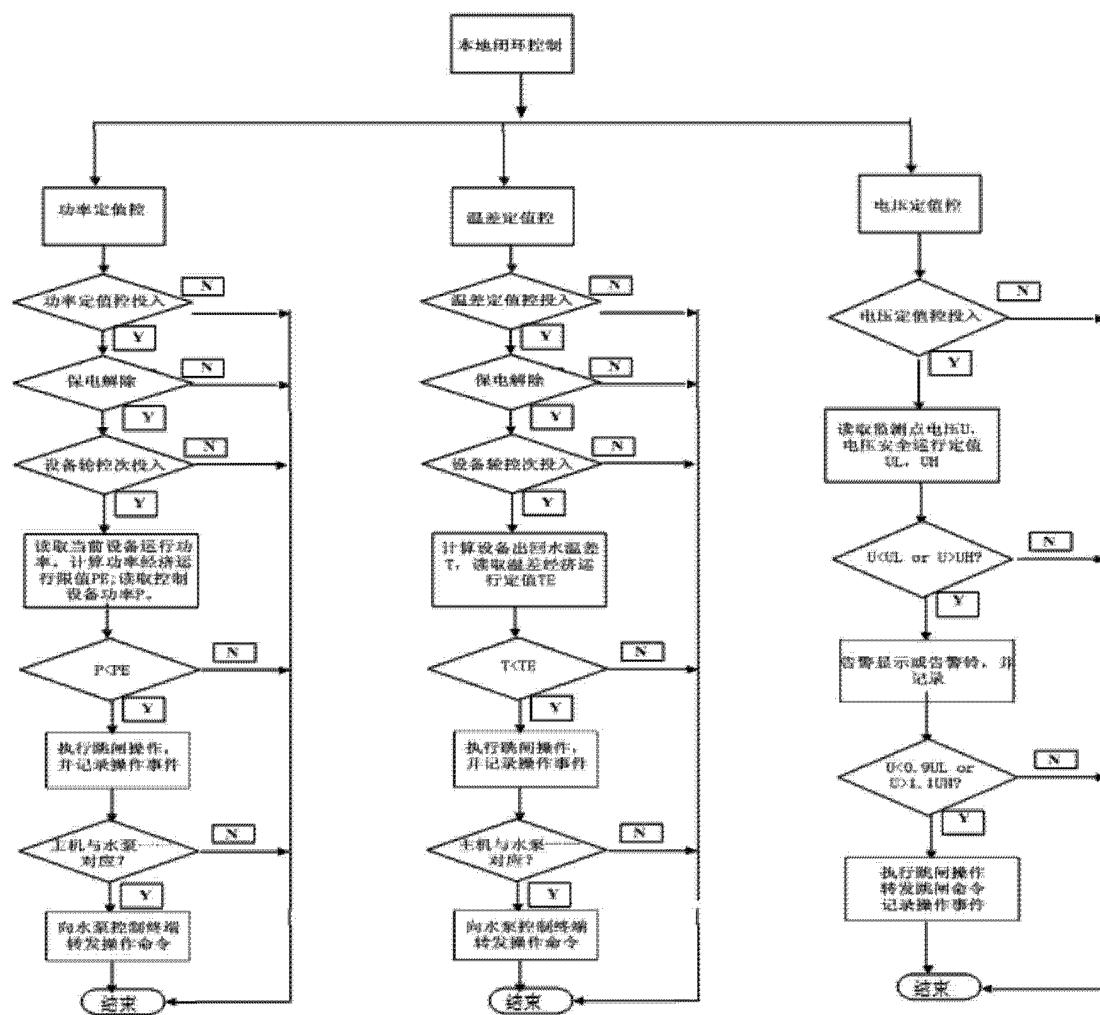


图 4

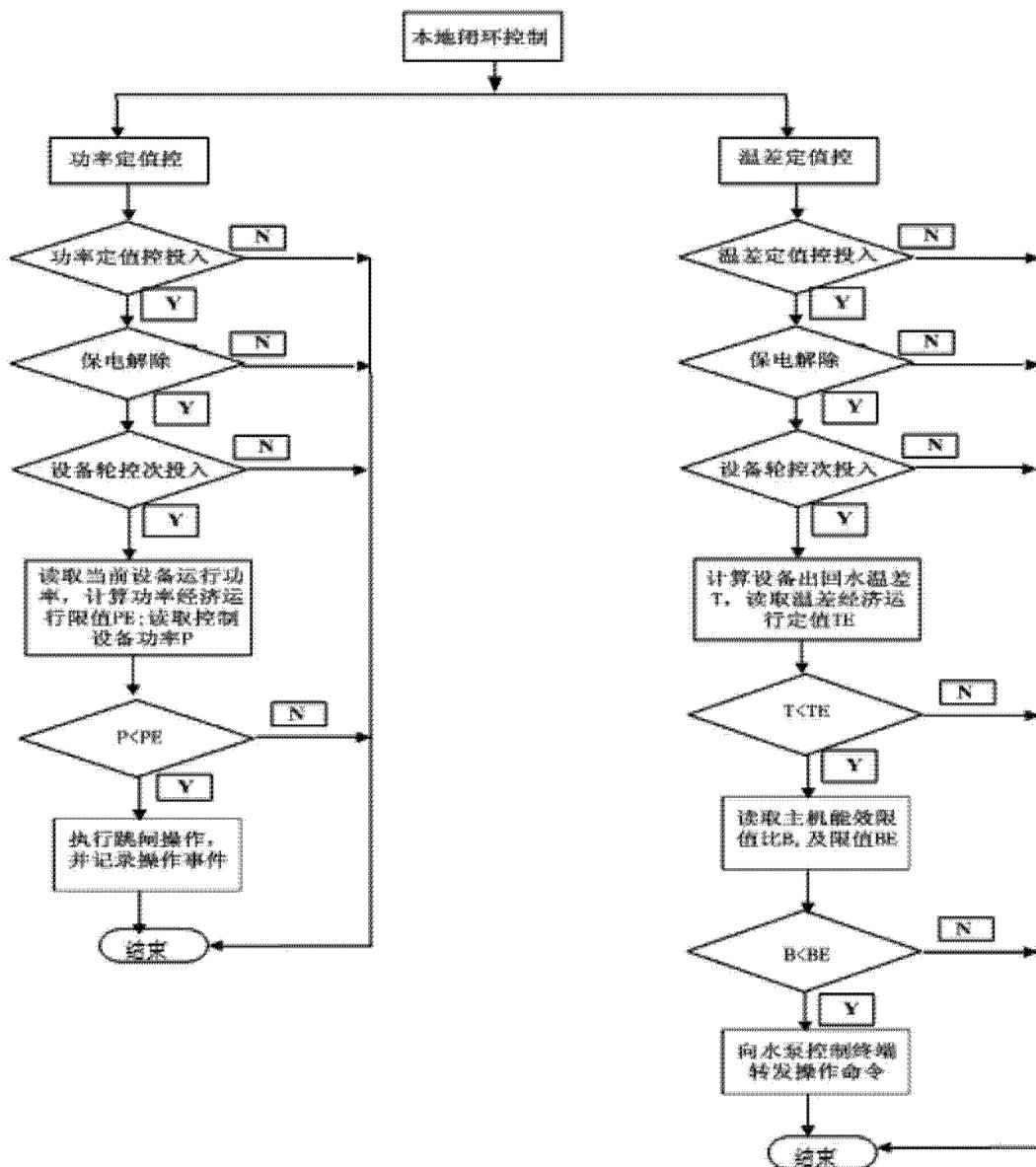


图 5