

(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 101710738 A

(43) 申请公布日 2010.05.19

(21) 申请号 200910241803.5

(22) 申请日 2009.12.09

(71) 申请人 中国电力科学研究院
地址 100192 北京市海淀区清河小营东路
15号

(72) 发明人 张金平 汤飞 张辉 郑国太

(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

(51) Int. Cl.
H02J 13/00(2006.01)
H02J 3/18(2006.01)
H02J 3/12(2006.01)
H02J 3/38(2006.01)

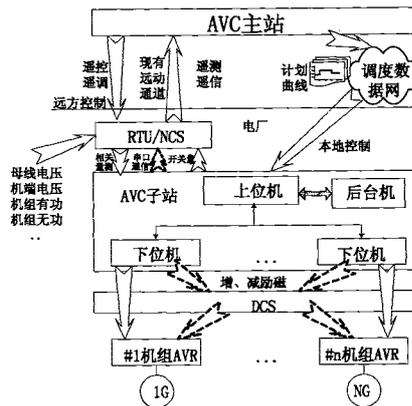
权利要求书 2 页 说明书 7 页 附图 3 页

(54) 发明名称

一种发电厂子站的自动电压控制系统

(57) 摘要

本发明提出了一种发电厂子站的自动电压控制系统,包括若干下位机、主上位机、备用上位机、后台机、远动通信装置、电厂分散控制系统 DCS、机组自动电压调节器 AVR、上位机和下位机进行双向通信的局部控制总线 CAN 网络、上位机和后台机之间通信的网络通讯通道、上位机和主站之间通信的电力数据网。该方案充分考虑发电厂的实际现场情况,具有适用性强的特点。



1. 一种发电厂子站的自动电压控制系统,包括若干下位机、主上位机、备用上位机、后台机、远动通信装置、电厂分散控制系统 DCS、机组自动电压调节器 AVR、上位机和下位机进行双向通信的局部控制总线 CAN 网络、上位机和后台机之间通信的网络通讯通道、上位机和主站之间通信的电力数据网;

其特征在于:所述上位机和发电厂的远动通信装置 RTU 或者是电厂的网络控制系统 NCS 进行信息交互获取母线电压、机端电压、机组有功功率和机组无功功率等电气量,同时上位机也把下位机对应的各机组的调控信息上传给远动通信装置,由其送给自动电压控制系统的主站,上位机和若干下位机之间通过 CAN 总线网络进行双向通信,下位机主要通过局部控制总线 CAN 网络接收上位机的调控指令,通过电厂分散控制系统 DCS 或者直接对发电机机组的自动电压调节器 AVR 进行增励磁或者减励磁操作;对于现场不方便和远动通信装置进行通信获取机组相关信息的情况,下位机直接采集上位机所需要的相关电气量。后台机和上位机通过网络进行双向通信,完成定值设置、实时信息查看、历史记录查询等功能,上位机和自动电压控制系统 AVC 主站通过调度专用数据网实现计划曲线的下发,当上位机无法和主站之间建立稳定的实时通信进行全网优化调节时,发电厂自动电压控制系统 AVC 子站转到就地控制模式,根据获得的电压曲线进行发电厂的电压调控;

采用主上位机通过光纤局部控制总线 CAN 总线网络和下位机进行双向通信,上位机综合发电厂的发电机组和母线的实时信息以及发电机组的历史运行经验,对自动电压控制系统的主站给出的母线电压或无功出力调控目标进行智能分配,给出各个下位机的调控目标,各个下位机根据上位机给出的调控目标结合自身的约束条件,通过分散控制系统 DCS 或者直接对发电机组的 AVR 进行增磁或减磁操作,当发电厂子站投入运行时,当值的上位机实时检测发电厂子站系统的运行状态和相关电气量,当发现其相关的运行状态变化或者电气量越限时,子站系统实时进行调控目标的重新分配,给出各个下位机的新的调控指令,下位机再对新的调控指令结合自身的约束条件进行相应的操作,如此往复,从而使母线电压或母线无功出力达到自动电压无功调控主站的调控要求。

2. 如权利要求 1 所述的系统,其特征在于所述子站的上位机和下位机、后台机功能是一个分级自治、协调统一的整体,每台上位机锁定本厂后台机的 IP 访问地址,网络上其它 IP 地址访问无效,自动电压控制系统子站的上位机和下位机可独立于后台机进行运行,正常运行时后台机只执行与调控无关的辅助功能;上位机、主站及后台 PC 网络与电厂内上位机、下位机网络之间进行物理隔离,上位机机与主站采用 TCP/IP 网络进行连接,上位机和下位机内部采用安全机制较高的 CAN 总线网络进行连接。

3. 如权利要求 2 所述的系统,其特征在于主上位机、备用上位机及下位机采用统一的嵌入式硬件平台及软件代码,通过主控制板的拨码进行功能区分,从而大大方便了生产和研发。

4. 如权利要求 3 所述的系统,其特征在于:上位机具有各种标准的通信规约,从而可以和发电厂的远动通信装置进行通信并获取相关的电气量信息,上位机还可以通过配置,实现自身的电气量信息的采集;下位机作为调控指令的执行端,具有脉冲输出和模拟量输出两种调控指令的输出模式,同时下位机也可以根据需要采集其他必要的电气量信息:包括机组断路器位置、AVR 异常信号、厂用电电压和励磁电流等;上位机和下位机之间通过光纤 CAN 网络进行双向信息的传输;上位机采用主上位机和备用上位机互为备用模式,一旦发

现当值的上位机自身故障或者通信故障时,立刻进行切换,从而提高子站控制系统的稳定性。

5. 如权利要求 1-4 中所述的系统,其特征在于:上位机和下位机的电气量的采集还可以根据未来的自动电压控制系统的发展需要,支持以 GPS 秒脉冲为同步时标的同步采样,只需接入 GPS 天线,上位机和下位机就能自动从非同步采样模式转化为同步采样模式。

6. 如权利要求 1-5 所述的系统,其特征在于:所述控制子站采用的调控策略具有广泛的适应性和极高的安全性,子站所用调控策略既支持机组并列性差的扩大单元接线也支持并列性强的单元接线;上位机在协调控制下位机时,根据对机组 PQ 曲线图的曲线拟合,确保下位机所对应的机组运行在 PQ 稳定区域内。

7. 如权利要求 1-6 所述的系统,其特征在于:子站的调控策略具有两大类核心算法:逐次逼近法和直接目标分配法,其中逐次逼近法应用在扩大单元接线场合,直接目标分配法应用在单元接线场合。

8. 如权利要求 1-7 所述的系统,其特征在于:作为子站执行端的下位机在接到上位机的目标执行指令时,检测机组的保护动作、AVR 异常、机组断路器位置、厂用电电压、励磁电流、调节速率限制、当日调节次数限制等的自身约束条件,当各个自身约束条件和目标执行指令一致时才通过 DCS 或者直接对机组的 AVR 发出控制指令,对于在采用直接目标法时,上位机发出的直接调控目标,下位机除了检测自身约束条件外,还根据获取的执行目标值和当前机组的无功出力的差值进行变尺度调控;下位机执行上位机的指令根据现场 AVR 的控制方式支持两种方式输出:一是以可变脉宽的脉冲形式输出,二是以不同个数固定宽度的脉冲输出。

9. 如权利要求 8 所述的系统,其特征在于所述直接目标法中,目标电压到目标无功的折算中所用到的系统阻抗是采用系统阻抗自识别技术获取的,系统阻抗的识别是通过公式

$$X = \frac{U_b - U_a}{\frac{Q_b}{U_b} - \frac{Q_a}{U_a}}$$

实现的,其中 U_a 、 Q_a 、 U_b 、 Q_b 分别为母线电压调节前后两次母线电压和无功,在系统阻抗自识别的时候,充分注意选取数据计算的时效性和工程计算的合理性,把自动识别出的系统阻抗和系统运行大方式和小方式下的系统阻抗进行充分的对比,结合历史运行经验确定识别的系统阻抗是否有效合理,从而确定目标电压到目标无功折算时所应用的系统阻抗,目标电压 U_n 到目标无功 Q_n 的折算采用公式 $Q_n = \frac{U_m \times (U_m - U_n)}{X} + \frac{Q_m}{U_m} \times U_n$, U_m ,

Q_m 分别为调节前的母线电压和母线无功出力。

10. 如权利要求 1-9 所述的系统,其特征在于所述的子站调控策略在实行调控时,对于上位机自身进行母线电压采集的模式,能检测出低频振荡及系统扰动,当发现低频振荡及系统扰动时,子站及时闭锁调控;支持母线切换时的电压自动选取功能;支持 PT、CT 断线报警,PT、CT 断线时,子站闭锁调控;对通信获取的数据及自身采集数据都进行合理性辨识,对不合理的数据自动加以滤除。

一种发电厂子站的自动电压控制系统

技术领域

[0001] 本发明属于电力系统电压自动控制技术领域,具体涉及一种发电厂子站的自动电压控制系统。

背景技术

[0002] 随着区域电网的快速发展,现有电压控制机制将难以满足电网安全、优质和经济运行的要求,为了更好的适应区域电网发展和电力市场建设的需要,在继续增加本地无功资源,提高电压控制能力的同时,建设区域电网自动电压控制系统,完善对电网无功电压分步的综合决策、调度和管理,优化调度现有的无功电压调控资源,提高系统满足电能质量、电网安全和经济运行等要求的能力,减轻计划、调度和运行人员的工作量,提高电网的调度自动化水平。

[0003] 发电厂作为一种灵活可控无功源,在整个自动电压控制系统中具有重要的地位,同时发电厂本身的自动化水平参差不齐、形式多样,作为发电厂自动电压控制子站,其要实现的目标就是根据自动电压控制系统 AVC 主站系统给出的母线电压目标或者无功目标对发电厂的机组进行励磁调节,在调节的同时确保机组的运行安全、机组间无功分配合理、避免出现无功环流、电压或者无功调节平稳、响应速度能达到 AVC 主站要求。发电厂 AVC 子站的所要面对的任务就是根据母线目标参考值,协调控制各个机组的增减磁操作,因此从这一目标出发,发电厂 AVC 子站可以分以如下三种方式实现:AVR 功能扩展式、发电厂 RTU 内嵌式子站、专用 AVC 子站。

[0004] AVR 功能扩展式:如果直接修改自动电压调节器 AVR 的内部程序,增加远程通讯与控制功能模块,就可实现 AVC 子站功能。这种实现方式在线修改调整困难,灵活性差;同时其需对 AVR 程序做比较大的改动,可能会导致 AVR 自身程序紊乱,安全可靠性差

[0005] 发电厂 RTU 内嵌式子站:通过扩展远动测控终端单元 RTU 上的 AVC 功能模块,接收 AVC 主站下发的控制目标,利用 RTU 的数据采集、状态监视、控制、通讯等功能,实现发电厂的电压/无功自动控制。

[0006] 发电厂 RTU 内嵌式子站是在电厂已经建立的 RTU 上实现电厂 AVC 子站功能。把 AVC 子站控制调节功能集成到 RTU 中,利用 RTU 已经具备的数据信息及接口资源,实现对发电厂机组无功出力的协调控制。对于已经投产的电厂,发电厂 RTU 装置通常都不具备内嵌 AVC 功能模块,如果想在 RTU 中嵌入 AVC 功能模块,必须对 RTU 的软件功能进行二次开发。由于 RTU 通常都为嵌入式装置,功能模块开发具有一定的难度,实施起来相对比较复杂,而且扩展一功能相对比较复杂的任务模块必将占用 RTU 的资源,可能会导致对 RTU 原有任务的影响。

[0007] 专用 AVC 子站:由独立的 AVC 子站实现发电厂的电压/无功自动控制,具备数据采集、状态监视、控制、通讯等功能,一般由功能独立的上位机和下位机组成。

[0008] 专用 AVC 子站是 NCS 系统外相对独立的系统,其数据采集、监视、控制、通讯等功能都可以由系统自身完成,也可和 NCS 系统进行通信获取。由于其为独立的系统因此具有比

较好的灵活性。另外为了保证数据的同源性,提高 AVC 子站的调控精度;专用 AVC 子站在建设时,母线电压、母线无功出力这些关键数据通常是通过和现场的 NCS 系统进行通信获得。专用 AVC 子站系统与现有系统相对独立,只通过输入/输出接口与外部相联系,现有系统只需作微小改动,且不影响 AVR 性能;可随时维护。

发明内容

[0009] 本发明的目的是提出一种专用式的发电厂子站自动电压控制系统,该方案充分考虑发电厂的实际现场情况,结合子站调控过程中所需重视的各种情况,具有广泛的适用性和高度的安全性。以下为对本发明具体内容:

[0010] 本发明提出了一种发电厂子站的自动电压控制系统,包括若干下位机、主上位机、备用上位机、后台机、远动通信装置、电厂分散控制系统 DCS、机组自动电压调节器 AVR、上位机和下位机进行双向通信的局部控制总线 CAN 网络、上位机和后台机之间通信的网络通讯通道、上位机和主站之间通信的电力数据网;

[0011] 所述上位机和发电厂的远动通信装置 RTU 或者是电厂的网络控制系统 NCS 进行信息交互获取母线电压、机端电压、机组有功功率和机组无功功率等电气量,同时上位机也把下位机对应的各机组的调控信息上传给远动通信装置,由其送给自动电压控制系统的主站,上位机和若干下位机之间通过 CAN 总线网络进行双向通信,下位机主要通过局部控制总线 CAN 网络接收上位机的调控指令,通过电厂分散控制系统 DCS 或者直接对发电机机组的自动电压调节器 AVR 进行增励磁或者减励磁操作;对于现场不方便和远动通信装置进行通信获取机组相关信息的情况,下位机直接采集上位机所需要的相关电气量。后台机和上位机通过网络进行双向通信,完成定值设置、实时信息查看、历史记录查询等功能,上位机和自动电压控制系统 AVC 主站通过调度专用数据网实现计划曲线的下发,当上位机无法和主站之间建立稳定的实时通信进行全网优化调节时,发电厂自动电压控制系统 AVC 子站转到就地控制模式,根据获得的电压曲线进行发电厂的电压调控;

[0012] 采用主上位机通过光纤局部控制总线 CAN 总线网络和下位机进行双向通信,上位机综合发电厂的发电机组和母线的实时信息以及发电机组的历史运行经验,对自动电压控制系统的主站给出的母线电压或无功出力调控目标进行智能分配,给出各个下位机的调控目标,各个下位机根据上位机给出的调控目标结合自身的约束条件,通过分散控制系统 DCS 或者直接对发电机组的 AVR 进行增磁或减磁操作,当发电厂子站投入运行时,当值的上位机实时检测发电厂子站系统的运行状态和相关电气量,当发现其相关的运行状态变化或者电气量越限时,子站系统实时进行调控目标的重新分配,给出各个下位机的新的调控指令,下位机再对新的调控指令结合自身的约束条件进行相应的操作,如此往复,从而使母线电压或母线无功出力达到自动电压无功调控主站的调控要求。

[0013] 其中,所述子站的上位机和下位机、后台机功能是一个分级自治、协调统一的整体,每台上位机锁定本厂后台机的 IP 访问地址,网络上其它 IP 地址访问无效,自动电压控制系统子站的上位机和下位机可独立于后台机进行运行,正常运行时后台机只执行与调控无关的辅助功能;上位机、主站及后台 PC 网络与电厂内上位机、下位机网络之间进行物理隔离,上位机与主站采用 TCP/IP 网络进行连接,上位机和下位机内部采用安全机制较高的 CAN 总线网络进行连接。

[0014] 其中,主上位机、备用上位机及下位机采用统一的嵌入式硬件平台及软件代码,通过主控制板的拨码进行功能区分,从而大大方便了生产和研发。

[0015] 其中,上位机具有各种标准的通信规约,从而可以和发电厂的远动通信装置进行通信并获取相关的电气量信息,上位机还可以通过配置,实现自身的电气量信息的采集;下位机作为调控指令的执行端,具有脉冲输出和模拟量输出两种调控指令的输出模式,同时下位机也可以根据需要采集其他必要的电气量信息:包括机组断路器位置、AVR 异常信号、厂用电电压和励磁电流等;上位机和下位机之间通过光纤 CAN 网络进行双向信息的传输;上位机采用主上位机和备用上位机互为备用模式,一旦发现当值的上位机自身故障或者通信故障时,立刻进行切换,从而提高子站控制系统的稳定性。

[0016] 其中,上位机和下位机的电气量的采集还可以根据未来的自动电压控制系统的发展需要,支持以 GPS 秒脉冲为同步时标的同步采样,只需接入 GPS 天线,上位机和下位机就能自动从非同步采样模式转化为同步采样模式。

[0017] 其中,所述控制子站采用的调控策略具有广泛的适应性和极高的安全性,子站所用调控策略既支持机组并列性差的扩大单元接线也支持并列性强的单元接线;上位机在协调控制下位机时,根据对机组 PQ 曲线图的曲线拟合,确保下位机所对应的机组运行在 PQ 稳定区域内。

[0018] 其中,子站的调控策略具有两大类核心算法:逐次逼近法和直接目标分配法,其中逐次逼近法应用在扩大单元接线场合,直接目标分配法应用在单元接线场合。

[0019] 其中,作为子站执行端的下位机在接到上位机的目标执行指令时,检测机组的保护动作、AVR 异常、机组断路器位置、厂用电电压、励磁电流、调节速率限制、当日调节次数限制等的自身约束条件,当各个自身约束条件和目标执行指令一致时才通过 DCS 或者直接对机组的 AVR 发出控制指令,对于在采用直接目标法时,上位机发出的直接调控目标,下位机除了检测自身约束条件外,还根据获取的执行目标值和当前机组的无功出力的差值进行变尺度调控;下位机执行上位机的指令根据现场 AVR 的控制方式支持两种方式输出:一是以可变脉宽的脉冲形式输出,二是以不同个数固定宽度的脉冲输出。

[0020] 其中,所述直接目标法中,目标电压到目标无功的折算中所用到的系统阻抗是采用系统阻抗自识别技术获取的,系统阻抗的识别是通过公式

$$X = \frac{U_b - U_a}{\frac{Q_b}{U_b} - \frac{Q_a}{U_a}}$$

实现的,其中

中 U_a 、 Q_a 、 U_b 、 Q_b 分别为母线电压调节前后两次母线电压和无功,在系统阻抗自识别的时候,充分注意选取数据计算的时效性和工程计算的合理性,把自动识别出的系统阻抗和系统运行大方式和小方式下的系统阻抗进行充分的对比,结合历史运行经验确定识别的系统阻抗是否有效合理,从而确定目标电压到目标无功折算时所应用的系统阻抗,目标电压 U_n

到目标无功 Q_n 的折算采用公式 $Q_n = \frac{U_m \times (U_m - U_n)}{X} + \frac{Q_m}{U_m} \times U_n$, U_m 、 Q_m 分别为调节前的母线电压和母线无功出力。

和母线无功出力。

[0021] 其中,所述的子站调控策略在实行调控时,对于上位机自身进行母线电压采集的模式,能检测出低频振荡及系统扰动,当发现低频振荡及系统扰动时,子站及时闭锁调控;支持母线切换时的电压自动选取功能;支持 PT、CT 断线报警,PT、CT 断线时,子站闭锁调控;对通信获取的数据及自身采集数据都进行合理性辨识,对不合理的数据自动加以滤除。

[0022] 本发明的有益效果是：提出一种发电厂子站自动电压控制系统解决方案，该方案充分考虑发电厂的实际现场情况，具有适用性强的特点：

[0023] (a) 既可以自身实现发电机机组等相关电气量的采集，又可以以标准的通信规约和现场的远动通信装置进行通信。

[0024] (b) 上位机和下位机之间采用光纤局部控制总线 CAN 网络进行通信，非常适应发电厂现有的机组设备布局情况，且传输距离远、稳定性高

[0025] (c) 下位机输出既支持可变脉宽的脉冲形式输出，又可以固定宽度的不同个数的脉冲输出调控命令。

[0026] (d) 对于扩大单元接线和单元机组接线两大类不同的电厂机组接线方式，分别提供逐次逼近法和直接目标法作为其调控策略。

[0027] (e) 兼顾发展需求，具有支持同步采样功能。

[0028] 该方案在保证适用性强的同时又具有安全性高的特点：

[0029] (a) 如发明内容 2 所述，采用 IP 地址绑定、网络物理隔离、安全性高的局部控制总线网络、功能划分等手段提高发电厂子站系统的安全性。

[0030] (b) 调控策略在实现发电机机组调控时借助于高速可靠的 CAN 网络，能够及时发现机组运行状况，结合其他机组电气量信息，动态刷新调控指令，确保调控安全。

[0031] (c) PQ 运行曲线拟合技术，实时确定机组运行的无功出力上下限，进一步确保机组运行在安全范围内。

[0032] 另外由于该解决方案调控策略采用可变步长的形式实现增减励磁调控操作，保证了调控速度；上下位机采用统一的软硬件平台，只通过拨码进行区分，提高了现场的维护便利性。

附图说明

[0033] 图 1 是依据本发明的发电厂子站框架结构示意图；

[0034] 图 2 是依据本发明的发电厂子站自动电压控制系统的主控板硬件框图；

[0035] 图 3 是发电厂接入系统的结构示意图；

[0036] 图 4 是本发明的自动电压控制系统的发电厂子站示意图。

具体实施方式

[0037] 以下结合附图对本发明的技术方案进行详细的表述。

[0038] 本发明是基于发电厂的现场自动化设备的实际配置情况而提出的一种适应面广、灵活度高，安全性强的自动电压控制系统。其具体的内容如下：

[0039] 1、图 1 是依据本发明的发电厂子站框架结构示意图。如图所示发电厂子站由主上位机、备用上位机和下位机 1、2、…、k 构成。上位机作为整个子站的决策中心，同时又通过其自身的通信插件和发电厂现场的远动通信装置以标准通信规约进行信息交互。上位机和下位机自身都具有采集功能，能够在现场不提供通信接口方式获取机组、母线等电气信息的情况下，通过自身采集获取子站调控所需的信息。主上位机和下位机之间通过光纤 CAN 网络进行通信。后台机通过 TCP/IP 网络和主上位机进行实时通信，主要用于子站相关运行参数配置、运行状态信息查看、历史运行记录查看等功能。

[0040] 2、子站的上位机、下位机、后台机功能是一个分级自治、协调统一的整体,每台上位机锁定本厂后台机的 IP 访问地址,网络上其它 IP 地址访问无效;AVC 上位机和下位机可独立于后台机运行;正常运行时后台机只执行与调控无关的辅助功能;上位机与主站及后台 PC 网络与电厂内上位机和下位机网络物理隔离。上位机机与主站采用 TCP/IP 网络;上位机和下位机内部采用安全机制高 CAN 总线网络。

[0041] 3、主上位机正常运行时都和远动通信装置进行通信,通过远动通信装置获取子站调控所需的电气量信息,通常包括机组有功、机组无功、机端电压、机端电流、变高侧无功、母线电压等数据。进行通行所采用的规约为目前常用的 CDT、101 等,通过软件配置即可实现主上位机和远动通信装置的通信。主上位机在正常工作时,只有一台为当值的值班机,另一台作为备用,也完成所有的通信和计算,和当值的值班机的区别只是运算的调控执行指令不下发给下位机;只有当检测到当值的值班机工作状态异常时才进行切换转换为值班机。下位机通过 CAN 通信网络获取上位机下发的调控执行指令,同时其自身也具有采集功能,能够把一些必须的电气量信号采集后通过 CAN 网络发送给上位机,通常采集的信号包括厂用电电压、励磁电流、机组断路器位置、机组保护动作信号、励磁调节器异常信号等。

[0042] 4、主上位机和下位机采用统一的硬件平台和软件代码,其功能只是通过拨码开关进行区分。图 2 是依据本发明的发电厂子站自动电压控制系统的主控板硬件框图,上位机和下位机的硬件平台如图 2 所示。硬件平台中的可编程逻辑控制阵列 FPGA 完成数据采集子系统,数据信号处理芯片 DSPB 完成实时数据的计算,AT91RM9200ARM 芯片为中央决策 CPU,完成数据存储、显示、调控策略、实时通信等功能。图中的 FPGA 采集子系统既可以以本地晶体作为采样时序驱动源,也可以接入的 GPS 秒脉冲作为同步时标完成同步采样。

[0043] 5、不同的发电厂机组的接线方式会对自动电压控制子站的调控策略提出不同的要求,一般来讲,扩大单元接线的机组的并列能力较差,要求调控策略在调控时充分注意调控的安全性,避免无功出现环流,而单元接线的机组的并列能力较强,要求调控策略在调控时更注意调控的速度。鉴于此该子站方案的调控策略方面提供两大类核心算法:逐次逼近法和直接目标分配法。其中前一种方法一般适合应用在扩大单元接线场合,后一种算法应用在单元接线场合。

[0044] 逐次逼近法:直接以母线电压目标作为调节参照,根据电压调整方向,根据各个机组的功率因数或者无功裕度,选取其中一个或几个机组优先进行调节,逐次逼近母线电压目标的方法。具体分为功率因数逐次逼近和无功裕度逐次逼近法。

[0045] 功率因素逐次逼近法是根据母线电压和目标母线电压水平的偏差情况,确定电厂机组整体上是增磁还是减磁,然后采用逐次调节,在增磁时,把功率因素大的机组优先增磁调节,同时在机组功率因素比较接近的情况下,采取功率因素接近的机组一起投入调节;在减磁时,把功率因素小的机组优先减磁调节,同时在机组功率因素比较接近的情况下,采取功率因素接近的机组一起投入减磁调节。这种调节策略不进行电压目标到无功目标的折算,考虑到以功率因素作为投入调节的逐渐逼近调节,不会引起无功在机组间的环流,每次电厂机组中的一台或者几台投入一次增减磁过程后,再进行机组的功率因素比较,继续以功率因素作为机组投入调节的考量标尺,直到母线电压和目标母线电压的偏差在调节死区范围内。最终的调节结果是各个机组的功率因素近似相同。

[0046] 裕度逐次逼近法是根据母线电压和目标母线电压水平的偏差情况,确定电厂机组

整体上是增磁还是减磁,然后采用逐次调节,优先调节无功裕度大的机组,同时在机组无功裕度比较接近的情况下,采取裕度接近的机组一起投入调节。根据电厂整体上增减磁的不同,具体机组的无功裕度有两个含义,分别为增磁裕度和减磁裕度。这种调节策略不进行电压目标到无功目标的折算,考虑到以无功裕度作为投入调节的评判标准,不会引起无功在机组间的环流,每次电厂机组中的一台或者几台投入一次增减磁过程后,再进行机组的无功裕度比较,继续把无功裕度大的机组的一台或者若干台投入调节,直到母线电压和目标母线电压的偏差在调节死区范围内。最终的调节结果是各个机组的无功裕度近似相同。

[0047] 直接目标分配法:直接根据目标母线电压值折算到目标无功后,根据各机组的运行情况,直接在机组间进行分配,根据各自的无功目标直接对发电机组进行调节的直接目标法,其中目标无功在机组间的分配又分为等功率因素法和等裕度法。

[0048] 直接目标法分配法的前提是电压目标到无功目标的折算,其理论基础是假定一定时间内把电厂向整个系统进行等值所得出的系统阻抗是不变的。图3是发电厂接入系统的结构示意图,X就表示电厂到母线的系统阻抗,根据功率方程进行工程简化,可以得到公式1,式中 U_s 表示系统电压。假定母线电压调节前后两次母线电压和无功分别为 U_a 、 Q_a 、 U_b 、 Q_b ,根据公式1则可以得到公式2,公式2的获得是假定系统变化不大,系统电压总假定在同一水平。假设主站接收到的目标电压为 U_n ,调节前的母线电压为 U_m ,无功出力为 Q_m ,则利用公式1就可获得目标无功 Q_n 如公式3所示:

$$[0049] \quad U_s = U - \frac{Q \times X}{U} \quad (1)$$

$$[0050] \quad X = \frac{\frac{U_b - U_a}{Q_b} - \frac{U_a}{Q_a}}{\frac{U_b}{U_b} - \frac{U_a}{U_a}} \quad (2)$$

$$[0051] \quad Q_n = \frac{U_m \times (U_m - U_n)}{X} + \frac{Q_m}{U_m} \times U_n \quad (3)$$

[0052] 公式2的获得是一工程近似的结果,由于在电厂运行过程中,系统运行同样是一变化过程,因此系统阻抗的折算必然是一自适应过程。在AVC子站中,如果采用直接目标分配法,系统阻抗的求解就要求非常严格,而且从公式2本身来看,为了避免数据处理所带来的误差,前后两次母线电压差必须大于一定范围,否则计算的误差会比较大。另外根据公式获取的过程来看,用来进行计算的前后两次电压应该具有一定的时效性。因此在工程处理中必须要注意好处理用来进行阻抗计算的数据的有效性和时效性。同时对自动辨识出的系统阻抗和运行部门给出的大方式下和小方式下的系统阻抗进行比较,从而对其合理性进一步进行判断

[0053] 等功率因素是根据获得的无功功率目标结合机组的当前有功,计算出调节完成后总的电厂功率因素,根据这一功率因素确定具体机组的无功目标,其思想可用如下两式(4)、(5)来表示。公式(4)、(5)中 P 为当前总有功功率, Q_{target} 为待分配总无功功率; P_m 为具体某一台机组有功功率, $Q_{mtarget}$ 为具体机组分配的无功功率。

[0054]

$$\cos \varphi = \sqrt{P^2 / (P^2 + Q_{target}^2)} \quad (4)$$

[0055]

$$Q_{m\ target} = P_m \times tg\varphi \quad (5)$$

[0056] 等裕度对总无功进行分配的原则是保证整个电厂机组间有相近的无功裕度,其实现是根据公式(6)、(7)来进行的。公式(6)、(7)中 Q_{mh} 、 Q_{ml} 分别表示机组无功功率上下限,通常为了保证机组的安全运行,AVC 子站对机组的 PQ 运行曲线图进行拟合,对机组在一定有功水平下,限制其无功出力在相应的范围中,这里 Q_{mh} 、 Q_{ml} 就应该是由 PQ 极限图得到的上下限范围和电厂根据机组试验确定的无功出力上下限的一个交集。 Q_{target} 为待分配总无功目标, X_k 为一根据机组无功出力情况所定的系数,通常要求 X_k 满足其和无功上下限之和的乘积就为机组额定运行的无功工作点。 Q_m 就为确保各个机组无功裕度相似进行分配所确定的具体机组的无功出力:

$$[0057] \quad Q_k = \frac{Q_{target} - (\sum Q_{mh} + \sum Q_{ml}) \times X_k}{(\sum Q_{mh} - \sum Q_{ml})} \quad (6)$$

$$[0058] \quad Q_m = (Q_{mh} + Q_{ml}) \times X_k + (Q_{mh} - Q_{ml}) \times Q_k \quad (7)$$

[0059] 一旦确定了具体机组的无功目标,AVC 子站系统就会根据机组的现有无功出力情况,检测各种限制和闭锁条件,在没有限制的情况下,不断对机组进行增减磁调节,直到机组无功出力和无功目标的偏差在死区范围以内。

[0060] 6、对于上位机自身进行母线电压采集的模式,能够检测出低频振荡及系统扰动,低频振荡及系统扰动时,子站及时闭锁调控。对接入母线三相 a、b、c 电压的计算各序分量,在此基础上,计算每个周波内的电压突变量及电压越限。电力系统低频振荡的频率一般在 0.1Hz ~ 2Hz 之间,通过判断几秒内电压的低频频谱分量,可以有效的检测系统是否存在低频振荡并及时闭锁。对于在子站运行过程的母线倒闸操作,上位机的主控板的程序能够自动识别。对于 PT、CT 断线情况也设置了专门的模块进行判断,当发现 PT、CT 断线时,及时闭锁相应的调控,同时作为决策端的上位机还对通信获取的数据或是直接采集数据的合理性进行合理性估计,当数据不合理时给出告警信号。上位机在协调下位机进行调控时,根据对下位机对应的机组 PQ 运行限制图的曲线拟合,实时检测机组的 PQ 运行位置,对于运行点超出 PQ 安全运行区域的机组,上位机给出调控命令及时的把机组拉回到安全运行区域内。

[0061] 7、子站执行端的下位机在接到上位机的调控执行指令时,检测机组保护动作、AVR 异常、机组断路器位置、厂用电电压、励磁电流、调节速率限制、当日调节次数限制等自身约束条件,当各个自身约束条件和目标执行指令一致时才通过 DCS 或者直接对机组的 AVR 发出控制指令。对于在采用直接目标法时,上位机发出的直接调控目标,下位机除了检测自身约束条件外,还根据获取的执行目标值和当前机组的无功出力的差值进行变尺度调控,在进一步保证调控安全的同时又优化了调控速率。

[0062] 上面通过特别的实施例内容描述了本发明,但是本领域技术人员还可意识到变型和可选的实施例的多种可能性,例如,通过组合和 / 或改变单个实施例的特征。因此,可以理解的是这些变型和可选的实施例将被认为是包括在本发明中,本发明的范围仅仅被附上的专利权利要求书及其同等物限制。

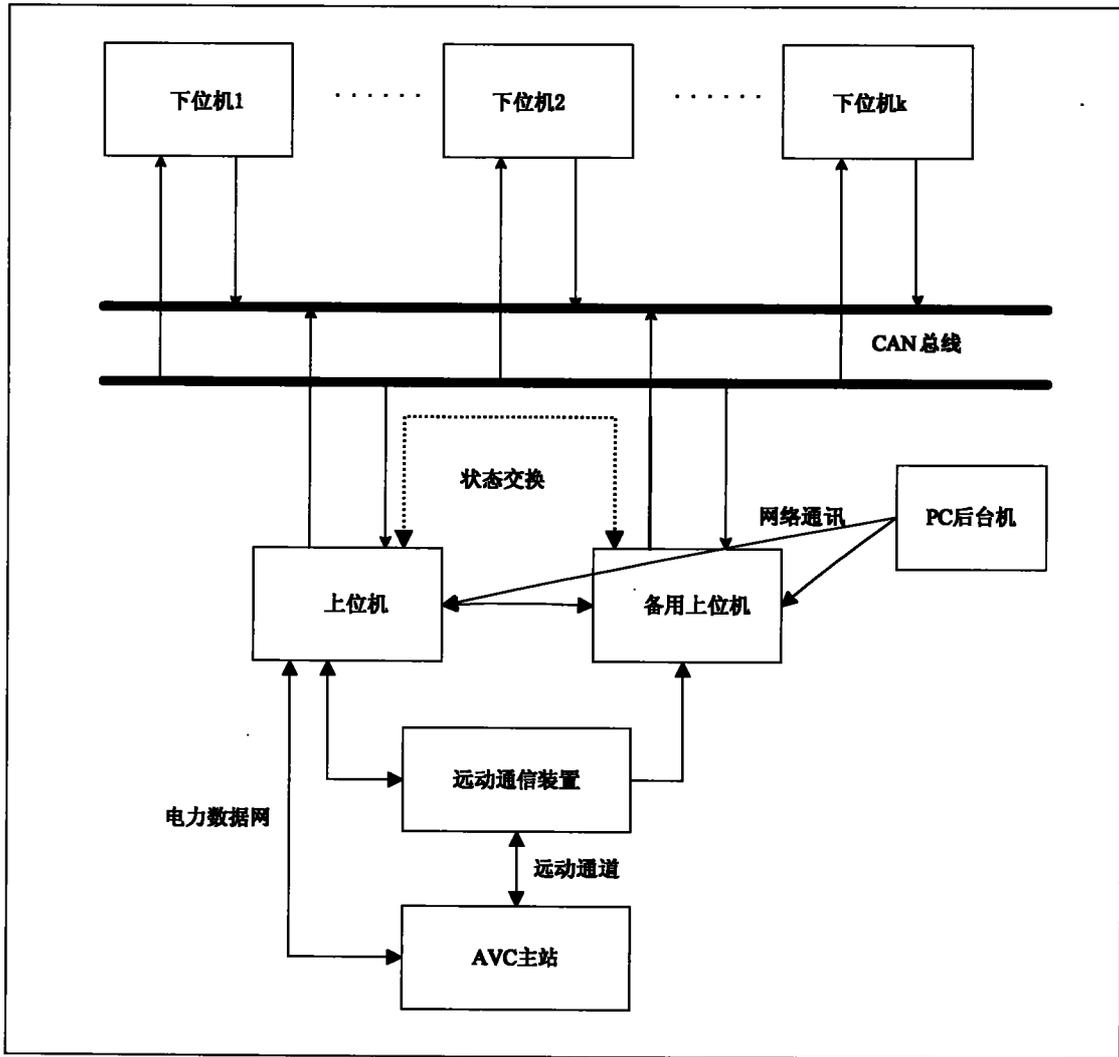


图 1

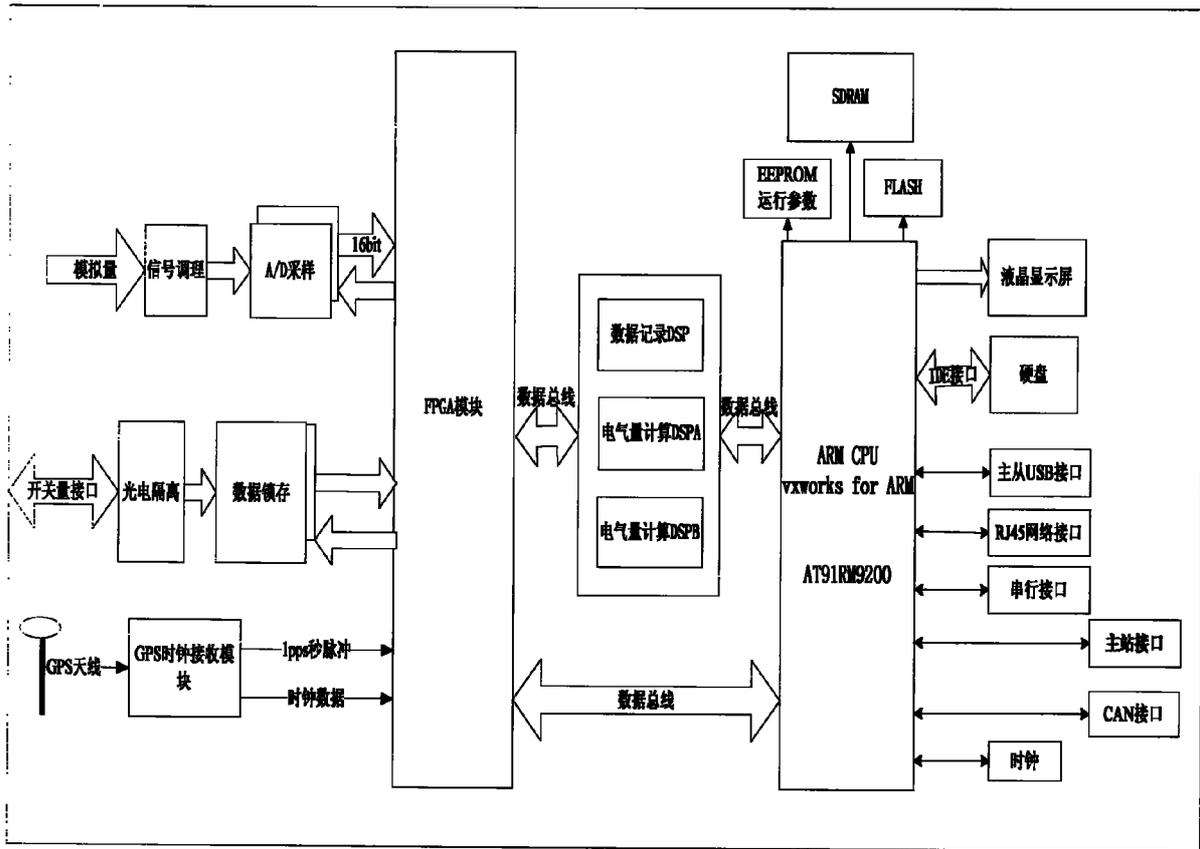


图 2

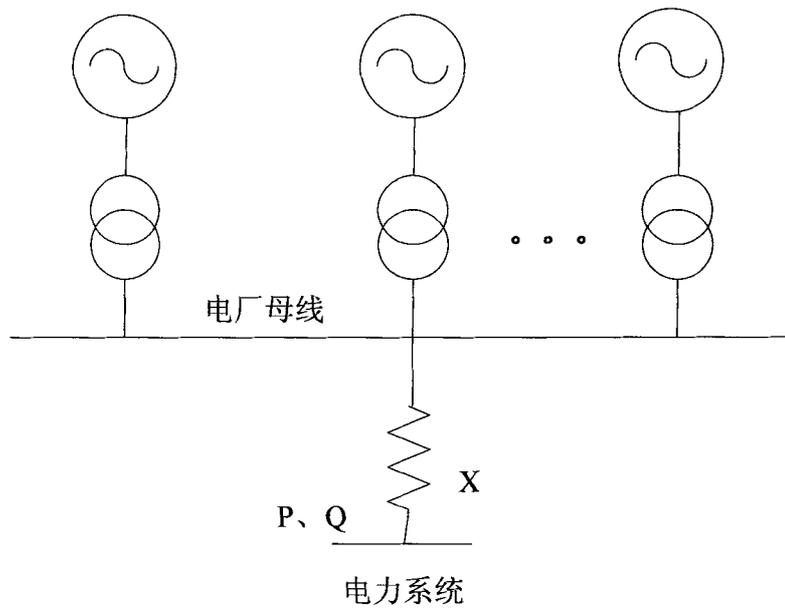


图 3

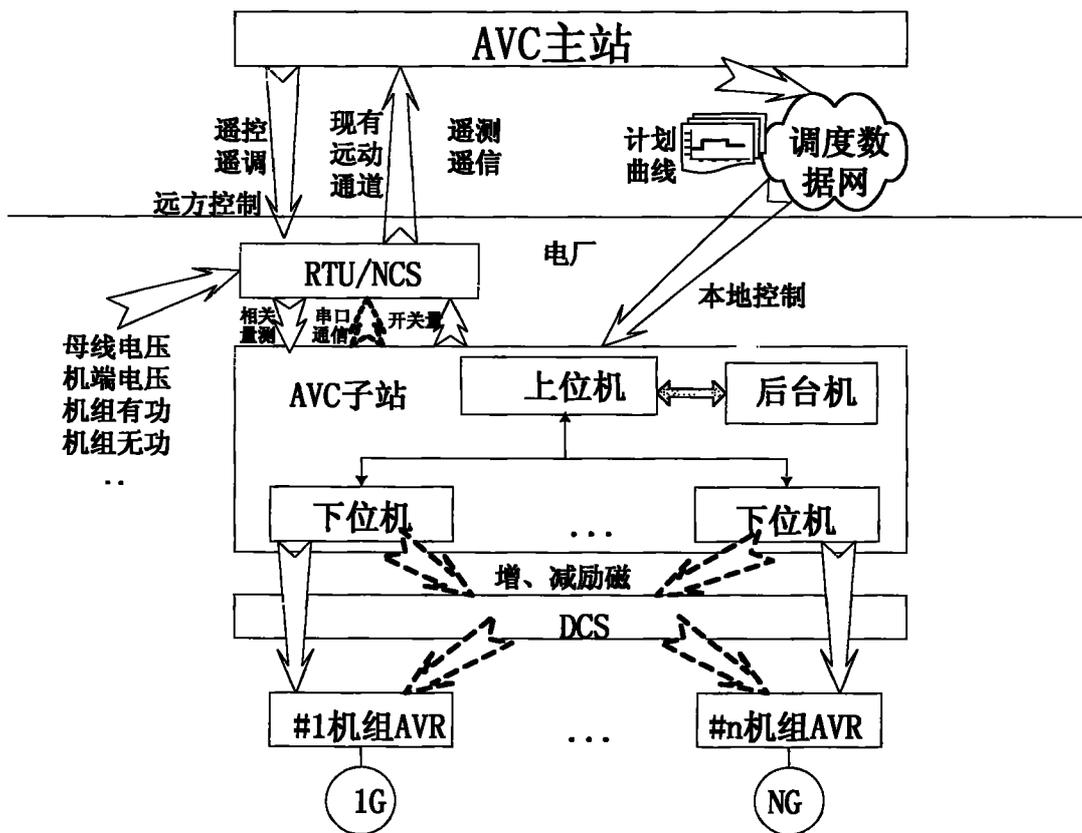


图 4