

# 变电所综合自动化系统监测方案论证

王术合\*

(中铁电气化勘测设计研究院城交分院, 天津 300250)

**提 要:** 本文论述了变电所综合自动化监测系统设计的必要性, 并通过变电所综合自动化间隔层回路监测项目的分析, 提出了综合自动化间隔层回路的检测模式, 以及为了采集、传输、归档和分析这些数据而设置的变电所综合自动化监测管理系统。

**关键词:** 综合自动化; 在线监视; 过程检测; 定期检测监测管理系统

**中图分类号:** U225 **文献标识码:** A

## 1 概况

### 1.1 问题的提出

电气化铁道牵引变电所主要由高压开关柜和相应的二次设备组成, 开关柜的二次回路属于变电所综合自动化系统的设备间隔层。二次回路由许多元器件组成的, 数量庞大, 他们是否全部处于正常运行状态, 什么时候需要检修, 需要什么级别的检修, 需要什么样的检修工具, 这些都是摆在我们面前的课题。

然而, 有一种观点认为综合自动化系统的设备间隔层已经完全微机化了, 而且有自检, 还需要检测吗? 现在市场上已经开发出了开关柜、变压器等在线检测设备, 但大多适合于高压、超高压设备, 在线检测设备多、分散布置而且价格昂贵, 如果检测设备发生故障, 就会影响综合自动化系统的可靠性, 不适合于中低压牵引供电系统。

### 1.2 变电所综合自动化监测系统的必要性

开关柜中有许多二次回路, 包括电流电压输入回路、合分闸出口回路、断路器操作二次回路、二进制触发输入/输出回路, 断路器本体机构等, 这些回路和机构是由许多元器件组成, 他们的平均无故障时间(MTBF)并不一致, 另外在潮湿、高温, 以及震动等条件下长期运行后, 无法保证开关柜内的所有元器件都能长期处于可靠运行状态, 尤其是二次回路中的连接

端子, 在极其潮湿情况下会生锈, 导致回路电阻增大, 影响了二次设备的正常运行, 因此, 甚至会使断路器拒动。可见, 如果没有监测, 我们无法及时发现回路中的问题, 无法保证综合自动化系统的安全运行。

的确, 市场上的在线检测设备价格很高, 而且一般采用分散布置、自成网络的方案, 显然, 这种分立元件型的监测设备不适合综合自动化系统方案, 不符合技术发展方向。随着计算机技术和通信技术的发展, 变电所综合自动化设备间隔层二次保护、测控设备已经发展成多 CPU、多 I/O、抗干扰性强的综合保护测控一体化设备, 除了保护功能, 间隔层设备越来越具备强大的 PLC(可编程控制器)功能, 因此, 我们应该充分利用综合自动化系统综合保护测控一体化设备的可编程开发优势, 直接进行开关柜中二次回路的监测, 保证综合自动化系统间隔层设备的运行可靠性, 另外可将监测信息经变电所综合自动化系统网络、电力监控通道迅速上传至供电检修基地, 汇总、分析, 将大大提高牵引供电系统运营维护效率, 减少维护费用。

另外, 扩大综合自动化系统设备间隔层保护测控一体化设备的功能, 使之除了具备控制、保护、测量、信号及通信供电系统要求的功能外, 还具备开关柜内二次回路和开关柜本体自身状态监视功能。实际上是把综合自动化系统的间隔层设备和开关柜本体看成一體, 成为智能型开关柜。

因此, 增加综合自动化系统的监测系统设计是必要的。值得一提的是, 所谓“监测”实际上是在线监视和

检测,本文将详述哪些部分回路需要检测,哪些部分回路需要监视,以及监测系统采用什么样的设备。

## 2 传统二次回路的检测项目、检测系统构成及检测模式

如图 1 所示,传统二次回路主要由分立型继电器组成,继电器数量庞大,一般安装在保护盘或开关柜中,主要回路包括:电流/电压输入回路、继电器输出回路、信号回路、联锁回路等。主要的检测项目包括:

(1)继电器单体特性检测,包括保护继电器、中间继电器的动作值,返回值等校验。

(2)继电器单体功能检测,包括各种保护继电器的各种功能校验。

(3)整组回路检测,从保护装置的模拟量输入、继电器本体、继电器输出到断路器合分闸整个回路的检测,以校验整个回路动作的可靠性。

(4)跳闸回路在线监视回路,以便能实时监视断路器的跳闸回路是否始终处于正常“准备”状态。

传统的二次回路检测系统结构,包括检测车、测试电缆、航空测试插座及测试隔离插座组成。航空测试插座安装在开关柜低压室的面板上,可选用 64 芯—128 芯多种形式,每一芯就是一个针式端子,在二次回路设计时,把二次回路的有关被检测信息分别连接到插头的对应芯针上。检测车由测试 I/O,程控电源和计算机测试平台组成。

二次回路基本属于定期检测模式,比如每年有春检和秋检。检测时,检修人员将检测车开到变电所,通过测试插头与测试插座的连接,开关柜内的二次回路的被检测信息经测试电缆,接入检测车测试系统。有关测试项目,测试过程信息均显示在检测车测试平台上;检测车的程控电源能给继电器施加激励,在施加激励之前,由测试隔离插座将电流互感器回路、电压互感器回路与保护装置隔离,测试完成后,再将电流互感器与继电器回路接通。对于主要保护继电器,单体特性测试时可不从开关柜中拆下来,但中间继电器的特性测试需要拆卸下来到检测车上实现,继电器的拆装增加了二次回路的故障可能性。对于回路测试,所有有关回路逻辑信息均能上传至检测车测试平台,所有测试过程的纪录,能报表打印。

从上面的描述可知传统检测车模式适合传统分立型二次回路,并只能采用定期检测模式,而且,因需要拆装部分继电器,检测不方便,但检测车模式比起手动检测,变电所二次回路的检测时间大大缩短,提高了检测效率。 万方数据

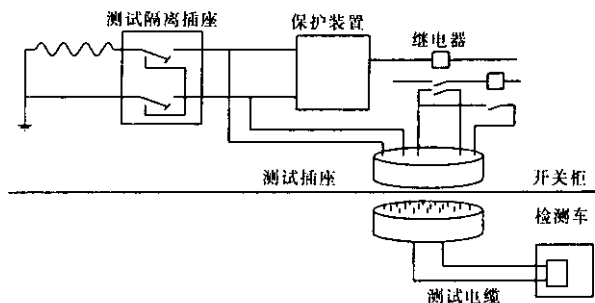


图 1 传统二次回路检测系统

## 3 综合自动化系统的设备间隔层回路特点

如图 2 所示,变电所综合自动化系统间隔层设备位于开关柜内的,回路主要有模拟量输入回路、出口回路、断路器操作回路、二进制触发回路、断路器本体机构、综合保护测控一体化装置。采用综合保护测控一体化设备后,实现了信息共享,继电器大大减少;输入回路一般采用 1 安培电流互感器或毫伏级电流传感器;出口回路可能采用大功率晶闸管。

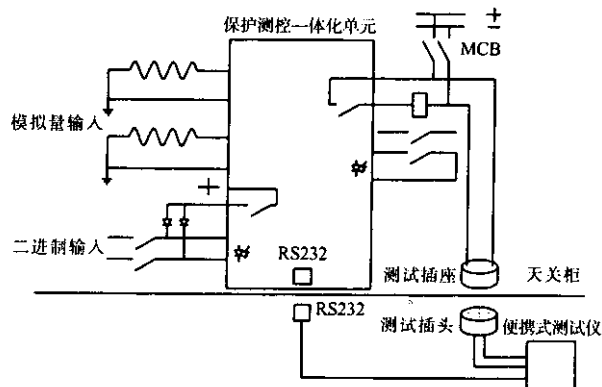


图 2 综合自动化监测系统

## 4 变电所综合自动化设备间隔层回路检测项目

对于上述间隔层设备的回路及机形式,有下列几种监测项目:

### 4.1 整组回路测试

#### 4.1.1 二进制输入回路测试

如图 2 所示,二进制输入回路有两种:一种是信号接点量;另一种是跳闸回路,如来自变压器温度二段跳闸回路。对于前一种,可以用旁路二极管模式,测试时,测试输出接点闭合,而装置相应输入位检测出高电平时,认为外部二进制触发回路状态良好,如果装置某一位没有输入信号,则表明该输入发生了故障,应立即停

修。

#### 4.1.2 双边联跳回路

双边联跳回路用于联跳信号的所间传输,双边联跳保护是变电所馈线保护的重要补充,双边联跳回路与相邻两个变电所有关,由于距离较长,该回路是否可靠连接非常重要。

#### 4.1.3 合分闸回路在线监视

对于交流断路器,合分闸回路的状态应始终被在线监视,如有故障,会发出合分闸回路故障的预告信号。直流断路器的合分闸回路分为电保持型、磁保持型和机械保持型三种,一般选用电保护型,因为电保护型也符合“故障—安全型”的原理,一旦某个线圈故障就会造成断路器本体跳闸。该信息即会上报保护测控单元。

#### 4.1.4 自动投切回路功能测试

变压器或母线的自动投切回路联系到相关设备。功能测试需要有关设备之间的配合。

#### 4.1.5 交、直流断路器机械动作时间

开关可能会因跳闸线圈动作不良、弹簧装置受损、传动机构卡住或缺乏润滑等原因造成动作速度减慢(动作时间延长),通过测量跳闸开始到动作结束的时间,此时间周期延长或过长,都反映机械结构有问题,动作时间超过规定值。

#### 4.1.6 交、直流断路器二次燃弧检测

通过检测断路器跳闸后,电弧出现的时间总和来判断断路器绝缘的灭弧能力。如果机械动作时间保持不变,但与所记录的基准水平相比电弧持续的时间增加,就可以认为灭弧室内一些材料或结构的绝缘性能已经下降,通过检测重燃次数,也可对绝缘的性能做出判断。根据美国 ANSI C37.100 规定,如果断弧 1/4 周波后再次发生燃弧,则表明断路器发生了二次燃弧。

#### 4.1.7 断路器的触头磨损

断路器主触点的腐蚀(磨损)来自于电弧期间的发热,根据 ANSI C37.06 标准中的定义,在对称负荷的情况下,断路器的发热量是  $dI/dT$  的函数,用  $I^2T$  来表达( $I$  为全部故障电流,测量采用一组三相 CT; $T$  为起弧时间),在每次起弧期间,断路器主触点的腐蚀与  $I^2T$  值成正比。为了在电弧期间有效的测量  $I^2T$ ,必须采取措施以确保在计算中包括了 DC 偏移,而且计算要有足够高的采样率以保证起弧期间出现的谐波被考虑进去。

### 4.2 综合保护测控一体化装置的自检功能

自检功能是指综合自动化系统具有对内部各主要部件在不需运行人员参与的情况下进行自检,如

果检查出某部分工作不正常,则立即报警,以提醒维护人员进行检修。对关键部件故障,则自动闭锁相应出口,以保证电力系统的安全运行不受危害。显而易见,综合自动化系统由于利用计算机的智能,才能进行故障自诊断,这是其他任何常规的电磁型或晶体管型的自动装置或继电保护装置所无法比拟的。由于自动化系统具有故障自诊断功能,只要内部出现故障不必等待维护人员去检查,能立即发现,可以及时处理,这不仅可以去定期检修的工作量,而且由自动化系统自检发现问题,还能指示故障部位,可以大大缩短维修时间,对提高电力系统的安全、可靠性很有好处。

故障自诊断可分为静态自检和动态自检两种情况。静态自检是指综合自动化系统(或各子系统)在刚上电,但尚未投入运行前,系统本身先进行全面的自检,一旦发现某部分不正常,则不立即投入运行,必须检修正常后才投运;动态自检是在自动化系统投入运行的过程中插入的自检,以及时发现故障。自检的内容,一般包括对程序存储器、随机存储器、模拟量输入通道、开关量输出通道、电源等主要部件的自检。哪些内容放在静态自检,哪些内容放在动态自检,要根据各子系统实际情况而定。但一般来说,静态自检可以不受时间限制,因此可检查得仔细些,可实现故障定位;动态自检时间不能太长,以免影响正常功能的执行。下面列举集中自检模式。

#### (1)RAM 的自检

对 RAM 的检查可以由破坏性测试和非破坏性测试。破坏性测试指进行自检时,不保留原来存放在 RAM 中的内容,即破坏了原来 RAM 存放的数据等。因此,破坏性测试只能用于刚上电时的静态检查,它可以检查到每一个 RAM 单元的每一位;非破坏性测试指对某个 RAM 单元测试时,需将原来所存的数据保留,待测试完时,恢复其原先数据。非破坏性测试的方法可对 RAM 区的每一个地址循环地进行。

#### (2)EPROM 的自检

EPROM 属于只读存储器。一般用于存放程序或参数,故不能像检查 RAM 一样用写入比较方法去检查。

#### (3)模拟量输入通道的自检

模拟量输入通道的自检,包括对模拟滤波器、采样保持器、模拟多路开关和模数转换器的检查。其方法是利用数据的相关性和限值校核,或者考虑在设计数据采集模块时,专设一个采样通道。

#### (4)输出通道的自检

输出通道的检测包括计算机输出接口电路、光电隔离电路、继电器出口电路等部分的自检。因为是关系

到出口电路,因此自检时,尤其要小心,否则造成误出口。为了进行出口电路的自检,最好是采用双工出口电路和自检反馈电路,这样不仅可以提高出口回路的抗干扰能力,而且保证出口回路自检的安全性。

#### (5) 运行过程重要数据校核

综合自动化系统在运行过程中,会有一些重要的中间结果数据,这些数据对执行程序有关键的影响。为防止这些重要数据和标志在强电磁干扰下出错,可分别将同一数据(或标志)存放在内存的两个不同区域,一个区域是直接存入,另一区域是将该数据或标志变为反码后再存入。

#### (6) 程序出轨的自恢复

在程序执行过程中,由于干扰会造成程序出轨,即出现软故障,会造成程序进入死循环或死机,甚至导致控制系统误出口、误动或拒动等严重后果。因此,当出现程序出轨时,应能迅速发现,并自动使其重新纳入轨道。

### 4.3 综合保护测控一体化装置单体功能及特性检测

提供综合保护测控一体化装置的厂家一般都提供专用的单体功能及特性检测软件,该软件可安装在便携式笔记本电脑中,包括参数设定、故障录波读取、谐波分析和装置中间运行数据的动态监视。在综合保护测控一体化装置的前面板,一般提供 RS232 接口,用于和便携式笔记本电脑相连接,进行数据交换。

## 5 综合自动化间隔层设备检测模式

综上所述,由于综合自动化独特性,传统的检测车模式已不适应于综合自动化系统,因此应设置一种新的检测模式。

综合自动化监测系统的设置原则,应尽量利用综合保护测控一体化设备,减少工程投资;应尽量不拆卸继电器和回路;应尽量在开关柜形成之初一并设计考虑;应尽量在线监视,并适当考虑在线监视与过程检测、定期检测相结合,以提高监测效率。

可设计出一种便携式综合自动化测试仪,该装置具有测试软件平台,汇集了本工程中各个相关厂家的专用测试软件,在工程设计中应要求有关中标厂家软件的接口标准适应该便携测试仪;便携式测试仪还具有 RS232 接口,可直接与微机综合保护测控一体化装置通信,将装置中的一些信息采集至测试仪中;便携式综合自动化测试仪还具有程控直流电源,可输出用于继电器特性检测的激励量。如图 2 所示,为了充分利用间隔层综合保护测控一体化设备对输出辅助继电器的单体特性进行检测,可在开关柜中安装一套航空测试

插座,与被测试单体继电器输入回路连接,便携式测试仪可输出激励量,通过测试电缆与测试插座对单体继电器进行测试,因继电器的动作信息已输入到综合保护测试装置中,该装置将该信号处理后经 RS232 发送到便携式测试仪中,完成对单体继电器的单体特性测试。另外,各综合保护测控一体化装置都有专用测试软件,可以利用厂家提供的专用软件,对其进行特性测试,测试结果存入便携式装置中。由此可知,单体继电器的特性测试时,被测试开关柜的二次回路中的任何设备无需拆卸,只经过简单的插座连接后,按预定程序执行测试任务,测试效率高,可靠性高,测试时需要的人员少,做到了智能化测试,不至于因回路的测试影响到系统安全运营。继电器单体特性及性能无需经常测试,可以进行定期检测。

对于回路测试,可以充分利用各综合保护测控一体化装置这样,如图 2 所示,由于回路中的辅助继电器的无压型接点信号已经被输入到综合保护测控一体化装置中,在辅助继电器动作时,其动作状态就能被保护测控装置捕获,使得继电器在操作过程中就实现了检测,这种回路设计属于闭环控制系统。我们可以把继电器在操作过程中的检测称为过程检测。与定期检测不同,过程检测是在二次回路操作过程中连带的检测,比定期检测更能及时发现故障,并减少了继电器的动作次数。

对于回路测试,还可以充分利用电力监控系统调度管理终端,通过测试程控卡片进行远程测试,可以实现现场的无人测试。方法是,在主控制系统或电力监控复示终端设置测试程序卡片和运行测试转换程序,当监控系统和变电所综合自动化系统处于运行状态时,远程测试被禁止,当两系统处于测试状态时,可按预定程序对全线逐个开关柜进行测试,测试人员可在控制中心或检修基地进行测试,如果有视频辅助系统,测试人员大致监视被测试所的环境状态。

值得一提的是,因为在二次回路中已考虑了各个环节的短路故障保护措施(比如 MCB 或熔断继电器异常终止等功能),远程测试不会影响变电所综合自动化系统的安全。

## 6 变电所综合自动化监测管理系统

随着综合监控系统的发展,控制中心、检修基地及变电所综合自动化之间的通信网络已向高速以太网发展,该通信网络传输速度快,容量大,为变电所综合自动化系统大量的状态监测数据的传输提供了可能性。因此,应着手为每个开关柜建立运行数据台帐,从而有效地管理这些相关的数据,并提高检修队伍的反应速

度。

变电所综合自动化监测管理系统位于控制中心或综合检修基地,实际上是一个软件平台,负责对变电所综合自动化设备及相应的开关柜的在线监视信息、定期检测信息以及远程检测程控卡片进行综合管理,并能对各设备历史数据检索、统计、分析。上传的监测信息能协助检修人员迅速判断,并迅速进行维修,也可利用牵引供电系统夜间停运时段进行检测。

有了变电所综合自动化监测管理系统,可以把全线变电所的信息分为运行信息和状态信息,运行信息可以直接上传到控制中心调度管理中心,而状态信息可以直接上传到复示终端,以实现数据分流。

## 7 变电所综合自动化监测管理系统的结构及对各个环节的要求

通过对上面的论述,变电所综合自动化监测管理系统实际上是解决综合自动化及开关柜运行状态数据的采集、传输、存储和整理,把开关柜运行状态的“黑匣子”,时刻展现在检修人员面前,是检修人员对设备状态判断的辅助系统,为状态修提供了全面、可靠的信息保证。因此,基于节省工程造价,提高系统运营可靠性的考虑,有必要对监测管理系统的各个环节提出要求。

### 7.1 变电所设备间隔层

变电所设备间隔层的综合保护测控一体化单元应采用多 CPU、多 I/O 结构;具有 PLC(可编程序控制器)功能,可通过装置本体或便携式测试仪对装置进行访问和编程,同时便携式测试仪可以采集装置内的有关状态信息;装置上应有运行/检测模式选择按钮,当装置处于检测模式时,保护功能继续有效,但不能接收来自电力监控系统调度管理终端的遥控命令,只能通过本体或便携式测试仪执行开关的操作;装置的二进制输出单元应该具有一定的耐压能力,以便在辅助继电器进行单体特性检测时不损坏测控装置。另外,变电所综合自动化系统可以采用以太网等通信模式,以便实现间隔层设备单元之间的互访,能在测试或监视时,实现信息资源共享,例如,同一支路上的两个综合保护测控一体化装置,如果均有电流输入回路,当一个装置有电流时,另一个装置也应该有电流流通,这样,可以通过比较两个装置的电流值,检测两个装置电流输入回路是否正常。

### 7.2 变电所综合自动化系统站级管理层

站级管理层应能将所内各个间隔层信息上传控制中心或检修基地,并能在站级管理层设备上实现变

所综合自动化系统间隔层设备进行集中监测。

### 7.3 监测管理终端

监测管理终端应位于控制中心或检修基地的复示终端,不增加过多的设备,只是在原复示终端或控制中心增加相应的检测程控软件和测试管理界面软件,相应地,复示终端应具备 ORACLE 大型实时数据库,以便实现事实数据的存储、编辑等。另外,因为主变电所的变压器等高压设备仍需检测,而且有相应的检测设备,因此,应对高压检测设备的数据存储格式以及接口要求统一规定,待高压设备被检测完成后,可以通过这个接口将数据读入到监测管理终端系统中,进行汇总、统计和辅助分析。监测管理终端也应该预留好接口,以便牵引供电系统其他设备检测数据的接入,例如,变电所设备外观检查、总体运行状况的人为判断等巡视信息可以记录在掌上电脑上,巡视人员回到检修基地后,可以通过这个接口将掌上电脑上的数据录入到监测管理终端系统中。

## 8 工程可实施性

综上所述,综合自动化监测管理系统是电力综合自动化系统的一个子系统,是与牵引供电系统设备关系最紧密的一个系统。在这个系统中,管理终端解决的只是接口模式、数据格式和软件编程问题,比较容易实现,该系统的重点是综合保护测控一体化装置的功能开发。对于开关柜中断路器磨损、机械动作时间等数据,相关州 SI 标准中已经有详细规定,因此,综合保护测控单元的功能开发没有难点问题。目前,GE 等公司已经在综合保护测控装置中增加了断路器的在线监测功能,另外,微机综合保护测控装置的自检应达到板级,但在已供货的设备中,厂家一般不提供自检数据,因此,装置故障后,只能拿回厂家修理或直接更换,检修费用较高,因此,应推动厂家将故障自检信息向用户开放,以便用户能了解装置内部的运行情况,并配备合理的备品备件。

另外,可以适当考虑保护装置与开关柜分别招标模式,尽管这样做会增加保护设备与开关柜的接口工作量,但能保证业主选用最好的开关柜配最好的综合保护测控一体化装置,而且该接口问题可以在开关柜出厂之前解决。由于一些综合保护测控一体化设备已经支持光纤以太网通信,综合保护测控装置厂家单独招标可以统一考虑网络通信,装置与开关柜,以及装置与变电所综合自动化站级管理层之间的接口关系,有利于工程实施。当然,如何进行设备招标,需要与业主

(下转第 123 页)

效应[J]. 岩石力学与工程学报,2000(增).

[8] 高大水. 三峡永久船闸高边锚索预应力状态监测分析[J]. 岩石力学与工程学报,2001,9.

[9] 陈广祺等. 采用劈裂注浆法提高煤系地层锚索抗拔力的应用工艺探讨[J]. 公路交通,2001,5.

[10] 牟瑞芳. 灌浆式地锚的锚固机理和力学特性分析[A]. 铁道部科学研究院博士论文,1998.

[11] 周维垣. 高等岩石力学[M]. 北京:中国水利水电出版社,1989.

[12] 王火利. 现代理论综述[M]. 江西水利科技. 2002,6.

[13] 葛家良,江涛. 巷道围岩劈裂注浆作用机理[J]. 矿山压力与顶板管理,1997,3.

[14] Nonveiller. 灌浆的理论与实践[M]. 沈阳:东北大学出版社. 1991.

[15] 注浆专业委员会. 中国锚固与注浆工程实录选[M]. 科学出版社,1995.

# THE THEORETICAL ANALYSIS OF THE ANTI-PULLING CAPACITY OF THE CABLE-ANCHORS UNDER SECOND HIGH SPLITTING GROUTING CONDITION

JIANG CHu-sheng

The second surveying and designing institute of railroad

**Abstract:** The second high splitting gruoting can greatly increase the anti-pulling capacity of the cable-anchors in the soft ground,the following paper research discussed the mechanism of increasing the anchorage capacity in details,the formula to compute the anchorage capacity is provided in theory,and also provide a simplified method. It has great directed sense in the designing and construction of the second high splitting grouting cable-anchors.

**Key words:** cable-anchors the second high splitting grouting; the spreading radius of the grout; the anti-pulling capacity

(上接第 115 页)  
进行有效配合,并考虑多种因素,在此不再赘述。

## 9 结束语

牵引供电系统变电所综合自动化监测管理系统,提供了对牵引供电系统开关柜及相应二次回路的监测手段,为检修人员积累经验,有利于提高检修效率。值

得一提的是,综合管理系统为检修工具备品备件的管理提供了依据,因此在检测过程中,可能会发现某个设备运行异常或发生故障,可以通过台帐式统计管理,发现哪些设备属于易损易耗件以及损坏频率,以便指导订货和储备。总之,变电所牵引供电综合自动化监测管理系统实际上是为开关柜设计一个记录运行数据档案的“黑匣子”。

# PROJECT APPROACHMENT OF INTEGRAL AUTOMATION MONITORING SYSTEM FOR SUBSTATION

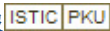
WANG SHu-he

China Railway Electrification Engineering Bureau Group Co. ,

**Abstract:** This paper describes the necessity of designing an integral automation monitoring system for substation, presents the test pattern for spacing circuit of integral automation system based on analysis of the monitoring items for spacing circuit of integral automation system and puts forward to set up an integral automation monitoring management system in order to collect,transfer,file and analysis the data.

**Key words:** integral automation; monitoring on line; process test; periodic test; monitoring management system

# 变电所综合自动化系统监测方案论证

作者: [王术合](#)  
作者单位: [中铁电气化勘测设计研究院城交分院, 天津, 300250](#)  
刊名: [铁道工程学报](#)   
英文刊名: [JOURNAL OF RAIL WAY ENGINEERING SOCIETY](#)  
年, 卷(期): 2003 (4)  
被引用次数: 2次

## 本文读者也读过(10条)

1. [上海市共和新路高架工程SCADA系统的设计](#)[期刊论文]-[自动化仪表](#)2005, 26(10)
2. [杨天勇](#) 电铁变电所综合自动化系统分析[期刊论文]-[甘肃科技](#)2008, 24(16)
3. [石智珩](#). [SHI Zhi-heng](#) 综合自动化变电站现场调试若干问题探讨[期刊论文]-[科技情报开发与经济](#)2006, 16(24)
4. [徐建](#). [XU Jian](#) 变电所综合自动化系统功能完善方案[期刊论文]-[电气化铁道](#)2010(4)
5. [史志成](#) 铁路电网的综合自动化[期刊论文]-[电工技术杂志](#)2004(8)
6. [黄维](#) 浅谈微机监控及综合自动化在电气化铁道牵引变电中的应用[期刊论文]-[电器工业](#)2010(5)
7. [周劲风](#). [Zhou Jinfeng](#) 大秦线2亿吨扩能改造工程延庆、沙城东牵引变电所综合自动化系统改造中的两个问题[期刊论文]-[铁道标准设计](#)2006(9)
8. [关敬忠](#). [张凌云](#). [曹久永](#) 变电所的综合自动化探讨[期刊论文]-[煤炭技术](#)2005, 24(1)
9. [陈春辉](#). [钟克辉](#). [Chen Chunhui](#). [Zhong Kehui](#) 浅谈综合自动化在变电所中的应用[期刊论文]-[一重技术](#)2007(1)
10. [万忱](#) 6kV无人值守变配电所综合自动化的设计[期刊论文]-[科技信息\(学术版\)](#) 2006(2)

## 引证文献(2条)

1. [王永](#) 牵引供电系统在长期过负荷状态下的策略分析[期刊论文]-[铁道工程学报](#) 2012(5)
2. [王丽伟](#) 地铁直流框架泄漏保护设置方案分析[期刊论文]-[铁道工程学报](#) 2012(12)

引用本文格式: [王术合](#) 变电所综合自动化系统监测方案论证[期刊论文]-[铁道工程学报](#) 2003(4)