

PLC在事故柴油发电机组控制系统的应用

对天脊集团事故柴油发电机组的控制原理进行了概述，并对原有控制系统改造的必要性和可行性进行了分析。通过以欧姆龙C200HG系列可编程序控制器为核心，结合触摸屏人机界面技术对现有的控制系统进行了改造，来实现并简化了系统的接线方式，减少了故障率和维护工作量。通过安装触摸屏的方式，改善人机交互界面，以方便电气维护检修人员对故障的判断及处理。

高伟杰/天脊煤化工集团股份有限公司

0 引言

天脊煤化工集团有限公司的应急保安电源是由一套柴油发电机系统构成的，该系统称为“GT-1702事故柴油—发电机系统”。该系统是建厂时引进西德的进口装置，主要由现场柴油机—发电机组及配套控制柜组成。

柴油发电机组的参数设置为：450 kV·A，400 V，50 Hz。

事故发电机系统的主要作用是：当外电网意外失电时，柴油机自动起动，带动事故发电机，为事故母线继续提供电源。

1 事故发电机系统基本原理

现场柴油机—发电机组结构如图1、图2所示。



图1 事故发电现场图

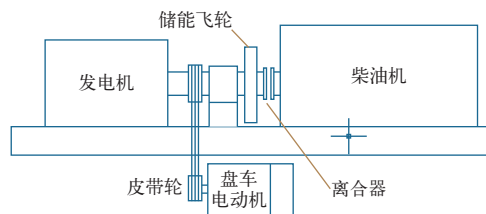


图2 事故发电机结构示意图

外电网正常供电情况下，事故发电机是由一台18.5 kW的盘车电动机（电动机电源来自MCC01E事故母线）通过皮带轮带动旋转发电，但不带负荷处于空载状态，与发电机共轴运转的还有一个直径很大、质量特别厚重的铁质储能飞轮，储存了足够的运动势能。此时，一旦外电网失电（18.5 kW盘车电动机将停止），控制系统将使电磁离合器自动吸合，通过之前储能飞轮储存的能量产生极大扭矩，起动柴油机运行。在此过程中，储能飞轮发挥了重要作用，从外电网失电到柴油机起动之前这一空档时间内，发电机能够靠此飞轮的转动惯性继续运行，转速不会有太大变化，保证了发电机发电的连续性，否则，从柴油机起动到带动发电机运行建立起额定电压需要一个较长的时间，会造成事故母线失电时间太长，无法保证安全生产要求。

事故发电机发出的电压通过一台断路器引接至合成氨装置的事故母线（MCC01E）。该事故母线共有三个电源进线断路器，分别是EP01A、EP01B和IF01E，其一次接线如图3所示。

其中，EP01A、EP01B两台断路器电源分别来自两路市电电源（MCC01A/B



高伟杰/工程师

关键词/Keywords

柴油发电机 ·
应急电源 ·
可编程序控制器 ·
触摸屏 ·

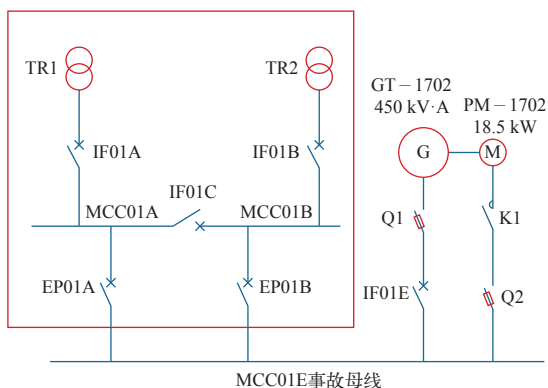


图3 事故母线一次接线

母线)；IF01E断路器电源来自事故发电机。正常情况下，EP01A、EP01B只有一个闭合，为事故母线提供电源。自动方式下，当两路市电有一路失电时，另一路能够自动闭合；当两路市电全部失电时，IF01E断路器自动闭合，同时，现场柴油机自动起动，继续为事故母线提供电源。

当市电电源恢复电压时，IF01E断路器能够自动断开，同时，恢复市电电压的断路器自动闭合恢复失电前的运行状态（先前闭合哪台，哪台自动闭合）。以上过程完全是自动进行的，不需要人为操作。

2 原有控制系统改造设计的必要性

事故发电机原有电气控制系统为20世纪80年代建厂时配套引进的继电器—接触器控制系统，限于当时的技术条件，自动控制所要求的各种复杂联锁关系、报警功能均是由传统继电器、按钮和指示灯实现的。控制柜内各类继电器、时间继电器和模拟操作盘上指示灯、按钮有上百个，接线非常繁杂。随着二十多年的连续使用，旧的控制系统老化严重，大量机械触点接触不良，元器件和接线出现老化、松动现象，故障不断。关键是出现故障时，维修人员无从下手查找排除困难。并且，随着系统二十几年的连续运行，专用备件停产，无法采购，且故障不断，导致在外电网突发停电时，关键时刻无法自动起动，不能起到保安电源的作用，给公司系统停电时的安全造成了很大威胁。

随着近年来PLC可程序控制器和触摸屏技术的日渐成熟，成本不断下降，同时鉴于柴油机和发电机本体并没有太大的问题，经过对整个机组的接线情况和控制原理进行分析，于2012年6月对电气自动控制系统进行了全新的改造，并进行了充分的试验，完全满足了要求。

3 控制系统改进设计

3.1 总体方案

考虑到本系统控制的主要过程为开关和触点的顺序控制，涉及到的参数主要是现场柴油机、发电机本体上的开关量触点、电气断路器的运行状态及分合闸控制等开关量信号，为了最大限度简化系统接线，提高安全可靠，本设计的总体方案采用集散控制系统（DCS）理念，选用了两台PLC装置。一台安装在GT-1702事故发电机现场控制柜内采集现场机组的信号，并实现各种联锁逻辑关系输出必要的报警、联锁和动作信号；另一台安装在2#变电所事故母线控制柜内，采集变电所开关、保护位置及动作信号，并实现各种联锁逻辑关系输出必要的报警、联锁和动作信号。

现场的PLC负责采集柴油机、事故发电机上的各种状态触点和现场控制柜各种开关信号，如急停、试开、复位、柴油机起动和油箱油位等共计34个输入信号，并输出故障报警、关油门、合离合器、柴油机运行和合IF01断路器等共计16个信号，来完成柴油机、发电机的操作和故障监控任务；变电所内的PLC负责完成变电所内三台进线断路器的开关量触点采集，如开关欠电压动作、开关合闸位、开关分闸位和开关储能等共计36个输入信号，并通过输出开关合闸、开关跳闸、开关储能、变电所欠电压、报警和故障指示等21个信号来实现事故母线三台进线断路器的分合闸控制和状态监视功能。两台PLC柜之间仅通过11芯电缆线连接，传递必要的信号。同时，摒弃了原有的专用操作按钮盘，两柜盘面上均加装了小型触摸屏，通过软件组态画面模拟柴油机、发电机和各断路器的运行状态，并显示所有开关量和报

警信息。触摸屏仅用于显示,不直接参与操作和控制。

以上方案,达到了集中监控、风险分散的目的。同时,简化系统接线,各种电缆的使用数量、长度和元器件数量也大大减少,节约了投资,减少了故障点。

3.2 GT-1702事故发电机现场控制柜

为安全可靠,现场控制柜盘面上使用了自动方式、手动方式、人工起动、试开、总停、急停和复位等硬件开关设计,并设置了故障报警蜂鸣器。

其中,总停、手动方式、自动方式和试开四个开关为互锁型,任意时刻只能有一个开关闭合,为解决此问题,此四个开关采用了一个简单的单刀四掷转换开关,代替了原有复杂的、专用的互锁型按钮盘,如图4所示。

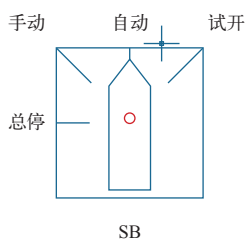


图4 单刀四掷开关

盘面上设有一个简单的系统图,用指示灯显示系统断路器、事故断路器及电动机运行的状态,同时,触摸屏上也有更为直观和详细的显示,如图5所示。

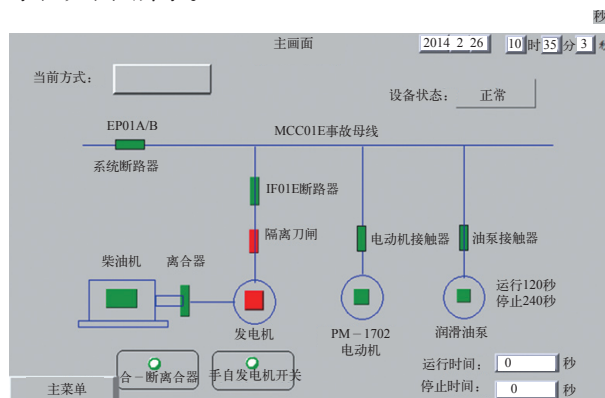


图5 PLC主画面系统图

现场控制柜仅输出合IF01E断路器、跳IF01E断路器和GT-1702现场盘故障三个信号至2#变电

所PLC柜。并接收来自2#变电所PLC柜的MCC低压、EP01A/B开关状态、IF01E开关状态和2#变电所故障四个信号,用于参与控制。

3.3 事故母线变电所内PLC控制柜

控制柜面板上加装自动、手动、复位、消声按钮,故障蜂鸣器及电源正常指示灯。该处的自动、手动、复位和消声仅用于控制事故母线变电所部分,不控制现场部分。

控制柜面板上也加装了一块触摸屏,用于显示三台开关的所有储能信号、开关状态信号和过电流信号等开关量,并显示报警信息,以方便查询信息,大大改善了人机界面环境。

控制柜内PLC接收来自现场PLC控制柜发出的合IF01E断路器、跳IF01E断路器和GT-1702现场盘故障三个信号。同时输出MCC低压、EP01A/B开关状态、IF01E开关状态和2#变电所故障四个信号至现场控制盘,用于参与控制。

3.4 触摸屏设计

两个控制柜内的触摸屏选用了应用广泛的台湾威伦MT6100i系列触摸屏,画面组态软件选用配套的EB8000,用一短截屏蔽双绞线与PLC通信。可编程控制器PLC选用欧姆龙C200HG系列,梯形图程序采用CX-PROGRAMMER编程序软件。

值得说明的是,这里选用了简单便宜的触摸屏,而没有选用功能强大的后台计算机作为画面监护,主要考虑到该事故发电机系统是一个相对独立和简单的系统,选用后台计算机主机是极大的浪费,另外,触摸屏组态软件简单易用,且网络上可免费下载使用,而计算机组态软件需要支付昂贵的软件费用。

3.5 梯形图程序的设计与优化

原有的控制系统是继电器控制系统,其中存在着大量的中间继电器和冗余触点,原理图可读性很差,也没有可视化的人机界面。在消化吸收原有电路图的基础上,此次改造对PLC程序进行了进一步详细的优化设计,取消了那些明显的重复性触点和继电器,使系统得到了大大简化,并增加了可读性。同时在触摸屏的显示配合下,改善

了人机界面,能及时发现异常的报警,并及时进行故障处理。

同时,对事故母线变电所内的PLC程序进行可靠性设计,即使在断开控制柜内控制电源的情况下,也不会造成开关的误动作,为系统日常维护创造了条件。

3.6 报警设计

在设计PLC程序时进行了完善的报警设计。无论是柴油机、发电机还是各断路器,在日常运行及备用状态下,出现任何可预见的异常状态时,均能通过控制柜上的蜂鸣器发出声光报警信息,同时通过触摸屏将具体的故障信息直观地显示出来,方便及时检修。

另外,在负责维护该系统的电工班组专门设置了一个远程声光报警指示灯,一旦装置有任何报警信息,发出响亮的声光报警信号,提醒值班人员立即作出反应。同时,系统事故母线上的三台主断路器状态信号也引入到了公司总降的后台监控主机,主断路器的任何异常变位均能在第一时间在公司总降的后台监控主机上反映出来,便于电力调度及时组织处理。

系统所涉及到的所有开关量输入、输出触点状态均可通达触摸屏画面直观地显示出来,极大地方便了电气维护检修人员对系统的日常检查维护,提高了维护效果。PLC输入信号如图6所示。

4 应用效果

系统自2012年6月改造完成后,经过三年多时间的运行,没有出现过故障。同时,工艺运行

输入信号								
名称	输入点	状态	名称	输入点	状态	名称	输入点	状态
总停	0.00	○	全负荷测试	1.00	○	MCC低压	2.00	○
人工方式	0.01	○	柴油机启动	1.01	○	EP01A/B全断	2.01	○
自动方式	0.02	○	开关集成	1.02	○	备用	2.02	○
试开	0.03	○	发电机负荷开关断	1.03	○	IF01E开关合	2.03	○
人工启动	0.04	○	润滑油泵电源断	1.04	○	02#变故障	2.04	○
人工关闭	0.05	○	发电机低压	1.05	○	备用	2.05	○
启动电动机	0.06	○	电动机过负荷	1.06	○	备用	2.06	○
复位	0.07	○	离合器电源开关断	1.07	○	备用	2.07	○
启动润滑油泵	0.08	○	离合器电源开关断	1.08	○	备用	2.08	○
试灯	0.09	○	备用	1.09	○	备用	2.09	○
手自一体开关	0.10	○	备用	1.10	○	备用	2.10	○
备用	0.11	○	油箱油位低	1.11	○	备用	2.11	○
合闸离合器	0.12	○	飞轮温度Ⅰ高	1.12	○	备用	2.12	○
急停	0.13	○	飞轮温度Ⅱ高	1.13	○	备用	2.13	○
备用	0.14	○	油压低	1.14	○	备用	2.13	○
备用	0.15	○	冷却水温度高	1.15	○	备用	2.13	○

主菜单

主菜单

图6 PLC输入信号图

人员每月对柴油机—发电机系统进行一次切换试验,均能正常启动。并且在2013年8月、2014年4月和2015年5月三次系统性停电事故中,系统均经受住了考验,柴油机自动启动,事故开关自动投入,起到了事故保安电源应有的作用。

5 结束语

旧的事故发电机控制系统经过上述PLC改造设计后,原来复杂的联锁全部由PLC软件来完成,电气元器件数量和开关触点大大减少,接线也变得十分简单。从应用效果来看,其可靠性增强,故障率明显减少。同时,PLC和触摸屏的配合使人机界面变得非常友好,观察系统运行状态更加直观。尤其是发生故障时,通过触摸屏画面可以方便地知道故障的类型和具体部位,大大减少了电气维护人员的工作量。PLC与触摸屏配合应用安全、方便且可靠,与大型DCS系统相比软硬件方面有明显价格优势,该应用在对一些小型机组和控制点数少的工号进行控制系统设计改造时具有一定的推广价值。

(收稿日期:2018-01-09) EA

www.eage.com.cn

欢迎订阅 欢迎投稿 欢迎刊登广告