

大功率整流监控系统的通用化设计

针对国内大功率整流系统所采用的电路拓扑结构众多这一现象，设计了一种新型通用电源监控系统。以西门子PLC作为主控单元，结合上位机组态软件WinCC，可对不同电路拓扑的整流系统进行实时监控。完成相应的硬件监控电路和软件程序设计，实现了大功率整流监控系统的通用化、智能化。

曲文婷 李 宏/西安石油大学电子工程学院
李 梁/陕西高科电力电子有限责任公司



曲文婷/硕士研究生

工业应用中如电解铝、电镀等都需要大量大功率直流电源，随着负载功率越来越大，电力电子器件越来越多，对监控的要求也越来越高。国内有多种监控大功率整流系统的方式，如串行通信、利用电话线和Web嵌入式等^[1]，传统的监控方式都是针对单一拓扑结构下的整流系统进行设计，但电力电子变流设备按照其输出电流与电压的不同，常用的主电路结构有30多种，其中最基本的有12种电路拓扑，包括单相桥式整流、三相桥式整流和双反星形整流等。针对不同主电路结构进行相应的监控设计，费时费力且无通用性。本次设计采用组态软件WinCC和PLC开发一个大功率直

流电源监控系统的通用软硬件库，针对不同的系统进行组态，按模块设计软硬件，可根据应用场合的不同、输出电压、电流的不同，选用不同的电路拓扑结构，实现对大功率整流监控系统的通用化设计。

系统的设计及工作原理

1. 系统的总体设计

系统整体设计原理框图如图1所示。以西门子PLC作为主控单元，结合上位机组态软件WinCC，针对不同的电路拓扑结构，完成相应的通用化监控系统设计。该系统硬件采用CPU226、模拟量输入/输出模块EM235和数字量扩展模块EM221，该系统软件使用西门子公司的STEP-7编程软件以及组态软件WinCC，在巧妙的程序设计下，可实现系统主电路结构以及每一种结构下每个桥臂并联元件个数的选择，并进行相应的故障检测、判断和报警，具有很强的通用性，这样就解决了传统监控方式下针对单一拓扑结构的整流系统进行设计费时费力的问题。大电流场合每臂使用

关键词/Keywords
大功率整流系统 ·
PLC ·
WinCC ·
通用化 ·
监控系统 ·

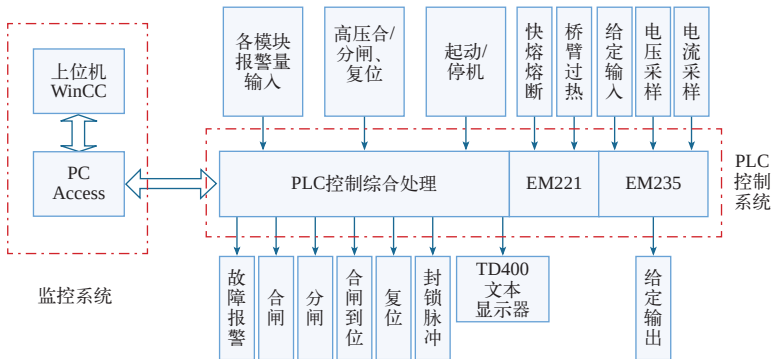


图1 系统整体设计原理框图

多只整流管并联,随着电流大小的不同,每臂并联2~5个元器件,因而采用矩阵式检测快速熔断器(以下简称“快熔”)熔断的方法,这样大大减少了数字量扩展模块EM221的使用量。该系统由TD400文本显示器和PLC构成现场监控系统,上位机WinCC软件和下位机PLC构成远程监控系统。现场监控系统CPU模块和TD400文本显示器采用TD/CPU电缆连接,远程控制监控系统根据现场需求可采用PPI协议、以太网或Profibus通信^[2]。

2. 系统工作原理

大功率整流系统庞大,电路拓扑结构众多,常用的有30多种,根据电路结构中交流电源为固定式和可调式的不同又可得到60多种整流;另一方面,交流可调电压源是晶闸管相控调压与饱和电抗器调压的不同,可以得到交流可调输入电压源的两种不同方案,这样对于常用的30多种电路,就可以变换出120种整流电路结构。根据不同的应用场合需要选用不同的主电路结构,三相半波整流用于低压大电流场合,例如电解、直流励磁系统和电镀等领域,输出电压为3~100 V,输出电流为50~3 000 A;三相桥式整流用于充电机、电解、电镀和电冶加工,输出电压为2 000~20 000 V,输出电流为100~10 000 A;双反星形整流用于低压大电流整流场合,如电焊机、电镀,输出电压为3~200 V,输出电流为100~16 000 A;三相桥式同相逆并联用于高电压大电流场合,如电化学,输出电压为200~1 000 V,输出电流为6 000~30 000 A。对于输出直流电压脉动频率要求高,输出电压纹波含量小的场合,如精密电解、精密电镀等就需要使用多相整流电路^[3]。若对每一种拓扑结构设计一种固定的监控系统,势必浪费大量的人力、物力,本系统可针对不同的系统组态,按照模块设计软硬件,根据应用场合的不同、输出电压电流的不同,选用不同的电路拓扑结构。

用户可通过上位机WinCC软件选择所使用的主电路拓扑模式,以及每个桥臂上所使用的元器件个数,也可以通过下位机PLC中的程序来进行选择。该监控系统实时监控整个整流系统的运行状况,包括高压合闸、分闸;电力电子器件失效、

元件过热、水温过高、变压器油温高、瓦斯报警、过电压和过电流等故障时的保护、报警以及紧急停机;输出电流、电压和给定电压。WinCC曲线画面显示出 Δu ,CPLD根据PID运算的输出控制量产生不同移相角下的触发脉冲,也可根据变压器升档降档,从而改变输出电压的不同,实现整个整流系统的闭环调节。

3. PLC的软件设计

程序块通过主程序和调用各个子程序来实现控制,程序流程框图如图2所示。主程序包括清零子程序使系统初始化;桥臂熔断参数子程序用来选择主电路拓扑形式;桥臂熔断子程序用于选择桥臂并联元件数目;模拟量采集子程序用于采集输出电压、电流;故障检测子程序实现相应的保护和报警,显示在TD400文本显示器或上位机WinCC控制画面上;合闸、解脉冲子程序和封锁脉冲/分闸子程序^[4]。

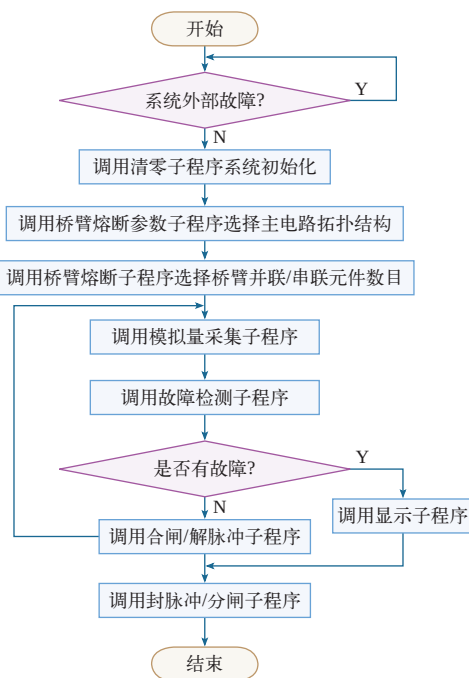


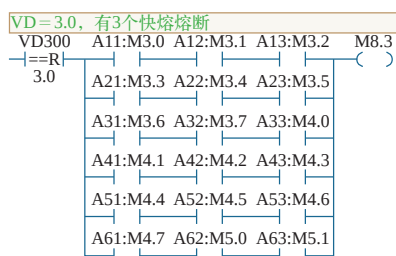
图2 程序流程框图

PLC中的软件设计采用西门子公司STEP-7编程软件,每种电路拓扑与之对应的软件程序都包括上述各个子程序,经过巧妙的程序设计,完成对每一种拓扑结构的实时监控。图3为PLC的梯形图。图3a为选择主电路拓扑形式的梯形图。

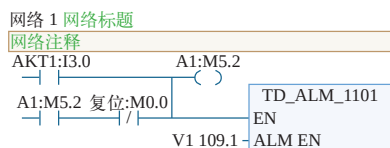
大功率整流系统的电路结构分为三相桥式、双反星形、三相桥式同相逆并联、双反星形同相逆并联、三相桥式串联或并联获得12脉波和双反星形并联获得12脉波等。从监控角度来看,只要系统中桥臂个数相同,其监控软件是一样的,则三相桥式与双反星形监控软件相同,例如当 $VW100=1$ 时,选择三相桥式整流电路或双反星形整流电路。图3b为选择桥臂并联个数梯形图。在三相桥式整流系统中,有6个桥臂,当 $VD=3.0$,表示有3个快熔熔断,即每个桥臂上并联了3个电力电子器件。图3c为快熔熔断梯形图。由于要考虑到整个监控系统的通用性,所以以每个桥臂最多可并联5个元件设计,若PLC每个I/O口对应监控一个快熔熔断,则需要大量数字量扩展模块EM221,该系统采用矩阵式检测快熔熔断的方法,充分利用常闭、常开开关的带电时间差,实现保护的目的,大大节省了数字量扩展模块。



(a) 选择主电路拓扑形式



(b) 选择桥臂并联个数



(c) 快熔熔断

图3 PLC的梯形图

4. 上位机监控软件设计

上位机使用WinCC组态软件实现实时监控。通过登陆界面进入到选择界面,主要有8种类型:三相桥式、双反星形、三相桥式同相逆并联、双反星形同相逆并联、三相桥式串联或并联获得12脉波、双反星形并联获得12脉波和交交变频。每一种类型都有与之对应的主界面,在此不一一展示。每一种拓扑结构与之对应的监控界面有控制界面、桥臂界面、曲线界面、报警界面和报表界面。控制界面主要监控各种故障报警、合分闸和封锁解锁脉冲等。桥臂界面可以显示出每个桥臂上有多少个元件,且桥臂监控界面中每个桥臂摆放的位置与实际整流柜每一层快熔摆放位置相一致,这样更能清楚地反映出是哪一层、哪一个快熔熔断,快速找出故障并排除故障。通过监控曲线界面可以对该大功率整流系统进行闭环调节,在WinCC中全局脚本中选择C-Editor设置动作,完成电压控制。给出给定电压的两个点的程序,多点程序与此相同,只需要扩充即可。若电压超出给定电压偏差范围外,通过调节变压器,改变输出电压,实现闭环调节^[5-6]。

电压控制代码为

```
t1 = GetTagWord ("time");
if (GetTagBit ("start") == 1) {
    if (GetTagWord ("time") < GetTagWord ("c_1")) {
        t1 = t1 + 1;
        SetTagSDWord ("time", t1);
        if ((GetTagWord ("电压") + GetTagWord ("偏差")) < GetTagWord ("s_1")) {
            SetTagSDWord ("升档", 1);
            SetTagSDWord ("升档", 0);
        } else {
            SetTagSDWord ("降档", 1);
            SetTagSDWord ("降档", 0);
        }
    }
    return 0;
}
```

实用效果

对该系统进行试验， 选用电路结构为双反星形整流电源，通信电缆选择PC/PPI电缆，采用PPI协议。由于WinCC软件中没有集成PPI协议，WinCC需要通过S7－200PLC的OPC服务软件PC Access访问S7－200PLC中的数据，实现WinCC与S7－200PLC的OPC－DA的连接。在WinCC选择界面中选择双反星形主电路拓扑结构，进入双反星形主界面，如图4所示。每张主界面图对应一个按钮，按下后会弹出界面窗口，显示相应的主电路图 and 详细的电路说明。监控界面有控制界面、桥臂界面、曲线界面、报警界面和报表界面。人为使系统出现某个快熔熔断故障，系统发出警告，如图5所示，快熔熔断文本框变为红色，表示A柜的快熔有熔断，并进行报警记录，如图6所示。同时生成报表界面。点击桥臂界面，此时就能知道是A柜第一层第一个快熔熔断。与此同时，TD400文本显示器也相应的显示故障界面，发出报警声。排除故障，报警声停止，按复位键，WinCC界面与TD400界面显示正常界面。其他故障点试验

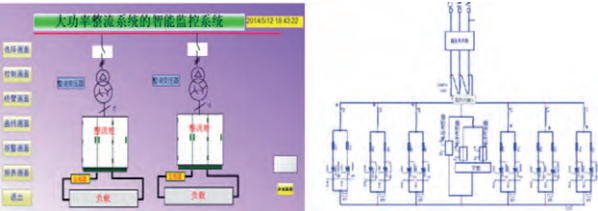


图4 双反星形主界面



图5 控制界面

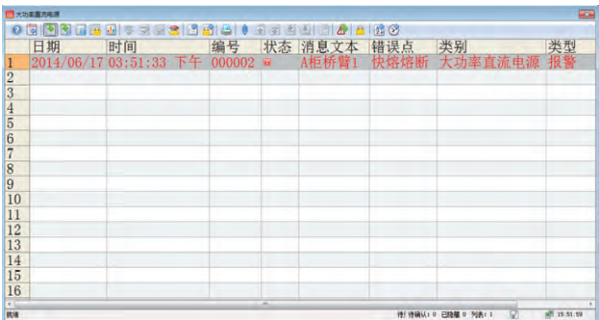


图6 报警界面

与此类似，这里不再赘述。从现场试验效果来看，该监控系统通信效果良好，可进行实时监控。

结束语

该大功率整流监控系统适用于多种电路拓扑结构，只要系统中所用的桥臂数一样，其监控软件就是相同的，解决了传统监控方式下设计不同拓扑结构的整流监控系统费时费力的问题，大大减少了不必要的重复设计，具有很强的通用性和实用价值，批量使用可产生良好的经济效益和社会效益，其稳定性和可靠性也得到了验证，应用前景非常广阔。

参考文献

[1] 吴建忠. 直流电源系统监控装置的研制 [J]. 电子工程师, 2003, 29 (10) : 10-12.

[2] 徐军. 可编程控制器PLC的数据通信及网络技术 [J]. 自动化与仪器仪表, 2008, 3 (4) : 33-35.

[3] 李宏. 常用电力电子变流设备调试与维修基础 [M]. 北京: 科学出版社, 2011.

[4] 姜建芳. 西门子S7－200 PLC工程应用教程 [M]. 北京: 机械工业出版社, 2010.

[5] 李军. WinCC组态技巧与技术问答 [M]. 北京: 机械工业出版社, 2013.

[6] 向晓汉. 西门子WinCC V7从入门到提高 [M]. 北京: 机械工业出版社, 2012.

(收稿日期: 2014-12-24) EA