

[测量技术]

核电站堆芯中子注量率测量系统驱动设备控制电路的设计

文/北京中法瑞克核仪器有限公司 黎宏块 姚正喜 周 川

描述了核电站堆芯中子注量率测量系统驱动设备的控制电路设计，解决了驱动设备的测试问题。目前该设计已在CPR1000堆型核电站供货中得到应用。

堆芯中子注量率测量RIC系统是核电站仪表系统中重要的一个组成部分，它的主要功能是测量堆芯中子通量，提供堆芯中子通量的分布图。在当前RIC系统的国产化进程中，迫切需要一套手动控制测试装置对RIC系统的机电设备进行功能和性能的验证测试，以确保机电设备的可靠性和功能完整。

驱动设备是RIC系统的主要机电设备，目前国内还没有现成可用的测试装置，需要自主研发。本文描述了驱动设备的控制电路设计，解决了驱动设备测试装置的核心技术问题。

被测驱动设备原理

被测设备为驱动设备，其主要功能是驱动安装在螺旋电缆上的探测器进出堆芯，在进出的过程中测量堆芯中子通量。其原理图如图1所示。图中，X00PJ、X01PJ及X04PJ为航空插头，是该驱动设备对外及内部的电气接口；X03PJ为BNC接头，用于传输探测器的测量信号；X00BN、X01BN及X02BN为接线端子，用于内部接线；X00Mo为三相双速电动机，是主要的驱动电动机，驱动螺旋电缆实现正反转和高速低速运行；X00ER为三相双速电动机的制动装置，起制动作用；X01Mo为直流48V收纳卷盘电动机，该电动机的主要功能是收纳和张紧螺旋电缆；X01FI、X02FI及X03FI为三相滤波器，起滤波作用；X00RS为加热电阻，阻值为10 Ω，起除湿作用；X00DT为磁开关，装于收纳卷盘上，用于监测

卷盘的正常工作；X01SX、X02SX为微动开关，防止探测器在回抽过程中，卡到驱动轮上，起安全保护作用。

该驱动设备有4种驱动方式，分别为低速前进、低速后退、高速前进和高速后退。驱动设备通过这4种驱动方式控制探测器进出堆芯。

综上所述，要对驱动设备进行控制，主要是要解决三相双速电动机X00Mo和收纳卷盘电动机X01Mo的控制问题。下面就它们的控制电能设计进行详细讨论。

三相双速电动机的控制电路设计

针对上述的被测驱动设备的原理和工作方式，本文设计了对应的三相双速电动机的控制电路，如图2所示。该电路采用继电器进行电动机控制。图中，继电器K3用于三相主电路的电流测量，即当K3处于释放状态时，可以在J1的位置串联3个电流表，测量主电路的电流，可手动通过S1来进行控制；K5用于控制驱动设备电动机的前进和后退即（正转和反转），主要是通过K5的吸合、释放来改变三相电路的相序而实现的；继电器K6、K7用于控制驱动设备电动机的高速和低速；由于该电动机为双速电动机，所以采用两种接线方式来切换高低速。继电器K4用于控制驱动设备电动机的制动，当K6或K7之一动作的时候，K4得电刹车放开，驱动电动机开始运行；选择开关S2和S3用于手动设置前进后退和高速低速，可

以通过S2和S3设置4种运行方式（即低速前进、低速后退、高速前进和高速后退）；发光二极管VD1~VD4用于指示状态；开关S0是电源总开关，开关按下时起动，松开则断电。

手动控制操作方法：如需测量三相主电路电

流则拨动S1使K3处于释放状态，在J1处串联3个电流表，如不需要测量则拨动S1使K3吸合状态；然后拨动S2、S3设定4种运行方式中的一种；最后按下S0，这样就可以控制被测驱动设备以设定的运行方式运行。

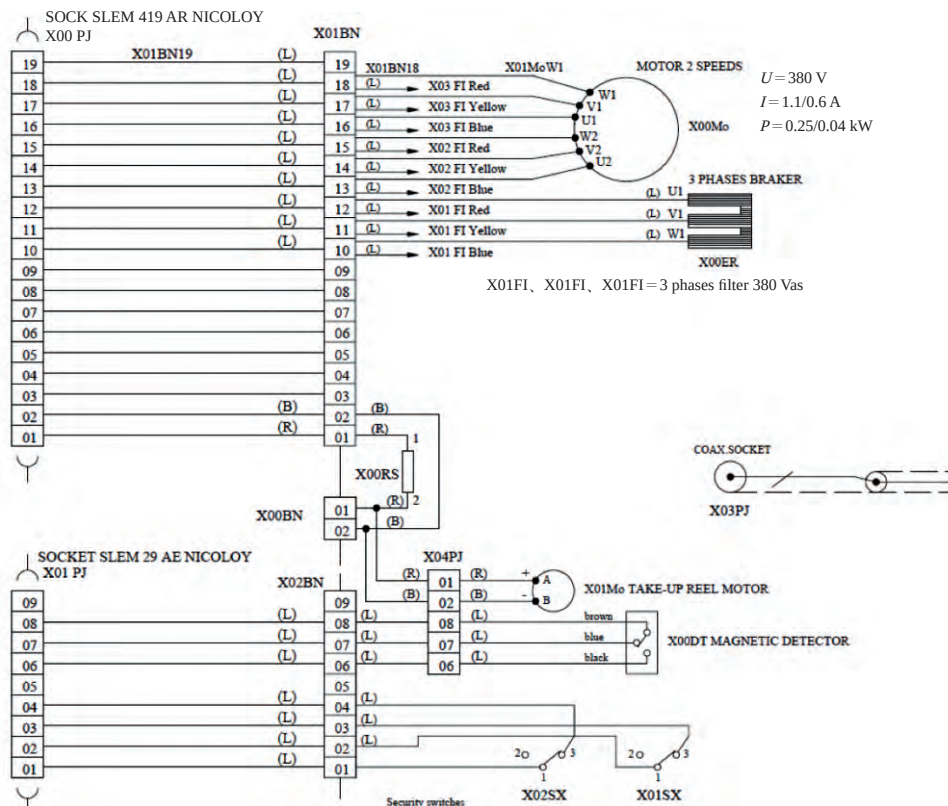


图1 被测驱动设备原理图

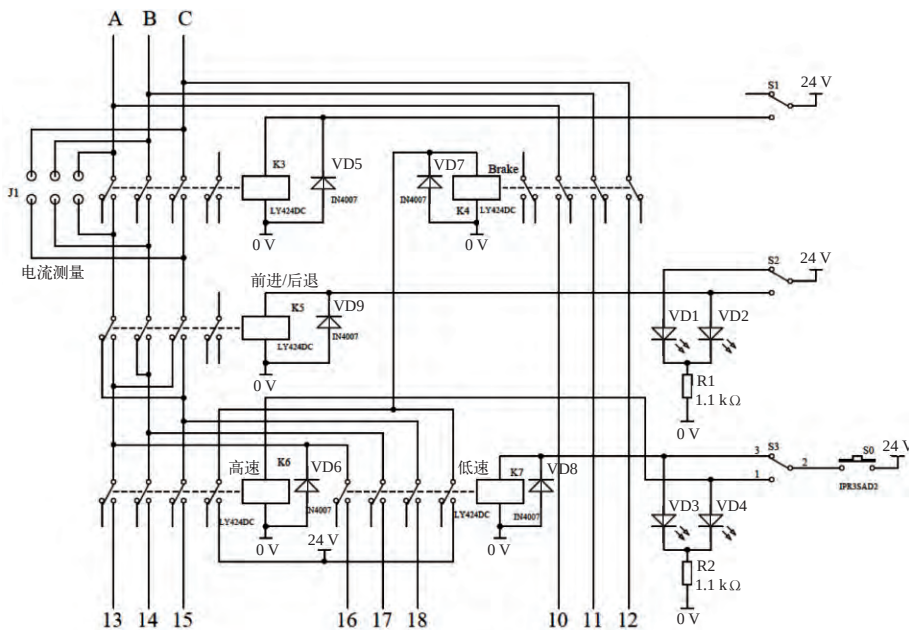


图2 三相双速电动机控制电路

卷盘电动机控制电路设计

在主电动机运行的同时，卷盘电动机需要收纳或张紧螺旋电缆，确保盘在卷盘里的电缆不松散。由图1可知，其电路上还有加热电阻X00RS，阻值为10 Ω，这样该48 V电路的电流比较大，约有4 A左右。这么大的电流如用继电器来控制它的通断就会产生拉弧，不可行。本设计采用了一个48 V的接触器，因为接触器具有灭弧功能，这样就避免了拉弧的问题。在实际运用中，如果卷盘电动机与三相驱动电动机同时停止，会出现卷盘上的电缆收纳不紧或松线的情况，所以需要约3~4 s的延时功能。卷盘电动机控制电路如图3所示。图中K2为48 V主电路的接触器，其他部分为延时电路。

由图3可见，卷轮电动机的延时控制电路中，当S0按下时，C20得电处于充电状态，VT1工作于

饱和状态，驱动继电器K1，接触器K2工作；当S0放开时，C20处于放电状态，因为C20正极的电平还大于VT1的饱和状态工作电压，VT1还工作在饱和状态。直到C20正极电压小于VT1饱和状态工作电压，VT1的集电极电流不足以驱动继电器K1，K1线圈失电，接触器K2也失电，从而达到延时的目的。

VT1的饱和状态工作电压为0.6 V，VT1的消耗忽略不计，则延时时间为

$$t = \ln[(U_1 - U_0) / (U_1 - U_t)]$$

式中， U_0 为电容上的初始电压值； U_1 为电容最终可充到或放到的电压值； U_t 为 t 时刻电容上的电压值。

若 $U_0 = 24$ V、 $U_1 = 0$ 且 $U_t = 0.6$ V（VT1饱和状态工作电压），则延时时间约为

$$t = 1 \times \ln(24/0.6) = 3.69 \text{ (s)}$$

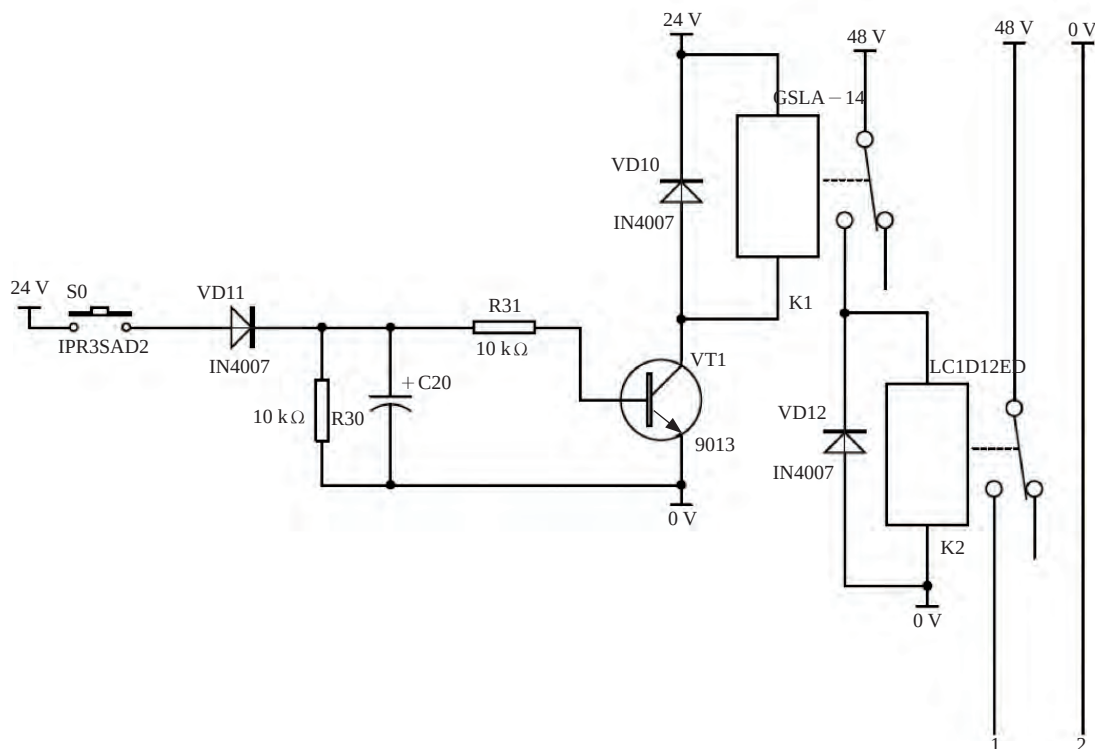


图3 卷轮电动机控制电路

结束语

本文所述核电站堆芯中子注量率测量系统驱动设备控制电路的设计简单实用，用较小数量的继电器解决了三相双速电动机的控制问题，同时采用电容充放电电路和接触器灭弧电

路解决了卷盘电动机的延时控制和灭弧问题。目前该测试装置已为CPR1000堆型的核电站供货并使用。EA

(收稿日期：2016.05.17)

(编辑：杨得润)