[电动机]

异步电动机软起动控制柜控制方案研究

文/托口水电厂　陈　舟
长沙理工大学电气与信息工程学院　叶建兴　巢拓勋

为达到某机场冷却水泵的控制要求，在分析当前应用广泛的一拖一和一拖多电动机控制柜控制方案的优缺点的基础上，提出了一种二拖三电动机软起动控制柜控制方案（即两用一备模型）。给出了设计逻辑框图，并设计出控制原理图。根据设计图组装的控制柜投入使用，运行情况表明，此设计方案完全满足手动联动双重控制，既能软起动也能软停车，且高度一体化，性能良好，具有一定的实际意义和设计参考价值。

随着科学技术的发展，电气设备已成为人们生产生活中的重要组成部分，并且越来越趋向于自动化和集成化。目前的电气设备制造中电气控制柜的应用已经非常广泛。电气控制柜主要是由断路器、接触器、继电器及熔断器等设备组成，根据不同的需要，具体组成部分会有一些变化。电动机控制柜就是最常见的电气控制柜之一，常见的电动机控制柜有变频调速柜和降压软起控制柜。降压软起动控制柜以软起动器为核心器件，主要应用于需要降低电动机的起动电流而不需要调速的场合，能够减小配电容量，避免增容投资，减小起动应力，延长电动机及相关设备的使用寿命。具有多种起动模式和宽范围的电流、电压等设定，可适应多种负载情况等优点。广泛应用于风机、水泵、输送类及压缩机等负载。根据不同的应用场合，选择合适的电动机控制柜控制方案不仅有利于节省投资成本，而且能够有效提高电气设备的使用寿命和提高控制可靠性。

常用控制方案分析

当前，广泛使用的电动机软起控制柜控制方案有一拖一控制方案、一用一备控制方案和一拖多控制方案。这三种方案适用于不同要求的负载场合，具有各自的特点。

1．一拖一控制方案

一拖一控制方案就是一台软起动器拖动一台电动机负载。常应用于对负载等级要求较高的场合，比如锅炉风机、消防用水泵电动机及需连续性生产的设备等。一拖一控制方案控制逻辑简单，具有电气主回路和控制回路接线都非常简单的优点，电气主电路如图1所示。这种方案不仅能够合理利用软起动器的软起、软停及轻载节能功能，而且还能够充分发挥起动器的过电流、缺相及过载等多种保护功能，无须另外增加电动机综合保护器，同时还具可靠性高、安装简单、维修方便等优点。虽然优点很明显，但是因为相同额定容量的软起动器的价格相比电动机保护器和交流接触器要高很多，所以一拖一控制方案相对于一拖多控制方案要更高的一次投入成本。

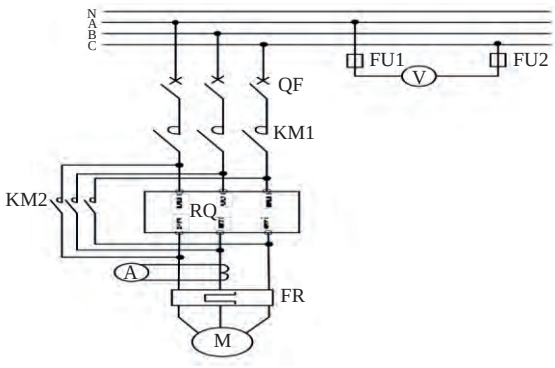


图1　一拖一主电路

2．一拖多控制方案

一拖多控制方案，即是由一台软起动器拖动多台电动机负载。对于负载等级要求一般、负载可以短时间停机、非连续性生产的多电动机负载场合，为提高整体设备的经济性，节省设备投资，一般采用一台软起动器循环拖动多台电动机负载的方案。理论上一台软起动器可以依次拖动任意台电动机，综合可靠性、维护等多方面因素，实际生产中采用一台软起动器拖动两台、三台电动机负载的情况为多。

图2为一拖三控制方案的电气主回路图，由一台软起动设备可控制三台电动机分时先后起动。起动控制过程中，在任一台电动机起动完成后，软起动器返回准备状态时方允许起动下一台电动机，即任意时刻软起动器最多只带一台负载工作。这种控制方式下，每台电动机负载回路必须另设电动机过载保护元件，而且一般不能使用软起动器的软停功能。与一拖一的控制方案相比，其电气主回路和控制回路的电器分立元件较多，不仅接线复杂，而且拖动电动机越多控制回路也越复杂，同时，不能充分利用软起动器的综合保护功能。随着电力电子技术的发展和控制技术的成熟，软起动器的成本费用逐渐降低，一拖多方案的总费用与一拖一越来越接近。未来，一拖一方案可能比一拖多控制方案会更合理、更经济。

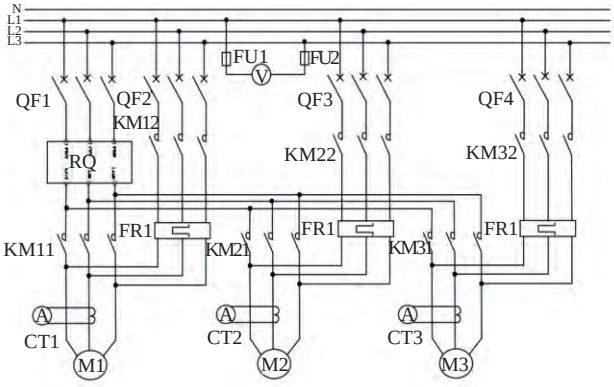
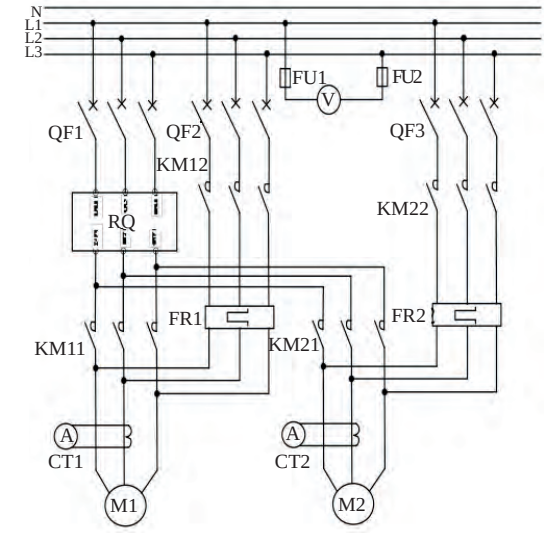


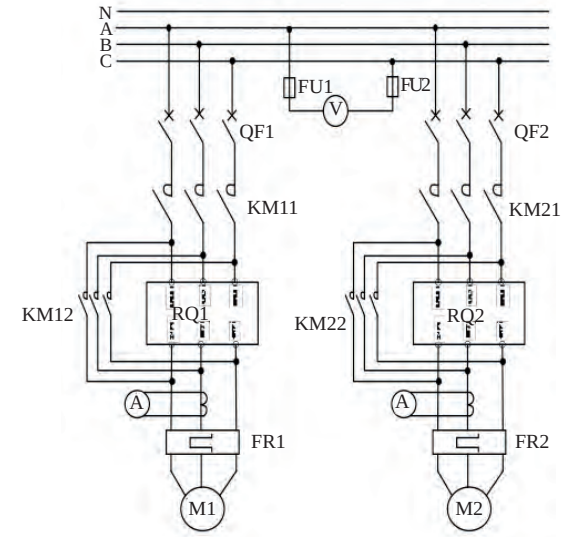
图2　一拖三主电路

3．一用一备方案

一台电动机工作、一台电动机备用的控制方案称为一用一备控制方案。一用一备方案的主电路有二拖二和一拖二两种类型。此种方案常常在二次控制回路中使两台电动机互为备用，采用软起动器时，必须有两个独立的软起控制回路。当运行的电动机负载有故障停机时，另一台电动机负载自动投入运行；或者两台电动机都正常，但是从电动机寿命考虑，每台电动机轮流为备用电动机，消防水泵应用此种方案较多。一拖二控制方案如图3a所示，由一台软起动器控制两台电动机，每台电动机都有各自的控制回路，两个控制回路必须通过中继互锁，保证同一时刻软起动器只带一台电动机。二拖二主电路如图3b所示，此方案相当于两个一拖一控制方案的联合，区别在于同一时刻只需起动运行一台，另一台为备用。



（a）一拖二



（b）二拖二

图3　一用一备主电路

二拖二方案与一拖二方案都是一用一备的具体体现，两者在经济性和可靠性方面有差异。一拖二方案中，因只有一台软起动器，所以一次投入经费要少。但是当软起有故障时，必须两台电动机都停机检修，相对于二拖二方案可靠性要差。

二拖三控制方案与设计举例

1．方案的提出

某场制冷站空调房水泵变频自控系统改造项目中制冷站空调房的三台380 V，55 kW的冷温水泵采用降压软起动控制，要求只需两台水泵工作，另一台为备用，制热期间，每24 h切换一次备用电动机。由此，在总结以上控制方案优缺点的基础上，提出二拖三控制方案（两用一备）。

由两台软起动器控制三台电动机负载的控制方式成为二拖三控制方案。二拖三并非三台电动机同时工作，而是两用一备。采用这种控制方案能够灵活选择备用电动机，增加水泵运行的可靠性和经济性。本质上相当于一台软起动器控制一台电动机，不仅能够充分利用各软起动器的综合保护功能，省略额外的电动机保护器件，而且能够选用具有旁路接触器的软起动器，有效减小柜子外形尺寸和电路复杂程度。多电动机负载控制的一体化和集成化，缩小控制柜占用的空间。

2．总体设计思路

因控制对象为三台额定电压为380 V，额定功率为55 kW的水泵电动机，所以选用施耐德ATS22C11Q软起动器两台；施耐德ATS22系列软起动器内置旁路接触器，有利于缩小整个控制柜的尺寸，只需选4台交流接触器，型号为LC1E160M5N；每个软起动器配一个断路器，由水泵电动机负载的大小选择EZD160E3160N型号。设计方案要不仅能够实现电动机的柜前手动按钮起动、停止及故障复位控制，也能响应主机空调系统发来的联动控制信号，联动信号有电动机起停干结点信号1个（通过延时起动第二台电动机），起动运行信号来临则相应的电动机起动，信号消失，则相应的电动机停机；复位点动信号两个,分别控制两台软起动器的故障自动复位。自动控制和手动控制的切换通过三位选择开关实现。

3．电路设计

主电路由两个额定电流为160 A的断路器QF1和QF2、两个55 kW的软起动器RQ1和RQ2、四个接触器KM1、KM2、KM3、KM4组成。其中KM1与RQ1形成1#水泵主电路，KM2与RQ1形成1#水泵备用2#水泵运行主电路，KM3与RQ2形成3#水泵备用2#水泵运行主电路，KM4与RQ2形成3#水泵主电路，如图4所示。

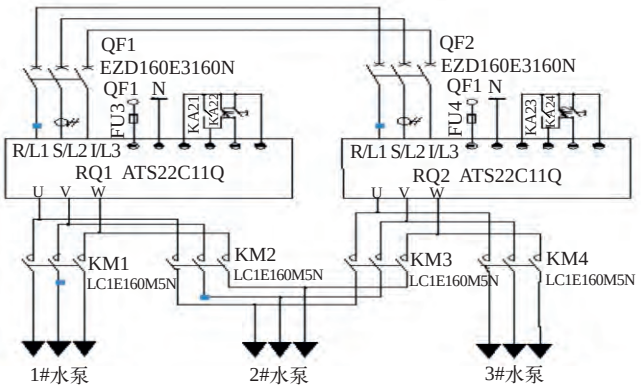


图4　控制系统主电路

控制电路图如图5所示，由备用电动机选择电路（图中浅绿色虚线框内）、逻辑控制回路（红色虚线框内部分）、信号显示回路（蓝色虚线框内部分）三个部分组成。

以1#泵备用，2#和3#工作简单介绍控制原理。备用选择开关SA1打到1#泵备用位置，中继KA1线圈得电，以KA1的常闭触点控制1#泵控制回路断电。此时按钮SB2、SB1和SB4、SB3分别控制2#泵和3#泵手动起动和停止。通过手动/自动选择开关SA2选择手动控制方式，按下1#软起动按钮SB2，中继KA12线圈得电，常开触点闭合，中继KA22得电，KA22常开触点闭合，交流接触器KM2得电动作，同时1#软起起动。若1#软起检测电路装填为正常，即中继KA8不得电，则2#泵将正常起动。起动完成后，软起自动切换到旁路工作状态，软起发出运行信号。此后软起动器主要起保护电动机的作用，直到停机信号来临。停机时，按下1#软起停机按钮，KA12失电，KA22断电，软起动器进入软停车状态，停车延时继电器开始计时，当设定时间来临（软停机已完成），KM2交流接触器断开，停机完成。当软起有故障时，通过复位按钮FW1和FW2分别对1#软起和2#软起进行复位操作。3#泵的起动和停止逻辑类似。

当选择自动控制时，空调中央控制室发来起动干结点信号（接在图5中红色虚线椭圆圈内的两个接点上），通过中间继电器KA4和KA5

来控制相应水泵的起动和停止。干结点信号来临时起动相应水泵，信号消失则停机。控制基本逻辑和手动控制类似，区别是用信号代替按钮操作。

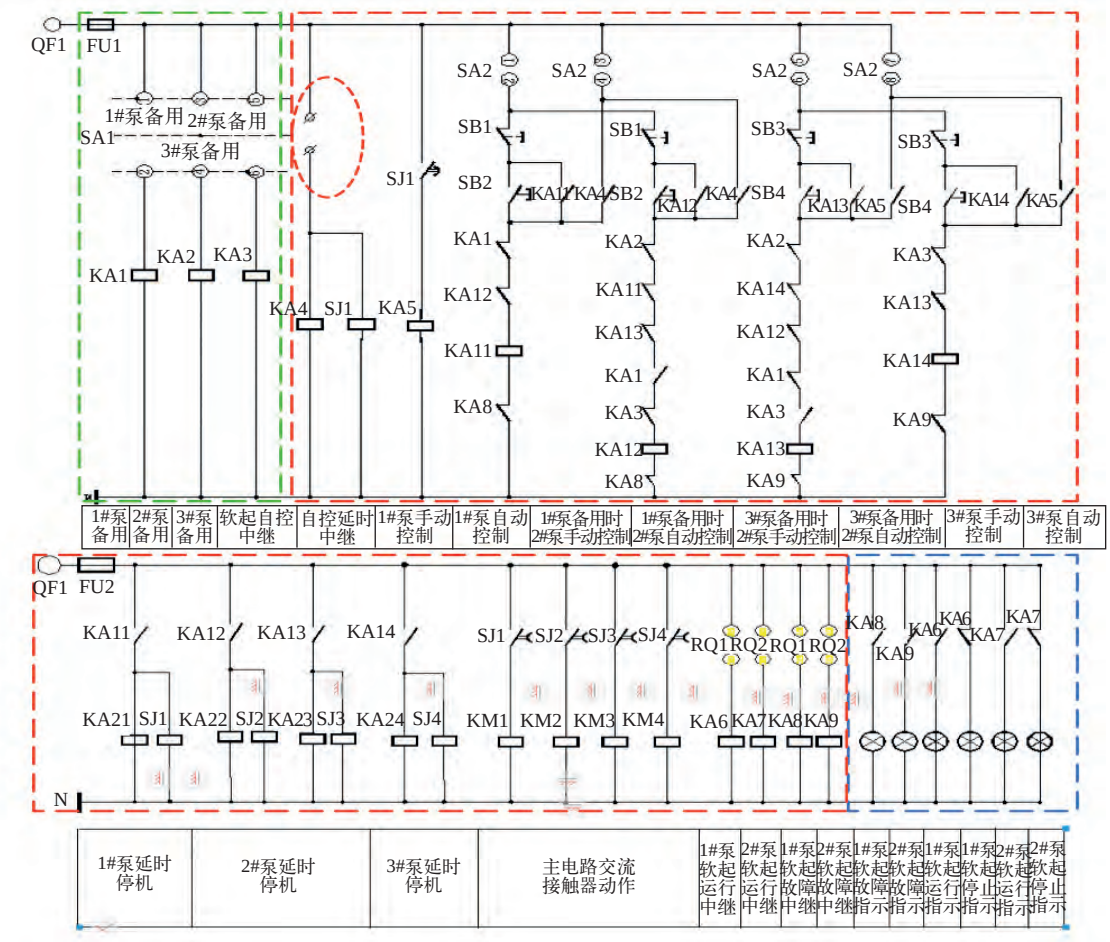


图5　二次控制原理图

方案验证

根据设计原理图组装的冷温水泵控制柜如图6所示，左边为面板，右边为控制柜内部结构。经通电、软起参数设置、手动操作试运行和上位机自动操作试运行，控制柜完全满足要求，现已投入正常工作。运行效果良好，完全满足现场需求。此二拖三控制方案与一拖一控制方案相比，节省了软起和空开各一个，经济性高，而且可靠性相差不大。与一拖三控制方案相比，备用水泵的灵活切换，且可靠性高，并且能够充分利用软起动器的综合保护功能。

图6　控制方案实物图

结束语

本文提出的电动机软起控制柜二拖三控制方案经现场调试运行，现已投入实际应用。运行效果表明，控制柜能够灵活实现手动/联动控制的转换、备用电动机的灵活选择、各个水泵电动机的软起动和软停车等功能。而且能够充分利用软起动器的综合保护功能，控制柜具有大小适中、高度一体化、外形美观且操作方便等特点。现场运行效果良好，证明了设计方案的可行性，对于以软起动器或者变频器为主要器件的两用一备控制方案设计具有一定的参考意义。EA

（收稿日期：2015.04.10）
（编辑：白文亭）