

从基础
到实践

基础知识全面覆盖
实践操作循序渐进

从理论
到应用

理论讲解详尽具体
动手应用实操实练

从入门
到进阶

入门知识由浅入深
掌握技能进阶无忧

电气控制系统

设计

戴琨 王震生 / 主编

 **北京理工大学出版社**
BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

电气控制系统设计

基础知识与基本技能分册

主 编 戴 琨 王震生
副主编 曾 艳 田 超

内 容 简 介

本书内容丰富、全面系统、思路清晰、涉及范围广，具有较强的实用性和先进性。本书可作为高等院校动车组技术、机电一体化技术、电气自动化技术等专业相关课程的教材或参考书，也可作为从事电气控制系统设计的工程技术人员的学习和参考用书，同时对电气控制系统方面的实践性课程的开设也具有应用指导意义。

版权专有 侵权必究

图书在版编目 (C I P) 数据

电气控制系统设计 / 戴琨, 王震生主编. -- 北京 :
北京理工大学出版社, 2022. 12

ISBN 978 - 7 - 5763 - 1993 - 4

I. ①电… II. ①戴… ②王… III. ①电气控制系统 -
系统设计 - 教材 IV. ①TM921.5

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2023) 第 001791 号

出版发行 / 北京理工大学出版社有限责任公司

社 址 / 北京市海淀区中关村南大街 5 号

邮 编 / 100081

电 话 / (010) 68914775 (总编室)

(010) 82562903 (教材售后服务热线)

(010) 68944723 (其他图书服务热线)

网 址 / <http://www.bitpress.com.cn>

经 销 / 全国各地新华书店

印 刷 / 河北盛世彩捷印刷有限公司

开 本 / 787 毫米 × 1092 毫米 1/16

印 张 / 18.75

字 数 / 454 千字

版 次 / 2022 年 12 月第 1 版 2022 年 12 月第 1 次印刷

定 价 / 95.00 元

责任编辑 / 张鑫星

文案编辑 / 张鑫星

责任校对 / 周瑞红

责任印制 / 施胜娟

图书出现印装质量问题, 请拨打售后服务热线, 本社负责调换

前 言

本教材共有 2 个分册，分别为基础知识与基本技能分册和技术应用与能力提升分册，本册为第一分册，该分册主要分为两个模块，模块 1 从继电器系统的基础设计知识入手，之后以继电器系统典型线路应用为重点，结合实例使读者逐步掌握继电器系统的设计经验。模块 2 为 PLC 控制系统设计，主要内容有：PLC 基础知识、基本指令及应用、编程方法、PLC 控制系统开发，整体设计遵循读者认知规律，从基本知识开始学习，掌握 PLC 系统基本指令及技能，到抽象编程方法学习，最后完成整套 PLC 系统开发，该设计可使读者从一个基础学习者慢慢成长为复杂 PLC 系统的开发者。

教材内容有机渗透综合学习能力、创新能力的培养，以实践活动为主线，编排模块化教材内容。本书从设计电气控制系统的角度出发，以企业典型实例为载体，从介绍各种电器的性能、选用原则与方法的基础上，分析讨论了传统的继电器-接触器电气控制设计方法，讲述了现代电气控制技术典型 PLC 的结构、原理、编程方法等基本知识及应用技术，展现了电气控制技术与计算机技术互相融合、综合化和开放性的发展趋势，体现了实用性与先进性。

本书由戴琨、王震生主编，曾艳、田超为副主编，裴文良、周林、张雨新、常燕臣、崔景宙、部伟利、张会华、刘博、孙占跃参编。戴琨、张雨新、裴文良、崔景宙主要负责第一分册模块 1 的编写，王震生、常燕臣、张会华、刘博、周林负责第一分册模块 2 的编写。曾艳、孙占跃负责第二分册模块 1 和模块 3 的编写。田超、部伟利负责第二分册模块 2 的编写。在编写过程中参考了有关专业书籍和资料，在此向原作者表示最诚挚的谢意！

由于编者水平有限，书中难免出现不妥之处，敬请读者批评指正。

编 者

目 录

模块 1 典型继电器 - 接触器控制系统的设计	1
知识点 1.1 继电器 - 接触器电气控制系统设计的基础知识	1
1.1.1 电气控制系统设计的基础知识	1
1.1.2 常用低压电器的选型	12
1.1.3 电气控制线路的绘制	16
知识点 1.2 三相交流异步电动机典型正反转控制线路设计	24
1.2.1 典型正反转控制线路的设计	24
1.2.2 典型行程控制线路的设计	28
知识点 1.3 三相交流异步电动机典型降压启动控制线路设计	33
1.3.1 三相交流异步电动机降压启动控制	33
1.3.2 三相交流异步电动机星 - 三角 (Y - Δ) 降压启动控制	34
知识点 1.4 三相交流异步电动机典型顺序控制线路设计	37
1.4.1 典型手动顺序控制线路的设计	37
1.4.2 典型自动顺序控制线路的设计	45
模块 2 典型 PLC 控制系统设计	49
知识点 2.1 PLC 基础知识	49
2.1.1 概述	49
2.1.2 西门子 1200 PLC 介绍	61
2.1.3 S7 - 1200 PLC 编程与仿真软件的使用	74
知识点 2.2 基本指令及应用	109
2.2.1 位逻辑指令	109
2.2.2 定时器	115
2.2.3 计数器	125
知识点 2.3 编程方法	131
2.3.1 经验设计法与移植设计法	131
2.3.2 顺序控制设计法	135
知识点 2.4 PLC 控制系统开发	163
2.4.1 PLC 控制系统设计原则、内容与步骤	163
2.4.2 PLC 选型	164
2.4.3 PLC 的梯形图设计步骤 (梯形图的特点、编程格式、原则)	170
2.4.4 PLC 的硬件设计、软件设计及调试	174
参考文献	186

模块 1 典型继电器 - 接触器控制系统的设计

知识点 1.1 继电器 - 接触器电气控制系统设计的基础知识

1.1.1 电气控制系统设计的基础知识

知识提示

1.1.1.1 电气控制系统设计的主要内容

电气控制系统设计的基本任务是根据控制要求设计和编制出设备制造和使用过程中必需的图纸、资料,包括电气原理图、电气系统的组件划分与元器件布置图、安装接线图、电气箱图、控制面板及电气元件安装底板、非标准紧固件加工图等,编制外购成件目录、单台材料消耗清单、设备说明书等资料。

任何生产机械电气控制装置的设计都包含两个基本方面:一个是满足生产机械和工艺的各种控制要求;另一个是满足电气控制装置本身的制造、使用及维修的需要。因此,电气控制装置设计包括原理与工艺设计两个方面。

1. 原理设计内容

- (1) 拟订电气设计任务书。
- (2) 选择电力拖动方案与控制方式。
- (3) 确定电动机的类型、容量、转速,并选择具体型号。
- (4) 设计电气控制原理框图,确定各部分之间的关系,拟订各部分技术要求。
- (5) 设计并绘制电气原理图,计算主要技术参数。
- (6) 选择电气元件,制订元器件目录清单。
- (7) 编写设计说明书。

2. 工艺设计内容

工艺设计的主要目的是便于组织电气控制装置的制造,实现原理设计要求的各项技术指标,为设备的调试、维护、使用提供必要的图纸资料。它包括以下几个方面:

(1) 根据设计的原理图及选定的电气元件,设计电气设备的总体配置,绘制电气控制系统的总装配图及总接线图。

(2) 按照原理框图或划分的组件,对总原理图进行编号,绘制各组件原理图,列出各部分的元件目录表,并根据总图编号设计各组件的进、出线号。

(3) 根据组件原理电路及选定的元件目录表,设计组件装配图、接线图,图中应反映

各电气元件的安装方式与接线方式。

(4) 根据组件装配要求，绘制电器安装板和非标准安装零件图纸，标明技术要求。

(5) 设计电气箱。

(6) 根据总原理图、总装配图及各组件原理图等资料进行汇总，分别列出外购清单、标准件清单及主要材料消耗定额。

(7) 编写使用说明书。

1.1.1.2 电气控制系统设计的一般程序

1. 拟订设计任务书

简要说明所设计设备的型号、用途、工艺过程、动作要求、传动参数、工作条件，另外还应说明以下主要技术指标及要求：

(1) 控制精度、生产效率要求。

(2) 电气传动基本特性，如运动部件数量、用途，动作顺序，负载特性，调速指标，启动、制动要求等。

(3) 自动化程度要求。

(4) 稳定性及抗干扰要求。

(5) 联锁条件及保护要求。

(6) 电源种类、电压等级、频率及容量要求。

(7) 目标成本与经费限额。

(8) 验收标准与验收方式。

(9) 其他要求，如设备布局、安装要求、操作台布置、照明、指示、报警方式等。

2. 选择拖动方案与控制方式

电力拖动方案是指根据零件加工精度、加工效率要求、生产机械的结构、运动部件的数量、运动要求、负载性质、调速要求以及投资额等条件去确定电动机的类型、数量、传动方式以及拟订电动机启动、运行、调速、转向、制动等控制要求，作为电气控制原理图设计及电气元件选择的依据。

1) 拖动方式的选择

电力拖动方式有单独拖动与分立拖动两种。单独拖动就是一台设备只由一台电动机拖动，分立拖动是通过机械传动链将动力传送到每个工作机构，一台设备由多台电动机分别驱动各个工作机构。电气传动发展的方向是电动机逐步接近工作结构，形成多电动机的拖动方式。如有些机床，除必需的内在联系外，主轴、刀架、工作台及其他辅助运动结构都分别用单独电动机拖动。这样，不仅能缩短机械传动链，提高传动效率，便于自动化，而且也能使总体结构简化。因而在选择时应根据生产工艺及机械结构的具体情况决定电动机的数量。

2) 调速方案的选择

一般金属切削的主运动和进给运动，以及要求具有快速平稳的动态性能和准确定位的设备，如龙门刨床、镗床等，都要求具有一定的调速范围，为此，可采用齿轮变速箱、液压调速装置、双速或多速电动机以及电气的无级调速传动方案。在选择调速方案时，可参考以下几点：

(1) 重型或大型设备主运动及进给运动，应尽可能采用无级调速。这有利于简化机械结构，缩小设备体积，降低设备制造成本。

(2) 精密机械设备如坐标镗床、精密磨床、数控机床及某些精密机械手,为了保证加工精度和动作的准确性,便于自动控制,也应采用电气无级调速方案。

(3) 一般中、小型设备如普通机床没有特殊要求时,可选用经济、简单、可靠的三相笼型异步电动机,配以适当级数的齿轮变速箱。为了简化结构,扩大调速范围,也可采用双速或多速的笼型异步电动机。在选用三相笼型异步电动机的额定转速时,应满足工艺条件的要求。

3) 启动、制动方案的确定

机械设备主运动传动系统的启动转矩一般都比较小,原则上可采用任何一种启动方式。对于它的辅助运动,在启动时往往要克服较大的静转矩,必要时也可选用高启动转矩的电动机或采用提高启动转矩的措施。另外,还要考虑电网容量。

对电网容量不大而启动电流较大的电动机,一定要采用限制启动电流的措施,如串联电阻降压启动等,以免电网电压波动较大而造成事故。

传动电动机是否需要制动,应视机电设备工作循环的长短而定。对于某些高速高效金属切削机床,宜采用电动机制动。如果对于制动的性能无特殊要求而电动机又需要反转时,则采用反接制动可使线路简化。在要求制动平稳、准确,即在制动过程中不允许有反转可能性时,则宜采用能耗制动方式。

电动机的频繁启动、反向或制动会使过渡过程中的损耗增加,导致电动机过载。因此必须限制电动机的启动、制动电流,或者在选择电动机的类型上加以考虑。

3. 选择电动机

电动机的选择包括电动机的种类、结构形式、额定转速和额定功率。

(1) 根据生产机械的调速要求选择电动机的种类。

感应电动机结构简单、价格便宜、维护工作量小,因此在感应电动机能满足生产需要的场合都宜采用感应电动机,仅在启动、制动和调速不满足要求时才选用直流电动机。近年来,随着电力电子及控制技术的发展,交流调速装置的性能和成本已能与直流调速装置相媲美,越来越多的直流调速应用领域被交流调速占领。在需要补偿电网功率因数及稳定工作时,应优先考虑采用同步电动机;在要求大的启动转矩和恒功率调速时,常选用直流串级电动机;对于要求调速范围大的场合,常采用机械与电气联合调速。

(2) 根据工作环境选择电动机的结构模式。

在正常环境条件下,一般采用防护式电动机;在人员及设备安全有保证的前提下,也可采用开启式电动机;在空气中存在较多粉尘的场所,宜采用封闭式电动机;在比较潮湿的场所,选用湿热带型电动机;在露天场所,宜选用户外型电动机;在高温车间,可以根据周围环境温度,选用相应绝缘等级的电动机;在有爆炸危险及有腐蚀性气体的场所,应选用隔爆型及防腐型电动机。

(3) 根据生产机械的功率负载和转矩负载选择电动机的额定功率。

首先根据生产机械的功率负载图和转矩负载图预选一台电动机,然后根据负载进行发热校验,用检验的结果修正预选的电动机,直到电动机容量得到充分利用(电动机的稳定温升接近其额定温升),最后再校验其过载能力与启动转矩是否满足拖动要求。

4. 选择控制方式

电气控制方案的选择对机械结构和总体方案非常重要,因此,必须使电气控制方案设计

既能满足生产技术指标和可靠性、安全性的要求，又能提高经济效益。选择控制方案时应遵循的原则如下：

(1) 控制方式应与设备通用化和专用化的程度相适应。一般的简单生产设备需要的控制元器件数很少，其工作程序往往是固定的，使用中一般不需经常改变原有程序，因此，可采用有触点的继电器-接触器控制系统。虽然该控制系统在电路结构上是呈“固定式”，但它能控制较大的功率，而且控制方法简单、价格便宜，目前仍使用很广。对于要求较复杂的控制对象或者要求经常变换工作流程和加工对象的机械设备，可以采用可编程序控制器控制系统。

(2) 控制方式随控制过程的复杂程度而变化。在自动生产线中，可根据控制要求和连锁条件的复杂程度不同，采用分散控制或集中控制的方案。但各台单机的控制方案和基本控制环节应尽量一致，以简化设计及制造过程。

(3) 控制系统的工作方式，应在经济、安全的前提下，最大限度地满足工艺要求。此外，在电气控制方案中还应考虑以下问题：采用自动循环或半自动循环、手动调整、工序变更、系统的检测、各个运动之间的连锁、各种安全保护、故障诊断、信号指标、照明及人机关系等。

5. 编制元器件目录清单

设计电气控制原理图并合理选用元器件，编制元器件目录清单。

6. 编制材料定额清单

设计电气设备制造、安装、调试所必需的各种施工图纸并以此为根据编制各种材料定额清单。

7. 编写说明书

注：其中，电气原理图是整个设计的中心环节，因为电气原理图是工艺设计和制定其他技术资料的依据。

1.1.1.3 电气控制系统设计的基本原则

一般来说，当生产机械的电力拖动方案和控制方案已经确定以后，就可以进行电气控制线路的具体设计工作了。电气控制线路的设计没有固定的方法和模式，作为设计人员，必须不断扩展自己的知识面，总结经验，丰富自己的知识，设计出合理的、性价比高的电气线路。下面介绍在设计中应遵循的一般原则。

1. 最大限度地实现生产机械和工艺对电气控制系统的要求

电气控制系统是为整个生产机械设备及其工艺过程服务的。因此，设计之前，首先要弄清楚生产机械设备需满足的生产工艺要求，对生产机械设备的整个工作情况做一全面、细致的了解，妥善处理机械与电气的关系，要从工艺要求、制造成本、机械电气结构的复杂性和使用维护等方面综合考虑。同时深入现场调查研究，收集资料，结合技术人员及现场操作人员的经验，以此作为设计电气控制线路的基础。

2. 不盲目追求自动化和高指标

(1) 尽量选用标准电气元件，尽量减少电气元件的数量，尽量选用相同型号的电气元件以减少备用品的数量。

(2) 尽量选用标准的、常用的或经过实践检验的典型环节或基本电气控制线路。

(3) 尽量缩短连接导线的数量和长度。设计控制线路时，应考虑到各元器件之间的实

际接线。特别要注意电气柜、操作台和限位开关之间的连接线。图 1-1-1 (a) 所示为不合理的连线方法, 图 1-1-1 (b) 所示为合理的连线方法。因为按钮在操作台上, 而接触器在电气柜内, 一般都将启动按钮和停止按钮直接连接, 这样就可以减少一次引出线。

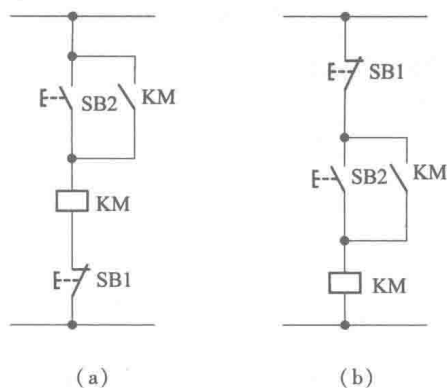


图 1-1-1 连接导线

(a) 不合理; (b) 合理

(4) 减少不必要的触点, 从而简化电气控制线路。在满足工艺要求的前提下, 使用的电气元件越少, 电气控制线路中所涉及的触点数量也越少, 因此控制线路越简单, 同时还可以提高控制线路的工作可靠性, 降低故障率。

① 合并同类触点。

图 1-1-2 所示为一些触点简化与合并的例子。

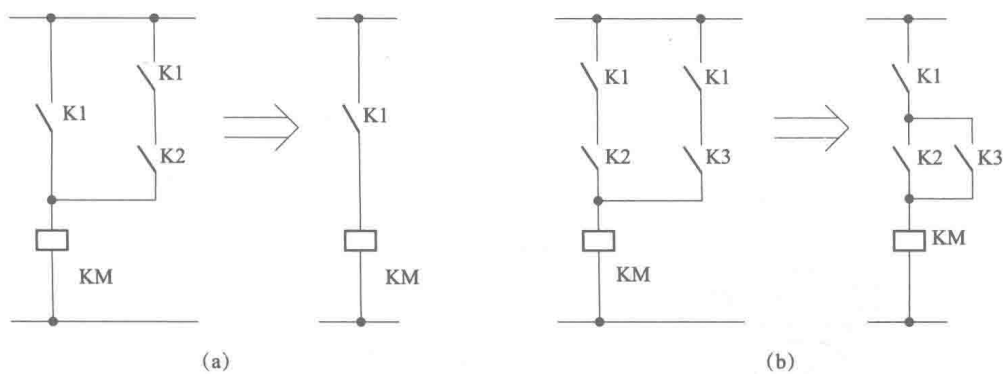


图 1-1-2 触点简化与合并

② 利用转换触点的方式。

利用具有转换触点的中间继电器将两对触点合并成一对转换触点, 如图 1-1-3 所示。

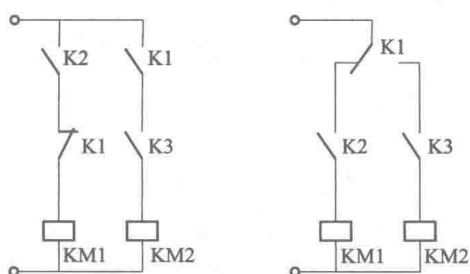


图 1-1-3 转换触点

③利用半导体二极管减少触点的数目。

如图 1-1-4 所示，利用半导体二极管的单向导电性可以减少一个触点。这种方法适用于控制电路中所用电源为直流电源的场合。

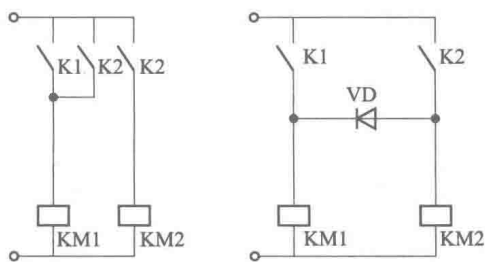


图 1-1-4 利用半导体二极管减少触点的数目

(5) 控制线路在工作时，除必要的电器必须通电外，其余的电器尽量不通电以节约电能。以异步电动机按时间原则控制定子绕组串电阻降压启动控制线路为例，如图 1-1-5 所示。在电动机额定运行后，接触器 KM1 和时间继电器 KT 就失去了作用，可以在启动后利用 KM2 的常闭触点切除 KM1 和 KT 线圈的电源。

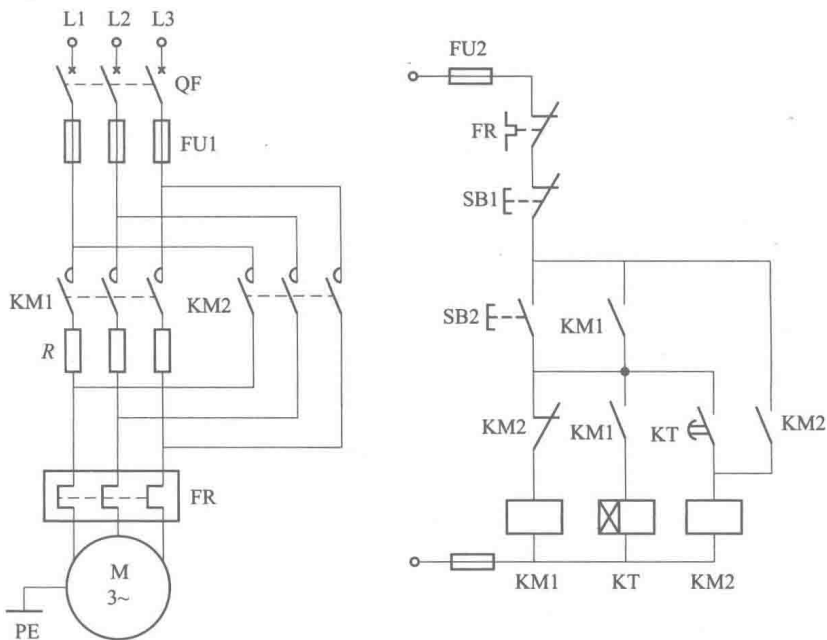


图 1-1-5 按时间原则控制定子绕组串电阻降压启动控制线路的电气原理图

3. 保证电气控制线路工作的可靠性

保证电气控制线路工作的可靠性，最主要的是选择可靠的电气元件，同时在线路设计中应注意以下几点：

(1) 正确连接电气元件的触点。

在设计控制线路时，应使分布在线路不同位置的同一电气元件触点尽量接到同一个或尽量共接同一等位点，以避免在电器触点上引起短路。如图 1-1-6 (a) 所示，限位开关 SQ 的常开触点接在电源的一相，常闭触点接在电源的另一相上，当触点断开产生电弧时，可能在两触点间形成飞弧造成短路。如改成图 1-1-6 (b) 所示的形式，由于两触点间的电位

相同,就不会造成电源短路。

(2) 正确连接电器的线圈。

电压型电磁式电器的线圈不能串联使用,如图 1-1-7 所示。即使外加电压是两个线圈的额定电压之和,也是不允许的。因为两个电器动作总是有先有后,有一个电器吸合动作,它线圈上的电压降也相应增大,从而使另一个电器达不到所需要的动作电压。因此,若需要两个电气元件同时工作,其线圈应并联连接。

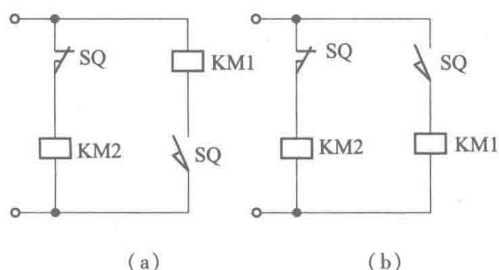


图 1-1-6 触点的正确连接

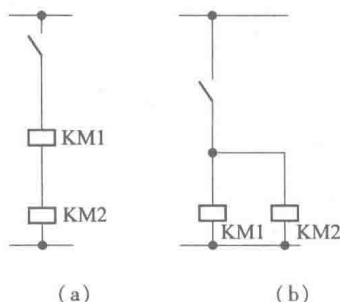


图 1-1-7 电压型电磁式电器的线圈不能够串联连接

(3) 应尽量避免电器依次动作的现象。

在电气控制线路中,应尽量避免许多电气元件依次动作才能接通另一个电气元件的控制线路。如图 1-1-8 (a) 所示,接通线圈 KM3 要经过 KM、KM1 和 KM2 这 3 对常开触点方可得电。若改为图 1-1-8 (b) 所示接线,则每个线圈通电只需经过一对触点,这样可靠性更高。

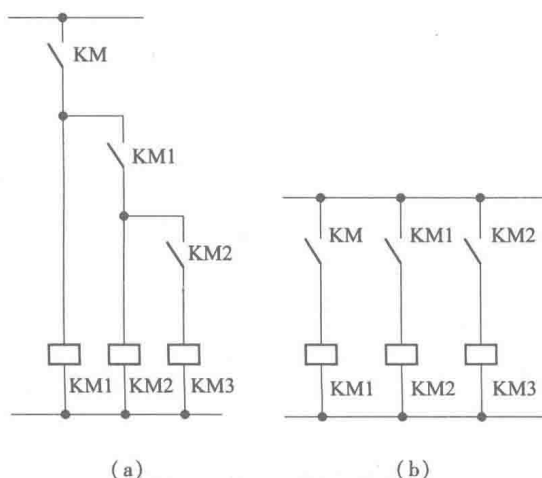


图 1-1-8 减少电气元件依次动作

(a) 不合理接线; (b) 合理接线

(4) 避免出现寄生电路。

在电气控制线路的动作过程中,发生意外接通的电路称为寄生电路。寄生电路将破坏电气元件和控制线路的工作顺序或造成误动作。在正常工作时,线路能完成正反转启动、停止和信号指示,但当电动机过载、热继电器 FR 动作时,线路就出现了寄生电路,如图 1-1-9 虚线所示,这样使正向接触器 KM1 不能释放,起不到保护作用。

(5) 避免发生触点“竞争”与“冒险”现象。

由于任何一种电气元件从一种状态到另一种状态都有一定的动作时间，对一个控制电路来说，改变某一控制信号后，由于触点和线圈动作时间之间的配合不当，可能会出现与控制预定结果相反的结果，这时控制电路就存在着潜在的危险——“竞争”。另外，由于电气元件的固有释放延时作用，因此也会出现开关电器不按要求的逻辑功能转换状态的可能性，这种现象称为“冒险”。“竞争”与“冒险”现象都造成控制回路不能按要求动作，引起控制失灵，如图 1-1-10 所示。当 K 闭合时，接触器 KM1、KM2 竞争吸合，只有经过多次振荡吸合“竞争”后，才能稳定在一个状态上。同样在 K 断开时，KM1、KM2 又会争先断开，产生振荡。通常分析控制电路的电器动作及触点的接通和断开都是静态分析，没有考虑其动作时间。实际上，由于电磁线圈的电磁惯性、机械惯性等因素，通断过程中总存在一定的固有时间（几十毫秒到几百毫秒），这是电气元件的固有特性。设计时要避免发生触点“竞争”与“冒险”现象，防止电路中因电气元件固有特性引起配合不良的后果。

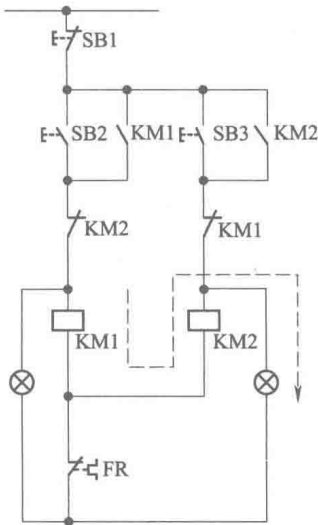


图 1-1-9 寄生电路的产生

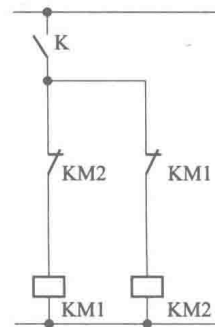


图 1-1-10 触点的“竞争”与“冒险”

(6) 在频繁操作的可逆运行线路中，正反向接触器之间不仅要有电气联锁，而且要有机械联锁。

(7) 设计的电气控制线路应能适应所在电网的情况，并据此来决定电动机是采用直接启动还是其他启动方式。

(8) 充分考虑继电器触点的接通和分断能力。如要增加接通能力，可以多并联触点；如要增加分断能力，则可以多串联触点。

4. 保证电气控制线路工作的安全性

电气控制线路应具有完善的保护环节，保证整个生产机械的安全运行，消除在其工作不正常或误操作时所带来的不利影响，避免事故的发生。

电气控制系统中常用的保护环节有短路保护、过流保护、过载保护、零电压和欠电压保护、弱磁保护、限位保护等。

1) 短路保护

常用的短路保护元器件有熔断器和断路器。熔断器的熔体串联在被保护的电路中，当电

路发生短路或严重过载时,熔断器的熔丝自动熔断、切断电路,达到保护的目。断路器又称自动空气开关,在线路发生短路、过载和欠压故障时快速地自动切断电源,它是低压配电重要的保护元件之一,常作低压配电盘的总电源开关及电动机变压器的合闸开关。

当电动机容量较小时,控制线路不需另外设置熔断器作短路保护,主电路的熔断器也可作控制线路的短路保护。当电动机容量较大时,控制电路要单独设置熔断器作短路保护,也可以采用自动空气开关作短路保护,它既可以作为短路保护,又可以作为过载保护。当线路出现故障时,空气开关动作,事故处理完重新合上开关,线路重新运行工作。

2) 过流保护

如果在直流电动机和交流绕线转子异步电动机启动或制动时,限流电阻被短接,将会造成很大的启动或制动电流,另外,负载的加大也会导致电流增加。过大的电流将会使电动机或机械设备损坏。因此,对直流电动机或绕线转子异步电动机常采用过流保护。

3) 过载保护

电动机的负载突然增加、断相运行或电网电压降低都会引起电动机过载。电动机长期过载运行,绕组温升超过其允许值,电动机的绝缘材料就要变脆,寿命就会减少,严重时将损害电动机。过载电流越大,达到允许温升的时间就越短。

常用的过载保护器件是热继电器,热继电器可以满足这样的要求:当电动机为额定电流时,电动机为额定温升,热继电器不动作;在过载电流较小时,热继电器要经过较长时间才动作;过载电流较大时,热继电器则经过较短时间就会动作。由于热惯性的原因,热继电器不会受电动机短时过载冲击电流或短路电流的影响而瞬时动作,所以在使用热继电器作过载保护的同时,还必须设有短路保护。

短路、过流、过载保护虽然都是电流保护,但由于故障电流、动作值及保护特性、保护要求和使用元器件的不同,它们之间是不能相互取代的。

4) 零电压与欠电压保护

电动机正常工作时,由于电源电压消失而使电动机停转,当电源电压恢复后,电动机可能会自行启动,从而造成人身伤亡和设备毁坏事故。为了防止电压恢复时电动机自行启动的保护称为零电压保护。另外,电源电压过分地降低将引起一些电器释放,造成控制线路不正常工作,可能发生事故,同时也会引起电动机转速下降甚至停转,因此需要在电源电压降到一定值以下时就将电源切断,这就是欠电压保护。

一般常用零电压保护继电器和欠电压保护继电器实现零电压保护和欠电压保护。

由于接触器属于电压型电磁式继电器,所以当电源电压过低或断电时,接触器释放,此时接触器的主触点和辅助触点同时打开,使电动机电源切断并失去自锁。当电源电压恢复正常时,操作人员必须重新按下启动按钮才能使电动机启动,故此可以实现零电压保护和欠电压保护。

5) 弱磁保护

对于直流电动机而言,必须有足够强度的磁场才能确保正常启动运行。在启动时,如果直流电动机的励磁电流太小,产生的磁场也会减弱,将会使直流电动机的启动电流很大。正常运行时,如果直流电动机的磁场突然减弱或消失,会引起电动机转速迅速升高、换向失败、损坏机械,甚至发生“飞车”事故,因此,必须设置弱磁保护及时切断电源。

弱磁保护是在直流电动机的励磁回路中串入起弱磁保护的欠电流继电器来实现的。电动机启动过程中,当励磁电流值达到弱磁继电器(欠电流继电器)的动作值时,继电器就吸

合，使串在控制回路中的常开触点闭合，接通电源，电动机启动正常运行；当励磁回路电流太小时，继电器释放，其触点复位，切断控制回路电源，电动机停转。

6) 限位保护

对于做直线运动的生产机械常设有极限保护环节，如上下极限、前后极限保护等。一般用行程开关的动断触点来实现。

7) 超速保护

生产机械设备在运行中，如果速度超过了预定许可的速度时，将会造成设备损坏。例如，在高炉卷扬机和矿井提升机设备中，必须设置超速保护装置来控制速度或切断电源起到及时保护的作用。超速保护一般是用离心开关完成，也可以用测速发电机来实现。

8) 其他保护

除了以上几种保护外，可按生产机械在其运行过程中的不同工艺要求和可能出现的现象，根据实际情况来设置，如温度、水位等保护环节。

1.1.1.4 电气控制系统图的绘制

1. 电气控制系统图

为了表达各种设备的电气控制系统的结构和原理，便于电气控制系统的安装、调试、使用和维护，需要将电气控制系统中各电气元件及它们之间的连接线路用一定的图形表达出来，这就是电气控制系统图。电气控制系统图一般包括电气原理图、电器布置图和电器安装接线图三种，各种图有其不同的用途和规定画法，都要按照统一的图形和文字符号及标准的画法来绘制。为此，国家制定了一系列标准，用来规范电气控制系统的各种技术资料。

2. 电气控制系统图的绘制

1) 电气原理图

电气原理图是指用国家标准规定的图形符号和文字符号代表各种元件，依据控制要求和各电器的动作原理，用线条代表导线连接起来。它包括所有电气元件的导电部件和接线端子，但不按电气元件的实际位置来画，也不反映电气元件的尺寸及安装方式。

绘制电气原理图必须遵循最新的国家标准。

绘制电气原理图应遵循以下原则：

(1) 电气控制电路一般分为主电路和辅助电路。辅助电路又可分为控制电路、信号电路、照明电路和保护电路等。

主电路是指从电源到电动机的大电流通过的电路，其中电源电路用水平线绘制，电动设备及其保护电气支路应垂直于电源电路画出。

控制电路、照明电路、信号电路及保护电路等应垂直地绘于两条水平电源线之间。耗能元件的一端应直接连接在电位低的一端，控制触点连接在上方水平线和耗能元件之间。

不论主电路还是辅助电路，各元件一般应按动作顺序从上到下、从左到右依次排列，电路可以水平布置，也可以垂直布置。

(2) 在电气原理图中，所有电气元件的图形、文字符号、接线端子标记必须采用国家规定的统一标准。

(3) 采用电气元件展开图的画法。同一电气元件的各部分可以不画在一起，但需用同一文字符号标出。若有多个同一种类的电气元件，可在文字符号后加上数字序号，例如KM1、KM2。

(4) 在电气原理图中,所有电器按自然状态画出。所有按钮和触点均按电器没有通电或没有外力操作、触点没有动作的原始状态画出。

(5) 在电气原理图中,有直接电联系的交叉导线连接点要用黑圆点表示。无直接电联系的交叉导线连接点不画黑圆点。

(6) 在电气原理图上将图分成若干个图区,并标明该区电路的用途和作用。在继电器、接触器线圈下方列出触点表,说明线圈和触点的从属关系。

2) 电器布置图

电器布置图是表示电气设备上所有电气元件的实际安装位置,为电气控制设备的安装、维修提供必要的技术资料。电气元件均用粗实线绘制出简单的外形轮廓,而不必按其外形形状画出。在图中一般留有10%以上的备用面积及导线槽(管)的位置,以供布线和改进设计时用,在图中还需要标注出必要的尺寸。

3) 电器安装接线图

电器安装接线图反映电气设备各控制单元内部元件之间的接线关系。电器安装接线图主要用于安装接线、线路检查、线路维修和故障处理。绘制安装接线图的原则如下:

(1) 应将各电气元件的组成部分画在一起,布置尽量符合电器的实际情况。

(2) 各电器的图形符号、文字符号及接线端子标记均与电气原理图一致。

(3) 同一控制柜上的电气元件可直接相连,控制柜与外部器件相连,必须经过接线端子板且互连线应注明规格,一般不表示实际走线。

基本技能

实例分析:砂轮机电气控制线路的设计

砂轮机是一种机械加工磨具,在多个行业都有应用,是用来刃磨各种刀具、工具的常用设备,也用作普通小零件进行磨削、去毛刺及清理等工作。其电气控制系统主要由电源、控制开关、砂轮电动机(三相交流异步电动机)组成。

1. 电气控制要求

砂轮机工作时,合上电源开关,砂轮电动机转动;结束工作时,断开电源开关,砂轮电动机停转;砂轮电动机要有短路、过载、失压、欠压等保护措施。砂轮机如图1-1-11所示。

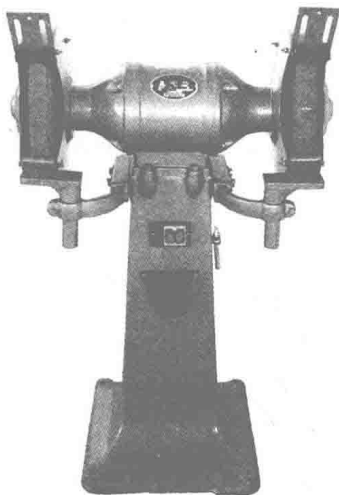


图1-1-11 砂轮机

2. 工作任务

根据砂轮机的电气控制要求，设计出砂轮机电气控制线路的电气原理图如图 1-1-12 所示。

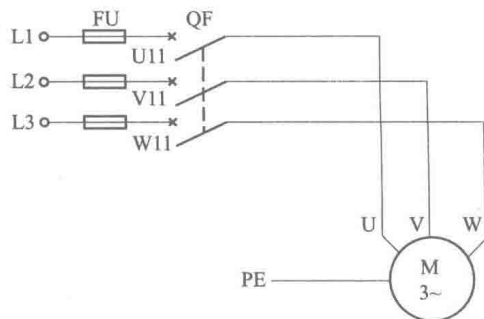


图 1-1-12 砂轮机电气控制线路的电气原理图

能力拓展

实例设计：水泵电动机电气控制线路设计

水泵电动机电气控制要求：按下启动按钮，水泵电动机启动运转；按下停止按钮，水泵电动机停转；若出现短路、过载、失压、欠压等任何情况，水泵电动机均停转。水泵电动机工作现场图如图 1-1-13 所示。



图 1-1-13 水泵电动机工作现场图

1.1.2 常用低压电器的选型

知识提示

1.1.2.1 低压电器选型的一般原则

- (1) 低压电器的额定电压应不小于回路的工作电压。
- (2) 低压电器的额定电流应不小于回路的计算工作电流。
- (3) 设备的遮断电流应不小于短路电流。
- (4) 热稳定保证值应不小于计算值。

(5) 按回路启动情况选择低压电器，如熔断器和自动空气开关就需按启动情况进行选择。