

## 机电一体化专任教师岗位说课材料



#### 内容简介

本书是“十四五”职业教育国家规划教材,也是高等职业教育电类课程新形态一体化教材。本书根据高等职业教育的特点,突出了应用能力和实践能力培养的特色,结合高职高专教学改革和课程改革要求,本着“工学结合、项目引导、任务驱动、学做一体化”的原则编写。本书主要内容包括直流电动机的拆装、维修与电力拖动,三相异步电动机的拆装与电气检查,变压器的性能测试与额定值、额定值确定,控制电动机及其应用,三相异步电动机单向启动控制线路,三相异步电动机正反转控制线路,三相异步电动机降压启动控制线路,三相异步电动机调速与制动控制线路和典型机床电气控制线路分析与故障检修,共9个项目22个任务,将元器件认识与检测、电路分析、安装与调试及故障检修等分解于各个任务中。

本套教材实现了互联网与传统教育的完美融合,采用“纸质教材+数字课程”的出版形式,以新颖的留白编排方式,突出资源的导航,扫描二维码,即可观看微课、动画等视频类数字资源,随扫随学,突破传统课堂教学的时空限制,激发学生的自主学习,打造高质课堂。资源具体下载和获取方式请见“智慧职教”服务指南。

本书内容贴近工厂实际,实用性、可操作性强,任务考核标准与国家维修电工职业技能鉴定全面接轨,是一本“双证融通”的理实一体化教材,可作为高职院校电气自动化、机电一体化、机电设备维修等机电类专业的教学用书,也可作为中、高级维修电工考证培训教材或相关专业工程技术人员岗位培训教材和参考用书。

#### 图书在版编目(CIP)数据

电机与电气控制技术/赵红顺,莫莉萍主编.--北京:高等教育出版社,2019.2(2023.12重印)  
ISBN 978-7-04-051074-4

I. ①电… II. ①赵… ②莫… III. ①电机学-高等职业教育-教材②电气控制-高等职业教育-教材 IV. ①TM3②TM921.5

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2018)第 284482 号

策划编辑 曹雪伟

责任编辑 曹雪伟

封面设计 赵阳

版式设计 童丹

插图绘制 于博

责任校对 窦丽娜

责任印制 赵义民

DIANJI YU DIANJI KONGZHI JISHU

出版发行 高等教育出版社

社址 北京市西城区德外大街4号

邮政编码 100120

印刷 北京盛通印刷股份有限公司

开本 850mm×1168mm 1/16

印张 14.5

字数 370千字

购书热线 010-58581118

咨询电话 400-810-0598

网 址 <http://www.hep.edu.cn>

<http://www.hep.com.cn>

网上订购 <http://www.hepmall.com.cn>

<http://www.hepmall.com>

<http://www.hepmall.cn>

版 次 2019年2月第1版

印 次 2023年12月第9次印刷

定 价 39.80元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换

版权所有 侵权必究

物料号 51074-B0

# 目 录

绪论 .....	1	(三) 回馈制动 .....	27
一、认识电机 .....	1	六、练习题 .....	28
(一) 电机的发展历史 .....	1	任务三 直流电动机的维修 .....	28
(二) 电机的分类 .....	3	一、任务目标 .....	28
(三) 电机的应用 .....	4	二、任务引导 .....	29
二、本课程的特点及学习方法 .....	5	(一) 直流电动机绕组的主要故障及修理 .....	29
项目一 直流电动机的拆装、		(二) 直流电动机换向器的故障及修理 .....	31
维修与电力拖动 .....	7	三、任务实施 .....	32
任务一 直流电动机的拆装 .....	7	四、技能考核 .....	32
一、任务目标 .....	7	五、练习题 .....	33
二、任务引导 .....	8	思考与练习 .....	34
(一) 直流电动机的结构 .....	8	项目二 三相异步电动机的拆装	
(二) 直流电动机的工作原理 .....	11	与电气检查 .....	36
(三) 直流电动机的铭牌数据 .....	12	任务一 三相异步电动机的拆装 .....	36
三、任务实施 .....	14	一、任务目标 .....	36
四、技能考核 .....	16	二、任务引导 .....	37
五、拓展知识 .....	17	(一) 三相异步电动机的结构 .....	37
他励直流电动机的机械特性 .....	17	(二) 三相异步电动机的工作原理 .....	41
六、练习题 .....	19	(三) 三相异步电动机的铭牌数据 .....	44
任务二 直流电动机启动、反转和调速的		三、任务实施 .....	46
操作 .....	19	四、技能考核 .....	47
一、任务目标 .....	20	五、拓展知识 .....	47
二、任务引导 .....	20	(一) 三相异步电动机的电磁转矩 .....	47
(一) 直流电动机的启动 .....	20	(二) 三相异步电动机的机械特性 .....	48
(二) 直流电动机的反转 .....	22	(三) 固有机械特性与人为机械特性 .....	50
(三) 直流电动机的调速 .....	22	六、练习题 .....	52
三、任务实施 .....	24	任务二 三相异步电动机的电气检查 .....	52
四、技能考核 .....	25	一、任务目标 .....	52
五、拓展知识 .....	26	二、任务引导及实施 .....	53
(一) 能耗制动 .....	26	(一) 直流电阻的测定 .....	53
(二) 反接制动 .....	27	(二) 异步电动机的绝缘性能检测 .....	53



(三) 耐压试验 .....	51	(二) 变压器理想的并联运行 .....	82
(四) 短路试验 .....	51	(三) 变压器理想并联运行的条件 .....	82
(五) 空载试验 .....	53	六、练习题 .....	82
三、技能考核 .....	55	思考与练习 .....	83
四、拓展知识 .....	56	项目四 控制电动机及其应用 .....	84
五、练习题 .....	56	任务一 伺服电动机及其应用 .....	84
思考与练习 .....	57	一、任务目标 .....	85
项目三 变压器的性能测试与		二、任务引导 .....	85
同名端、联结组判定 .....	59	(一) 直流伺服电动机 .....	85
任务一 单相变压器的性能测试 .....	59	(二) 交流伺服电动机 .....	88
一、任务目标 .....	59	三、任务实施 .....	91
二、任务引导 .....	59	四、技能考核 .....	94
(一) 变压器的基本结构和分类 .....	59	五、拓展知识 .....	95
(二) 变压器的工作原理 .....	64	(一) 交流伺服电动机的产品型号 .....	95
三、任务实施 .....	67	(二) 交流伺服电动机的主要性能指标 .....	95
四、技能考核 .....	68	六、练习题 .....	97
五、拓展知识 .....	69	任务二 步进电动机及其应用 .....	97
(一) 电压互感器 .....	70	一、任务目标 .....	97
(二) 电流互感器 .....	71	二、任务引导 .....	98
六、练习题 .....	72	(一) 步进电动机的分类及结构 .....	98
任务二 变压器同名端的判定 .....	73	(二) 步进电动机的工作原理 .....	98
一、任务目标 .....	73	三、任务实施 .....	100
二、任务引导 .....	73	四、技能考核 .....	101
(一) 观察法 .....	73	五、拓展知识 .....	102
(二) 直流法 .....	74	六、练习题 .....	103
(三) 交流法 .....	74	思考与练习 .....	104
三、任务实施 .....	75	项目五 三相异步电动机单向	
四、技能考核 .....	75	起动控制线路 .....	105
五、练习题 .....	76	任务一 手动控制线路 .....	105
任务三 三相变压器的联结组标号判定 .....	76	一、任务目标 .....	105
一、任务目标 .....	76	二、任务引导 .....	105
二、任务引导 .....	76	(一) 刀开关 .....	106
(一) 三相变压器的磁路系统 .....	76	(二) 熔断器 .....	107
(二) 三相变压器的电路系统——联结组 .....	77	(三) 三相异步电动机的接法 .....	111
三、任务实施 .....	80	三、任务实施 .....	111
四、技能考核 .....	81	四、技能考核 .....	112
五、拓展知识 .....	81	五、拓展知识 .....	112
(一) 变压器并联运行的优点 .....	81		

(一) 电气图的分类 .....	113	(二) 使用万能转换开关实现电动机 正反转 .....	142
(二) 绘制电气原理图的基本原则 .....	113	六、练习题 .....	143
(三) 图面区域的划分 .....	114	任务二 双重互锁的正反转控制线路 ...	143
(四) 符号位置的索引 .....	115	一、任务目标 .....	144
六、练习题 .....	115	二、任务引导 .....	144
任务二 点动控制线路 .....	115	(一) 识读电路图组成 .....	144
一、任务目标 .....	116	(二) 识读电路工作过程 .....	145
二、任务引导 .....	116	三、任务实施 .....	145
(一) 组合开关 .....	116	四、技能考核 .....	147
(二) 接触器 .....	117	五、拓展知识 .....	147
(三) 按钮 .....	121	(一) 行程开关 .....	147
三、任务实施 .....	122	(二) 工作台自动往复循环控制线路 .....	149
四、技能考核 .....	124	六、练习题 .....	150
五、拓展知识 .....	125	思考与练习 .....	151
绘制电气安装接线图 .....	125	项目七 三相异步电动机减压 起动控制线路 .....	152
六、练习题 .....	127	任务一 星-三角减压起动控制线路 .....	152
任务三 具有自锁功能的单向起动控制 线路 .....	127	一、任务目标 .....	153
一、任务目标 .....	128	二、任务引导 .....	153
二、任务引导 .....	128	(一) 识读电动机定子绕组的联结方式 ...	153
(一) 低压断路器 .....	128	(二) 识读按钮切换的星-三角减压 起动控制线路 .....	154
(二) 热继电器 .....	130	(三) 识读时间继电器的控制星-三角减压 起动控制线路 .....	154
三、任务实施 .....	132	三、任务实施 .....	158
四、技能考核 .....	134	四、技能考核 .....	159
五、拓展知识 .....	135	五、拓展知识 .....	160
六、练习题 .....	135	(一) 主电路识读 .....	161
思考与练习 .....	136	(二) 控制电路识读 .....	161
项目六 三相异步电动机正反转 控制线路 .....	137	六、练习题 .....	161
任务一 电气互锁的正反转控制线路 ...	137	任务二 自耦变压器减压起动控制 线路 .....	162
一、任务目标 .....	137	一、任务目标 .....	162
二、任务引导 .....	138	二、任务引导 .....	162
(一) 识读电路图组成 .....	138	(一) 电压继电器 .....	163
(二) 识读电路工作过程 .....	138	(二) 电流继电器 .....	163
三、任务实施 .....	139	(三) 中间继电器 .....	164
四、技能考核 .....	141		
五、拓展知识 .....	141		
(一) 万能转换开关 .....	141		

三、任务实施 .....	165	(二) 能耗制动的实现方法 .....	182
四、技能考核 .....	166	(三) 能耗制动的特点和适用场合 .....	183
五、拓展知识 .....	166	(四) 单相全波整流能耗制动控制线路 .....	183
(一) 三相绕线转子异步电动机转子串电阻 启动控制 .....	167	(五) 单相半波整流能耗制动控制线路 .....	184
(二) 三相绕线转子异步电动机转子串频敏 变阻器启动控制 .....	168	三、任务实施 .....	185
六、练习题 .....	169	四、技能考核 .....	185
思考与练习 .....	169	五、练习题 .....	186
项目八 三相异步电动机调速与 制动控制线路 .....	171	思考与练习 .....	187
任务一 三相异步电动机变极调速控制 线路的分析 .....	171	项目九 典型机床电气控制线路 分析与故障检修 .....	189
一、任务目标 .....	172	任务一 C6140T 型车床电气控制线路 分析与故障检修 .....	189
二、任务引导 .....	172	一、任务目标 .....	189
(一) 变极调速方法 .....	172	二、任务引导 .....	189
(二) 双速电动机定子绕组的接线方式 .....	172	(一) 车床的主要结构和运动形式 .....	189
(三) 按钮控制的双速电动机控制线路 .....	173	(二) 分析车床加工对控制线路的要求 .....	190
(四) 时间继电器控制的双速异步电动机 控制线路 .....	174	(三) C6140T 型车床控制线路原理图 .....	191
三、任务实施 .....	175	(四) 机床电气设备故障的诊断步骤 .....	191
四、技能考核 .....	175	(五) 机床电气故障常用检修方法 .....	193
五、练习题 .....	176	三、任务实施 .....	196
任务二 三相异步电动机反接制动控制 线路的分析 .....	176	四、技能考核 .....	199
一、任务目标 .....	177	五、练习题 .....	200
二、任务引导 .....	177	任务二 X6132 型万能卧式铣床电气 控制线路分析与故障检修 .....	200
(一) 速度继电器的主要结构和工作原理 .....	177	一、任务目标 .....	200
(二) 反接制动的原理和实现要求 .....	178	二、任务引导 .....	200
(三) 单向反接制动控制线路 .....	179	(一) 铣床的主要结构与运动形式 .....	200
三、任务实施 .....	179	(二) 分析铣床加工对电气控制线路的 要求 .....	201
四、技能考核 .....	180	(三) X6132 型万能卧式铣床控制线路 原理图 .....	202
五、练习题 .....	181	三、任务实施 .....	205
任务三 三相异步电动机能耗制动控制 线路的分析 .....	181	四、技能考核 .....	213
一、任务目标 .....	181	五、练习题 .....	214
二、任务引导 .....	181	思考与练习 .....	214
(一) 能耗制动的制动原理 .....	181	附录 常用电气符号 .....	216
		参考文献 .....	219



## 说课内容：星-三角减压起动控制线路

### 项目七

### 三相异步电动机减压起动控制线路

三相异步电动机接通电源后由静止状态逐渐加速到稳定运行状态的过程,称为起动。若将额定电压直接加到电动机的定子绕组上,使电动机起动运转,称为直接起动,也叫全压起动。直接起动的优点是所用电气设备少,电路简单;缺点是起动电流大,是额定电流的4~7倍,容量较大的电动机采用直接起动时,会使电网电压严重下跌,不仅导致同一电网上的其他电动机起动困难,而且影响其他用电设备的正常运行。

因此额定功率大于10 kW的三相异步电动机,一般都采用减压起动方式来起动,起动时降低加在电动机定子上的电压,起动后再将电压恢复到额定值,使之在正常电压下运行。

减压起动方法有定子回路串电阻、星-三角换接、自耦变压器减压起动、软起动、延边三角形减压起动等。常用的是星-三角减压起动与自耦变压器减压起动,而软起动是一种新技术,正在一些场合推广应用。

#### 任务一 星-三角减压起动控制线路

星-三角减压起动是指电动机起动时,把定子绕组接成星形,以降低起动电压、限制起动电流,待电动机起动后,再把定子绕组改接成三角形。只有正常运行时定子绕组接成三角形的笼型异步电动机才可以采用星-三角形减压起动方法来达到限制起动电流的目的。Y系列笼型异步电动机功率在4.0 kW以上的定子绕组均为三角形联结,可以采用星-三角减压起动的方法。

本任务要求识读星-三角减压起动控制线路的工作原理,对图7-1所示的按钮切换的星-三角减压起动控制线路,进行按工艺完成电路连接、电路检查和故障排除。

微课  
7-1 三相异步电动机减压起动目的和常用方法



PPT  
任务一 星-三角减压起动控制线路

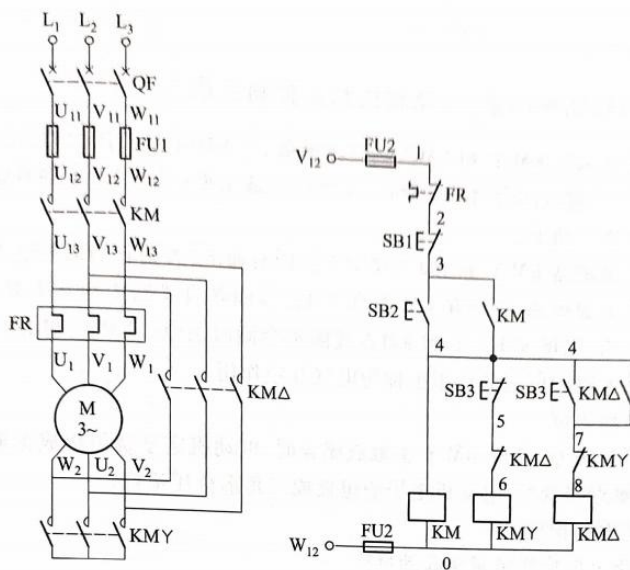


图 7-1 按钮切换的星-三角减压起动控制线路

## 一、任务目标

- ① 理解三相异步电动机星-三角减压起动的原理和电动机定子绕组星形、三角形联结方式。
- ② 能识读按钮切换的星-三角减压起动控制线路的原理图,明确电路中所用电器元件的作用。会根据原理图绘制安装接线图,并按工艺要求完成安装接线。
- ③ 能够对所接电路进行检测和通电试验,并能使用万用表检测电路和排除常见电气故障。

## 二、任务引导

### (一) 识读电动机定子绕组的联结方式

三相异步电动机定子绕组有星形接法和三角形联结,如图 7-2 所示。

正常运行时定子绕组三角形联结的笼型异步电动机,若在启动时接成星形,启动电压从 380 V→220 V,从而限制了启动电流。待转速上升后,再改接成三角形联结,投入正常运行。我国电网供电电压为 380 V。所以当电动机启动时接成星形联结,加在每相定子绕组上的启动电压只有三角形联结的  $1/\sqrt{3}$ 。

采用星-三角减压启动方法,启动时定子绕组承受的电压是三角形接法的  $1/\sqrt{3}$  倍,启动电流是三角形联结时的  $1/3$ ,启动转矩也是三

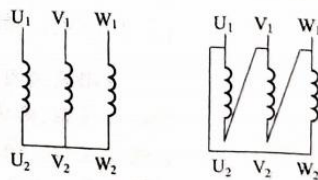


图 7-2 定子绕组星形联结与三角形联结



微课

7-2 三相异步电动机定子绕组的接线方式







微课

7-3 星-三角启动

减压原理



角形联结时的  $1/3$ 。

## (二) 识读按钮切换的星-三角减压起动控制线路

电路中采用 KM、KM $\Delta$  和 KM $\Delta$  三只接触器,当 KM 主触点闭合时,接入三相交流电源,当 KM $\Delta$  主触点闭合时,电动机定子绕组接成星形;当 KM $\Delta$  主触点闭合时,电动机定子绕组接成三角形。

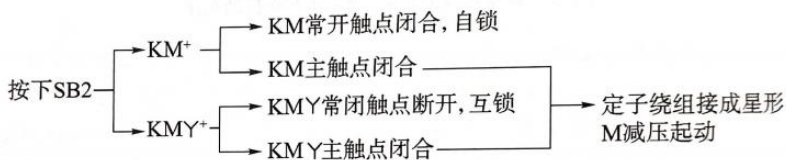
电路要求接触器 KM $\Delta$  和 KM $\Delta$  线圈不能同时通电,否则它们的主触点同时闭合,将造成主电路电源短路,为此在 KM $\Delta$  和 KM $\Delta$  线圈各自支路中相互串联了对方的一副辅助常闭触点,以保证 KM $\Delta$  和 KM $\Delta$  线圈不会同时通电。KM $\Delta$  和 KM $\Delta$  这两副辅助常闭触点在电路中所起的作用也称为电气互锁作用。

### (1) 主电路识读

合上电源开关 QF, KM、KM $\Delta$  主触点闭合时,电动机定子绕组接成星形减压起动; KM、KM $\Delta$  主触点闭合时,电动机定子绕组接成三角形全压运行。

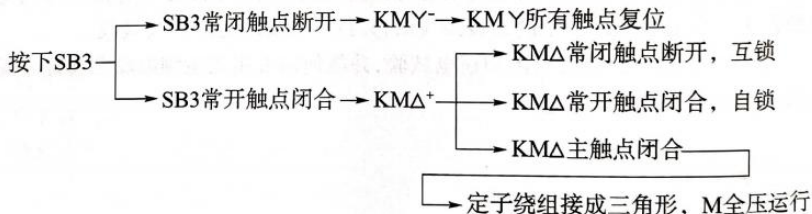
### (2) 控制电路识读

#### ① 定子绕组星形联结减压起动过程。



#### ② 定子绕组三角形联结全压运行过程。

当减压起动一段时间,电动机转速上升到接近额定转速时,再按下 SB3 按钮



#### ③ 停止过程。

按下 SB1 → KM $\Delta$ 、KM $\Delta$  → KM、KM $\Delta$  所有触点复位, M 停止

## (三) 识读时间继电器的控制星-三角减压起动控制线路

采用按钮切换的星-三角减压起动控制线路,操作方便,但电动机要达到全压正常运行状态,必须要操作全压运行按钮,如果操作人员失误会造成电动机长时间的欠电压运行。而采用时间继电器控制,可实现电路从减压起动状态到全压运行的自动转换。如图 7-3 所示就是时间继电器控制的星-三角减压起动控制线路的原理图。

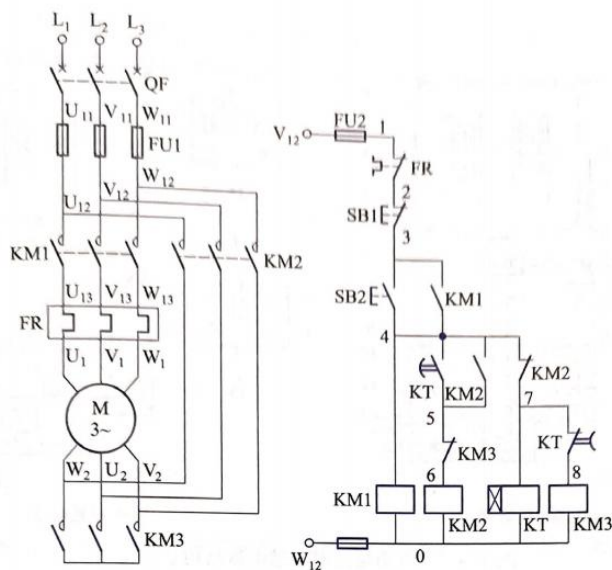


图 7-3 时间继电器控制的星-三角减压启动控制线路原理图

要对图 7-3 所示电路分析其工作原理,首先要认识图中新出现的电器元件时间继电器。识读其主要结构,学会其参数调整和触点通断情况检测。

#### 1. 认识时间继电器

时间继电器是指输入信号输入后,经一定的延时,才有输出信号的继电器。时间继电器种类很多,常用的有电磁式、空气阻尼式、电动式和电子式等。对于电磁式时间继电器,当电磁线圈通电或断电后,经一段时间,延时触点状态才发生变化,即延时触点才动作或复位。

直流电磁式时间继电器是用于直流电气控制电路中,只能直流断电延时动作。其优点是结构简单、运行可靠、寿命长,缺点是延时时间短。

空气阻尼式时间继电器是利用空气阻尼作用获得延时。有通电延时型和断电延时型两种。

电子式时间继电器有 R-C 式晶体管和数字式时间继电器两种。电子式时间继电器的优点是延时范围宽、精度高、体积小、工作可靠。

晶体管式时间继电器以 RC 电路电容充电时电容器上的电压逐步上升的原理为基础。电路有单结晶体管电路和场效应管电路两种。有断电延时、通电延时、带瞬动触点延时三种。

这里以应用广泛、结构简单、价格低廉的空气阻尼式时间继电器为例介绍其主要结构、工作原理和电路符号。

空气阻尼式时间继电器是利用空气阻尼的原理获得延时的。其主要由电磁机构、触点系统和延时装置三部分组成。电磁机构为直动式双 E 形,触点系统借用 LX5 型微动开关,延时装置采用气囊式阻尼器,其主要结构如图 7-4 所示。



微课

7-4 时间继电器的分类



微课

7-5 空气阻尼式时间继电器的工作原理



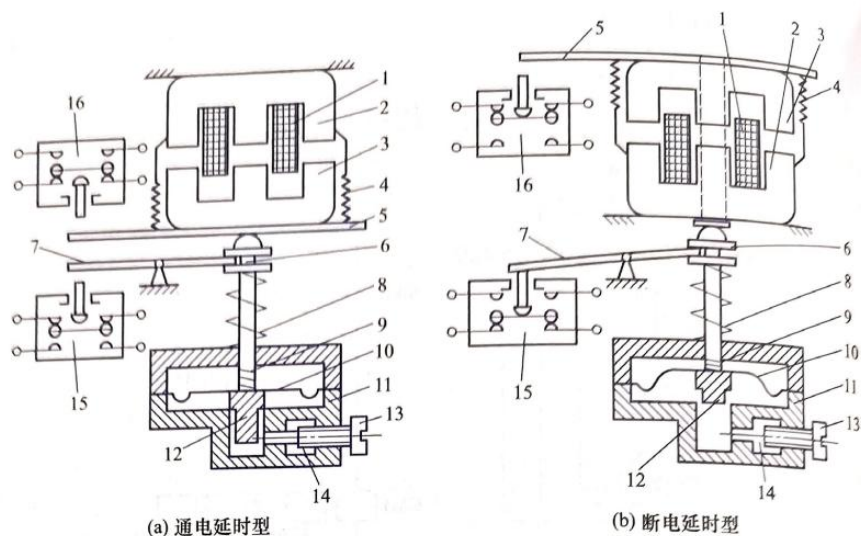


图 7-4 空气阻尼式时间继电器结构示意图

1—线圈 2—铁心 3—衔铁 4—反力弹簧 5—推板 6—活塞杆 7—杠杆 8—塔形弹簧 9—弱弹簧  
10—橡皮膜 11—空气室壁 12—活塞 13—调节螺杆 14—进气孔 15—延时触点 16—瞬动触点

根据触点延时的特点,又可分为通电延时型与断电延时型两种。根据电路需要,改变空气阻尼式时间继电器电磁机构的安装方向,即可实现通电延时和断电延时的互换。因此,使用时不要仅仅观察时间继电器上的电路符号,还要会用万用表判断其通断情况。

下面以通电延时型空气阻尼式时间继电器为例,其动作原理说明如下:

当线圈1通电后,衔铁3吸合,微动开关16受压其触点动作无延时,活塞杆6在塔形弹簧8的作用下,带动活塞12及橡皮膜10向上移动,但由于橡皮膜下方气室的空气稀薄,形成负压,因此活塞杆6只能缓慢地向上移动,其移动的速度视进气孔的大小而定,可通过调节螺杆13进行调整。经过一定的延时后,活塞杆才能移动到最上端。这时通过杠杆7压动微动开关15,使其常闭触点断开,常开触点闭合,起到通电延时作用。

当线圈1断电时,电磁吸力消失,衔铁3在反力弹簧4的作用下释放,并通过活塞杆6将活塞12推向下端,这时橡皮膜10下方气室内的空气通过橡皮膜10、弱弹簧9和活塞12肩部所形成的单向阀,迅速地从橡皮膜上方的气室缝隙中排掉,微动开关15、16能迅速复位,无延时。

总结时间继电器的触点动作情况如下:

通电延时型时间继电器是当线圈通电后,其瞬动触点立即动作,其延时触点经过一定延时再动作;当线圈断电后,所有触点立即复位。

断电延时型时间继电器是当线圈通电后,所有触点立即动作;当线圈断电后,其瞬动触点立即复位,其延时触点经过一定延时再复位。

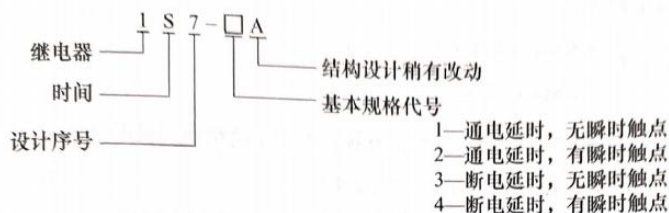
这里的触点动作是指常闭触点断开,常开触点闭合。

视频  
7-1 JS7-2A 型空  
气阻尼式时间继  
电器检测





空气阻尼式时间继电器常用类型有 JS7、JS23 系列。其主要技术参数有瞬时触点数量、延时触点数量、触点额定电压、触点额定电流、线圈额定电压及延时范围等。其型号含义如下：



时间继电器的符号如图 7-5 所示。

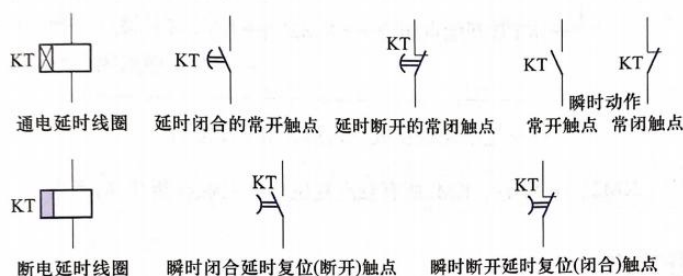


图 7-5 时间继电器的电路符号

时间继电器的选择原则是,首先按控制电路电流种类和电压等级来选用时间继电器的线圈电压值,再按控制电路要求来选择通电延时型还是断电延时型,之后根据使用场合、工作环境、延时范围和精度要求选择时间继电器类型,然后再选择触点是延时闭合还是延时断开,最后考虑延时触点数量和瞬时触点数量是否满足控制电路的要求。

对于延时要求不高的场合,通常选用直流电磁式或空气阻尼式时间继电器,但前者仅能获得直流断电延时,且延时时间在 5 s 内,故限制了应用,大多情况下选用空气阻尼式时间继电器和电子式时间继电器。

## 2. 电路图识读

### (1) 识读电路组成

电路中采用 KM1、KM2 和 KM3 三只接触器,当 KM1 主触点闭合时,接入三相交流电源,当 KM3 主触点闭合时,电动机定子绕组接成星形;当 KM2 主触点闭合时,电动机定子绕组接成三角形。

电路也要求接触器 KM2 和 KM3 线圈不能同时通电,否则它们的主触点同时闭合,将造成主电路电源短路,为此在 KM2 和 KM3 线圈各自支路中相互串取了对方的一副辅助常闭触点,即电气互锁,以保证 KM2 和 KM3 线圈不会同时通电。KM2 的辅助常闭触点串联在 KM3 和 KT 线圈的公共支路中,当电动机在正常全压工作时,使 KT 线圈断电,避免时间继电器长期工作。

在控制电路中利用通电型时间继电器的延时触点实现接触器 KM3 与 KM2 线圈得电的切换。

### 动画

7-1 JS7-2A 型空气阻尼式时间继电器



### 工程案例

电子式时间继电器的量程选择与调整



### 微课

7-6 电子式时间继电器接线方法和时间调节





7-2 时间继电器控制的星-三角减压启动线路

## (2) 识读电路工作过程

① 主电路识读。合上 QF, 当 KM1、KM3 主触点闭合时, 电动机定子绕组接成星形减压启动; 当 KM1、KM2 主触点闭合时, 电动机定子绕组接成三角形全压运行。

## ② 控制电路识读。



按下 SB1 → KM1<sup>-</sup>、KM2<sup>-</sup> → KM1、KM2 所有触点复位, 其主触点断开, M 停止

## 三、任务实施

### 1. 绘制电气安装接线图

在图 7-3 中, 主电路和控制电路已经标注了线号, 根据图 7-3 绘制时间继电器控制的星-三角减压控制线路的电气安装接线图, 如图 7-6 所示。

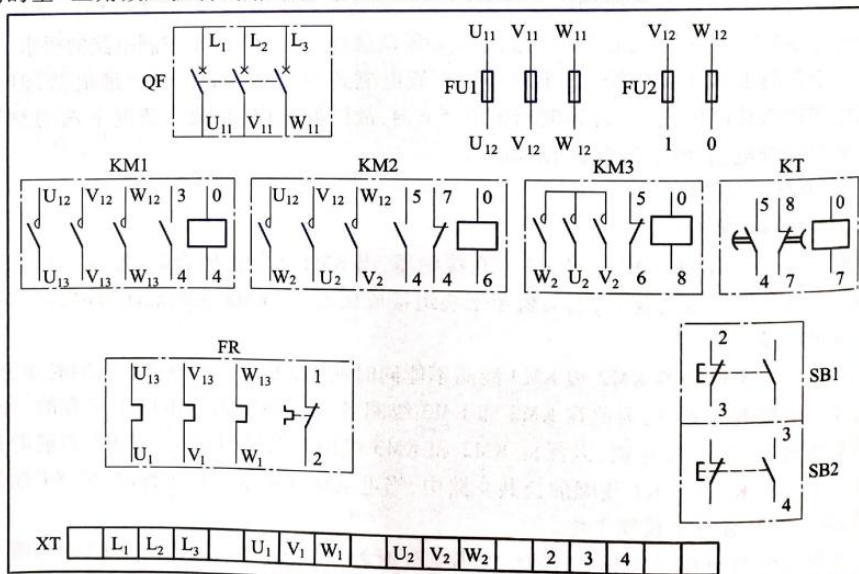


图 7-6 时间继电器控制的星-三角减压启动控制线路的电气安装接线图

## 2. 完成安装接线

根据图 7-6 所示安装接线图,完成星-三角减压启动控制线路的安装接线。接线时要保证电动机三角形接法的正确性,即接触器 KM2 主触头闭合时,应保证定子绕组的  $U_2$  与  $V_1$ 、 $V_2$  与  $W_1$ 、 $W_2$  与  $U_1$  相连接。

## 3. 电路检查及通电调试

① 不通电检查。电路全部安装完毕后,用万用表电阻挡进行检查主电路和控制电路接线是否正确。

对主电路检查时,电源线  $L_1$ 、 $L_2$ 、 $L_3$  先不要通电,合上 QF,先用手压下接触器 KM1 的衔铁来代替接触器 KM1 得电吸合时的情况进行检查,依次测量从电源端( $L_1$ 、 $L_2$ 、 $L_3$ )到电动机出线端子( $U_1$ 、 $V_1$ 、 $W_1$ )之间的每一相线路的电阻值,检查是否存在开路现象。再用手压下接触器 KM2 的衔铁来代替接触器 KM2 得电吸合时的情况进行检查,依次测量从电源端( $L_1$ 、 $L_2$ 、 $L_3$ )到电动机出线端子( $W_2$ 、 $U_2$ 、 $V_2$ )之间的每一相线路的电阻值,检查是否存在开路现象。

对控制电路检查时(可断开主电路),可用表笔分别搭在 FU2 的两个出线端上( $V_{12}$  和  $W_{12}$ ),此时读数应为“ $\infty$ ”。按下启动按钮 SB2,读数应为接触器 KM1、KM3 和 KT 三只线圈电阻值的并联;用手压下 KM1 的衔铁,使 KM1 的常开触点闭合,读数也应为接触器 KM1、KM3 和 KT 三只线圈电阻值的并联。同时压下 KM1 和 KM2 的衔铁,万用表读数应为 KM1 和 KM2 两只线圈电阻值的并联。

② 通电调试。操作相应按钮,观察电器动作情况。通电前首先检查一下熔体规格及时间继电器、热继电器的整定值是否符合要求。

把  $L_1$ 、 $L_2$ 、 $L_3$  三端接上电源,合上空气开关 QF,引入三相电源,按下按钮 SB2, KM1、KM3、KT 线圈得电吸合自锁,电动机减压启动;延时时间到时, KM3 线圈断电, KM2 线圈得电自锁,电动机全压运行。按下停止按钮 SB1, KM1、KM2 线圈断电,电动机停止。

## 四、技能考核

### 1. 考核任务

在规定时间内按工艺要求完成时间继电器控制的星-三角减压启动控制线路的安装接线,且通电试验成功。

### 2. 考核要求及评分标准

所接电路不通电检查(40 分,每错一处扣 10 分,扣完为止)。

① 主电路检查。电源线  $L_1$ 、 $L_2$ 、 $L_3$  先不要通电,使用万用表电阻挡,合上电源开关 QF,压下接触器 KM1 衔铁,使 KM1 主触点闭合,测量从电源端( $L_1$ 、 $L_2$ 、 $L_3$ )到电动机出线端子( $U_1$ 、 $V_1$ 、 $W_1$ )的每一相线路,将电阻值填入表 7-1 中。

压下接触器 KM2 衔铁,使 KM2 主触点闭合,测量从电源端( $L_1$ 、 $L_2$ 、 $L_3$ )到电动机出线端子( $W_2$ 、 $U_2$ 、 $V_2$ )的每一相线路,将电阻值填入表 7-1 中。

② 控制电路检查。按下 SB2 按钮,测量控制电路两端( $V_{12}$ — $W_{12}$ ),将电阻值填入表 7-1 中;压下接触器 KM1 衔铁,测量控制电路两端( $V_{12}$ — $W_{12}$ ),将电阻值填入表 7-1 中;压下接触器 KM1、KM2 衔铁,测量控制电路两端( $V_{12}$ — $W_{12}$ ),将电阻值填入表 7-1 中。





## 拓展阅读

引以为戒的安全事故



表 7-1 时间继电器控制的星-三角减压起动控制线路的不通电检查记录

操作 步骤	主电路						控制电路两端 ( $V_{12}-W_{12}$ )		
	压下 KM1 衔铁			压下 KM2 衔铁			按下 SB2	压下 KM1 衔铁	压下 KM1、KM2 衔铁
	$L_1-U_1$	$L_2-V_1$	$L_3-W_1$	$L_1-W_2$	$L_2-U_2$	$L_3-V_2$			
电阻值									

## 3. 通电试验 (60 分)

在使用万用表检测后,接入电源通电试车。考核表见表 7-2。



## 提示

若本次接线使用电子式时间继电器,控制电路测量时,必须把电子式时间继电器的本体与底座插孔对应好,正确安装才能使测量值准确。

表 7-2 时间继电器控制的星-三角减压起动控制线路的通电调试考核表

序号	配分	得分	故障原因
一次通电成功	60 分		
二次通电成功	(40~50)分		
三次及以上通电成功	30 分		
不成功	10 分		

## 五、拓展知识

电动机在起动时在三相定子回路中串接电阻,使电动机定子绕组的电压降低,待起动结束后将电阻短接,电动机在额定电压下正常运行。这种起动方式不受电动机接线形式的影响,设备简单,因而在中小型生产机械设备中应用较广。

但起动电阻一般采用板式电阻或铸铁电阻,电阻功率大,能量损耗较大。如果起动频繁,则电阻的温度很高,故目前这种减压起动的方法在生产实际中的应用正在逐渐减少。

定子回路串电阻减压起动控制线路的原理图如图 7-7 所示。



7-3 定子回路串电阻减压起动控制线路

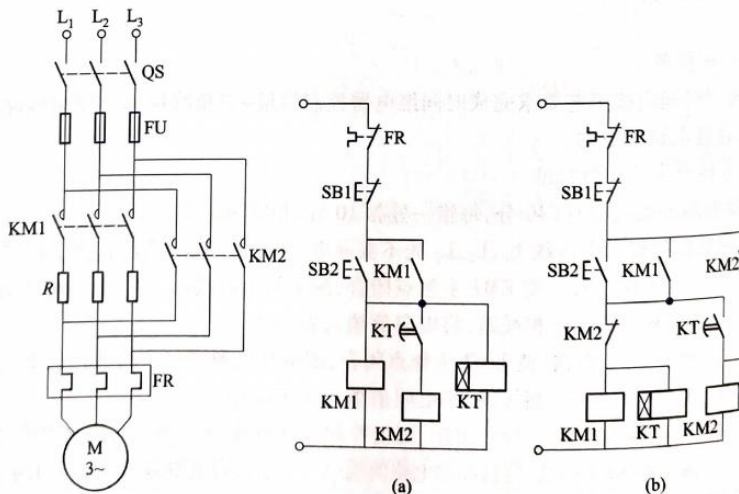


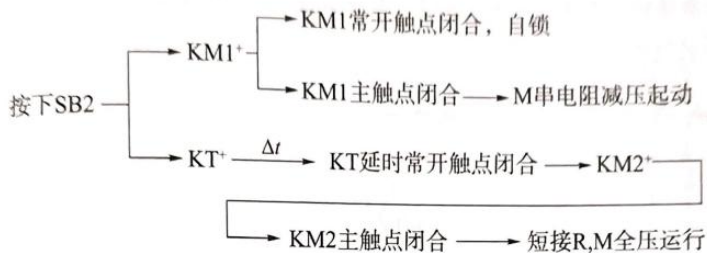
图 7-7 定子回路串电阻减压起动控制线路的原理图

### (一) 主电路识读

合上 QS, 当 KM1 主触点闭合时, 电动机 M 串电阻减压启动; 当 KM2 主触点闭合时, 电动机 M 全压运行。

### (二) 控制电路识读

① 图 7-7(a) 控制电路识读如下:



按下 SB1, KM1、KM2、KT 线圈断电, KM1、KM2 主触点断开, 电动机 M 停止。

在图 7-7(a) 中, 电动机全压运行时, 接触器 KM1、KM2、KT 线圈都处于长时间通电状态。其实电动机全压运行时, KM1 和 KT 线圈的通电就是多余的了。此时 KM1 和 KT 线圈通电不仅消耗电能, 同时也会缩短电器的使用寿命以及增加故障发生的机会。图 7-7(b) 所示电路解决了这个问题。当 KM2 线圈得电自锁后, 其常闭触点将断开, 使 KM1、KT 线圈断电。

② 图 7-7(b) 控制电路识读如下:



按下 SB1, KM2 线圈断电, KM2 所有触点复位, 电动机 M 停止。

## 六、练习题

1. 什么是减压启动? 三相异步电动机常用减压启动的方法有哪些?
2. 简述星三角减压启动的特点和适用场合。
3. 简述图 7-7 所示电路的工作原理。