

电气自动化技术专任教师（二）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 DIANQI 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：三相异步电动机能耗制动控制线路的分析

2. 考核要求及评分标准

考核要求及评分标准见表 8-2。

表 8-2 分析时间原则控制三相异步电动机单向反接制动控制线路的评分表

序号	项目		配分	评分标准	得分	备注
1	主电路		20 分	主电路功能分析正确,每错误一项扣 5 分		
2	控制电路	起动过程	40 分	起动过程分析正确,每错误一项扣 5 分		
		反接制动过程	40 分	反接制动过程分析正确,每错误一项扣 5 分		
合计总分						

五、练习题

1. 在三相异步电动机单向反接制动控制电路中,若速度继电器触点接错,常开触点错接成常闭触点将出现什么现象?为什么?
2. 如何采用时间原则实现电动机单向反接制动控制线路?画出其电气原理图。
3. 简述三相异步电动机反接制动定义、特点和适用场合。
4. 分析图 8-9 所示电路的工作过程。

任务三 三相异步电动机能耗制动控制线路的分析

当电动机断开三相交流电源后,因惯性不能迅速停止,此时如果立即在电动机定子绕组中接入直流电源,使其产生的转矩方向与电动机的转动方向相反,从而使电动机受到制动迅速停转。



任务三 三相异步电动机能耗制动控制线路的分析

一、任务目标

- ① 理解三相异步电动机能耗制动的原理和控制要求。
- ② 会分析三相异步电动机能耗制动控制线路的工作原理。

二、任务引导

(一) 能耗制动的制动原理

所谓能耗制动,就是在电动机脱离三相交流电源之后,在电动机定子绕组上立即加一个直流电压,利用转子感应电流与静止磁场的作用产生制动转矩以达到制动的目



微课

8-4 能耗制动原理



的制动方法。

图 8-11 所示为能耗制动原理图。制动时,先断开 QS,切断电动机的交流电源,转子因惯性继续转动。随后立即合上开关 SA,电动机的定子绕组则接入一直流电源,绕组中流过直流电流,使定子中产生一个恒定的静止磁场,这样将使做惯性转动的转子切割静止磁场的磁力线而在转子绕组中产生感应电流。根据右手定则可判断出感应电流方向上面为 \otimes ,下面为 \odot 。这样的电流一旦产生,立即又受到静止磁场的作用而产生电磁转矩。根据左手定则,可判断其方向正好与电动机的旋转方向相反,因此是一个制动转矩,能使电动机迅速停止转动。由于这一制动方法实质上是将转子机械能转变成电流,又消耗在转子的制动上,因此称为能耗制动。

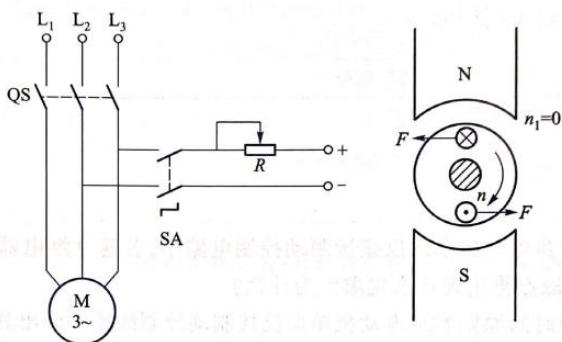


图 8-11 能耗制动原理示意图

微课
8-5 能耗制动的实现方法



(二) 能耗制动的实现方法

1. 需要直流电源

直流电源的获取可以利用具有单向导电性能的整流元件二极管,将交流电转换成单向脉动的直流电。将交流电整流成直流电的电路称为整流电路,整流电路按输入电源相数可分为单相整流电路和三相整流电路;按输出波形又可分为半波整流电路和全波整流电路。目前广泛使用的是单相桥式整流电路,如图 8-12 所示。

微课
8-6 能耗制动的整流电路

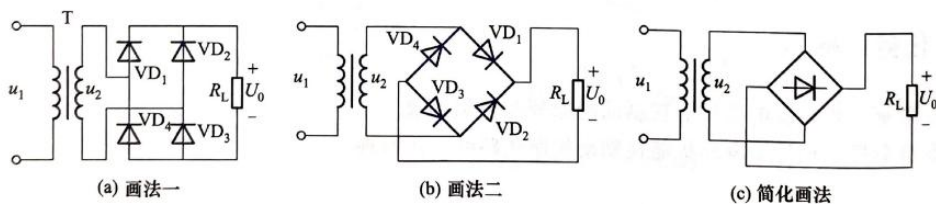


图 8-12 单相桥式整流电路

对三相异步电动机,增大制动转矩只能靠增大通入电动机的直流电流来实现,而通入电动机的直流电流如果太大,将会烧坏定子绕组。因此能耗制动时所需的直流电压和直流电流可按如下经验公式进行计算。

$$I_{DC} = (3 \sim 5) I_0 \quad (8-2)$$

或

$$I_{DC} = 1.5 I_N \quad (8-3)$$

式中, I_{DC} 为能耗制动时所需的直流电流(A); I_N 为电动机的额定电流(A); I_0 为电动机空载时的线电流(A), 一般取 U_{DC} 为能耗制动时所需的直流电压(V)。

$$I_0 = (0.3 \sim 0.4) I_N \quad (8-4)$$

2. 直流电压的切除方法

当电动机转速降至零时, 转子导体与磁场之间无相对运动, 感应电流消失, 制动转矩变为零, 电动机停转, 制动结束, 此时需要将直流电源切除。直流电压切除的方法有采用时间继电器控制与采用速度继电器控制两种形式。

采用时间继电器控制, 就是利用时间继电器的延时断开常闭触点使控制直流电源的接触器线圈断电, 从而断开直流电的方法称为时间原则控制。时间原则控制的能耗制动, 一般适用于负载转矩和负载转速较为稳定的电动机, 这样使时间继电器的调整值比较固定。

采用速度继电器控制, 就是利用速度继电器的常开触点在速度接近零时自动复位(断开), 使控制直流电源的接触器线圈断电, 从而断开直流电的方法称为速度原则控制。速度原则控制的能耗制动, 适用于那些能通过传动系统来实现负载速度变换的生产机械。

(三) 能耗制动的特点和适用场合

能耗制动的特点是制动平稳, 但需附加直流电源装置, 设备费用较高, 制动力较小, 特别是到低速阶段时, 制动力矩更小。能耗制动一般适用于较大容量的异步电动机制动频繁的场所, 如磨床、立式铣床等设备的控制线路中。

(四) 单相全波整流能耗制动控制线路

单相全波整流能耗制动控制线路如图 8-13 所示, 主电路由两部分构成, 其中电源

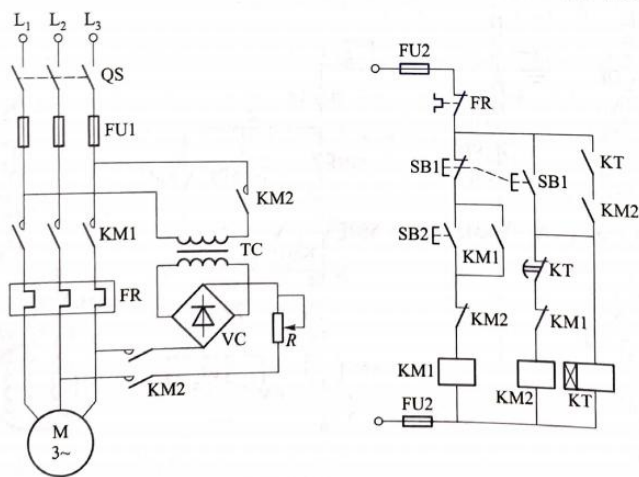


图 8-13 单相桥式整流单向能耗制动控制线路原理图

2 动画

8-2 能耗制动
电路



开关 QS、熔断器 FU1、接触器 KM1 的三对主触点、热继电器 FR 的热元件和电动机组成单向直接起动电路,而接触器 KM2 的三对主触点、变压器 TC、单相整流桥 VC 和限流电阻 R 组成能耗制动电路,而接触器 KM2 的两对主触点引入直流电源,单相整流桥提供直流电压,控制变压器的二次侧交流电压经整流桥,变成适当的直流电供能耗制动使用。

因此,电路中采用 KM1 和 KM2 两只接触器,当 KM1 主触点接通时,电动机 M 接通三相电源起动运行;当 KM2 主触点接通时,电动机 M 接通直流电实现能耗制动。

在控制电路中,利用 KM1 和 KM2 的常闭触点互串在对方线圈支路中,起到电气互锁的作用,以避免两个接触器同时得电造成主电路电源短路。时间继电器 KT 控制 KM2 线圈通电的时间,从而控制电动机通入直流电进行能耗制动的的时间。

(五) 单相半波整流能耗制动控制线路

对于 10 kW 以下的三相异步电动机,在制动要求不高时,可采用无变压器单管能耗制动控制电路,如图 8-14 所示。其主电路由两部分构成,其中电源开关 QS、熔断器 FU1、接触器 KM1 的三对主触点、热继电器 FR 的热元件和电动机组成单向直接起动电路,而接触器 KM2 的三对主触点、二极管 VD 和限流电阻 R 组成能耗制动电路,该电路整流电源电压为 220V,由 KM2 主触点接至电动机定子绕组,经整流二极管 VD 接至电源中性线 N 构成闭合电路,如图 8-14(c) 所示。

与图 8-13 相同,电路中采用 KM1 和 KM2 两只接触器,当 KM1 主触点接通时,电动机 M 接通三相电源起动运行;当 KM2 主触点接通时,电动机 M 接通直流电实现单管能耗制动。

在控制电路中,利用 KM1 和 KM2 的常闭触点互串在对方线圈支路中,起到电气互锁的作用,以避免两个接触器同时得电造成主电路电源短路。时间继电器 KT 控制 KM2 线圈通电的时间,从而控制电动机通入直流电进行能耗制动的的时间。

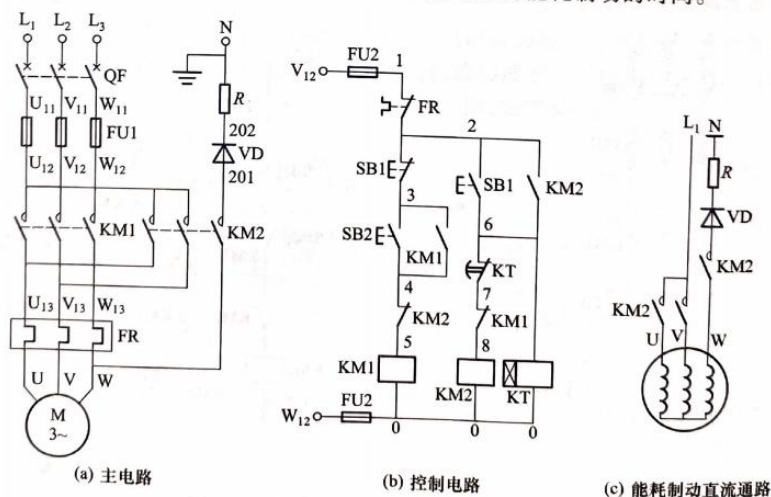


图 8-14 半波整流能耗制动控制线路的原理图

三、任务实施

单相桥式整流单向能耗制动控制线路的分析如下:

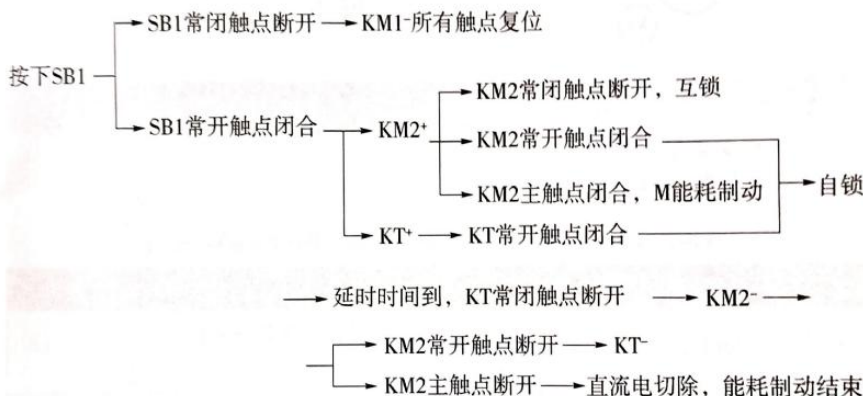
(1) 主电路分析。QF 合上,当 KM1 主触点闭合时,M 直接启动运行;当 KM2 主触点闭合时,M 能耗制动。

(2) 控制电路分析。

① 单向启动过程。



② 能耗制动过程。



在图 8-13 中,KT 的瞬动常开触点与 KM2 自锁触点串联,其作用是当发生 KT 线圈断线或机械卡住故障,致使 KT 常闭通电延时断开触点断不开,常开瞬动触点也合不上时,只要按下停止按钮 SB1,就成为点动能耗制动。若无 KT 常开瞬动触点串接 KM2 常开触点,在发生上述故障时,按下停止按钮 SB1 后,将使 KM2 线圈长期通电吸合,使电动机两相定子绕组长期接入直流电源。

所以,在 KT 发生故障后,该电路还具有手动控制能耗制动的能力,即只要使停止按钮处于按下的状态,电动机就能实现能耗制动。

四、技能考核

1. 考核任务

分析如图 8-15 所示的按速度原则控制的三相异步电动机能耗制动控制线路的工作原理。

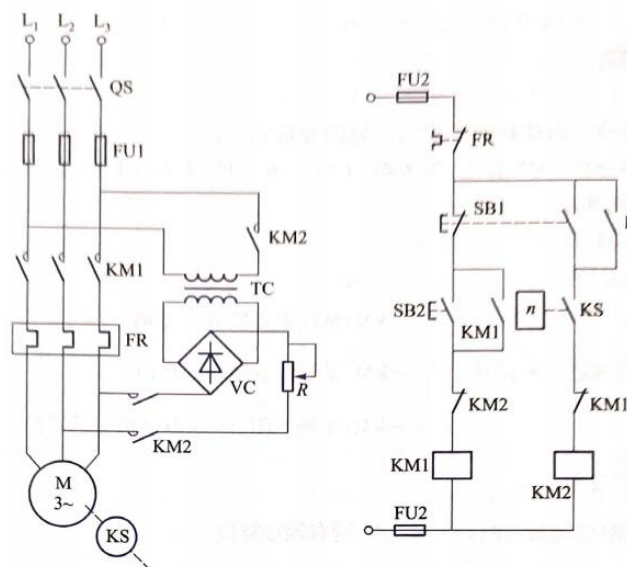


图 8-15 按速度原则控制的三相异步电动机能耗制动控制线路

2. 考核要求及评分标准

考核要求及评分标准见表 8-3。

表 8-3 按速度原则控制三相异步电动机能耗制动控制线路的识读

序号	项目	配分	评分标准	得分	备注
1	主电路识读	20 分	主电路功能分析正确,每错误一项扣 5 分		
2	控制电路	40 分	起动过程分析正确,每错误一项扣 5 分		
	能耗制动过程	40 分	能耗制动过程分析正确,每错误一项扣 5 分		
合计总分					

五、练习题

- 简述三相异步电动机能耗制动的定义、特点及适用场合。
- 直流电源能否长时间加在交流电动机的定子绕组中? 一般采用哪些方法及时断开直流电?
- 分析图 8-16 所示电路的工作过程。

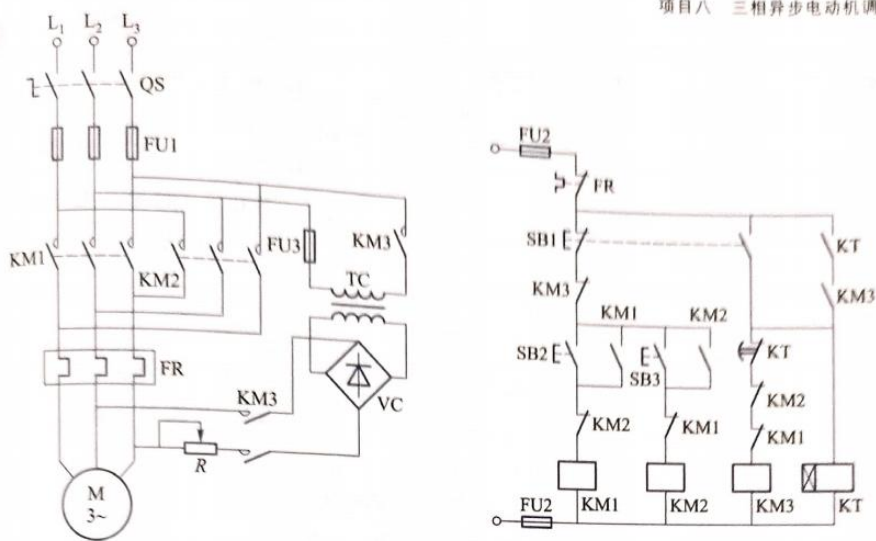


图 8-16 练习题 3 图

思考与练习

一、判断题

1. 三相异步电动机的变极调速属于有级调速。()
2. 变频调速只适用于三相笼型异步电动机的调速。()
3. 在绕线转子异步电动机转子电路中接入调速电阻,通过改变电阻大小,就可平滑调速。()
4. 绕线转子异步电动机转子电路中接入电阻调速,属于变转差率调速方法。()
5. 改变定子电压调速只适用于三相笼型异步电动机的调速。()
6. 速度继电器的触点状态决定于其线圈是否得电。()
7. 三相异步电动机采用制动措施的目的是为了停车平稳。()
8. 在反接制动的控制电路中,必须采用以时间为变化参量进行控制。()
9. 反接制动时由于制动电流较大,对电动机产生的冲击比较大,因此应在定子回路中串入限流电阻,而且仅适用于小功率异步电动机的制动。()
10. 能耗制动比反接制动所消耗的能量小,制动平稳。()
11. 能耗制动的制动转矩与通入定子绕组中的直流电流成正比,因此电流越大越好。()
12. 时间原则控制的能耗制动控制电路中,时间继电器整定时间过长会引起定子绕组过热。()

二、单项选择题

1. 三相异步电动机变极调速的方法一般只适用于()。
A. 笼型异步电动机
B. 绕线转子异步电动机
C. 同步电动机
D. 滑差电动机