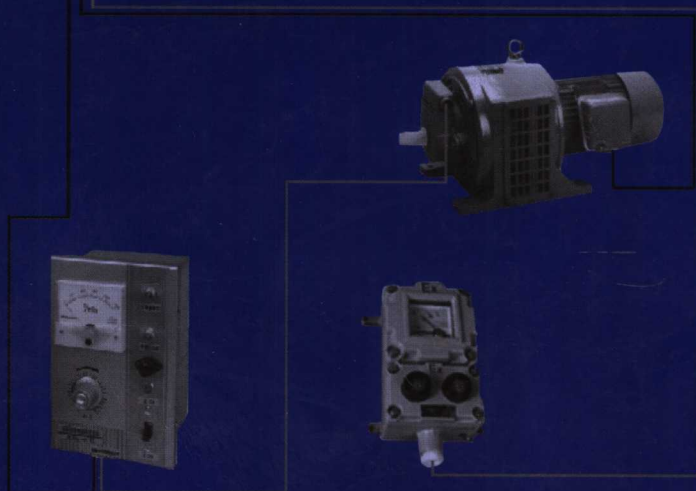


工厂 电气控制电路 实例详解

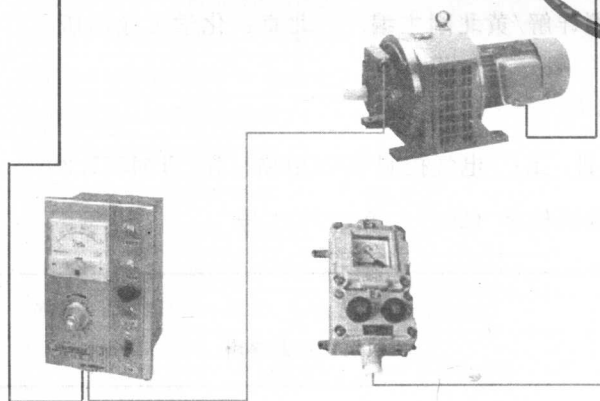
黄北刚 主 编
王晓辉 鲍晓峰 段树成 副主编



化学工业出版社

工厂 电气控制电路 实例详解

黄北刚 主 编
王晓辉 鲍晓峰 段树成 副主编



化学工业出版社

· 北 京 ·

图书在版编目(CIP)数据

工厂电气控制电路实例详解/黄北刚主编. —北京: 化学工业出版社, 2007.3

ISBN 978-7-5025-9334-6

I. 工… II. 黄… III. 工厂-电气控制-控制电路 IV. TM571.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 027011 号

责任编辑: 刘 哲 高墨荣

责任校对: 吴 静

装帧设计: 尹琳琳

出版发行: 化学工业出版社 (北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)

印 装: 北京市彩桥印刷有限责任公司

787mm×1092mm 1/16 印张 12 字数 275 千字 2007 年 5 月北京第 1 版第 1 次印刷

购书咨询: 010-64518888 (传真: 010-64519686) 售后服务: 010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书, 如有缺损质量问题, 本社销售中心负责调换。

定 价: 25.00 元

版权所有 违者必究

化学工业出版社电气类图书

书 名	定 价
电工电子计算手册	42
最新实用电工手册	148
实用电机控制电路	39
实用电机控制电路维修技术	28
注塑机电工电气电路(附光盘)	45
注塑机电路维修(第二版)	45
注塑机操作与调校技术	32
工厂电气技术丛书——电力电缆的安装、运行与测量	15
工厂电气技术丛书——电气工程和电力电子技术	20
工厂电气技术丛书——工厂电气故障与排除方法	35
电气识图	35
电气工人识图 100 例	23
电气材料手册	70
电气工程手册——石化、石油、天然气行业电气工程师用书	69
电气设备丛书——电气测量仪器	29
电气设备丛书——电热设备	38
电气设备丛书——防爆电器	29
电气设备丛书——防雷与接地装置	23
技术工人岗位培训读本——维修电工	28
技术工人岗位培训题库——运行电工	29
职业技能鉴定培训读本(初级工)——电工基础	23
职业技能鉴定培训读本(初级工)——电工识图	20
职业技能鉴定培训读本(技师)——维修电工	36
职业技能鉴定培训读本(高级工)——维修电工	31
特种作业安全技术培训教材——电工(高压运行维修)	18
特种作业安全技术培训教材——电工(低压运行维修)	25
电工技术培训读本——电工材料	18
电工技术培训读本——工厂电气试验	19
电工技术培训读本——工厂供配电技术	19
电工技术培训读本——电路与电工测量	18
电工技术培训读本——电气运行与管理技术	14
电工技术培训读本——电气控制与可编程控制器	24

以上图书由化学工业出版社 机械·电气分社出版。如要出版新著,请与编辑联系。如要以上图书的内容简介和详细目录,或者更多的专业图书信息,请登录 www.cip.com.cn。

地址:北京市东城区青年湖南街 13 号 (100011)

编辑:010-64519263

前言

随着电气技术的飞速发展，从事电气工作的技术人员不断增加，熟悉和掌握工厂常用电气控制电路的工作原理及常见故障的处理方法，是每个电工必须具备的基本功。这就要求电工不但要掌握电工基本理论，而且要不断积累实践经验，从实践中学，从源于实践的书本上学。本书正是以此为宗旨而编写的。

编者根据多年积累的低压异步电动机的控制电路图及其他电气方面的控制电路图，结合 40 年来电气安装、检修、运行、维护的实践经验，进行系统整理，编写了本书。本书对工厂常用电气控制电路的工作原理及故障现象、原因、处理方法作了简要介绍。

书中各章节既有联系，又保持一定的独立性，读者可系统地学习全书，也可根据自己的需要选读其中的有关章节。相信本书在帮助广大电工提高自身技术素质和竞争能力方面能起到抛砖引玉的作用。

王晓辉、鲍晓峰、段树成、王大伟、李庆海、祝传海等同志参加了这本书稿的部分章节内容编写，在编写过程中许多同行给予了热情的支持和帮助，在此一并表示衷心的感谢！

由于作者理论水平有限，虽然做了很大努力，书中不妥之处仍然在所难免，敬请广大读者批评指正。

编者
2007. 1

目 录

第一章 单相交流电动机的控制电路	1
第一节 单相交流电动机的基本接线	1
第二节 倒顺开关控制的单相电动机	2
第三节 接触器控制的单相电动机	2
一、接触器控制的单相电动机正转	2
二、接触器控制的单相电动机正反转	3
第四节 两处操作的单相电动机	11
一、两处操作的单相电动机正转控制电路	11
二、两处操作的单相电动机正反转控制电路	12
第五节 关于启动电容器的匹配	14
第二章 三相交流电动机常见操作方式	17
第一节 三相交流电动机控制电路的实际接线	17
一、电动机控制电路（接触器线圈交流 380V）的实际接线	17
二、电动机控制电路（接触器线圈交流 220V）的实际接线	18
第二节 按钮点动操作的三相电动机	19
一、电路工作原理	20
二、一处启动两处停止（接触器 KM 线圈工作电压交流 380V）的电动机控制实际接线	20
三、一处启动两处停止（接触器 KM 线圈工作电压交流 220V）的电动机控制实际接线	21
第三节 两处操作的三相电动机	23
一、无状态信号的两处操作的电动机交流 380V 控制电路	23
二、有状态信号的电动机控制接线	25
第四节 三处操作的三相电动机	27
一、电动机正反转主电路接线	27
二、只有开关联锁的三处操作的电动机正反转控制电路	28
三、加有中间触点与开关联锁三处操作正反转控制电路	30

四、双重联锁三处操作的电动机正反转控制电路	31
第三章 星三角降压启动的压缩机控制电路	36
第一节 概述	36
一、电路简介	36
二、启动前的电路准备	38
三、油泵启动与加热器投入	38
四、增载与减载控制电路	40
第二节 压缩机控制电路工作原理	40
一、启动前的必备条件	40
二、压缩机开停机操作顺序与电路工作过程	41
第三节 压缩机运行与故障信号控制回路	43
一、压缩机运行与故障信号控制回路	43
二、压缩机工艺故障停机	43
三、故障停机信号	46
四、油泵过负荷故障分析	46
第四节 重复启动油泵和投入加热器电路控制原理	47
第四章 润滑油泵控制电路	48
第一节 油泵与主机主轴直连方式	49
一、压缩机主轴直连控制电路	49
二、辅助润滑油泵控制电路	50
第二节 中型压缩机的润滑油泵控制电路	52
第三节 大型压缩机润滑油供给系统与控制电路	54
一、主润滑油泵控制电路	55
二、备用润滑油泵控制电路	55
三、辅助润滑油泵控制电路	56
第五章 自耦减压启动的电动机控制电路	59
第一节 自耦减压启动的水泵电动机控制电路	59
一、送电的操作	59
二、自动操作	60
三、手动控制	61
四、注意与说明	62
五、正常停机与故障停机	62
第二节 自耦减压启动的粉碎机与带式运输机控制电路	63
一、启动顺序	63
二、启动出料带式运输机	63

三、粉碎机启动工作原理	64
四、上料带式运输机电路工作原理	65
五、粉碎机与带式运输机停止	66
第三节 自耦降压启动的引风机控制电路	66
第四节 自耦降压启动的送风机控制电路	70

第六章 采用电磁调速的机械设备控制电路 65

第一节 概述	75
一、控制器面板上各部分名称	77
二、电磁调速控制器与电动机功率配用	78
三、测速发电机及励磁线圈的接线	79
四、电磁调速器投入前的核实检查	79
五、电磁调速器各元件的主要作用	80
第二节 电磁调速的炉排电动机的控制电路	80
一、炉排电动机运行前检测	80
二、启动前的准备工作	81
三、启动原动机（交流电动机）	81
四、停机的操作	83
五、锅炉房炉排和出渣机机械故障	84
六、炉排和出渣机启动过程中的故障排除	84
第三节 电磁调速故障现象与处理	84
第四节 查线灯的使用	85

第七章 双梁抓斗桥式起重机控制电路 87

第一节 起重机的基本结构及专用电气设备	87
一、起重机的基本结构	87
二、起重用三相异步电动机与电磁制动器	89
三、双梁抓斗桥式起重机的电路保护	90
第二节 控制电路	90
一、总电源接触器 K 投入电路工作原理	90
二、大小车操作与大小车控制电路	91
三、起升机构交流控制屏送电时的现象	95
四、抓斗升降与开闭控制电路工作原理	97
第三节 桥式起重机的电气故障	101
一、电气故障因素	101
二、总电源接触器 K 不吸合故障	102
三、抓斗上升或闭合方面故障	104
四、大车与小车电路故障	107

■第八章 交流接触器加有半波整流的控制电路 111

第一节 接触器交流启动直流运行的两用控制电路	111
一、说明	111
二、接触器直流运行工作原理	112
三、交流接触器的交流运行控制原理	113
四、停止电动机	113
五、图 8-1 与图 8-2 控制电路的区别	113
第二节 装车用油泵接触器线圈直流运行的控制电路	114
一、常用泵电动机控制电路工作原理	114
二、停止常用泵电动机	114
三、备用泵电动机控制电路工作原理	115
四、停止备用泵电动机	116
第三节 最简单的接触器直流启动直流保持的控制电路	116
一、接触器直流启动直流保持的控制电路	116
二、常用与备用泵接触器直流启动直流保持的控制电路	117
第四节 交直两用的接触器控制电路	119
一、直流运行	119
二、交流运行	121
三、备用泵的运行	121

■第九章 小配电所母联自动投入控制电路 124

第一节 概述	124
一、母联接触器 KM_3 的操作	125
二、401 配电所 1 号进线及 I 段母线送电	126
三、配电所 2 号进线及 II 段母线送电	126
四、验证母联接触器 KM_3 动作正确与否	127
第二节 母联接触器的自动投入	128
一、1 号进线失压跳闸后, 母联接触器 KM_3 自动投入	128
二、2 号进线失压跳闸后, 母联接触器 KM_3 自动投入	128
三、401 配电所控制电路	129
第三节 高低压系统运行方式	131

■第十章 6kV 高压水泵控制电路 133

第一节 润滑油加热器控制电路	134
一、手动操作的加热器控制电路工作原理	134
二、自动控制的润滑油加热器控制电路	135
第二节 润滑油泵控制电路	135

一、控制要求	135
二、常用润滑油泵启动前准备与送电	135
三、辅助润滑油泵控制电路	136
第三节 高压水泵的启动与停机操作	137
一、启动前准备工作	137
二、高压水泵的启动与停机	138
第四节 阀门联锁	141
第五节 故障停机	142
第六节 电动机回路故障处理	143
一、启动时发生的故障	143
二、启动或运转中发生的故障	145
三、停机时发生的故障	147
■第十一章 化工常用电动阀门控制电路	150
第一节 电动阀门的操作	151
一、电动阀门电源送电操作	151
二、阀门处在全关状态时电动开阀电路工作原理	152
三、阀门处在全开状态时电动关阀电路工作原理	153
四、阀门总电源停电操作	153
第二节 电动阀门的转矩限制保护	153
第三节 中间继电器 $K A_1$ 触点与主机断路器 $Q F_1$ 触点的作用	154
第四节 阀门电路故障与处理	154
■第十二章 常见电气控制电路实例	156
第一节 冷凝水回收水泵可编程控制电路	156
第二节 污水池刮沫机的控制电路	158
第三节 铁路道口滑车式栏杆电动机控制电路	160
第四节 全压启动的引(送)风机控制电路	162
一、引风机控制电路	162
二、送风机控制电路	164
第五节 电动机双电源控制电路	165
一、采用双电源供电的泵(机)送电前注意事项	165
二、手动操作启动原料泵常用电源工作原理	165
三、备用电源的自动投入工作原理	166
四、备用电源运行的正常停机	167
五、从备用电源运行切换到常用电源运行的操作	167
六、原料泵过负荷停泵	168
第六节 无人值班的变电所室内照明控制电路	168

一、送电顺序与手动操作	168
二、自动开灯的控制	169
三、自动关灯的控制	170
第七节 变电所直流系统的交流电源控制电路	170
一、采用双电源供电的整流装置送电注意事项	170
二、常用交流电源送电操作顺序	171
三、启动常用电源	171
四、备用交流电源送电	171
五、备用电源自动投入	171
六、直流配电屏	172
第十三章 电气设备故障与事故分析处理	173
第一节 电气设备故障的发现	173
一、通过目测能够发现的故障	173
二、从设备外观颜色变化中发现故障	174
三、电气设备出现冒烟现象时发生的故障	174
四、从设备温度异常变化中能够发现的故障	175
五、从异常声音和振动现象中发现故障	175
六、从异常的气味中发现故障	176
第二节 电动机过负荷运行危害与性质的确定	176
第三节 单方向转动的电动机控制回路常见故障现象与处理	177
第四节 热继电器常见故障与处理方法	179
第五节 使用电工仪表查找故障的方法	180

单相交流电动机的控制电路

第一节 单相交流电动机的基本接线

单相电动机如图 1-1(a) 所示, 接线如图 1-1(b) 所示。单相电动机一般由两个绕组组成, 一个是运行绕组, 一个是启动绕组。为产生转矩, 把电动机主绕组与启动绕组设计成错开的 90° , 见图 1-1(b), 合上开关 SW, 电动机主绕组与启动绕组获得交流 220V 电压, 通过电流相位差为 90° , 转子导体与旋转磁场交链作用, 产生转动动力 (转矩), 使转子导体感应出电压, 并有电流通过, 电动机获得交流 220V 电压, 由于旋转磁场和转子电流之间的作用, 从而使转子旋转。转矩分为正序转矩和负序转矩。

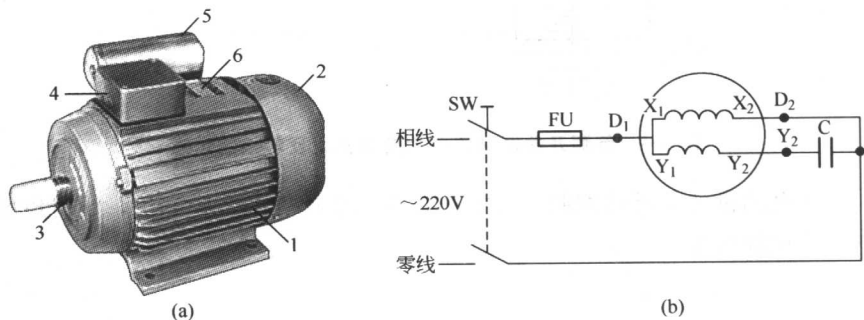


图 1-1 单相电动机与基本接线图

1—电动机; 2—风扇防护罩; 3—转子轴; 4—接线盒; 5—电容器; 6—铭牌

单相电动机主副绕组的绕线方法是固定不变的, 按照不同的接线方式, 就可以实现电动机的正反转控制。一般在电动机的铭牌上都标有正转接线图, 如图 1-2 所示。

电动机正转接线, 在封闭式单相电动机的铭牌上附有接线图, 出线为六个线头, 如果把电动机的六个出线端子 (出线端子标号各厂家有所不同) 接法改变一下, 电动机就反转了

(图 1-3 所示)。电动机启动绕组的极性改变, 实际是改变了流过副绕组电流的方向。

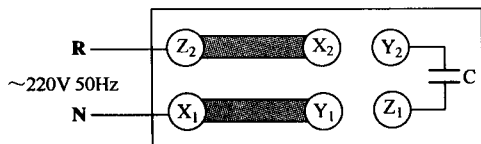


图 1-2 单相电动机正转出线端子接线示意图

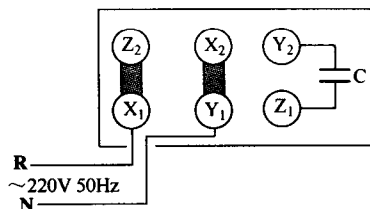


图 1-3 单相电动机反转出线端子接线示意图

第二节 倒顺开关控制的单相电动机

要改变单相电动机的旋转方向, 只要把主绕组或启动绕组中的任意一个极性反接即可, 因为电动机获得了相反的极性, 旋转磁场的方向就改变了, 电动机也就反转了。

我们把倒顺开关的电源输入端子, 按控制需要用线连接后, 即可用于单相电动机的正反转控制, 如图 1-4 所示。

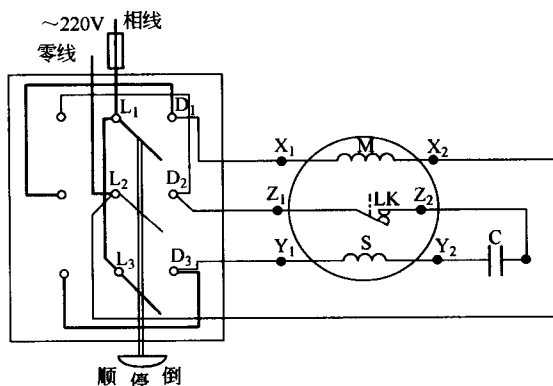


图 1-4 倒顺开关控制的单相电动机正反转接线示意图

总之, 单相电动机的正反转控制, 只要选择有三个位置的各种开关, 就可以实现对单相电动机的正反转控制接线。

第三节 接触器控制的单相电动机

一、接触器控制的单相电动机正转

采用接触器控制的单相电动机正转接线如图 1-5 所示。断路器 QF 的容量不宜选择过

大, 为电动机额定电流的 2~2.5 倍即可。需要连续运转时, 应接停止按钮 STOP 和自保触点 KM。

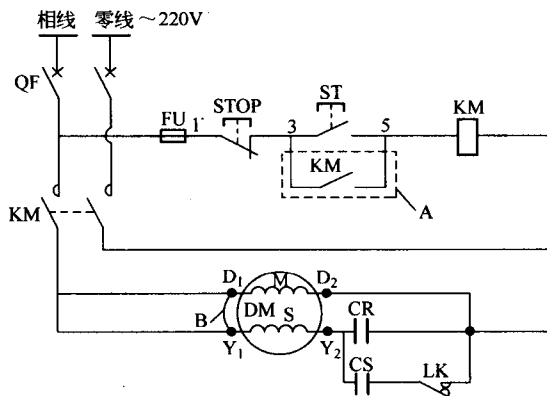


图 1-5 接触器控制的单相电动机正转

按下 ST 启动按钮, 电动机运转。需要停车时, 按下停止按钮 STOP, 其常闭触点断开, 接触器 KM 线圈断电释放, 主触点断开, 电动机 DM 断电停转。

点动运行时, 直接启动按钮 ST (点划线框内的 KM 常开触点不接)。按下 ST 时, 电机运转, 松手电机停。

二、接触器控制的单相电动机正反转

采用接触器控制的单相电动机正反转接线如图 1-6 所示, 连续运行时, 停止按钮 SB_1 与自保持触点 KM_1 、 KM_2 分别接入各自电路。

点动运转时, 直接启动按钮 SB_2 (点划线框内常开触点 KM_1 、 KM_2 不接, 停止按钮 SB_1 也可不接), 不管是正转还是反转, 按下时接通, 电机转, 松手就停。

1. 改变主绕组极性接线的单相电动机正反转控制电路

图 1-6 为改变主绕组极性的单相电动机正反转控制电路图, 空气开关 QF 已在合位时, 电路工作原理如下。

(1) 电动机正向启动运转 按下正向启动按钮 SB_2 。

电源相线 (R)→控制保险 FU_1 →控制保险 FU_1 →停止按钮 SB_1 常闭触点→启动按钮 SB_2 常开触点 (按下时闭合)→反向接触器 KM_2 常闭触点→正向接触器 KM_1 线圈→控制保险 FU_0 →电源零线 (N)。

电路接通, 接触器 KM_1 线圈获得交流 220V 电源, 接触器 KM_1 动作, 接触器 KM_1 常开触点闭合自保, 维持接触器 KM_1 吸合状态。

看主电路部分

正向 KM_1 接触器主触点同时闭合。

电源相线 (R)→空气断路器 QF 闭合中的触点→主电路中的熔断器 FU →闭合中的接触器 KM_1 主触点 01、02 接通→

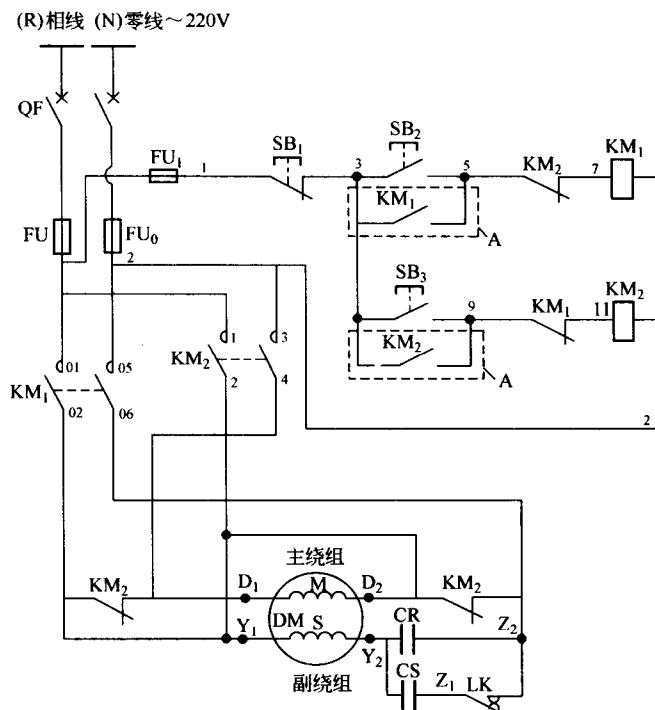


图 1-6 单相电动机正反转控制电路之一

① 接触器 KM_2 常闭触点→电动机 DM 主绕组 M 端子 D_1 →电动机 DM 主绕组 M→电动机 DM 主绕组端子 D_2 →接触器 KM_2 常闭触点→接触器 KM_1 主触点 06、05 接通→熔断器 FU_0 →空气断路器 QF 闭合中的触点→电源零线 (N)；

② 电动机 DM 启动绕组 S 端子 Y_1 →电动机 DM 启动绕组 S→电动机 DM 启动绕组 S 端子 Y_2 后，分出两路→运行电容器 CR→Z₂ 点→接触器 KM_1 主触点 06、05 接通→熔断器 FU_0 →断路器 QF 闭合中的触点→电源零线 (N)。

从而使这台单相电动机 DM 的启动绕组 S、主绕组 M 同时获得交流 220V 电源旋转（正向）起来，当转矩达到额定转矩的 80% 左右，离心开关的 LK 接点断开，切断了启动电容 CS 电路，启动电容器 CS 失去作用。依靠运行电容 CR 维持启动绕组 S 工作状态，电动机 DM 进入正向运行状态。

(2) 电动机反向启动运转 图 1-6 采用改变主绕组极性的方法，实现电动机 DM 反方向启动运转。其反转电路工作原理如下。

按下反向启动按钮 SB_3 。

电源相线 (R)→控制保险 FU_1 →停止按钮 SB_1 常闭触点→启动按钮 SB_3 常开触点（按下时闭合）→正向接触器 KM_1 常闭触点→反向接触器 KM_2 线圈→控制保险 FU_0 →电源零线 (N)。

电路接通，接触器 KM_2 线圈获得交流 220V 电源，接触器 KM_2 动作，接触器 KM_2 常

开触点闭合自保, 维持接触器 KM_2 吸合状态。

看主电路部分

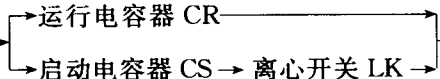
反向接触器 KM_2 动作时, 主电路中的接触器 KM_2 常闭触点首先断开, 为改变电动机 DM 主绕组 M 接线方式做好准备。

反向接触器 KM_2 主触点 1、2 闭合时, 注意主绕组 M 极性是这样改变的 (见图 1-6)。

电源相线 (R) → 空气断路器 QF 闭合中的触点 → 主电路中的熔断器 FU → 闭合中的接触器 KM_2 主触点电源侧带电 →

① 接触器 KM_2 主触点 1、2 接通 → 电动机 DM 主绕组 M 端子 D_2 → 电动机 DM 主绕组 M → 电动机 DM 主绕组端子 D_1 → 接触器 KM_2 (3、4) 闭合的主触点 → 空气断路器 QF 闭合中的触点 → 电源零线 (N)。

主绕组 M, 在正向启动运转时, 电源相线 (R) 先进入主绕组 M 的端子 D_1 → 主绕组 M → 从端子 D_2 出来。在反向启动运转时则相反, 电源相线 (R) 先进入主绕组 M 的端子 D_2 , 从端子 D_1 出来。这样主绕组 M 改变了极性。

② 接触器 KM_2 主触点 1、2 接通, 启动绕组 S 的端子 Y_1 → 启动绕组 S → 启动绕组 S 的端子 Y_2 → 分出两路 →  → Z_2 点 → 接触器 KM_2 (3、4) 闭合中的主触点 → 熔断器 FU_0 → 断路器 QF 闭合中的触点 → 电源零线 (N)。

从而使这台单相电动机 DM 的启动绕组 S、主绕组 M 同时获得交流 220V 电源旋转起来。由于主绕组 M 极性的改变, 电动机反方向旋转。

当转矩达到额定转矩的 80% 左右, 离心开关的触点断开, 切断启动电容 CS 电路, 启动电容 CS 失去作用。依靠运行电容 CR 维持启动绕组 S 工作状态, 电动机 DM 进入正常运行。

反向接触器 KM_2 线圈获电动作时, 主电路中的反向接触器 KM_2 的常闭触点先断开, 将正向接触器 KM_1 主电路隔离。

(3) 控制回路接触器采用相互制约的控制接线 正向接触器的辅助常闭触点 KM_1 串入反向接触器线圈 KM_2 电路中, 反向接触器的辅助常闭触点 KM_2 串入正向接触器线圈 KM_1 电路中, 采用这样的接线方式称之开关联锁。

反向接触器 KM_2 线圈获电动作时, 串入正向接触器线圈 KM_1 电路中的反向接触器的辅助常闭触点 KM_2 断开, 将正向接触器线圈 KM_1 电路隔离, 即使按下正向启动控制按钮 SB_2 , 正向接触器线圈 KM_1 也不能获电动作。

正向接触器 KM_1 线圈获电动作时, 反向接触器线圈 KM_2 电路中的正向接触器的辅助常闭触点 KM_1 断开, 将反向接触器线圈 KM_2 电路隔离, 即使按下反向启动控制按钮 SB_3 , 反向接触器线圈 KM_2 也不能获电动作, 达到开关互相制约之目的, 防止了两台接触器同时接通。

2. 改变启动绕组极性接线的单相电动机正反转控制电路

图 1-7 为改变启动绕组极性的单相电动机正反转控制电路, 图 1-8(a) 为单相电动机正转时工作原理示意图, 箭头表示电流流过电路的方向。

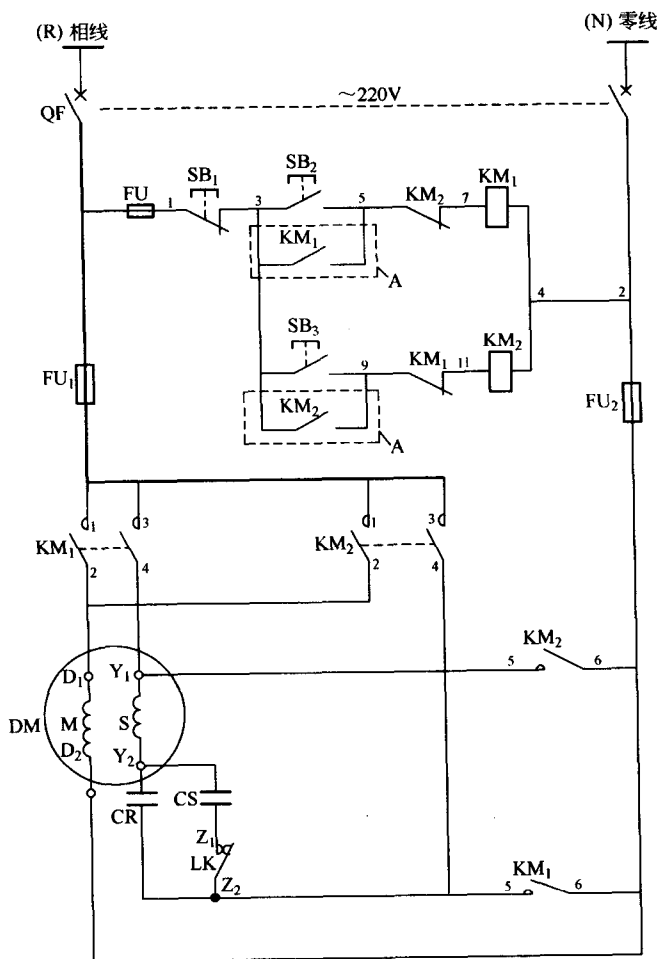


图 1-7 改变启动绕组极性的单相电动机正反转控制电路

(1) 电动机正向启动运转 空气开关 QF 已在合位时，电路工作原理如下。

按下正向启动按钮 SB₂，电源相线 (R)→控制保险 FU→停止按钮 SB₁ 常闭触点→启动按钮 SB₂ 常开触点（按下时闭合）→串入反向接触器 KM₂ 常闭触点→正向接触器 KM₁ 线圈→电源零线 (N)。电路接通，接触器 KM₁ 线圈获得交流 220V 电源，接触器 KM₁ 动作，接触器 KM₁ 常开触点闭合自保，维持接触器 KM₁ 工作状态。

看主电路部分

正向 KM₁ 接触器常开触点三个同时闭合。

电源相线 (R)→空气断路器 QF 闭合中的触点→主电路中的熔断器 FU₁→接触器 KM₁ 主触点电源侧 1、3 端子得电→

① 接触器 KM₁ 闭合中的主触点 1、2 接通→电动机 DM 主绕组 M 端子 D₁→主绕组 M→主绕组 M 端子 D₂→主电路中的熔断器 FU₂→空气断路器 QF 闭合中的触点→电源零线 (N)；