

前 言

电动机是生产和生活中广泛应用的动力设备,其技术水平的发挥除与本身的品质相关外,还与起动、制动、调速、运行、保护等控制线路密切相关。电动机控制线路设计要受电源类型、电动机类型、驱动对象以及运行条件等多种因素的影响和制约,是一项复杂的系统工程。近年来,随着国家环保、节能、安全标准的不断升级和各种新型控制电器的面世,特别是以微处理器(微电脑)为代表的电子元器件的引入,使电动机传统的控制线路焕发了新的青春,控制线路的科技含量有了很大的提高。为了及时推广新产品和新技术在电动机控制线路中的应用,作者在总结三十余年工业企业自动化和电气设备控制设计、研发工作经验的基础上编写了本书。

本书从生产实际出发,列举了鼠笼式异步电动机、线绕式异步电动机、力矩电动机、滑差电动机、同步电动机及直流电动机的起动、制动、调速、运行、保护等控制线路共 326 例。每例都介绍了适用范围、工作原理、元器件选择、使用注意事项等。书中还介绍了软起动器、变频器等新产品、新技术的应用。对于互相袭用的某些错误线路,书中进行了分析并提出了改进方案。为了便于阅读,附录中收入了电工常用文字符号和图形符号供参考。

本书所选线路取材广泛、类型齐全、实用性强,叙述深入浅出、准确明了,对于提高电工安装调试的技术水平和处理故障能力有很大帮助,对电气设备的设计和研发人员也有一定的参考价值。

参加本书编写工作的还有:鲍俏伟、郑鹏、方亚平、张荣亮、那春刚、许纪秋和周明英等。方欣、张红芳为全书绘制了插图,方大中和乐启昌对全书进行了审校。

限于作者水平,书中不妥之处在所难免,恳请广大读者批评指正。

作者

2002 年 12 月

目 录

第一章 鼠笼式异步电动机起动线路	(1)
第一节 直接起动线路	(1)
1. 手动正转起动线路	(2)
2. 点动正转起动线路	(2)
3. 具有自锁功能的正转起动线路	(3)
4. 晶闸管控制正转起动线路	(4)
5. 倒顺开关控制正反转起动线路	(5)
6. 接触器连锁控制正反转起动线路	(6)
7. 按钮和接触器双重连锁控制正反转起动线路	(7)
8. 接触器控制正反转起动及点动线路	(8)
9. 行程开关控制正反转起动线路	(9)
10. 自动往返控制线路	(10)
11. 带有点动功能的自动往返控制线路	(11)
12. QC10、QC12 型不可逆磁力起动器控制线路	(12)
13. QC10、QC12 型可逆磁力起动器控制线路	(13)
第二节 降压起动线路	(14)
14. 定子回路中串入电阻或电抗器降压起动线路	(16)
15. 阻容复合降压起动线路	(18)
16. 手动操作 Y- Δ 降压起动线路	(20)
17. QX1、QX2 系列磁力起动器 Y- Δ 降压起动线路	(21)
18. 按钮控制 Y- Δ 降压起动线路	(22)
19. QX3 系列磁力起动器自动控制 Y- Δ 降压 起动线路	(23)
20. QX4 系列磁力起动器自动控制 Y- Δ 降压 起动线路	(24)
21. 有较高可靠性的自动控制 Y- Δ 降压起动线路	(25)

22. 用于频繁起动电动机的 Y- Δ 降压起动线路	(26)
23. 带防止飞弧短路保护功能的 Y- Δ 降压 起动线路(一~四).....	(27)
24. 带断相保护的 Y- Δ 降压起动线路	(31)
25. 手动操作自耦变压器降压起动线路.....	(32)
26. 按钮控制自耦降压起动线路.....	(32)
27. XJ01 系列自耦降压起动器起动线路(一~五).....	(34)
28. XJ 10、LZQ1 系列自耦降压起动器起动线路.....	(40)
29. 能有效保证接触器主触点熄弧的自耦降压 起动线路.....	(40)
30. 手动延边 Δ 形降压起动线路.....	(43)
31. 自动延边 Δ 形降压起动线路.....	(45)
32. 延边 Δ 形两级降压起动线路.....	(46)
33. 延边 Δ 形三级降压起动线路.....	(46)
34. Δ 形起动、Y 形运行的控制线路	(48)
第三节 特殊的起动与控制线路	(49)
35. 熔断器切换的起动与运行线路.....	(49)
36. 起动时防止热继电器动作的起动线路.....	(50)
37. 单按钮控制单向起动的线路(一~三).....	(51)
38. 单按钮控制 Y- Δ 降压起动的线路	(54)
39. 单按钮和行程开关控制正反转的线路.....	(55)
40. 单按钮控制正反转的线路.....	(55)
41. 一根导线控制起停的线路.....	(57)
42. 一根导线控制两台电动机轮流正反转的线路.....	(58)
43. 多地控制电动机起停的线路(一、二)	(59)
44. 一台起动器控制工作电动机和备用电动机 起动的线路.....	(61)
45. 一台起动器起动两台电动机的线路(一、二)	(62)
46. 一台起动器起动三台电动机的线路.....	(64)

47. 一台起动器起动多台电动机的线路·····	(64)
48. 排灌站电动机远方有线集中控制线路·····	(66)
49. 电压偏低场合使电动机顺利起动的线路(一~三)·····	(68)
50. 冷却风扇自起动线路·····	(70)
51. 单相电容起动异步电动机连续正反转线路·····	(71)
52. 增大单相电容运转电动机起动转矩的线路·····	(73)
53. 使用软起动器的电动机起动线路·····	(74)
第二章 鼠笼式异步电动机控制线路 ·····	(78)
第一节 互投、循环、顺序控制线路 ·····	(78)
1. 转换开关控制的电动机自动互投线路·····	(78)
2. 具有检测功能的两台电动机自动互投线路(一、二)·····	(79)
3. 继电器控制电动机定时正反转线路·····	(84)
4. 晶闸管控制电动机定时正反转线路·····	(85)
5. 晶闸管控制电动机正反转及点动线路(一、二)·····	(87)
6. 双稳态电路控制电动机正反转线路·····	(89)
7. 电容换相的电动机正反转线路·····	(90)
8. 双稳态电路做限位开关的电动机自动停机线路·····	(91)
9. 利用时间继电器防止电动机非正常停机的 线路(一~三)·····	(92)
10. 利用直流运行的交流接触器防止电动机非正常 停机的线路·····	(96)
11. 利用自感电动势实现瞬间停机保护的线路·····	(97)
12. 小功率三相电动机用于单相电源的接线(一、二)·····	(97)
13. 电动机改向低速运行控制线路(一、二)·····	(100)
14. 电动机间歇式循环起停机控制线路(一~七)·····	(102)
15. 两台有起停顺序要求电动机的连锁控制 线路(一、二)·····	(111)
16. 三台有起停顺序要求电动机的连锁控制线路·····	(113)
17. 相序判断器控制的电动机定向运转线路·····	(114)

第二节 双速、多速电动机控制线路	(116)
18. 2Y/ Δ 接法双速电动机开关控制线路	(116)
19. 2Y/ Δ 接法双速电动机接触器控制线路(一~四) ...	(117)
20. 2 Δ /Y 接法双速电动机开关控制线路	(121)
21. 2 Δ /Y 接法双速电动机接触器控制线路	(121)
22. 2Y/2Y 接法双速电动机开关控制线路	(122)
23. 2Y/2Y 接法双速电动机接触器控制线路	(124)
24. 带能耗制动的双速电动机正反转控制线路	(126)
25. 三速电动机控制线路(一、二).....	(126)
26. 四速电动机控制线路(一、二).....	(130)
第三节 变频调速线路.....	(134)
27. 电动机正转运行变频调速线路	(134)
28. 电动机寸动运行控制线路	(134)

41. 确保远程电动机准确停机的控制线路	(156)
42. 额定电压为 127V 的可逆电动机接于 220V 电源 的线路	(157)
43. 降低晶闸管调速电容起动电动机噪声的线路	(158)
44. 锅炉自动给煤装置控制线路	(159)
45. 混凝土骨料上料和称重控制线路	(160)
46. 散装水泥自动秤控制线路	(162)
47. 混凝土搅拌机控制线路	(163)
48. 混凝土振捣器控制线路(一、二)	(164)
49. 电动门控制线路(一~四)	(165)
第三章 鼠笼式异步电动机制动线路	(171)
第一节 机械制动线路	(172)
1. 电磁抱闸制动线路(一、二)	(173)
第二节 反接制动线路	(175)
2. 单向运转反接制动线路(一~四)	(175)
3. 正反向运转反接制动线路(一~五)	(179)
第三节 能耗制动线路	(185)
4. 单向运转能耗制动线路(一~九)	(185)
5. 带点动制动的能耗制动线路	(197)
6. 正反向运转能耗制动线路(一~三)	(198)
7. 晶闸管控制的能耗制动线路	(200)
8. 单相电动机能耗制动线路(一、二)	(202)
9. 自激能耗制动——电容制动线路(一~四)	(204)
第四节 短接制动线路和再生制动线路	(208)
10. 单向运转短接制动线路	(208)
11. 正反向运转短接制动线路	(208)
12. 采用整流二极管的短接制动线路	(209)
13. 自激发电——短接制动线路(一~三)	(210)
14. 再生制动线路	(212)

第五节 专用制动电路·····	(213)
15. 能准确定位的制动线路·····	(213)
16. 能排除转子摆动的制动线路·····	(214)
17. 在机械上互相联系的两台电动机制动线路·····	(215)
第四章 绕线式异步电动机控制线路·····	(217)
第一节 绕线式异步电动机起动线路·····	(217)
1. 凸轮控制器起动线路·····	(217)
2. 时间继电器三级起动线路·····	(218)
3. 电流继电器二级起动线路·····	(220)
4. 电流继电器三级起动线路·····	(221)
5. 频敏变阻器手动单向起动线路·····	(224)
6. 频敏变阻器手动和自动单向起动线路·····	(225)
7. XQP 型频敏起动控制箱线路·····	(227)
8. 频敏变阻器手动正反转起动线路·····	(228)
9. 频敏变阻器自动正反转起动线路·····	(229)
第二节 绕线式异步电动机调速线路·····	(230)
10. 转子串接电阻的调速线路·····	(231)
11. 具有正反转、反接制动和分级调速功能的线路·····	(232)
12. 电气式串级调速线路·····	(234)
13. 晶闸管式串级调速线路·····	(234)
14. 辅助电源无级调速线路·····	(238)
第三节 绕线式异步电动机制动线路·····	(242)
15. 机械制动线路·····	(242)
16. 能耗制动线路·····	(242)
17. 反接制动线路·····	(243)
18. 具有综合制动功能的正反向可调速控制线路·····	(244)
第五章 力矩电动机、滑差电动机、同步电动机、直流电动机	
控制线路·····	(250)
第一节 力矩电动机的转矩调节线路·····	(250)

1. 三相平衡调节线路·····	(250)
2. V形调节线路·····	(250)
3. 单相调节线路(一、二)·····	(250)
第二节 滑差电动机调速线路·····	(252)
4. 晶体管调速线路·····	(253)
5. 晶闸管无级调速线路·····	(255)
第三节 同步电动机控制线路·····	(258)
6. 全压起动线路·····	(259)
7. 自耦变压器降压、转子按频率变化加入励磁的起动 线路·····	(260)
8. 电阻降压、按定子电流变化加入励磁的起动线路·····	(262)
9. 电抗器降压、按定子电流变化加入励磁的起动线路·····	(263)
10. 能耗制动线路·····	(266)
第四节 直流电动机控制线路·····	(267)
11. 电枢串接电阻的起动与调速线路(一、二)·····	(272)
12. 电枢串接电阻起动改变励磁电流调速的线路·····	(275)
13. 晶闸管调节电枢电压调速线路·····	(276)
14. 他励式直流电动机正反转线路·····	(279)
15. 复励式直流电动机正反转线路·····	(280)
16. 并励式直流电动机能耗制动线路·····	(281)
17. 直接起动直流电动机能耗制动线路·····	(282)
18. 串励式直流电动机能耗制动线路·····	(283)
19. 复励式直流电动机能耗制动线路·····	(283)
20. 电枢串接电阻起动能耗制动单向运转 线路(一~三)·····	(284)
21. 电枢串接电阻起动能耗制动正反转线路·····	(286)
22. 反接制动线路·····	(287)
23. 电枢串接电阻起动反接制动正反转线路(一、二)·····	(289)
第六章 三相异步电动机保护线路·····	(294)

第一节 热敏电阻保护线路.....	(297)
1. 负温度系数热敏电阻(NTC)保护线路(一~三) ...	(299)
2. 正温度系数热敏电阻(PTC)保护线路(一~八).....	(301)
3. 正温度系数热敏电阻(PTC)单相异步电动机保护 线路.....	(310)
第二节 热继电器保护线路.....	(311)
4. 重负载起动热继电器保护线路(一~四).....	(315)
第三节 断相保护线路.....	(319)
5. 断丝保护线路(一~三).....	(320)
6. 检测线电流的断相保护线路(一~五).....	(325)
7. 检测线电流的断相和过载保护线路(一、二)	(333)
8. 谐波电流断相保护线路(一~五).....	(335)
9. 负序电流断相保护线路(一、二)	(340)
10. 负序电压断相保护线路(一、二).....	(343)
11. 零序电压(电流)断相保护线路(一~六)	(345)
12. 固态断相继电器保护线路	(352)
13. 光电式断相保护线路	(353)
第四节 多功能保护线路.....	(355)
14. 自动开关过电流和断相保护线路	(355)
15. 时基电路过电流和断相保护线路	(357)
16. SL-322 集成电路多功能保护线路	(359)
17. 电流互感器多功能保护线路(一~三)	(361)
18. 检测谐波电流的多功能保护线路	(367)
19. 检测三次谐波电流的多功能保护线路	(369)
20. 相敏整流电路组成的多功能保护线路(一、二).....	(370)
第五节 高压电动机继电保护线路.....	(374)
21. 相间短路及过流保护线路	(374)
22. 过流及接地保护线路	(374)
23. 低电压保护线路	(376)

第六节 其它保护线路和专用保护线路·····	(378)
24. 晶闸管过电流保护线路·····	(378)
25. 单相异步电动机过电流保护线路(一、二)·····	(379)
26. 直流电动机失磁保护线路·····	(380)
27. 直流电动机过电流保护线路·····	(381)
28. 水泵电动机防空抽保护线路·····	(382)
29. 防止电动机反向起动时短路的保护线路(一~三)···	(382)
30. 防止高压电动机反向起动时短路的保护线路·····	(384)
第七章 节电线路·····	(387)
第一节 改变电动机运行状态的节电线路·····	(387)
1. 防止电动机空载运行的线路·····	(387)
2. 卫生间排风扇自动控制线路·····	(388)
3. 异步电动机电压自动调控线路·····	(389)
第二节 改变电动机绕组接线方式的节电线路·····	(390)
4. 22kW 及以下卷扬机用 Y- Δ 转换节电线路·····	(391)
5. 33kW 及以上卷扬机用 Y- Δ 转换节电线路·····	(392)
6. 部分机床 Y- Δ 转换节电线路·····	(392)
7. 接触器控制电动机正反转的机床 Y- Δ 转换节电 线路·····	(393)
8. 带停车制动装置机床的 Y- Δ 转换节电线路·····	(394)
9. JDI 型 Y- Δ 自动转换装置节电线路·····	(395)
10. 轻重载运行 Y- Δ 自动转换节电线路·····	(397)
11. 采用大功率开关集成电路的 Y- Δ 自动转换节电 线路·····	(398)
第三节 异步电动机同步化运行节电线路·····	(400)
12. 130kW 异步电动机同步化运行线路·····	(401)
13. 晶闸管励磁的异步电动机同步化运行线路·····	(406)
第四节 异步电动机无功功率就地补偿线路·····	(410)
14. 直接起动就地补偿线路·····	(411)

15. 采用 Y- Δ 起动器起动的异步电动机就地补偿 线路	(411)
第八章 起重机械专用线路	(413)
第一节 起重机线路	(413)
1. KT-25J/1 型凸轮控制器控制线路	(416)
2. XQB1 型保护箱控制线路	(420)
3. 多台凸轮控制器控制线路	(421)
4. PQR10A 型磁力控制盘平移控制线路	(426)
5. PQY1 系列磁力控制盘平移控制线路	(430)
6. PQY2 系列磁力控制盘平移控制线路	(433)
7. PQS1 系列磁力控制盘升降控制线路	(433)
8. 由主令开关和凸轮控制器组成的控制线路	(437)
9. QT-60/80 型塔式起重机控制线路	(442)
10. 自激动力制动方式下降调速线路	(447)
第二节 吊车、货梯线路	(448)
11. 建筑工地用卷扬机控制线路	(448)
12. 电动葫芦控制线路	(449)
13. 餐厅简易提升机控制线路	(451)
14. 简易升降机控制线路	(452)
15. 附墙升降机控制线路	(456)
第三节 其它输送机械线路	(458)
16. 矿用牵引电机车电源远控线路	(458)
17. 皮带运输机自动控制线路	(460)
主要参考文献	(462)
附录 1 变频器基础知识	(463)
附录 2 本书常用图形符号及其含义	(476)
附录 3 本书常用文字符号及其含义	(482)

第一章 鼠笼式异步电动机起动线路

第一节 直接起动线路

直接起动方式,虽然存在着起动电流大、起动时电压降较大等不利因素,但由于直接起动方式简便,不需要附加起动设备,所以鼠笼式异步电动机应首先考虑采用直接起动方式,只有在不符合直接起动条件时,才考虑采用降压起动方式。

直接起动的条件:鼠笼式异步电动机能否直接起动,取决于下列条件:

(1)电动机自身要允许直接起动。对于惯性较大,起动时间较长或起动频繁的电动机,过大的起动电流会使电动机老化,甚至损坏。

(2)所带动的机械设备能承受直接起动时的冲击转矩。

(3)电动机直接起动时所造成的电网电压下降不致影响电网上其它设备的正常运行。具体要求是:经常起动的电动机,引起的电网电压下降不大于 10%;不经常起动的电动机,引起的电网电压下降不大于 15%;当能保证生产机械要求的起动转矩,且在电网中引起的电压波动不致破坏其它电气设备工作时,电动机引起的电网电压下降允许为 20%或更大;由一台变压器供电给多个不同特性负载,而有些负载要求电压变动小时,允许直接起动的异步电动机的功率要小一些。

(4)电动机起动不能过于频繁。因为起动越频繁给同一电网上其它负载带来的影响越多。

电源容量与允许直接起动鼠笼式异步电动机功率的关系见表 1-1,6(10)/0.4(kV)变压器与允许直接起动鼠笼式异步电动机功率的关系见表 1-2。

表 1-1 按电源容量估计鼠笼式异步电动机直接启动时的功率

电源情况	允许直接启动的鼠笼式电动机最大功率(kW)
小容量发电厂	每 1kVA 发电机容量为 0.1~0.12kW
变电所	经常启动时,不大于变压器容量的 20%
	不经常启动时,不大于变压器容量的 30%
高压线路	不超过电动机连接线路短路容量的 3%
变压器—电动机组	电动机功率不大于变压器容量的 80%

表 1-2 6(10)/0.4kV 变压器与允许直接启动的鼠笼式电动机最大功率的关系

变压器供电的其它负载 S_j 和功率因数 $\cos\varphi$	启动时允许电压降 (%)	供电变压器容量 S_b (kVA)					
		100	200	365	630	800	1000
		启动鼠笼式电动机最大功率(kW)					
$S_j=0.5S_b$ $\cos\varphi=0.7$	10	22	45	90	132	160	220
	15	30	55	110	200	250	280
$S_j=0.6S_b$ $\cos\varphi=0.8$	10	18.5	30	90	110	132	185
	15	30	55	110	200	250	280

注:所列数据系指电动机与变压器低压母线直接相连时的情况。

1. 手动正转启动线路

用瓷底胶盖闸刀开关、转换开关或铁壳开关控制电动机启动和停止,用熔断器做短路保护,是最简单的手动单向启动线路。这种控制线路只适用于容量较小、启动不频繁的电动机。熔断器中熔体的额定电流一般取电动机额定电流的 2.5 倍。

2. 点动正转启动线路

点动启动线路是指用按钮开关控制电动机启动和停止的线路。即按下按钮开关时,电动机通电运转,松开按钮开关时电动机停止运转。点动正转启动线路如图 1-1 所示。图中熔断器 FU_1 做主回路的短路保护; FU_2 做控制回路的短路保护; FR 做电动机过载保护。

工作原理(合上电源开关 QS):

启动:按下点动按钮 SB→接触器 KM 的线圈得电衔铁吸合→KM 的主触点闭合→电动机 M 运转。

停止:松开 SB→KM 的线圈失电衔铁释放→KM 的主触点断开→电动机 M 停转。

3. 具有自锁功能的正转 启动线路

用接触器控制的具有自锁功能的正转启动线路如图 1-2 所示。采用该线路可实现电动机的远距离控制。

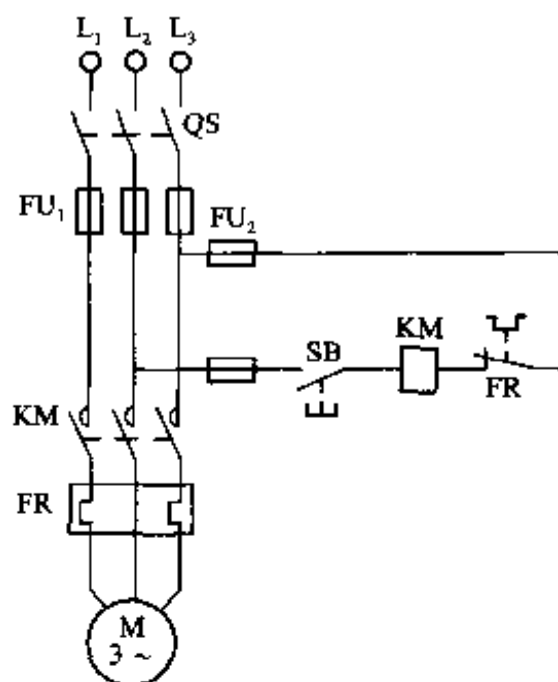


图 1-1 点动正转启动线路

由闸刀开关 QS、熔断器 FU_1 、交流接触器 KM 的常开主触点和热继电器 FR 的热元件与电动机 M 构成主回路。由启动按钮 SB_1 、停止按钮 SB_2 、接触器 KM 的线圈和常开辅助触点、热继电器

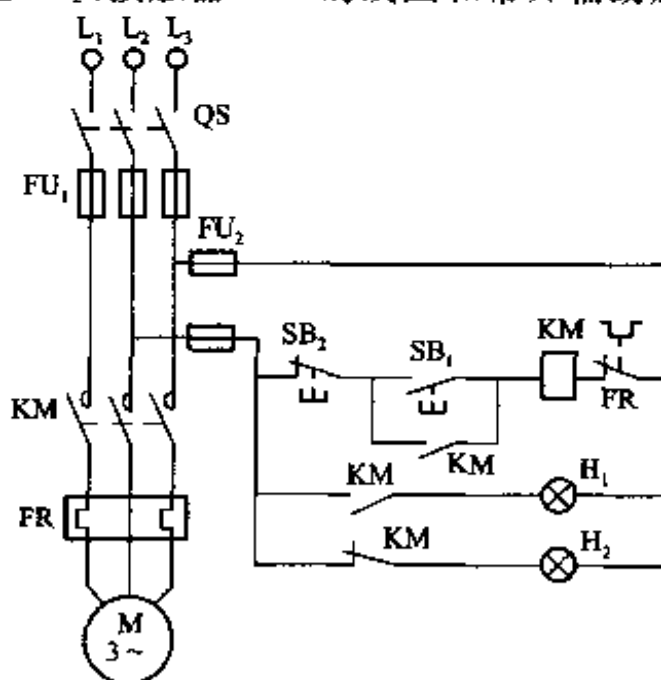


图 1-2 具有自锁功能的正转启动线路

FR 的常闭触点及熔断器 FU_2 构成控制回路。由接触器 KM 常开辅助触点、运行指示灯 H_1 、常闭辅助触点、停机指示灯 H_2 构成信号回路。

工作原理：合上电源开关 QS，停机指示灯 H_2 通过 KM 的常闭辅助触点点亮，按下起动按钮 SB_1 ，接触器 KM 线圈得电衔铁吸合并自锁，其常闭辅助触点断开、常开辅助触点闭合、主触点闭合，停机指示灯 H_2 灭、运行指示灯 H_1 亮，电动机直接起动运转。停机时，按下停止按钮 SB_2 ，接触器 KM 线圈失电衔铁释放，其常闭辅助触点闭合、常开辅助触点断开、主触点断开，停机指示灯 H_2 亮、运行指示灯 H_1 灭，电动机停止运转。

当电动机过载时，热继电器 FR 动作，其常闭触点断开，接触器 KM 线圈失电衔铁释放，切断电源，电动机停止运转。

熔断器 FU_1 做短路保护用。该电路还有失压、欠压保护功能（凡采用接触器控制的都有此功能）：当电源电压由于某种原因低于额定电压的 85% 或断电时，接触器的线圈失电衔铁自行释放，断开三相电源，电动机停止运转。电源电压恢复后，由于接触器线圈不能自行通电，只有再次按下起动按钮 SB_1 后，电动机才能起动运行，从而实现欠压和失压保护。

4. 晶闸管控制正转起动线路

晶闸管控制正转起动线路如图 1-3 所示。该电路采用双向晶闸管控制电动机起动和停止。

工作原理：当直流逻辑指令为运行指令时，三极管 VT 导通，光电耦合器 $B_1 \sim B_3$ 中的发光二极管发光，控制零压开关集成电路 $A_1 \sim A_3$ 输出触发信号，使小双向晶闸管 $V_1 \sim V_3$ 导通，从而触发大双向晶闸管 $V_4 \sim V_6$ 导通，电动机 M 起动运转。当直流逻辑指令为停止指令时，三极管 VT 截止，光电耦合器中的发光二极管熄灭，零压开关集成电路 $A_1 \sim A_3$ 无脉冲输出， $V_1 \sim V_3$ 均截止，电动机停转。

如果电动机功率较小，可不用小晶闸管，直接由零压开关发出

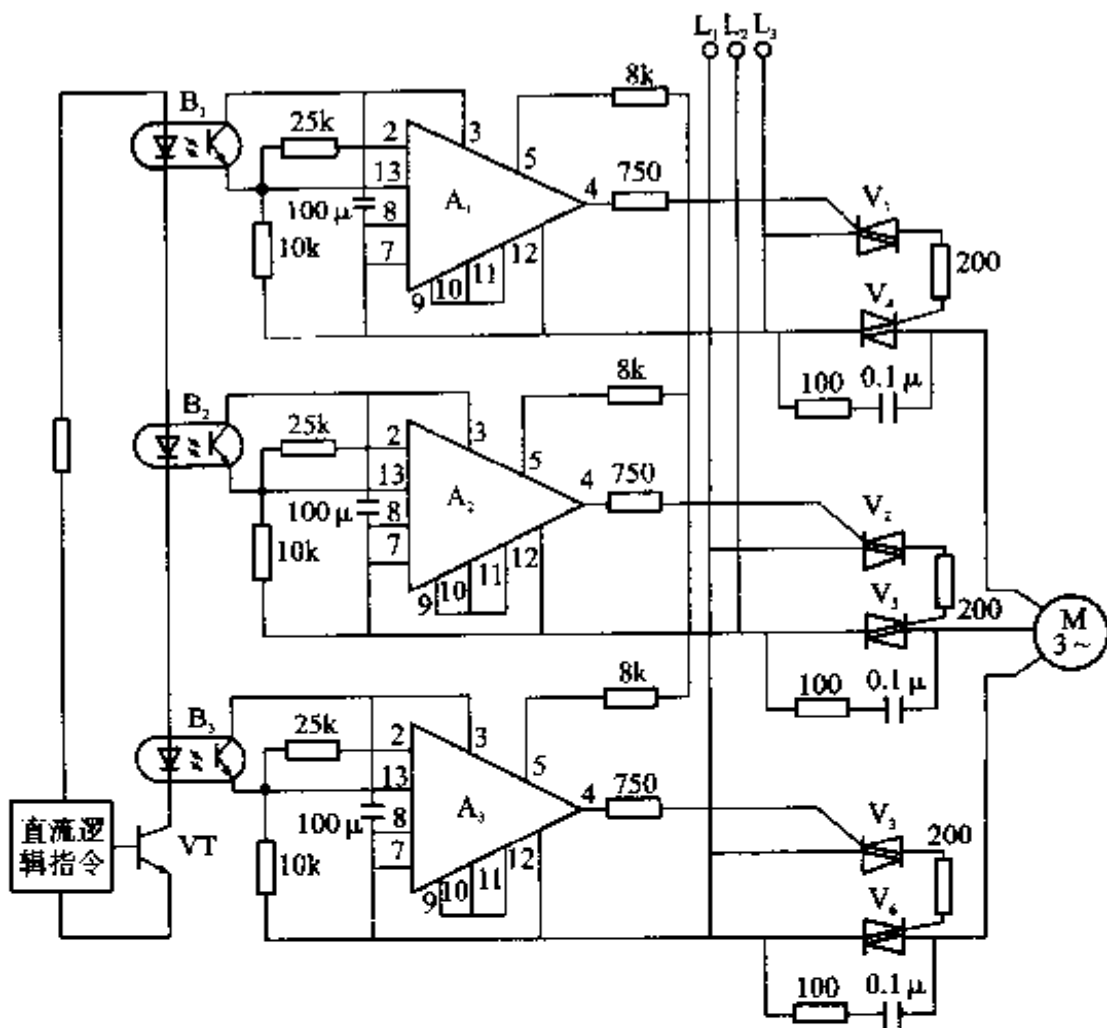


图 1-3 晶闸管控制正转起动线路

脉冲信号,控制电动机回路的双向晶闸管导通或截止。

采用光电耦合器,能有效地防止因外界干扰而引发的误动作,大大提高电路的可靠性。

5. 倒顺开关控制正反转起动线路

倒顺开关控制的正反转起动线路如图 1-4 所示。倒顺开关 HK 有三个操作位置,可实现电动机 M 正转、停止和反转。由图 1-4 可见,倒顺开关 HK 处于“正转”位置时,送入电动机 M 接线柱 U_1 、 V_1 、 W_1 的电源分别为 L_1 、 L_2 、 L_3 ,即 A、B、C 相,电动机 M 正转;倒顺开关 HK 处于“反转”位置时,送入电动机 M 接线柱 U_1 、 V_1 、 W_1 的电源分别为 L_2 、 L_1 、 L_3 ,即 B、A、C 相,电动机 M 反转。

当要改变电动机转向时,应先把倒顺开关操作手柄扳到“停

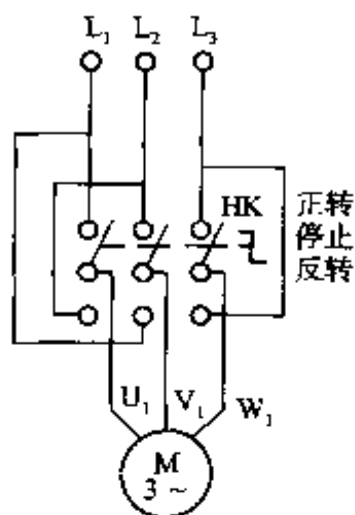


图 1-4 倒顺开关
控制正反转起动线路

止”位置,停一下后再扳到相反的位置。否则电源突然反接,会造成很大的冲击电流和机械冲击力,严重时会导致线路过载或电动机损坏。

该控制方式只适用于容量小于 5.5kW 的电动机。

6. 接触器连锁控制正反转起动线路

接触器连锁控制正反转起动线路如图 1-5 所示。 KM_1 和 SB_1 分别为正转接触器和正转按钮; KM_2 和 SB_2 分别为反转接触器和反转按钮。 SB_3 为停止按钮。在正转起动回路和反转起动回路中,分别串联了反转接触器 KM_2 常闭

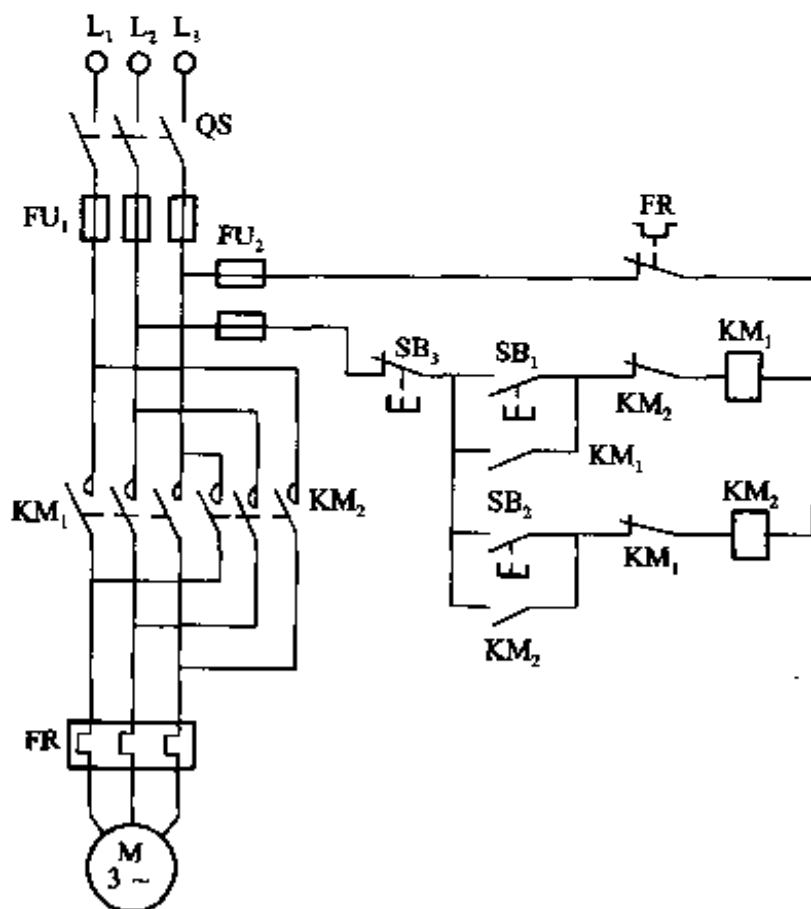


图 1-5 接触器连锁控制正反转起动线路

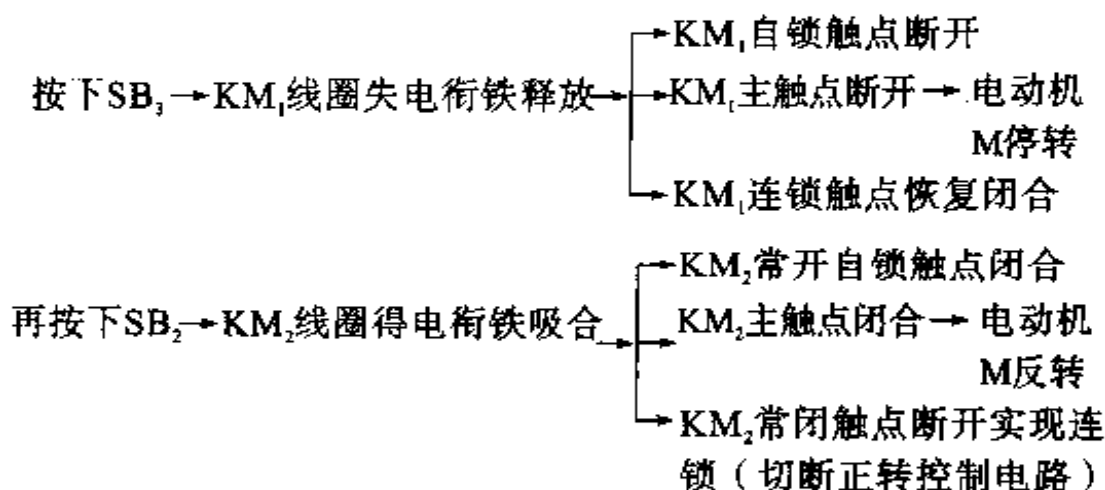
辅助触点和正转接触器 KM_1 常闭辅助触点。这两副触点叫做连锁触点。其作用是：利用常闭触点的断开来锁住相反方向线路的接通（称线路的连锁或互锁），避免 KM_1 和 KM_2 同时吸合而引起电源的相间短路。

工作原理（合上电源开关 QS）：

正转控制：



反转控制：



7. 按钮和接触器双重连锁控制正反转起动线路

线路如图 1-6 所示。因该线路具有双重连锁功能，因此线路更加安全可靠。

该线路的工作原理与接触器连锁正反转控制线路相似，只不过增加了一组复合按钮连锁触点。它的特点是：当需要改变电动机的转向时，只要直接按一下正转（或反转）按钮即可，而不必先按停止按钮 SB_3 。这是因为在 SB_1 、 SB_2 中包含有按钮连锁触点，在按动按钮时，均需先断开常闭触点再接通常开触点。

如果只用复合按钮而不用接触器，触点连锁也能实现正反转

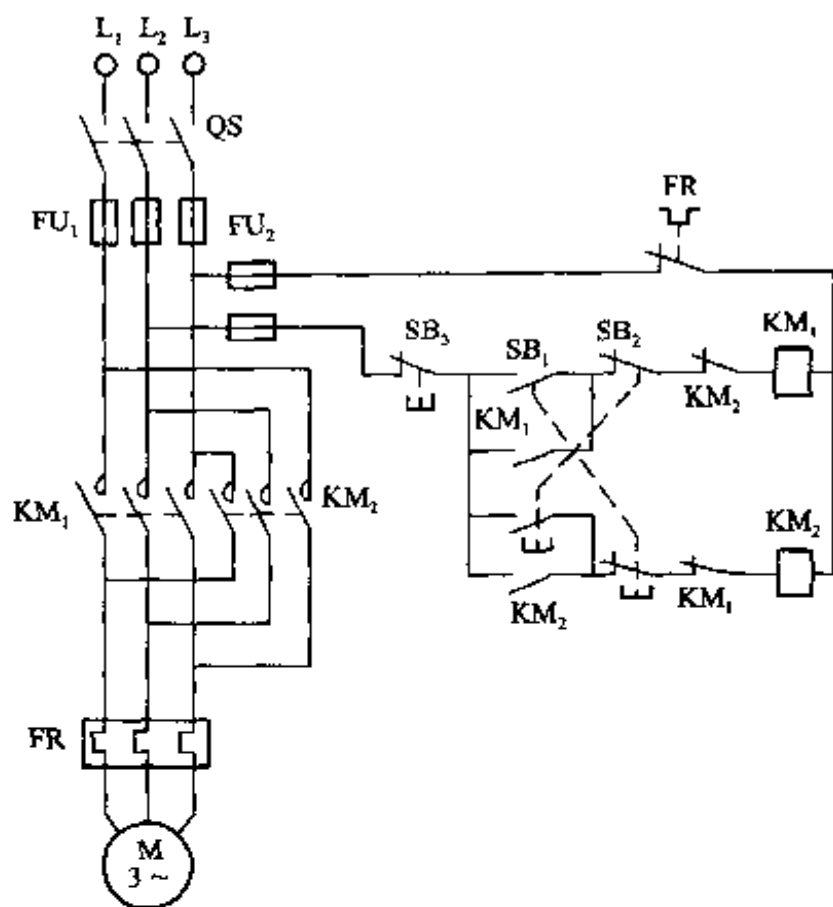


图 1-6 按钮和接触器双重连锁控制正反转起动线路

控制,但线路的安全可靠性将大为降低,所以一般不采用。

8. 接触器控制正反转起动及点动线路

如图 1-7 所示。

工作原理:合上电源开关 QS,按下正转按钮 SB₁,接触器 KM₁ 线圈得电衔铁吸合并自锁,电动机正转。当按下反转按钮 SB₂ 时, KM₁ 线圈失电衔铁释放,而接触器 KM₂ 线圈得电衔铁吸合并自锁,电动机反转。当需要正向点动时,按下正向点动按钮 SB₃,接触器 KM₁ 线圈得电衔铁吸合,其常闭辅助触点断开, KM₂ 线圈失电衔铁释放,电动机正转。由于按下 SB₃ 时,其常闭触点断开了 KM₁ 的自锁回路, KM₁ 不再自锁,一旦放开 SB₃, KM₁ 随即释放,实现正向点动。需要反向点动时,按下反向点动按钮 SB₄ 即可。其工作原理与正向点动类似。

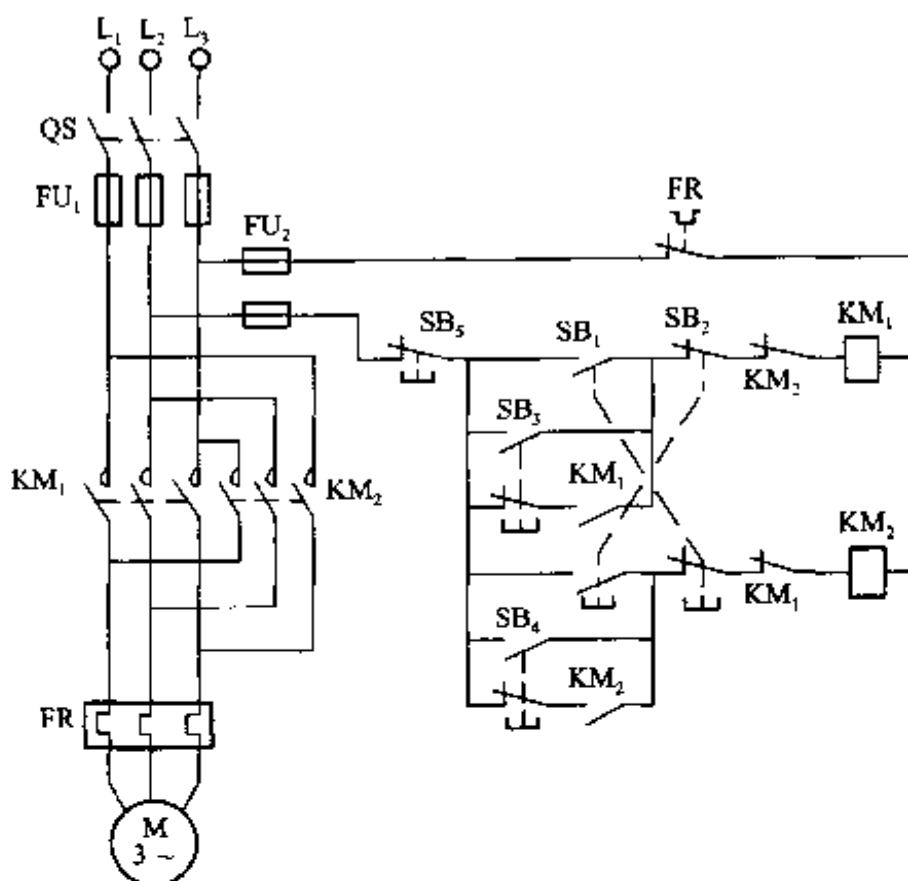


图 1-7 接触器控制正反转起动及点动线路

9. 行程开关控制正反转起动线路

行程开关又称限位开关,将它的常闭触点串接在电动机的控制回路中,就能达到限位控制的目的。行程开关控制正反转起动线路如图 1-8 所示。

工作原理:合上电源开关 QS,按下正转(向前)按钮 SB₁,接触器 KM₁ 线圈得电衔铁吸合并自锁,电动机正转,并带动设备(小车)向前运行;当设备运行到设定位置时,设备上的挡铁碰撞行程开关 SQ₁,使 SQ₁ 的常闭触点断开,KM₁ 线圈失电衔铁释放,电动机停转,设备停止在设定的位置上。此时即使按下正转(向前)按钮 SB₁,KM₁ 线圈也不会得电。

当按下反转(向后)按钮 SB₂ 时,接触器 KM₂ 线圈得电衔铁吸合并自锁,电动机反转,并带动设备(小车)向后运行,设备一离开原停止位置,行程开关 SQ₁ 便复位,常闭触点闭合。当设备运行到

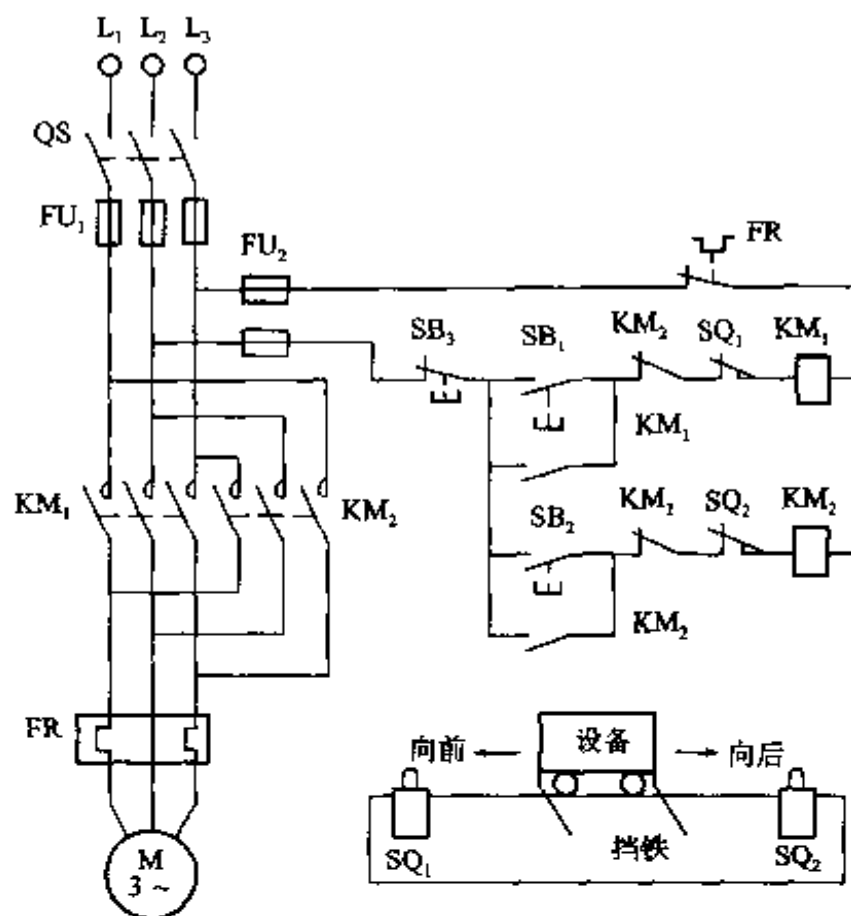


图 1-8 行程开关控制正反转启动线路

另一设定位置时,行程开关 SQ_2 的常闭触点被撞开, KM_2 线圈失电衔铁释放,电动机停转,设备停止在另一设定位置上。

10. 自动往返控制线路

本节 9 中的限位控制是靠操作按钮进行的,如果设备需要在设定的行程内自动往返运行,则可采用如图 1-9 所示的自动往返控制线路。自动往返控制线路广泛用于铣床、磨床、刨床、插床等机床控制电路。在工作台上安装有挡铁 1 和 2,机床床身上装有行程开关 SQ_1 、 SQ_2 及 SQ_3 、 SQ_4 ,其中 SQ_3 和 SQ_4 用做限位保护,当 SQ_1 或 SQ_2 失效时, SQ_3 、 SQ_4 能使工作台(在极限位置)停止下来。由于 SQ_1 和 SQ_2 的作用,能自动换接电动机正反转,使工作台在 SQ_1 和 SQ_2 的范围内自动往返移动。

工作原理:合上电源开关 QS ,按下启动按钮 SB_1 ,接触器 KM_1

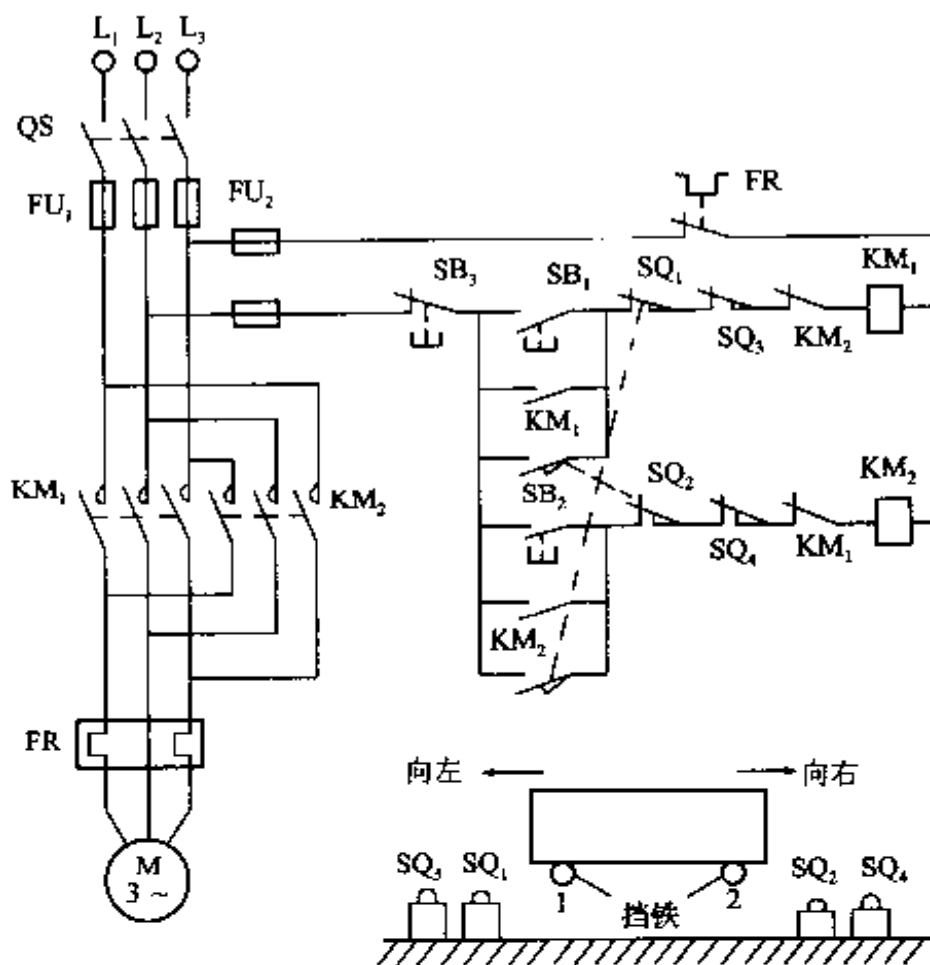


图 1-9 自动往返控制线路

线圈得电衔铁吸合,电动机 M 正转,并拖动工作台向左移动。当工作台运动到一定位置时,挡铁 1 碰撞行程开关 SQ_1 ,使其常闭触点断开, KM_1 线圈失电衔铁释放,电动机 M 停转。随即行程开关 SQ_1 的常开触点闭合,使接触器 KM_2 线圈得电衔铁吸合并自锁,电动机反转,拖动工作台向右移动。同时,行程开关 SQ_1 复位,为下次正转做好准备。当工作台向右移动到一定位置时,挡铁 2 碰撞行程开关 SQ_2 ,使其常闭触点断开, KM_2 线圈失电衔铁释放,电动机停转。随即行程开关 SQ_2 的常开触点闭合,使接触器 KM_1 再次得电吸合,电动机又开始正转。如此往复循环,使工作台在预定的行程内自动往返移动。按下停止按钮 SB_3 ,循环停止。

11. 带有点动功能的自动往返控制线路

如图 1-10 所示。其工作原理与自动往返控制线路相同,只是加入

了点动功能。点动功能仅供运动部件微调整用。图中,SB₃和SB₄分别为正向点动按钮和反向点动按钮。当按下SB₃时,KM₁自锁触点虽闭合,但因为SB₃的常闭触点已断开,故无法自锁。

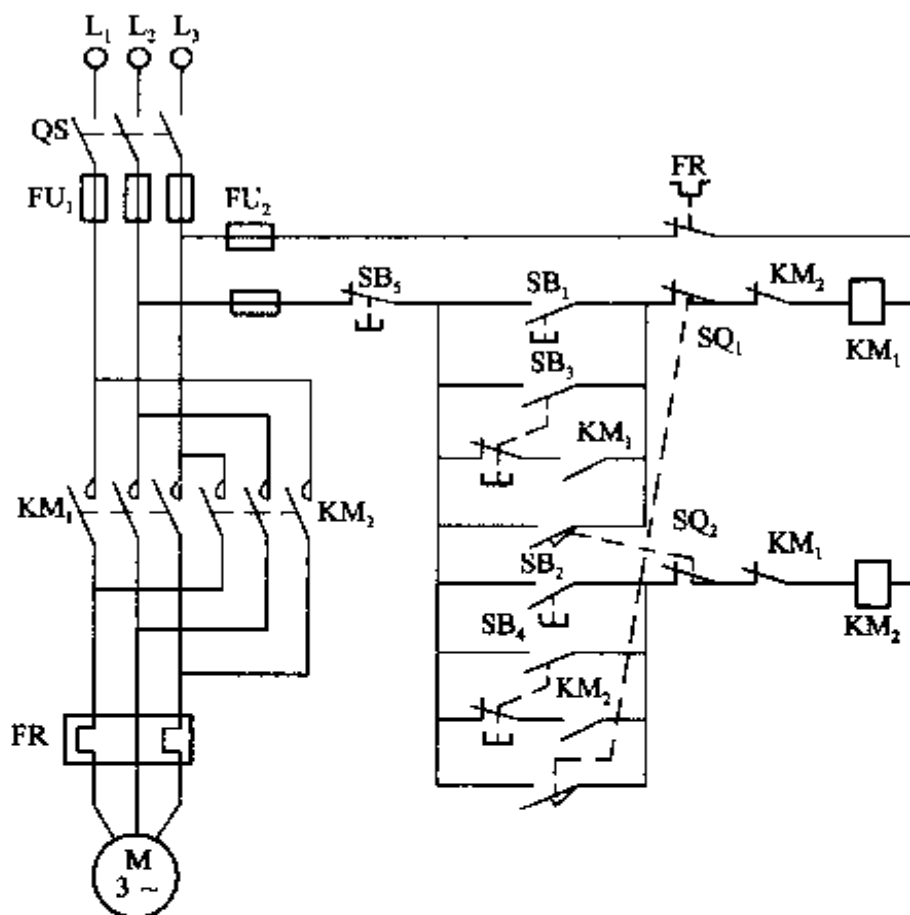


图 1-10 带有点动功能的自动往返控制线路

12. QC10、QC12 型不可逆磁力起动器控制线路

磁力起动器可以用做鼠笼式异步电动机直接起动控制设备。磁力起动器实际上是由交流接触器、热继电器和按钮等组合而成的起动控制设备,因而它具有短路保护、过载保护、失压保护和欠压保护等功能。常用的磁力起动器有 QC10、QC12 等型,分为不可逆式和可逆式两种。

QC10、QC12 型不可逆磁力起动器控制线路如图 1-11 所示。

线路的工作原理与本节 3. 具有自锁功能的正转起动线路相同。热继电器 FR 做电动机的过载保护用。当电源电压低于额定电压的 85% 或电源失电时,磁力起动器便自动跳闸,以保护电动机

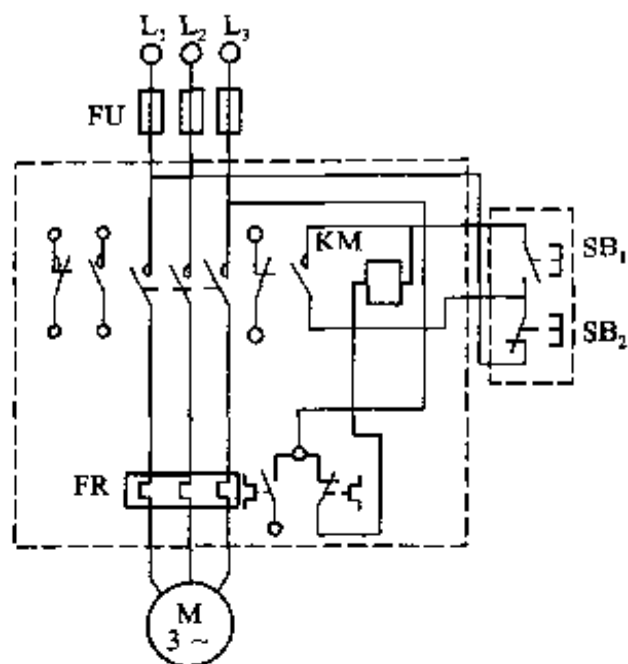


图 1-11 QC10、QC12 型不可逆磁力起动器控制线路
不被烧毁,同时还可避免电压突然恢复时电动机自启动。

13. QC10、QC12 型可逆磁力起动器控制线路

如图 1-12 所示。其工作原理与本节 6. 接触器连锁正反转起

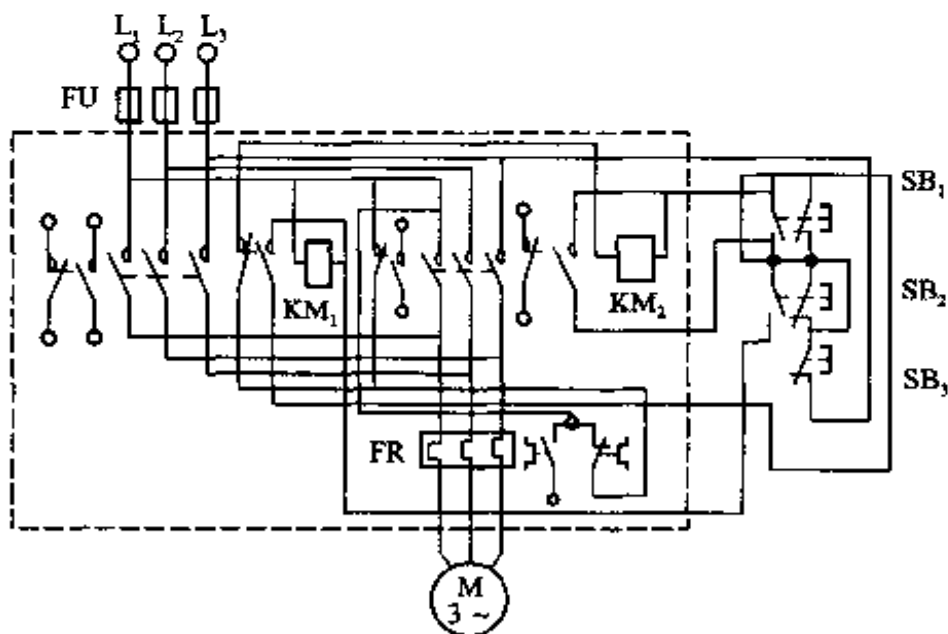


图 1-12 QC10、QC12 型可逆磁力起动器控制线路

FU. 熔断器 KM₁、KM₂. 磁力起动器的接触器 FR. 磁力起动器的热继电器 SB₁~SB₃. 磁力起动器的按钮开关 M. 电动机

动线路相同。

第二节 降压起动线路

如果三相异步电动机不允许直接起动,就应该选择降压起动。所谓降压起动,就是在起动时降低加在电动机定子绕组上的电压,当电动机接近额定转速以后,再将该电压恢复到正常电压。降压起动的目的是,减小起动电流,进而降低电动机起动对电网及电动机本身的影响。降压起动的基本要求是,必须使电动机的起动转矩大于负载的阻力矩。降压起动有多种方式,常用的有:Y- Δ (星-三角)降压起动、阻抗(或电抗)降压起动、自耦降压起动、延边三角形降压起动等。选择降压起动方式的依据是电动机所拖动负载的性质。降压起动方式的选择见表 1-3,常用降压起动器的主要技术性能,见表 1-4。

表 1-3 降压起动方式选择表

负载性质	对起动的要求		负载举例
	限制起动电流	减小起动对机械的冲击	
无载或轻载起动	Y- Δ 降压起动 电阻或电抗降压起动	—	车床、钻床、铣床、镗床、齿轮加工机床、圆锯、带锯等 带有离合器的卷扬机、绞盘和带卸料机构的破碎机 带离合器的普通纺织机 电动发电机组
转矩与转速成平方关系的负载(水泵风机负载)	延边三角形降压起动 自耦降压起动 电抗或阻抗降压起动	—	离心泵、叶轮泵、螺杆泵、轴流泵等 离心式鼓风机和压缩机、轴流式风扇和压缩机
重力负载	—	电阻、电抗或阻抗降压起动	卷扬机、倾斜式传送带类机械 升降机、自动扶梯类机械

续表 1-3

负载性质	对起动的要求		负载举例
	限制起动电流	减小起动 对机械的冲击	
摩擦负载	延边三角形降 压起动 电阻或电抗降 压起动	电阻、电抗或阻 抗降压起动	水平传送带、活动台车、粉 碎机、混砂机、压延机和电动 门等
阻力矩小的惯 性负载	Y-△降压起动 延边三角形降 压起动 自耦降压起动 电抗降压起动	—	离心式分离机、脱水机、曲 柄式压力机等
恒转矩负载	延边三角形降 压起动 电阻或电抗降 压起动	电阻或电抗降 压起动	往复泵和压缩机、罗茨鼓风机、容积泵、挤压机
恒重负载	—	电阻、电抗或阻 抗降压起动	织机、卷纸机、夹送辊、长距 离皮带输送机、链式输送机

表 1-4 常用降压起动器的主要技术性能

起动器名称	型号	可控制电 动机的功率 (kW)	起动时间	备 注
Y-△起动器	QX1	15、30	15kW, <15s 30kW, <25s	手动操作, 无任何 保护
	QX3	15、30	最高操作频率为 30 次/h, 且两次操作的间隔时间不小 于 90s	自动操作, 有过载 及失压保护

续表 1-4

起动器名称	型号	可控制电动机的功率 (kW)	起动时间	备注
自耦降压起动器	QJ13	11~75	<30~60s	手动操作,有超载及失压保护
	XJ01	15~300	<120s	自动操作,有超载及失压保护
延边三角形起动器	XJ1	11~190	最高操作频率为 30 次/h	自动操作,有超载及失压保护,可兼做 Y- Δ 降压起动器
电阻降压起动器	QJ1	11~40	每小时通电时间不得大于 20s	手动操作,有超载及失压保护
	QJ7	22		自动操作,有超载及失压保护
	BU1	45~500	在完全冷却的情况下允许连续起动 2~3 次,但每两次操作的间隔时间不得小于两次起动时间,而且每次的停顿时间不得超过 3s	手动操作,有失压保护
频敏变阻器	BP1、BP2、BP4	2.2~2240	允许连续起动 2~3 次,但总起动时间不得超过 120s	

14. 定子回路中串入电阻或电抗器降压起动线路

如图 1-13 所示。在电动机起动过程中,定子回路中串入电阻(或电抗器),用电阻(或电抗器)分压,以达到降压起动的目的。起动完毕后,串联电阻(或电抗器)即被短接,电动机接入全电压进入正常运行。采用电阻(或电抗器)降压起动的电动机,起动时加在定子绕组上的电压为全电压的 0.5 倍左右,所以其起动转矩为额定电压下起动转矩的 0.25 倍左右(转矩与所加电压的平方成正比)。另外,降压起动时起动电阻上的能耗也较大,因此在定子回路中串入电阻(或电抗器)降压起动控制线路只适用于对起动转矩要求不高的场合。

工作原理:合上电源开关 QS,按下起动按钮 SB₁,起动接触器

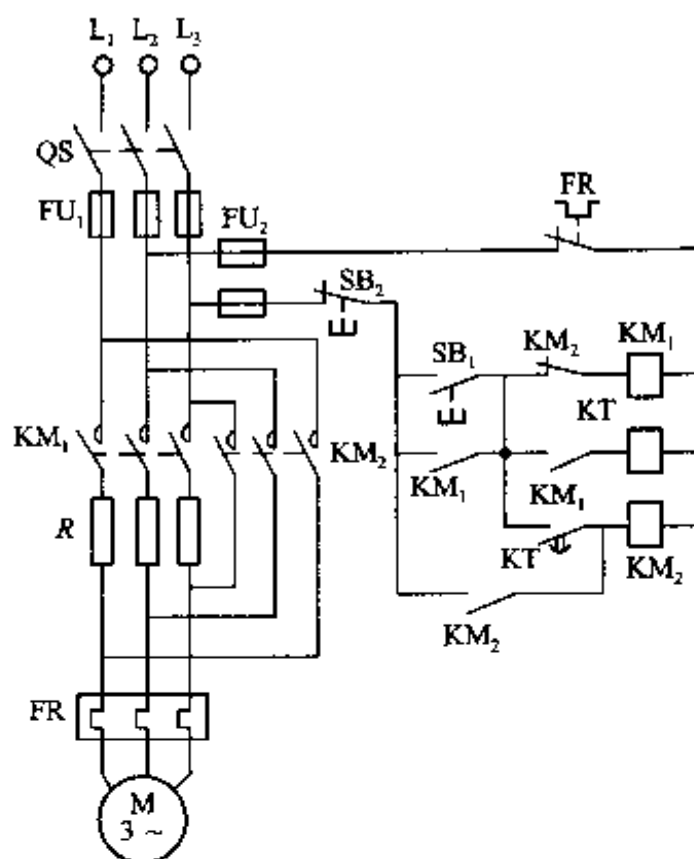


图 1-13 定子回路中串入电阻降压起动线路

KM_1 线圈得电衔铁吸合并自锁, 降压电阻 R 串入定子回路, 电动机降压起动。在 KM_1 吸合的同时, 其常开辅助触点闭合, 时间继电器 KT 线圈得电衔铁吸合, 经过 $5 \sim 10s$ 延时后, 其常开触点闭合, 运行接触器 KM_2 线圈得电衔铁吸合并自锁, KM_2 的常闭辅助触点断开, KM_1 线圈失电衔铁释放, KM_1 常开辅助触点断开, 时间继电器 KT 线圈失电衔铁复位, 降压电阻 R 从定子回路中切除, 电动机经 KM_2 主触点接入全电压进入正常运行状态。

降压电阻阻值 R 可按下式计算:

$$R = \frac{220}{I_q} \sqrt{\left(\frac{I_q}{I'_q}\right)^2 - 1} \quad (\Omega)$$

或

$$R = 190 \times \frac{I_q - I'_q}{I_q \cdot I'_q} \quad (\Omega)$$

式中 I_q —— 未串入降压电阻时电动机的起动电流, 即电动机额

定电流(A);

I'_q ——串入降压电阻后电动机的起动电流(即允许起动电流)(A),一般取 $I'_q = 2 \sim 3I_c$ (I_c 为电动机的额定电流)。

降压电阻的功率为

$$P = I_q'^2 R \quad (\text{W})$$

由于起动电阻只在起动时使用,而起动时间又很短,所以实际选用电阻的功率可以取计算值的 $1/4 \sim 1/3$ 。

【例】 一台 Y200L₁-6 型异步电动机,功率为 18.5kW,额定电流为 37.7A,起动电流为 245.1A,问应串入多大的起动电阻降压起动?

解 已知 $I_q = 245.1\text{A}$

又取 $I'_q = 2I_c = 2 \times 37.7 = 75.4(\text{A})$

得起动电阻的阻值为

$$R = 190 \times \frac{I_q - I'_q}{I_q \cdot I'_q} = 190 \times \frac{245.1 - 75.4}{245.1 \times 75.4} \approx 1.74(\Omega)$$

每相起动电阻的功率可取

$$\begin{aligned} P &= (0.25 \sim 0.33) I_q'^2 R = (0.25 \sim 0.33) \times 75.4^2 \times 1.74 \\ &\approx (0.25 \sim 0.33) \times 10^4 (\text{W}) \\ &\approx 2.5 \sim 3.3 (\text{kW}) \end{aligned}$$

起动电阻一般采用铸铁材料。铸铁电阻的阻值小,功率大,允许通过较大的电流。

15. 阻容复合降压起动线路

如图 1-14 所示。该起动方式的优点是,电动机由降压起动向全电压运行的切换过程中不间断供电,从而避免了切换过程中电流突然变化而引起的感应电压对电动机绝缘层的损害。另外,此种方法能大幅度减小串联电阻的阻值(一般可减小 80%左右),因此起动时起动电阻上的能耗也将减少 80%左右。

工作原理:该线路的起动过程与本节 14. 定子回路中串入电阻或电抗器降压起动线路基本相同,所不同的是:起动过程中或正

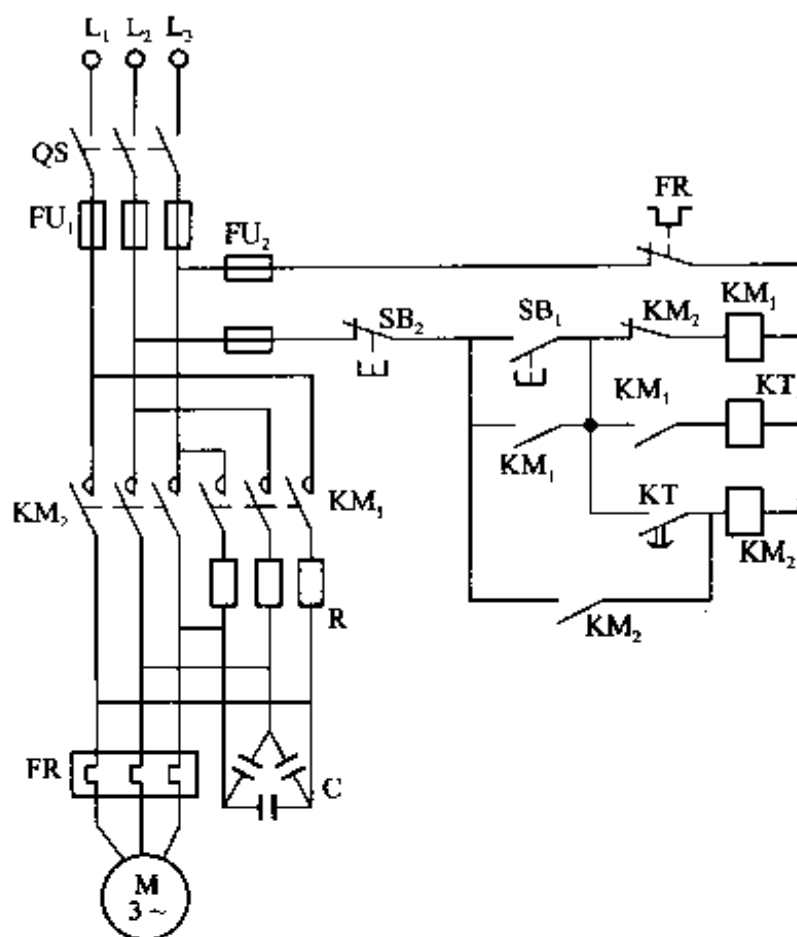


图 1-14 阻容复合降压起动线路

常运行时,电容 C 一直并联在电动机的三相定子绕组上,起到功率因数补偿的作用。

元件选择:

(1) 降压电阻阻值 R 的选择。

先计算出电动机的起动阻抗 Z' :

$$Z'_Y = \frac{U_e}{\sqrt{3} K_n I_e}; \quad Z'_\Delta = \frac{\sqrt{3} U_e}{K_n I_e}$$

式中 Z'_Y —— Y 形接法起动阻抗 (Ω);

Z'_Δ —— Δ 形接法起动阻抗 (Ω);

U_e, I_e —— 分别为电动机额定电压 (V) 和额定电流 (A);

K_n —— 电动机直接起动电流倍数。

然后确定 α 值: 根据设备起动转矩对电动机的要求, 计算出降

压起动电流倍数 K'_q (也可根据经验估算), 于是

$$\alpha = \frac{K_q}{K'_q} \text{ 或 } \alpha = \frac{I_q}{I'_q} = \frac{\text{全压起动电流}}{\text{降压起动电流}}$$

最后降压电阻的阻值 R 为

$$R = 1.1(\alpha - 1)r'$$

式中 r' —— 起动阻抗 Z' 的电阻分量, $r' = (0.25 \sim 0.4)Z'$ 。

再从电子元器件的产品样本上查出数值接近、容量适当的电阻器。

(2) 补偿电容的容量 Q_c 的选择

$$Q_c = \frac{P_2}{\eta} \left[\sqrt{\frac{1}{\cos^2 \varphi} - 1} - \sqrt{\frac{1}{\cos^2 \varphi'} - 1} \right] \quad (\text{kVar})$$

式中: P_2 —— 电动机运行时输出功率(kW);

η —— 电动机运行时的效率;

$\cos \varphi$ —— 补偿前电动机的功率因数;

$\cos \varphi'$ —— 补偿后的功率因数, 一般取 $0.92 \sim 0.96$ 。

16. 手动操作 Y- Δ 降压起动线路

所谓 Y- Δ (星-三角) 降压起动就是电动机在起动时将定子绕组接成星形(Y), 三相绕组所加电压为相电压(220V), 起动完毕, 再将三相绕组接成三角形(Δ), 三相绕组所加电压为线电压(380V)。

Y- Δ 降压起动方式, 只适用于正常运行时定子绕组接成三角形的鼠笼式异步电动机。电动机起动时, 由于加在每相绕组上的电压为额定电压(线电压)的 $1/\sqrt{3}$, 所以起动电流只有 Δ 形接法的 $1/3$ 。但起动转矩也相应降低为 Δ 形接法的 $1/3$, 因此这种降压起动法只适用于空载或轻载起动的场合。

图 1-15 为手动操作 Y- Δ 降压起动线路。图中, U_1 、 V_1 、 W_1 和 U_2 、 V_2 、 W_2 分别为电动机三相定子绕组的首末端。

由图 1-15 可见, 起动时, 将双投闸刀开关 QS 手柄扳向“Y”侧, 则电动机三相绕组的 U_1 、 V_1 、 W_1 端接入三相电源, U_2 、 V_2 、 W_2

端并接在一起,定子绕组呈星形连接,定子绕组所加电压为相电压(220V),电动机缓慢启动。待转速趋近额定转速时,将QS手柄迅速扳向“ Δ ”侧,则电动机的三相绕组 U_1 与 W_2 连接、 V_1 与 U_2 连接、 W_1 与 V_2 连接,定子绕组呈三角形连接,定子绕组在额定电压(380V)下运行,实现了降压启动的目的。

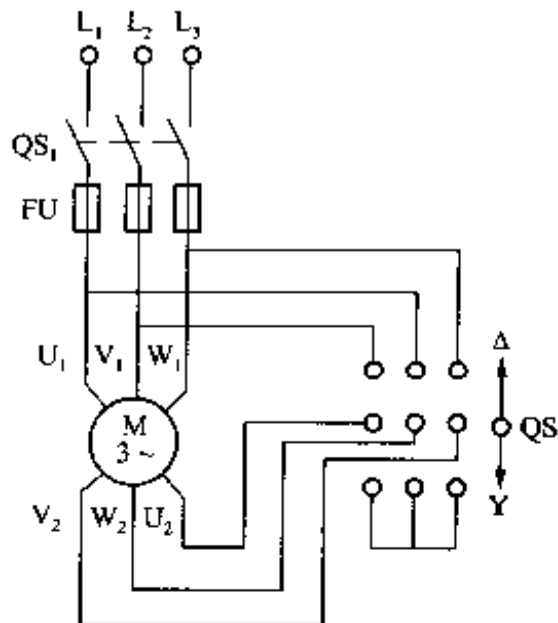


图 1-15 手动操作 Y- Δ 降压启动线路

17. QX1、QX2 系列磁力起动器 Y- Δ 降压启动线路

如图 1-16 所示。QX₁、QX₂ 系列磁力起动器触点闭合表见表 1-5。

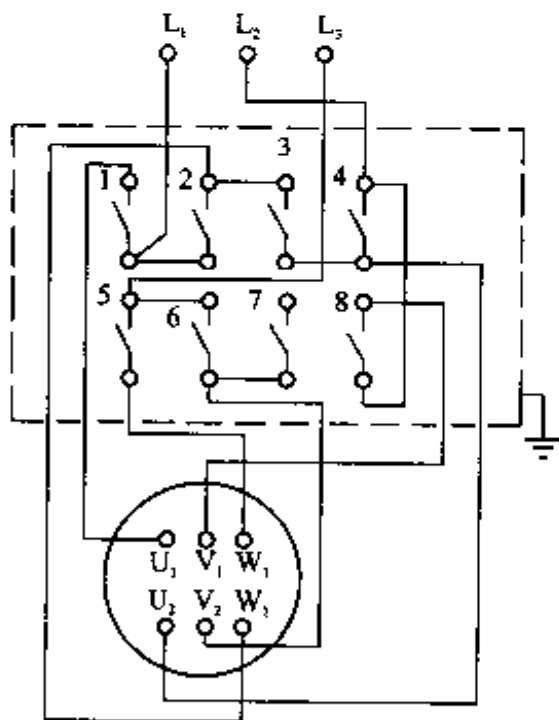


图 1-16 QX1、QX2 系列磁力起动器 Y- Δ 降压启动线路

U_1 、 V_1 、 W_1 和 U_2 、 V_2 、 W_2 分别为电动机三相定子绕组首末端

表 1-5 QX₁、
QX₂ 系列磁力起
动器触点闭合表

触点	手柄位置		
	Y	0	Δ
1	×		×
2			×
3	×		
4			×
5	×		×
6			×
7	×		
8	×		×

注：“×”表示触点
闭合

当手柄置于“0”位时，八对触点都断开，电动机未通电不运转。当手柄扳到起动位置“Y”侧时，触点 1、3、5、7、8 闭合，定子绕组呈星形连接，电动机开始降压起动。待转速趋近额定转速时，将手柄迅速扳向运行位置“△”侧，触点 1、3、5、7、8 断开，触点 1、2、4、5、6、8 闭合，定子绕组呈三角形连接，电动机正常运行。如果电动机需要停转，把手柄扳回“0”位即可。

应当注意，手动 Y-△ 起动器不具备任何保护功能，所以它应与熔断器、热继电器、铁壳开关、自动开关等配合使用。

手动 Y-△ 起动器操作频率以不超过 30 次/h 为宜。

18. 按钮控制 Y-△ 降压起动线路

如图 1-17 所示。这种起动方式的优点是，可以实现远距离控制。

工作原理：合上电源开关 QS，按下起动按钮 SB₁，接触器 KM₁

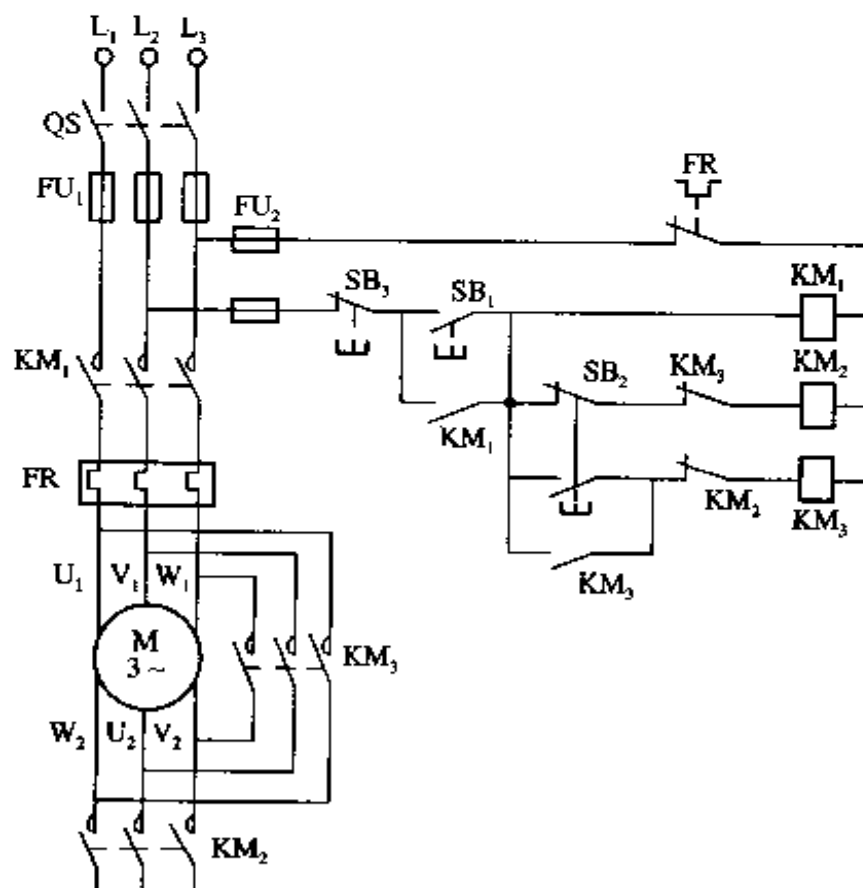


图 1-17 按钮控制 Y-△ 降压起动线路

和 KM_2 得电吸合并自锁。此时电动机三相绕组的首端 U_1 、 V_1 、 W_1 通过闭合的 KM_1 主触点分别接入 L_1 、 L_2 、 L_3 ，即 A、B、C 相电源；其尾端 U_2 、 V_2 、 W_2 由 KM_2 主触点连接在一起。电动机绕组在星形接法下降压起动。当电动机转速趋于正常转速时，按下按钮 SB_2 ，其常闭触点断开，接触器 KM_2 失电释放，其常闭辅助触点断开，而 SB_2 的常开触点闭合，接触器 KM_3 得电吸合，电动机三相绕组的尾端 U_2 与 V_1 连接， V_2 与 W_1 连接， W_2 与 U_1 连接，电动机在 Δ 形接线下全压运行。欲使电动机停止运行，只需按下停止按钮 SB_3 ，则接触器 KM_1 和 KM_3 失电释放，电动机停转。

19. QX3 系列磁力起动器自动控制 Y- Δ 降压起动线路

自动控制 Y- Δ 降压起动是通过时间继电器实现的。自动控制 Y- Δ 降压起动器有 QX3 和 QX4 系列。

QX3 系列磁力起动器自动控制 Y- Δ 降压起动线路如图 1-18

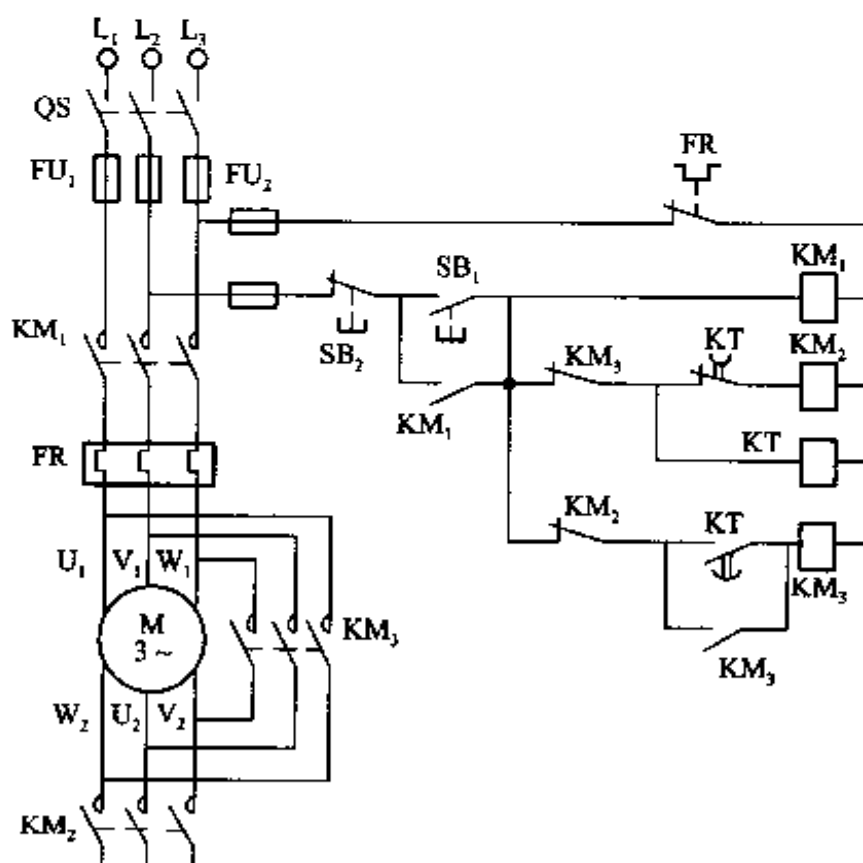


图 1-18 QX3 系列磁力起动器自动控制 Y- Δ 降压起动线路

所示。

工作原理:合上电源开关 QS,按下起动按钮 SB₁,接触器 KM₁ 得电吸合并自锁,接触器 KM₂ 也同时得电吸合,电动机三相绕组在 Y 形接法下降压起动。在 KM₁ 和 KM₂ 吸合的同时,时间继电器 KT 通过接触器 KM₃ 的常闭辅助触点通电计时。

经过一段时间的延时后(这时电动机已趋于正常转速),时间继电器 KT 常闭触点打开,接触器 KM₂ 失电释放,其常闭辅助触点闭合,同时时间继电器的常开触点闭合,使接触器 KM₃ 得电吸合并自锁,将电动机三相绕组接成△形在全压下运行。KM₃ 吸合后,其常闭辅助触点打开,使时间继电器 KT 断电复位退出工作。

电路的欠压和失压保护由接触器的电磁机构来担任,过载保护由热继电器 FR 来实现。

20. QX4 系列磁力起动器自动控制 Y-△降压起动线路

如图 1-19 所示。

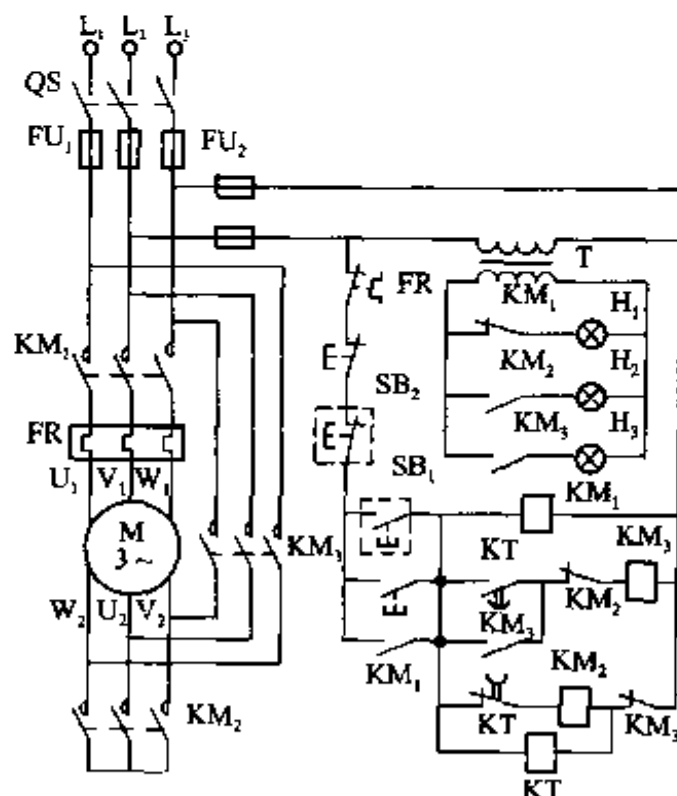


图 1-19 QX4 系列磁力起动器
自动控制 Y-△降压起动线路

QX4 系列磁力起动器与 QX3 系列磁力起动器基本相同。图中虚框中按钮为远控用。图中 H_1 为电源(停机)指示灯, H_2 为起动指示灯, H_3 为运行指示灯。

21. 有较高可靠性的自动控制 Y- Δ 降压起动线路

如图 1-20 所示。

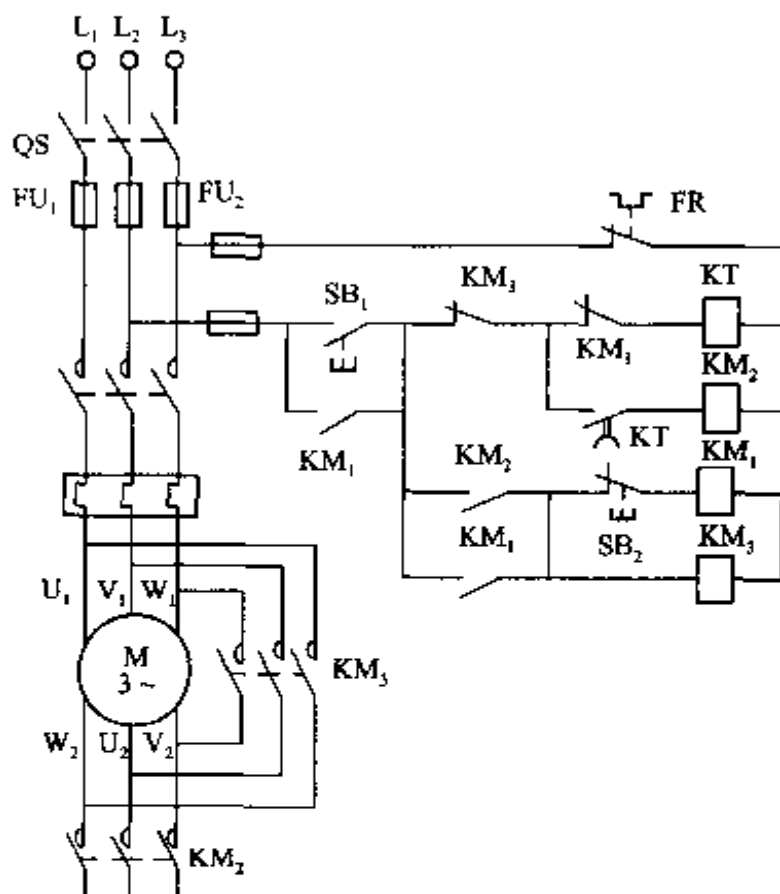


图 1-20 有较高可靠性的自动控制 Y- Δ 降压起动线路

由图 1-20 可见,该电路有以下三个优点:第一,时间继电器 KT 的得电必须经接触器 KM_1 和 KM_3 的常闭辅助触点,而 KM_2 得失电必须经 KT 的延时断开常开触点,因此 KM_1 、 KM_2 和 KM_3 三者绝不会同时得电,也就避免了由于接触器 KM_1 、 KM_3 有剩磁、油垢、机械故障等原因滞释造成 KM_2 与 KM_3 之间相间短路;第二,当 KT 不工作或失灵时, KM_2 就不能吸合,也就避免了一旦时间继电器失灵,电动机将长时间在起动状态下运行的弊病;第三,

将停止按钮 SB_2 移至靠近 KM_1 处,当按下 SB_2 后复位,即使 KM_1 来不及释放,也只会使电动机不停转,避免了电动机停转后直接以 Δ 形起动的故障发生。

22. 用于频繁起动电动机的 Y- Δ 降压起动线路

如图 1-21 所示。

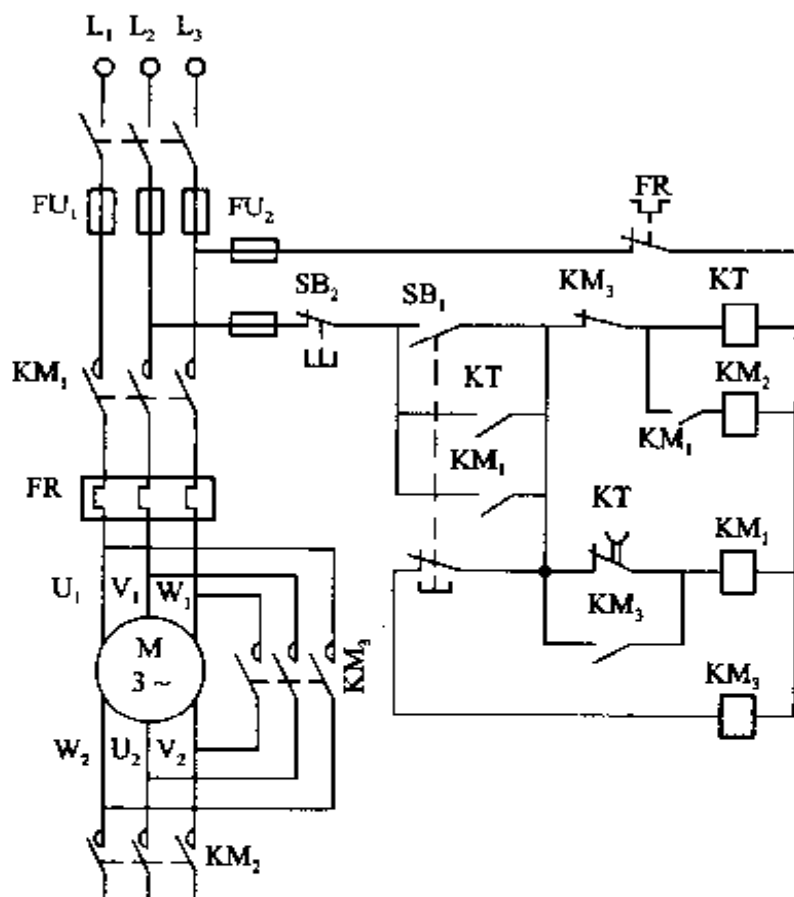


图 1-21 用于频繁启动电动机的 Y- Δ 降压启动线路

该线路能使频繁启动的电动机在断电情况下完成 Y- Δ 转换过程,从而避免了因频繁启动而发生的短路故障。

工作原理:按下启动按钮 SB_1 ,接触器 KM_1 得电吸合,其常开辅助触点闭合, KM_2 得电吸合,其常开辅助触点闭合,常闭辅助触点断开,此时定子绕组接成 Y 形降压启动。在按下 SB_1 同时,时间继电器 KT 线圈通电并自锁,经过一段延时后,其延时断开常闭触点断开, KM_1 失电释放,其常开辅助触点断开, KM_2 失电释放,而

KM_3 得电吸合, KM_3 常开辅助触点闭合, KM_1 得电吸合, 定子绕组接成 Δ 形, 电动机进入全压正常运行。

由以上启动过程可见, 采用改进后的接线, 在 $Y-\Delta$ 转换过程中, 接触器 KM_1 经历了接通 断开 再接通的过程, 即电动机是在断电的情况下完成转换; 另外, KM_3 主触点是在 KM_2 断开时才能接通, 二者不可能同时处于接通状态, 因此可避免短路事故。

23. 带防止飞弧短路保护功能的 $Y-\Delta$ 降压启动线路(一~四)

(1) 线路之一。如图 1-22 所示。

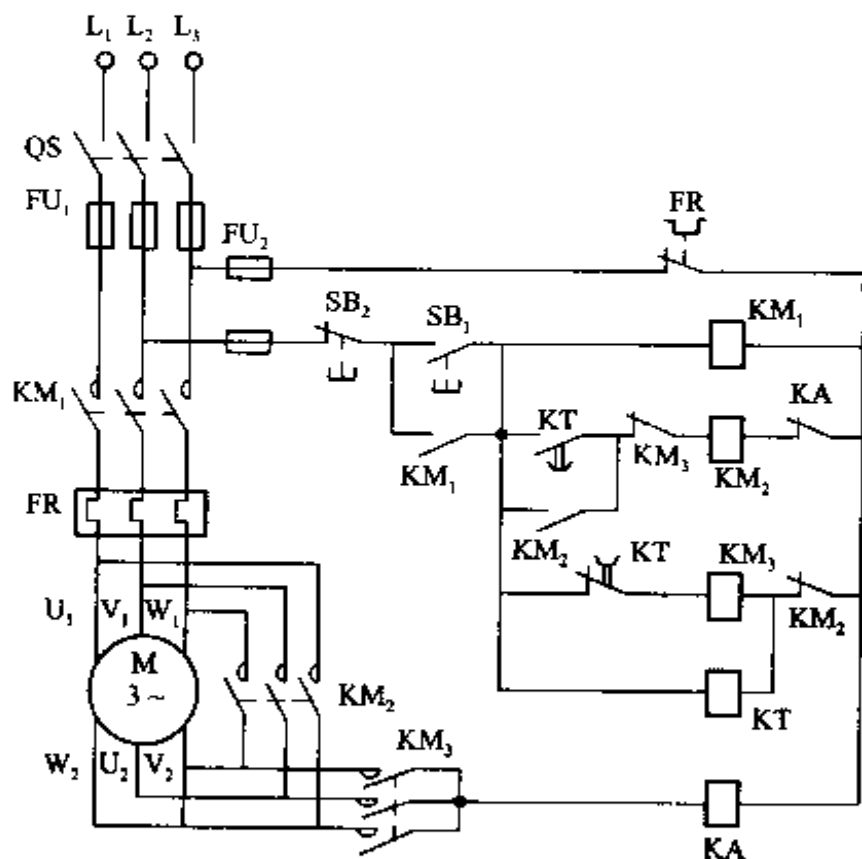


图 1-22 带有防止飞弧短路保护功能的 $Y-\Delta$ 降压启动线路(之一)

工作原理: 在接触器 KM_3 的主触点电路中增加一只 220V 交流中间继电器 KA , 只要有电弧形成的残压, KA 就吸合。 KA 一吸合, 其常闭触点切断接触器 KM_2 线圈回路, KM_2 不能吸合, 只有待到电弧熄灭后才完成 $Y-\Delta$ 转换。

(2)线路之二。如图 1-23 所示。

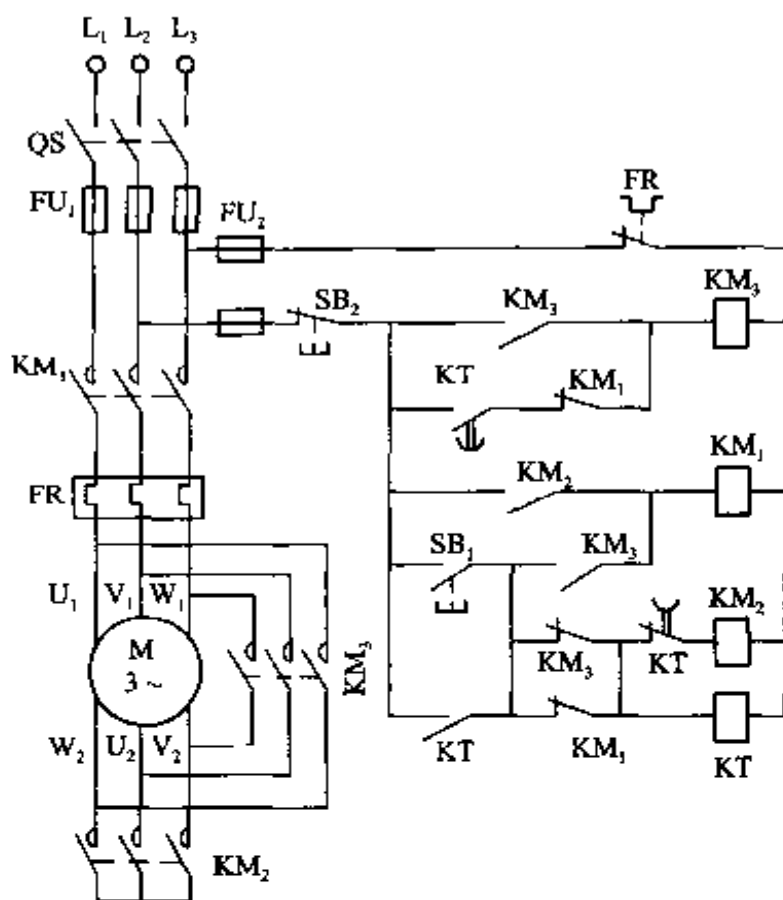


图 1-23 带有防止飞弧短路保护功能的 Y- Δ 降压起动线路(之二)

该线路能杜绝接触器触点间的飞弧短路(即使电动机带有一定负载起动)。另外,当时间继电器 KT 失灵后,电动机也不会长时间在星形接线下运行而带来危害。

工作原理:按下起动按钮 SB_1 ,接触器 KM_2 得电吸合,其常开辅助触点闭合, KM_1 得电吸合, KM_1 的常闭辅助触点断开,保证 KM_3 在电动机起动过程中不能吸合。在按下 SB_1 的同时,时间继电器 KT 线圈也通电,其瞬动常开触点闭合,起自锁作用。此时定子绕组接成 Y 形,电动机降压起动。经过一段延时后,KT 的延时断开常闭触点断开, KM_2 失电释放,其常开辅助触点断开, KM_1 失电释放, KM_1 的常闭辅助触点闭合。在此之前 KT 的延时闭合常开触点已闭合,因此 KM_3 得电吸合并自锁,其常闭辅助触点断开,

由于此时与其并联的 KM_1 的常闭辅助触点已闭合,所以 KT 仍处于工作状态。 KM_3 常开辅助触点闭合, KM_1 重新得电吸合,定子绕组接成 Δ 形,电动机在全压下正常运行。同时,由于 KM_1 的常闭辅助触点再次断开, KT 失电释放,退出工作。

当时间继电器 KT 失灵后该线路也有保护作用。 KT 失灵后,其瞬动常开触点就不会闭合,只要松开起动按钮 SB_1 ,就使 KM_2 、 KM_1 无法保持在吸合状态,电动机就不能起动,从而避免了电动机长时间在 Δ 形接线运行带来的危害。

(3) 线路之三。如图 1-24 所示。

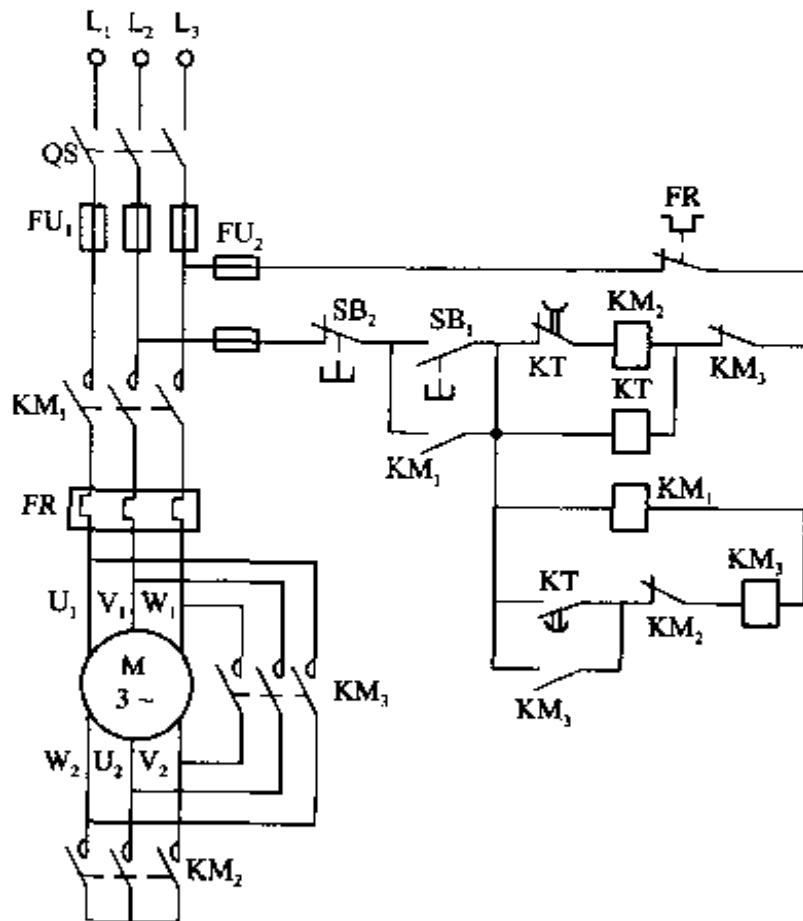


图 1-24 可防止飞弧短路的 Y- Δ 降压起动线路(之三)

该线路能保证在 Y- Δ 降压起动过程中有足够的时间间隔,从而完全杜绝接触器触点间的飞弧短路。接触器 KM_3 线圈控制回路中串联两对触点可保证此时间间隔。

工作原理:按下起动按钮 SB_1 ,接触器 KM_2 得电吸合,其常闭辅助触点断开, KM_3 线圈失电,同时, KM_1 得电吸合并自锁,定子绕组接成 Y 形,电动机降压起动。在 KM_1 得电的同时,时间继电器 KT 线圈通电,经过一段延时后,其延时断开常闭触点断开, KM_2 失电释放。而 Δ 形运行 KM_3 控制电路是由 KT 的延时闭合常开触点和 KM_2 联锁常闭辅助触点串联而成的。当 KT 的延时闭合常开触点接通,还要等 KM_2 触点闭合, KM_3 才能得电吸合,因此保证在 Y- Δ 切换过程中有足够的时间间隔。

(4) 线路之四。如图 1-25 所示。

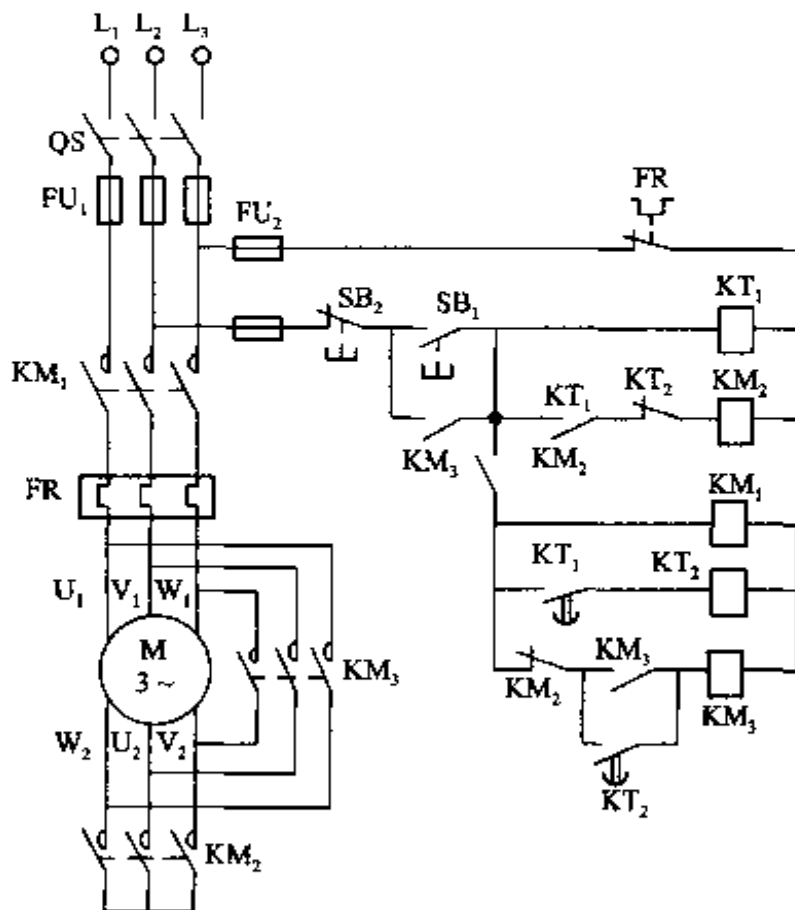


图 1-25 可防止飞弧短路的 Y- Δ 降压起动线路(之四)

该线路也是采用延长 Y- Δ 切换间隔时间的办法防止飞弧短路。

工作原理:在 Y 形接法接触器 KM_2 断电后,不马上切换到 Δ 形接法上,而是通过时间继电器 KT_2 0.1~0.3s 的延时,使电弧

完全熄灭再合上 Δ 形接法接触器 KM_3 ，过渡到 Δ 形接法上。要将时间继电器的时间间隔调整适当，否则会造成二次起动涌流。

24. 带断相保护的 Y- Δ 降压起动线路

如图 1-26 所示。该线路采用断相保护装置(断相保护线路见图 6-18)。当电动机正常运行时,保护装置不动作;当电动机的电源有一相断电时,保护装置的继电器 KA (见图 6-18)动作,其常开触点闭合,中间继电器 KA_1 得电吸合,其常闭触点断开,接触器 KM_1 失电释放,电动机停止运行。

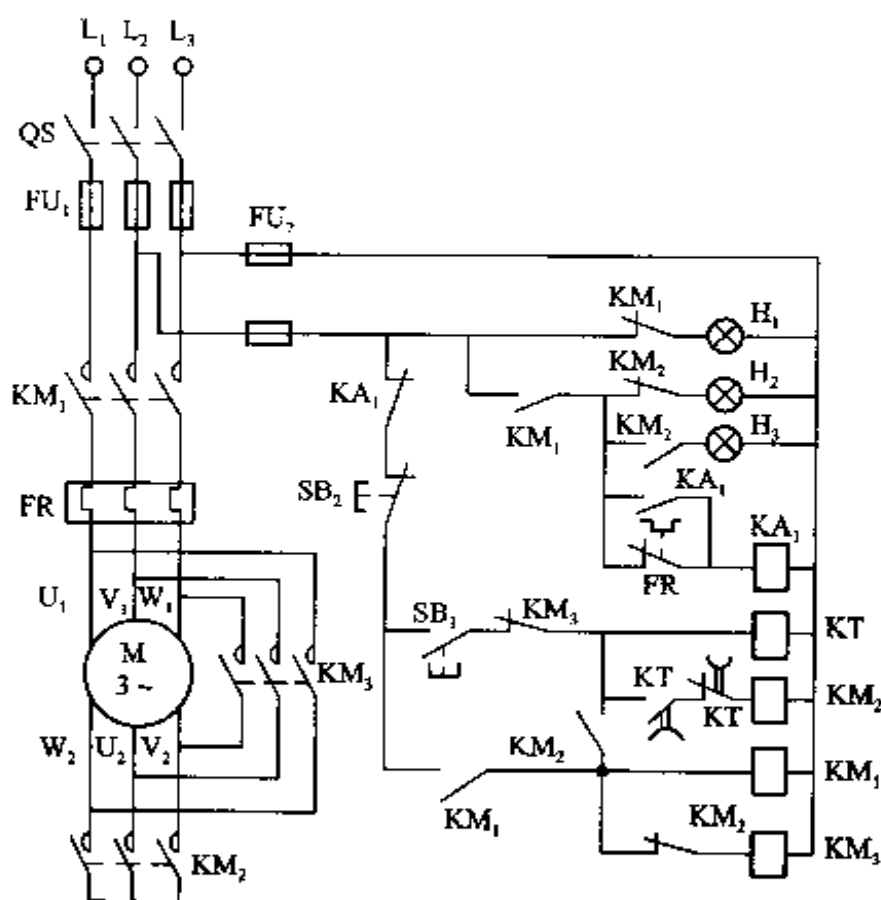


图 1-26 带断相保护的 Y- Δ 降压起动线路

工作原理:合上电源开关 QS ,电源指示灯 H_1 亮,按下起动按钮 SB_1 ,时间继电器 KT 线圈通电,其延时断开常开触点闭合,接触器 KM_2 得电吸合,其常开辅助触点闭合, KM_1 得电吸合并自锁,电动机接成 Y 形降压起动,起动指示灯 H_3 亮,而 H_1 熄灭。时间继电器 KT 经过一段延时后,其延时断开常闭触点断开, KM_2

失电释放,其常闭辅助触点闭合, KM_2 得电吸合,电动机接成 Δ 形全压正常运行,运行指示灯 H_2 亮,而 H_1 熄灭。

三只电流互感器 TA(见图 6-18)为断相保护装置的电流检测元件。异步电动机断电保护的内容将在第六章第三节中详细介绍。

25. 手动操作自耦变压器降压起动线路

在自耦变压器降压起动(简称自耦降压起动)线路中,电动机起动电流的限制是依靠自耦变压器的降压作用来实现的。电动机起动时,定子绕组得到的电压是自耦变压器的二次电压,起动完毕,自耦变压器从电路里退出,电源额定电压直接加在定子绕组上,电动机进入全压正常运转。

自耦降压起动方式对运行时为 Y 形接线或 Δ 形接线的异步电动机均适用。自耦变压器二次侧一般有几个抽头,可根据具体情况选择不同的变压比调节电动机起动电流和起动转矩。

手动操作自耦降压起动器有 QJ3 系列和 QJ10 系列等。自耦降压起动器有过载、失压等保护装置。与 QJ3 系列相比,QJ10 系列省去了储油箱和油,并采用 JR16-3D 型带断相保护的热继电器,而 QJ3 系列采用两相式热继电器。QJ3 系列降压起动器线路如图 1-27 所示。

工作原理:合上电源开关 QS,将操作手柄推至“起动”位置,三相交流电便通过自耦变压器降压后与电动机相连。待起动完毕,把操作手柄拉向“运行”位置,自耦变压器退出运行,电动机直接接到三相电源上作全压正常运行。此时脱扣线圈 YR 得电吸合,通过联锁机构保持操作手柄在运行位置。停机时,按下停止按钮 SB 即可。

26. 按钮控制自耦降压起动线路

如图 1-28 所示。

工作原理:合上电源开关 QS,按下降压起动按钮 SB_1 ,接触器 KM_1 得电吸合,自耦变压器一次侧三相绕组接成 Y 形。同时 KM_1 常开辅助触点闭合,接触器 KM_2 得电吸合并自锁,自耦变压器一

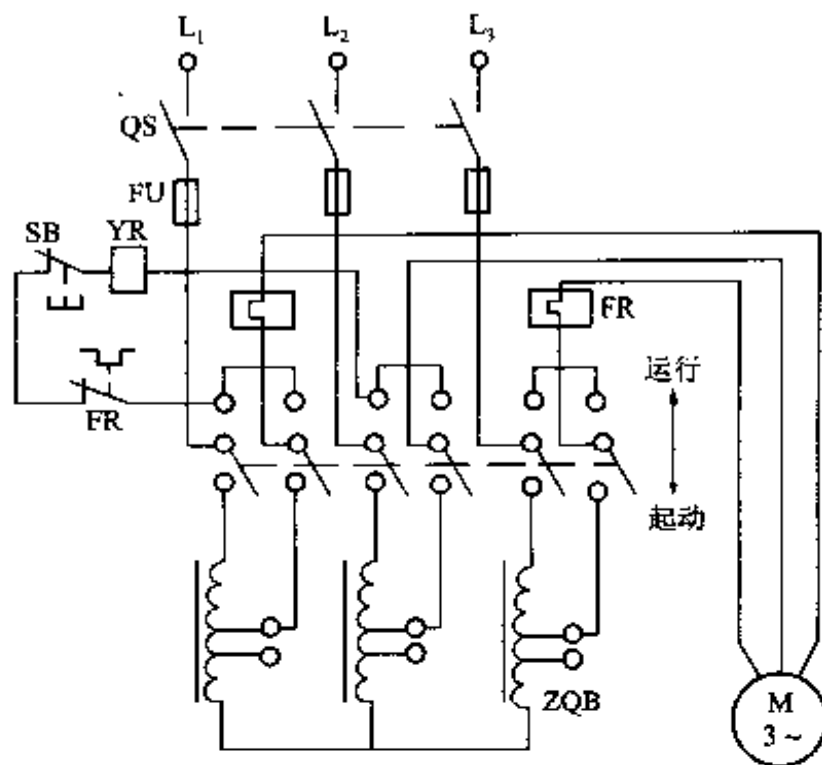


图 1-27 QJ3 系列手动自耦降压起动线路

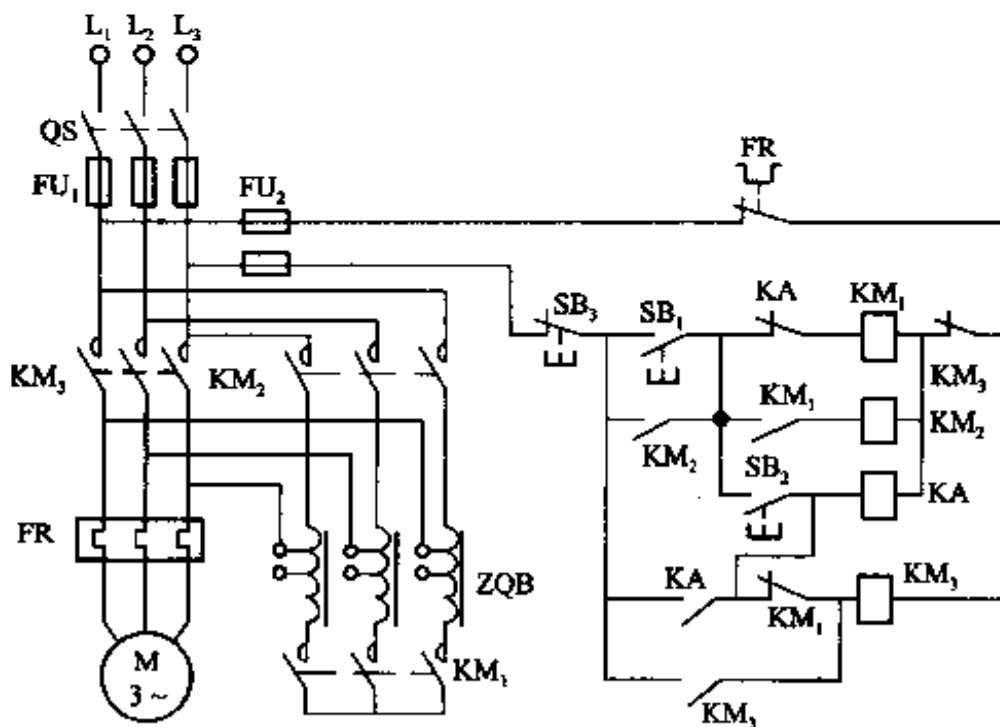


图 1-28 按钮控制自耦降压起动线路

次侧接通电源,二次侧低电压加在电动机定子绕组上,电动机降压起动运行。当电动机接近额定转速时,按下升压按钮 SB_2 ,中间继电器 KA 得电吸合,其常闭触点断开 KM_1 电源回路, KM_1 失电释放, KM_1 常开辅助触点打开,使 KM_2 失电释放。同时中间继电器 KA 常开触点闭合,在 KM_1 释放其常闭辅助触点闭合后,接触器 KM_3 得电吸合并自锁,电动机进入全压正常运行。 KM_3 吸合后,其常闭辅助触点打开, KM_1 、 KM_2 和 KA 均退出工作。

欲停机时,按下停止按钮 SB_3 ,控制回路断电,接触器 KM_3 失电释放,电动机停转。

27. XJ01 系列自耦降压起动器起动线路(一~五)

自耦降压起动器有 XJ 系列、XJ10 系列和 XJ01 系列等。这三种系列的结构基本相同。

(1)XJ01-14~20 型和 XJ01-28~75 型自耦降压起动器起动线路。

XJ01 系列自耦器适用于 380V、容量在 300kW 及其以下的电动机作降压起动用。起动器具有过载、失压等保护功能。

XJ01-14~20 型自耦降压起动器起动线路如图 1-29 所示;XJ01-28~75 型自耦降压起动器起动线路如图 1-30 所示。该线路是通过时间继电器控制自耦降压起动器自动完成接入与退出转换的。

主回路中采用两只(图 1-29)和三只(图 1-30)交流接触器自动切换, KM_1 (图 1-29)和 KM_1 、 KM_2 (图 1-30)为起动接触器, KM_2 (图 1-29)和 KM_3 (图 1-30)为运行接触器,起动时间由时间继电器 KT 决定(5~120s 可调)。这两种起动器的工作原理基本相同,现以 XJ01-28~75 型为例叙述如下:

工作原理:合上电源开关 QS ,控制回路电源接通,电源指示灯 H_3 亮。按下起动按钮 SB_1 ,接触器 KM_1 得电吸合,其主、辅常开触点闭合,接触器 KM_2 得电吸合,其主、辅常开触点闭合,电动机经自耦变压器 ZBQ 降压起动。

由于时间继电器 KT 线圈与 KM_2 线圈并联连接,故在 KM_2

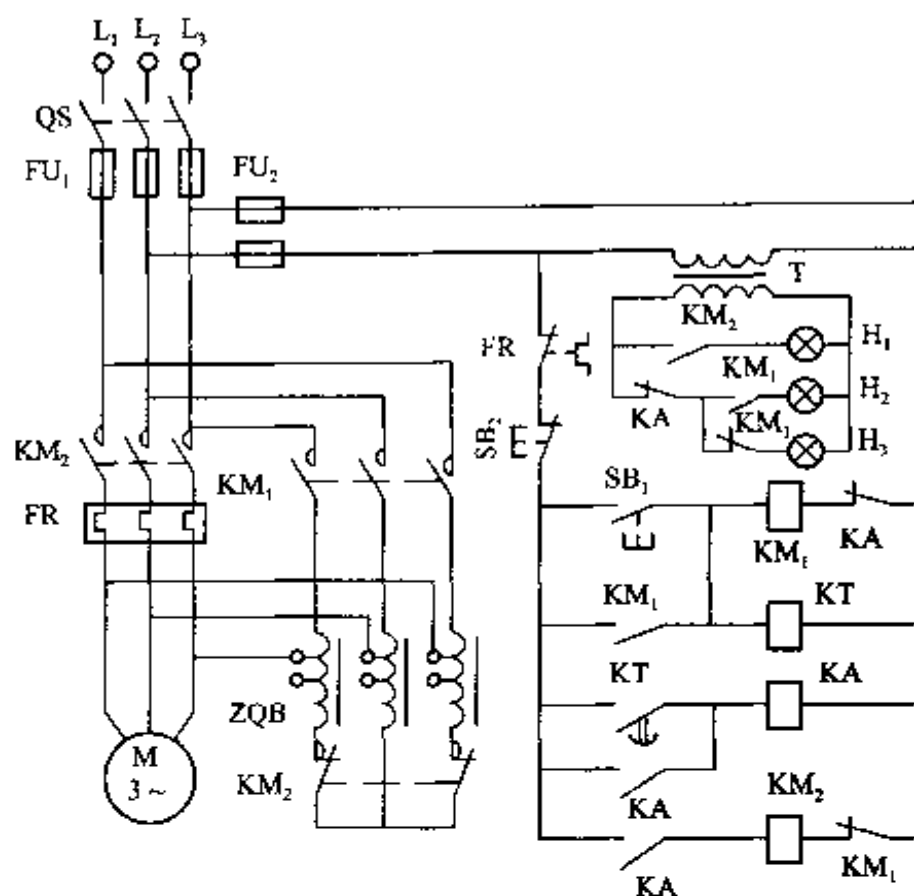


图 1-29 XJ01-14~20 型自耦降压起动器起动线路

得电吸合的同时,KT 便开始延时。经过一段时间延时,KT 延时闭合的常开触点接通中间继电器 KA 线圈回路,KA 吸合并自锁,其常闭触点切断 KM_1 线圈回路,常开触点接通 KM_3 线圈回路,自耦变压器退出工作,主触点闭合接通主电路,电动机进入全压正常运行。

欲停机,按下停止按钮 SB_2 ,控制回路电源切断, KM_3 失电释放,电动机停转。

指示灯 H_3 、 H_2 和 H_1 分别作电源、起动和运行指示用。在以后介绍的许多线路中,为了使图简洁,不画出信号部分。

(2)XJ01-80~300 型自耦降压起动器起动线路。如图 1-31 所示。它具有手动和自动两种起动方式。主回路工作程序与 XJ01-28~75 型自耦降压起动器线路相同(见图 1-30),只是起动接触器 KM_1 采用了一只五极接触器。当转换开关 SA 置于“手动”位置时,触点 1-2、5-6 接通、3-4 断开,控制过程不再赘述。

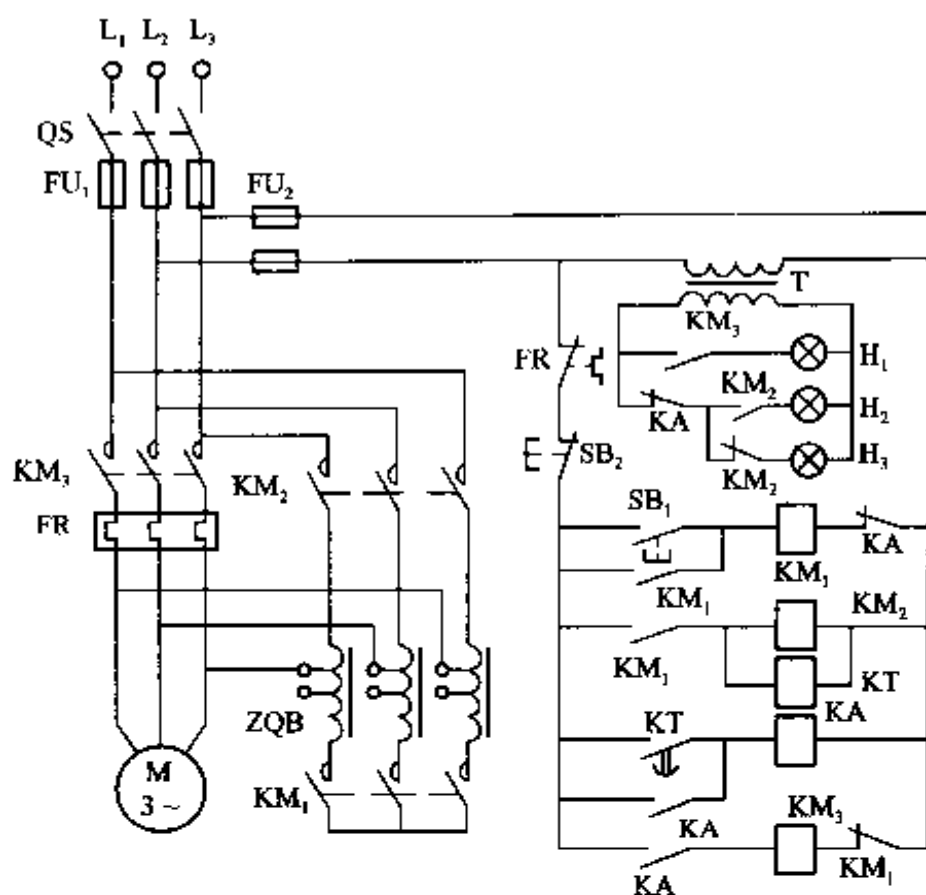


图 1-30 XJ01-28~75 型自耦降压起动器起动线路

本线路设有电流测量仪表,能监视电动机起动和运行情况。为了避免起动过程中起动电流过大而使热继电器 FR 误动作,通过中间继电器 KA₂ 的一对常闭触点暂时短接热继电器,待 KA₂ 动作、KM₁ 使自耦变压器退出后,热继电器才接入回路,起过载保护作用。

(3) XJ01 系列自耦降压起动器起动线路的不足及改进。

①存在的主要缺陷。仔细分析该起动器的控制线路,不难看出有以下不合理的问题:

a. 实际使用表明, XJ01 系列自耦降压起动器的自耦变压器容易烧毁,这往往是由于接触器主触点熔焊引起的。起动器在长期使用过程中,由于接触器主触点磨损、表面氧化、电灼伤,以及短时间内操作频率过高、触点弹簧压力降低、负载侧短路等原因,都有可能造成接触器主触点熔焊。接触器 KM₁ 或 KM₂ 主触点一旦熔焊,

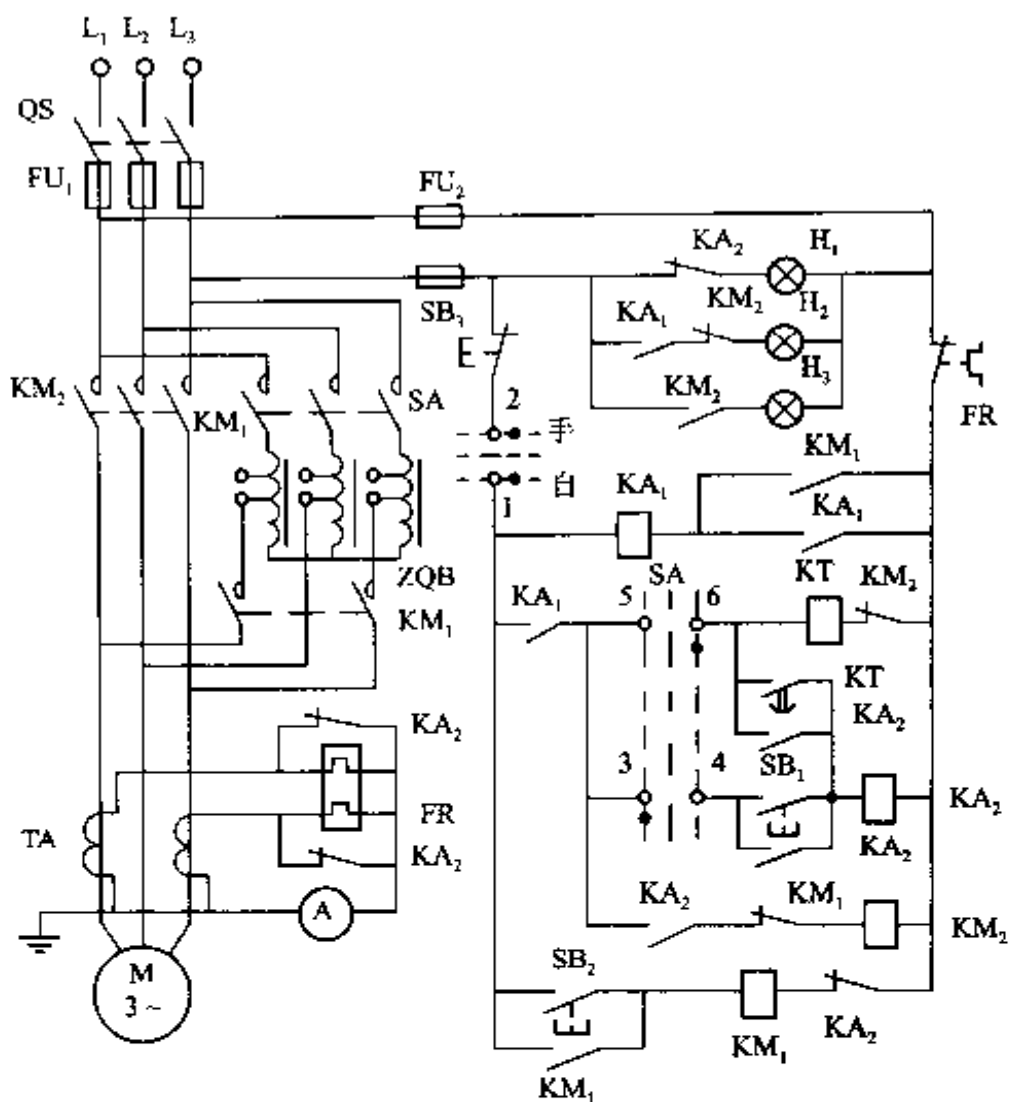


图 1-31 XJ01-80~300 型自耦降压起动器起动线路

便有可能烧毁自耦变压器。其原因如下(见图 1-30)：

在起动结束时,假设 KM_1 主触点熔焊,则 KM_1 的常开辅助触点不能从闭合状态恢复到断开状态,导致 KM_2 将继续吸合,又造成 KM_3 不能得电吸合,因而电动机一直处在自耦降压状态下运行。如果操作者没有及时发现并采取措施,则会导致自耦变压器过热、烧毁。

假设 KM_2 主触点熔焊,当线路按程序使 KM_1 失电复位、 KA 及 KM_3 得电吸合后,此时流向电动机的电流有经 KM_3 和经 KM_2 主触点及自耦变压器两条途径。虽然流经自耦变压器的电流较小,

绕组发热相对小些,但由于 KM_3 正常工作,就很容易使操作者不能及时发现故障的存在。由于长时间连续运行,自耦变压器热量会不断积聚而使绕组绝缘层受损,最后导致自耦变压器损坏。

b. 接触器 KM_3 的正常工作必须以中间继电器 KA 线圈长期通电为前提,这对中间继电器不利,会降低起动器的可靠性。应设法在电动机正常运行时使中间继电器不工作。

c. 存在着直接起动的可能性(这是很危险的)。当接触器 KM_2 线圈断线、接头连接不良或出现机械卡阻而不能闭合时,按下起动按钮 SB_1 ,时间继电器 KT 线圈在 KM_1 常开辅助触点闭合后即通电延时,而不管 KM_2 闭合与否,延时一到, KT 的延时闭合常开触点便闭合,于是中间继电器得电吸合,其常开触点闭合, KM_3 即得电吸合,电动机便在全电压下起动。

②改进线路。

a. 改进线路之一。如图 1-32 所示。

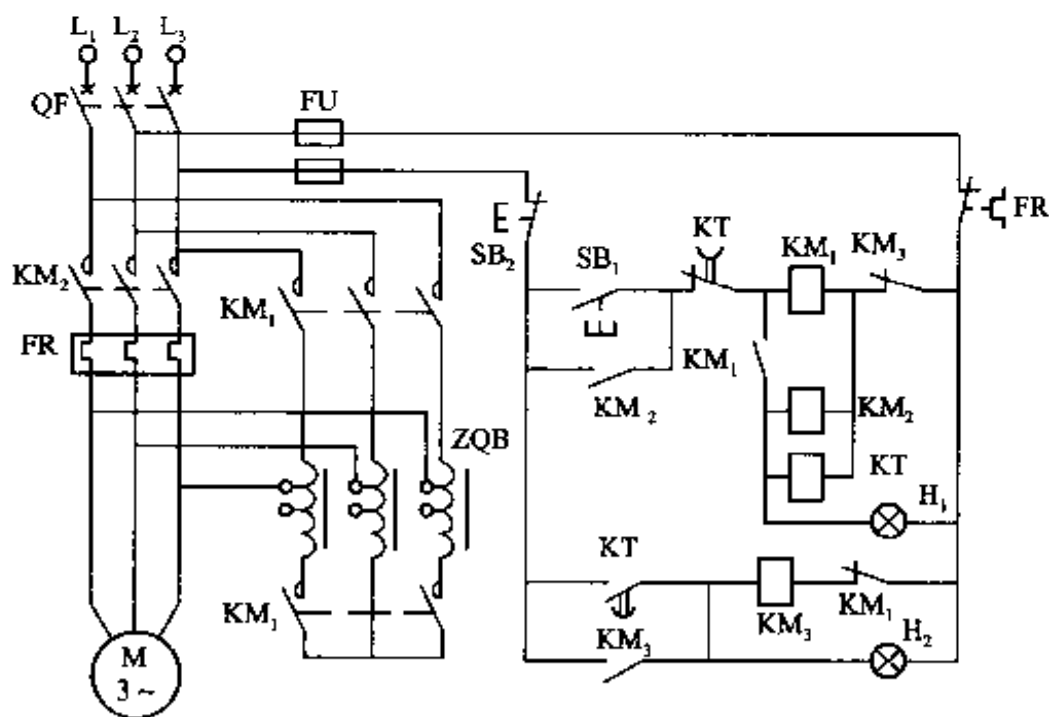


图 1-32 改进线路(之一)

该线路中,接触器 KM_1 、 KM_2 常开辅助触点与时间继电器 KT 的延时断开常闭触点串联,兼有自锁和连锁作用。当起动按钮 SB_1 松开后,两者共同起自锁作用,保持 KM_1 和 KM_2 继续吸合;而在 KM_1 和 KM_2 之间又起连锁作用。这样,当 KM_1 或 KM_2 的主触点熔焊时,都不会烧毁自耦变压器。

假设 KM_1 主触点熔焊,由于 KT 延时断开常闭触点的作用,起动结束后,切断 KM_1 、 KM_2 线圈的电源, KM_2 释放。由于 KM_2 常开辅助触点已断开,即使 KM_1 主触点熔焊其常开辅助触点不能断开, KM_2 也不能重新吸合,自耦变压器也就无电流通过。

假设 KM_2 主触点熔焊,当 KT 延时释放常闭触点断开时, KM_1 、 KM_2 线圈失电, KM_1 释放。串接在 KM_2 线圈回路中的 KM_1 常闭辅助触点闭合, KM_1 得电吸合,其常闭辅助触点断开, KM_2 也不能重新吸合,从而切断了自耦变压器与电动机之间的电路。此时自耦变压器处于空载运行状态。

当然,如果 KM_1 和 KM_2 的主触点同时发生熔焊,而操作者又没有及时发现而去停机,也会使自耦变压器烧毁,但这种故障概率极小。

b. 改进线路之二。如图 1-33 所示。

该线路中,时间继电器 KT 线圈与中间继电器 KA 的常开触点串联,而 KA 吸合需以接触器 KM_2 吸合为前提,这就有效地克服了 KM_2 与 KT 线圈并联连接带来的隐患。

工作原理:按下起动按钮 SB_1 ,接触器 KM_1 得电吸合,其常闭辅助触点断开,接触器 KM_3 失电释放,而 KM_1 的常开辅助触点闭合,接触器 KM_2 得电吸合并自锁,电动机便接入自耦变压器降压起动。 KM_2 常开辅助触点闭合,中间继电器 KA 得电吸合,其常开触点闭合,时间继电器 KT 线圈通电。

经过一段延时后,其延时断开常闭触点断开, KM_1 失电释放,而 KT 的延时闭合常开触点闭合, KM_3 得电吸合并自锁。 KM_3 的常闭辅助触点断开, KM_1 、 KM_2 、 KA 、 KT 均失电释放,退出工作。

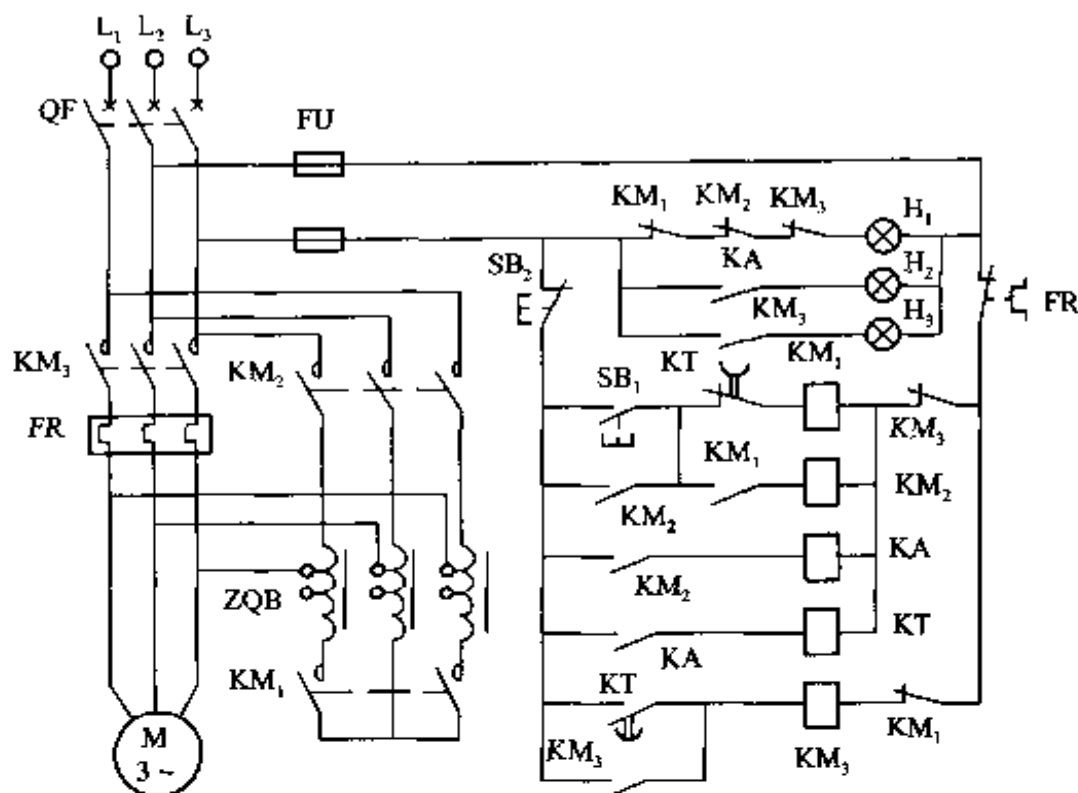


图 1-33 改进线路(之二)

这时电动机进入全电压正常运行。

c. 改进线路之三。如图 1-34 所示。

该线路只是将接触器 KM_2 的常闭辅助触点取掉, 改换成 KM_1 的常开辅助触点而已。改后线路, 当 KM_1 因自锁触点接触不良而造成点动起动时, 时间继电器 KT 就无法得电工作, 从而可避免电动机直接起动引发的事故。

28. XJ10、LZQ1 系列自耦降压起动器起动线路

XJ10 系列自耦降压起动器起动线路如图 1-35 所示, LZQ1-10-55型和 LZQ1-70-13 型自耦降压起动器起动线路分别如图 1-36 和图 1-37 所示。

图 1-36 和图 1-37 采用过电流继电器作为过载、短路保护。它们的工作原理与 XJ01 系列基本相同。

29. 能有效保证接触器主触点熄弧的自耦降压起动线路

如图 1-38 所示。它具有手动和自动两种起动方式, 由转换开

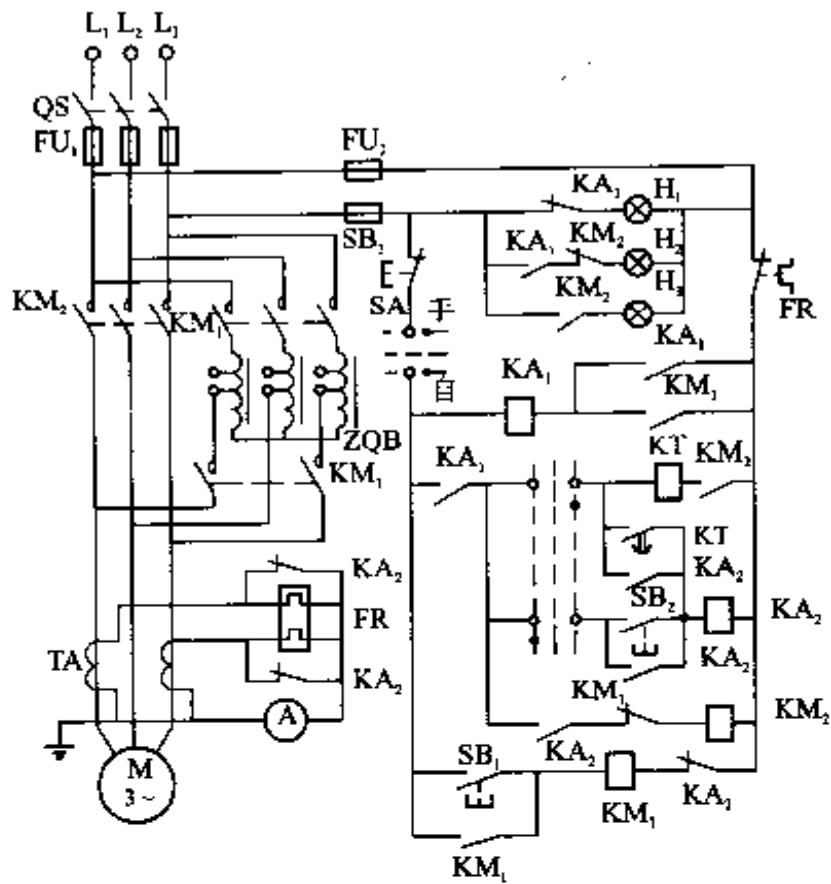


图 1-34 改进线路(之三)

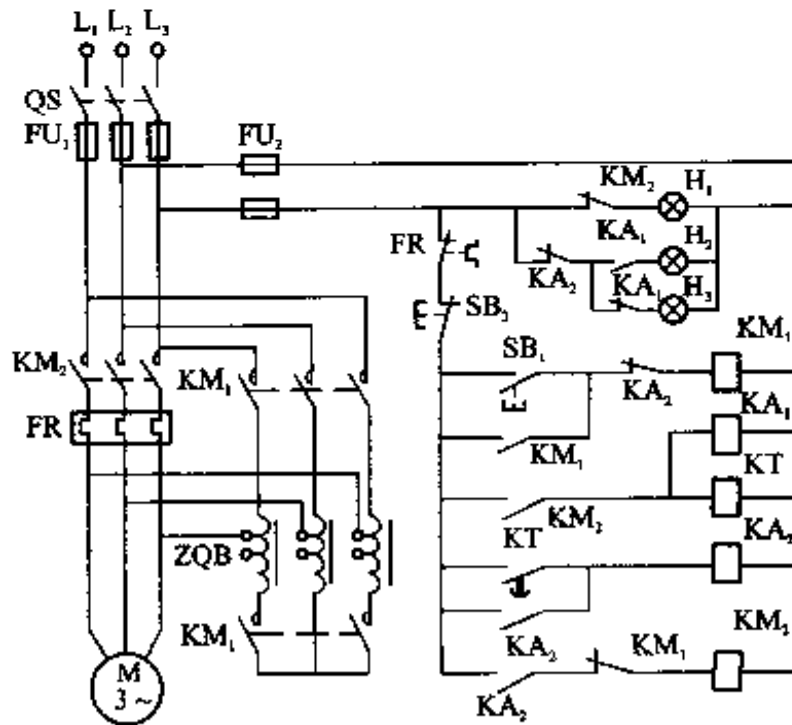


图 1-35 XJ10 系列自耦降压起动器起动线路

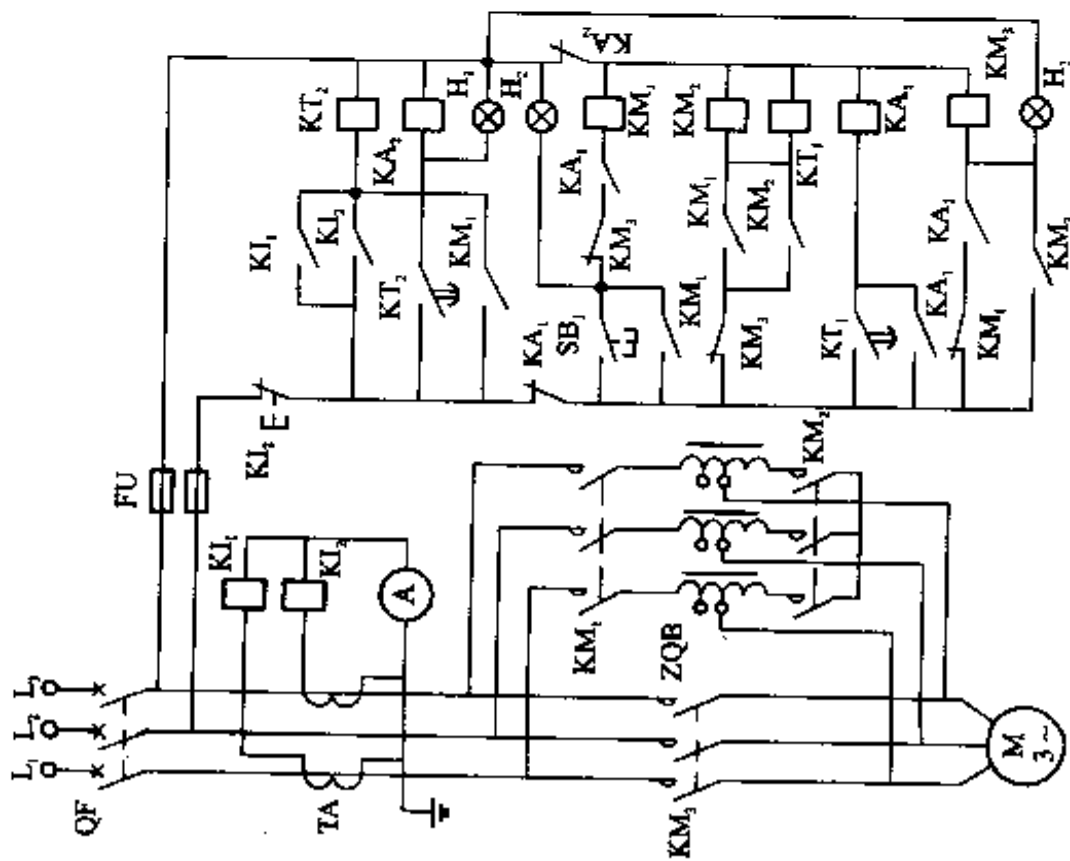


图1-36 LZQ1-10-55型自耦降压启动器启动线路

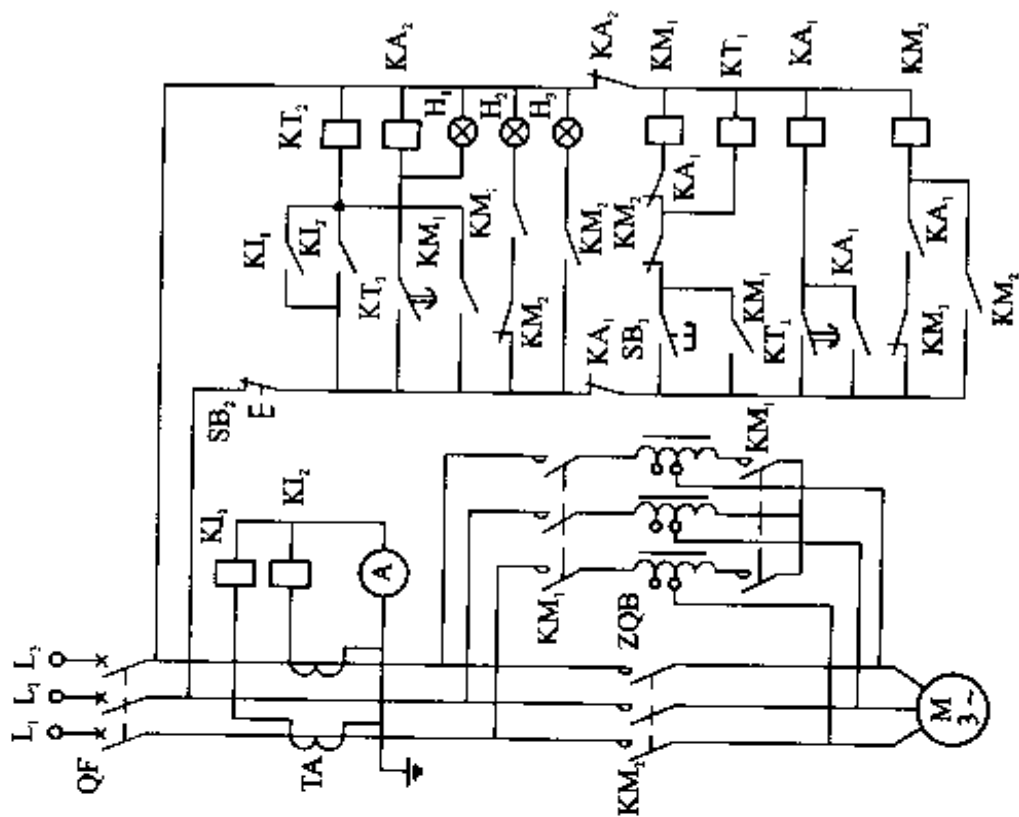


图1-37 LZQ1-70-13型自耦降压启动器启动线路

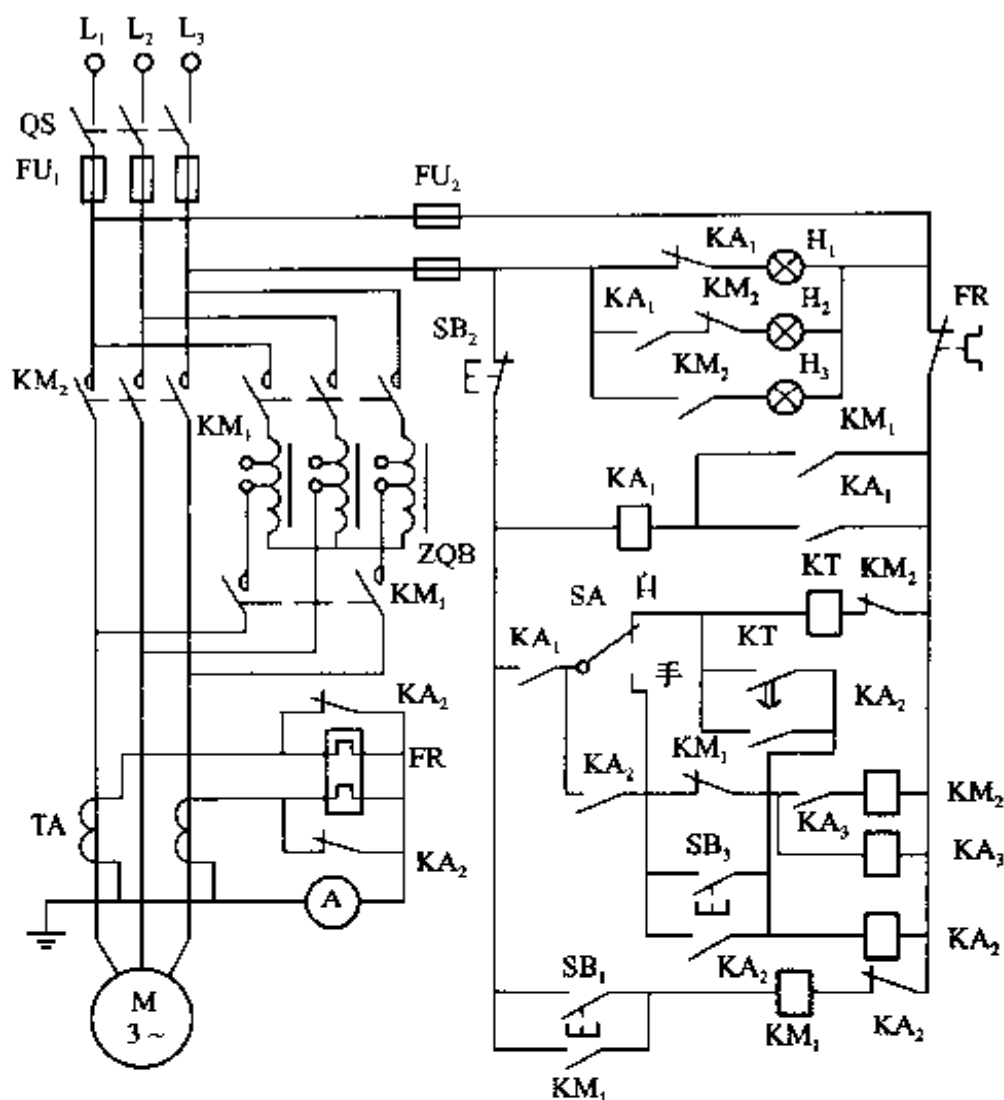


图 1-38 能有效保证接触器主触点熄弧的自耦降压起动线路

关 SA 来实现。在控制回路中增加了 KA_2 、 KA_3 两只中间继电器，其作用是：当电动机容量很大时，起动电流很大，接触器 KM_1 的主触点断开时有强烈的火花。当火花尚未熄灭，而接触器 KM_2 又起动时，就会造成自耦变压器部分绕组短路，产生很大的短路电流。有了中间继电器 KA_2 和 KA_3 后，在切断 KM_1 后和接通 KM_2 前，提供了一个在 KM_1 主触点断开后保证熄弧的时间间隔，即将 KM_1 主触点灭弧后， KM_2 的主触点才能闭合。

30. 手动延边 Δ 形降压起动线路

Y- Δ 降压起动具有许多优点，但由于起动转矩较小，只适用

于空载或轻载起动的场合。为了改进 Y- Δ 降压起动性能,研制出延边 Δ 形降压起动方式。

所谓延边 Δ 形降压起动方式,就是电动机起动时,将其三相定子绕组的一部分接成 Y 形,另一部分接成 Δ 形,待起动完毕,三相定子绕组接成 Δ 形正常运行。采用这种接法,好像是把 Δ 形的三条边延长,故把这种起动方式称延边 Δ 形起动。

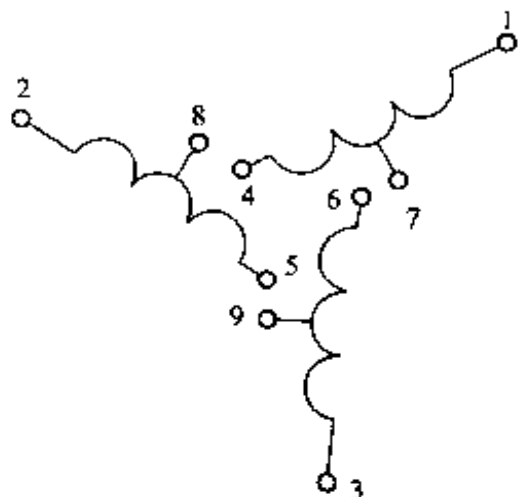


图 1-39 电动机定子绕组抽头

在起动时接成延边 Δ 形,可降低电动机起动时的相电压,使相电流随之减小。接成延边 Δ 形时,相电压比接成 Y 形时要高,因此起动转矩也大,而且还可以通过选择不同的抽头比例来适应不同的使用要求。

电动机定子绕组抽头如图 1-39 所示。起动时,三相绕组的 1-7、2-8、3-9 接成 Y 形,形成延

边 Δ 的接法,实际上成为降压绕组。

延边 Δ 形起动一般可采用 XJ1 系列自耦降压起动器,也可自行设计制造。

图 1-40 为按钮手动控制延边 Δ 形起动线路,起动时间由操作者决定。

工作原理:合上电源开关 QS,按下起动按钮 SB₁,接触器 KM₁ 得电吸合并自锁,绕组 1、2、3 端头与电源 L₁、L₂、L₃ (即 A、B、C 相)接通,由于 KM₁ 自锁,接触器 KM₃ 也得电吸合,于是绕组 4、5、6 端头分别与 8、9、7 端头接通,电动机定子绕组接成延边 Δ 形。起动完毕,按下按钮 SB₂,接触器 KM₃ 失电释放,KM₂ 吸合并自锁,这时 4、5、6 与 8、9、7 端头已切断,而 4、5、6 端头与电源接通,1、6 与 L₁ 相接,2、4 与 L₂ 相接,3、5 与 L₃ 相接,电动机定子绕组转为 Δ 形连接,进入正常运行。

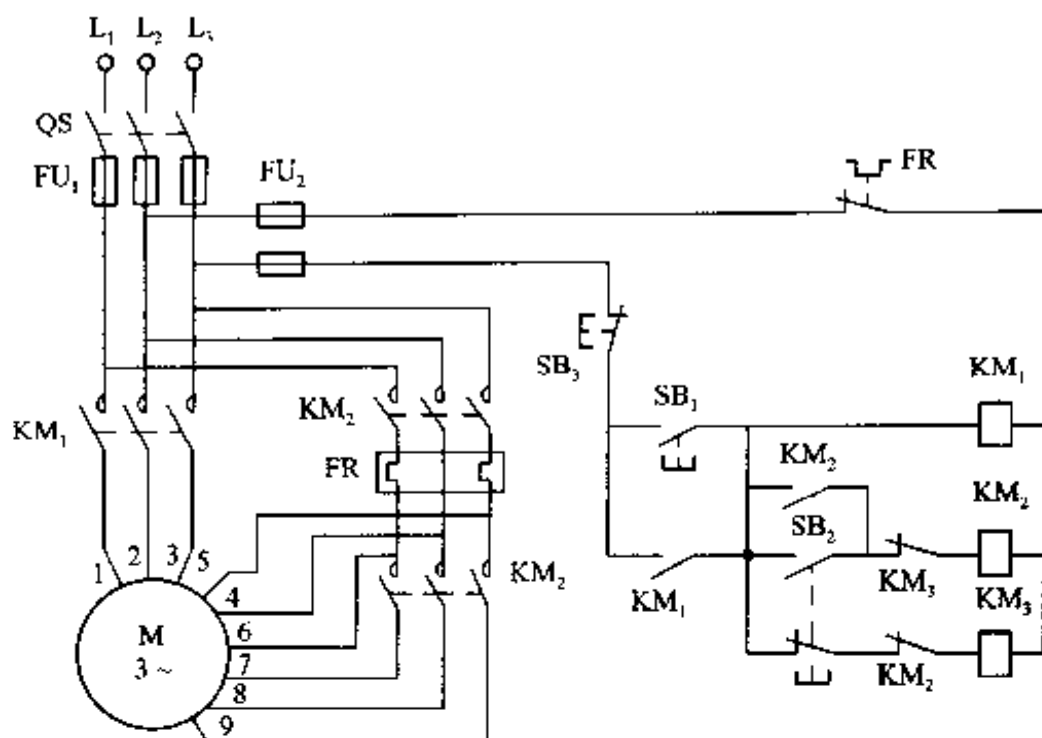


图 1-40 手动延边 Δ 形降压起动线路

欲停机,按下停止按钮 SB_2 即可。

由于电动机在正常运行时接触器 KM_2 的触点只通过相电流,所以在选择接触器时,其额定电流可等于或略小于电动机额定电流; KM_1 可选得更小些,其额定电流为电动机额定电流的 $1/3 \sim 1/2$ 即可。

31. 自动延边 Δ 形降压起动线路

如图 1-41 所示。该降压起动线路的起动时间由时间继电器决定。

工作原理:合上电源开关 QS ,按下起动按钮 SB_1 ,接触器 KM_1 得电吸合并自锁, KM_3 吸合,电动机定子绕组接成延边 Δ 形。同时时间继电器 KT 线圈通电,经过一段延时后,其延时断开常闭触点断开, KM_3 失电释放,而延时闭合常开触点闭合,接触器 KM_2 得电吸合,其常闭辅助触点断开, KM_1 和 KT 失电释放,电动机定子绕组转为 Δ 形连接,进入正常运行。

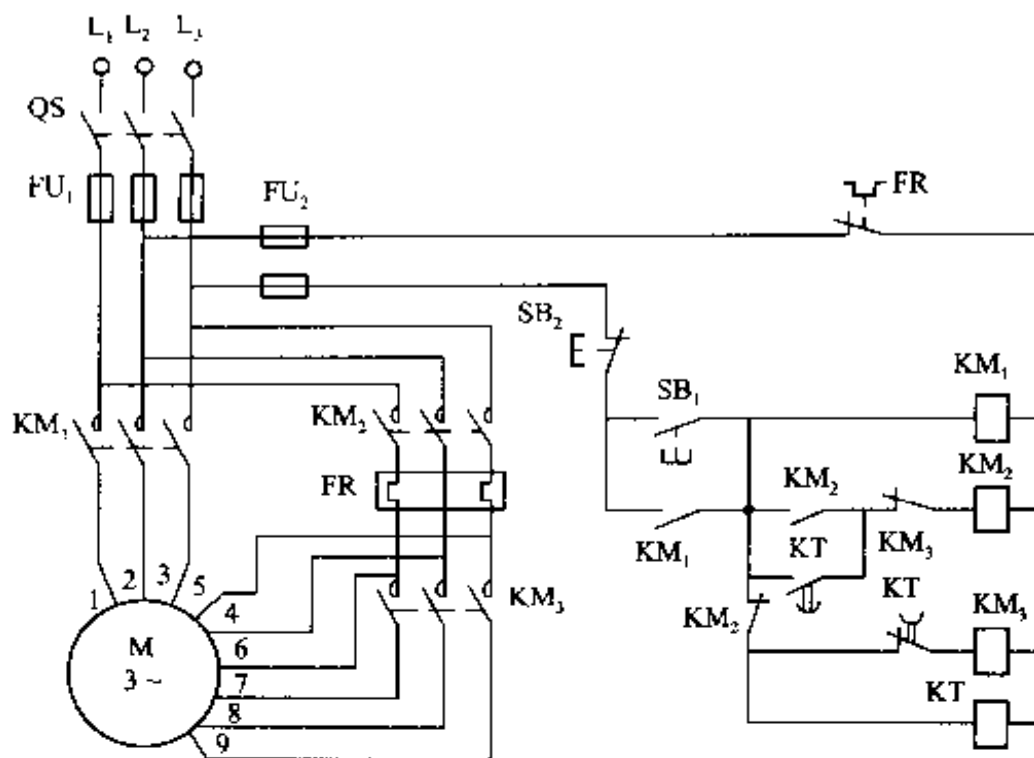


图 1-41 自动控制延边 Δ 形降压起动线路

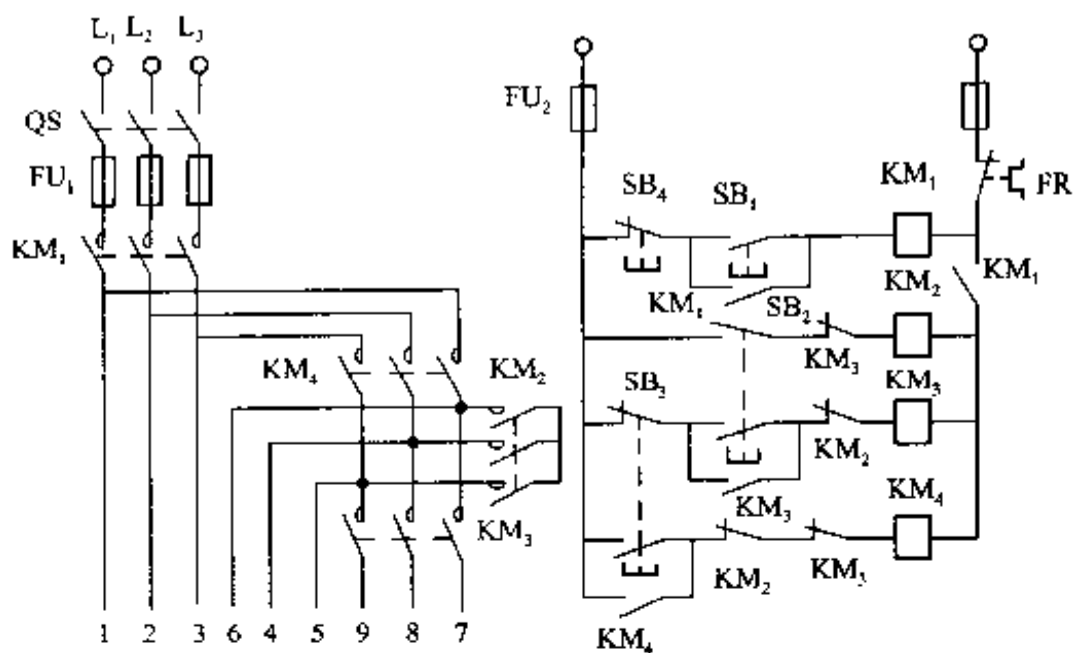
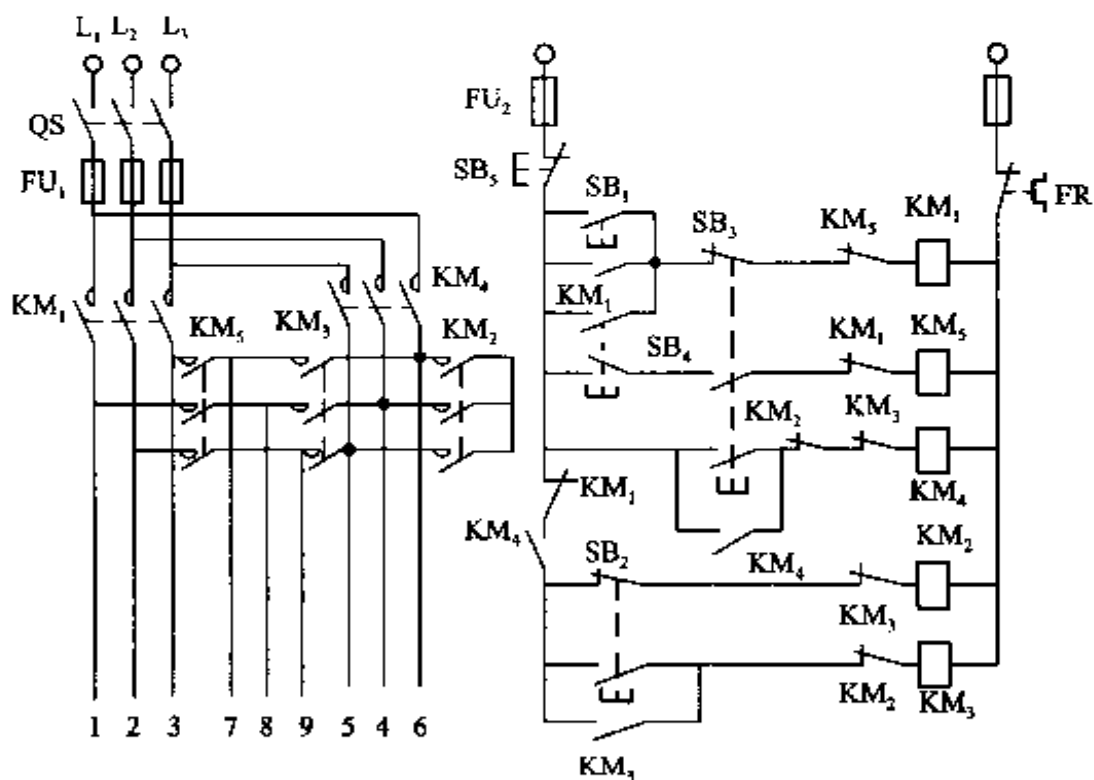
32. 延边 Δ 形两级降压起动线路

如图 1-42 所示。该降压起动线路为按钮手动控制式。起动时，电动机绕组先接成 Y 形，然后转换成延边 Δ 形，最后接成 Δ 形，属两级降压起动。

工作原理：合上电源开关 QS，按下起动按钮 SB₁，接触器 KM₁、KM₂ 先后吸合，KM₁ 自锁。KM₂ 主触点将电动机绕组抽头 4、5、6 连成 Y 形起动。经过一段时间后，第一级降压起动结束，再按起动按钮 SB₂，接触器 KM₂ 失电释放，而 KM₃ 得电吸合并自锁，使绕组抽头 6 与 7、4 与 8、5 与 9 分别连接，电动机绕组转换成延边 Δ 形接法，开始第二级降压起动。再经过一段时间后，再按起动按钮 SB₃，接触器 KM₃ 失电释放，KM₄ 得电吸合并自锁，使绕组抽头 1 与 6、2 与 4、3 与 5 分别连接，电动机绕组转换成 Δ 形连接，投入正常运行。

33. 延边 Δ 形三级降压起动线路

如图 1-43 所示。该降压起动线路为按钮手动控制式。起动时，

图 1-42 延边 Δ 形两级降压起动线路图 1-43 延边 Δ 形三级降压起动线路

电动机绕组先接成 Y 形,再先后转换成延边 Δ 形(2:1)、延边 Δ 形(1:2),最后转换成 Δ 形投入正常运行,属三级降压起动。

34. Δ 形起动、Y形运行的控制线路

前面介绍的 Y- Δ 降压起动,是为了减小起动电流。定子绕组接成 Y 形起动,接成 Δ 形正常运行。但在某些特殊场合,则正好相反。比如,某些机械设备惯性很大,起动时要求有很大的转矩,而运行时要求的转矩却较小,运行电流只有额定值的 1/3 以下。若采用功率较小的电动机又无法起动。这时可采用将电动机绕组接成 Δ 形起动,接成 Y 形运行。其线路如图 1-44 所示。

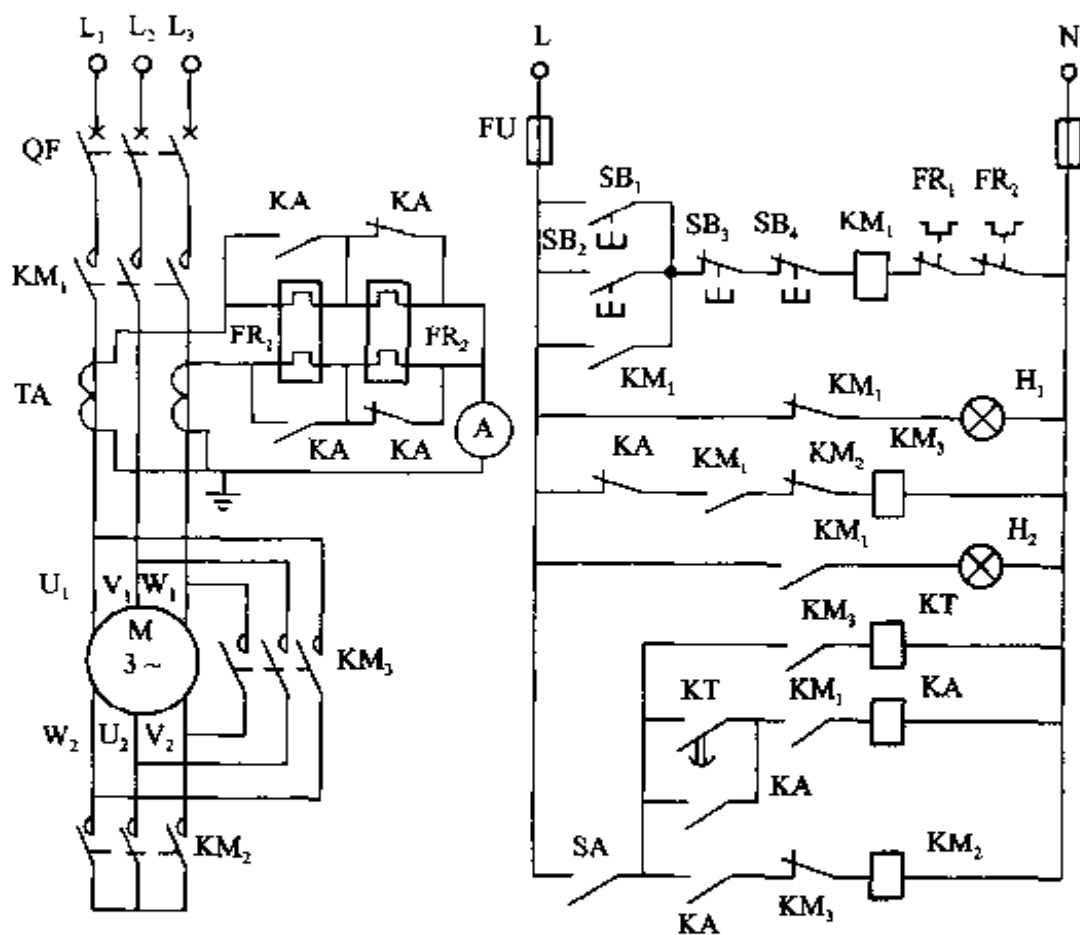


图 1-44 Δ 形起动、Y形运行的控制线路

这种线路的工作原理与 Y- Δ 降压起动线路恰恰相反。但要注意,由于起动电流大,电网的容量必须足够大。否则,不但会使电动机的起动困难,而且会造成电网电压下降严重,影响其它设备的正常工作。

第三节 特殊的起动与控制线路

35. 熔断器切换的起动与运行线路

通常由热继电器和熔断器组成三相异步电动机的保护系统,前者做过载保护用,后者做短路保护用。在这种保护系统中,如果热继电器失灵,而过载电流又不能使熔断器熔断,则会烧毁电动机。

如果将熔断器的额定电流设定为等于电动机的额定电流,则当电动机运行时发生过载,即使热继电器失灵,熔断器也会熔断,从而保护了电动机。但其前提是,在这种条件下电动机能顺利起动。为此可采用如图 1-45 所示的线路。

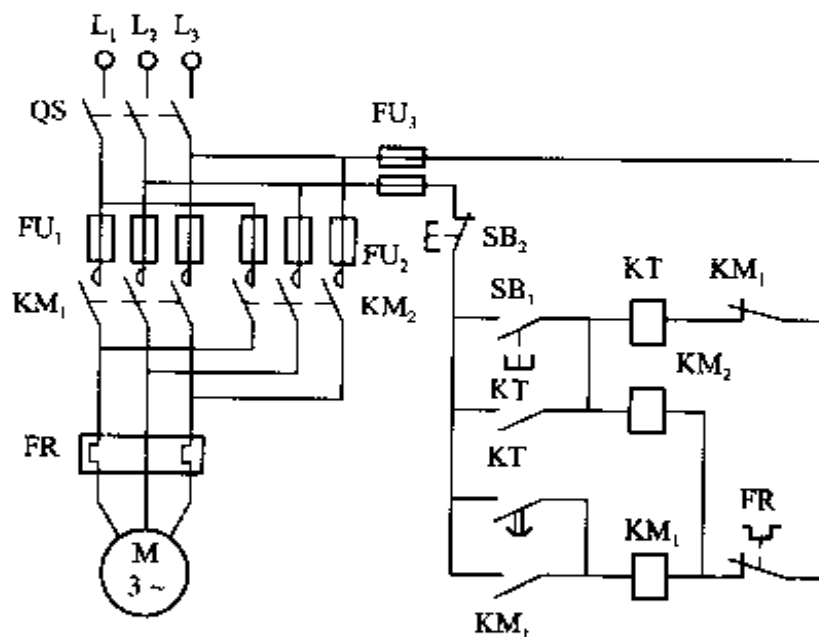


图 1-45 熔断器切换的起动与运行线路

工作原理:合上电源开关 QS,按下起动按钮 SB₁,时间继电器 KT 线圈通电并自锁,接触器 KM₂ 得电吸合,电动机经起动熔断器 FU₂(按满足起动要求选)接入电网起动。经过一段延时,起动结束,KT 的延时闭合常开触点闭合,接触器 KM₁ 得电吸合并自锁,运行熔断器 FU₁(按电动机额定电流选)投入。由于 KM₁ 常闭辅助

触点断开,KT 失电, KM_2 随之失电释放, 启动熔断器退出。

36. 启动时防止热继电器动作的启动线路

某些启动负载较重、启动时间长的电动机, 启动过程中会出现热继电器频繁动作而不能顺利启动的问题。为了保护电动机不过载, 又不能将热继电器换大, 可在线路上采取一些措施。一种措施是采用 XJ01-80~300 型自耦降压启动器(见图 1-31), 下面介绍另一种线路, 如图 1-46 所示。

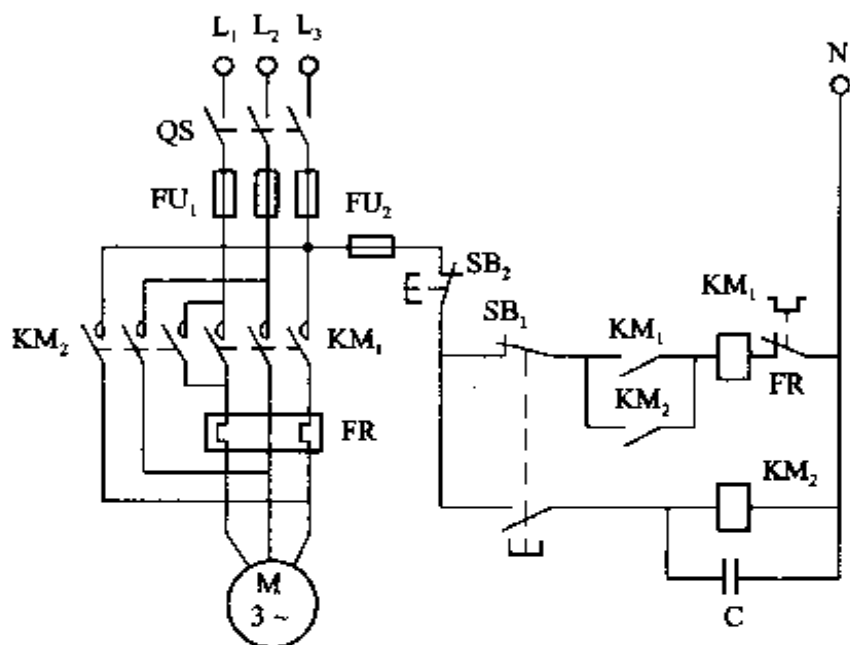


图 1-46 防止热继电器动作的启动线路

该启动线路是在普通启动线路的基础上增加了一只交流接触器和一只电容器。在启动时它能将热继电器短接, 启动后再接入热继电器。

工作原理: 合上电源开关 QS, 按下启动按钮 SB_1 , 接触器 KM_2 得电吸合, 其主触点闭合, 短接热继电器 FR, 电动机带负载启动。经过一段时间(30~50s), 待电动机转速趋近额定转速时, 松开按钮 SB_1 , 于是接触器 KM_1 得电吸合, 其常开主、辅触点闭合, 而 KM_2 失电释放, 主、辅触点断开, 电路将热继电器 FR 接入正常运行。停机时, 按下停止按钮 SB_2 即可。

在 KM_2 线圈上并联电容 C 的目的是, 利用切换瞬间电容两

端电压不能突变的性质,保证 KM_1 常开主、辅触点闭合后 KM_2 主触点才能释放。

电容 C 可选用荧光灯用电容器,对于额定电流为 $40\sim 80A$ 的接触器,可选用 $2.5\mu F$ 的电容器;对于额定电流为 $100\sim 150A$ 的接触器,可选用 $3.7\mu F$ 的电容器;对于额定电流为 $250A$ 的接触器,可选用 $4.7\mu F$ 的电容器。

37. 单按钮控制单向起动的线路(一~三)

控制一台三相异步电动机的起动和停止,通常需要用两只按钮。一只为起动按钮,另一只为停止按钮。但在某些特殊场合(如多点控制一台设备,需要大量的控制线和按钮,为减少控制线及按钮数目)或某些特殊设备上,需采用单按钮控制。下面分别介绍用单按钮控制电动机单方向起动和停止的线路和用单按钮控制电动机正反方向起动和停止的线路。

(1) 线路之一。如图 1-47 所示。

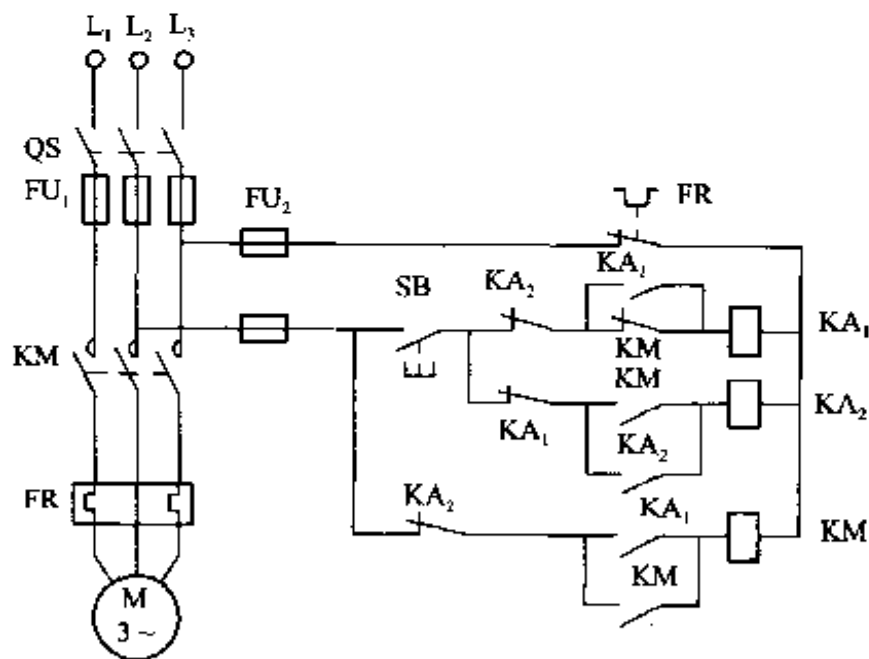


图 1-47 单按钮控制单向起动的线路(之一)

工作原理:合上电源开关 QS ,按下按钮 SB ,中间继电器 KA_1 得电吸合,其常开触点闭合,接触器 KM 得电吸合并自锁,电动机

起动运转。KM 的常开辅助触点闭合,常闭辅助触点断开。这时中间继电器 KA_2 因 KA_1 的常闭触点断开而断电, KA_2 不能吸合。松开按钮 SB 后, KM 因自锁仍吸合,电动机继续运转。这时 KA_1 因 SB 松开而失电释放,其触点复位,为 KA_2 工作做好准备。

欲使电动机停转,第二次按下按钮 SB,这时由于 KM 的常闭辅助触点断开, KA_1 不会吸合,而 KA_2 却得电吸合。 KA_2 的常闭触点断开, KM 失电释放,电动机停转。同时, KA_2 的常闭触点切断 KA_1 线圈回路,使 KA_1 在 KM 复位后仍不能吸合。松开 SB 后, KA_2 释放,电路恢复初始状态。

第三次按下 SB,重复上述过程。

(2)线路之二。如图 1-48 所示。

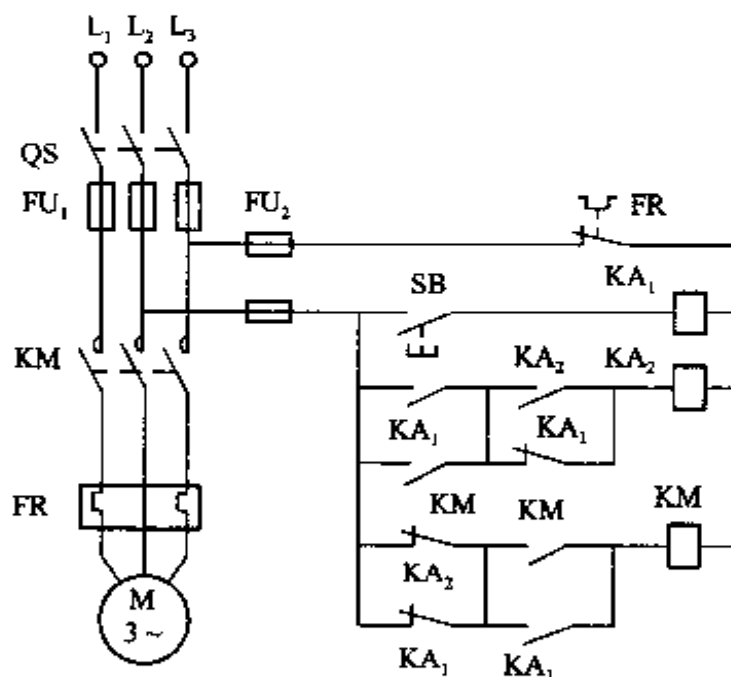


图 1-48 单按钮控制单向起动的线路(之二)

工作原理:起动时,按下按钮 SB,中间继电器 KA_1 得电吸合,其常闭触点断开,而常开触点闭合,接触器 KM 得电吸合,电动机起动运转。KM 的常开辅助触点闭合,松开按钮 SB 后,虽 KA_1 失电释放,但 KM 仍继续吸合,这时中间继电器 KA_2 得电吸合,并为停机做好准备。

欲使电动机停转,第二次按下按钮 SB,这时 KA_1 再次得电吸合,其常闭触点断开, KA_2 和 KM 均失电释放,电动机停转,电路恢复到初始状态。

(3)线路之三。如图 1-49 所示。

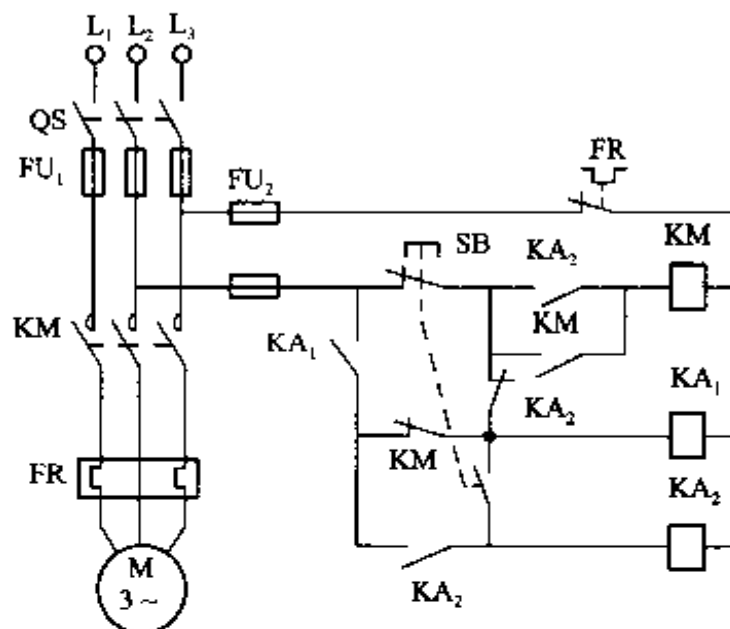


图 1-49 单按钮控制单向起动的线路(之三)

工作原理:合上电源开关 QS,控制回路接通电源,中间继电器 KA_1 得电吸合。起动时,按下按钮 SB,中间继电器 KA_2 得电吸合并自锁,其常开触点闭合,为接触器 KM 工作做好准备。松开 SB 后,其常闭触点闭合,KM 得电吸合并自锁,电动机起动运转。同时,KM 的常闭辅助触点断开, KA_1 失电释放,其常开触点断开, KA_2 失电释放。 KA_2 的常闭触点闭合, KA_1 又得电吸合。

欲使电动机停转,第二次按下按钮 SB, KA_1 和 KM 失电释放,电动机停转。松开按钮 SB,又接通 KA_1 线圈回路, KA_1 吸合,恢复初始状态。

该线路的特点是,第一次按下按钮 SB,电动机并不起动,松开按钮后,电动机才起动运转。因此,当按钮被卡住时,电动机不会被起动,比较安全。

38. 单按钮控制 Y- Δ 降压起动的线路

如图 1-50 所示。

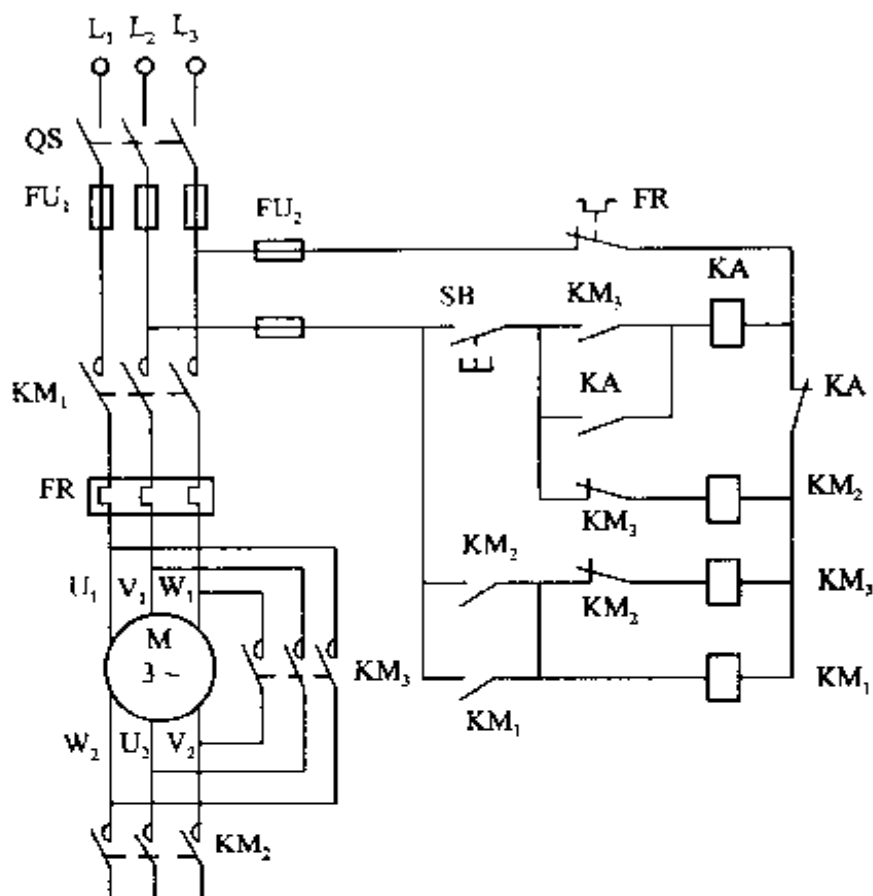


图 1-50 单按钮控制电动机 Y- Δ 降压起动线路

工作原理:合上电源开关 QS,起动时,按下按钮 SB,接触器 KM₂ 得电吸合,其常闭辅助触点断开,切断接触器 KM₃ 回路,而 KM₂ 常开辅助触点闭合,接触器 KM₁ 得电吸合并自锁。此时 KM₂ 和 KM₁ 的主触点均闭合,电动机绕组接成 Y 形降压起动。经过一段时间,待电动机转速趋近额定转速时,松开按钮 SB, KM₂ 失电释放,其常闭辅助触点闭合, KM₃ 得电吸合,电动机切换成 Δ 形连接,在全压下运行。KM₃ 的常闭辅助触点串入 KM₂ 线圈回路,从而保证在 KM₃ 吸合时,不使 KM₂ 也吸合。

欲使电动机停转,第二次按下按钮 SB,中间继电器 KA 得电吸合,其常闭触点断开, KM₁、KM₃ 失电释放,电动机停转。再松开

SB时,KA失电释放,电路恢复到初始状态。

39. 单按钮和行程开关控制正反转线路

如图 1-51 所示。

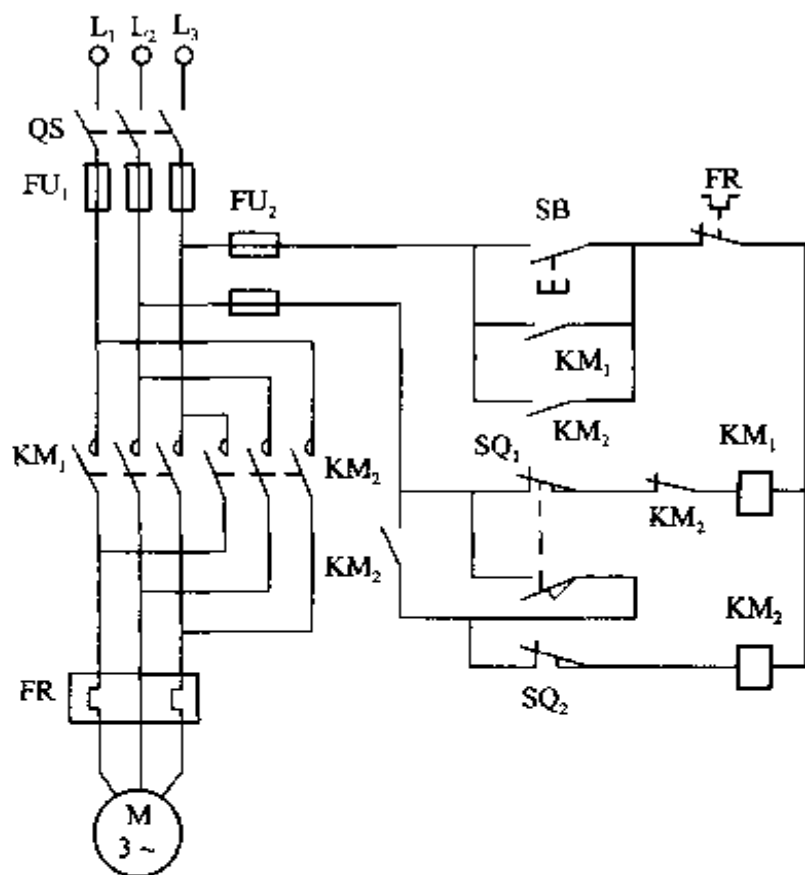


图 1-51 单按钮和行程开关控制正反转动线路

工作原理:合上电源开关 QS,按下按钮 SB,接触器 KM_1 得电吸合并自锁,电动机起动正转,并带动设备(如小车)向前运行,当达到设定位置,推动行程开关 SQ_1 ,接触器 KM_1 失电释放,电动机停转。再次按下按钮 SB 时,接触器 KM_2 得电吸合,其常开辅助触点闭合实现自锁,电动机起动反转,并带动设备向后运行,行程开关 SQ_1 复位。当达到设定位置时,推动行程开关 SQ_2 , KM_2 失电释放,电动机停转,电路恢复到初始状态。如此反复。

40. 单按钮控制正反转的线路

如图 1-52 所示。

工作原理:合上电源开关 QS,按下按钮 SB,中间继电器 KA_1

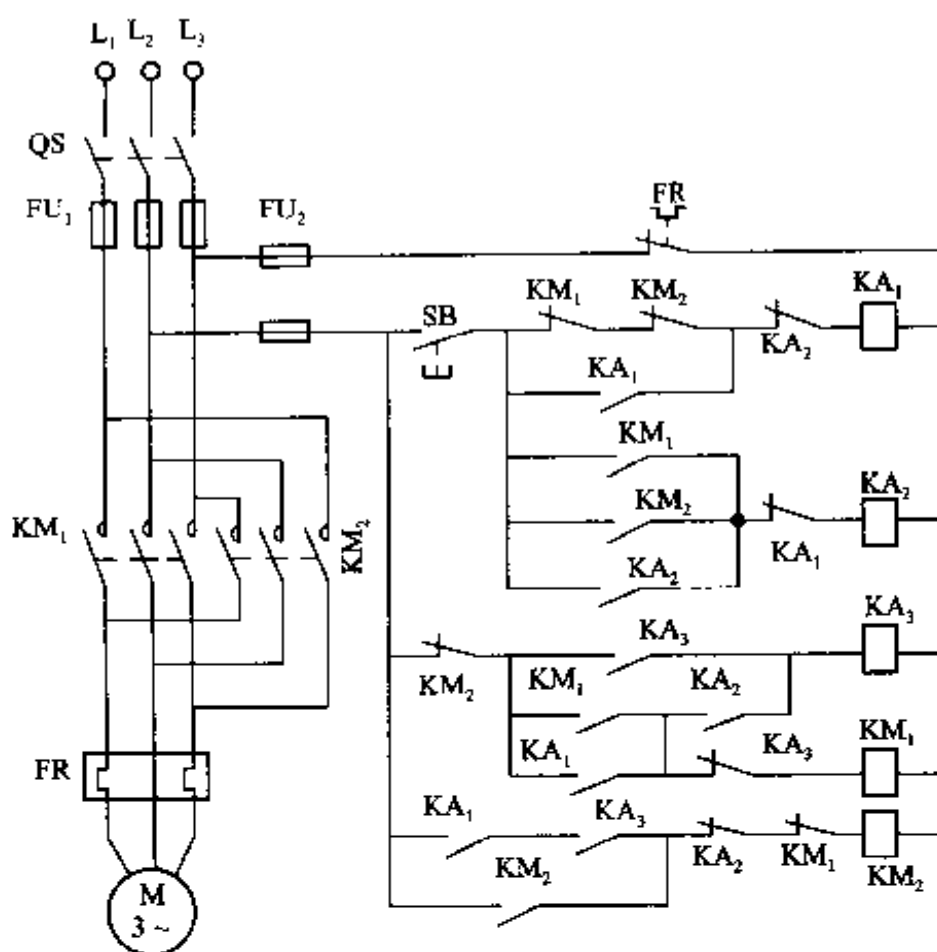


图 1-52 单按钮控制正反转线路

得电吸合,其常开触点闭合,接触器 KM_1 得电吸合并自锁,电动机起动正转。 KM_1 的常开辅助触点闭合,在 KM_1 吸合后松开按钮 SB ,中间继电器 KA_1 失电释放。

欲使电动机停转,第二次按下按钮 SB ,则 KA_2 得电吸合,其常开触点闭合,中间继电器 KA_3 得电吸合,其常闭触点断开, KM_1 失电释放,电动机停转。

由于 KA_3 已自锁,因此松开按钮 SB 后, KA_3 仍得电吸合,但 KA_2 失电释放。

欲使电动机反转运行,第三次按下按钮 SB , KA_1 得电吸合,其常开触点闭合,并与已闭合的 KA_3 常开触点一起接通接触器 KM_2 线圈。 KM_2 吸合并自锁,电动机起动反转。同时 KM_2 常闭辅助触点断开, KA_3 失电释放。松开按钮 SB , KA_1 失电释放。

欲使电动机停转,第四次按下按钮 SB,则 KA_2 得电吸合,其常闭触点断开,使 KM_2 失电释放,电动机停转。松开 SB 后, KA_2 失电释放。

第五次按动按钮 SB,重复上述过程。

41. 一根导线控制起停的线路

当远地控制电动机起动、停止时,为了节省导线,或者当控制电缆线芯不够用时,可以采用单根导线控制的电动机起停线路。如图 1-53 所示。

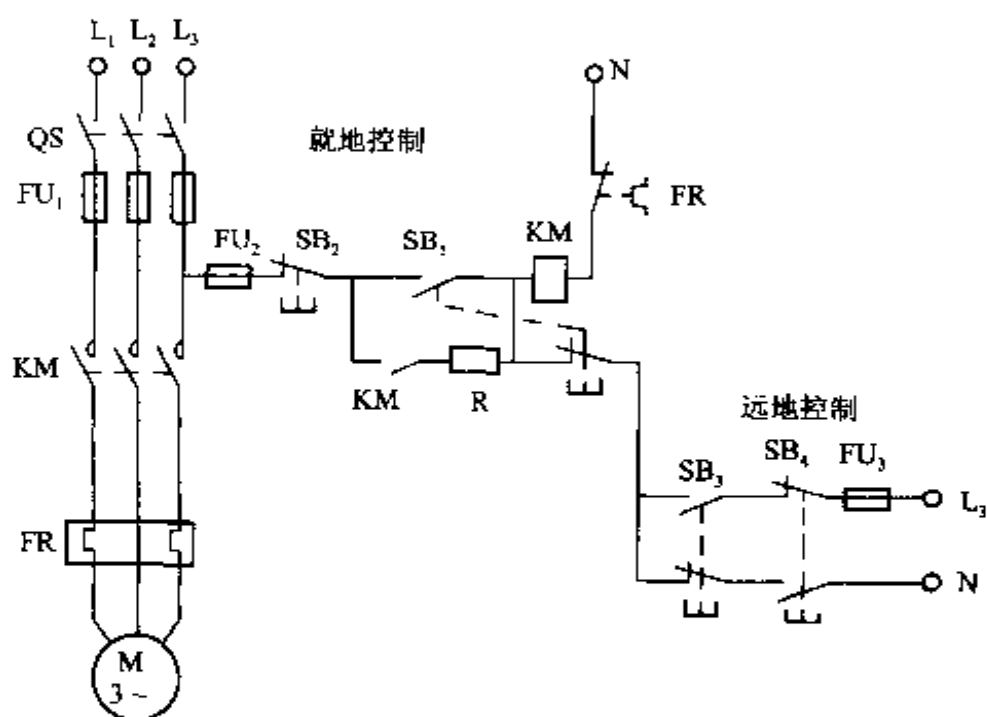


图 1-53 一根导线控制起停的线路

图中, SB_1 和 SB_2 、 SB_3 和 SB_4 分别为就地控制和远地控制电动机起动、停止的按钮。

工作原理:

就地控制。合上电源开关 QS,按下起动按钮 SB_1 ,接触器 KM 得电吸合并自锁,电动机起动运转。按下停止按钮 SB_2 ,电动机停转。

远地控制。合上电源开关 QS,按下起动按钮 SB_3 ,接触器 KM 得电吸合并自锁,电动机起动运转。按下停止按钮 SB_4 ,电动机停转。

在 KM 自锁触点回路中串接一电阻 R 的作用是为了能在远地实现安全停机。当按下停止按钮 SB₁ 时,有一电流从 W 相经电阻 R、远控导线至 N 端(零线),从而在 R 上产生电压降,就不会造成 W 相只经过远控导线而短路。

电阻 R 的阻值要选择合适,阻值过大,起动时接触器会产生回跳;阻值过小,在远地停车时,流过 R 的电流太大,并使其功率和体积都要选大。一般可由试验决定,以使接触器能可靠吸合,在远地停车时,流过 R 的电流又不太大为宜。

起动按钮 SB₂ 采用双连接按钮的目的是为了防止在按动 SB₁ 的同时万一出现远地正在按动停止按钮 SB₁ 而造成 W 相短路事故。SB₃ 采用双连接按钮的目的是为了防止按动 SB₃ 时,发生远地 W 相电源与零线短路事故。

在接线时必须注意,该控制线路就地控制线接哪一相(如 U 相),远地控制线的停止按钮 SB₁ 的常闭触点也要接那一相(如 U 相)。

42. 一根导线控制两台电动机轮流正反转的线路

用一根控制线,通过转换开关能实现两台电动机轮流地正、反向运转。如图 1-54 所示。图中转换开关 SA₁ 和 SA₂ 分别控制电动机 M₁ 和 M₂。它们的 2、3 两对触点分别控制正转接触器 KM₁ 和反转接触器 KM₂。

工作原理:合上电源开关 QS,将转换开关 SA₁、SA₂ 置于左侧时,接触器 KM₁ 得电吸合,电动机正转;置于右侧时,KM₂ 得电吸合,电动机反转。

当 SA₁ 置于左侧(此时 SA₂ 处“0”位),KM₁ 得电吸合,中间继电器 KA₁、KA₃ 得电吸合,它们的常开触点闭合,电源经 KA₂ 常闭触点和 KA₁ 常开触点向控制线送 W 相电源。此时 KM₄ 线圈的另一端也接在 W 相上,故不能吸合;而 KM₃ 线圈的另一端接在 U 相上,故 KM₃ 得电吸合,起动电动机 M₁。操作 SA₁,可改变 M₁ 的正反转。

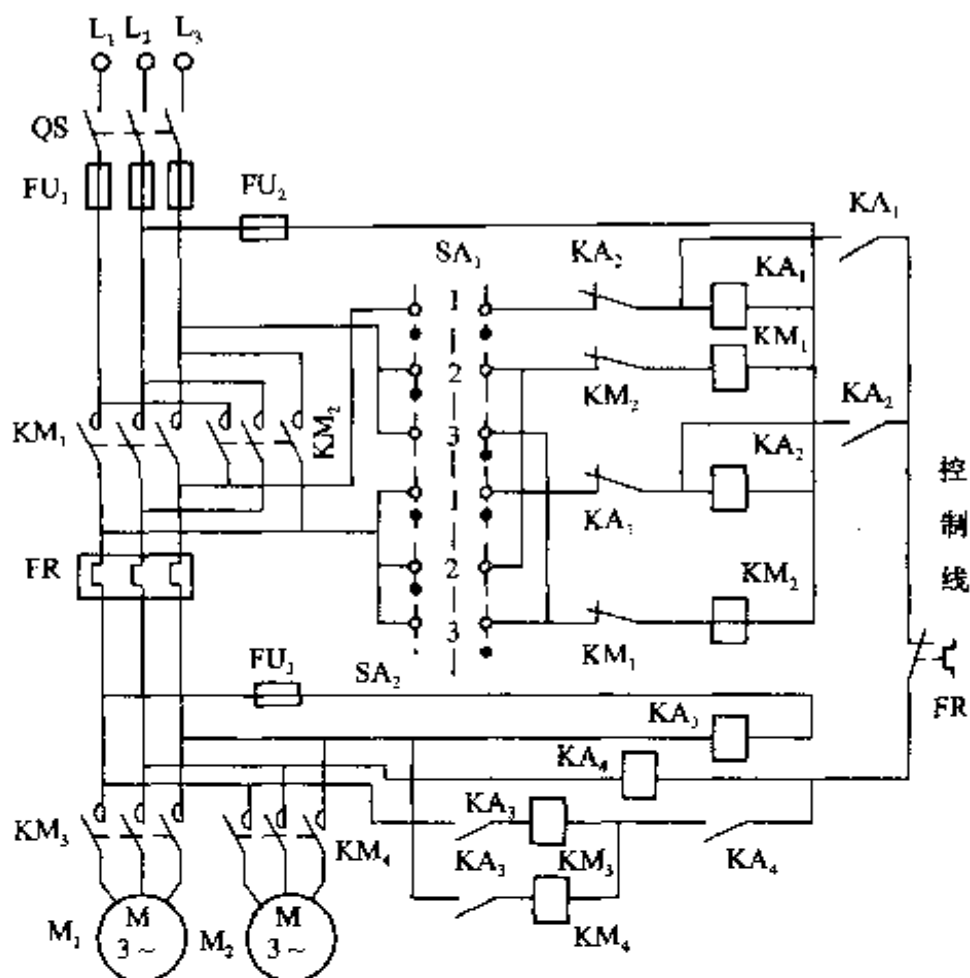


图 1-54 一根导线控制两台电动机轮流正反转的线路

同理,当转换开关 SA_2 置于左侧(此时 SA_1 处于“0”位), KM_3 不吸合,而 KM_4 得电吸合,起动电动机 M_2 。操作 SA_2 可实现 M_2 的正反转。

图中 KA_1 、 KA_2 是为了防止当 SA_1 、 SA_2 同时置于闭合位置(左侧或右侧)而引起相间短路。

43. 多地控制电动机起停的线路(一、二)

(1)多地控制电动机单向起停的线路。如图 1-55 所示。各控制点之间的连线只需两条。

图中, SB_1 为起动按钮,按动各地的这几个按钮,接触器 KM 得电吸合并自锁,电动机起动运转; SB_2 为点动按钮,它们采用双连式,从而避开 KM 的自锁触点; SB_3 为停止按钮。

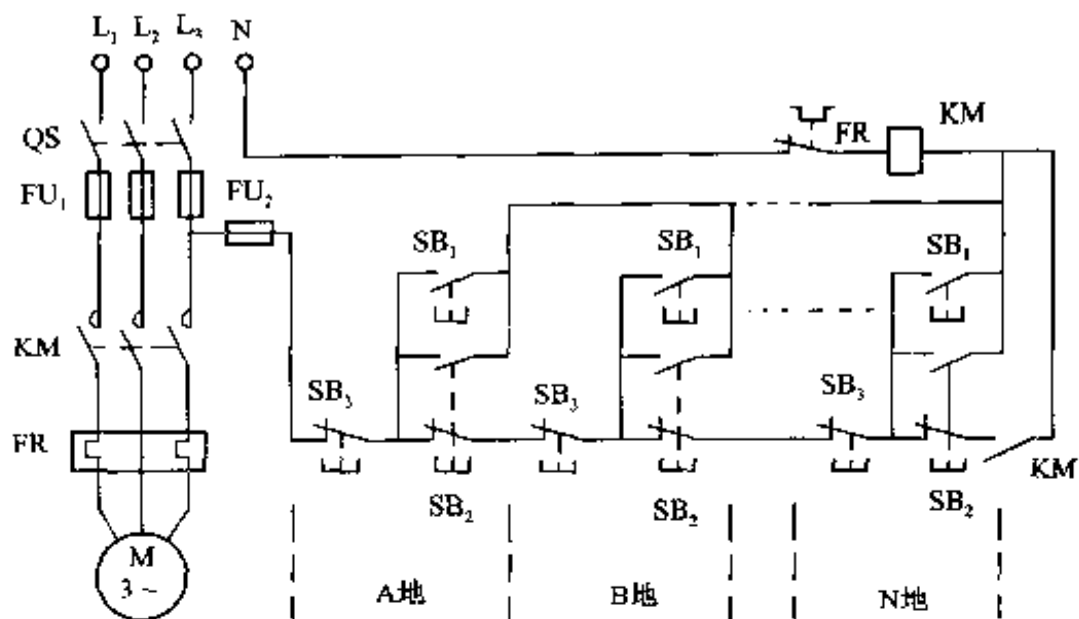


图 1-55 多地控制电动机单向起停的线路

(2) 多地均可控制电动机正反向起停的线路。如图 1-56 所示。各控制点之间的连线需要三条。

图中, SB_1 为正向起停按钮; SB_2 为正向点动按钮; SB_3 为反向起停按钮; SB_4 为反向点动按钮; SB_5 为停止按钮。正、反转接触器

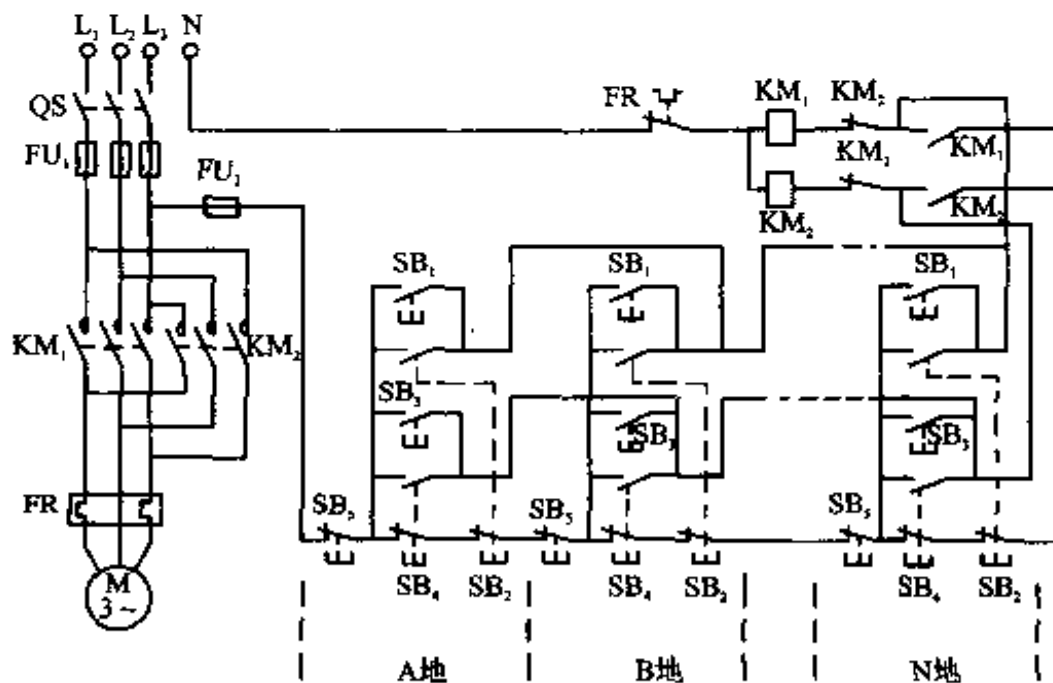


图 1-56 多地控制电动机正反向起停的线路

KM_1 和 KM_2 ，通过各自的常开辅助触点和常闭辅助触点实现自锁和连锁。

44. 一台起动机控制工作电动机和备用电动机起动的线路

在多台电动机集中的场所，若仍用一台起动机控制一台电动机起动运行，不但造成资金、设备的浪费，还会挤占场地，增加不安全因素。为此可采用一台公用起动机来控制多台电动机的起动运行。

用一台起动机控制工作电动机和备用电动机起动的线路如图 1-57 所示。它在自耦降压起动器的输出端加装一只转换开关 SA 和两只接触器 KM_4 、 KM_5 。图中 KM_1 、 KM_2 、 KM_3 、KT、KA 均为原自耦降压起动器中的元件（可对照图 1-29）。

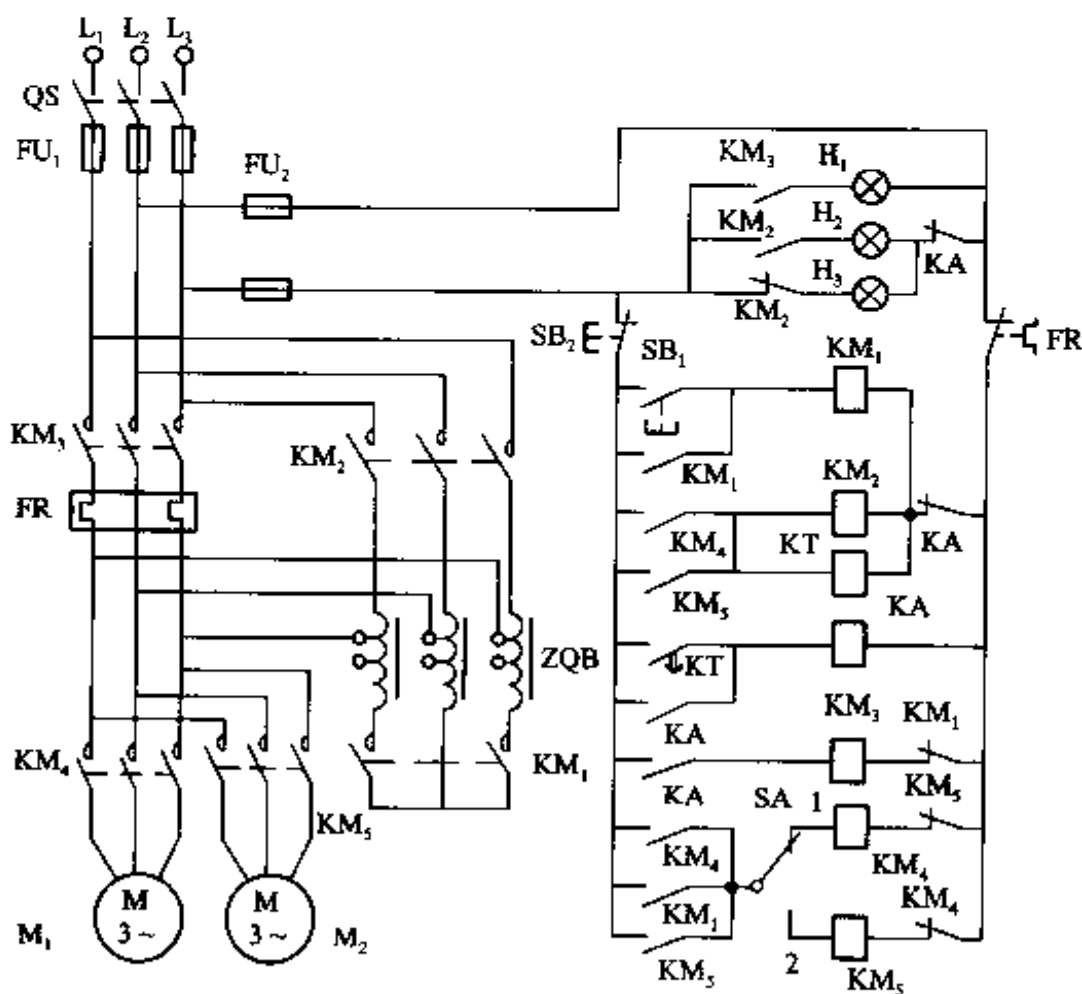


图 1-57 一台起动机控制工作电动机和备用电动机起动的线路

若要起动工作电动机 M_1 ，可将转换开关 SA 置于“1”位置；若要起动备用电动机 M_2 ，可将 SA 置于“2”位置。

45. 一台起动器起动两台电动机的线路(一、二)

(1) 线路之一。对于需要同时工作、但不要求同时起动的两台电动机，可采用如图 1-58 所示的线路。对照 XJ01 系列自耦降压起动器(见图 1-31)可知， KM_1 、 KM_2 、 KM_3 、 KT 及 KA_1 属原来自耦降压起动器中的元件，而接触器 KM_4 、 KM_5 、 KM_6 ，以及中间继电器 KA_2 、转换开关 SA 为增加的元件。

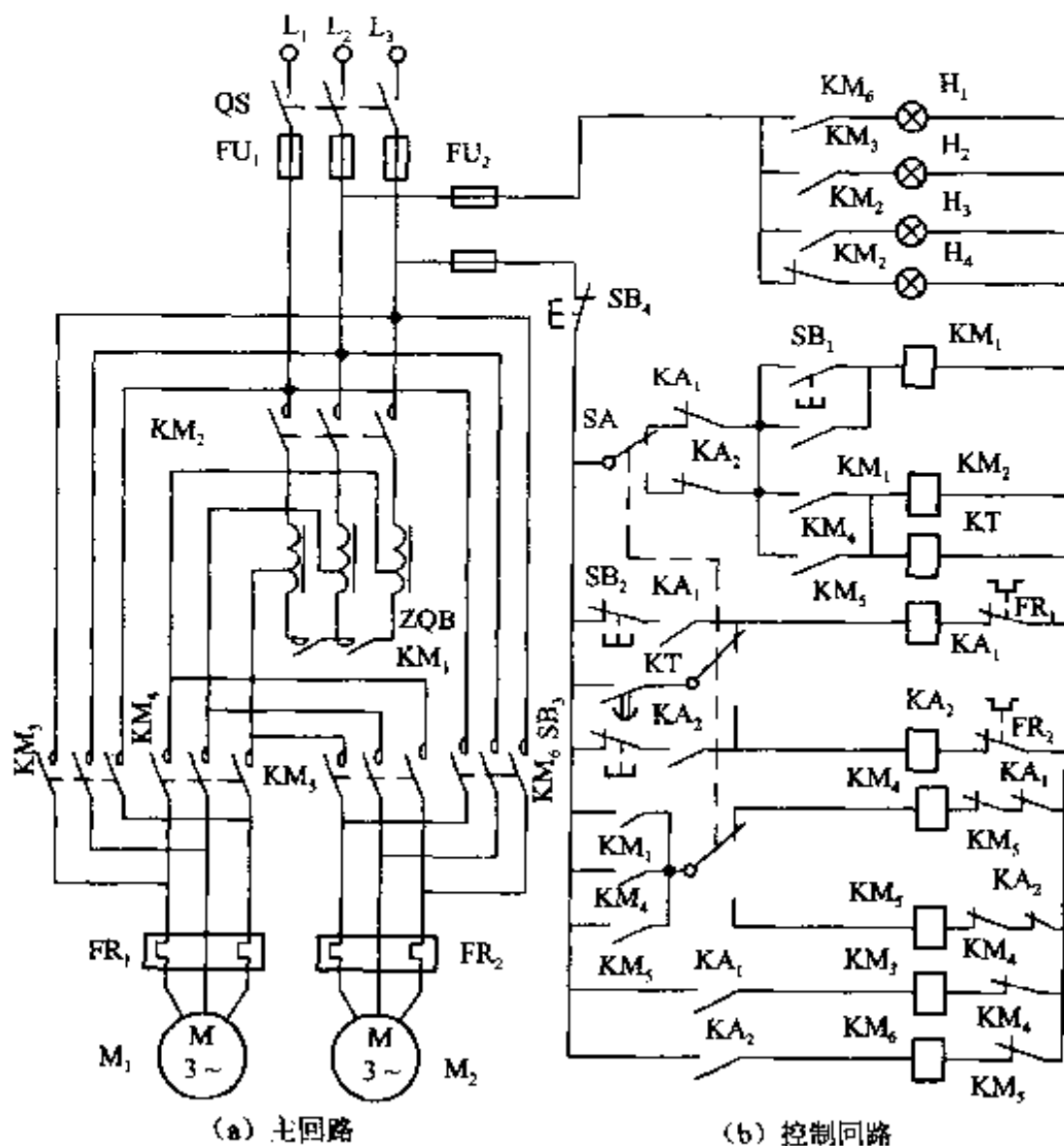


图 1-58 一台起动器起动两台电动机的线路(之一)

工作原理:若要起动电动机 M_1 ,则可将三极转换开关 SA 打到图中的上方位置。按下起动按钮 SB_1 ,接触器 KM_1 得电吸合并自锁,其常开辅助触点闭合,接触器 KM_3 得电吸合, KM_1 的常开辅助触点闭合,接触器 KM_2 得电吸合,电动机经自耦变压器降压起动运转。

在 KM_1 常开辅助触点闭合的同时,时间继电器 KT 线圈通电,经过一段延时后,其延时闭合常开触点闭合,中间继电器 KA_1 得电吸合并自锁,其常闭触点断开, KM_1 、 KM_3 、 KM_2 均失电释放,与此同时,由于 KA_1 常开触点闭合,接触器 KM_4 得电吸合,电动机进入全压正常运行。

若要起动电动机 M_2 ,可将转换开关 SA 打到图中的下方位置。此时 KM_3 、 KM_1 不工作,而 KM_5 、 KM_6 工作。

(2)线路之二。如图 1-59 所示。该线路是在原自耦降压起动器的基础上再增加四只接触器并变更部分线路而成的。

图中, KM_1 、 KM_2 、 KM_3 、 KA 、 KT 为原自耦降压起动器中的元件。其中 KM_3 为原起动器中负责全压运行的接触器。在此图中 KM_3 仅利用其辅助触点,为了节电,也可改用中间继电器。

此图中负责电动机 M_1 和 M_2 全压运行的接触器是 KM_4 和 KM_7 。接触器 KM_1 、 KM_2 和 KM_3 控制电动机 M_1 起动用; KM_5 、 KM_6 和 KM_7 控制电动机 M_2 起动用。为了保证在任何情况下只允许一台电动机处于起动状态,在控制线路中采用连锁措施。

工作原理:若要起动电动机 M_1 ,可按下该电动机的起动按钮 SB_1 ,则接触器 KM_1 和 KM_2 得电吸合并自锁,电动机经自耦变压器降压起动运转。同时时间继电器 KT 线圈通电,经过一段延时后,其延时闭合常开触点闭合,中间继电器 KA 和接触器 KM_3 先后得电吸合, KM_3 常开辅助触点闭合,接触器 KM_4 得电吸合,其常闭辅助触点断开, KM_1 、 KM_2 失电释放,断开自耦变压器,电动机在全压下正常运行。

若要起动电动机 M_2 ,可按下起动按钮 SB_2 ,工作原理与上述

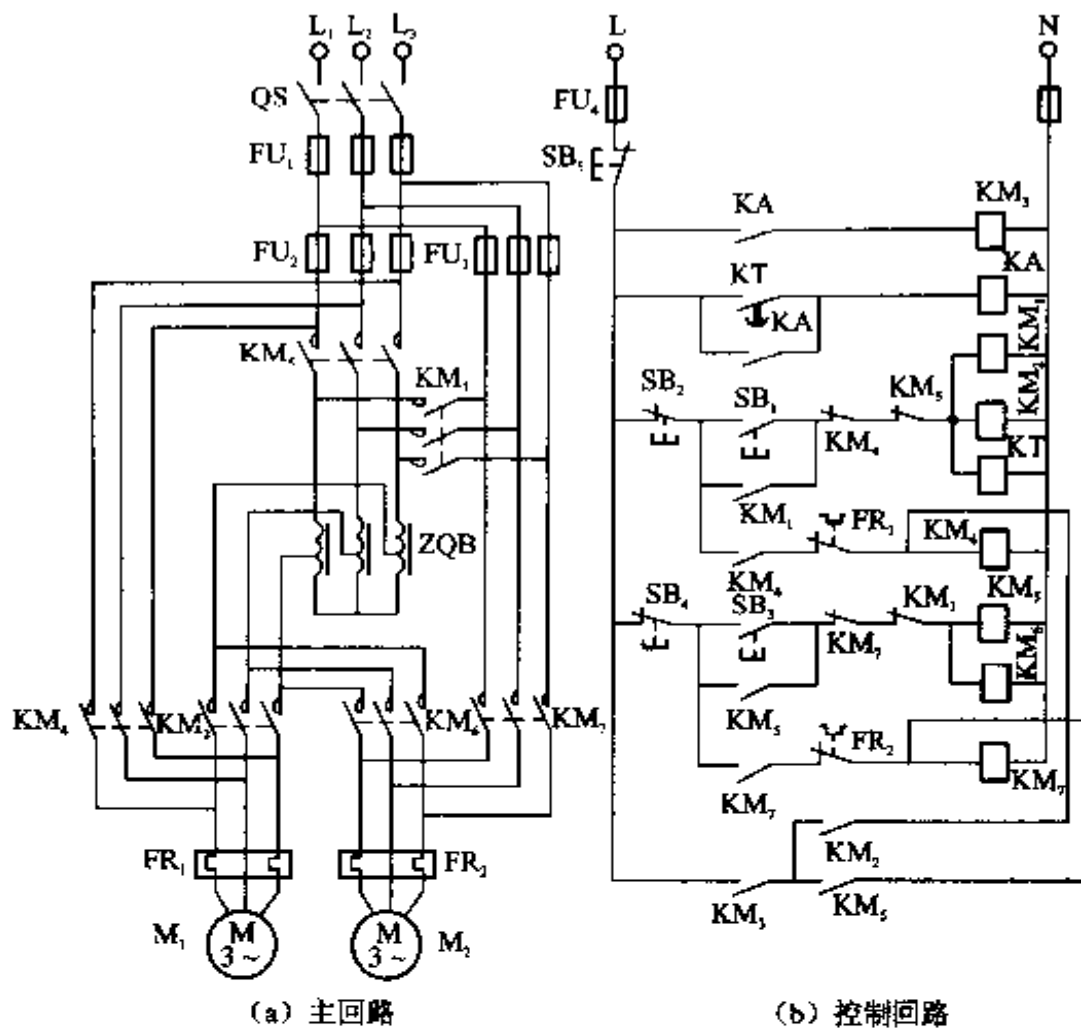


图 1-59 一台起动机启动两台电动机的线路(之二)

相同。

SB₂、SB₄ 分别为电动机 M₁ 和 M₂ 的停止按钮。

46. 一台起动机启动三台电动机的线路

如图 1-60 所示。此图是图 1-59 线路的扩展，其线路结构及工作原理与图 1-59 相同。

47. 一台起动机启动多台电动机的线路

图 1-61 为一台自耦降压起动机控制四台电动机启动的线路(如果更多台,则可依次类推)。为了简洁起见,主回路的三相电路用一根线来表示,接触器的三副主触点也用一副表示。该线路也是利用继电器的连锁工作原理来实现多台电动机分别启动控制的。

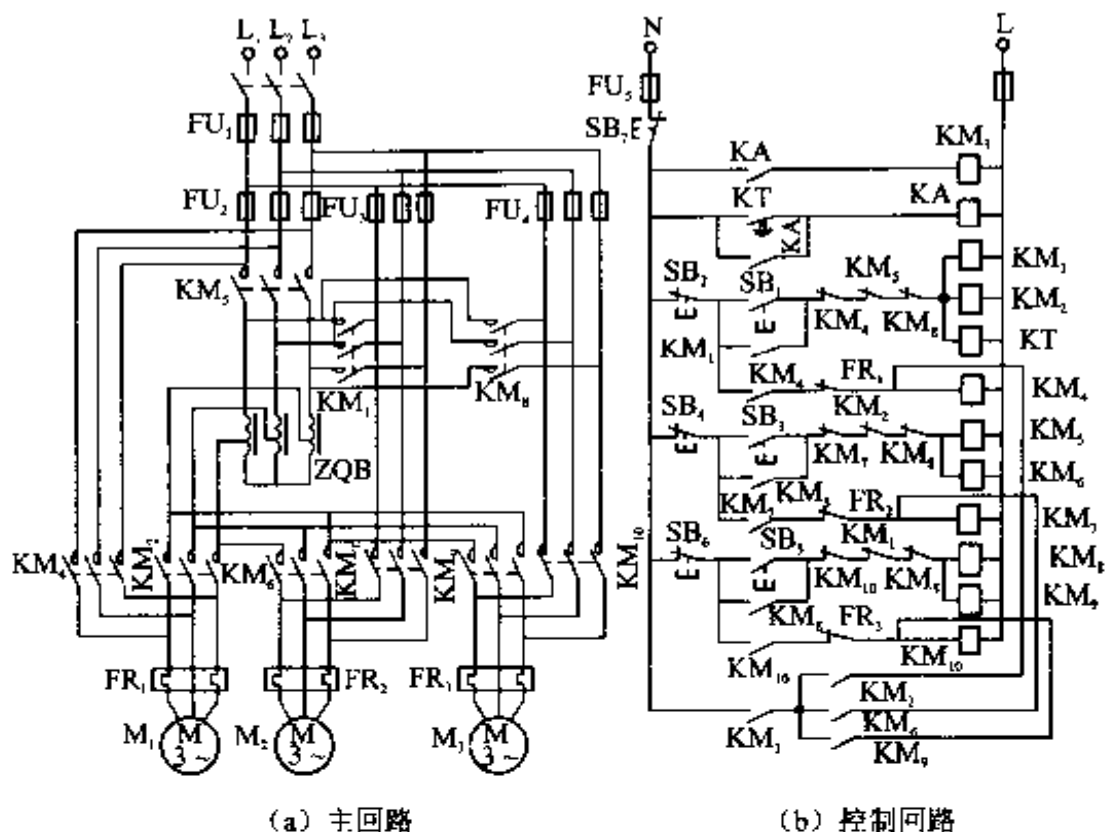


图 1-60 一台起动器起动三台电动机的线路

工作原理:若要起动电动机 M_1 ,可按下该电动机的起动按钮 SB_1 ,接触器 KM_1 得电吸合并自锁。其常开辅助触点闭合,接触器 KM_6 得电吸合,电动机经自耦变压器降压起动。同时,时间继电器 KT_1 线圈通电,经过一段延时后,其延时闭合常开触点闭合,中间继电器 KA_1 得电吸合,其常开触点闭合,接触器 KM_2 得电吸合,电动机进入全压正常运行。与此同时 KA_1 、 KM_2 常闭触头断开, KM_1 失电释放,其常开辅助触点断开,接触器 KM_6 失电释放,切除自耦变压器。

控制回路中, KM_1 与 KM_3 、 KM_5 与 KM_7 之间利用各自的常闭辅助触头互相连锁,以避免两台电动机同时起动。 KM_1 与 KM_3 、 KM_5 与 KM_7 两组之间的连锁控制是利用中间继电器 KA_5 、 KA_6 的常闭触点分别来完成的。

多台电动机起动用自耦降压起动器的容量,应大于电动机群

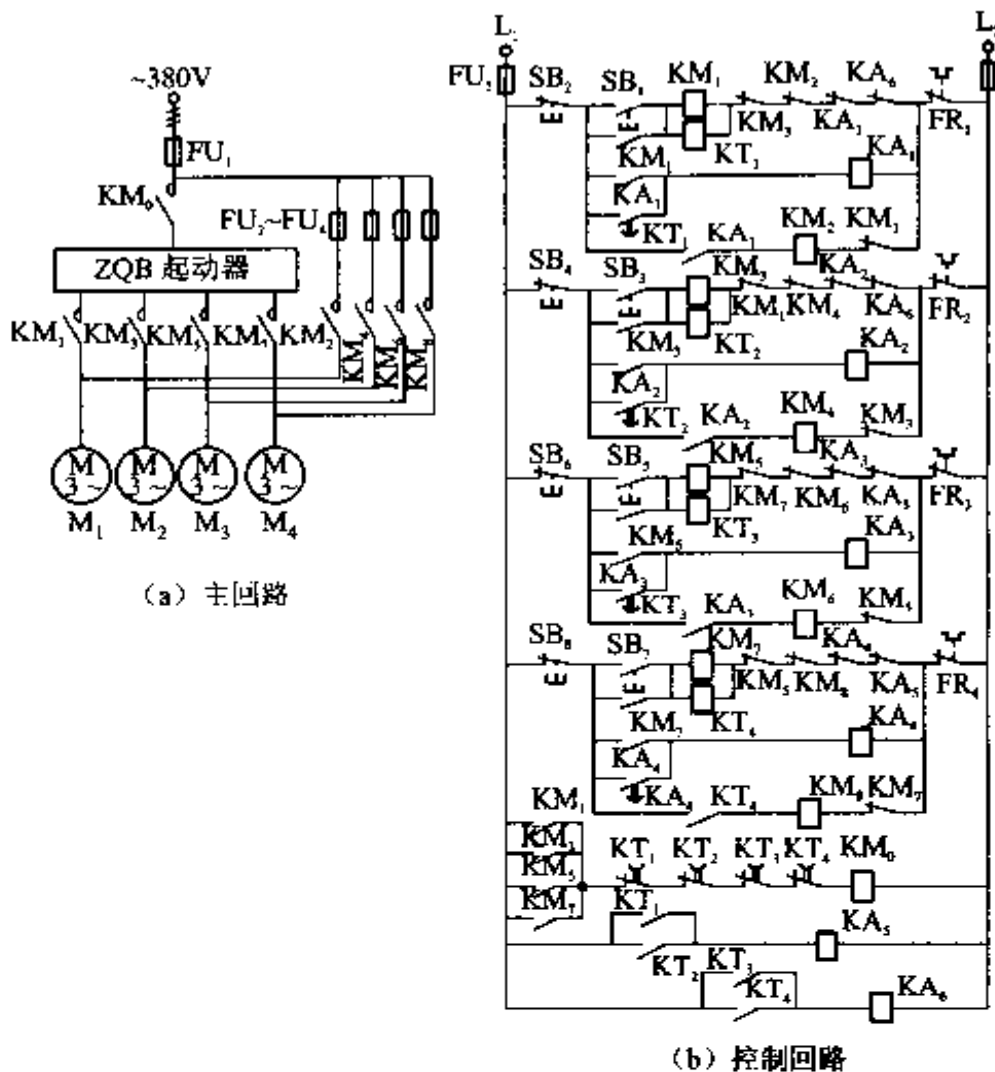


图 1-61 一台起动器起动多台电动机的线路

中最大一台电动机的功率。

48. 排灌站电动机远方有线集中控制线路

下面介绍两种在控制室里同时控制远方的几台排灌电动机的启动和停止的线路。每个排灌站都有一根信号线和控制室相连。

(1) 直接起动的有线集中控制线路。如图 1-62 所示。

工作原理：在控制室启动电动机时，按下启动按钮 SB_1 ，则 V 相电源经 SB_1 触点、电阻 R_1 、信号线、接触器 KM 常闭辅助触点、中间继电器 KA_1 至零线 N 构成回路， KA_1 得电吸合，荧光灯启辉器 Ne （做时间继电器用）在 V、W 两相电源的作用下得到约 220V 电压，启辉器放电，内部触点接通。于是 W 相电源经接触器 KM

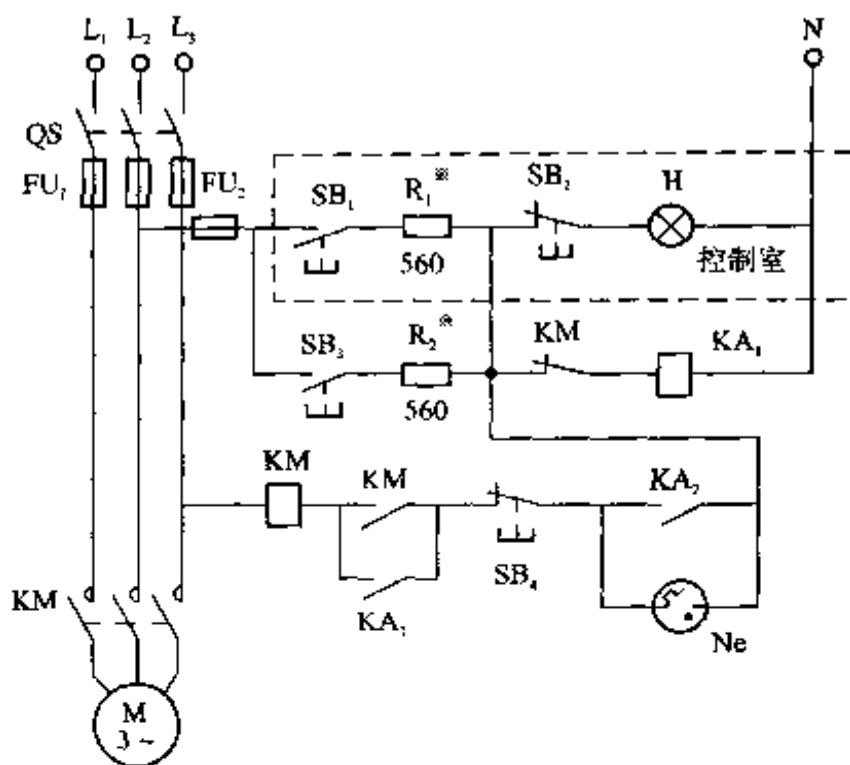


图 1-62 直接起动电动机的有线集中控制线路

和 KA_1 的常开辅助触点(此时已闭合)、按钮 SB_1 、启辉器 Ne 、信号线、按钮 SB_2 、信号灯 H 至零线构成回路, KM 得电吸合, 电动机起动运转。同时, KM 常闭辅助触点断开, KA_1 失电释放。这时电动机自动保护装置(图中未画出)开始工作, 其中的灵敏继电器 KA_2 吸合, 使启辉器 Ne 延时断开。

在泵房起动时, 只要按下泵房内起动按钮 SB_3 即可, 动作过程与上述基本相同。

欲使电动机停转, 只要按下控制室内或泵房内的停止按钮 SB_2 或 SB_4 即可。

当电动机出现断相、过载、水泵不出水等故障时, 电动机自动保护装置中的灵敏继电器 KA_2 动作, 其常开触点断开, 接触器 KM 失电释放, 电动机停转, 信号灯 H 熄灭。

(2) Y- Δ 降压起动的有线集中控制线路。如图 1-63 所示。

工作原理: 合上电源开关 QS , 按下控制室内的按钮 SB_1 或泵房内的按钮 SB_2 , 时间继电器 KT 线圈通电, 接触器 KM_2 得电吸

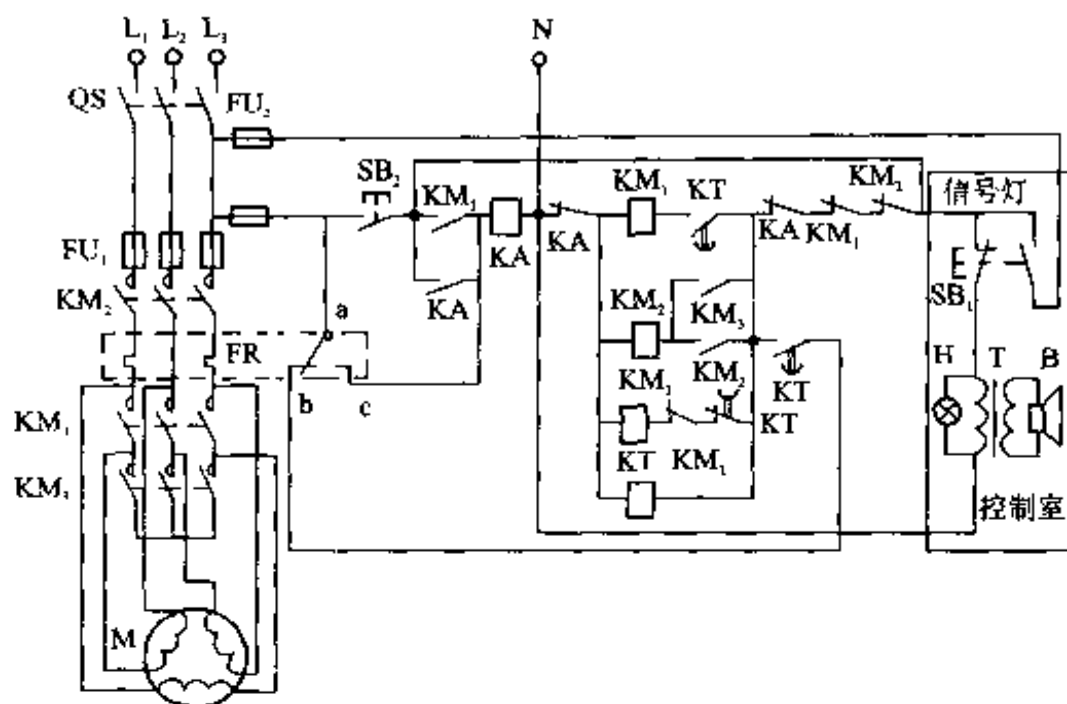


图 1-63 Y- Δ 降压起动的有线集中控制线路

合,其常开辅助触点闭合,接触器 KM_2 得电吸合,电动机接成 Y 形降压启动。经过一段延时后,KT 的延时闭合和延时释放触点动作, KM_3 失电释放,同时接触器 KM_1 得电吸合,电动机接成 Δ 形进入全压正常运行。

若要停机,只要按一下控制室内的按钮 SB_1 或泵房内的按钮 SB_2 。中间继电器 KA 得电吸合,其常闭触点断开,切断控制电源,电动机停止运行。

当电动机出现断相、过载、水泵不出水等故障时,热继电器 FR 动作,使 a、b 断开,a、c 接通,中间继电器 KA 得电吸合,电动机停转。同时 A 相电源经 a、c 触点、KA 常开触点(现已闭合)、按钮 SB_1 和指示灯 H 至零线 N 构成回路,指示灯 H 亮,喇叭 B 发出报警信号。

49. 电压偏低场合使电动机顺利起动的线路(一~三)

(1)线路之一。在电动机远离供电电源而使供电电压偏低场合启动电动机时,因启动电流很大,线路压降大,接触器得不到足够的电压而吸力不足,造成触点频繁跳动、跳火,电动机启动困难。

为此可采用如图 1-64 所示的线路,能使电动机顺利起动。由图可见,该线路在主回路中串入一只电流互感器 TA,将互感器次级串入控制回路。

工作原理:合上电源开关 QS,按下起动按钮 SB₁,接触器 KM 得电,起动电流经电流互感器 TA,在次级感应出电压,此电压与加在 KM 线圈上的 U_{UV} 电压叠加,使 KM 线圈上的电压增大,从而使 KM 正常吸合,电动机得以顺利起动。当电动机起动后进入正常运行时,主回路中的电流大大地小于电动机的起动电流,电源电压也减小,从而使电流互感器次级感应出的电压也随之减小,使加在 KM 线圈上的电压得以保证,KM 不会释放。

电流互感器 TA 可用 40W 荧光灯镇流器铁芯改制。初级用直径 0.2mm 漆包线绕 220 匝,次级绕 3~8 匝(视电动机容量而定,容量大取小值),次级线径由电动机负载电流决定。

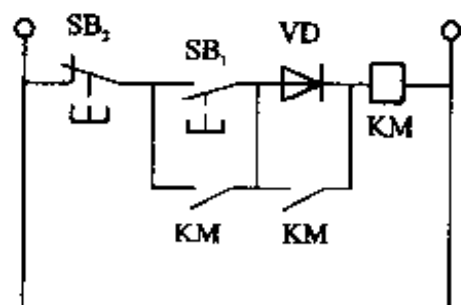


图 1-65 电压偏低场合
起动线路(之二)

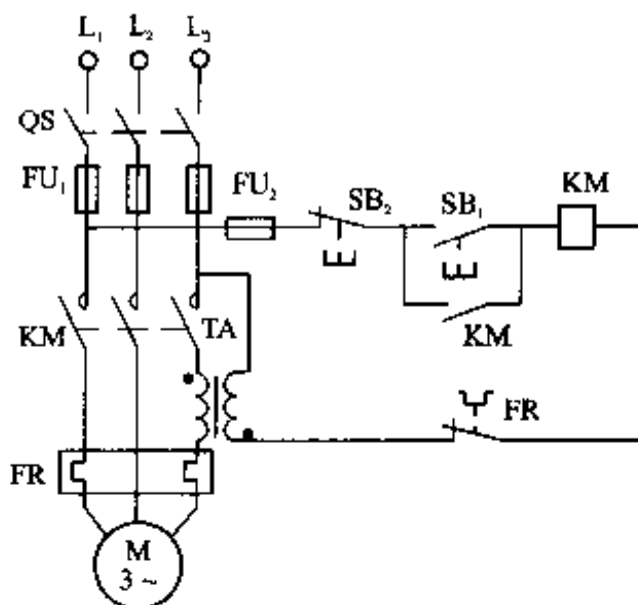


图 1-64 电压偏低场合
起动线路(之一)

(2)线路之二。如图1-65所示。该线路在交流接触器控制回路中串联一只二极管 VD,将交流起动改为直流起动交流运行。这是因为交流接触器线圈的直流电阻较小,故改为直流起动后,起动电流较大,能在较低的电压下可靠吸合。虽然起

动电流较大,但由于起动时间很短,不会烧毁线圈。

工作原理:按下起动按钮 SB_1 ,交流电源经二极管 VD 半波整流,将直流电压加在交流接触器 KM 线圈上,KM 吸合。其常开辅助触点将二极管 VD 短接,交流接触器投入运行。一般情况下交流接触器的释放电压为额定电压的 40%~65%,所以接触器吸合后不会因电源电压偏低而再跳开。

这种控制线路,对于额定电压为 380V 的小容量交流接触器,当线圈电压下降到 240V 左右时,也能可靠地吸合;对于额定电压为 220V 的交流接触器,当线圈电压下降到 150V 左右时,也同样能可靠地吸合。

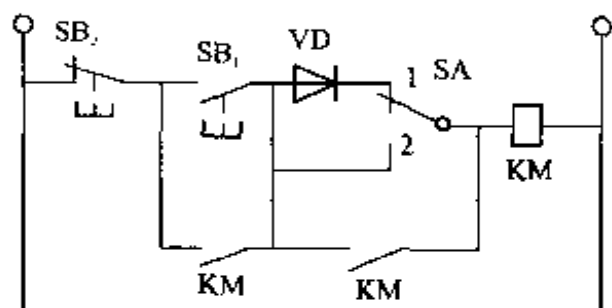


图 1-66 在电压偏低场合
起动线路(之三)

(3)线路之三。如图 1-66 所示。该线路与线路之二的工作原理基本相同,只是在线路中增加了一个转换开关 SA。其目的是:用户可根据电压波动大小选择运行方式。当电网电压偏低时,将 SA 置于“1”位置,这时的线路与线路之二相

同,即直流起动交流运行;当电网电压下降较小时,将 SA 置于“2”位置,恢复交流接触器原有线路,即交流起动交流运行。

50. 冷却风扇自起动线路

变压器等设备的冷却风扇,通常使用电接点式温度计进行自动控制。当温度达到某一上限值时,温度计上限接点闭合,带动中间继电器起动冷却风扇;当温度下降到某一下限值时,温度计下限接点闭合,中间继电器失电释放,冷却风扇停止运行。

由于温度在升降中,动作处于临界状态,温度计接点因不能迅速动作而常常发生火花,烧毛接点,使接点的接触电阻增大,以致自控失灵。为此可采用如图 1-67 所示的自动起动线路。该线路中,电接点温度计的接点不是直接起动中间继电器,而是经过开关三

极管再去起动中间继电器。

工作原理：当温度达到上限值（电力变压器为 85°C ）时，电接点温度计 KP 指针动接点 2 与上限接点 1 闭合，开关三极管 VT 导通，中间继电器 KA 得电吸合，其常闭触点闭合，接触器 KM 得电吸合，冷却风扇起动运行。KA 的另一副常开触点闭合，接通开关三极管的基极回路。这样，当被冷却设备（如变压器）开始降温，温度计上限接点断开，也不会使基极失去电流。只有当温度下降到下限值（变压器为 65°C ）时，温度计指针动接点 2 与下限接点 3 闭合，开关三极管 VT 失去基极电流而截止，继电器 KA 失电释放，KM 失电释放，冷却风扇停止运行。如此反复，达到自动控制的目的。

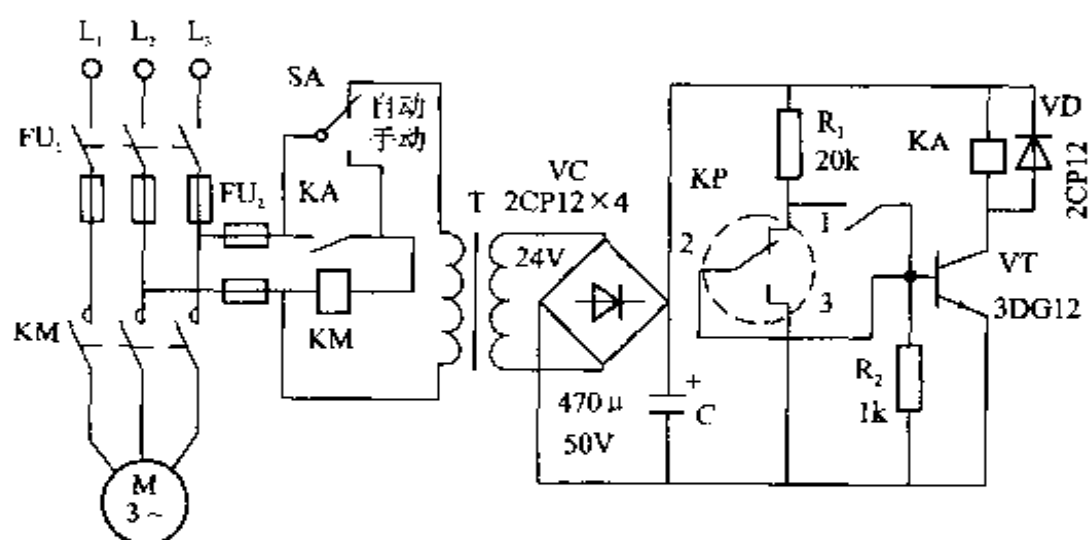


图 1-67 冷却风扇自起动线路

51. 单相电容起动异步电动机连续正反转线路

单相电容起动异步电动机有两个绕组：工作绕组和起动绕组。当绕组按图 1-68(a)连接时为正转；按图 1-68(b)连接时为反转。图中，C 为起动电容，S 为装在电动机转轴上的离心开关，当电动机低于正常转速的 75%~90% 时开关是闭合的，超过时开关断开。

由于单相异步电动机正常运行后（即 S 断开），转子只在工作绕组的作用下运转，转向与电源的相位无关。可见如果这时将接线改为图 1-68(b)的情况，电动机也不会反向运转。只有将电动机转

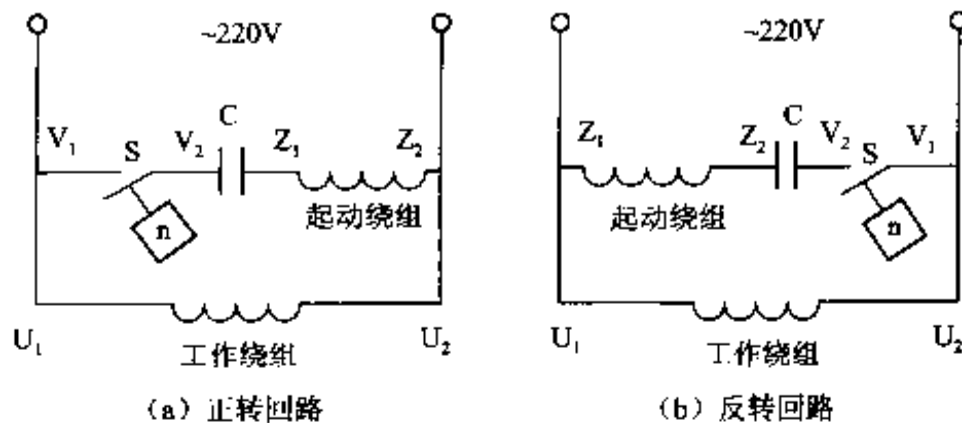


图 1-68 单相电容起动异步电动机连续正反转接线原理图

速降低至开关 S 闭合, 甚至停转, 重新接通起动绕组时, 再接成图 1-68(b) 的线路, 电动机才会反转。

据此, 画出单相电容起动异步电动机连续正反向起动(正向起动—停歇供电—反向起动)的控制线路如图 1-69 所示。图中, SQ_1 为正向到位行程开关, SQ_2 为反向到位行程开关。

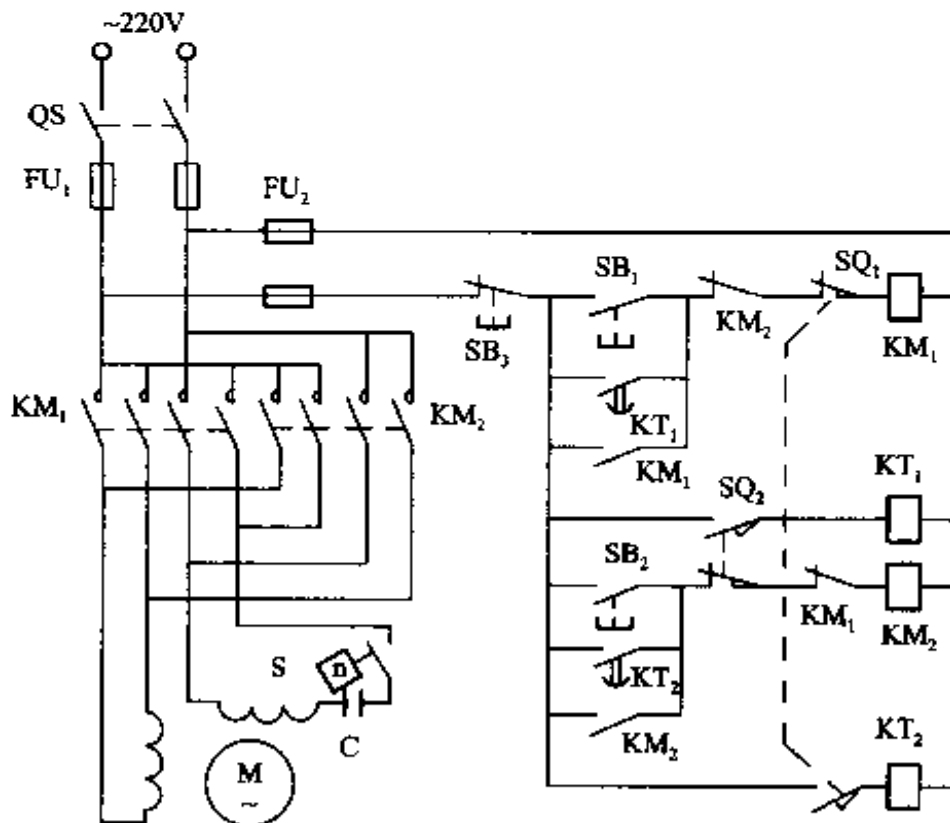


图 1-69 单相电容起动电动机连续正反向起动控制线路

工作原理:合上电源开关 QS,按下正转或反转起动按钮,如按下 SB₁,则接触器 KM₁ 得电吸合,电动机正向起动运转,并带动设备(如小车)运行,当运行到一端正向限位点时,机械挡铁碰到行程开关 SQ₁,SQ₁ 触点动作,KM₁ 失电释放;同时接通时间继电器 KT₂ 线圈,经过一段延时后(小电动机约 1s,大电动机长一些,可视实际情况调整),电动机转速降低甚至停转,离心开关 S 闭合,KT₂ 的延时闭合常开触点也闭合,接触器 KM₂ 得电吸合,电动机反向起动运转。如此周而复始,达到连续自动正反转运行的目的。

如果要求电动机正反向转换迅速准确,可以增加制动装置,在正反向切换过程中施加制动(制动线路请见第四章有关节)。

当然,对于单相电容运转电动机,即电动机正常运转时,起动绕组与工作绕组同时接入电源的单相电容异步电动机(即没有离心开关 S),正反转控制线路就比较简单,不需要设时间继电器来控制间歇供电。

52. 增大单相电容运转电动机起动转矩的线路

单相电容运转异步电动机的起动转矩通常都很小,仅为额定转矩的 20%~30%,所以只能空载或带很轻的负载起动。为了提高这类电动机的起动转矩,可采用如图 1-70 所示的线路。即在电动机回路中接入如图中虚框内的装置。

工作原理:合上电源开关 SA,电动机开始起动,由于起动电流远大于额定电流,因此在电阻 R 上产生较大的电压降,这一压降经二极管 VD₁~VD₄ 整流后,使灵敏继电

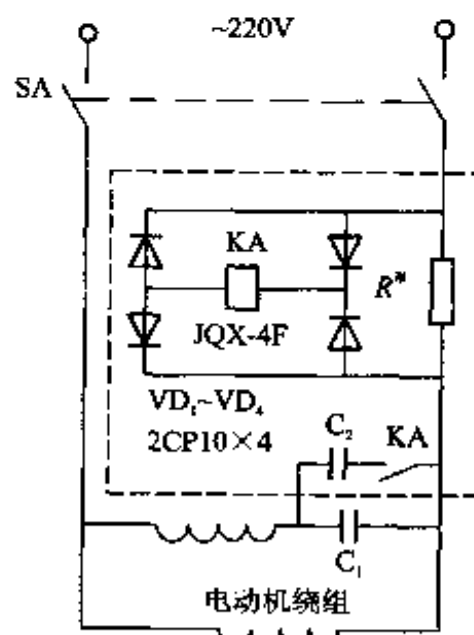


图 1-70 增大单相电容运转电动机起动转矩的线路

器 KA 吸合,其常开触点闭合,电容 C_2 接入电路。此电容接入,能使电动机起动转矩增大到额定转矩的 2~4 倍。电动机起动后,随着转速的升高,电流逐渐减小,电阻 R 上的压降也减小,直至继电器 KA 释放,电容 C_2 被切除。

电阻 R 阻值的选择,以起动时继电器 KA 能可靠吸合,起动结束,KA 能可靠释放为宜,可通过试验决定。当采用工作电压为 U_c (V) 的灵敏继电器时,R 可按下列式选取:

$$R \approx \frac{U_c}{2I_{dc}} \quad (\Omega)$$

式中 I_{dc} —— 电动机额定电流(A);

U_c —— 工作电压。

53. 使用软起动器的电动机起动线路

(1) 软起动器的特性。软起动器是一种集电动机软起动、软停车、轻载节能和多种保护功能于一体的新颖鼠笼式异步电动机起动控制装置。

软起动器不同于 Y- Δ 起动器、自耦减压起动器、电抗器减压起动器和延边三角形减压起动器等传统的起动器。软起动器实际上是一只调压器,其输出端只改变电源电压,并没有改变电源频率。这一点与变频器不同。

软起动器具有以下特性:

① 能使电动机起动电流以恒定的斜率平稳上升至设定值,对电网无冲击电流。

② 能确保电动机平稳起动,且不受电网电压波动的影响。

③ 起动电流上升速率可调,大大减轻电动机起动时转矩对负载的冲击。

④ 起动时间的长短可调,以适应不同负载的需要。

⑤ 软起动器具有过载保护功能,缺相保护功能和过热保护功能等。

软起动器与自耦减压起动器性能对比,见表 1-6。

表 16 软起动器与自耦减压起动器性能比较

起动方式	软起动器	自耦减压起动器
起动电压	$(0.3 \sim 1.0)U_n$	kU_n
起动电流	$(0.3 \sim 1.0)I_n$	$k^2 I_0$
起动转矩	$(0.3 \sim 1.0)M_n$	$k^2 M_0$
特性及优缺点	起动电流可从 30%~100% 额定电流任意设定;可限制起动力矩,保护机械设备安全;轻载可以节能;价较高	轻载起动冲击电流小,起动力矩较大,不允许频繁起动;无限流装置;价中等

注: k —减压系数; U_n —电动机额定电压; I_n —电动机额定电流; M_n —电动机额定转矩; I_0 —电动机全压起动电流; M_0 —电动机全压起动转矩。

(2)软起动器的应用范围。原则上,不需要调速的鼠笼式异步电动机均可应用软起动器。目前软起动器的应用范围是,鼠笼式异步电动机额定电压为交流 380V(或 660V)、功率从几 kW 到 850kW。

具体应用时,应根据拖动对象的要求和起动器的性能、价格等正确选择。

①对于需要平滑加减速、突跳、快速停车、低速制动等特殊功能的设备,必须采用软起动器。

②对于经常需要开、停的设备,如允许轻载起动,可以采用软起动器。

③对于短时重复工作的设备,即长期空载(轻载 $<40\%$)、短时重载运行的设备,或负载持续率 β 较低的设备,如起重機、皮带输送机、金属材料压延机、车床、冲床、刨床、剪床等,可以采用软起动器。

④对于功率在 90~250kW 且要求减压起动的电动机,可以采用软起动器代替自耦减压起动器等。因为两种起动设备的投资相差不多,且可节约大量的硅钢片和钢材。

⑤对于恒定负载、连续长期运行的电动机,不宜采用软起动器;对于变负载运行的电动机,只有当负载持续率 $\beta < 30\%$ 时,采用软起动器才能节电。

(3)软起动器的技术数据。

国产软起动器,有JKR型软起动和JQ、JQZ等型交流电动机固态节能起动器。JQ、JQZ型软起动器分别用于起动轻负载和重负载的电动机,电动机最大功率可达800kW。

进口软起动器,有瑞典ABB公司生产的PSA、PSD和PSDH型;美国GE公司生产的ASTAT系列;美国罗克韦尔公司生产的AB品牌的STC、SMC-2、SMCPLUS和SMC Dialog PLUS四个系列;法国施耐德电气公司生产的Altistart46型;德国西门子公司生产的3RW22型;英国欧丽公司生产的MS2型及英国CT公司生产的SX型和德国AEG公司生产的3DA、3DM型等。

瑞典ABB公司生产的三种软起动器,其技术数据见表1-7。

表 1-7 软起动器的技术数据

项 目	PSA	PSD	PSDH
适用场合	一般起动	一般起动	重载起动
额定绝缘电压 U_i (V)	660	660 ^②	660
电动机输出功率 P_e			
220~230V (kW)	4~8.5	22~250	7.5~200
380~415V (kW)	7.5~30	37~450	15~400
500V (kW)	11~37	45~560	18.5~500
690V (kW)	—	355~800	—
运行时最大额定电流 I_e			
220~500V (A)	18~60	75~840	30~720
690V (A)	—	100~840	—
环境温度			
运行时 ^① (°C)	0~50	0~50	0~50
保存时 (°C)	-40~+70	-40~+70	-40~+70
连续起动之间的最短时间间隔 (ms)	—	500	500
设定			
初始电压占额定电压 (%)	30	10~60	10~60
起动时电压上升时间 (s)	0.5~30	0.5~60	0.5~60
停止时电压下降时间 (s)	0.5~60	0.5~240	0.5~240
起动电流极限 (A)	2~5 I_e	2~5 I_e	2~5 I_e
电动机额定电流 I_e (A)	—	70~100 ^③	70~100
级落电压 (%)	—	100~30	100~30

续表 1-7

项 目		PSA	PSD	PSDH
信号继电器				
额定操作电压 U_c	(V)	250	250	250
额定热继电器电流 I_{th}	(A)	5	5	5
额定操作电流 I_c				
在 ACII ($U_c \sim 250V$)	(A)	1.5	1.5	1.5

①当温度高于 $40^\circ C$ 时, 额定电流值随温度增加而减少 ($0.8\%/^\circ C$);

②只适用于 $U_c = 690V, U_i = 690V$;

③只适用于 $U_c = 690V, 50\% \sim 100\%$ 。

(4) 软起动器的接线。不同的软起动器, 其接线也有所不同, 但接线都很简单。现以 GE 公司生产的 ASTAT 系列为例, 其基本接线如图 1-71 所示。

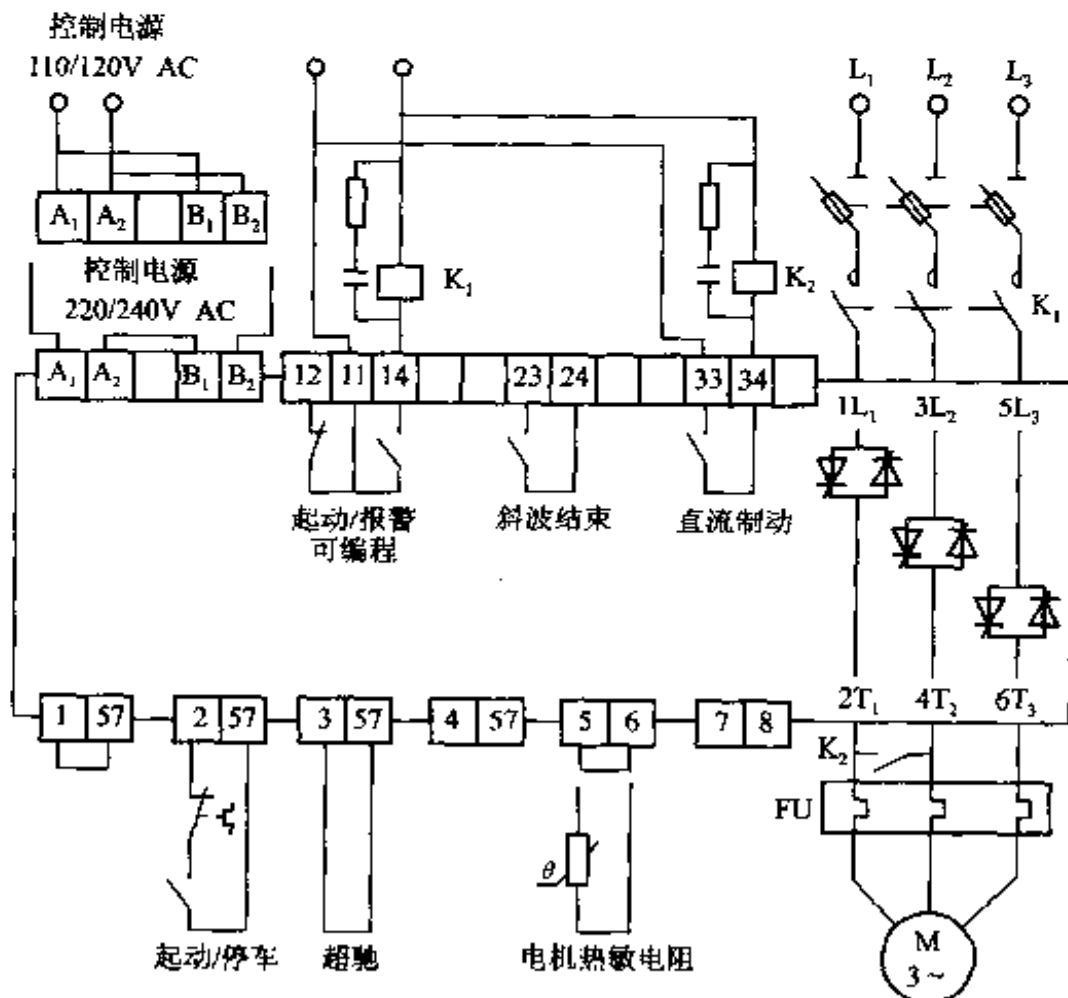


图 1-71 软起动器的基本接线

第二章 鼠笼式异步电动机控制线路

第一节 互投、循环、顺序控制线路

1. 转换开关控制的电动机自动互投线路

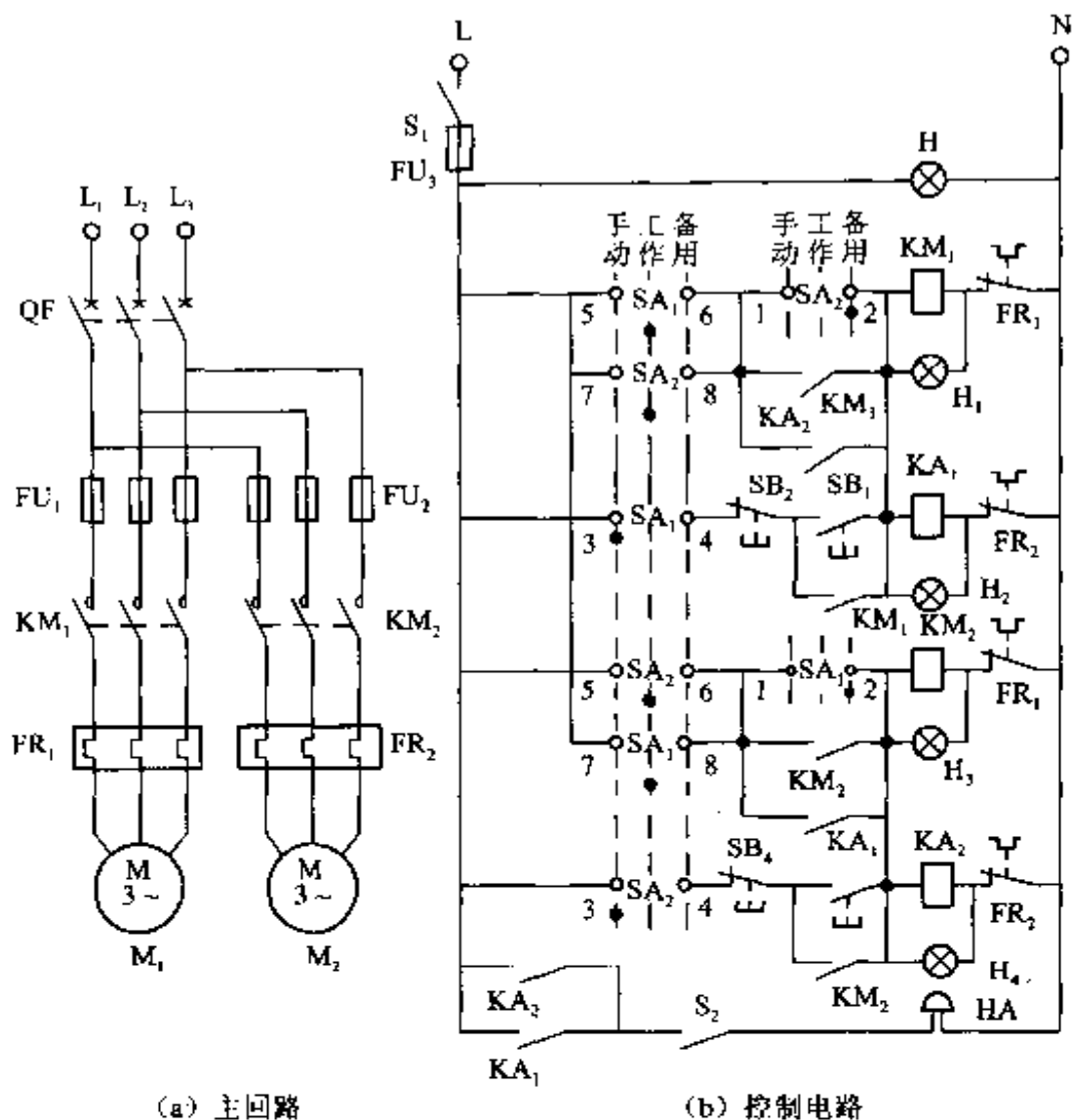
不用时间继电器和过多的继电器,而利用两只转换开关控制电动机自动互投线路,具有线路简单、装置故障率小的优点。如图 2-1 所示。

工作原理:设 1 号为工作电动机,2 号为备用电动机(反之也行)。合上低压断路器 QF。当转换开关 SA₁ 打在“工作”位置而 SA₂ 打在“备用”位置时,合上开关 S₁ 和 S₂,电源指示灯 H 亮。同时接触器 KM₁ 得电吸合并自锁,1 号电动机起动运行,指示灯 H₁ 亮,表示其运行。

若 1 号电动机发生过载故障,热继电器 FR₁ 动作,KM₁ 失电释放,1 号电动机停止工作。同时中间继电器 KA₁ 得电吸合,其常开触点闭合,接触器 KM₂ 得电吸合并自锁,2 号电动机起动运行,指示灯 H₃ 亮。在 KA₁ 吸合同时,指示灯 H₂ 亮,表示 1 号电动机有故障,KA₁ 常开触点闭合,电铃 HA 发出报警声。操作者得知后,可打开 S₂,停止音响,并将 SA₂ 转换至“工作”位置、SA₁ 转换至“备用”位置,继电器 KA₁ 复位,对 1 号电动机可查找故障原因。

故障消除后,将热继电器 FR₁ 复位,将 S₂ 闭合,1 号电动机就处于备用状态。同理,当 2 号电动机发生过载故障时,通过 FR₂ 和 KA₂ 的动作,处于备用状态的 1 号电动机自动代替 2 号电动机投入运行。

当将转换开关 SA₁ 和 SA₂ 都打到“手动”位置时,则可分别对 1 号、2 号电动机进行手动控制。



(a) 主回路

(b) 控制电路

图 2-1 利用转换开关控制的电动机自动互投线路

SA₁ 和 SA₂ 可采用 LW5-15D0404/2 型转换开关。

2. 具有检测功能的两台电动机自动互投线路(一、二)

(1) 直接起动的电动机自动互投线路。如图 2-2 所示。两台水泵互为备用。当工作泵发生故障或其热继电器动作时, 备用泵即自动投入运行。该线路也可手动操作。水位控制可采用干簧管或电接点压力表等。

该线路可用于高位水箱自动给水, 也可用于自动排水。当用于高位水箱自动注水时, 高水位停泵、低水位开泵。

下面以自动注水为例, 介绍工作原理: 合上电源开关 QF, 将

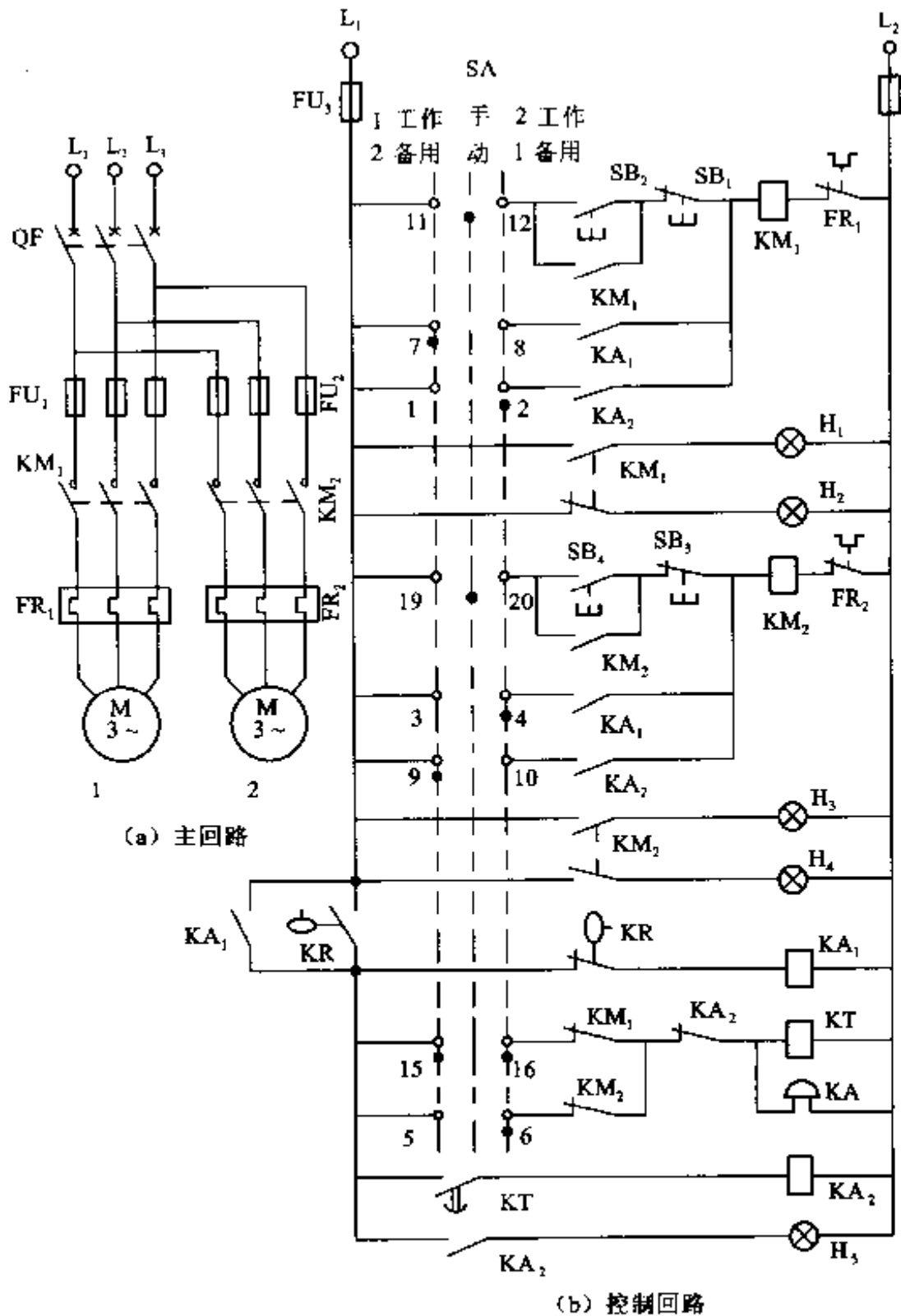


图 2-2 直接起动的电动机自动互投线路

转换开关 SA 打到图中左侧位置,触点 7-8、9-10、15-16 闭合。假设此时水箱中水位处于低水位(下限位),则浮标磁环将干簧继电器 KR 的常开触点闭合。水位继电器 KA_1 得电吸合并自锁,其常开触点闭合,接触器 KM_1 得电吸合,1 号泵起动运行注水。当水箱中的水位上升到高水位(上限位)时,浮标磁环将 KR 的常闭触点吸开, KA_1 失电释放,其常开触点打开, KM_1 失电释放,水泵停止运行。当水箱水位下降到下限位时,水泵又起动注水。如此重复上述过程,使水箱水位保持在一定的范围内。

如果 1 号泵在运行中发生故障或其热继电器动作,则接触器 KM_1 失电释放,水泵停转。 KM_1 常闭辅助触点闭合,时间继电器 KT 线圈通电,电铃 HA 发出报警信号。经过一段延时后,其延时闭合常开触点闭合,中间继电器 KA_2 得电吸合并自锁(这时事故指示灯 H_3 亮),其常开触点闭合,接触器 KM_2 得电吸合,2 号泵投入运行。同时, KA_2 常闭触点打开,时间继电器 KT 失电复位,退出工作,电铃 HA 停止报警。

若要 2 号泵作为工作泵,1 号作为备用,只要将转换开关 SA 打到图中右侧位置即可。这时开关触点 1-2、3-4、5-6 闭合。其它工作过程同前。

如要手动操作,可将转换开关 SA 打在“手动”位置,这时开关触点 11-12、19-20 闭合,自动部分退出工作。1 号泵、2 号泵均可通过按动各自的按钮起动和停止。

(2)与电接点测量仪表连接的电动机自动互投线路。在需要用电接点仪表等测量物质在传输过程中某一参数(如压力、流量、温度等)的场合,可以采用如图 2-3 所示的线路。在该线路中,在当参数测量回路的电接点仪表到达下限位时,或当运行电动机发生故障及其热继电器动作时,能自动将备用电动机投入运行。两台电动机可以互为备用。

工作原理:合上电源开关 QS。开始时,电接点仪表 KP 处于下限位位置,其接点闭合。假如 1 号电动机作为工作电动机,2 号为备

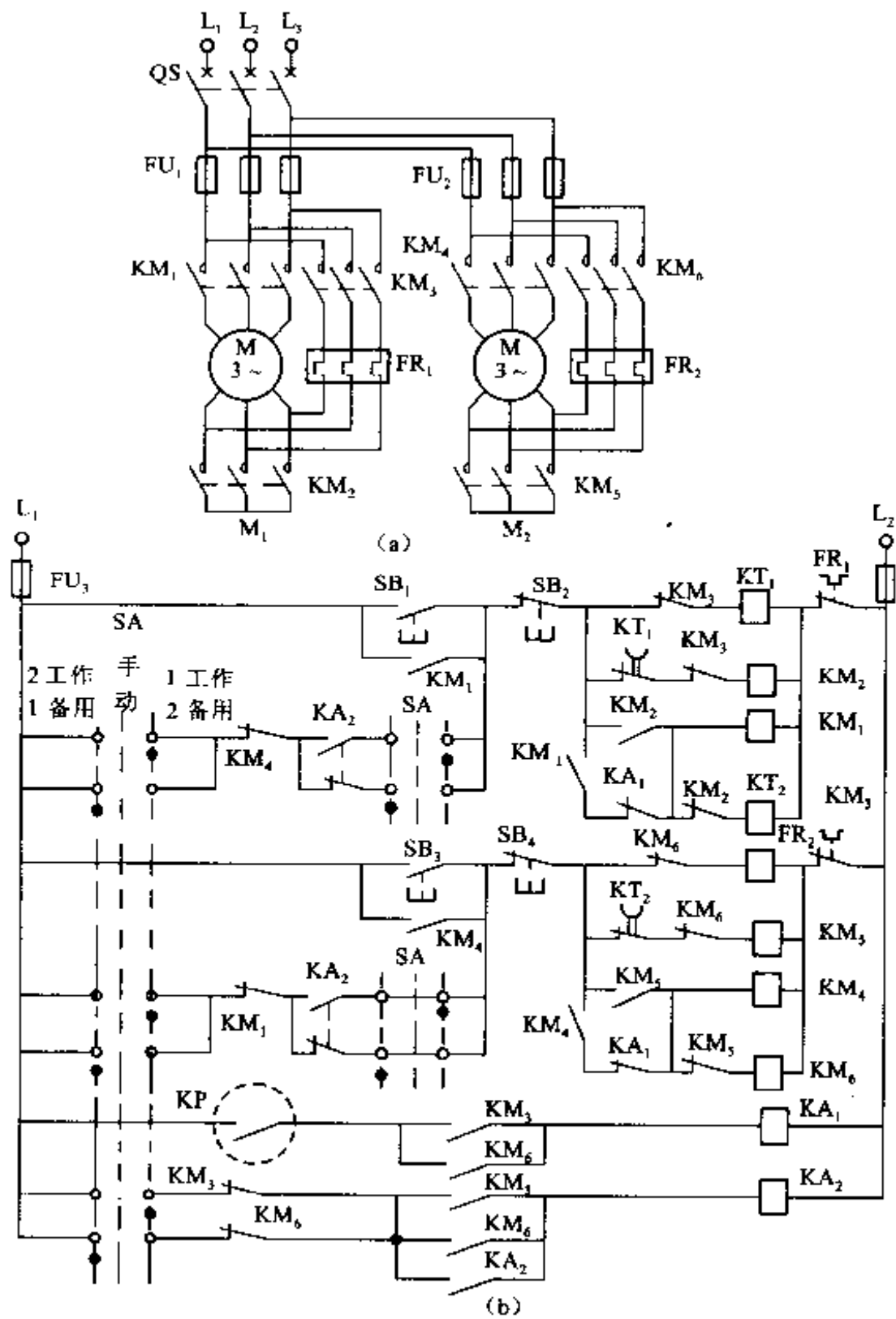


图 2-3 Y-Δ起动的电动机自动互投线路

用,则将转换开关 SA 打到图中右侧位置,按下 1 号的起动按钮 SB₁,接触器 KM₂ 得电吸合,其常开辅助触点闭合,接触器 KM₁ 得电吸合,1 号电动机接成 Y 形降压启动。同时 KM₁ 常闭辅助触点断开,切断 2 号电动机控制回路。在 KM₁ 吸合的同时,时间继电器 KT₁ 线圈通电。电接点仪表 KP 的下限位接点断开,中间继电器 KA₁ 失电释放,其常闭触点闭合,为 1 号电动机全压启动做好准备。经过一段延时后,延时断开常闭触点断开,KM₂ 失电释放,其常闭辅助触点闭合,接触器 KM₃ 得电吸合,电动机接成△形在全压下正常运行。

这时自投控制回路中的接触器 KM₃ 常开辅助触点闭合,中间继电器 KA₂ 得电吸合并自锁,其四对触点改变状态,准备当 1 号电动机因故停止工作后,为 2 号电动机自动投入做好准备。如 1 号电动机运转正常,而生产设备工作不良,致使传输物质的参数测量值为零,则电接点仪表下限位接通,由于 KM₃ 常开辅助触点已闭合,使得 KA₁ 得电吸合,其常闭触点断开,KM₃ 失电释放,随之 KM₁ 失电释放,1 号电动机停止运行。此时,虽然 KM₃ 常开辅助触点已断开,但与其并联的 KA₂ 常开触点已闭合自锁,所以继电器 KA₂ 的四对触点在第一次改变后的状态不变,2 号电动机控制回路供电正常,实现了自锁和对 1 号电动机控制回路的连锁。2 号电动机在 1 号电动机停止运行时,即自动投入运行。

如果以 2 号作为工作电动机,1 号为备用电动机,则整个动作过程与前类同。

同样,当工作电动机发生故障或其热继电器动作而停机时,备用电动机也能自动投入运行。

若要求人工操作实现互投,可按下停止按钮,使工作电动机停机,备用电动机自动投入运行。若将转换开关 SA 打到“手动”位置,分别按下 SB₁ 和 SB₃,则可实现单台电动机的手动操作和两台电动机同时投入运行。

3. 继电器控制电动机定时正反转线路

如图 2-4 所示。

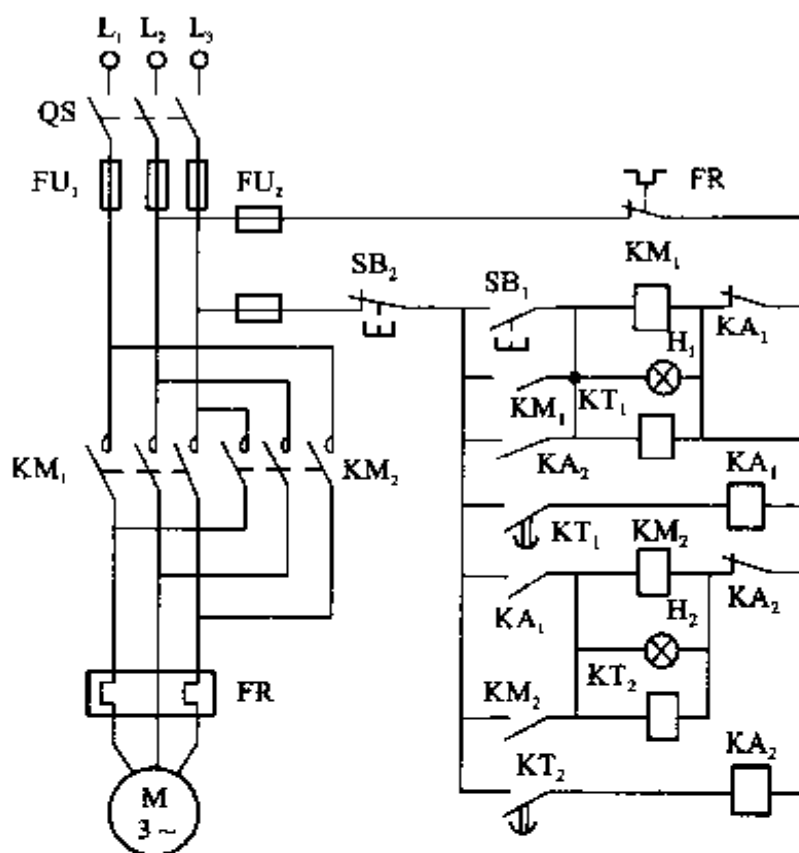


图 2-4 继电器控制电动机定时正反转线路

工作原理：合上电源开关 QS，按下起动按钮 SB₁，接触器 KM₁ 得电吸合并自锁，电动机正转起动运行，正转运行指示灯 H₁ 亮。同时，时间继电器 KT₁ 线圈通电，经过一段延时后，其延时闭合常开触点闭合，中间继电器 KA₁ 得电吸合，其常闭触点断开，接触器 KM₁ 失电释放，而 KA₁ 常开触点闭合，接触器 KM₂ 得电吸合并自锁，电动机反转起动运行，反转运行指示灯 H₂ 亮。同时，时间继电器 KT₂ 线圈通电。经过一段延时后，其延时闭合常开触点闭合，中间继电器 KA₂ 得电吸合，其常闭触点断开，KM₂ 失电释放，而 KA₂ 常开触点闭合，接触器 KM₁ 得电吸合并自锁，电动机又进入正向运行。正、反转运行由中间继电器 KA₁ 和 KA₂ 的常闭触点进行连锁。

正反转运行时间分别由时间继电器 KT_1 和 KT_2 的定时决定。

该线路的缺点是,正反转每交替一次,电动机就要经受两次反接制动过程,出现较大的反接制动电流和机械冲击力。因此它只适用于控制正反转循环周期较长的设备。否则应在正反转交替前先制动停机,然后再起动电动机。当然,对于力矩电机,则不存在此问题。

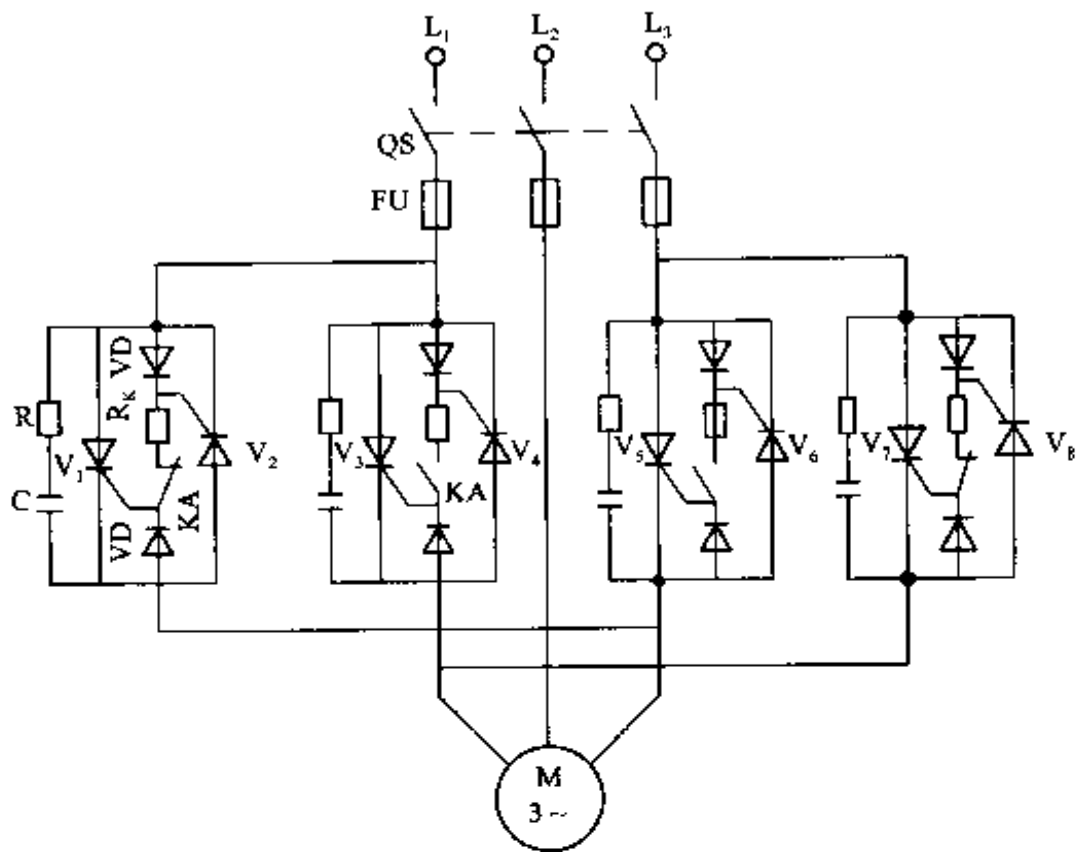
4. 晶闸管控制电动机定时正反转线路

在一些需要频繁地定时控制电动机正反转运行的场合,如果用继电器进行控制,往往容易烧坏继电器和交流接触器的触点,为此可采用晶闸管作为无触点开关代替交流接触器。线路如图2-5所示。

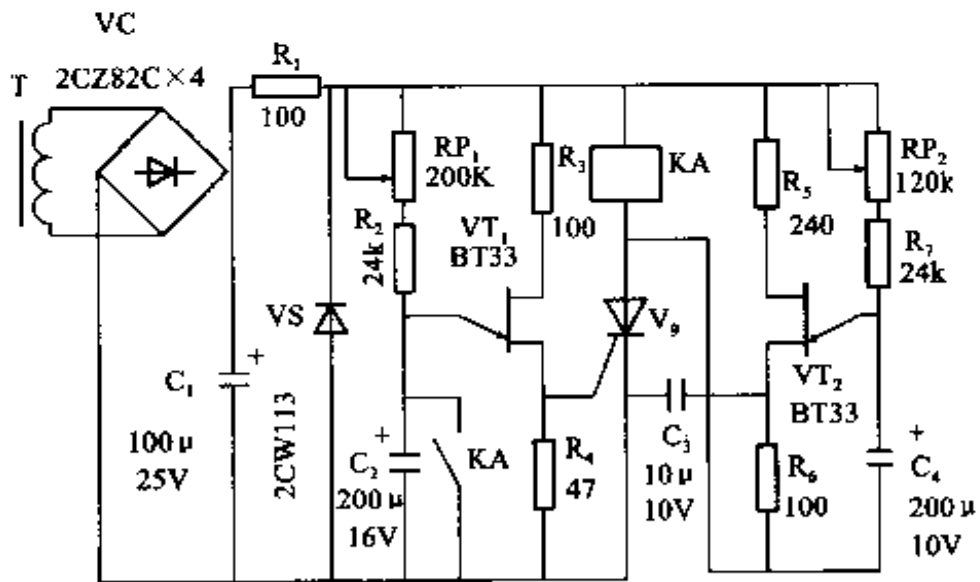
图中,晶闸管 V_1 、 V_2 及 V_7 、 V_8 用作正转控制, V_3 、 V_4 及 V_5 、 V_6 用作反转控制;电动机正转运行和反转运行时间,分别由单结晶体管 VT_1 等构成的延时电路和由 VT_2 等构成的延时电路控制;电阻 R 与电容 C 用于晶闸管保护。

工作原理:合上电源开关 QS 和控制回路开关 SA ,晶闸管 V_1 、 V_2 及 V_7 、 V_8 控制极经二极管 VD 、限流电阻 R_k 和继电器 KA 常闭触点获得触发电流而导通,电动机正转运行。同时,由单结晶体管 VT_1 和电阻 R_2 、 R_3 、 R_4 ,以及电位器 RP_1 、电容 C_2 组成的延时电路(即张弛振荡器)得到电源,电容 C_2 经 R_1 、 RP_1 被充电。当 C_2 上的电压达到 VT_1 的峰点电压时, VT_1 导通,在 R_4 上产生触发脉冲,小晶闸管 V_3 被触发导通,继电器 KA 得电吸合,其常闭触点断开,晶闸管 V_1 、 V_2 及 V_7 、 V_8 截止;而 KA 的常开触点闭合,晶闸管 V_3 、 V_4 及 V_5 、 V_6 触发导通,电动机反转运行。同时 KA 的另一副常开触点闭合,将电容 C_2 短路放电,为下一次重新充电做好准备。

由于控制回路的电压是经变压器 T 降压、整流桥 VC 整流、电容 C_1 滤波、稳压管 VS 稳压的直流电压,所以当小晶闸管 V_3 导通后,即使 R_4 上已无输出脉冲, V_3 仍导通,继电器 KA 仍吸合着。



(a) 主电路



(b) 控制回路

图 2-5 晶闸管控制电动机定时正反转线路

从 V_3 导通开始,由单结晶体管 VT_2 和电阻 R_5 、 R_6 、 R_7 以及电位器 RP_2 、电容 C_4 组成的另一组张弛振荡器开始得到电源,电容 C_4 经 R_7 、 RP_2 及导通的 V_3 被充电。当 C_4 上的电压达到 VT_2 的峰值电压时, VT_2 导通,在电阻 R_6 上的正电压脉冲通过 C_3 加到小晶闸管 V_9 的阴极,迫使 V_9 关断,继电器 KA 失电释放,晶闸管 V_3 、 V_4 及 V_5 、 V_6 关断,而 V_1 、 V_2 及 V_7 、 V_8 导通,电动机转为正转运行。

调节电位器 RP_1 和 RP_2 ,可分别改变电动机正转运行和反转运行的时间。单晶体管的振荡周期(即电路的延时时间)可由公式 $T = RC \ln \left\{ \frac{1}{1-\eta} \right\}$ 决定。其中 η 为单晶体管的分压比,一般为 $0.5 \sim 0.7$ 。按图中参数,正反转运行时间均约为 $40s$ 。

如果采用双向晶闸管,则主回路可简化。

元件选择:晶闸管 $V_1 \sim V_8$ 的耐压值不得低于 $800V$ 。若采用力矩电动机,而电动机几秒钟变换一次,甚至 $1s$ 变换 $2 \sim 3$ 次,则晶闸管的耐压值应不低于 $1000V$ 。晶闸管 $V_1 \sim V_8$ 的额定电流视电动机容量决定,一般不低于电动机额定电流的 2 倍。电容 C_2 、 C_4 的漏电电流应尽可能小,以稳定延时时间。

5. 晶闸管控制电动机正反转及点动线路(一、二)

对于某些在较恶劣环境(如煤场、大灰场、水泥厂等)使用的电动机,若采用接触器控制电动机正反转,接触器触点容易被粉尘污染而导致触点接触不良或粘连,烧毁接触器。为此可采用晶闸管控制。

(1)线路之一。如图 2-6 所示。

工作原理:合上电源开关 QS ,晶闸管 V_2 、 V_4 、 V_5 、 V_7 的阳极和晶闸管 V_1 、 V_3 、 V_6 、 V_8 的阴极分别接上 U 相和 W 相电源。这时按下正转点动按钮 SB_1 , V_1 、 V_2 和 V_3 、 V_4 被触发导通,电动机正转运行。

如果需要电动机反转运行,可按下反转点动按钮 SB_2 ,晶闸管

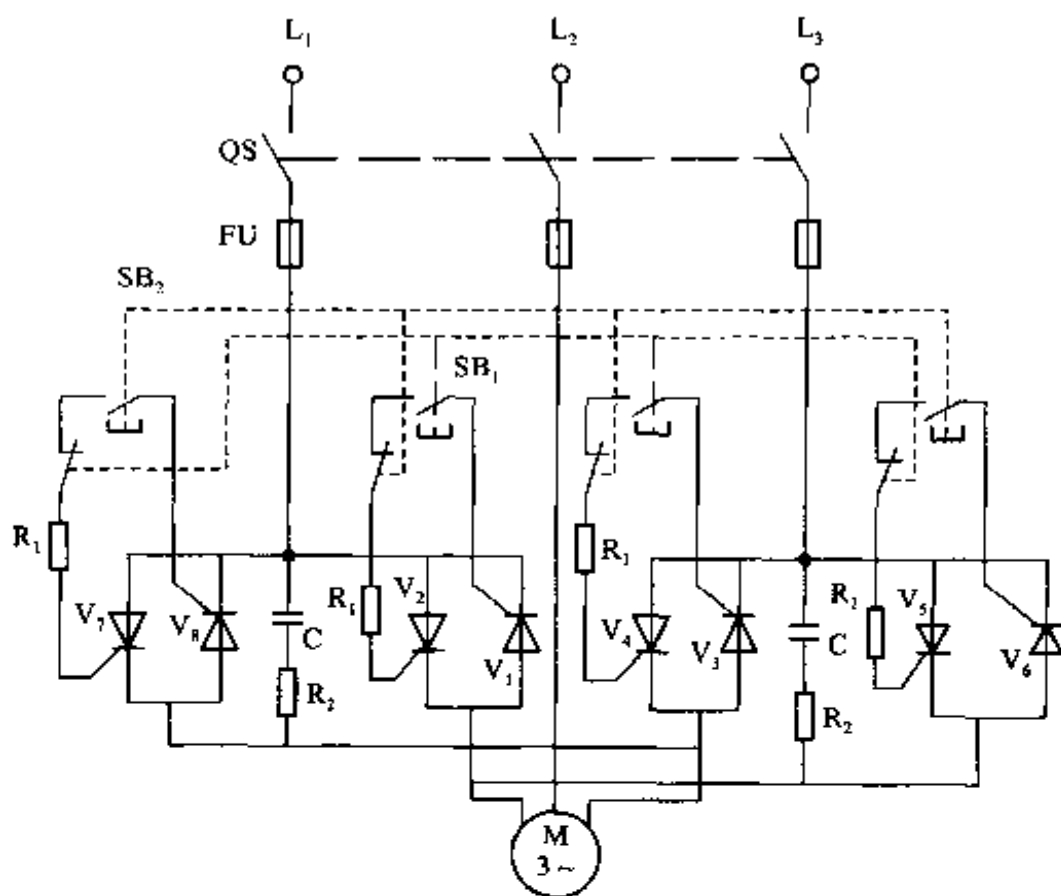


图 2-6 晶闸管控制电动机正反转及点动线路(之一)

V_5 、 V_6 和 V_7 、 V_8 被触发导通,电动机反转运行。

元件选择:晶闸管耐压值不应小于 900V,额定电流应根据电动机的容量决定,一般不小于电动机额定电流的 2 倍;降压电阻 R_1 应根据不同晶闸管来选择,本例 R_1 取 20Ω 0.5W。此电阻选大了触发不了晶闸管,选小了容易损坏晶闸管,具体数值由试验确定,并要使导通角尽可能大,使晶闸管能全导通;阻容保护电路, R_2 取 10Ω 15W, C 取 $0.1\mu\text{F}$ 630V。

(2)线路之二。线路如图 2-7 所示。

工作原理:由于采用了双向晶闸管,线路显得较简单。按下正转按钮 SB_1 ,双向晶闸管 V_1 、 V_2 被触发导通,电动机正转运行。按下反转按钮 SB_2 ,双向晶闸管 V_3 、 V_4 被触发导通,电动机反转运行。

由于两按钮接线互相连锁,当同时按下 SB_1 和 SB_2 时,不会引

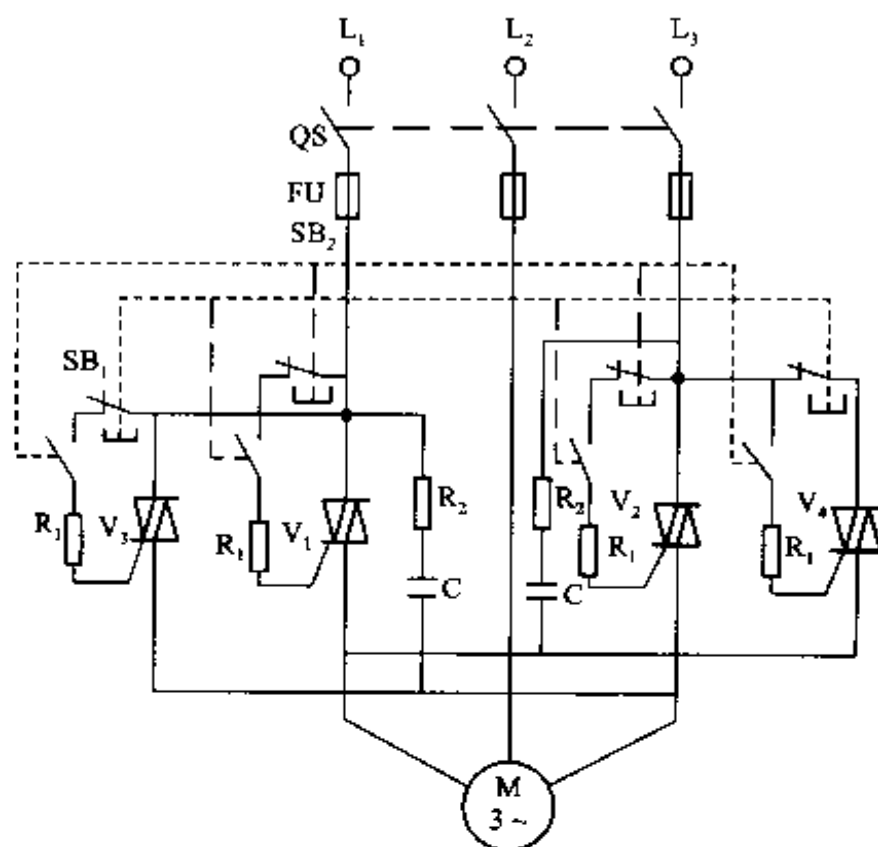


图 2-7 晶闸管控制电动机正反转及点动线路(之二)

起短路事故,只会使电动机停转。

6. 双稳态电路控制电动机正反转线路

如图 2-8 所示。该线路利用变形的双稳态电路自动控制电动机的正反转运行并在电动机正反转转换时有停机延时过程(时间可调),保护电动机不受冲击。

工作原理:合上电源开关 QS,将开关 SA 置于“自动”位置,交流电源经电容 C_3 降压、整流桥 VC 整流、稳压管 VS_3 稳压、电容 C_4 滤波,为双稳态电路提供 12V 直流电源。设初始时三极管 VT_1 、 VT_2 导通, VT_3 、 VT_4 截止,则中间继电器 KA_1 得电吸合,其常闭触点闭合,接触器 KM_1 得电吸合,电动机正转起动运行。当所带设备(如小车、挡铁等)运行到设定位置时,限位开关 SQ_1 动作,三极管 VT_2 基极失去偏压而截止, VT_1 截止,中间继电器 KA_1 失电释放,继而接触器 KM_1 失电释放,电动机停转。此时, VT_2 的集电极

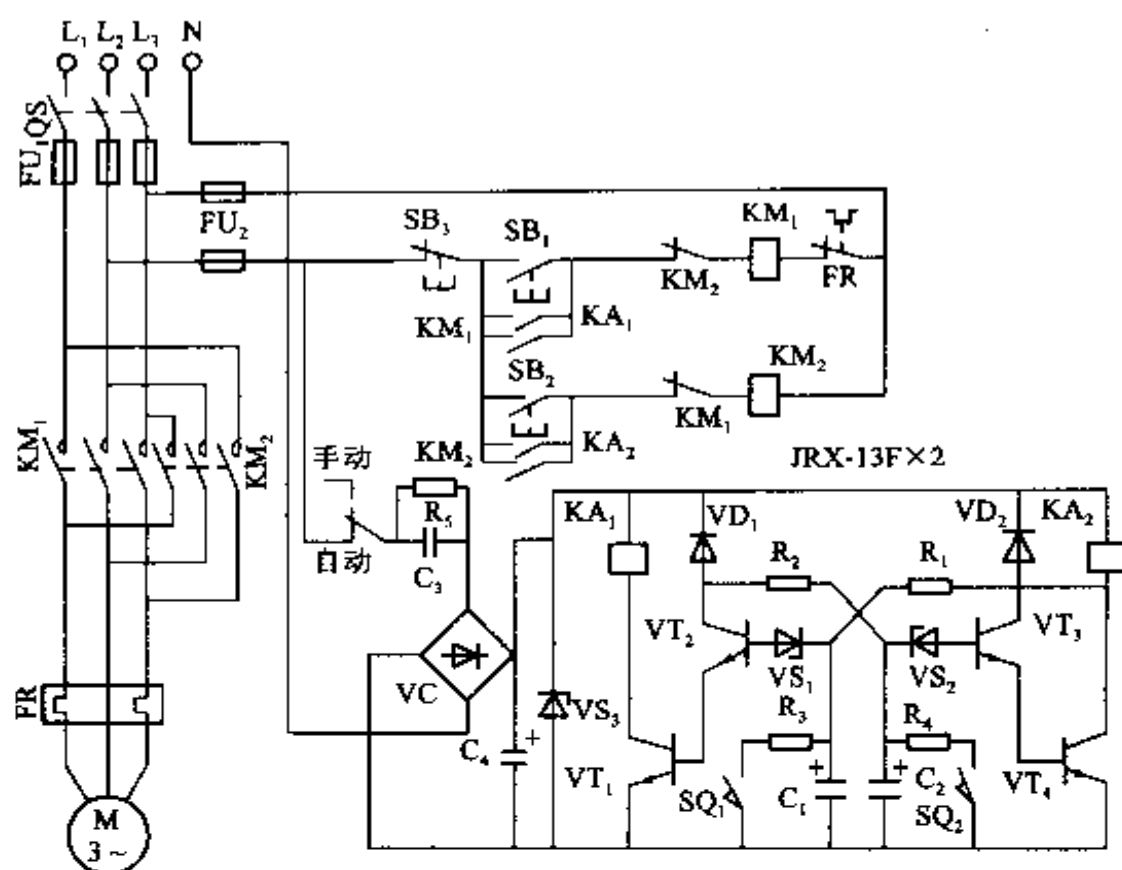


图 2-8 双稳态电路控制电动机正反转线路

为高电位,经电阻 R_2 向电容 C_2 充电,当 C_2 上的电压达到稳压管 VS_2 的击穿电压时, VS_2 导通,三极管 VT_3 得到基极电流而导通, VT_4 导通,而 VT_1 、 VT_2 截止,中间继电器 KA_2 得电吸合,其常开触点闭合,接触器 KM_2 得电吸合,电动机反转起动运行。当运行到另一设定位置时,另一限位开关 SQ_2 动作, VT_3 、 VT_4 截止, KA_2 失电释放,电动机停转。此时 C_1 通过 R_1 充电,当 C_1 上的电压达到稳压管 VS_1 的击穿电压时, VS_1 导通,三极管 VT_1 、 VT_2 不导通,重复上述过程。于是电动机进行正转—停机(延时)—反转—停机(延时)—正转……循环运行。

调整 R_1 、 R_2 、 C_1 、 C_2 的数值以及选择不同型号、规格的稳压管 VS_1 和 VS_2 ,可改变停机(延时)时间。

7. 电容换向的电动机正反转线路

如图 2-9 所示。图中, C_x 为工作电容, C_q 为起动电容。 C_x 和 C_q

的选择同前。SA 为正反转开关。

灵敏继电器 KA 从电阻 R 两端接出,经二极管 $VD_1 \sim VD_4$ 整流后供电,由于电动机起动电流较大,R 两端的电压降能可靠地使继电器 KA 吸合,其常开触点闭合,将起动电容 C_1 并入工作电容,电动机起动运行。随着转速的升高,电流减小,R 两端的电压下降,当转速趋近额定值时,KA 释放,其常开触点断开,起动电容 C_1 退出运行,完成起动过程。

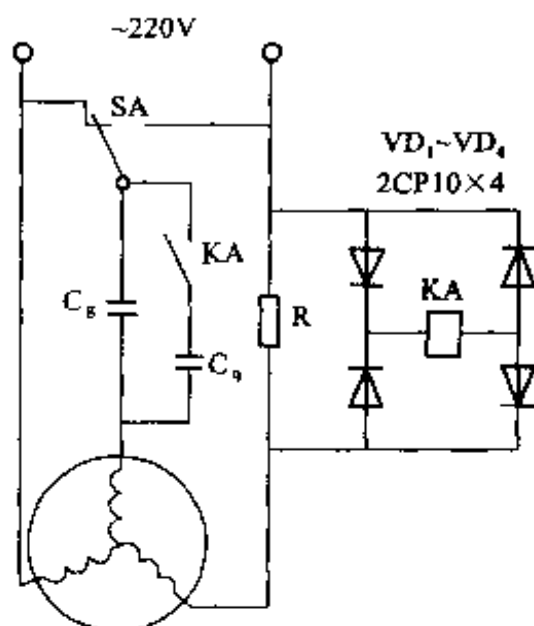


图 2-9 用电容换向的电动机正反转线路

元件选用:KA 可选用额定电压为 6V 的交流灵敏继电器;电阻 R 的阻值可由试验确定,也可先按公式 $RI_e = 3V$ 选取 (I_e 为电动机额定电流),再在试验中调整,以起动时能可靠吸合、起动完毕能可靠释放为宜。

8. 双稳态电路做限位开关的电动机自动停机线路

机械式限位开关较容易损坏,给设备运行带来不安全因素,因此在安全性要求较高的场所,宜采用非机械式限位开关。图 2-10 所示是利用双稳态电路做限位开关的自动停机线路。

工作原理:合上电源开关 QS,这时假设电动机带设备处于没有使干簧管 KR 吸合的地方。电源经电容 C_1 降压、整流桥 VC 整流、电容 C_2 滤波、稳压管 VS 稳压后,通过电阻 R_2 、 R_3 向三极管 VT_2 提供基极电流, VT_2 导通,中间继电器 KA 得电吸合,其常开触点闭合。当按下正转按钮 SB_1 时,电动机带动设备正向运行。当带有永久磁钢的设备运行到处于设定位置上的干簧管 KR 时,KR 触点闭合,三极管 VT_2 失去基极电压而截止,其集电极电位升高,

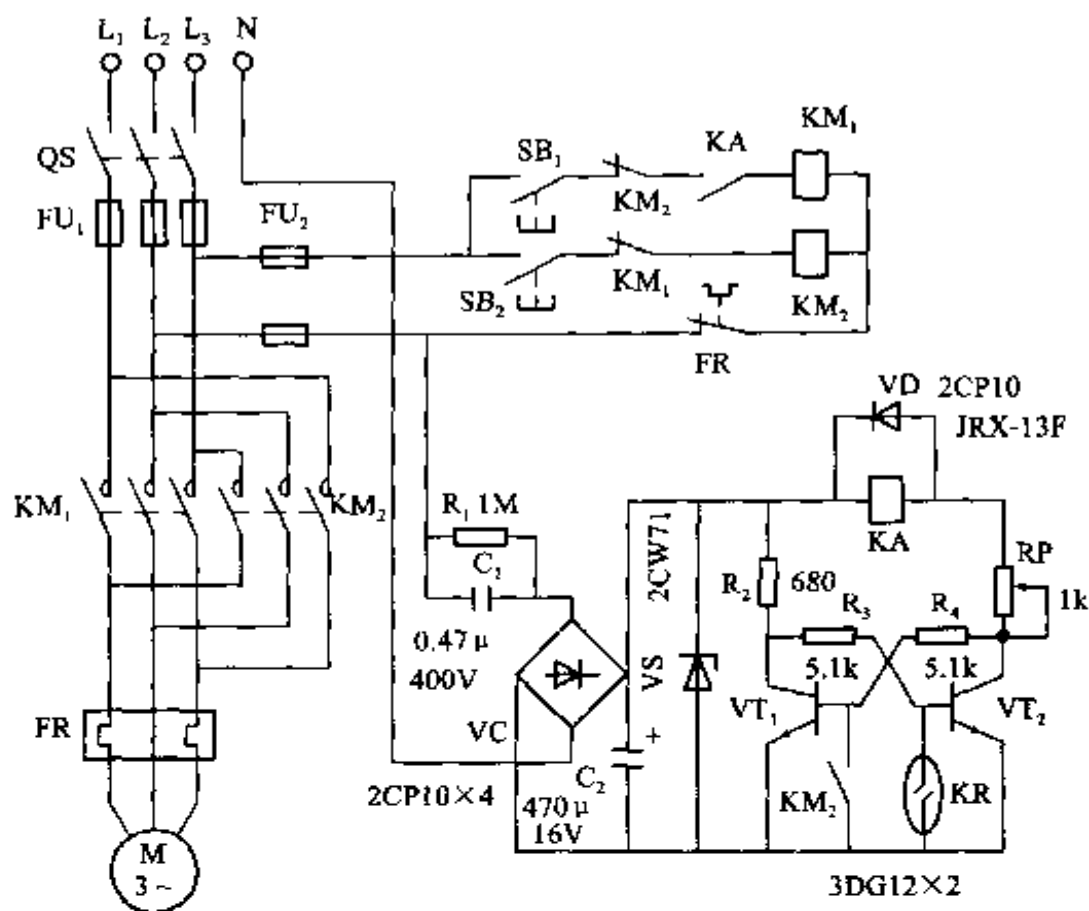


图 2-10 双稳态电路做限位开关的自动停机线路

三极管 VT_1 导通, 中间继电器 KA 也释放, 其常开触点断开, 接触器 KM_1 失电释放, 达到断电停机的目的。

当需要反转运行时, 按下反转按钮 SB_2 , 接触器 KM_2 得电吸合, 电动机反转运行, 并带动设备使永久磁钢离开干簧管, KR 触点断开, 又由于 KM_2 常开辅助触点闭合, 因此双稳态电路又一次翻转, VT_1 截止, VT_2 导通, KA 又得电吸合, 为接触器 KM_1 吸合做好准备, 电动机又可做正转运行。

为了确保电路翻转的可靠性, 可将几个干簧管并联使用。

9. 利用时间继电器防止电动机非正常停机的线路(一~三)

当电源电压波动超出允许范围或瞬间停电时, 会造成有些生产设备非正常停机, 并带来很大的经济损失。为此, 应对电动机控制线路进行改进, 以防止非正常停机事故的发生。

(1)线路之一。线路如图 2-11 所示。

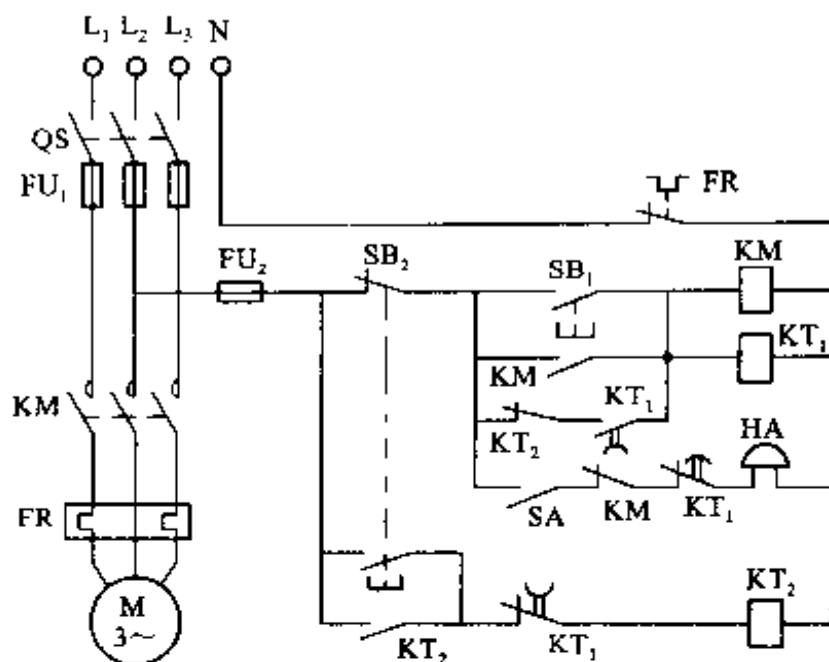


图 2-11 利用时间继电器防止非正常停机的线路(之一)

工作原理:合上电源开关 QS,按下起动按钮 SB₁,接触器 KM 和时间继电器 KT₁ 得电吸合并自锁,电动机起动运行。当电源电压波动超出允许的范围或瞬时停电时,接触器 KM 和时间继电器 KT₁ 均会释放(此时电动机失电作惯性旋转),但由于时间继电器 KT₁ 需要经过一段延时后(约 1~3s,可调,应根据实际情况调整),其延时断开常开触点才能断开,故在未断开之前,当电源电压又恢复正常供电时,KM 和 KT₁ 又得到正常电压而吸合,因此电动机不会停机。

停机时,按下停止按钮 SB₂,时间继电器 KT₂ 线圈通电并自锁,其常闭触点断开,接触器 KM 和时间继电器 KT₁ 失电释放,电动机停止运行,经过一段延时后(约 2~4s,其整定值应较 KT₁ 的整定值稍长,否则不能准确地起到停机作用),其延时断开常闭触点断开,KT₂ 失电释放,其常开触点断开,电路中的 KM、KT₁ 和 KT₂ 均处于释放状态,电路恢复初始状态。

当电动机在运行过程中,系统停电时间超出设定时间后重新

来电,则电动机无法再自动启动。这时 KT_1 的延时闭合常闭触点也已闭合,电铃 HA 回路接通(开关 SA 平时闭合),发出报警信号,告知操作者前来处理。断开开关 SA,报警解除。

(2)线路之二。如图 2-12 所示。

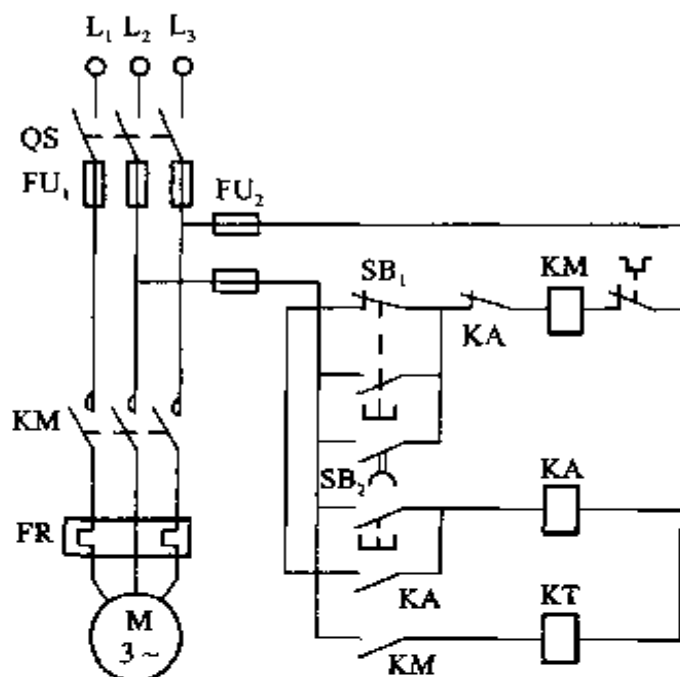


图 2-12 利用时间继电器防止非正常停机的线路(之二)

工作原理:合上电源开关 QS,按下启动按钮 SB_1 ,接触器 KM 得电吸合,其常开辅助触点闭合,时间继电器 KT 线圈通电,其延时断开常开触点闭合,使 KM 保持吸合状态。

当电源电压向下波动超过允许范围或瞬时停电时,KM 释放,由于与启动按钮 SB_1 并联的延时断开常开触点的延时断开作用,电压在短时间内恢复正常后,KM、KT 便能立即吸合。时间继电器 KT 的延时整定值约 1~3s(可根据实际情况调整)。

停机时,按下停止按钮 SB_2 ,中间继电器 KA 得电吸合,其常开触点通过按钮 SB_1 的常闭触点形成自锁,同时其常闭触点断开,接触器 KM 失电释放,电动机停止运行。

中间继电器 KA 的常开触点通过按钮 SB_1 常闭触点是为了防止 KA 在电动机停机后仍带电。另外,当电动机在短时间内反复起

动、停止时,即使时间继电器 KT 的延时断开常开触点来不及断开,起动也不受其影响,克服了在起动或停止过程中需躲过延时的弊病。

(3)线路之三。如图 2-13 所示。

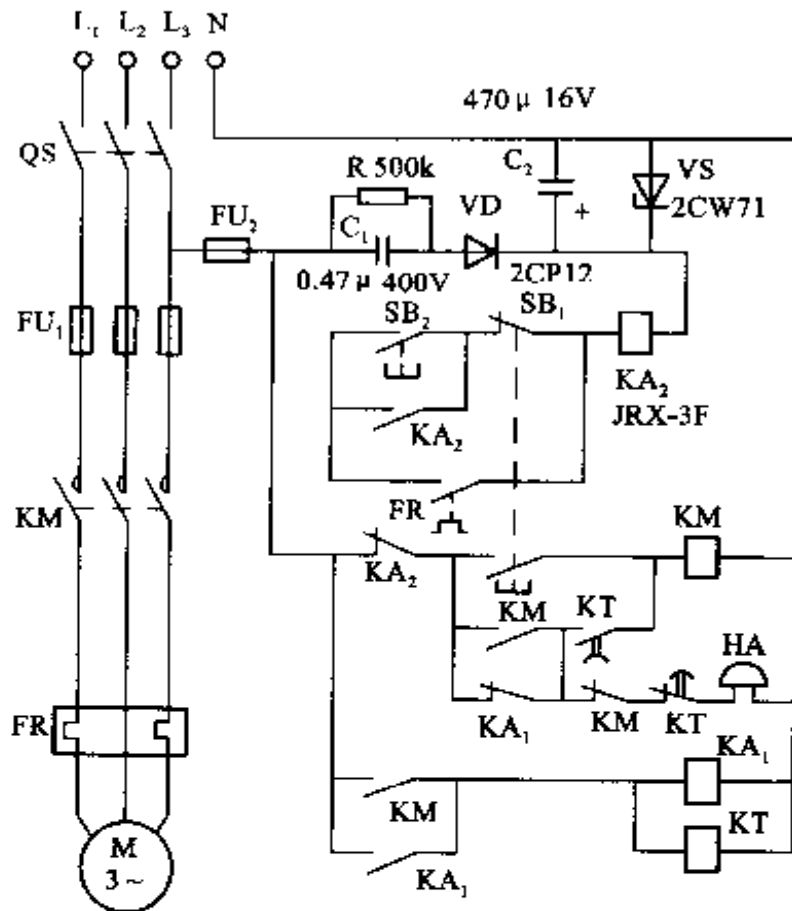


图 2-13 利用时间继电器防止非正常停机的线路(之三)

工作原理:合上电源开关 QS,按下起动按钮 SB₁,接触器 KM 得电吸合,电动机起动运行。KM 常开辅助触点闭合,中间继电器 KA₁ 和时间继电器 KT 得电吸合,且 KA₁ 的常开触点闭合自锁,KT 延时断开常开触点闭合,使 KM 自锁。同时 KA₁ 的常闭触点断开,为电源电压波动过大或瞬时停电后恢复供电重新自起动电动机做好准备。

当电源电压波动过大或瞬时停电时,KA₁、KM、KT 同时释放,电动机失去电源做惯性旋转。由于 KA₁ 释放,其常闭触点闭合,但由于时间继电器 KT 需经一段延时后(约 1~3s,可调),其

延时断开常开触点才能断开,故在未断开之前,若电源又恢复正常供电时,接触器 KM 则通过小型中间继电器 KA₂ 的常闭触点、KA₁ 的常闭触点、KT 的延时断开常开触点(已闭合)形成回路而得电吸合,使电动机立即起动运行。

停机时,按下停止按钮 SB₂,小型中间继电器 KA₂ 得电吸合并自锁,其常闭触点断开,接触器 KM 失电释放,电动机停止运行。当电动机过载时,热继电器 FR 动作,其常开触点闭合,同样使 KA₂ 得电吸合,KM 失电释放,电动机停止运行。

当电动机在运行过程中,系统停电时间超出设定时间后重新来电,则电动机无法再自动起动,同时电铃 HA 发出报警信号。

10. 利用直流运行的交流接触器防止电动机非正常停机的线路

如图 2-14 所示。直流运行的交流接触器,具有在电压降低至

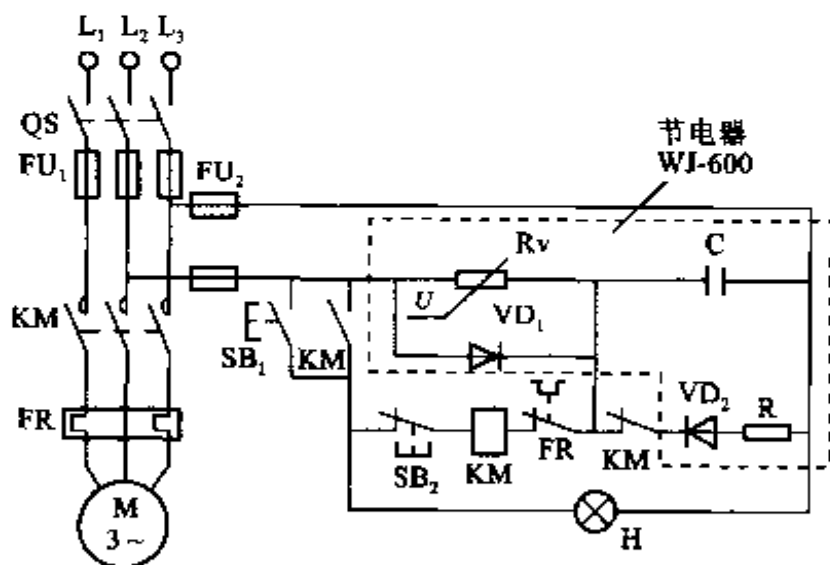


图 2-14 利用直流运行的交流接触器防止非正常停机的线路

额定电压的 40%~60%时也能可靠吸合和释放时间较长(约 0.3s,在有些控制线路里这是个缺点)的特点,该线路正是利用交流接触器的这一特点,来达到电源电压波动过大或瞬时停电时接触器不会断开的目的。

图中虚线框内为无声运行节电器线路。如果电动机为正反转

运行,则在反转控制回路中也如正转控制回路一样,加装一套无声运行节电器即可。

11. 利用自感电动势实现瞬间停机保护线路

如图 2-15 所示。该线路是利用电源瞬时停电时,电动机所产生的自感电动势来实现瞬间停机保护的。

工作原理:合上电源开关 QS,按下启动按钮 SB₁,接触器 KM 得电吸合并自锁,电动机启动运行。KM 常闭辅助触点断开,直流继电器 KA 失电释放,保护电路不参加工作。

当电源瞬时停电时,KM 失电释放,电动机做惯性旋转,而 KM 常闭辅助触点闭合,电动机的 V、W 相间的自感电动势通过二极管 VD 向直流继电器 KA 供电,KA 得电吸合,其常开触点闭合,若这时电源已恢复供电,则接触器 KM 即得电吸合并自锁,电动机重新接上电源运转。KM 常闭辅助触点断开,KA 失电释放。电容 C 的作用是使继电器 KA 可靠动作。

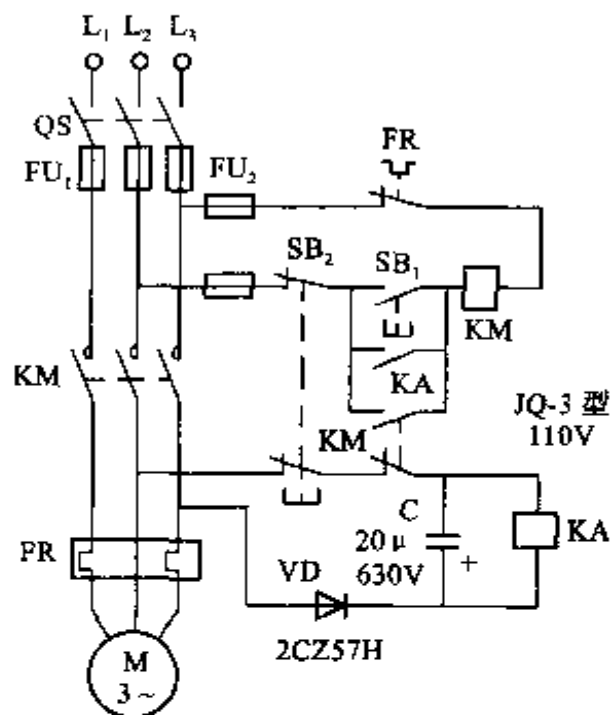


图 2-15 利用自感电动势
实现瞬停保护线路

12. 小功率三相电动机用于单相电源的接线(一、二)

有时手头有小功率三相异步电动机,但安装处只有单相电源,若敷设三相电源投资上又不合算,这时可以用相序变换法将三相电动机用于单相电源。

相序变换法,实际上是将单相电源通过 L-C 电路或通过电容器 C 转换成三相对称电源。转换的关键是正确确定电感值和电容值。

(1) 线路之一, 用 L-C 电路做相序变换。

图 2-16 是用 L-C 电路做相序变换的线路。L、C 值的计算公式如下:

$$L = \frac{1.5U_e^2}{S\omega\sin(60^\circ - \varphi)}$$

$$C = \frac{S\sin(60^\circ + \varphi)}{1.5U_e^2\omega}$$

式中 L —— 电感(H);
 C —— 电容(F);
 ω —— 角频率;
 S —— 电动机视在功率(VA);
 U_e —— 电动机的额定电压(V);
 φ —— 功率因数角。

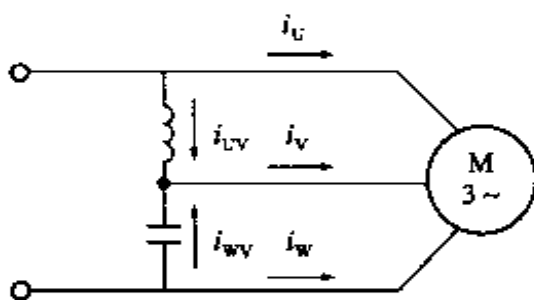


图 2-16 用 L-C 电路做
相序变换的线路

【例】 一台额定电压为 380V、额定功率为 1.1kW、功率因数为 0.8 的三相异步电动机, 欲在单相 220V 电源上运行, 求 L-C 电路中 L、C 的值。

由 $P = 1.1\text{kW} = 1100\text{W}$,
 $\cos\varphi = 0.8$

得 电动机的视在功率

$$S = P / \cos\varphi = 1100 / 0.8 = 1375(\text{VA})$$

功率因数角 $\varphi = \arccos(\cos\varphi) = \arccos 0.8 \approx 36.87^\circ$

电感的电感量 L :

$$L = \frac{1.5U_e^2}{S\omega\sin(60^\circ - \varphi)} = \frac{1.5 \times 380^2}{1375 \times 314 \times \sin 23.13^\circ} \approx 1.277(\text{H})$$

电容的电容量 C :

$$C = \frac{S\sin(60^\circ + \varphi)}{1.5U_e^2\omega} = \frac{1375\sin(60^\circ + 36.87^\circ)}{1.5 \times 380^2 \times 314} \\ \approx 20 \times 10^{-6}(\text{F}) = 20(\mu\text{F})$$

由于自制电感较麻烦,可用 40W 荧光灯镇流器代用。因为 40W 荧光灯镇流器的工作电压为 165V,工作电流为 0.41A,由

$$U = IX_c = I\omega L$$

得
$$L = \frac{U}{\omega I} = \frac{165}{314 \times 0.4} \approx 1.282(\text{H})$$

计量结果也说明,荧光灯镇流器的电感量与所需的电感量接近。为了能在 380V 电压下运行,可将三只镇流器串联成一组,再将三组镇流器并联即可(共需 9 只镇流器)。电容可用 $10\mu\text{F}$ 500V 洗衣机电容器。为了降低电容器的工作电压,使电容器可靠运行,可将两只电容器串联成一组,再将四组电容器并联即可(共需 8 只电容器),电容量为 $20\mu\text{F}$ 。

(2)线路之二,用电容 C 做相序变换。

用电容 C 做相序变换的线路如图 2-17 所示。图中, C_x 为工作电容, C_q 为起动电容。

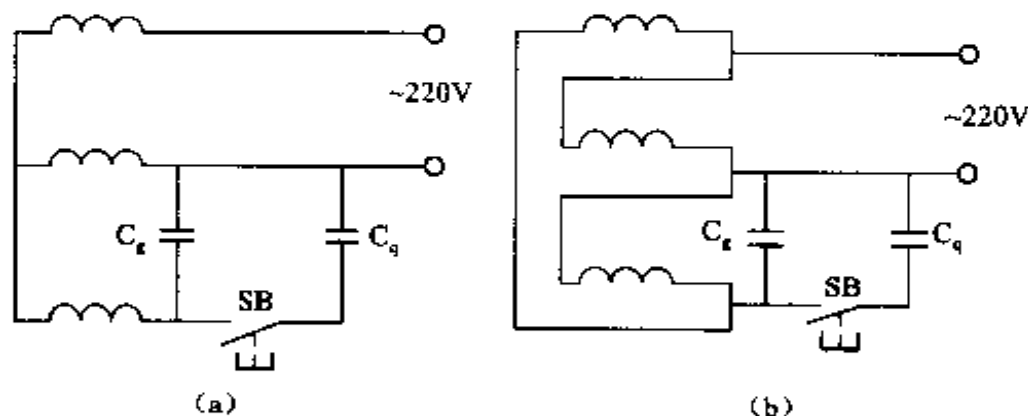


图 2-17 用电容做相序变换的线路

工作电容器的电容量按下式计算:

$$C_x = \frac{1950I_e}{U \cos\varphi} \quad (\mu\text{F})$$

式中 I_e ——电动机额定电流(A);

U ——电动机额定电压(V);

$\cos\varphi$ ——功率因数,小功率电动机可取 0.7~0.8。

选用接近计算值的标准电容器。

起动电容器的电容量 C_q 可根据电动机起动负载而定,一般为工作电容容量的 1~4 倍,即

$$C_q = (1 \sim 4)C_g$$

实际上 1kW 以下的电动机可以不加起动电容器,只要把工作电容器的电容量适当加大一些即可。一般每 0.1kW 用电容约 3.5~6.5 μ F,耐压不小于 450V。

使用时应注意:当电动机起动后,转速达到额定值时,应立即切除起动电容器,否则时间长了会烧坏电动机。因为起动电容与工作电容并联,总容量增加了好几倍,此时起动转矩比额定转矩大 1 倍左右,定子绕组会发热,时间长了会损坏绕组的绝缘层。

经此法改用的电动机功率约为原来功率的 55%~90%,其具体功率大小与电动机本身的功率因数有关。

13. 电动机改向低速运行控制线路(一、二)

欲使电动机在运转过程中先停机,再反向低速运行,可采用如图 2-18 或图 2-19 所示的线路。

(1)线路之一,电动机绕组为 Δ 形连接。电动机定子绕组为 Δ 形连接,改向低速运行控制线路如图 2-18 所示。

工作原理:合上电源开关 QS,按下起动按钮 SB₁,接触器 KM₁ 得电吸合并自锁,电动机为三角形连接起动正向运转。欲使电动机迅速停机并反向低速运行,则可按下反转按钮 SB₂,这时接触器 KM₁ 失电释放,而接触器 KM₂ 得电吸合,使电动机三相绕组反相序接上电源,并串入整流二极管 VD₁~VD₃。由于整流管的作用,使三相绕组流过三相对称半波整流电流。这种含有直流分量的电流,能使电动机迅速停机,并使其进入低速反向运转状态。

按下停止按钮 SB₃,可使电动机停转。

熔断器 FU₂ 是用来保护整流二极管的。

(2)线路之二,电动机绕组为 Y 形连接。电动机定子绕组为 Y 形连接改向低速运行控制线路如图 2-19 所示。其工作原理与图 2-18 完全相同,只是该线路反向低速运行时,绕组以 Y 形经整流

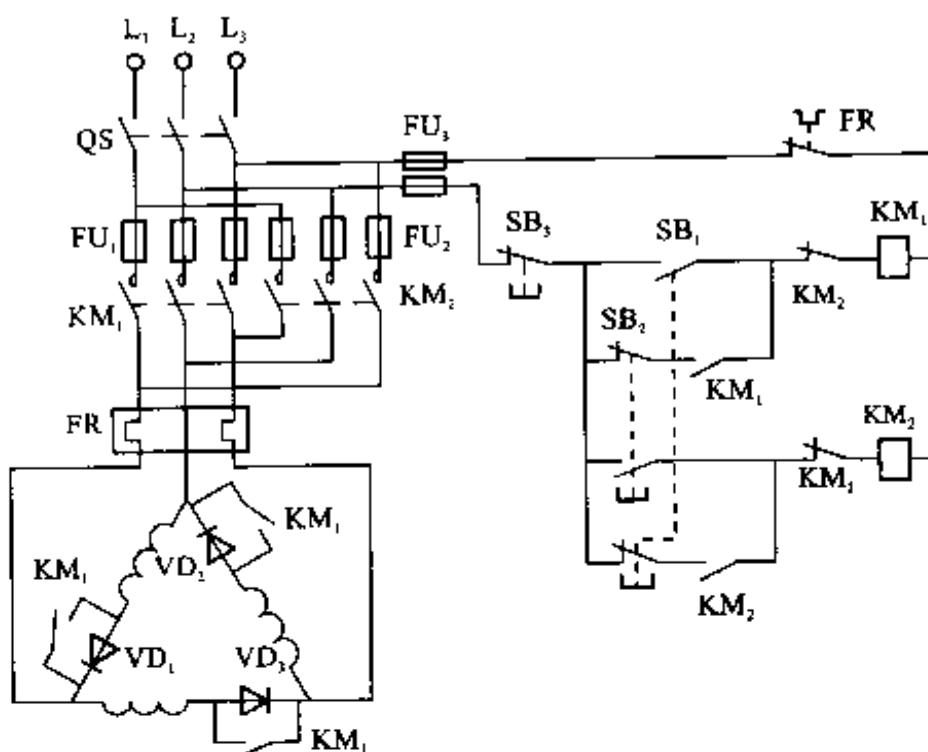


图 2-18 电动机绕组为 Δ 形连接时改向低速运行控制线路

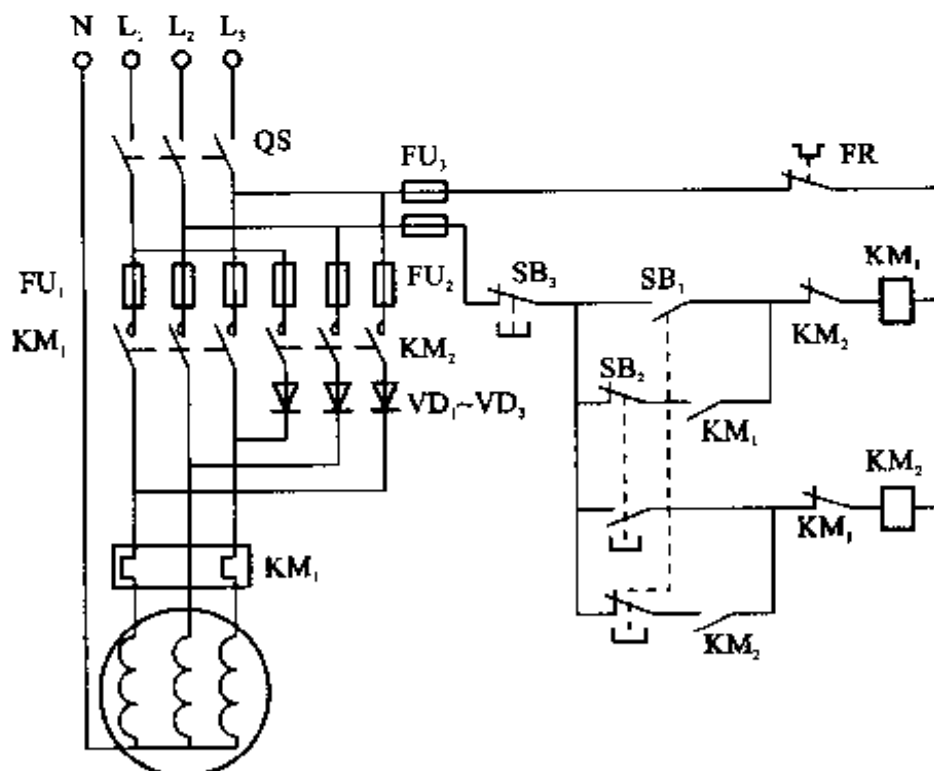


图 2-19 电动机绕组为Y形连接时改向低速运行控制线路

二极管,反相序接电源。

14. 电动机间歇式循环起停机控制线路(一~七)

以下七个线路能满足电动机起动运行一段时间、自动停机一段时间、又起动运行一段时间的循环起停机要求。

(1)线路之一。如图 2-20 所示。该线路利用时间继电器来实现自动控制,有手动和自动两种控制方式。

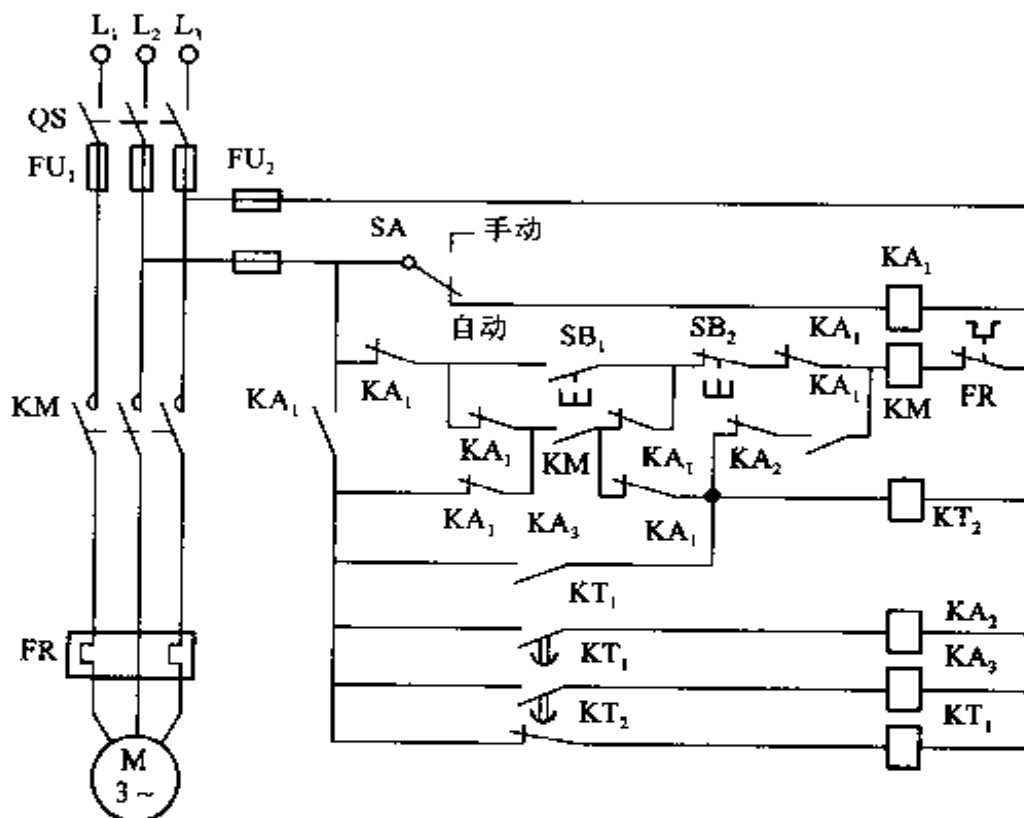


图 2-20 间歇式循环控制起停机线路(之一)

工作原理:合上电源开关 QS,将控制开关 SA 置于“手动”位置,按下起动按钮 SB₁,接触器 KM 得电吸合并自锁,电动机起动运行。按下停止按钮 SB₂,则电动机停转。

若要自动工作,将 SA 置于“自动”位置,中间继电器 KA₁ 得电吸合,其各触点切换,时间继电器 KT₁ 线圈通电,经过一段延时后(该时间为电动机自动循环的停机时间),其延时闭合常开触点闭合,中间继电器 KA₃ 得电吸合,其常开触点闭合,接触器 KM 得电吸合,电动机起动运行。同时,时间继电器 KT₂ 线圈通电,其常

闭触点断开, KT_1 失电, 其延时闭合常开触点断开, KA_3 失电释放, KT_2 延时一段时间(该时间为电动机自动循环的运行时间)后, 其延时闭合常开触点闭合, KA_2 得电吸合, 其常闭触点断开, KM 失电释放, 电动机停止运行。同时, KM 的常开辅助触点断开, KT_2 失电复位, 继而 KA_2 失电复原, KT_1 得电吸合, 为下一次循环做好准备。

调整时间继电器 KT_2 和 KT_1 , 可分别改变电动机的运行时间和停机时间。

(2) 线路之二。如图 2-21 所示。该线路也是利用两只时间继电器来实现自动控制, 但线路结构比较简单。该线路可以实现电动机作间歇自动循环运行, 也可以连续运行。

工作原理: 合上电源开关 QS , 将转换开关 SA 置于间歇运行(图中左侧)位置, 触点 3-4 闭合, 按下起动按钮 SB_1 , 中间继电器 KA 得电吸合, 其常开触点闭合, 接触器 KM 得电吸合并自锁, 电

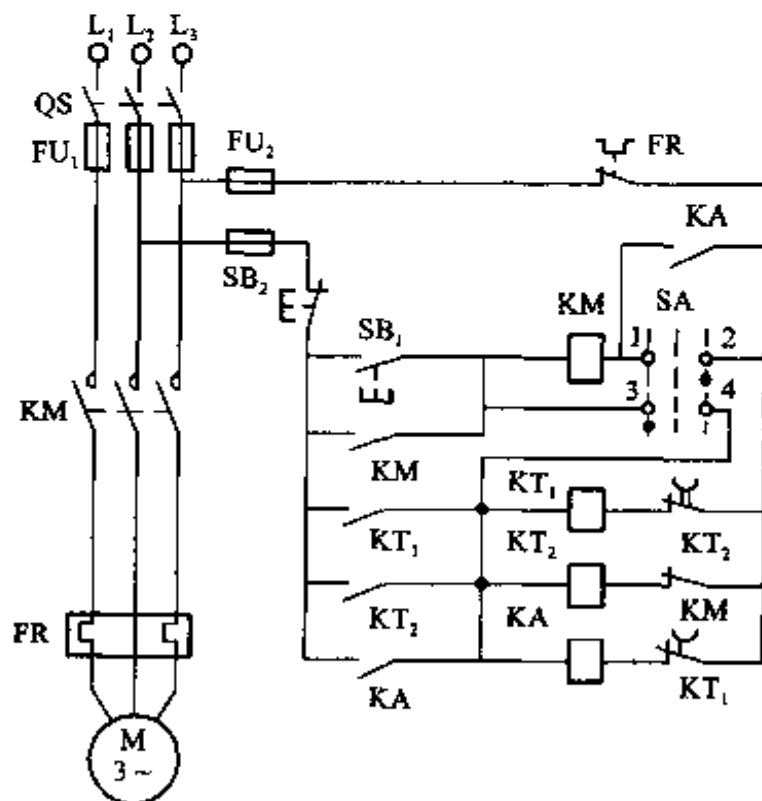


图 2-21 间歇式自动循环控制起停机线路(之二)

动机起动运行。同时,时间继电器 KT_1 线圈通电,经过一段延时后,其延时断开常闭触点断开,KA 失电释放,其常开触点断开,接触器 KM 失电释放,电动机停止运行。KM 常闭触点闭合,使时间继电器 KT_2 通过 KT_1 的常开闭合触点得电,经过一段延时后,其延时断开常闭触点断开, KT_1 失电释放,其常闭触点闭合,使 KA 经过 KT_2 的常开闭合触点得电吸合,其常开触点闭合,接触器 KM 再次得电吸合,电动机又起动运行。由于 KM 常闭辅助触点断开, KT_2 失电,其延时断开常闭触点闭合, KT_1 又得电吸合,重复上述过程。

调整时间继电器 KT_1 和 KT_2 ,可分别改变电动机的运行时间和停机时间。

如将转换开关 SA 置于连续运行(图中右边)位置,则触点 1-2 闭合,按下起动按钮 SB_1 ,电动机就可连续运行。

(3)线路之三。如图 2-22 所示。

工作原理:由三极管 VT_1 和 VT_2 、电容 C_2 及电阻 R_1 、电位器 RP_1 等组成一组延时电路;由三极管 VT_3 和 VT_4 、电容 C_3 、电阻 R_2 、电位器 RP_2 等组成另一组延时电路。合上开关 QS,因三极管 VT_1 、 VT_3 无基极电流, $VT_1 \sim VT_4$ 均截止,继电器 KA_1 、 KA_2 均处于释放状态。当按下按钮 SB 后,电容 C_2 被充电,于是三极管 VT_1 、 VT_2 导通,继电器 KA_1 吸合,其常开触点闭合,接触器 KM 得电吸合,电动机起动运行(尽管此时已松开按钮 SB,因电容 C_2 两端电压不能突变,所以 VT_1 、 VT_2 仍导通)。同时, KA_1 的另一副常开触点闭合,电容 C_3 被充电,为第二组延时做准备。

当电容 C_2 通过电阻 R_1 、 RP_1 及三极管 VT_1 、 VT_2 放电完毕,三极管 VT_1 、 VT_2 截止,继电器 KA_1 失电释放,电动机停转。同时 KA_1 常闭触点闭合,电容 C_3 将通过它向电阻 R_2 、 RP_2 及三极管 VT_3 、 VT_4 放电, VT_3 、 VT_4 导通,继电器 KA_2 得电吸合,其常开触点闭合,于是电容 C_2 便通过它被充电,为第一组延时做好准备。

当电容 C_3 放电完毕, VT_3 、 VT_4 截止,继电器 KA_2 失电释放,

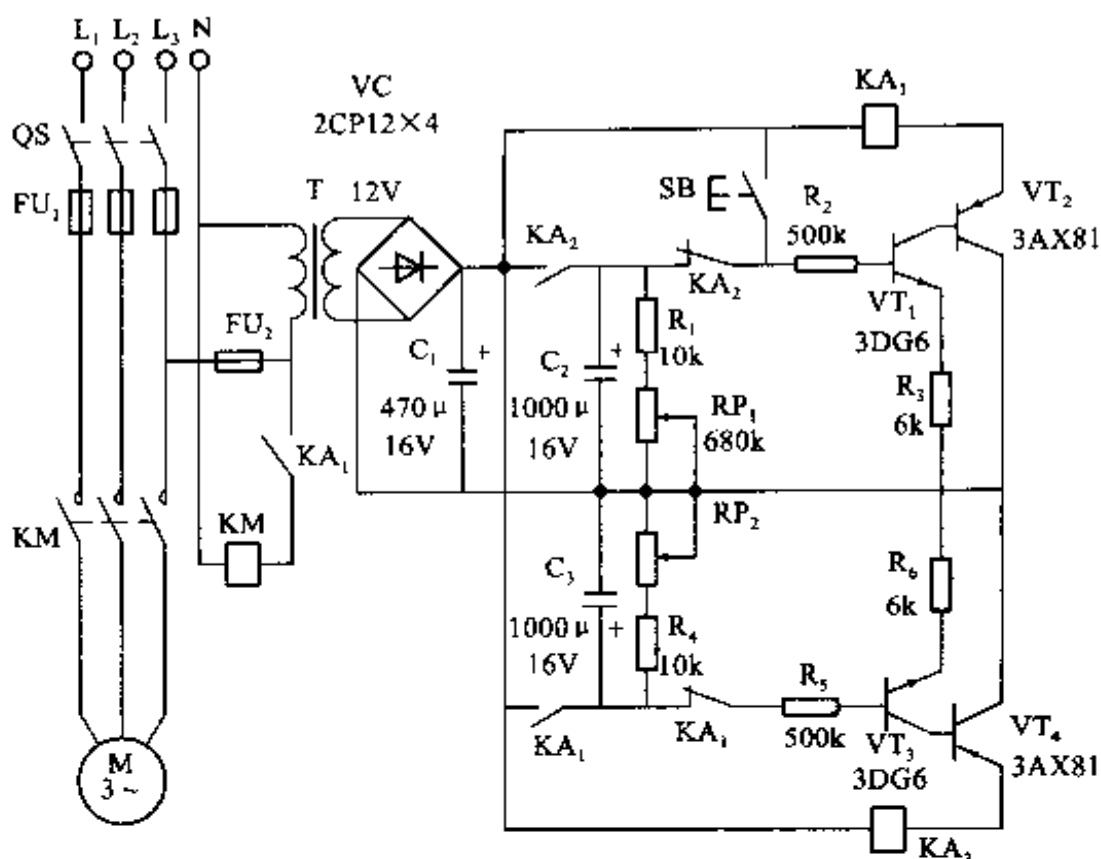


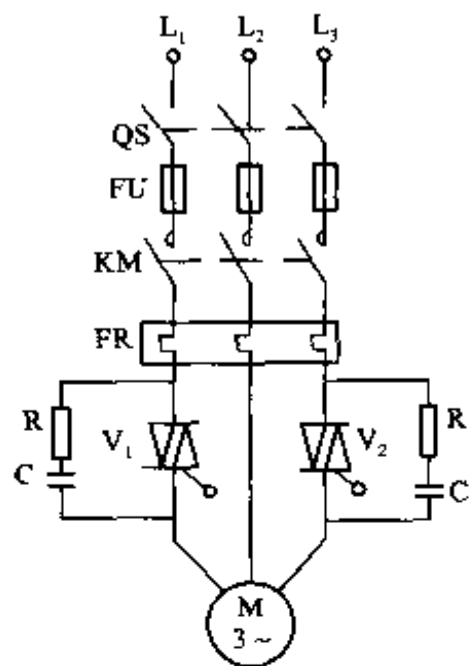
图 2-22 间歇式自动循环控制起停机线路(之三)

其常闭触点闭合,电容 C_2 又通过它向 VT_1 、 VT_2 放电,使 VT_1 、 VT_2 导通,继电器 KA_1 又吸合。如此反复循环。

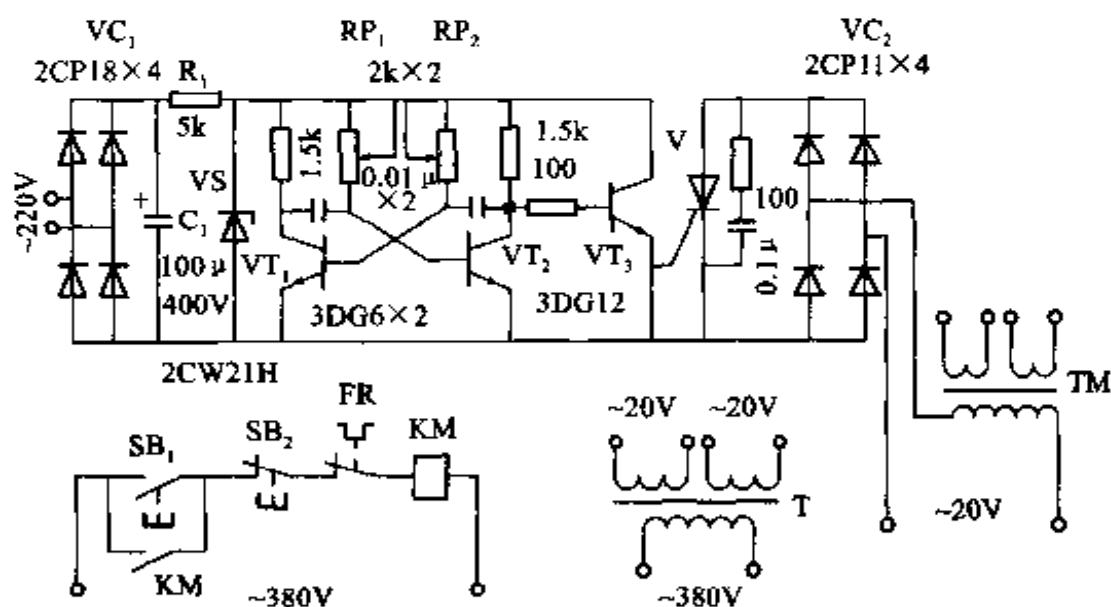
调节电位器 RP_1 和 RP_2 可分别改变电动机运行和停止时间的长短(在 1h 内任意改变)。

(4)线路之四。如图 2-23 所示。其控制部分采用晶体管多谐振荡器。多谐振荡器是具有强烈正反馈的放大器,它的两个耦合支路均为 RC 定时电路,所以没有稳定状态。

工作原理:由三极管 VT_1 、 VT_2 构成多谐振荡器,其振荡频率及输出方波脉冲的占空比,可以通过电位器 RP_1 和 RP_2 任意调节,从而可任意改变电动机运行时间和停止时间。多谐振荡器输出脉冲为高电平时,三极管 VT_3 导通,晶闸管 V 得到触发而导通,脉冲变压器 TM 初级得电,次级便产生触发脉冲,使主电路中双向晶闸管 V_1 、 V_2 导通,电动机运转。反之,当多谐振荡器输出为低电平时, VT_3 截止,V



(a) 主电路



(b) 控制回路

图 2-23 间歇式自动循环控制起停机线路(之四)

截止,没有触发脉冲输出,双向晶闸管 V_1 、 V_2 也截止,电动机停止。

为了使线路简单,采用了双向晶闸管正负交流触发形式。但采用这种形式时,必须注意加在晶闸管控制极上电压的相位。即当晶闸管处于正向工作电压时,控制极须加正向触发电流;当晶闸管处

于反向工作电压时,控制极必须加负向触发电流。在这种状况下,晶闸管性能最佳,输出电压波形比用负脉冲触发性能要好,同时电动机运行时噪声、振动都较小。

(5)线路之五。如图 2-24 所示。电动机的起停可以手动控制,也可以自动控制。该电动机自动控制开关可以控制电动机频繁地起动、停止、运行,并不会引起大电流干扰。

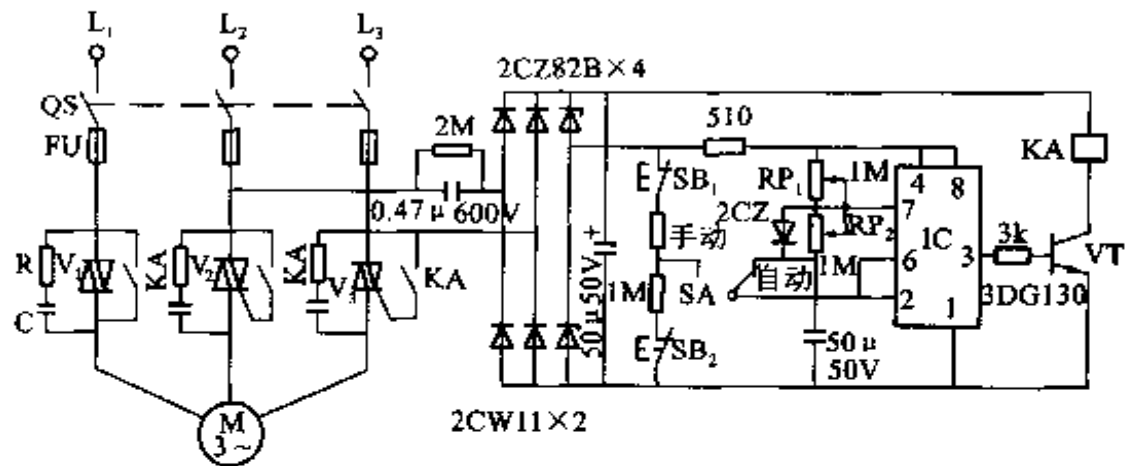


图 2-24 间歇式循环控制起停机线路(之五)

工作原理:

手动控制:将选择开关 SA 置于手动位置,按下按钮 SB_1 , IC(7555)置位输出高电平,三极管 VT 导通,继电器 KA 吸合,其常开触点闭合,双向晶闸管 $V_1 \sim V_3$ 被触发导通,电动机 M 起动运转。按下按钮 SB_2 ,则集成电路复位输出低电平,三极管 VT 截止,KA 释放,其常开触点断开,双向晶闸管截止,电动机停行。

自动控制:将选择开关 SA 置于自动位置,这时 IC(7555)构成极低频方波振荡器,调节电位器 RP_1 和 RP_2 可改变振荡频率和方波脉冲的占空比。每当 IC(7555)输出为高电平时,KA 吸合,电动机转动;IC(7555)输出为低电平时,KA 释放,电动机停转。如此重复循环。重复周期在 100s 内连续可调。调节 RP_1 和 RP_2 可分别改变电动机运行和停止时间的长短。

元件选择:双向晶闸管耐压应在 600V 以上,额定电流应大于负载电流 3 倍以上;继电器 KA 选用 JZX-17F(4Z24)型,带四对常

开触点,工作电压为直流 24V。

(6)线路之六。如图 2-25 所示。该线路利用晶体管延时电路来实现开停机循环控制。可以采取手动和自动两种方式操作。

线路主要由电动机运行时间控制电路和停机时间控制电路两部分组成:

①电动机运行时间控制线路。它是由场效应管 VT_1 、三极管

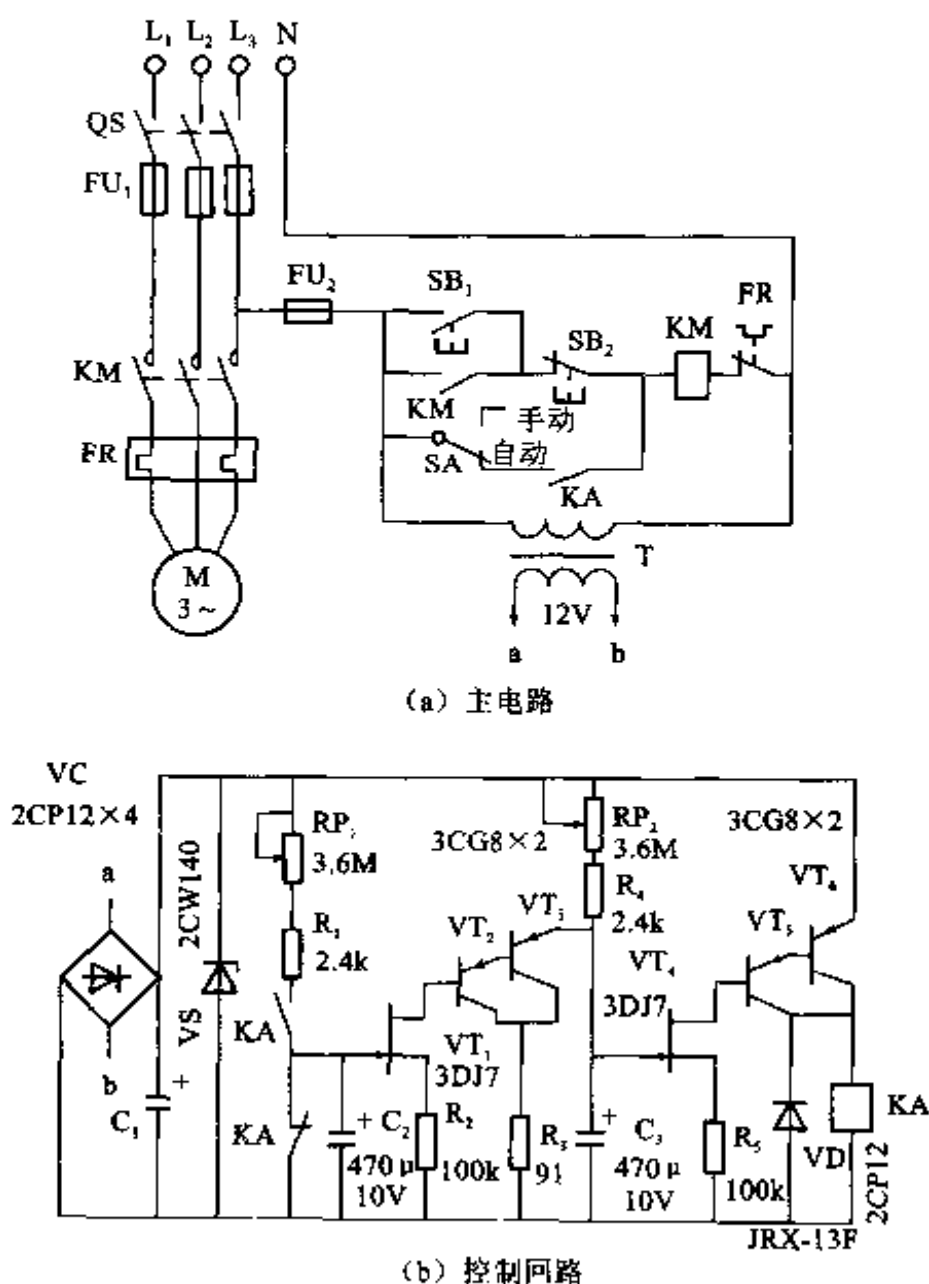
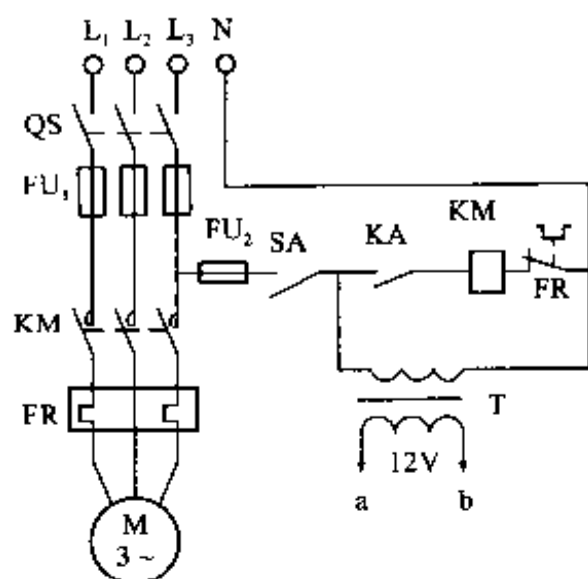


图 2-25 间歇式循环控制起停机线路(之六)

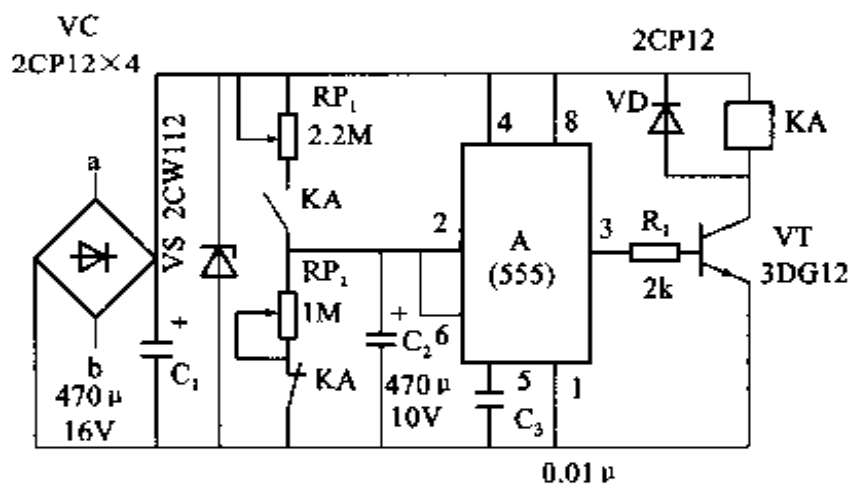
VT₂ 和 VT₃、电阻 R₁、电位器 RP₁ 及电容 C₂ 组成的延时电路。

②电动机停机时间控制线路。它是由场效应管 VT₄、三极管 VT₇ 和 VT₈、电阻 R₄、电位器 RP₂ 及电容 C₃ 组成的延时电路。

工作原理：合上电源开关 QS，手动操作时，将控制开关 SA 置于“手动”位置，即可利用起动按钮 SB₁ 和停止按钮 SB₂ 实现电动机起动和停止。自动控制时，将 SA 置于“自动”位置，则接触器 KM 的动作由中间继电器 KA 来控制。控制过程如下：220V 电源经变压器 T 降压至 12V，再经整流桥 VC 整流、稳压管 VS 稳压、电容 C₁ 滤波，供给控制回路直流电源。电源经电位器 RP₂、电阻 R₄ 对电容 C₃ 充电。当 C₃ 上的电压达到一定值时，场效应管 VT₄ 由截止变为导通，于是复合三极管 VT₅、VT₆ 导通，中间继电器 KA 得电吸合，其常开触点闭合，接触器 KM 得电吸合，电动机起动运行。KA 的常开触点闭合，常闭触点断开，电源便经 RP₁、R₁ 对电容 C₂ 充电。当 C₂ 上的电压达到一定值时，场效应管 VT₂ 由截止变为导通，于是复合三极管 VT₁、VT₃ 导通，接触器 KM 失电释放，电动机停止运行。



(a) 主电路



(b) 控制回路

图 2-26 间歇式自动循环控制起停机线路(之七)

电吸合,其常开触点闭合,接触器 KM 得电吸合,电动机起动运行。同时,KA 的常闭触点断开,常开触点闭合,电源经电位器 RP_1 向电容 C_2 充电。经过一段延时后,当 C_2 上的电压达到 $2/3E_c$ (E_c 为时基电路 A 的电源电压)时,时基电路 A(555)的③脚输出低电平,三极管 VT 截止,中间继电器 KA 失电释放,随之接触器 KM 失电释放,电动机停止运行。同时,KA 的触点复位,电容 C_2 通过电位器 RP_2 放电。电路恢复到初始状态。过一段时间时基电路 A 的②脚又处于低电平,③脚输出高电平,三极管 VT 再次导通,开

始第二个循环。

调节电位器 RP_1 和 RP_2 , 可分别改变电动机运行和停止时间。

15. 两台有起停顺序要求电动机的连锁控制线路(一、二)

下面介绍的两种带电气连锁的线路, 能控制两台电动机的起停顺序。

(1) 线路之一, 如图 2-27 所示。该线路利用时间继电器来控制两台电动机, 其中一台比另一台先起动后停转。

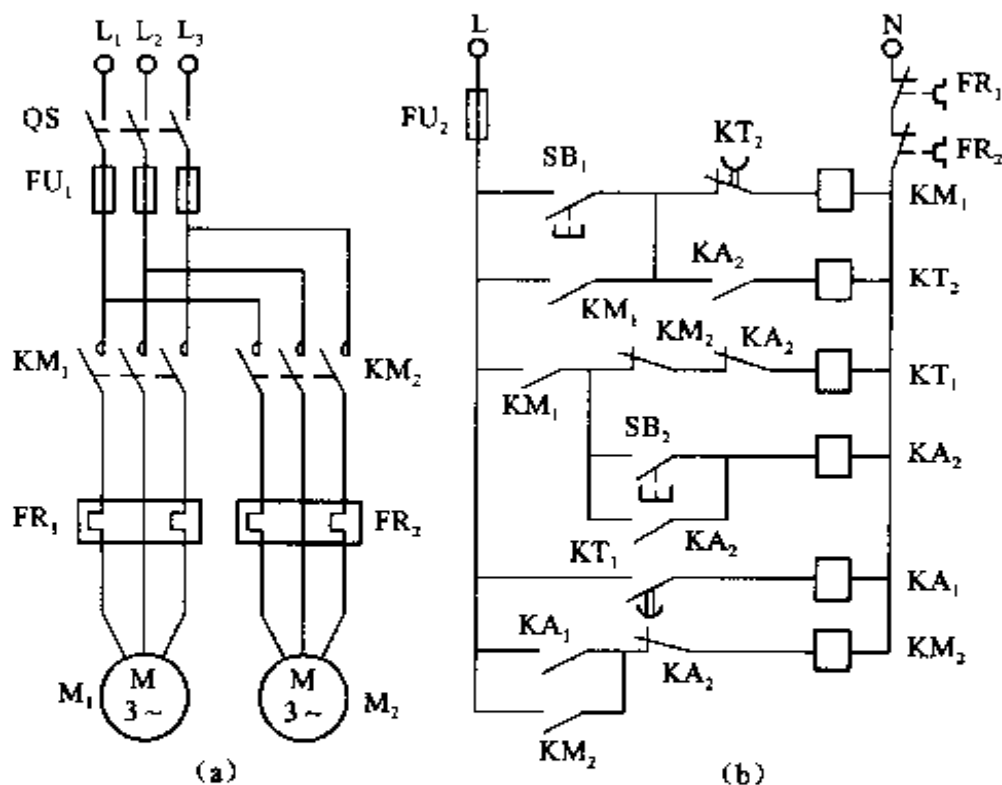


图 2-27 两台电动机其中一台先起动后停转的控制线路(之一)

工作原理: 起动时, 合上电源开关 QS , 按下起动按钮 SB_1 , 接触器 KM_1 得电吸合并自锁, 电动机 M_1 起动运行。 KM_1 常开辅助触点闭合, 时间继电器 KT_1 线圈通电, 经过一段延时后, 其延时闭合常开触点闭合, 中间继电器 KA_1 得电吸合, 其常开触点闭合, 接触器 KM_2 得电吸合并自锁, 电动机 M_2 起动运行。同时, KM_2 常闭辅助触点断开, KT_1 失电释放。

欲要停机, 按下停止按钮 SB_2 , 中间继电器 KA_2 得电吸合并自

锁, 其常闭触点断开, KM_2 失电释放, 电动机 M_2 停止运行。 KA_2 常开触点闭合, 时间继电器 KT_2 线圈通电, 经过一段延时后, 其延时断开常闭触点断开, KM_1 失电释放, 电动机 M_1 停止运行。

调整时间继电器 KT_1 , 可改变两台电动机起动的间隔时间; 调整 KT_2 , 可改变两台电动机停机的间隔时间。

(2) 线路之二。

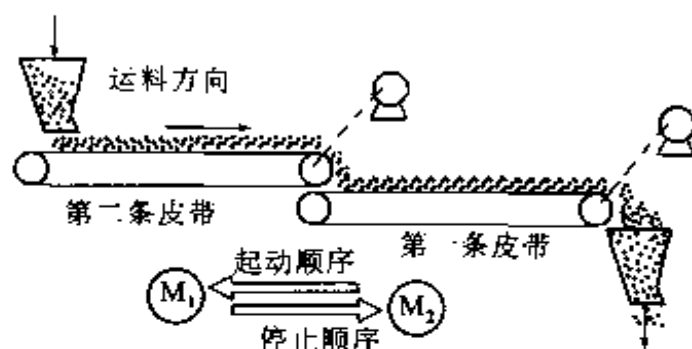


图 2-28 两条皮带输送机工作顺序示意图

有两条皮带输送机, 分别由两台异步电动机带动。为了防止物料在皮带上堵塞, 对皮带输送机的启动和停止有一定的顺序要求: 启动时, 只有当第一条皮带启动后, 第二条皮带才能启动; 停止时, 只有当第二条皮带停止后, 第一条皮带才能停止, 如图 2-28 所示。

两条皮带输送机连锁控制线路如图 2-29 所示。

工作原理: 合上电源开关 QS_3 , 按下启动按钮 SB_1 , 接触器 KM_1 得电吸合并自锁, 电动机 M_1 启动, 第一条皮带运行。同时 KM_1 常开辅助触点闭合, 为电动机 M_2 启动做好准备。如果启动时先按按钮 SB_2 , 由于 KM_1 常开辅助触点是断开的, 所以 M_2 不能启动。

再按下启动按钮 SB_3 , 接触器 KM_2 得电吸合并自锁, 电动机 M_2 启动, 第二条皮带运行。同时, KM_2 常开辅助触点闭合, 使 M_1 的停止按钮 SB_2 失去控制作用, 保证在 M_2 运转期间 M_1 不会先停下来。

要使皮带停止工作, 先按停止按钮 SB_4 , 接触器 KM_2 失电释放, M_2 停转, 第二条皮带先停止运行。同时, KM_2 常开辅助触点断

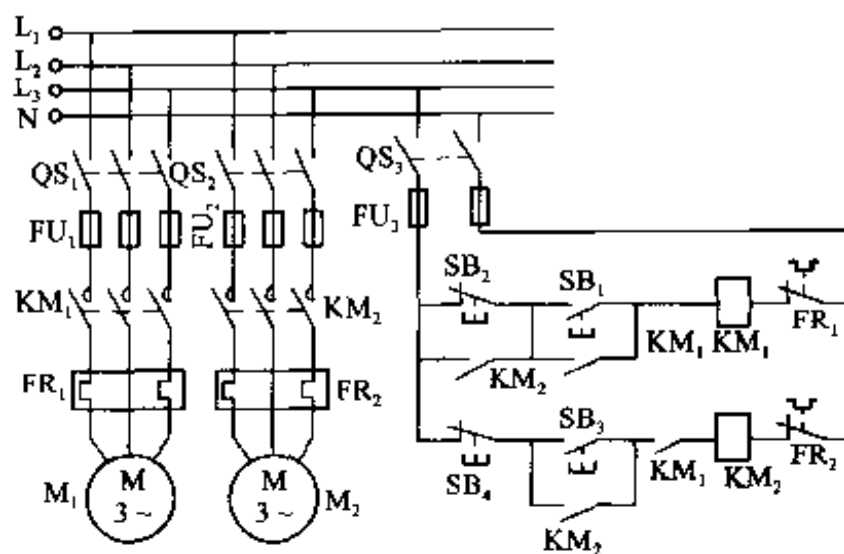


图 2-29 皮带运输机电机工作顺序连锁控制线路(之二)

开,恢复 SB₂ 的作用。按下按钮 SB₁,接触器 KM₁ 失电释放, M₁ 停转,第一条皮带停止运行。

16. 三台有起停顺序要求电动机的连锁控制线路

如图 2-30 所示。该线路能保证电动机 M₁ 起动后,才允许其它两台电动机起动;按下电动机 M₁ 停止按钮,三台电动机同时停机。

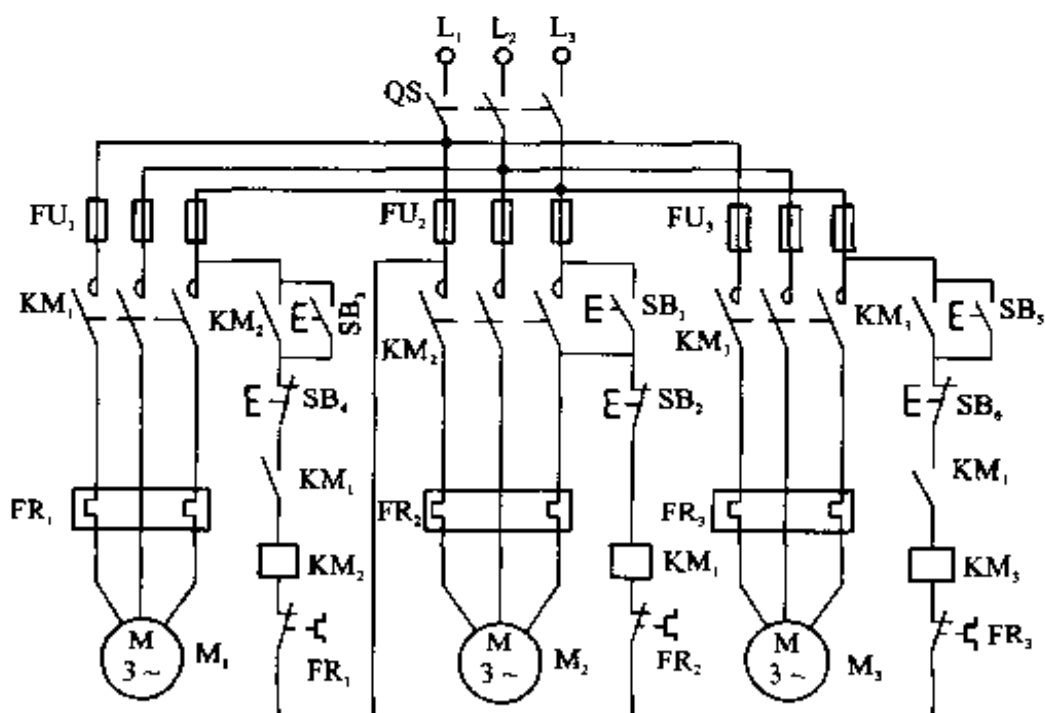


图 2-30 三台电动机连锁控制线路

工作原理:合上电源开关 QS,先按下电动机 M_1 的起动按钮 SB_1 ,接触器 KM_1 得电吸合并自锁(由于一般交流接触器只有两副常开辅助触点,而它们都用做连锁了,所以利用主触点作自锁),电动机 M_1 起动运行。

若先按电动机 M_2 或 M_3 的起动按钮 SB_2 或 SB_3 ,则由于有接触器 KM_1 的常开辅助触头连锁,所以起动不起来,从而保证只有当电动机 M_1 起动后,方可起动其它两台电动机。

停机时,电动机 M_2 、 M_3 可以先停,但只要电动机 M_1 停机(按下 SB_2),则电动机 M_2 、 M_3 也同时停机。

17. 相序判别器控制的电动机定向运转线路

在某些场合,只允许电动机按一个指定的方向运转,即使当电源相序因外线路检修后或其它原因而反相时,也要保证电动机按指定方向运转,否则会造成人身及设备事故。为此可采用如图2-31所示的自控线路。该线路采用相序判别器来进行控制。

工作原理:当电源相序正确时,即为 U、V、W 相序时,氖泡 Ne 不亮,光电管 VT_1 截止,三极管 VT_2 导通,中间继电器 KA 得电吸合。按下起动按钮 SB_1 ,接触器 KM_1 得电吸合并自锁,电动机正向起动运行。

如果相序不对,则氖泡 Ne 发亮,光电管 VT_1 导通, VT_2 截止,中间继电器 KA 释放。按下起动按钮 SB_1 ,接触器 KM_2 得电吸合并自锁,将电动机改变相序后接入电源,因此,电动机仍正向起动运行。

对于电源处没有零线的场合,可以采用如图 2-32(a)、(b)、(c)所示的相序判别器。

如果用图 2-32(b)的相序判别器代替图 2-31 中的虚线框部分,只要将中间继电器 KA 的常开、常闭触点分别取代图 2-31 中的中间继电器 KA 的常开、常闭触点即可。电源相序正确时,调整电阻 $R_1 \sim R_3$ 的阻值,使 KA 可靠吸合,电源反相时,KA 可靠释放。

当采用图 2-32(c)的相序判别器代替图 2-31 中的虚线框部分

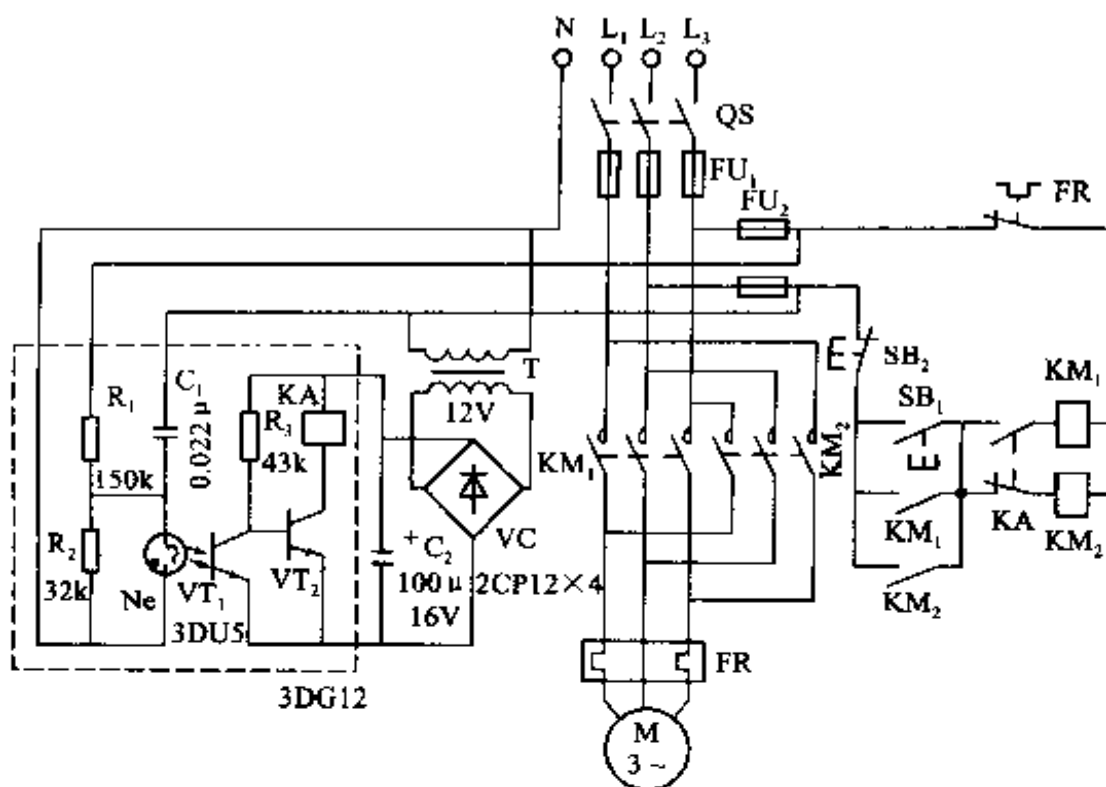


图 2-31 只允许电动机单向运转的自控线路

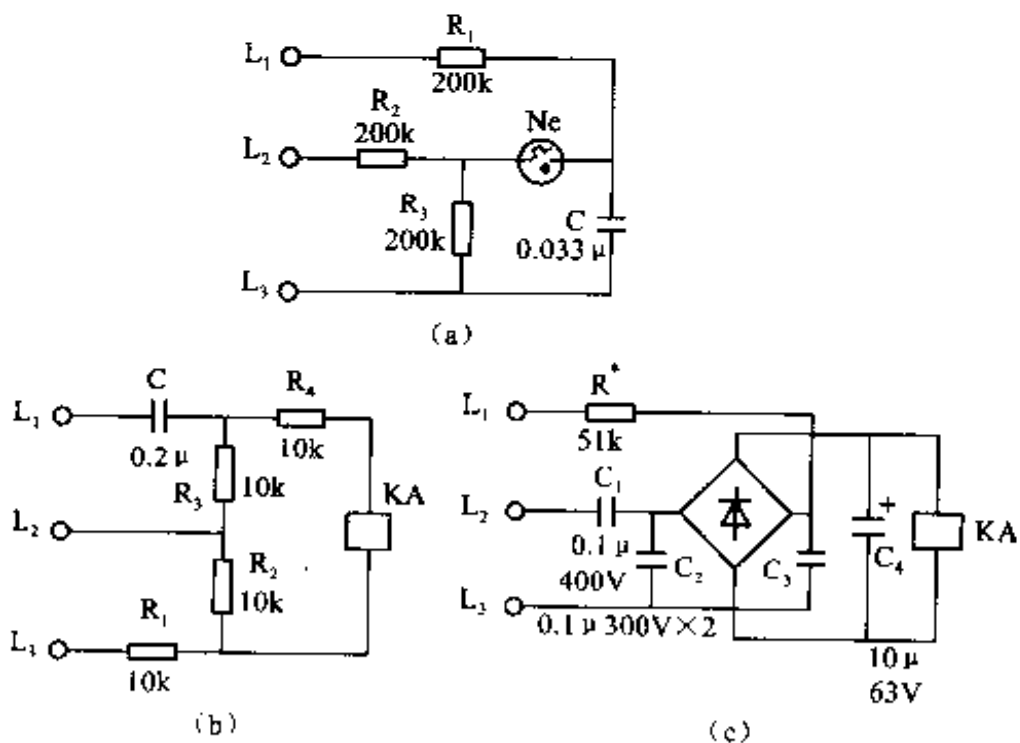


图 2-32 另外几种相序判别器电路

时,则要将中间继电器 KA 的常开、常闭触点分别取代图 2-31 中的中间继电器 KA 的常闭、常开触点。电源相序正确时,KA 不吸合,电源反相时,KA 吸合。调整电阻 R^* 的阻值,使相序为 U、V、W 时,KA 线圈上的电压最小,KA 可靠释放。

当 KA 选用 JZC-22F(直流 48V 6400 Ω)时,则相序器各元件参数如图中所标。

第二节 双速、多速电动机控制线路

18. 2Y/ Δ 接法双速电动机开关控制线路

小容量双速电动机可用组合开关(如经改装的 LW5 型)进行控制。

图 2-33 所示为 2Y/ Δ 接法的双速电动机定子绕组引出线的接线图。电动机控制线路如图 2-34 所示。

工作原理:合上电源开关 QS,当转换开关 SA 置于“0”位置时,由 SA 触点闭合表可知,各组触点均处于断开状态,因此电动机为停机状态。当 SA 置于右侧位置时,触点 1-2、5-6、9-10 闭合,三相电源与电动机引出线 D_1 、 D_2 、 D_3 接通,电动机为 Δ 形连接,电动机低速运行。

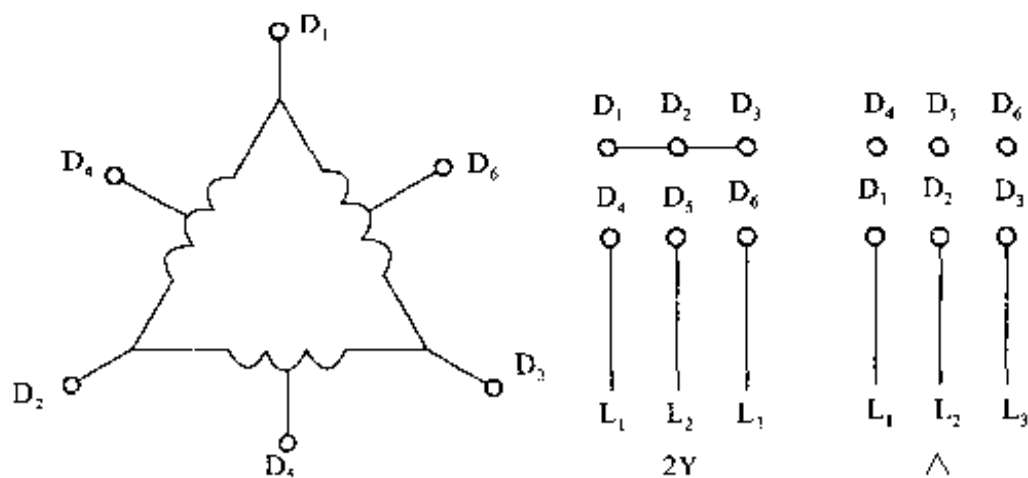


图 2-33 双速电动机定子绕组 2Y/ Δ 接法

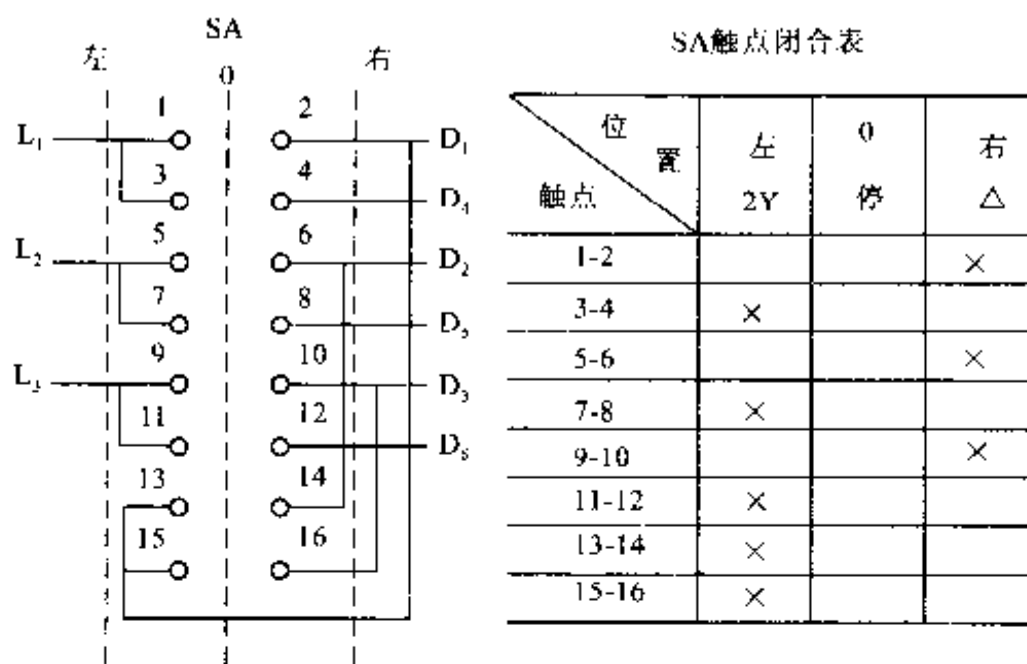


图 2-34 2Y/Δ接法的双速电动机组合开关控制线路

当 SA 置于左边位置时, 触点 3-4、7-8、11-12 闭合, 三相电源与电动机引出线 D_1 、 D_2 、 D_3 接通, 又由于触点 13-14、15-16 闭合, 使电动机引出线 D_4 、 D_5 、 D_6 短接, 电动机为 2Y 形连接, 电动机高速运行。

19. 2Y/Δ接法双速电动机接触器控制线路(一~四)

(1) 线路之一。如图 2-35 所示。

工作原理: 合上电源开关 QS, 按下低速起动按钮 SB_1 , 接触器 KM_1 得电吸合并自锁, 三相电源与电动机引出线 D_1 、 D_2 、 D_3 接通, D_4 、 D_5 、 D_6 空着, 电动机为 Δ 形连接, 电动机低速运行。

按下高速起动按钮 SB_2 , 接触器 KM_3 、 KM_2 先后吸合并自锁, D_4 、 D_5 、 D_6 被 KM_2 主触点短接, 三相电源与电动机引出线 D_1 、 D_2 、 D_3 接通, 此时电动机为 2Y 形连接, 电动机高速运行。

在该线路中, 电动机接成 2Y 形时, 先由接触器 KM_2 接通定子绕组的中心点, 然后 KM_3 才得电吸合, 接通电源。这样, 可避免接通电源时, 因电流过大而烧坏 KM_2 主触头。

KM_1 、 KM_2 和 KM_3 的常闭辅助触点为连锁触点。

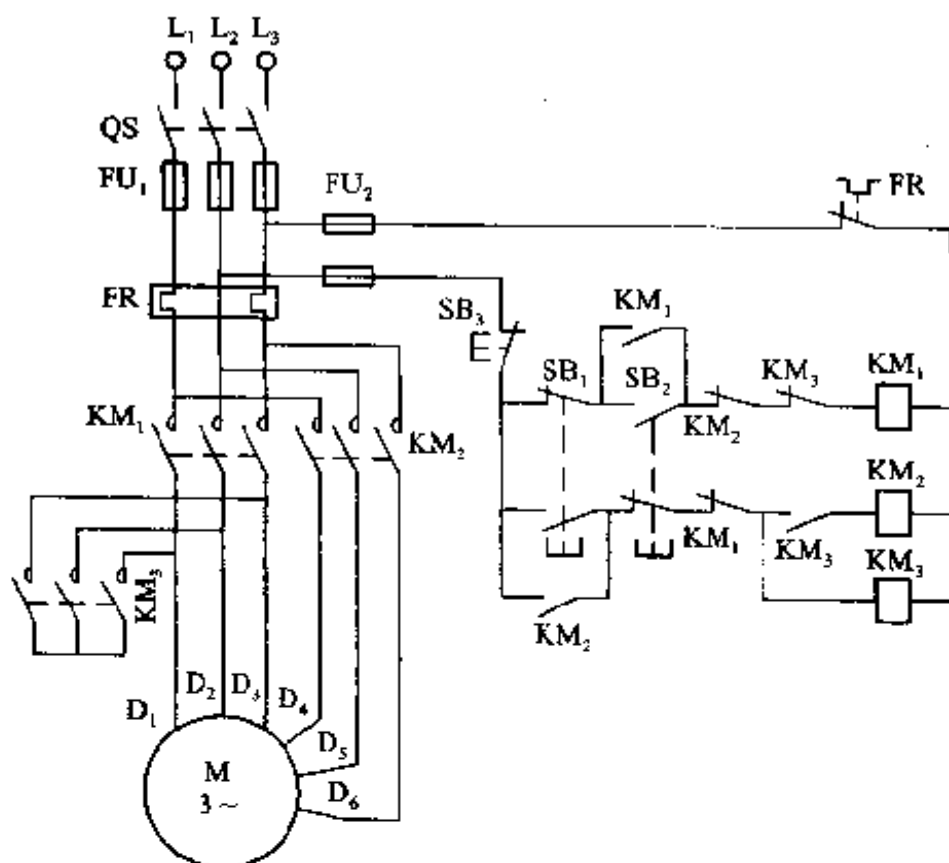


图 2-35 2Y/ Δ 接法双速电动机接触器控制线路(之一)

(2)线路之二。如图 2-36 所示。该线路只用两只接触器,线路简单,但只能适用于 2kW 以下的双速电动机。

工作原理:合上电源开关 QS,按下低速起动按钮 SB₁,接触器 KM₁ 得电吸合并自锁,三相电源与电动机引出线 D₁、D₂、D₃ 接通, D₄、D₅、D₆ 空着,电动机为 Δ 形连接,电动机低速运行。

按下高速起动按钮 SB₂,接触器 KM₂ 得电吸合并自锁,电动机引出线 D₁、D₂、D₃ 被 KM₂ 常开触点短接,三相电源与 D₄、D₅、D₆ 接通,电动机为 2Y 形连接,电动机高速运行。

(3)线路之三。如图 2-37 所示。

工作原理:合上电源开关 QS,当转换开关 SA 置于“低速”位置时,接触器 KM₁ 得电吸合,三相电源与电动机引出线 D₁、D₂、D₃ 接通,电动机为 Δ 形连接,电动机低速运行。

当 SA 置于“高速”位置时,时间继电器 KT 线圈通电,其常开

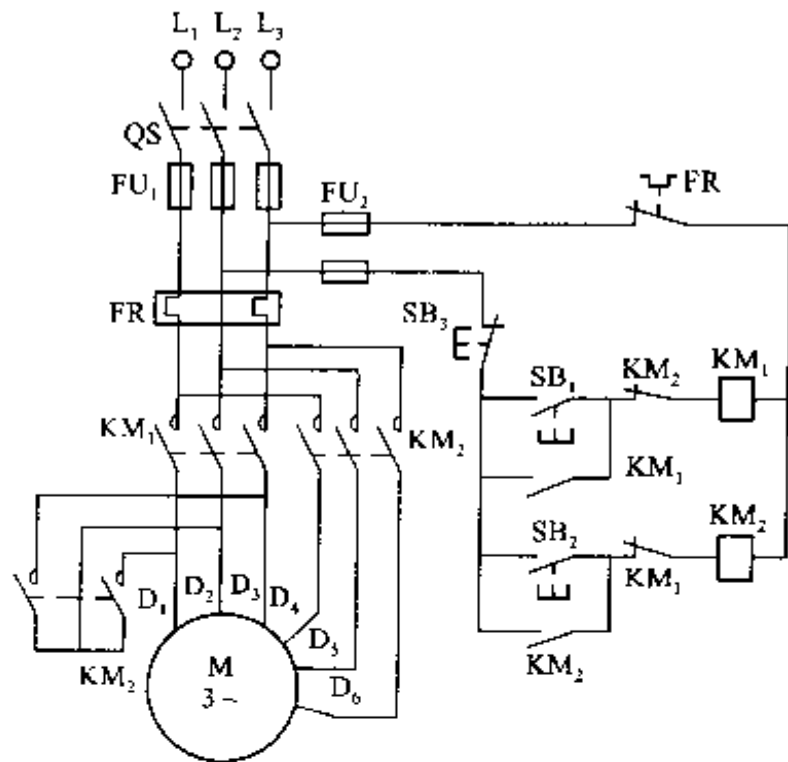


图 2-36 2Y/Δ接法双速电动机接触器控制线路(之二)

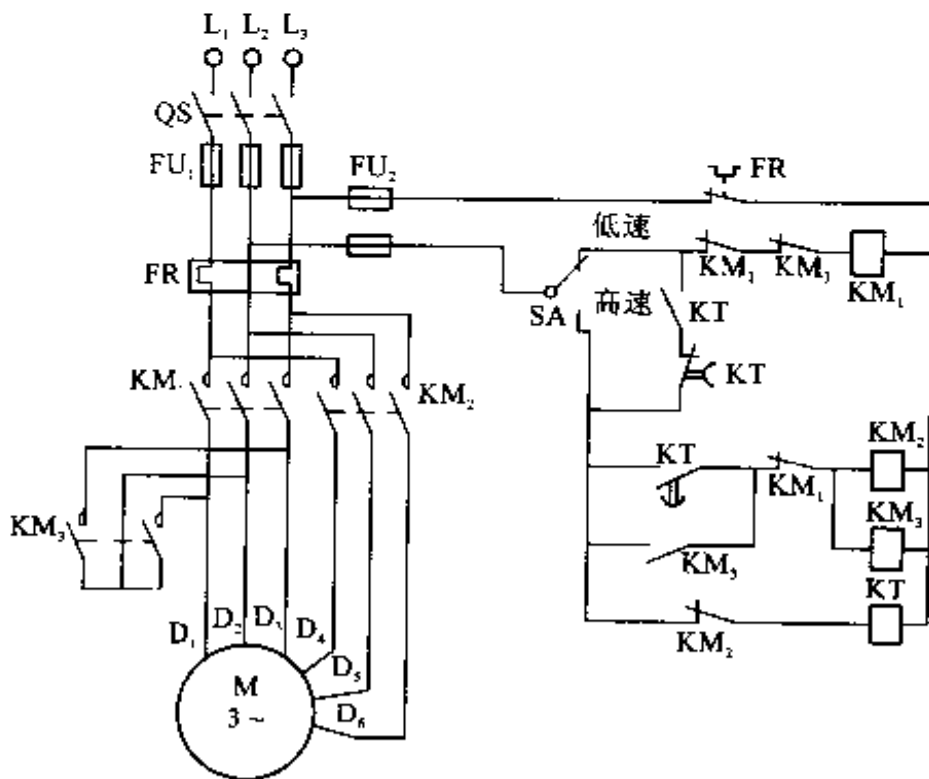


图 2-37 2Y/Δ接法双速电动机接触器控制线路(之三)

触点闭合,接触器 KM_1 得电吸合,其常闭辅助触点分段连锁,电动机首先接成 Δ 形而低速运行。经过一段延时后, KT 的延时断开常闭触点断开,延时闭合常开触点闭合,接触器 KM_1 失电释放,其常闭辅助触点闭合,接触器 KM_2 、 KM_3 得电吸合并自锁,电动机为 $2Y$ 形连接,电动机高速运行。同时,由于 KM_2 常闭辅助触点断开,时间继电器 KT 退出工作。

调整时间继电器 KT ,可以改变电动机从低速起动到高速运行间隔的时间。

(4)线路之四。如图 2-38 所示。该线路能使电动机低速起动(Δ 形连接),然后自动地将转速加快投入高速($2Y$ 形连接)运行。从低速起动到高速运行间隔时间可由时间继电器 KT 来调整。

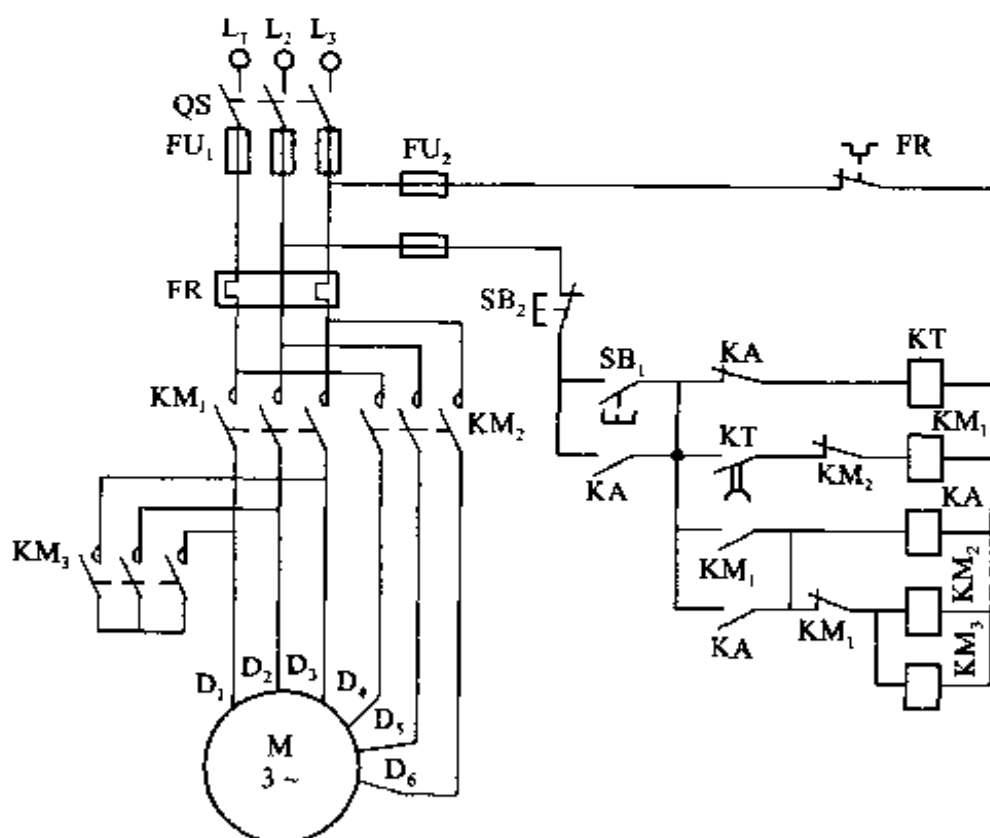


图 2-38 $2Y/\Delta$ 接法双速电动机接触器控制线路(之四)

工作原理:合上电源开关 QS ,按下起动按钮 SB_1 ,时间继电器 KT 线圈通电,其常开触点闭合,接触器 KM_1 得电吸合,继而中间

继电器 KA 得电吸合并自锁, KM_1 常开触点闭合, 三相电源与电动机引出线 D_1 、 D_2 、 D_3 接通, 电动机为 Δ 形连接, 投入低速运行。

由于 KA 吸合, 其常闭触点断开, 时间继电器 KT 失电, 经过一段延时后, 其延时断开常开触点断开, 接触器 KM_1 失电释放, 接触器 KM_2 和 KM_3 得电吸合, KM_2 、 KM_3 常开触点闭合, 电动机引出线 D_1 、 D_2 、 D_3 被短接, 三相电源与 D_5 、 D_5 、 D_6 接通, 电动机为 2Y 形连接, 自动进入高速运行。

20.2 Δ /Y 接法双速电动机开关控制线路

(1) 线路之一。图 2-39 所示为 2 Δ /Y 接法的双速电动机定子绕组引出线的接线图。电动机控制线路如图 2-40 所示。

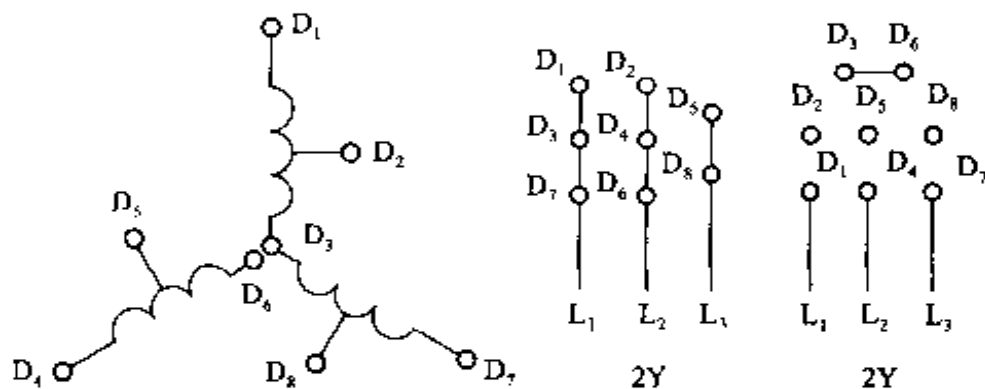


图 2-39 双速电动机定子绕组 2 Δ /Y 接法

工作原理: 合上电源开关 QS, 当转换开关 SA 置于“0”位置时, 由 SA 触点闭合表可知, 各组触点均处于断开状态, 电动机处于停机状态。当 SA 置于右侧位置时, 触点 1-2、9-10、17-18 闭合, 三相电源与电动机引出线 D_1 、 D_5 、 D_7 接通, 又由于触点 19-20 闭合, 将 D_3 、 D_6 短接, 电动机为 Y 形连接, 电动机低速运行。

当 SA 置于左侧位置时, 触点 1-2、3-4、5-6、7-8、9-10、11-12、13-14、15-16 均闭合, 三相电源与电动机引出线 D_6 、 D_7 、 D_8 接通, 电动机为 2 Δ 形连接, 进入高速运转。

21.2 Δ /Y 接法双速电动机接触器控制线路

如图 2-41 所示。

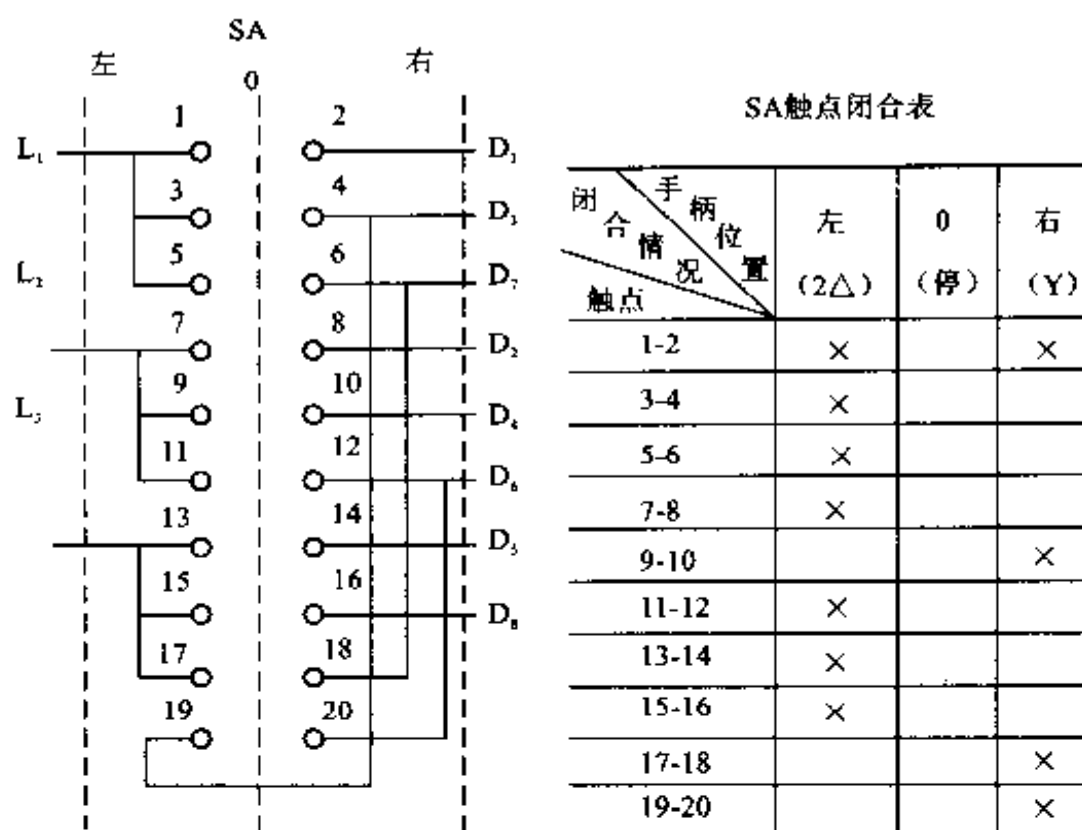


图 2-40 2Δ/Y 接法的双速电动机开关控制线路

工作原理:合上电源开关 QS,按下低速起动按钮 SB₁,接触器 KM₄、KM₅ 得电吸合并自锁,KM₄ 常闭辅助触点断开,切断接触器 KM₁、KM₂ 和 KM₃ 线圈回路。此时三相电源与电动机引出线 D₁、D₄、D₇ 接通,D₂、D₅、D₈ 空开,D₃、D₆ 短接,电动机为 Y 形连接,电动机低速运行。

按下高速起动按钮 SB₂,接触器 KM₁、KM₂、KM₃ 得电吸合并自锁,U 相电源与电动机引出线 D₁、D₃、D₇ 接通,V 相电源与 D₂、D₄、D₆ 接通,W 相电源与 D₅、D₈ 接通,电动机为 2Δ 形连接,电动机高速运行。

22. 2Y/2Y 接法双速电动机开关控制接线

图 2-42 所示为 2Y/2Y 接法的双速电动机定子绕组引出线的接线图。电动机开关控制线路如图 2-43 所示。

工作原理:合上电源开关 QS,当转换开关 SA 置于“0”位置

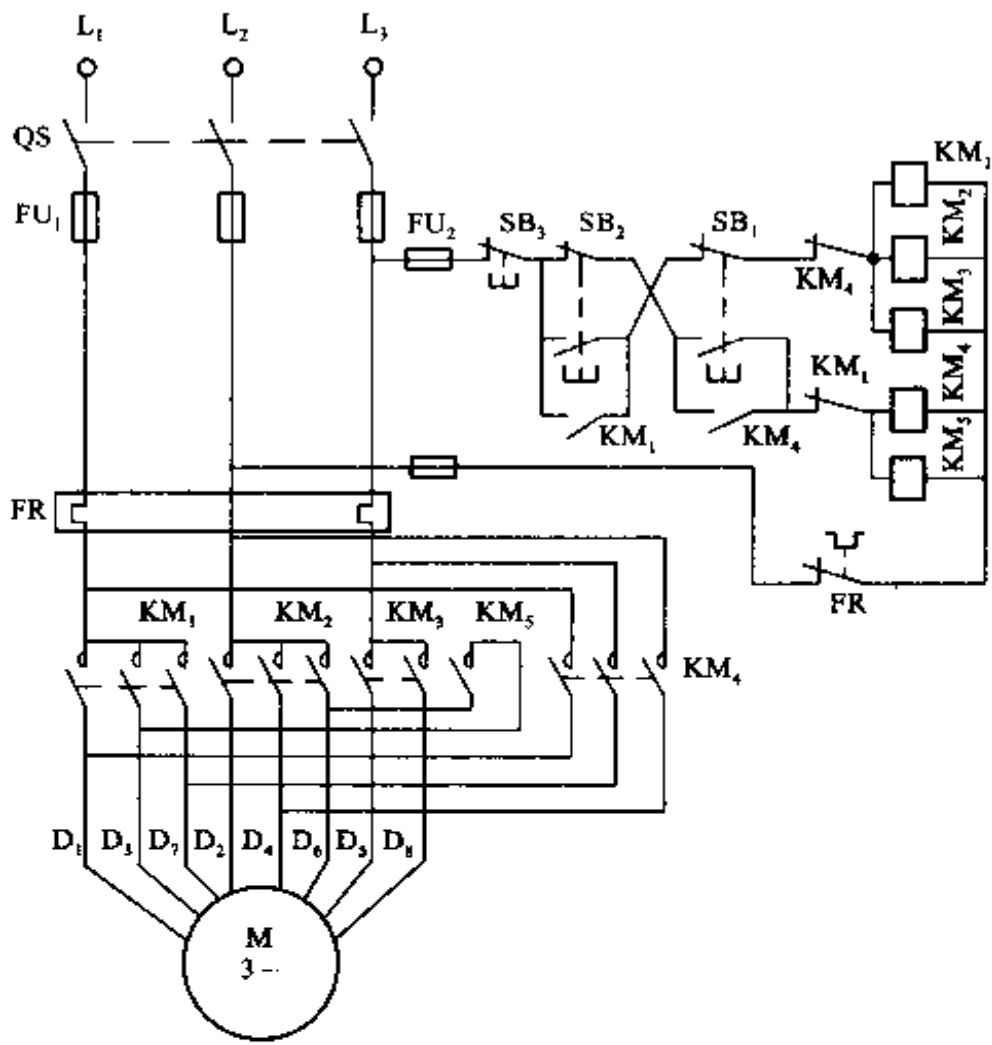


图 2-41 2Δ/Y 接法双速电动机接触器控制线路

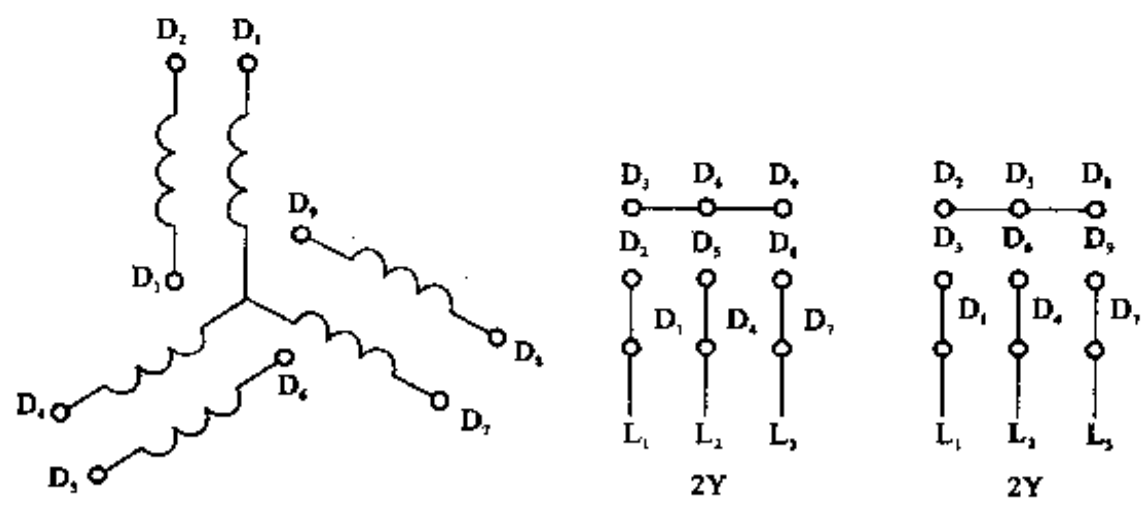


图 2-42 双速电动机定子绕组 2Y/2Y 接法

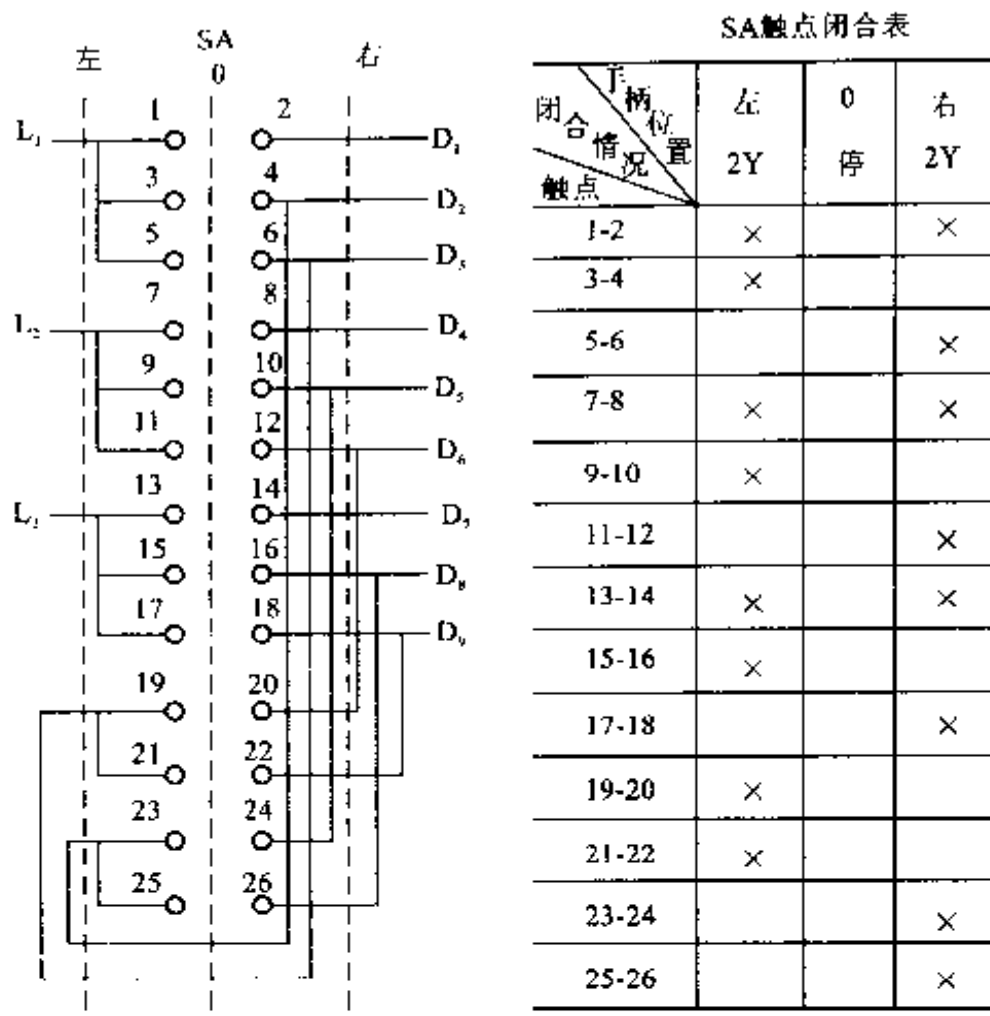


图 2-43 2Y/2Y 接法的双速电动机开关控制线路

时,由 SA 触点闭合表可知,各组触点均处于断开状态,电动机处于停机状态。当 SA 置于右侧位置时,触点 1-2、5-6、7-8、11-12、13-14、17-18 闭合,三相电源与电动机引出线 D_1 、 D_4 、 D_7 接通,又由于触点 23-24、25-26 闭合, D_2 、 D_5 、 D_8 被短接,电动机接成第一种 2Y 形连接,电动机低速运行。

当转换开关 SA 置于左侧位置时,SA 触点 1-2、3-4、7-8、9-10、13-14、15-16 闭合,三相电源与电动机引出线 D_1 、 D_4 、 D_7 接通,又由于触点 19-20、21-22 闭合, D_3 、 D_6 、 D_9 被短接,电动机接成第二种 2Y 形连接,电动机高速运行。

23. 2Y/2Y 接法双速电动机接触器控制线路

如图 2-44 所示。

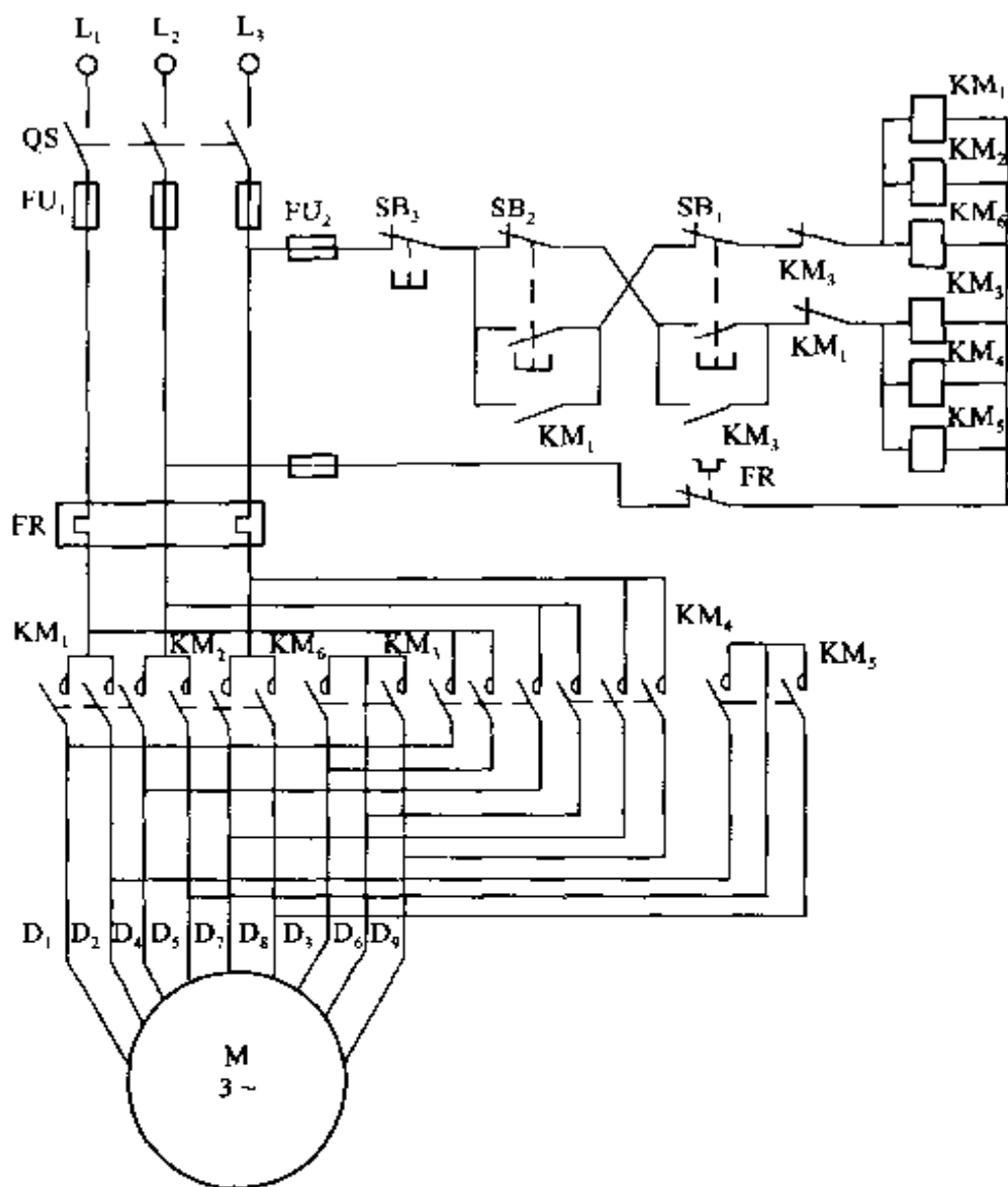


图 2-44 2Y/2Y 接法双速电动机接触器控制线路

工作原理：合上电源开关 QS，按下低速起动按钮 SB₁，接触器 KM₃、KM₄、KM₅ 得电吸合并自锁。电动机引出线 D₁、D₃、D₄、D₆、D₇、D₈ 分别与电源 U 相、V 相和 W 相接通，D₂、D₅、D₈ 被短接，电动机接成第一种 2Y 形连接，电动机低速运行。

按下高速起动按钮 SB₂，接触器 KM₁、KM₂、KM₆ 得电吸合并自锁。电动机引出线 D₁、D₂、D₄、D₅、D₇、D₈ 分别与电源 U 相、V 相、W 相接通，D₃、D₆、D₉ 被短接，电动机接成第二种 2Y 形连接，进入

高速运行。

24. 带能耗制动的双速电动机正反转控制线路

如图 2-45 所示。SB₃ 为正转按钮；SB₄ 为反转按钮；SB₁ 为低速起动按钮；SB₂ 为高速起动按钮；SB₅ 为停止按钮；KM₆ 为制动接触器，制动时间由时间继电器 KT 来控制；中间继电器 KA 的作用是保证先选择所需要的转速，然后才能选择正反转运行。

工作原理：如选择低速正转运行，可先按下低速起动按钮 SB₁，接触器 KM₇ 得电吸合并自锁，电动机为△形连接；再按下正转按钮 SB₃，接触器 KM₁ 得电吸合并自锁，电动机低速正转运行。

如果在运行中要改成反转运行，可按下反转按钮 SB₄，这时接触器 KM₁ 失电释放，而接触器 KM₂ 得电吸合并自锁，供给电动机的电源改变相序，电动机改变转向。

如选择高速反转运行，可先按下高速起动按钮 SB₂，接触器 KM₁、KM₅ 得电吸合并自锁，电动机为 2Y 形连接；再按下反转按钮 SB₄，电动机高速反转运行。如果在运行中要改成正转运行，按下正转按钮 SB₃ 即可。

按下停止按钮 SB₅，则接触器 KM₆ 得电吸合并自锁，其常开触点闭合，电源经变压器 T 降压、整流桥 VC 整流，供给电动机以直流电源，进行能耗制动。同时，时间继电器 KT 线圈通电，经过一段延时后，其延时断开常闭触点断开，继电器 KM₆ 失电释放，制动过程结束。

25. 三速电动机控制线路(一、二)

三速电动机可用组合开关手动控制(原理与双速电动机类同)，也可用接触器自动控制。

图 2-46 所示为双层绕组、恒转矩、三速电动机定子绕组引出线接线图。

(1)线路之一，接触器控制线路。如图 2-47 所示。图中 SB₁、SB₂ 和 SB₃ 分别是电动机低速、中速和高速运行的起动按钮。

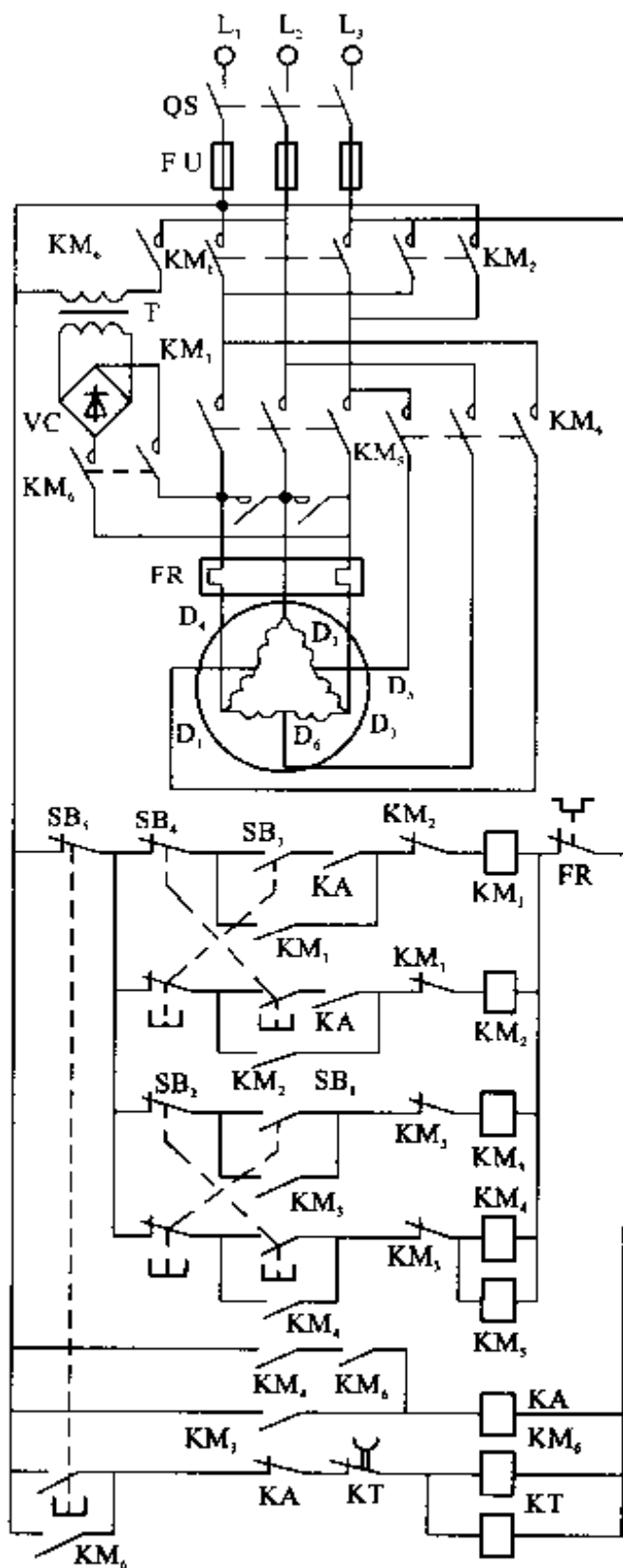


图 2-45 带能耗制动的双速电动机正反转控制线路

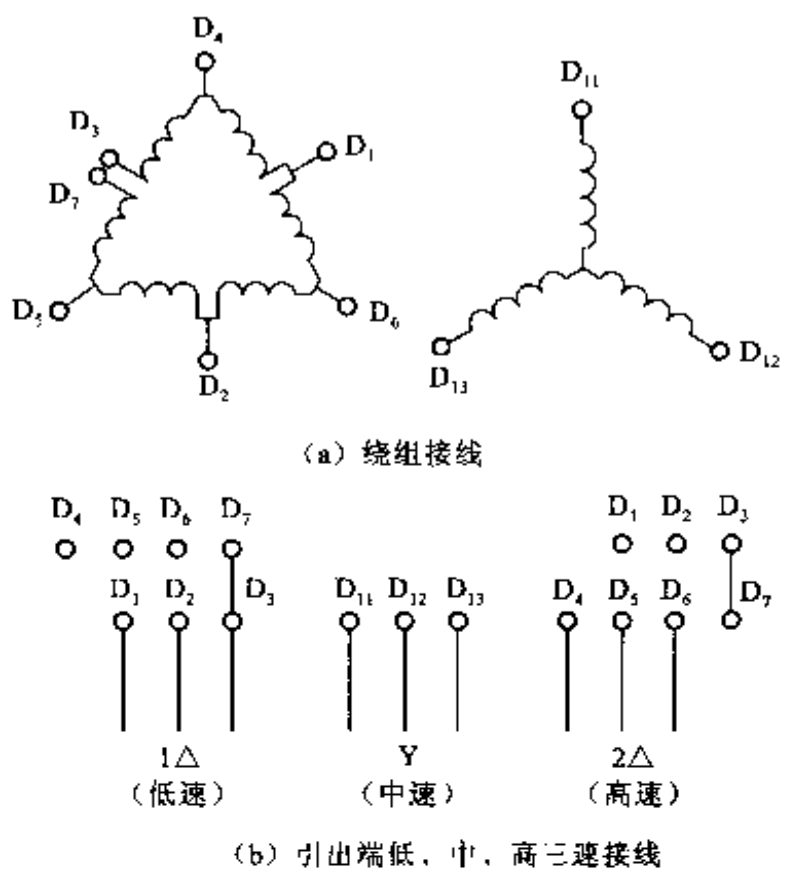


图 2-46 三速电动机定子绕组引出线接线图

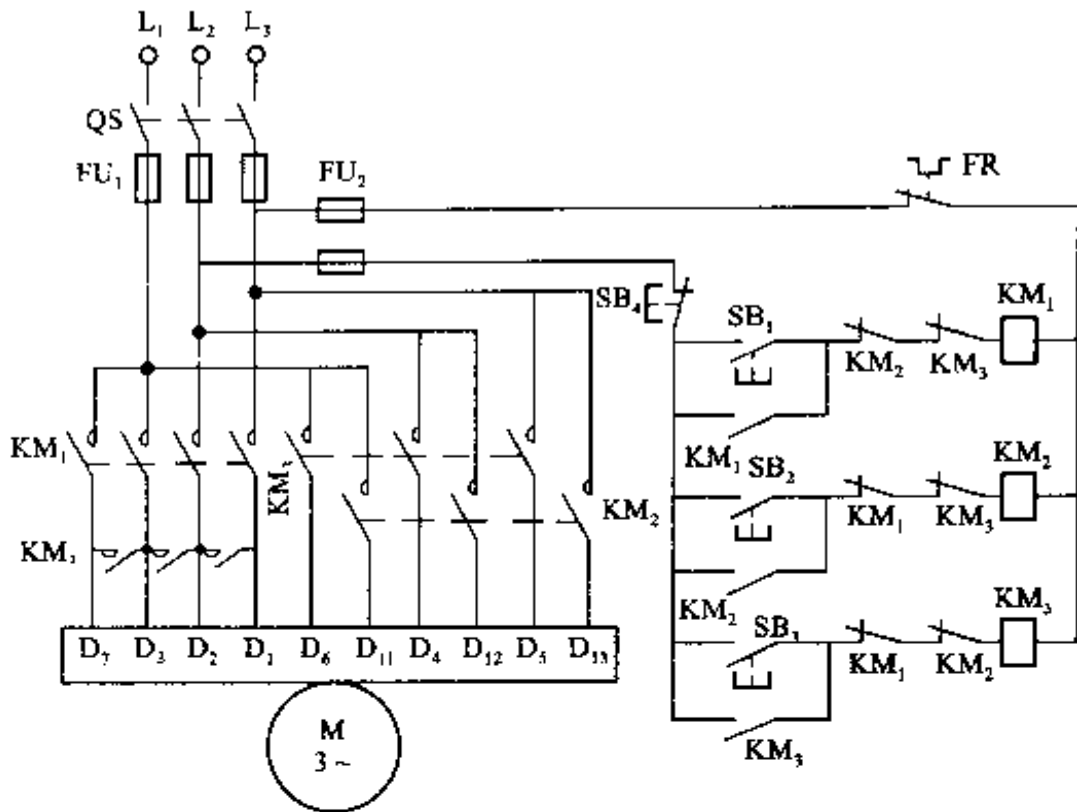


图 2-47 三速电动机接触器控制线路

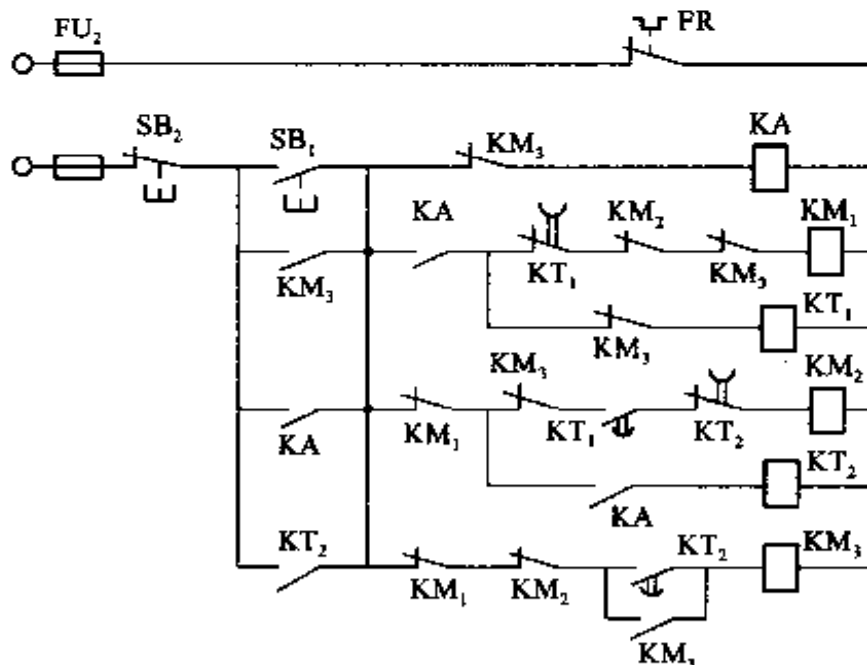


图 2-48 三速电动机自动加速控制线路

锁,其常开触点闭合,接触器 KM_1 得电吸合,电动机为 1Δ 形连接,电动机低速起动运行。同时,时间继电器 KT_1 线圈通电,经过一段延时后,其延时断开常闭触点断开, KM_1 失电释放,而延时闭合常开触点闭合,接触器 KM_2 得电吸合,电动机为 Y 形连接,并进入中速运行。同时,时间继电器 KT_2 线圈通电,经过一段延时后,其延时断开常闭触点断开, KM_2 失电释放,而延时闭合常开触点闭合,接触器 KM_3 得电吸合并自锁,电动机为 2Δ 形连接,进入高速运行。

由于 KM_3 的常闭辅助触点断开,中间继电器 KA、接触器 KM_1 、 KM_2 和时间继电器 KT_1 、 KT_2 均失电释放。

26. 四速电动机控制线路(一、二)

四速电动机可用组合开关控制,也可用接触器控制。

(1)线路之一,组合开关控制线路。如图 2-49 所示。组合开关触点闭合情况见表 2-1。

表 2-1 组合开关 SA 触点闭合表

触点标号	手柄位置			
	I	II	III	IV
	定子绕组接线			
	1Δ	2Δ	1Y	2Y
1			×	
2			×	
3			×	
4	×			
5	×			
6	×			
7			×	
8			×	
9	×		×	
10				
11				×
12				×

续表 2-1

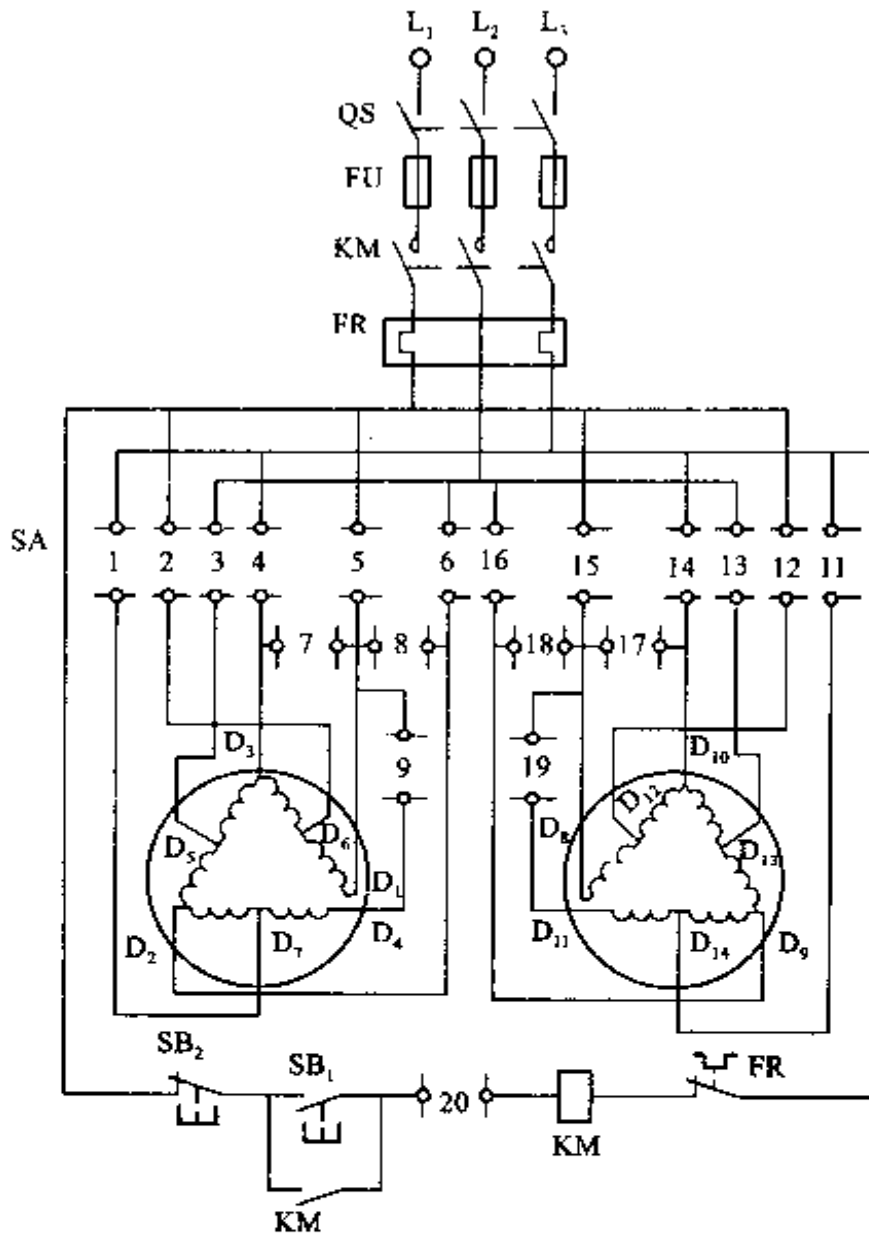
触点标号	手柄位置			
	I	II	III	IV
	定子绕组接线			
	1△	2△	1Y	2Y
13				×
14		×		
15		×		
16		×		
17				×
18				×
19		×		×
20	×	×	×	×

定子绕组 1△、2△、1Y、2Y 接线,分别对应电动机转速 n_1 、 n_2 、 n_3 、 n_4 ($n_1 < n_2 < n_3 < n_4$)。

工作原理:合上电源开关 QS,将转换开关 SA 置于所需要的转速档位。如要得到第一档转速(低速),可将 SA 置于“ I ”的位置,这时 SA 触点(副)4、5、6、9 闭合,电动机为 1△形连接,同时触点 20 也闭合。按下起动按钮 SB_1 ,接触器 KM 得电吸合并自锁,电动机起动运行。触点 20 是连锁触点,在每次更换速度时,它先于主电路触点断开。

若要在电动机运行过程中改变转速,可扳动转换开关 SA,这时触点 20 断开,接触器 KM 失电释放,电动机和电源分开。触点 4、5、6、9 则在电动机电路断开时分开。转换开关 SA 在新位置,另一组触点闭合,同时触点 20 闭合,再按动起动按钮 SB_1 ,则电动机在另一转速下起动运行。

(2)线路之二,接触器控制线路。如图 2-50 所示。如果电动机容量较小(额定电流小于 5A),则可用中间继电器(触点数较多)代替接触器。该线路可实现四种转速的正转运行和一种最高速的反转运行。线路中通过各接触器的常闭辅助触点实现连锁,以保证不



转速级别	SA位置	SA的闭合触点	线圈接头
1 正转	I	4, 5, 6, 9, 20	1Δ
2 正转	II	14, 15, 16, 19, 20	2Δ
3 正转	III	1, 2, 3, 7, 8, 9, 20	1YY
4 正转	IV	11, 12, 13, 17, 18, 19, 20	2YY

图 2-49 四速电动机组合开关控制线路

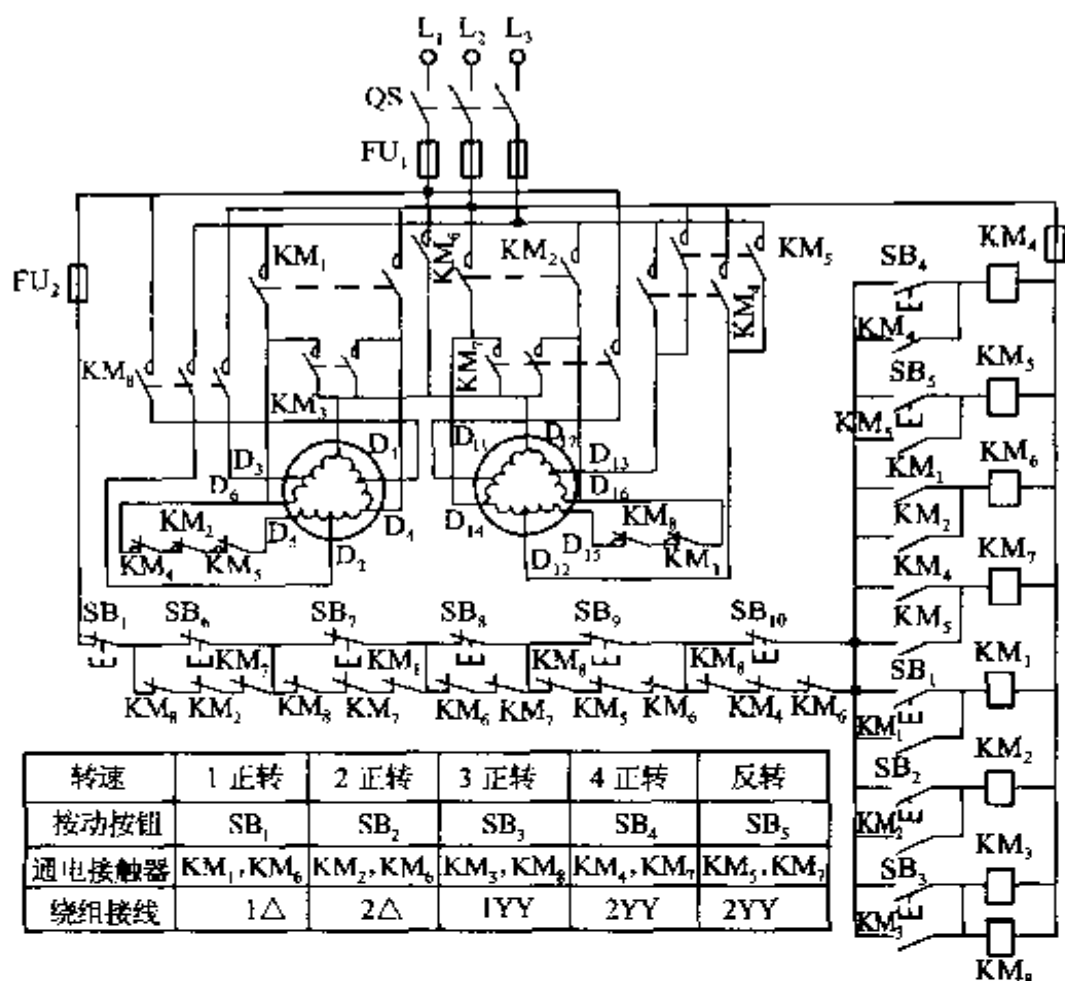


图 2-50 四速电动机接触器控制线路

能同时起动两种转速而引起短路事故。该线路允许按动任何一个起动按钮,便可立刻获得相应的转速而不必事先按停止按钮,也不必考虑电动机在工作时的转速。图中,SB₁与SB₆,SB₂与SB₇,SB₃与SB₈,SB₄与SB₉,SB₅与SB₁₀均为联动按钮。

工作原理:合上电源开关QS,如需要按第二档转速运行时,可按下起动按钮SB₂,则接触器KM₂得电吸合并自锁,电动机为2/Δ形连接,电动机按第二档转速运行。由于KM₂常开辅助触点闭合,KM₆得电吸合,使得KM₆常闭辅助触点断开,为操作其它按钮(转速)作好准备。例如欲使电动机继续按该方向改为第四档转速运行,可按下按钮SB₄,接触器KM₄得电吸合,使KM₇吸合,其常闭辅助触点断开,KM₂失电释放,继而KM₆也释放,同时KM₁

也失电释放,又使 KM_7 释放,故常闭辅助触点 KM_7 、 KM_5 、 KM_6 均闭合,于是 KM_4 吸合并自锁,电动机为 2YY 形连接,进入第四档转速运行。

第三节 变频调速线路

有关变频器的基础知识参见附录一。

变频器操作可采用 PC、LOGO! 逻辑控制模块、操作器和按钮与继电器等。

27. 电动机正转运行变频调速线路

如图 2-51 所示。

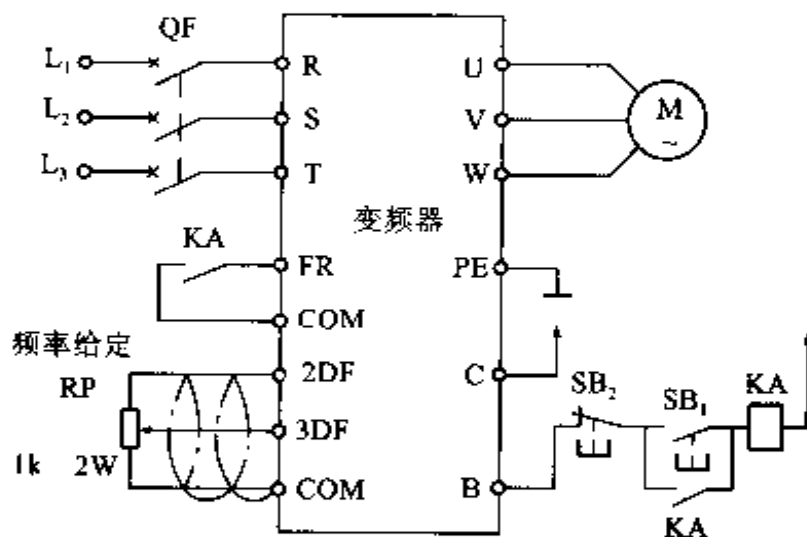


图 2-51 正转运行线路

工作原理:调节频率给定电位器 RP ,设定电动机运行速度。

按下运行按钮 SB_1 ,继电器 KA 得电吸合并自锁,其常开触点闭合,FR-COM 连接,电动机按照预先设定的转速运行;停止时,按下停止按钮 SB_2 , KA 失电,FR-COM 断开,电动机停止。

28. 电动机寸动运行控制线路

如图 2-52 所示。

工作原理:调节电位器 RP_1 ,设定电动机正常运行速度,调节电位器 RP_2 ,设定电动机寸动运行速度。

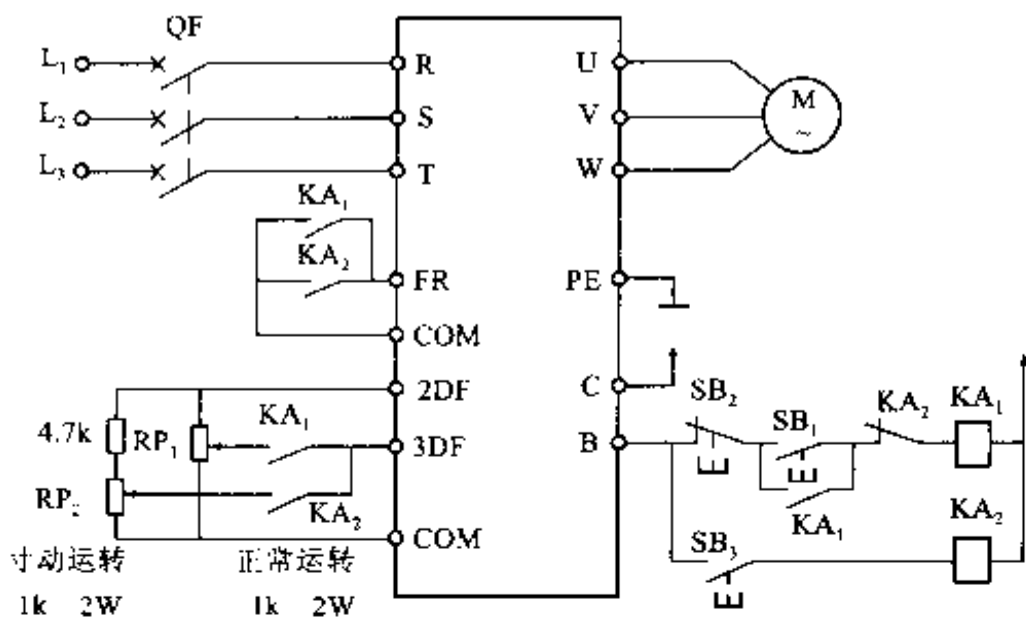


图 2-52 电动机寸动运行控制线路

正常运行时,按下按钮 SB_1 ,继电器 KA_1 吸合并自锁,其常开触点闭合,由电位器 RP_1 输入信号,另一常开触点闭合,FR-COM 接通,电动机按额定速度运行;停止时,按下按钮 SB_2 即可。

寸动运行时,按下按钮 SB_3 ,继电器 KA_2 吸合,其常开触点闭合,由 RP_2 输入信号,另一常开触点闭合,FR-COM 接通,电动机按寸动速度运行;松开 SB_3 ,电动机停止。

29. 无反转功能变频器控制电动机正反转调速线路

如图 2-53 所示。

工作原理:调节电位器 RP ,设定电动机运行速度(正反转速度相同)。

正转时,按下按钮 SB_1 ,继电器 KA_1 得电吸合并自锁,其两副常开触点闭合,IRF-COM 接通,同时时间继电器 KT 得电,其延时闭合常闭触点瞬时断开,延时断开常开触点闭合; KA_1 的另一副常开触点闭合,接触器 KM_1 得电吸合并自锁,其主触点闭合,电动机正转运行。

欲反转,应先使电动机停止,即断开断路器 QF 即可。然后按下按钮 SB_2 ,如果这时时间继电器 KT 延时闭合常闭触点已闭合

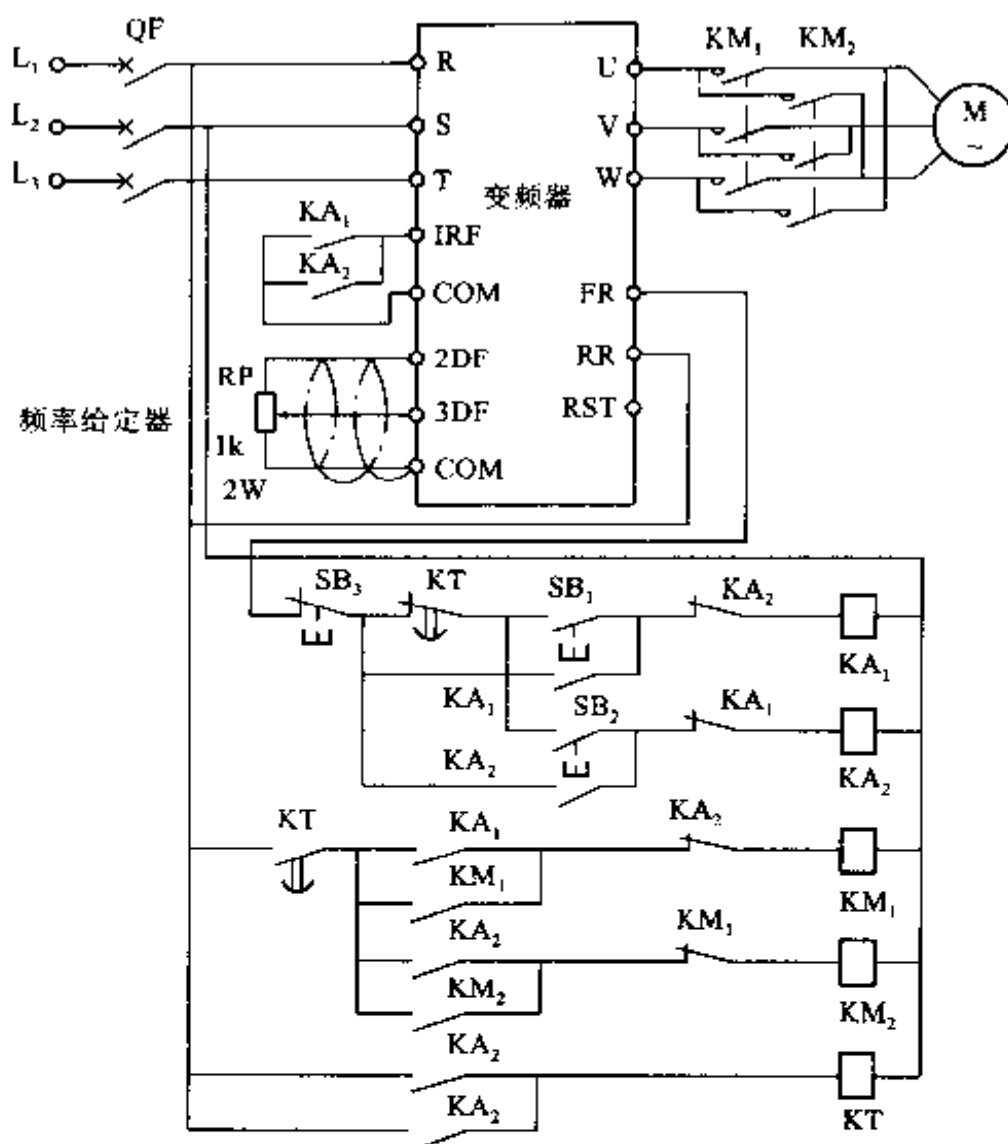


图 2-53 无反转功能变频器控制电动机正反转调速线路

(正转至反转或反转至正转,均需一段延时方可实现,若不经延时,电动机将受到很大的电流冲击和转矩冲击),则反转继电器 KA_2 吸合并自锁,接触器 KM_2 吸合,电动机反转运行。

在该线路中,继电器 KA_1 和 KA_2 相互连锁,接触器 KM_1 和 KM_2 相互连锁,以确保安全。

时间继电器 KT 的整定时间要超过电动机停止时间或变频器的减速时间。

30. 有正反转功能变频器控制电动机正反转调速线路

如图 2-54 所示。

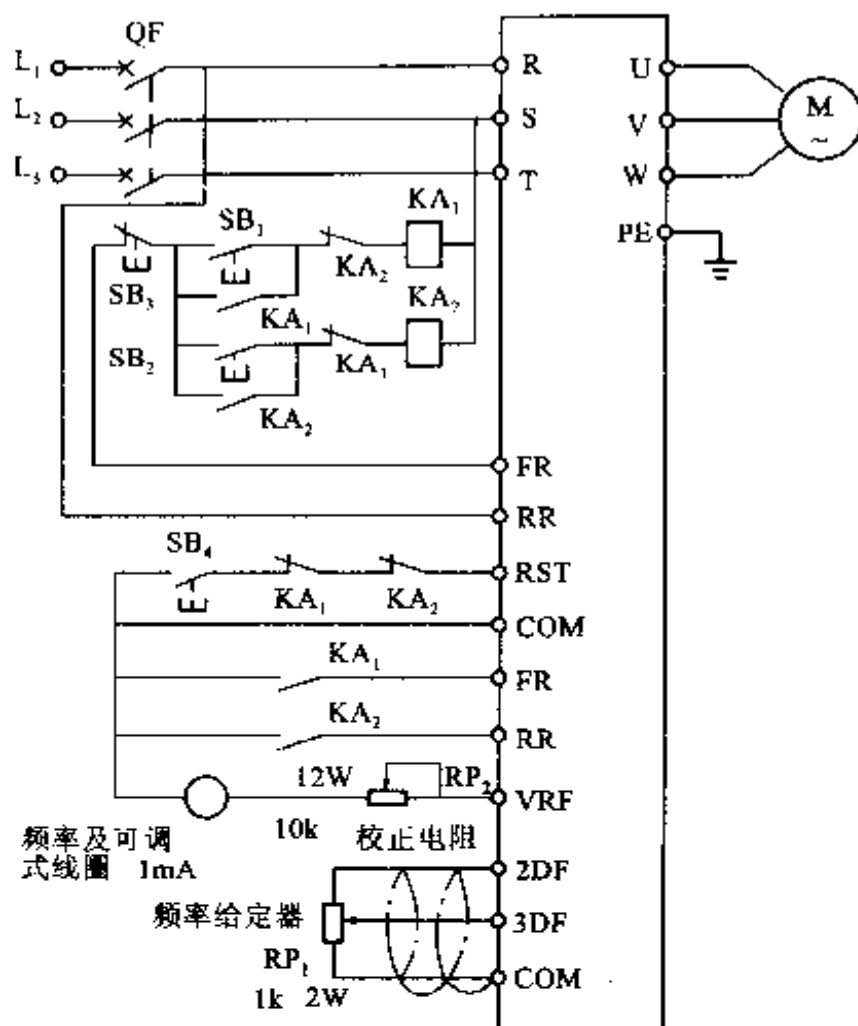


图 2-54 有正反转功能变频器控制电动机正反转调速线路

工作原理：正转时，按下按钮 SB_1 ，继电器 KA_1 得电吸合并自锁，其常开触点闭合，FR-COM 连接，电动机正转运行；停止时，按下按钮 SB_3 ， KA_1 失电释放，电动机停止。

反转时，按下按钮 SB_2 ，继电器 KA_2 得电吸合并自锁，RR-COM 连接，电动机反转运行。

继电器 KA_1 和 KA_2 相互连锁。

事故停机或正常停机时，复位端子 RST-COM 断开，发出报警信号；按下按钮 SB_4 ，报警解除。

31. 三速运行线路（一、二）

(1) 线路之一。如图 2-55 所示。在该线路中变频器附带三速选

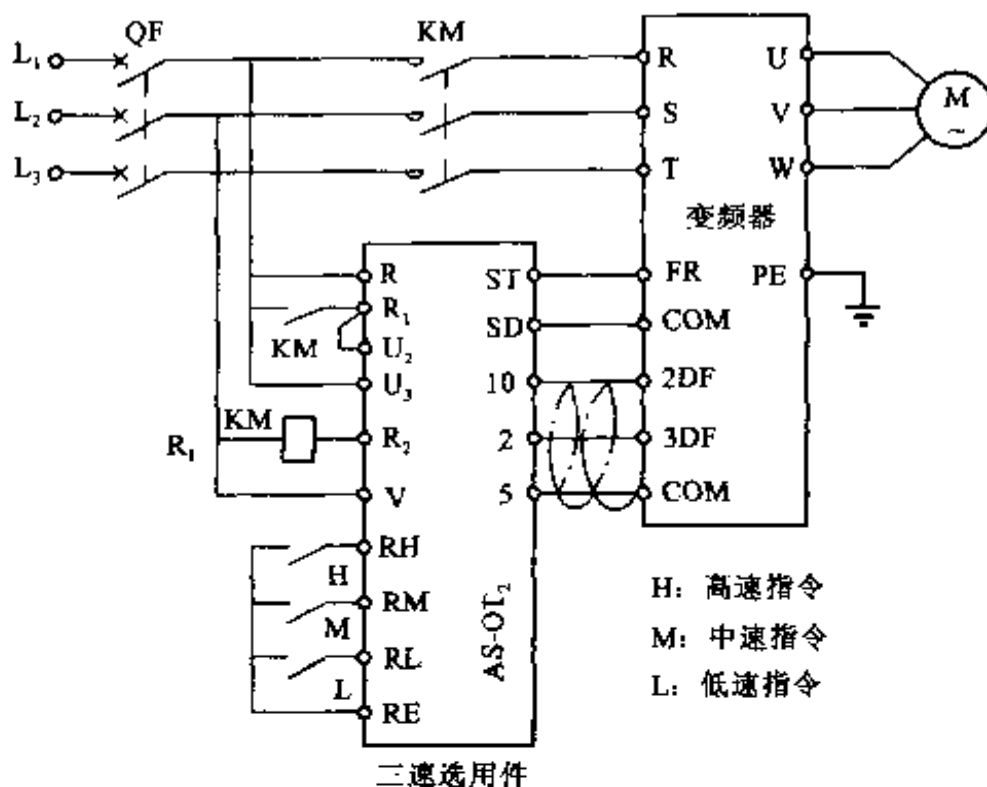


图 2-55 附带三速选用件的三速运行线路

用件。

工作原理：该线路的高速、中速和低速指令由外部输入后，则由选定频率给定信号向变频器输入指令，电动机以给定的速度运行。选用件由起动、停止按钮和三种频率给定器以及上限频率给定器构成。

(2)线路之二。如图 2-56 所示。JP6C 型变频器设有多速选择信号端子(这里仅用三速)，因此不需要选用件。频率的给定可以有三种速度，高速、中速和低速用各自的给定电位器调速。继电器 KA_1 、 KA_2 、 KA_3 相互连锁。如按下按钮 SB_1 ，继电器 KA_1 吸合并自锁，其常开触点闭合， X_1 -COM 连接，另一副触点将 FWD-COM 连接，电动机按高速指令运行；同样，按下按钮 SB_2 和 SB_3 ，电动机将分别按中速和低速指令运行。

32. 一台变频器控制多台电动机并联运行线路(一、二)

(1)线路之一。如图 2-57 所示。

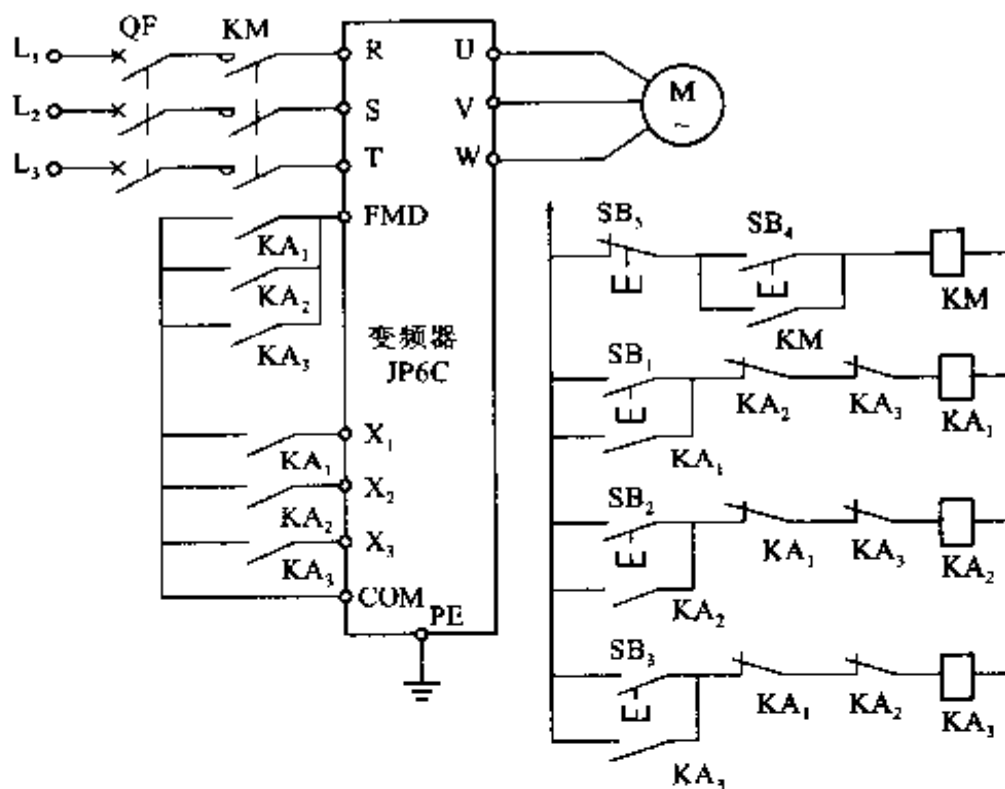


图 2-56 采用国产 JP6C 型变频器的三速运行线路

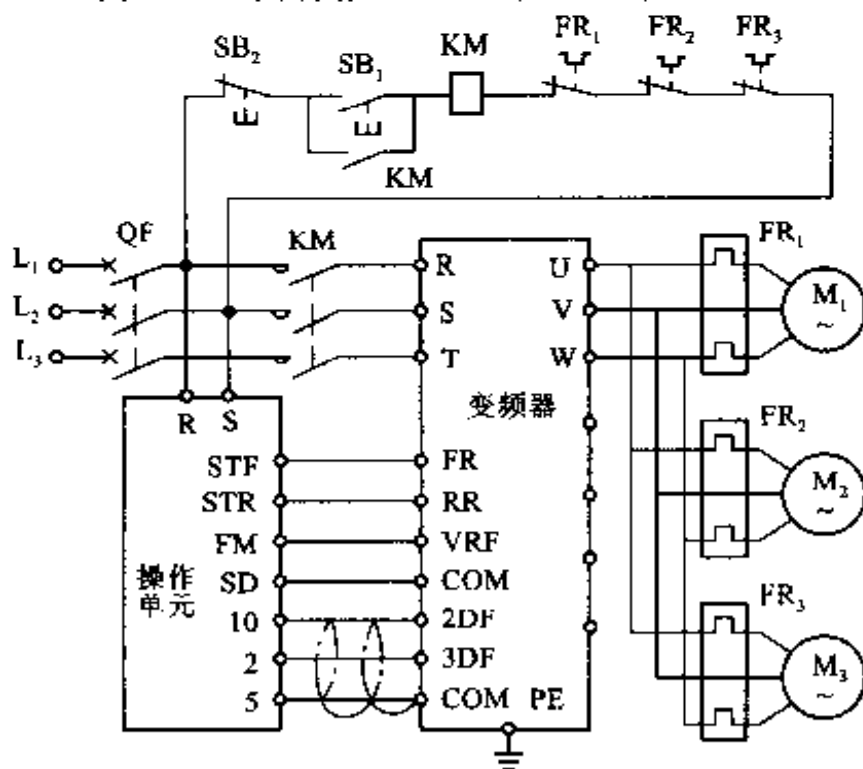


图 2-57 一台变频器控制多台电动机并联运行的线路(之一)

工作原理：调节操作单元的电位器 RP(图中未标出)，设定电动机正反转速度。按下按钮 SB₂，接触器 KM 得电吸合并自锁。正转时，操作单元信号从 STF 输出，变频器 FR-COM 连接，各电动机按同一速度正转；反转时，操作单元信号从 STR 输出，变频器 RR-COM 连接，各电动机按同一速度反转。停机时，按下按钮 SB₁，接触器 KM 失电释放，电动机停止。

对于该控制线路，不能使用变频器内的电子热保护，所以每台电动机要外加热继电器。

(2)线路之二。如图 2-58 所示。

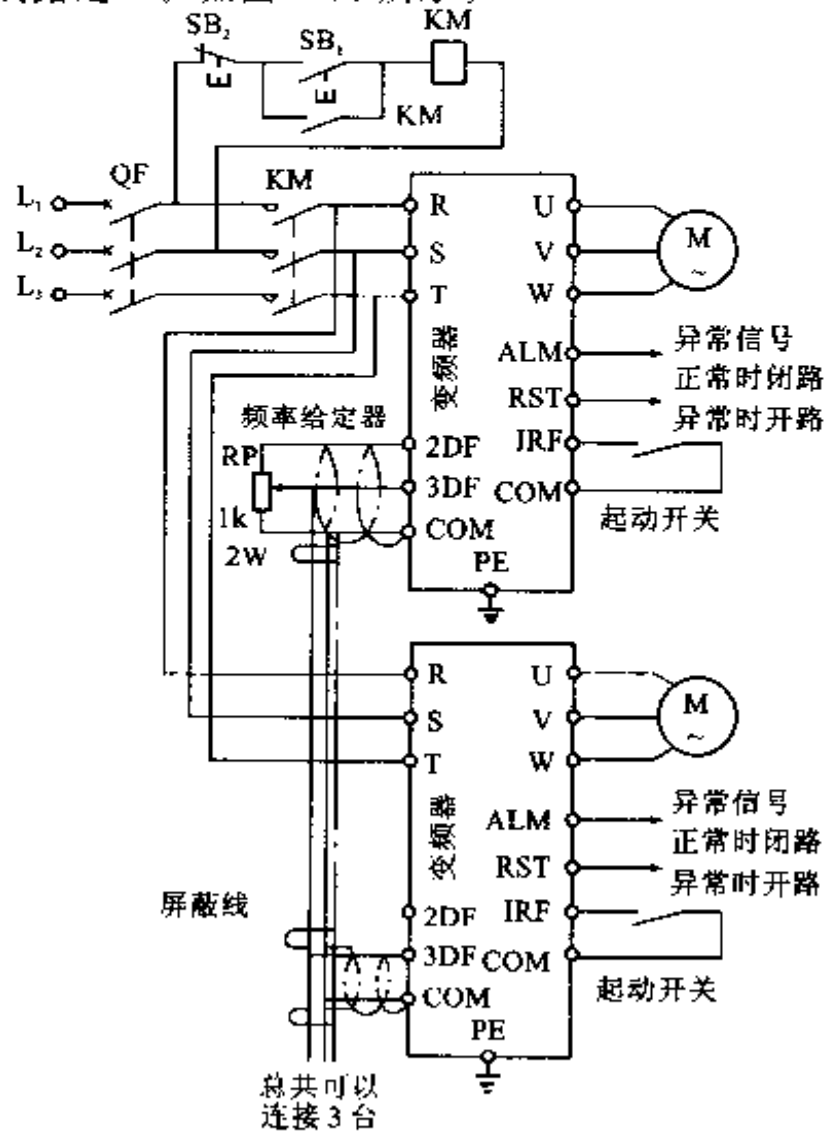


图 2-58 一台频率给定器控制多台电动机并联运行的线路(之二)

33. 变频器带制动单元、电动机带制动器的运行线路

如图 2-59 所示。电动机带有 NB 制动器,变频器带有制动单元选用件。

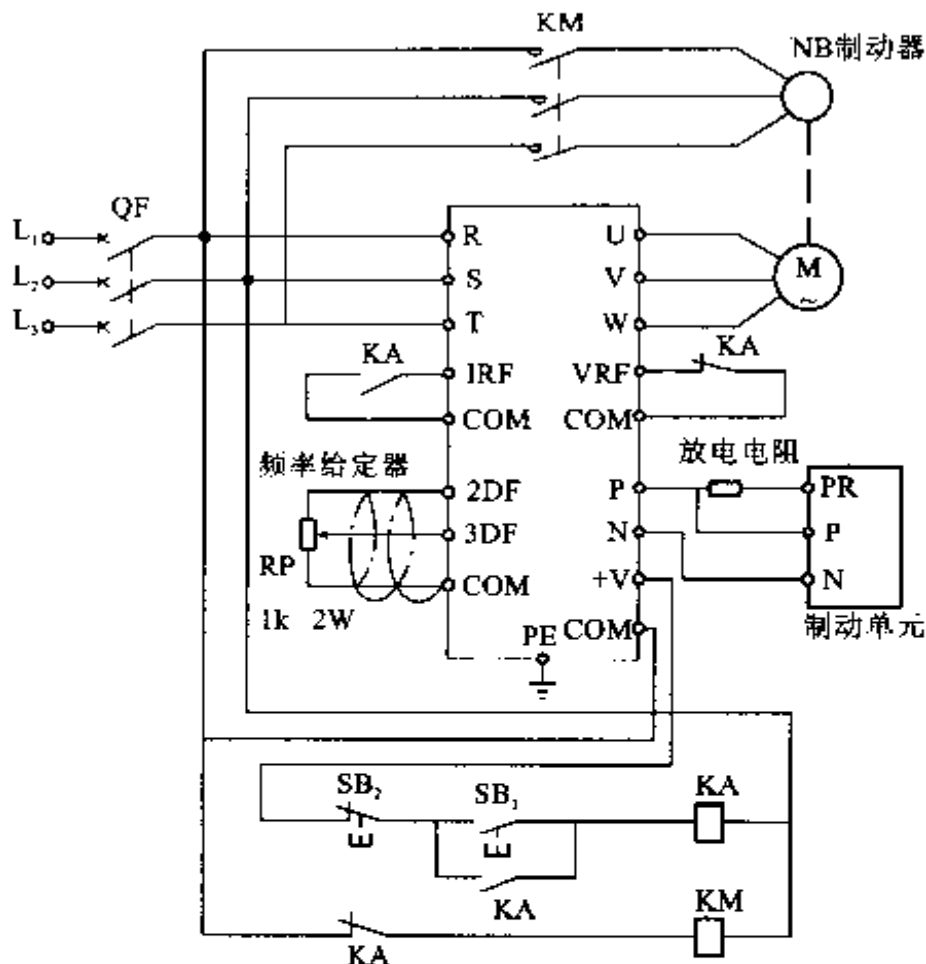


图 2-59 变频器带制动单元、电动机带制动器的运行线路

工作原理:调节电位器 RP,设定电动机运行速度。运行时,按下按钮 SB₁,继电器 KA 得电吸合并自锁,其常开触点闭合,IRF 与 COM 连通。电动机运行,其常闭触点断开,接触器 KM 失电释放,NB 制动器不动作。停止时,按下按钮 SB₂,继电器 KA 失电释放,IRF-COM 断开,而 VRF-COM 闭合,频率设定输入电压为零,制动单元投入工作,将逆变返回变频器直流侧的电安全消耗在放电电阻上。与此同时,继电器 KA 的常闭触点闭合,接触器 KM 得电吸合,其主触点闭合,NB 制动器投入工作,电动机急速停止。

制动单元的外接放电电阻的选择,见表 2-2。

表2-2 制动单元电阻选择表

电压	变频器			选用件				恒转矩	连续制动 (100%转换算法)		平方转矩	重复制动 (周期100s以上)					
	恒转矩 电动机功率 (kW)	变频器容量 (kW)	平方转矩 电动机功率 (kW)	DB单元		DB电阻器			制动时间 (s)	放电能力 (kW)		使用率 (%ED)	平均 损失 (kW)	制动时间 (s)	放电能力 (kW)	使用率 (%ED)	平均 损失 (kW)
				型号	数	型号	数										
200V 系列	0.2	0.2		—	—	—	—	—	90	9	37	0.037	—	—	—		
	0.4	0.4		—	—	DB3-008-2	1	—	45	9	22	0.044	—	—	—		
	0.75	0.75		—	—	—	—	—	45	17	18	0.068	—	—	—		
	1.5	1.5		—	—	—	—	—	45	34	10	0.075	—	—	—		
	2.2	2.2		—	—	DB3-037-2	1	150	30	33	7	0.077	—	—	—		
	3.7	3.7		—	—	—	—	—	20	37	5	0.093	—	—	—		
	5.5	5.5	7.5	—	—	DB3-055-2	1	—	20	55	5	0.138	15	55	3.5	0.138	
	7.5	7.5	11	—	—	DB3-075-2	1	—	10	37	5	0.188	7	37	3.5	0.188	
	11	11	15	—	1	DB11-2	1	—	10	55	5	0.275	7	55	3.5	0.275	
	15	15	18.5	—	1	BU3-185-2	1	—	10	75	5	0.375	8	75	4	0.375	
	18.5	18.5	22	—	1	DB18.5-2	1	—	10	92	5	0.463	8	92	4	0.463	
	22	22	30	—	1	BU3-220-2	1	—	8	88	5	0.55	6	88	3.5	0.55	
30	30	37	—	1	BU30-2B	1	DBH030-2A	100	10	150	10	1.5	8	150	8	1.5	

续表2-2

电压	变频器			选用件				恒转矩	连续制动 (100%转换算法)		重复制动 (周期100s以上)		平方转矩	连续制动 (100%转换算法)		重复制动 (周期100s以上)		
	恒转矩 电动机容量 (kW)	变频器容量 (kW)	平方转矩 电动机功率 (kW)	DB单元		DB电阻器			制动时间 (s)	放电能力 (kW)	使用率 (%ED)	平均损失 (kW)		最大制动转矩 (%)	制动时间 (s)	放电能力 (kW)	使用率 (%ED)	平均损失 (kW)
				型号	数	型号	数											
200V 系列	37	37	45	45	1	DBH037-2A	1	10	185	10	1.85	8	185	8	1.85			
	45	45	55	55	1	BU55-2B	1	10	225	10	2.25	8	225	8	2.25			
	55	55	75	75	1	DBH055-2A	1	10	275	10	2.75	7	275	7	2.75			
	75	75	90	90	1	DBH037-2A	2	10	375	10	3.75	8	375	8	3.75			
	90	90	110	110	2	BU55-2B	2	10	450	10	4.5	8	450	8	4.5			
	0.4	0.4			—	—	DBJ-008-4	1	45	9	22	0.044						
0.75	0.75			—	—		1	45	17	10	0.038							
1.5	1.5			—	—	DB3-037-4	1	45	34	10	0.075							
2.2	2.2			—	—		1	30	33	7	0.077							
3.7	3.7			—	—	DB3-7-4	1	20	37	5	0.093							
5.5	5.5	7.5	7.5	—	—	DB3-055-4	1	20	55	5	0.138				15	55	3.5	0.138
7.5	7.5	11	11	—	—	DB3-075-4	1	10	38	5	0.188				7	38	3.5	0.188
11	11	15	15	BU3-220-4		DB11-4	1	10	55	5	0.275				7	55	3.5	0.275

续表2-2

电压	变频器			选用件				恒转矩	连续制动 (100%转换算法)		平方转矩		连续制动 (100%转换算法)		重复制动 (周期100s以上)		
	恒转矩 电动机容量 (kW)	平方转矩 变频器容量 (kW)	电动机容量 (kW)	DB单元		DB电阻器			制动时间 (s)	放电能力 (kWs)	平均 损失 (kW)	最大 制动 转矩 (%)	制动时间 (s)	放电能力 (kWs)	使用率 (%ED)	平均 损失 (kW)	使用率 (%ED)
				型号	数	型号	数										
400V 系列	15	15	18.5		1	DB15-4	1	10	75	0.375		8	75	4	0.375	4	0.375
	18.5	18.5	22		1	DB18.5-4	1	10	93	0.463	100	8	93	4	0.463	4	0.463
	22	22	30		1	DB22-4	1	8	88	0.55		6	88	3	0.55	3	0.55
	30	30	37		1	DBH030-4A	1	10	150	1.5		8	150	8	1.5	8	1.5
	37	37	45		1	DBH037-4A	1	10	185	1.85		8	185	8	1.85	8	1.85
	45	45	55		1	DBH045-4A	1	10	225	2.25		8	225	8	2.25	8	2.25
	55	55	75		1	DBH055-4A	1	10	275	2.75		7	275	7	2.75	7	2.75
	75	75	90		1	DBH037-4A	2	10	375	3.75		8	375	8	3.75	8	3.75
	90	90	110		1	DBH045-4A	2	10	450	4.5		8	450	8	4.5	8	4.5
	110	110	132		1	DBH055-4A	2	10	450	4.5		8	450	8	4.5	8	4.5
	132	132	160		1	DBH055-4A	2	10	450	4.5		8	450	8	4.5	8	4.5
	160	160	200		2			—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
200	200	220		2			—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
220	220	280		2			—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	

34. 变极电动机控制线路

如图 2-60 所示。

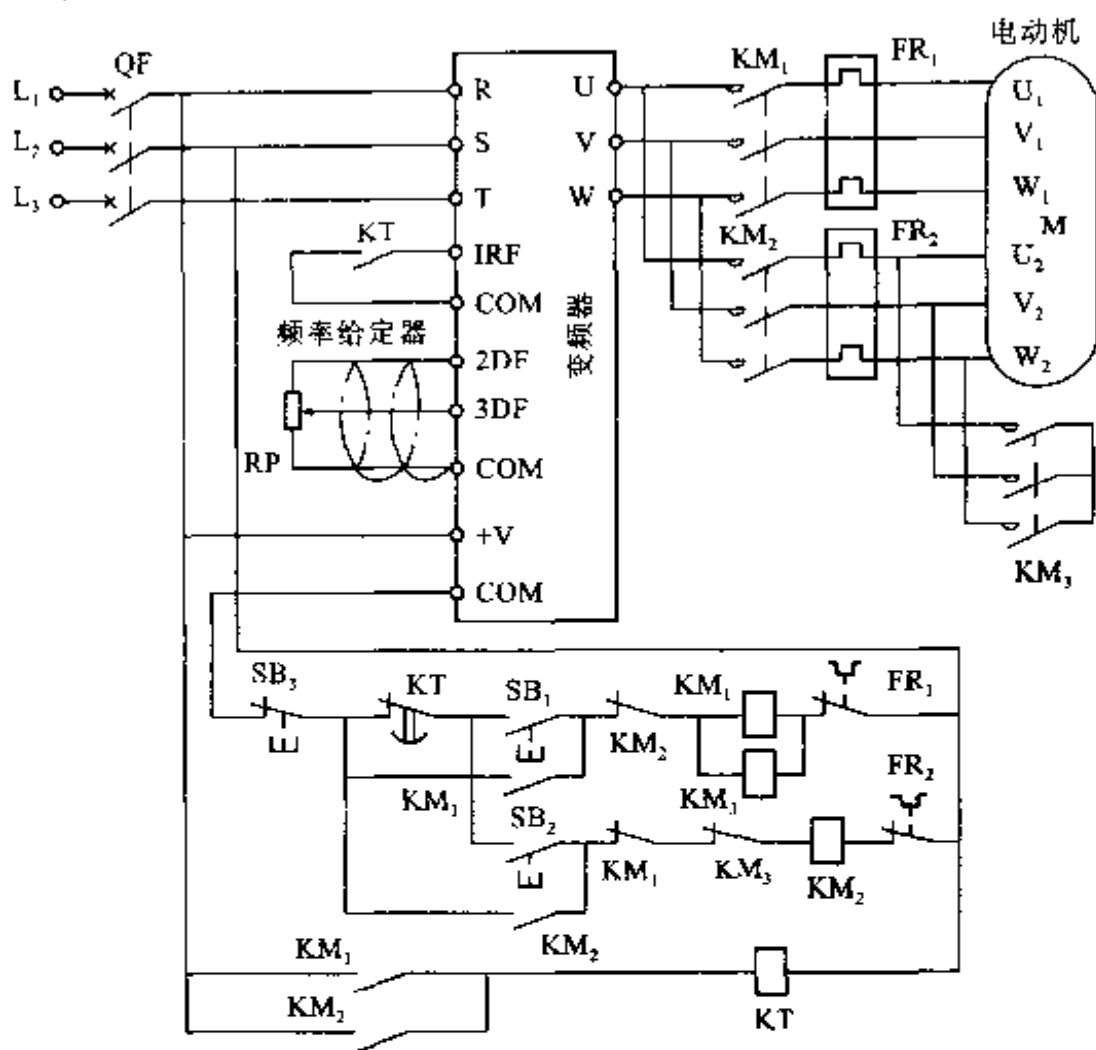


图 2-60 变极电动机控制线路

工作原理：调节电位器 RP，设定电动机的基本转速。

当接触器 KM_1 、 KM_3 主触点闭合时，电动机为 Y 形接法，电动机低速运行；当接触器 KM_2 主触点闭合时，电动机为 Δ 形接法，电动机高速运行。 KM_1 、 KM_3 与 KM_2 相互连锁。两种转速转换时，均经过时间继电器 KT 延时，并通过 KT 常开触点使 IRF-COM 连接，输入运转信号后才允许运行（即电动机停止后再进行）。

时间继电器 KT 的整定时间应超过从高速运行到自由停止的时间。

第四节 专用控制线路

35. 压滤机控制线路

如图 2-61 所示。它采用一只按钮便可完成压滤机板框的拉开和压紧。

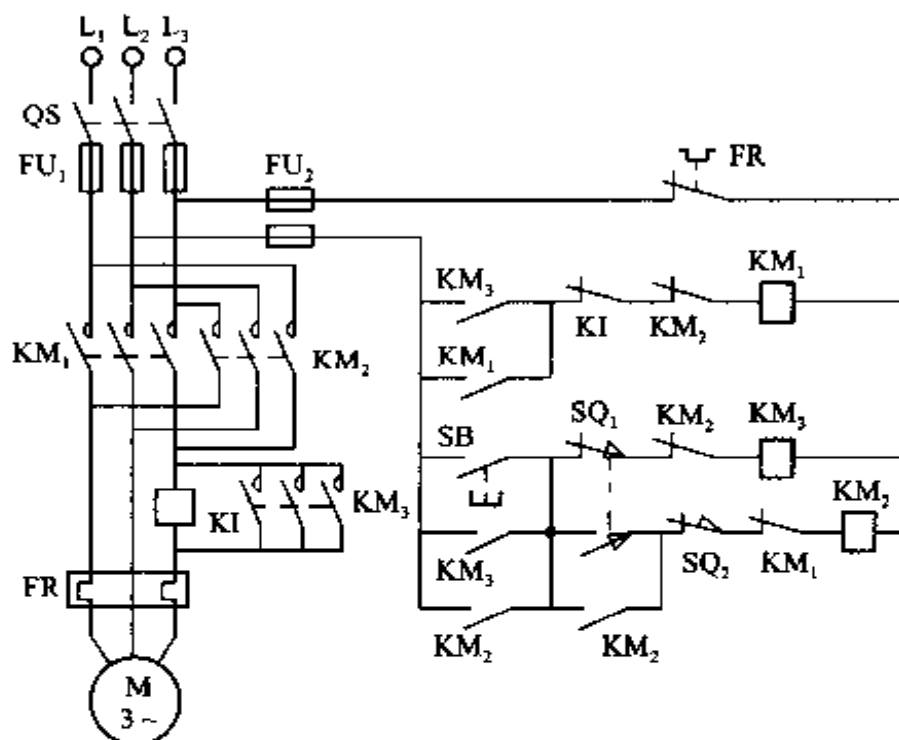


图 2-61 压滤机控制线路

工作原理：压滤机开启，板框完全拉开，限位开关 SQ_2 被压下，其常闭触点断开。合上电源开关 QS ，按下按钮 SB ，接触器 KM_3 得电吸合并自锁，其主触点闭合，电流继电器 KI 线圈被短接， KM_3 常开辅助触点闭合，接触器 KM_1 得电吸合并自锁，电动机起动运行，带动板框向压紧方向移动。当板框离开 SQ_2 时， SQ_2 复位。当板框运行到限位开关 SQ_1 时， SQ_1 触点断开， KM_3 失电释放，其主触点断开，电流继电器 KI 投入运行，随着板框被压紧，电动机负载增大，流过 KI 线圈的电流不断地增大，当达到设定值时， KI 吸合，其常闭触点断开， KM_1 失电释放，电动机停转，板框

压紧动作完成。

当再次按下按钮 SB 时,接触器 KM_2 得电吸合,电动机反转起动运行,板框往开启方向移动。当板框离开限位开关 SQ_1 时, SQ_1 复位。当板框运行到 SQ_2 时, SQ_2 常闭触点断开, KM_2 失电释放,电动机停转,拉开板框动作完成。

36. XF05 型消防泵自动互投控制线路

如图 2-62 所示。该线路能手动和自动操作。在自动位置时,工作泵和备用泵能自动进行切换。

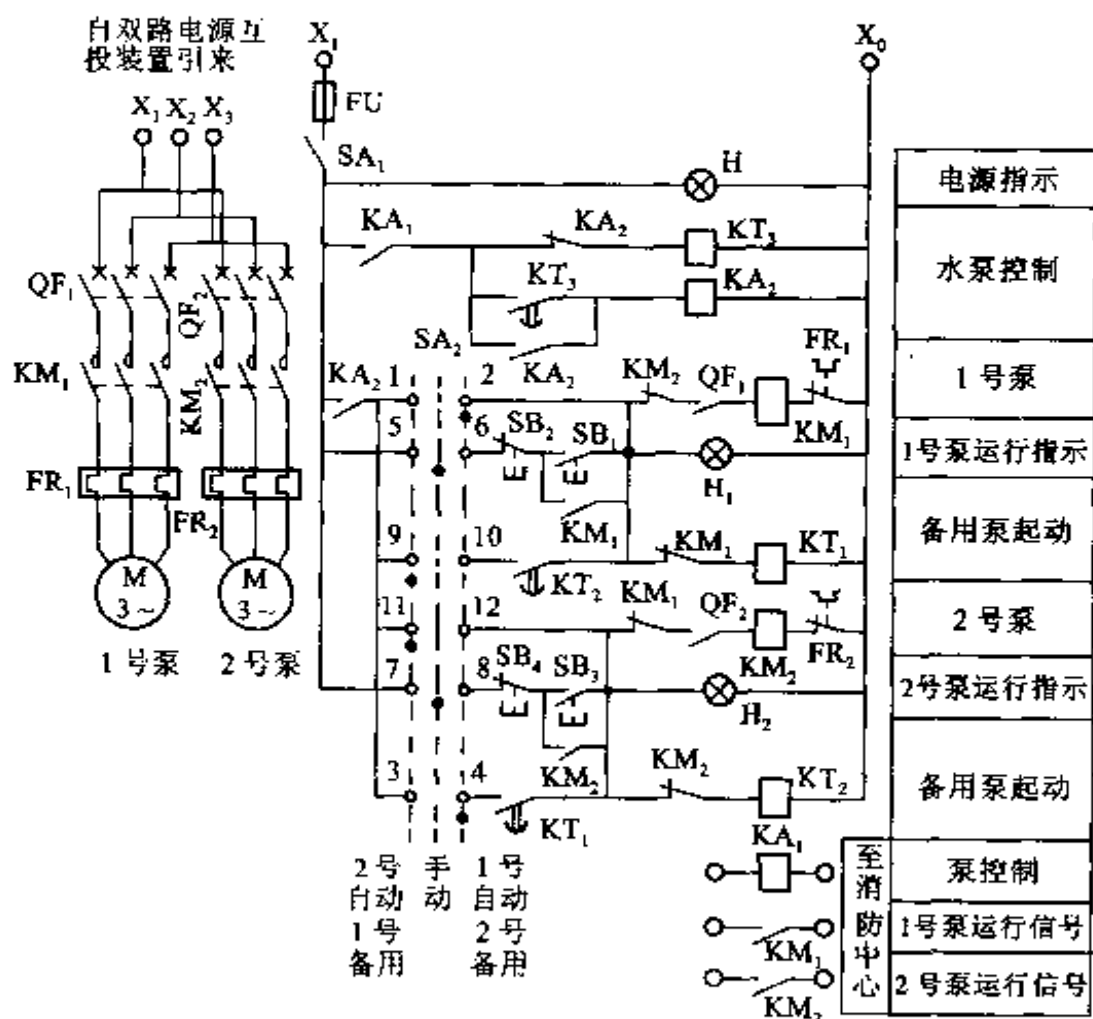


图 2-62 XF05 型消防泵自动互投控制线路

工作原理:设 1 号泵为工作泵、2 号泵为备用泵(反之也行)。合上低压断路器 QF_1 和 QF_2 ,合上控制回路开关 SA_1 ,电源指示灯 H 亮。将转换开关 SA_2 打到图中自动位置(图中右侧),则触点 1-2、

3-4 闭合,其余触点断开,消防中心泵控制继电器 KA_1 得电吸合,其常开触点闭合,时间继电器 KT_2 线圈通电,经过一段延时后,其延时闭合常开触点闭合,中间继电器 KA_2 (泵控制) 得电吸合并自锁,其常开触点闭合,接触器 KM_1 得电吸合,1号泵投入运行,同时指示灯 H_1 亮,表示1号泵运行。接触器 KM_2 失电,2号泵停机。

当1号泵因故跳闸或热继电器 FR_1 动作, KM_1 释放,其常闭辅助触点闭合,时间继电器 KT_1 线圈通电,经过一段延时后,其延时闭合常开触点闭合,接触器 KM_2 得电吸合,2号泵投入运行,同时指示灯 H_2 亮,表示2号泵运行。

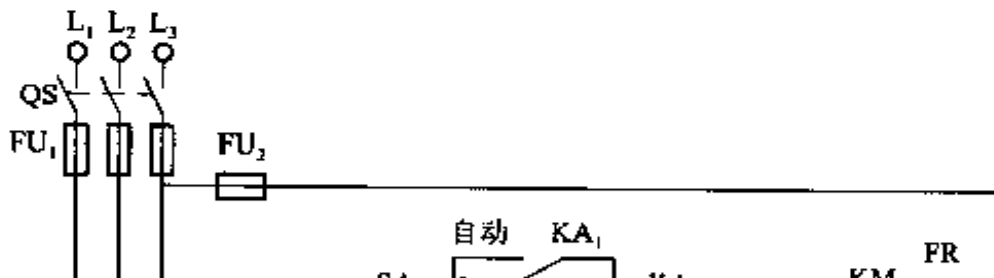
图中,接触器 KM_1 和 KM_2 通过各自常闭辅助触点实现连锁。

当转换开关 SA_2 打到手动位置(图中左侧),便可进行手动操作。

37. 压机用油泵电动机控制线路(一、二)

(1) 线路之一,常用的压机用油泵电动机控制线路。如图 2-63 所示。该线路无失控保护电路。通过转换开关 SA ,可实现手动和自动控制。

工作原理:合上电源开关 QS ,将转换开关 SA 置于“自动”位



置,这时电接点压力表 KP 动针与低位接点接通(即 1-2 接点闭合),中间继电器 KA_1 得电吸合并自锁,其常开触点闭合,接触器 KM 得电吸合,电动机起动运行。当管路压力增加到高压设定值时,KP 动针与高位接点接通(即 1-3 接点闭合),中间继电器 KA_2 得电吸合并自锁, KA_1 失电释放,其常开触点断开,接触器 KM 失电释放,电动机停转。

当管路压力随着用气而逐渐下降并达到低位设定值时,又重复上述过程,从而使管路中的压力维持在高位和低位设定值之间。

欲手动控制时,将 SA 置于“手动”位置,用起动按钮 SB_1 和停止按钮 SB_2 控制即可。

该线路的不足之处是:由于电接点压力表 KP 的接点容量小,在继电器线圈起动电流频繁冲击下,较易损坏,使动静接点粘连在一起,从而造成失控,若及时发现,将会使电动机或油缸损坏,并严重影响产品质量。为此可增加一套失控保护电路。

(2)线路之二,带失控保护的油泵电动机控制线路。如图 2-64 所示。它是在图 2-63 的基础上增加一套保护电路而成。保护电路如虚线框内所示。

工作原理:图中, KP_2 为一只起动保护用的电接点压力表,将其高限位调整于工艺允许的最高压力。平时,由 KP_1 随时调整工艺所需要的高、低压力,一旦 KP_1 损坏,管路压力增加,使 KP_2 的动针与高位接点接通(即 4-6 接点闭合),中间继电器 KA_3 得电吸合并自锁,其常闭触点断开,接触器 KM 失电释放,及时断开电动机电源,同时电铃 HA 发出报警信号(平时开关 SA_2 闭合),告诉操作者前来处理。拉开开关 SA_2 ,电铃停止发声。

38. 空气压缩机(简称空压机)控制线路(一、二)

空压机是工厂常用的电气设备,一般由电接点压力表控制。

(1)线路之一,A-3/7 型空压机控制线路。如图 2-65 所示。线路可自动和手动操作。

工作原理:合上电源开关 QS,将转换开关 SA 置于“自动”位

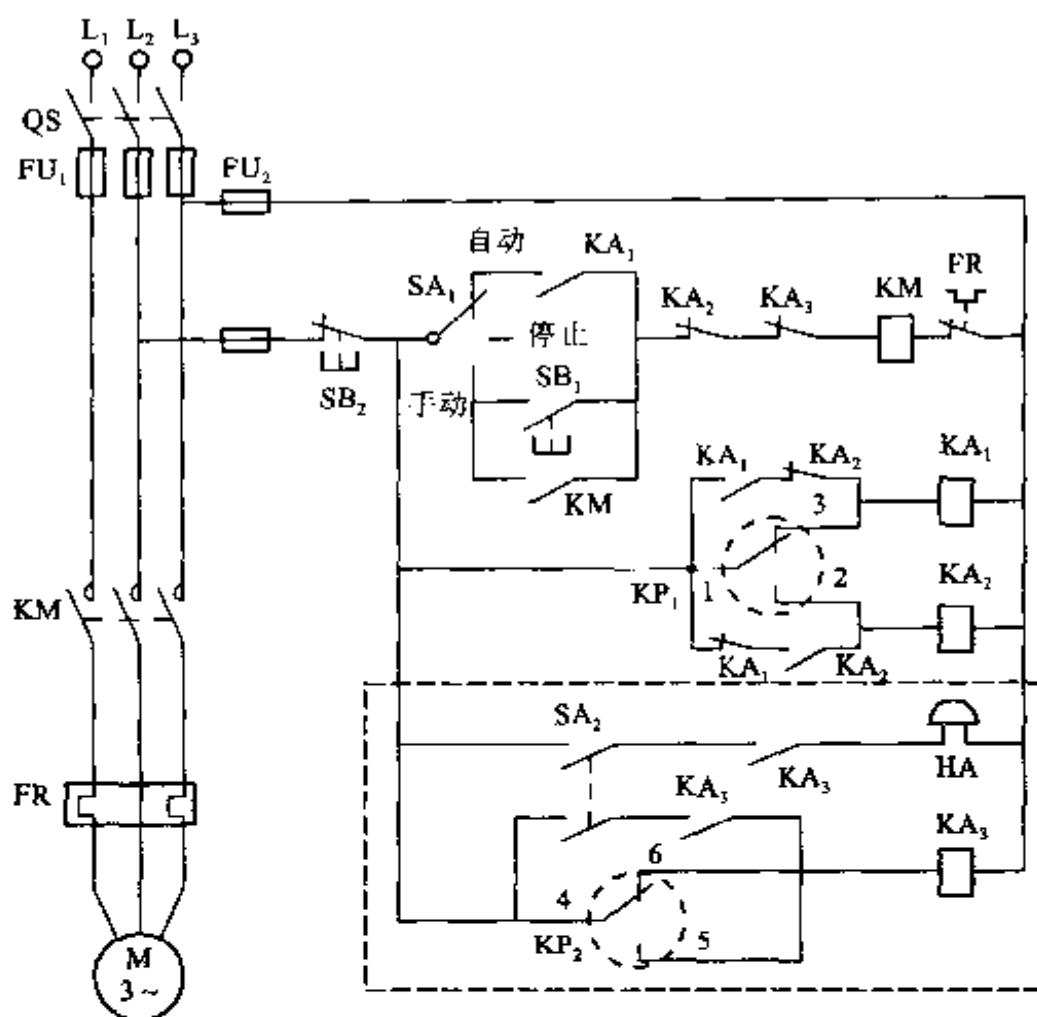


图 2-64 带失控保护的油泵电动机控制线路

置,按下起动按钮 SB_1 ,接触器 KM 得电吸合并自锁,空压机开始工作。 KM 常开辅助触点闭合,中间继电器 KA_1 得电吸合并自锁。当空气压力达到所要求的上限值(如 0.6MPa)时,电接点压力表 KP 的 1-3 接点闭合,中间继电器 KA_2 得电吸合,其常闭触点打开, KM 失电释放,空压机停止工作。此时生产线仍在使用压缩空气,压力开始下降, KP 的 1-3 接点断开, KA_2 失电释放,其常闭触点闭合,为 KM 动作做好准备。当空气压力开始低于下限值(如 0.4MPa)时,电接点压力表 KP 的 1-2 接点闭合,接触器 KM 得电吸合并自锁,空压机又开始工作,使储气罐内的压力始终保持在所要求的 $0.4\sim 0.6\text{MPa}$ 范围内。

因该电路也采用电接点压力表控制,且没有保护装置,使用中

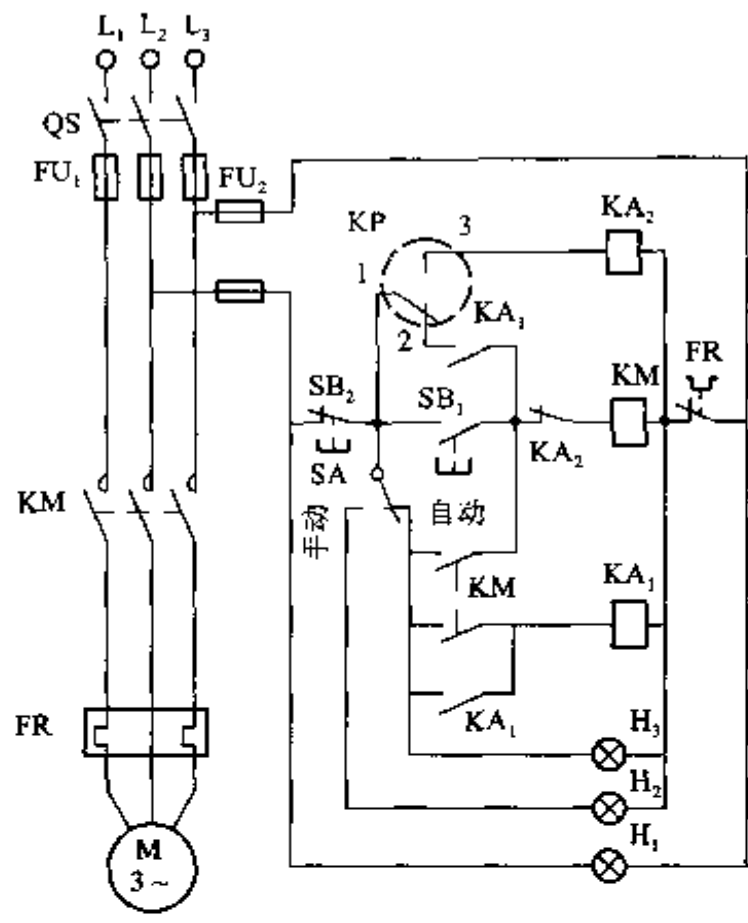


图 1-10 电动机自动起停控制线路

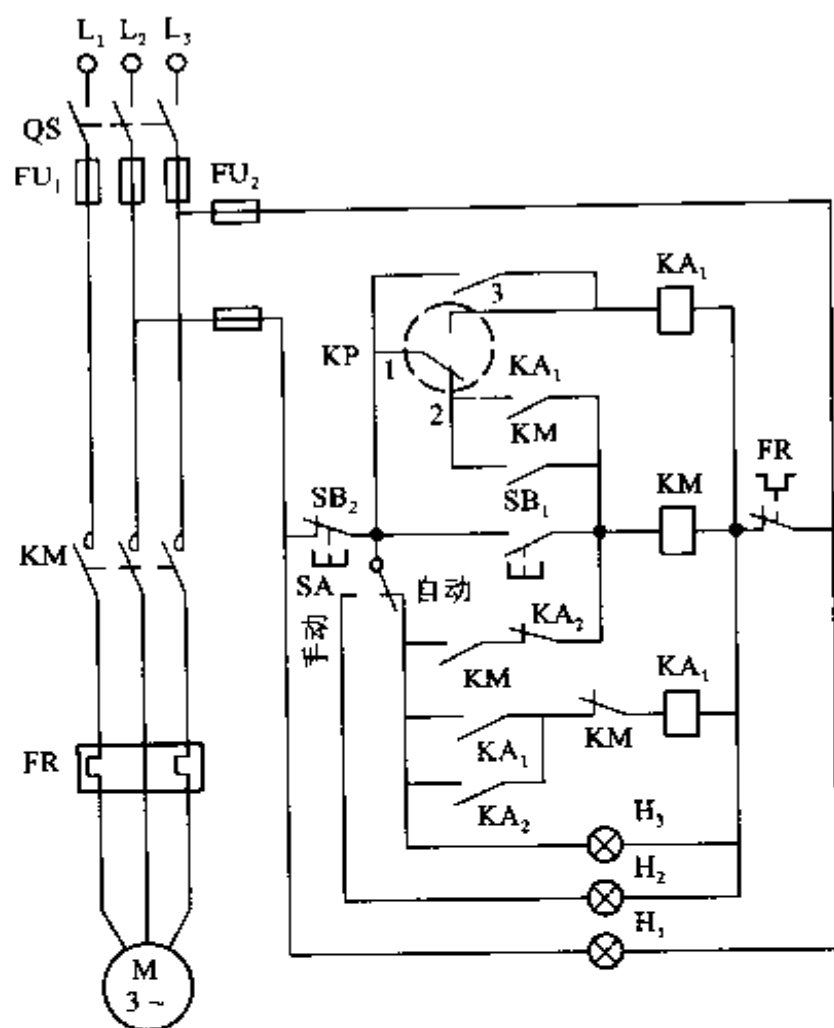


图 2-66 带失控保护的空压机控制线路

闭合, KM 得电吸合并自锁, 空压机又起动运转。KM 的常闭辅助触点打开, KA₁、KA₂ 先后失电释放。当空气压力高于上限值时, KP 的 1-2 接点断开, KM 线圈通过 KA₂ 常闭触点和自己的自保触点而得电吸合, 空压机继续运转, 直到空气压力上升到上限位置, KP 的 1-3 接点闭合, 开始第二次循环。

39. Y- Δ 起动的空压机控制线路

如图 2-67 所示。该线路能使储气罐压力自动保持在 0.09~0.12MPa 之间。可手动和自动控制。

图中, YV 为电磁排气阀, 接于单向阀之前, 它保证空压机轻载起动。只要空压机工作, YV 就由时间继电器 KT₂ 和中间继电器 KA 断开电源而关闭, 空压机停止工作, YV 就被接通而将空压

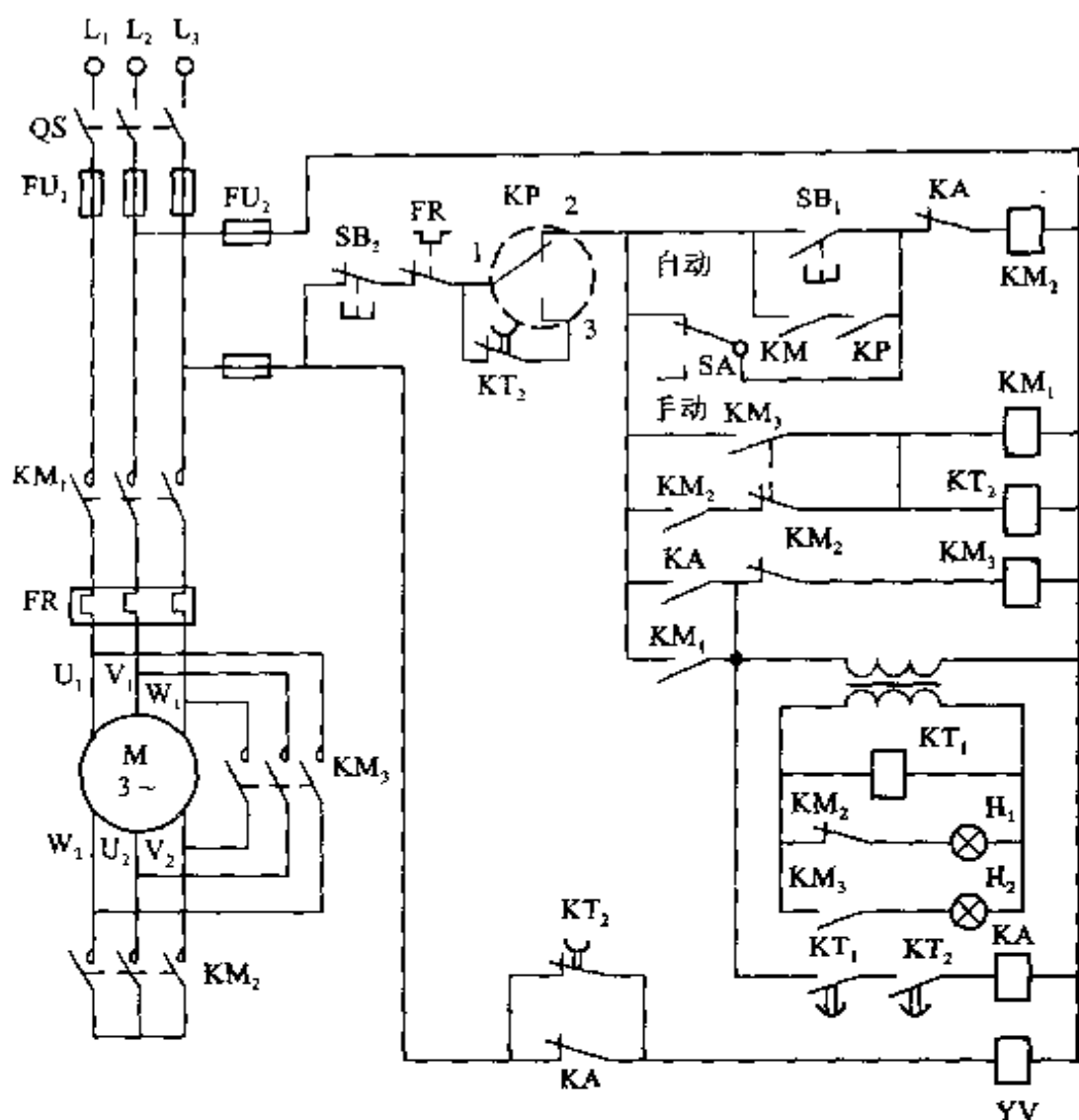


图 2-67 Y-Δ起动的空压机控制线路

机内气体排放干净,以保证空压机下次启动时保持轻载工况。

工作原理:合上电源开关 QS,将转换开关 SA 置于“自动”位置,接触器 KM_2 得电吸合,其常开辅助触点闭合,接触器 KM_1 得电吸合,电动机为 Y 形连接,降压启动运行。同时时间继电器 KT_2 线圈通电,其延时断开常开触点闭合,为中间继电器 KA 吸合做好准备。 KM_1 的常开辅助触点闭合,时间继电器 KT_1 线圈通电,经过一段延时后,其延时闭合常开触点闭合,中间继电器 KA 得电吸合并自锁,其常闭触点断开,接触器 KM_2 失电释放,同时接触器 KM_3 得电吸合,电动机为 Δ 形连接,电动机进入全压正常运行。

当电动机开始工作时,空压机润滑油的油压随之上升,油压开关(或电接点压力表)KP的1-3接点闭合,其后时间继电器 KT_2 的延时断开常闭触点延时解除。当 KM_1 吸合时,无论电动机工作在Y形还是 Δ 形接线,只要油压开关(或电接点压力表)KP接通控制回路,而时间继电器 KT_2 延时断开常闭触点总是在KP的1-3接点接通后才延时断开,这样就保证了控制回路电源不致在 KT_2 延时断开常闭触点断开时中断,除非空压机润滑不足或KP故障则电动机不能起动。

如需手动控制,可将转换开关SA置于“手动”位置,按下起动按钮 SB_1 ,电动机便能自动实现Y- Δ 起动。

电动机在降压起动过程中,指示灯 H_1 亮;在全压正常运行时,指示灯 H_2 亮。

时间继电器 KT_1 的延时时间整定值视电动机容量而定,大功率电动机,如55kW,可整定为100s。

40. JC3.5型冷冻机油压控制器线路

冷冻机油压控制器又称油压差继电器。它是用于冷冻机润滑油压力低于曲轴箱压力某一整定值时,自动停止冷冻机运行的一种安全保护装置。油压控制器的种类较多,但控制原理基本相同。现以JC3.5型油压控制器为例,介绍其工作原理及接线方法。

油压控制器是一种靠压力差动作的继电器,如图2-68所示。控制器是以油压表压力与吸气压力之差这一压差来控制压差开关达到停机目的的。控制器带有延时机构,控制器执行机构开关触点的动作滞后于压差机构开关触点的动作。冷冻机刚起动时,润滑油压尚未建立(油压随冷冻机的运转而上升到正常值,需要10~20s),如果不延时,冷冻机就起动不了。延时控制是靠加热器加热双金属片使其弯曲,推动延时开关动作达到的。另外,控制器还设有试验按钮和复位按钮。试验按钮是供随时测试延时机构的可靠性的;复位按钮是用来使延时开关恢复原位的,因油压故障停机,必须进行检修修复后(5min后),按下复位按钮,方可起动冷冻机。

接线方式：油压控制器的电路电源电压不同，其接线方式也不同。图 2-68 是电源电压为 380V 的接线，将端子 D_1 和 X 短接，见图 2-68 虚线。图 2-69 是电源电压为 220V 的接线，将端子 D_2 和 X 短接，见图 2-69 中虚线。

工作原理(图 2-68)：作用在低压波纹管(低压与冷冻机曲轴

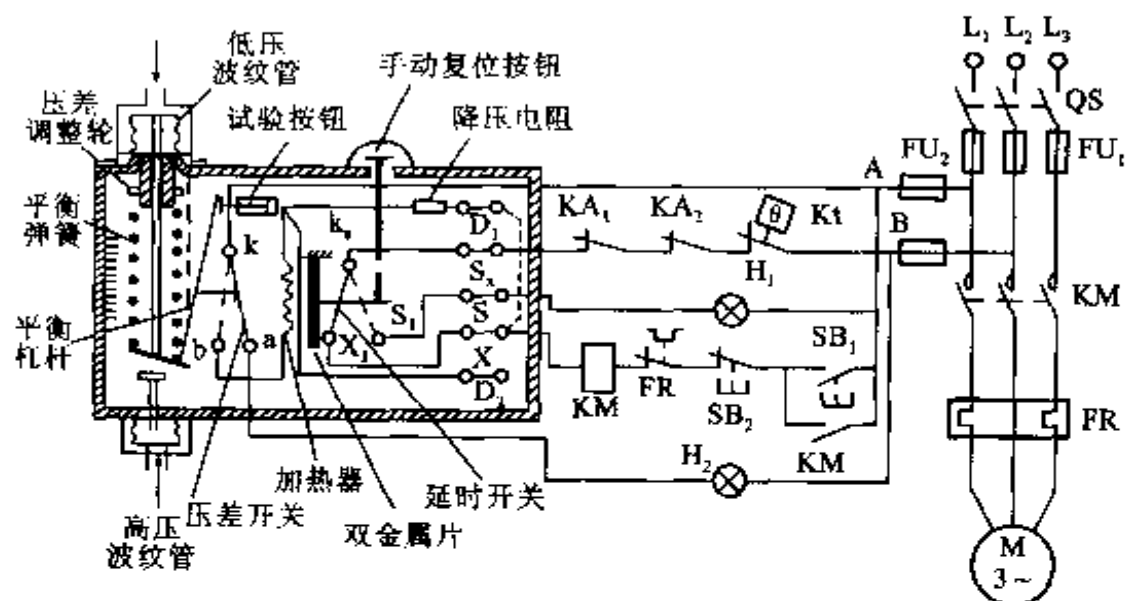


图 2-68 CJ3.5 型油压控制器及其接线(380V 时)

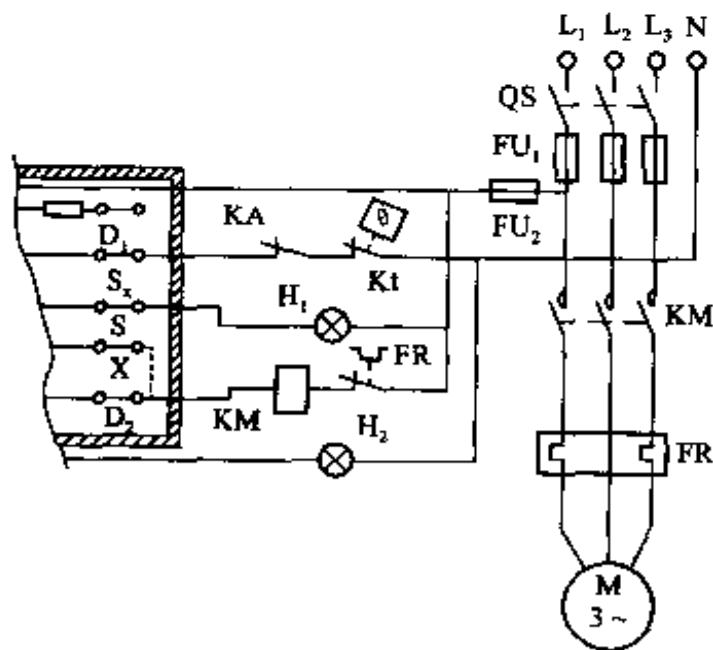


图 2-69 CJ3.5 型油压控制器及接线(220V 时)

箱连通)和作用在高压波纹管(高压与润滑油泵出口相通)上的压力差由主平衡弹簧平衡,当压差大于调定值(一般为 $0.15 \sim 0.3\text{MPa}$)时,杠杆处于图中实线位置,压差开关的 k 与 a 接通,电流由 A 点经 k 、 a 回到 B ,正常运行指示灯 H_2 亮,这时延时开关的 k_1 与 X_1 相通,电流由 A 经起动按钮 SB_1 、停止按钮 SB_2 、热继电器 FR 、接触器线圈 KM 及接点 X 、 X_1 、 k_1 、 S_1 和低压继电器 KA_1 、高压继电器 KA_2 、温度继电器 K_t 的常闭触点回到 B 点,此时冷冻机仍能继续运行。但加热器通电后发热,加热了双金属片,经过约 60s 后,双金属片向右侧弯曲,推动延时开关断开,接触器 KM 失电释放,冷冻机停止运行,同时 k_2 与 S_1 接通,事故指示灯 H_1 亮。

4.1. 确保远程电动机准确停机的控制线路

在某些远距离控制电动机的场合,如果采用图 2-70 所示的线路,会出现按下停止按钮后(不管是就地或远控停止按钮),电动机不能马上断电停机,而是需经过几秒钟甚至十几秒钟后,接触器才能释放停机。控制线路越长,则延时停机时间越长。这是很不安全的一种现象。

这种现象是导线的分布电容引起的。由于控制导线之间靠得很近,尤其是铠装电缆之类的导线芯线与铠装层靠得更近,很容易

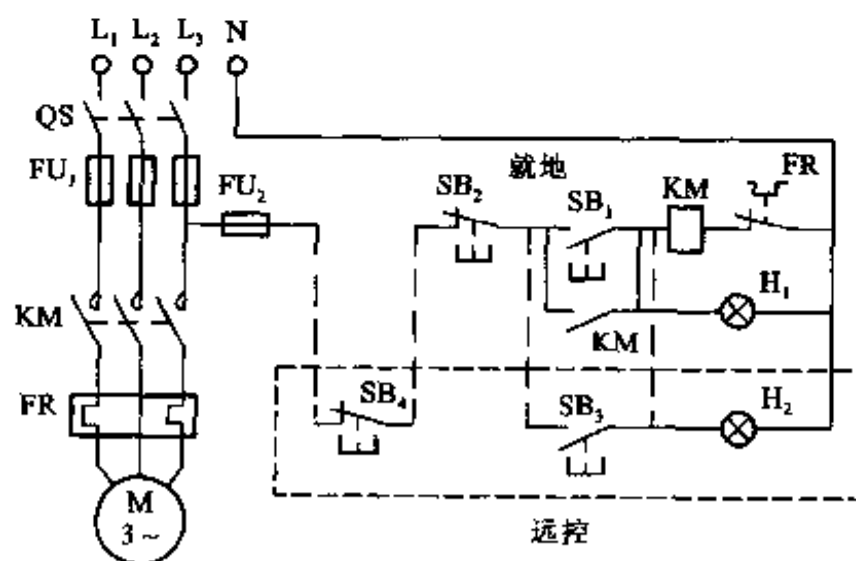


图 2-70 一般远程电动机控制线路

造成芯线与芯线之间、芯线与铠装层之间存在较大的分布电容。按下停止按钮时,控制线路分布电容上的充电电压将对接触器线圈放电,使其维持一段时间吸合状态,待放电至低于接触器的释放电压时,接触器才能释放,电动机才停机。

为了消除这一现象,可采用如图 2-71 所示的控制线路。该电路利用停止按钮的常开触点,在按下停止按钮时,将尚吸合着的接触器 KM 线圈两端短路,使控制线路上的分布电容电压迅速降低到零, KM 立即失电释放,电动机迅速停机。

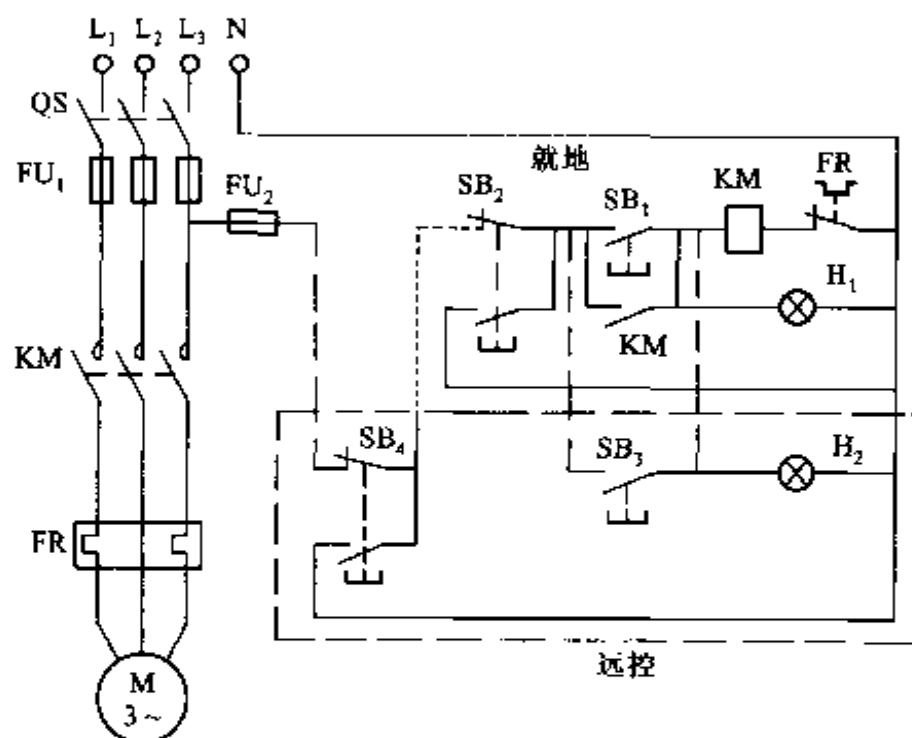
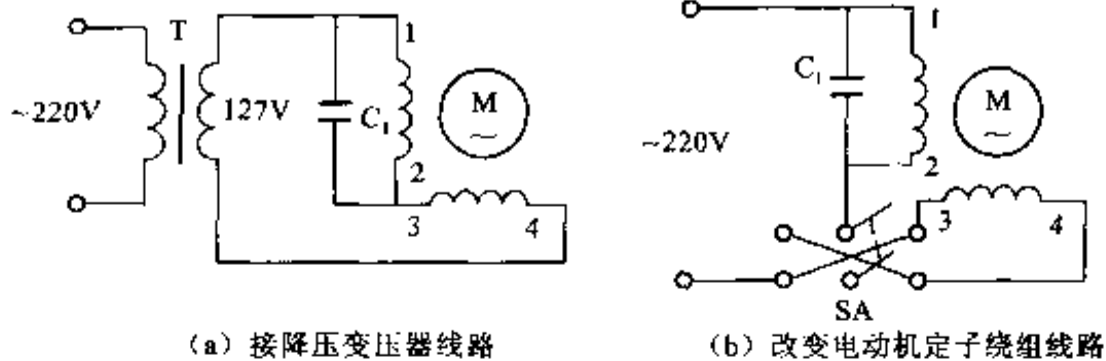


图 2-71 改进的远程电动机控制线路

42. 额定电压为 127V 的可逆电动机接于 220V 电源的线路

ND-9 型、ND-30 型等微型可逆电动机,其标称电压为 127V,如要按标称电压使用,需接一个变比为 220:127 的降压变压器如图 2-72(a)所示。这很不方便。实际工作中,可以利用这类电动机的工作绕组和起动绕组参数基本一致的特点,将两绕组串联后接到 220V 电源上,再在任一绕组上并联一只起动电容即可,如图 2-72(b)所示。如要电动机反转,只要调换两绕组中任一组的头尾

即可,它可由双掷双刀开关 SA 来完成。



(a) 接降压变压器线路

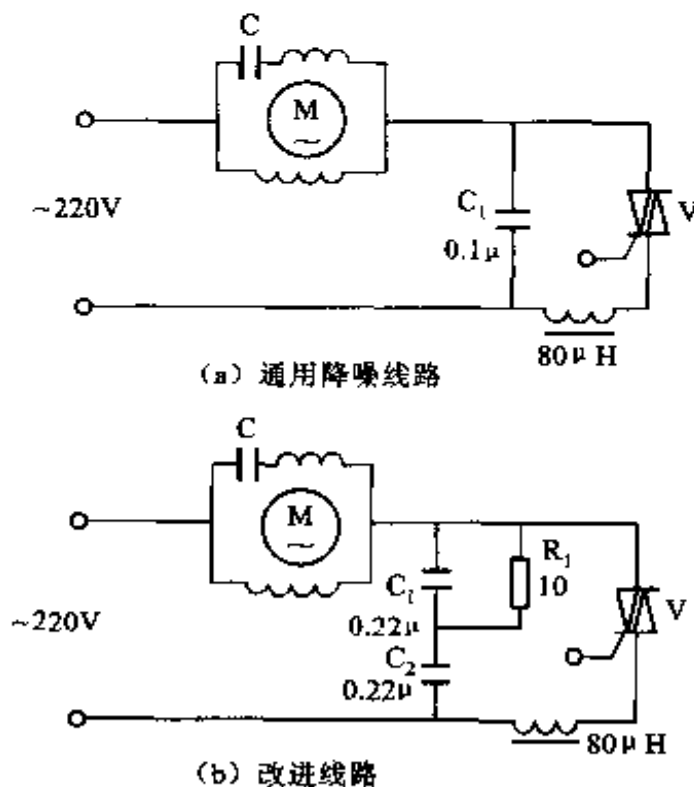
(b) 改变电动机定子绕组线路

图 2-72 127V 可逆电动机接于 220V 电源的线路

43. 降低晶闸管调速电容起动电动机噪声的线路

图 2-73(a)为带有抑制无线电干扰的低通滤波器的晶闸管调速线路。调速时,电动机的绕组电感、起动电容 C 和滤波器谐振,会使电动机振动,发出噪声。

图 2-73(b)是图 2-73(a)的改进线路。实践证明它有较好的减振作用。



(a) 通用降噪线路

(b) 改进线路

图 2-73 降低电容起动电动机噪声的线路

44. 锅炉自动给煤装置控制线路

小型锅炉通常采用手动给煤,不但增加司炉工的劳动强度,也很难保证加煤均匀。为此可采用如图 2-74 所示的自动给煤装置控制线路。

工作原理:首先起动煤粉机,使其在空载下运行,然后接通控制回路电源。这时电流互感器 TA 中的电流较小,三极管 VT_1 截止, VT_2 、 VT_3 导通,中间继电器 KA 吸合,其常开触点闭合。把给

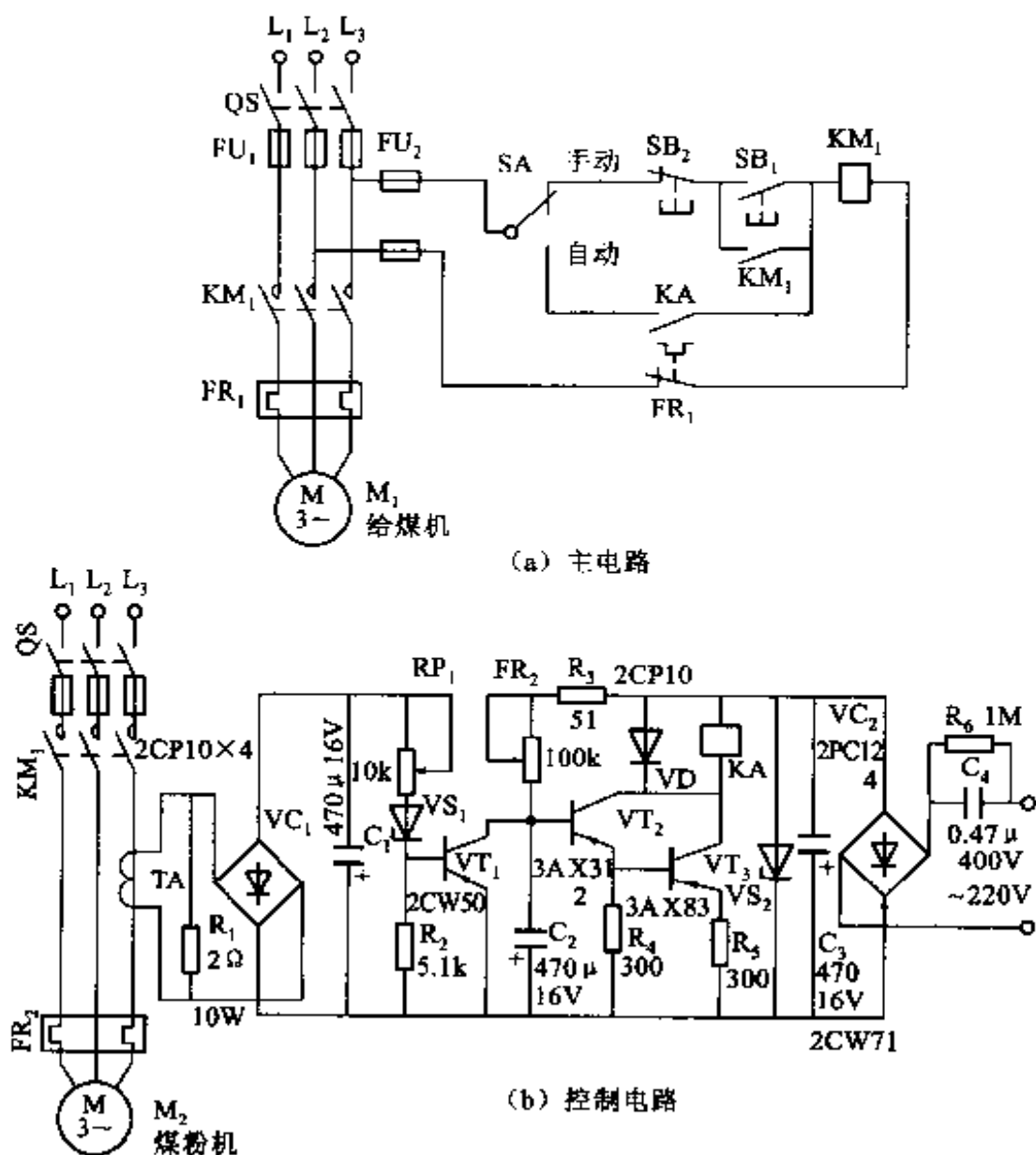


图 2-74 锅炉自动给煤装置

煤机转换开关 SA 置于“自动”位置,装置便开始工作,接触器 KM_1 得电吸合,给煤机运转,开始给煤粉机加煤。当煤量合适,煤粉机正常工作,煤粉正常送入。当煤量过多时,煤粉机电机负载加重,流过电流互感器 TA 的电流增大,其输出电压增大,经整流桥 VC_1 整流、电容 C_1 滤波、电位器 RP_1 和电阻 R_2 分压,将使稳压管 VS_1 击穿(2CW50 的稳压值 $1\sim 2.8V$),三极管 VT_1 得到基极电流而导通, VT_2 、 VT_3 截止,中间继电器 KA 失电释放,继而接触器 KM_1 失电释放,给煤机停止工作。当煤粉机继续给锅炉加煤后,煤粉机电流减小,又使 VT_1 截止, VT_2 、 VT_3 导通,KA 吸合,继而 KM_1 吸合,给煤机继续工作。这样,使送入炉膛的煤量较均匀,燃烧稳定。

45. 混凝土骨料上料和称量控制线路

混凝土搅拌前需要将黄沙和石子按比例称好。水泥每包重量为 50kg,不必再称。

混凝土骨料上料和称量控制线路如图 2-75 所示。图中, M_1 和 YA_1 为黄沙拉铲电动机和黄沙称量斗门控制电磁铁; M_2 和 YA_2 为石子拉铲电动机和石子称量斗门控制电磁铁。接触器 $KM_2\sim KM_4$ 分别控制黄沙和石子拉铲电动机的正反转,正转使拉铲拉着骨料上升,反转使拉铲回到原处,以备下一次拉料。接触器和电磁铁的动作分别由各自的起动按钮和停止按钮控制。

电磁铁控制料斗斗门示意图如图 2-76 所示。当骨料铲入料斗,并达到称量要求时,接触器 KM_5 (或 KM_6)吸合,电磁铁 YA_1 (或 YA_2)得电吸合,打开下料斗的活动门,骨料下落。

实际上,电磁铁吸合动作是由磅秤秤杆的状态来控制的,如图 2-77 所示。料斗未称足重量时,秤杆与设在磅秤下的触点是断开的,即限位开关 SQ_1 、 SQ_2 是断开的,接触器 KM_5 、 KM_6 失电释放,电磁铁 YA_1 、 YA_2 不吸合;当料斗称足重量时,秤杆与触点闭合,限位开关 SQ_1 (或 SQ_2)闭合,接触器 KM_5 (或 KM_6)得电吸合并自锁,电磁铁 YA_1 (或 YA_2)吸合,打开下料斗门。卸料完毕,按一下

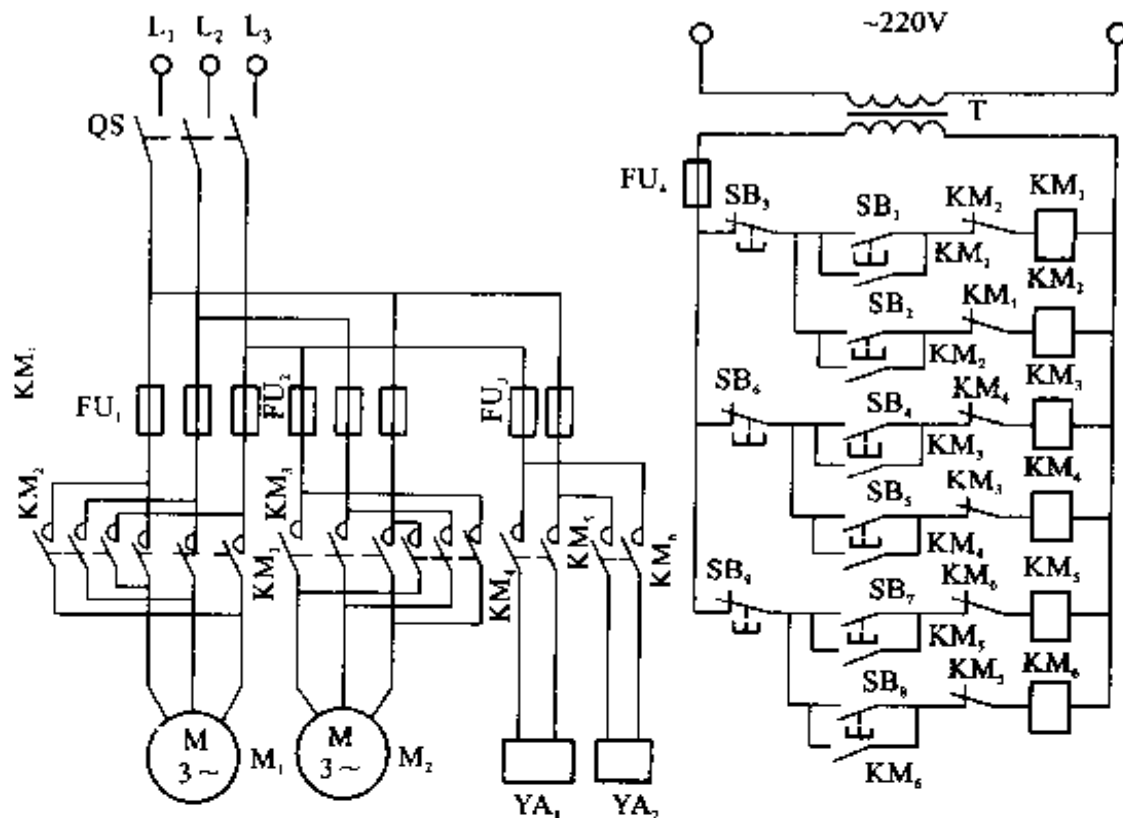


图 2-75 混凝土骨料上料和称量控制线路

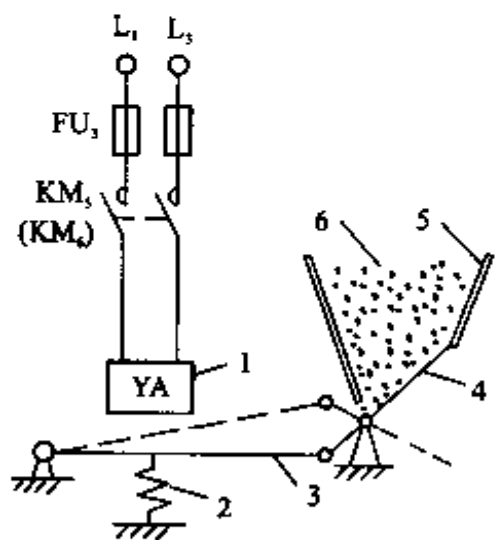


图 2-76 电磁铁控制

料斗斗门示意图

- 1. 电磁铁
- 2. 弹簧
- 3. 杠杆
- 4. 活动门
- 5. 料斗
- 6. 骨料

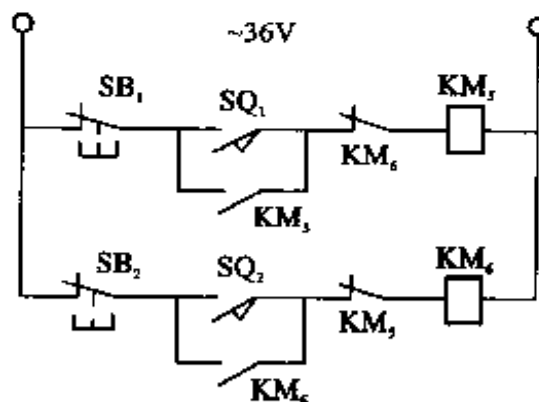


图 2-77 接触器控制磅

秤秤杆电路

按钮 SB₇，接触器 KM₅、KM₆ 失电释放，斗门闭合。

46. 散装水泥自动秤控制线路

在混凝土搅拌站，需将散装水泥从水泥罐中取出、运送到料斗中给料，同时还需称量和计数。这一套工作程序由图 2-78 所示的线路控制。

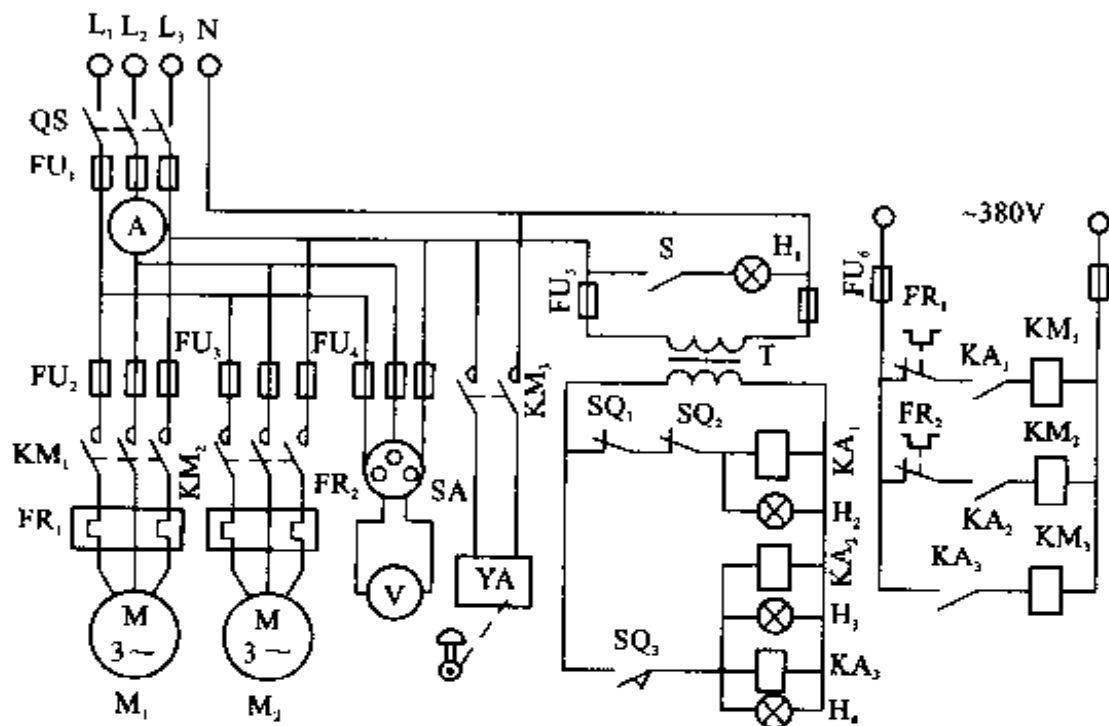


图 2-78 散装水泥自动秤控制线路

图中，M₁ 为螺旋运输机驱动电动机，M₂ 为振动给料器驱动电动机。水泥通过振动给料器从水泥罐中给出，并经螺旋运输机进入称量斗。称量斗上装有水银开关 SQ₁ 和 SQ₂（它们利用称量的杠杆机构接通和断开），以判断水泥的重量。

工作原理：当水泥未达到规定重量时，SQ₁ 和 SQ₂ 是接通的，继电器 KA₁ 得电吸合，其常开触点闭合，接触器 KM₁ 得电吸合，电动机 M₁ 转动，继续给料；当水泥达到规定重量时，SQ₁ 和 SQ₂ 断开，继电器 KA₁ 和接触器 KM₁ 先后失电释放，电动机 M₁ 停止转动，螺旋给料机停止给料。这时行程开关 SQ₃ 也断开，继电器 KA₂、KA₃ 失电释放，它们的常开触点断开，接触器 KM₂、KM₃ 失

电释放,电动机 M_2 停止转动,振动给料器停止工作,同时电磁铁 YA 失电释放,带动计数器计数 1 次。

47. 混凝土搅拌机控制线路

混凝土搅拌机控制线路如图 2-79 所示。图中, M_1 为搅拌机滚筒电动机,正转时搅拌混凝土,反转时使搅拌好的混凝土出料。正、反转分别由接触器 KM_1 和 KM_2 控制; M_2 为料斗电动机,正转时牵引料斗起仰上升,将骨料和水泥倒入搅拌机滚筒,反转时使料斗下降放平,等待下一次下料。为了及时刹住料斗,电动机 M_2 采用电磁抱闸(YB)制动; YV 为给水电磁阀,在搅拌混凝土过程中,由操作人员按动按钮 SB_3 来控制给水量; SQ_1 和 SQ_2 为料斗限位开关,用以限制料斗上端和下端的极限位置,当料斗碰着 SQ_1 或 SQ_2 时,接触器 KM_3 或 KM_4 便失电释放,电动机 M_2 停止转动,从而

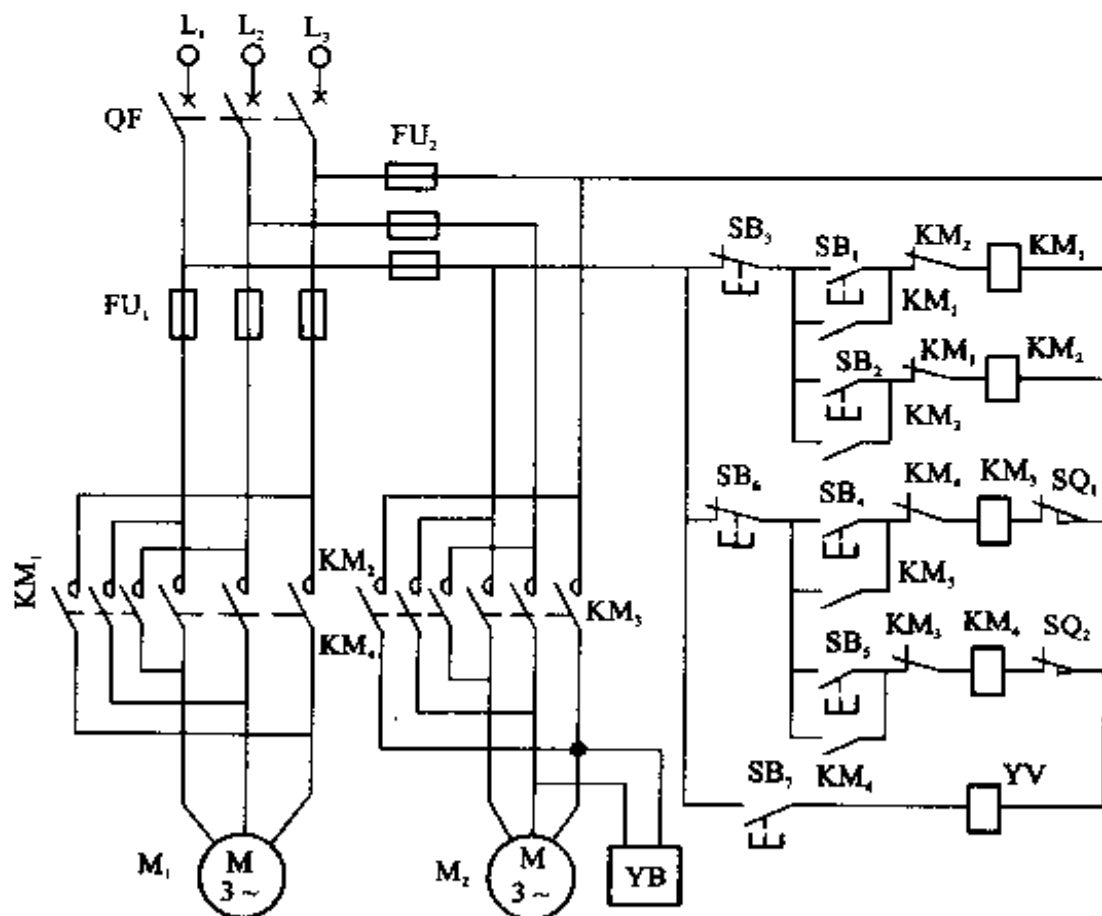


图 2-79 混凝土搅拌机控制线路

保护机械设备免受损坏。

48. 混凝土振捣器控制线路(一、二)

混凝土振捣器能增大混凝土混合料的流动性,排出混凝土中的空气,增加混凝土的强度。

振捣器由变频机组供电,发电机输出频率约为 200Hz,从而使振捣器得到较高的振动频率。

振捣器有手动和自动两种控制方式。

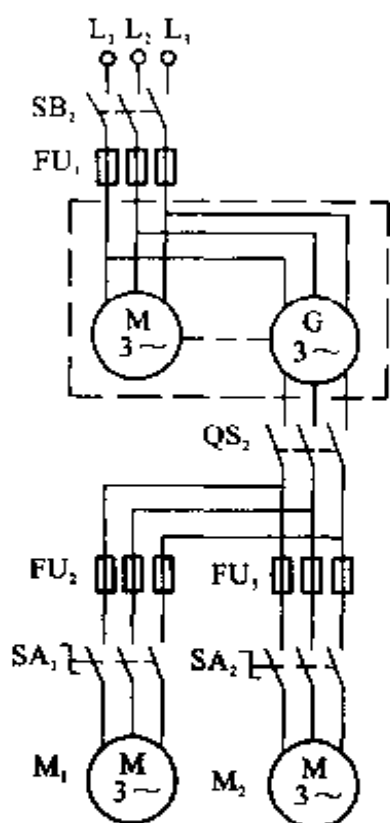


图 2-80 手动混凝土振捣器控制线路

(1)线路之一,手动混凝土振捣器控制线路。如图 2-80 所示。图中,M 为三相异步电动机,G 为三相绕线式异步发电机,两者转子同轴。M 带动发电机 G 旋转,输出约 200Hz 频率的交流电,该交流电送至振捣电动机 M_1 和 M_2 ,使它们产生振幅不大,但频率较高的振动。

(2)线路之二,自动混凝土振捣器控制线路。如图 2-81 所示。图中,M、G 同图 2-80, M_1 为振捣电动机,YA 为电磁铁,它控制开关 S(照明拉线开关)的开与关。四芯电缆中的一根与设在手把下的触点开关 P 连接,按动开关 P 能短时接触到一根相线。

工作原理:起动时,按动开关 P,使 P 点与相线短时相接,电磁铁 YA 短时得电吸合,开关 S 被拉合,接触器 KM_1 得电吸合,电动机 M 起动运转;同时, KM_1 常开辅助触点闭合,时间继电器 KT 通电,经过一段时间延时(延时时间等于电动机 M 起动完毕所需时间),其延时闭合常开触点闭合,接触器 KM_2 得电吸合,接通振捣器电动机 M_1 。

停止时,再次按动开关 P,使开关 P 再次与相线短时相接,电磁铁 YA 又短时吸合,开关 S 断开, KM_1 、KT 和 KM_2 相继失电释

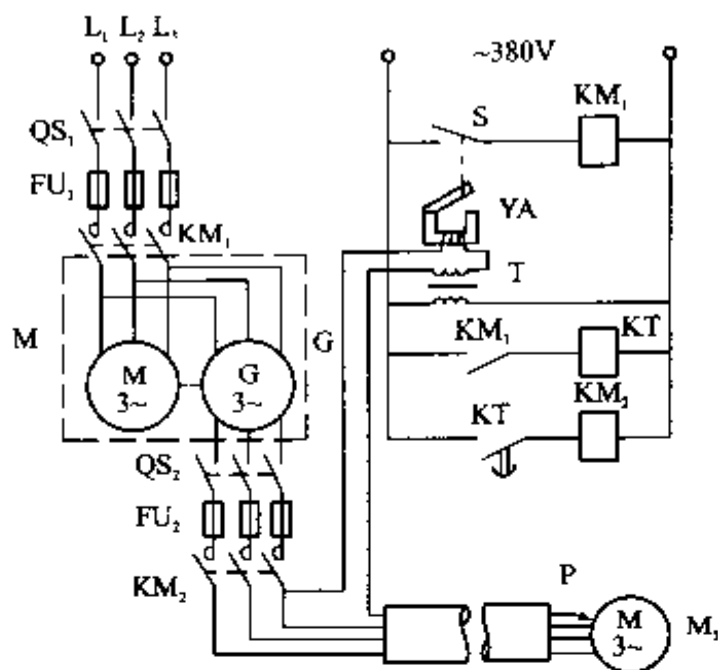


图 2-81 自动混凝土振捣器线路

放,电动机 M 和 M₁ 都停止工作。

49. 电动门控制线路(一~四)

(1)线路之一。图 2-82 为采用一台电动机控制的简易型电动门线路。它具有信号显示报警、延时起动和自动停车等功能。只要按下起动按钮,就可预警,自动完成一次延时开门、关门及开门、关门过程中的报警等动作。

工作原理:门完全打开时,限位开关 SQ₁ 被压下,接触器 KM₂ 得电吸合,其常开触点闭合,常闭触点断开。合上电源开关 QS,指示灯 H₁ 亮。按下起动按钮 SB,电铃 HA 发出预告报警声。同时时间继电器 KT 线圈通电,其瞬动触点动作,并经过一段延时后,其延时闭合常开触点闭合,指示灯 H₂ 亮,接触器 KM₂ 得电吸合并自锁,其主触点闭合,电动机 M 起动运转,门开始往关闭方向运行,其常闭辅助触点断开,KT 失电释放。当门离开限位开关 SQ₁ 时, SQ₁ 复位。当门运行至限位开关 SQ₂ 时, SQ₂ 被压下,其常闭触点断开, KM₂ 失电释放, H₂ 熄灭, HA 停止报警,电动机停转,大门被关闭。同时 SQ₂ 常开触点闭合,指示灯 H₃ 亮,关门动作完成。

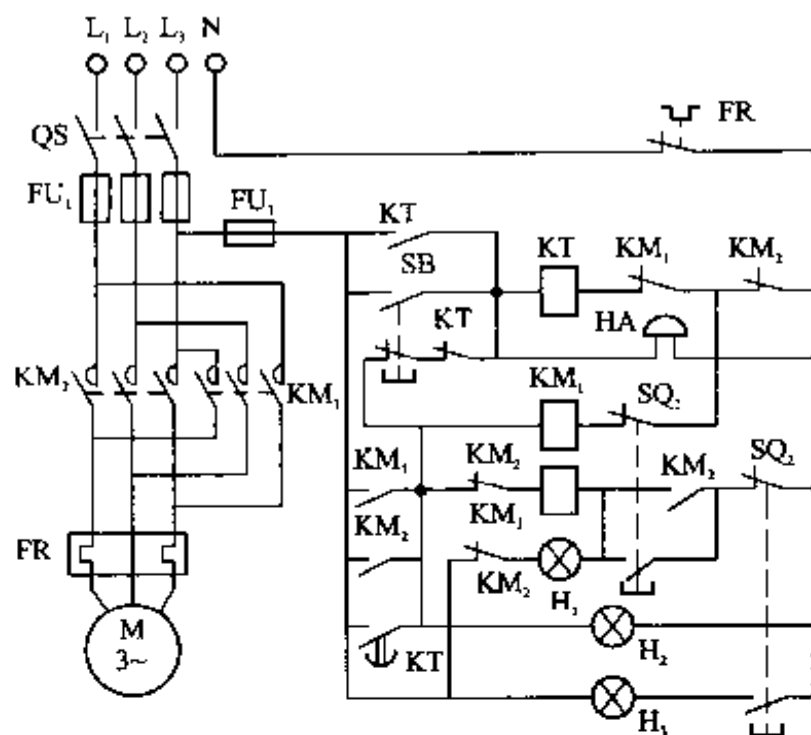
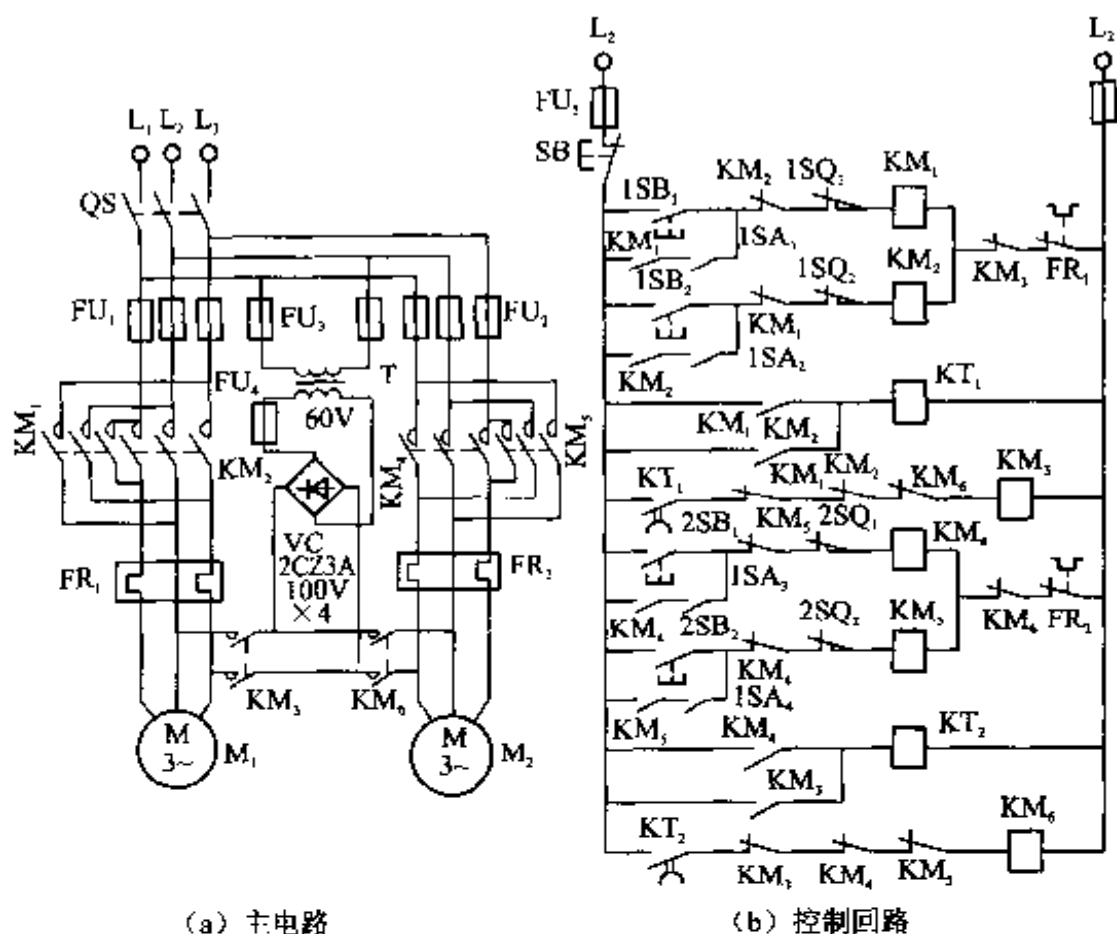


图 2-82 单台电动机控制的电动门线路

开门时,再次按下按钮 SB,其动作过程与上述相同,但这时接触器 KM_1 得电吸合,电动机 M 反转,门往开启方向运行。当门离开限位开关 SQ_2 时, SQ_2 复位, H_3 熄灭。当门运行至 SQ_1 时, SQ_1 被压下, KM_1 失电释放,电动机停转,门被打开。

(2)线路之二。图 2-83 为采用两台 JTC-170-1.1-31 型 1.1kW 齿轮减速电动机控制的电动门线路。它能带动每扇重约 200kg 的铁门,以 0.35~0.4m/s 速度运动。8m 宽的门需 8s 即可关闭。该线路可以实现以下三个功能:一是单扇门打开与关闭;二是双扇门打开与关闭;三是大门在轨道上的任意一个位置起动和停止。

图中,1SB₁、1SB₂ 为电动机 M₁ 正反转起动按钮;2SB₁、2SB₂ 为电动机 M₂ 正反转起动按钮;1SA₁、1SA₂ 为电动机 M₁ 点动按钮开关;2SA₁、2SA₂ 为电动机 M₂ 点动按钮开关;1SQ₁、1SQ₂ 为电动机 M₁ 正反转限位开关;2SQ₁、2SQ₂ 为电动机 M₂ 正反转限位开关;SB 为整个控制回路的停电按钮;接触器 KM_5 和 KM_6 分别是当 M₁ 和 M₂ 断电后向电动机供直流能耗制动电源的接触器。



(a) 主电路

(b) 控制回路

图 2-83 两台电动机控制的电动门线路

工作原理：开门分常动和点动两种操作。

① 要将两扇门一次开到底，可用常动操作，即先合上钮子开关 $1SA_1$ 和 $2SA_1$ ，再分别（即不同一瞬时）按下 $1SB_1$ 和 $2SB_1$ 。这时接触器 KM_1 和 KM_2 得电吸合，两扇门徐徐开启。

② 要将两扇门只开启一部分时，可用点动操作，即将 $1SA_1$ 和 $2SA_1$ 打开，间断地按下 $1SB_1$ 和 $2SB_1$ ，这时可使两扇门开启到任意一位置上。

关闭门的操作方法与开门基本相同，不同的是应按下按钮 $1SB_2$ 和 $2SB_2$ 。

电动机采用能耗制动，有关能耗制动的内容见第三章第一节。

(3) 线路之三。图 2-84 是采用直线电动机控制的电动门线路，这种电动门很适用于铁路道口使用。电动机采用主令开关控制。

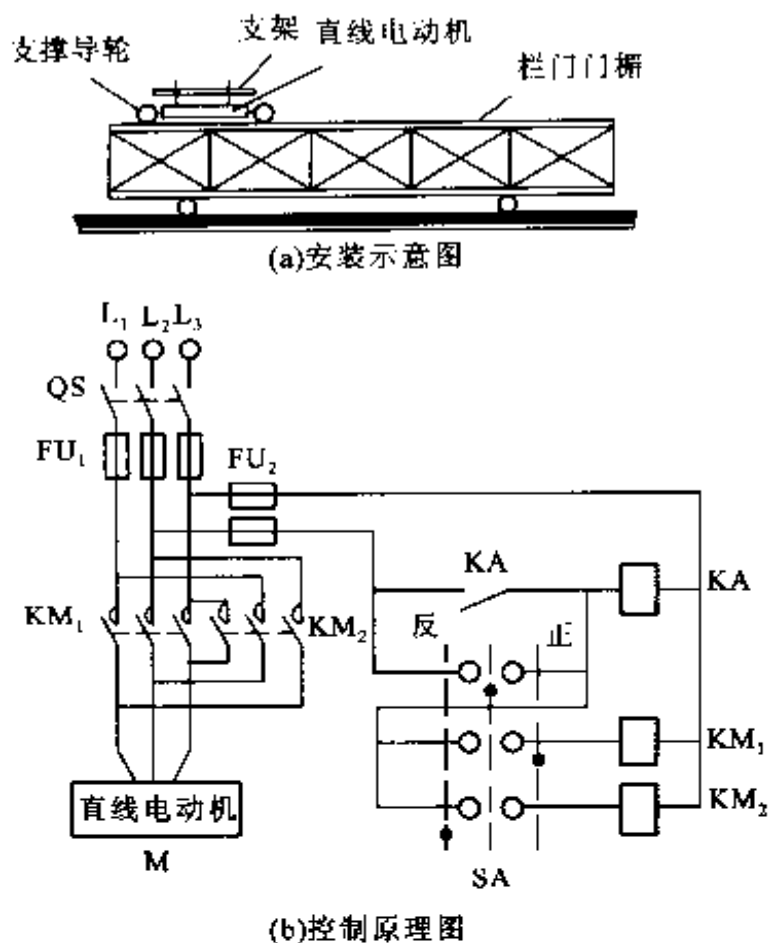


图 2-84 直线电动机控制的电动门

直线电动机为 ZYEG-42 型,在三相电源 380V、电流 12A 供电时,对门栏可产生 42kg 的推力。一个高度为 1.3m、长度为 10m、重量为 500kg 的栏门,在直线电动机控制下其行走速度可达 1~2m/s。8m 宽路面的道口,只需约 7s 即可关闭。

工作原理:合上电源开关 QS,主令开关 SA 处于零位时,继电器 KA 得电吸合并自锁,至此正、反起动的准备工作已就绪。当 SA 置于“正”位时,接触器 KM_1 得电吸合,其主触点接通直线电动机 M,门打开。当 SA 置于“反”位时,接触器 KM_2 得电吸合,门关闭。由于道口栏门的控制要求不高,所以栏门的速度可由主令开关的“正”、“停”、“反”三个位置来控制,当工人操作熟练后,栏门的运行速度是很容易控制的。

(4) 线路之四。两台直线电动机控制的电动门线路如图 2-85

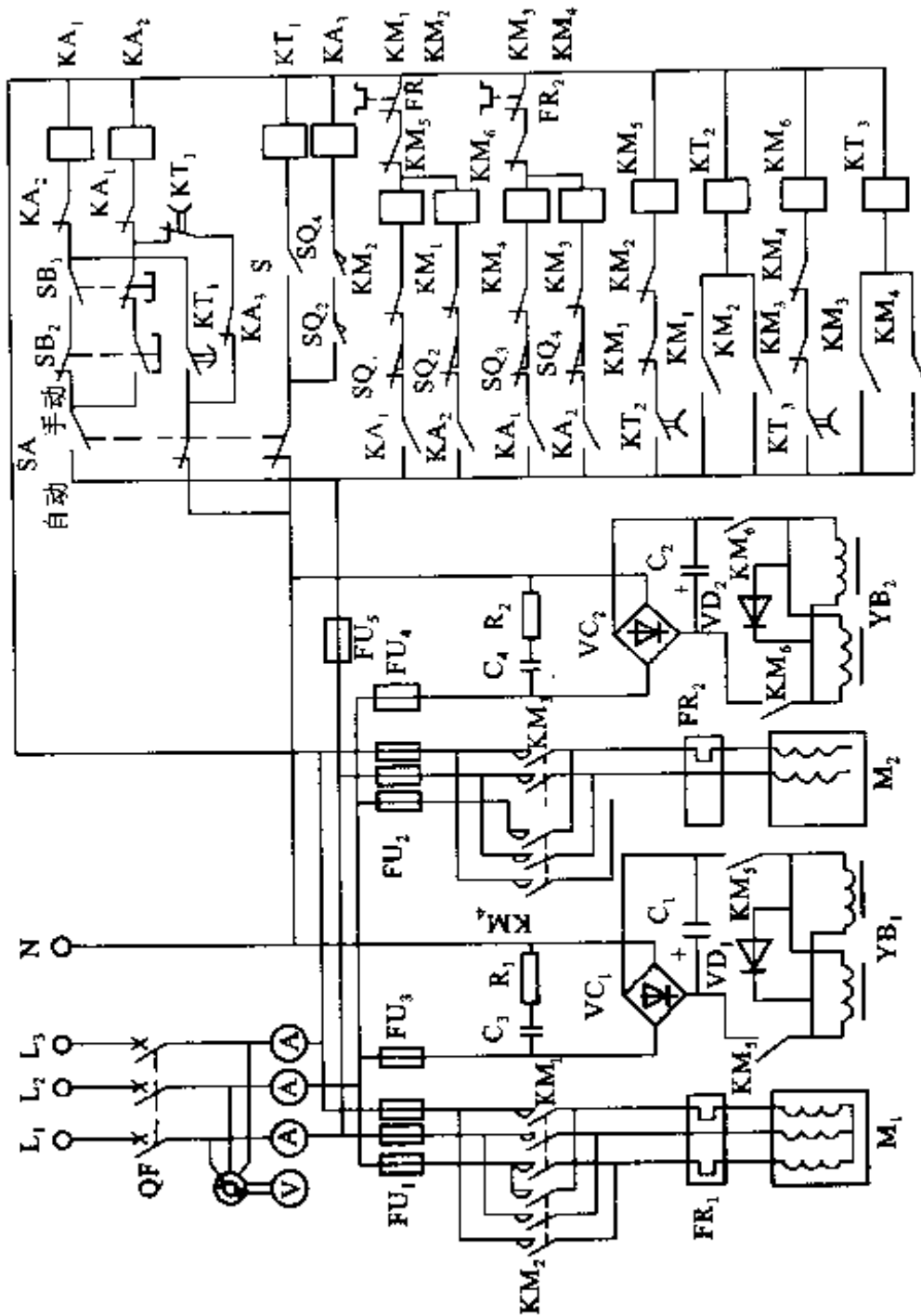


图2-85 两台直线电动机控制的电动门线路

所示。直线电动机采用电磁铁 YB_1 、 YB_2 制动。

工作原理:为简化操作程序,采用按钮点动控制。借助控制开关 SA,可手动和自动控制。 SB_1 为两台电动机的正转(关门)按钮; SB_2 为两台电动机的反转(开门)按钮; KM_1 和 KM_3 为两台电动机的正转接触器; KM_2 和 KM_4 为两台电动机的反转接触器; $SQ_3 \sim SQ_4$ 为栏门限位开关。为使栏门准确定位,在电动机前后分别设置了两块直流电磁铁 YB_1 、 YB_2 。电动机断电后,时间继电器 KT_2 、 KT_3 控制接触器 KM_5 、 KM_6 向电磁铁提供直流电,励磁产生的强磁力很快将栏门制动。5s 后 KT_2 、 KT_3 控制 KM_5 、 KM_6 断开直流电源,磁力制动缓解。为防止误动作, KM_1 、 KM_2 与 KM_5 , KM_3 、 KM_4 与 KM_6 在控制回路中互相连锁。二极管 VD_1 、 VD_2 的作用是,防止直流断电后在励磁线圈中感应出高电压而击穿其它电器元件。

电动门自动控制的工作原理如下:将控制开关 SA 置于自动位置。报警设备发出信号后,触点 S 闭合,时间继电器 KT_1 线圈通电,其延时闭合常开触点按整定值在延时一定时间后闭合, KA_1 得电吸合,其常开触点闭合,接触器 KM_1 、 KM_3 得电吸合,起动直线电动机推动栏门正向运转。到达关闭位置,限位开关 SQ_1 、 SQ_3 被压下, KM_1 、 KM_3 失电释放,电磁制动器制动,完成关门动作。开门时,触点 S 断开, KT_1 失电释放,其常闭触点闭合, KA_2 得电吸合,其常开触点闭合使接触器 KM_2 、 KM_4 得电吸合,起动电动机反向运转,直至限位开关 SQ_2 、 SQ_4 被压下, KM_2 、 KM_4 失电释放,电磁制动器制动,完成开门动作。两个栏门到开启终端位置时,限位开关 SQ_2 、 SQ_4 常开触点串联接通 KA_3 线圈, KA_3 吸合,其常闭触点断开, KA_2 失电释放,其常闭触点闭合,解除对 KA_1 连锁,以待下一次由道口自动信号设备控制栏门关闭道口。道口工进行检查作业时只需将控制开关 SA 打到自动位置,火车距道口 800m 时栏门可自行关闭。

第三章 鼠笼式异步电动机制动线路

为了使电梯、起重机、提升机、机床等设备能准确定位在要求的位置,并防止停机后由于设备机械的惯性作用而产生滑行,应采取制动控制。常用的制动方式有机械制动(包括电磁抱闸)、反接制动、能耗制动、再生制动等。

机械制动,是利用摩擦阻力来达到制动目的的。其中,应用最多的是电磁抱闸制动。电磁抱闸制动的优点是:行程短,机械部分的冲击小,能承受频繁动作。

反接制动,是指在电动机断电的同时,改变电动机输入电源的相序,即改变电动机定子旋转磁场的方向,使电动机转子产生一个逆旋转的制动力矩,并依靠这个制动力矩强制电动机停止转动。经过短暂的制动时刻,再把输入的电源切断。

能耗制动又称动力制动,是指在电动机供电电源切断的同时,即向电动机定子绕组通入直流电,以形成一个固定(静止)的磁场,以消耗因惯性仍按原方向转动的转子的动能,使电动机停转。

反接制动与能耗制动的优缺点比较见表 3-1。

表 3-1 反接制动与能耗制动的比较

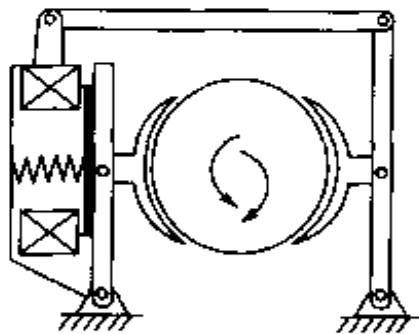
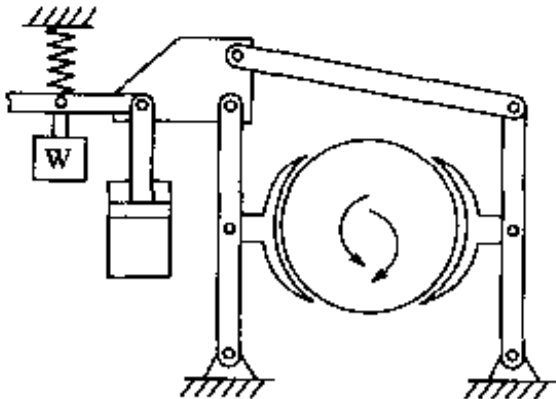
制动方式 比较项目	反接制动	能耗制动
制动设备	需速度继电器	需直流电源
制动效果	制动力强,准确性差,冲击强烈	制动准确、平稳
优缺点	制动迅速,但冲击强烈,易损坏传动零件,不宜经常制动	能量损耗小,可方便地调节制动转矩,低速时制动效果差
适用范围	一般用在铣、镗、中型车床的主轴控制中	磨床、立铣等机床;电动机容量较大和起动频繁的场所

再生制动又称发电制动。当电动机转速高于旋转磁场同步转速的时候(如起重设备载重物下降时就可能发生),转子导体产生感应电流,并在旋转磁场的作用下产生一个反旋转方向的制动力矩,使电动机处于发电制动的状态下。这种制动方式,是先将储藏在重物中的机械能或位能转变为电能,再将电能转变为新形式的机械能,达到制动的目的。

第一节 机械制动线路

机械制动常用的制动器有电磁制动器、电动液压制动器、带式制动器、圆盘式制动器等几种,其中最常用的是电磁制动器。几种常用机械制动器的制动方式及特点见表 3 2。

表 3-2 几种常用机械制动器的制动方式及特点

类别	结构示意图	制动力	特点
电磁制动器		弹簧力	行程小,机械部分的冲击小,能承受频繁动作
电动-液压制动器		弹簧力 重锤力	制动时的冲击小,通过调节液压缸活塞的行程,可用于缓慢停机

续表 3-2

类别	结构示意图	制动力	特点
带式 制动器		弹簧力 手动力 液压力	摩擦转矩大,用于紧急制动
圆盘式 制动器		弹簧力 电磁力 液压力	能悬吊在小型的机器上

1. 电磁抱闸制动线路(一、二)

(1)线路之一。如图 3-1 所示。电磁抱闸制动的关键部件是电磁抱闸制动器,它主要由制动电磁铁和闸瓦制动器两大部分组成。

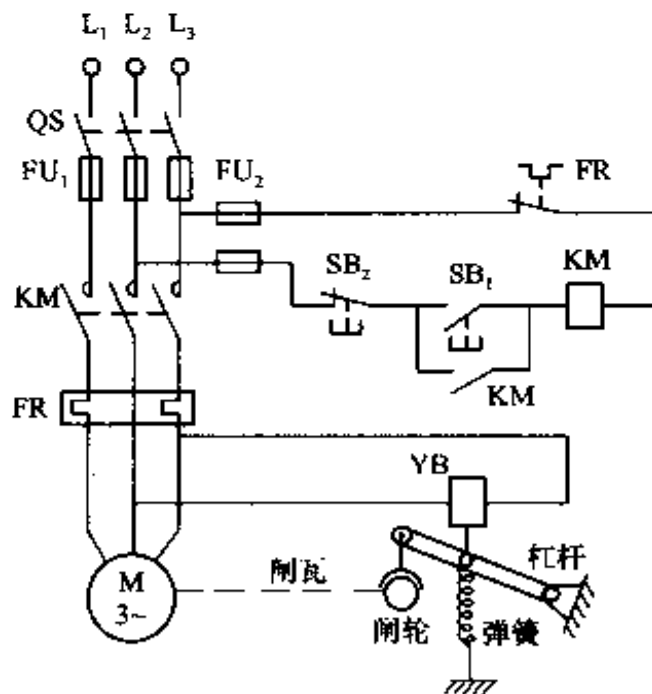


图 3-1 电磁抱闸制动线路(之一)

制动电磁铁的电源有 220V 和 380V 两种。闸瓦制动器包括闸瓦、杠杆、弹簧、闸轮等部件。闸轮与电动机装在同一根转轴上。

工作原理：当电动机接入电源时，电磁抱闸线圈 YB 也同时得电吸合，迫使制动杠杆向上移动，从而使制动器上的闸瓦与闸轮松开，电动机正常运转。当电动机电源被切断（按下停止按钮 SB_2 ）时，YB 也同时失电释放，使闸瓦在弹簧弹力的作用下迅速制动闸轮，使电动机迅速停转。

该线路的缺点是，电源被切断后，主轴被制动，此时手动调整主轴或工作轴较困难。

(2) 线路之二。如图 3-2 所示。由图可见，电磁抱闸线圈 YB 电源仅在停止按钮 SB_1 按下时接通，当 SB_1 复位后，接触器 KM_2 失电释放，其常开触点打开，抱闸线圈 YB 失电释放，使闸瓦在弹簧弹力的作用下迅速制动闸轮，使电动机迅速停转。这一制动方式虽然解决了制动后手动调整主轴和工作困难的问题，但其存在的突出缺点是，断电时无法制动。在某些场合下这是很危险的，是不允许的。

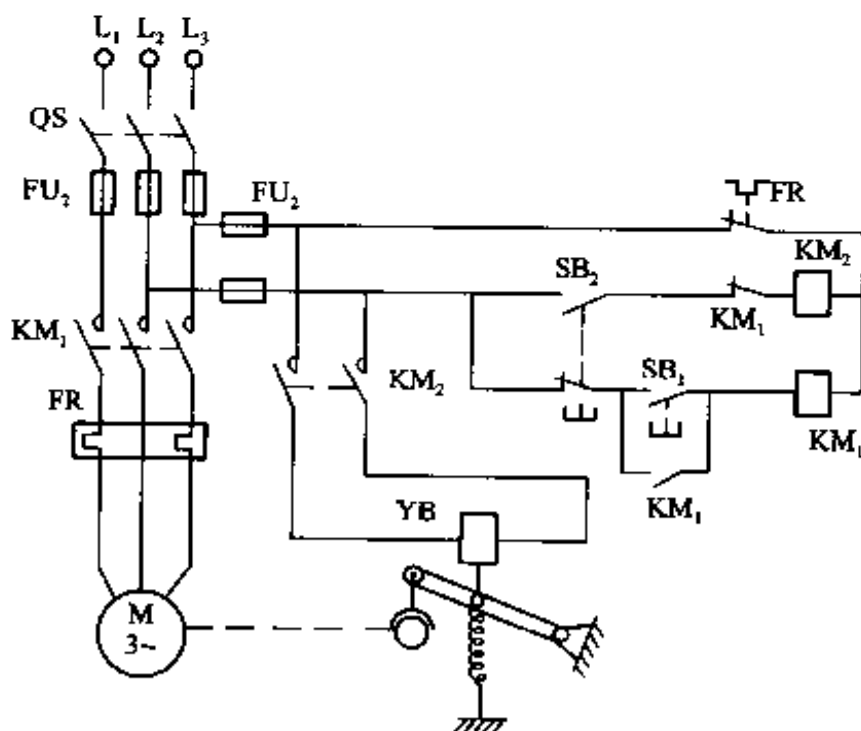


图 3-2 电磁抱闸制动线路(之二)

第二节 反接制动线路

2. 单向运转反接制动线路(一~四)

反接制动有较强的制动效果,制动转矩较恒定,但也存在两个不足:一个是反接制动的振动和冲击力都比较大,影响设备的精度,所以11kW以上的电动机一般不采用反接制动法;另一个是制动到零时应切断电源,否则有自动反向起动的可能。

(1)线路之一。如图3-3所示。该线路没有采用中间继电器。

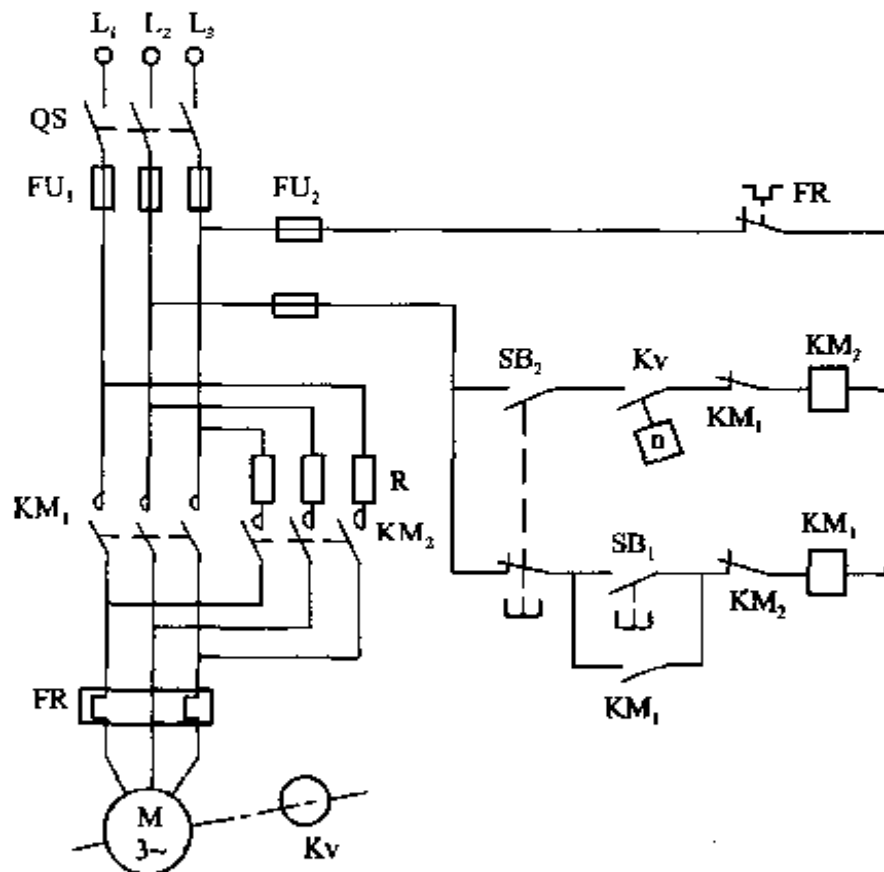


图 3-3 单向运转反接制动线路(之一)

工作原理:合上电源开关 QS,按下起动按钮 SB₁,接触器 KM₁得电吸合并自锁,电动机直接起动并带动速度继电器 Kv 一起旋转。当电动机转速升高到一定值后(通常大于 120r/min),速度继电器 Kv 的触点闭合,为接触器 KM₂ 通电(即反接制动)做好准备。

停机时,按下停止按钮 SB_2 ,接触器 KM_1 失电释放,其常闭触点闭合,接触器 KM_2 得电吸合,改变了电动机定子绕组中电源相序,电动机反接制动,迫使电动机转速迅速下降。当转速低于 100r/min 或接近于零时,速度继电器 Kv 触点打开, KM_2 失电释放,制动过程结束。反接制动过程约 $1\sim 3\text{s}$ 。

接入制动电阻 R 的目的是限制反接制动电流,以避免产生大的冲击。反接制动电流一般限制在电动机额定电流的 10 倍左右。小容量电动机(如 4.5kW 以下)可不必串入限流电阻。

该线路的缺点是,如果操作人员因工作需要用手转动工件或主轴时,当电动机转速达到 120r/min ,则速度继电器 Kv 的常开触点即闭合, KM_2 吸合,电动机向反方向转动,很可能造成工伤事故。

(2)线路之二。为了克服图 3-3 线路的不足,采用如图 3-4 所示的线路。该线路增加了一只中间继电器,其工作原理与图 3-3 类似。

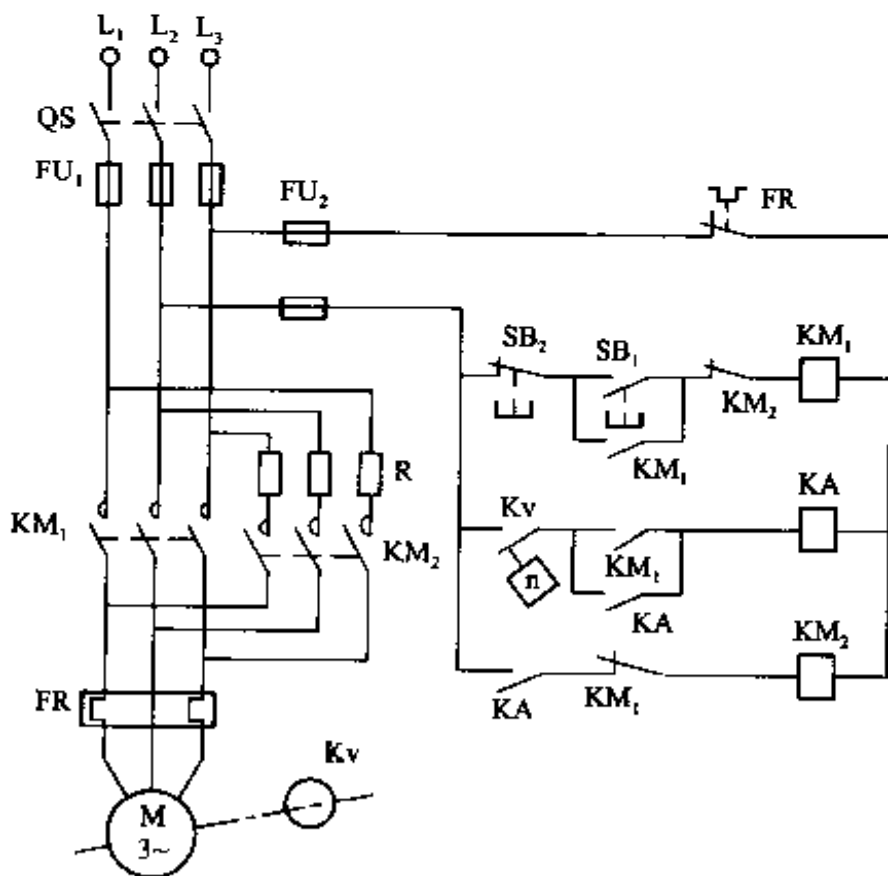


图 3-4 单向运转反接制动线路(之二)

(3)线路之三。图 3-5 所示线路为单向电阻降压起动、反接制动控制线路。

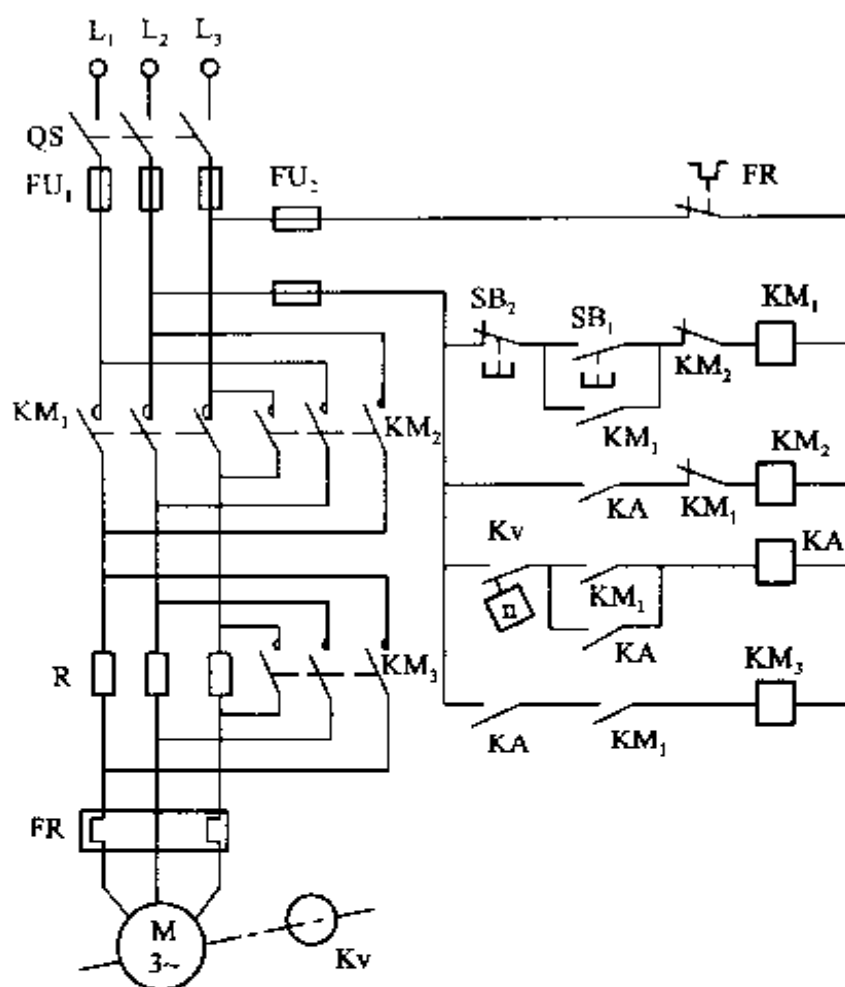


图 3-5 单向运转反接制动线路(之三)

工作原理:合上电源开关 QS,按下起动按钮 SB₁,接触器 KM₁得电吸合并自锁,其常开触点闭合,电动机经电阻 R 降压起动。当转速上升到一定值时,速度继电器 Kv 触点闭合,中间继电器 KA 得电吸合并自锁,其常开触点闭合,接触器 KM₃ 得电吸合,其主触点闭合,短接了降压电阻 R,电动机进入全压正常运行。

停机时,按下停止按钮 SB₂,接触器 KM₁、KM₃ 先后失电释放,使降压电阻串入电动机定子回路。这时电动机因惯性作用仍然运转,速度继电器 Kv 触点仍闭合,故 KA 仍然吸合。由于 KM₁ 常闭辅助触点已闭合,所以 KM₂ 得电吸合,电动机反接制动,而此时

电阻 R 起限制制动电流的作用。当电动机转速下降到一定值时, K_v 触点断开, KA 失电释放, 其常开触点断开, KM₂ 失电释放, 反接制动结束。

(4) 线路之四。当电动机在灰尘、油污较多的环境下运行时, 与电动机装在一起的速度继电器容易失灵, 造成反接制动失效, 为此可用一只时间继电器来代替速度继电器。由于时间继电器可装在控制柜内, 环境好, 工作可靠。采用时间继电器的单向运转反接制动线路如图 3-6 所示。

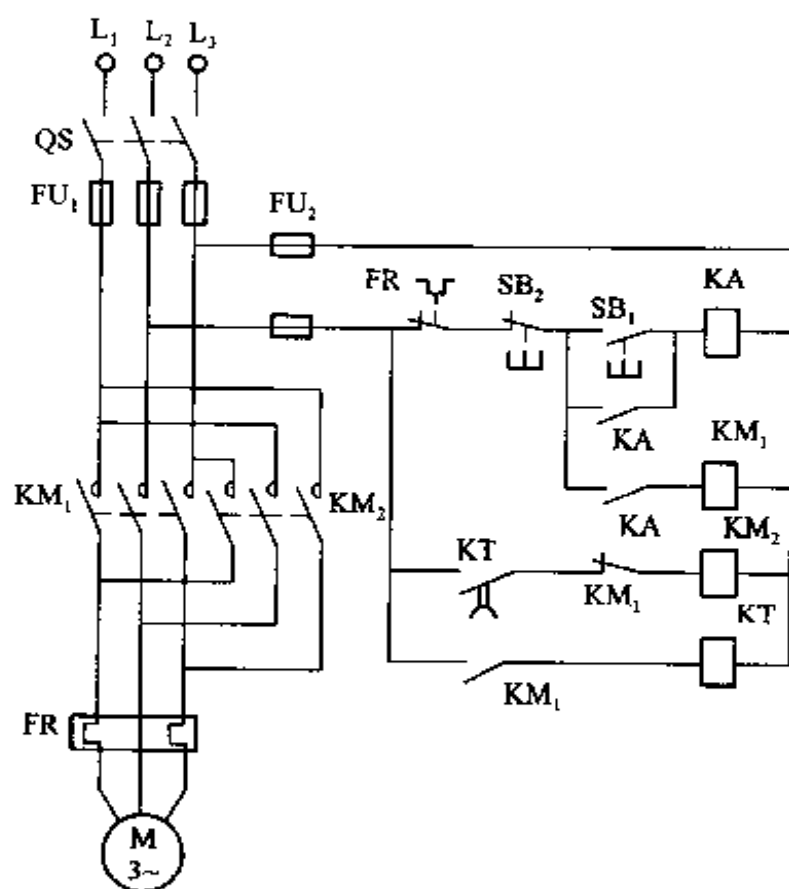


图 3-6 单向运转反接制动线路(之四)

工作原理: 合上电源开关 QS, 按下起动按钮 SB₁, 中间继电器 KA 得电吸合并自锁, 其常开触点闭合, 接触器 KM₁ 得电吸合, 电动机起动运行。KM₁ 常开辅助触点闭合, 时间继电器 KT 线圈通电, 其延时断开常开触点闭合, 为接触器 KM₂ 通电(即反接制动)做好准备。

停机时,按下停止按钮 SB_2 , KA 、 KM_1 先后失电释放,同时 KT 也因 KM_1 的常开辅助触点断开而失电,反接制动开始。 KT 的延时断开常开触点 $1\sim 2s$ (可调)后打开,反接制动结束,电动机停转。

时间继电器 KT 可选用 $JST-3A$ 等型号,时间整定值约 $1s$ 。

3. 正反向运转反接制动线路(一~五)

(1)线路之一。如图 3-7 所示。该线路使用两只接触器和一只中间继电器。

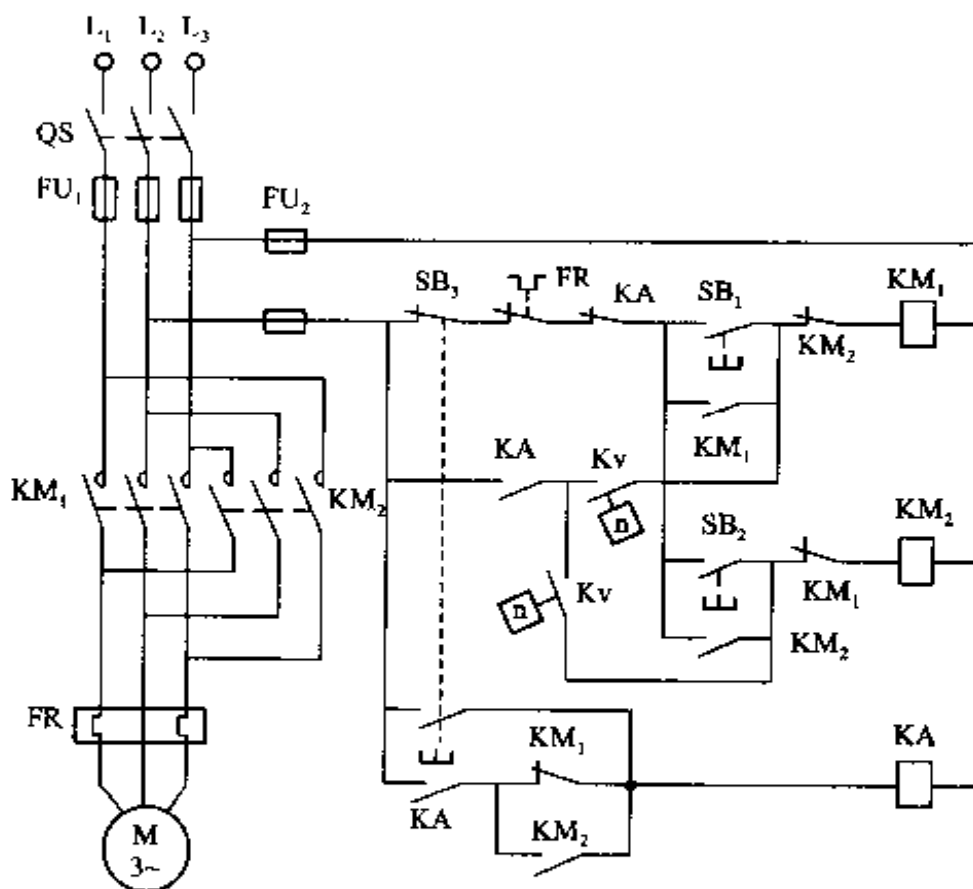


图 3-7 正反向运转反接制动线路(之一)

工作原理:合上电源开关 QS ,按下起动按钮 SB_1 ,接触器 KM_1 得电吸合并自锁,电动机正转。当电动机转速达到一定值后,速度继电器 Kv 触点(图中下方的触点)闭合,接触器 KM_2 通电(即反接制动)做好准备。

停机时,按下停止按钮 SB_3 ,接触器 KM_1 失电释放,其常闭触点闭合,中间继电器 KA 得电吸合,其常开触点闭合,接触器 KM_2

得电吸合,改变了电动机定子绕组电源相序,电动机反接制动,迫使电动机转速迅速下降。当转速低于一定值或接近于零时, K_v 触点打开, KM_2 和 KA 先后失电释放,电动机脱离电源,制动结束。

电动机反转及制动与上述过程相似。启动时,按反转启动按钮 SB_2 。反向正常运转时,速度继电器 K_v 的另一副触点(图中上方的触点)闭合。停车时仍按下停止按钮 SB_3 。

(2)线路之二。如图3-8所示。该线路是C650-2车床制动控制线路。

工作原理:合上电源开关 QS ,按下正转启动按钮 SB_1 ,接触器 KM_2 得电吸合,其常开辅助触点闭合,中间继电器 KA 得电吸合,接触器 KM_1 得电吸合,电动机直接启动正转。速度继电器 K_v 触点(图中下方的触点)闭合,为反接制动做好准备。

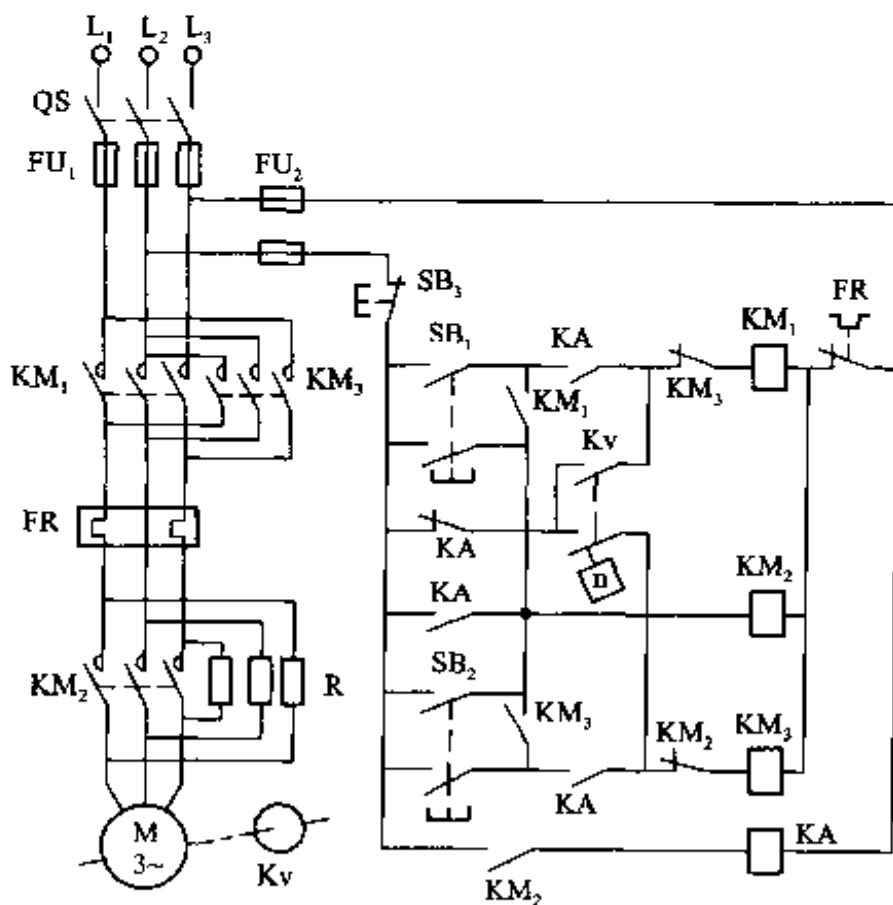


图 3-8 正反向运转反接制动线路(之二)

停车时,按下停止按钮 SB_3 ,中间继电器 KA 失电释放,接触器 KM_2 失电释放,其常开主触点打开,接入制动电阻 R ; KM_1 失电释放,电动机正转线路断开, KM_1 常开辅助触点闭合,当 SB_3 复位后,反接接触器 KM_3 得电吸合,其常开主触点闭合,电动机串入电阻 R 进入反接制动状态,转速迅速下降。当转速低于一定值或接近于零时,速度继电器 KV 触点打开, KM_3 失电释放,电动机脱离电源,制动结束。

电动机反转及其制动过程与上述过程相似,起动时按反转起动按钮 SB_2 。反向正常运转时,速度继电器 KV 另一副触点(图中上方的触点)闭合。停车时仍按下停止按钮 SB_3 。

反接制动限流电阻 R 电阻值的计算如下:

①如果要求最大反接制动电流等于该电动机直接起动时的起动电流,则反接制动限流电阻的电阻值可按下式估算:

$$R \approx 0.13Z = 0.13 \frac{U}{\sqrt{3} I_q}$$

式中 R ——限流电阻(Ω);

Z ——电动机起动时每相阻抗(Ω);

U ——电源线电压,三相异步电动机为 380V;

I_q ——电动机直接起动时起动电流(A),可由产品样本中查得。

②如果最大反接制动电流取 $I_q/2$,则限流电阻的电阻值可按下式估算:

$$R \approx 1.5 \frac{U}{\sqrt{3} I_q}$$

③限流电阻的功率可按下式估算:

$$P = \frac{I_1^2 R}{3}$$

式中 P ——限流电阻的功率(W);

I_1 ——反接制动时的制动电流(A);

R ——反接制动限流电阻(Ω)。

④如果仅有两相接有限流电阻,则限流电阻的电阻值应略大,

可分别取上述电阻值的 1.5 倍左右。

(3) 线路之三。如图 3-9 所示。该线路与图 3-8 的线路不同之处是,按下停止按钮 SB_2 后,电动机就开始制动。另外,在起动及制动时,电动机供电线路中都串入限流电阻。

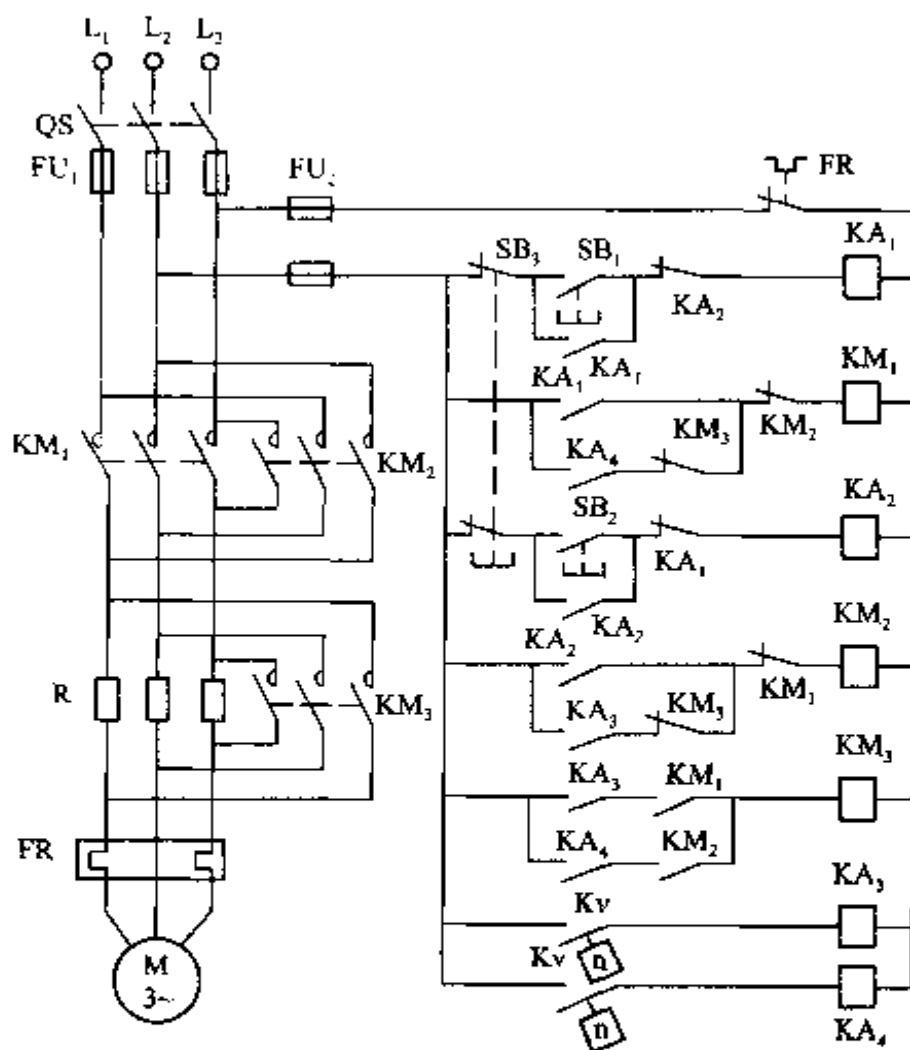


图 3-9 正反向运转反接制动线路(之三)

工作原理:合上电源开关 QS ,按下起动按钮 SB_1 ,中间继电器 KA_1 得电吸合并自锁,其常开触点闭合,接触器 KM_1 得电吸合,电动机经限流电阻降压起动正转。当转速上升到一定值后,速度继电器 Kv 触点(图中上边的一副)闭合, KA_3 得电吸合,其常开触点闭合,接触器 KM_3 得电吸合,其主触点将限流电阻 R 短接,电动机进入全压正常运行。

停机时,按下停止按钮 SB_3 ,中间继电器 KA_1 失电释放,其常开触点断开, KM_1 失电释放,其常开辅助触点断开, KM_3 失电释放,并联在限流电阻 R 上的主触点断开,而接触器 KM_2 得电吸合,电动机串入限流电阻反接制动,电动机转速迅速下降。当转速下降到某一值或接近零时,速度继电器 K_v 触点(图中上边的一

KA₁ 得电吸合并自锁, 其常开触点闭合, 接触器 KM₁ 得电吸合, 电动机正转运行。KM₁ 常开辅助触点闭合, 时间继电器 KT₁ 线圈通电, 其延时断开常开触点闭合, 为反接制动做好准备。

停机时, 按下停止按钮 SB₃, 则 KA₁、KM₁ 和 KT₁ 先后失电释放, 而接触器 KM₂ 得电吸合, 反接制动开始。KT₁ 的延时断开常开触点经 1~2s(可调)后断开, 反接制动结束, 电动机停转。

如按起动按钮 SB₂ 和停止按钮 SB₃, 电动机反转及其制动与上述过程相似。

(5) 线路之五。线路如图 3-11 所示。该线路为自动往返、反接制动线路。为了防止限位开关 SQ₁ 或 SQ₂ 失灵而造成越位事故, 增加了两个保护用限位开关 SQ₃ 和 SQ₄。

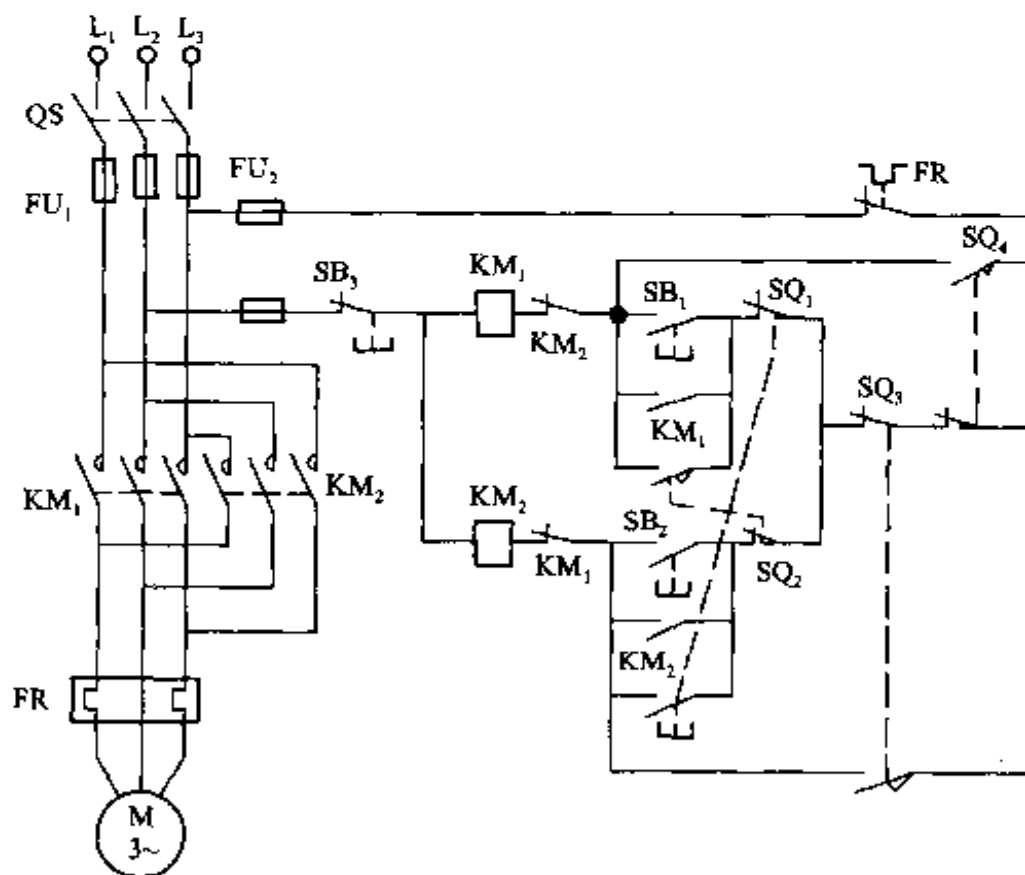


图 3-11 正反向运转反接制动线路(之五)

工作原理: 正转(或反转)运行时, 按起动按钮 SB₁(或 SB₂), 停机时, 按停止按钮 SB₃, 其工作原理同前。由于电动机有惯性, 停机

时虽加反接制动,仍可能带设备移动,为此在向前及向后极限位置设有限位开关 SQ_1 和 SQ_2 。如果限位开关失灵,电动机带设备继续移动,这时会碰到保护用限位开关 SQ_3 (向前)或 SQ_4 (向后),使接触器 KM_1 (或 KM_2)断电释放;同时,其 SQ_3 (或 SQ_4)常开触点闭合,接通 KM_2 (或 KM_1),电动机倒转,撞块脱离 SQ_3 (或 SQ_4),即停止。

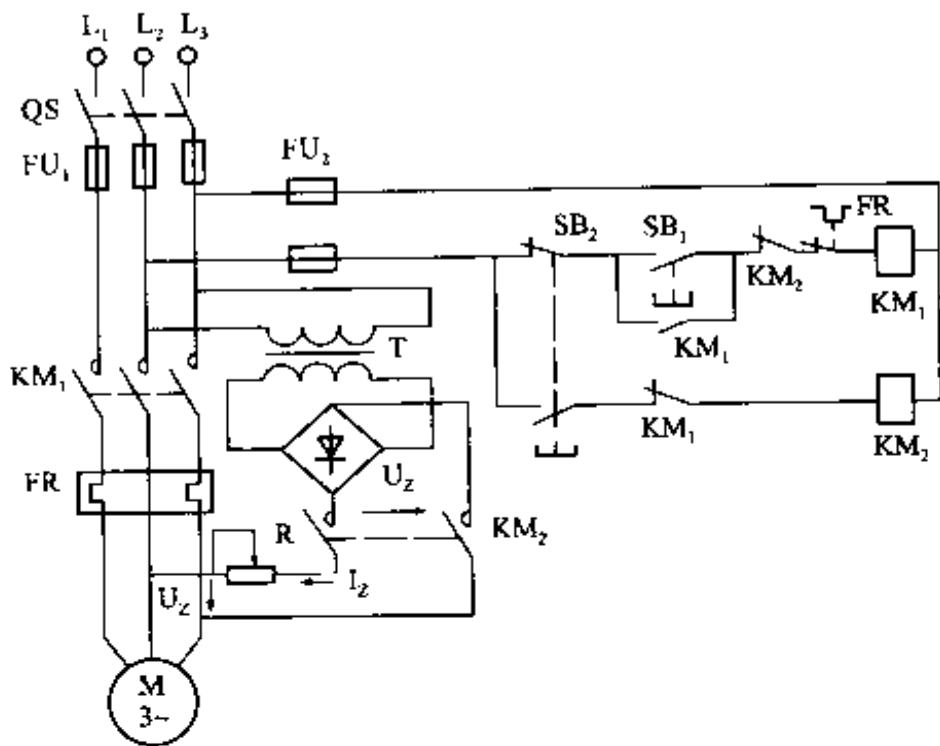
第三节 能耗制动线路

4. 单向运转能耗制动线路(一~九)

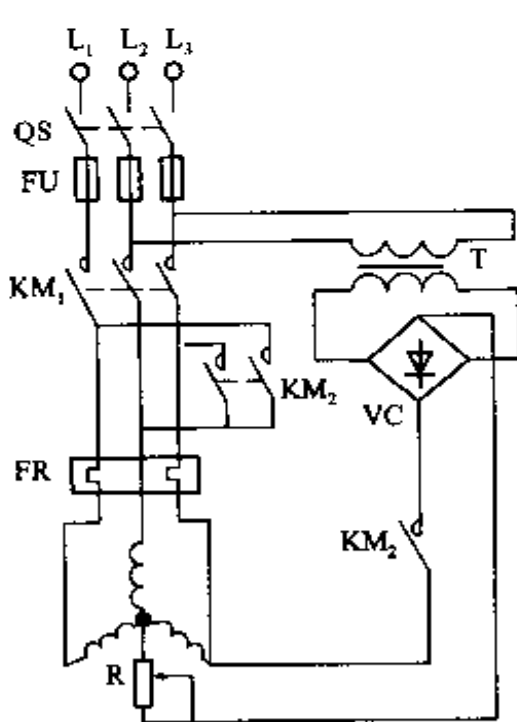
(1)线路之一。如图 3-12 所示。图 3-12(a)、(b)、(c)三个线路的能耗制动均由手动(按钮)控制。其中:图(a)、(b)的能耗制动直流电源采用变压器降压、桥式整流器整流获得,图(c)的能耗制动直流电源由二极管获得,它们的工作原理相似,但前者比后者的制动效果好。这种电路,常用于 7.5kW 以下、对制动要求较高的场合。对功率较大的电动机,制动用的直流电源应采用三相整流电路。

工作原理〔以图 3-12(a)为例〕:合上电源开关 QS,按下起动按钮 SB_1 ,接触器 KM_1 得电吸合并自锁,电动机起动运转。若需要对电动机进行能耗制动时,可按下停止按钮 SB_2 ,其常闭触点首先切断接触器 KM_1 的线圈电路, KM_1 失电释放,电动机脱离三相交流电源。而后 SB_2 常开触点闭合,接触器 KM_2 得电吸合,其主触点闭合,于是降压变压器 T 二次侧电压经整流桥 VC 整流后加到两相定子绕组上,电动机进入能耗制动状态。待电动机惯性转速迅速下降至零时,松开停止按钮 SB_2 ,接触器 KM_2 失电释放,切断直流电源,能耗制动结束。

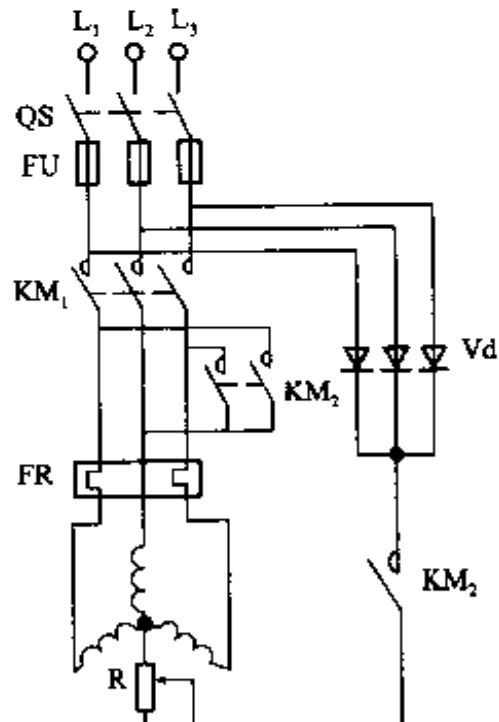
变阻器 R 的作用是调节制动电流的大小,进而调节制动作用的强度。有的能耗制动线路并不用变阻器 R,而是采用调节变压器 T 二次侧抽头的办法调节整流电压的大小,也能达到调节制动电流的目的。



(a) 单相桥式、绕组串联



(b) 单相桥式、绕组并联



(c) 三相半波、绕组并联

图 3-12 单向运转能耗制动线路(之一)

在不改变电动机绕组接法的情况下,直流电不可能对称地接入三相定子绕组,故不管该电动机是Y形接法还是 Δ 形接法,直流电源只要任意接入其中两相绕组即可。具体接法如图3-13所示。

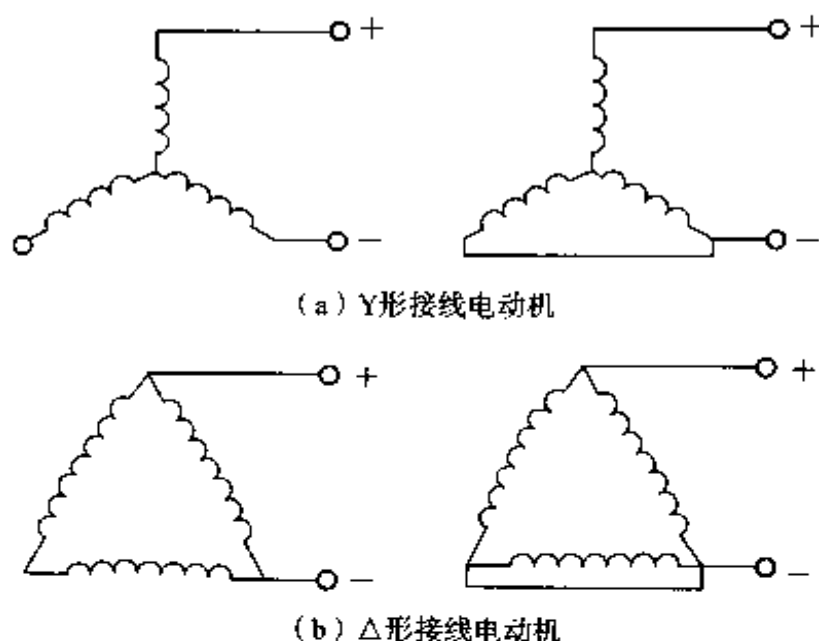


图 3-13 直流电送入定子绕组进行能耗制动的接线

限流电阻 R 的阻值可按以下原则选取:在调试过程中,从大到小地调整 R 的阻值,使通入电动机绕组内的直流电流既能满足制动要求,又不会使电动机过分发热。调整范围一般在电动机空载电流的 3~5 倍。

能耗制动线路元器件参数的求法。

①限流电阻 R 电阻值的求法。能耗制动线路中限流电阻 R 的电阻值也可计算求出,计算公式如下:

a. Y形绕组,在不改变电动机绕组接法,不对称能耗制动时。

$$I_z = 1.22I_e \quad P_z = 6I_z^2 R_1$$

$$U_z = 4.88I_z R_1 \quad R = R_1$$

式中 I_z ——制动时的励磁电流(制动电流)(A);

P_z ——直流回路的功率(VA);

U_z ——外施直流电源的电压(V);

I_e ——电动机额定电流(A);

R_1 ——电动机定子绕组任意两根电源接线柱之间的冷态电阻(Ω);

R ——直流回路中的限流电阻(Ω)。

b. 改变电动机绕组接法(改成并联或串联),对称能耗制动时。

$$I_z = K_c I_c \quad R = U'_z / I_z \quad (\text{绕组并联时})$$

$$R = \left(\frac{U'_z}{I_z} \right) - R_z \quad (\text{绕组串联时})$$

式中 I_z ——制动电流(A);

K_c ——强迫系数,由所需制动转矩的大小决定,一般取 1.5~3.5;

R ——限流电阻(Ω);

R_z ——绕组串联后的总电阻(Ω);

其它符号的含义同① a。

②整流变压器参数的计算。

a. 直流回路中串接限流电阻。

$$\text{变压器二次侧电压: } U_2 = 1.11U'_z + 2\Delta U_g$$

式中 ΔU_g ——一只整流管的压降,约 0.6~0.7V。

$$\text{变压器二次侧电流: } I_2 = 1.11I_z$$

$$\text{变压器计算容量: } S_{2j} = U_2 I_2$$

b. 直流回路不串接限流电阻。直流回路不串接限流电阻,其电动机运行的安全性较串接限流电阻差,这时变压器相关参数的计算公式如下:

$$\text{直流电源电流: } I_z = 1.5I_c$$

$$\text{直流电源电压: } U'_z = I_z R_1$$

$$\text{变压器二次侧电压: } U_2 = 1.11U'_z + 2\Delta U_g$$

$$\text{变压器二次侧电流: } I_2 = 1.11I_z$$

$$\text{变压器计算容量: } S_{2j} = U_2 I_2$$

以上两方案的变压器实际容量:

$$S_2 = S_{21} / 2 \text{ (制动特别频繁的场合)}$$

$$S_2 = S_{21} / 3 \text{ (制动不频繁的场合)}$$

由于整流变压器仅在制动过程中短时间内工作,故变压器实际容量可取得较小。

③硅整流元件的选用。单相桥式整流电路中,每个二极管中流过的电流平均值为 $0.5I_d$,最大反向电压为 $1.57U_d$,考虑 $1.5 \sim 2.5$ 的安全系数,选择适当的整流二极管。

(2)线路之二。如图 3-14 所示。该线路采用自动控制的能耗制动方式,它是在图 3-12(a)的基础上改进而成的,利用时间继电器控制制动时间。自动控制接线同样可用于图 3-12(b)和图 3-12(c)的两种接线。

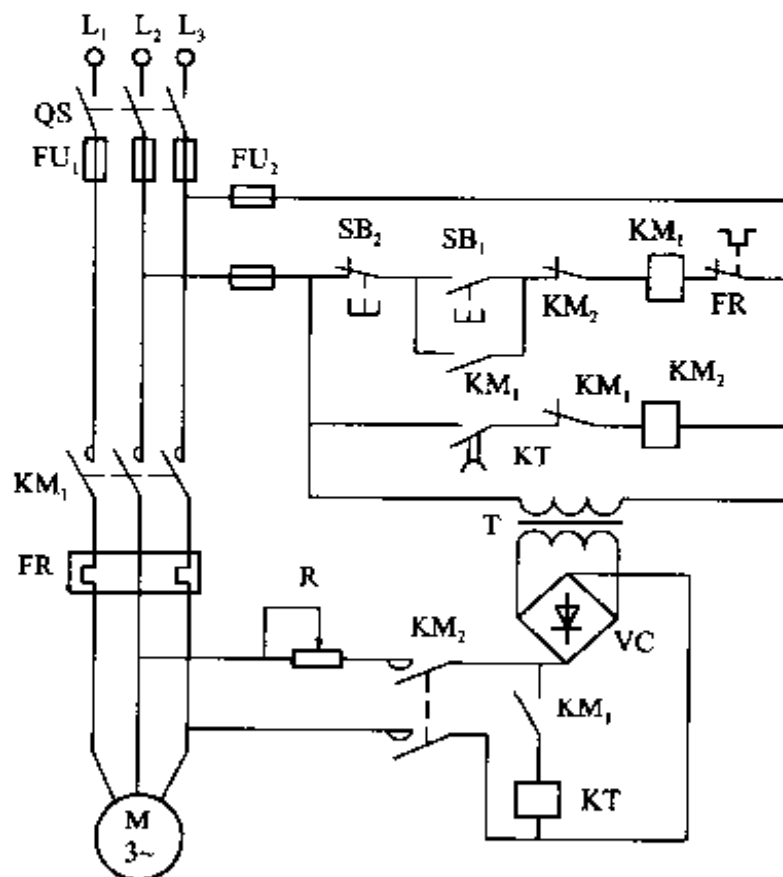


图 3-14 单向运转能耗制动线路(之二)

工作原理:合上电源开关 QS,按下起动按钮 SB₁,接触器 KM₁得电吸合并自锁,电动机起动运行。KM₁常开辅助触点闭合,时间

继电器 KT 线圈通电,为制动做好准备。

停机时,按下停止按钮 SB₂,接触器 KM₁ 失电释放,电动机脱离交流电源做惯性旋转,KM₁ 常闭辅助触点闭合,接触器 KM₂ 得电吸合并自锁,接通了硅整流器 VC 的输出回路,电动机处于能耗制动状态。接触器 KM₁ 释放时,时间继电器 KT 线圈失电,经过一段延时后(2~4s,可调),其延时断开常开触点断开,KM₂ 失电释放,电动机脱离直流电源,制动过程结束。

元件选择参见线路之一。

(3)线路之三。如图 3-15 所示。该线路与图 3-14 类似,时间继电器采用交流继电器。

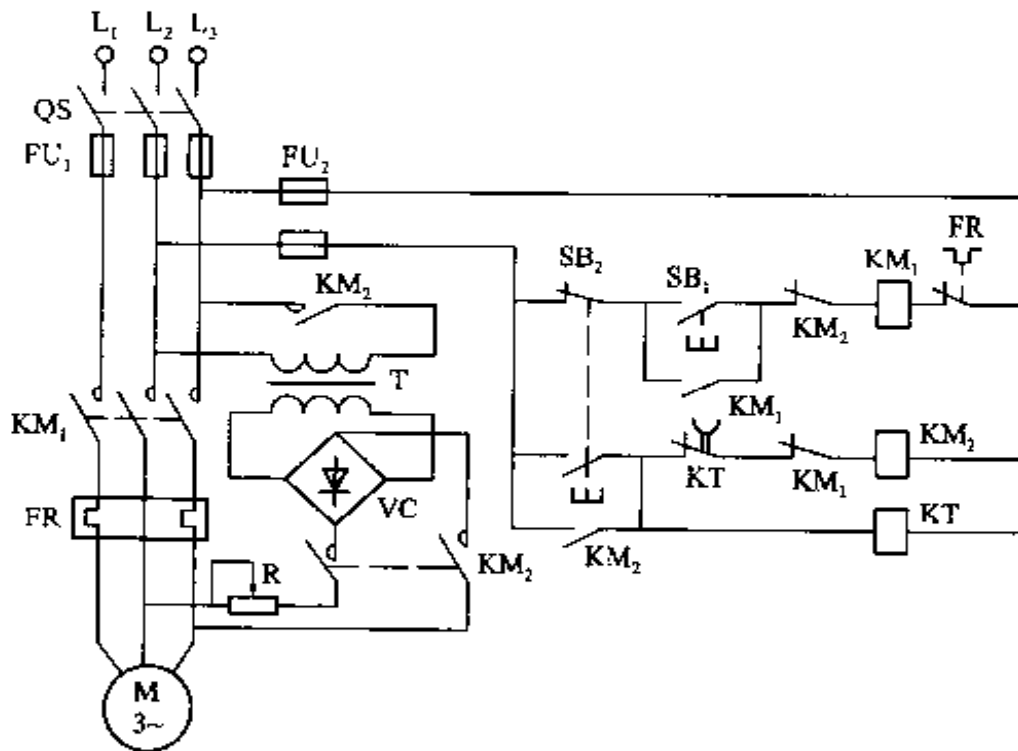


图 3-15 单向运转能耗制动线路(之三)

工作原理:合上电源开关 QS,按下起动按钮 SB₁,接触器 KM₁ 得电吸合并自锁,电动机起动运行。

停机时,按下停止按钮 SB₂,接触器 KM₁ 失电释放,电动机脱离交流电源做惯性旋转,同时接触器 KM₂ 得电吸合并自锁,接通了硅整流器 VC 的输出回路,电动机处于能耗制动状态。KM₂ 常

开辅助触点闭合,时间继电器 KT 线圈通电,经过一段延时后,其延时断开常闭触点断开,接触器 KM 失电释放,电动机脱离直流电源,制动过程结束。

元件选择参见线路之一。

该线路尚有不足之处:如果时间继电器 KT 线圈断线,或因机械故障而使其常闭触点不能断开,这时若按下停止按钮 SB₂,电动机虽然能制动停机,但定子绕组不能脱离直流电源,直流电流将长期通过定子绕组,这不但对定子绕组很不利,还要浪费电能。为了消除上述缺陷,可采用线路之四。

(4)线路之四。如图 3-16 所示。该线路增设一对时间继电器 KT 的瞬时闭合常开触点。当时间继电器线圈断线或因机械故障使其常闭触点不能断开时,KT 的常开触点就不可能闭合,此时若按下停止按钮 SB₂,接触器 KM₂ 线圈虽能通电但不能自锁,松开 SB₂ 后, KM₂ 立即失电释放,从而消除了直流电长期通过定子绕组

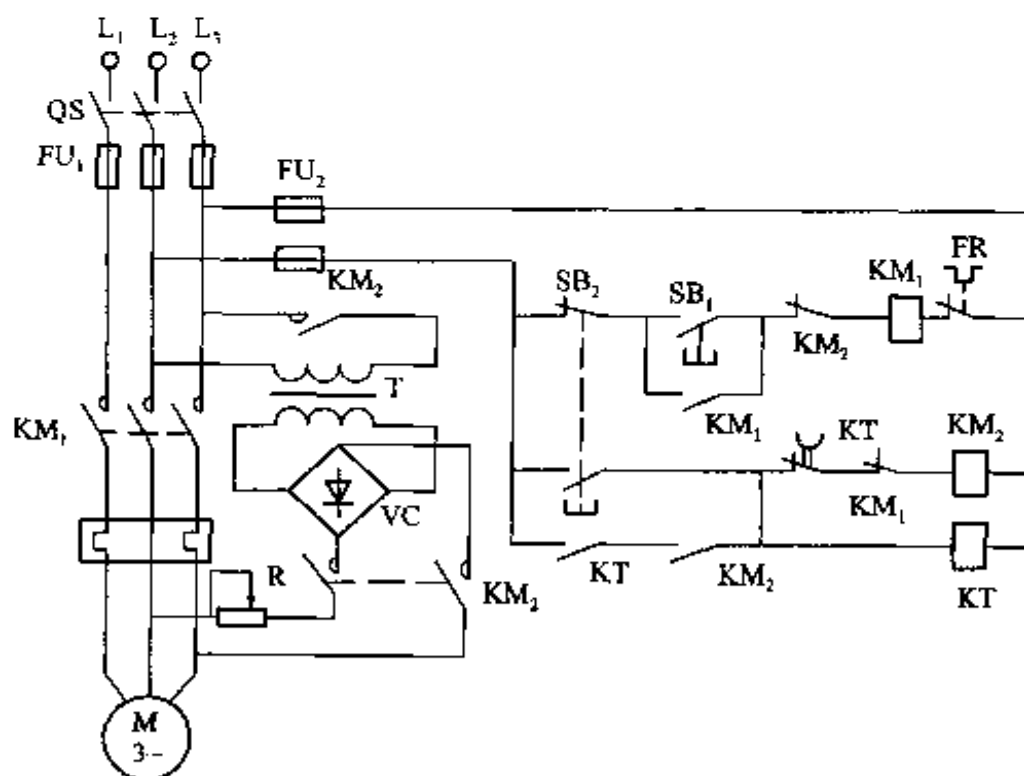


图 3-16 单向运转能耗制动线路(之四)

的缺陷。

(5)线路之五。如图 3-17 所示。该线路中增加了一个限位开关 SQ,当电动机带机械设备运行到预定位置时,切断电源并进行能耗制动,以实现快速、准确的定位。常用于机床电路。

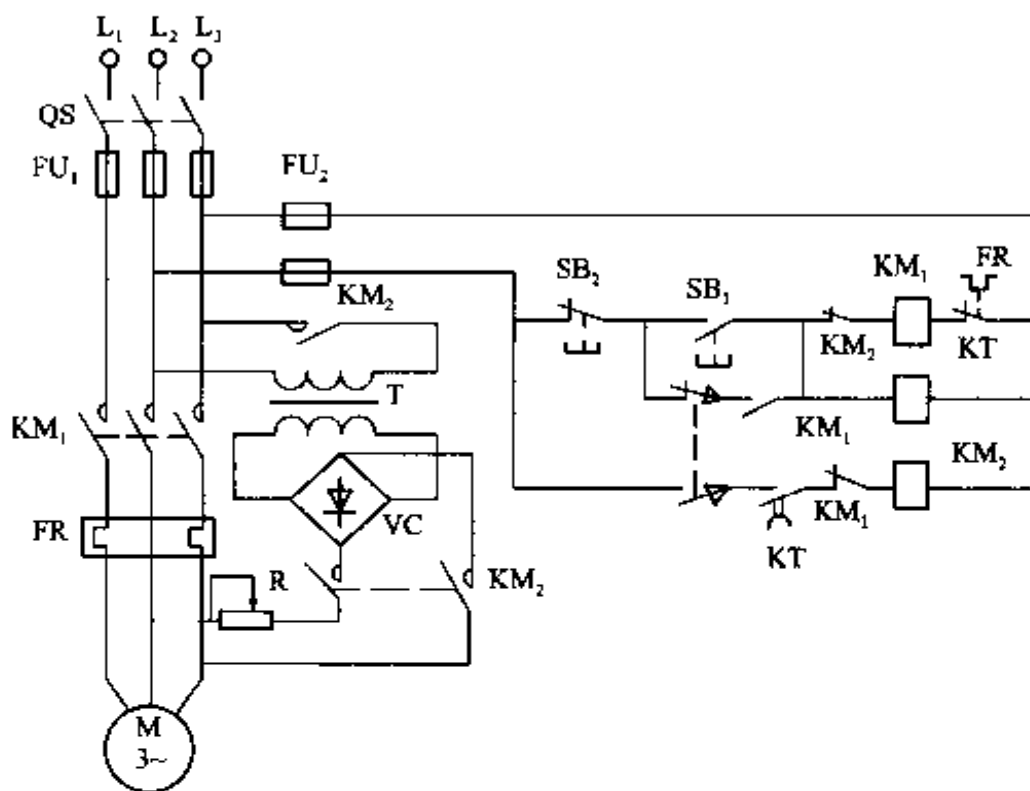


图 3-17 单向运转能耗制动线路(之五)

该线路的工作原理与图 3-12(a)类同。

(6)线路之六。如图 3-18 所示。该线路省去了降压变压器,利用电容储能放电的原理实现制动,可用于变换不频繁、功率在 11kW 以下的电动机。

工作原理:合上电源开关 QS,按下起动按钮 SB₁,接触器 KM₁ 得电吸合并自锁,电动机起动运行。同时,KM₁ 常开辅助触点闭合,电容 C 被充电。

停机时,按下停止按钮 SB₂,接触器 KM₁ 失电释放,电动机脱离交流电源做惯性旋转。同时,KM₁ 常开辅助触点断开,电容 C 对线圈阻值为 3kΩ 的高灵敏继电器 KA 放电,使 KA 吸合,其常开

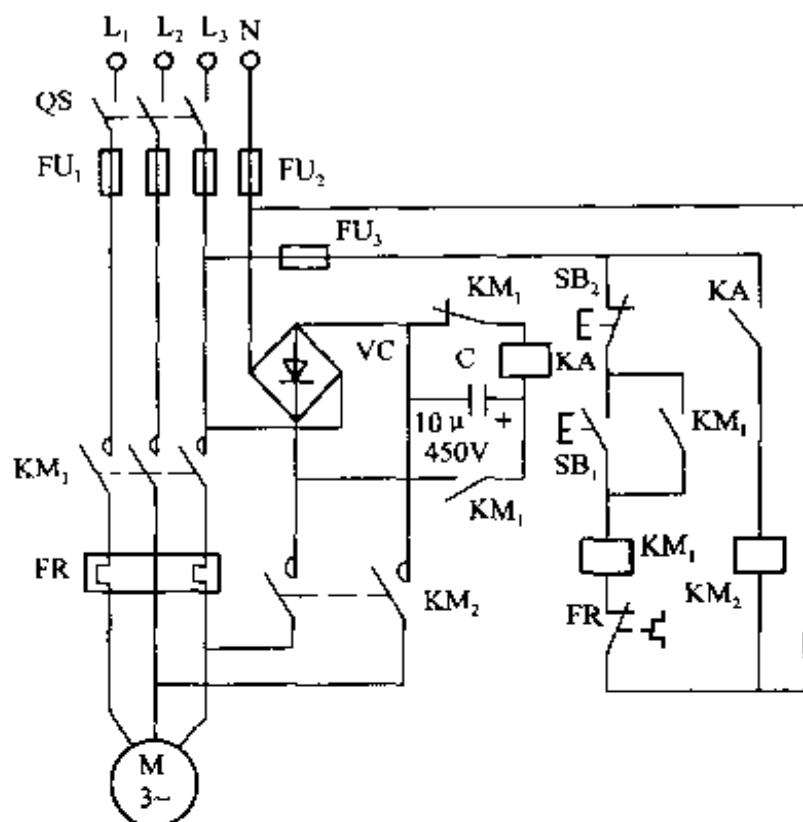


图 3-18 单向运转能耗制动线路(之六)

触点闭合,接触器 KM_2 得电吸合,接通了硅整流器 VC 的输出回路,电动机处于能耗制动状态。经过一段时间后,电容 C 的放电电流减小到不足以维持 KA 吸合,于是 KA 释放,继而 KM_2 失电释放,制动过程结束。

制动时间的长短,决定于继电器 KA 线圈的阻值、电容 C 的容量及 KA 的释放电流,一般可调整电容 C 的容量来改变制动时间的长短。

整流二极管容量要有足够余量,也可用过载能力强的硒片。如对于 4kW 异步电动机,采用 100×100 的硒片,每组 12 片串联,共四组 48 片。

(7)线路之七。如图 3-19 所示。该线路也是利用电容储能放电的原理实现制动的。

工作原理:合上电源开关 QS ,按下起动按钮 SB_1 ,接触器 KM_1 得电吸合并自锁,电动机起动运行。同时 380V 交流电源经整流桥 VC

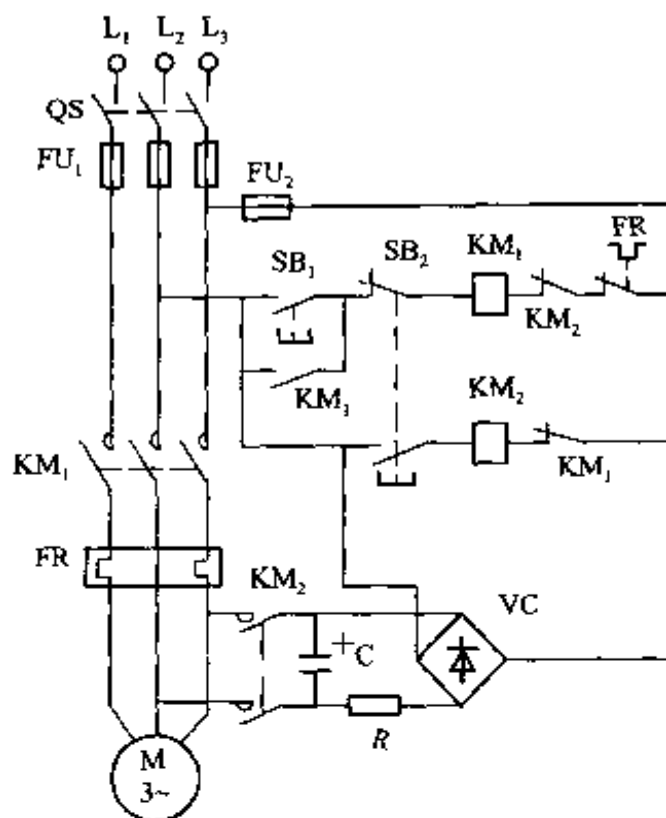


图 3-19 单向运转能耗制动线路(之七)

整流后通过限流电阻 R 向电容 C 充电,其电压为电源电压峰值的 $\sqrt{2}$ 倍,即 $\sqrt{2} \times 380 = 537.3(\text{V})$,作为电动机停机时的制动能源。

停机时,按下停止按钮 SB_2 ,接触器 KM_1 失电释放,电动机脱离交流电源做惯性旋转。同时,接触器 KM_2 得电吸合,其常开触点闭合,电容 C 中储存的电荷和整流器 VC 输出的电流同时输入电动机定子绕组,产生制动转矩,使电动机瞬间停转。

在制动过程中,停止按钮要一直按着,制动结束后再放开它。这一过程一般在 $0.3 \sim 3\text{s}$ 之间(电动机功率越大,惯性也越大,则制动时间越长)。

元件选择:电容 C 和电阻 R 的参数由电动机功率的大小而定,当电动机功率在 2kW 以下时,电容 C 的容量可取 $100 \sim 200\mu\text{F}$;当电动机功率为 $2 \sim 7.5\text{kW}$ 时,电容 C 的容量可取 $200 \sim 400\mu\text{F}$;电容耐压应大于 600V 。

电阻 R 可按下列公式选择:

$$R = \frac{380}{KI_e} \quad P \geq 200KI_e$$

式中 R ——电阻值(Ω);

P ——电阻功率(W);

K ——电动机功率系数,见表 3-3;

I_e ——电动机额定电流(A)。

表 3-3 电动机功率系数 K

电动机功率(kW)	0.75	1.1	2.2	3	4	5.5	7.5
K	1	0.9	0.8	0.7	0.6	0.5	0.4

整流二极管可选用 2ZP 系列,其耐压大于 600V,最大整流电流 $I_F \geq KI_e$ 。

(8)线路之八。如图 3-20 所示。该线路采用一只整流二极管整流制动,适用于中性点接地的三相四线制供电系统。

整流电源由交流 220V 经二极管 VD 半波整流而得。停机时,

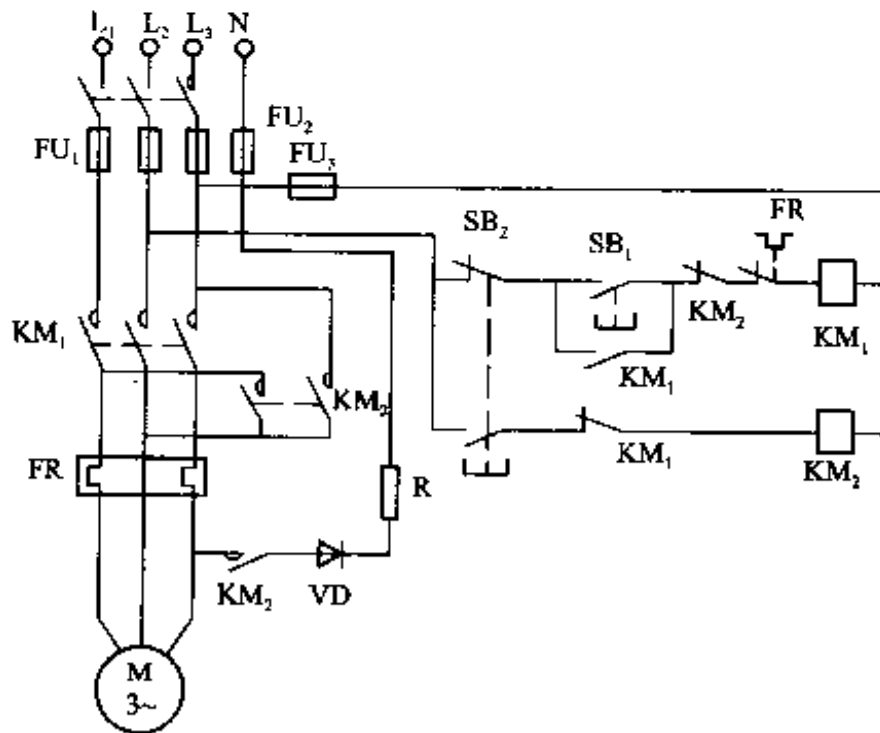


图 3-20 单向运转能耗制动线路(之八)

接触器 KM_1 失电释放, 切断三相交流电源, 而 KM_2 得电吸合, 三副常开触点闭合, 其中一副触点将电动机两相间绕组短接, 另一副触点接通电源和电动机一相绕组, 第三副触点接通电动机另一相绕组及整流二极管 VD , 再回到电源零线。这个单向电流通过电动机绕组, 形成方向不变的磁场, 对转子产生吸力, 从而产生制动作用。

该线路结构简单, 元件较少, 但要求二极管额定电流较大, 耐压值较高。

(9) 线路之九。线路如图 3-21 所示。该线路采用自耦变压器降压起动, 能耗制动。

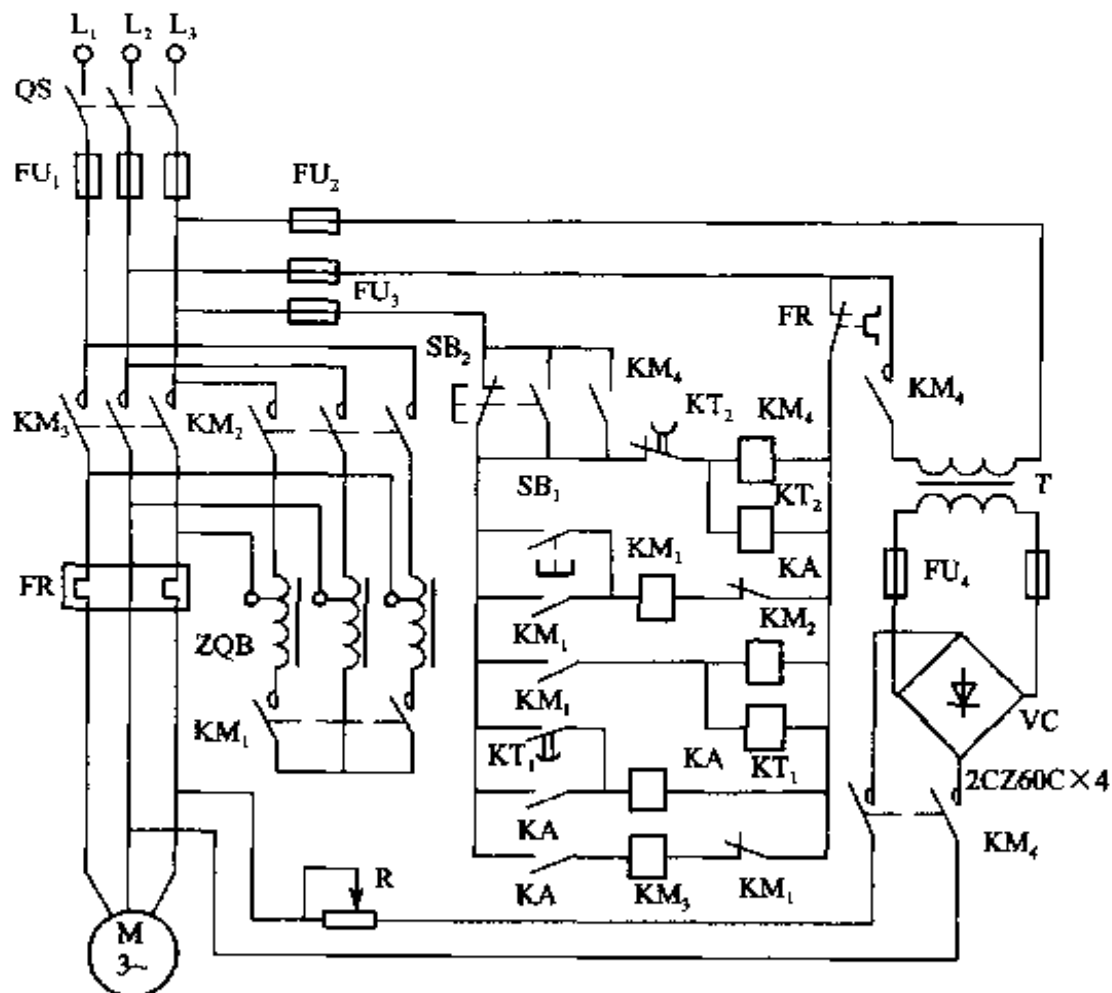


图 3-21 单向运转能耗制动线路(之九)

工作原理: 合上电源开关 QS , 按下起动按钮 SB_1 , 接触器 KM_1 得电吸合并自锁, 其常开辅助触点闭合, 接触器 KM_2 得电吸合, 电

动机经自耦变压器降压启动。同时时间继电器 KT_1 线圈通电,经过一段延时后,电动机转速趋近额定值, KT_1 的延时闭合常开触点闭合,中间继电器 KA 得电吸合并自锁。 KA 常闭触点断开, KM_1 失电释放,继而 KM_2 、 KT_1 失电释放, KA 常闭触点闭合,于是接触器 KM_2 得电吸合,电动机从自耦变压器上脱开,进入全压正常运行。

停机时,按下停止按钮 SB_2 ,接触器 KM_2 失电释放,电动机脱离交流电源,同时接触器 KM_1 得电吸合并自锁,其常开触点接通整流电源回路,电动机绕组通以直流电源,进行能耗制动。在 KM_1 吸合的同时,时间继电器 KT_2 线圈通电,经过一段延时(2~3s,可调),其延时断开常闭触点断开, KM_1 失电释放,电动机脱离直流电源,制动过程结束。

5. 带点动制动的能耗制动线路

如图 3-22 所示。该线路不仅能使电动机在正常停机时有制动作用,而且在点动过程中也有较好的制动效果。

工作原理:合上电源开关 QS ,按下启动按钮 SB_1 ,中间继电器 KA_1 得电吸合并自锁,其常开触点闭合,接触器 KM_1 得电吸合,电动机启动运行。

正常停机时,按下停止按钮 SB_2 ,中间继电器 KA_1 失电释放,其常开触点断开, KM_1 失电释放,电动机脱离交流电源做惯性旋转。 KM_1 常闭辅助触点闭合,接触器 KM_2 得电吸合并自锁,继而时间继电器 KT_1 线圈通电。 KM_2 主触点闭合接通硅整流器 VC 的输出回路,电动机处于制动状态。经过一段延时后(3~4s,可调), KT_1 延时断开常闭触点断开, KM_2 失电释放,电动机脱离直流电源,制动过程结束。

点动控制时,按下点动按钮 SB_3 ,接触器 KM_1 得电吸合,电动机启动运行。 KM_1 常开辅助触点闭合,中间继电器 KA_2 得电吸合并自锁。而中间继电器 KA_1 则由于点动按钮 SB_3 未复位而不得电。松开 SB_3 后, KM_1 失电释放,电动机脱离交流电源做惯性旋

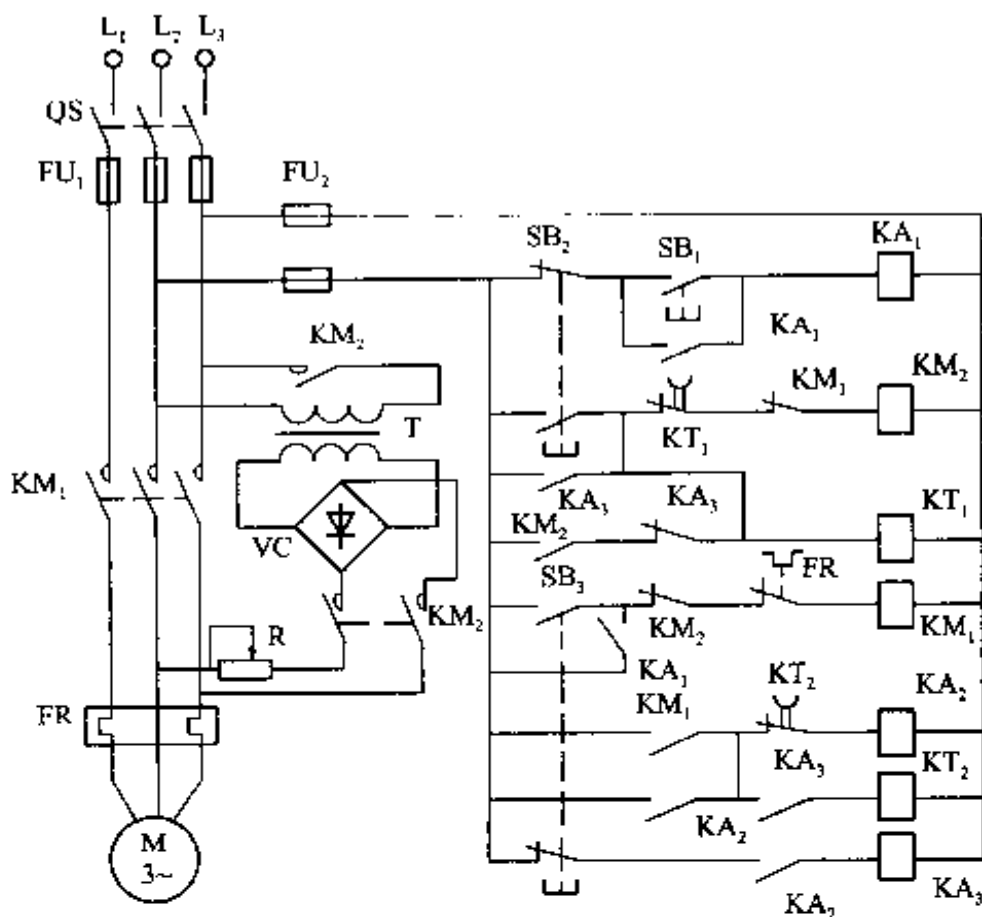


图 3-22 带点动制动的能耗制动线路

转。KA₃ 得电吸合,其常开触点闭合,接触器 KM₂ 得电吸合,电动机进入能耗制动状态。同时时间继电器 KT₂ 得电,并处于等待状态。如果两次点动的间隔时间小于 KT₂ 的整定时间(2~3s,可调),其延时断开常闭触点不打开,这时按下 SB₃ 即为点动,松开 SB₃ 即为制动;如果两次点动的间隔时间大于 KT₂ 的整定时间,或点动定位结束,KT₂ 常闭触点定时断开,接触器 KM₂ 失电释放,制动过程结束。

6. 正反向运转能耗制动线路(一~三)

(1)线路之一。如图 3-23 所示。该线路为自动控制的能耗制动线路,利用时间继电器 KT 控制制动时间,能耗制动电源采用变压器 T 降压、单相桥式整流。

工作原理:若需正转,合上电源开关 QS,按下正转起动按钮

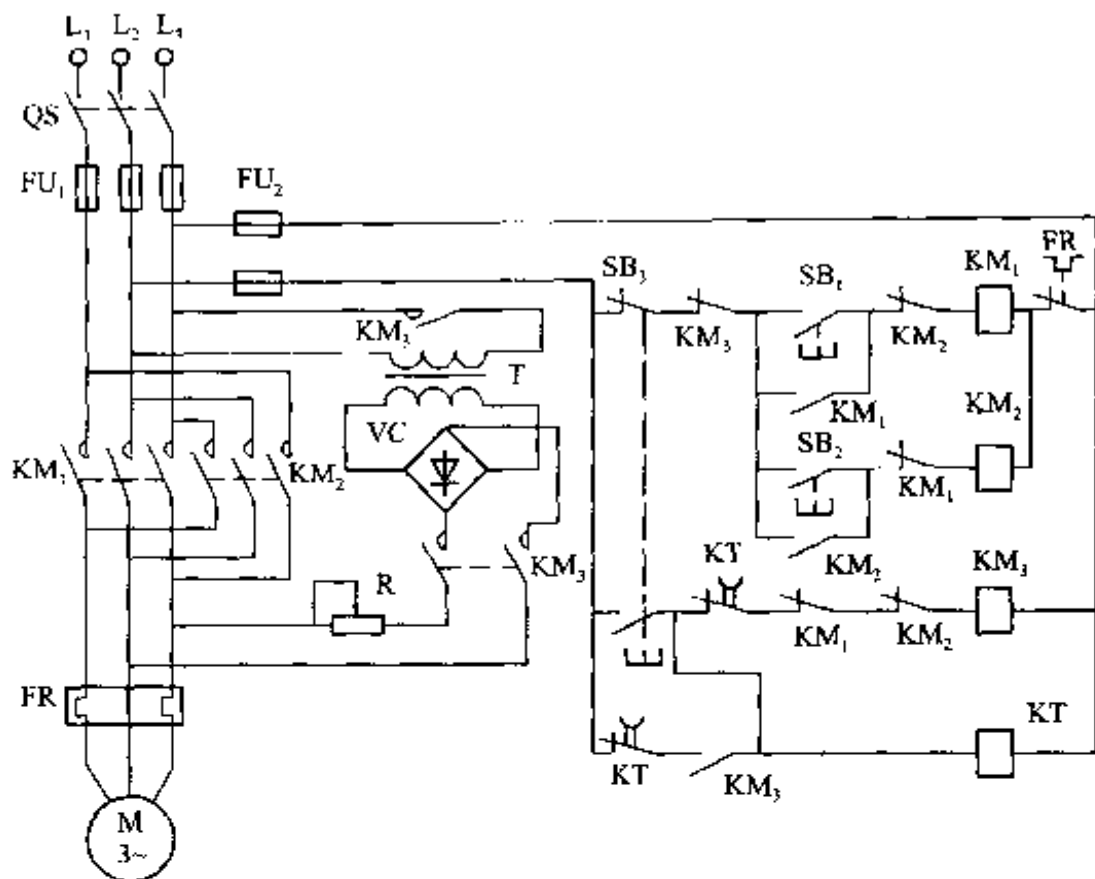


图 3-23 正反向运转能耗制动线路(之一)

按下启动按钮 SB_1 ，接触器 KM_1 得电吸合并自锁，电动机正向起动运转。停机时，按下停止按钮 SB_3 ，接触器 KM_1 失电释放，电动机脱离三相交流电源做惯性旋转。 KM_1 常闭辅助触点闭合，接触器 KM_3 得电吸合并自锁，其常开辅助触点闭合，时间继电器 KT 线圈得电， KM_3 主触头闭合，接通了整流桥 VC 的输出回路，电动机进入正向能耗制动状态。经过一段延时后， KT 延时释放常闭触点断开， KM_3 失电释放，电动机脱离直流电源，正向能耗制动结束。

如需电动机反转及反向能耗制动，可分别按反转启动按钮 SB_2 和停止按钮 SB_3 ，其工作原理与正转及正向能耗制动相同。

(2) 线路之二。如图 3-24 所示。该线路采用一只整流二极管整流制动，适用于中性点接地的三相四线制供电系统。

工作原理：图中， SB_1 和 SB_2 分别为正向和反向启动按钮， SB_3 为停止按钮。停机时，按下停止按钮 SB_3 ，接触器 KM_1 (或 KM_2) 失

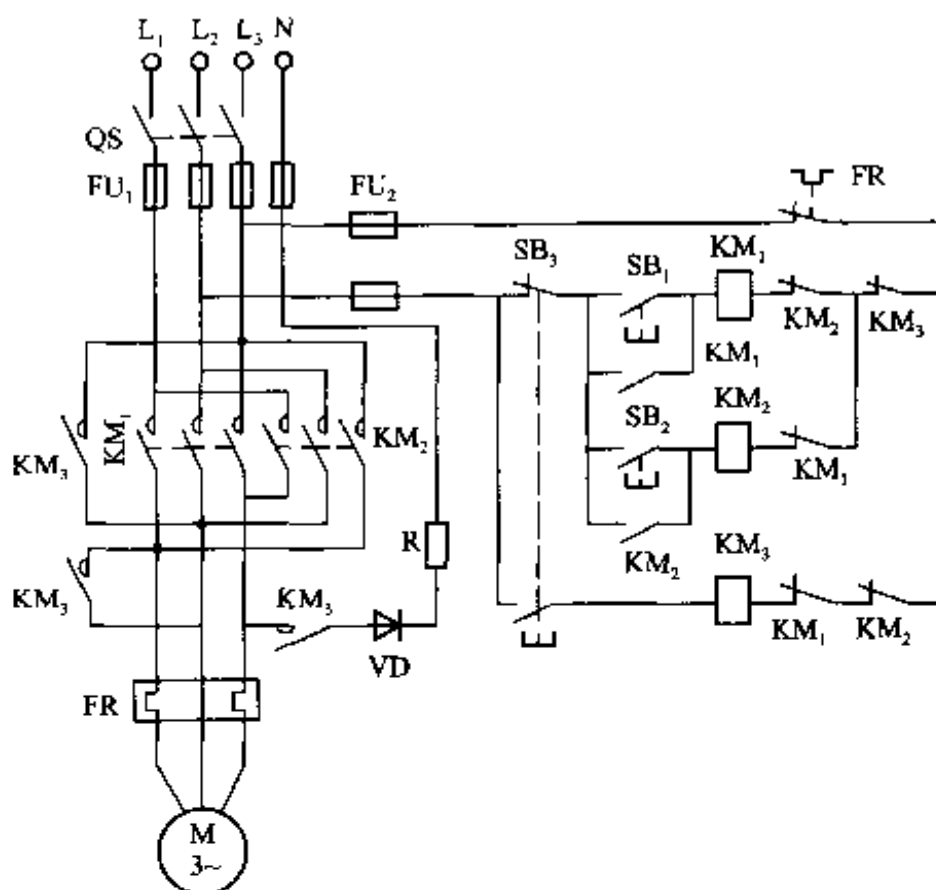


图 3-24 正反向运转能耗制动线路(之二)

电释放,电动机脱离交流电源做惯性旋转。 KM_1 (或 KM_2)的常闭辅助触点闭合,接触器 KM_3 得电吸合,其三副常开触点闭合,后面的制动过程同图 3-20。

(3)线路之三。如图 3-25 所示。该线路省去了降压变压器,利用电容储能放电的原理实现制动,可用于起停不频繁、功率在 11kW 以下的电动机。

工作原理:图中, SB_1 和 SB_2 分别为正向和反向起动按钮, SB_3 为停止按钮。电动机运行时,交流电源经二极管 VD 整流、电阻 R_1 和 R_2 限流,向电容 C 充电。电动机停机时,接触器 KM_1 (或 KM_2)失电释放,其常闭触点闭合,电容 C 向电动机定子绕组放电,从而产生制动转矩。

7. 晶闸管控制的能耗制动线路

如图 3-26 所示。该线路省去了降压变压器,采用晶闸管做制

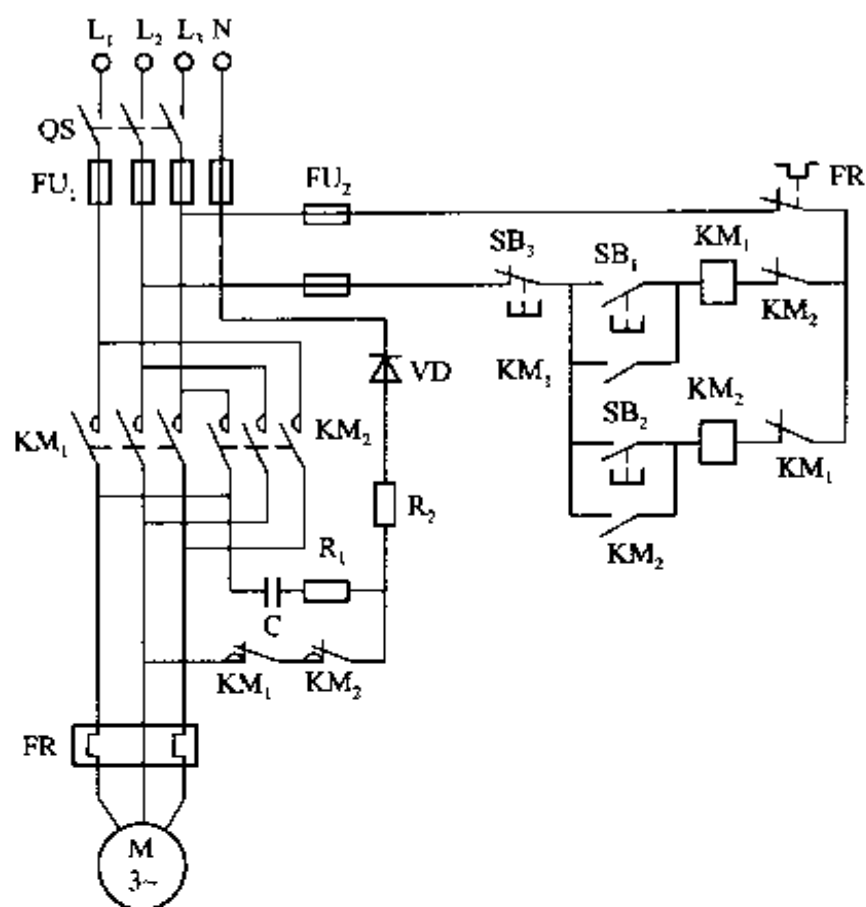


图 3-25 正反向运转能耗制动线路(之三)

动控制,适用于小容量异步电动机的制动。

工作原理:合上电源开关 QS,按下起动按钮 SB₁,接触器 KM₁得电吸合并自锁,电动机起动运行。停机时,按下停止按钮 SB₂,接触器 KM₁失电释放,电动机脱离交流电源做惯性旋转。同时接触器 KM₂得电吸合并自锁,其主触点闭合,接通晶闸管 V 等构成的制动电路。W 相电源(正半周)经二极管 VD₁、电阻 R₁,向电容 C 充电(通过 U 相电源构成回路),当 C 上的电压达到双向触发二极管 VD₂ 的击穿电压(约 30V)时,VD₂ 击穿,晶闸管 V 被触发导通。电阻 R₂ 为泄流电阻,使 C 上充的电荷能随时泄放。电源负半周,C 上的电荷经 R₂ 泄放电。第二个电源正半周,电容 C 又得以充电,当 C 上的电压达到 VD₂ 击穿电压时,晶闸管 V 再次触发导通。也就是说,电动机不断得到脉冲直流制动电流的作用,电动机处于制

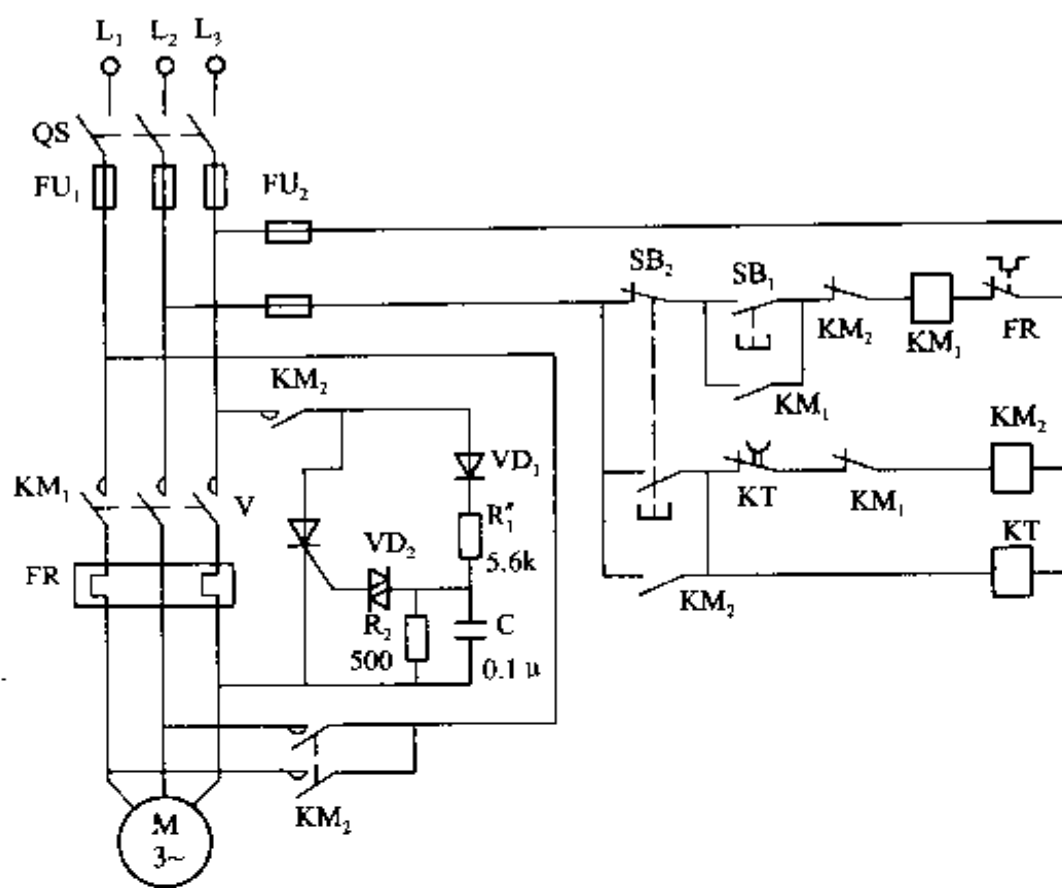


图 3-26 晶闸管控制的能耗制动线路

动状态。直至时间继电器 KT 延时断开常闭触点断开,接触器 KM_2 失电释放,其常开触点断开为止,制动过程才结束。

电阻 R_1 、电容 C 组成移相电路,以控制晶闸管 V 的导通角,从而提供一个大小合适的(脉动)直流电压,用以制动。 C 容量大或 R 阻值小,晶闸管的导通角就大,制动电流大,制动快;反之,则导通角就小,制动电流小,制动慢。 C 、 R_1 的具体数值可由试验决定,一般调节范围为 $2\sim 4s$ (视具体情况和要求决定)。

二极管 VD_1 和晶闸管 V 的耐压值不小于 $800V$;双向触发二极管 VD_2 可采用 2CTS 型;触发也可用氖泡(起辉电压低一些,如几十伏)或二极管代替。

8. 单相电动机能耗制动线路(一、二)

(1)线路之一。如图 3-27 所示。该线路利用电容储能充放电原理实现制动,适用于 $0.5kW$ 以下的单相电动机。

工作原理:合上电源开关 QS,电动机接入 220V 交流电源运行。电动机移相电容 C 的两端有一交流电压。该电压经继电器 KA 线圈、二极管 VD_1 整流后,向电容 C_1 充电。在初充电瞬间,流经 KA 线圈的充电电流较大,KA 吸合并自锁,其常闭触点断开,使二极管 VD_2 串入充电回路。

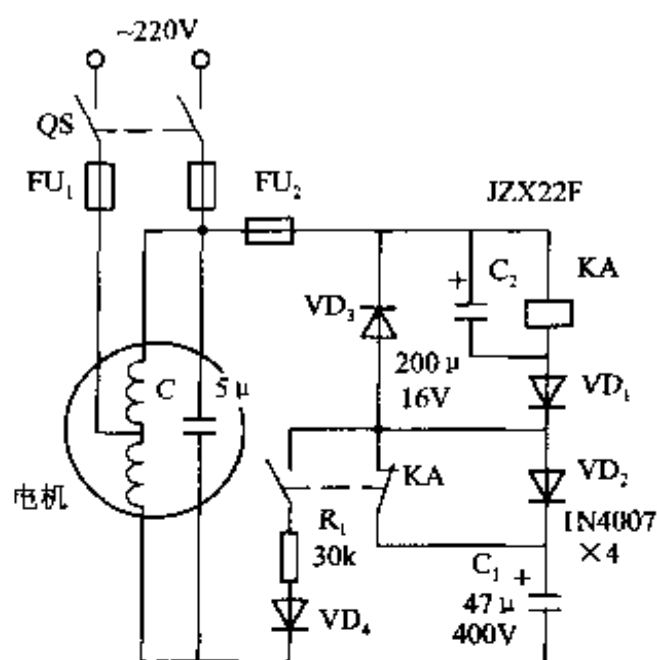


图 3-27 单相电动机能耗制动线路(之一)

停机时,切断电源开关 QS,电动机脱离交流电源做惯性旋转,同时继电器 KA 失电释放,其常开触点闭合,电容 C_1 通过二极管 VD_3 直接跨接在电动机定子绕组上,形成放电回路。放电电流产生的磁场阻止了转子的旋转,达到制动的目的。KA 失电释放后,其串联在续流二极管中的常开触点断开,以防止电容 C_1 的放电电流流过二极管 VD_4 而造成部分能量损失。

元件选择:继电器 KA 可选用线圈阻值约为 500Ω 的小型直流继电器。线圈阻值太大、太小都不合适。如电动机起停操作频繁,可选用中型直流继电器,以便能承受较大的充电电流。

电容 C_1 容量选择很重要,容量过小,制动作用小;太大,不但不经济,而且对于频繁起停的电动机还会造成电动机过热。具体数值可由试验决定。一般情况下,30~50W 的单相电动机,可用 $47\mu\text{F}$ 500V 的电解电容。

(2)线路之二。如图 3-28 所示。

工作原理:合上电源开关 QS,按下起动按钮 SB_1 ,接触器 KM_1 得电吸合并自锁,电动机接入 220V 交流电源运行。

停机时,按下停止按钮 SB_2 , KM_1 失电释放,其常闭辅助触点

闭合,接触器 KM_2 得电吸合并自锁,其主触点闭合,220V 交流电源经二极管 VD_1 、 VD_2 整流后,向电动机主、副绕组提供直流制动电流,电动机进入制动状态。在 KM_2 常开辅助触点闭合后,时间继电器 KT 线圈通电,经过一段延时后(0.2~1s,可调),其延时断开常闭触点断开, KM_2 失电释放,其常开触点断开,电动机脱离直流电源,同时 KT 失电释放,电动机制动过程结束。

二极管 VD_1 、 VD_2 的耐压值应大于 600V。

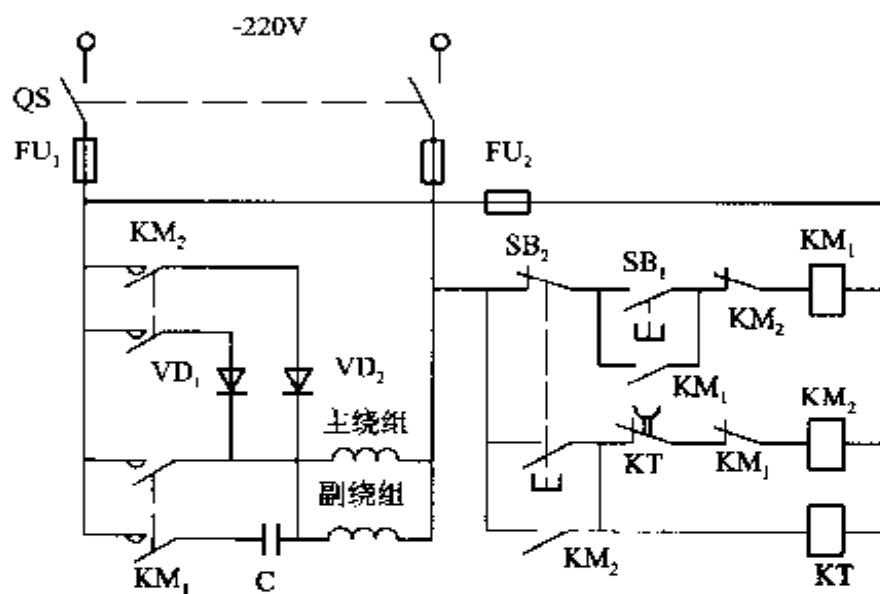


图 3-28 单相电动机能耗制动线路(之二)

9. 自激能耗制动——电容制动线路(一~四)

自激能耗制动又称自激发电制动。该制动方法是在定子绕组上加三组电容 C ,当电动机脱离交流电源后,由于转子以惯性继续旋转,这时电动机就成为一台自激异步发电机,所产生的自激电流在电机中形成一个新的磁场,使得转子的剩余磁场进一步加强。随着转子的旋转,动能就变为电能向定子输送,在 RC 的阻抗内变为热能消耗掉,于是转子就很快地停止转动。

这种制动方式的特点是:到最后完全停机之前,电动机转子还有一段微爬行。这种情况对某些机床(如镗床的车头)在停机时要求有一段缓冲是吻合的。由于在停机过程中,转速是缓慢地减小到零的,故可以避免在被加工的工件表面刻出刀痕。

电容制动的优点是不需要外界供给任何能量,线路较简单。缺点是制动力矩只能在转速高于 $1/3\sim 1/2$ 同步转速时发生,同时电容的容量要求较大。

(1)单速电动机自激发电制动线路。

①线路之一,手动操作线路。图 3-29 为手动操作线路。对于 Y 形接线的电动机,电容器组也可接成 Y 形。该线路当电源开关 QS 合上时,电容便并接在定子绕组上。这对于提高功率因数、节约电能有好处,但由于电容器一直参加运行,对电容器寿命有影响。

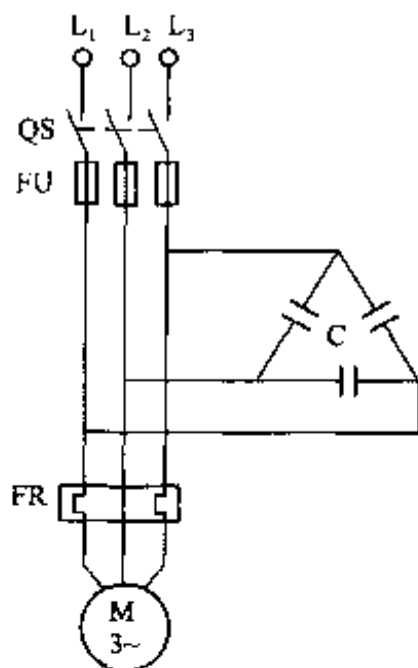


图 3-29 手动单速电动机
自激发电制动线路

②线路之二、之三,自动操作线路。图 3-30(a)和图 3-30(b)为自动操作线路。图 3-30(a)的电容器组接成 Δ 形,它适用于 Δ 形或 Y 形接线的电动机;图 3-30(b)的电容器组接成 Y 形,它适用于 Y 形接线的电动机。电容采用 Δ 形接法,所需电容量较小,但要求耐压值要高(600V 以上)。

工作原理:合上电源开关 QS,按下起动按钮 SB_1 ,接触器 KM_1 得电吸合并自锁,电动机起动运行,电容器组不参加工作。

停机时,按下停止按钮 SB_2 , KM_1 失电释放,电动机脱离交流电源做惯性旋转。 KM_1 的常闭辅助触点闭合,时间继电器 KT 线圈通电,其延时断开常开触点闭合,当松开 SB_2 后,KT 失电释放,而接触器 KM_2 得电吸合,电容器组并接在定子绕组上,开始进入电容制动状态。经过一段延时后,KT 延时断开常开触点断开, KM_2 失电释放,电容器组退出运行,制动过程结束。图中,与电容器并联的电阻 R 为放电电阻。

③线路元件参数选择。

a. 电容 C 容量的选择:

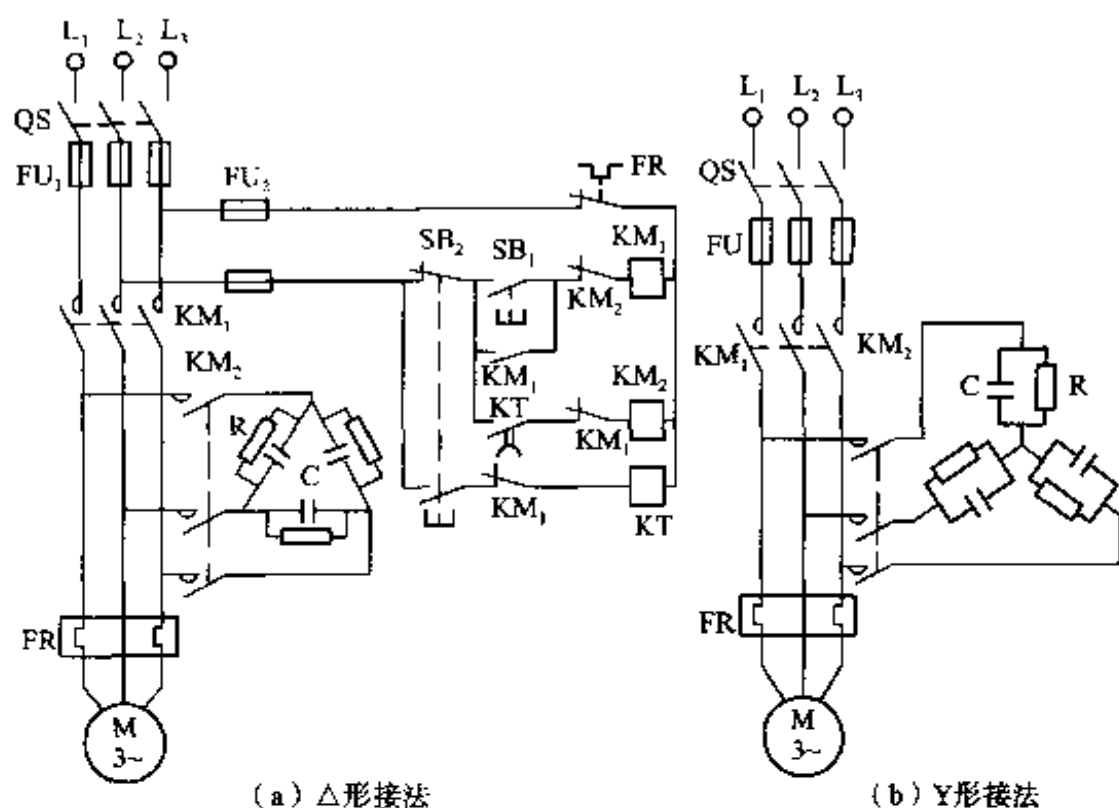


图 3-30 自动单速电动机自激发电

电容器为 Δ 形接法 $C_{\Delta} \geq 4.85K_c I_0$

电容器为Y形接法 $C_Y \geq 8.4K_c I_0$

式中 C_{Δ} 、 C_Y — Δ 形或Y形接法电容器的容量(μF);

K_c —强迫系数,取4~6;

I_0 —电动机空载电流(A),一般小容量电动机的 I_0 为额定电流的35%~50%。

b. 放电电阻R阻值的确定:

放电电阻R可有较大的调整范围,一般可取

$$R = \frac{10^7}{2\pi f C} (\Omega)$$

式中 f —电源频率(50Hz)。

不同功率的电动机,C和R的选择参见表3-4。

(2)线路之四,多速电动机自激发电制动线路。图3-31为三速电动机自激发电制动线路,图中三级速度控制线路未画出。

表 3-4 不同功率电动机 C 和 R 的选择

电动机功率	0.37~0.5kW	0.5~1kW	1.5kW	3kW	7.5kW
电容 C	2×30μF 450V	3×30μF 450V	4×30μF 450V	200μF 450V	400μF 500V
电阻 R	5kΩ 5W	5kΩ 5W	5kΩ 5W	200Ω 30W	200~250Ω 200W

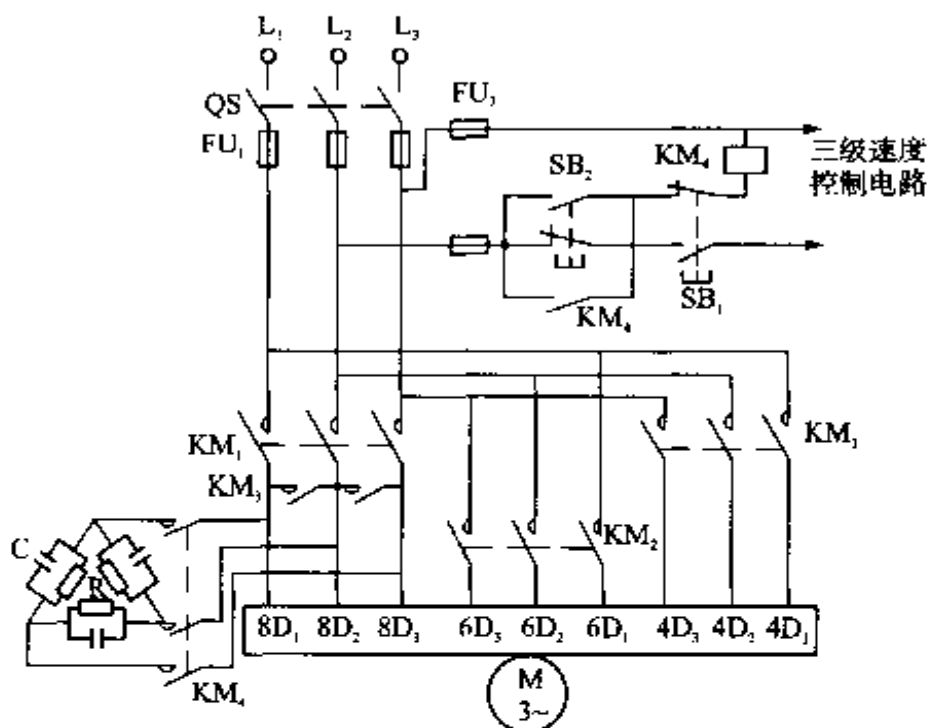


图 3-31 三速电动机自激发电制动线路

由于该电动机低速绕组为 Δ 形接法,所以电容器组也接成 Δ 形。电容器组必须接在低速绕组上。

在电动机起动和高速运行时,制动线路不起作用。电动机在高速运行中需要停机时,按下停止按钮 SB_2 ,电动机高速绕组立即脱离交流电网。同时接触器 KM_4 得电吸合并自锁,其常开触点闭合,将制动线路 RC 接入电动机低速绕组,实现自激发电制动。

例如,由一台 7.5/10/11kW、转速为 750/1000/1500 r/min 的三速电动机带动的离心机械,电容 C 可选用 220 μ F 450V,放电电阻 R 可选用 100 Ω 3W。

实测表明,制动时电动机的端电压最高可达 320V,制动电流最大可达 34A。

第四节 短接制动线路和再生制动线路

短接制动实质上也是一种能耗制动。

电动机制动时,定子绕组与交流电网断开,绕组自相短接,转子作惯性旋转。由于转子存在剩磁,形成了转子旋转磁场,并切割定子绕组,从而在定子绕组中产生感应电动势。由于定子绕组已自相短接,所以在定子绕组中有感应电流,该电流与旋转磁场相互作用,产生制动转矩,迫使转子停转。

短接制动省电、线路简单、故障率低。其制动效果虽不如能耗制动、反接制动那样准确,但在一些对停机位置要求不十分严格的场合是完全适用的。制动时,由于定子感应电流比电动机空载起动电流小,且短接瞬间产生的瞬时短路电流持续时间很短,所以制动作用不太强。这种制动方式只适用 1.5kW 以下的小容量电动机,如磨床的工作电机、立式车床的刀架电机等。

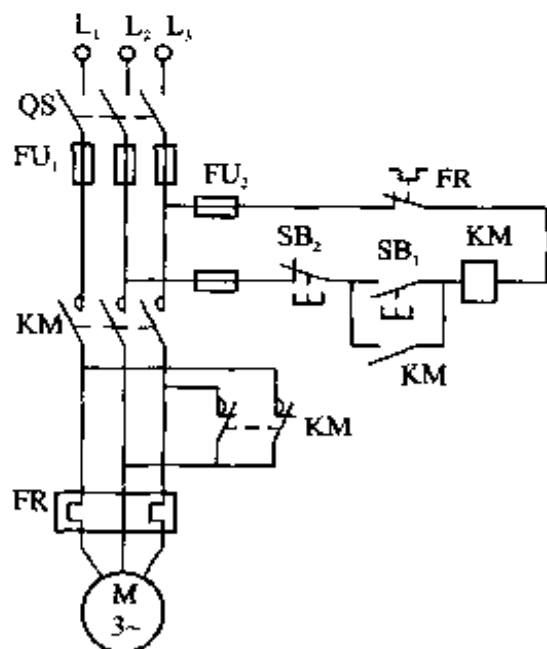


图 3-32 单向运转短接制动线路

10. 单向运转短接制动线路

如图 3-32 所示。

工作原理:合上电源开关 QS,按下起动按钮 SB₁,接触器 KM 得电吸合并自锁,其常闭触点断开,常开触点闭合,电动机起动运行。

停机时,按下停止按钮 SB₂,KM 失电释放,其常开触点断开,电动机脱离交流电源,其常闭触点闭合,三相定子绕组自相短接,电动机进入短接制动状态。

11. 正反向运转短接制动线路

如图 3-33 所示。图中 KM₃ 为制动用接触器。停机时断开 QS

即可。此时, KM_3 得电吸合, 其常开触点闭合短接了三相定子绕组, 达到制动的目的。

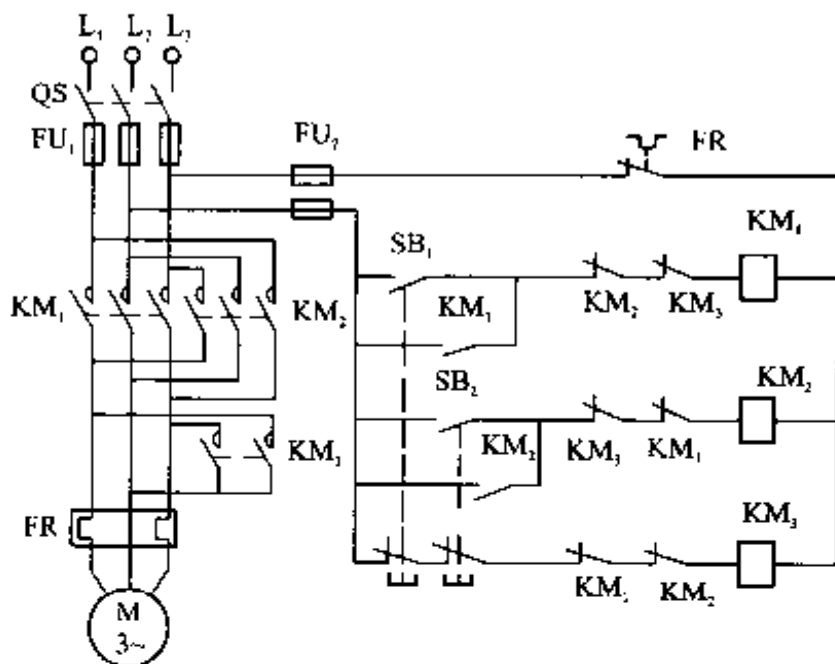


图 3-33 正反向运转短接制动线路

12. 采用整流二极管的短接制动线路

如图 3-34 所示。该制动线路适用于小容量的高速异步电动机及对制动要求不高的场合。

工作原理: 在电动机三相定子绕组中各串有一只整流二极管。电动机正常运行时, 接触器 KM_1 、 KM_2 都吸合, KM_2 的常开触点闭合, 短接了二极管 VD 。停机时, 按下停止按钮 SB_2 , 接触器 KM_1 、 KM_2 均失电释放, 电动机脱离交流电源做惯性旋转, 同时 KM_2 常开触点断开, 二极管 VD 串入定子绕

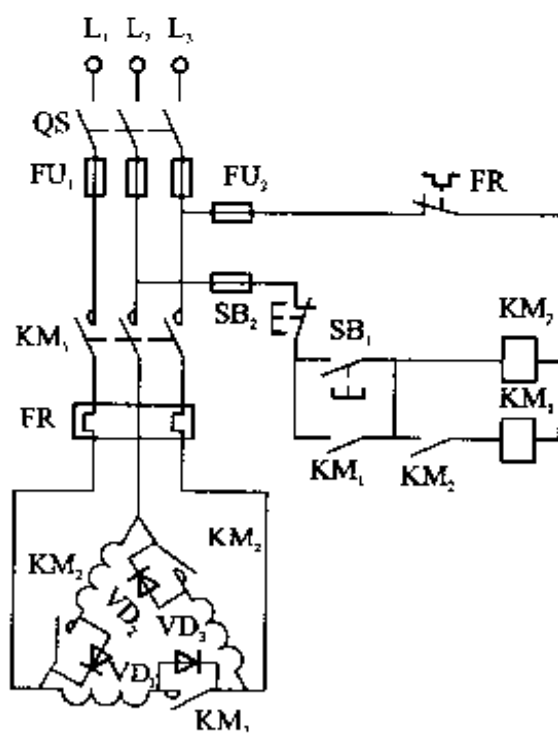


图 3-34 采用整流二极管的短接制动线路

组工作。转子剩磁磁场切割定子绕组,产生定向的感应电流,定子感应电流与转子旋转磁场相互作用,产生制动转矩,迫使电动机迅速停转。

13. 自发电—短接制动线路(一~三)

自发电—短接制动又称电容—电磁制动,它是一种将自发电制动和短接制动相结合的制动方式,既可发挥自发电制动效果好的优点,又可发挥短接制动线路简单的优点。它适用于容量较小的异步电动机。制动过程分两个阶段,先为自发电制动,后为短接制动(即能耗制动)。

(1)线路之一。如图 3-35 所示。

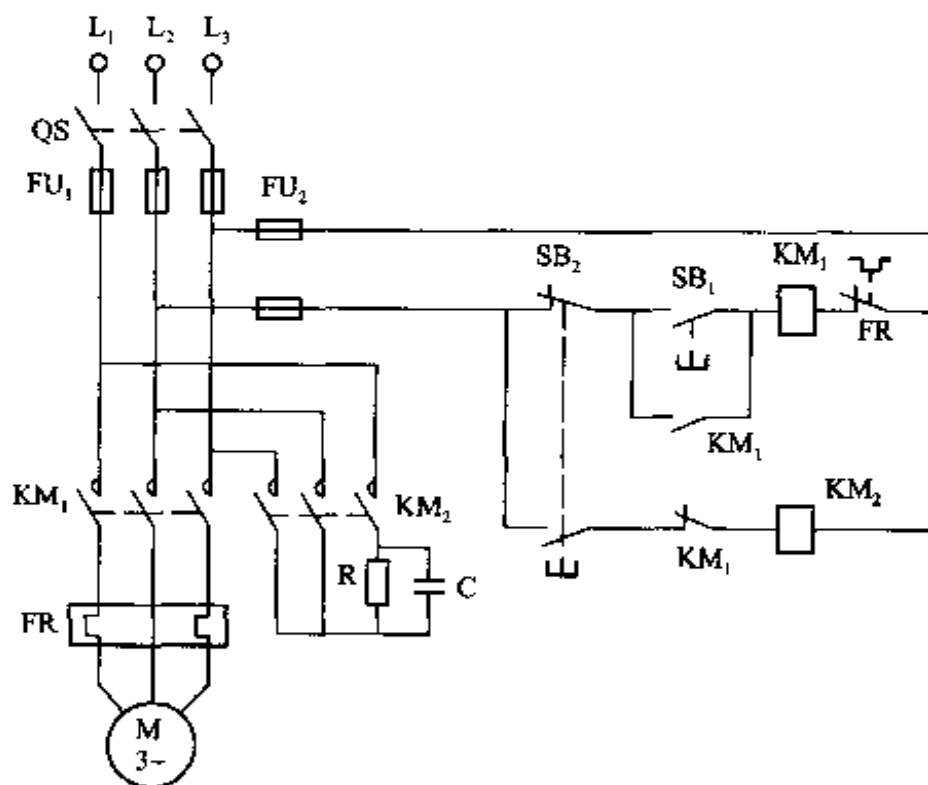


图 3-35 自发电—短接制动线路(之一)

该线路采用手动控制方式。图中,一相采用自发电制动,另外两相采用短接制动。接电阻 R、电容 C 一相的电压、电流波形与三相自发电相似,但衰减较快。这是由于短接相的电流起去磁作用,所以这种制动效果比三相自发电制动效果差,但比短接制动

效果好。制动时间由按下停止按钮 SB_2 的时间控制。若增加一只时间继电器,则能自动控制。

(2)线路之二。如图 3-36 所示。该线路采用自动控制方式。

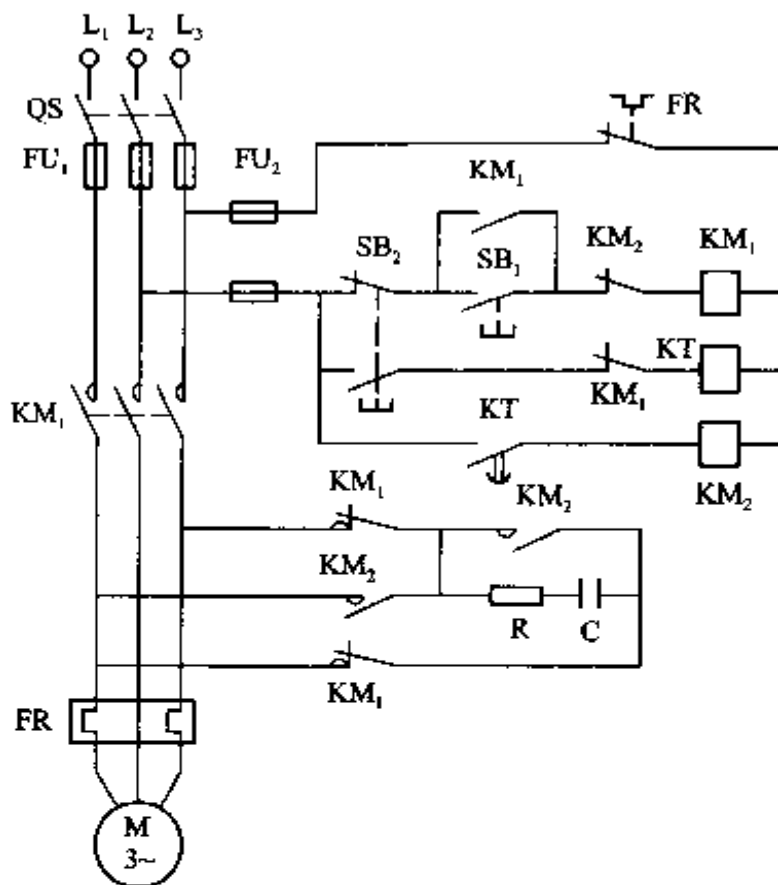


图 3-36 自激发电—短接制动线路(之二)

工作原理:合上电源开关 QS ,按下起动按钮 SB_1 ,接触器 KM_1 得电吸合并自锁,电动机起动运行。 KM_1 的常闭辅助触点断开,制动线路不接入。

停机时,按下停止按钮 SB_2 , KM_1 失电释放,电动机脱离交流电源作惯性旋转, KM_1 常闭辅助触点闭合,时间继电器 KT 线圈通电,而 KM_1 的两副常闭触点闭合,接通了电容 C 回路,电动机进入自激发电制动状态。经过一段延时后, KT 延时断开常开触点闭合,接触器 KM_2 得电吸合,其两副主触点闭合,将三相定子绕组短接,电动机进入能耗制动状态。松开停止按钮 SB_2 , KT 和 KM_2 均失电释放,制动过程结束。

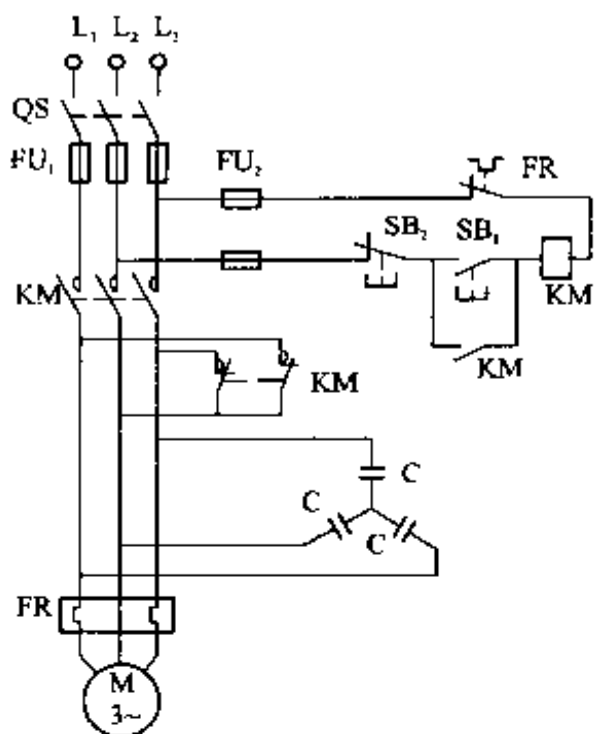


图 3-37 自发电—短接制动线路(之三)

该线路采用三只电容作为自发电元件。当电动机绕组为 Y 形接法时,电容采用 Y 形接法;当电动机绕组为 Δ 形接法时,电容既可采用 Δ 形也可以采用 Y 形接法。采用 Δ 形接法效果较好,所需电容量小,但要求电容耐压要高(大于 600V)。

工作原理:电动机运行时,电容 C 也投入运行,有一定的无功补偿作用。停机时,接触器 KM 常开触点断开至常闭触点闭合的一段时间,是自发电制动阶段;当 KM 常闭触点闭合后,三相定子绕组被短接,电动机进入能耗制动状态。

电容容量的计算请见本章第二节 9. 和表 3-4。

14. 再生制动线路

再生制动又称发电制动。当异步电动机受外力作用,转速超过同步转速时,电动机的转矩将抵抗外加转矩,这时电动机便进入所谓再生制动状态,异步电动机成为异步发电机,并将受外力产生的机械能转变成电能回馈给电网,同时也对外力产生制动作用。再生制动的特点是只有当电动机的转速高于旋转磁场的转速(即同步转速)时才起作用。

图 3-38 为再生制动原理示意图。如起重機、升降机的电动机,在重物下降时,有可能使电动机转子的转速 n_2 超过旋转磁场的转速 n_1 ,这时转子导体就切割了旋转磁场的

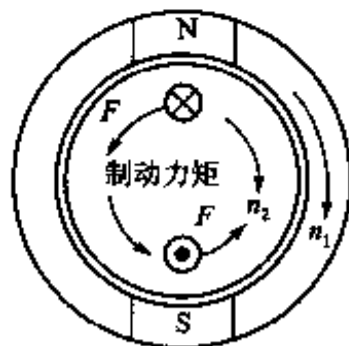


图 3-38 再生制动原理示意图

磁力线。根据右手定则,电磁力 F 的方向与转子旋转的方向相反,电动机便处于再生制动状态下运行,限制了重物下降的速度。

在金属切削机床的电力拖动装置中,在由高速换接成低速时,可采用这种制动方式。这种制动方式比较经济,制动效果好。

第五节 专用制动线路

15. 能准确定位的制动线路

线路如图 3-39 所示。该制动线路可应用于某些升降机、机床运动部件的准确定位。

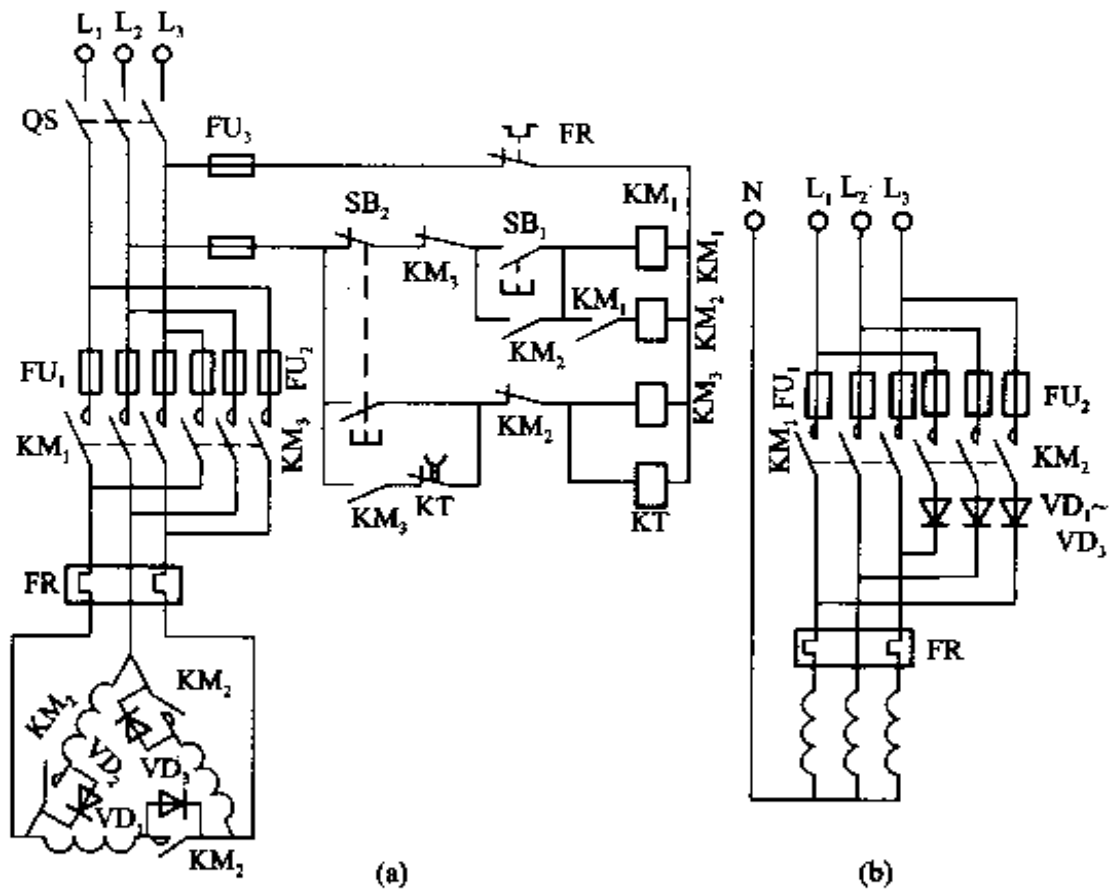


图 3-39 能准确定位的制动线路

工作原理:合上电源开关 QS,按下起动按钮 SB₁,接触器 KM₁、KM₂ 先后得电吸合并自锁,电动机起动运行。此时串联在定子绕组回路中的整流二极管 VD 被 KM₂ 常开触点(已闭合)短接。

停机时,按下停止按钮 SB_2 (按动一下即可),接触器 KM_1 、 KM_2 失电释放,它们的常开触点断开,同时接触器 KM_3 得电吸合并自锁,电动机三相绕组反相序接入电源,并串入了整流二极管 VD 。由于整流二极管的作用,使三相绕组流过三相对称半波整流电流。这种电流含有直流成分,既有助于电动机迅速停转,又能使电动机进入低速反转状态。

经过一段延时后,时间继电器 KT 延时断开常闭触点断开, KM_3 、 KT 失电释放, KM_3 的常开触点断开,制动过程结束。

16. 能排除转子摆动的制动线路

如图 3-40 所示。它是一种直流能耗制动线路。

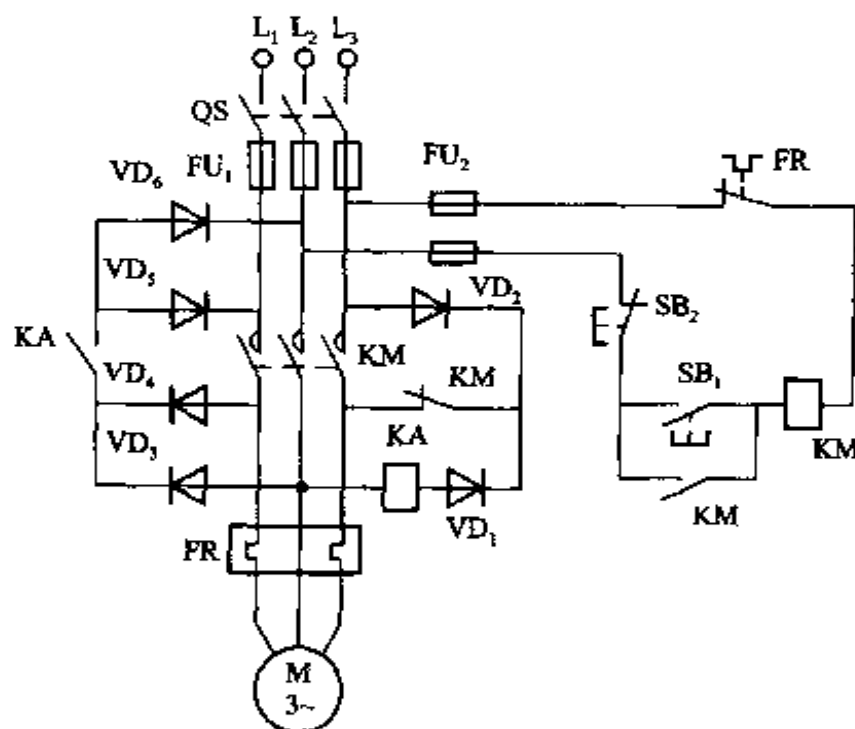


图 3-40 能排除转子摆动的制动线路

工作原理:合上电源开关 QS ,按下起动按钮 SB_1 ,接触器 KM 得电吸合并自锁,电动机起动运行。 KM 常闭辅助触点断开,直流灵敏继电器 KA 线圈不通电,制动线路退出。

停机时,按下停止按钮 SB_2 ,接触器 KM 失电释放,电动机脱离交流电源做惯性旋转。 KM 的常闭辅助触点闭合,继电器 KA 线

圈中流过电流(因为电动机还在旋转,受电磁感应产生电流),KA吸合,其常开触点闭合,接通整流二极管 $VD_3 \sim VD_6$,形成制动线路。它由W相电源,二极管 VD_2 ,KM的常闭辅助触点,电动机W相绕组、U相绕组和V相绕组,二极管 VD_3 、 VD_4 ,KA的闭合触点,二极管 VD_5 、 VD_6 ,U相和V相电源构成。整流电流通过电动机定子三相绕组,使电动机得以制动。制动时间的长短,可通过调节灵敏继电器KA衔铁的回系数来达到。

17. 在机械上互相联系的两台电动机制动线路

线路如图3-41所示。该线路可用于电动机容量不大于11kW并要求精确停机的场合。

工作原理:合上电源开关QS,按下起动按钮 SB_1 ,接触器 KM_1 、 KM_2 先后得电吸合并自锁,电动机 M_1 和 M_2 的定子绕组接通电源,而它们的引出端通过三相整流桥 $VD_1 \sim VD_6$ 连接到公共接点上。当交流电流流过电动机定子绕组时,电动机起动运行。

停机时,按下停止按钮 SB_2 ,接触器 KM_1 失电释放,其常闭辅

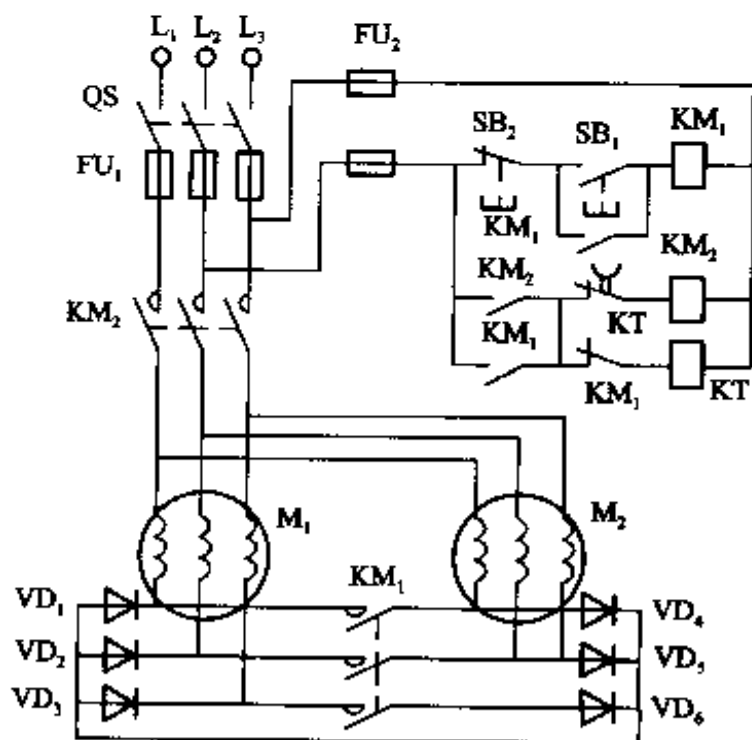


图 3-41 在机械上互相联系的两台电动机制动线路

助触点闭合,时间继电器 KT 线圈通电,为制动结束切断 KM_2 电源作好准备。由于 KM_1 主触点断开,电动机 M_1 和 M_2 的定子绕组的端部连接断开,这时形成三条整流电路和三条短路回路。例如电源 U 相从 M_2 的 U 相绕组经整流二极管 VD_4 、 VD_2 和 VD_3 流经 M_1 的 V 相和 W 相绕组到电源的 V、W 相,形成一条整流电路;而电源 U 相也从 M_2 的 U 相绕组经整流二极管 VD_4 、 VD_1 和 M_1 的 U 相绕组,形成一条短接回路……。于是半波整流电流通过电动机定子绕组起制动作用,还能排除转子的摆动,再加上短路电流的电磁制动作用,就能达到较好的制动效果。

制动时间的长短通过可调整时间继电器 KT 来达到。

第四章 绕线式异步电动机控制线路

绕线式异步电动机控制线路包括起动、调速、制动等线路。

第一节 绕线式异步电动机起动线路

1. 凸轮控制器起动线路

容量不大的绕线式异步电动机的起动、调速和正反转的控制,常采用凸轮控制器来实现。凸轮控制器运行可靠、维修方便,在桥式起重机上应用广泛。

凸轮控制器起动线路如图 4-1 所示。凸轮控制器手轮共有 11 个位置(见图中触点分合表),中间为“0”位,电动机不动作。其左右各有五个位置,表示正反转时触点的分合状态。表中“×”表示触点闭合,无此标记表示触点断开。凸轮控制器共有 12 副触点,最上面 4 副触点 $SA_1 \sim SA_4$ 是控制电动机正反转用的,4 个触点上都装有灭弧罩;中间 5 副触点 $XZ_1 \sim XZ_5$ 做切换电阻用;最下面 3 副辅助触点 $SA_5 \sim SA_7$ 都用于控制电路中。

工作原理:合上电源开关 QS,先将手柄置于“0”位,这时触点 $SA_5 \sim SA_7$ 闭合,按下起动按钮 SB_1 ,接触器 KM 得电吸合并自锁。再将手柄扳到正转“1”位置,这时触点 SA_1 、 SA_3 闭合,电动机转子绕组串入了全部电阻 R 起动运转。然后将手柄依次扳到“2”、“3”等位置,使电动机转子绕组分别串入不同的电阻值,电动机以不同转速运转。 $SA_5 \sim SA_7$ 的作用是,手柄在零位时,保证线路切断电源,又恢复电源后按 SB_1 才能起动电动机。这样,既可以避免电动机直接起动,又可防止在按钮 SB_1 有误动作时,电动机突然快速运转而发生意外事故。

欲使电动机反转,可将手柄扳到反转“1”位置或其它位置,以

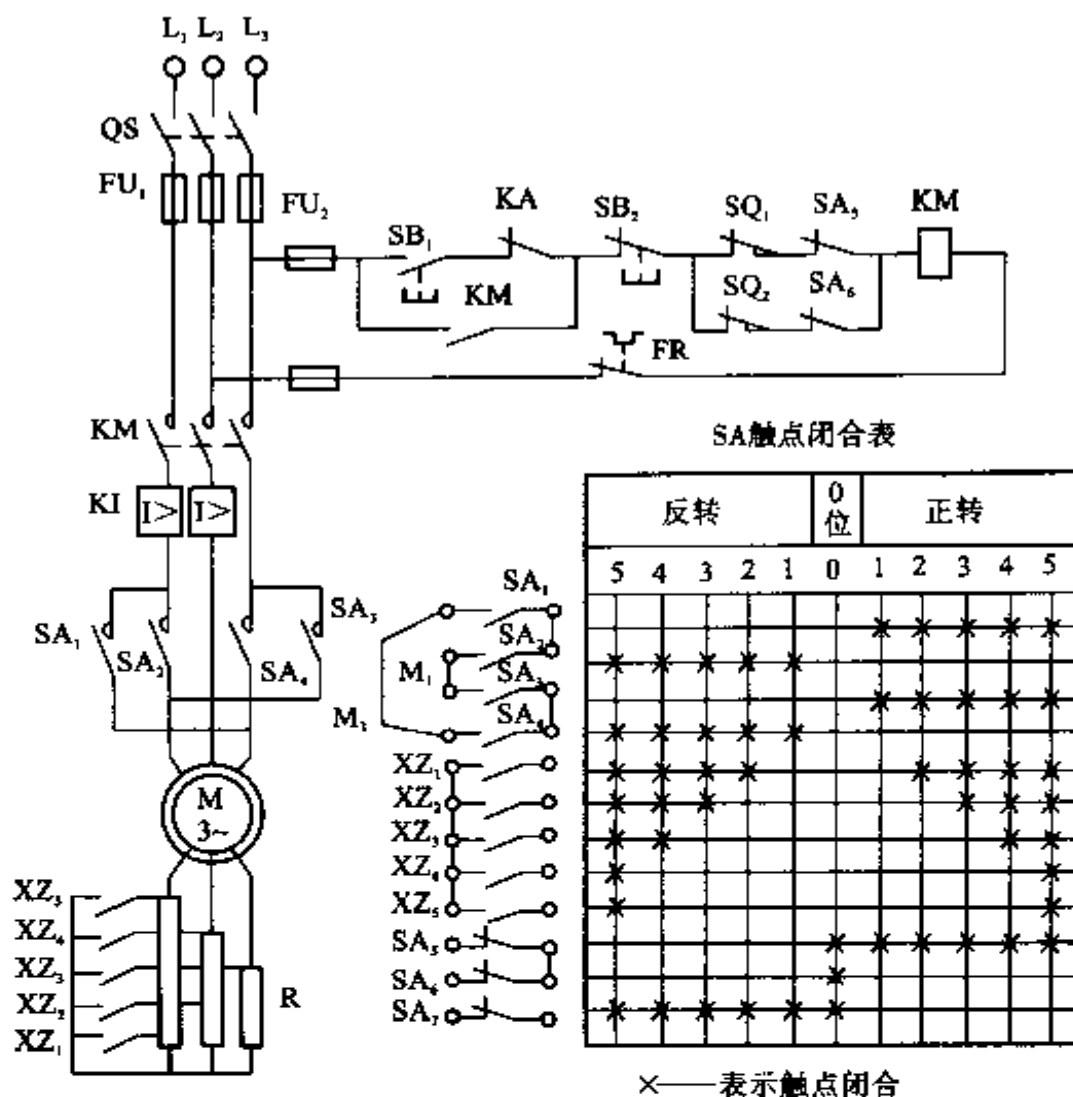


图 4-1 凸轮控制器起动线路

获得不同的反向转速。

欲停机时,按下停止按钮 SB_2 ,接触器 KM 失电释放,电动机停转。

2. 时间继电器三级起动线路

如图 4-2 所示。该线路利用三个时间继电器和三个接触器的相互配合,依次自动切除转子回路中的三级电阻,最后把转子绕组中可变电阻的阻值减小到零(全部短接),使电动机转速逐渐上升,最后达到额定转速。

工作原理:合上电源开关 QS ,按下起动按钮 SB_1 ,接触器 KM

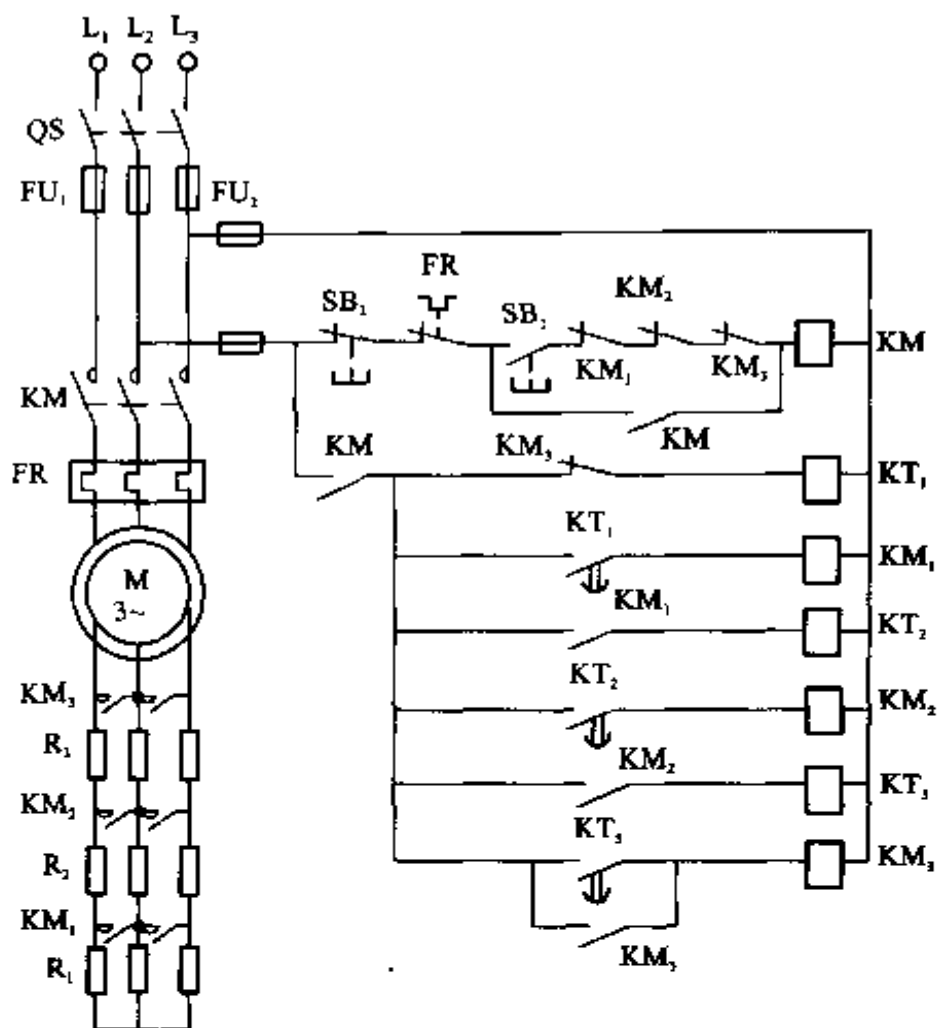


图 4-2 时间继电器三级起动线路

得电吸合,接通电动机定子绕组电源,KM常开辅助触点闭合,时间继电器 KT_1 线圈得电,经过一段时间延时,其延时闭合常开触点闭合,接触器 KM_1 得电吸合,其主触点闭合,切除(短接)转子回路里的一级电阻 R_1 ,电动机进入第二级起动,转速升高。同时 KM_1 常开辅助触点闭合,时间继电器 KT_2 线圈得电,经过一段时间延时, KT_2 延时闭合常开触点闭合,接触器 KM_2 得电吸合,其主触点闭合,切除转子回路里的二级电阻 R_2 ,电动机进入第三级起动,继续升速。同时 KM_2 常开辅助触点闭合,时间继电器 KT_3 线圈得电,经过一段时间延时,其延时闭合常开触点闭合,接触器 KM_3 得电吸合并自锁,其主触点闭合,切除转子回路里的三级电阻 R_3 ,电

动机升速至额定转速。同时 KM_3 常闭辅助触点打开, KT_1 失电释放, 其常开触点瞬时断开, 使 KM_1 、 KT_2 、 KT_3 相继断电释放, 恢复原位。只有接触器 KM_3 保持工作状态。至此电动机起动过程结束, 进入额定转速正常运行。

接触器 KM_1 、 KM_2 和 KM_3 的常闭辅助触点串联在 KM 线圈中的目的是, 保证只有在转子串入全部电阻的条件下电动机才能起动。也就是说, 只要 KM_1 、 KM_2 和 KM_3 的常闭辅助触点中有一个触点没有恢复闭合, 电动机就不能接通电源起动。

线路中, 只有接触器 KM 和 KM_3 长期通电, 而 KM_1 、 KM_2 、 KT_1 、 KT_2 、 KT_3 只是在起动过程中短时通电。

3. 电流继电器二级起动线路

如图 4-3 所示。该线路是利用电流继电器控制串入转子绕组中的电阻值, 改变转子电流, 分级起动电动机。

图中, R_1 和 R_2 为分级起动用电阻。第一级起动电流由与 R_1 串联的电流继电器 KI_1 检测, 第二级起动电流由与 R_2 串联的电流继电器 KI_2 检测。由于第一级起动电流比第二级起动电流大, 因此在整定时, 应使 KI_1 的释放电流大于 KI_2 的释放电流。它们有相同的吸合电流。

工作原理: 合上电源开关 QS , 按下起动按钮 SB_1 , 接触器 KM 和时间继电器 KT 得电吸合并自锁, 电动

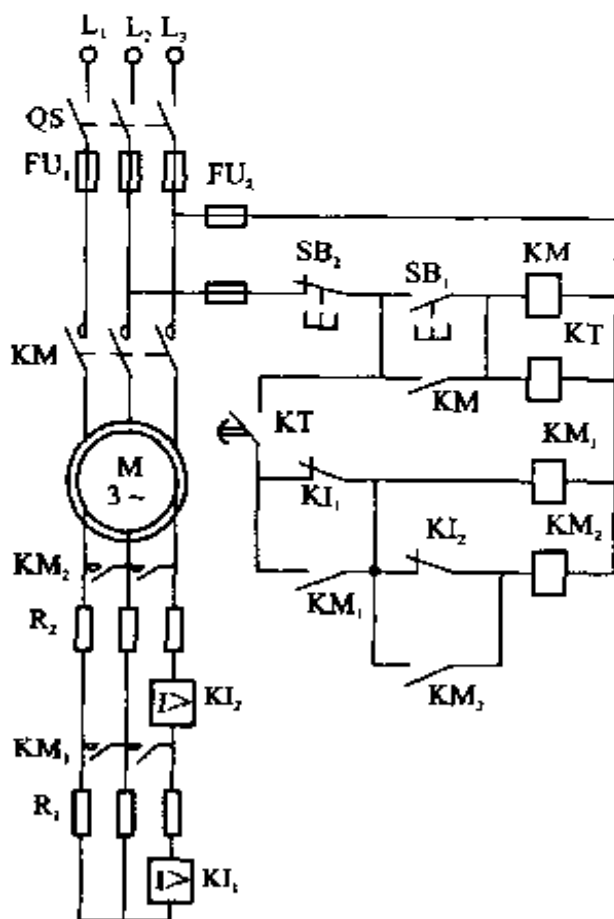


图 4-3 电流继电器二级起动线路

机在转子回路中接有起动电阻 R_1 和 R_2 的情况下接通电源起动运行。转子起动电流较大,使电流继电器 KI_1 和 KI_2 吸合,它们的常闭触点断开,切断接触器 KM_1 和 KM_2 线圈回路。经过一段延时后, KT 的延时闭合常开触点闭合。随着电动机转速的上升,当转子起动电流减小到 KI_1 的释放电流时 KI_1 释放,其常闭触点闭合,接触器 KM_2 得电吸合并自锁,主触点闭合,切除(短接)转子回路里的一级电阻 R_1 ,电动机进入第二级起动。电动机转速继续升高,当转子起动电流减小到 KI_2 的释放电流时 KI_2 释放,其常闭触点闭合,接触器 KM_2 得电吸合并自锁,主触点闭合,切除转子回路里的二级电阻 R_2 ,电动机起动过程结束,进入额定转速正常运行。

4. 电流继电器三级起动线路

如图 4-4 所示。图中第一级起动电流由与 R_1 串联的电流继电器

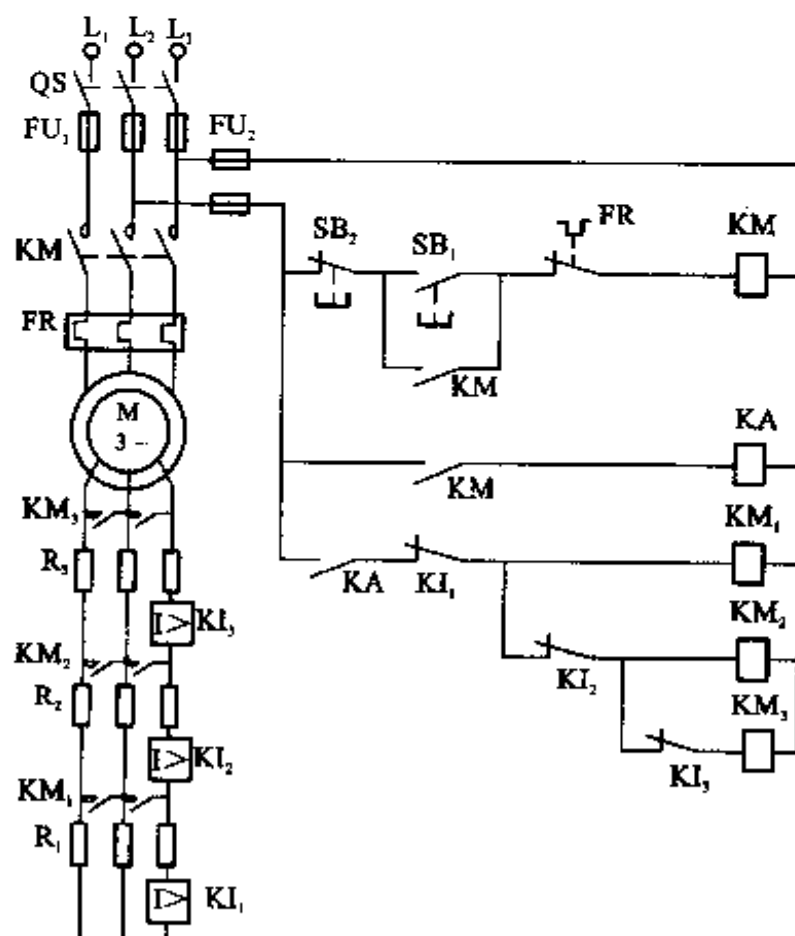


图 4-4 电流继电器三级起动线路

器 KI_1 检测,第二级起动电流由与 R_2 串联的电流继电器 KI_2 检测,第三级起动电流由与 R_3 串联的电流继电器 KI_3 检测。它们有相同的吸合电流,但有不同的释放电流,其中 KI_1 最大, KI_2 次之, KI_3 最小。

工作原理与图 4-3 类同,只不过用三只电流继电器分三级起动而已。首先 KI_1 动作,切除(短接)起动电阻 R_1 ,接着 KI_2 动作,切除起动电阻 R_2 ,最后 KI_3 动作,切除起动电阻 R_3 。随着电阻值减小,电动机转速逐渐升高,最后达到额定转速进入正常运行。

起动电阻电阻值的计算

起动电阻的级数越多,起动越相对平滑。但级数越多,控制线路也越复杂。一般中小容量电动机的起动,取三级左右为宜。三相对称连接的起动电阻级数,可参见表 4-1 确定。

三相对称起动电阻的级数确定以后,每相转子绕组串接的各级起动电阻的电阻值 R_n ,可用以下公式计算:

$$R_n = K^{m-n} r$$

表 4-1 绕线式异步电动机起动电阻级数选择表

电动机功率(kW)	起动电阻的级数	
	半载起动	满载起动
100 以下	2~3	3~4
100~200	3~4	4~5
200~400	3~4	4~5
400~800	4~5	5~6

式中 m ——起动电阻的级数;

n ——各级起动电阻的序号;

K ——常数;

r ——最末一级起动电阻的电阻值。

K 与 r 之值由以下公式计算:

$$K = \sqrt[m]{\frac{1}{s}}$$

$$r = \frac{E_2(1-s)}{\sqrt{3} I_2} \cdot \frac{K-1}{K^m-1}$$

式中 s ——电动机额定转差率；

E_2 ——电动机转子电压(V)；

I_2 ——电动机转子电流(A)。

注意：如果起动电阻采用不对称接线，则各级电阻的计算值应增大3倍。

【例】 一台绕线式异步电动机，额定功率 P_e 为 130kW，定子额定电压 U_e 为 380V，额定转速 n_e 为 1460r/min，同步转速 n_0 为 1500r/min，转子电压 E_2 为 187V，转子电流 I_2 为 441A，起动电阻为对称连接。若这台电动机是半载起动，试问该电动机各级起动电阻值应为多少？

解：由表 4-1 确定起动电阻级数 $m=3$

$$s = \frac{n_0 - n_e}{n_0} = \frac{1500 - 1460}{1500} \approx 0.026$$

$$K = \sqrt[m]{\frac{1}{s}} = \sqrt[3]{\frac{1}{0.026}} \approx 3.4$$

$$\begin{aligned} r &= \frac{E_2(1-s)}{\sqrt{3} I_2} \cdot \frac{K-1}{K^m-1} \\ &= \frac{187 \times (1-0.026)}{1.73 \times 441} \times \frac{3.4-1}{3.4^3-1} \approx 0.015(\Omega) \end{aligned}$$

因此，各级起动电阻为

$$R_1 = K^{m-1} r = 3.4^{3-1} \times 0.015 \approx 0.173(\Omega)$$

$$R_2 = K^{m-2} r = 3.4^{3-2} \times 0.015 \approx 0.051(\Omega)$$

$$R_3 = K^{m-3} r = 3.4^{3-3} \times 0.015 \approx 0.015(\Omega)$$

若选取转子起动电流为正常运行电流的 1.5 倍，则每相起动电阻的功率应为

$$\begin{aligned} P &= I_{2q}^2 R = (1.5 I_2)^2 \times (R_1 + R_2 + R_3) \\ &= (1.5 \times 441)^2 \times (0.173 + 0.051 + 0.015) \approx 103(\text{kW}) \end{aligned}$$

实际使用的起动电阻的功率值可以小于计算值。在起动不频繁的场所,可选计算值的 $1/3$;在起动频繁的场所,可选计算值的 $2/3$ 。

5. 频敏变阻器手动单向起动线路

频敏变阻器是一种无触点电磁元件,在电动机起动过程中,转子电流的频率逐渐减小,频敏变阻器的等值阻抗随转子电流频率减小而自动减小。频敏变阻器的这个特性正好符合电动机降压起动过程对串入电阻的要求,所以只要用一级频敏变阻器就可以使绕线式异步电动机的转速连续、平滑地上升。

频敏变阻器常用于大中型绕线式异步电动机的起动。

频敏变阻器的选用通常应考虑以下三个因素:

(1)应符合电动机起动方式的要求。异步电动机起动方式主要有两种:偶尔起动和重复短时起动。与之相对应,频敏变阻器也应选用相应的类型。

(2)要考虑电动机起动负载的类型。电动机负载,从起动的角度来看可分为三类:轻载、轻重载和重载。频敏变阻器与之对应,也分为轻载、轻重载和重载三种类型,选用时应配合正确。

(3)应达到一定的起动转矩和一定的转子起动电流。对于不同起动方式和不同起动负载的频敏变阻器(如偶尔起动的轻载类型和偶尔起动的重载类型等),起动时应满足一定的转矩和一定的转子起动电流。

频敏变阻器手动单向起动线路如图 4-5 所示。该线路结构简单,但要求按下短接按钮 SB_2 的时间必须

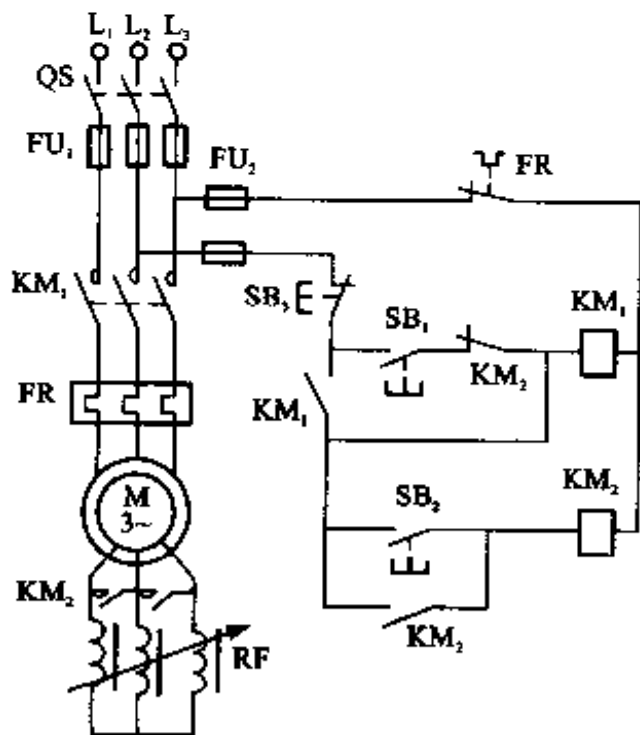


图 4-5 频敏变阻器手动单向起动线路

适时。过早,达不到限制起动电流和增加起动转矩的目的;过晚,会消耗电能及延长起动时间。

工作原理:合上电源开关 QS,按下起动按钮 SB₁,接触器 KM₁ 得电吸合并自锁,电动机转子串入频敏变阻器 RF 起动运转,转差率随转速上升而逐渐减小,频敏变阻器的阻抗随转速上升而逐渐下降,使电动机的转速平滑地上升。当转速上升到接近额定转速时,按下短接按钮 SB₂,接触器 KM₂ 得电吸合并自锁。频敏变阻器被短接,至此电动机起动过程结束,进入额定转速正常运转。

6. 频敏变阻器手动和自动单向起动线路

如图 4-6 所示。该线路可用手动和自动两种方式。

工作原理:合上电源开关 QS,手动控制时,将转换开关 SA 置于“手动”位置,按下起动按钮 SB₁,接触器 KM₁ 得电吸合并自锁,

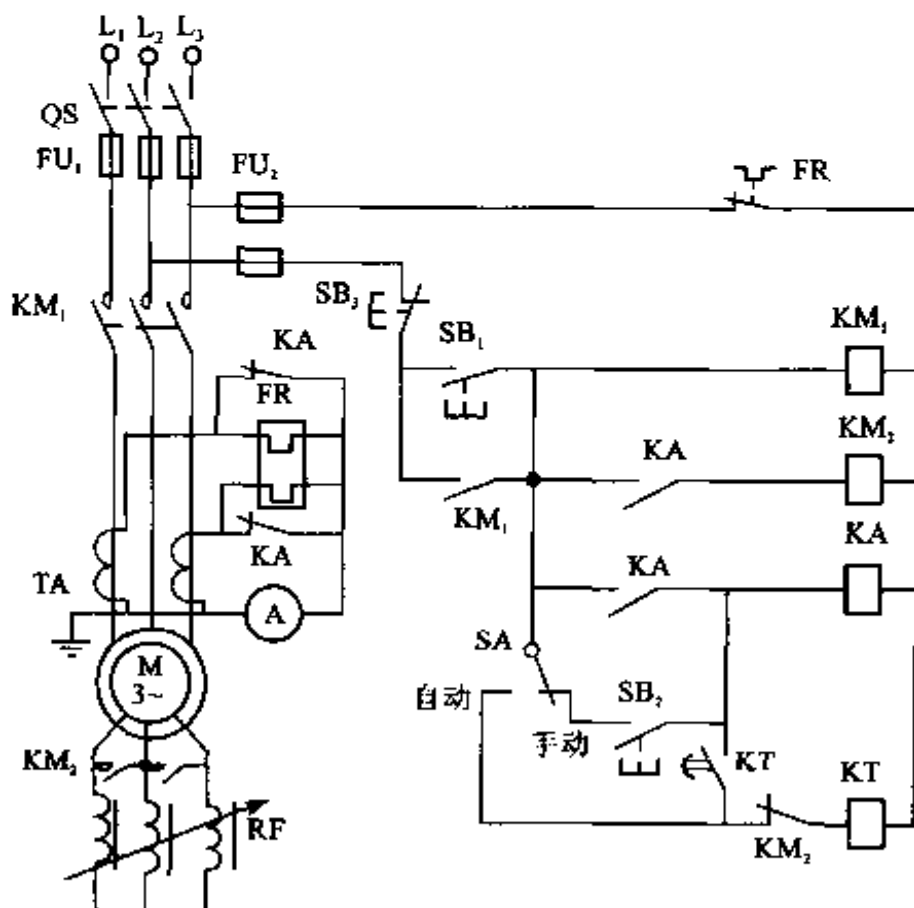


图 4-6 频敏变阻器手动和自动单向起动线路

电动机转子串入频敏变阻器 RF 起动运行。待电动机转速逐渐上升,趋近额定转速时,按下短接按钮 SB₂,中间继电器 KA 得电吸合并自锁,其常开触点闭合,短接接触器 KM₂ 得电吸合,其主触点闭合,切除(短接)频敏变阻器 RF,电动机进入正常运行,起动过程结束。

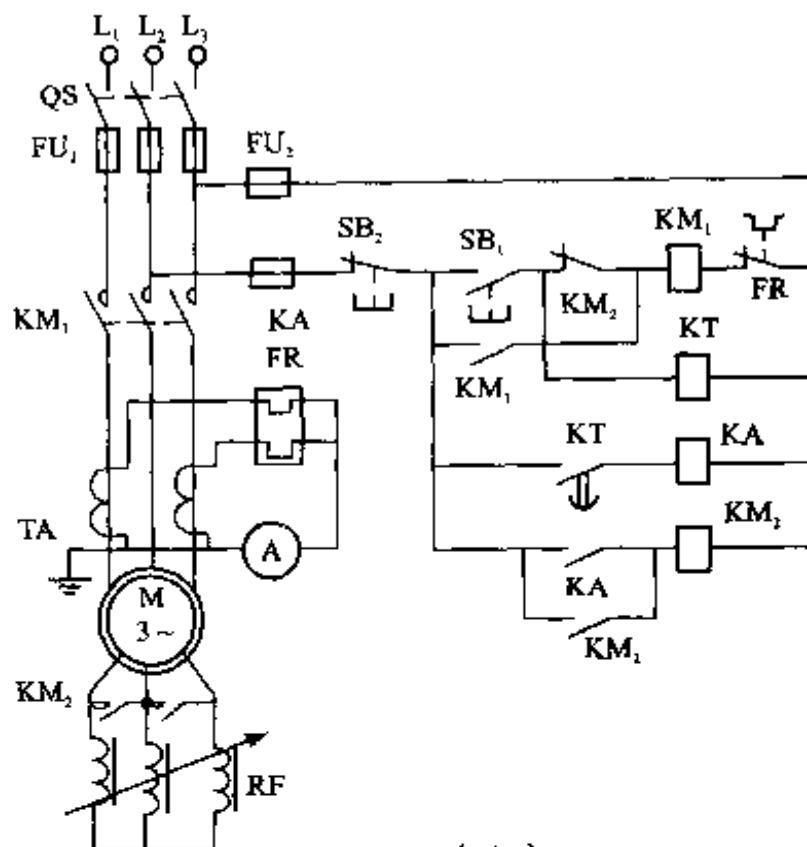
自动控制时,将转换开关 SA 置于“自动”位置,按下起动按钮 SB₁,接触器 KM₁ 得电吸合并自锁,电动机转子串入频敏变阻器 RF 起动运行。同时时间继电器 KT 线圈通电,当电动机转速趋近额定转速时,KT 延时结束,其延时闭合常开触点闭合,中间继电器 KA 得电吸合并自锁,其常开触点闭合,接触器 KM₂ 得电吸合,切除频敏变阻器 RF,电动机进入正常运行。

起动过程中,KA 的常闭触点将热继电器 FR 的发热元件短接,以避免因起动时间较长致使热继电器误动作而影响开机。

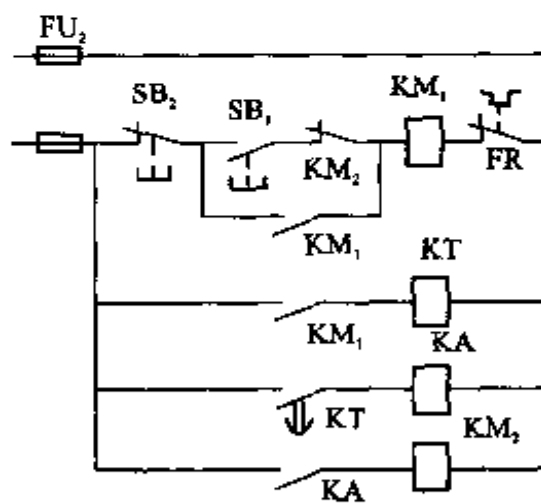
该线路的不足之处在于:时间继电器 KT 和中间继电器 KA 在电动机正常运行中一直通电工作。如果电网电压长期偏高,KT、KA 有可能发生匝间短路;如果电网电压偏低,KT、KA 也会因吸力不足而烧毁线圈。若其中一只元件损坏或接触不良,接触器 KM₂ 将释放。这将使频敏变阻器长期参加运行,而频敏变阻器是按短时运行要求设计的,即使在额定电流下长期运行,也会烧毁。另外,KT、KA 长期参加工作(尤其是时间继电器 KT),也会缩短使用寿命,降低线路的可靠性。

改进线路如图 4-7(a)和图 4-7(b)(只画出自动控制回路)所示,即将时间继电器线圈的一端接在起动按钮 SB₁ 与接触器 KM₂ 的常闭辅助触点中间。

工作原理:按下起动按钮 SB₁,接触器 KM₁ 得电吸合并自锁,电动机转子串入频敏变阻器 RF 起动运行。同时时间继电器 KT 线圈通电,当电动机转速趋近额定转速时,KT 延时结束,其延时闭合常开触点闭合,中间继电器 KA 得电吸合,其常开触点闭合,接触器 KM₂ 得电吸合并自锁,其主触点闭合,切除频敏变阻器



(a) 之一



(b) 之二

图 4-7 图 4-6 的改进线路

RF,电动机进入正常运行。这时时间继电器 KT、中间继电器 KA 退出运行,从而克服了图 4-6 线路的不足。

7. XQP 型频敏起动控制箱线路

如图 4-8 所示。该控制箱的结构及工作原理与图 4-6 基本相

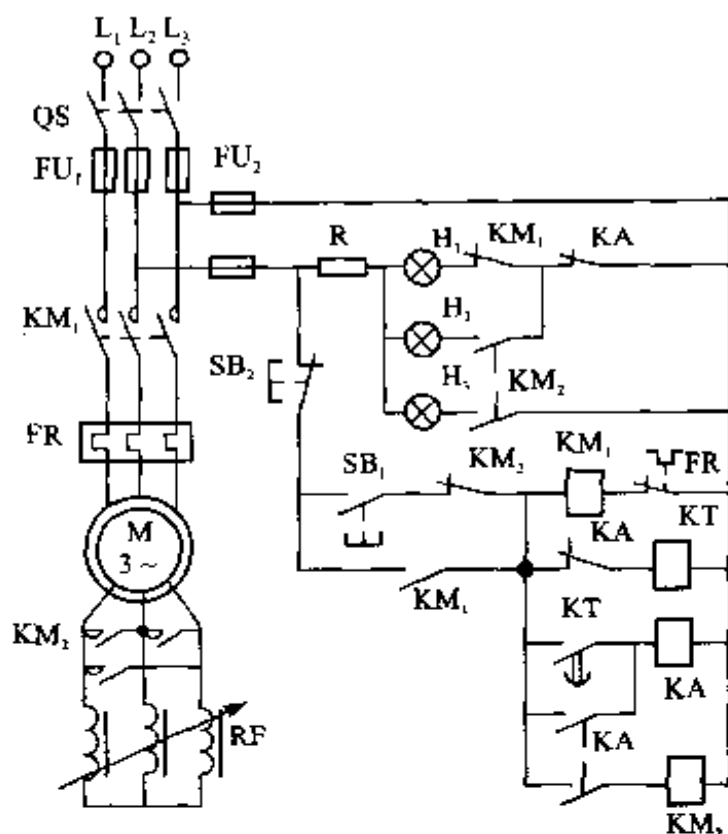


图 4-8 XQP 型频敏起动控制箱线路

同,在此不再赘述。

8. 频敏变阻器手动正反转起动线路

如图 4-9 所示。该线路用于手动(按钮)控制电动机正反转起动。

工作原理:合上电源开关 QS。正向起动时,按下正转起动按钮 SB₁,接触器 KM₁ 得电吸合并自锁,电动机转子串入频敏变阻器 RF 正向起动运行。当电动机转速上升到接近额定转速时,按下短接按钮 SB₃,短接接触器 KM₃ 得电吸合并自锁,其主触点短接频敏变阻器,电动机进入正常运行。

反向起动时,按下反转起动按钮 SB₂ 即可,其起动过程与正向起动过程相同。

图中,接触器 KM₁ 与 KM₂ 之间采用了电气连锁和机械连锁,以防止相间短路;KM₃ 两个常闭辅助触点是起保证电动机串入频敏变阻器后才允许起动的作用。

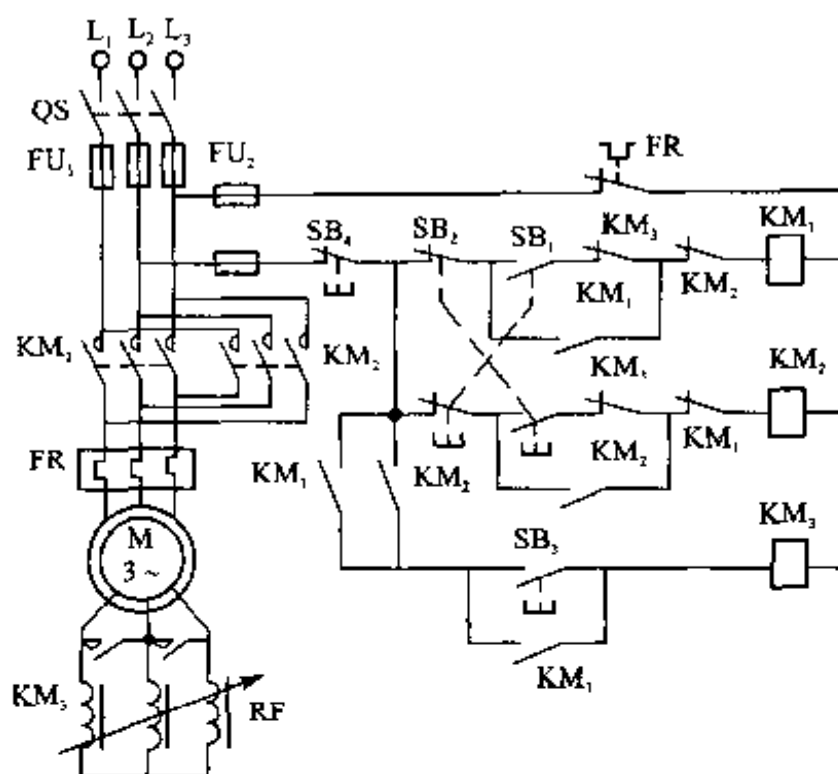


图 4-9 频敏变阻器手动正反转起动线路

9. 频敏变阻器自动正反转起动线路

如图 4-10 所示。该线路是利用时间继电器 KT 自动切除频敏变阻器 RF 起动的。

工作原理：合上电源开关 QS。正向起动时，按下正转起动按钮 SB₁，接触器 KM₁ 得电吸合并自锁，电动机转子串入频敏变阻器 RF 正向起动运行。同时，由于 KM₁ 常开辅助触点闭合，时间继电器 KT 线圈得电，当电动机转速上升到接近额定转速时，KT 延时结束，其延时闭合常开触点闭合，短接接触器 KM₃ 得电吸合并自锁，其主触点闭合，切除频敏变阻器，电动机进入正常运行。同时 KM₃ 常闭辅助触点断开，KT 失电释放。即在电动机正常运转时，KT 不参加工作。

反向起动时，按下反转起动按钮 SB₂ 即可，其起动过程与正向起动过程相同。

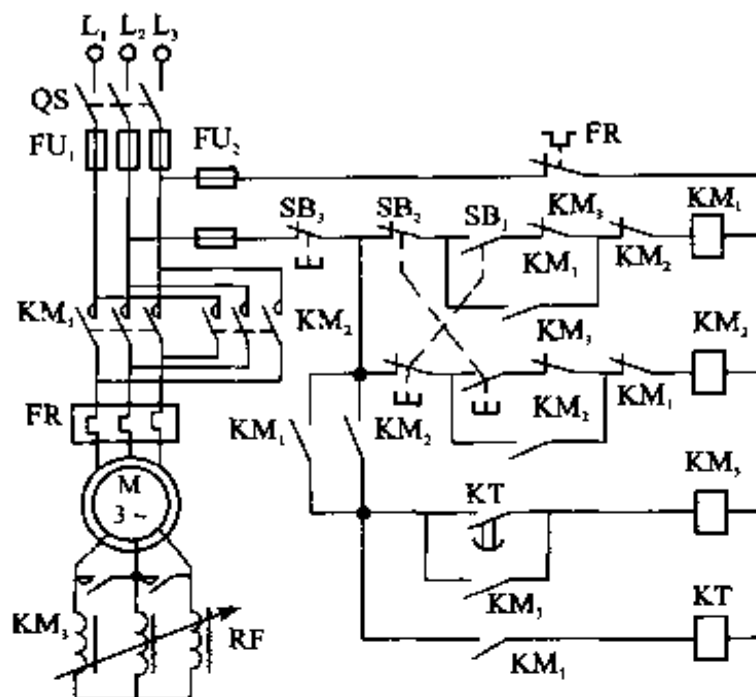


图 4-10 频敏变阻器自动正反转起动线路

第二节 绕线式异步电动机调速线路

绕线式异步电动机常用的调速方法有：转子绕组串接电阻调速，交流串级调速，晶闸管交流调压调速和辅助电源调速等。几种调速方法的比较见表 4-2。

表 4-2 绕线式异步电动机几种调速方法比较

调速方式	性能和特点	调速比	适用范围
转子串接电阻调速	用凸轮或鼓形开关控制器不对称切除转子电阻，用控制屏对称切除电阻。简单、价廉，有级调速，特性软，效率低	2:1	用于短时反复工作制机械，如起重机械、卷扬机等
串级调速	转子回路通以可控直流比较电压，以改变电动机的转差率，达到平滑调速的目的。特点是效率高，可把转差能反馈到电网，无级调速，功率因数较低	2:1~4:1 10:1(闭环)	用于中、大功率不可逆机械，如风机、泵、压缩机等

续表 4-2

调速方式	性能和特点	调速比	适用范围
晶闸管交流调压调速	改变晶闸管的移相角,以改变电动机的电压,从而达到电动机调速的目的。特点是恒转矩无级调速,效率随转速降低而成比例下降	3:1~10:1 (闭环)	用于长期工作制及要求平滑启动、短时低速运行的场合,如起重机、泵、风机等
辅助电源调速	属恒转矩无级调速,简单。缺点是电阻上消耗电能	3:1	用于调速范围不大的场合,如给煤皮带机等

10. 转子串接电阻的调速线路

利用凸轮控制器(见图 4-1)不但可以实现绕线式异步电动机的分阶段启动,而且也可用于分级调速。其原理是:

当忽略转子绕组电感时,电动机的转差率为:

$$s \approx \frac{\sqrt{3} I_{2c} R_d}{U_{2c}}$$

式中 I_{2c} ——电动机转子额定电流(A);

U_{2c} ——电动机转子额定电压
(V);

R_d ——电动机转子回路电阻
(Ω)。

可见,电动机转差率 s 与转子回路电阻 R_d 的阻值有关。 R_d 增加, s 也增加,则电动机的转速下降;反之,电动机的转速升高。

对于转子额定电流在 900A 以下的绕线式异步电动机,串接电阻一般采用如图 4-11 所示的 Y 形连接;转子额定电流达 1800A 时,串接电阻则宜接成双 Y 形,如图 4-12 所示。

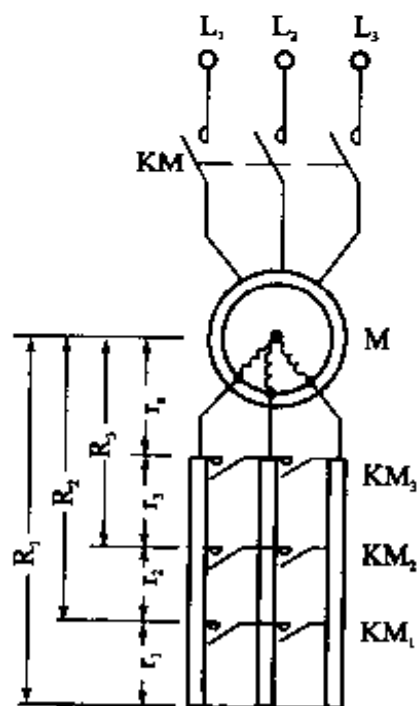


图 4-11 转子串接电阻
Y 形接法启动线路

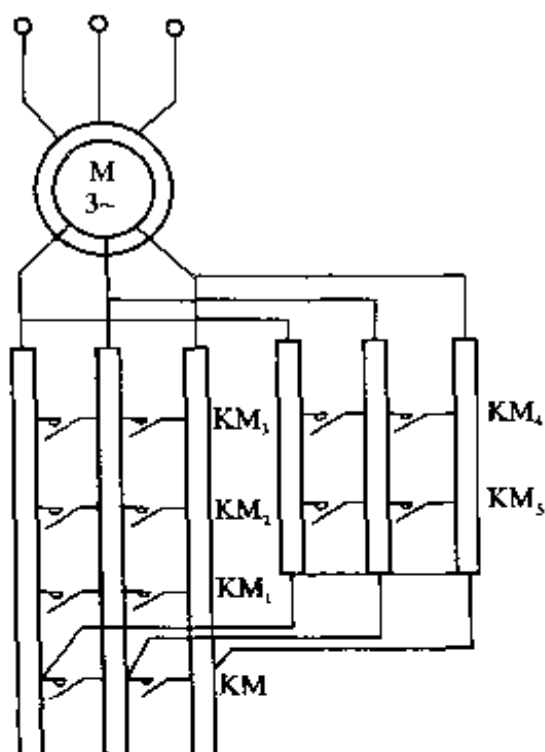


图 4-12 转子串接电阻
双Y形接法起动线路

切除转子绕组串接的电阻，一般采用凸轮式或鼓形控制器和PY1型控制屏。采用PY1或PT型控制屏，并利用接触器对称切除电阻时，在低速情况下，特性很软、速度不稳定，所以不能做深调速。

11. 具有正反转、反接制动和分级调速功能的线路

如图 4-13 所示。该线路用控制器 SA 分级调速，和正反转控制；反接制动用接在转子回路中的过电流继电器 KI 来控制；电流继电器 $KI_1 \sim KI_3$ 用作电动机的三相过电流保护；零压继电器 KA 用作欠压保护。

KA 用作欠压保护。

控制器 SA 触点闭合表见表 4-3。

表 4-3 控制器 SA 触点闭合表

状 态 触 点	向 后(反转)					0 位	向 前(正转)				
	5	4	3	2	1	0	1	2	3	4	5
SA ₀						×					
SA ₁							×	×	×	×	×
SA ₂	×	×	×	×	×						
SA ₃	×	×	×	×				×	×	×	×
SA ₄	×	×	×						×	×	×
SA ₅	×	×								×	×
SA ₆	×										×

注：×——表示接通。

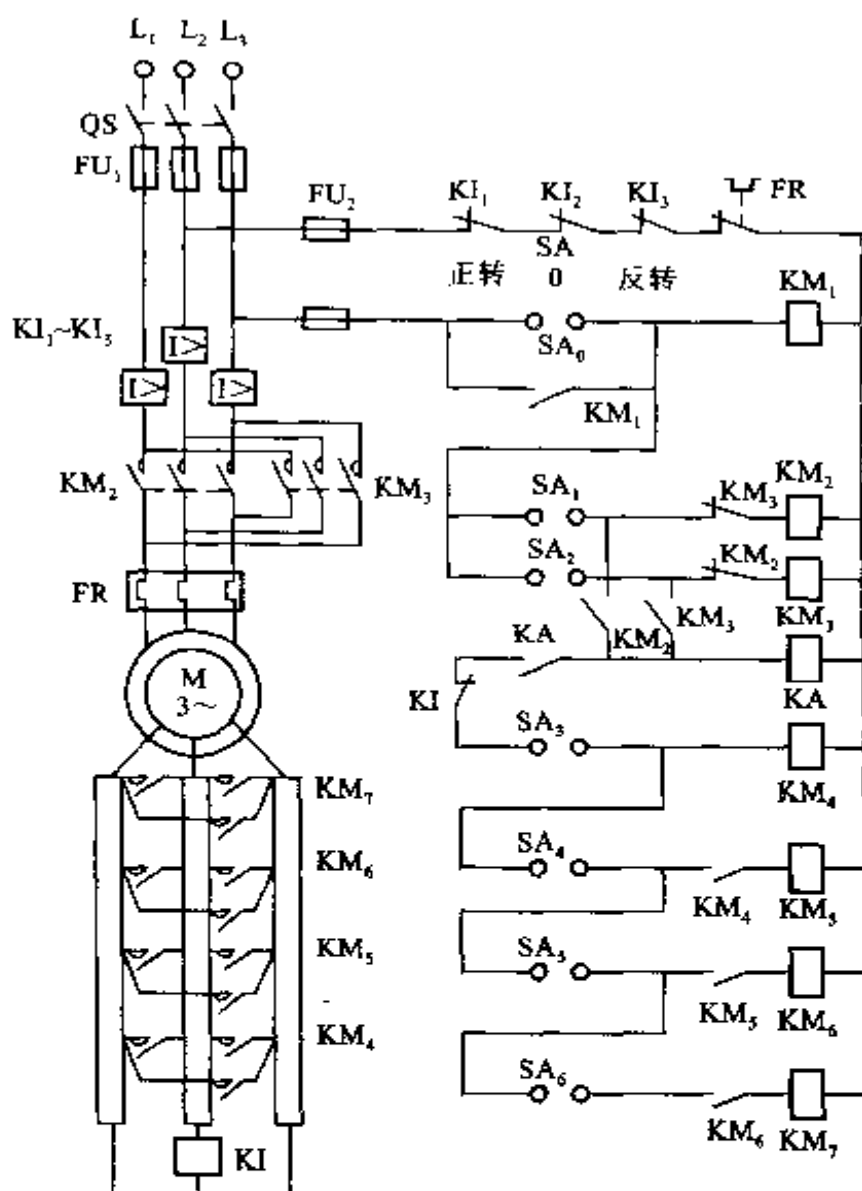


图 4-13 具有正反转、反接制动和分级调速功能的控制线路

工作原理:合上电源开关 QS,将控制器 SA 置于“0”位,接触器 KM_1 得电吸合并自锁。当 SA 置于正转(向前)位置“1”时,触点 SA_1 闭合,接触器 KM_2 得电吸合,电动机在转子回路中串入全电阻的情况下起动运行。同时,零压继电器 KA 得电吸合,其常开触点闭合,为调速电路接触器通电做好准备。起动时,由于起动电流小于电流继电器 KI 的动作电流整定值, KI 常闭触点闭合。当控制器 SA 置于“2”位置时,触点 SA_1 、 SA_3 闭合,接触器 KM_1 得电吸

合,其主触点闭合,切断(短接)转子回路中的第一级电阻,电动机在该级的转速下运行。当控制器 SA 依次置于“3”、“4”、“5”位置时,通过 SA₄、SA₅、SA₆ 触点,接通相应的接触器 KM₅、KM₆、KM₇,电动机运行在不同的转速上。

当控制器 SA 置于反转(向后)位置“1”时,触点 SA₂ 闭合,接触器 KM₂ 得电吸合,而调速运行的接触器相继失电释放,电动机在转子绕组串入全电阻的情况下反接制动。反接制动时转子回路中的电流很大,过流继电器 KI 动作,其常闭触点断开,保证在反接制动时不接入接触器 KM₄~KM₇。待制动完毕,转子电流减小,过流继电器恢复常态,其常闭触点又闭合,此时转动控制器 SA 才能起到调速作用,动作过程同正转(向前)调速一样。

12. 电气式串级调速线路

绕线式异步电动机的串级调速,是在电动机转子回路内引入一个反电势 U_s ,控制 U_s 的大小就等于控制转差功率 P_s 的大小,而 $P_s = sP_D$ (其中 P_D 为电动机定子回路从交流电网取得的功率, s 为转差率),所以也就控制了电动机的转速。

串级调速方式可为无级调速,其转差功率可返回电网或加以利用,效率高,适合于大型绕线式感应电动机。

串级调速有两种形式:一种是电气式串级调速,另一种是晶闸管式串级调速。

电气式串级调速线路如图 4-14 所示。

主电动机 M₁ 由频敏变阻器 RF₁ 起动,起动完毕,倒换到调速系统。

主电动机的输出功率,一部分输送给生产机械,另一部分通过整流器 U 和辅助机组(由 M₂ 和 G 组成的电动—发电机组)转变为电能送回电网。

13. 晶闸管式串级调速线路

如图 4-15 所示。

工作原理:绕线式异步电动机在不同转速下感应出的转子电

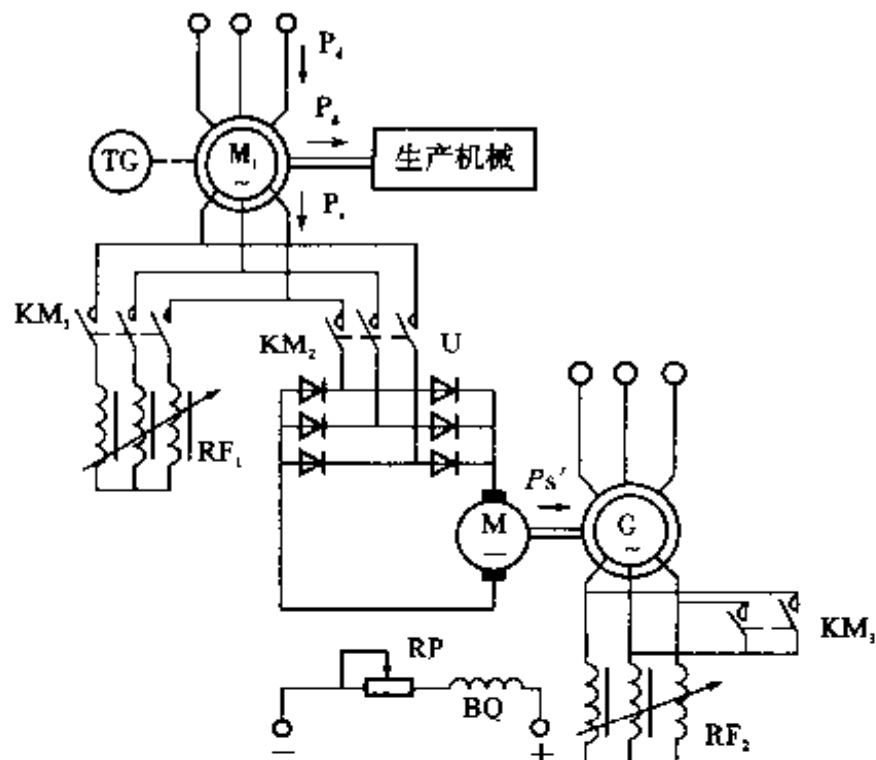


图 4-14 电气式串级调速线路

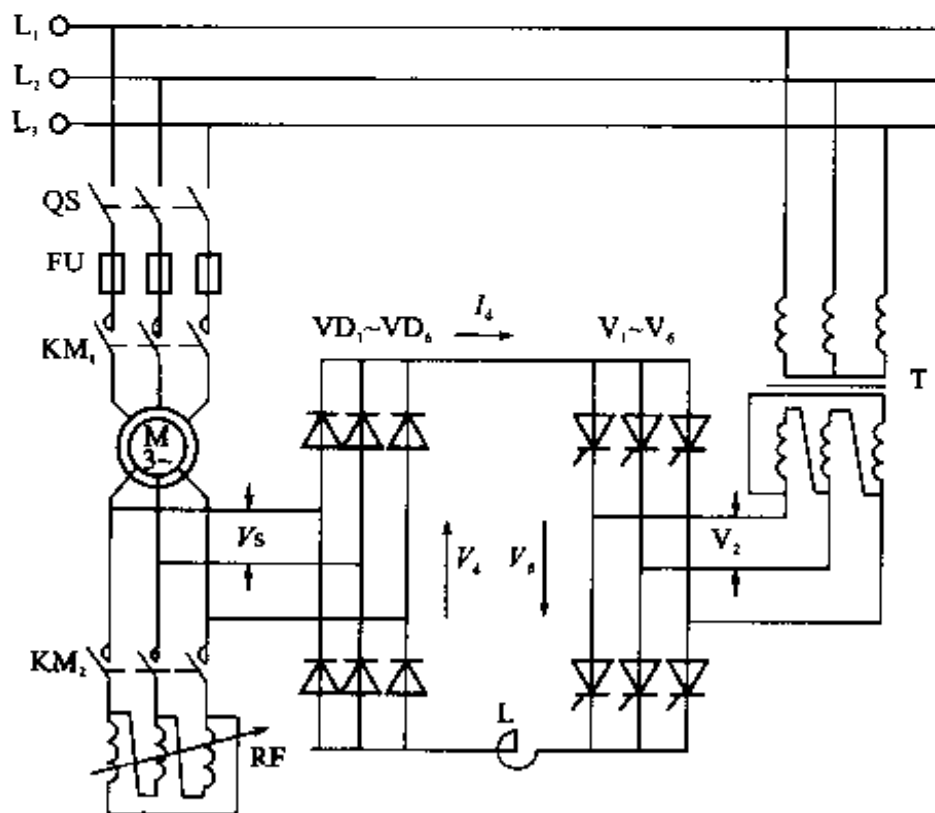


图 4-15 晶闸管式串级调速线路

压(转差频率电动势) $U_s = sU_{50}$ (U_{50} 为 $s=1$ 时的转子开路电压)。该电压经桥式三相整流器变成直流电压 U_D , U_D 再经逆变器逆变为交流电,由逆变变压器回馈电网。这时逆变电压 U_p 可看作是加在转子回路中的反电势。控制逆变器的逆变角 β , 就可以改变 U_p 的大小,从而实现转速控制。

串级调速的原理是:电动机的起动通常采用接触器控制接在转子回路中的频敏变阻器来实现。当电动机在某一转速下运行时,略去转子回路阻抗压降,则有 $U_D = U_p$ 。当逆变角 β 增大时, U_p 减小,转子电流增加,于是电动机转速升高,转差率下降,导致 U_D 减小,直到 $U_D = U_p$ 时,电动机稳定运行在新的转速上。反之,当 β 减小时,使电动机稳定运行在较低转速上。连续改变 β 角,就可以平滑地改变电动机的转速,当 $\beta = 90^\circ$ 时, $U_p = 0$, 相当于转子绕组短接,电动机转速最高。

晶闸管式串级调速的控制线路如图 4-16 所示。主要元件参数见表 4-4。

三相半波有源逆变器能将直流电源的能量变为与电网同频率的交流能量并回馈给电网。

表 4-4 主要元件参数

代号	名称	规格	代号	名称	规格
VT ₁ 、VT ₂	三极管	3AX31B	R ₁₁	电阻	120Ω
VD ₁ ~VD ₆	二极管	1N4004	R ₁₂	电阻	24Ω
VD ₉ ~VD ₁₆	二极管	1N4004	R ₁₃	电阻	4.7kΩ
R ₄ 、R ₆	电阻	12kΩ	R ₁₄	电阻	200Ω
R ₅	电阻	24kΩ	R ₁₅	电阻	1.25kΩ
R ₇	电阻	1kΩ	R ₁₆	电阻	360Ω
R ₈	电阻	3.4kΩ	RP	电位器	1kΩ
R ₉	电阻	22Ω	C ₅ ~C ₈	电容	0.047μF
R ₁₀	电阻	2kΩ	C ₉ 、C ₁₀	电容	1000μF 25V

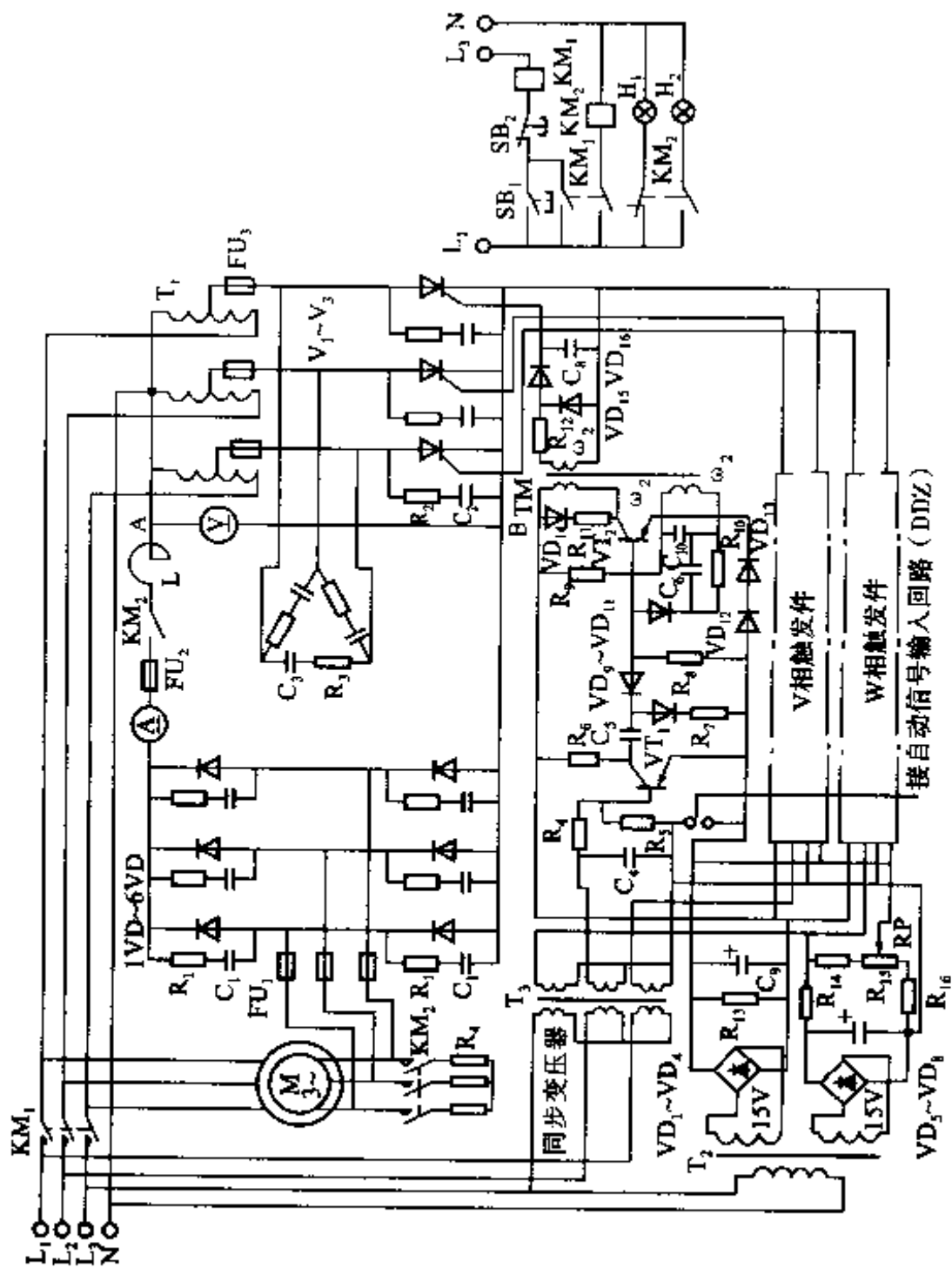


图4-16 晶闸管式串级调速控制线路

在逆变器工作时,逆变器中晶闸管的触发导通角 α 必须大于 90° ,即在电源电压的负半周才导通。此时电流的方向和被逆变的直流电源的电压方向一致,因此直流电源输出能量。由于 $\alpha > 90^\circ$,逆变器 A、B 两端为一反电势,由直流电源提供的电流和此反电势方向相反,此反电势是由交流电网提供的,因此电网吸收能量,完成了逆变电能的工作。

在逆变器不工作时,电流从一相转换到另一相能够自然地发生,只需前一相电压低于后一相,就能自行转换。

β_{\min} 一般选为 $25^\circ \sim 30^\circ$,所以逆变器工作时,逆变角 $20^\circ < \beta < 90^\circ$ 。

移相控制采用锯齿波移相控制触发电路。它是将同步电压与控制电压相比较,进而控制三极管 VT_1 的通断来实现的。在 VT_1 截止瞬间,其集电极经电容 C_5 输出负脉冲,使三极管 VT_2 导通。当 VT_1 导通时, VT_2 截止。可见,控制电压的大小,直接控制 VT_1 的通断时刻,进而控制 VT_2 的导通相位。

由 VT_2 和脉冲变压器 TM 等组成脉冲形成电路。当 VT_2 导通时,其集电极电流流经 TM 的初级绕组 ω_1 ,在脉冲变压器铁芯饱和前,各绕组均感应出平顶的脉冲电压。 ω_2 为电流正反馈绕组,在 VT_2 导通瞬间, ω_2 中的感应电势一方面加强 VT_2 的基极电流,从而提高输出脉冲的陡度;另一方面通过 R_{10} 和 C_6 的微分电路,使 VT_2 维持导通,从而增大输出脉冲的宽度。当脉冲变压器铁芯达到饱和时, VT_2 的集电极电流剧增, ω_2 中的感应电势迅速减小, VT_2 迅速截止,因而输出脉冲的后沿也较陡。逆变器晶闸管各相的触发脉冲是由滞后相电压产生的。逆变器的工作波形如图 4-17 所示。

14. 辅助电源无级调速线路

这是一种无逆变器而有辅助电源的绕线式异步电动机调速方式。其线路简单、可靠,适用于调速范围不大的场合。

(1) 调速原理。辅助电源无级调速原理如图 4-18 所示。图中, U_1 为电动机转子差电动势输出整流器输出电压; U_2 为辅助电源

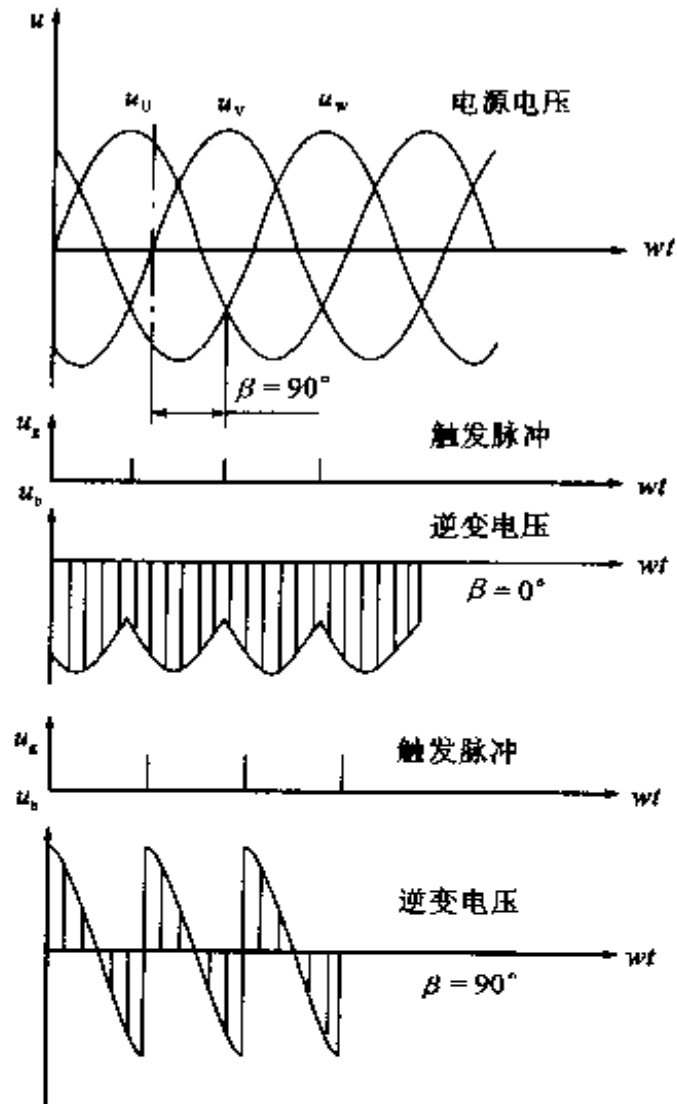


图 4-17 逆变器逆变角 $\beta=0^\circ$ 及 90° 时的电压波形

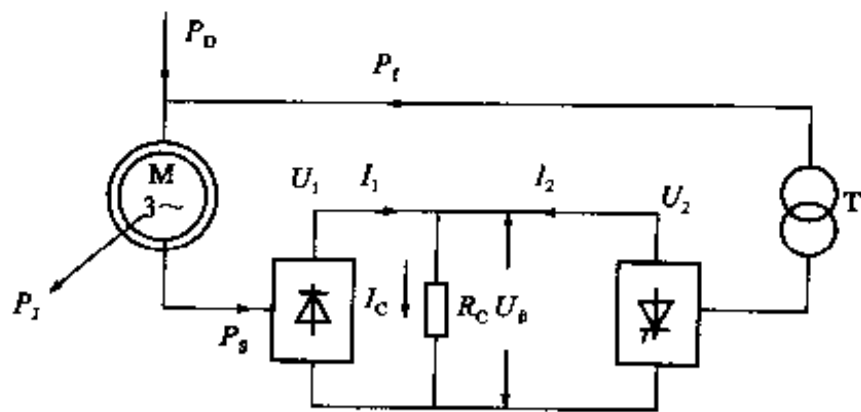


图 4-18 辅助电源无级调速原理图

可控整流器输出电压。电流 I_2 在平衡电阻 R_c 上产生电压 $U_\beta = I_2 R_c$ 。

对整流器输出电压 U_1 而言, U_β 相当于一个反电势。当电动机负载不变时, 调节 U_2 的输出电流, 则电压 U_β 也改变, 使得 U_1 的输出电流相应改变, 迫使转子电流发生变化而达到调速的目的。

当反电势 U_β 大于输出电压时 U_1 , U_1 输出电流为零。一般情况下, 在反电势加大、转子电流减小的同时, 电动机的转矩、转速降低。这将使转差率 s 提高, 整流器转子交流电势 U_1 增加。转子电势增加, 又提高了转子电流, 此过渡过程一直延续到转子输出电流达到负载转矩所对应的数值为止。这时电动机稳定在新的转速下运行。

(2) 参数的确定(具体推导从略)。

①转子回路每相电阻 R_φ 换算到整流器输出端的电阻 R_s ;

$$R_s = 1.91R_\varphi$$

②平衡电阻 R_c ;

$$R_c = \frac{s_{\min} \cdot E_1 - \Delta U_z}{I_{1c}} - R_s;$$

式中 s_{\min} —— 调速范围上限所对应的最小转差率;

I_{1c} —— 对应于转子额定电流的 U_1 侧电流;

ΔU_z —— 整流元件上的最大电压降, 可取 2V。

R_c 的功率 P_c ;

$$P_c = \frac{(s_{\max} \cdot E_1 - \Delta U_z)^2}{R_c}$$

式中 s_{\max} —— 调速范围下限所对应的最大转差率。

③辅助电源容量 P_2 ;

$$P_2 \geq U_{\beta\max} \cdot I_{2\max}$$

式中 $U_{\beta\max}$ —— 当 $I_1 = 0$ 时在电阻 R_c 上的最大电压降(V),

$$U_{\beta\max} = s_{\max} \cdot E_1 - \Delta U_z;$$

E_1 —— 当 $s = 1$ 时, 输出端 U_1 的电势(V);

I_{2max} 辅助电源整流器 U_2 的输出电流最大值(A),

$$I_{2max} = \frac{E_1 \cdot \Delta U_2}{R_1}$$

(3) 具体线路。图 4-19 是一台 3.5kW 绕线式异步电动机调速线路。图中辅助电源为单相交流电源,经单相半波控制桥(由二极管 VD_7 、 VD_8 和晶闸管 V_1 、 V_2 组成)输出电流供给平衡电阻 R_c ,晶闸管的触发电路为一全波阻容移相桥。

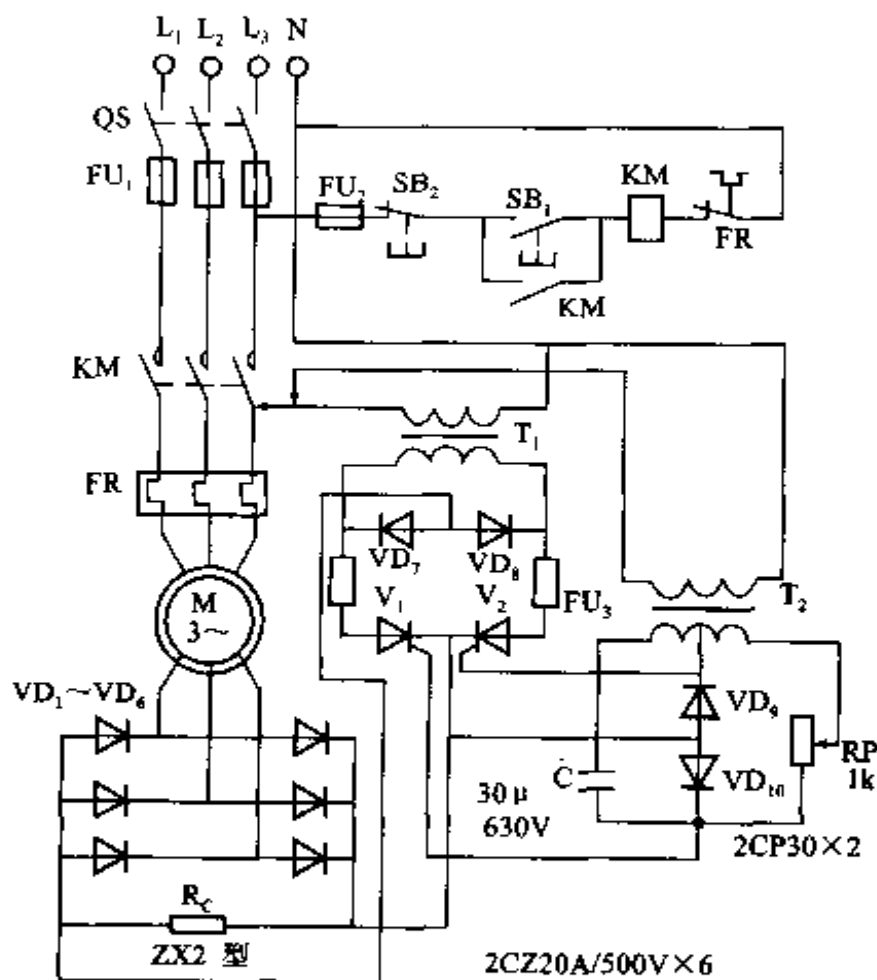


图 4-19 采用辅助电源的无级调速线路

调节电位器 RP,便可改变晶闸管的触发导通角,从而能使电动机可在 300~900r/min 范围内连续调节。

T_1 采用 220/250V 2kVA 变压器; T_2 采用 220/6.3V 电铃变压器改制,改为两只 220/20V 变压器。

第三节 绕线式异步电动机制动线路

绕线式异步电动机的制动方式有：机械制动、能耗制动和反接制动。

15. 机械制动线路

绕线式异步电动机的机械制动线路与鼠笼式异步电动机的机械制动线路一样，即利用电磁抱闸等手段进行制动。

16. 能耗制动线路

绕线式异步电动机的能耗制动线路，其原理与鼠笼式异步电动机的能耗制动线路一样，即当电动机断电后，在其定子绕组中通

入直流电流，建立一个静止磁场，从而产生一个制动转矩。能耗制动适用于经常启动和频繁正反转、且要求迅速和准确停机的电动机。

能耗制动的接线如图 4-20 所示（只画出主回路）。电动机制动转矩的大小与通入定子的直流电流的大小和转子回路中串入电阻阻值的大小有关。制动时应在转子回路中串接一个阻值为 $(0.3 \sim 0.4)R_1$ 的电阻 R_2 ，使平衡制动转矩等于额定转矩。

另外，由于能耗制动的制动转矩随着转速降低而逐渐减弱，所以能耗制动应和机械制动配合使用。

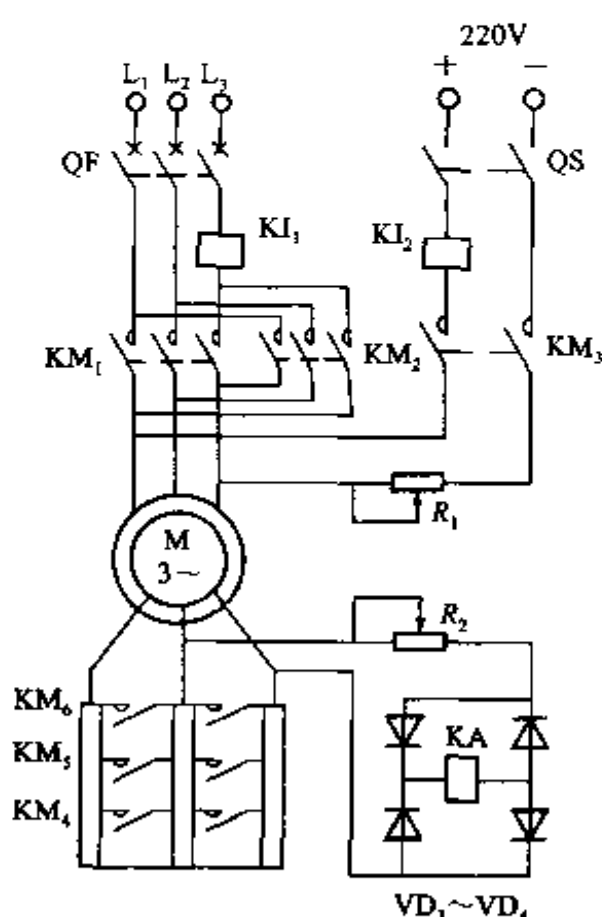


图 4-20 绕线式异步电动机能耗制动接线图

一般来说,当直流制动电流 I_{zd} 为电动机空载电流的 2~3 倍时,最大制动转矩可达额定转矩的 1.25~2.2 倍。

17. 反接制动线路

绕线式异步电动机的反接制动,是将电动机的电源相序反接而产生制动转矩的一种电制动方式。该制动方式的制动转矩较大,且基本恒定。绕线式异步电动机采用频敏变阻器进行反接制动最为理想,因为反接开始时,电动机转差率 $s=2$,频敏变阻器阻抗增大一倍,可以较好地阻止制动电流,并得到近似恒定的制动转矩。这种制动方式较适用于经常正反向运转的机械。使用该制动方式,当转速接近零时应及时切断电源,否则有自动反向起动的可能。

反接制动线路如图 4-21(a)所示(只画出主回路),机械特性见图 4-21(b)。

反接制动电阻电阻值 R 的计算:

$$R = R_z - R_q - r_2 \quad R_z = \frac{s_1}{M_1^*} R_{2e}$$

$$R_{2e} = \frac{U_{2e}}{\sqrt{3} I_{2e}}$$

式中 R ——反接制动电阻(Ω);

R_z ——反接制动时转子回路总电阻(Ω);

s_1 ——反接制动开始时电动机的转差率,一般取 $s_1=2$;

M_1^* ——反接制动时,转矩标么值(需考虑到电动机能承受的最大转矩);

R_{2e} ——电动机转子额定电阻(Ω);

U_{2e} ——电动机转子额定电压(V);

I_{2e} ——电动机转子额定电流(A);

R_q ——电动机起动电阻(Ω),如图 4-21(a)中的 $R_1 + R_2 + R_3$;

r_2 ——电动机转子内阻(Ω)。

【例】 有一台 JZR31-8 型、7.5kW 绕线式异步电动机,已知

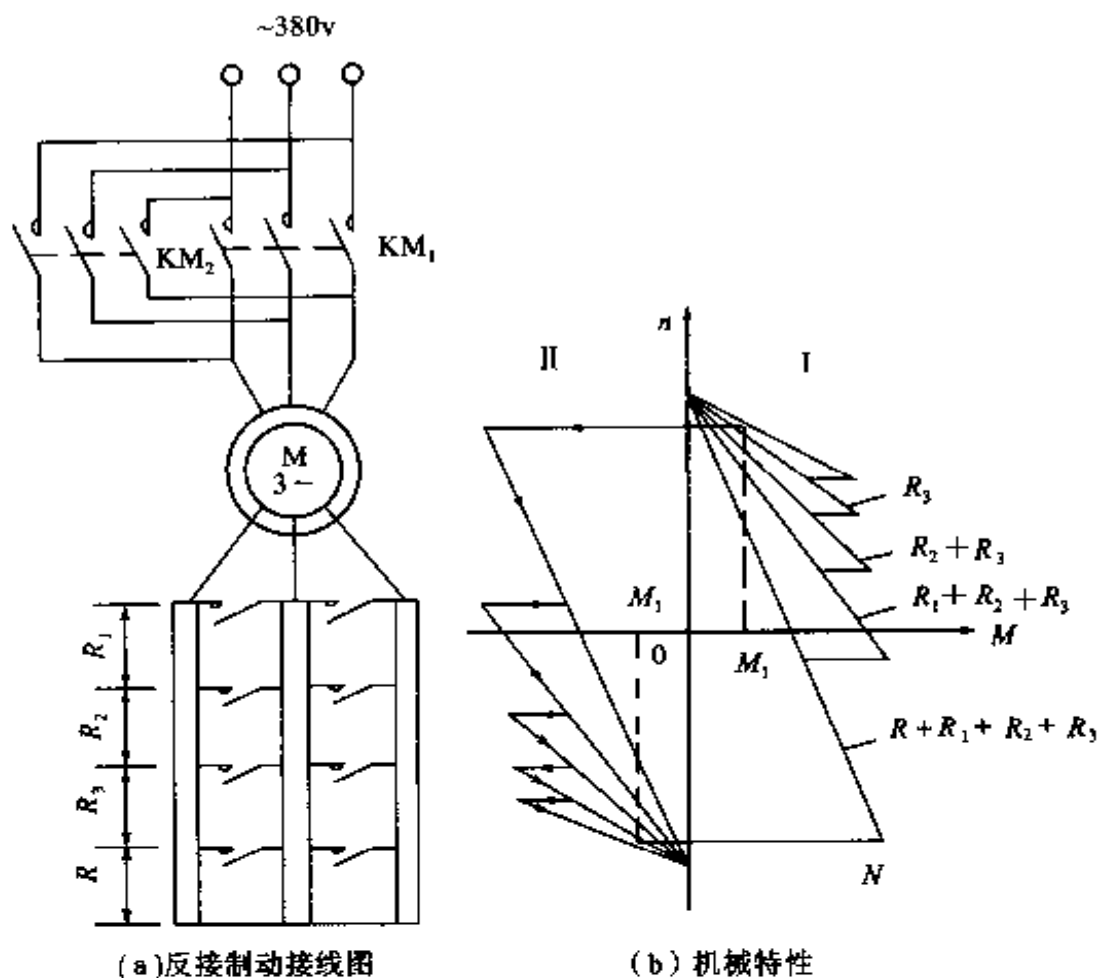


图 4-21 绕线式异步电动机反接制动接线图和机械特性

U_{2e} 为 185V, I_{2e} 为 28A, r_2 为 0.21Ω , R_q 为 1.12Ω , 求反接制动电阻。

解 电动机转子额定电阻 R_{2e} :

$$R_{2e} = \frac{U_{2e}}{\sqrt{3} I_{2e}} = \frac{185}{\sqrt{3} \times 28} = 3.82(\Omega)$$

设 $M_i^* = 1.98$, 则反接制动时转子回路总电阻 R_z :

$$R_z = \frac{s_f}{M_i^*} R_{2e} = \frac{2}{1.98} \times 3.82 = 3.85(\Omega)$$

因此, 反接制动电阻 R 为

$$R = R_z - R_q - r_2 = 3.85 - 1.12 - 0.21 = 2.52(\Omega)$$

18. 具有综合制动功能的正反向可调速控制线路

图 4-22 是具有机械制动、能耗制动、反接制动功能的绕线式

异步电动机正反向可调速控制线路。

图中, KI_1 为堵转继电器(实际上是过电流继电器); KI_2 为过电流继电器; KM_1 为正转接触器; KM_2 为反转接触器; KM_3 为动力制动接触器; KM_4 为制动接触器; KM_5 为反接制动接触器; KM_6 、 KM_7 为加速接触器; YB 为制动电磁铁; KA_1 为制动继电器; KA_2 为反接制动继电器; KA_3 为动力制动继电器; KT_1 、 KT_2 、 KT_3 为时间继电器。

其中反接制动继电器 KA_3 是在反接制动开始时,电动机转差率 $s \approx 0$ 时才动作,并在转速下降接近于零时(即 $s \approx 1$ 时)才释放。必须采用高返回系数的直流继电器。

堵转继电器 KI_1 在生产机械发生卡阻堵转时,因电动机迅速出现过电流的情况下才动作。

动力制动继电器 KA_3 (实质是个时间继电器)用以控制动力制动接触器 KM_3 动作,进一步控制电动机进行能耗制动。

工作原理:

(1) 起动过程。合上控制回路断路器 QF_2 , 时间继电器 KT_1 、 KT_2 线圈通电, 它们的常闭触点瞬时断开; 合上主回路断路器 QF_1 , 其控制回路中的连锁触点闭合; 再合上开关 QS 。将主令控制器 SA 置于“0”位置, SA 触点 1 闭合, 时间继电器 KT_3 动作并自锁, 同时起零位保护作用。

若需电动机正转运行, 将 SA 置于正转位置, 并根据需要将 SA 置于所需档位。如置于最高转速档位, 则 SA 触点 2、4、5 闭合, 正转接触器 KM_1 得电吸合, 电动机定子绕组接入三相电源。 KM_1 的常开辅助触点闭合, 制动接触器 KM_4 得电吸合, 使制动电磁铁 YB 线圈通电松开抱闸, 允许电动机自由转动。由于这时转子回路中串接了全部外接电阻, 电动机转矩很小, 如果负载转矩较大, 则不能起动, 只能消除齿轮间的间隙。 KM_3 吸合后, 其常开辅助触点闭合, 反接制动接触器 KM_5 得电吸合, 将反接制动电阻 R_3 短接, 电动机转矩增大, 开始起动运行。 KM_3 常闭辅助触头断开, 时间继

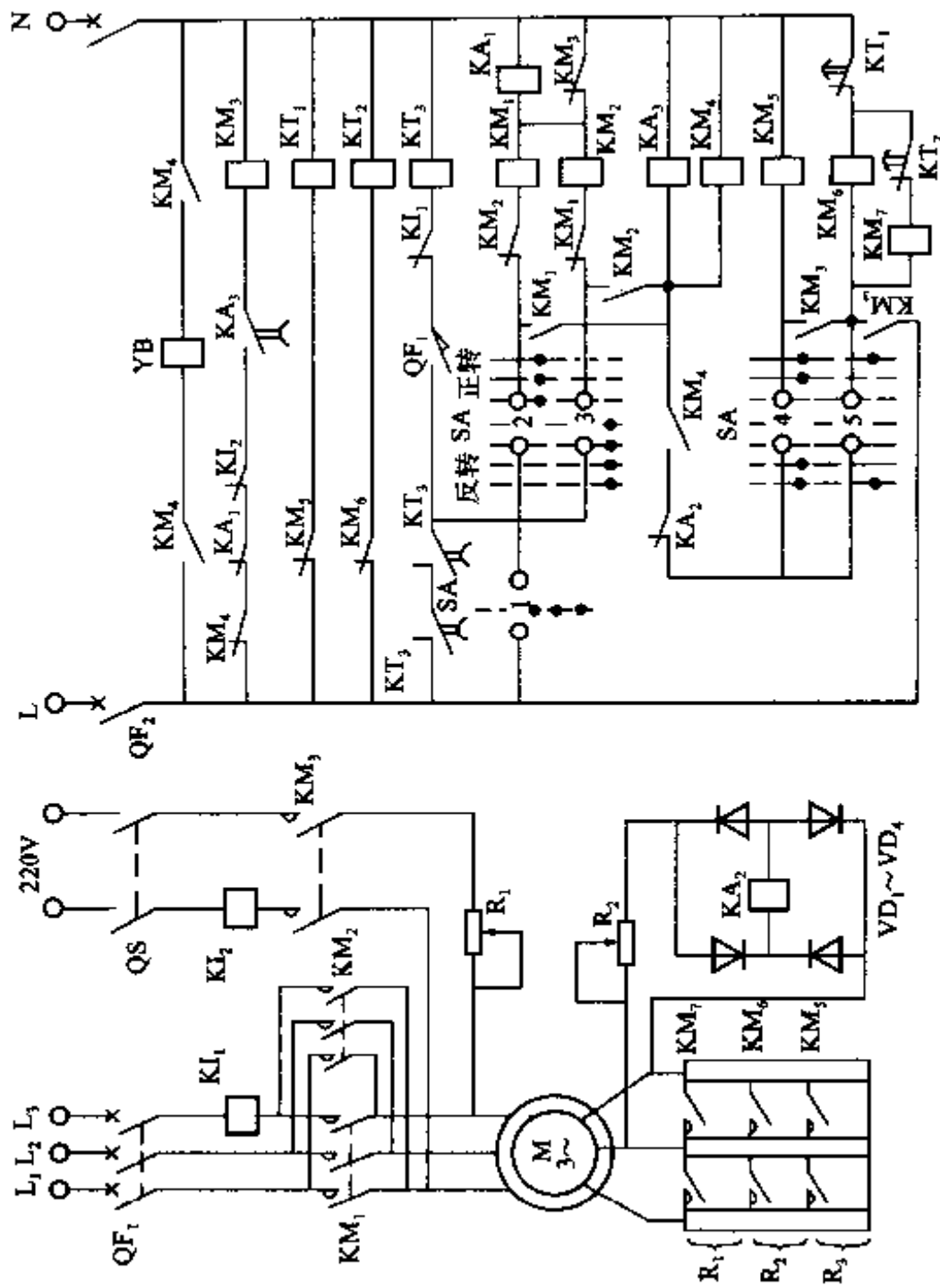


图4-22 具有综合制动功能的正反向可调速控制线路

电器 KT_1 线圈失电,其延时闭合常闭触点经过一段延时后闭合,加速接触器 KM_6 得电吸合,短接第一级起动电阻 R_2 ,电动机转矩增大,电动机转速上升。 KM_6 常闭辅助触点断开,时间继电器 KT_2 线圈失电,其延时闭合常闭触点经过一段延时后闭合,加速接触器 KM_7 得电吸合,短接第二级起动电阻 R_1 ,起动完毕。

(2)调速。将主令控制器 SA 从第三档扳回到第二档时, SA_5 触点断开,接触器 KM_6 、 KM_7 失电释放,电动机转子串入电阻 R_1 和 R_2 ,转速下降。如果将 SA 置于第一档,则转子外接电阻全部接入,电动机只能在轻载下低速运行。

(3)停机—机械制动和能耗制动。停机时,将主令控制器 SA 置于“0”位,接触器 KM_1 (或 KM_2)失电释放,其常开辅助触点断开,制动接触器 KM_3 失电释放,制动电磁铁 YB 失电释放,抱闸制动。

同时,动力制动继电器 KA_3 失电(电动机正反转时它一直通电),其延时断开常开触点暂时未断开,因此动力制动接触器 KM_3 得电吸合,其主触点闭合,把定子绕组接入直流电源进行能耗制动。

能耗制动开始时,由于 KM_3 常开辅助触点闭合,反接接触器 KM_5 得电吸合,其主触点闭合,短接了反接制动电阻 R。这样,电动机有较大的制动转矩。 KM_5 常闭辅助触点断开,时间继电器 KT_1 线圈失电,待电动机转速下降,需要增大制动转矩时, KT_1 延时结束,其延时闭合常闭触点闭合,接触器 KM_6 得电吸合,短接了第一级起动电阻 R_2 ,以增大制动转矩。之后 KT_2 释放, KM_7 得电吸合,短接了第二级起动电阻 R_1 ,电动机转速下降至零。此时动力制动继电器 KA_3 延时断开常开触点断开,接触器 KM_3 失电释放,能耗制动完毕。

(4)反接制动。当需要电动机从正转过渡到反转时,可把主令控制器 SA 从正转位置迅速扳到反转位置。例如从正转第三档扳到反转第三档,这时正转接触器 KM_1 失电释放,反转接触器 KM_2

得电吸合,定子回路相序改变,进行反接制动,而 KM_2 常开辅助触点闭合, KM_4 得电吸合。此时,电动机的转差率 $s \approx 2$,转子回路电势突然增大,反接制动继电器 KA_2 吸合,其常闭触点瞬时断开,使 KM_5 、 KM_6 、 KM_7 均失电释放,转子回路中外接电阻全部接入,阻制反接制动电流。在反接制动转矩作用下,电动机正转速度迅速下降至接近于零,转差率 $s \approx 1$,反接制动继电器 KA_2 释放,其常闭触点闭合, KM_5 得电吸合,短接了反接制动电阻 R_3 ,电动机进入反向起动。其过程与正向起动相同。

(5) 连锁及保护设置。为了使电动机安全运行或突然出现故障时能对电动机及时保护,线路中还设置了连锁线路和保护线路。

① 连锁设置。当电动机刚从正转进入能耗制动时,操作者根据生产需要把主令控制器 SA 扳到反转位置,显然,应首先要求电动机切断直流电源,再接通交流电源,以防止交直流电源之间短路。为此,线路中设置了由制动继电器 KA_1 、接触器 KM_1 、 KM_2 及 KM_1 、 KM_2 、 KM_3 常闭触点组成的连锁线路。当能耗制动尚未结束而将 SA 扳到反转位置时, KM_3 的常闭触点是断开的,因此 KM_2 线圈和 KA_1 的线圈是串联的。接入交流控制电源后两者分压, KM_2 不能吸合,而 KA_1 却达到吸合电压而吸合,其常闭触点断开,接触器 KM_3 失电释放,切断了电动机的直流电源。 KM_3 的常闭辅助触点闭合,这样就把 KA_1 的线圈分路,使 KM_2 的线圈电压达到了吸合电压而吸合。 KM_2 主触点闭合,电动机才能接入交流电源。

② 保护设置。直流过电流继电器 KI_2 的作用是:在能耗制动过程中,如果由于某种故障使直流电流上升到不允许的数值, KI_2 动作,其常闭触点断开,动力制动接触器 KM_3 释放,切断直流电源。

由于电动机本身的热惯性,短时过载是允许的,但时间过长会烧毁电动机,因此需要堵转保护。堵转保护由堵转继电器 KI_1 和时间继电器 KT_3 组成。堵转继电器 KI_1 的作用是:当电动机超载运

行出现堵转现象时, KI_1 吸合, 其常闭触点断开, KT_3 线圈通电。如果堵转时间超过 KT_3 延时整定时间, 则 KT_3 的延时断开常开触点断开, 从而使接触器 KM_1 (或 KM_2) 失电释放, 切断电动机电源。

另外, 时间继电器 KT_3 还兼作零位保护用。工作原理是: 线路发生故障电动机停转后, 当线路修复继续送电时, 必须将主令控制器 SA 置于“0”位, KT_3 线圈通电并自锁后, 电动机才能重新起动。这样就防止了电动机自行起动可能造成的人身伤害和设备事故。

第五章 力矩电动机、滑差电动机、同步电动机、直流电动机控制线路

第一节 力矩电动机的转矩调节线路

三相力矩电动机具有恒转矩负载特性,可以调速,广泛应用于纺织、印染、造纸、电线、冶金等机械设备上。

力矩电动机的结构与普通鼠笼式异步电动机不同,它采用电阻率较高的黄铜等材料作为转子导条及端环。力矩电动机允许长期低速运行甚至堵转。力矩电动机发热严重,通常采用开启式结构,转子具有轴向通风孔,并外加鼓风机以驱走热量。

为了适应不同负载的需要,力矩电动机的转矩可根据实际情况来调节,以保证理想的特性。力矩电动机转矩一般采用电压调节,调节方法有:三相平衡调节、V形调节、单相调节等。

1. 三相平衡调节线路

如图 5-1(a)所示。这种调节方法,电动机能在平衡状态下运行,而且调节范围较宽。但需要三相调压器,投入费用较高。

2. V形调节线路

如图 5-2 所示。线路采用两只单相调压器并接成 V 形,当两只单相调压器为同轴串联时,滑点 a 和 c 同时对称滑动,可以实现平衡调节,性能与三相平衡调节相同。由于这种接线少,用一只单相调压器,故较经济。但由于调压器的规格只有 220V 的电压,所以这种方法只能用于额定电压为 220V 的力矩电动机。

3. 单相调节线路(一、二)

单相调节时电动机是在不平衡状态下运行的,对电动机的工作不太有利,但因为方法简单,所以应用较多,常用以下两种线路。

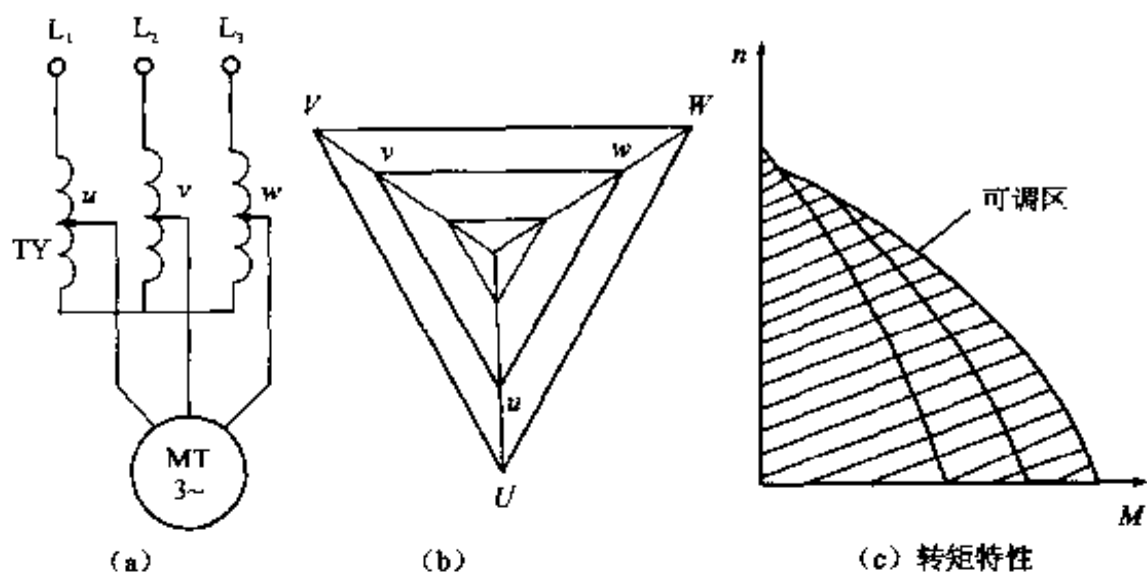


图 5-1 力矩电动机三相平衡调节

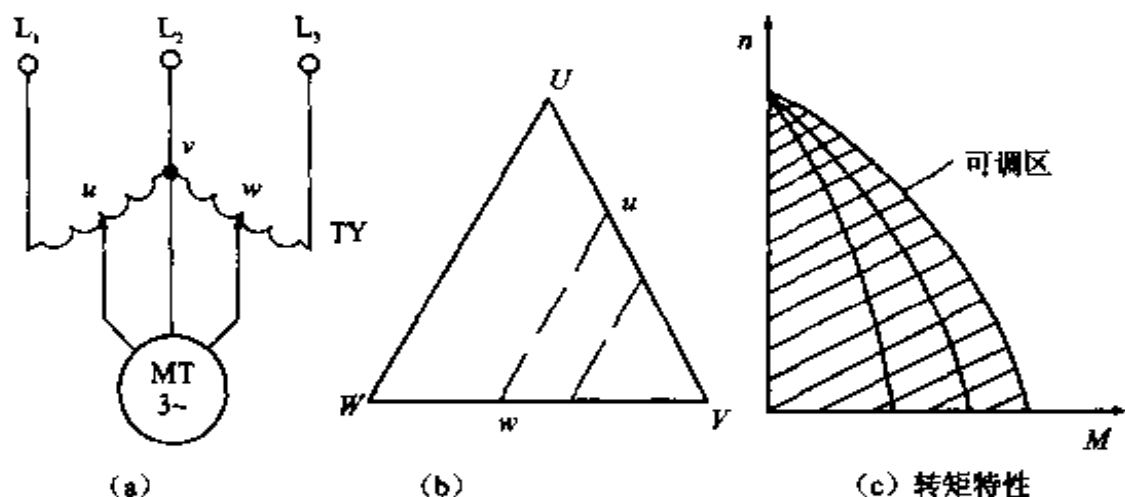


图 5-2 力矩电动机 V 形调节

①线路之一。调压器接在两相之间,如图 5-3 所示。它适用于额定电压为 220V 的力矩电动机。

该方法当电压调到零伏时,在整个速度范围内都将出现负转矩。这是不希望的。

②线路之二。调压器接在一相和零线之间,如图 5-4 所示。它可用于额定电压为 380V 的力矩电动机。

该方法由于不平衡程度不如线路之一方法严重,所以电动机的工作状况要好些,只要工作转速不太高,基本上不会出现负转

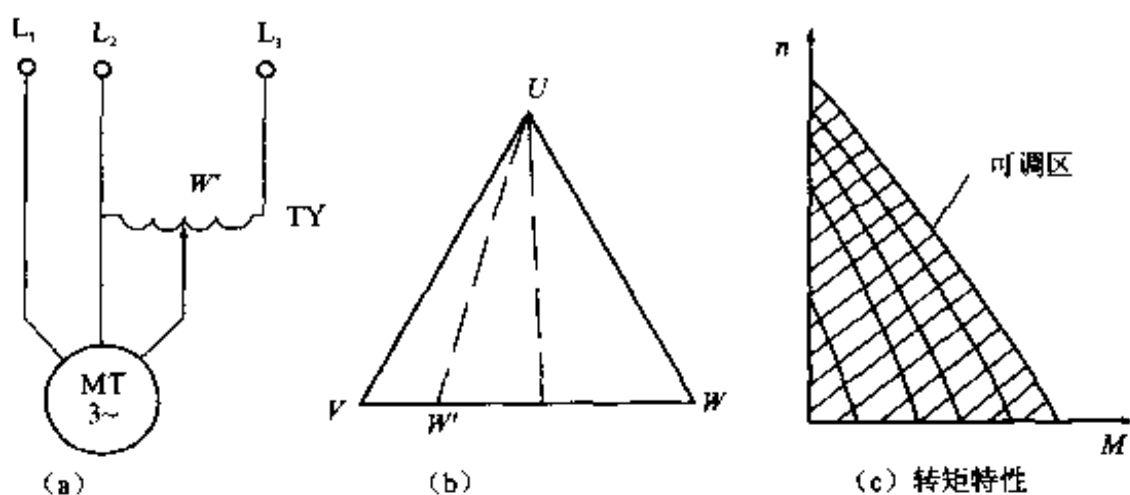


图 5-3 单相调节线路(之一)

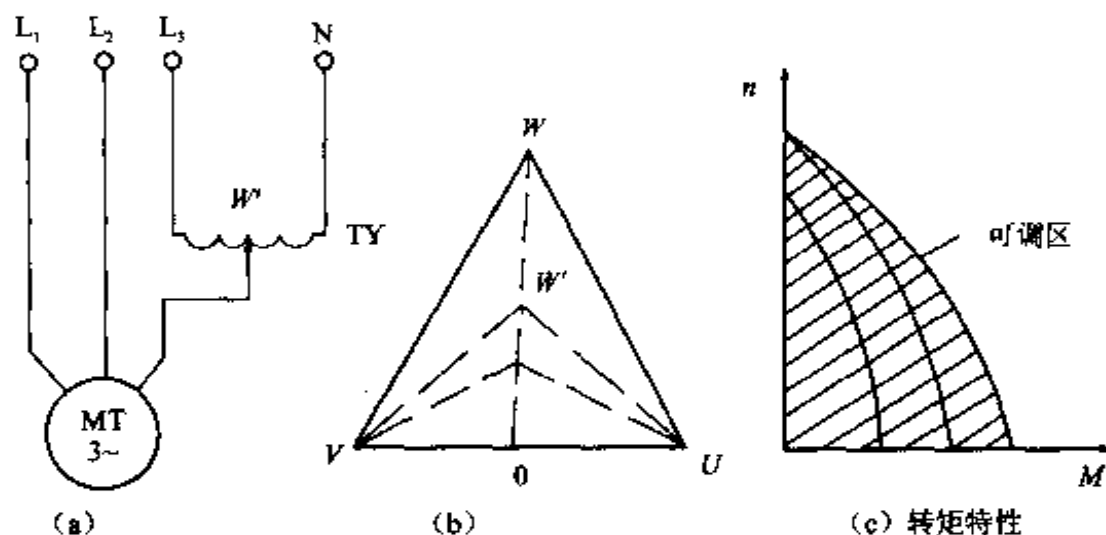


图 5-4 单相调节线路(之二)

矩,但是转矩调节的范围较窄。

第二节 滑差电动机调速线路

滑差电动机是由一种由鼠笼式异步电动机、电磁离合器和控制装置组成的调速电动机,属第二代调速电动机,目前许多行业仍广泛使用。

调速原理:只有当励磁绕组中有直流电流通过时,磁极转子(与被拖动物机械相连)才会被电枢带动(电枢与鼠笼式异步电动机

转轴相连)运转,改变励磁电流,就能改变磁极转子的旋转速度,从而达到调速的目的。

4. 晶体管调速线路

如图 5-5 所示。这种线路比较简单,但可靠性较晶闸管调速线路差,它要求串接在励磁绕组中的三极管 VT₂ 耐压高、额定电流和额定功率大。

图中,BQ 为 7kW 滑差电动机的励磁绕组,最大励磁电压为 45V,最大励磁电流为 1A;测速发电机 TG 与磁极转子同轴连接;由三极管 VT₁、VT₂、VT₃ 组成三级直接耦合直流放大器,各管的工作点处于线性区;SQ 为保证主令电位器 RP₂ 在零值时才闭合的限位开关,以确保滑差电动机零速开始起动升速。

工作原理:合上电源开关 QS,当主令电位器 RP₂ 在零值位置时,限位开关 SQ 闭合,按下起动按钮 SB₁,接触器 KM 得电吸合并自锁,鼠笼式异步电动机以额定转速旋转。这时由于励磁绕组中无电流通过,所以磁极转子不旋转。调节主令电位器 RP₂,则由 RP₂ 输出一个电压(主令电压)U₁ 经三级直接耦合直流放大器放大,励磁绕组 BQ 有一直流电流流过,于是磁极转子开始转动,同时带动测速发电机 TG 旋转,TG 发出的交流电经三相整流桥 VC₃ 整流,从测速负反馈电位器 RP₃ 上输出一直流电压 U_f,于是实际上加于三级直接耦合直流放大器输入端的是主令电压 U₁ 与测速负反馈电压 U_f 之差值,即 $\Delta U = U_1 - U_f$,于是磁极转子(或称滑差电动机)被稳定在某一转速下运转,调节 RP₂,能改变其转速。采用测速负反馈可以提高滑差电动机的特性硬度,即当主令电压不变而负载变化时,它能保持转速变化很小。

三级直接耦合直流放大器是这样工作的:图中前级集电极直接和后级基极相连,所以前级的 U_{ce} 等于后级的 U_{be},其数值很小(一般小于 0.45V),与电源电压相比可以忽略不计。这样流过电阻 R₄ 和 R₅ 的电流就可认为恒定,因此当三极管 VT₁ 基极电流增加时,VT₂ 的基极电流和集电极电流就减小,从而使 VT₃ 的基极电

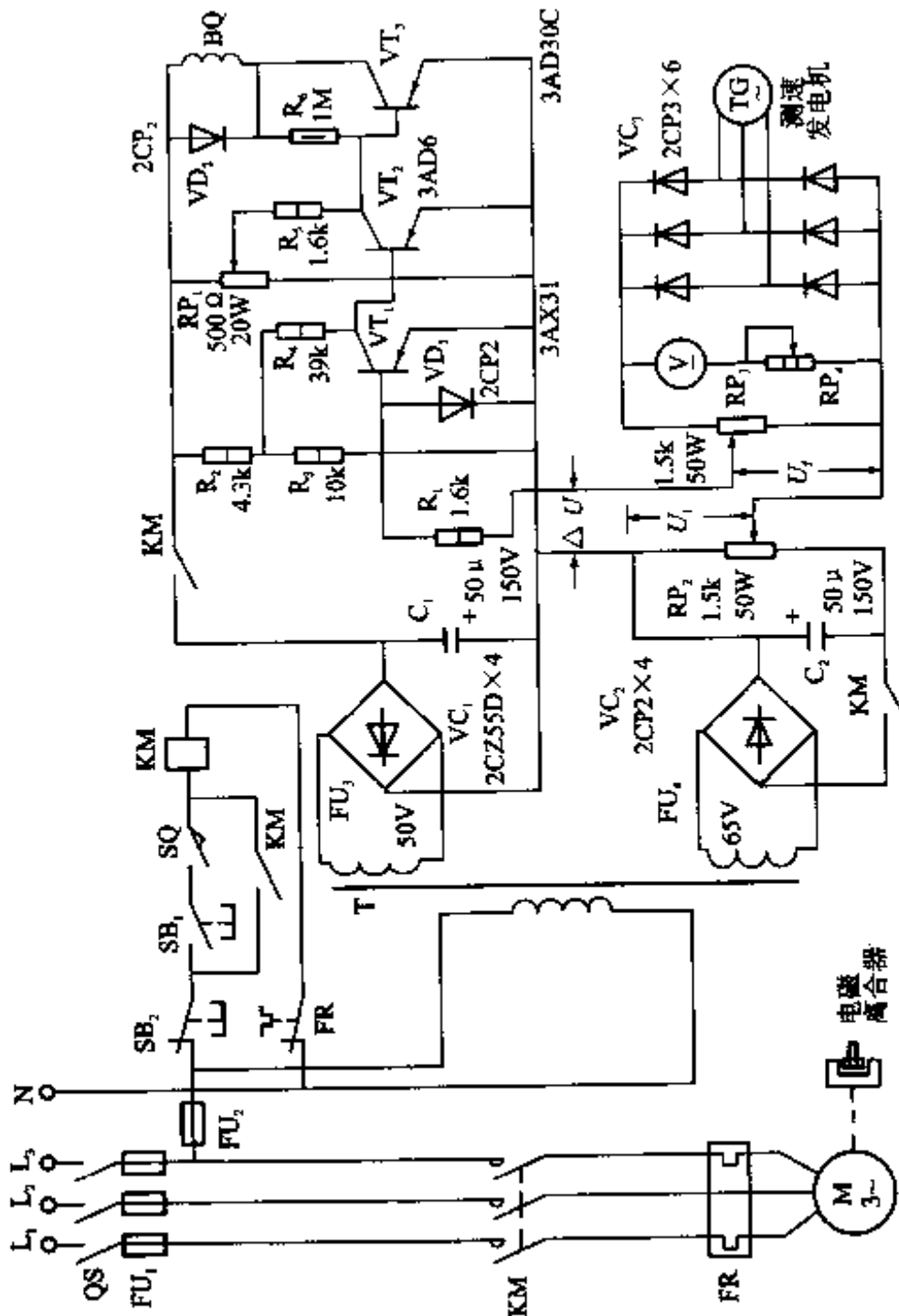


图5-5 晶体管调速线路

流和集电极电流增加。当主令电压与测速负反馈电压差值 ΔU 为零时, VT_1 的集电极电流 I_{c1} 为最小, 因此 VT_2 集电极电流 I_{c2} 为最大, 而 VT_3 的集电极电流 I_{c3} 为最小。这时的 I_{c3} 越小越好, 最好为零, 否则, 磁极转子还会转动而造成失控。

5. 晶闸管无级调速线路

ZLK-I 型滑差电动机晶闸管无级调速线路如图 5-6 所示。它由主电路和控制电路组成。

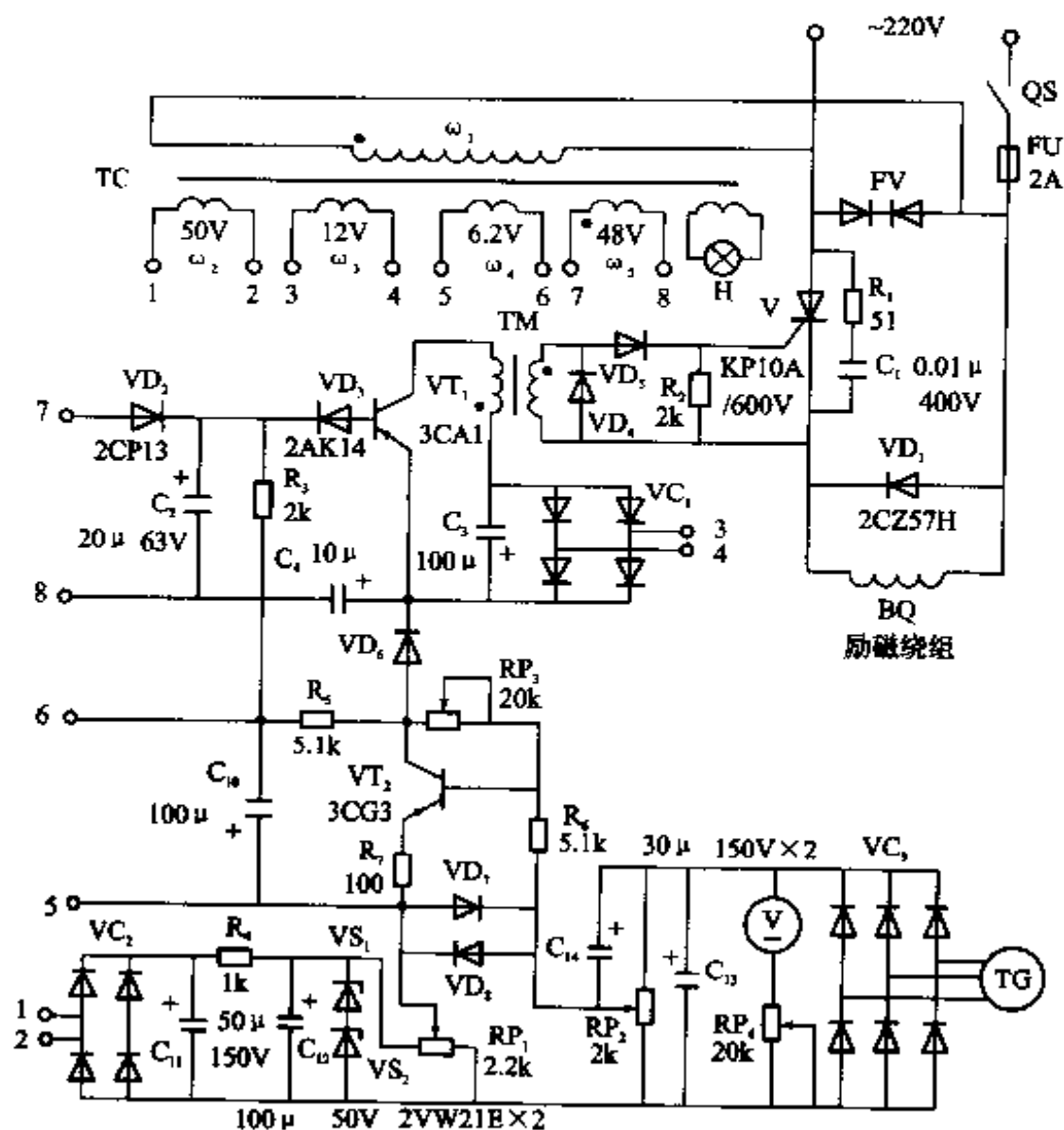


图 5-6 ZLK-I 型滑差电机晶闸管无级调速线路

工作原理:主电路(供给励磁绕组)采用单相半波整流电路(由晶闸管 V 等组成)。图中 VD_1 为续流二极管,它为励磁绕组提供放电回路,使励磁电流连续;硒堆 FV(现多采用压敏电阻)作交流侧过电压保护; R_1 、 C_1 为晶闸管阻容保护;熔断器 FU 作短路保护。

触发电路为晶体管触发器,由三极管 VT_1 、电容 C_2 、电阻 R_3 、脉冲变压器 TM 等组成。由变压器 TC 的次级绕组 w_3 取出的 12V 交流电压经整流器 VC_1 整流、电容 C_3 滤波提供三极管 VT_1 工作电压。同步电压由 TC 的次级绕组 w_2 经整流器 VC_2 整流,电容 C_{11} 、 C_{12} 和电阻 R_1 滤波,稳压管 VS_1 、 VS_2 稳压,加在电位器 RP_1 上取得。速度负反馈电压由测速发电机 TG 输出交流电,经三相桥式整流器 VC_3 、电容 C_{13} 滤波加在电位器 RP_2 上取得。三极管 VT_2 为信号放大器。

图中, VD_7 、 VD_8 为钳位二极管,防止过高的正负极性电压加在 VT_2 的基极—发射极上而造成损坏。

给定电压(由电位器 RP_3 调节)与反馈信号比较后输入三极管放大器 VT_2 基极,并在电阻 R_5 上得到负的控制电压,它与同步锯齿波电压迭加后加到三极管 VT_1 基极,负的控制电位 U_k 与正的同步电压 U_c 比较,在同步电源的负半周,电容 C_2 向 R_3 放电,当

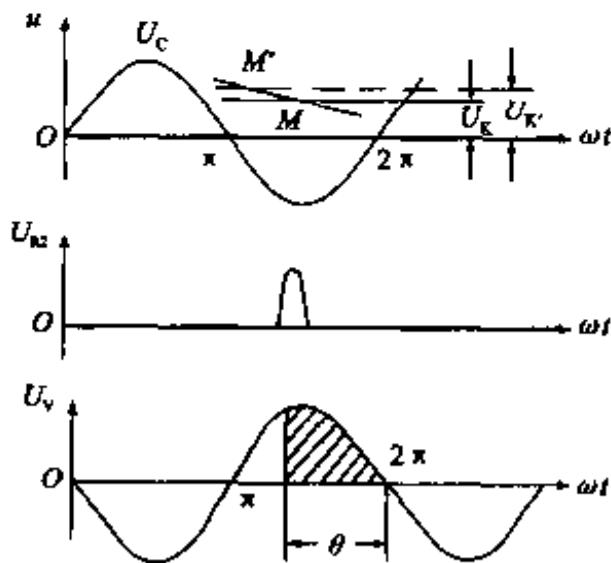


图 5-7 图 5-6 中各点波形

$|U_c| < |U_k|$ 时(见图 5-7 中 U_k 与 U_c 曲线交点 M 以右), VT_1 基极电位变负而开始导通,其集电极电流流经脉冲变压器 TM 初级绕组,并在 TM 次级输出触发脉冲,使晶闸管 V 导通。

图 5-6 中各点波形如图 5-7 所示。

改变移相控制电压 U_k 的大小(调节电位器 RP_3),

也就改变了晶闸管的导通角,从而使电动机转速相应改变。

调节电位器 RP_2 ,可改变速度负反馈电压的大小。

有的控制装置(如 JZT1 型)的触发电路采用单晶体管弛张振荡器,其工作原理请见本章第四节 13.。

以上电路容易引起超调冲动,即当主令电位器 RP_1 未恢复到零位时起动(尤其在频繁带负载起动的场合)。当超调冲动发生时,会使电动机转速上升过快而造成机械冲击,同时导致电动机起动电流过大,而使钳位二极管 VD_7 、 VD_8 损坏。

为此可采取以下方法加以防止:

(1)电位器 RP_1 采用带开关的电位器,或者在电位器处串接一个微动开关,使 RP_1 置于零位时自身所带的开关或外接的微动开关闭合,不在零位时断开。

(2)在给定电压回路里增设阻容延时电路,如图 5-8 虚框内所示。主令电位器 RP_1 未在零位起动,则由稳压管 VS_2 提供稳压电

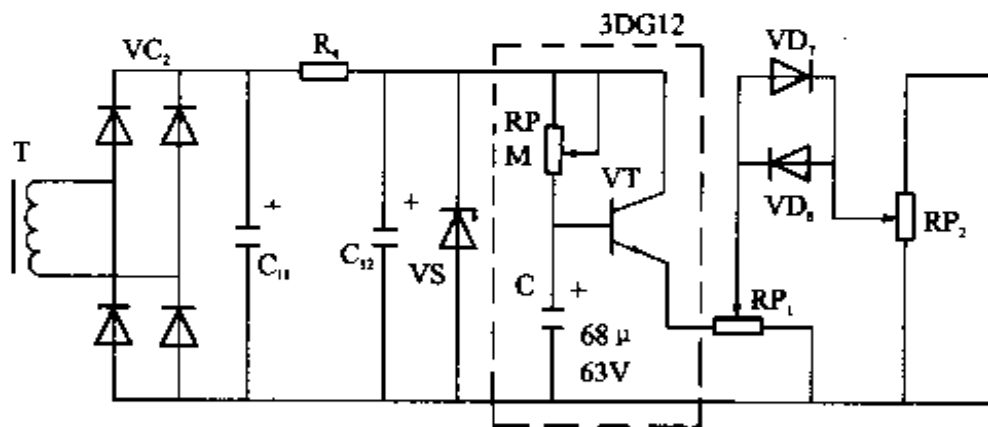


图 5-8 增设阻容延时环节

压向电容 C 充电。随着 C 上的电压上升,三极管 VT 由放大区进入饱和导通,其发射极负载 RP_1 的电压缓慢上升,电动机起动时的转速也由零缓慢上升。其上升速率可通过调节电位器 RP ,改变电容 C 的充电时间来整定。

(3)将给定电压回路中滤波电容 C_{11} 、 C_{12} 的容量从原来的 $50\mu\text{F}$ 和 $100\mu\text{F}$ 均更换成 $1000\mu\text{F}$,将滤波电阻 R_4 用一只 500Ω 电

阻和一只 $1.5\text{k}\Omega$ 电位器串联代替原电阻 ($1\text{k}\Omega$), 调节 $1.5\text{k}\Omega$ 电位器即可改变延时时间。一般将延时时间调到 1.5s , 即可完全消除起动瞬时的超调冲动。

第三节 同步电动机控制线路

三相同步电动机主要用于拖动恒速旋转的大型机械, 如大型空压机、风机、水泵等设备。其额定电压多在 3.3kV 以上, 功率多在 250kW 以上。同步电动机的定子绕组与异步电动机相似, 而转子绕组则由直流电源进行励磁。

同步电动机控制电路包括起动电路和制动电路。

由于同步电动机没有起动转矩, 所以不能自起动。同步电动机的起动方法见表 5-1。

表 5-1 同步电动机不同起动方法的主要特点和适用场合

起动名称	辅助电动机起动	异步起动	调频起动
起 动 方 法	同步电动机的转轴需与另一台三相异步电动机的转轴相连接。在定子绕组接通三相电源时, 异步电动机顺着同步电动机旋转方向拖动同步电动机旋转而起动	在同步电动机转子表面装有与异步电动机完全相同的笼型绕组, 在定子绕组接通电源时, 转子的笼型绕组所起作用与异步电动机的转子绕组相同, 从而使同步电动机得以起动	起动时将极低频率的电源接到同步电动机定子绕组上, 以克服转子的惯性, 慢慢起动, 逐渐提高电源频率以达到同步转速
起动特点及适用场合	占地面积大, 不经济, 较少采用	操作简便, 经济, 最常采用	需要一套大功率变频电源设备, 费用高, 技术难度较大, 特殊情况下才采用

不论采用哪种起动方法, 在起动过程中, 转子绕组中不许通入励磁电流, 否则将增加起动困难。另外, 为避免转子绕组中感应出

高压电势击穿绝缘层、损坏元件,通常在起动过程中,用电阻并联励磁绕组两端。此放电电阻的阻值一般为励磁绕组电阻的 5~10 倍。起动过程结束前再将它切除。也就是说,待转子转速接近同步转速时(通常为同步转速的 95%左右),切除放电电阻,投入励磁。

同步电动机起动控制线路包括:电动机定子电源的控制及转子绕组投入励磁的控制。其步骤是:①先接入定子电源;②开始起动(根据需要可以是全压起动,也可以降压起动);③当转速达到准同步速度(即同步转速的 95%)及以上时,切除放电电阻,投入直流励磁。

三相同步电动机制动采用能耗制动。同步电动机能耗制动有电阻能耗制动和频敏变阻器能耗制动两种方式。

6. 全压起动线路

如图 5-9 所示。图中, QS 为隔离开关; QF 为真空断路器; YR 为断路器分闸线圈; YA 为断路器合闸线圈; 虚线框内的 SA₁ 为励磁装置(图中未画出)准备完成等待运行的开关; KA₅ 为励磁装置中的励磁保护继电器; KA₆ 为总停及失压等保护继电器触点。

工作原理:相继合上主回路隔离开关 QS、励磁装置的电源开关、控制柜的电源开关。这时 SA₁ 闭合,励磁正常,KA₅ 断开,低压控制柜正常,KA₆ 闭合,于是继电器 KA₂ 得电吸合,指示灯 H₁ 亮,表示线路等待起动。

按下起动按钮 SB₁,接触器 KM₁ 得电吸合,其常开辅助触点闭合,断路器 QF 的合闸线圈 YA 得电吸合,QF 合闸,同步电动机全压起动。同时 QF 的辅助触点闭合,KA₁ 得电吸合并自锁,其常闭触点断开,KM₁ 失电释放,合闸线圈 YA 失电,断路器由其闭锁机构维持合闸状态。此时指示灯 H₁ 熄灭,而 H₂ 亮,表示同步电动机已处于运行状态。

当同步电动机转速升高到准同步转速及以上时,对其转子绕组施加励磁,同步电动机被牵入同步运行,起动过程结束。

停机时,按下停止按钮 SB₂,则断路器 QF 分闸线圈 YR 得电,

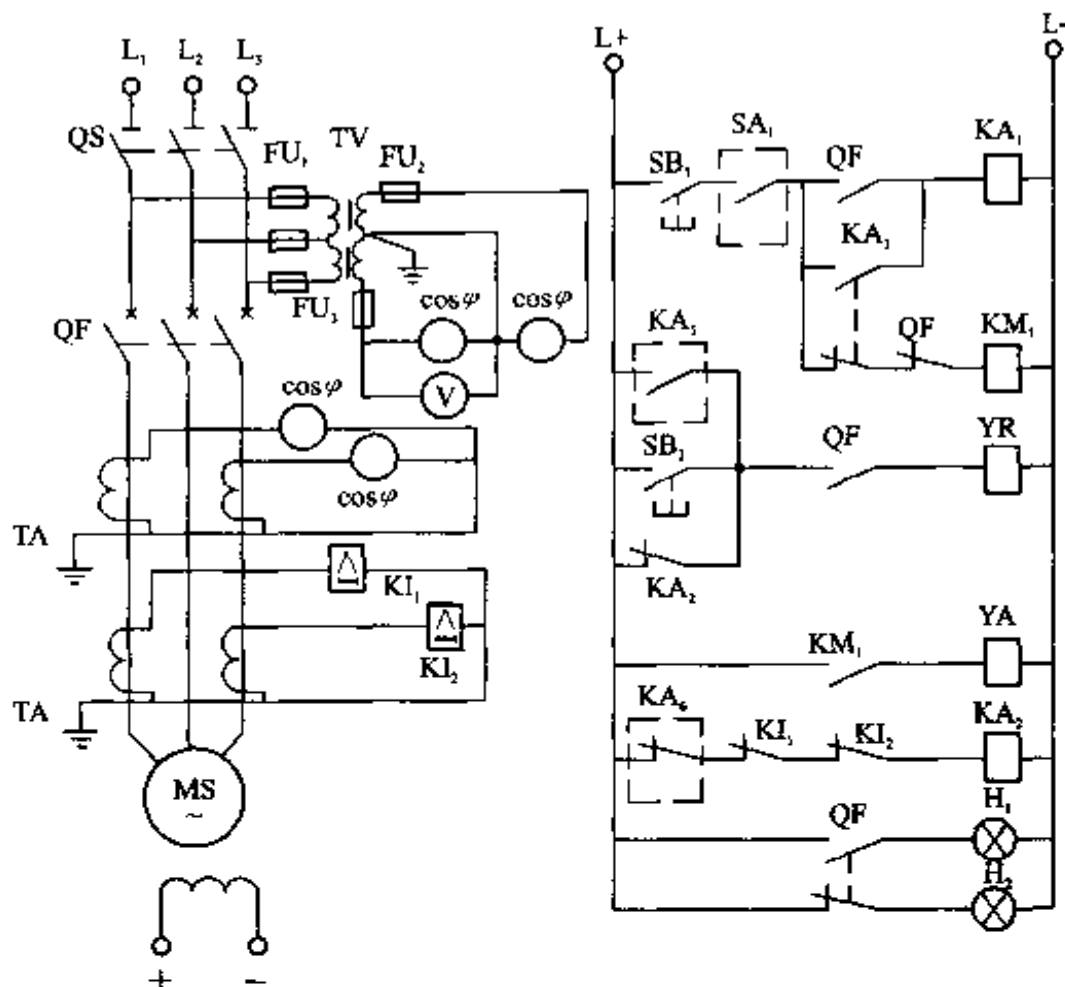


图 5-9 同步电动机全压起动线路

于是 QF 跳闸,电动机停止运行。

当励磁装置发生故障时,触点 KA_5 闭合, YR 得电,断路器 QF 跳闸;当控制柜不正常或需紧急停机时,触点 KA_6 断开, KA_2 失电释放,其常闭触点闭合, YR 得电, QF 跳闸;当同步电动机过载时,过电流继电器 KI_1 、 KI_2 吸合,其常闭触点断开, KA_2 失电释放,同样使 QF 跳闸,电动机停止运行。

7. 自耦变压器降压,转子按频率变化加入励磁的起动线路

如图 5-10 所示。

工作原理:合上主回路断路器 QF 和控制回路断路器 QS,指示灯 H 亮,按下起动按钮 SB_1 ,接触器 KM_1 得电吸合并自锁,同时时间继电器 KT_1 线圈通电,电动机定子绕组经自耦变压器降压起

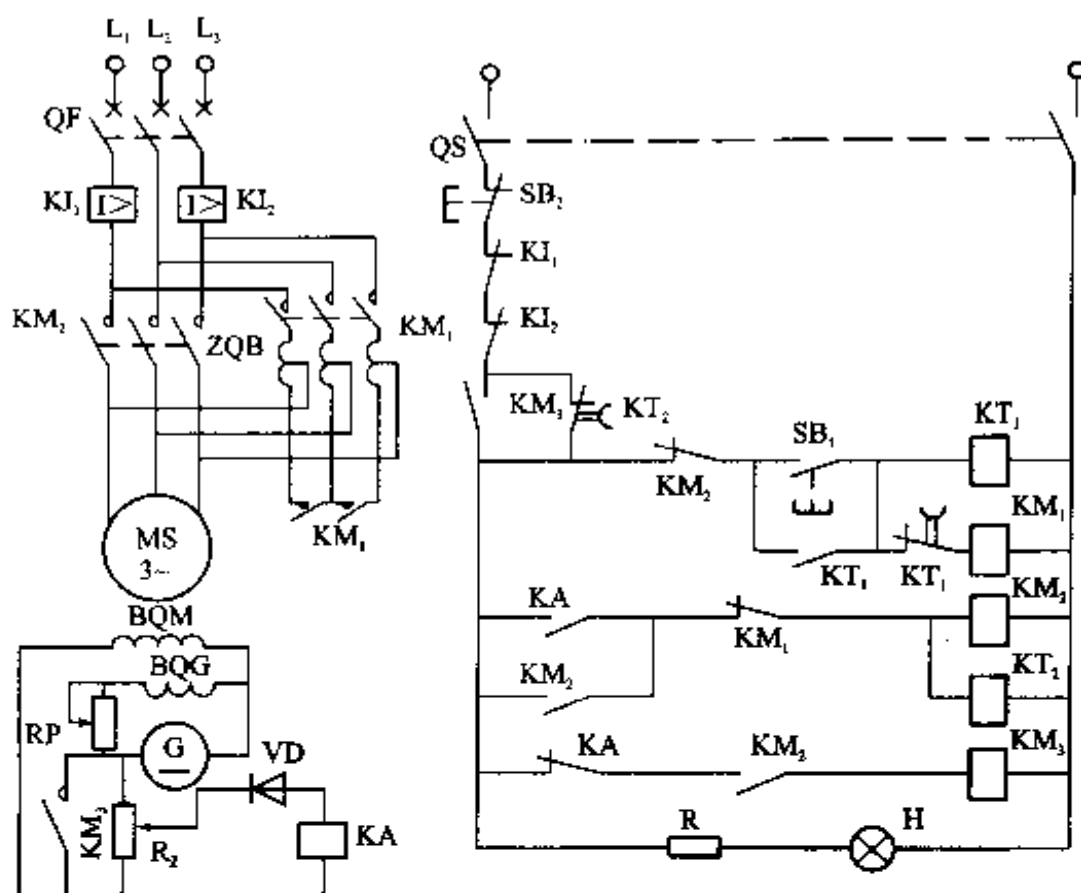


图 5-10 自耦变压器降压、转子按频率变化加入励磁的起动线路

动。极性继电器 KA 得电吸合，其常开触点闭合，为定子绕组施加全压做好准备。经过一段延时后，KT₁ 延时断开常闭触点断开，KM₁ 失电释放，其常闭触点闭合，接触器 KM₂ 得电吸合并自锁，电动机在全压下升速。当转速上升到准同步转速及以上时，极性继电器 KA 释放，其常闭触点闭合，接触器 KM₃ 得电吸合，其主触点闭合，切除（短接）放电电阻 R₂，在转子绕组中加入直流励磁，同步电动机被牵入同步运行，起动过程结束。

停机时，按下停止按钮 SB₂ 即可。当电动机过载时，过电流继电器 KI₁、KI₂ 吸合，切断控制电源，电动机停止运行。

图中，极性继电器 KA 的常开触点保证了必须在 KA 吸合后，才能使接触器 KM₂ 得电，从而防止了由于 KA 未吸合，而在 KM₂ 吸合后 KM₃ 立即吸合，导致过早地投入励磁。

时间继电器 KT₂ 的延时断开常闭触点，在 KM₃ 长时间不吸

合时,切断控制电源,以防止电动机长期在没有励磁下工作,而烧坏起动绕组。

8. 电阻降压、按定子电流变化加入励磁的起动线路

这是利用定子电流值反映电动机转速的一种加入励磁的起动线路,如图 5-11 所示。

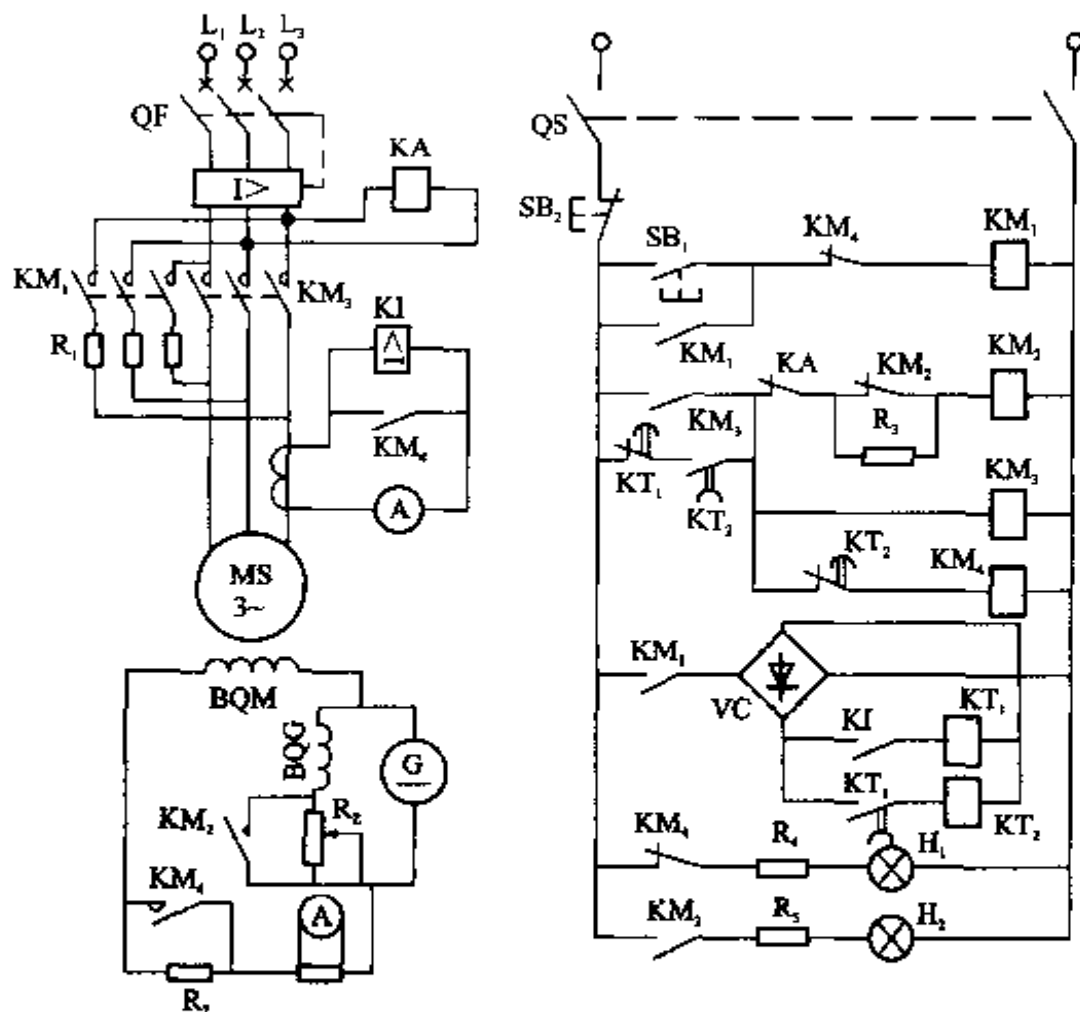


图 5-11 同步电动机电阻降压、按定子电流变化加入励磁的起动线路

工作原理:合上电源断路器 QF,欠压继电器 KA 得电吸合,其常闭触点断开,接触器 KM₂ 失电释放,以保证在起动时直流发电机能产生正常的电压值。接着合上控制电源断路器 QS,按下起动按钮 SB₁,接触器 KM₁ 得电吸合并自锁,电动机经电阻 R₁ 降压起动。由于起动电流很大,过电流继电器 KI 吸合,其常开触点闭合,时间继电器 KT₁ 线圈通电,其延时断开常开触点闭合,时间继

电器 KT_2 线圈通电,其延时闭合常闭触点断开,避免了 KM_3 、 KM_4 吸合造成误动作。当电动机转速接近准同步转速时,电流下降,使过电流继电器 KI 释放,其常开触点断开, KT_1 失电,经过一段延时后,其延时闭合常开触点闭合,接触器 KM_3 得电吸合并自锁,同步电动机进入全压下起动运行。同时 KT_1 经同样的延时后,其延时断开常开触点断开, KT_2 失电,其延时闭合常闭触点经过一段延时后闭合,接触器 KM_4 得电吸合,其二组主触点闭合,一组短接放电电阻 R_2 ,给同步电动机加入励磁;另一组短接过电流继电器 KI 的线圈,以防止电动机运转时因某种原因引起冲击电流,而导致 KI 误动作。而 KM_4 的常闭辅助触点断开,接触器 KM_1 失电释放,切断起动电阻 R_1 回路及 KT_1 、 KT_2 线圈电源,电动机起动过程结束。

图中设有强励电路,该电路的作用是:短接直流发电机分励绕组所串接的磁场电阻 R_2 。当电网电压低到一定值时,欠压继电器 KA 释放,其常闭触点闭合,接触器 KM_2 得电吸合,其主触点闭合,短接磁场电阻 R_2 ,直流发电机输出增加,同步电动机的励磁电流增加,从而保证同步电动机正常运行。

停机时,按下停止按钮 SB_2 即可。

9. 电抗器降压、按定子电流变化加入励磁的起动线路

线路如图 5-12 所示。图中, SA 为控制开关; SB_1 为合闸按钮; SB_2 为跳闸按钮; YA_3 为灭磁开关的合闸线圈; YR_3 为灭磁开关的跳闸线圈;图中触点 QF_4 为灭磁开关各触点。灭磁开关,用一只自动空气开关改制而成。

同步电动机的电源由断路器 QF_1 控制。起动时,断路器 QF_2 断开,同步电动机经电抗器 L 降压起动,待电动机达到准同步转速及以上时,将断路器 QF_2 合闸,短接电抗器 L ,则同步电动机在全压下运行。

当灭磁开关 QF_3 合闸时,其常闭触点断开灭磁电阻 R_M 回路,励磁机对同步电动机进行励磁;当 QF_3 跳闸时,励磁机退出同步

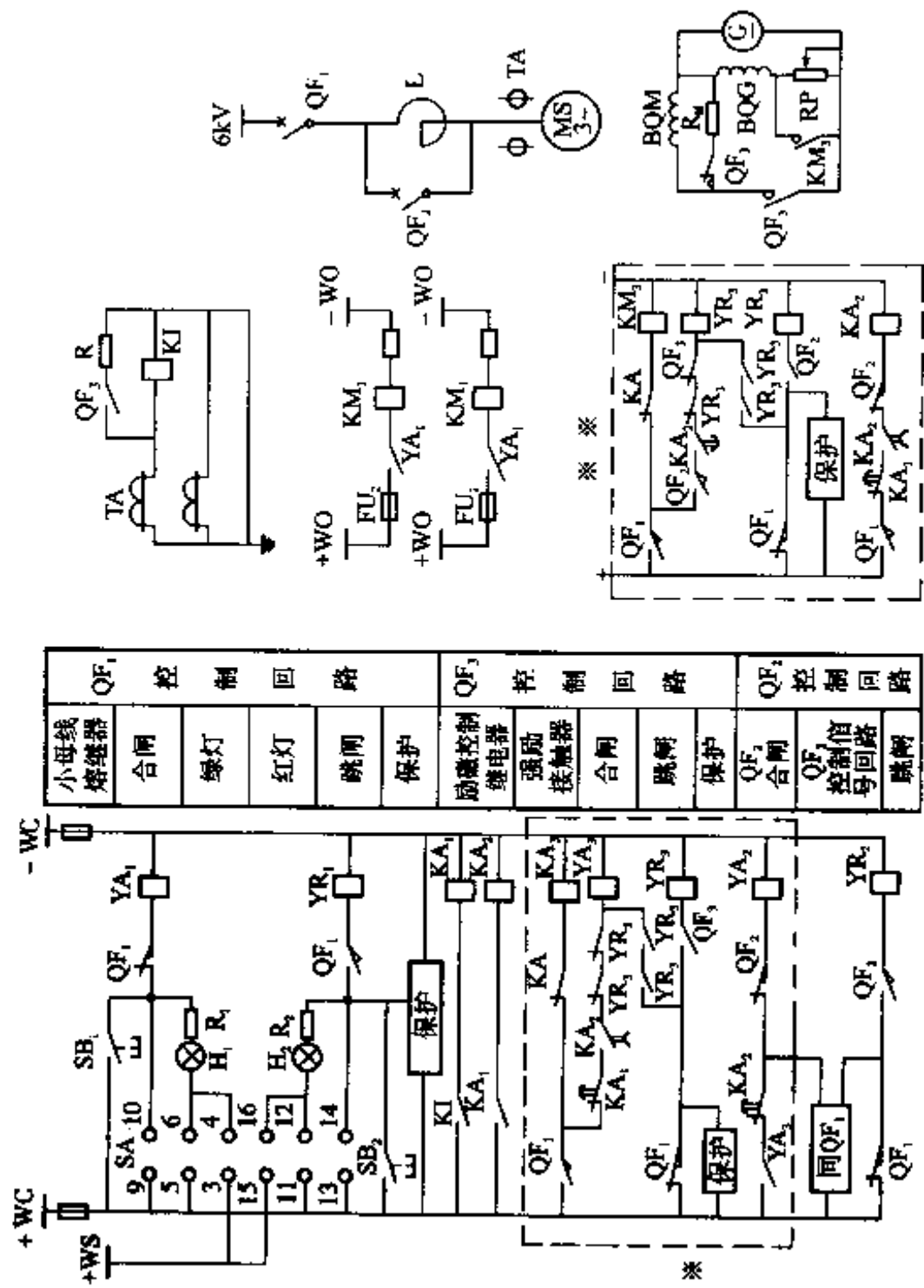


图5-12 同步电动机抗励磁降压、按定子电流变化加入励磁的起动线路

电动机的磁场回路, 而将灭磁电阻 R_M 接入同步电动机的磁场回路进行灭磁。

励磁电流大小可以通过调节变阻器 RP 来改变。电路中设有强励环节, 当电网电压低到一定值时, 电源电压继电器 KA 释放, 其常闭触点闭合, 接触器 KM_3 得电吸合, 其主触点闭合, 将变阻器 RP 短接, 直流发电机输出增加, 同步电动机的励磁电流增加, 保证其正常运行。

轻起动线路和重起动线路的工作原理如下:

(1) 轻起动控制线路。由图中标有“※”的虚线框电路组成。在 QF_2 合闸前先加入励磁。投入断路器 QF_1 , 同步电动机经电抗器 L 做降压起动。由于起动电流很大, 过电流继电器 KI 吸合, 其常开触点闭合, 中间继电器 (实质是时间继电器, 励磁控制用) KA_1 得电, 其常开触点闭合, 中间继电器 KA_2 得电, KA_1 延时闭合常闭触点断开, KA_2 延时断开常开触点闭合, 为下一步动作程序做好准备。此时灭磁开关 QF_3 的合闸线圈 YA_3 仍失电不能动作。

当电动机转速上升到准同步转速及以上时, 过电流继电器 KI 释放, 从而使 KA_1 和 KA_2 复位, 它们的两副触点又产生动作, 而这两副触点是按 KA_1 闭合时 KA_2 尚未断开的时限进行整定的, 因此灭磁开关 QF_3 合闸线圈 YA_3 回路被接通, QF_3 常闭触点断开, 常开触点闭合, 直流发电机投入励磁工作。经过一段延时后, KA_2 延时闭合常闭触点闭合, 断路器 QF_2 合闸线圈 YA_2 得电吸合, QF_2 合闸, 短接了电抗器 L , 同步电动机在全压下正常运行。此时, KA_2 的延时断开常开触点断开, YA_3 失电释放, 从而保证在 QF_2 合闸后, 励磁回路不可能再投入。 YA_3 虽失电释放, 灭磁开关 QF_3 借助机械锁定装置仍处于合闸状态。

(2) 重起动线路。在断路器 QF_2 合闸后再加入励磁。

重起动线路除用图 5-12 中标有“※※”的虚线框内电路代替轻起动控制时标有“※”的虚线框内电路外, 其余电路不变。

投入断路器 QF_1 , 同步电动机经电抗器 L 做降压起动, 同轻起

动时一样,当过电流继电器 KI 动作时, KA_1 和 KA_2 相继起动,但未接通断路器 QF_2 的合闸回路。待同步电动机转速上升到准同步转速及以上时,过电流继电器 KI 释放, KA_1 和 KA_2 复归。由于它们是按 KA_1 闭合时 KA_2 尚未断开的时限进行整定的,因此 QF_2 合闸回路接通, QF_2 合闸,短接了电抗器 L ,使同步电动机在全压下运转。此时, KA_2 延时闭合常闭触点闭合,灭磁开关 QF_3 的合闸线圈 YA_3 得电吸合, QF_3 常闭触点断开,常开触点闭合,直流发电机投入励磁工作。此时 KA_2 延时断开常开触点断开, YA_2 失电释放,从而保证 QF_3 在电动机励磁回路投入后,不可能再合闸。

10. 能耗制动线路

同步电动机能耗制动是将运行中的同步电动机定子电源断开,再在定子绕组上接一个外电阻或频敏变阻器,并保持转子励磁绕组的直流励磁,同步电动机就成为电枢被电阻或频敏变阻器短接的同步发电机,于是就很快地将转动的机械能变换成电能,并以热能的形式消耗在电阻或频敏变阻器上,电动机即被制动。

同步电动机电阻能耗制动和频敏变阻器能耗制动线路如图 5-13 所示。

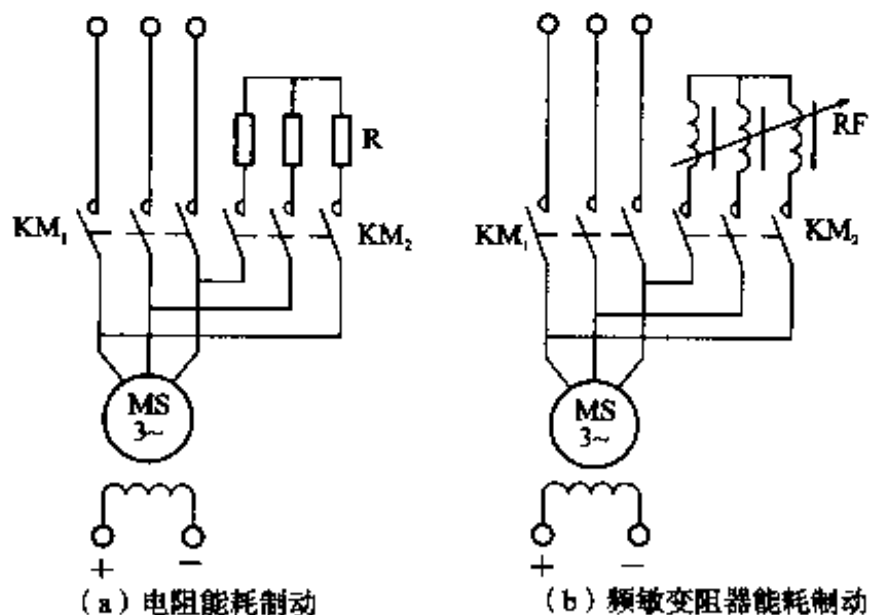


图 5-13 同步电动机能耗制动线路

制动时,接触器 KM_1 失电释放,使同步电动机定子绕组从电网中断开,但励磁绕组仍保持一定的励磁电流,紧接着接触器 KM_2 得电吸合,将制动电阻或频敏变阻器接入定子回路中,进行能耗制动。

实践表明,当转子回路励磁电流/转子回路空载额定励磁电流等于 1.93 时,能获得最大的制动转矩,其值为同步电动机额定转矩的 2.8 倍。当定子回路电阻/定子额定阻抗等于 0.4 时,可得到较短的制动时间;而当此值为 0.6 时,可得到较短的制动行程。

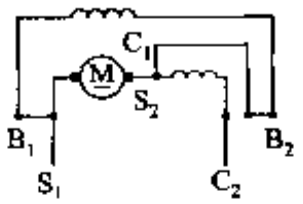
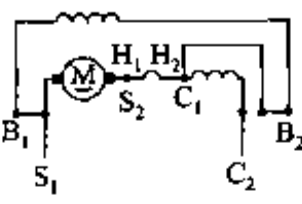
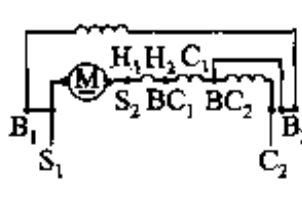
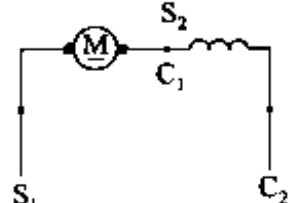
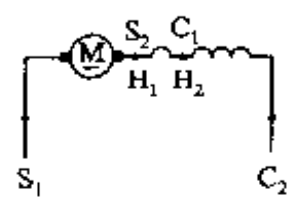
第四节 直流电动机控制线路

直流电动机有他励、并励、复励和串励四种励磁方式,不同励磁方式直流电动机绕组的连接方法见表 5-2。表 5-2 中各绕组出线端标志见表 5-3。

表 5-2 不同励磁方式直流电动机绕组连接方法

励磁方式	不带换向极	带换向极	带换向极及补偿绕组
他励			
并励			
长复励			

续表 5-2

励磁方式	不带换向极	带换向极	带换向极及补偿绕组
短复励			
串励			

注：表中接线所对应的电动机旋转方向是：从换向器端看为逆时针。

表 5-3 直流电动机各绕组出线端的标志

绕组名称	出线端标志		绕组名称	出线端标志	
	始端	末端		始端	末端
电枢绕组	S ₁	S ₂	起动绕组	Q ₁ (K ₁)	Q ₂ (K ₂)
并励绕组	B ₁ (F ₁)	B ₂ (F ₂)	平衡导线及平衡绕组	P ₁	P ₂
串励绕组	C ₁	C ₂	去磁绕组	QC ₁ (Q ₁)	QC ₂ (Q ₂)
换向绕组	H ₁	H ₂	他励绕组	T ₁ (W ₁)	T ₂ (W ₂)
补偿绕组	BC ₁ (B ₁)	BC ₂ (B ₂)			

直流电动机控制线路包括：起动线路、调速线路、正反向转换线路及制动线路等。

由于直流电动机电枢电阻和电感都很小，直接起动电流可能达到额定电流的 10~15 倍。这样大的起动电流会烧坏换向器、电刷和电枢绕组，使传动机构与生产机械受到很大的机械冲击，还会使电网电压受到干扰。因此除了小功率直流电动机偶尔采用直接起动外，都要求限制起动电流。通常限制起动电流可以采用两种办法：一种是在电枢电路中串接电阻，在起动过程中，随着

转速升高及时将电阻分级短接,使起动电流限制在某一允许值以内。由于这种方法设备简单、操作方便,因此广泛应用于中小型直流电动机起动。但由于其起动过程消耗能量大,不适合用于频繁起动的直流电动机。另一种是降压起动,即由单独的直流可调电源对电动机电枢供电,控制电源电压,这种方法既可以使电动机平滑起动,又可以调速,一般用于较大容量的直流电机。可以采用晶闸管或整流二极管配调压器调压起动。

直流电动机能在宽广的范围内平滑地调速,直流电动机的调速方法有三种:调节励磁电流、调节电枢电压和调节电枢回路电阻。三种调速方法各有其不同的特点和机械特性,适合在不同的条件下采用。直流电动机不同调速方法的主要特点、性能曲线和适用范围见表 5-4。

表 5-4 直流电动机不同调速方法的主要特点、性能曲线和适用范围

调速方法	调节励磁电流	调节电枢电压	调节电枢回路电阻
特性曲线	见图 5-14	见图 5-15	见图 5-16
主要特点	<ol style="list-style-type: none"> 1. U 等于常值,转速 n 随励磁电流 I_f 和磁通 φ 的减小而升高 2. 转速愈高,换向愈困难,电枢反应和换向元件中电流的去磁效应对电动机运行稳定性的影响愈大。最高转速受机械因素、换向和运行稳定性的限制 3. 电枢电流保持额定值不变时,转矩 M 与 φ 成正比,n 与 φ 成反比,输入、输出功率及效率基本不变 	<ol style="list-style-type: none"> 1. φ 等于常值,转速 n 随电枢端电压 U 的减少而降低 2. 低速时,机械特性的斜率不变,稳定性好。由发电机组供电时,最低转速受发电机剩磁的限制 3. 电枢电流保持额定值不变时,M 保持不变,n 与 U 成正比,输入、输出功率随 U 和 n 的降低而减小,效率基本不变 	<ol style="list-style-type: none"> 1. U 等于常值,转速 n 随电枢回路电阻阻值 R 的增加而降低 2. 转速愈低,机械特性愈软。采用此法调速时,调速变阻器可做起动变阻器用 3. 电枢电流保持额定值不变时,M 保持不变,可做恒转矩调速,但低速时,输出功率随 n 的降低而减小,而输入功率不变,效率将随 n 的降低而降低,经济性很差
适用范围	适用于额定转速以上的恒功率调速	适用于额定转速以下的恒转矩调速	只适用于额定转速以下、不需经常调速且机械特性要求较软的调速

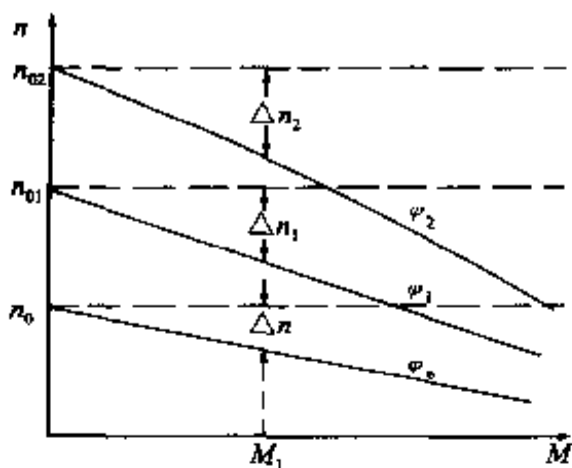


图 5-14 他励直流电动机励磁改变时的机械特性 ($\varphi_2 > \varphi_1 > \varphi_0$)

直流电动机的旋转方向取决于励磁磁场的方向与电枢绕组中电流的方向,单独改变励磁磁场(即励磁绕组电流)的方向或单独改变电枢电流的方向,都可以实现直流电动机旋转方向的改变。不同励磁方式的直流电动机,其改变转向的接线也不同。

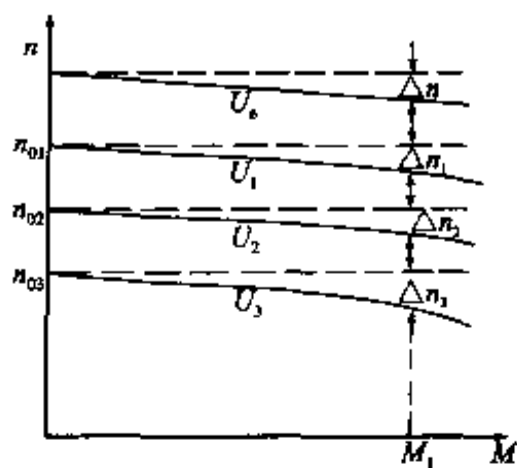


图 5-15 他励直流电动机电枢电压改变时的机械特性 ($U_4 > U_1 > U_2 > U_3$)

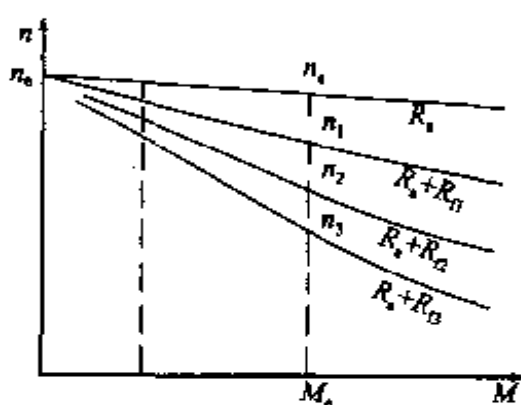


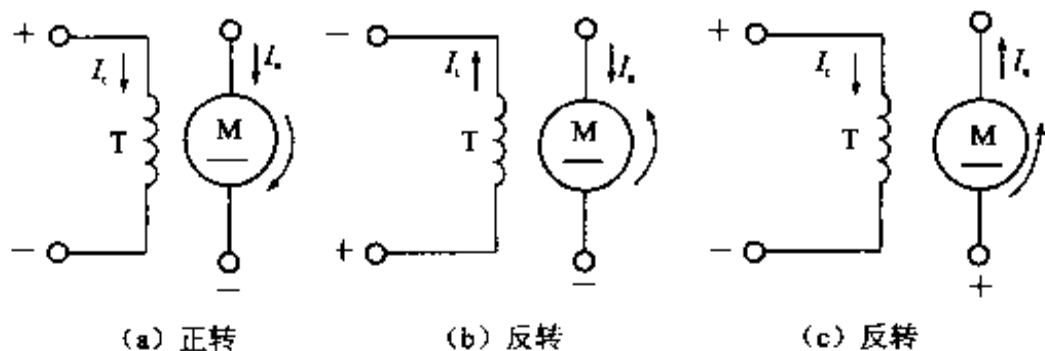
图 5-16 他励直流电动机电枢串接电阻时的机械特性 ($R_{r3} > R_{r2} > R_{r1}$)

他励式直流电动机改变转向的方法如图 5-17 所示。图中 I_a 为电枢电流, I_f 为励磁电流。如果同时改变 I_a 和 I_f 的方向,导线受力的方向不变,电动机的旋转方向就不变。

并励式直流电动机改变转向的接线方法与他励电动机的相同,只要改变 I_a 或 I_f 的方向即可,如图 5-18 所示。

串励式直流电动机是通过单独改变电枢电流或励磁电流的方向来实现的,如图 5-19 所示。其中 I_a 为串接励磁绕组的电流; I_a 为电枢电流 ($I_a = I_c$)。

复励式直流电动机的励磁绕组由并联绕组 F 和串联绕组 C 组成,要想通过改变励磁电流来改变电动机的转向,必须同时改变

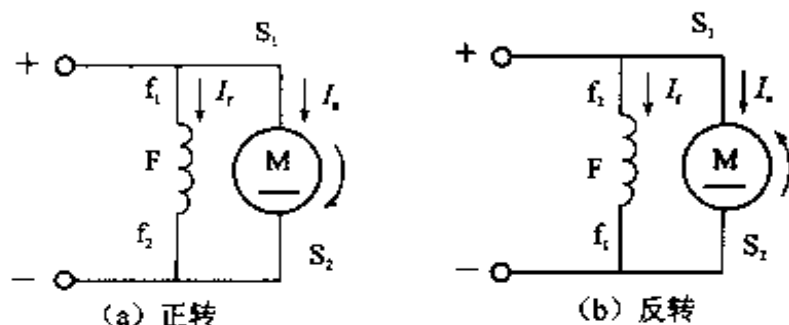


(a) 正转

(b) 反转

(c) 反转

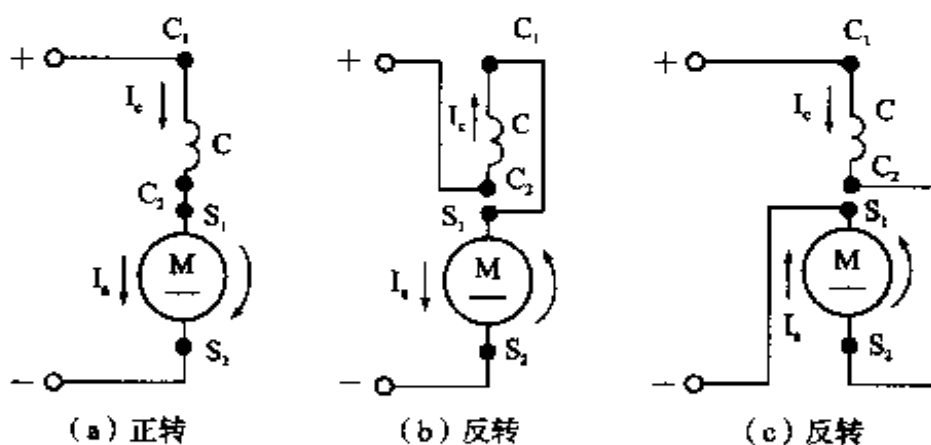
图 5-17 他励式直流电动机改变转向的接线



(a) 正转

(b) 反转

图 5-18 并励式直流电动机改变转向的接线



(a) 正转

(b) 反转

(c) 反转

图 5-19 串励式直流电动机改变转向的接线

F 绕组和 C 绕组的电流方向,造成接线较为复杂。因此复励直流电动机改变转向,通常采用改变电枢绕组电流方向的方法,如图 5-20 所示。

值得注意的是:如果直流电动机外壳上有旋转方向的箭头标记,则只允许单方向运转,否则电刷下面的火花要增大,换向器要

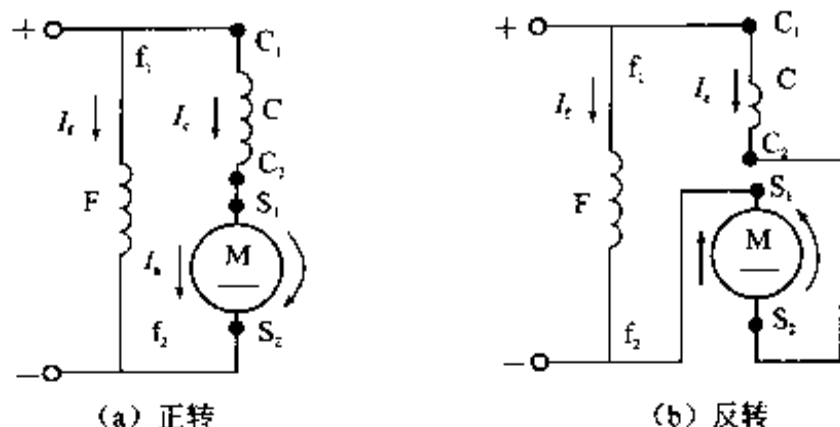


图 5-20 复励式直流电动机改变转向的接线

烧伤。若一定要对这类电动机改变转向,除采用上述方法外,还需调正电动机电刷中性线位置。

直流电动机主要采取能耗制动和反接制动。直流电动机能耗制动线路,就是当电动机与电源脱开后,将制动电阻并联在电枢上,此时励磁绕组仍接在电源上,由于直流电动机有惯性,旋转的电枢成为发电机,将电能输送到电阻上,并以热能的形式消耗掉,使电动机迅速停止运行。制动电阻越小,制动越迅速。但能耗也越大,电枢发热也越厉害。

11. 电枢串接电阻的起动与调速线路(一、二)

(1)线路之一。线路如图 5-21 所示。该线路在电枢回路中串入两级起动电阻,通过主令开关 SA 来实现起动、调速及停机控制。在起动过程中由两个时间继电器自动切除两段起动电阻。

工作原理:起动前,将主令开关 SA 置于“0”位,合上主电路和控制回路电源开关 QF 和 QS,此时在励磁绕组 BQ 中便流过额定励磁电流,欠电流继电器 KI_2 得电吸合(也常用欠电压继电器并接在励磁回路上来代替 KI_2),其常开触点闭合,而此时过电流继电器 KI_1 不动作,通过开关 SA,使中间继电器 KA 得电吸合并自锁。同时时间继电器 KT_1 线圈通电,其延时闭合常闭触点断开,接触器 KM_2 、 KM_3 失电释放,它们的常开触点断,保证起动时电阻 R_1 和 R_2 都串入电枢回路。

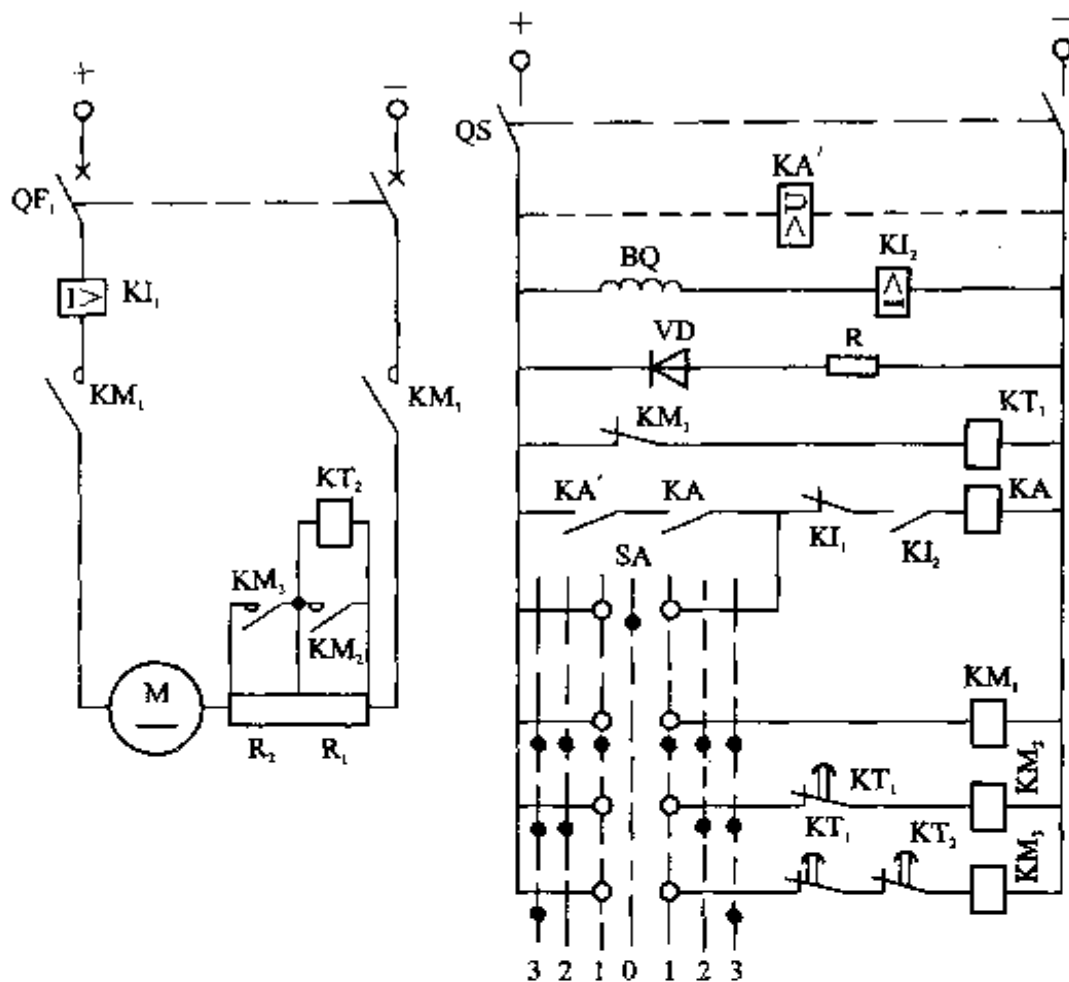


图 5-21 直流电动机电枢串入电阻起动调速线路(之一)

起动时,将主令开关 SA 置于“1”位置,接触器 KM_1 得电吸合,接通电动机电枢回路,电动机电枢串入全部起动电阻起动运行。在电阻 R_1 上的电压降作用下,时间继电器 KT_2 线圈通电,其延时闭合常闭触点断开。另外,由于 KM_1 的常闭辅助触点断开, KT_1 线圈失电,经过一段延时后,其延时闭合常闭触点闭合,接触器 KM_2 得电吸合,其主触点闭合,短接了起动电阻 R_1 ,电动机继续加速。同时时间继电器 KT_2 线圈也被短接,经过一段延时后,其延时闭合常闭触点闭合,加速接触器 KM_3 得电吸合,其主触点闭合,短接了起动电阻 R_2 ,电动机进入全压正常运行,起动过程结束。

如需要降速,可将主令开关 SA 置于“2”或“3”位置,则电动机就在电枢串接一级或两级电阻下运行。

停机时,将 SA 置于“0”位即可。

图中硅整流器或二极管 VD 和放电电阻 R 形成一条放电回路,以防止励磁绕组电源断开瞬间在励磁绕组中产生很大的自感电动势而烧坏电器元件。

线路设有过电流保护和弱磁保护。

当电动机发生过载或短路时,过电流继电器 KI_1 立即吸合,切断中间继电器 KA 线圈回路,接触器 KM_1 、 KM_2 、 KM_3 均失电释放,切断电动机主回路电源,使电动机停止运行。

当电动机出现弱磁或失磁时(若无保护,会造成电动机转速急剧上升,引起“飞车”事故),欠电流继电器 KI_2 (或欠电压继电器 KA')释放,切断 KA 线圈回路,同样使电动机停止运行。

欠电流继电器的选择。欠电流继电器的额定电流 I_N 应大于电动机额定励磁电流 I_{le} ,即 $I_N \geq I_{le}$;而其释放电流整定值 I_{if} 按电动机的最小励磁电流 I_{lmin} 整定,即 $I_{if} = (0.8 \sim 0.85)I_{lmin}$ 。

若采用欠电压继电器,则欠电压继电器的额定电压 U_N 按励磁回路额定电压 U_{le} 选择,对释放值一般无特殊要求。

(2)线路之二。如图 5-22 所示。该线路在直流电动机电枢回路中串入两级起动电阻,利用按钮实现电动机的起动和停止控制。在起动过程中由两个时间继电器自动切除两级起动电阻。

工作原理:合上主电路和控制回路电源开关 QF 和 QS,电动机励磁绕组 BQ 通电励磁,欠电流继电器 KI_2 吸合(也可用欠电压继电器并联在励磁回路代替欠电流继电器),其常开触点闭合。同时时间继电器 KT_1 线圈通电,其延时闭合常闭触点断开,做好电动机起动准备。

起动时,按下起动按钮 SB_1 ,接触器 KM_1 得电吸合并自锁,接通电动机电枢回路,电动机串入全部起动电阻起动运行。在电阻 R_1 上的电压降作用下,时间继电器 KT_2 线圈通电,其延时闭合常闭触点断开。由于接触器 KM_1 的常闭辅助触点断开,时间继电器 KT_1 线圈失电,其延时闭合常闭触点闭合,接触器 KM_2 得电吸

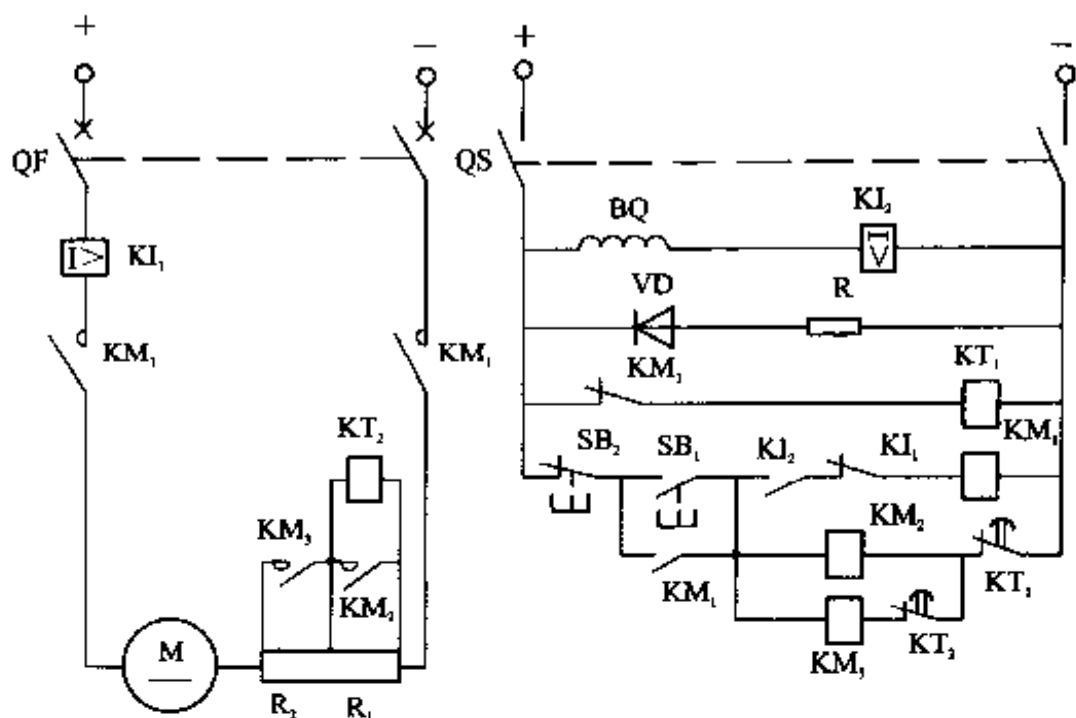


图 5-22 直流电动机电枢串入电阻起动调速线路(之二)

合,其主触点闭合,短接了起动电阻 R_1 ,电动机继续升速。同时时间继电器 KT_2 线圈也被短接,经过一段延时后,其延时闭合常闭触点闭合,加速接触器 KM_3 得电吸合,其主触点闭合,短接了起动电阻 R_2 ,电动机进入全压正常运行,起动过程结束。

停机时,按下停止按钮 SB_2 ,接触器 KM_1 失电释放,电动机停止运行。

12. 电枢串接电阻起动改变励磁电流调速的线路

直流电动机在电枢电压不变的情况下,减小励磁电流,能使转速升高;增大励磁电流,能使转速降低。

线路如图 5-23 所示。该线路仍采用在电枢回路中串入电阻的起动方法,转速调节则采用改变励磁电流的方式。

图中, R 为起动电阻,制动时它还做限流电阻用;瓷盘变阻器 RP 为调速用,调节它能改变励磁电流,从而改变电动机的转速;放电电阻 R_2 和二极管 VD 形成一条放电回路; KM_1 为能耗制动接触器; KM_2 为工作接触器; KM_3 为短接起动电阻用接触器,即加速接触器。

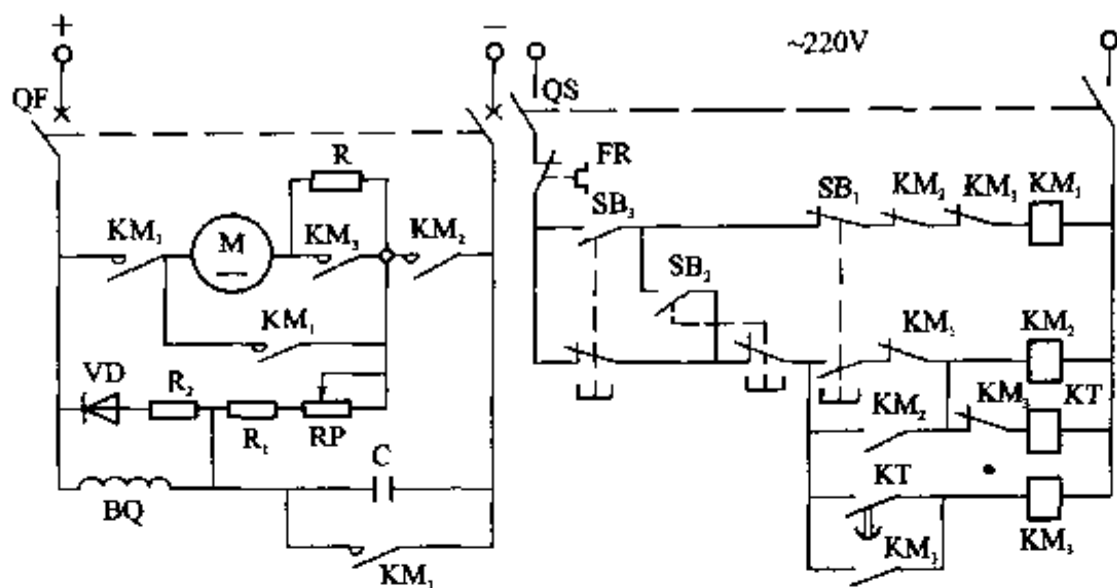


图 5-23 串接电阻起动改变励磁电流调速的线路

工作原理:合上控制回路电源开关 QS 和主电路断路器 QF,按下起动按钮 SB_1 ,接触器 KM_2 得电吸合并自锁,电动机电枢串入电阻 R 起动运行。同时时间继电器 KT 线圈通电,经过一段延时时,其延时闭合常开触点闭合,接触器 KM_3 得电吸合并自锁,其主触点闭合,短接了起动电阻 R,电动机进入全压正常运行,起动过程结束。

若要调速,只要调节瓷盘变阻器 RP 即可。

停机时,按下停止按钮 SB_2 (注意:直到电动机制动停转前都不要放松),接触器 KM_2 、 KM_3 失电释放,电动机主电路断电。同时制动接触器 KM_1 得电吸合,其两副主触点闭合,一副使电动机电枢经电阻 R 短接,另一副使励磁电源不经变阻器 RP 而直接加在励磁绕组上,形成强励磁,从而保证电动机在强励磁情况下进行能耗制动,以产生最大的制动转矩。松开按钮 SB_2 ,制动过程结束,电路恢复准备起动状态。

13. 晶闸管调节电枢电压调速线路

如图 5-24 所示。它采用单只晶闸管控制,调速范围约 10:1,电动机功率可在 0.8~7.5kW 之间,适用于对精度要求不高,负载变化不大的场合。

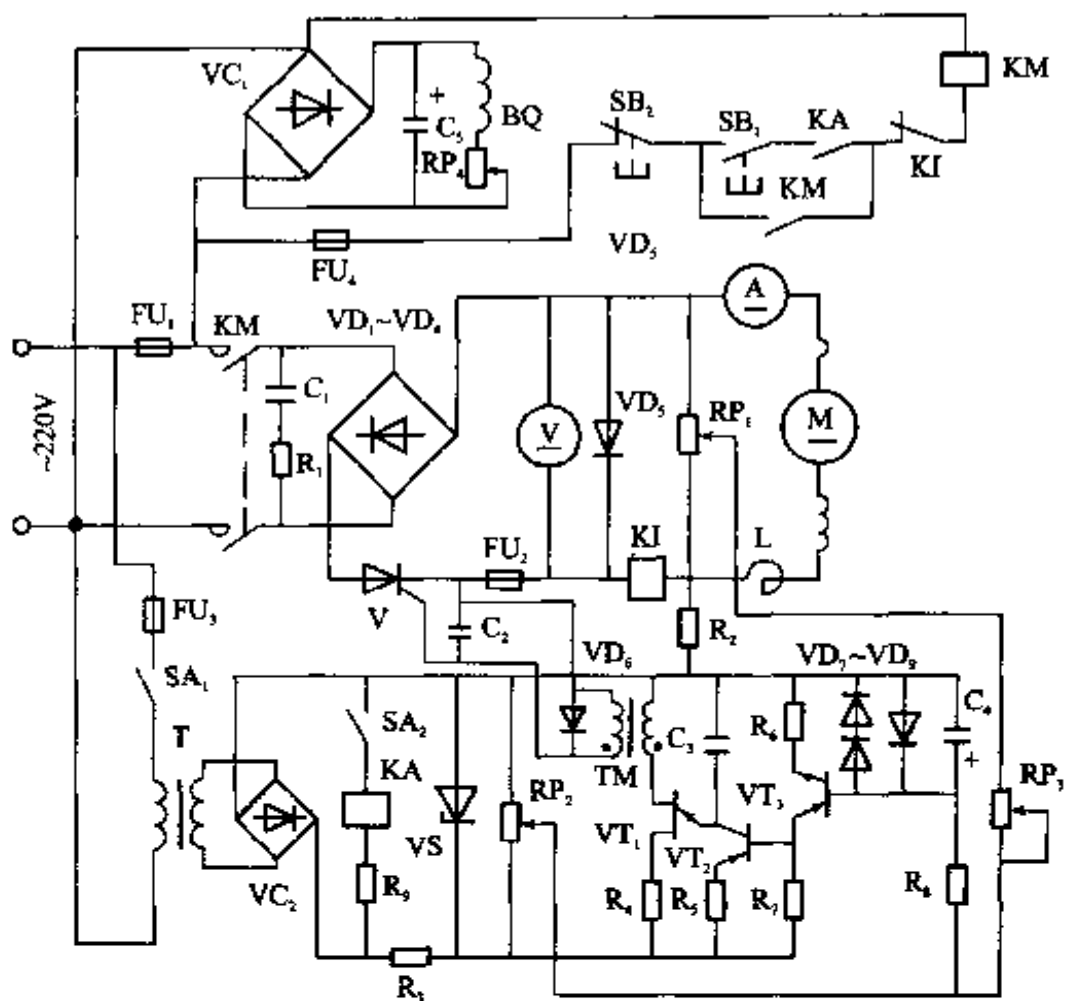


图 5-24 晶闸管调节电枢电压调速线路

工作原理：主电路采用单相桥式整流（ $VD_1 \sim VD_4$ 组成），然后用晶闸管 V 做调压调速。

由于直流电动机的电枢旋转时产生反电动势，只有当整流器输出电压大于反电势时，晶闸管才能导通，因而通过电动机的电流是断续的。这样，晶闸管的导通角小，电流峰值很大，晶闸管也容易发热。为此，在主电路中串接电抗器 L ，利用电抗器的自感电势，使晶闸管的导通时间延长，降低电流峰值，并减小电流的脉动程度，改善直流电动机的运行条件。

触发电路采用由单结晶体管 VT_1 、三极管 VT_2 （做可变电阻用）等组成的弛张振荡器。三极管 VT_3 作信号放大用。主令电压从电位器 RP_2 给出，负反馈电压从并联在电枢两端的电位器 RP_1 上

取得。这两个电压相比较所得的差值电压经电阻 R_8 与电容 C_4 滤波后,加到三极管 VT_3 基极进行放大,并控制三极管 VT_2 的导通程度,以改变弛张振荡器的频率,改变晶闸管的导通角,从而改变电枢电压的大小,达到调节电动机转速的目的。

$VD_7 \sim VD_9$ 为放大器输入端的钳位二极管,以保护三极管 VT_3 不被损坏。电容 C_4 是用来对输入脉动电压滤波及吸收输入信号的突变,可使调速过程比较平稳。

同步电压由交流电压经整流桥 VC_2 整流、电阻 R_3 限流、稳压管 VS 削波得到。

输出电路中的二极管 VD_6 起检波作用,只允许正脉冲信号送入控制极。 C_2 是防干扰电容,防止干扰信号混入控制极引起晶闸管误触发。

R_1 、 C_1 为交流侧阻容保护电路,吸收来自电网方面的过电压。过流继电器 KI 作过载保护;快速熔断器 FU_1 、 FU_2 和熔断器 FU_3 作短路保护。 VD_5 为续流二极管。电动机励磁绕组 BQ 的励磁电压,由交流电经整流桥 VC_1 整流提供。调节瓷盘变阻器 RP_1 ,可改变励磁电流。

图 5-24 主要电器元件型号规格见表 5-5。

表 5-5 图 5-24 主要电器元件型号规格表

代号	名称	型号规格	代号	名称	型号规格
FU_1 、 FU_2	熔断器	RS3,60A 500V	KI	过电流继电器	JL3-11 50A
FU_3	熔断器	RL1-10/10A	TM	脉冲变压器	用半导体输出变压器
SA_1	开关	3A 500V	R_1	线绕电阻	RXY-50W 10 Ω
T	控制变压器	KC-50VA 220/36,6.3V	R_2	线绕电阻	GP-15W 2k Ω
L	电抗器	5kVA	R_3	电阻	RJ-1, 1k Ω 2W
SA_2	微动开关	改装在 RP_1 上	R_4	电阻	RJ-360 Ω 1/2W
VC_1	二极管	1N4007	R_5 、 R_6	电阻	RJ-1k Ω 1/2W
VC_2	二极管	ZP5A/500V	R_7	电阻	RJ-10k Ω 1W

续表 5-5

代号	名称	型号规格	代号	名称	型号规格
VD ₁ ~VD ₅	二极管	ZP30A/500V	R ₅	电阻	RJ-2kΩ 1W
V	晶闸管	KP50A/700V	RP ₁	线绕电阻	GF-50W 1.5kΩ
VT ₁	单结晶体管	BT31C	RP ₂	电位器	WX-2.7kΩ 2W
VT ₂	三极管	3AX5	RP ₃	线绕电阻	GF-10W 1.5kΩ
VT ₃	三极管	3DG6	C ₁	电容器	CZJD-2 10μF 500V
VD ₆ ~VD ₉	二极管	1N4004	C ₂	电容器	CZJ-0.1μF 400V
VS	稳压管	2CW7M	C ₃	电容器	CZJ-0.47μF 100V
KM	交流接触器	CJ20-10A 380V	C ₄	电解电容器	CD11,100μF 50V
KA	中间继电器	1800Ω	C ₅	电解电容器	200μF 450V
			SB ₁ 、 SB ₂	按钮	LA18-22

14. 他励式直流电动机正反转线路

如图 5-25 所示。电动机为他励式直流电动机。该线路没有采取制动措施,故在正反转交替时,利用时间继电器 KT 的延时作用,保证电动机停机后才能反转起动。

工作原理:合上主电路和控制回路电源开关 QF 和 QS,按下正转起动按钮 SB₁,接触器 KM₂ 得电吸合,其主触点闭合,接通励磁绕组电源,这时励磁电流由 T₁ 流向 T₂。与此同时,由于欠电流继电器 KI₂ 吸合,接触器 KM₁ 得电吸合,其主触点闭合,接通电动机电枢电源,其常闭辅助触点断开,时间继电器 KT 失电释放(KT 线圈在合上开关 QS 时已通电吸合),其延时断开常闭触点闭合,与 KM₂ 触点组成 KM₂ 自锁回路,电动机正向起动运行。

如要反转,须先停机。按下停止按钮 SB₃,接触器 KM₁ 失电释放,切断电枢电源,其常闭辅助触点闭合,KT 线圈通电,其延时闭合常开触点需经过一段延时后才能闭合,故在这段时间内,主电路不可能得电。另一副延时断开常闭触点也需延时同样的时间后,才能切断 KM₂ 的自锁回路,在这段时间内,KM₂ 仍保持吸合状态,励磁回路仍正常供电。

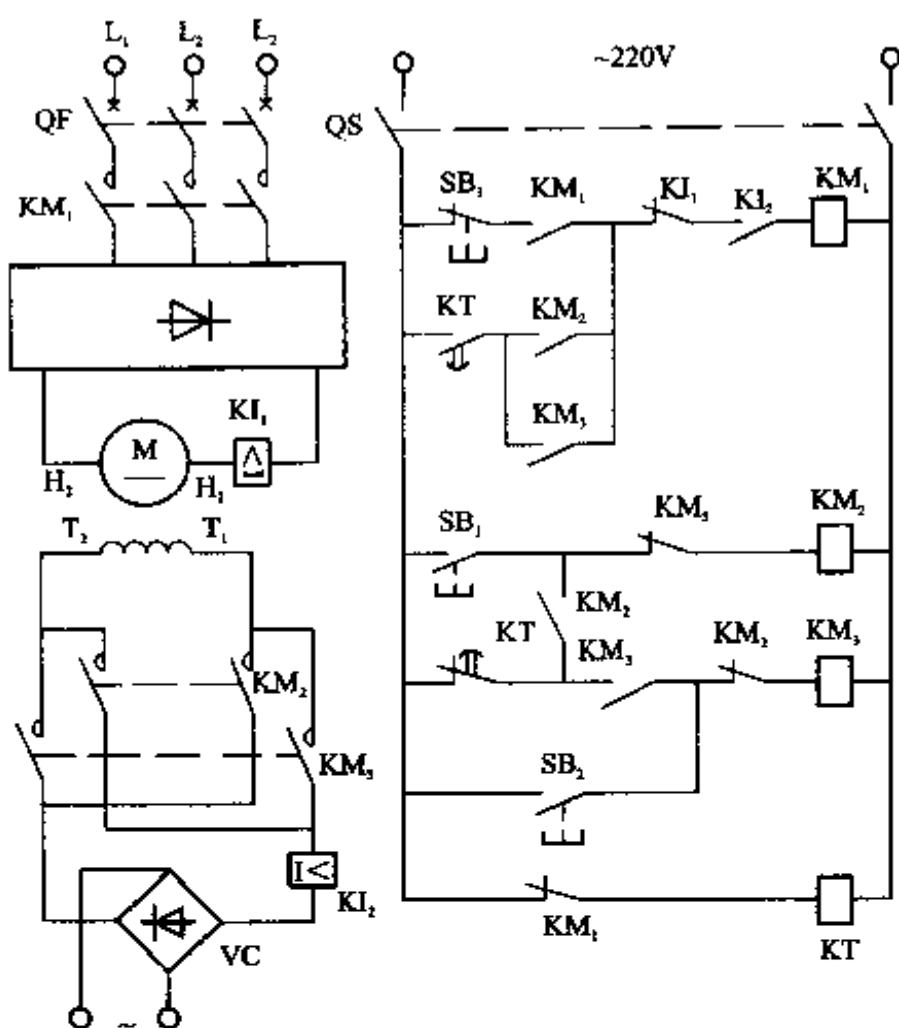


图 5-25 他励式直流电动机正反转线路

经过一段延时后(在这延迟期间内按动反转按钮 SB_2 不起作用), KT 延时结束, 其两副触点到位, 接触器 KM_2 失电释放, 断开励磁回路。

再按下反转按钮 SB_2 , 则接触器 KM_3 得电吸合, 其主触点闭合, 接通励磁绕组电源, 这时励磁电流由 T_2 流向 T_1 。 KM_3 常开辅助触点闭合, 接触器 KM_1 得电吸合, 其主触点闭合, 接通电枢电源, 电动机反向起动运行。同时 KM_1 常闭辅助触点断开, KT 失电释放, KM_3 通过 KT 触点自锁。

15. 复励式直流电动机正反转线路

如图 5-26 所示。电动机为复励式直流电动机。该电动机有六

个接线端子, S_1 、 S_2 为电枢绕组; C_1 、 C_2 为串励(磁场)绕组; T_1 、 T_2 为并励(磁场)绕组。为了实现正反向运转, 将 C_1 、 C_2 与 T_1 、 T_2 磁场方向固定不变, 而改变电枢 S_1 、 S_2 绕组的电流方向。按下正转起动按钮 SB_1 , 接触器 KM_1 得电吸合并自锁, 其主触点闭合, 电枢电压为 S_1 正、 S_2 负, 电动机正向起动运行。按下反转起动按钮 SB_2 , 接触器 KM_2 得电吸合并自锁, 其主触点闭合, 电枢电压为 S_1 负、 S_2 正, 电动机反向起动运行。

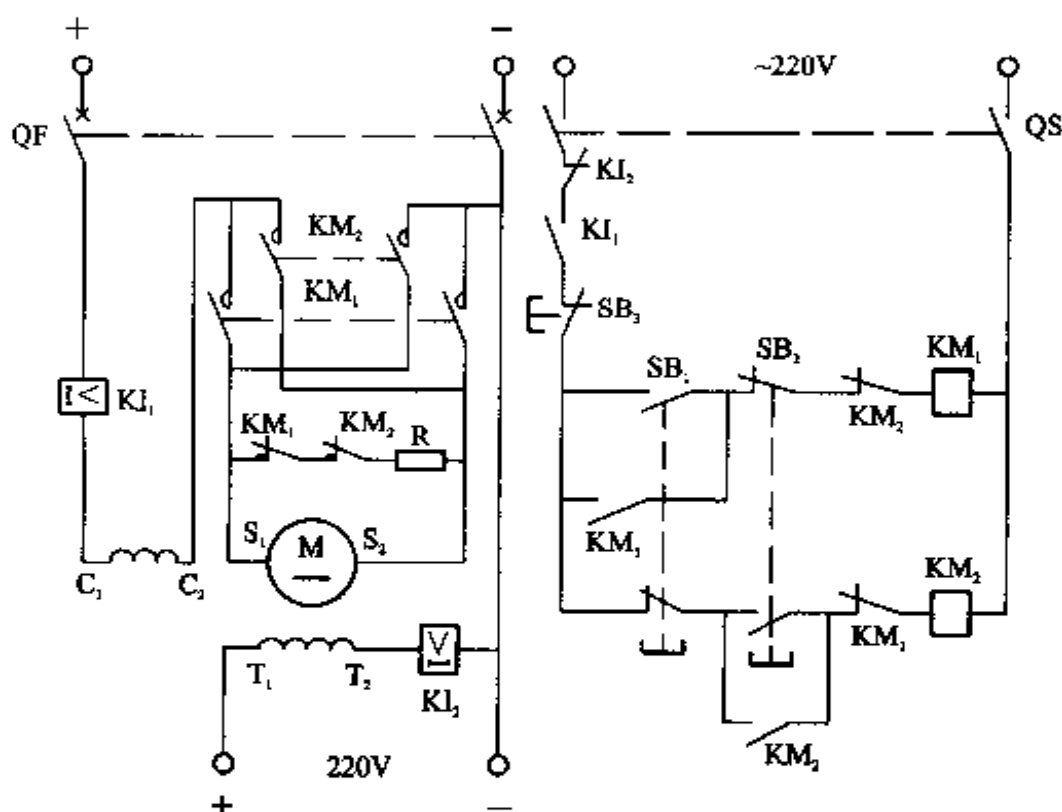


图 5-26 复励式直流电动机正反转线路

该线路采取反接制动方式。停机时, 按下停止按钮 SB_3 , 接触器 KM_1 、 KM_2 失电释放, 它们的常闭触点闭合, 电动机电枢两端经制动电阻 R 而短接, 电动机很快停转。

该线路具有过电流保护和弱磁保护, 分别由过电流继电器 KI_1 和欠电流继电器 KI_2 担任。

16. 并励式直流电动机能耗制动线路

如图 5-27 所示。图中, R_1 、 R_2 、 R_3 为起动电阻; R_4 为制动电阻。

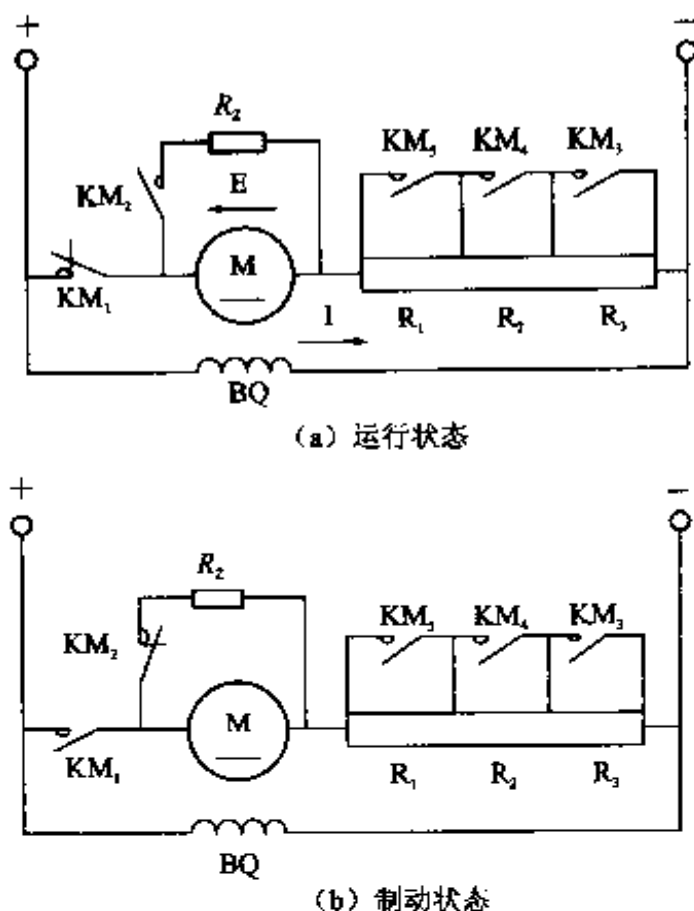


图 5-27 并励式直流电动机起动和能耗制动线路

工作原理：当主电路接触器 KM_1 主触点闭合，制动接触器 KM_2 常闭触点断开时，电动机为正常运行状态[见图 5-27(a)]；但当 KM_1 断开时， KM_2 常闭触点立即闭合，将制动电阻 R_2 接入，电动机进入能耗制动状态[见图 5-27(b)]。

制动电阻阻值 R_2 的选择：

$$R_2 = \frac{E_{\max}}{I_{z\max}} - R_a \quad (\Omega)$$

式中 E_{\max} ——制动开始时电动机的反电势，稍低于额定电压(V)；

$I_{z\max}$ ——最大的制动电流(A)，一般取 $I_{z\max} = (2 \sim 2.5)I_e$ ；

I_e ——电动机额定电流(A)；

R_a ——电动机电枢电阻(Ω)。

17. 直接起动直流电动机能耗制动线路

如图 5-28 所示。

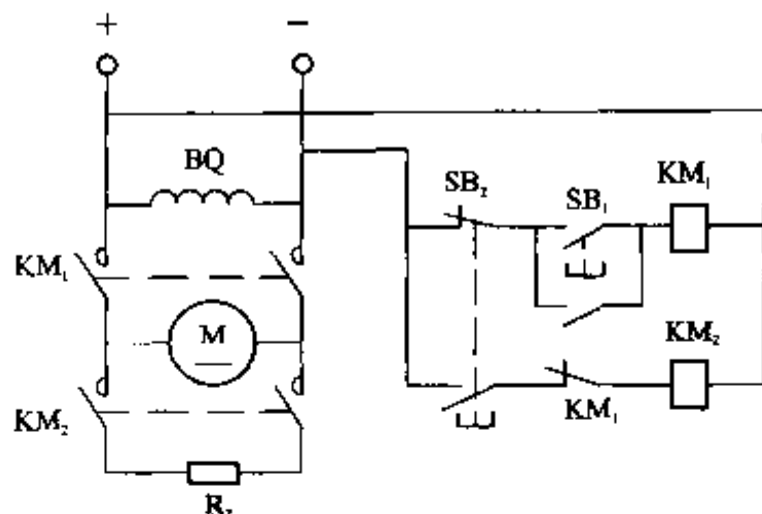


图 5-28 直接起动直流电动机能耗制动线路

18. 串励式直流电动机能耗制动线路

串励式直流电动机能耗制动时,应将其接线改成并励式电动机形式,即将电枢与串励绕组断开,在串励绕组中通入恒定的励磁电流,并将电枢接到制动电阻上。

串励式直流电动机在能耗制动时,其串励绕组中一般通以额定励磁电流,为此,需在串励绕组中附加电阻。其阻值 R_t 的选择如下:

$$R_t = \frac{U_c}{I_{ce}} - (R_c + R_q) \quad (\Omega)$$

式中 U_c ——串励绕组励磁电压(V);

I_{ce} ——串励绕组额定励磁电流(A);

R_c ——串励绕组电阻(Ω);

R_q ——起动电阻(Ω)。

能耗制动电阻阻值 R_t 计算同并励式直流电动机。

19. 复励式直流电动机能耗制动线路

复励式直流电动机具有并励、串励绕组,因而在能耗制动中,它既可按并励电动机的方法制动,又可以同时采用并励、串励两种制动方法。一般来说,前者已有相当好的制动效果。

复励式直流电动机能耗制动电阻阻值的计算同并励式直流电

动机。

20. 电枢串接电阻起动能耗制动单向运转线路(一~三)

(1)线路之一。如图 5-29 所示。该线路具有一级起动电阻,由欠电压继电器 KA_2 控制起动电阻切除;停机时,采用能耗制动。欠电压继电器 KA_1 、 KA_2 线圈工作时与电动机电枢并联,它们反映电动机电枢电压,即转速的变化。所以可以说该线路是用转速变化来控制。

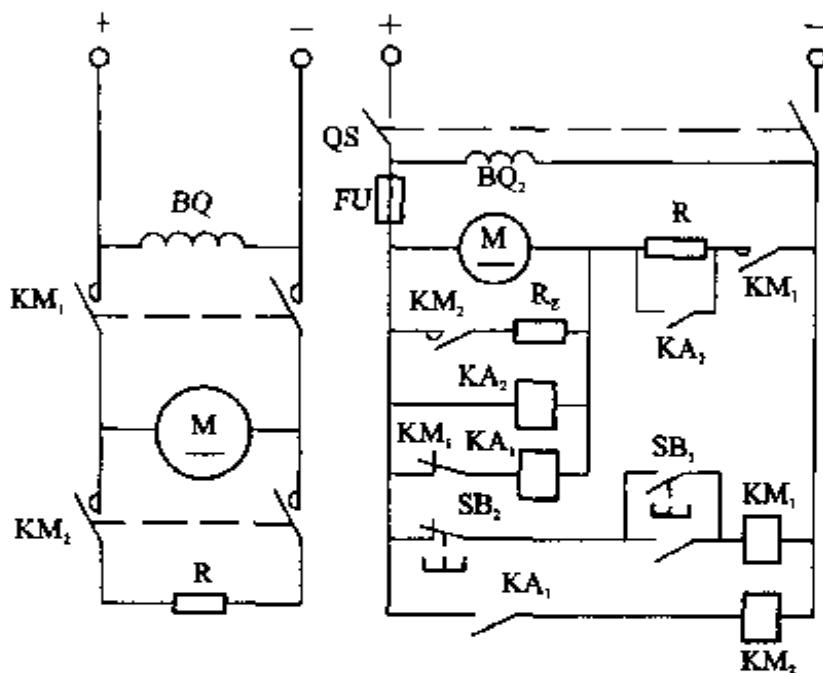


图 5-29 电枢串接电阻起动能耗制动单向运转线路(之一)

起动时,按下起动按钮 SB_1 ,接触器 KM_1 得电吸合,其常开触点闭合,电动机电枢串入起动电阻 R 起动,待电动机转速升到一定数值时,欠电压继电器 KA_2 吸合,其主触点闭合,切除起动电阻 R ,电动机进入额定电压运行。

停机时,按下停止按钮 SB_2 ,接触器 KM_1 失电释放,电动机电枢脱离电源;当 KM_1 常闭触点闭合时, KA_1 在电枢产生的电动势的作用下立即吸合,其常开触点闭合,制动接触器 KM_2 得电吸合,其主触点闭合,将制动电阻 R_2 并联在电枢两端,这时因励磁电流未变,因而产生制动转矩,使电动机迅速停转。在电枢反电动势低

于欠电压继电器 KA_1 释放电压时, KA_1 释放, 又使接触器 KM_2 失电释放, 制动过程结束, 电路恢复到原始状态。

(2) 线路之二。如图 5-30 所示。该线路与图 5-29 基本相同, 工作原理也类同。

(3) 线路之三。如图 5-31 所示。该线路具有两级起动电阻, 由时间继电器控制起动电阻的切除; 停机时采用能耗制动。

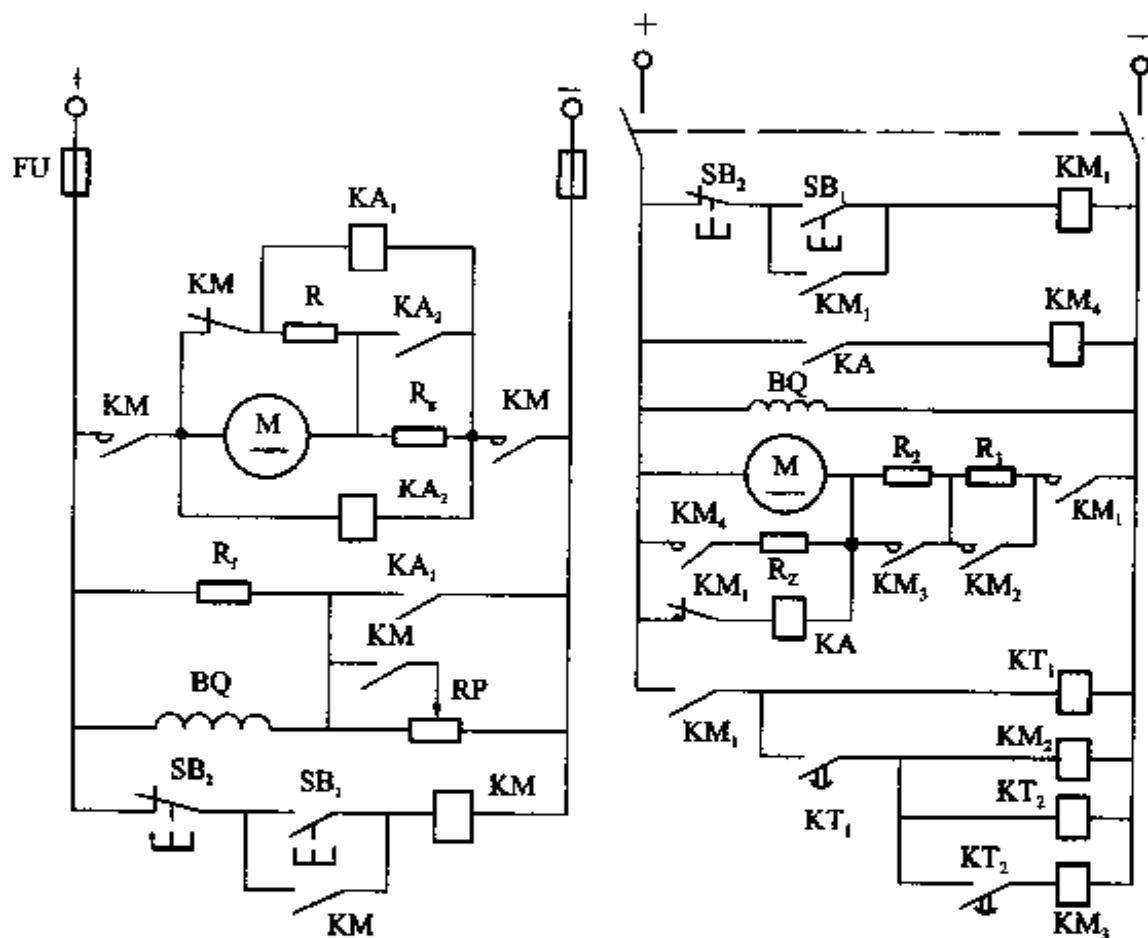


图 5-30 电枢串接电阻起动
能耗制动单向运转线路(之二)

图 5-31 电枢串接电阻起动
能耗制动单向运转线路(之三)

工作原理: 合上电源开关 QS, 按下起动按钮 SB_1 , 接触器 KM_1 得电吸合并自锁, 其主触点闭合, 电动机电枢回路串入电阻 R_1 和 R_2 起动运行。 KM_1 常开辅助触点闭合, 时间继电器 KT_1 线圈通电, 经过一段延时后, 其延时闭合常开触点闭合, 接触器 KM_2 得电吸合, 其主触点闭合将起动电阻 R_1 短接, 电动机加速。同时, 时间

继电器 KT_2 线圈通电, 经过一段延时后, 其延时闭合常开触点闭合, 接触器 KM_3 得电吸合, 其主触点闭合将起动电阻 R_2 短接, 起动过程结束, 电动机进入全压正常运行。

停机时, 按下停止按钮 SB_2 , 接触器 KM_1 失电释放, 其常闭辅助触点闭合, 欠电压继电器 KA 得电吸合, 其常开触点闭合, 制动接触器 KM_4 得电吸合, 其主触点闭合, 将制动电阻 R_b 并联在电枢两端, 这时因励磁电流未变, 因而产生制动转矩, 使电动机迅速停转。在电枢反电动势低于欠电压继电器 KA 释放电压时, KA 释放, 又使接触器 KM_4 失电释放, 制动过程结束。

21. 电枢串接电阻起动能耗制动正反转线路

如图 5-32 所示。该线路具有两级起动电阻, 由时间继电器控制起动电阻切除; 由主令开关 SA 控制电动机正反转运行; 停机时, 采用能耗制动。

工作原理: 起动过程与本章第四节 11. (1) 相同。当主令开关 SA 置于“正转”位置时, 接触器 KM_1 得电吸合, 其主触点闭合, 电枢电压为左正右负。当 SA 置于“反转”位置时, 接触器 KM_2 得电吸合, 其主触点闭合, 电枢电压为左负右正, 这样就改变了电枢电压的极性, 而励磁绕组的电流方向未变, 从而实现了反转制动。

如将主令开关 SA 置于“正转”“3”档, 这时接触器 KM_5 、 KM_4 得电吸合, 正转接触器 KM_1 得电吸合, 正向制动继电器 KA_1 得电吸合并自锁, 为制动接触器 KM_6 吸合做好准备, 同时 KA_1 常闭触点断开, 实现与反转接触器 KM_2 连锁。

停机时, 将主令开关 SA 置于“0”位, 则 KM_1 失电释放, 电动机电枢回路脱开电源, 由于电动机因惯性仍按原方向旋转, 电枢导体切割磁场而产生感应电动势, 使 KA_1 中仍有电流通过而不释放, 同时由于 KM_1 的常开辅助触点断开, KM_6 得电吸合, 其主触点闭合, 将制动电阻 R_b 并联在电枢两端, 因而产生制动转矩, 使电动机迅速停转。在电枢反电动势低于欠电压继电器 KA_1 释放电压时, KA_1 释放, 制动过程结束, 电路恢复原始状态。

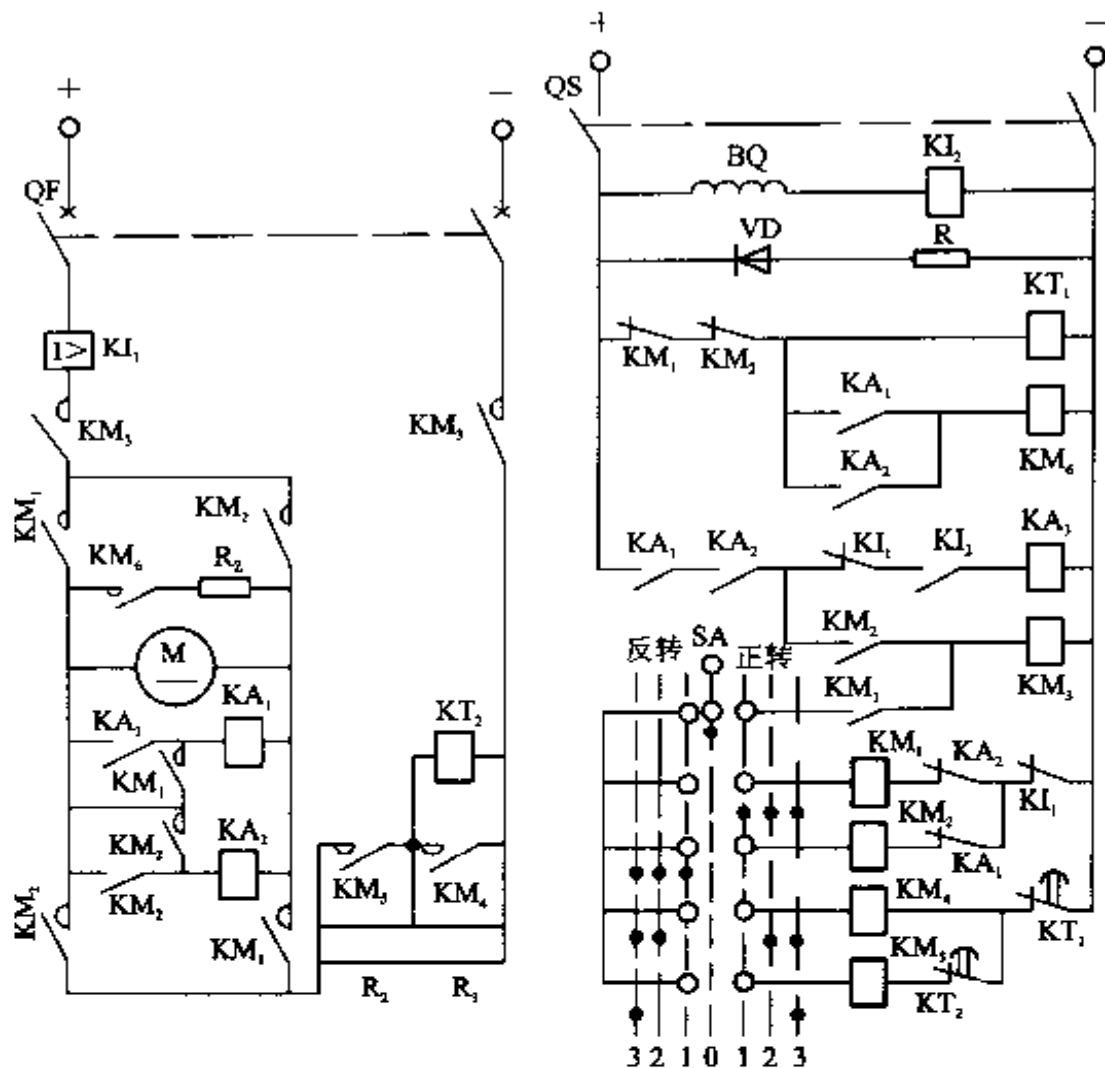


图 5-32 带能耗制动的正反转控制线路

若电动机原来为反转运行,其停机的制动过程与上述过程相似,不同的只是利用欠电压继电器 KA_2 来控制而已。

当主令开关 SA 从正转扳到反转时,线路本身也能保证先进行能耗制动,后改变转向。因为欠电压继电器 KA_1 在制动结束以前一直吸合着,其常闭触点一直断开,故即使 SA 置于“3”档,反转接触器 KM_2 仍断电不会吸合。当 SA 从反转扳到正转时,情况类似。

22. 反接制动线路

直流电动机反接制动,就是在直流电动机运行时,励磁不变,突然将电枢电源反接,由于反接后的电源电压极性和电动机的反

电动势极性相同,在电枢回路中产生较大的反向制动电流,从而使电动机迅速制动停转。

直流电动机反接制动的特点与异步电动机反接制动相似。制动开始时直流电动机电枢上相当于施加 2 倍额定电压,为防止初始制动电流过大,需串入较大阻值的电阻,因此能耗较大。制动到转速接近零时,应立即切断电源,否则有自动反向起动的可能。

反接制动适用于经常正反转的机械,如轧钢车间辊道及其它辅助机械。一般串励电动机多采用反接制动。

直流电动机反接制动线路如图 5-33 所示。

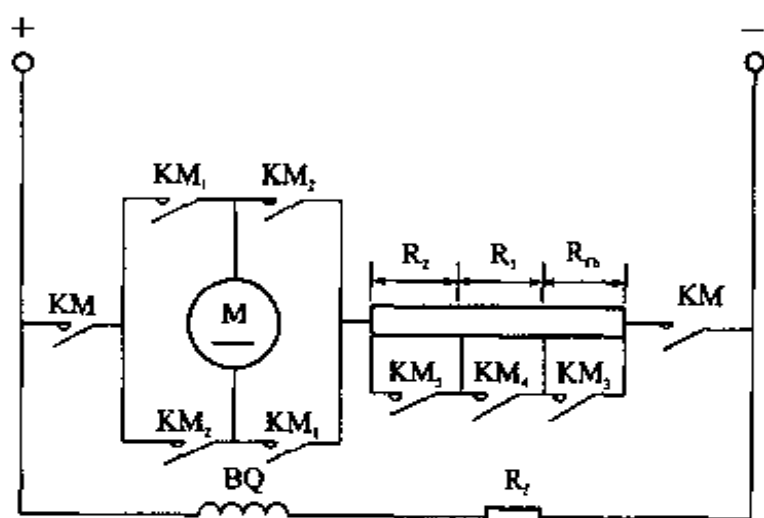


图 5-33 直流电动机反接制动线路

当反接制动时,正转接触器 KM_1 触点断开,反接制动接触器 KM_3 触点断开,反转接触器 KM_2 触点闭合。

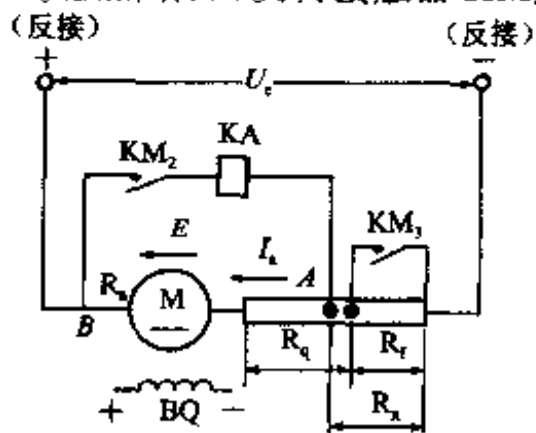


图 5-34 反接继电器整定线路

反接继电器的整定线路如图 5-34 所示。

反接继电器 KA,当反接制动开始时,将反接制动电阻 R_1 接入电枢回路;而当制动到电动机转速接近零时,将反接制动电阻 R_1 短接。继电器 KA 线圈的连接点 A,由 R_2 的电阻值来决定。

$$R_x = R/2 = (R_q + R_f)/2$$

上式表示继电器 KA 连接点 A, 在总电阻值 R 的一半处。继电器 KA 的吸合电压一般整定在 $(0.4 \sim 0.45)U_e$ 。

反接制动电阻值 R_f 的选择:

$$R_f = \frac{2U_e}{I_{zmax}} - (R_s + R_q) \quad (\Omega)$$

式中 U_e ——电枢额定电压(V)

I_{zmax} ——允许最大的反接制动电流(A), 取决于电动机允许的电流过载倍数, 一般取 $I_{zmax} = (2 \sim 2.5)I_c$;

I_c ——电动机额定电流(A);

R_q ——起动电阻(Ω);

R_s ——电动机电枢电阻(Ω)。

23. 电枢串接电阻起动反接制动正反转线路(一、二)

(1)线路之一。如图 5-35 所示。该线路具有两级起动电阻, 由时间继电器控制起动电阻的切除; 由主令开关 SA 控制电动机的正反转运行; 停机时, 采用反接制动, 反接制动是按电动机的转速大小进行自动控制的。该线路对串励式、并励式及复励式直流电动机均适用。

图中, R_2 、 R_3 为起动电阻; R_1 为反接欠电压电阻, 在反接制动过程中接入电枢回路, 以限制反接制动电流。当电动机转速从零要反向起动时, R_1 被短接, 不影响正常的反向起动; R_4 为放电电阻; KM_1 为正转接触器; KM_2 为反转接触器; KM_3 为主电路(电枢)接触器; KM_4 为反接制动接触器, 电动机正常起动、运行时, 要求 KM_4 吸合, 使 R_1 被短接, 在电动机反接制动时, 要求 KM_4 释放, 使 R_1 被接入电枢回路, 当转速制动到零开始反向起动时又要求 KM_4 吸合, 将 R_1 短接; KA_1 、 KA_2 为反接欠电压继电器, 用它们的常开触点控制 KM_4 的动作, 从而达到 R_1 适时被短接的目的。例如, 当主令开关 SA 从“正转”直接扳到“反转”时, 正转接触器 KM_1 释放, 反转接触器 KM_2 吸合。这时要求欠电压继电器 KA_2 处于释

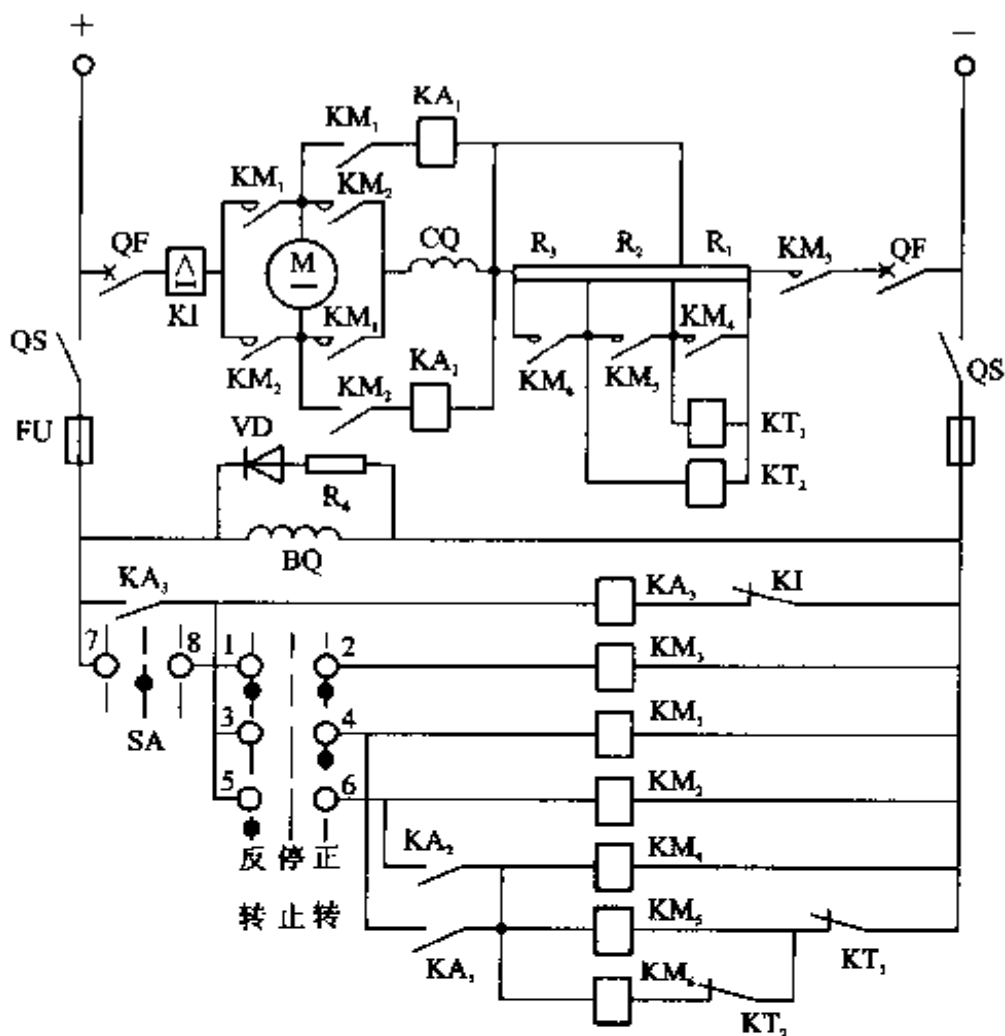


图 5-35 电枢串接电阻起动反接制动的正反转线路(之一)

放状态,使 KM_4 释放,同样,接触器 KM_5 、 KM_6 也处于释放状态,此时电枢回路接入全部电阻进行反接制动。当电动机转速下降到零时,要求 KA_2 吸合,使 KM_4 吸合,其主触点闭合,短接反接电阻 R_1 ,此后电动机开始反向起动运行。

为了使欠电压继电器 KA_1 和 KA_2 满足以上要求,应具备以下条件:

①反接电阻的阻值 R_1 应等于起动电阻 R_3 与 R_2 阻值之和,即: $R_1 = R_2 + R_3$;

② KA_1 、 KA_2 线圈应跨接在电枢 M 端和电阻中间抽头 E 点之间。

工作原理:合上主电路断路器 QF 和控制回路电源开关 QS, 将主令开关 SA 置于“0”位。继电器 KA₃ 得电吸合并自锁。

将 SA 置于“正转”位置时,1-2、3-4 触点闭合,接触器 KM₃、KM₁ 得电吸合,电动机电枢串入全部电阻启动运行。欠电压继电器 KA₁ 在达到吸合电压后吸合,其常开触点闭合,反接制动接触器 KM₄ 得电吸合,其主触点闭合,短接电枢回路的第一级电阻 R₁,电动机继续升速。同时,短接了时间继电器 KT₁ 的线圈,KT₁ 失电,经过一段延时后,其延时闭合常闭触点闭合,加速接触器 KM₅ 得电吸合,其主触点闭合,短接了第二级电阻 R₂,电动机再次升速。同时,时间继电器 KT₂ 线圈被短接而释放,经过一段延时后,其延时闭合常闭触点闭合,加速接触器 KM₆ 得电吸合,其主触点闭合,短接了第三级电阻 R₃,电动机又再次升速,进入全压正常运行。

如要反转,将主令开关 SA 从“正转”扳到“反转”位置,3-4 触点断开,接触器 KM₁、KM₄、KM₅、KM₆ 相继失电释放,5-6 触点闭合,反转接触器 KM₂ 得电吸合,电动机在反向电源下,带全部电枢电阻进行制动。在制动过程中,欠电压继电器 KA₂ 一直处于释放状态,其常开触点断开,反接制动接触器 KM₄ 失电释放,使得电动机无法自动反向启动。待电动机制动后,转速接近零时,KA₂ 的常开触点吸合,相继 KM₄ 得电吸合,这样,电动机就反向自动切除电枢电阻启动运行。

图中二极管 VD 和放电电阻 R₄ 形成放电回路,以防止励磁绕组在电源断开瞬间产生很大的自感电动势而烧坏电器元件。

电枢回路中串接的过电流继电器 KI 作过载和短路保护。

(2)线路之二。如图 5-36 所示。该线路的性能与图 5-35 类似,只不过用按钮代替主令开关而已。

图中,R₁、R₂ 为启动电阻;R₃ 为反接制动电阻;R 为放电电阻;SB₁ 为正转按钮;SB₂ 为反转按钮;SB₃ 为停止按钮;KM₁ 为正转接触器;KM₂ 为反转接触器;KM₃ 为反接制动接触器;KM₆、KM₇ 为

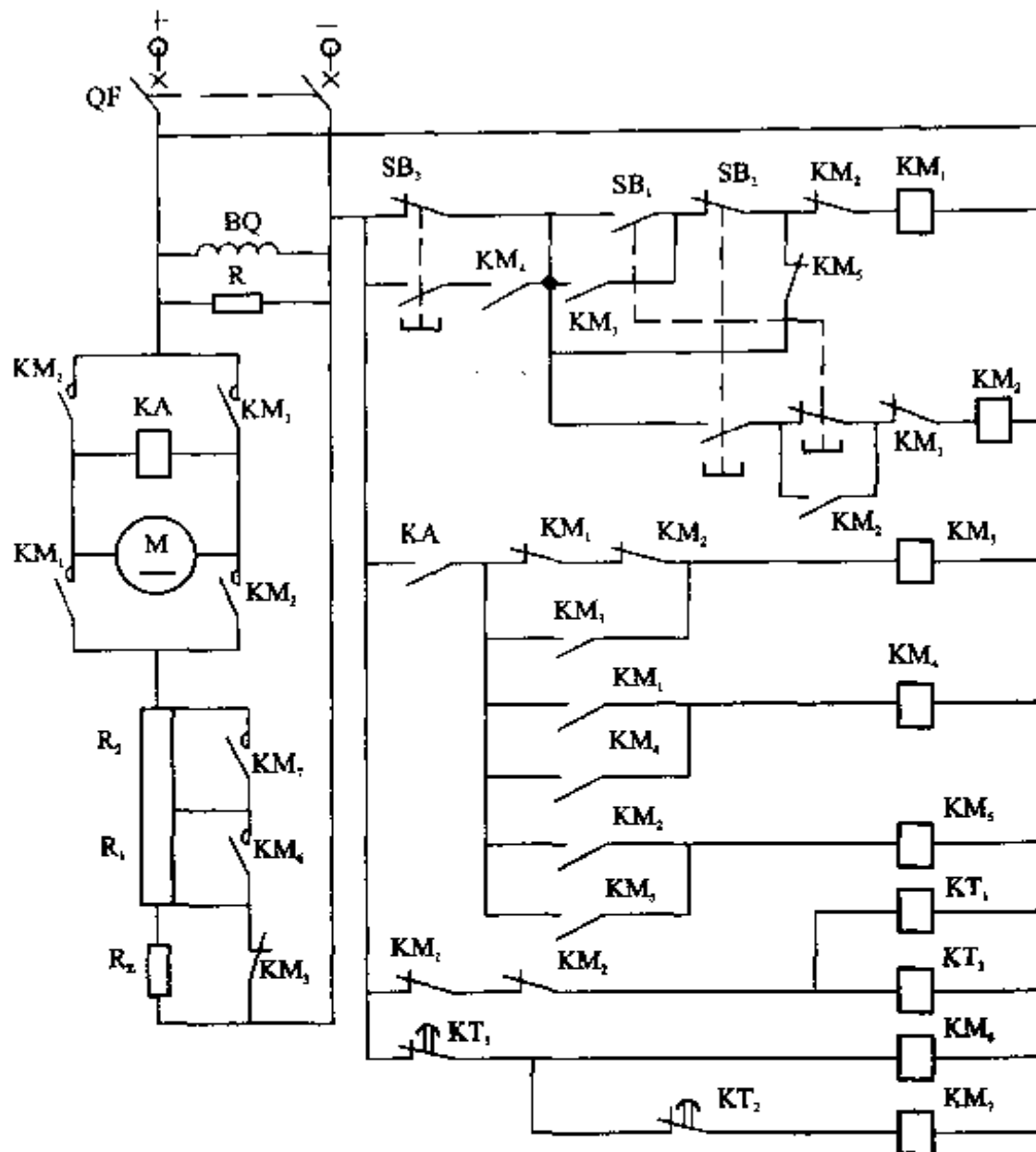


图 5-36 电枢串接电阻起动反接制动的正反转线路(之二)

加速接触器。

工作原理：合上电源断路器 QF，励磁绕组 BQ 得电励磁。同时，时间继电器 KT_1 和 KT_2 线圈通电，它们的延时闭合常闭触点断开，接触器 KM_6 、 KM_7 失电释放。时间继电器 KT_2 的延时时间整定大于 KT_1 的延时时间，此时电路处于准备起动状态。

如要正转，按下正转起动按钮 SB_1 ，接触器 KM_1 得电吸合并自锁，其主触点闭合，在电动机电枢回路中串入电阻 R_1 和 R_2 ，降

压起动、正转运行。 KM_1 常闭辅助触点断开,时间继电器 KT_1 、 KT_2 失电,经过一段延时后, KT_1 延时闭合常闭触点闭合,加速接触器 KM_6 得电吸合,其主触点闭合,短接起动电阻 R_1 ,电动机继续升速;又经过一段延时, KT_2 延时闭合常闭触点闭合,加速接触器 KM_7 得电吸合,其主触点闭合,短接起动电阻 R_2 ,电动机再升速,并进入全压正常运行。

由于起动时电动机的反电动势等于零,欠电压继电器 KA 处于释放状态,其常开触点断开,接触器 KM_3 、 KM_4 (或 KM_5)均失电释放;当电动机起动后建立起反电动势,其值大于欠电压继电器 KA 的吸合电压时, KA 吸合,其常开触点闭合,接触器 KM_4 得电吸合并自锁,其常开辅助触点闭合,为反接制动做好准备。

停机时,按下停止按钮 SB_3 ,则正转接触器 KM_1 失电释放,电动机做惯性旋转,此时反电动势仍较高,欠电压继电器 KA 仍吸合着,因此 KM_1 释放后, KM_3 得电吸合并自锁。同时 KM_3 常开辅助触点闭合,反转接触器 KM_2 得电吸合,其主触点闭合,电枢通以反向电流,产生制动转矩。同时接在制动电阻 R_2 上的 KM_3 常闭触点断开,将 R_2 串入电枢回路,使电动机在串入制动电阻 R_2 的情况下进行反接制动而迅速停转。在电枢反电动势低于欠电压继电器 KA 的释放电压时, KA 释放,其常开触点断开,接触器 KM_3 失电释放,同时反接制动接触器 KM_4 和反转接触器 KM_2 也失电释放,电路恢复原始状态,准备下次起动。

如要反转,按下反转起动接触器 SB_2 即可,动作过程与正转的相同。

第六章 三相异步电动机保护线路

三相异步电动机的保护方式很多,按照保护装置安装方式分为外测法和内测法两种。保护装置安装在电动机外部,即外测法;保护装置安装在电动机内部,即内测法。保护装置按照安装方式分类见表 6-1。

表 6-1 保护装置按照安装方式分类

安 装 位 置	保 护 方 式	
安装在电动机内部 (内测法)	盘式温度继电器	
	温度继电器	速动双金属片
		正温度系数热敏电阻
安装在电动机外部 (外测法)	感应型过流继电器	
	双金属(过流)继电器	
	电动机用自动开关	双金属脱扣
		电磁脱扣
	电子式保护装置	
	熔断器	
	各种断相保护装置	
	红外线保护装置	
	轴承保护装置	

外测法保护电动机,一般不是直接测量电动机绕组温度,而是测量电动机的电流或电压,是间接检测方法。由于电动机烧毁的因素很多,用外测法保护电动机有时会造成拒动或误动作,所以可靠性不够理想。

内测法保护电动机,一般都直接测量电动机绕组温度,它能直接反映电动机绕组的发热状况,所以可靠性高,尤其采用 PTC 热

检测元件的保护装置,其保护功能更佳。

三相异步电动机保护线路原则上适用单相异步电动机和直流电动机。直流电动机除采取熔断器、热继电器保护外,还有励磁失磁保护及电枢过流保护。关于单相异步电动机的热保护电路在本章中做简要介绍,有关直流电动机的保护电路已在第五章第四节中一并介绍,本章不再赘述。

各类电动机保护装置各有其特点,表 6-2 列出各类保护装置性能。

表 6-2 各类保护装置性能

项 目	故 障 名 称											保护级别	
	过载	直接 断相	受潮	过压 欠压	堵转	短路	机械 故障	绝缘 老化	供变低压 侧断相	供变高压 侧断相	内部 断相	I 级	II 级
故障率(%)	25	30	6	3	18	5	6	2	1	1	3		
内 测 法	温度保 护器	○	√	○	○	√	○	○	√	×	√	×	×
	温度传感 保护器	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
外 测 法	熔断器	×	×	×	×	○	×	×	×	×	×	×	×
	普通热 继电器	○	√	×	√	√	×	×	×	×	×	×	×
	D 型热 继电器	○	○	×	√	√	×	×	×	×	√	×	×
	断相保 护器	√	○	×	×	×	×	×	×	×	√	○	×
	多功能 保护器	○	○	√	√	○	○	√	○	√	√	○	○

注:○表示起保护作用,√表示不可靠,×表示不起保护作用。

熔断器、自动开关、热继电器及过电流继电器(主要用于高压电动机)是三相异步电动机主要的保护装置。它们的选用见表 6-3。

表 6-3 主要保护装置的选用

元件类型	功能说明	选用方法
熔断器	做长期工作制电动机的起动及短路保护, 一般不作过载保护	<p>(1) 直接起动的鼠笼型电动机熔体额定电流 I_{re} 按起动电流 I_q 和起动时间 t_q 选取: $I_{re} = KI_q$ 式中: 系数 K 按起动时间选择: $K = 0.25 \sim 0.35$ (在 $t_q < 3s$ 时) $K = 0.4 \sim 0.8$ (在 $t_q = 3 \sim 6s$ 时)</p> <p>(2) 降压起动的鼠笼型电动机熔体额定电流 I_{re} 按电动机额定电流 I_{de} 选取: $I_{re} = 1.05I_{de}$</p>
自动开关	作电动机的过载及短路保护, 并可频繁地接通及分断电路	<p>(1) 自动开关的额定电流 I_{re} 按电动机额定电流 I_{de} 或线路计算电流 I_j 选取: $I_{re} \geq I_j$</p> <p>(2) 延时动作的过电流脱扣器, 其额定电流 I_{Te} 按电动机额定电流 I_{de} 选取: $I_{Te} = (1.1 \sim 1.2)I_{de}$</p> <p>(3) 瞬时动作的过电流整定值 I_{sd}, 应按大于电动机的起动电流 I_q 选取: $I_{sd} = (1.7 \sim 2.0)I_q$ 动作时间必须大于电动机起动或最大过载时间 对于可调式过电流脱扣器, 其瞬动整定值的调节范围为 (3~6) 或 (8~12) 倍脱扣器额定电流 I_{Te}, 不可调式为 (5~10) 倍</p>
热继电器	做长期或间断长期工作制交流异步电动机的过载保护和起动过程的过热保护, 不宜做重复短时工作制的鼠笼型和绕线式异步电动机的过载保护	<p>按电动机额定电流 I_{de} 选择热元件整定电流 I_{sd}, 即 $I_{sd} = (0.95 \sim 1.05)I_{de}$</p> <p>在长期过载 20% 时应可靠动作, 此外, 热继电器的动作时间必须大于电动机起动或长期过载时间 详细选择请见本章第二节</p>
过电流继电器	用于频繁操作的电动机起动及短路保护	<p>(1) 继电器额定电流 I_{re} 应大于电动机额定电流 I_{de}, 即 $I_{re} > I_{de}$</p> <p>(2) 动作电流整定值 I_{sd}, 对交流保护电器按电动机起动电流 I_q 计算, $I_{sd} = (1.1 \sim 1.3)I_q$; 直流继电器, 按电动机最大工作电流 I_{dmax} 计算, $I_{sd} = (1.1 \sim 1.15)I_{dmax}$</p>

第一节 热敏电阻保护线路

半导体热敏电阻属于嵌入式热保护元件,对温度很敏感,控温误差为 $\pm 5^{\circ}\text{C}$ 。它可靠性高、体积小(直径为 3.5mm)、安装方便、容易嵌入绕组,用它作感温元件能有效地反映电动机绕组的温度情况。

热敏电阻有负温度系数的热敏电阻(简称 NTC)和正温度系数的热敏电阻(简称 PTC)。前者,其电阻值随温度的上升而大幅度下降;后者,其电阻值随温度的上升而大幅度上升。NTC 热敏电阻保护线路的主要缺点是:当电压波动时,可能会引起误动作,为此,线路中需采用稳压电源;另外,当热敏电阻损坏断开时,电动机将继续运行。而 PTC 热敏电阻保护线路,具有工作时几乎不受电源电压波动的影响、一旦热敏电阻损坏断开时能切断电动机电源,以及控制电路简单等优点,因此被广泛地使用。

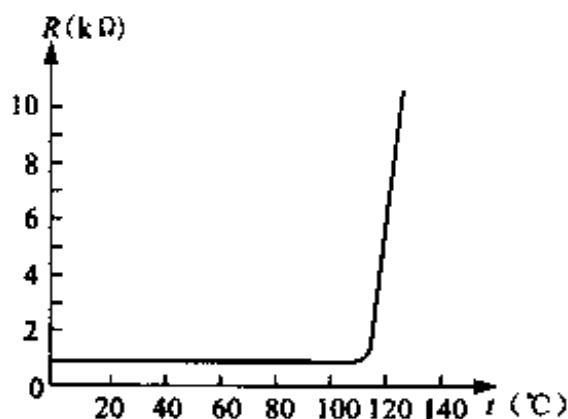


图 6-1 PTC 的电阻—温度特性

PTC 热敏电阻,是以钛酸钡或钛酸钡基因熔体为主晶相的半导体陶瓷材料,其重要性能是:当温度超过规定值(通称参考温度或动作温度)时,其电阻值急剧上升(达数十倍甚至上百倍)。PTC 的冷态电阻值不大,一般只有几十 Ω ,当温度增加到动作温度(也叫居里点)时,其阻值剧增到 $20\text{k}\Omega$ 左右。PTC 的电阻—温度特性如图 6-1 所示。

PTC 热敏电阻可以通过改变其内部成分(铅和锶),使其居里点在相当宽的范围内(从 -60°C 到 340°C)变动。

国产几种正温度系数热敏电阻的参数见表 6-4;负温度系数热敏电阻的参数见表 6-5。

表 6-4 正温度系数热敏电阻(PTC)的参数

参数名称	单位	RZK-95 °C	RRZWO-78 °C	RZK-80 °C	RZK-2-80 °C
25 °C阻值	Ω	18~220	≤ 240	50~80	≤ 360
$T_r + 20$ °C阻值	Ω	≤ 250	≤ 260	≤ 120	≤ 620
$T_r - 5$ °C阻值	Ω	≤ 450	≤ 380	≤ 500	—
$T_r + 5$ °C阻值	Ω	≥ 1000	≥ 600	≥ 1100	≥ 1900
T_r 阻值	Ω	≥ 550	≥ 400	≥ 500	≥ 4000

注： T_r 为其居里点温度。

表 6-5 负温度系数热敏电阻(NTC)的参数

名称	电阻值 (k Ω)25 °C	B 常数*	使用温度 范围	D. C. (kW/°C)	T. C. (s)
片状热敏电阻	(0.5~500) ± 1 , $\pm 3\%$	(3450~4100) ± 1 , $\pm 3\%$	-40~125	1~2	3~5
玻封热敏电阻	(2~1000) ± 3 , $\pm 5\%$	(3450~4400) ± 1 , $\pm 3\%$	-50~300	1~2	5~15
超小型热敏电阻	(1~300) ± 3 , $\pm 5\%$	(3450~3950) ± 1	-30~100	0.1~0.4	0.1~0.2 (水中)
超高精度热敏电阻	30~100	3950	-30~100	1~2	3~5
体温计、室温计 专用热敏电阻	(50~300) ± 1 , $\pm 3\%$	(3400~4100) ± 0.5 , $\pm 1\%$	-40~125	1~2	3~5
盘型热敏电阻	(2~100) ± 3 , $\pm 5\%$	(3950~4400) ± 2	-30~120	5	15

注：* 表示在 25 °C、50 °C 时算出；D. C. 表示热耗散常数；T. C. 表示热时间常数。

根据国际电工委员会(IEC)的要求,PTC 热敏电阻的温度—电阻特性允许值如下:当温度低于动作温度 20 °C 时,PTC 的电阻值应小于 250 Ω ;高于动作温度 15 °C 时,电阻值应大于 4k Ω 。

PTC 热敏电阻居里点温度用引线色标表示方法见表 6-6。

表 6-6 用引线色标表示的 PTC 热敏电阻居里点温度

居里点温度 $T_r(^{\circ}\text{C})$	90	100	110	120	130	140	150	160	170
色标	绿·绿	红·红	棕·棕	灰·灰	蓝·蓝	白·蓝	黑·黑	蓝·红	白·绿

1. 负温度系数热敏电阻 (NTC) 保护线路 (一~三)

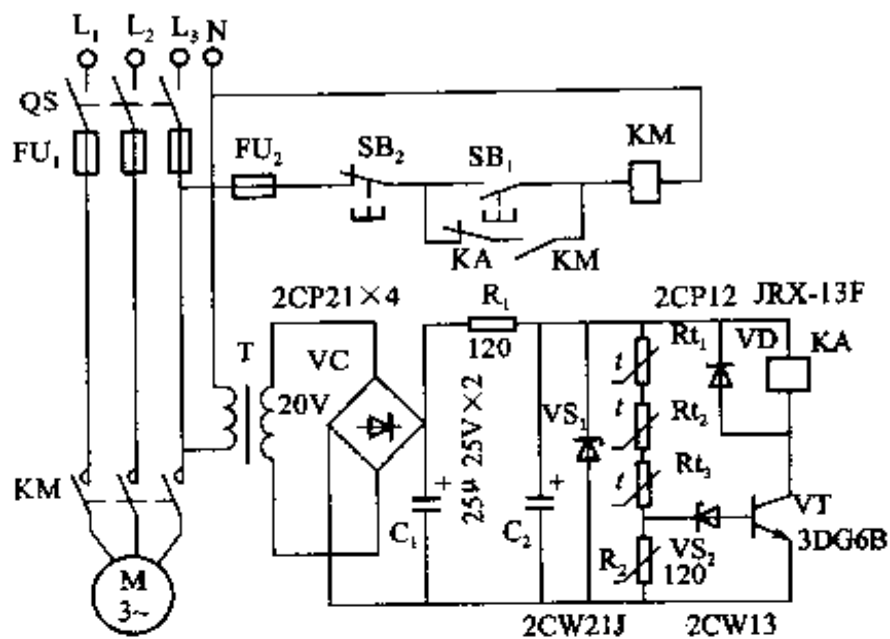
线路一~三如图 6-2(a)、(b)、(c) 所示。它是一个由单管放大器组成的开关电路。其中,图 6-2(b)、(c) 只画出保护线路,未画主线路。

工作原理:以图 6-2(a) 为例。热敏电阻 R_{t_1} 、 R_{t_2} 、 R_{t_3} 串联起来,作为三极管 VT 的偏流电阻。当电动机正常运转时,由于电动机温度不高,热敏电阻阻值较大,电阻 R_2 上的电压不大,稳压管 VS_2 不能击穿,三极管 VT 截止,中间继电器 KA 处于释放状态,其常闭触点是闭合的。当电动机发生过载、断相等故障而过热时,热敏电阻达到其动作温度,阻值急剧减小,小到一定值时,稳压管 VS_2 被击穿,三极管 VT 得到基极偏流而导通,KA 得电吸合,其常闭触点断开,接触器 KM 失电释放,切断电动机电源,电动机停转。

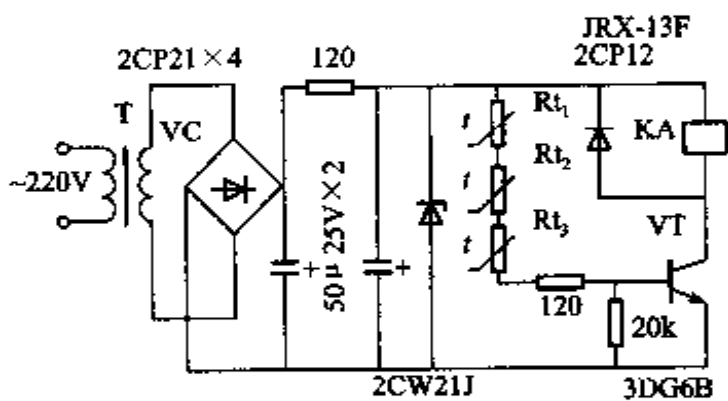
三个热敏电阻分别放在三相定子绕组中,紧贴漆包线,用环氧树脂粘固,电阻引线套上绝缘套管,从电动机接线盒引出。为了防止电气干扰造成继电器误动作,应将两根引线绞合在一起,再接到保护装置中。

元件选择:热敏电阻 R_{t_1} 、 R_{t_2} 、 R_{t_3} 可选用 RRC6 型或 MF-15 型 ($10\text{k}\Omega$, 20°C), 这种热敏电阻在 100°C 时约 $1\text{k}\Omega$, 110°C 时约 $0.6\text{k}\Omega$; 继电器 KA 可选用 JRX-13F 型或 HG4098 型灵敏继电器,额定电压为 12V 、内阻 400Ω 。

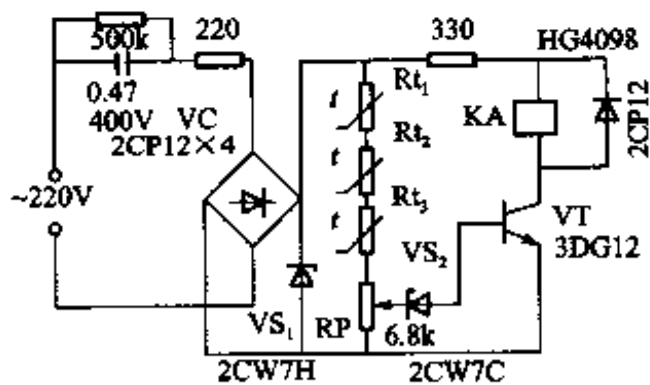
实践证明,这种保护方式,既能在长期小电流过负荷时动作,又能在大电流过负荷时动作。但当出现相当于起动状态的大电流过负荷时,由于保护装置时滞太大,而不能达到保护的日的。例如:



(a) 线路之一



(b) 线路之二



(b) 线路之三

图 6-2 NTC 三相异步电动机保护线路(一~三)

当 6 倍过负荷电流($6I_n$)时,从冷态开始的时滞为 150s;9 倍过负荷电流($9I_n$)时,时滞为 60s。

2. 正温度系数热敏电阻(PTC)保护线路(一~八)

(1)线路之一。如图 6-3 所示。该线路采用两个热敏电阻,一个(R_{t1})用作过载保护,另一个(R_{t2})用作报警。

工作原理:在常温下,PTC 热敏电阻阻值很小(约几欧姆),而接触器 KM 的静态电阻很高(如 CJ10-10 型为 600Ω),所以电动机启动时不会影响接触器的吸合。

当电动机过热时,一旦温度达到热敏电阻的居里点,其阻值剧增,使接触器 KM 线圈的电流低于其最小维持电流(如 CJ10-10 型的最小维持电流约 7mA)时,KM 释放,电动机停转。由于跳闸设在比 PTC 热敏电阻的居里点稍高一点,所以跳闸温度十分准确。又由于电动机到了设定温度时,PTC 呈现高电阻,所以决定接触器线圈电流的是 PTC,故不会因接触器跳闸感抗减少导致电流回升而重新吸合的触点跳动现象。当跳闸后必须使电动机冷却到适当温度,才能重新启动电动机,这样便保证了电动机的安全运行。

报警用热敏电阻 R_{t2} 的工作点温度应稍低于保护用热敏电阻 R_{t1} 的工作点温度。当电动机温度接近跳闸温度时, R_{t2} 先使继电器 KA 释放,其常闭触点闭合,电铃 HA 发出报警信号,告诉操作员减轻负载,以保证电动机安全连续运行。

PTC 元件可按以下公式选择(应符合以下几条要求):

$$\textcircled{1} \text{ 启动时 } U / \sqrt{(R_0 + R_j)^2 + (\omega L_0)^2} > I_0$$

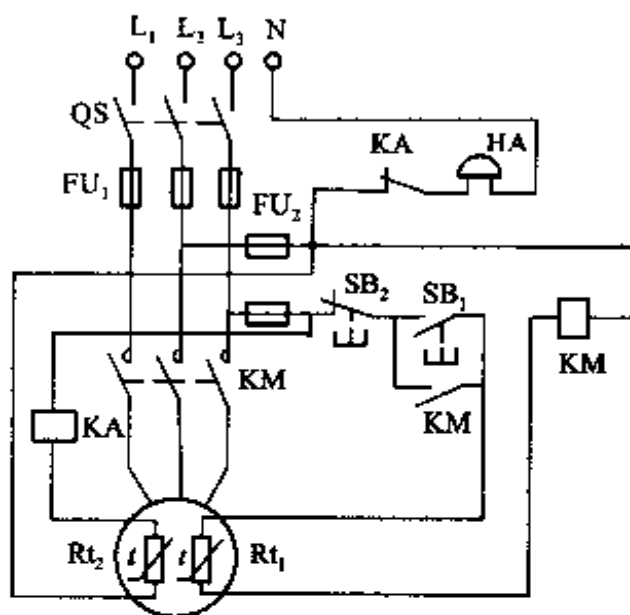


图 6-3 PTC 三相异步电动机保护线路(之一)

②当电动机已合闸,温度又未升至跳闸温度时

$$U / \sqrt{(R_1 + R_j)^2 + (\omega L_1)^2} > I_{\min}$$

③当温度升至等于或高于设定值时

$$U / \sqrt{(R_2 + R_j)^2 + (\omega L_1)^2} < I_{\min}$$

式中 U ——接触器额定电压(V);

I_0 ——接触器吸合电流(A);

I_{\min} ——接触器最小维持电流(A);

R_1 ——接触器线圈电阻(Ω);

R_0 ——PTC 在常温时的电阻(Ω);

R_1 ——PTC 温度稍低于设定值时的电阻(Ω);

R_2 ——PTC 在设定温度时的电阻(Ω);

ω ——电源角频率, $\omega = 2\pi f$;

L_0 ——吸合前接触器线圈电感量(H);

L_1 ——吸合后接触器线圈电感量(H)。

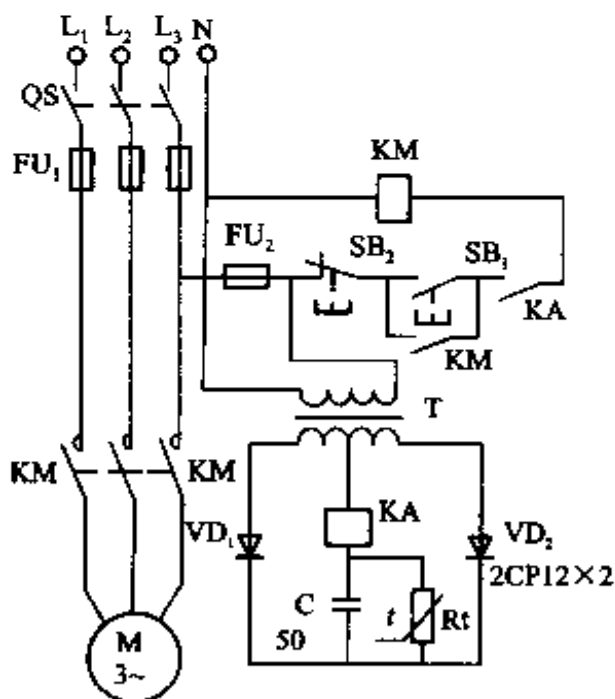


图 6-4 热敏电阻电动机
保护线路(之二)

(2)线路之二。如图 6-4 所示。该线路采用三个热敏电阻分别安放在三相定子绕组中。

工作原理:合上电源开关 QS 后,变压器 T 得电, PTC 中有电流流过。这时由于 PTC 电阻值较小,故电路中电流能使中间继电器 KA 吸合,其常开触点闭合,电动机可以起动。

当电动机过热时,一旦温度达到热敏电阻居里点时,其阻值剧增,通过 KA 的

电流下降,KA 释放,其常开触点断开,接触器 KM 失电释放,电动机停转。KA 可选用 JRXB-1 小型直流中间继电器。

(3)线路之三。线路如图 6-5 所示。三极管 VT_2 、 VT_3 采用 PNP 型三极管。

工作原理:由 PNP 型三极管 VT_2 、 VT_3 等组成共射极耦合触发器(即施密特触发器),相当于一个开关电路,以检测 PTC 热敏电阻阻值的变化,并控制中间继电器 KA 的动作。三个 PTC 热敏电阻(分别安放在定子三相绕组中)与二极管 VD_1 组成施密特触发器的输入电路。当电动机温度较低时,PTC 阻值很小,二极管 VD_1 阴极电位高,三极管 VT_2 基极电位高于发射极电位, VT_2 截止, VT_3 导通,中间继电器 KA 处于吸合状态,其常开触点闭合,电动机可以起动。

当电动机过热时,只要任一个 PTC 热敏电阻温度达到居里点时,其阻值剧增,二极管 VD_1 阴极电位低, VT_2 导通, VT_3 截止,中间继电器 KA 释放,其常开触点断开,接触器 KM 失电释放,电动机停转。

图中,由三极管(调整管) VT_1 、稳压管 VS 等组成简单的串联型稳压环节,适用于供电电压波动较大的场合。

(4)线路之四。如图 6-6 所示。该线路与图 6-5 线路相似,区别在于该线路中 VT_1 、 VT_2 采用 NPN 型三极管。

工作原理:由 NPN 型三极管 VT_1 、 VT_2 等组成施密特触发器。三个 PTC 热敏电阻与三只二极管 $VD_1 \sim VD_3$ 组成或门输入电路。当电动机温度较低时,PTC 阻值很小,二极管 $VD_1 \sim VD_3$ 阳极电位低或门无输出信号,三极管 VT_1 基极电位低于发射极电位, VT_1 截止, VT_2 导通,中间继电器 KA 吸合,其常开触点闭合,电动机可以起动。

当电动机过热时,只要任一个 PTC 热敏电阻温度达到居里点,其阻值剧增,二极管或门电路有输出,三极管 VT_1 基极得到正电位而导通, VT_2 截止,中间继电器 KA 释放,其常开触点断开,

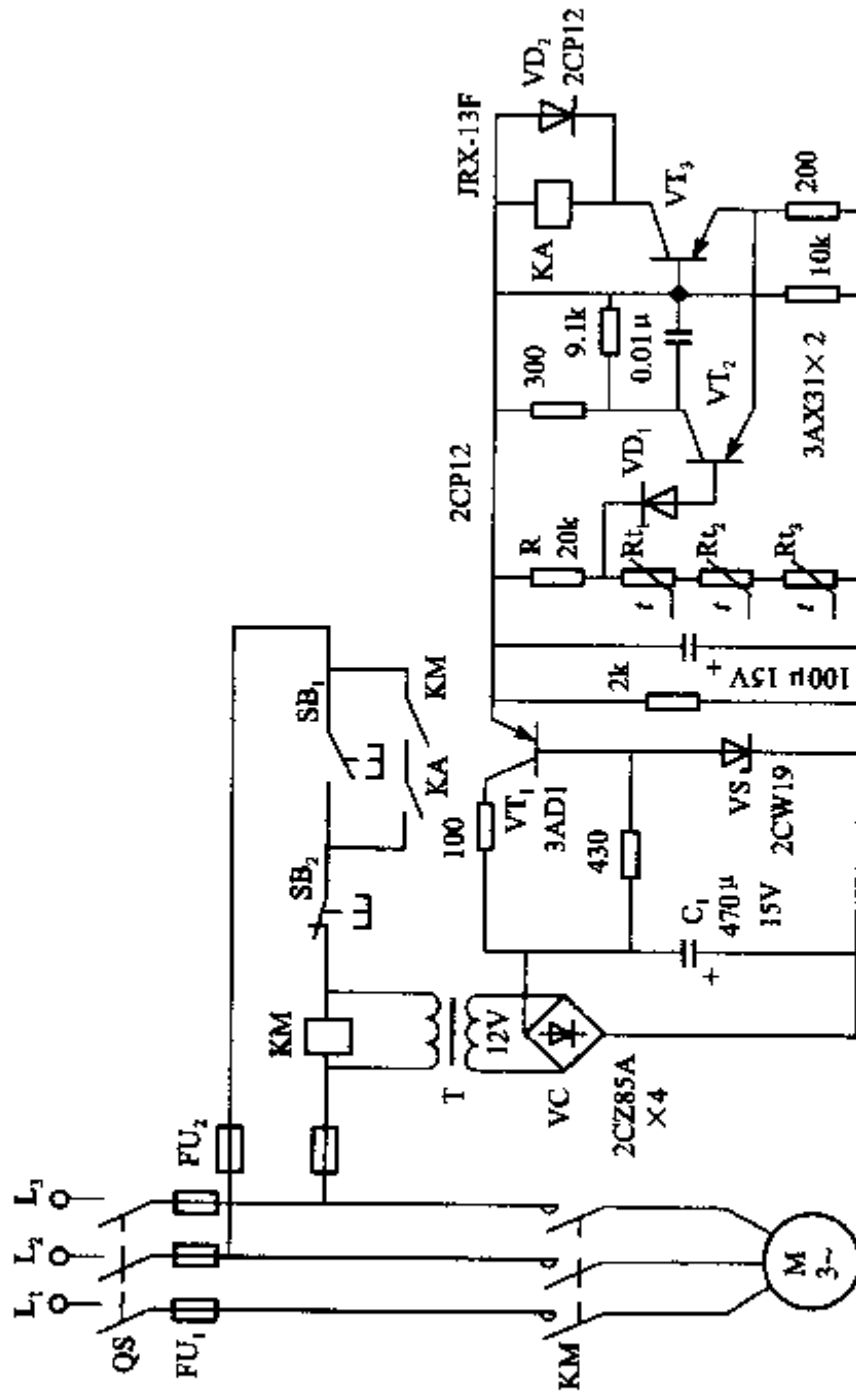


图 6-5 PTC三相异步电动机保护线路 (之三)

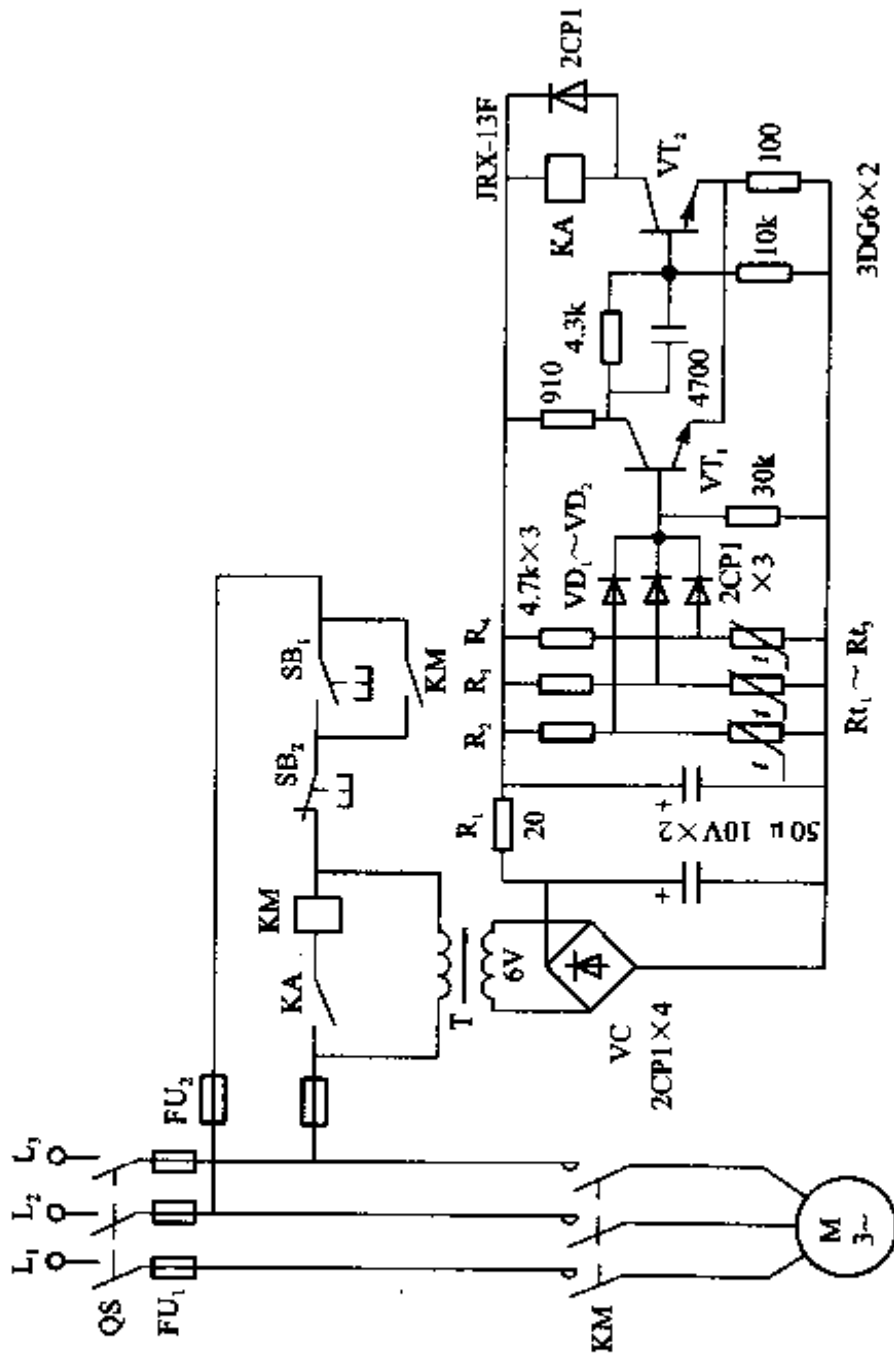


图 6-6 PTC三相异步电动机保护线路 (之四)

接触器 KM 失电释放,电动机停转。

图 6-5 和图 6-6 所示线路的不足之处是,电动机正常运行时中间继电器 KA 一直是吸合的。

(5)线路之五。如图 6-7 所示。该线路采用由德国研制的 PTC 热敏电阻保护装置。同时,该线路省去专用变压器,而利用接触器线圈为原绕组,另外再绕一副绕组代之(是否可绕,需由接触器导磁体结构而定)。此外,该线路采用双向晶闸管代替电磁式执行元件。

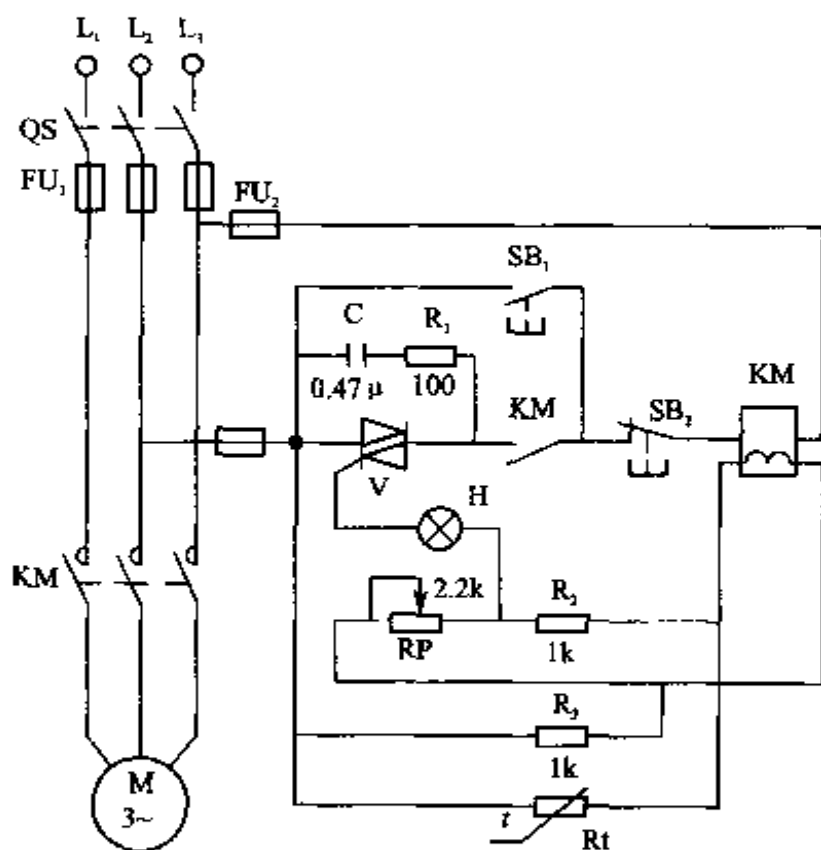


图 6-7 PTC 三相异步电动机保护线路(之五)

工作原理:合上电源开关 QS,按下起动按钮 SB₂,接触器 KM 得电吸合,其主触点闭合,电动机接入电源。与此同时,供电电压经附加绕组也加在电桥上(电桥由电阻 R₂、R₃ 和电位器 RP 及热敏电阻 R_t 组成)。因电桥不平衡,双向晶闸管 V 控制极有电流流过, V 触发导通,接触器 KM 经双向晶闸管和 KM 已闭合的常开辅助

触点供电。

当电动机过热时,PTC 热敏电阻阻值剧增,电桥出现不平衡状态,双向晶闸管 V 关断,KM 失电释放,电动机停转。

调节电位器 RP,可改变保护动作温度。在双向晶闸管回路中串入接触器 KM 常开辅助触点的目的是:防止在按下起动按钮 SB₁ 前,因偶然原因接通双向晶闸管而产生误动作。双向晶闸管控制极内串入一小型指示灯供指示用。

电阻 R₁ 和电容 C 为阻容吸收环节,用以保护双向晶闸管免受过电压冲击而损坏。

(6)线路之六。如图 6-8 所示。该线路也是利用双向晶闸管控制。

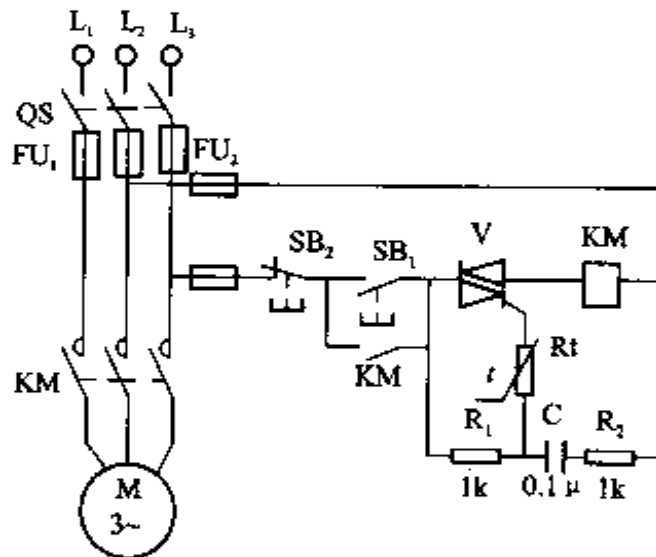


图 6-8 PTC 三相异步电动机保护线路(之六)

工作原理:合上电源开关 QS,按下起动按钮 SB₁,电动机正常时,PTC 热敏电阻阻值很小,电源电压经电阻 R₁、R_t 加到双向晶闸管 V 的控制极,V 触发导通,接触器 KM 得电吸合并自锁,电动机起动运行。

当电动机过热时,当 PTC 热敏电阻温度达到居里点,其阻值剧增,以致双向晶闸管控制极电流小于维持电流而关断,接触器 KM 失电释放,电动机停转。

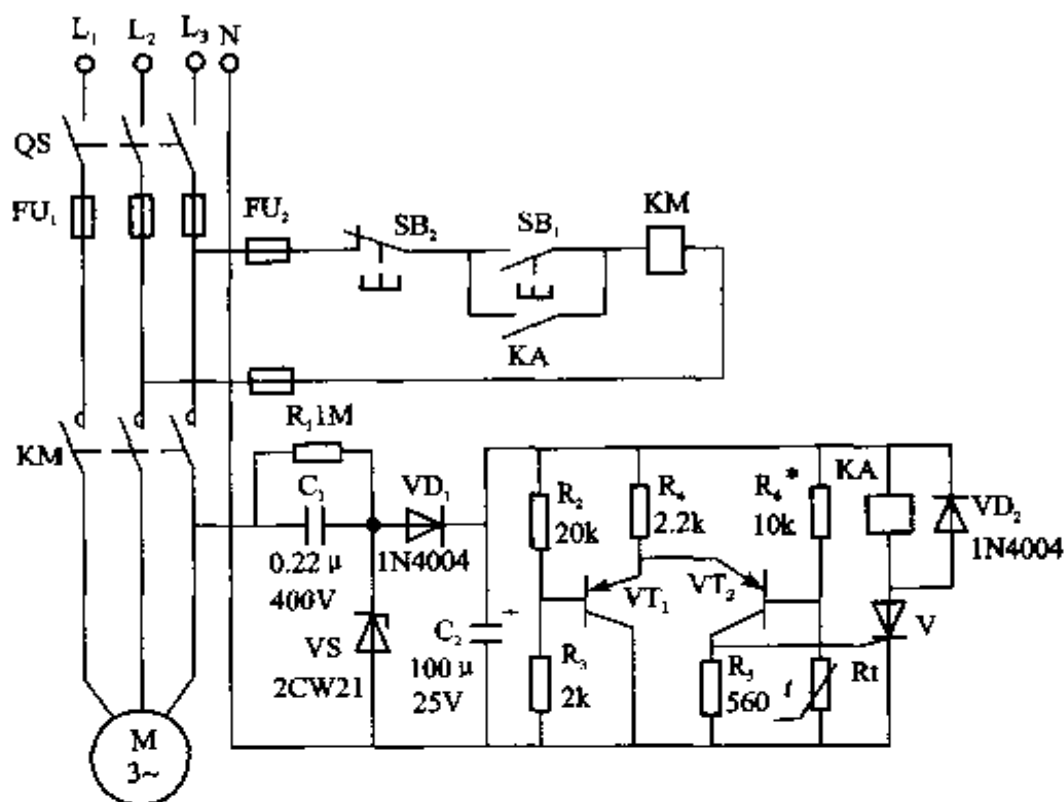


图 6-9 PTC 三相异步电动机保护线路(之七)

(7)线路之七。如图 6-9 所示。该线路采用晶闸管控制,属电流开关型温度保护线路。

工作原理:合上电源开关 QS,按下起动按钮 SB₁,接触器 KM 得电吸合,其主触点闭合,电动机起动运行。同时,保护装置得到电源,并经电容 C₁ 降压、稳压管 VS 稳压、电容 C₂ 滤波后,供给开关电路直流电源。三极管 VT₁ 的基极偏压由电阻 R₂、R₃ 决定;VT₂ 的基极偏压由电阻 R₆ 和 PTC 热敏电阻 Rt 决定。电动机正常运行时,Rt 的阻值很小,VT₂ 基极电位较发射极电位低,VT₂ 导通。其集电极电流在电阻 R₅ 上产生的电压降触发晶闸管 V,使其导通,中间继电器 KA 得电吸合,其常开触点闭合,作为接触器 KM 的自锁回路。

当电动机过热时,一旦温度达到 PTC 热敏电阻的居里点,Rt 阻值剧增,使三极管 VT₂ 的基极电位上升,VT₂ 截止。由于 R₄ 上电压降减少,三极管 VT₁ 导通。VT₁ 导通后,其发射极电位进一步

下降,从而使 VT_2 更可靠地截止,因此晶闸管控制极得不到触发电压而可靠地关断,继电器 KA 失电释放,其常开触点断开, KM 失电释放,电动机停转。

(8)线路之八。线路如图 6-10 所示。该线路采用晶闸管控制,用桥式电路控制温度,在接触器 KM 线圈外加绕次级绕组作为保护装置的电源。由热敏电阻 $R_{t_1}(R_{t_2},R_{t_3})$ 与电阻 $R_1(R_2,R_3)$ 串联组成的分压器,经二极管门电路(VD_1,VD_2,VD_3)与单晶体管 VT 的发射极相连,组成具有开关特性的桥式电路。

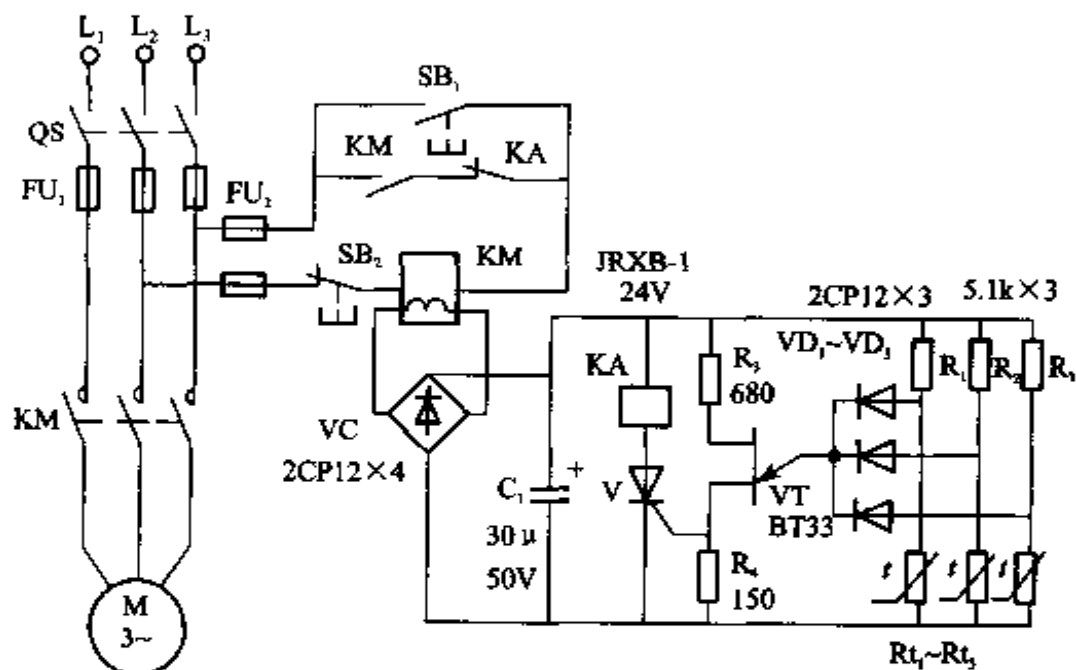


图 6-10 PTC 三相异步电动机保护线路(之八)

工作原理:合上电源开关 QS ,按下起动按钮 SB_1 ,接触器 KM 得电吸合并通过中间继电器 KA 的常闭触点自锁,电动机起动运行。由接触器 KM 二次侧绕组感应出电压,经整流桥 VC 整流,向保护装置供电。

电动机正常运行时,温度较低,热敏电阻 R_t 的阻值很小,因此门电路二极管正极电位较低, $VD_1 \sim VD_3$ 均不导通,电容 C_1 上电压很小,单晶体管 VT 不工作,电阻 R_4 上无电压输出,晶闸管 V 处于关闭状态,中间继电器 KA 释放。

当电动机过热时,一只温度达到热敏电阻的居里点, R_t 阻值剧增,只要有一个热敏电阻阻值剧增,便会导致与之对应的二极管的阳极电位显著上升,电容 C_1 便通过该二极管充电。当电容 C_1 上的电压达到单结晶体管的峰点电压时, VT 导通。由电阻 R_4 输出脉冲电压给晶闸管 V 的控制极, V 导通,中间继电器 KA 吸合,其常闭触点断开,接触器 KM 失电释放,电动机停转。

3. 正温度系数热敏电阻(PTC)单相异步电动机保护线路

如图 6-11 所示。该线路利用 PTC 热敏电阻作电动机绕组的感温元件,来控制双向晶闸管的通断。

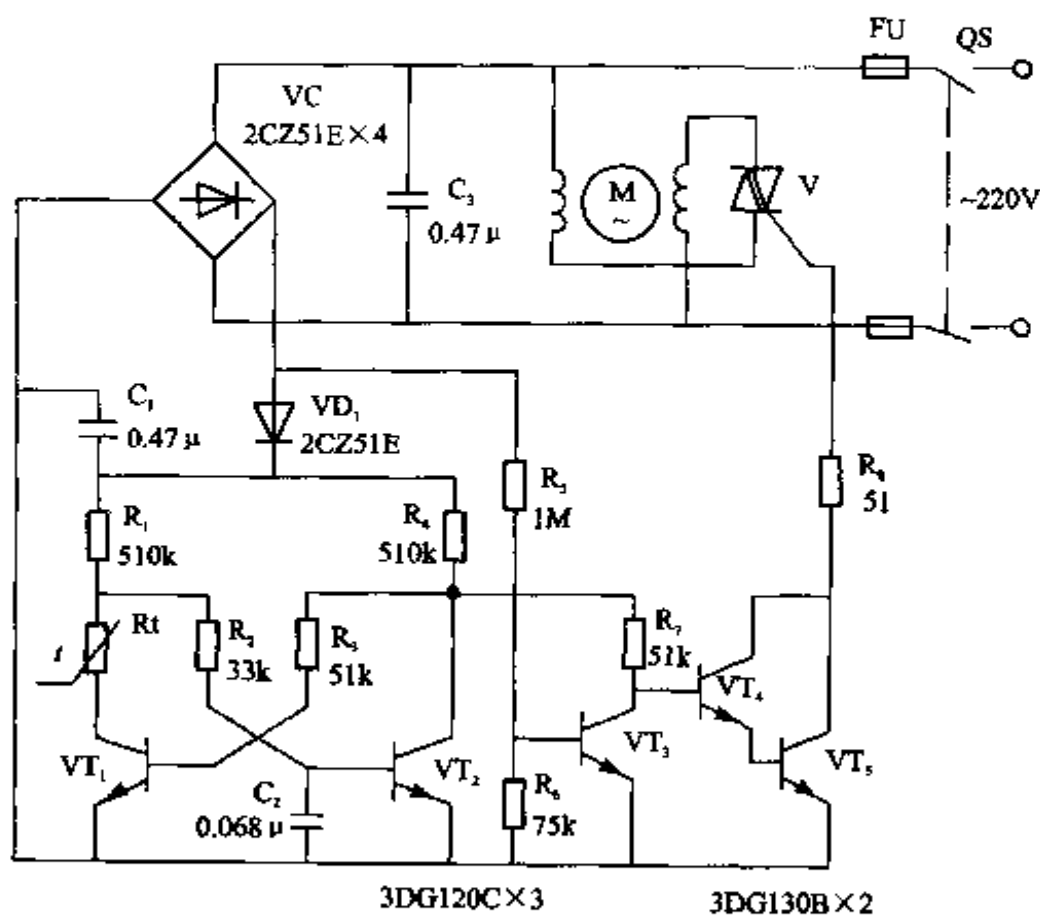


图 6-11 PTC 单相异步电动机保护线路

工作原理:由三极管 VT_1 、 VT_2 组成触发器。电容 C_2 和较小阻值的热敏电阻 R_t 保证装置在接通电源后 VT_2 截止,因此复合三极管 VT_4 、 VT_3 导通,双向晶闸管 V 被触发导通。

分压电阻 R_3 、 R_4 保证三极管 VT_3 只有在电网电压半周开始时截止,而其它时间导通, VT_1 、 VT_2 截止。这样一来,触发器导通电流只有在电网电压半周开始(电压还很小)时才流过电阻 R_4 ,因此在该电阻上的耗散功率很小。

当电动机绕组温度升高到一定值时,嵌在绕组内的热敏电阻 R_t 阻值剧增,从而引起触发器翻转,即 VT_1 截止, VT_2 导通,三极管 VT_1 、 VT_2 因失去基极偏压而截止,双向晶闸管 V 截止,电动机停转。

只有当绕组和热敏电阻充分冷却和将电动机(包括保护装置)脱离电网并重新接入电网后,触发器才能翻转到初始状态。这样能消除当热敏电阻冷却后电动机自动地接入的可能性,因为电动机多次反复接入可能会造成热损坏。

第二节 热继电器保护线路

热继电器是一种过载保护继电器。将它的两个或三个发热元件串接在电动机的主电路中,当电动机过载时,流过热元件的电流增大,并使其发热,将靠近热元件的双金属片加热而定向弯曲,直至顶开脱扣器,使接触器的线圈失电而跳闸,从而达到保护电动机的目的。

热继电器作为电动机过载保护元件,具有结构简单、价廉、使用方便等优点。但热继电器的动作直接与电动机的定子电流有关,而电动机发热有一部分与定子电流无关,热继电器不能反应通风损坏、转子过热、电压上升或不对称引起铁损增加等造成的故障,而且热继电器还受周围环境温度的影响,有可能使它发生误动作。

然而,目前中小容量的电动机仍然广泛使用热继电器做过载保护。在今后一定时期内,使用热继电器做过载保护装置仍然是一种普遍应用的保护方式之一。

热继电器应根据电动机的工作环境、起动情况及负载性质来选择。

(1) 长期工作或间断长期工作电动机保护用热继电器的选择。

① 按电动机的起动时间选择。一般热继电器在 $6I_e$ 下的可返回时间与动作时间有如下关系 (I_e 为热元件额定电流)：

$$t_f = (0.5 \sim 0.7)t_d$$

式中 t_f —— 热继电器在 $6I_e$ 下的可返回时间 (s)；

t_d —— 热继电器在 $6I_e$ 下的动作时间 (s)。

按电动机的起动时间，选取 $6I_e$ 下具有相应可返回时间的热继电器，见表 6-7。

对于小惯性负荷，可返回时间大于 2s；对于大惯性负荷，可返回时间必须大于 5s。JR0、JR14、JR16 等系列热继电器通过 6 倍额定电流时，动作时间均大于 5s。JR9 系列热继电器为适应起动时间长的要求，结构上采用间接加热方式，其 6 倍整定电流时的动作时间大于 15s。

表 6-7 三热元件热继电器动作特性

序号	整定电流	动作时间		试验条件
1	$1.0I_e$	不动作		冷态
2	$1.2I_e$	<20min		热态
3	$1.5I_e$	<3min		热态
4	$6.0I_e$	可返回时间 t_f	$\geq 3s$ $\geq 5s$ $\geq 8s$	冷态
5	三元件热继电器如为二元件通电，则本表第 2 栏规定的整定电流允许升高 10%			

注：当试验地点海拔高度 $h \leq 1000m$ 时，试验的周围空气温度为 $40^\circ C$ 。

② 按电动机额定电流选择：

$$I_{zd} = (0.95 \sim 1.05)I_{de}$$

式中 I_{zd} ——热继电器整定电流(A);

I_{de} ——电动机额定电流(A)。

③按断相保护要求选择。对于Y形接法电动机,采用三极热继电器即可;对于△形接法电动机,应采用带断相运行保护装置的热继电器。

热继电器控制触点的通断能力见表6-8;断相保护动作特性见表6-9。

表 6-8 热继电器控制触点的通断能力

触点种类		常闭触点		常开触点	
工作电压(V)		220	380	220	380
额定电流(A)		5		1.5	
通断能力(A)	分断 $\cos\varphi=0.2$	3	2	—	
	接通 $\cos\varphi=0.2$	—		5	5

表 6-9 热继电器断相保护动作特性

序号	额定电流		动作时间	试验条件
	任意二元件	第三元件		
1	$1.0I_e$	$0.9I_e$	不动作	冷态
2	$1.15I_e$	0	<20min	热态(从序号1电流加热稳定后开始)

注:当试验地点海拔高度 $h \leq 1000\text{m}$ 时,试验的周围空气温度为 40°C 。

控制触点寿命:一般用途的热继电器为1000次。

复位时间:自动复位时间不大于5min,手动复位时间不大于2min。

电流调节范围:66%~100%,最大为50%~100%。

缺相时流过电动机各绕组的电流,见表6-12;热继电器中的电流以及热继电器的保护能力,见表6-10。

表 6-10 对于各种缺相情况热继电器保护能力

序号	电动机接线方式	负载率 (%)	动作条件 (参见图 6-12)	线电流的最大值 (对额定线电流的百分数) (%)	电动机绕组电流的最大值 (对额定相电流的百分数) (%)	流过热继电器的电流 (对整定电流的百分数) (%)		热继电器能否动作		
						二元件	三元件	二元件	三元件	带断相保护器
1	Y, Δ	100	正常三相	100	100	100	100	否	否	否
2	Y	100	x 点断路	173	173	173	173	能	能	能
3	Δ	100	y 点断路	173	200	173	173	能	能	能
4	Δ	100	z 点断路	150	150	87	150	否	能	能
5	Δ	80	z 点断路	120	120	69	120	否	尚能	能
6	Δ	85	y 点断路	147	170	147	147	能	能	能
7	Δ	78	y 点断路	135	156	135	135	能	能	能
8	Δ	66	y 点断路	114	132	114	114	否	否	否

注:热继电器能否动作根据表 6-7、表 6-9,即缺相时,二热元件热继电器按 132%,三热元件按 120%,带断相保护器按 115%来决定。

(2) 反复短时工作电动机保护用热继电器的选择。

可根据电动机的起动参数和通电持续率,按图 6-13 查得热继电器用于该电动机的每小时允许操作次数。图中所用符号含义见表 6-11。

表 6-11 热继电器反复短时工作选用图符号表

序号	符号	含义	计算式
1	k	选用系数	0.8~0.9
2	k_q	电动机起动电流倍数	$k_q = I_q / I_{de}$
3	k_d	电动机负载电流倍数	$k_d = I_1 / I_{de}$
4	t_1	电动机起动时间 (s)	...
5	I_{de}	电动机额定电流 (A)	...
6	TD	通电持续率 (%)	$TD = \frac{t_1 + t_2}{T} \times 100\%$
7	I_z	热继电器整定电流 (A)	...
8	k_z	热继电器整定电流倍数	$k_z = I_z / I_{de}$
9	I_q	电动机起动电流 (A)	...
10	I_1	电动机负载电流 (A)	...

注:选用图中取 $k=0.9$ 。

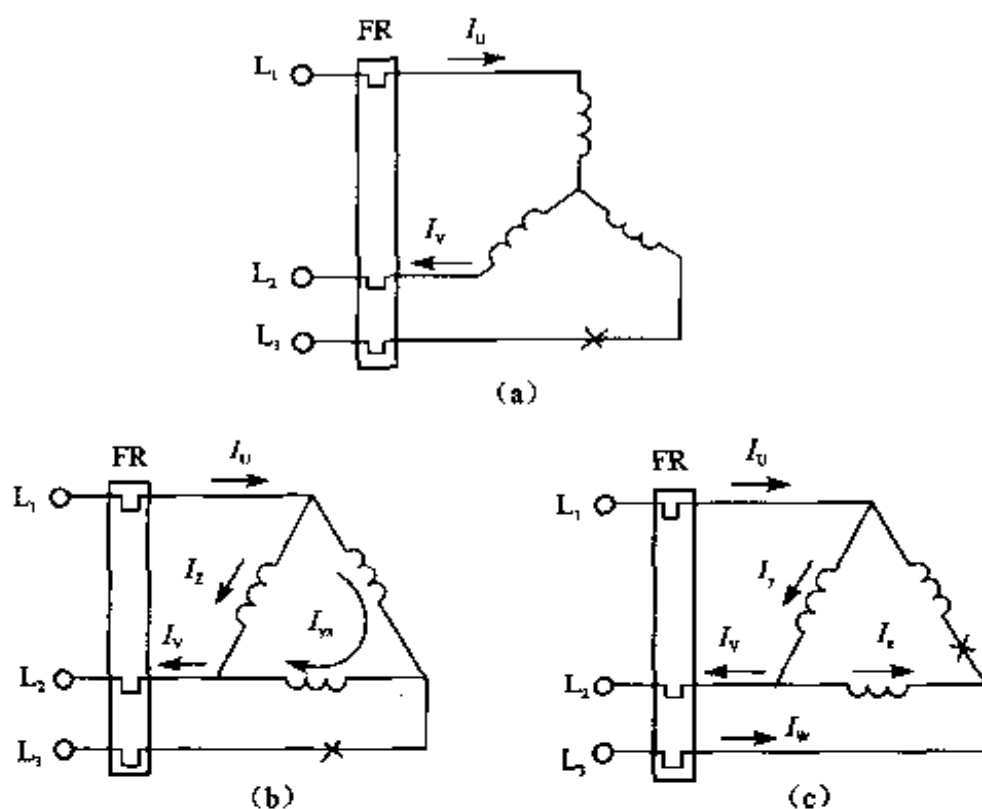


图 6-12 各种缺相情况

【例】 已知 $k_q=6.5$, $k_d=0.9$, $t_1=1.2\text{s}$, $k_z=1$, $TD=40\%$, 试求热继电器用于该电动机的每小时允许操作次数。

解 ①在 k_q/k_d 轴上取 $k_q/k_d=6.5/0.9=7.2$ (a 点), 在 t_1 轴上取 $t_1=1.2\text{s}$ (b 点), 连接 ab 。

②在 k_z/k_d 轴上取 $k_z/k_d=0.9/0.9=1$ (c 点), 连接 mc 。

③在 TD 轴上取 $TD=40\%$ (d 点), 作 de 平行于 mc , 交 k_z/k_d 轴于 e 点。

④过 e 作 ef 平行于 ab , 在 z 轴上交于 f 点, 得 $z=45$ 次/h。

因此热继电器用于该电动机每小时允许操作次数为 45 次/h。

4. 重负载起动热继电器保护线路(一~四)

对于惯性力矩大的负载(如鼓风机、卷扬机、空压机等), 电动机的起动时间较长(5s 以上), 为使热继电器在起动过程中不动作, 可采用如图 6-14 所示的几种线路。

图 6-14(a)为采用带饱和电流互感器的热继电器保护线路,

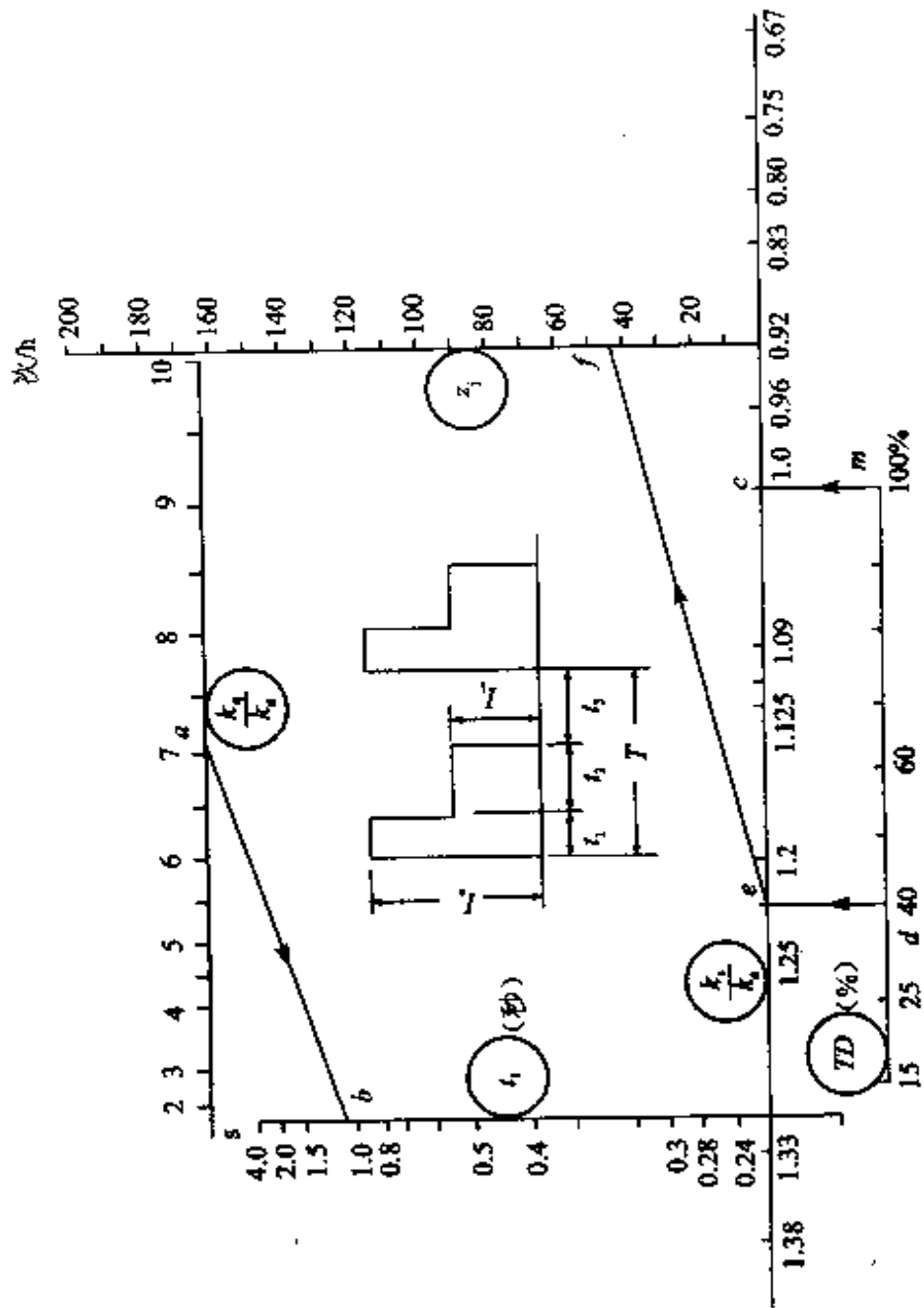
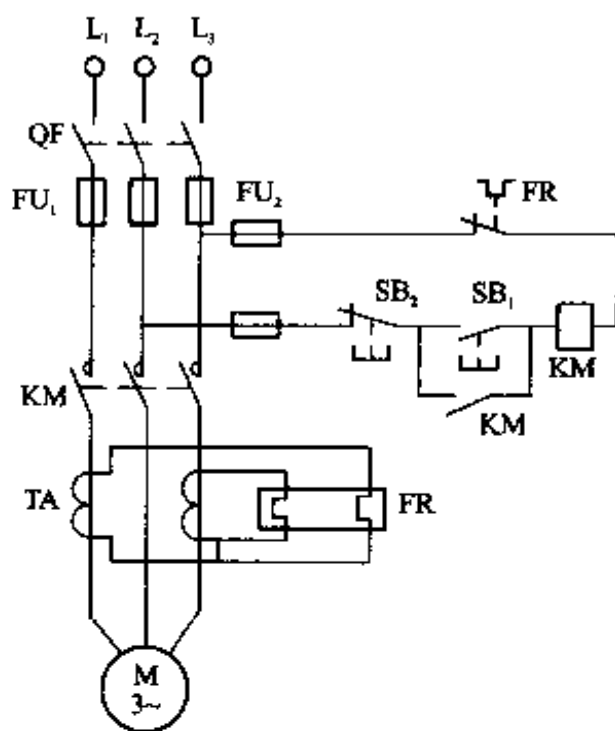
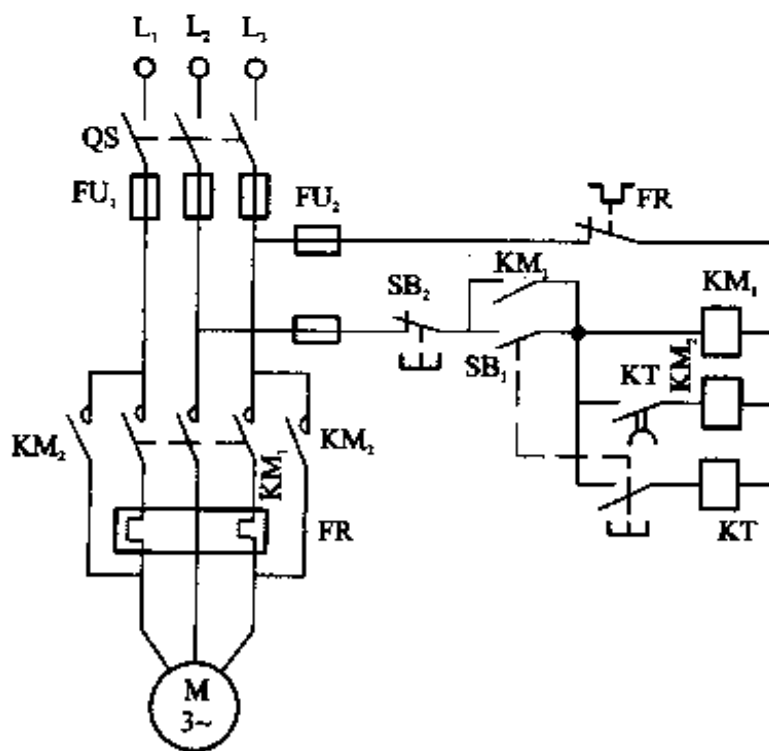


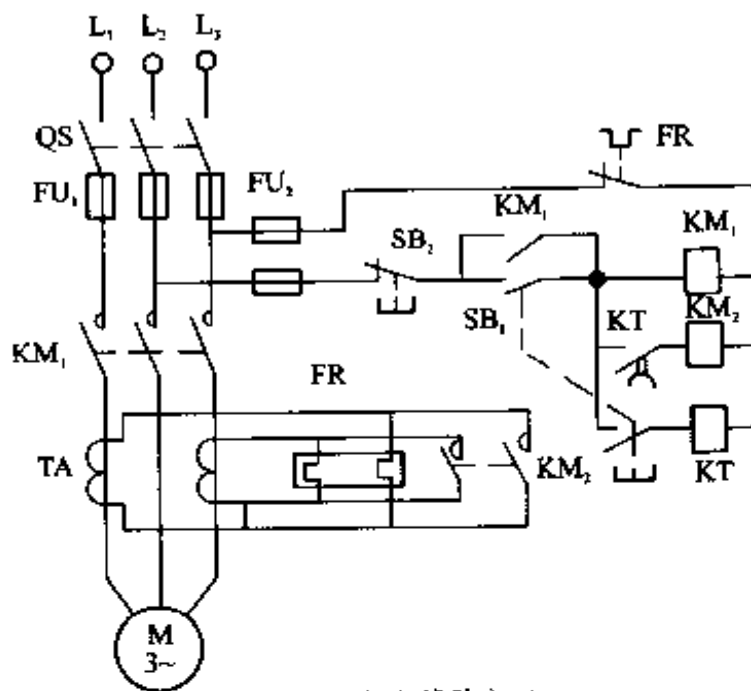
图6-13 热继电器反复短时工作每小时允许操作次数选用图



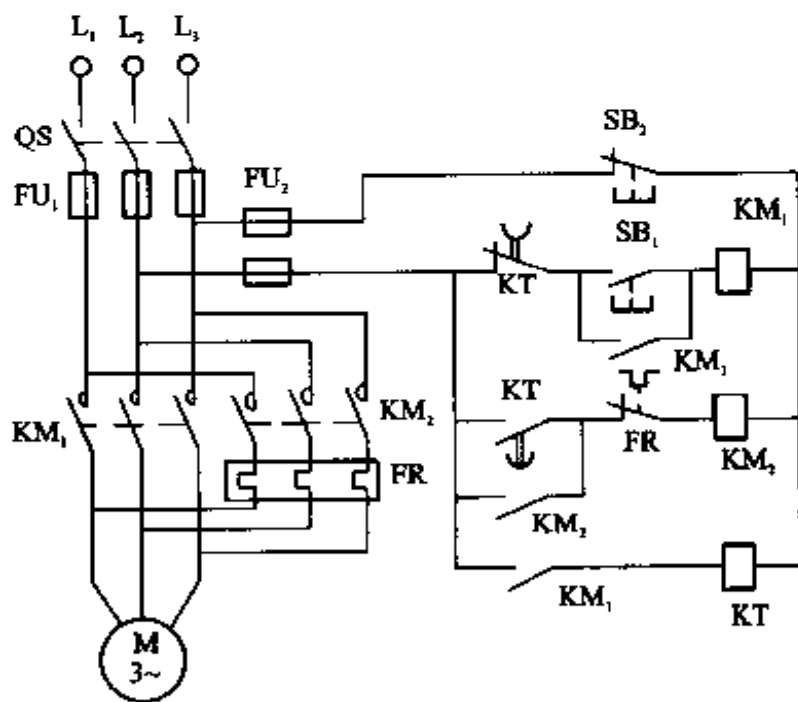
(a) 线路之一



(b) 线路之二



(c) 线路之三



(d) 线路之四

图 6-14 重负载起动三相异步电动机热继电器保护线路(一~四)

热继电器经过饱和电流互感器连入,起动时间为 20~30s,最长可达 40s。饱和电流互感器与普通电流互感器的主要区别是:铁芯具有较大磁通密度,其特性曲线不是线性的。就是说,饱和电流互感器的初级和次级电流比是不固定的,随电流大小而变化。初级电流大时,变比减小。

为了使普通热继电器适用于起动时间长的要求,可采用图 6-14(b)和图 6-14(d)线路。

图 6-14(b)所示的线路,起动时利用接触器把磁力起动器短接,起动后再断开接触器。

图 6-14(d)所示的线路,热继电器有三个发热元件,普通热继电器经电流互感器接入,起动时把电流互感器的次级短接。

图 6-14(c)所示的线路,热继电器经普通电流互感器接入,起动时利用接触器把热继电器短接。

上述(b)、(c)、(d)三个线路通过时间继电器控制起动时间,起动时间有较大的调整范围。但由于热继电器在起动时被短接,所以起动时热继电器不能起保护作用。它们主要用于反复起动或起动时不要求保护的线路。

第三节 断相保护线路

据国内不完全统计,断相事故占电动机事故总数的 70%~85%,因此必须十分重视电动机的断相保护。

由于在供电系统中普遍使用熔断器作短路保护,从而使电动机断相运行的可能性增大。为此,国际电工委员会(IEC)规定:凡是使用熔断器保护的地方,应设有防止断相的保护装置。

断相保护方式很多,但就其原理而言,不外乎断相检测保护和断相过热保护两种。前者,当断相发生后,立即检测到的电压、电流信号作用于执行元件,把电动机从电源上脱开或报警;当断相发生后,电动机仍在运行,直到温升超过极限值时才停转。从执行断相

保护的元件而言,有利用断相信号直接推动电磁继电器动作的电磁式断相保护;有利用断相信号,通过电子线路动作的电子式断相保护;有利用热继电器或热敏元件的断相保护等。

各种断相保护方式中,反应电流大小的保护比反应电压大小的保护好。因为当靠近电源进线侧(非电动机侧)断线时,电压保护不能很好地作出反应;当电动机为 Δ 形连接的绕组断相时,也不能作出反应。当缺相时,电流的变化较电压的变化更剧烈,不对称电流可达100%,而空载不对称电压只有6%~7%。所以由检测谐波电流信号组成的电流保护及电流滤序保护,能可靠地保护异步电动机断相运行。但其缺点是价格较高。

反应零序电压保护的优点是线路较简单。但由于零序电压大小与电动机容量及负载大小有关;此外,还要求躲过电源电压波动与电压不平衡引起的零序电压变化而产生的误动作。因此,保护装置参数选择较困难,这样就限制了其使用范围。

造成三相异步电动机断相的原因有以下四种情况:

- ①供电电源一相断路。
- ②定子绕组 Δ 形接线内部断路。
- ③供电电源变压器一次侧断线。
- ④多台电动机公用供电线一相断路。

其中①、④情况较为多见。

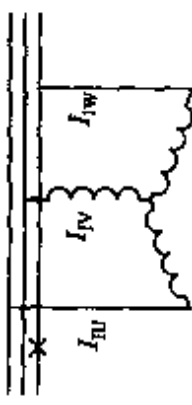
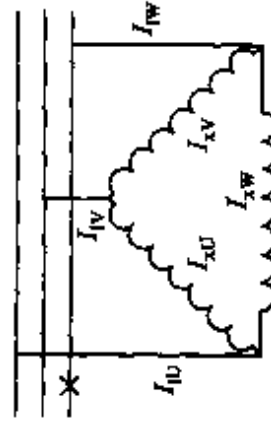
三相异步电动机断相时各绕组的电流情况见表6-12。

5. 熔丝保护线路(一~三)

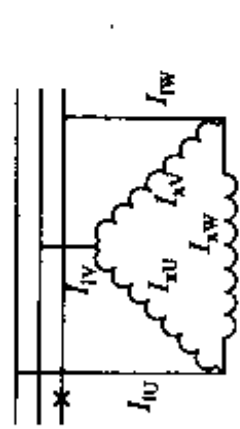
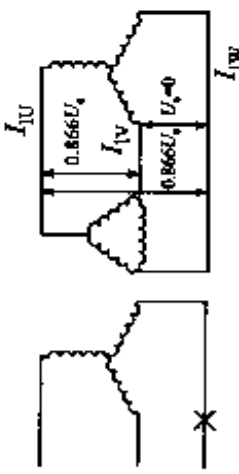
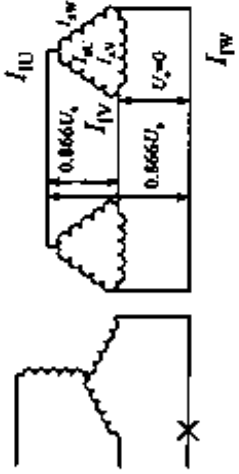
由于熔丝熔断造成电动机缺相运行的情况相当普遍,从而提出断丝电压保护方法。断丝电压保护方法只适用于因熔丝熔断而产生的断相运行,所以有较大的局限性。

熔丝熔断后,熔丝两端必定产生电压,它是由断路一相绕组产生的感应电势与电源相电压的矢量之差造成的。断丝电压的大小与电动机负载(转速)情况有关。断丝保护线路是在三相熔断器两端分别并联一只继电器,也可在一只继电器的铁芯上套三只线圈,

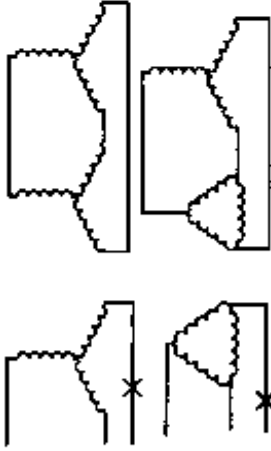
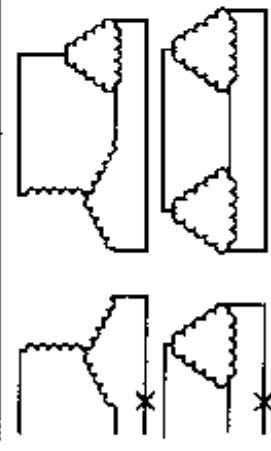
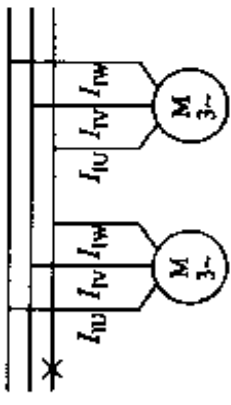
表6-12 异步电动机断相运行各绕组的电流情况

断相种类	电动机接线方式	启动前断相	运行中断相	
			满载 (100%)	轻载
编号 1		$I_{IU} = I_{IV} = 0.866I_{q0}$ $I_{IW} = 0$	$I_{IU} = I_{IV} = 2.2I_{ln}$ $I_{IW} = 0$ $I_{xU} = I_{xV} = I_{xW} = 2.2I_{ln}$ $I_{xW} = 0$	$I_{IU} = I_{IV} = I_{Ie}$ $I_{IW} = 0$ $I_{IU} = I_{IV} = 1.2I_{Ie}$ $I_{IW} = 0$
编号 2		$I_{IU} = I_{IV} = 0.866I_{q0}$ $I_{IW} = 0$ $I_{xV} = I_{xW} = 0.5I_{q0}$ $I_{xU} = I_{q0}$	$I_{IU} = I_{IV} = 2.2I_{ln}$ $I_{IW} = 0$ $I_{xV} = I_{xW} = 1.27I_{xe}$ $I_{xU} = 2.54I_{Ie}$	$I_{xU} = 1.14I_{xe}$ $I_{xV} = I_{xW} = 0.57I_{xe}$ $I_{IU} = I_{IV} = I_{Ie}$ $I_{IW} = 0$
供电线一相断路				

续表6-12

断相种类	电动机接线方式	起动前断相	运行中断相		
			满载 (100%)	轻载	
绕组断相		$I_{IU} = I_{qle}$ $I_{IV} = I_{IW} = 0.577 I_{qle}$ $I_{XU} = I_{XW} = I_{qle}$ $I_{YV} = 0$	$I_{IV} = I_{IW} = 1.09 I_{Ie}$ $I_{IU} = 1.9 = I_{Ie}$ $I_{XU} = I_{XW} = 1.9 I_{Ie}$ $I_{YV} = 0$	$I_{XU} = I_{XW} = I_{Xe}, I_{YV} = 0$ $I_{IU} = I_{Ie}$ $I_{IV} = I_{IW} = 0.575 I_{Ie}$	
			52%	$I_{XU} = I_{XW} = 1.2 I_{Ie}$ $I_{YV} = 0, I_{IU} = 1.2 I_{Ie}$ $I_{IV} = I_{IW} = 0.69 I_{Ie}$	$I_{IU} = I_{Ie}$ $I_{IV} = I_{IW} = 0.5 I_{Ie}$
			63%	$I_{IU} = 2.53 I_{Ie}$ $I_{IV} = I_{IW} = 0.5 I_{qle}$	$I_{IU} = 1.2 I_{Ie}$ $I_{IV} = I_{IW} = 0.6 I_{Ie}$
		$I_{IU} = I_{qle}$ $I_{IV} = I_{IW} = 0.5 I_{qle}$	$I_{IU} = 2.53 I_{Ie}$ $I_{IV} = I_{IW} = 0.5 I_{qle}$	$I_{IU} = I_{Ie}$ $I_{IV} = I_{IW} = 0.5 I_{Ie}$	
			39%	$I_{IU} = 2.53 I_{Ie}$ $I_{IV} = I_{IW} = 0.5 I_{qle}$	$I_{IU} = I_{Ie}$ $I_{IV} = I_{IW} = 0.5 I_{Ie}$
			47%	$I_{IU} = 2.53 I_{Ie}$ $I_{IV} = I_{IW} = 0.5 I_{qle}$	$I_{IU} = I_{Ie}$ $I_{IV} = I_{IW} = 0.5 I_{Ie}$
	$I_{IU} = I_{qle}$ $I_{IV} = I_{IW} = 0.5 I_{qle}$ $I_{XU} = I_{XW} = 0.866 I_{qle}$ $I_{YV} = 0$	$I_{IU} = 2.53 I_{Ie}$ $I_{IV} = I_{IW} = 1.26 I_{Ie}$ $I_{XU} = I_{XW} = 2.19 I_{Ie}$ $I_{YV} = 0$	$I_{IU} = I_{Ie}$ $I_{IV} = I_{IW} = 0.5 I_{Ie}$ $I_{XU} = I_{XW} = 0.866 I_{Ie}$ $I_{YV} = 0$		
		40%	$I_{IU} = 2.53 I_{Ie}$ $I_{IV} = I_{IW} = 1.26 I_{Ie}$ $I_{XU} = I_{XW} = 2.19 I_{Ie}$ $I_{YV} = 0$	$I_{IU} = I_{Ie}$ $I_{IV} = I_{IW} = 0.5 I_{Ie}$ $I_{XU} = I_{XW} = 0.866 I_{Ie}$ $I_{YV} = 0$	
		48%	$I_{IU} = 2.53 I_{Ie}$ $I_{IV} = I_{IW} = 1.26 I_{Ie}$ $I_{XU} = I_{XW} = 2.19 I_{Ie}$ $I_{YV} = 0$	$I_{IU} = I_{Ie}$ $I_{IV} = I_{IW} = 0.5 I_{Ie}$ $I_{XU} = I_{XW} = 0.866 I_{Ie}$ $I_{YV} = 0$	

续表6-12

断相种类	电动机接线方式	起动前断相	运行中断相	
			满载 (100%)	轻载
变压器一次侧断相		同编号1	同编号1	同编号1
		同编号2	同编号2	同编号2
公用母线断相		同编号1 或同编号2	由于电动机的电压不平衡，电动机定子绕组中产生较大的负序电流，可达±30%	

注：1.*三相运行时： I_{q1} ——额定起动线电流； I_{q0} ——额定起动相电流； I_N ——额定线电流； I_{xe} ——额定相电流。

2.*断相运行时： I_{U} 、 I_{UV} 、 I_{UV} ——线电流； I_{U0} 、 I_{UV} 、 I_{UV} ——相电流。

每只线圈并联一只熔断器,利用断丝电压使继电器吸合。继电器吸合电压一般整定在小于 60V。继电器可采用 JCDJ 型,以缩小体积、减少成本。

(1)线路之一。线路如图 6-15 所示。图中两种线路动作原理相同。

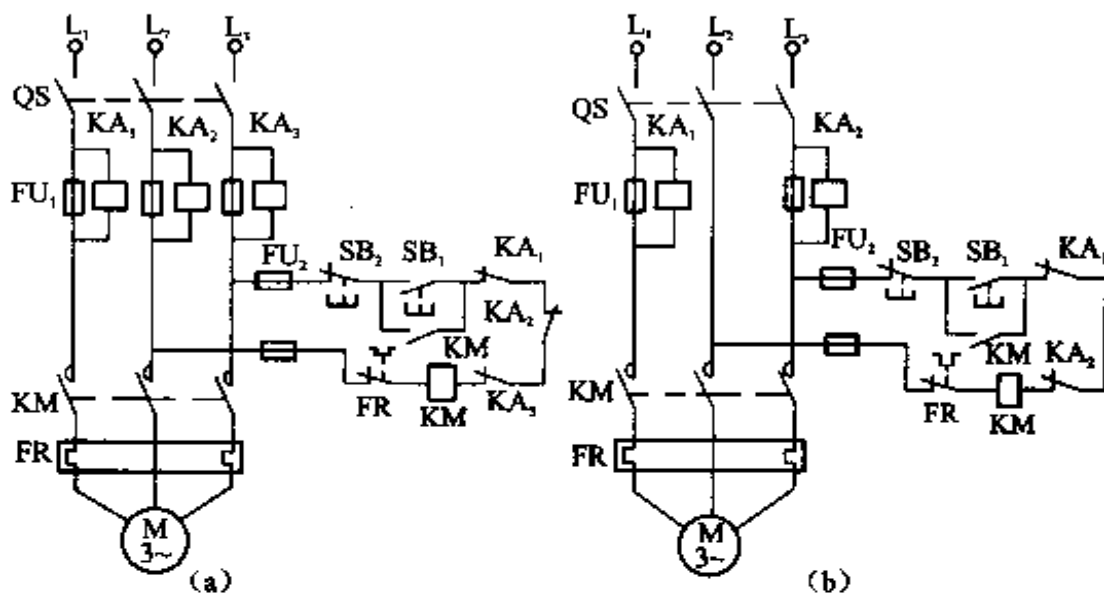


图 6-15 熔丝保护线路(之一)

工作原理:正常情况下,由于熔丝电阻很小,所以继电器不动作。当某相熔丝熔断时,在该相继电器两端将产生 30~170V 电压(对 0.5~75kW 电动机而言),使继电器吸合,其常闭触点断开,接触器失电释放,电动机停转。

图中的继电器采用 JTX 型通用小型继电器,吸合电压为交流 36V。

(2)线路之二。如图 6-16 所示。线路中采用直流高灵敏继电器,为了满足继电器直流电压的要求,在线路中串入一只整流二极管作半波整流。该保护线路动作灵敏,而且可以适用于多种容量的电动机。当电动机容量大于 11kW 时,可在继电器回路里串适当电阻降压。对于吸合电压为 48V 的继电器可串 10kΩ 电位器,对于吸合电压为直流 12V 的继电器可串 5.1kΩ 电位器,并通过试验加以调节、整定。灵敏继电器可采用 JRX-13F、JRXB-1 等型号,其吸合

电压为直流 12~48V。对于大容量电动机,可采用 JR-4 型、121 型等小型继电器。整流二极管 VD 可选用耐压大于 200V、电流大于 100mA 的任何一种。

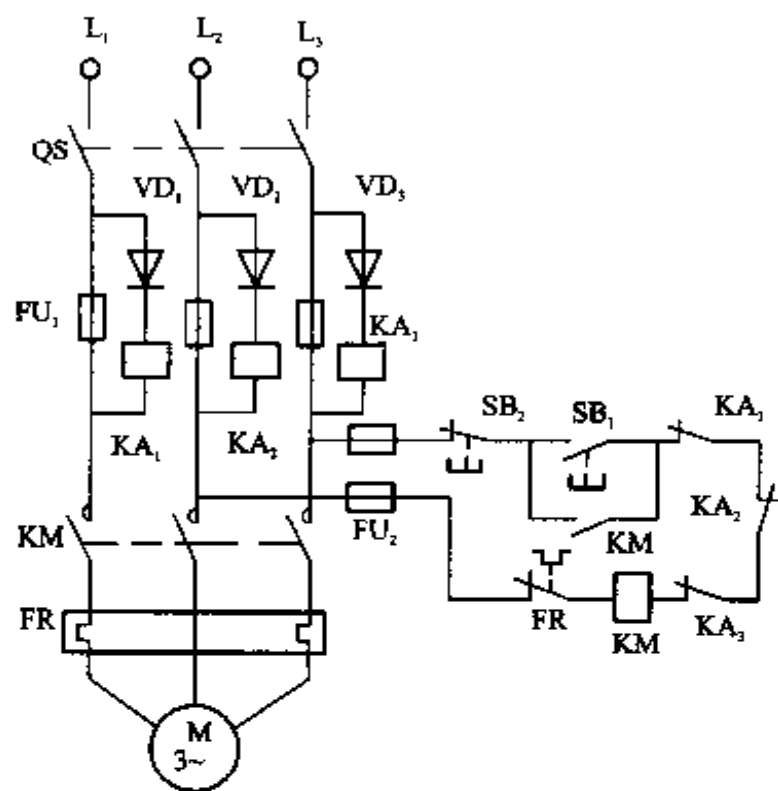


图 6-16 熔丝电压保护线路(之二)

(3)线路之三。如图 6-17 所示。造成断相运行的原因除熔丝熔断外,还可能是起动器(如接触器、补偿起动器)触点烧坏引起的。该保护线路对后一种原因引起的断相故障能加以保护。图中继电器 KA_1 在一个铁芯上绕三个绕组; KA_2 是辅助继电器,其作用是当接触器释放时切断保护电路。该线路采用 JCDJ 型保护继电器。

6. 检测线电流的断相保护线路(一~五)

当电动机发生断相故障时,断开一相的导线中线电流为零。据此设计出检测线电流的断相保护线路。

(1)线路之一。如图 1-26 所示。该线路在第一章第二节 24. 中已作介绍。这里仅就断相保护部分的工作原理做一介绍(参考图 6-18 有关部分)。

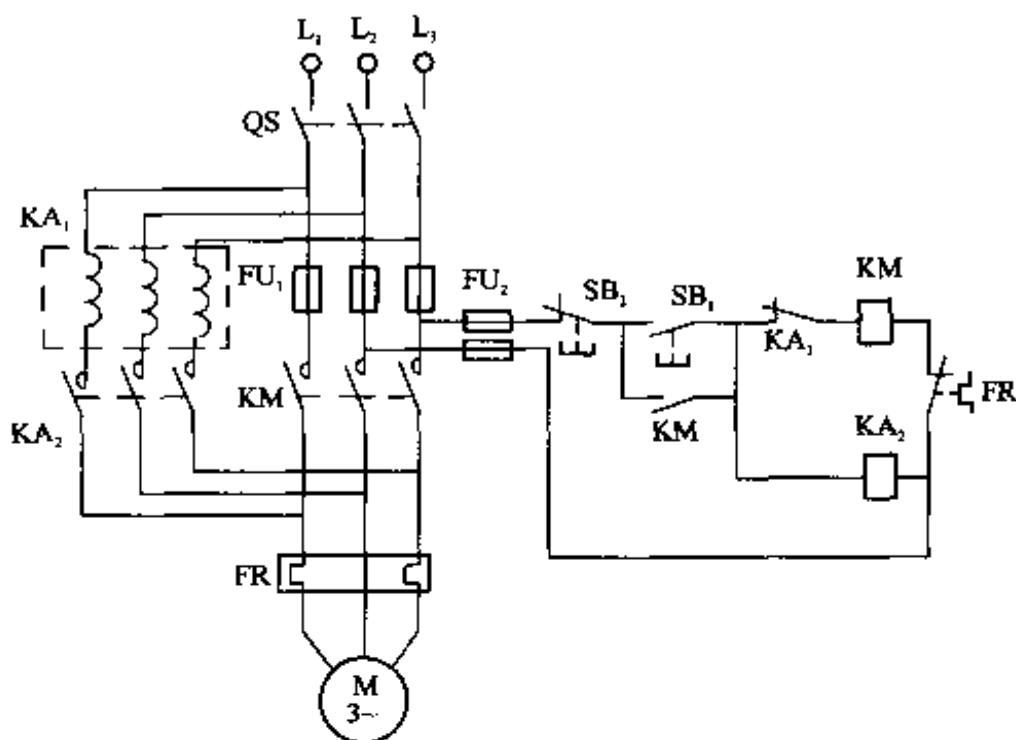


图 6-17 熔丝保护线路(之三)

由三个相同的电流互感器 TA_1 、 TA_2 、 TA_3 (实际上是三个锰锌磁环线圈), 三只二极管 VD_1 、 VD_2 、 VD_3 和三个电容 C_1 、 C_2 、 C_3 组成电路的检测部分。三根电源线分别穿过三个磁环线圈。当电动机正常运行时, TA_1 、 TA_2 、 TA_3 的次级感应出电动势, 分别经二极管 VD_1 、 VD_2 、 VD_3 整流和电容 C_1 、 C_2 、 C_3 滤波后, 输出三个直流电压, 加在三极管 VT_1 、 VT_2 和 VT_3 的基极与发射极之间 (由这三只三极管等构成与门电路), 使三只管子处于导通状态, 三极管 VT_4 截止, 断相保护器的输出继电器 KA 处于释放状态。

当电源缺一相时, 该相的电流互感器的初级绕组没有电流通过, 其次级感应电动势也随之消失, 相应的三极管由导通变为截止。由于 VT_1 、 VT_2 、 VT_3 三只三极管的发射极是串联的, 当任一只三极管截止时都能使三极管 VT_4 的基极电位升高, VT_4 导通, 继电器 KA 吸合, 输出断相信号, 切断控制回路电源, 电动机停转。

在图 6-18 中, 利用电容 C_4 的充电过程得到延时, 以避免电动机因接触器闭合不同步造成误动作; 稳压管 VS 为三极管 VT_4 提

供一稳定的发射极电位,从而提高了保护装置的可靠性。

电流互感器 TA_1 、 TA_2 、 TA_3 可用锰锌 MXO-2000 型磁环,其外径为 45mm、内径为 26mm、厚 8mm,次级绕组用直径为 0.2mm 漆包线绕 500 匝左右,初级用电源线穿绕 2~3 匝。实验表明,当电源线中电流 I 为 3.5A 时(1.5kW 电动机),输出交流电压 U 约为 1.1~1.6V;而当 I 随电动机容量的增加而增加到大于 12A 时, U 增加到 1.6V 就不再明显增加了(此时磁环已达饱和)。1.1~1.6V 的交流电压经整流、滤波后变成直流电压加于各三极管的基极与发射极之间,既能使三极管饱和导通,又不致因输入电压过高而损坏三极管。当然也可采用在三极管基极与发射极之间并接两只二极管做钳位保护。此保护线路适用于 1.5kW 以上的各种功率的电动机。

对于线电流较大的中大型电动机(额定电流 100A 以上),可另加电流互感器。

(2)线路之二。如图 6-18 所示。该线路的检测部分与图 1-26 相同。

工作原理:由三个电流互感器检测得到的电流信号,经整流、滤波后输出三个直流电压,分别加在三极管 VT_1 、 VT_2 和 VT_3 的基极与发射极之间。信号经三只三极管放大后,接到由二极管 VD_4 、 VD_5 、 VD_6 组成的或门电路。由或门电路控制三极管 VT_4 的导通或截止,从而控制中间继电器 KA 的吸合或释放。

合上电源开关 QS,按下起动按钮 SB_1 ,接触器 KM 得电吸合并通过 KA 常闭触点自锁,电动机起动运行。由于三个电流互感器次级有信号输出,三极管 VT_1 、 VT_2 、 VT_3 导通,二极管或门 VD_4 、 VD_5 、 VD_6 截止,三极管 VT_4 没有基极电流而截止,中间继电器 KA 处于释放状态,其常闭触点是闭合的。

当电源缺一相时,该相电流互感器初级绕组没有电流通过,其次级感应电动势也随之消失,相应的一只三极管由导通变为截止,该管的集电极呈低电位,与它相连的二极管导通,于是三极管

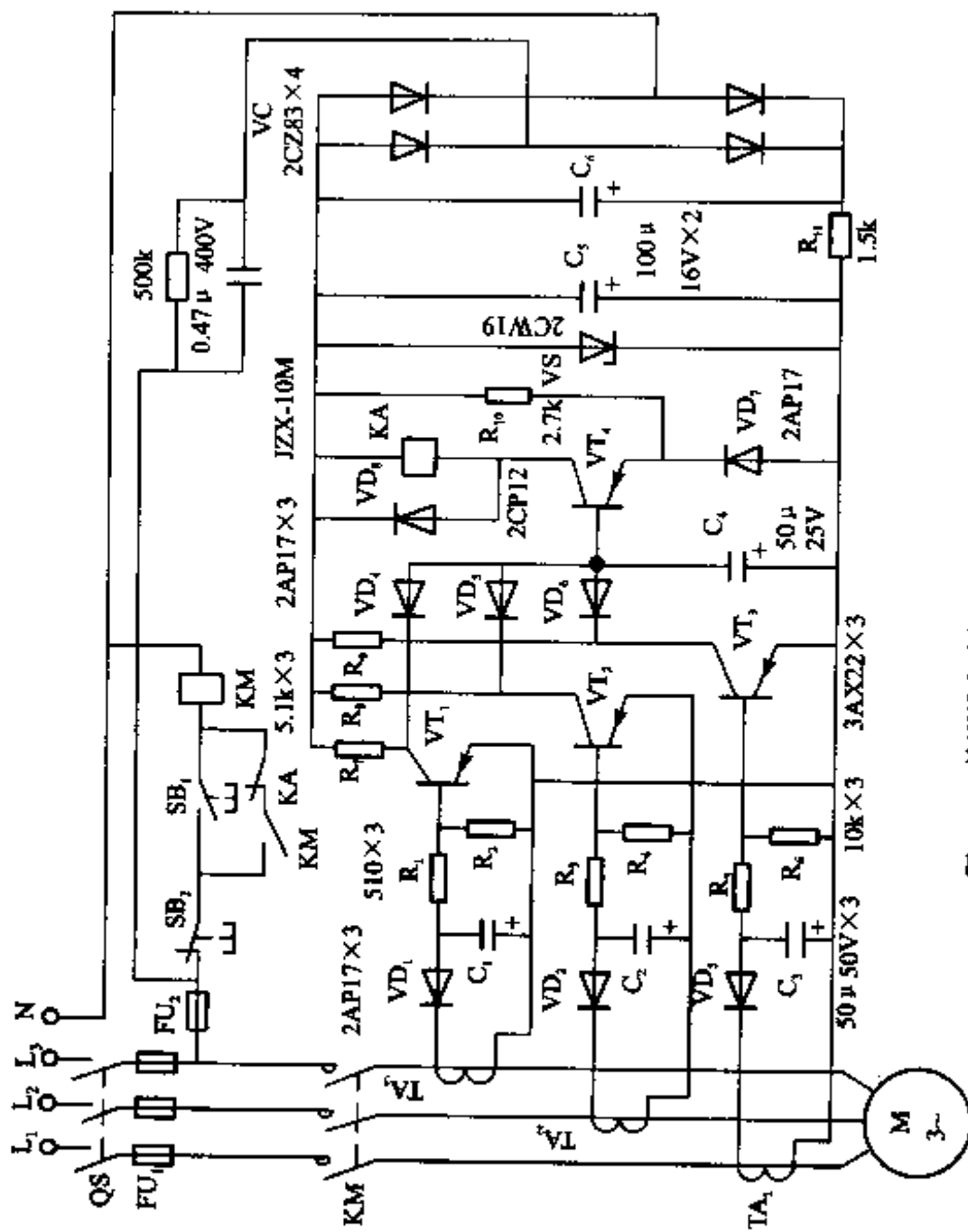


图 6-18 检测线电流的断相保护线路 (之二)

VT₁ 有基极电流而导通, 中间继电器 KA 得电吸合, 其常闭触点断开, 接触器 KM 失电释放, 电动机停转。

该保护线路的缺点是, 当定子绕组为△形连接时, 电动机绕组内部断相线电流不下降到零, 此时保护装置将不动作。

(3) 线路之三。如图 6-19 所示。图中, 三极管 VT₁、VT₂、VT₃ 等构成与门电路。

工作原理: 合上电源开关 QS, 按下起动按钮 SB₁, 接触器 KM 得电吸合, 电动机起动运行。由于三个电流互感器 TA₁、TA₂、TA₃

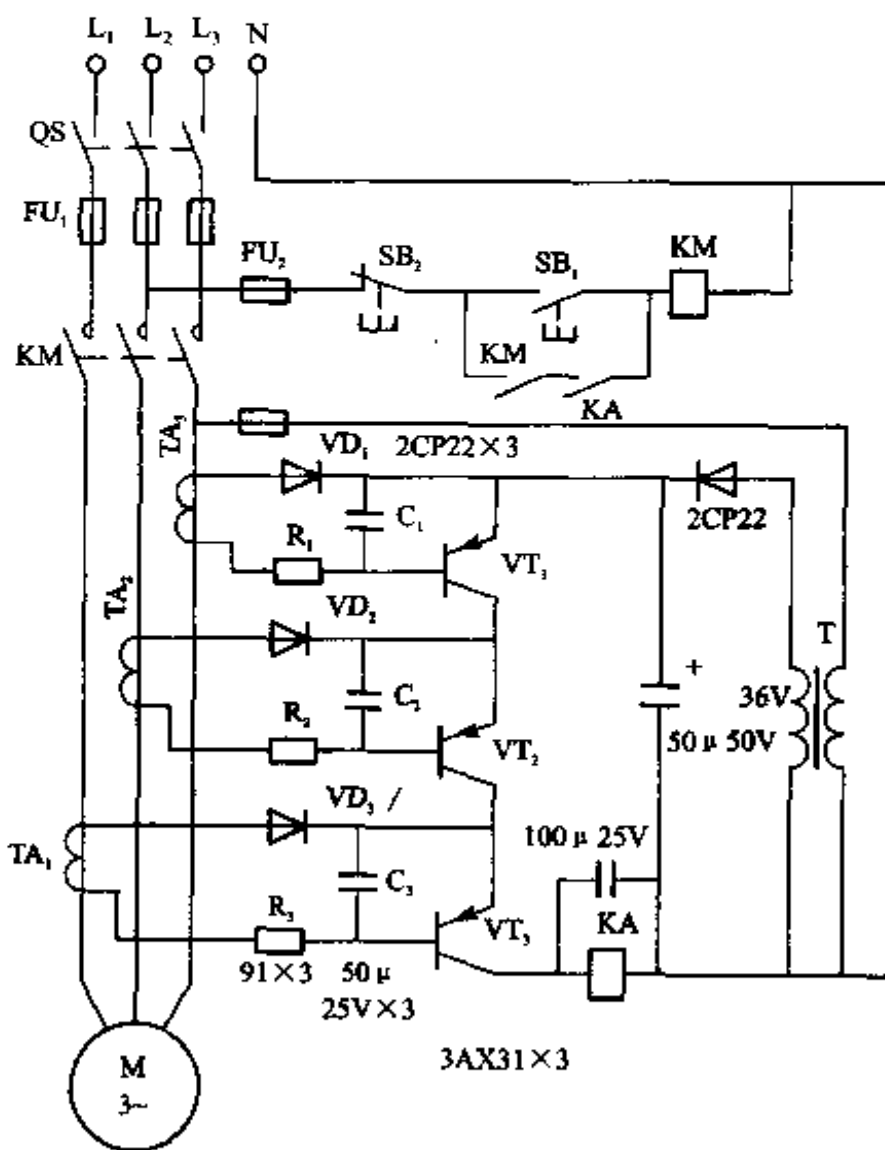


图 6-19 检测线电流的断相保护线路(之三)

均感应出交流电压,经二极管 VD_1 、 VD_2 、 VD_3 整流和电容 C_1 、 C_2 、 C_3 滤波后,产生的直流电压使 VT_1 、 VT_2 、 VT_3 均导通,中间继电器 KA 得电吸合,其常开触点闭合,接触器 KM 自锁。

当电源缺一相时,相应的一只三极管由导通变为截止,与门条件被破坏, KA 失电释放,其常开触点断开,接触器 KM 失电释放,电动机停转。

(4)线路之四。如图 6-20 所示。图中,三极管 VT_1 、 VT_2 、 VT_3 等构成或门电路。

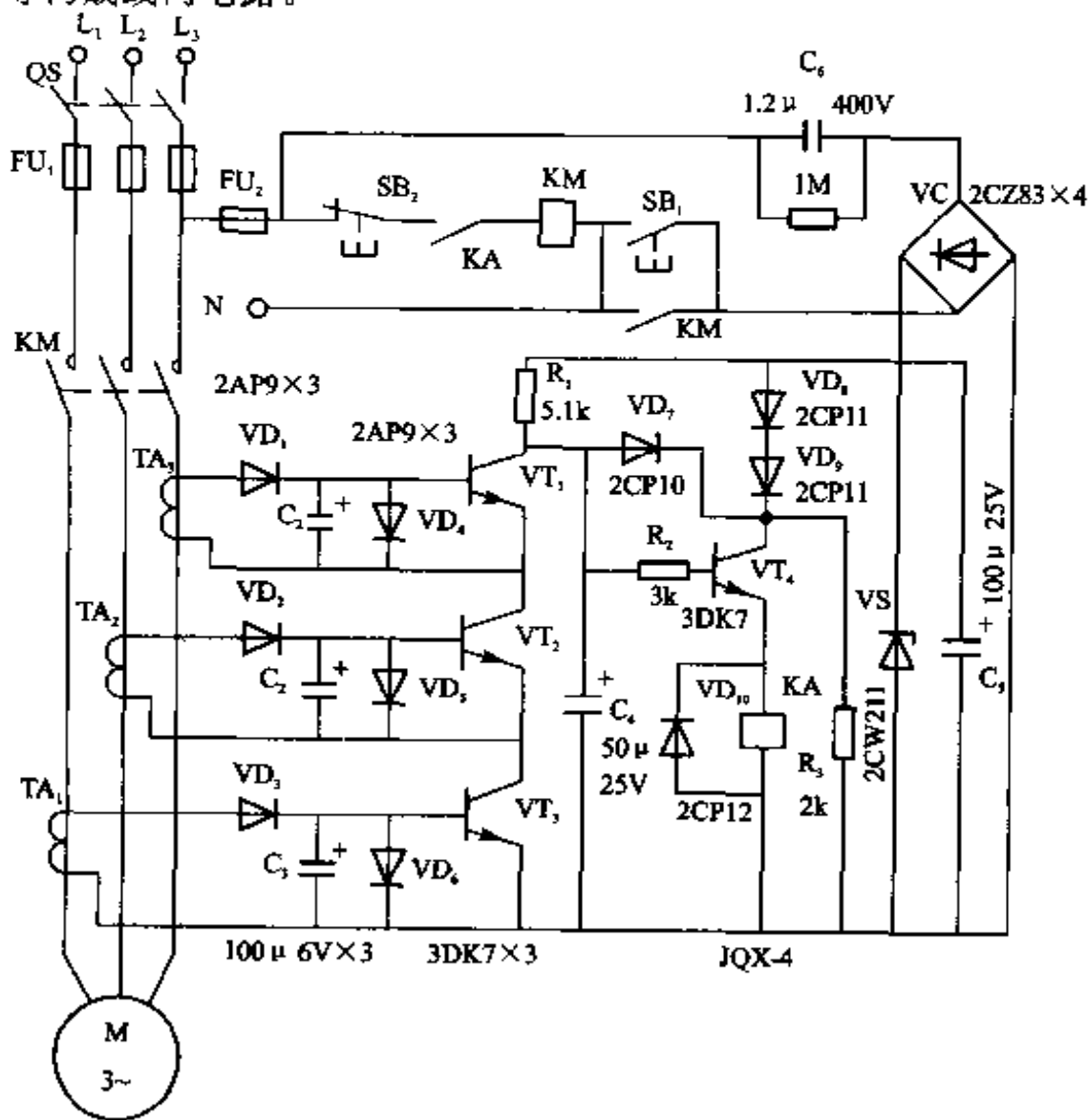


图 6-20 检测线电流的断相保护线路(之四)

工作原理:合上电源开关 QS,按下起动按钮 SB₁,220V 电压经电容 C₆ 降压,整流桥 VC 整流、电容 C₅ 滤波、稳压管 VS 稳压,得到 17V 直流电压,作为三极管等工作电压。该直流电压经二极管 VD₈、VD₉,三极管 VT₄ 的发射极—基极和电阻 R₂ 对电容 C₄ 充电。充电时,VT₄ 导通,中间继电器 KA 得电吸合,其常开触点闭合,接触器 KM 得电吸合并自锁,电动机起动运行。

由于三根相线中有电流通过,电流互感器 TA₁、TA₂、TA₃ 次级有感应电压,所以三极管 VT₁、VT₂、VT₃ 均导通,从而使 VT₁ 集电极电位下降到 10V 以下,确保 VT₄ 仍然处于导通状态,即 KA 仍然吸合,电动机继续运行。

当电源缺一相时,相应的一只三极管由导通变为截止,或门条件被破坏,VT₁ 集电极电位升高到 17V,导致 VT₄ 截止,KA 失电释放,其常开触点断开,KM 失电释放,电动机停转。与此同时,C₄ 通过 VD₇、R₃ 放电;C₅ 通过 VD₈、VD₉、R₃ 放电,电路恢复原始状态。

图中二极管 VD₄~VD₆ 起钳位作用,保护三只三极管避免基极—发射极加上过高电压而烧坏。

该保护线路的缺点是,当定子绕组为△形接法时,此保护装置不起作用。

(5)线路之五。如图 6-21 所示。该线路的检测部分与图 6-20 类似。图中,二极管 VD₇、VD₈、VD₉ 组成或门电路。不同之处是,该线路在接触器 KM 线圈外加绕线圈以代替降压变压器。

工作原理:合上电源开关 QS,按下起动按钮 SB₁,接触器 KM 得电吸合并自锁,电动机起动运行。三个电流互感器 TA₁、TA₂、TA₃ 次级感应电压经二极管 VD₁、VD₂、VD₃ 整流和电容 C₁、C₂、C₃ 滤波后,产生直流电压分别加到三极管 VT₁、VT₂、VT₃ 基极—发射极上,三只三极管均导通,VT₁ 集电极处于低电位,由二极管 VD₇、VD₈、VD₉ 组成的或门电路关闭,三极管 VT₄、VT₅ 截止,中间继电器 KA 处于释放状态,其常闭触点闭合。

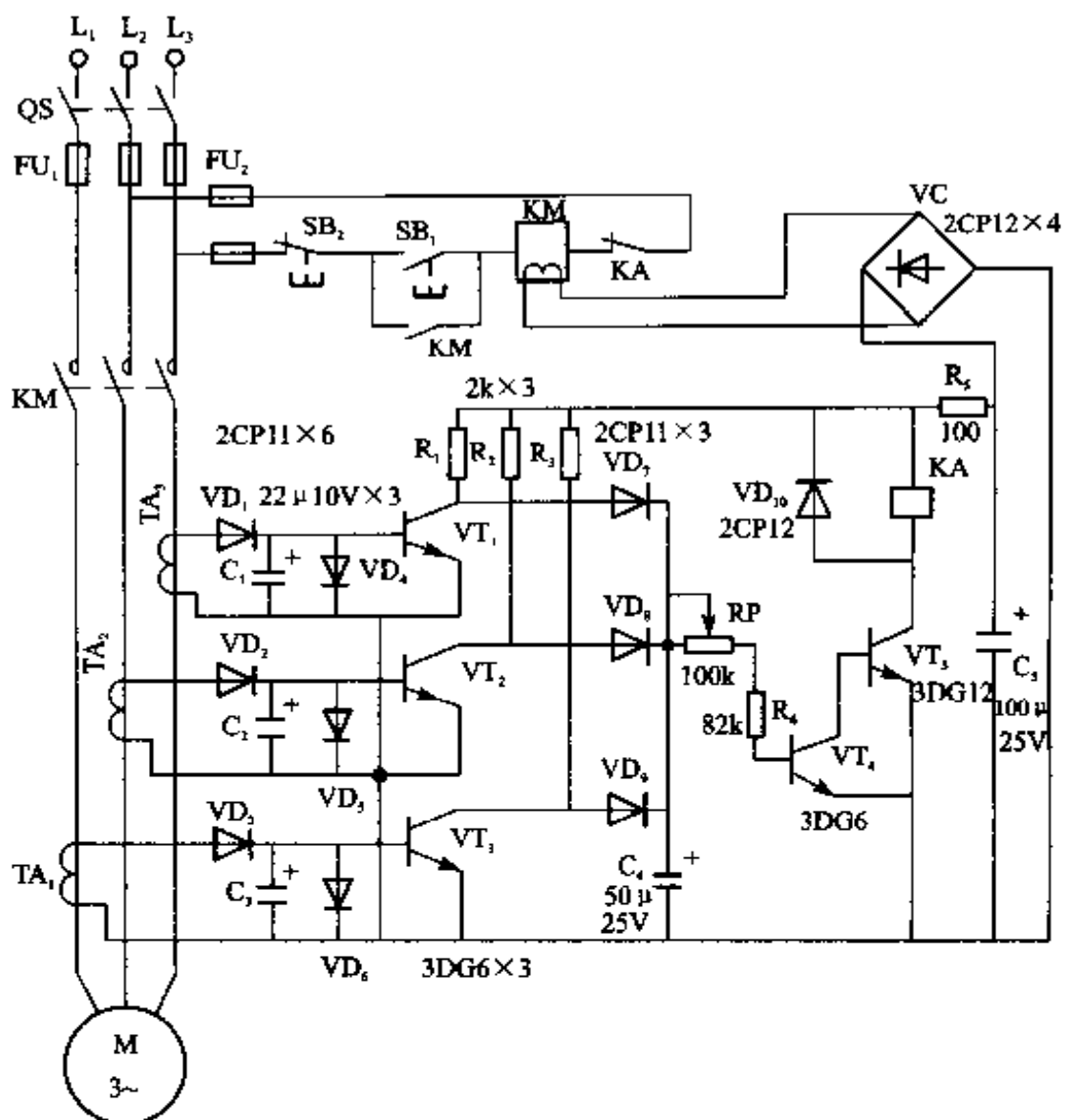


图 6-21 检测线电流的断相保护线路(之五)

当电源缺一相时,该相电流互感器次级无电压,相应的三极管截止,使该管的集电极变成高电位,或门电路打开,经一定时间(约几 s)延时(由电容 C_1 、电位器 RP 和电阻 R_4 组成延时电路),三极管 VT_4 、 VT_5 导通,KA 得电吸合,其常闭触点断开,接触器 KM 失电释放,电动机停转。

本线路采用锰锌 MXO-2000 型磁环做速饱和电流互感器,次级绕组用直径为 0.2mm 漆包线绕 500 匝左右,初级绕组用电源线穿绕 2~3 匝。

7. 检测线电流的断相和过载保护线路(一、二)

(1) 线路之一。如图 6-22 所示。该线路具有断相保护和过载保护功能。线路不采用电源变压器,可缩小装置的体积。

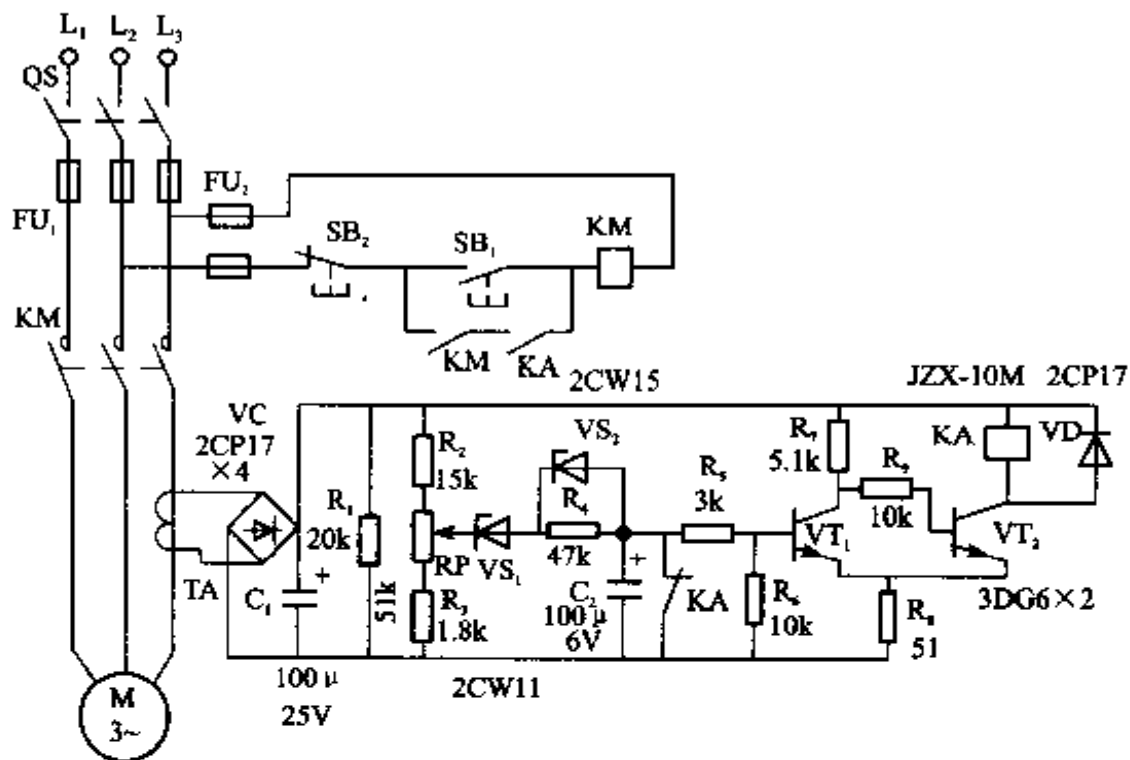


图 6-22 检测线电流的断相和过载保护线路(之一)

工作原理:合上电源开关 QS,按下起动按钮 SB₁,接触器 KM 得电吸合,电动机起动运行。电流互感器 TA 次级有感应电压输出,经整流桥 VC 整流、电容 C₁ 滤波后,产生直流电压加在由电阻 R₂、R₃ 和电位器 RP 组成的分压器上。调节 RP,使电动机正常运行时,加在稳压管 VS₁ 上的电压低于其击穿电压,三极管 VT₁ 截止,VT₂ 导通,中间继电器 KA 吸合,其常开触点闭合,接触器 KM 自锁。

当 W 相断电时,电流互感器 TA 次级没有感应电压,继电器 KA 失电释放,其常开触点断开,KM 失电释放,电动机停转。当 U 相或 V 相断电时,W 相电流增加,整流桥 VC 输出电压上升,稳压管 VS₁ 击穿,于是三极管 VT₁ 导通,VT₂ 截止,KA、KM 相继失电释放,电动机停转。

图中电容 C_2 起延时作用,以避免电动机起动时受电流冲击而误动作,并能避开电动机正常运行中出现的短时过载电流。 KA 的常闭触点为电容 C_2 提供放电回路。

当电动机过载时,电流互感器 TA 次级电压上升,同样能使 KA 、 KM 释放,起到保护作用。

(2)线路之二。如图 6-23 所示。该线路具有断相保护和过载保护功能。它利用在接触器线圈外加绕附加绕组取得电源,节省了电源变压器。图中,三极管 VT_1 、 VT_2 组成射极耦合双稳态开关电路。

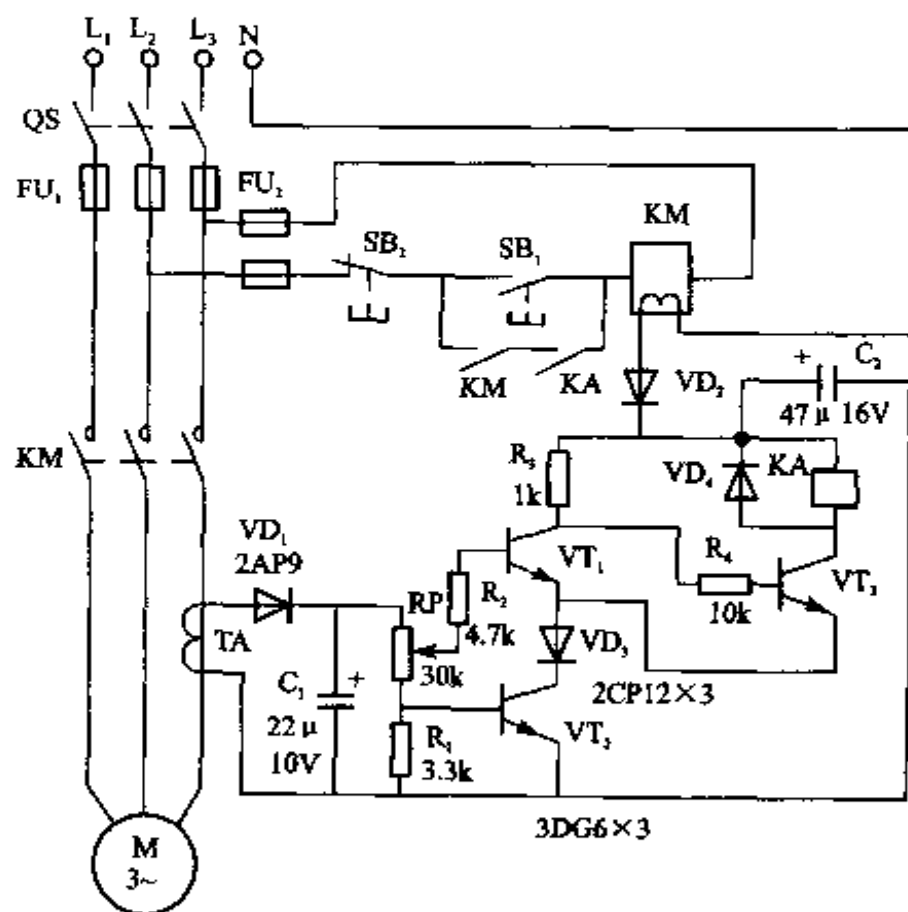


图 6-23 检测线电流的断相和过载保护线路(之二)

工作原理:合上电源开关 QS ,按下起动按钮 SB_1 ,接触器 KM 得电吸合,电动机起动运行。电流互感器 TA 次级有电压输出,经二极管 VD_1 整流、电容 C_1 滤波后,产生直流电压加到由电阻 R_1 、

电位器 RP 组成的分压器上,三极管 VT_2 导通,调节 RP,使 VT_1 截止, VT_3 导通,中间继电器 KA 得电吸合,其常开触点闭合,接触器 KM 自锁。

当 W 相断电时,电流互感器 TA 次级没有感应电压, VT_1 、 VT_3 截止, VT_2 也截止,KA 失电释放。当 U 相或 V 相断电时,W 相电流增加, VT_1 基极电位升高, VT_1 导通, VT_3 截止,KA 释放。当电动机过载时,也同样起到保护作用。

8. 谐波电流断相保护线路(一~五)

谐波电流断相保护,是利用检测电流互感器次级绕组中的三次谐波电流来实现断相保护的。因为三次谐波是同相位的,相当于零序系统,所以谐波电流保护又称零序电流保护。

利用三次谐波电流反应电动机的运行状态,所用电流互感器不是线性电流互感器,而是速饱和电流互感器。三个电流互感器按照相同的极性依次串联成开口三角形。电动机正常运行时,电流互感器处于饱和状态。由磁化曲线的非线性特性可知,电流互感器的次级,除基波电动势外,还有三次谐波电动势。三个基波电动势因大小相等,相位差 120° ,串联后的合成电动势为零;而三个三次谐波电动势因大小相等,相位一致,串联后的合成电动势为每个线圈中三次谐波电动势的 3 倍。当电源缺一相时,电流互感器的次级基波电压和三次谐波电动势均大小相等、相位相差 180° ,合成电动势为零。利用这一原理,可实现电动机的断相保护。

(1)线路之一。如图 6-24 所示。

工作原理:以图 6-24(a)为例介绍。合上电源开关 QS,按下启动按钮 SB_1 ,电源经降压电阻 R 降压、整流桥 VC 整流、电容 C 滤波后,产生直流电压,使中间继电器 KA 吸合,其常开触点闭合,电动机启动运行。

电动机正常运行时,三个电流互感器次级的三次谐波合成电动势使继电器 KA 仍处于吸合状态。当电源缺一相时,该相的电流互感器次级电动势消失,另两相电流互感器合成电动势也为零,

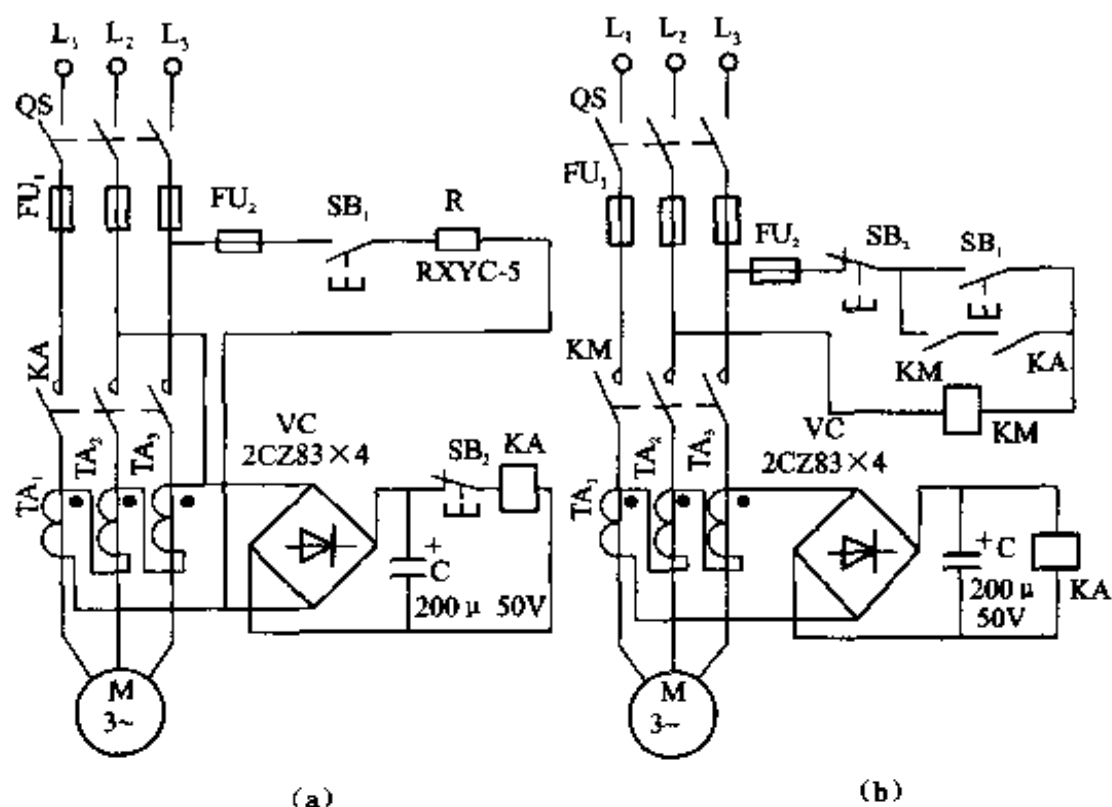


图 6-24 谐波电流断相保护线路(之一)

KA 失电释放,电动机停转。

由于该线路用继电器通断主电路,受触点允许电流的限制,如将 JQX 型继电器 3A 触点改为 5A 触点,则可适用于 1.1kW 以下电动机的空载起动。

(2)线路之二。如图 6-25 所示。这两种线路都采用晶闸管来控制接触器 KM 的动作,从而克服了继电器的断相保护容易出现误动作或拒动现象,提高了保护装置的灵敏度和可靠性。

工作原理:以图 6-25(a)为例介绍。合上电源开关 QS,按下起动按钮 SB₁,电源经整流桥 VC₂ 整流后,输出直流电压使接触器 KM 吸合,电动机起动运行。松开 SB₁后,三个电流互感器 TA₁、TA₂、TA₃ 次级的三次谐波电动势经整流桥 VC₁ 输出一正电压,

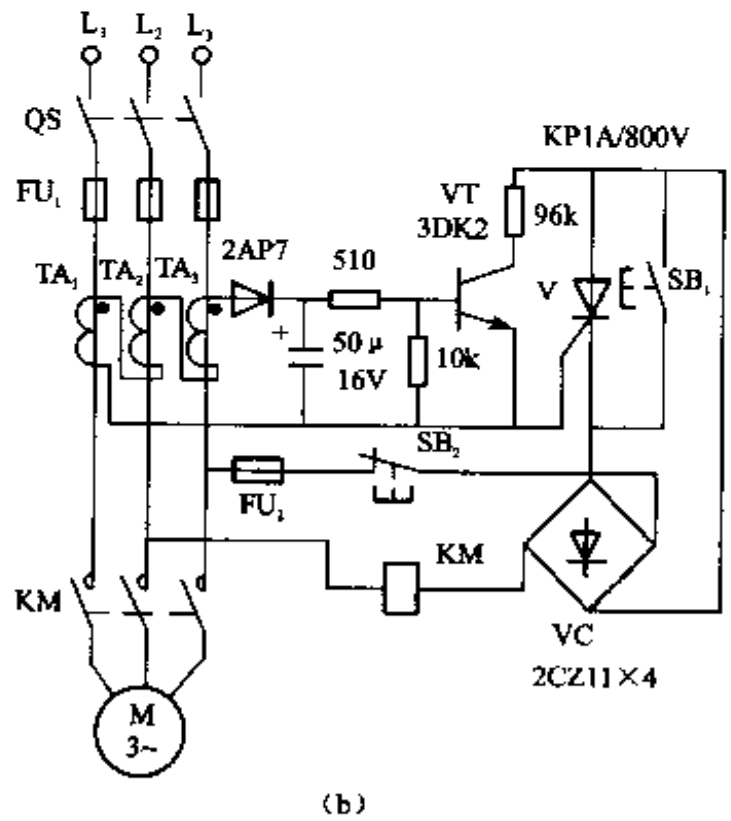
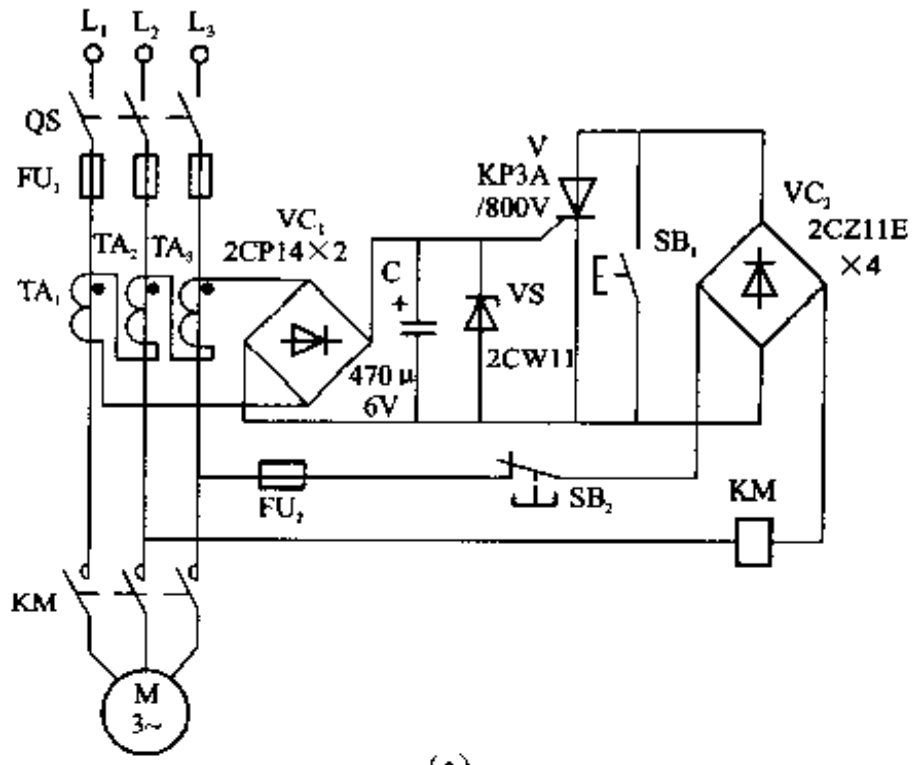


图 6-25 谐波电流断相保护线路(之二)

关断,接触器 KM 失电释放,电动机停转。

(3)线路之三。如图 6-26 所示。

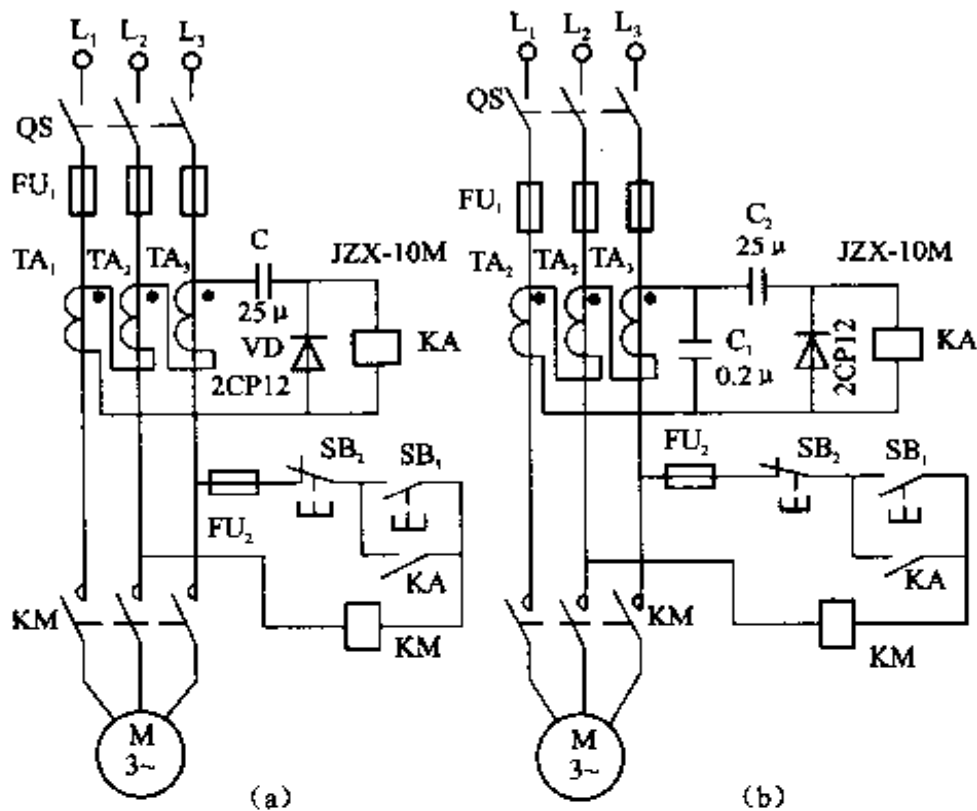


图 6-26 谐波电流断相保护线路(之三)

工作原理:以图 6-26(a)为例介绍。合上电源开关 QS,三个电流互感器次级无感应电动势,灵敏继电器 KA 处于释放状态。按下起动按钮 SB_1 ,接触器 KM 得电吸合,电动机起动运行。同时三个电流互感器工作在饱和状态,其基波电动势大小相等,相位差 120° ,串联合成的电动势为零。而三次谐波电动势大小相等,方向相同,合成后三次谐波电动势正半周时,电流经过电容 C 流过灵敏继电器 KA 线圈,负半周线圈通过二极管 VD 续流,因此 KA 一直保持吸合,其常开触点闭合,接触器 KM 自锁。

当电源缺一相时,由于谐波电动势输出为零,KA 失电释放,其常开触点断开,KM 失电释放,电动机停转。

图 6-26(b)线路比图 6-26(a)线路多了一只电容器,用以改善输出直流的波形及增加直流电压。图 6-26(b)所示线路可以用于

较大容量的电动机。

电流互感器制作方法同本节 6. 中线路之一所述。

(4)线路之四。如图 6-27 所示。该线路与图 6-25(b)所示线路看似相似,但工作原理有所不同。

工作原理:合上电源开关 QS,由于电流互感器次级感应电势为零,三极管 VT 截止,晶闸管关闭。按下起动按钮 SB_1 ,接触器 KM 得电吸合并自锁,电动机起动运行。此时电流互感器次级三次谐波电势经二极管 VD 整流、电容 C 滤波后,产生直流电压,使三极管 VT 导通,触发晶闸管 V,使 V 在正负半周都能导通,接触器 KM 吸合。

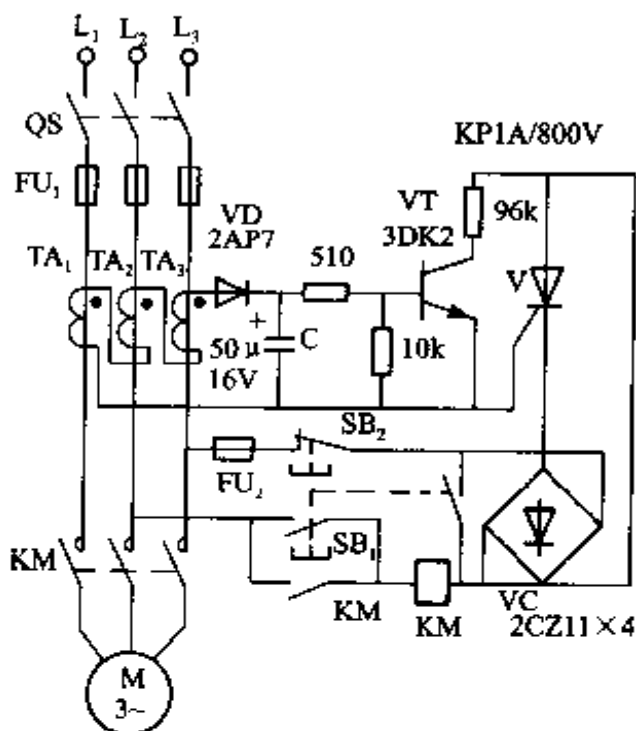


图 6-27 谐波电流断相保护线路(之四)

当电源缺一相时,VT 因无基极电流而截止,晶闸管 V 关闭,接触器 KM 失电释放,电动机停转。

该线路适用于频繁起动的小容量电动机的保护。

(5)线路之五。如图 6-28 所示。

工作原理:合上电源开关 QS,由于电流互感器次级感应电势为零,三极管 VT 截止。按下起动按钮 SB_1 ,交流接触器 KM 得电吸合并自锁,其常开触点闭合,接触器通过电容 C_1 和二极管 VD_3 工作在直流运行状态,电动机起动运行。这时晶闸管 V 阳极与阴极间加有一直流电压。因为不缺相,三次谐波合成后的电位不为零,经 VD_1 整流、 C_2 滤波使 VT 导通。当缺相时,由 VD_3 整流出来的直流电压经二极管 VD_5 、电阻 R_1 向电容 C_3 充电。同时,三极管

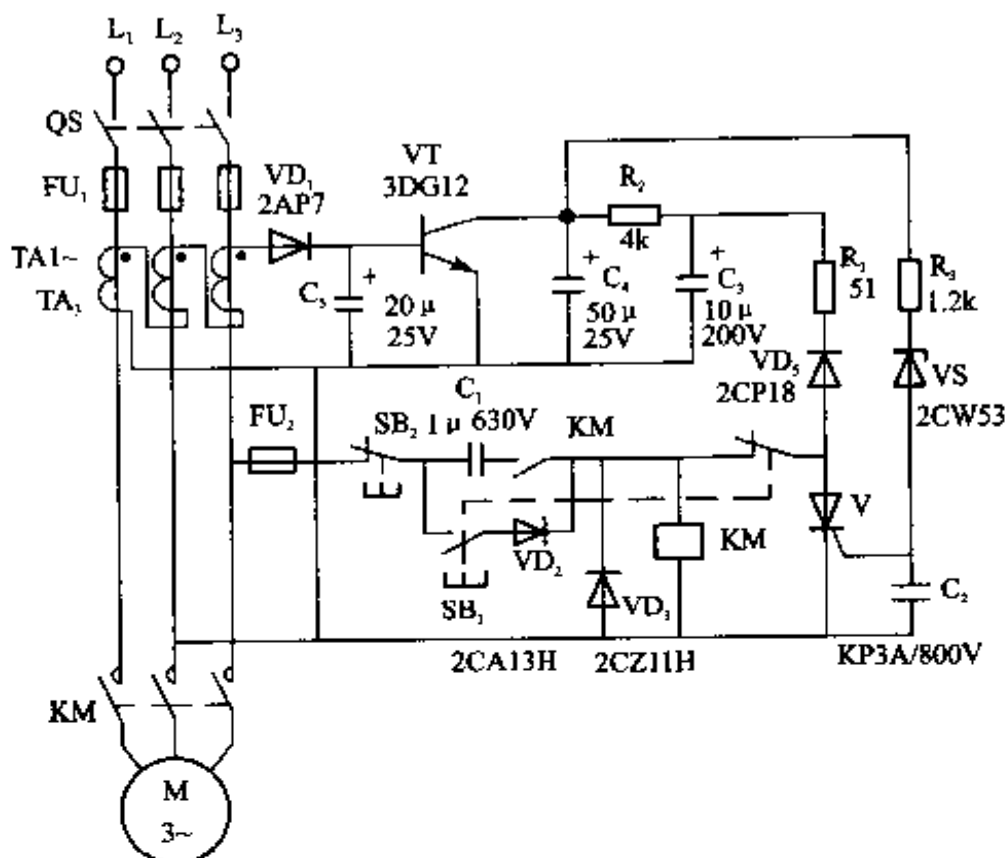


图 6-28 谐波电流断相保护线路(之五)

VT 截止, 电容 C_3 上的电压经电阻 R_2 向电容 C_4 充电。当充电电压达到稳压管 VS 击穿电压时, 晶闸管 V 被触发导通, 将接触器 KM 线圈短接, KM 失电释放, 电动机停转。

该线路适用于中性点不接地的供电系统或 Δ 形接法电动机的断相保护。

9. 负序电流断相保护线路(一、二)

负序电流保护线路, 是利用电动机电源一相断开时负序电流剧增的现象设计的一种断相保护线路。负序电流可以通过负序电流滤过器检测出来。此类线路保护的可靠性, 决定于负序电流(电压)滤过器元件参数的准确、稳定, 以及电流互感器次级线圈的电动势是否正弦。为此要求互感器铁芯磁通不饱和, 即要求铁芯截面要足够大。

(1) 线路之一。如图 6-29 所示。负序电流滤过器由电流互感器

TA₁、TA₂，电阻 R₁、R₂ 和电容 C₁ 组成。

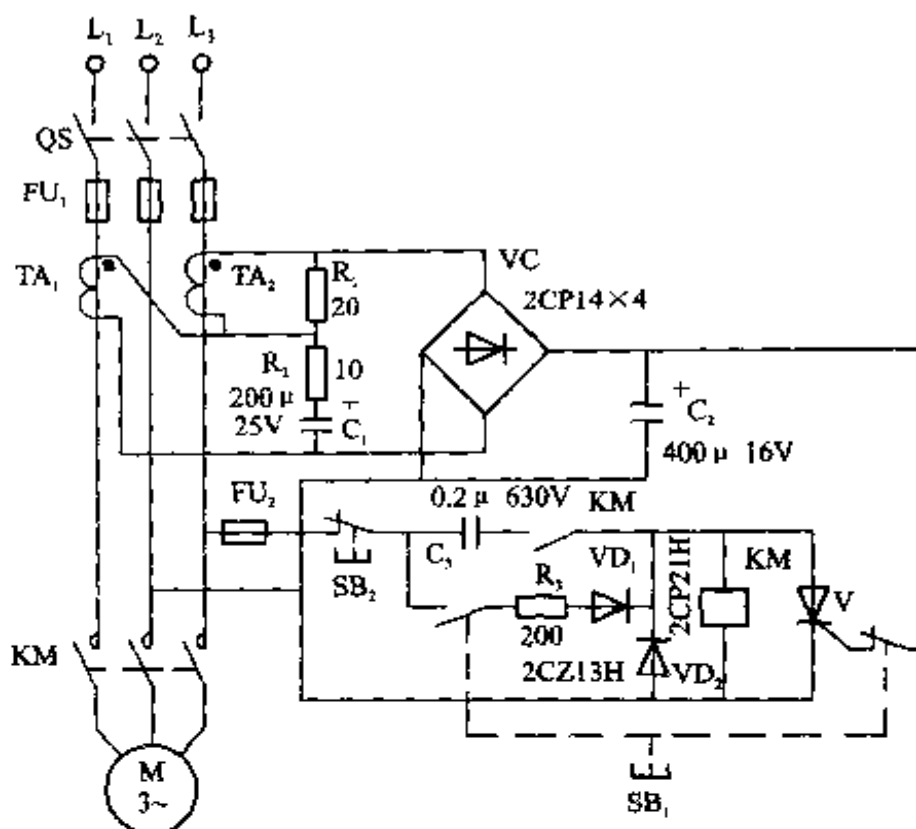


图 6-29 负序电流断相保护线路(之一)

工作原理：合上电源开关 QS，按下起动按钮 SB₁，电源经电阻 R₁、R₂ 和电容 C₁ 组成。

电磁振动,提高工作可靠性,延长接触器使用寿命,并节约电能。

电流互感器 TA_1 、 TA_2 可用锰锌 MXO-2000 型磁环,外径为 59mm、内径为 35mm、厚为 11mm,次级用直径 0.2mm 漆包线绕 500 匝左右,初级用电源线绕 5 匝。

(2)线路之二。如图 6-30 所示。图中,电容 C_1 、电阻 R_1 和 R_2 组成负序电流过滤器;三极管 VT_1 、 VT_2 构成施密特电路,用以提高电路的可靠性。

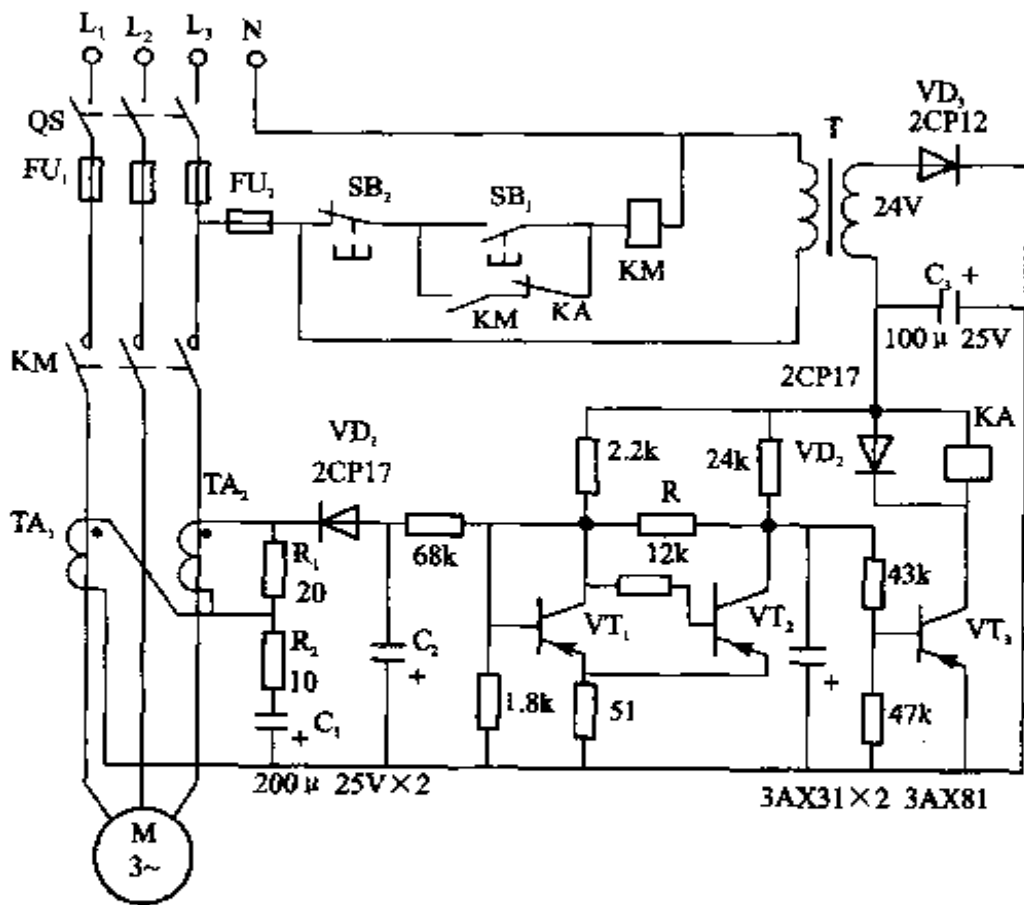


图 6-30 负序电流断相保护线路(之二)

工作原理:合上电源开关 QS,按下起动按钮 SB_1 ,接触器 KM 得电吸合,电动机起动运行。同时 KM 常开辅助触点闭合,电源经变压器 T 降压、二极管 VD_3 整流、电容 C_3 滤波后,供给各三极管工作电压。由于电动机负载对称,负序电流过滤器无电流信号输出(有也很小),三极管 VT_1 截止, VT_2 导通,从而使 VT_3 截止,中间

继电器 KA 处于释放状态,其常开触点闭合,接触器 KM 自锁。

当电源缺一相时,负序电流滤过器有电流信号输出,经二极管 VD₁ 整流、电容 C₂ 滤波后,产生直流电压,使 VT₁ 导通,VT₂ 截止,从而使 VT₃ 导通,中间继电器 KA 得电吸合,其常闭触点断开,接触器 KM 失电释放,电动机停转。

电流互感器 TA₁、TA₂ 采用外径为 37mm、内径为 23mm、厚 7mm 环形磁芯,次级用 0.2mm 漆包线绕 300 匝左右,初级用电源线绕 1 匝(即电源线从环中穿过)。

10. 负序电压断相保护线路(一、二)

负序电压断相保护是利用电动机电源缺一相时,形成不对称电压系统,使用负序电压滤过器将负序电压从系统中分解出来,用以实现断相保护。

负序电压保护不能保护空载运行状态下的断相,只有当电动机负载率超过 30%~40%时,才能可靠地动作。这种保护装置也不能反应负序电压滤过器到电动机之间断线,以及定子绕组△形接法电动机绕组内部断线故障。

(1)线路之一。如图 6-31 所示。该线路省去电流互感器,结构简单。由电容 C₁、C₂ 和电阻 R₁、R₂ 组成负序电压滤过器。由于阻容元件直接与 380V 电源相连,电容应选用耐压 630V 的,电阻电耗也达十几瓦或数十瓦。电阻值及电容值要满足以下要求:

$$R_1 = \sqrt{3} X_1 = \sqrt{3} / \omega C_1$$

$$R_2 = X_2 / \sqrt{3} = 1 / (\sqrt{3} \omega C_2) \quad (\omega = 2\pi f)$$

R₁ 与 R₂ 或 X₁ 与 X₂ 之间的数值关系是任意的。

电容值的选择,应考虑满足直流继电器 KA₁ 所需要的电流。可按下式计算:

$$C = \frac{kI}{2\pi f U_c} \quad (\text{F})$$

式中 I——继电器 KA₁ 所需电流(A);

k——可靠系数,取 k=2.5~3;

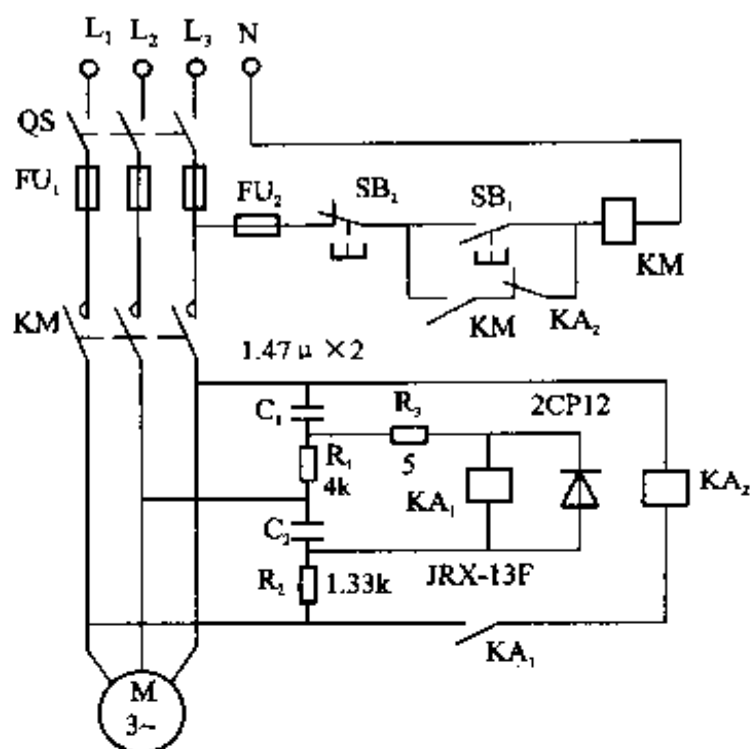


图 6-31 负序电压断相保护线路(之一)

U_c ——电容器额定电压(V);

f ——电源频率,工频为 50Hz。

工作原理:合上电源开关 QS,按下起动按钮 SB₁,接触器 KM 得电吸合,电动机起动运行。由于电动机负载是对称的,负序电压过滤器无电压信号输出(或输出很小的电压),直流继电器 KA₁ 处于释放状态,其常开触点闭合,中间继电器 KA₂ 失电释放,其常闭触点闭合,接触器 KM 自锁。

当电源缺一相时,负序电压过滤器有电压信号输出,KA₁ 得电吸合,KA₂ 通过 KA₁ 常开触点闭合而得电吸合,KA₂ 常闭触点断开,KM 失电释放,电动机停转。

(2)线路之二。如图 6-32 所示。图中,电容 C₁ 和电阻 R₁、R₂、R₃ 组成负序电压过滤器。其工作原理与图 6-31 类似。

负序电压过滤器元件要满足以下关系:

$$R_1 = R_2 = R_3 = 5.5/C_1 \quad (\text{k}\Omega)$$

式中 C₁ 的单位为 μF 。

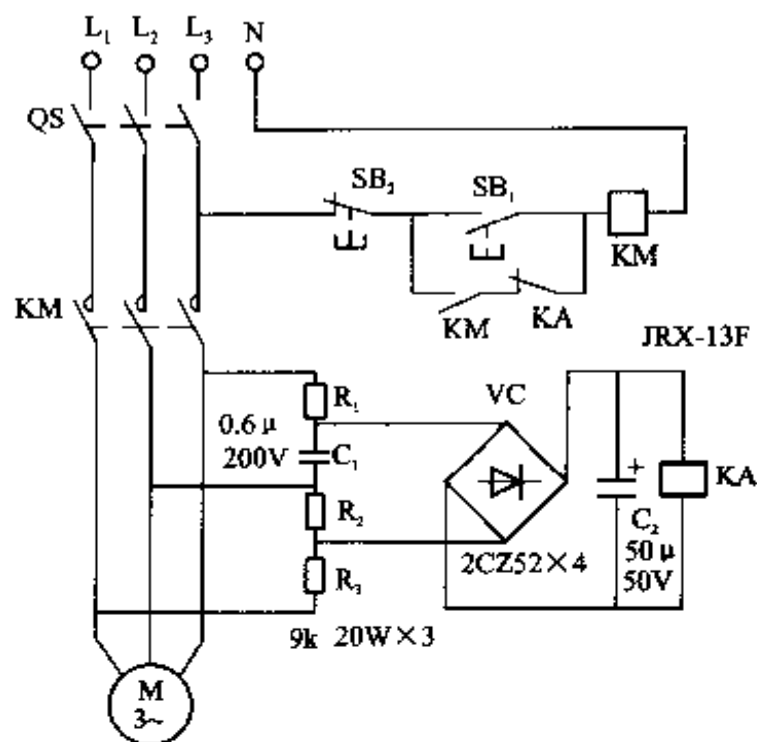


图 6-32 负序电压断相保护线路(之二)

11. 零序电压(电流)断相保护线路(一~六)

零序电压(电流)断相保护线路,是根据电动机电源缺一相时,电动机绕组的中点电压偏移的现象设计的一种断相保护线路。在三相电源对称的情况下,正常运行的电动机绕组中点对变压器中性点的电压 $U_{00'}$ (零序电压)为零。当电源断相时, $U_{00'}$ 不为零,如果在这两点间接入电压继电器(或电流继电器),便能实现零序电压(或零序电流)断相保护。另外,有的零序电压(电流)断相保护线路采用一个电流互感器,将三根电源线穿过互感器,当电源断相时,通过电流互感器检出零序电流,进而实现断相保护。

零序电压(电流)的大小与电网负荷是否平衡、电动机容量、负载大小以及各相负载平衡情况有关。零序电压可在 $10\sim 110\text{V}$ 的范围内变化,而且这种变化没有明确的规律性,这就使得零序电压(电流)继电器的动作值很难调到在各种条件下都恰到好处。因此,这种保护线路容易发生误动作或拒动。但它具有简单、价廉、兼有短路保护作用等优点。这种保护线路适于在电网负荷较平衡的条

件下采用。

当电动机接入负荷较不平衡的电网时,即使电动机在正常运行情况下,也会出现一个零序电压(约为额定电压的5%,负荷不平衡度越大,此值越大)。为此,通常可以把电压继电器的动作值调整为电网电压的5%~6%,即当零序电压 U_{00} 等于(5%~6%)电网电压时动作。

对于负荷不平衡度较大的农村电网,不适合用零序电压(电流)保护线路;对于变压器中性点绝缘的系统,也不能采用此类保护线路。

该保护线路适用于Y形接线的电动机,对于△形接线的电动机,必须设立人为的中性点。

在供电负荷较平衡的工厂,电动机正常运行时,零序电压 U_{00} 一般不大于10V。断掉一相电源后,空载时, U_{00} 将升高到10~25V;满载时, U_{00} 升高到25~45V。可据此调节电压(电流)继电器的动作值。电压继电器可用JRX-13F或J-24V/20mA型小型直流继电器。如果电流太大,可串一个限流电阻来达到动作所需要的电流值。

不同负载下Y形接线电动机零序电压的实测值见表6-13;△形接线电动机人为中性点零序电压的实测值见表6-14。

表 6-13 Y形接线电动机零序电压与负载容量的关系

零序电压(V) 容量(kW)	负载状况		三相运行			断相运行		
	空载	满载	空载	轻载	满载	空载	轻载	满载
1.7	5	3.5	3	16	29	35		
2.2	8	7	6	24	25	30		
4.5	8	4.9	3	17	24	35		
5.5	7.5	6	—	21	33			
7.0	6.3	5.1	4.2	19	32	41		
10.0	7.7	5.2	7.4	15	25	34		

表 6-14 Δ 形接线电动机人为中性点电压与负载、容量的关系

零序电压(V) 容量(kW)	三相运行			断相运行		
	空载	轻载	满载	空载	轻载	满载
5.5	4.4	3.2	3.0	10.6	25	40
7.5	6.0	4.5	3.5	11.5	23	43

(1) 线路之一。如图 6-33 所示。该线路采用联动按钮,能更好地防止电动机起动时因接触器三个主触点动作不一致而引起误动作。

工作原理:合上电源开关 QS,按下起动按钮 SB₁,接触器 KM 得电吸合并自锁,电动机起动运行。当电源缺相时,中间继电器 KA 得电吸合,其常闭触点断开,接触器 KM 失电释放,电动机停转。

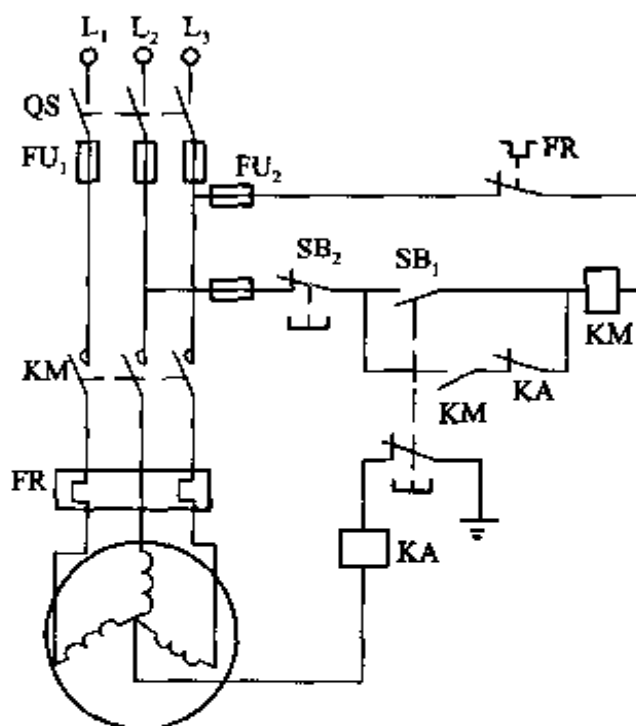


图 6-33 零序电压断相保护线路(之一)

(2) 线路之二。线路如图 6-34 所示。图中电位器 RP 用以调节中间继电器 KA 的动作电压,保证电动机正常工作时 KA 不动作,而发生断相时可靠地动作。

中间继电器 KA 的常闭触点与接触器 KM 的常开辅助触点串联后作为 KM 的自锁,目的是为了防正电动机起动时因接触器三个主触点动作不一致而引起误动作。

(3) 线路之三。线路如图 6-35 所示。该线路采用人为中性点,即将三个电容器 C₁、C₂、C₃ 接成中性点。它适用于 Δ 形接线电动机的断相保护。

图中,电位器 RP 用以调节直流继电器 KA 的动作电压;二极管

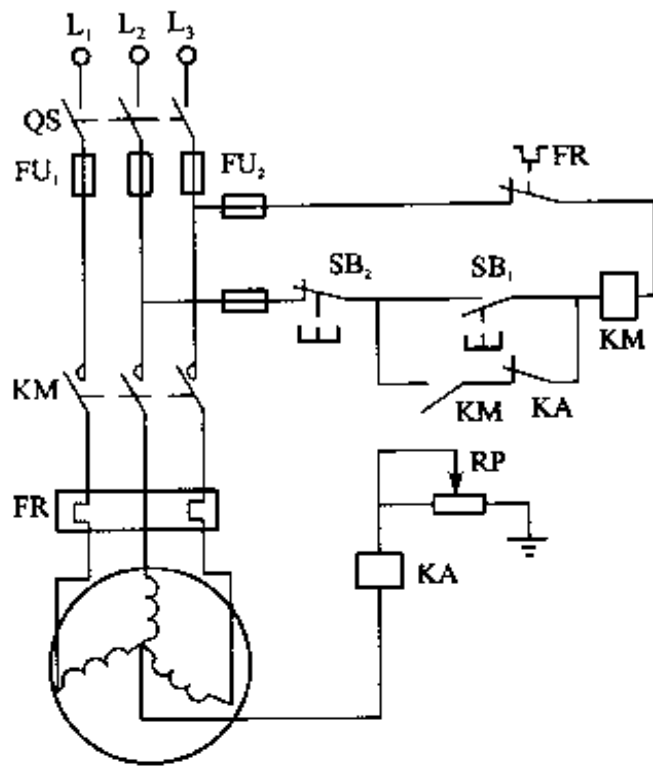


图 6-34 零序电压断相保护线路(之二)

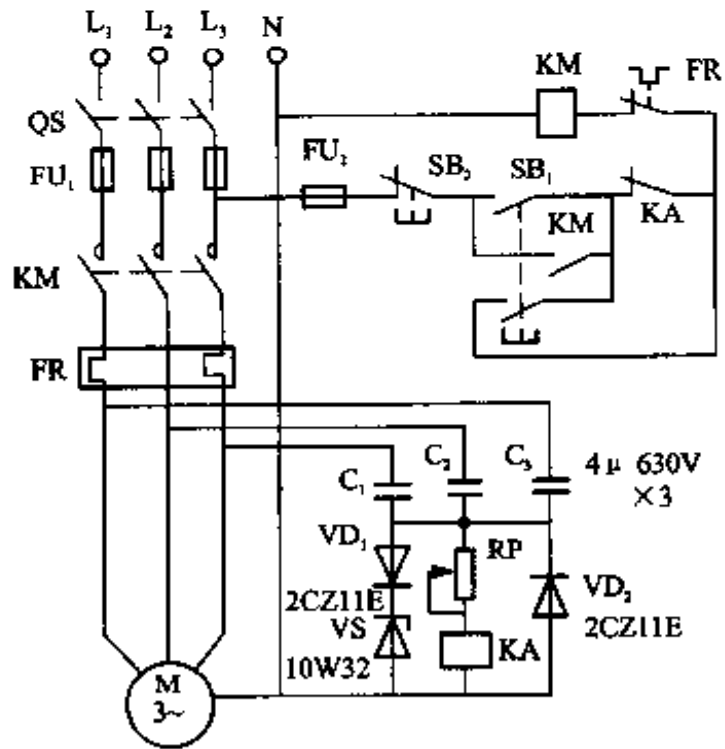


图 6-35 零序电压断相保护线路(之三)

VD₁ 及稳压管 VS 为整流稳压元件,为 KA 提供半波直流电压;二极管 VD₂ 为继电器 KA 的续流二极管,以保证 KA 的可靠吸合。

(4)线路之四。线路如图 6-36 所示。该线路也采用人为中性点,即将三个电阻 R₁、R₂、R₃ 接成中性点。

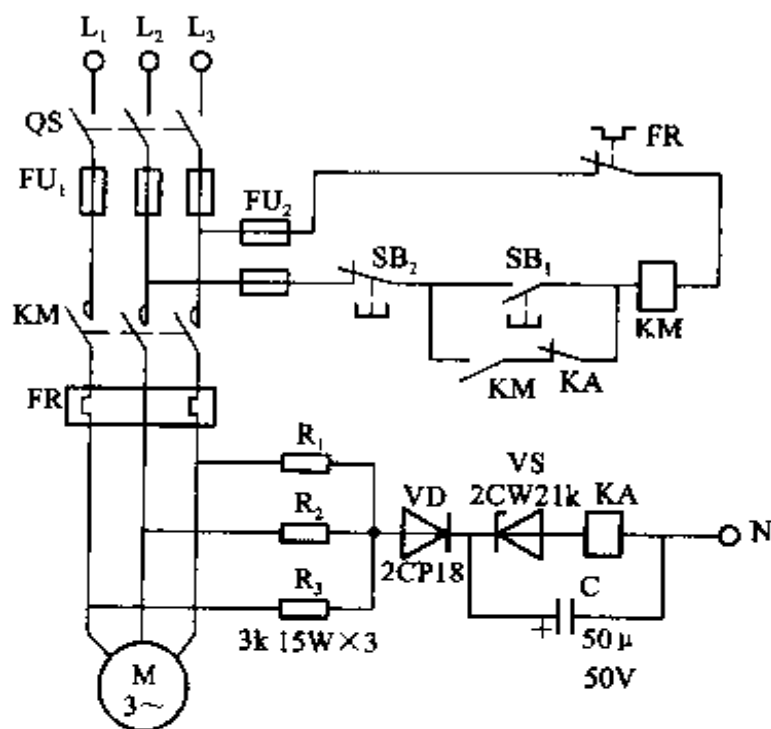


图 6-36 零序电压断相保护线路(之四)

图中,二极管 VD 为整流元件,并在电容 C 上建立直流电压,为直流继电器 KA 提供电源;KA 线圈串接稳压管 VS 的目的是控制 KA 的动作电压,只有当零序电压 U_{00} 大于稳压管 VS 的击穿电压时,KA 线圈中才有电流通过,KA 才吸合。

电阻 R₁、R₂、R₃ 也可用 220V 15W 灯泡代替。

(5)线路之五。线路如图 6-37 所示。该线路将三个电容器 C₁、C₂、C₃ 接成人为中性点。其执行部分是由三极管 VT₂、VT₃ 组成的射极耦合触发器(即双稳态触发器)。

工作原理:合上电源开关 QS,电源经变压器 T 降压、二极管 VD₂ 整流、电容 C₅ 滤波后,提供给三极管 VT₁~VT₃ 直流工作电压。这时由于零序电压 U_{00} 等于零,VT₁ 射极跟随电路无信号输

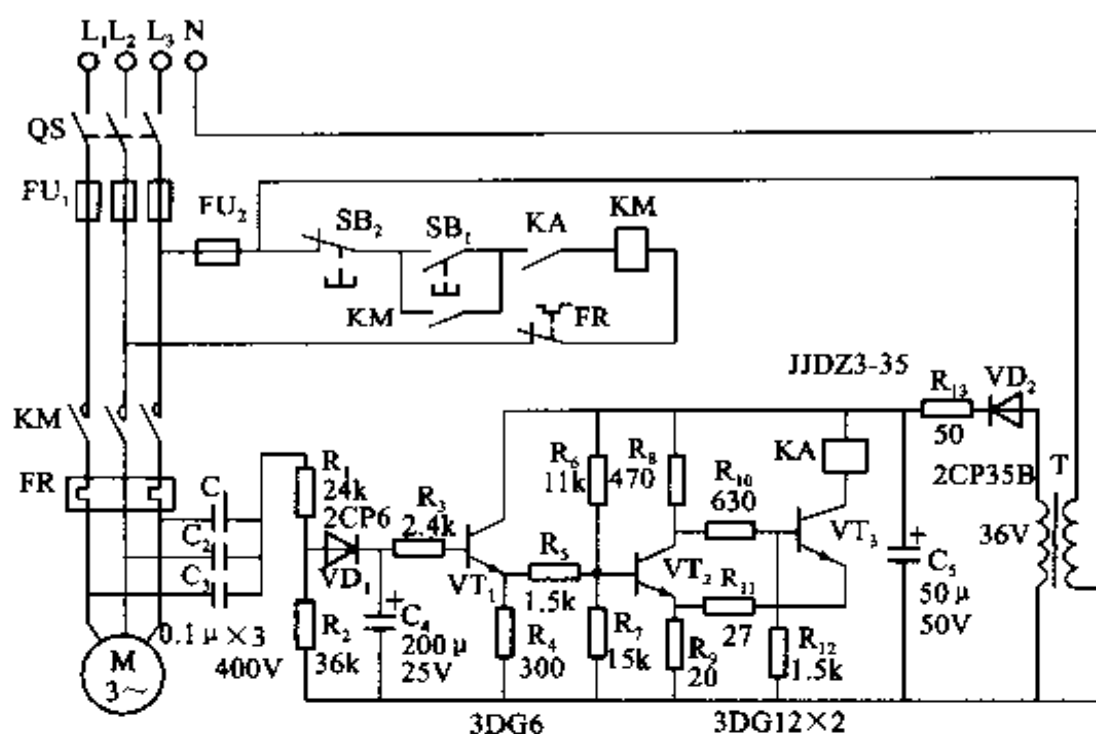


图 6-37 零序电压断相保护线路(之五)

出,三极管 VT_2 截止, VT_3 导通,中间继电器 KA 处于吸合状态,其常开触点闭合。

按下起动按钮 SB_1 ,接触器 KM 得电吸合并自锁,电动机起动运行。在电动机正常运行时,射极耦合触发器不会翻转(调节 R_5 阻值,使射极耦合触发器翻转电压值高于电动机正常运行时的零序电压 U_{00} 值)。当电源缺一相时,零序电压 U_{00} 升高,通过二极管 VD_1 整流、电容 C_4 滤波及 VT_1 射极跟随电路,将信号送到 VT_2 基极,电路立即翻转, VT_2 导通, VT_3 截止,中间继电器 KA 失电释放,其常开触点断开,接触器 KM 失电释放,电动机停转。

该线路的可靠性较低。造成可靠性低的主要原因是,断相前后人为中性点的电压 U_{00} 变化很小。若调整不当或三极管等元件的参数受外界影响发生变化,保护线路就会发生误动作。

(6)线路之六。如图 6-38 所示。它是利用零序电流来实现断相保护的。

图中, TA 为零序电流互感器; ω_2 为在接触器 KM 线圈外加

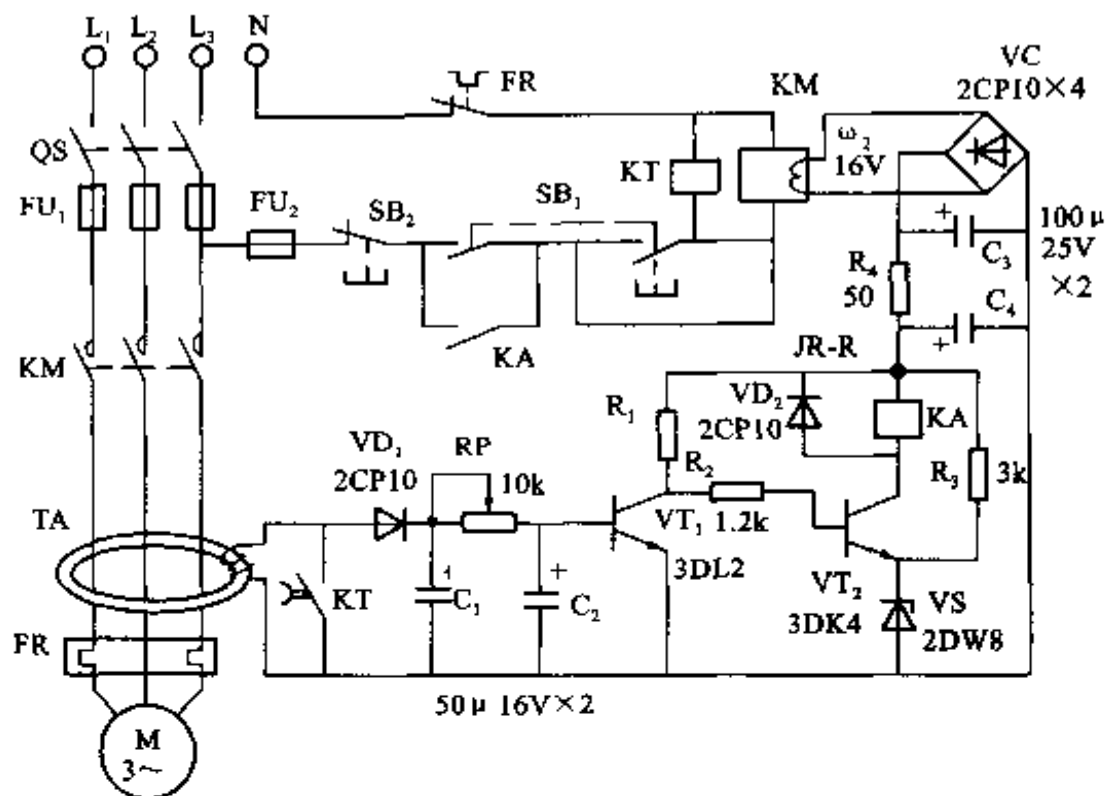


图 6-38 零序电流断相保护线路(之六)

绕的绕组,以取得 12~15V 电压。该电压经整流桥 VC 整流、电容 C_3 、 C_4 滤波后,供给三极管电路工作电压。

工作原理:合上电源开关 QS,按下起动按钮 SB_1 ,接触器 KM 得电吸合,电动机起动运行。同时时间继电器 KT 线圈通电,其延时断开常开触点闭合,将保护电路在起动过程中暂时短路(此时中间继电器 KA 是吸合的),以避免起动时不平衡电流作用而造成误动作(对于小容量自身三相平衡的电动机,则无需装设 KT)。松开 SB_1 后,KT 失电,不参加工作,经过一段延时后(大于电动机起动时间),其延时断开常开触点断开,保护电路投入运行。

正常时,零序电流互感器 TA 次级电流等于零($i_a + i_b + i_c = 0$),三极管 VT_1 截止, VT_2 导通,中间继电器 KA 得电吸合,其常开触点闭合,接触器 KM 自锁。

当电源缺一相时,零序电流互感器 TA 次级产生的感应电势经二极管 VD_1 整流,电容 C_1 、 C_2 滤波,使三极管 VT_1 由截止变为

导通,VT₂截止,KA失电释放,其常开触点断开,接触器KM失电释放,电动机停转。

12. 固态断相继电器保护线路

固态断相继电器,是用于三相交流断相监测、保护与控制的新型器件,简称SSPORR。它是一只只有5个端点的半导体模块,其中:①、②、③端为三相监测输入端,相序任意,吸收电流极少,三端总计不超过1mA;④、⑤端为开关端。该模块的特点是:工作范围宽,无火花和抖动,浪涌电流容量大。当三相电源正常时,④、⑤端导通;缺相时,④、⑤端截止,保护与控制开关断开。

输入端与输出端绝缘层耐压2500V。输出端工作电源分为交流型和直流型。交流型用于工业电气装置,直流型用于自动控制电子线路。

器件主要参数:①输入标称电压 V_T 为三相380V;②输入最大吸收电流 I_{max} 为1mA(总计);③输入最小控制电流 I_{CT} 为0.32mA;④输入端间重复峰值电压 V_{RRM} 为1000V($\leq 1s$);⑤输出标称电压 V_T 为220V;⑥输出额定通态电流 I_T 为1A;⑦输出断态重复峰值电流 $I_{DRM} < 1mA$;⑧输出通态峰值电压 $V_{TM} < 3V$;⑨输出浪涌电流 $I_{TSM} \leq 10A$;⑩输出断态重复峰值电压 V_{DRM} 为400V;⑪输入端/输出端隔离峰值电压 V_S 为2500V;⑫断相控制关断时间 t_{off} 为15ms;⑬器件表面最高温度 T_c 为55℃(50%额定输出);⑭器件模块芯片重量 M_{max} 为6g。

由固态断相继电器组成的断相保护线路如图6-39所示。

工作原理:以图6-39(a)为例介绍。合上电源开关QS,按下起动按钮SB₁,中间继电器KA得电吸合,其常开触点闭合,SSPORR投入工作,其输出端④、⑤端有电压输出,接触器KM得电吸合,电动机起动运行。KM常开辅助触点闭合,KA自锁。

当电源缺一相时,SSPORR的输出端截止,无电压输出,接触器KM失电释放,电动机停止运行。同时其常开辅助触点断开,继电器KA失电释放,电路恢复原始状态。

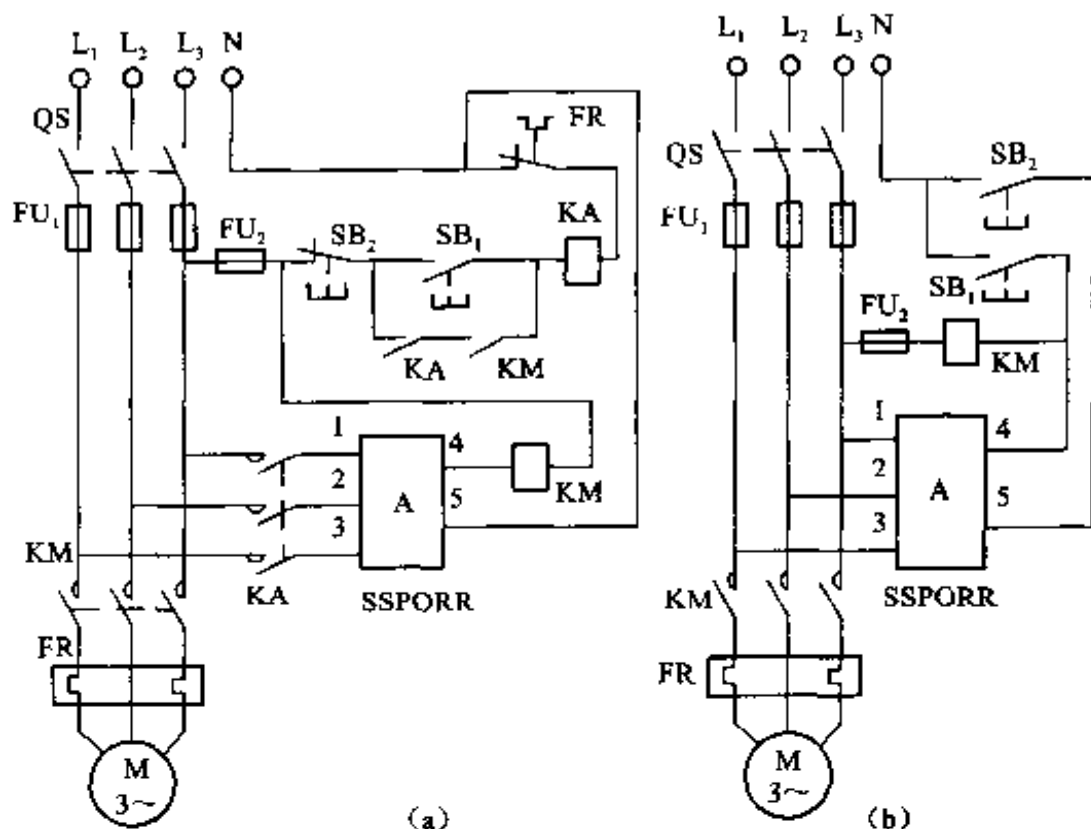


图 6-39 固态断相继电器保护线路

图 6-39(b)所示线路为电动机软保护线路。固态断相继电器输出端接入交流接触器自锁回路。按下起动按钮 SB₁,接触器 KM 得电吸合,如果三相电源正常,SSPORR 输出端有自锁功能,电动机起动运行;如果电源缺一相,SSPORR 输出端自锁功能解除,KM 失电释放,电动机停转。

13. 光电式断相保护线路

如图 6-40 所示。该线路采用三只发光二极管 VH₁~VH₃ 作为检测元件。

工作原理:合上电源开关 QS,分别接在电源 U、V、W 相的三只发光二极管 VH₁、VH₂、VH₃ 发光,分别照到三只光电管 LD₁、LD₂、LD₃ 上,为三极管 VT₁ 提供偏置电流,使其导通,三极管 VT₂ 基极-发射极电压极低而截止,中间继电器 KA 处于释放状态,其常闭触点闭合。

按下起动按钮 SB₁,接触器 KM 得电吸合并自锁,电动机起动

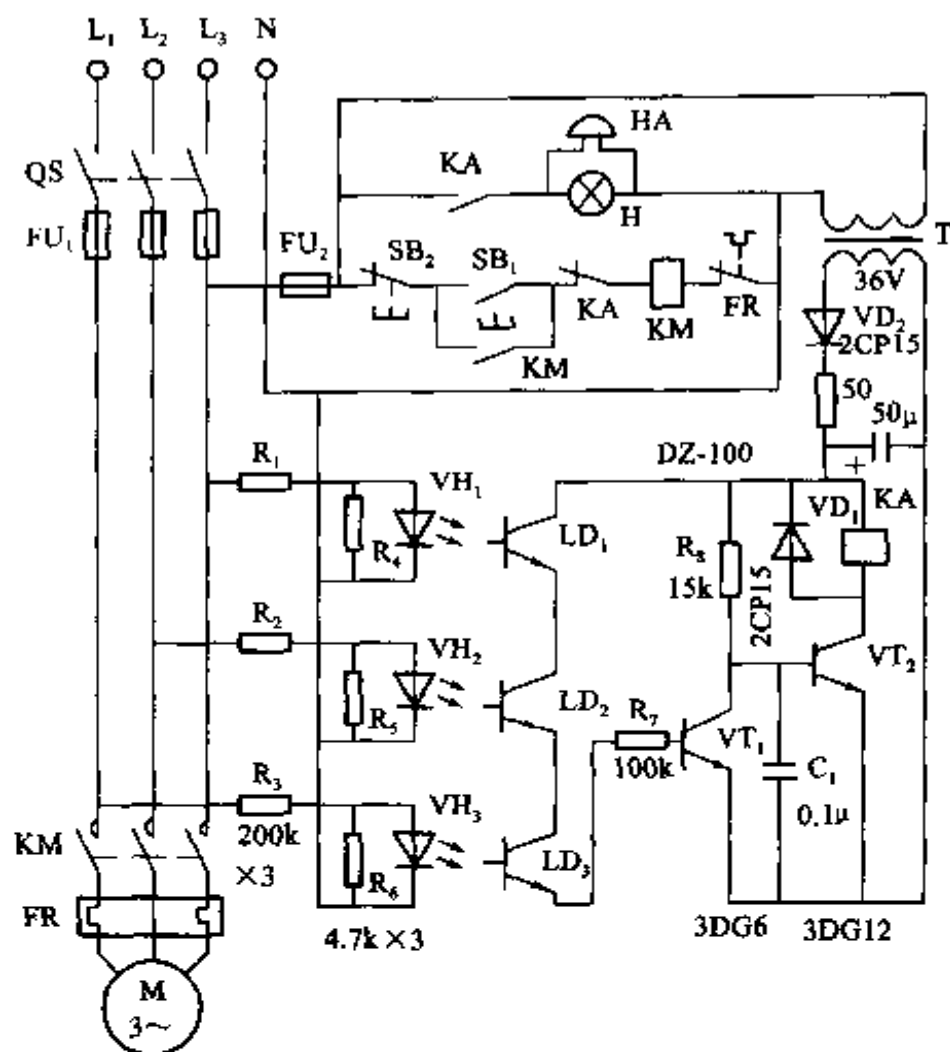


图 6-40 光电式断相保护线路

运行。当三根熔丝有一根熔断或接触器 KM 的触点有一相接触不良而断开时，三只发光二极管中就有一只不发光，相应的光电管输出呈开路状态，致使 VT₁ 失去偏置而截止，输出高电平，VT₂ 导通，中间继电器 KA 得电吸合，其常闭触点断开，接触器 KM 失电释放，电动机停转。同时 KA 的常开触点闭合，指示灯 H 亮，电铃 HA 发出报警信号。

该线路在电源开关下桩头以上开路或电源某相断电时，不能起到保护作用。

元件选择：VH₁~VH₃ 可选用 2EF-102A (5~10mA) 型磷化镓发光二极管；光电管 LD₁~LD₃ 可用 3DG 或 3DK 型硅管改制。

改制方法:用锉刀将管帽上盖锉掉,露出管芯硅片。在指示灯罩上钻一小孔,将管帽嵌入罩内,外面用胶封好并旋紧灯罩。若采用光电耦合器(如.TIL 系列)代替发光二极管和光电管,则电路更简洁。直流继电器 KA 可选用 DZ-100/12V 型,也可选用 JRX-13F 型。

第四节 多功能保护线路

所谓多功能保护线路,可以说是多种保护线路的组合线路。

14. 自动开关过电流和断相保护线路

自动开关即自动空气开关,又称低压断路器。它有多种式样,复式自动开关有电磁脱扣机构、热过载保护机构和欠压脱扣机构,常用于配电线路的过载、短路和欠电压保护。

自动开关也可用于电动机的过载、短路和欠电压保护及用于电动机不频繁直接起动。它在一定程度上可取代接触器、热继电器和熔断器,能简化控制线路。自动开关选择在表 6-3 中已作初步介绍。

自动开关过电流和断相保护的线路如图 6-41 所示。

工作原理:合上闸刀开关 QS,自动开关 QF 所附的欠压脱扣器 YR 得电,QF 可以合闸;合上 QF,其机械连锁常开触点闭合。按下起动按钮 SB₁,接触器 KM 得电吸合并自锁,电动机起动运行。

当电动机过载或短路时,自动开关所附的热脱扣或短路脱扣器便动作,通过机械机构,顶撞跳闸机构,使自动开关自动跳闸,从而保护了电动机。如果电源电压消失或瞬时失

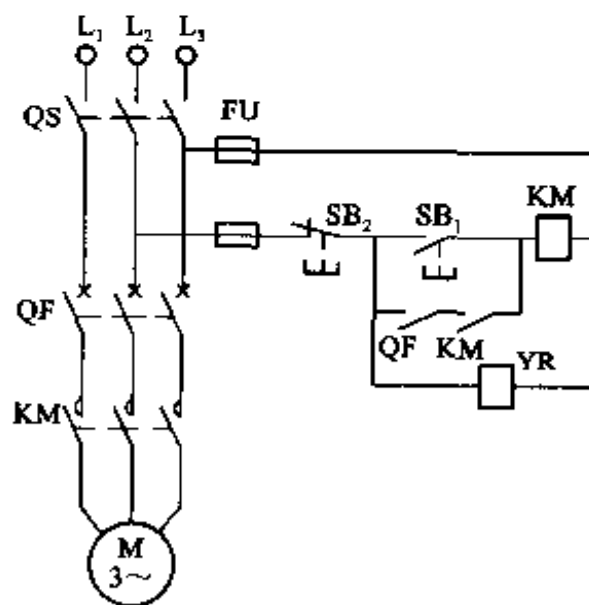


图 6-41 自动开关过电流及断相保护线路

电,欠电压脱扣器 YR 动作,自动开关也自动跳闸。同样,按动停止按钮,自动开关也能跳闸。

实际上,利用自动开关控制和保护电动机,可以省去接触器,但有时为了操作方便(如自动开关安装较远,用按钮就近控制电动机较方便),还是装设了接触器。接触器也具有欠压保护功能。如果自动开关带有热脱扣机构,并能与电动机热保护元件相配套,则可以省去热继电器保护。

选择自动开关应注意以下事项:

(1)选型问题。自动开关品种很多,保护特性各异,有的专用于配电线路,有的专用于照明线路,有的专用于晶闸管线路。专用于保护电动机的自动开关又根据被保护电动机结构和保护要求的不同分为多个类型。选用时需仔细查阅样本资料,与热继电器动作特性相差较多的自动开关,不能直接用于电动机保护。如 DZ10 型自动开关,虽带有热脱扣器,但由于其热脱扣器的动作电流是不可调的,因此其特性还不能满足电动机过载保护的要求。

电动机保护用的自动开关,其长延时脱扣元件分为可调式和不可调式两种。可调式过电流脱扣器的整定电流调节范围为 0.7~1.0 倍脱扣器额定电流。由于长延时脱扣特性与 JR 系列热继电器特性相同,所以它很适合用做电动机的过载保护装置。

长延时脱扣器的保护特性见表 6-15。

表 6-15 长延时脱扣器的保护特性

试验电流 脱扣器整定电流	动作时间	
	额定电流 50A 及以下	额定电流 50A 以上
1.0	不动作	不动作
1.2	<20min	<20min
1.5	<3min	<3min
6.0	可返回时间:1s 或 3s	可返回时间:3s 或 8s 或 15s

注:可返回时间是指在长延时和短延时范围内,当电流下降到长延时脱扣器整定电流的 90% 时,脱扣器能返回到原来状态的最长时间。

为了防止电动机起动时自动开关误动作,自动开关的瞬时脱扣器电流的整定值应大于起动冲击电流。对于鼠笼式异步电动机可整定在脱扣器额定电流的 8~15 倍;对绕线式异步电动机可整定在脱扣器额定电流的 3~6 倍。

(2)寿命问题。自动开关寿命一般只有万次左右,比一般交流接触器操作寿命低两个数量级。直接起动电动机时,只适合在不频繁操作的情况下使用。

如果选择不到能满足电动机过载保护的自动开关,可以将配用电自动开关与热继电器配合使用来实现电动机的过载保护。这时配用电自动开关瞬时脱扣器的动作电流应等于 14 倍电动机额定电流,以避免由于电动机起动冲击电流而引起误动作。

15. 时基电路过电流和断相保护线路

如图 6-42 所示。该线路采用 5G1555 时基集成电路 A 实现电动机过载和断相保护。

工作原理:合上电源开关 QS,变压器 T 得电,次级电压经整流桥 VC 整流、电容 C_4 滤波、电阻 R 限流、稳压管 VS 稳压后,提供约为 12V 的直流电压 E_c 。按下起动按钮 SB_1 ,接触器 KM 得电吸合并自锁,电动机起动运行。由于采用了时基集成电路 5G1555,所以在起动时间内,虽有很大电流信号从电流互感器 TA 次级输出,但 5G1555 的第③脚仍无电压输出,中间继电器 KA 处于释放状态,其常闭触点闭合。

电动机运行时,电动机线电流经电流互感器 TA 变流、二极管 VD 整流、电容 C_1 滤波后,输出电压作为 5G1555 的输入信号电压。为了适应电动机的不同功率和拖动不同性质负载的需要,在 5G1555 的三个输入脚前加了三个电位器。电动机正常运行时调节 RP_1 ,使加于⑥脚的电压不大于 $2E_c/3$;调节 RP_2 ,使加于②脚的电压小于 $E_c/3$;调节 RP_3 ,使④脚为高电平,这时③脚输出为高电平,中间继电器 KA 线圈两端无电压,处于释放状态,其常闭触点闭合。

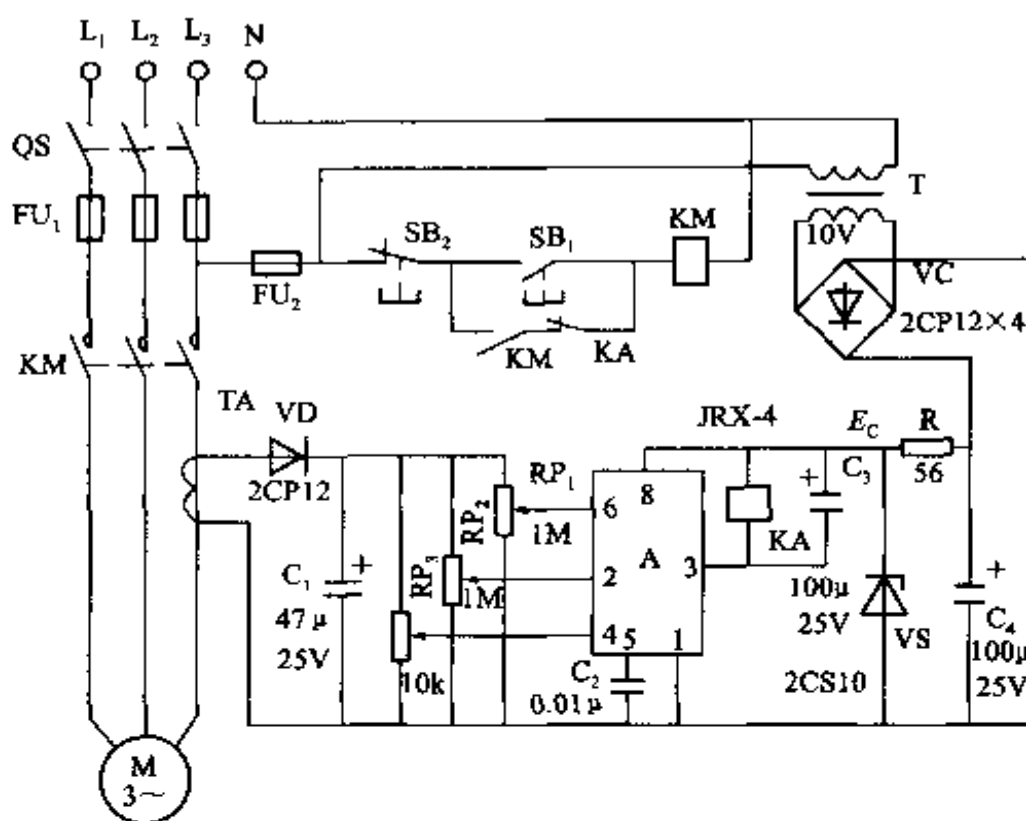


图 6-42 时基电路过载和断相保护线路

当电动机过载时,线电流增大,当电流达到预先整定好的数值(一般为电动机额定电流的 1.2 倍左右)时,经电流互感器 TA 转换,在 5G1555 的⑥脚加上了一个大于 $2E_c/3$ 的电压,同时②脚的电压大于 $E_c/3$,因而③脚输出低电平,继电器 KA 得电吸合,其常闭触点断开,接触器 KM 失电释放,电动机停转。

当 W 相断相时,TA 次级无感应电压,此时 5G1555 的④脚相当于加上低电平,而④脚是集成电路内部 R-S 触发器的强制复位端,所以③脚输出为低电平,继电器 KA 照样得电吸合,使电动机停转。

当 U 相或 V 相断相时,只要 W 相电流升高到原工作电流的 1.73 倍左右,能使 5G1555 的⑥脚的原输入信号电压从不大于 $2E_c/3$,增加到大于 $2E_c/3$,②脚的输入信号电压增加到大于 $E_c/3$,③脚即输出跳变为低电平,使继电器 KA 得电吸合,电动机停转。

元件选择:电流互感器 TA 可以在普通电流互感器的线圈外面用和电动机电流相适应的导线绕 2~4 匝作为初级。要求当电动机正常运行时,其次级绕组感应电压应有 8V 以上(可调整匝数改变);变压器 T 可以在接触器 KM 线圈外面用直径为 0.2mm 的漆包线绕数百匝代替,如 CJ20-10 型 380V 接触器的线圈外面绕 250 匝,可得到约 10V 电压。

调试时,先调节电位器 RP_2 ,使②脚电压比 $E_c/3$ (约 4V)小 1V 左右,即约为 3V,再适当调节 RP_1 ,使⑥脚电压比 $2E_c/3$ (约 8V)小 1.5V 左右,即约为 6.5V,这时电动机应能正常运行。

然后拔掉 W 相熔断器,看电动机能否正常停机,如不停机,则将 RP_3 适当下调,使④脚电压下降 0.7~1.1V。

最后将 U 相或 V 相熔断器拔下,电动机应能停机,如不停,则应将 RP_1 稍向上调,使⑥脚电位上升一点儿。

16. SL-322 集成电路多功能保护线路

线路如图 6-43 所示。该线路采用 SL-322 集成电路。其输出端有若干只发光二极管和一只灵敏继电器,根据发光二极管的发光数可读出电动机的工作电流,以监视电动机运行情况。如发生过电流,灵敏继电器动作,实现停机功能。图中电位器 RP 为输出值给定电位器,调节它可将输出电流值调定在 5~50A 范围内的任意给定值;以满足自动停机的要求。该线路还有断相保护功能。

工作原理:合上电源开关 QS,按下起动按钮 SB_1 ,接触器 KM 得电吸合,电动机起动。KM 常开辅助触点闭合,接触器 KM 自锁。同时时间继电器 KT 线圈通电,经过一段延时后(躲开电动机起动时间),其延时断开常开触点断开,电流互感器 TA_1 (普通型)次级与变流器 TA_2 初级连接,接通过电流保护电路。

电动机正常运行时,电动机线电流经 TA_1 、 TA_2 变流,整流桥 VC 整流,电容 C_3 滤波,在电位器 RP 滑臂与集成电路 SL-322 的⑨脚之间产生一个输出电压 U_g ,SL-322 相对应的管脚输出高电

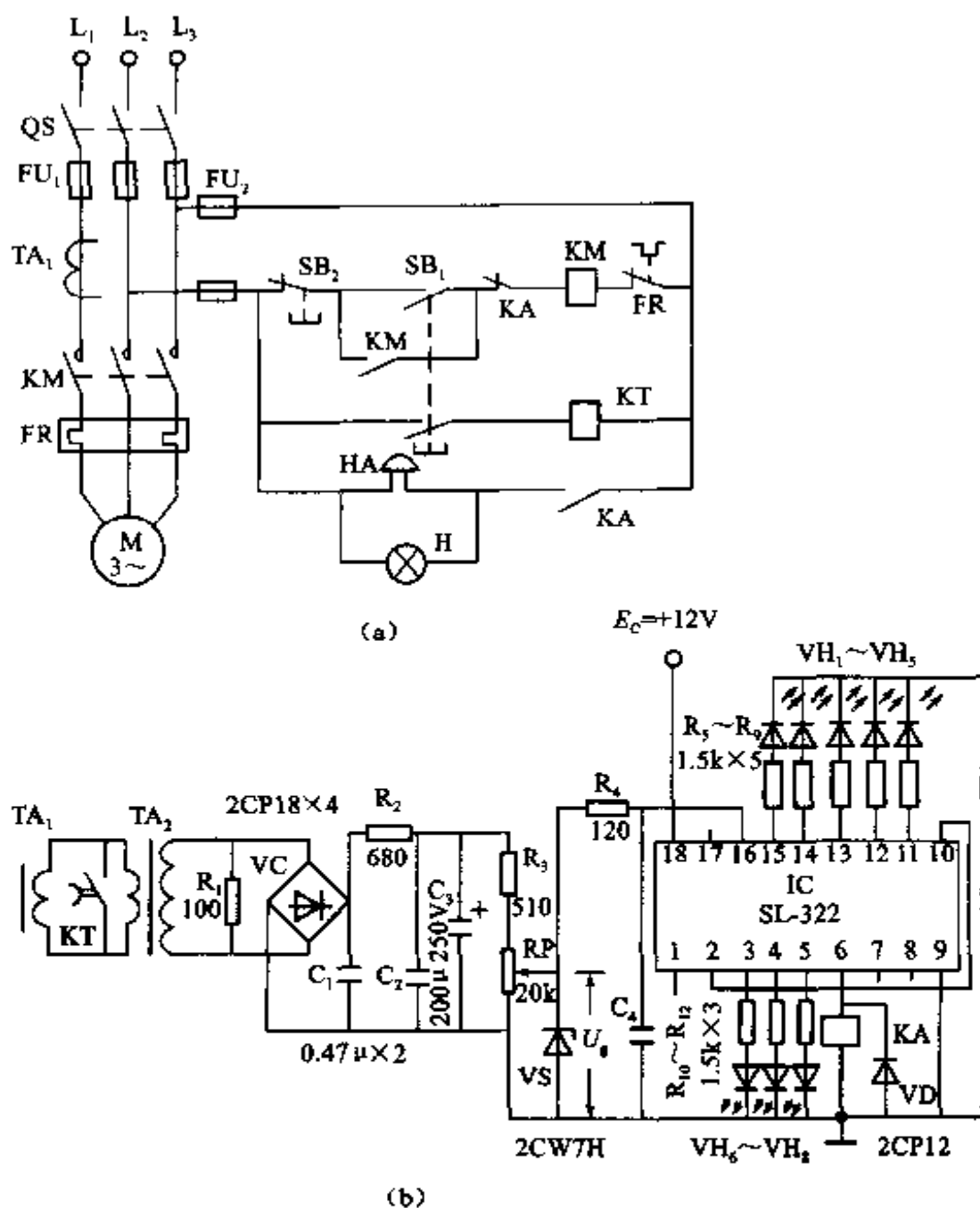


图 6-43 SL-322 多功能保护线路

位,相对应的发光二极管发光,指示出电动机的负载情况。

当电动机过载时,电压 U_x 升高,SL-322 的⑥脚输出高电位,灵敏继电器 KA 得电吸合,其常闭触点断开,接触器 KM 失电释放,电动机停转。KA 常开触点闭合,电铃 HA 和指示灯 H 发出报警信号。

图中, C_1 、 C_2 为抗高频干扰电容, 一般场合可以不用; C_3 为滤波电容及抗低频干扰电容; C_4 也是抗干扰电容; 稳压管 VS 起限幅作用, 当输入直流电压达到稳压管的击穿电压时, VS 击穿, 保护了集成电路; 二极管 VD 是为了防止继电器 KA 失电时形成的反电动势损坏集成电路而设的。KA 选用 JTX-2 型灵敏继电器。

热继电器 FR 做过载后备保护及断相保护。

由于集成电路 SL-322 的阈值电压只和直流供电电压 E_c 有关, 因而只要保证 E_c 恒定(必要时可用单独电源供电), 就可使比较翻转电压恒定, 即可使保护装置准确地按预先整定好的电流值动作。

变流器 TA_2 的制作: 可选用 E 型铁芯, 叠厚约 20mm, 初级用直径 1.88mm 漆包线绕 3 匝, 次级用直径 0.17mm 漆包线绕 2300 匝。

该线路不足之处在于: 电动机正常运行中时间继电器 KT 都要参加工作, 容易造成时间继电器损坏。为此可参照图 6-42 线路加以改进。

17. 电流互感器多功能保护线路(一~三)

(1) 线路之一。如图 6-44 所示。该线路具有断相和过载保护功能。

由电流互感器 TA_1 、 TA_2 、 TA_3 检测三相线路的电流; 由二极管 $VD_1 \sim VD_3$ 和三极管 $VT_1 \sim VT_3$ 等元件组成断相信号取样电路; 用启辉器 Ne(去掉玻璃泡) 双金属片作为电动机温度的感热元件; 由三极管 $VT_1 \sim VT_3$ 及二极管 $VD_4 \sim VD_8$ 等组成或非门电路; 由射极耦合触发器(由三极管 VT_4 、 VT_5 组成) 和灵敏继电器 KA 组成电路的执行部分。

上述各部分电路在前面均已详细介绍过, 下面就线路的几种保护功能作一简单介绍。

工作原理: 合上电源开关 QS, 按下起动按钮 SB_1 , 接触器 KM

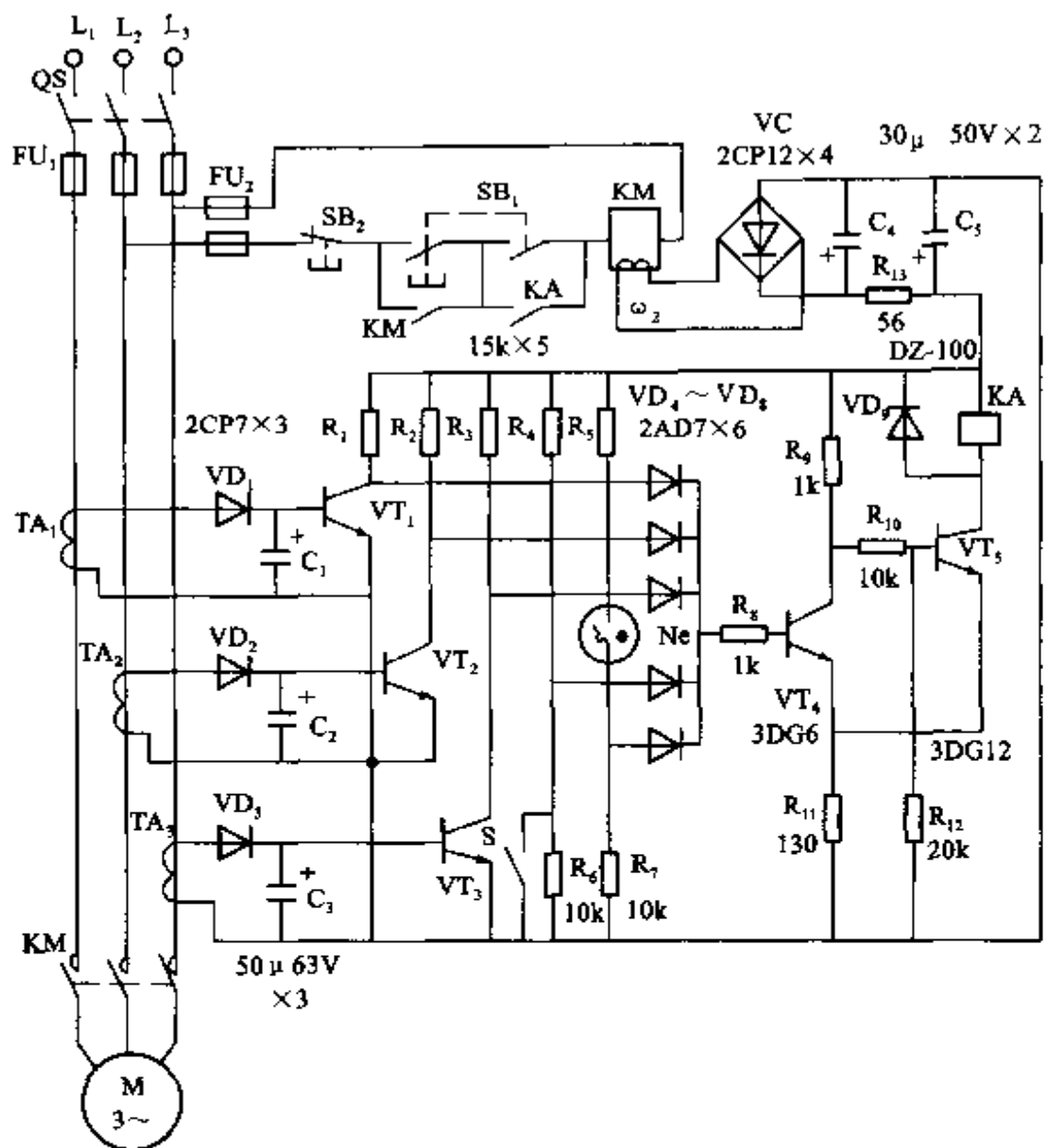


图 6-44 电流互感器多功能保护线路(之一)

得电吸合,电动机起动运行。此时 KM 在其线圈外绕组 ω_2 上感应出 17V 左右的电压,供给保护装置的工作电源。由于三个电流互感器次级有感应电势,三极管 $VT_1 \sim VT_3$ 均导通,它们的集电极处于低电位,三极管 VT_4 截止, VT_5 导通,中间继电器 KA 得电吸合,其常开触点闭合,接触器 KM 自锁。松开按钮 SB_1 后,电动机仍正常运行。

①断相保护。当电源缺一相时,与之对应的三极管截止,其集

电极电位上升,通过相应的二极管,使输出电压增高,从而导致射极耦合触发器翻转,即 VT_2 导通, VT_3 截止,中间继电器 KA 失电释放,随之 KM 释放,电动机停转。

②过载保护。根据电动机的允许温升,调整好启辉器双金属片与固定触点的间隙,然后把启辉器紧贴在电动机的绕组上。在正常情况下,双金属片与固定触点是断开的,二极管 VD_2 正极为零电位, VT_2 处于截止状态。当电动机过热时,双金属片与固定触点闭合, VD_2 正极电位上升而导通,使 VT_2 导通, VT_3 截止,KA、KM 相继失电释放,电动机停转。

图中,二极管 VD_2 是保护三极管 VT_2 用的,当继电器 KA 释放时会产生一高电压,经 VD_2 能将电压释放;S 为水泵断水接点。

元件选择:电流互感器可采用锰锌 MXO-2000 型磁环,其尺寸及绕组匝数取法同前;灵敏继电器可选用 JR-4 型, $1k\Omega$,也可选用吸合电压不大于 12V、吸合电流不大于 30mA 的其它继电器,如 JRX-13F 型。

(2)线路之二。电流互感器可用来反应定子绕组电流的大小,当定子绕组电流超过允许值时(避开起动和电流波动时间),由电流互感器检测出的电流信号通过电子电路作用于继电器,使接触器跳闸,切断电动机电源。

电流互感器多功能保护线路如图 6-45 所示。该线路具有过载保护、快速制动、断相保护及报警功能。

工作原理:合上电源开关 QS,按下起动按钮 SB_1 ,时间继电器 KT_2 得电,其延时断开常开触点闭合,短接了电流继电器 TA 次级,过电流保护装置因无输入信号,三极管 VT_1 、 VT_2 截止,中间继电器 KA 释放,其常闭触点闭合; KT_2 延时闭合(延时整定 0.2s 左右)常开触点闭合,接触器 KM_1 得电吸合并自锁,电动机起动。松开 SB_1 后, KT_2 线圈失电,其延时断开常开触点需经过一段延时后才能断开,此延时整定时间应大于电动机起动时间。因此在起动

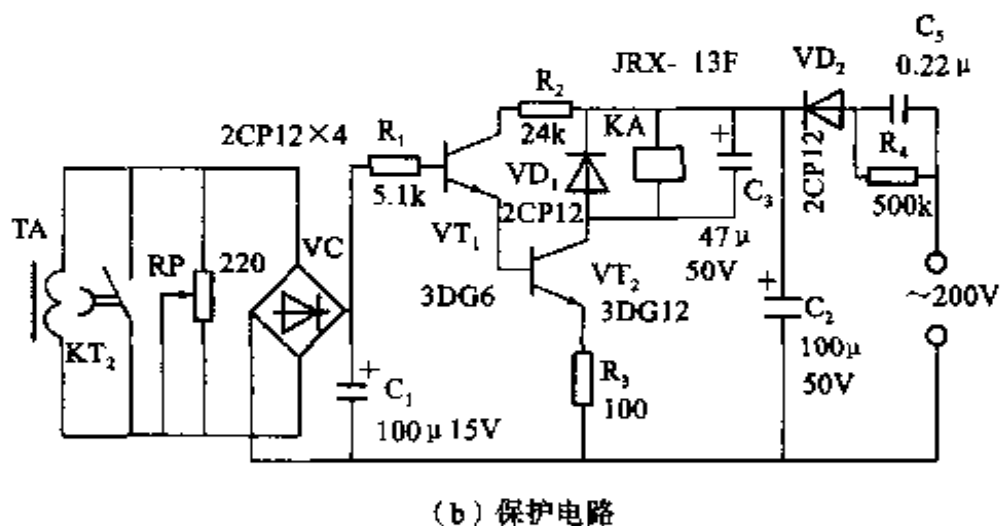
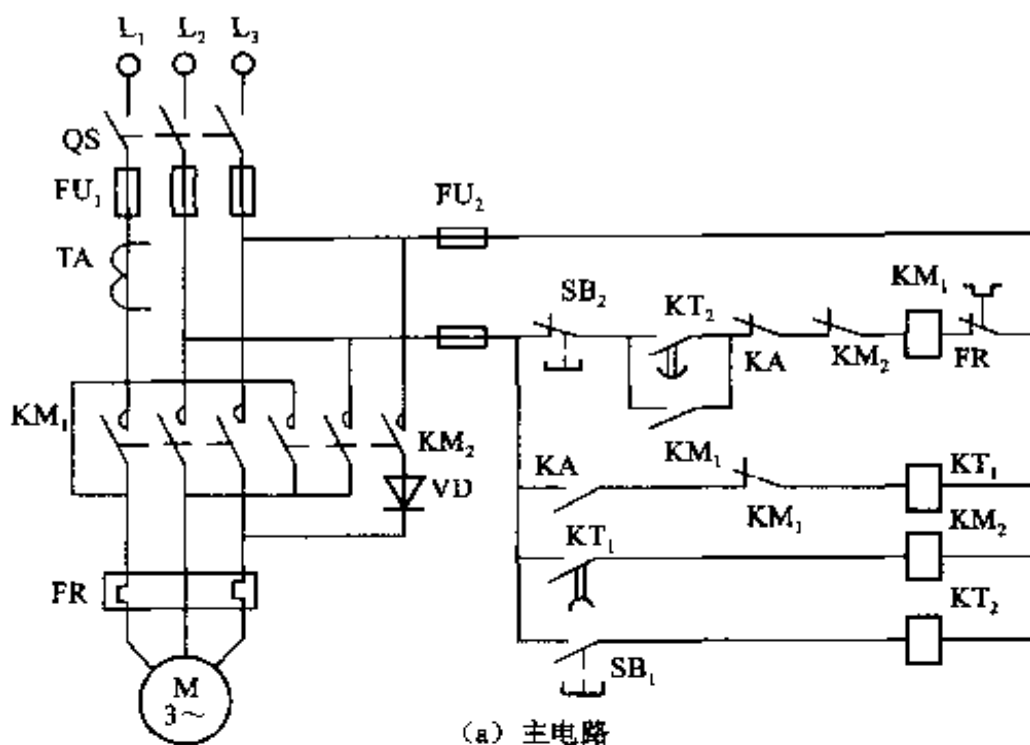


图 6-45 电流互感器多功能保护线路(之二)

过程中,过电流保护装置不起作用。起动完毕,KT₂ 延时断开常开触点断开,电流互感器 TA 与保护电路相连。

电动机正常运行时,TA 次级输出电流很小,经整流桥 VC 整流、电容 C₁ 滤波后电压很低,三极管 VT₁、VT₂ 截止,中间继电器 KA 处于释放状态。

当电动机过载时,主电路电流增大,电流互感器 TA 次级输出

电流增大,导致 VT_1 、 VT_2 导通,KA 得电吸合,其常闭触点断开,接触器 KM_1 失电释放,电动机脱离电源做惯性旋转。同时 KA 常开触点闭合,时间继电器 KT_1 线圈通电,其延时断开常开触点闭合。接触器 KM_2 得电吸合,其主触点接通二极管 VD 回路,电动机快速制动。在制动开始时,KA 释放, KT_1 也随之失电,经过 3~5s 延时时间(保证电动机完全制动),其延时断开常开触点断开,接触器 KM_2 失电释放,制动过程结束,电动机停转。

热继电器 FR 作过载后备保护及断相保护。当接有电流互感器 TA 的那一相发生断相时,过电流保护装置不动作,而热继电器动作,切断电源电路。

穿心电流互感器 TA 可选用 $\phi 18 \times \phi 8 \times 5\text{mm}$ 的 MXO-2000 锰锌铁氧体磁环,用直径为 0.39mm 高强度漆包线绕上 700~800 匝作为次级,初级由主回路导线穿绕 2 匝。

调整时,接上额定负载,调节电位器 RP,使 TA 次级电压为 1~2V(达不到时可增加初级匝数),即三极管 VT_1 的基极电压为 0.2~0.4V,处于可靠的截止状态;当电动机过载时,能保证 VT_1 可靠导通,继电器 KA 吸合。

(3)线路之三。如图 6-46 所示。该线路利用一个电流互感器 TA 作为故障信号检测元件实现断相和过载保护。

工作原理:合上电源开关 QS,按下起动按钮 SB_1 ,接触器 KM 得电吸合,电动机起动运行。同时电源经变压器 T 降压、二极管 VD_5 整流、电容 C_4 滤波后,提供各三极管直流工作电压。电流互感器 TA 次级感应电动势经二极管 VD_1 整流、稳压管 VS 稳压,给予三极管 VT_2 基极偏压, VT_2 导通,使 VT_3 基极电位上升而截止,中间继电器 KA 处于释放状态,其常闭触点闭合,接触器 KM 自锁。

①断相保护。当电源 W 相断电时,电流互感器 TA 次级无感应电动势, VT_2 截止, VT_3 基极电位下降(下降程度由电阻 R_6 、 R_7 、 R_8 组成的分压器决定)而导通,KA 得电吸合,其常闭触点断开,

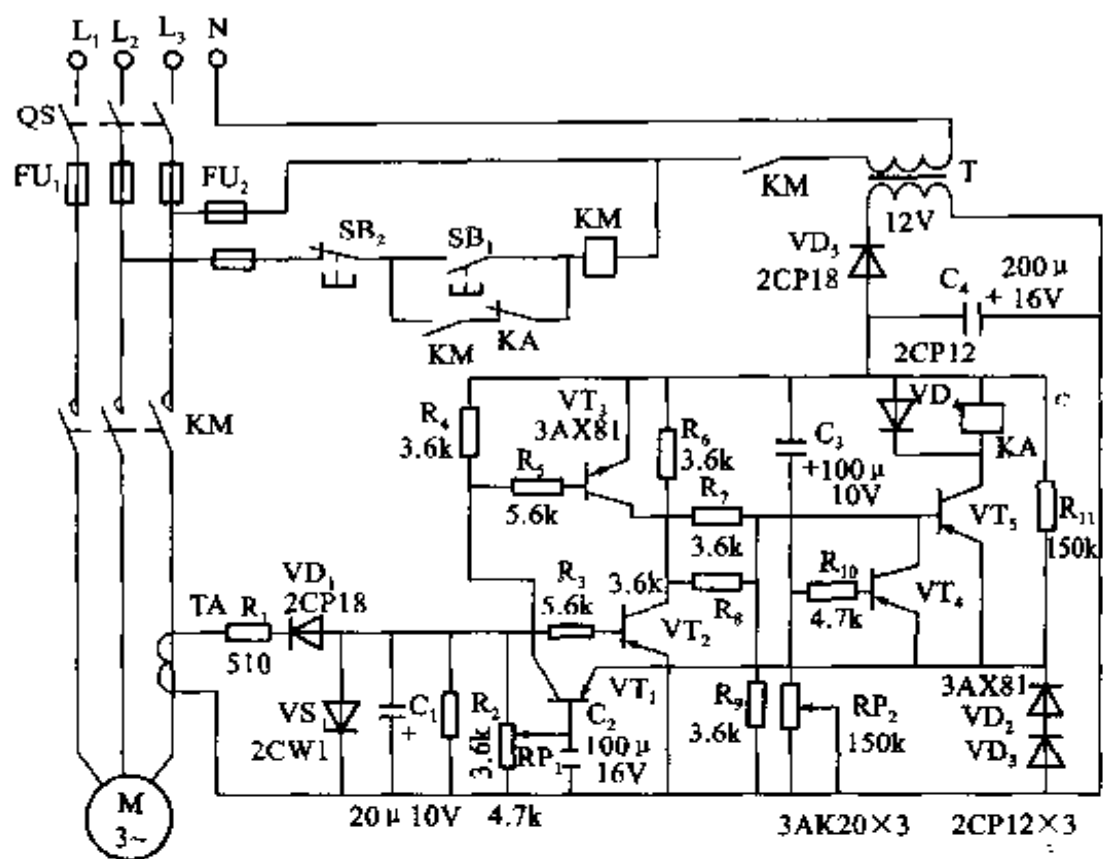


图 6-46 电流互感器多功能保护线路(之三)

接触器 KM 失电释放,电动机停转。当 U 相或 V 相断电时, W 相电流增大,这时过载保护会起作用,使电动机停转。

②过载保护。当电动机过载时,电流互感器 TA 次级感应电势增大,当超过一定值时(可调节电位器 RP_1 加以整定),三极管 VT_1 导通,其集电极电位上升,使三极管 VT_3 的基极电位也升高, VT_3 导通,使 VT_5 基极电位下降而导通,KA 得电吸合,电动机停转。

图中,电容 C_2 起延时作用,以避免电动机短时过载冲击而引起误动作;电容 C_3 、电阻 R_{10} 、电位器 RP_2 组成起动延时环节,使起动过程中三极管 VT_4 基极电位较低而导通,从而使 VT_5 处于截止状态,KA 不动作。

电流互感器可用铁芯截面为 $12\text{mm} \times 16\text{mm}$ 的硅钢片制作,初次级线圈匝数见表 6-16。

表 6-16 电流互感器匝数参考数值

电动机额定 电流(A)	初级匝数	次级匝数	说 明
1(或 3 或 5)	7(或 5 或 3)	2000	初级 $\phi 1.6\text{mm}$ 铜线,次级 $\phi 0.1\text{mm}$ 漆包线
7.5~10	2	2000	初级 $\phi 3\text{mm}$ 铜线,次级 $\phi 0.1\text{mm}$ 漆包线
15~25	1	2000	初级电动机一根相线穿过铁芯,次级 $\phi 0.1\text{mm}$ 漆包线
30~35	1	1500	
40~50	1	1000	
60	1	700	
100	1	500	
150	1	300	
190	1	250	

18. 检测谐波电流的多功能保护线路

如图 6-47 所示。该线路属于谐波电流保护,具有断相和过载保护功能。

该线路采用两组电流互感器,1TA₁、1TA₂、1TA₃ 为断相信号检测元件;2TA₁、2TA₂、2TA₃ 为过载信号检测元件。在接触器 KM 线圈外加绕绕组 ω_2 代替变压器,可省去一只降压变压器。

工作原理:合上电源开关 QS,按下起动按钮 SB₁,接触器 KM 得电吸合,电动机起动运行。电流互感器 1TA₁、1TA₂、1TA₃ 次级感应出电动势,三个基波电势大小相等,相位互差 120°,其串联基波合成电动势为零;三个三次谐波电动势大小相等、方向相同,因此互相叠加,经二极管 VD₁ 整流、电容 C₁ 滤波后,产生直流电压加在由电阻 R₁、电位器 RP₁ 组成的分压器上。调节 RP₁,使三极管 VT₁ 基极产生 1.4V 电压而饱和导通,中间继电器 KA 得电吸合,其常开触点闭合,接触器 KM 自锁。

(1)断相保护。当电源缺一相时,该相电流互感器次级无感应电动势,而另两相电流互感器次级感应出的电动势(不论是基波还是三次谐波)将变为大小相等、方向相反而互相抵消,三极管 VT₁ 基极电位下降至 0 伏而截止,KA、KM 相继失电释放,电动机停转。

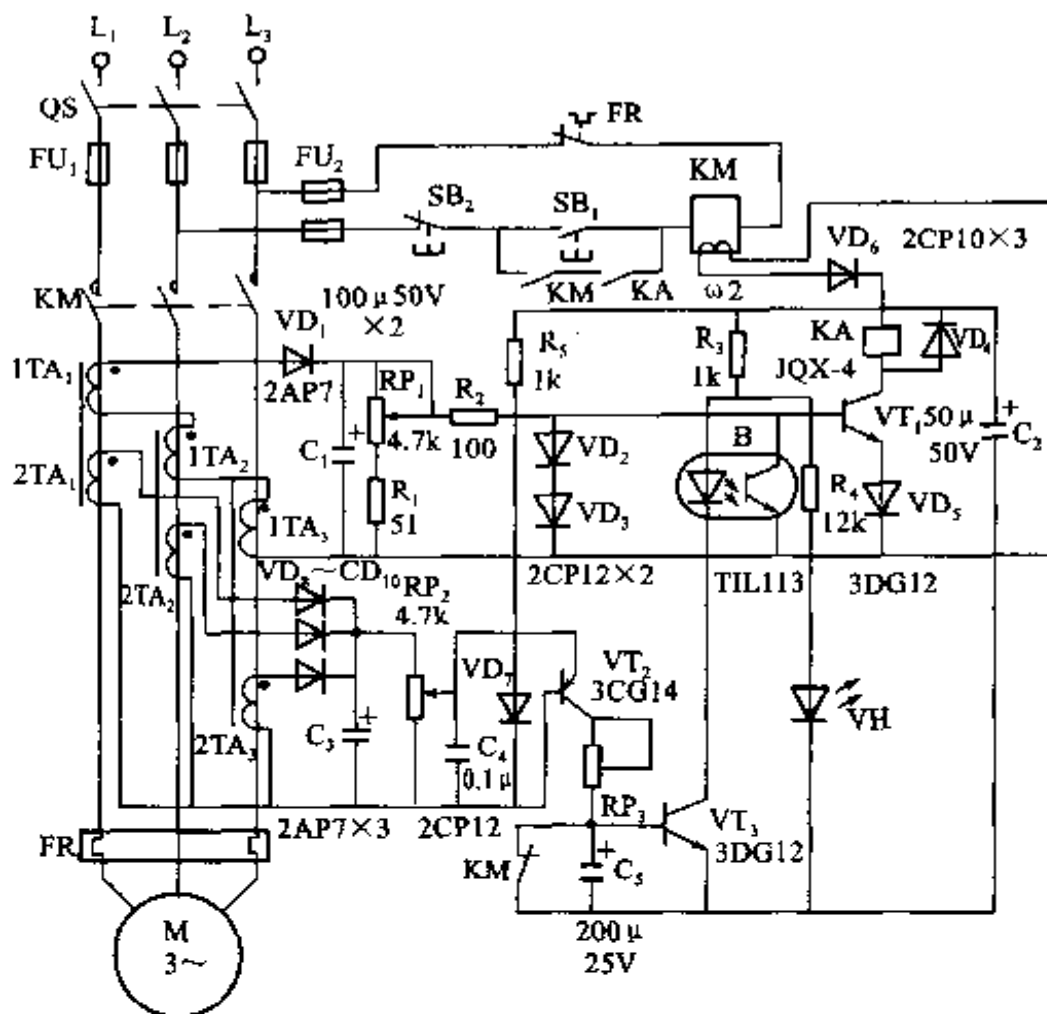


图 6-47 检测谐波电流的多功能保护线路

(2) 过载保护。正常时, 电流互感器 $2TA_1$ 、 $2TA_2$ 、 $2TA_3$ 次级感应电势经二极管 VD_8 、 VD_9 、 VD_{10} 三相半波整流、电容 C_3 滤波后, 产生直流电压加在电位器 RP_2 上。调节 RP_2 使三极管 VT_2 处于待导通状态, 三极管 VT_3 截止。当电动机过载时, 电流互感器将感应出较高的电动势, 使 VT_2 基极电位降低而导通, VT_3 基极电位升高而导通, 光电耦合器 B 中的发光二极管通电发光, 其光电三极管受光饱和导通, 迫使三极管 VT_1 基极电位下降而截止, 中间继电器 KA 失电释放, 随后 KM 释放, 电动机停转。

图中, 电容 C_5 起延时数秒钟的作用, 以避免启动时因电流冲击而误动作, 并可避开电动机正常运行中出现的短时过载电流; 并联在 C_5 上的接触器 KM 常闭辅助触点能为 C_5 提供放电回路; 电

容 C_1 是为防止高频干扰而设的。

两组电流互感器均可采用锰锌 MXO-2000 型磁环绕制,具体做法见本节 6. 中线路之一所述。

19. 检测三次谐波电流的多功能保护线路

如图 6-48 所示。该线路具有断相、过载、堵转等多种保护功能。

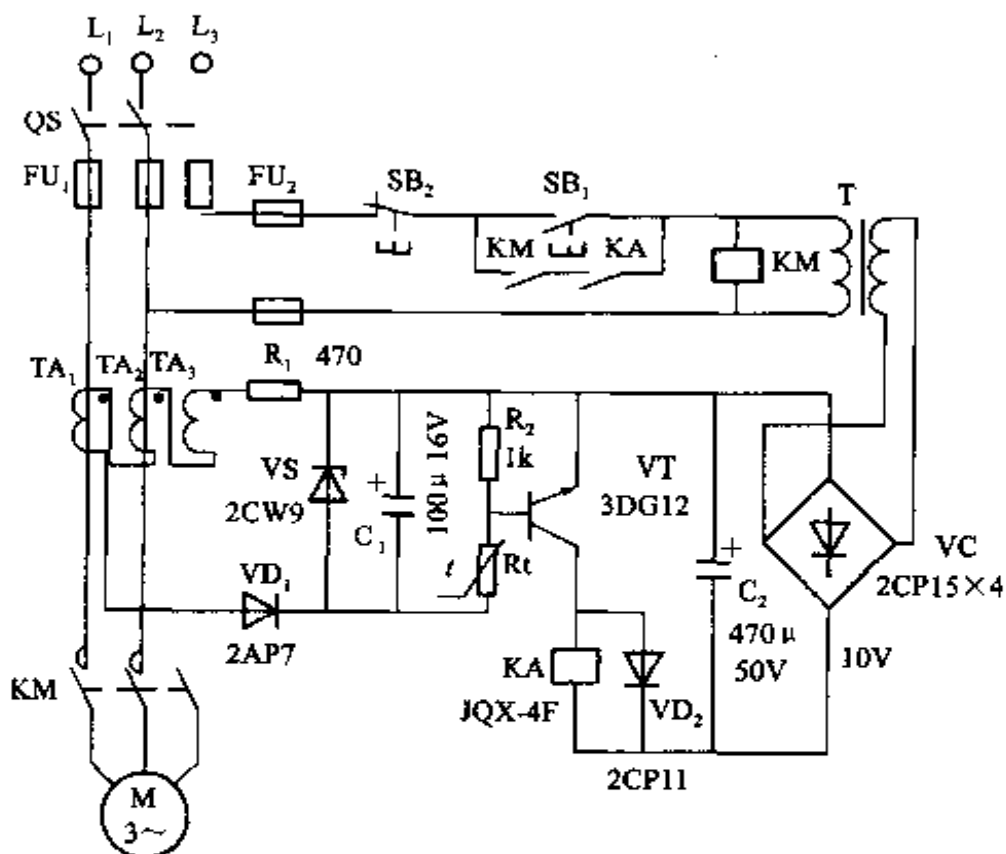


图 6-48 检测三次谐波电流的多功能保护线路

该线路采用速饱和电流互感器 TA_1 、 TA_2 、 TA_3 检测三次谐波电流实现断相保护;利用 PTC 热敏电阻 R_t 检测电动机绕组温度实现过载保护。这两种保护在前面都已作详细介绍。

工作原理:合上电源开关 QS ,按下起动按钮 SB_1 ,接触器 KM 得电吸合,电动机起动运行。电源经变压器 T 降压、整流桥 VC 整流、电容 C_2 滤波后,提供给三极管 VT 直流工作电压。此时由于三个串联电流互感器次级有三次谐波电势,该电势经二极管 VD_1 整

流、稳压管 VS 稳压、电容 C_1 滤波后,加在分压器 R_t 和 R_2 上,三极管 VT 得到基极偏压而导通,中间继电器 KA 得电吸合,其常开触点闭合,接触器 KM 自锁。

(1)断相保护。当电源缺一相时,该相上的电流互感器次级感应电势为 0,而另两个电流互感器次级感应电势大小相等、方向相反,串联后总电势也为零,所以三极管 VT 失去基极偏压而截止,KA、KM 相继失电释放,电动机停转。

(2)过载保护。当电动机发生过载或堵转等故障时,若绕组温度超过允许值,达到 PTC 热敏电阻的居里点, R_t 的阻值剧增,使加在三极管 VT 的基极偏压下降到很低的数值,VT 截止,KA、KM 相继失电释放,电动机停转。

该线路采用接触器做执行元件,因此它还有欠压保护功能。

20. 相敏整流电路组成的多功能保护线路(一、二)

(1)线路之一。如图 6-49 所示。该线路具有断相、过载及供电网不对称等保护功能。

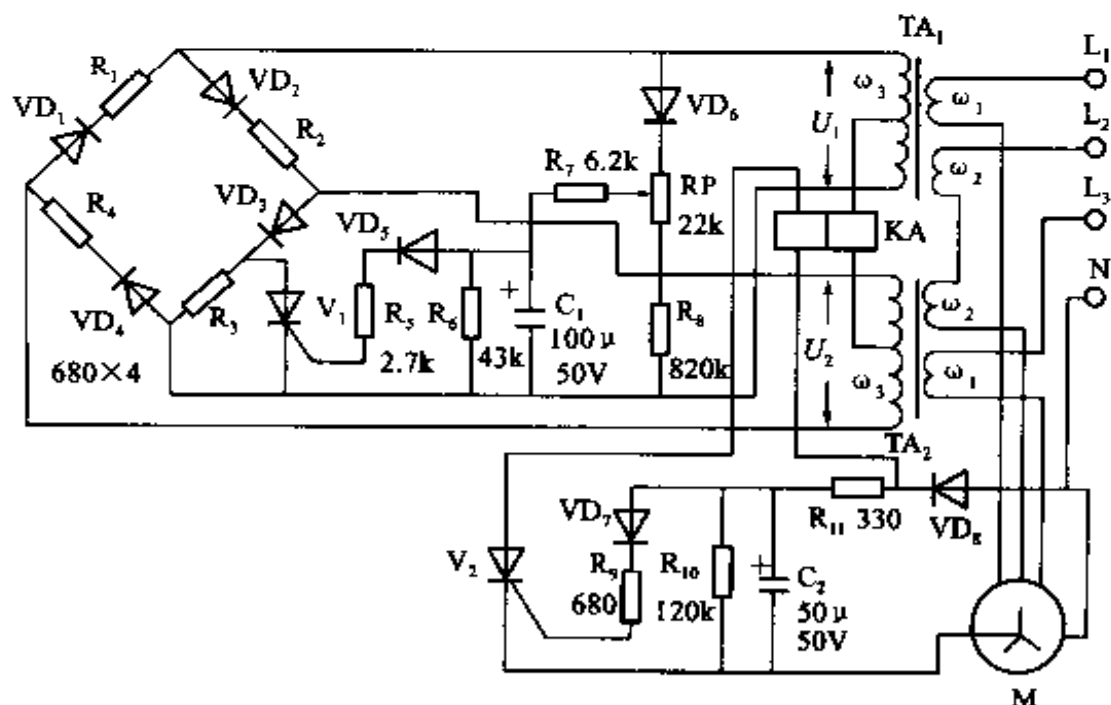


图 6-49 相敏整流电路组成的多功能保护线路(之一)

保护装置的主要部分是相敏整流电路。它是由两个特殊的电流互感器 TA_1 、 TA_2 及整流桥(二极管 $VD_1 \sim VD_4$ 等组成)构成的。执行元件接在 TA_1 、 TA_2 次级绕组中点之间的双极性继电器 KA 的一个线圈上。

三相电压(电流)的相位差为 120° ，当三相电流不对称时，这种相位差关系被破坏；当电源缺一相时，剩下两相线电流间的相位差就变成接近于 0° 或 180° 。该装置便是根据这一原理实施保护的。

适当选择电流互感器线圈的匝数，使次级线圈 ω_3 的输出得到相位差为 90° 的二个电压 U_1 和 U_2 。这两个电压加到由二极管整流桥($VD_1 \sim VD_4$)和电阻 $R_1 \sim R_4$ 组成的比较器上，在整流器的输出端(电流互感器次级线圈抽头之间)接入双极继电器 KA 的一个线圈上。

工作原理：当电动机正常运行时，电压 U_1 等于 U_2 ，但相位差为 90° ，检测器输出电压为零，继电器 KA 处于释放状态，其常闭触点闭合。

①断相保护。当电源缺一相时，电源线三相平衡电流被破坏，电流互感器次级输出电压(即感应电势) U_1 和 U_2 间的相位差变化，电压幅值的平衡被打破，在检测器的输出端和相应的继电器 KA 右边线圈上出现了电压，KA 得电吸合，其常闭触点断开，接触器 KM 失电释放，电动机停转。

②过载保护。当电动机过载时，相间对称关系未破坏，仅仅是电压 U_1 和 U_2 值增大。在 TA_1 绕组 ω_3 上接有过载控制元件。它由二极管 VD_6 ，分压器 R_6 、 R_7 、 R_8 、 RP ，以及电容 C_1 、二极管 VD_5 和晶闸管 V_1 、限流电阻 R_5 组成的无触点延时继电器来实现。调节电位器 RP ，可改变过载保护的动作门限值，它应与电动机最小允许的过载值相应。

当电压 U_1 增大到超过整定值时，经过一段延时后，通过二极管 VD_5 ，使晶闸管 V_1 导通，电阻 R_3 短路，检测器的平衡被破坏，

继电器 KA 吸合,其常闭触点断开,KM 失电释放,电动机停转。改变电容 C_1 充电回路元件数值,可以改变电容充电曲线的倾斜度,使保护装置和电动机的安-秒特性相匹配。

由于 C_1 的容量较大,因此当电动机出现短时过载时,保护装置不会发生误动作。

③ 供电网不对称保护。当电源三相电压不对称时,会造成电动机发热(由负序电流引起),为了保护电动机,在该保护装置内由二极管 VD_8 ,电阻 R_{10} 、 R_{11} ,电容 C_2 ,二极管 VD_7 和晶闸管 V_2 等组成的平衡控制环节来实现。当电源三相电压不对称时,在电动机外壳和电动机绕组中心点之间将出现一定的电压,该电压进入平衡控制环节的输入端。当不平衡值超过所允许的范围时,电容 C_2 上的电压足以使晶闸管 V_2 导通,继电器 KA 得电吸合,随之 KM 失电释放,电动机停转。

元件选择:晶闸管 V_1 、 V_2 选用 KP1A/100V;二极管均采用 2CZ53E;电阻 $R_1 \sim R_4$ 用 2W; R_5 、 R_9 用 1/2W;其余电阻均用 1W。

电流互感器 TA_1 、 TA_2 均可用 E 形 16mm×32mm 铁芯制作,线圈 ω_1 用直径为 1.0mm 漆包线绕 11 匝, ω_2 用同样的漆包线绕 4 匝, ω_3 用直径为 0.2mm 漆包线绕 2×300 匝。

具有上述电流互感器参数的装置能保护 1.5~3kW 的电动机。对于更大(或更小)容量的电动机,可减少(或增加) ω_1 的匝数。同时必须保持相应线圈 ω_1 和 ω_2 的匝数比不变(11:4=2.75)。注意,电压 U_1 和 U_2 值可通过减少 ω_2 匝数来降低。

对于 15kW 及以上的电动机,可通过 50/5A、75/5A、100/5A 等电流互感器接入该保护装置。

(2) 线路之二。如图 6-50 所示。该线路的保护功能与图 6-49 相同。线路结构及工作原理也与图 6-49 类似。不同的是它采用 PTC 热敏电阻作过载保护,热敏电阻串接于整流桥电路的一个臂上。

工作原理:当电动机正常运行时,电桥平衡;电流互感器次级输出电压 U_1 和 U_2 大小相等、相位差 90° ;而电容 C 上的电压低于

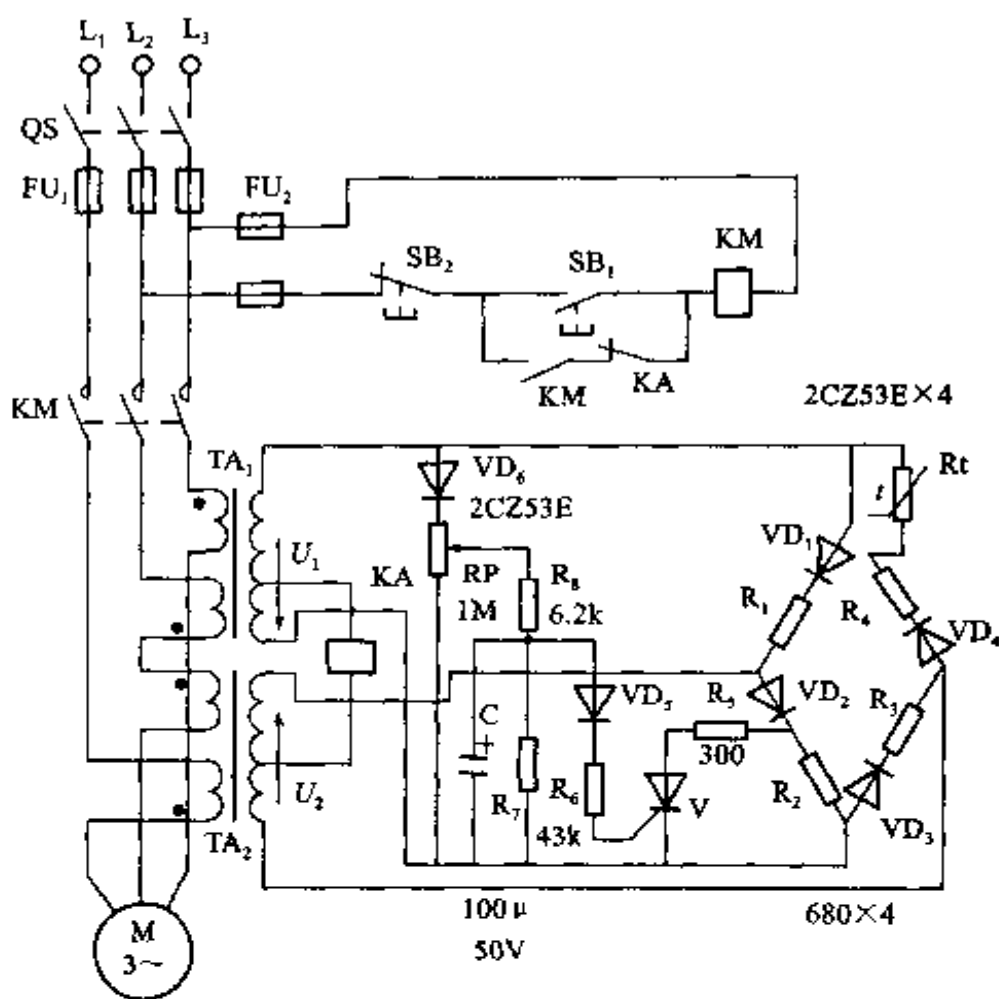


图 6-50 由相敏整流电路组成的多功能保护线路(之二)

负阻晶体管 VD_5 的转折电压,电桥无输出电压,继电器 KA 处于释放状态,其常闭触点闭合。

①断相保护。当电源缺一相时,电压 U_1 和 U_2 间的相位差为 0° 或 180° ,于是电桥有输出电压,使继电器 KA 吸合,其常闭触点断开,接触器 KM 失电释放,电动机停转。

②过载保护。当电动机过载时,电流互感器次级电压 U_1 和 U_2 也随之增加,电容 C 上的电压也很快上升,通过二极管 VD_5 使晶闸管 V 触发导通,电桥失去平衡,有输出电压,继电器 KA 得电吸合, KM 失电释放,电动机停转。

③过热保护。当电动机绕组过热时,PTC 热敏电阻 R_t 阻值剧增,同样会使电桥失去平衡。

第五节 高压电动机继电保护线路

所谓高压电动机,一般是指额定电压为 $1\sim 10\text{kV}$ 高压的电动机,容量一般在 150kW 以上。为了确保安全运行,需要采用继电保护装置进行保护。

21. 相间短路及过流保护线路

如图 6-51 所示。它采用感应型电流继电器。继电器的瞬动部分作为电流速断保护装置,保护电动机的相间短路;继电器的反时限特性部分作为过电流保护装置,保护电动机过负荷。

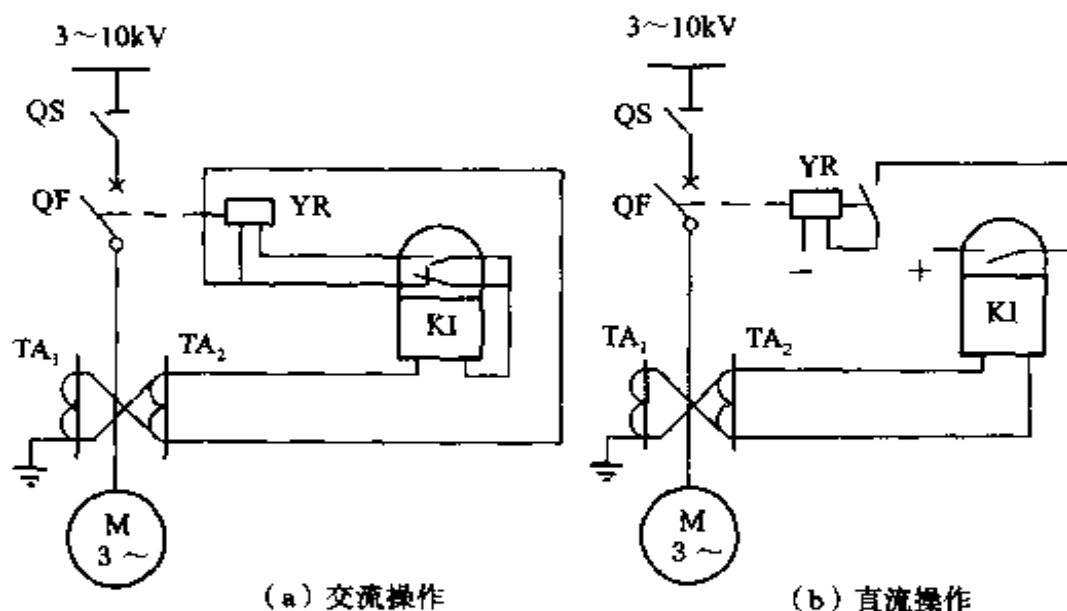


图 6-51 相间短路及过流保护线路

图中,TA 为电流互感器;KI 为电流继电器;QF 为高压断路器;YR 为断路器脱扣线圈。

22. 过流及接地保护线路

如图 6-52 所示。采用交流操作电源。

图中,TA₁、TA₂ 电流互感器,接成两相电流形式;TA₃ 为零序电流互感器;KI₁ 为感应型电流继电器;KI₂、KI₃ 为瞬时动作电流继电器;KA₁ 为中间继电器;KA₂ 为电压继电器;YR 为高压断路

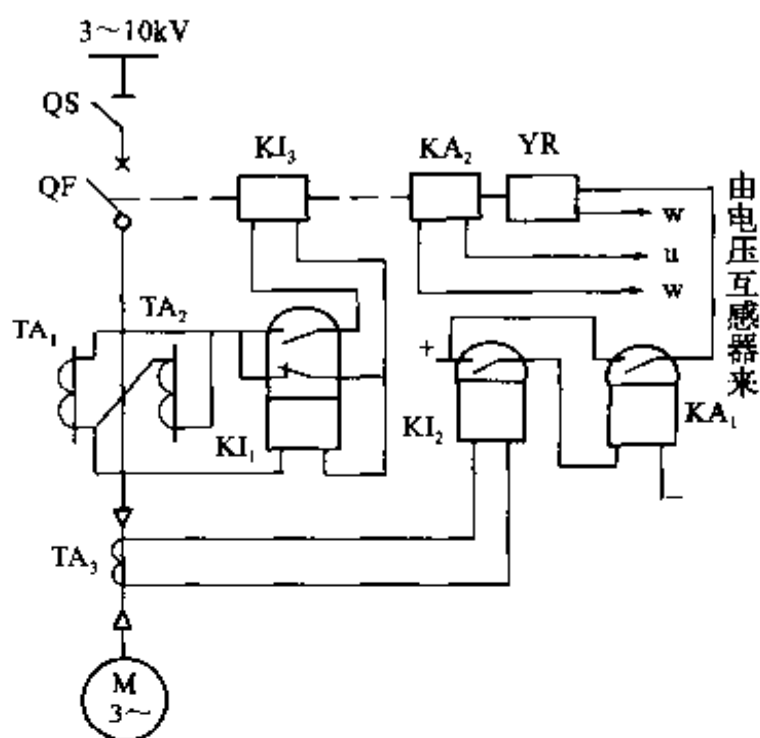


图 6-52 过流及接地保护线路

器 QF 的脱扣线圈。

工作原理:在正常情况下,电流继电器 KI_3 被 KI_1 的触点分流,不动作。当电动机过载或短路时, KI_1 吸合,其常闭触点(KI_3 的分流触点)断开, KI_3 瞬时动作,使高压断路器 QF 跳闸。

3~35kV 电网的中性点是不接地的。如在该系统内发生单相接地故障,接地相的电压降低至零,另两相的相电压升高到线电压。这时由于接地点间歇性电容电弧,很容易引起危险的过电压,危及线路上高压电动机的绝缘层,因此应对这种系统装设“绝缘监视”装置,一旦发生单相接地,监视装置便会发出信号。

大容量高压电动机在接地电流大于 10A 时,也可单独装设由零序电流互感器构成的接地保护装置,作用于信号或跳闸。

当发生单相接地短路故障时,电流继电器 KI_2 瞬时动作,其常开触点闭合,中间继电器 KA_1 动作,接通 QF 的脱扣线圈,QF 跳闸。

23. 低电压保护线路

采用一只欠电压继电器的低电压保护线路如图 6-53 所示。图中, TV 为电压互感器, 它将高压电降低, 供欠电压继电器用; KA_1 为欠电压继电器; KA_2 为中间继电器; KT 为时间继电器; YR 为高压断路器 QF 的脱扣线圈。

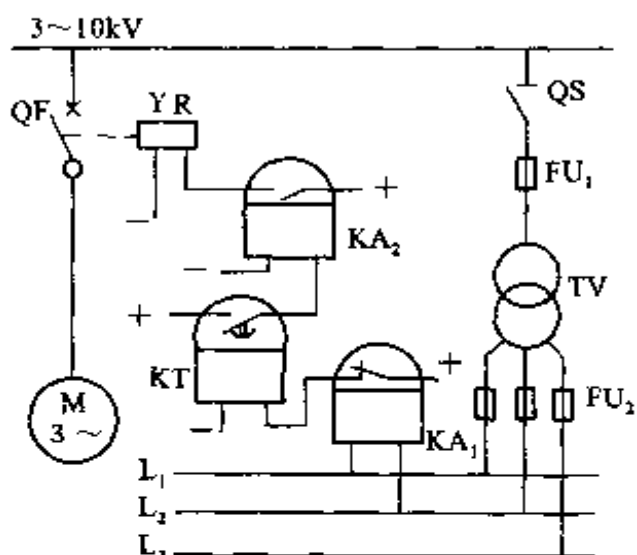


图 6-53 高压电动机
低电压保护线路(之一)

图 6-53 线路可靠性较低。当 V、W 两相短路时, U_{uv} 降低并不显著, 只比额定电压下降 15%; 当 U、W 两相发生相间短路时, 也是如此。为了避免上述缺点, 可采用两只欠电压继电器组成低电压保护线路, 如图 6-54 所示。

高压电动机继电保护装置及整定见表 6-17。

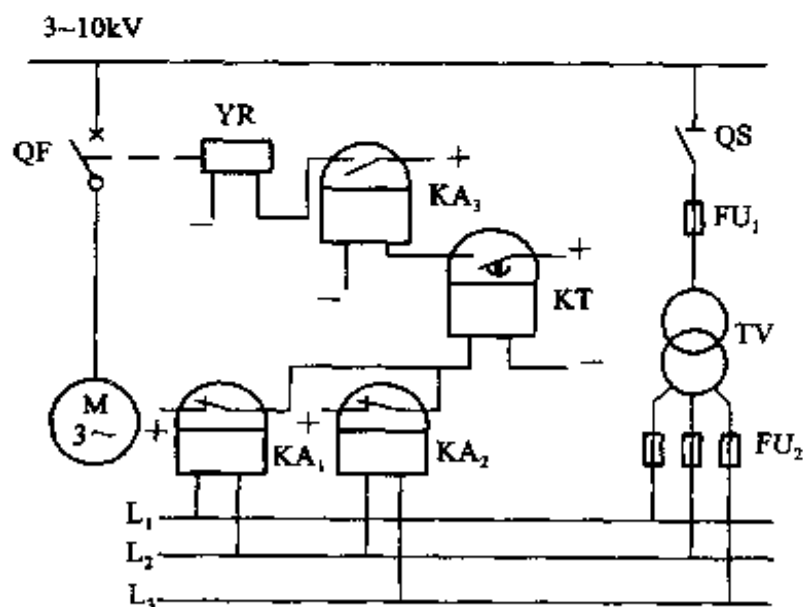


图 6-54 高压电动机低电压保护线路(之二)

表 6-17 高压电动机继电保护装置及整定

故障性质	保护装置名称	保护装置的整定参数 (A)	保护装置动作时限 (s)	保护动作范围	保护装置作用于	接线图	备注
相间短路	电流速断保护	$I_{sd} = K \frac{I_n}{n}$	0	电动机绕组至断路器之间的全部电缆	断路器跳闸	图 6-51	<p>K—可靠系数, 采用电磁型电流继电器时取 1.4; 采用感应型电流继电器时取 1.8</p> <p>I_n—电动机起动电流</p> <p>n—电流互感器变流比</p>
过负荷	过流保护装置	$I_{sd} = \frac{(1.3 \sim 1.4) I_n}{K_r n}$	避开电动机起动时间	电动机	发出信号	图 6-51	<p>K_r—继电器返回系数, 取 0.85</p> <p>I_n—电动机额定电流</p> <p>n—电流互感器变流比</p>
接地短路	零序过电流保护	一次动作电流为 10A	0	电动机绕组至零序电流互感器安装地点之间的全部电缆	接地电流大于 10A 时作用于跳闸, 接地电流小于 10A 时发出信号	图 6-52	—
短路故障时的电压下降	低电压保护	$U_{sd} = (0.7 \sim 0.8) U_n$	重要电动机: 10~15, 不重要电动机 0.5~0.7	从供电电源(母线)至电动机之间	断路器跳闸	图 6-53 图 6-54	U_n —电动机额定电压

第六节 其它保护线路和专用保护线路

24. 晶闸管过电流保护线路

线路如图 6-55 所示。该线路属电流开关型保护线路。

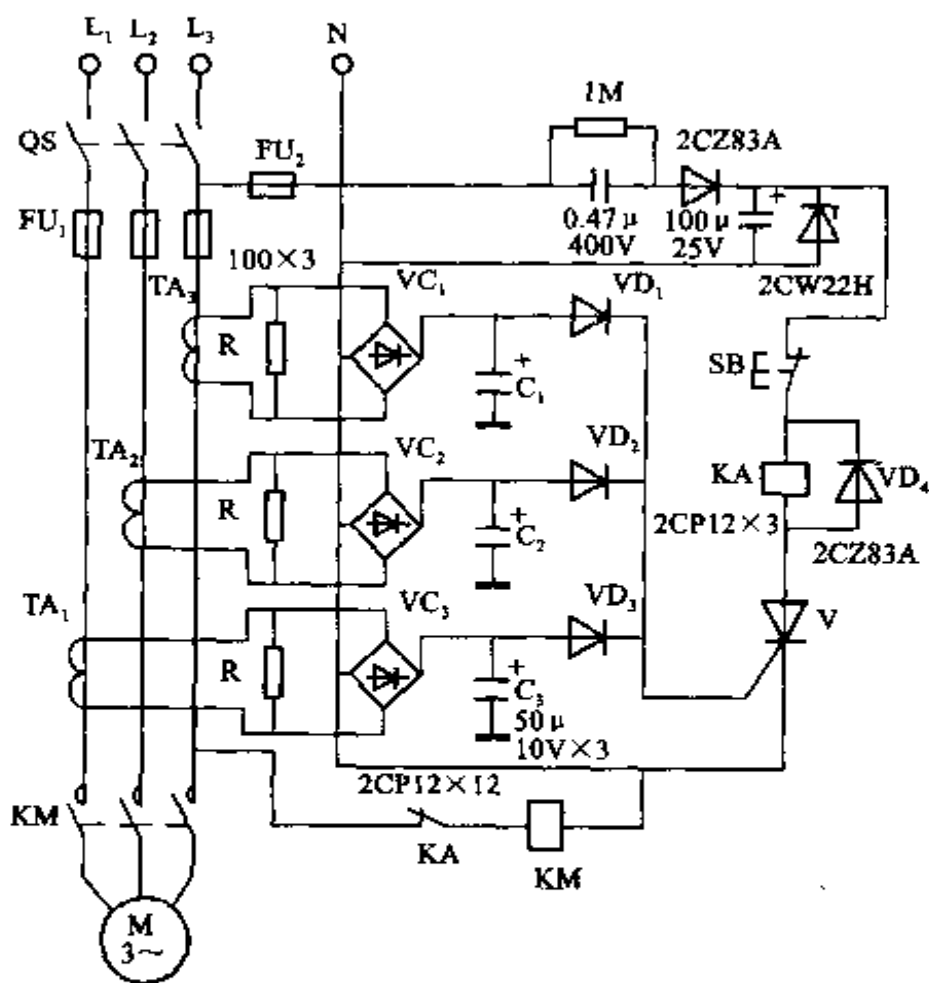


图 6-55 晶闸管过电流保护线路

工作原理：合上电源开关 QS，因电流互感器 $TA_1 \sim TA_3$ 次级中无感应电势，晶闸管 V 控制极无触发电压而关断，继电器 KA 处于释放状态，其常闭触点闭合，接触器 KM 得电吸合，电动机启动运行。

电动机正常运行时，电流互感器 $TA_1 \sim TA_3$ 次级感应电势较小，也不足以触发晶闸管 V。

当电动机任一相出现过电流时,电流互感器次级的感应电势增大,经整流桥 VC_1 、 VC_2 、 VC_3 整流,通过或门电路($VD_1 \sim VD_3$),使晶闸管 V 触发导通,继电器 KA 得电吸合,其常闭触点断开,接触器 KM 失电释放,电动机停转。

排除故障时,应断开开关 QS ,使电路复原。如果未断开开关 QS ,故障排除后,晶闸管 V 仍维持导通,此时应按复位按钮 SB ,使 V 关断。

25. 单相异步电动机过电流保护线路(一、二)

(1)线路之一。如图6-56所示。该线路采取电磁继电器控制。当电动机发生过载和换向器出现环火时能将电动机电源自动切断。

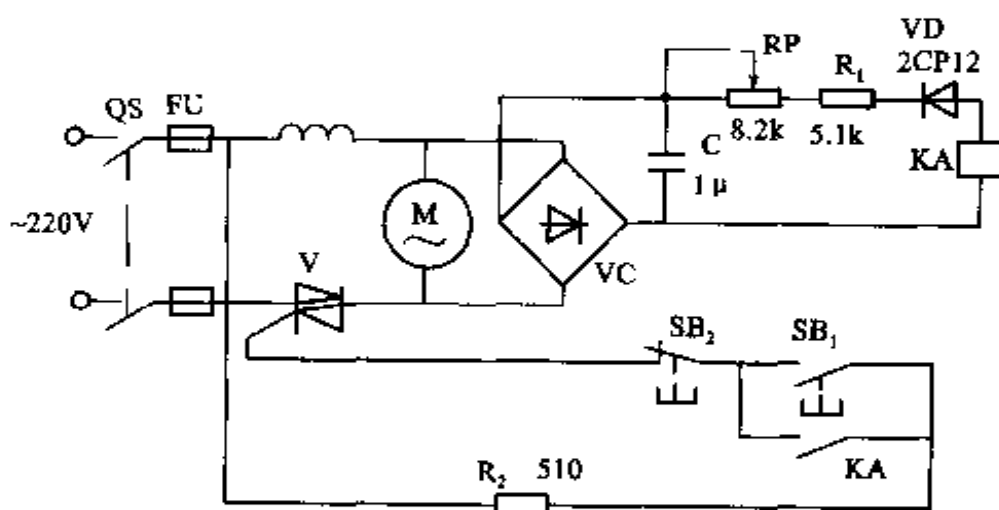


图 6-56 单相异步电动机过电流保护线路(之一)

工作原理:合上电源开关 QS ,按下起动按钮 SB_1 ,电源通过电阻 R_2 为双向晶闸管 V 控制极提供触发电压并使 V 导通,电动机起动运行。同时继电器 KA 由整流桥 VC 整流供电而吸合,其常开触点闭合,松开 SB_1 后,双向晶闸管 V 保持导通。

当电动机过载时,整流桥 VC 输出电压减小,一旦小于继电器 KA 的释放电压(可由电位器 RP 预先整定), KA 释放,其常开触点断开,双向晶闸管 V 失去控制极电压而关闭,从而切断电动机电源,保护了电动机。

(2)线路之二。如图 6-57 所示。该线路与图 6-56 基本相同,只是用光电耦合器代替电磁继电器。

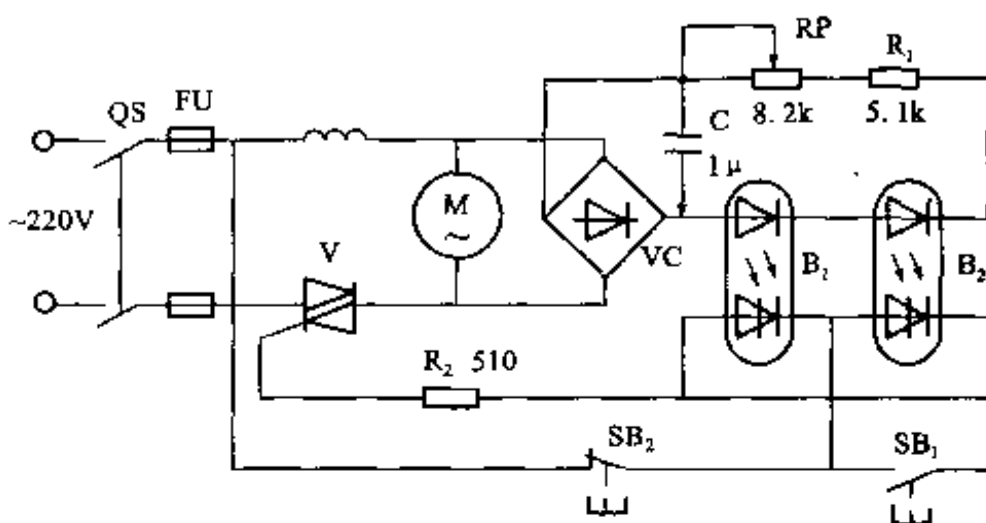


图 6-57 单相异步电动机过电流保护线路(之二)

工作原理:合上电源开关 QS,按下起动按钮 SB_1 ,电源通过电阻 R_2 使双向晶闸管 V 触发导通,电动机起动运行。

当电动机正常运行时,光电耦合器 B_1 和 B_2 中的发光二极管内流过足够的电流而发光,光电耦合器中的反向阻断二极管晶闸管轮换让电流经过限流电阻 R_2 ,流向双向晶闸管 V 的控制极。在交流电压正半周时,光电耦合器 B_2 的二极管晶闸管导通,触发 V,使 V 导通;而在负半周时, B_1 的二极管晶闸管导通,触发 V,使 V 导通。

当电动机过载时,整流桥 VC 输出电压大为减小,一旦小于整定值(由电位器 RP 预先整定)时,光电耦合器中的发光二极管不发光,二极管晶闸管截止,于是双向晶闸管 V 关闭,切断电动机电源,保护了电动机。

26. 直流电动机失磁保护线路(一~三)

为了防止直流电动机失去励磁而造成转速猛升(称“飞车”),并引起电枢回路过电流危及晶闸管元件和直流电动机,励磁回路接线必须十分可靠,并不宜用熔断器作励磁回路的保护,而应采用失磁保护线路。直流电动机失磁保护线路如图 6-58 所示。由图可见,失磁保护只需在励磁绕组上并联一只失压继电器 KA_1 即可。

当励磁绕组失磁时, KA_1 失电释放, 其串接在控制回路中的常开触点断开, 切断控制回路, 迫使主电路跳闸, 电动机停转。

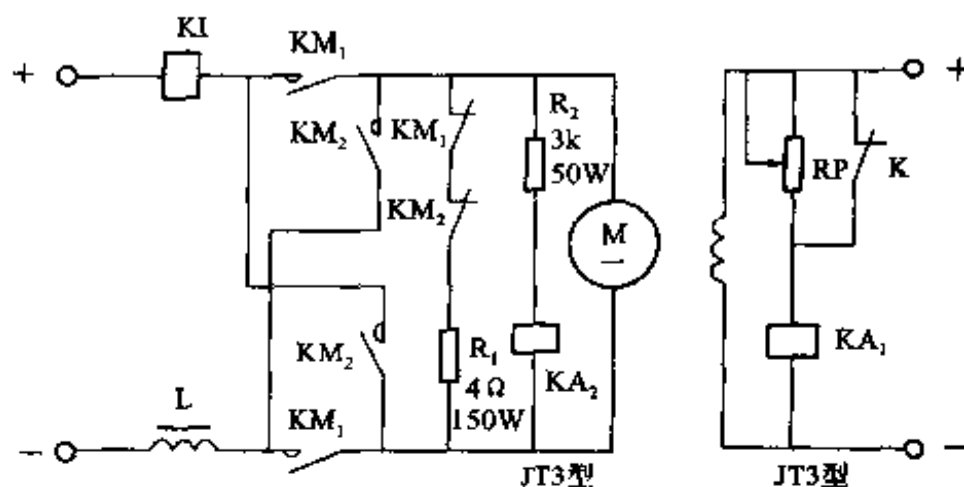


图 6-58 直流电动机失磁、过流保护线路

KM_1 —正转接触器触点 KM_2 —反转接触器触点

当要求弱磁保护时, 可在失压继电器 KA_1 线圈回路中串接一个电位器 RP , 调节 RP 即可改变失压继电器的释电压, 以达到何种弱磁程度它才释放。如有必要, 可在 RP 上并联一副常闭触点 K , 以保证起动时失压继电器可靠吸合, 接通励磁电压后, 此触点断开。

失磁保护也可以采用欠电流继电器, 它串联在励磁回路中。要求欠电流继电器的额定电流应大于电动机的额定励磁电流; 电流整定值 I_{sd} 按电动机的最小励磁电流 I_{lmin} 整定:

$$I_{sd} = (0.8 \sim 0.85) I_{lmin}$$

27. 直流电动机过电流保护线路

图 6-58 中有两只继电器是作过流保护用的, 一只是过电流继电器 KI , 一只是电压继电器 KA_2 。

过流继电器 KI 做电动机过载及短路保护用。它的线圈串接在电枢回路中, 其常闭触点接在控制回路中。电动机正常运行时, KI 处于释放状态; 当电动机过载或短路时, 流过 KI 线圈中的电流一旦超过整定值, 它便马上吸合, 其常闭触点断开, 切断控制回路,

电动机停转。

除将直流过流继电器接在输出端外,也可将灵敏的过流继电器经电流互感器接在交流输入端。过流继电器一般可按电动机额定电流的 1.1~1.2 倍来整定。

电压继电器 KA_2 是为防止电动机高速反转时造成过流而设的(如果电动机不需要正反转运行,则可不设此电压继电器),当电动机电枢电压未降低时,闭锁正反转接触器 KM_1 、 KM_2 的控制回路, KM_1 、 KM_2 均断开时接通制动电阻 R_1 ,使电动机迅速停转。

另外,可利用电流截止反馈,将过电流信号正反馈到电流调节器,使触发脉冲后移,从而减小晶闸管开放角而使电动机转速降低,有效地限制过电流及短路电流。

28. 水泵电动机防空抽保护线路

如果水泵将井内的水抽干,水泵仍在运转,不但浪费电能,而且还可能烧毁电动机。图 6-59 线路能避免此种情况的发生。

工作原理:合上电源开关 QS,按下起动按钮 SB_1 ,接触器 KM 得电吸合,水泵开始抽水。这时水从出水口流出,安装在出水口的电极 a、b 被水短接,开关电路 A(TWH8778)被触发而导通,光电耦合器 B 向双向晶闸管 V 发出触电信号,V 导通,中间继电器 KA 得电吸合,其常开触点闭合,接触器 KM 自锁。

当水井中的水被抽干后,电极 a、b 两端成开路,开关电路 A(TWH8778)被置“0”而截止,双向晶间管 V 关断,KA 失电释放,其常开触点断开,KM 失电释放,水泵停止运行。

该线路采用电容 C_1 降压、二极管 VD_1 和 VD_2 整流、电容 C_2 滤波、稳压管 VS 稳压,向开关电路 A(TWH8778)提供直流工作电压。图中 C_2 为防干扰电容,防止双向晶闸管误触发。

29. 防止电动机反向启动时短路的保护线路(一~三)

电动机在正反转换接过程中,因接触器触点断开时会产生电弧,若在尚未灭弧的情况下反转接触器又闭合,则会发生严重的短路事故。为此需要采用防止相间短路的保护线路。

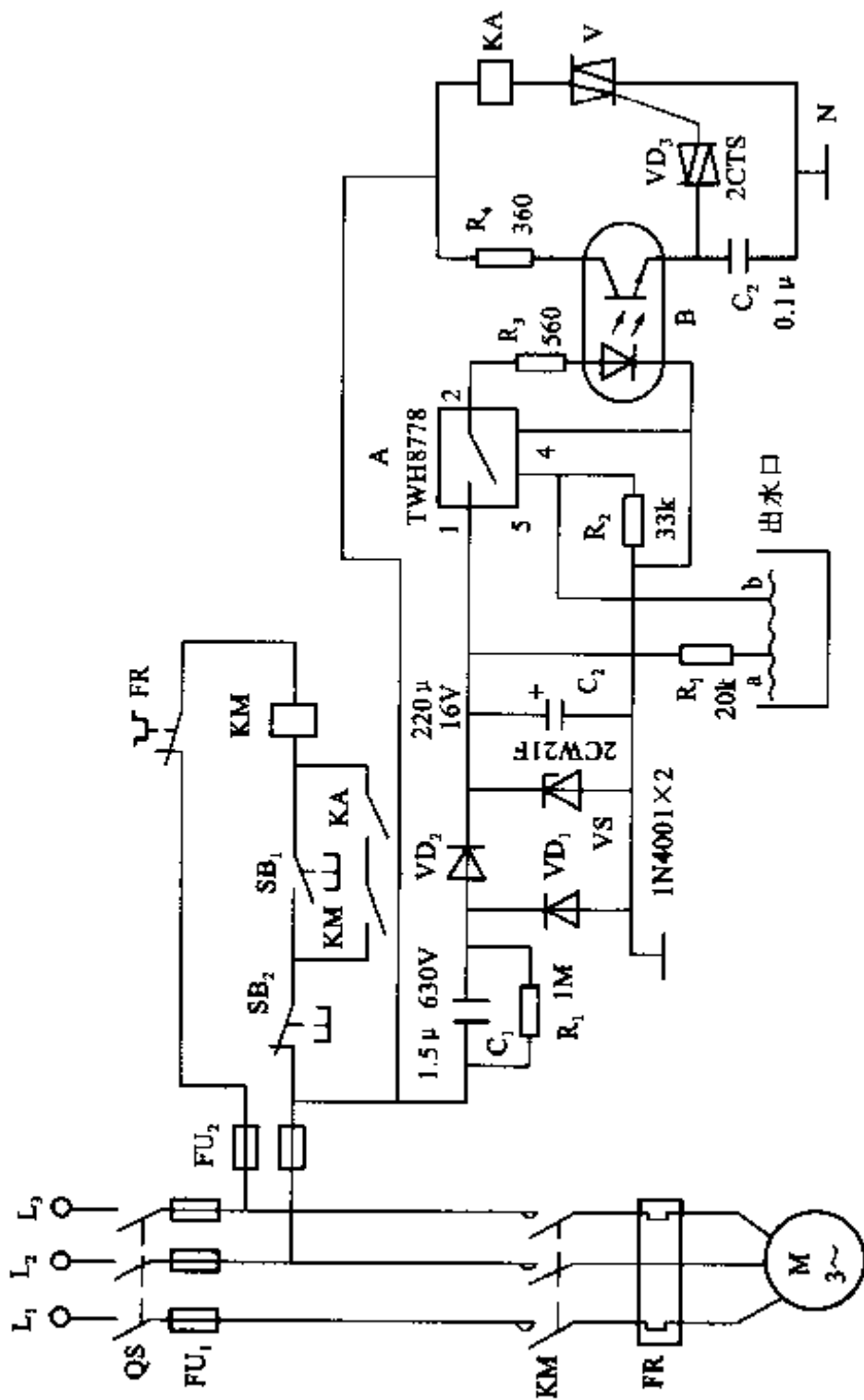


图6-59 水泵电动机防空抽保护线路

(1)线路之一。如图 6-60 所示。该线路能保证在正反转操作时,必须先按停止按钮后才能进行。这就是说,在正反转转换过程中,能保证接触器触点有足够的灭弧时间,从而有效地防止相间短路。这是通过正、反转接触器 KM_1 和 KM_2 的常闭辅助触点连锁来实现的。

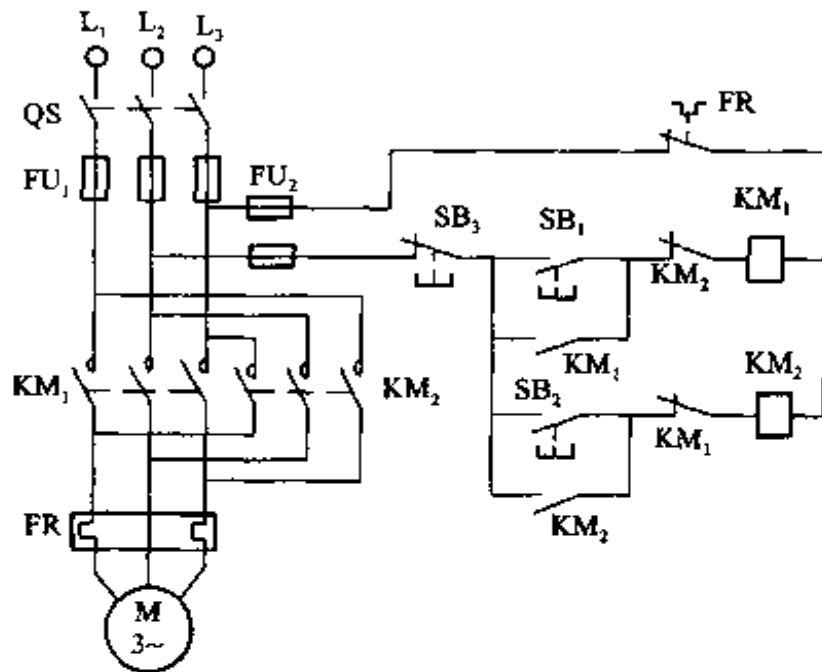


图 6-60 防止电动机反向起动时短路的保护线路(之一)

(2)线路之二。线路如图 6-61 所示。该线路增加一只中间继电器,将其常闭触点串接在正、反转接触器 KM_1 和 KM_2 线圈回路内,如果在正反转转换过程中触点电弧未熄灭,则中间继电器 KA 就吸合,切断转换回路。只有电弧熄灭后, KA 才释放,其常闭触点闭合,才能接通转换回路。

(3)线路之三。如图 6-62 所示。该线路增加一只接触器 KM_3 ,将其主触点串接在主电路中,不管正转还是反转接触器动作,它都动作,这样在正反转转换过程中,需经过四处断电(主电路和控制回路各两处),从而能有效地灭弧,防止相间短路的发生。

30. 防止高压电动机反向起动时短路的保护线路

如图 6-63 所示。该线路采用电压互锁继电器 KA_1 、 KA_2 ,以保

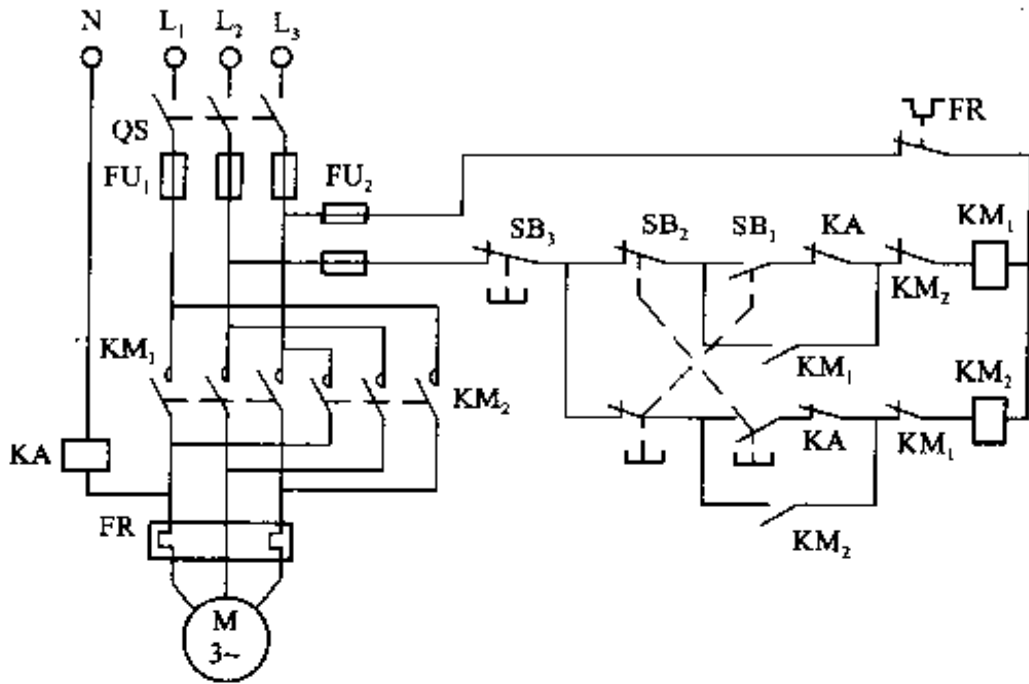


图 6-61 防止电动机反向起动时短路的保护线路(之二)

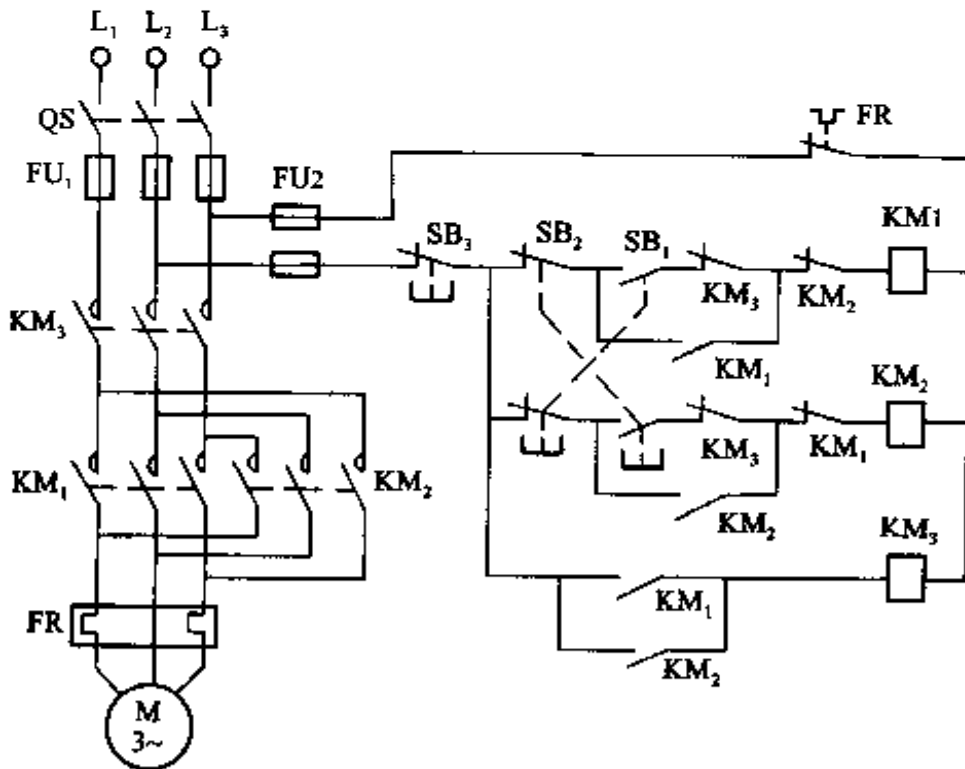


图 6-62 防止电动机反向起动时短路的保护线路(之三)

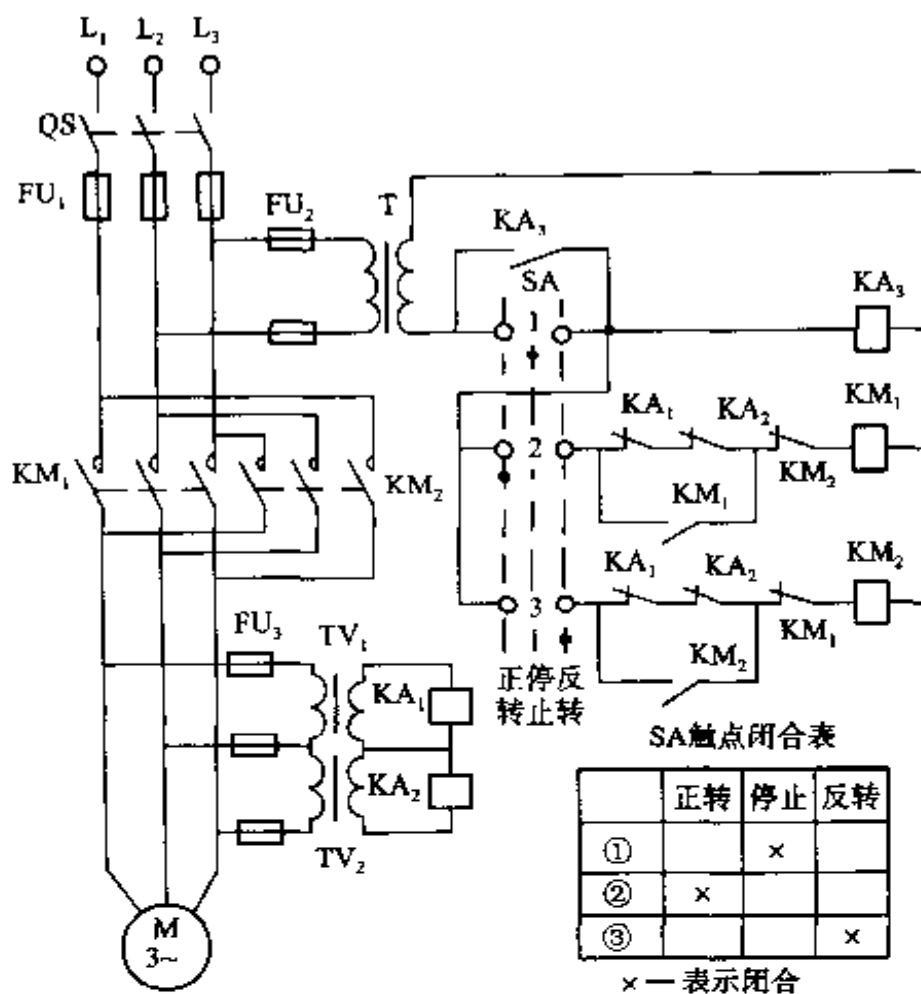


图 6-63 防止高压电动机反向启动时短路的保护线路

证正反转换接过程中的灭弧。

图中, SA 为主令开关; KA_3 为欠电压继电器。

工作原理: 当主令开关 SA 由正转位置迅速打到反转位置时, 正转接触器 KM_1 失电释放, 但此时 KM_1 触点因电弧的存在而继续接通电源, 同时电压互感器 TV 也还有电而使电压互锁继电器 KA_1 及 KA_2 继续接通, 于是它们的常闭触点仍断开。反转接触器 KM_2 无法接通, 只有当 KM_1 触点电弧完全熄灭时, 电压互感器 TV 才完全断电, KA_1 、 KA_2 失电释放, 其常闭触点才恢复闭合状态, 而使反转接触器 KM_2 通电吸合, 电动机才能反向运行。

同样, 将主令开关 SA 由反转位置迅速打到正转位置时, 其动作过程与上述相同。

第七章 节电线路

第一节 改变电动机运行状态的节电线路

1. 防止电动机空载运行的线路

对于某些断续工作的生产设备,在生产设备退出工作状态的一段时间内,电动机处于空载运行状态,使电能白白浪费。如果电动机空载运行的时间较长,则宜加装防止电动机空载运行的控制线路,以节约电能。

防止电动机空载运行的线路如图 7-1 所示。

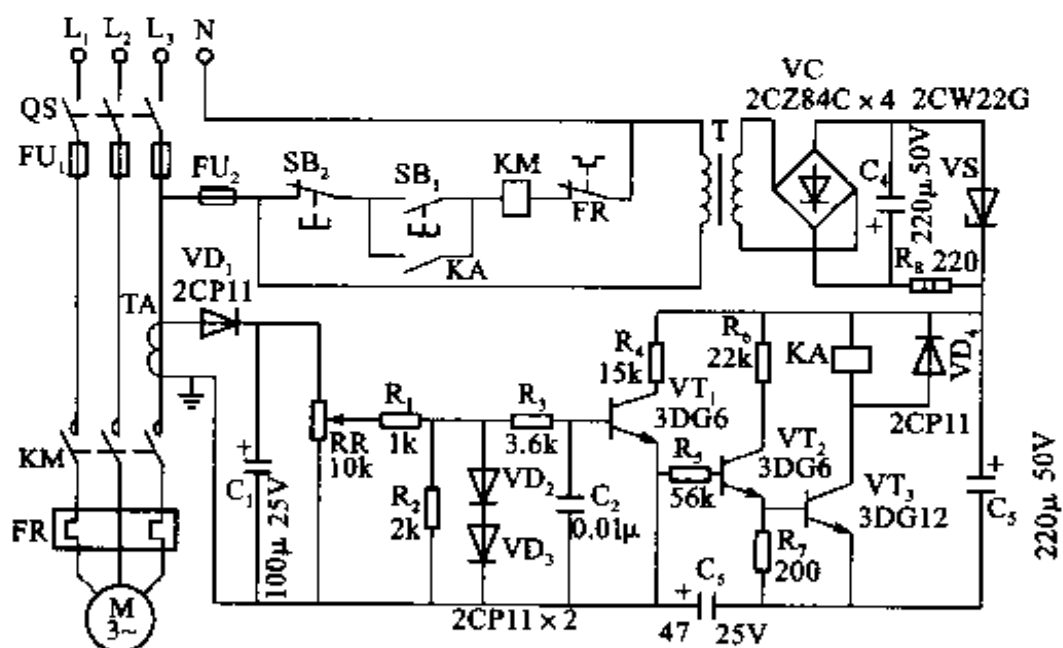


图 7-1 防止电动机空载运行的线路

工作原理:合上电源开关 QS,按下起动按钮 SB₁,接触器 KM 得电吸合,其主触点闭合,电动机起动运行。主回路电流经电流互感器 TA,在次级感应电压,该电压信号经二极管 VD₁ 半波整流、电容 C₁ 滤波后,在分压器 RP 上取出加于三极管 VT₁ 基极,VT₁

导通, VT_2 、 VT_3 得到基极偏压而导通, 继电器 KA 得电吸合, 其常开触点闭合, 使接触器 KM 自锁。以上过程在极短时间内完成, 因此松开按钮 SB_1 后, KM 已自锁, 电动机正常运行。

当电动机进入空载状态时, 主回路电流下降很多, 在电位器 RP 上取出的电压不足以使三极管 VT_1 导通, $VT_1 \sim VT_3$ 均截止, 继电器 KA 失电释放, 其常开触点断开, 接触器 KM 失电释放, 电动机停止运行。

控制回路的 12V 直流电源, 由 220V 交流电经变压器 T 降压、整流桥 VC 整流、电容 C_1 、 C_2 滤波、电阻 R_1 限流、稳压管 VS 稳压后提供。

元件选择: 继电器 KA 选用 JRX-13F-1 型、200 Ω 、12V; 整流桥 VC 选用 QL0.5A/100V; 电流互感器 TA 参数应通过试验决定, 也可参照第六章第三节 6. 线路之一中介绍的制作方法。

2. 卫生间排风扇自动控制线路

如图 7-2 所示。当人进入卫生间时排风扇自动投入运行, 人离开后自动停转。

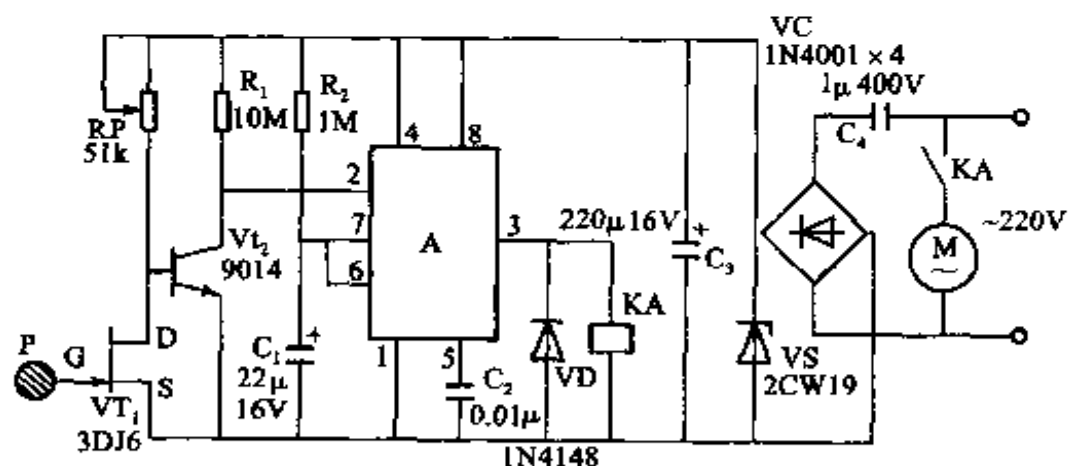


图 7-2 卫生间排风扇自动控制线路

该线路实际上是从感应式报警器演变而来的。

工作原理: 当卫生间无人时, 场效应管 VT_1 漏极 D 输出低电位, 三极管 VT_2 截止, 555 时基集成电路 A (在此接成单稳态触发器) 的②脚为高电位, ③脚输出为低电平, 继电器 KA 处于释放状

态,排风扇 M 不工作。当人进入卫生间时,人体靠近电极片 P,人体感应电场使 VT_1 发生隔断,漏极 D 变为高电位, VT_2 导通,A 的
 ②脚电位下降,当降至 E_c 的 $1/3$ 时,A 电路翻转,进入暂稳状态,
 ③脚输出高电平,继电器 KA 得电吸合,其常开触点闭合,排风扇 M 通电运行。人走后,约经 25s(延时长短由 R_2 、 C_1 的数值决定),电路 A 复原,③脚回复到低电平,KA 释放,排风扇停转。

3. 异步电动机电压自动调控线路

如图 7-3 所示。它是一种可依据电动机负载电流大小来自动调整电动机电压值的控制线路。该线路不仅适用于三相交流电动机,而且也可用于单相交流电动机,能使被控电动机尽量避免在空载或轻载状态下长期运行,节电效果显著。如一台 250W 单相电动机,采用该线路后,空载运行时可节电 75%,满载时可节电 0.8%,在变化负载条件下运行,也可节电 2%~15%。

图中为一台接成 Y 形的三相异步电动机,三相主电路中分别接有双向晶闸管 V,通过改变 V 的触发导通角就可以控制电动机的通断及端电压有效值。三相触发电路完全相同,图中只画出 U 相移相触发电路。它是由电阻 R_1 和 R_2 、光敏电阻 RG_1 、电容 C、双向触发二极管 VD_1 、双向击穿二极管 VD_2 等组成的。其中光敏电阻 RG_1 的阻值由耦合发光二极管 VH 所发出光的强弱来决定。每当 C 上的充电电压达到 VD_1 的触发导通值,电容的放电电流就使晶闸管 V 导通。由于 R_1 、 R_2 阻值是不变的,所以 C 的充电快慢就取决于 RG_1 的阻值, RG_1 也就决定了晶闸管的导通角。

电动机主回路接有电流互感器 TA,其次级电流与电动机的负载电流成正比,因此发光二极管 VH 的发光强度就与电动机的负载电流有关,即 RG 的阻值取决于电动机负载电流的大小。调节电位器 RP,即可整定电动机负载电流与晶闸管导通角之间的关系,这样就实现了按电动机负载电流大小自动地调节电动机端电压,保证电动机在给定转矩下以最节电的方式运行。

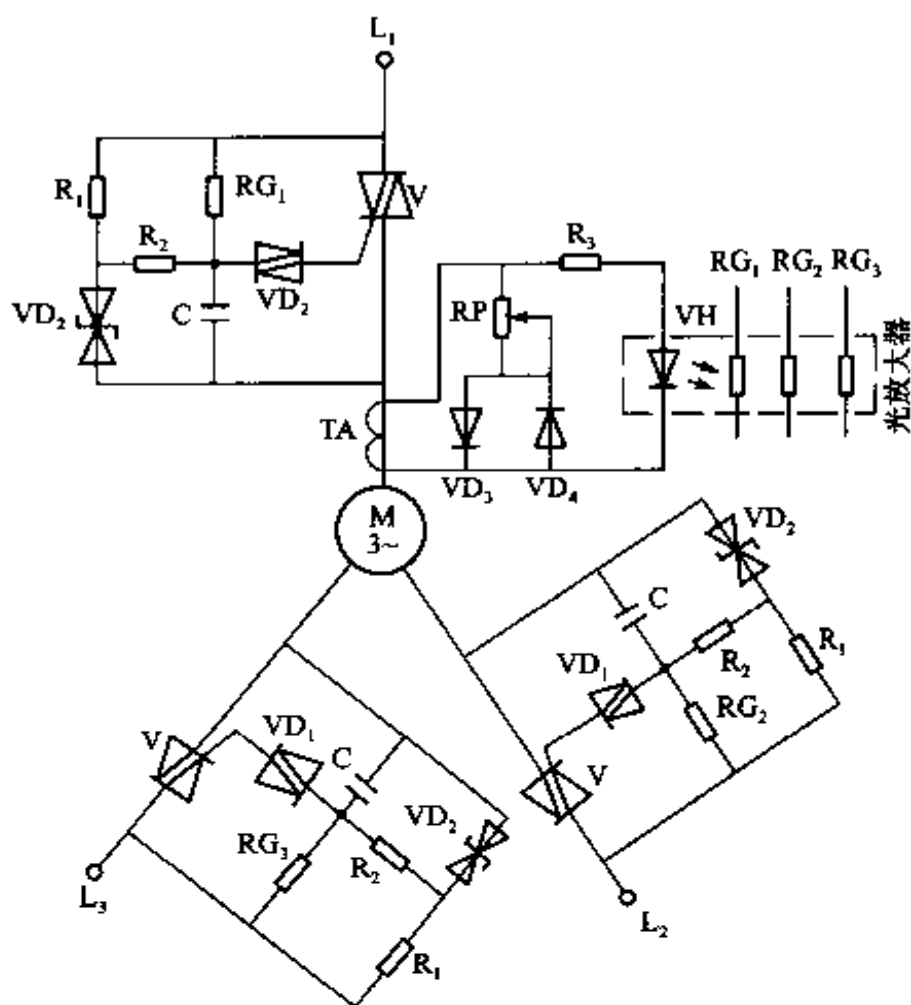


图 7-3 异步电动机电压自动调控线路

第二节 改变电动机绕组接线方式的节电线路

电力拖动设备都是按设备的最大工作能力选用电动机的。在实际使用中,电动机经常轻重负载交替运行,或轻负载运行,因此功率因数和效率都比较低,能耗较大。如某些机床传动电动机,加工时负载重,电动机在高负载率下运行,不加工时负载很轻,几乎等于空载运行。若在不加工这段时间内将电动机绕组由 Δ 形接线转变为Y形接线,待进入加工时,再将电动机绕组由Y形接线转变为 Δ 形接线,以便带动负载。这样就可以节约电能。

4. 22kW 及以下卷扬机用 Y- Δ 转换节电线路

如图 7-4 所示。该线路在一般卷扬机线路的基础上增加了一只 CJ20-10A 交流接触器 KM_3 。

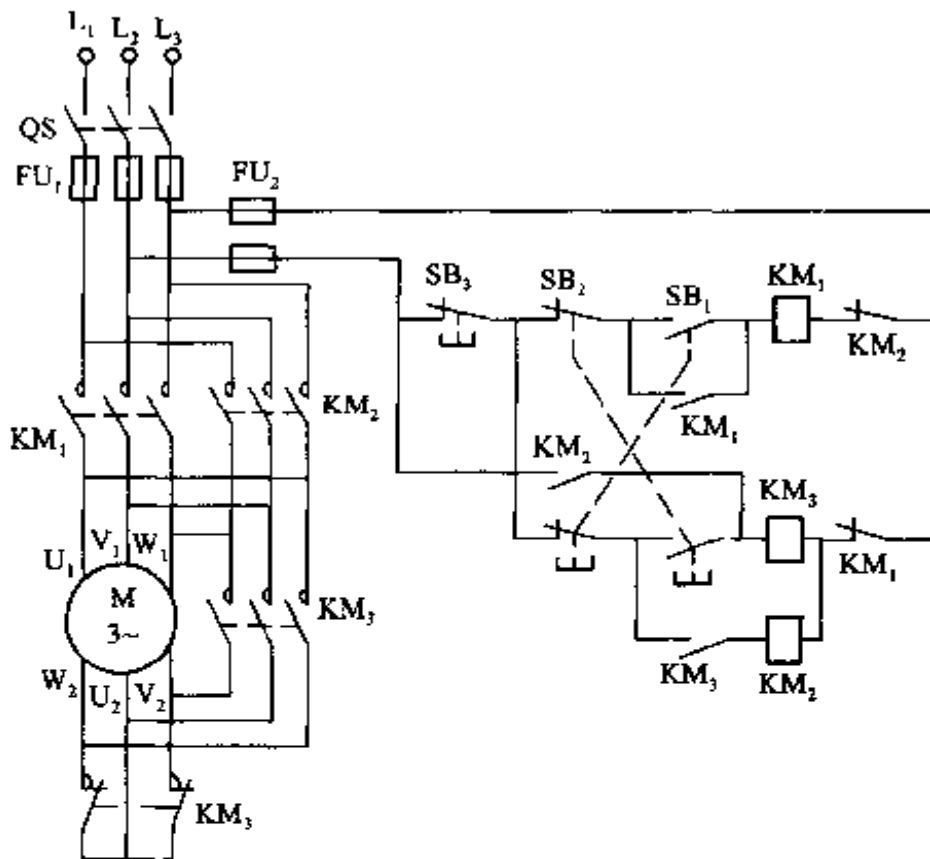


图 7-4 卷扬机 Y- Δ 转换节电线路

工作原理：上升时，按下上升按钮 SB_2 ，接触器 KM_3 和 KM_2 分别得电吸合，电动机接成 Δ 形接线，正常起重。下降时，为轻负载，按下下降按钮 SB_1 ，则电动机接成 Y 形运行，达到节电目的。下降行程内可以节电 40%~60%。

图中 KM_3 与 KM_2 连锁的目的是为了尽可能地降低附加接触器 KM_3 的容量。当按下上升按钮 SB_2 时， KM_3 先得电吸合，在电动机未通电的情况下先将电动机转换成 Δ 形接线，然后 KM_2 得电吸合，正常工作；而按下下降按钮 SB_1 时， KM_2 先失电释放，然后 KM_3 才失电释放，电动机恢复为 Δ 形接线。这样就避免了 KM_3 承受冲击电流和分断电流，因而即使控制 22kW 的电动机， KM_3 也

可安全使用 10A 的交流接触器。

5. 33kW 及以上卷扬机用 Y- Δ 转换节电线路

如图 7-5 所示。

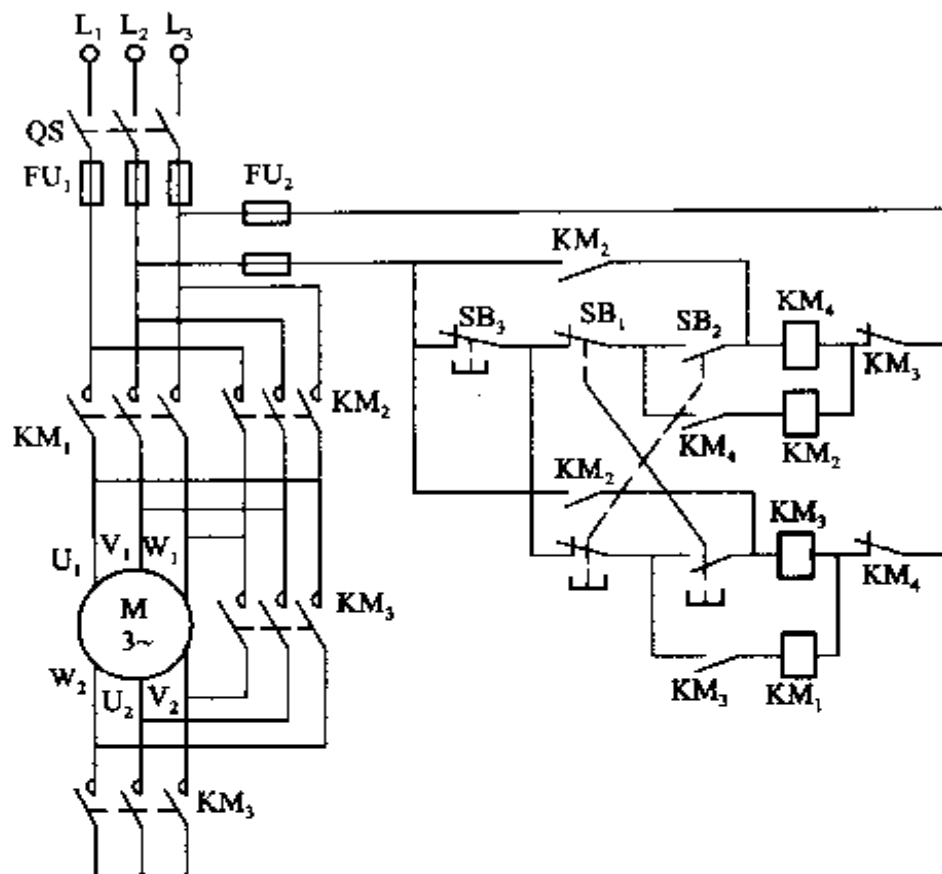


图 7-5 卷扬机节电控制线路

工作原理：与图 7-4 线路基本相同，只是 Y- Δ 转换由两只接触器分别控制。接触器间的连锁也是为了尽可能降低附加接触器 KM_3 、 KM_4 的容量。 KM_3 、 KM_4 选择原则为： KM_3 (Δ)取电动机额定电流的 $1/2$ ； KM_4 (Y)取电动机额定电流的 $1/3$ 。

6. 部分机床 Y- Δ 转换节电线路

如图 7-6 所示。该线路主要用于电动机不正反转或虽正反转但不由接触器控制其正反转的机床，如 C620、C630、CW61100A 等型号车床以及部分摇臂钻床、铣床等。

工作原理：按下重载按钮 SB_3 ，接触器 KM_2 得电吸合并自锁，按下起动按钮 SB_1 ，电动机接成 Δ 形运行，开始对零件加工；当轻

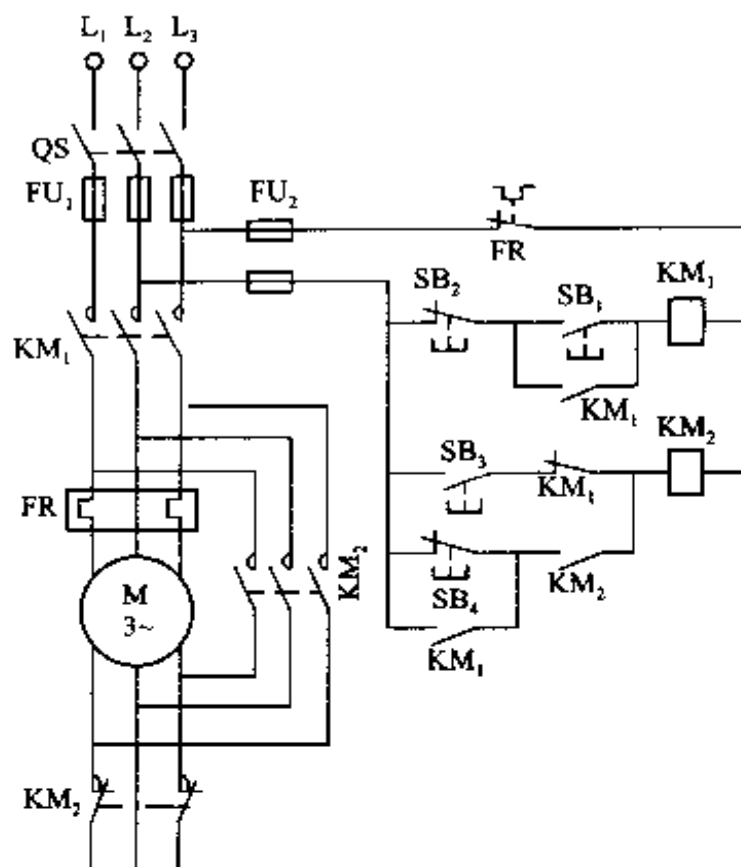


图 7-6 部分机床 Y- Δ 转换节电线路

载时(不加工零件时间),先按停止按钮 SB_2 ,再按轻载按钮 SB_1 ,接触器 KM_2 失电释放,其常开触点断开,再按起动按钮 SB_1 ,则电动机接成 Y 形运行,达到节电目的。

该电路间的连锁关系,使 Y- Δ 转换只能在主电源断开(即 KM_1 释放)后才能实现,这就保证了 KM_2 不承受冲击电流和分断电流。

7. 接触器控制电动机正反转的机床 Y- Δ 转换节电线路

如图 7-7 所示。C616、C618 等车床和 Z535 等钻床采取反接制动,制动时电流很大,对电动机、机械设备及其加工精度都有影响。在切削负载不大的情况下,如果采用 Y 形接法,冲击电流将大大降低,而且制动更平稳。

工作原理:重载时,按下重载按钮 SB_4 ,接触器 KM_3 得电吸合并自锁,再按正转按钮 SB_1 (或反转按钮 SB_2),正转接触器 KM_1

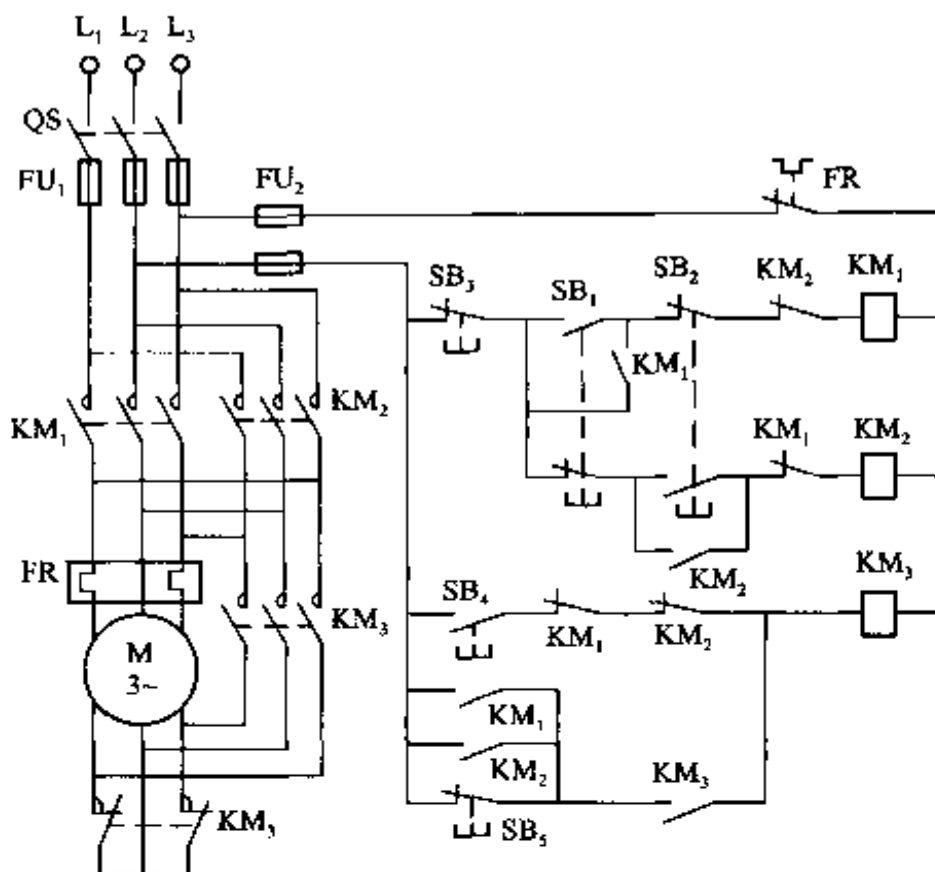


图 7-7 由接触器控制电动机正反转的机床的 Y- Δ 转换节电线路
(或反转接触器 KM_2)得电吸合,电动机接成 Δ 形运转。轻负载时,按下重载停止按钮 SB_5 , KM_3 失电释放。再按下正转按钮 SB_1 (或反转按钮 SB_2),电动机接成 Y 形运转,以节约电能。这时,正反转转换只要按 SB_2 或 SB_1 即可,由于采用弱(Y形接法)切削,故冲击电流大大降低。

8. 带停车制动装置机床的 Y- Δ 转换节电线路

对于带停车制动的机床,如 X52、X62 等铣床,可采用如图 7-8 所示的节电线路。它利用 Y 形接法进行反接制动,取代原有的能耗制动、机械式制动等。

工作原理:当开关 S 打开时,电动机为 Y 形接法,进行弱切削和制动。当 S 合上时,接触器 KM_3 得电吸合,电动机为 Δ 形接法,进行强切削。按下停止按钮 SB_1 (或 SB_2)时,接触器 KM_2 先失电释放,电动机失电,然后 KM_2 的常开辅助触点断开,接触器 KM_3 失

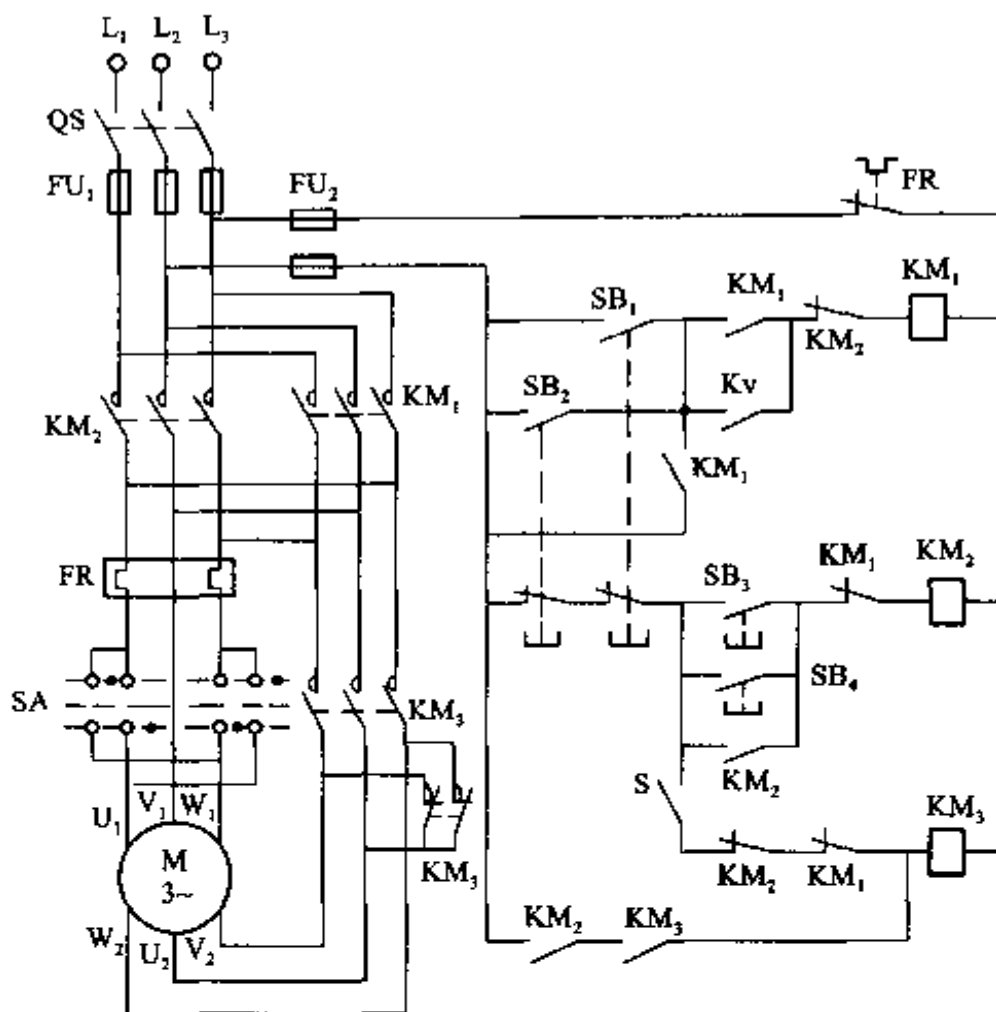


图 7-8 带停车制动机床用 Y- Δ 转换节电线路

电释放,电动机即转换成 Y 形接法。与此同时, KM_2 的常闭辅助触点闭合,而且此时速度继电器 Kv 触点已闭合,制动接触器 KM_1 得电吸合,电动机在 Y 形接法下反接制动。松开按钮 SB_1 (或 SB_2) 后,由于 KM_1 常开触点自锁,制动过程得以继续进行。制动完毕后, Kv 触点断开, KM_2 失电释放,其常闭辅助触点闭合, KM_3 得电吸合,电动机恢复为 Δ 形接法,下次启动机床仍处于强档工作位置。由于 KM_3 的吸合、断开是在主电路电源断开时才实现的,所以 KM_3 选用 10A 交流接触器也能安全工作。

9. JDI 型 Y- Δ 自动转换装置节电线路

如图 7-9 所示。

工作原理:负载电流的大小变化由电流互感器 TA 检测;由三

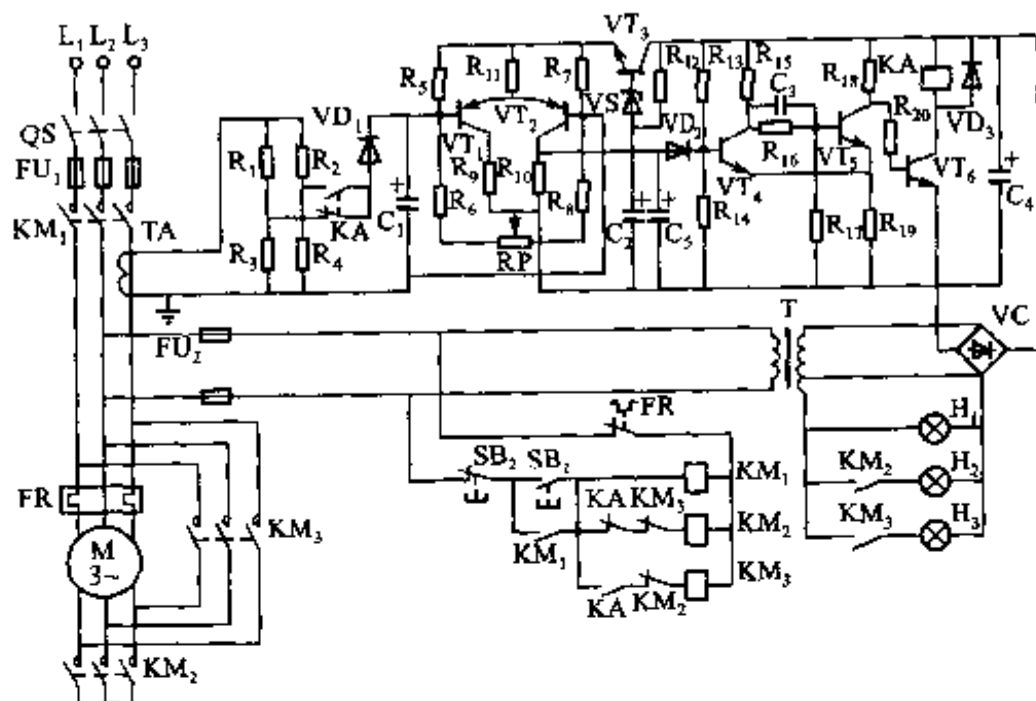


图 7-9 JDI 型 Y- Δ 自动转换装置节电线路

极管 VT_1 、 VT_2 组成差动放大器；由电容 C_5 、电阻 R_{13} 和 R_{14} 等组成延时比较电路；由三极管 VT_4 、 VT_5 组成施密特电路；由三极管 VT_6 、继电器 KA 组成放大执行电路。

由电流互感器 TA 检测得到的负载电流大小变化信号，经电阻 R_1 、 R_2 及 R_3 、 R_4 分压选取适当电压，经二极管 VD_1 半波整流，电容 C_1 滤波后，加于差动放大器的输入端 (VT_1 的基极)，经取样比较电路比较，从 VT_2 的集电极输出信号电压，该电压再经电容 C_5 延时，输入到施密特电路的 VT_4 基极，并与由 R_{13} 、 R_{14} 组成的分压器加在 VT_4 基极的电位作比较，决定 VT_4 、 VT_5 电路是否翻转。

当电动机负载电流升高到设定值时（如为额定负载电流的 50% 以下时），电容 C_5 上的电压大于基准电压时，则 VT_4 导通， VT_5 截止， VT_6 导通，继电器 KA 得电吸合，其常闭触点断开，常开触点闭合，接触器 KM_2 失电释放，而 KM_3 得电吸合，电动机接成 Δ 形运行。反之，电动机负载减轻，输入信号减弱，当 C_5 上的电压低于基准电压时， VT_4 截止， VT_5 导通， VT_6 截止，继电器 KA

失电释放,继而 KM_3 释放, KM_2 吸合,电动机接成 Y 形运行,达到自动转换的目的。

调整信号分压值(由 $R_1 \sim R_4$ 决定)和基准电压值(由 R_{13} 、 R_{14} 决定),可使 Y- Δ 转换工作点稳定在所需要的工作点上。

10. 轻重载运行 Y- Δ 自动转换节电线路

如图 7-10 所示。

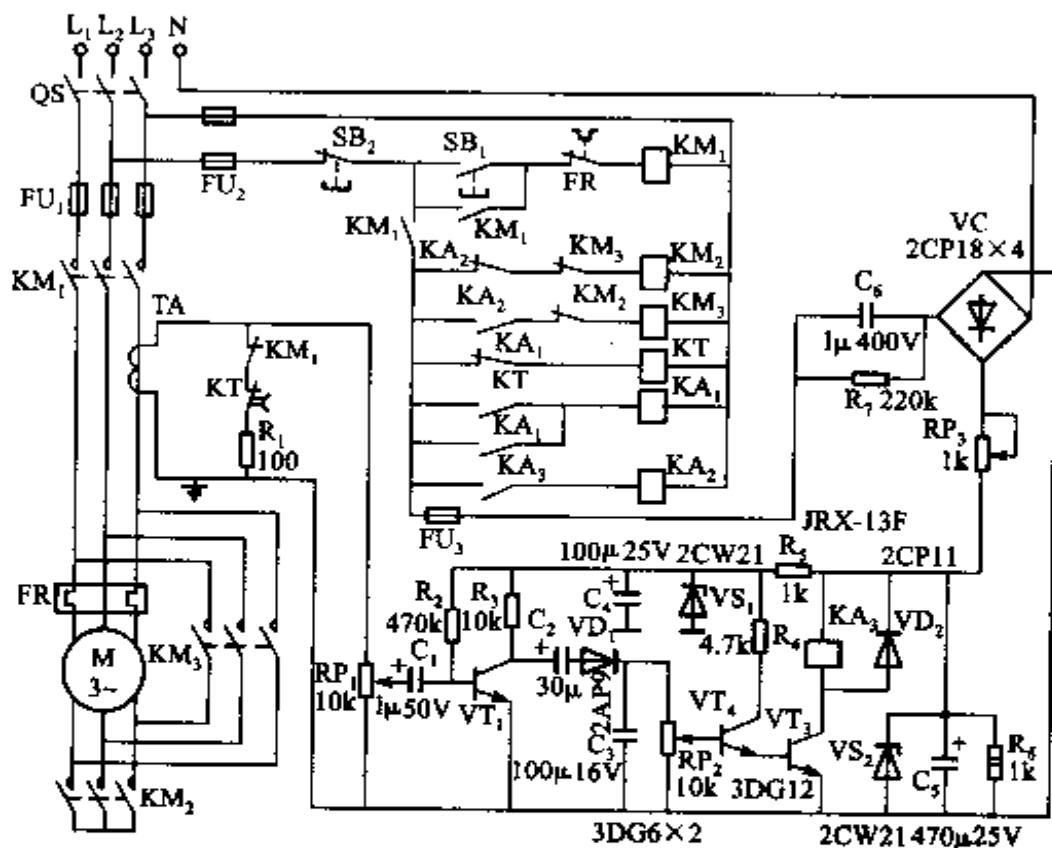


图 7-10 轻重载运行 Y- Δ 自动转换节电线路

工作原理:电动机负载电流的大小变化由电流互感器 TA 检测。电动机轻载和重载运行时两种电流信号的临界点 Q' 一般需通过对电动机的实测作图而定,如图 7-11 所示。如果 Q' 点定得过高,电动机在 Y 形接法时负载较大,则其传动性变坏; Q' 点定得过低时,节电效果差。

负载电流经电流互感器 TA 检测,在分压器 RP_1 上产生电压,调节 RP_1 使输出(电动机重载时)电压为 3V 左右,该电压送至三极管 VT_1 放大,再经二极管 VD_1 整流、电容 C_3 滤波,加在分压

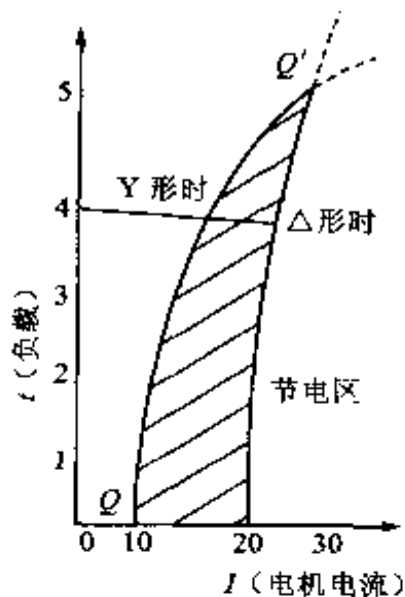


图 7-11 电动机轻载和重载

运行两种电流信号的临界点 路误动作和保护三极管 VT_1 ，在电路中设置了时间继电器。通过时间继电器 KT 的延时断开常闭触点得以保护；中间继电器 KA_1 是为了缩短 KT 的工作时间，延长其使用寿命； KA_2 是用于扩大继电器 KA_3 的触点容量。

11. 采用大功率开关集成电路的 Y- Δ 自动转换节电线路

如图 7-12 所示。该线路采用 TWH8751 大功率开关集成电路 A_1 和 7812 三端集成稳压电路 A_2 ，所以线路显得简洁。

TWH8751 开关集成电路的工作电压为 12~24V，可在 28V、1A 电路中做高速开关。使用时只需在控制端①脚加上约 1.6V 电压，就能快速控制外接负载（继电器 KA ）通断。

工作原理：电动机负载电流经电流互感器 TA 检测，转换成电压信号经二极管 VD_1 半波整流、电容 C_1 滤波后，在分压器 R_1 、 R_2 、 RP 上取得取样电压，该电压经二极管 VD_2 整流、电容 C_2 滤波（兼延时作用），加到开关集成电路 A_1 的①脚，以控制开关的动作。当电动机轻载时（如为额定负载电流的 50% 以下时），电容 C_2 上的电压小于 1.6V（可调节电位器 RP 改变），开关集成电路 A_1 的④、⑤脚断开，继电器 KA 不吸合，其常闭触点闭合，接触器 KM_1 得电吸合，电动机接成 Y 形节电运行。当电动机的负载增大，负载电流

器 RP_2 上，调节 RP_2 ，使此电压值应能保证轻载时继电器 KA_3 释放（ VT_2 、 VT_3 截止），重载时 KA_3 吸合（ VT_2 、 VT_3 导通）。这样，轻载时， KA_3 释放，中间继电器 KA_2 释放，其常开触点断开，常闭触点闭合，接触器 KM_2 得电吸合，电动机在 Y 形接法下节电运行；重载时， KA_3 吸合， KA_2 得电吸合，接触器 KM_2 失电释放，而 KM_3 得电吸合，电动机在 Δ 形接法下运行。

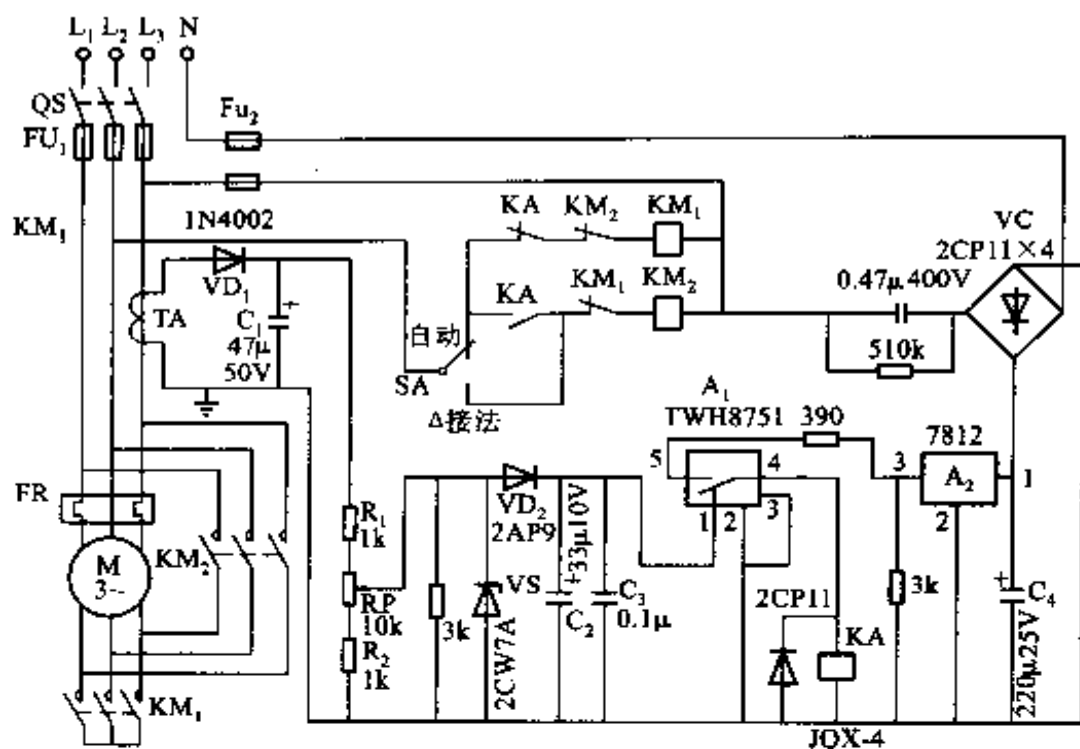


图 7-12 采用大功率开关电路的 Y- Δ 自动转换线路

升高到设定值时,电容 C_2 上的电压大于 1.6V,则 A_1 的①、④脚内部接通,12V 电源电压加到继电器 KA 的线圈上,KA 吸合,其常闭触点断开,常开触点闭合,接触器 KM_1 失电释放, KM_2 得电吸合,电动机接成 Δ 形运行。

图中,稳压管 VS 是为保护开关集成电路 A_1 而设的。因为电动机起动时,起动电流为额定电流的 5~8 倍,从分压器上取得的电压也很高,有了此稳压管后,就使最高电压限制在稳压管的稳压值上,从而保护了开关集成电路;电阻 R_1 、电位器 RP 和电容 C_2 组成延时电路,其作用是:当负载电流由额定值的 50% 以上变到 50% 以下时,KA 延迟 8s 左右,即 Δ 形接法向 Y 形接法转换时,延迟动作 8s,这样可以避免重、轻负载频繁交替变换时使交流接触器频繁跳动,损坏主触点;电容 C_3 是防止高频干扰用的;开关 SA 的作用是:打到自动位置时,电路作 Y- Δ 自动转换;打到 Δ 接法时,电动机一直接成 Δ 形运行。

第三节 异步电动机同步化运行节电线路

绕线式异步电动机的转子,当起动完毕,通入直流电流,将转子牵入同步,作为同步电动机运行,称为异步电动机同步化。

异步电动机同步化运行,可使电动机的无功功率损耗减少,甚至可以向电网回馈无功功率,提高电网的电压质量,节约电能。电动机负荷率越低,容量越大,则经济效果越好。

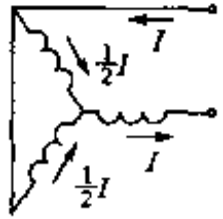
绕线式异步电动机的过载能力较大,一般为额定值的 2~2.5 倍。实现同步化运行后,过载能力将大大减小(因异步电动机的气隙比同步电动机小),如果所带负载较重,就会产生失步现象。

异步电动机同步化运行的负荷率不宜大于额定值的 0.75,尖峰负荷不超过额定值。

转子绕组的励磁接线方式,对同步化运行的效果、牵入同步的过程及失步后恢复异步运行的能力等都有影响,应根据具体情况选取。异步电动机同步化运行转子绕组四种接线方式及性能比较见表 7-1,供选用时参考。

转子励磁电流、电压与励磁方式的关系,见表 7-2。

表 7-1 异步电动机同步化运行转子绕组接线方式及其比较

励磁连接方式	绕组连接系数	转子绕组是否改接	转子平均温升情况 (通入相同电流)	过载能力	所需励磁功率(磁势一定)	牵入同步及失步时振荡情况	恢复异步能力	图例
两并一串	1	不要	最低	较差	较小	较好	最好	

续表 7-1

励磁连接方式	绕组连接系数	转子绕组是否改接	转子平均温升情况 (通入相同电流)	过载能力	所需励磁功率(磁势一定)	牵入同步及失步时振荡情况	恢复异步能力	图例
两串	1.15	不要	较低	较好	较小	较差	最好	
三串	1.33	要	较高	最好	较大	最差	不能恢复	
一个半并	1.33	要	较高	最好	较大	较好	较差	

表 7-2 转子励磁电流、电压与励磁方式的关系

励磁方式	励磁电压 $U_f(V)$	励磁电流 $I_f(A)$	转子磁势	说 明
两并一串	$1.23U_{2e}S_e$	$1.41I_{2e}$	额定值	1. 磁势额定值是指异步时转子额定磁势 2. 此时各方式的励磁功率均相同 3. U_{2e} —转子额定电压(V) I_{2e} —转子额定电流(A) S_e —额定转差率
两串	$1.41U_{2e}S_e$	$1.23I_{2e}$	额定值	
三串	$1.73U_{2e}S_e$	$1.00I_{2e}$	0.94 额定值	
一个半并	$0.866U_{2e}S_e$	$2.00I_{2e}$	0.94 额定值	

12. 130kW 异步电动机同步化运行线路

图 7-13 和图 7-14 分别是 130kW 绕线式异步电动机同步化

运行的主线路和控制线路。

工作原理:(1)异步起动过程。合上电源开关 QF 和控制线路电源开关 QS₂,由于接触器 KM₅ 处于释放状态,其常闭辅助触点闭合,接触器 KM₁ 得电吸合,电动机转子接入全部电阻。按下起动按钮 SB₁,接触器 KM 得电吸合并自锁,电动机接通交流电源开始低速起动。KM 常开辅助触点闭合。同时时间继电器 KT₁ 线圈通电,其延时吸合常闭触点立即断开,切断接触器 KM₂ 回路。松开按钮 SB₁ 后,KT₁ 失电,经过一段延时后,其延时闭合常开触点闭合,KM₂ 得电吸合,切除第一级转子回路电阻,电动机做中 I 速运行。这时 KT₂、KT₃ 相继吸合,它们的延时闭合常闭触点断开。再延时一段时间,KT₁ 延时断开常开触点断开,KT₂ 失电释放,经过一段延时,其延时闭合常闭触点闭合,KM₃ 得电吸合,切除第二级转子回路电阻,电动机做中 II 速运行。KM₃ 常闭辅助触点断开,KT₃ 失电释放,经过一段延时,其延时吸合常闭触点闭合,KM₄ 得电吸合,切除第三级转子回路电阻,电动机做高速运行。

(2)同步化运行过程。合上开关 QS₁,将调压开关 SA 打到任一档位(如“1”位置),接触器 KM₅ 得电吸合,电压继电器 1KA~3KA 吸合,时间继电器 KT₄ 线圈通电,经过一段延时后,其延时闭合常开触点闭合,如果这时的失步继电器 KA₂ 处于允许同步运行(即常闭触点闭合),励磁回路已有电压(即直流电压继电器 KA₁ 吸合),刚按下起动按钮 SB₁ 和同步起动按钮 SB₂ 时,接触器 KM₅ 得电吸合,其常闭辅助触点断开,切断接触器 KM₁~KM₄ 回路,而主触点接通转子励磁回路,电动机进入同步运行。此电路的励磁回路采用三相桥式整流电路(VD₁~VD₆),调节变压器 T 初级抽头(由调压开关 SA 控制),可改变励磁电压的大小。

图中,电流速断继电器 KI₁~KI₃ 做电动机短路保护用;过电流继电器 1KI、2KI 做电动机过载保护用;电压继电器 1KA~3KA 及直流继电器 KA₁ 保证同步运行时必须有正常的励磁电压;失步继电器 KA₂ 保证电动机在不失步的情况下投入同步运行。

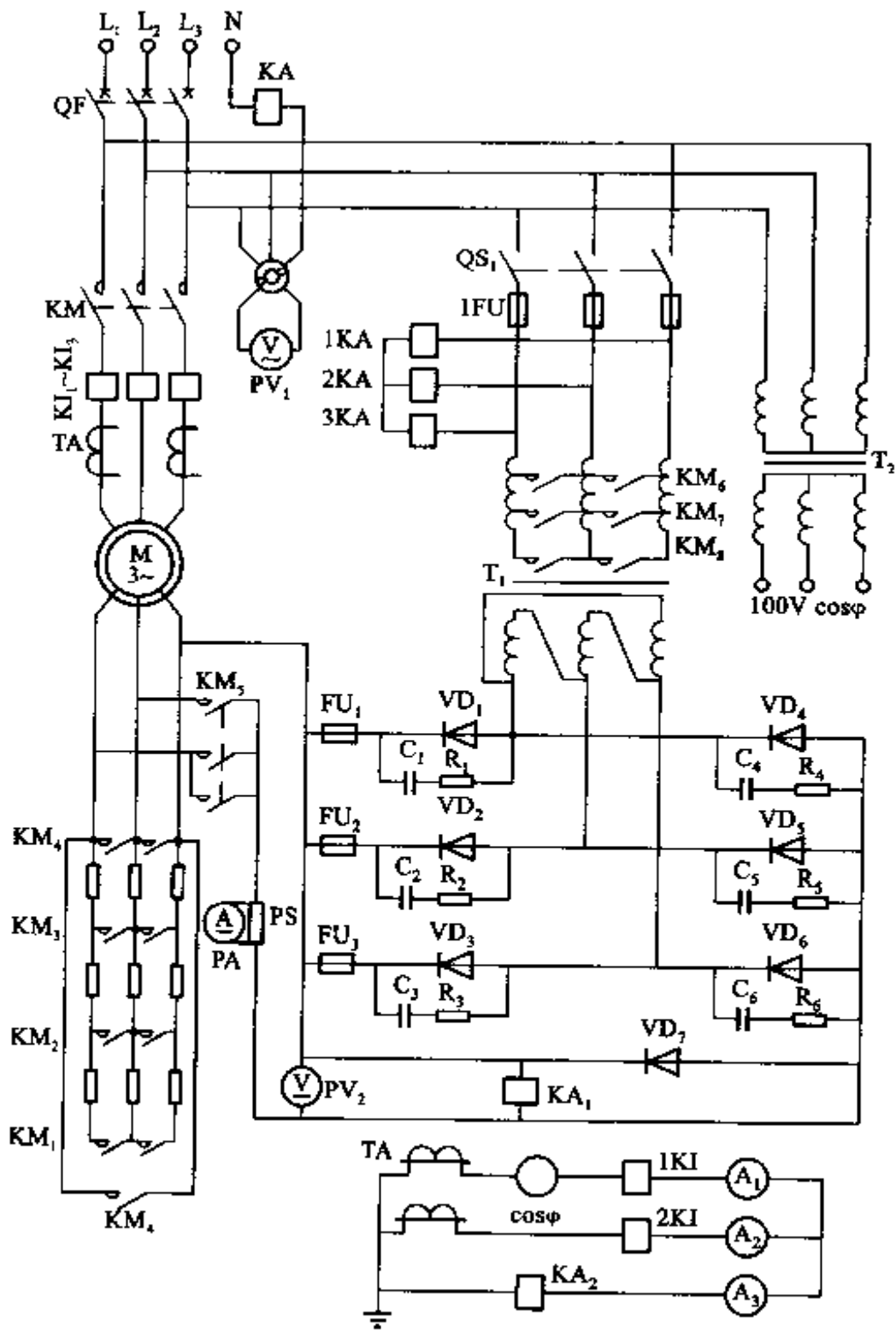


图 7-13 130kW 异步电动机同步化运行主线路

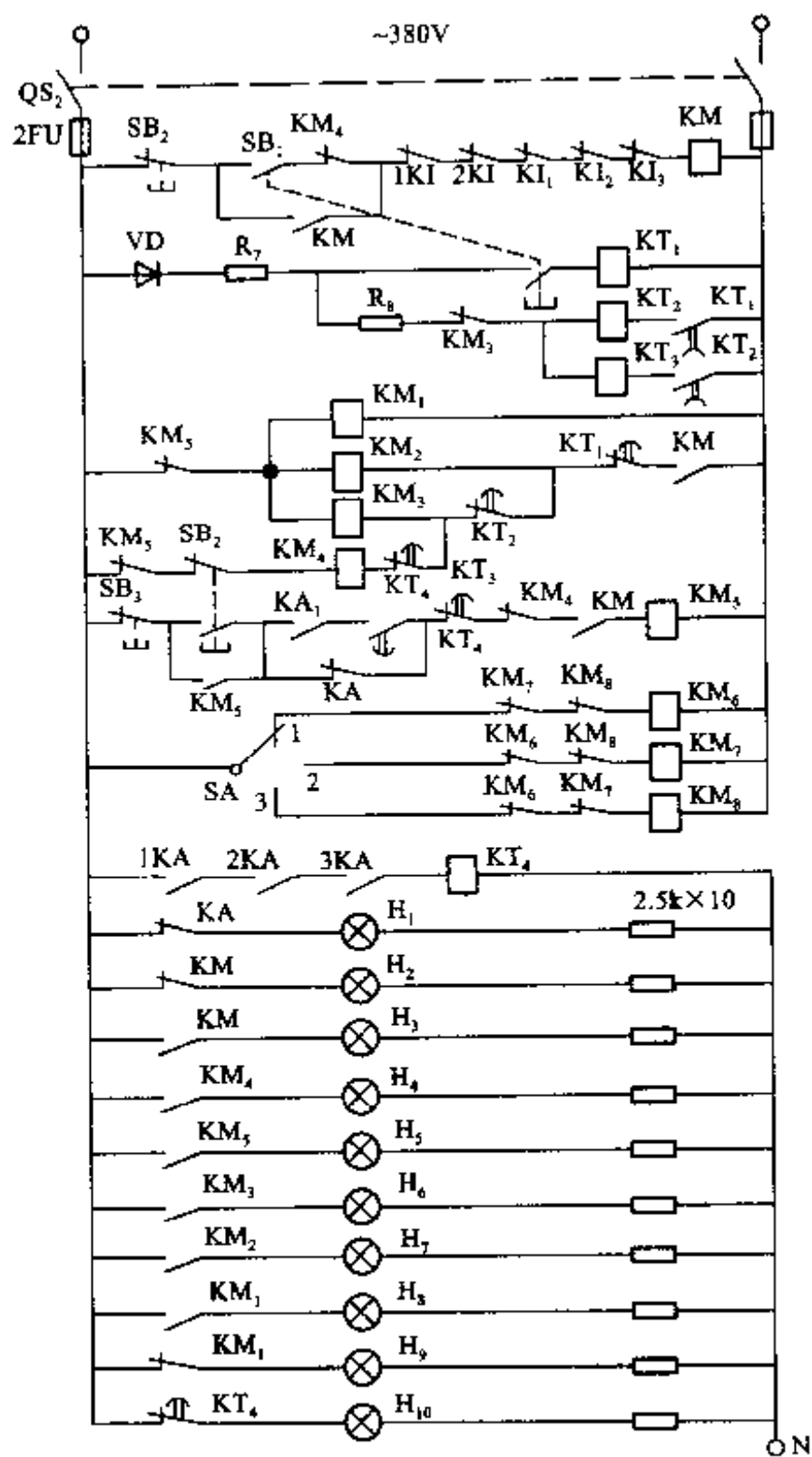


图 7-14 130kW 异步电动机同步化运行控制线路

该线路主要电器元件参数见表 7-3。

表 7-3 主要电器元件表

代号	名称	型号规格	代号	名称	型号规格
QF	空气开关	600A	2FU	熔断器	RL1-15/10A
QS ₁ 、QS ₂	转换开关	380V、20A	FU ₁ ~FU ₃	快速熔断器	RLS-350/300A
SA	调压开关	FK-12 型	T ₁	整流变压器	Y/△, 10kVA、 380/8V
HK	电压转换开关		VD ₁ ~VD ₆	二极管	2CZ200A/200V
TA	电流互感器	600/5A	VD ₇	二极管	2CZ1A/900V
KM、KM ₁	交流接触器	600A、380V	R ₁ ~R ₆	电阻	36Ω 1W
KM ₁	交流接触器	80A、380V	R ₇ 、R ₈	调整电阻	
KM ₂ 、KM ₃ 、 KM ₅	交流接触器	300A、380V	C ₁ ~C ₆	电容器	CZJ, 1μF 1250V
KA ₁	直流继电器	6V (自制 5V 动作)	RS	分流器	750A
KA ₂	失步继电器	GL-11 型、5A	A	直流电流表	75mA
KT ₁ ~KT ₃	时间继电器	T ₁ 型、直流 110V	PV ₁	交流电压表	0~450V
KM ₆ ~KM ₈	交流接 触器	40A、380V	PV ₂	直流电压表	0~30V
KI ₁ ~KI ₃	电流速断 继电器	JT4 型、600A	A ₁ ~A ₂	交流电流表	600A
1KI、2KI	过流继电器	GL-11 型、5A	cosφ	功率因数表	100V、5A
KA	电压继电器	SRM 型、 220V	SB ₁ ~SB ₃	按钮	LA ₂
KT ₄	时间继电器	JS7 型、 220V	H ₁ ~H ₁₀	指示灯	220V
1KA~3KA	交流电压 继电器	DZ-52-40 型、 220V			
1FU	熔断器	RL1-60/20A			

13. 晶闸管励磁的异步电动机同步化运行线路

绕线式异步电动机转子采用晶闸管励磁,励磁电流可以根据需要进行自动调节,从而达到自动稳步的目的。

图 7-15 和图 7-16 分别为采用晶闸管励磁的 75kW 绕线式异步电动机同步化运行的主线路、控制线路和触发线路。

工作原理:合上电源开关 QF,将转换开关 SA₁ 置于自动位置,按下起动按钮 SB₁,接触器 KM₁、KM₂、KM₃ 和时间继电器 KT₁ 得电吸合,KM₁、KM₂ 的主触点闭合,定子接入交流电源、转

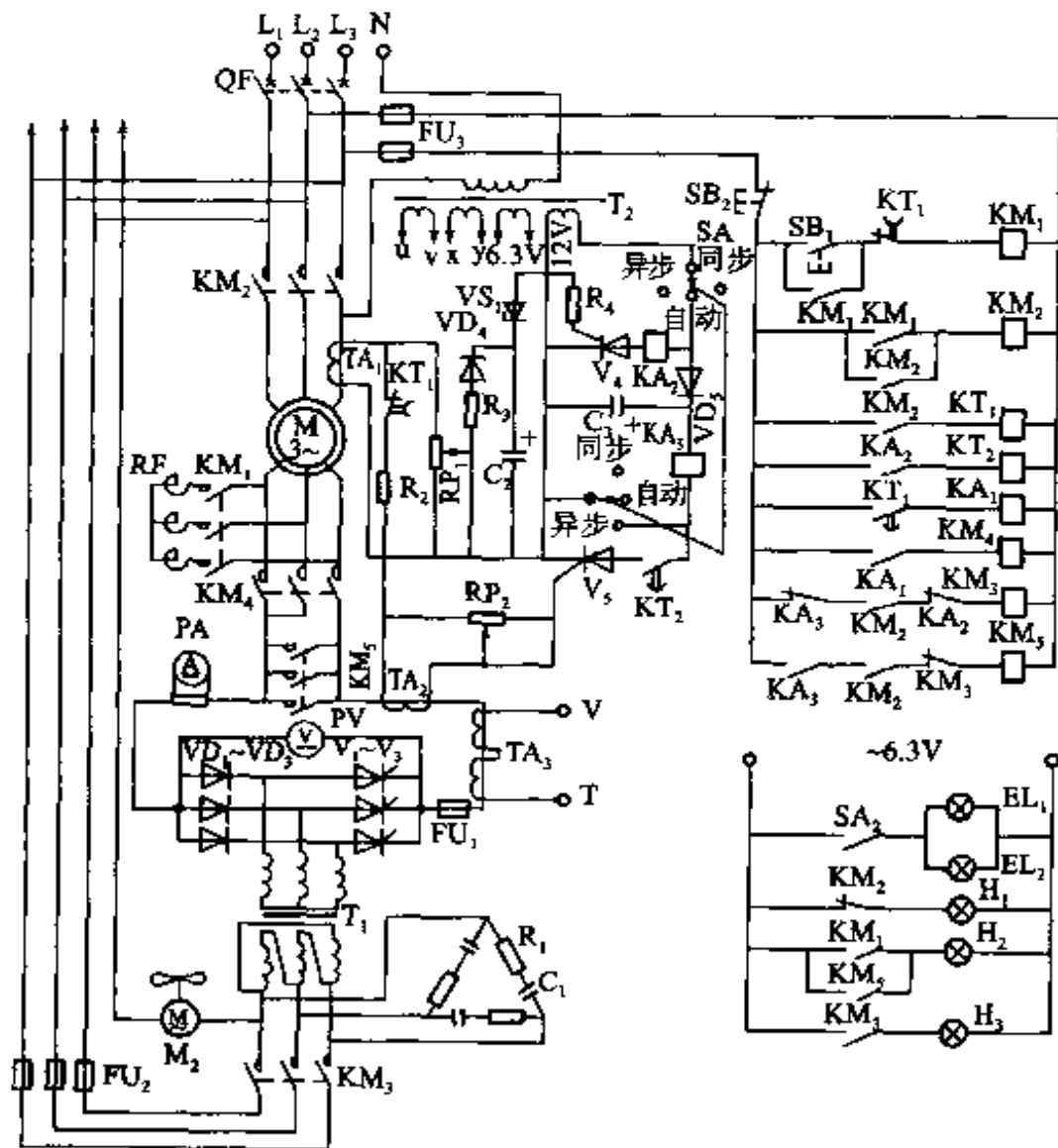


图 7-15 75kW 异步电动机同步化运行主线路及控制线路

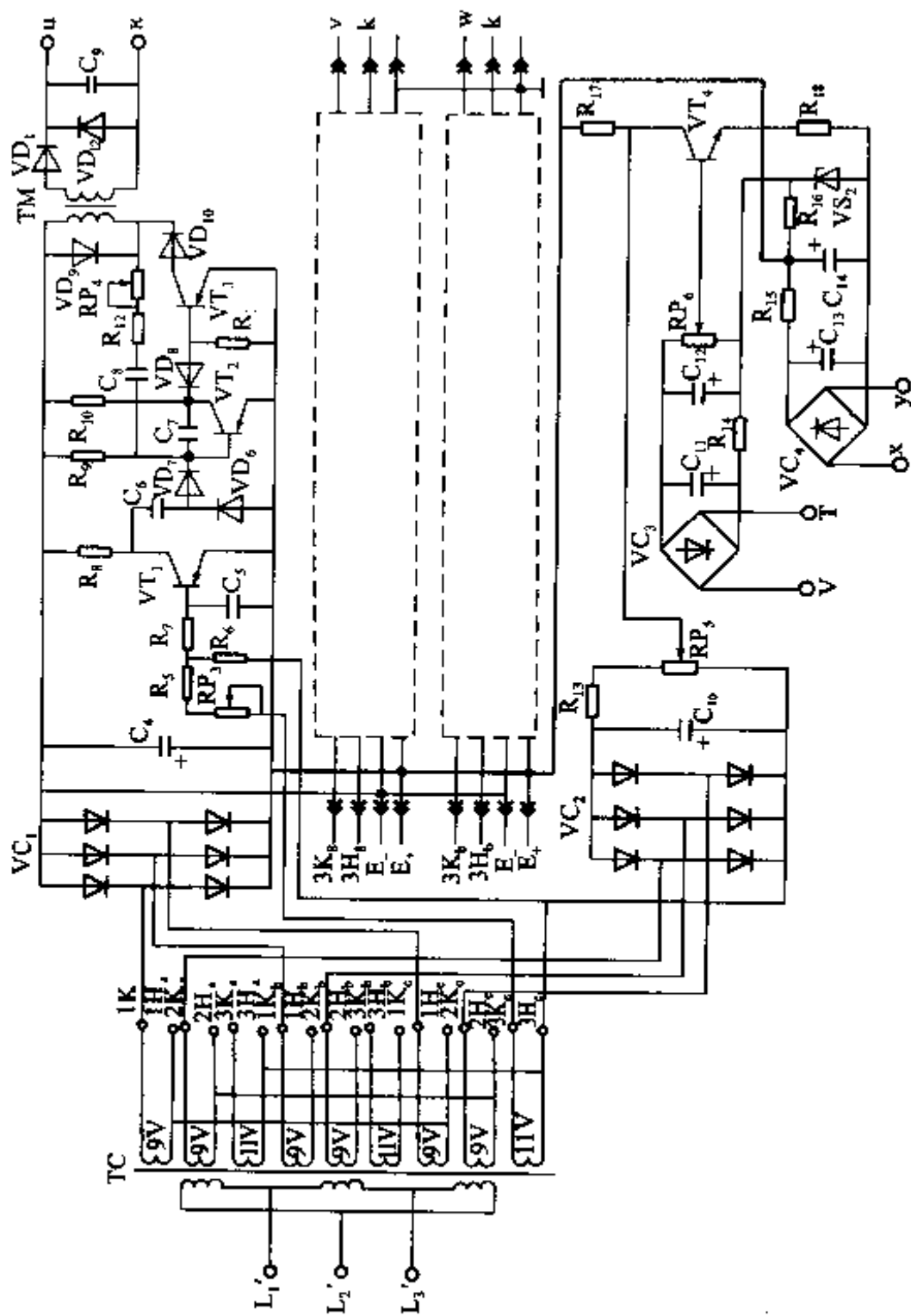


图7-16 75kW异步电动机同步化运行触发电路

子接入频敏变阻器 RF 做异步起动。经过一段延时后, KT_1 延时断开常闭触点断开, 接触器 KM_1 失电释放, 而 KM_2 主触点闭合, 接通转子励磁回路, 电动机进入同步运行。如果因某种原因不允许做同步运行时, 可使接触器 KM_3 释放, KM_3 得电吸合, 转子短接, 返回异步运行状态。

该线路采用在转子绕组中串接频敏变阻器起动。

触发线路采用阻容反馈正弦同步电压垂直控制, 此电路可获得约 150° 的移相范围。

稳流线路由直流电流互感器 TA_3 、整流桥 VC_3 、三极管 VT_1 、稳压管 VS_2 及阻容元件组成(见图 7-16)。当因某种原因使励磁电流增大时, TA_3 输出电压增大, 电位器 RP_3 取出的电压也增大, VT_1 的基极对发射极电压 U_{be} 降低, 集电极电流 I_c 减小, 使电阻 R_1 上的压降 U_x 也随之减小, U_x 即为移相控制电压中的给定电压, U_x 减小使移相角 α 增大, 晶闸管导通角减小, 从而使输出电流减小, 达到稳定的目的; 反之亦然。

自动切换线路由转换开关 SA、晶闸管 V_4 和 V_5 、电流互感器 TA_1 和 TA_2 及其外围电路和时间继电器 KT_2 等组成。工作原理如下: 当 SA 置于自动位置时, 为了尽可能多地输出无功功率, 在温升允许的条件下, 应尽可能增加转子励磁电流。此时定子也相应地有较大的容性电流, 并在电流互感器 TA_1 上感应出一个电压, 该电压经电位器 RP_1 分压取出, 经二极管 VD_1 使稳压管 VS_1 击穿, 小晶闸管 V_4 得到触发电流而导通, 继电器 KA_2 吸合, 其常开触点闭合, 时间继电器 KT_2 线圈得电, 经过一段延时后, 其延时闭合常开触点闭合, 接通小晶闸管 V_5 回路。这时电动机做正常同步运行。当某种原因(如电网电压下降或负载过重)引起失步时, 转子电流会有很大的波动, 该电流经过电流互感器 TA_2 感应出一个电压, 将小晶闸管 V_5 触发导通, 继电器 KA_3 吸合, 其触点动作, 切换接触器 KM_3 、 KM_3 , 即关断了整流电源, 并短接转子, 使电动机进入异步运行。电动机能否恢复同步运行, 决定于定子电流的大小。

当电网电压或负载恢复正常后,定子电流降到一定值时,电流互感器 TA_1 感应出的电压不是足以穿稳压管 VS_1 ,则小晶闸管 V_1 关闭,继电器 KA_2 释放,继而 KT_2 释放, V_5 关闭, KA_3 释放,自动恢复同步。 KT_2 起缓冲作用,用以提高自动切换线路的稳定性。

该线路主要电器元件参数见表 7-4。

表 7-4 主要电器元件参数表

代号	名称	型号规格	代号	名称	型号规格
T_1	整流变压器	$\Delta/Y, 380/12V$	PV	直流电压表	44V, -V, 20V
T_2	控制变压器	50VA, 220/12、 12、6、3V	$KM_1, KM_2,$ KM_4	交流接触器	CJ20, 380V 300A
TC	同步变压器	$\Delta/Y, 380/9、9、11V$	KM_3	交流接触器	CJ20, 380V 20A
TA_1	电流互感器	10mm×12mm

续表 7-4

代号	名称	型号规格	代号	名称	型号规格
R_5, R_{11}	电阻	360 Ω 1/8W	C_1	电容器	CZJD, 0.47 μ F 630V
R_6	电阻	390 Ω 1/8W	C_2, C_3	电解电容器	1000 μ F 25V
R_7	电阻	5.1k Ω 1/8W	C_4, C_{10}	电解电容器	100 μ F 50V
R_8	电阻	36k Ω 1/8W	C_5	电容器	0.47 μ F 160V
R_9	电阻	27k Ω 1/8W	C_6	电容器	0.056 μ F 160V
R_{10}	电阻	2k Ω 1/8W	C_7	电容器	0.1 μ F 160V
R_{12}	电阻	6.8k Ω 1/8W	C_8	电容器	1 μ F 160V
R_{13}	电阻	2.7k Ω 1/2W	C_9	电容器	0.22 μ F 160V
R_{14}	电阻	56 Ω 1/2W	$C_{11} \sim C_{14}$	电解电容器	100 μ F 25V
R_{16}	电阻	220 Ω 1/4W	SB_1, SB_2	按钮	LA ₂
R_{17}	电阻	620 Ω 1/8W	EL_1, EL_2	照明灯	--
R_{18}	电阻	27 Ω 1/8W	$H_1 \sim H_3$	指示灯	—
RP_1	电位器	220 Ω 3W			

第四节 异步电动机无功功率就地补偿线路

异步电动机无功功率就地补偿,是将电容器直接与异步电动机定子绕组连接,以提高异步电动机运行时的功率因数、降低能耗的一种无功补偿方式。它适用于单机容量较大(10kW以上)、运行时间较长、距离电源较远的异步电动机。

异步电动机就地无功补偿必须防止自励过电压产生。

自励过电压产生的原因:当异步电动机从运行状态改为停机状态时,由于转子具有转动惯量,转速不能立即降低到零,这时电容器对电动机提供励磁电流,使电动机成为自励异步发电机运行。如果电容量过大,励磁电流将很大,异步发电机便产生很高的电压,严重威胁电动机和电容器的绝缘层。

为了防止自励过电压,应正确选择补偿电容器的容量,同时应

正确接线。

补偿电容器的容量应按下列式选择：

$$Q_c \leq (0.7 \sim 0.9) \sqrt{3} U_e I_0$$

式中 Q_c 补偿电容器的容量(V)

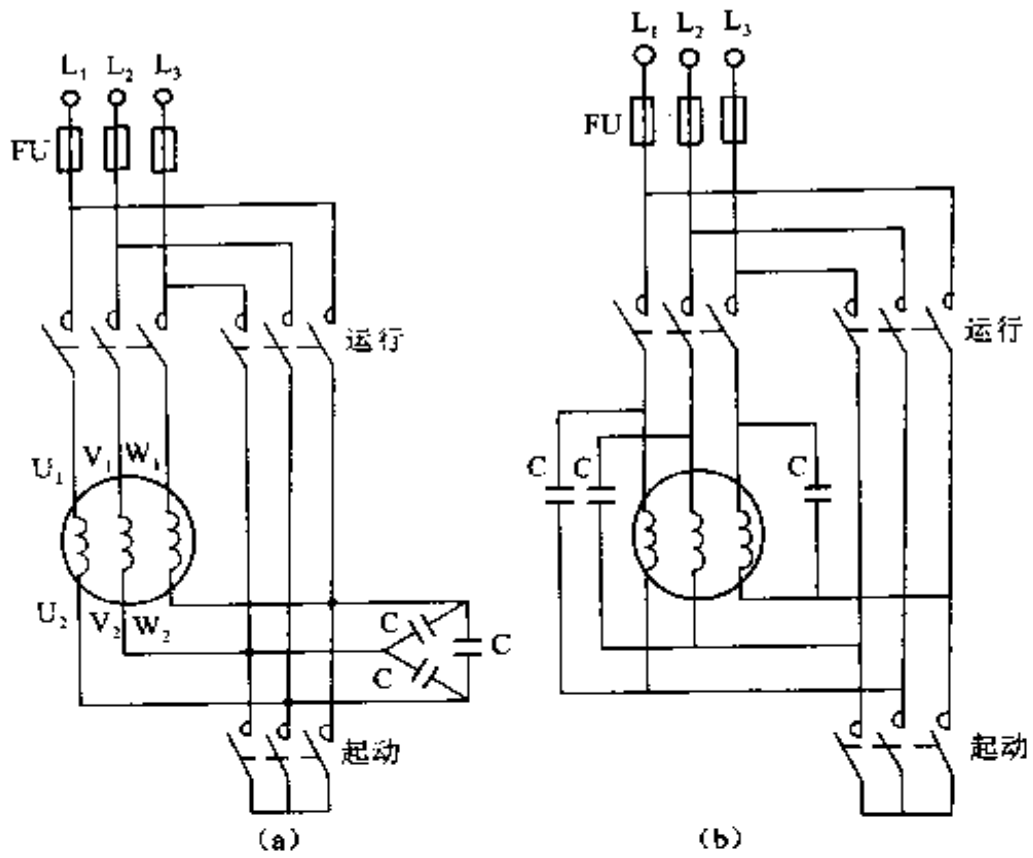


图 7-18 Y-Δ 起动异步电动机就地补偿线路

第八章 起重机械专用线路

第一节 起重机线路

桥式起重机是应用很广泛的一种起重机械,俗称行车、吊车或天车。根据起吊装置的不同,可分为电磁吸盘式、抓斗式和吊钩式等,其中吊钩式起重机应用最为广泛。

桥式起重机一般由桥架、小车、大车、提升机构、主滑线和辅助滑线等组成,其结构示意图如图 8-1 所示。

大车:它安装在大车架上,横跨车间在走台上沿着轨道可以做

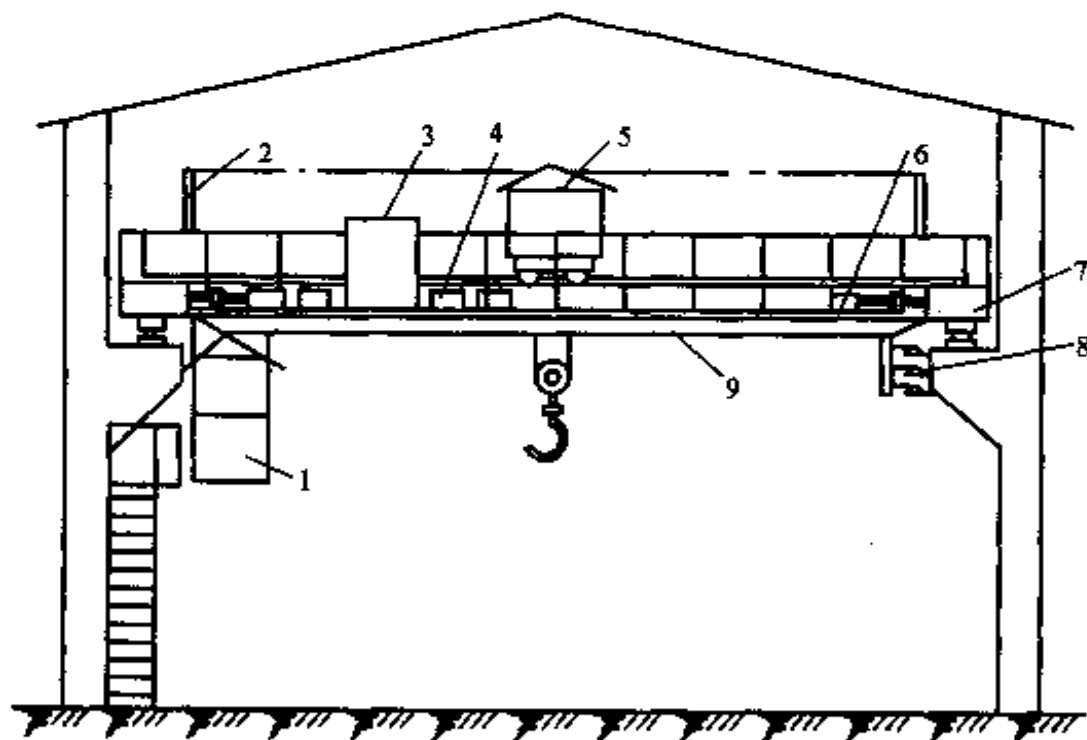


图 8-1 桥式起重机结构示意图

1. 驾驶室 2. 辅助滑线架 3. 交流磁力控制盘 4. 电阻箱
5. 起重小车 6. 大车拖动电动机 7. 端梁 8. 主滑线 9. 主梁

纵向(左或右)运行。

小车:它安装在小车架上,沿着主梁上的轨道可以做横向(前或后)运行。

提升机构:它安装在小车架上,它的提升装置可以做垂直方向(上升或下降)运行。

桥式起重机根据生产的需要对上述各运行机构提出以下的控制要求:拖动各运行机构的电动机要能频繁地起动、制动、调速、反转,同时能承受较大的过载和机械冲击。

为此,桥式起重机用的电动机,具有结构坚固、耐热性能和绝缘性能良好、飞轮转矩较小、起动转矩较大的特点,并能承受相当大的过载和机械冲击。常用的有绕线式异步电动机 JZR 系列、JZR2 系列和鼠笼式异步电动机 JZ 系列、JZ2 系列。

桥式起重机有零位、短路、过载和终端保护等控制和保护线路。

桥式起重机上电动机的控制和保护线路,一般有两种类型:一种是用凸轮控制器和保护箱组成控制、保护线路;另一种是用主令控制器和磁力控制盘组成的控制、保护线路,由主令控制器控制接触器通断,再由接触器控制电动机起动、调速、正反转和制动。前一种线路属直接控制方式,受凸轮控制器触头容量的限制,能够控制容量不大的电动机。后一种控制线路属间接控制方式,能控制容量较大的电动机。下面先介绍凸轮控制器控制线路。

凸轮控制器有 KT10、KT12、KT14 及 KT16 等系列,起重机上常用的还有 KTJ1-50/1、KTJ1-50/5、KTJ1-80/1 等型号。

例如 KT14 系列,KT14-25J/1、KT14-60J/1 型用以控制一台三相绕线式异步电动机;KT14-25J/2、KT14-60J/2 型用以同时控制两台三相绕线式异步电动机,并带有定子电路的触点;KT14-25J/3 型用以控制一台三相鼠笼式异步电动机;KT14-60J/4 用以同时控制两台三相绕线式异步电动机,定子回路由接触器控制。

凸轮控制器主要技术数据见表 8-1。

表 8-1 凸轮控制器主要技术数据

型号	额定电压 (V)	额定电流 (A)	工作位置		通电持续率为 25% 时所控制电动机的最大功率 (kW)	额定操作频率 (次/h)	最大工作周期 (min)
			向前(上)	向后(下)			
KT14-25J/1	380	25	5	5	11.5	600	10
KT14-25J/2		25	5	5	2×6.3		
KT14-25J/3		25	1	1	8		
KT14-60J/1		60	5	5	32		
KT14-60J/2		60	5	5	2×16		
KT14-60J/4		60	5	5	2×25		

磁力控制盘有以下两种系列：

一种是 PQY 系列和 PQS 系列。

PQY 系列为控制平移机构的磁力控制盘，常用的有四种型号：

PQY1 型——控制一台电动机；

PQY2 型——控制二台电动机；

PQY3 型——控制三台电动机，允许一台电动机单独运转；

PQY4 型——控制四台电动机，电动机分成两组，允许每组电动机单独运行。

PQS 系列为控制提升机构的磁力控制盘，常用的有三种型号：

PQS1 型——控制一台电动机；

PQS2 型——控制二台电动机，允许一台电动机单独运转；

PQS3 型——控制三台电动机，允许一台电动机单独运转，并可进行点动操作。

PQY 系列和 PQS 系列都是全国统一设计的新产品，与主令控制器配合使用的磁力控制盘型号见表 8-2。

表 8-2 主令控制器与磁力控制盘的配合

磁力控制盘型号	PQY1	PQY2 PQY3 PQY4	PQS1 PQS2-100-250 PQS3-100-250	PQS2-400 PQS3-400
配用主令控制器型号	LK16-5/31	LK16-5/31	LK16-11/31	LK16-11/31

另一种是 PQR10A 系列和 PQR9A 系列。目前,它们是桥式起重机普遍使用的系列。

1. KT-25J/1 型凸轮控制器控制线路

如图 8-2 所示。该线路常用于 25/5t(即主钩额定起重量为 20t,副钩额定起重量为 5t)桥式起重机大车、小车以及副钩电动机的起动、停止、正转、反转、调速及安全保护等。

KT25J/1 型凸轮控制器共有 12 对触点,左边 4 对触点连接电源和电动机定子绕组,用以控制电动机的正反转,因为定子电流较大,所以触点上装有灭弧罩;中间 5 对触点接调速电阻箱和电动机转子,用来控制转子外接电阻的接入或切除,实现电动机的起动和调速;右边 3 对触点接控制线路,起限位保护和零位保护的作用。为了减少控制器触点数量,采用不对称切除转子电阻法(中、小容量电动机均采用此法)。

(1)定子电路的控制。图 8-3 是控制器控制电动机正反转的 4 对触点(1~4)的分合情况。

当控制器手柄置于零位时,4 对触点全断开,电动机不转动。当手柄置于正转位置时,只有触点 2 与 4 闭合,电源 L_1 相(即 X_{11})与 U 接通,电源 L_3 相(即 X_{31})与 W 接通,电源 L_2 相(即 X_{21})与 V 接通,电动机正转。当手柄置于反转位置时,只有触点 1 与 3 闭合,电源 L_1 、 L_3 (即 X_{11} 、 X_{31})分别与 W 和 U 接通,电源改变了相序,电动机反转。

(2)转子速度的控制。凸轮控制器有 5 对触点(5~9)用于接入或切除电动机转子的电阻,进而控制电动机的转速。外接调速电阻采用不对称连接方式,这样连接虽然会出现转子三相电流不对称,

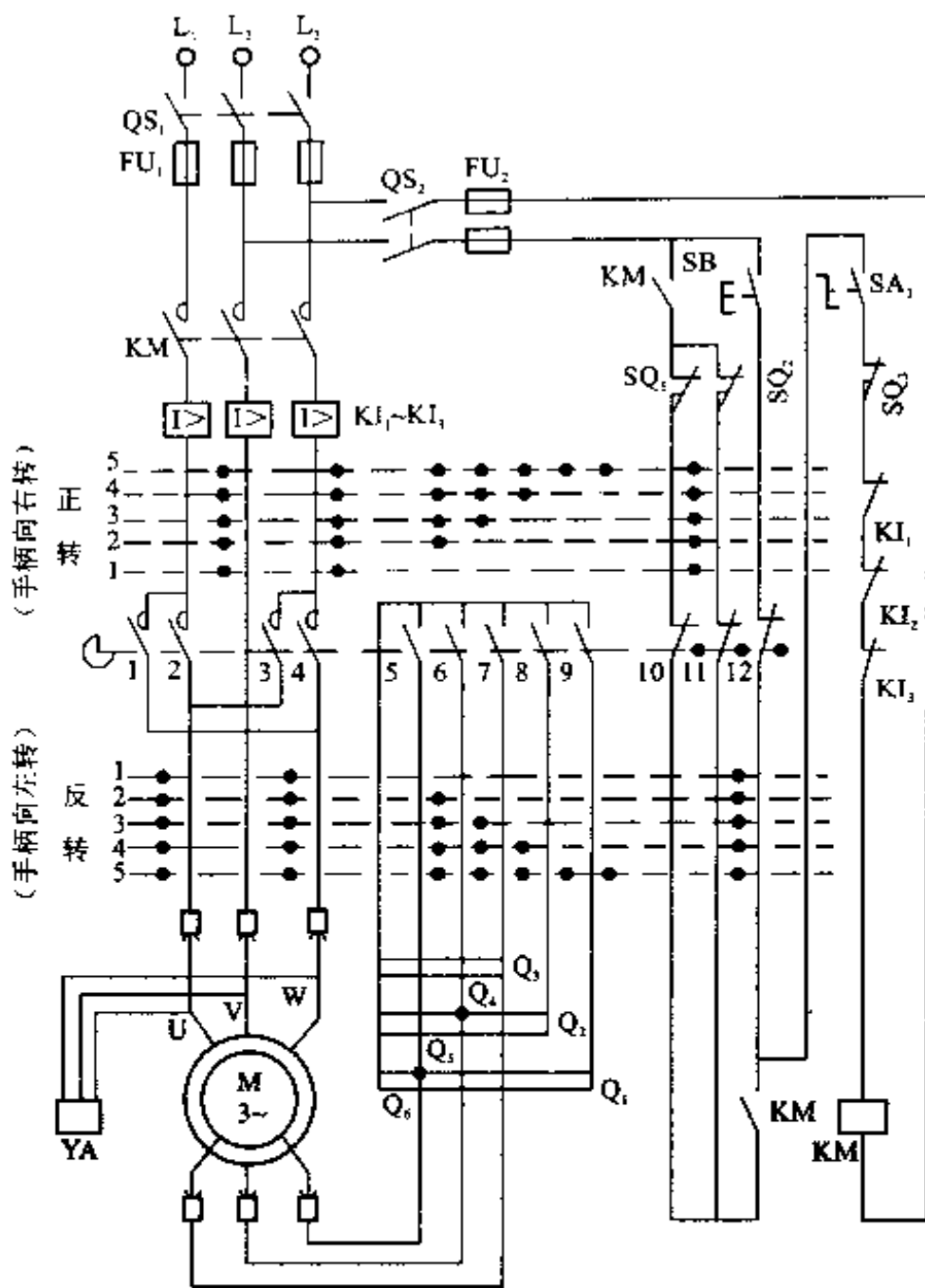


图 8-2 KT-25J/1 型凸轮控制器控制线路

但由于电动机容量不大和电阻级数较多,不会给电动机带来危害。采用不对称连接方式能减少触点使用数量,简化控制线路。

图 8-4 是利用凸轮控制器逐级切除转子外接电阻的示意图,当触点 5~9 依次闭合时,转子外接调速电阻逐级被切除,电动机转速逐级上升。

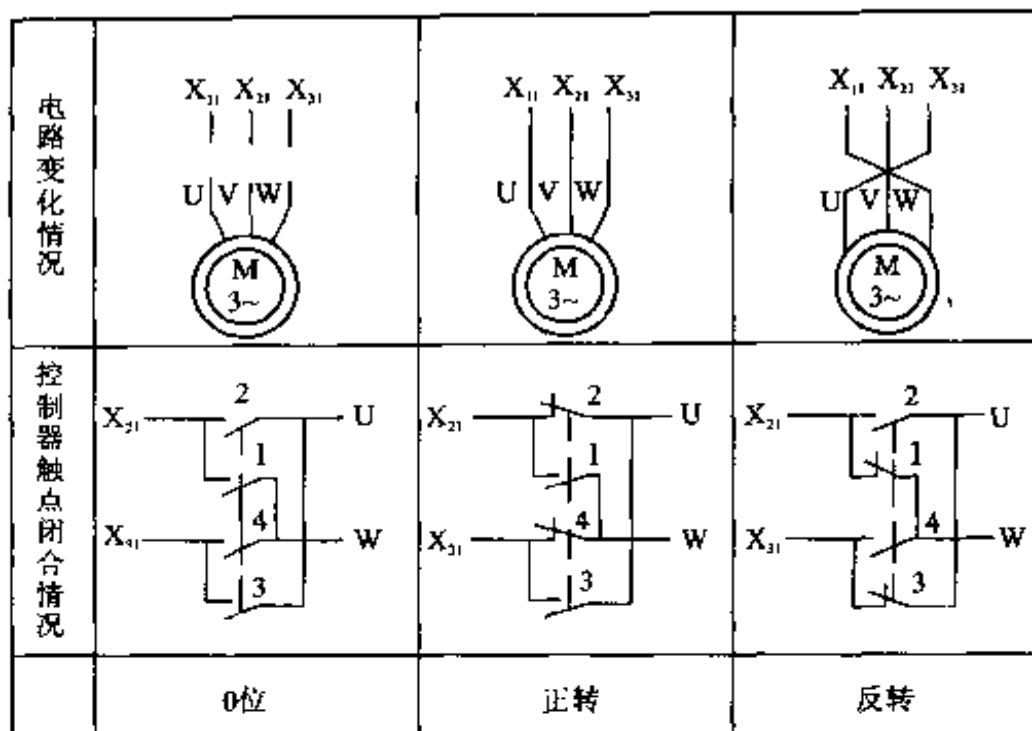


图 8-3 4 对触点的分合情况

(3) 凸轮控制器的安全连锁触点。图 8-2 中的触点 12 是用来做零位起动保护的, 只有将控制器手柄置于零位时它才闭合, 这时电动机才能起动。运行中, 如遇突然断电又恢复时, 电动机也不能自起动, 而必须将手柄置于零位后才能重新起动。当凸轮控制器置于零位时, 连锁触点 10、11 闭合; 当凸轮控制器手柄置于反转位置时, 触点 11 闭合、10 断开; 当手柄置于正转位置时, 触点 10 闭合、11 断开。它们分别与正转和反转限位开关 SQ_1 、 SQ_2 组成移动机构(大车或小车)的限位保护。

(4) 控制电路工作原理。合上电源开关 QS_1 和控制开关 QS_2 , 控制器手柄置于零位, 电动机不转动, 触点 10~12 均闭合, 合上紧急开关 SA_1 。如大车顶无人, 舱口关好后(即触点开关 SQ_3 闭合), 按下起动按钮 SB , 接触器 KM 得电吸合并自锁(通过限位开关 SQ_1 、 SQ_2)

当控制器手柄置于正转(上升或向前)第一档时, 触点 1、3 闭合, 电动机正转。此时控制调速电阻的 5 对触点全断开, 全部电阻

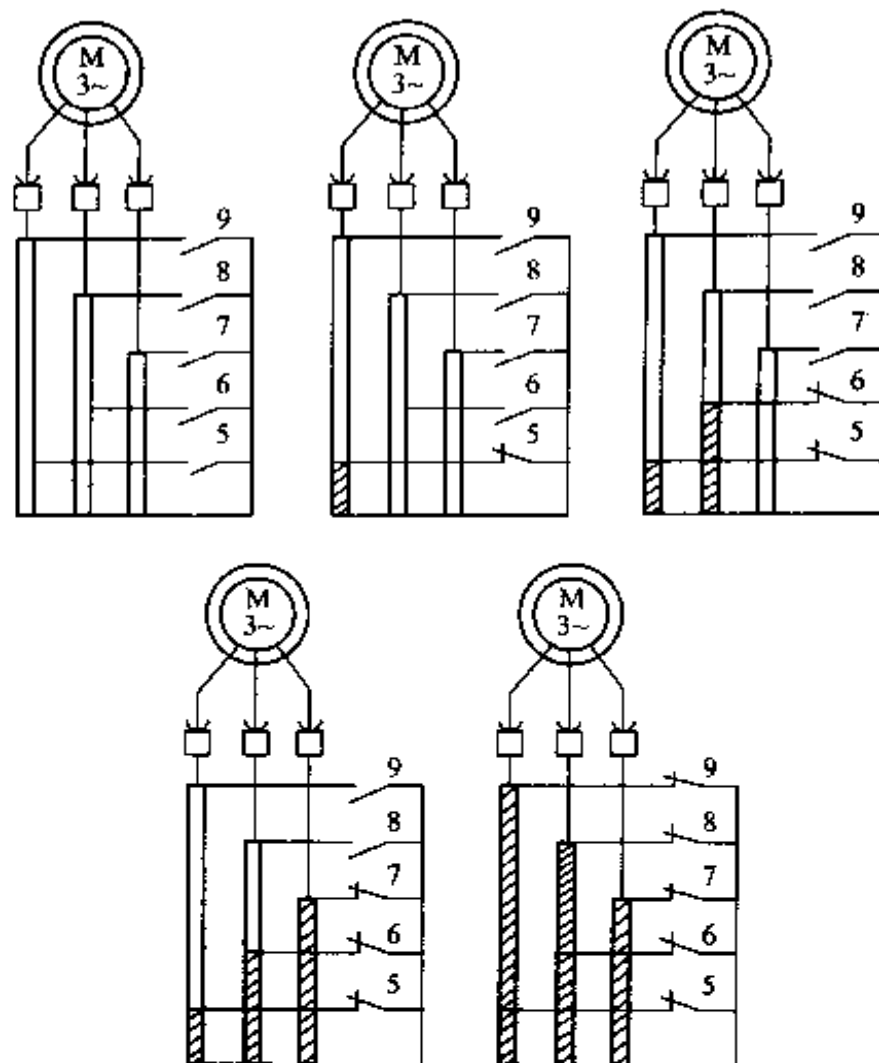


图 8-4 转子电路电阻逐级切除示意图

接入转子电路,电动机以最低转速开始运转。

当控制器手柄置于正转第二档时,触点 5 闭合,电阻 $Q_5 \sim Q_6$ 被短接,转速上升。同理,当手柄置于正转第三、四、五档时,电阻 $Q_4 \sim Q_6$ 、 $Q_3 \sim Q_6$ 、全部电阻短接,电动机逐级升速。相反,如果将手柄由第五档逐级扳回第一档时,调速电阻就逐级接入,电动机将逐级降速。

当控制器手柄置于反向(下降或向后)位置时,触点 2、4 闭合,电动机反转。手柄在各档位置电动机的运转状况与正转时相同。

当电动机 M 通电运转时,电磁抱闸 YA 得电吸合,松开抱闸;当控制器手柄置于零位或限位保护动作时,接触器 KM 和电磁抱

闸 YA 同时失电释放,使移动机构准确停车。

该线路能用于以下保护:①过流继电器 KI 用于过电流保护;②事故紧急开关 SA₁ 用于紧急保护;③舱口安全开关 SQ₁ 用于安全保护,只有关好舱口后才能开车。

2. XQB1 型保护箱控制线路

保护箱是桥式起重机电气线路重要的组成部分,它的作用是对桥式起重机运行起保护作用,它保证起重机上所有电气设备的供电,并具有过电流保护、欠电压保护、零位保护、限位保护和紧急保护等多种保护功能。

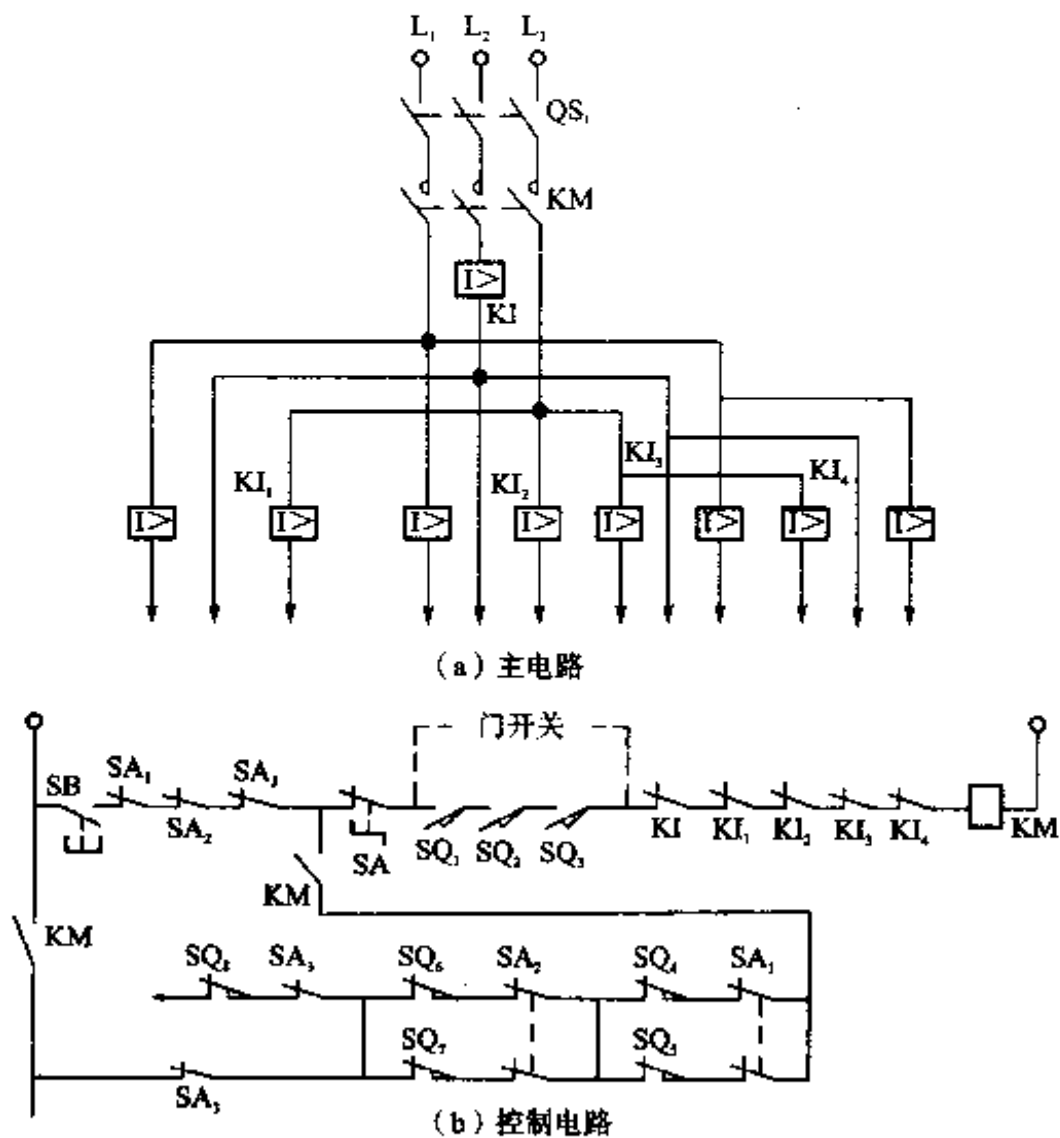


图 8-5 XQB1 型保护箱线路

XQB1 型保护箱线路如图 8-5 所示。图 8-5(b) 中各线号的含义见表 8-6。其中, SA_1 、 SA_2 、 SA_3 均为联动开关。

图中, QS_1 为总电源开关; KM 为线路接触器; $KI_1 \sim KI_4$ 为起重机各电动机过流继电器, 每台电动机各有两相由过流继电器保护; KI 为总过流继电器。

(1) 过电流保护。起重机用过流继电器 KI 有瞬时动作和反时限延时动作两种类型。当电动机出现过载或短路故障时, KI 动作, 使线路接触器 KM 失电释放, 切断电动机电源。

在 XQB1 系列保护箱中, 使用 LJ5 型或 LJ15 型瞬动过流继电器。过流继电器的整定值必须合适, 过大了, 不能保护电动机; 过小了, 经常动作。各电动机过流继电器的整定值为电动机额定电流的 2.25~2.5 倍。总过流继电器(瞬时动作)的整定值等于最大一台电动机的额定电流加上其余电动机的额定电流之和的 2.5 倍。

(2) 欠压保护。当电源电压过低或停电时, 接触器 KM 因电压过低而自动释放, 切断电源。

(3) 限位保护。用来限制电动机所带动的运行机构的位置, 以免发生事故。当运行机构(大、小车或提升机构)运行至极限位置时, 限位开关 $SQ_4 \sim SQ_6$ 常闭触点断开, 使接触器 KM 释放。

(4) 零位保护。用来防止电动机自行起动, 以免危及设备和人身安全。电源切断后, 控制器手柄仍在工作档位上, 当电源恢复送电时, 电动机自行起动。由图可见, 只有当控制器手柄置于零位时, 其零位保护触点 1、2 闭合, 电动机才有接入电源的条件。

(5) 紧急开关保护和舱口开关保护。当运行过程中遇到意外情况需要紧急停车时, 可迅速按动紧急开关 SA , 其闭合触点断开, 使接触器 KM 释放, 电动机制动停车。

舱口开关 SQ_1 是为了保证运行安全而设置的, 司机进入工作位置后, 只有关好舱门(SQ_1 触点闭合), 才允许电动机起动。

3. 多台凸轮控制器控制线路

如图 8-6 所示。线路由 SA_1 、 SA_2 、 SA_3 三个凸轮控制器组成,

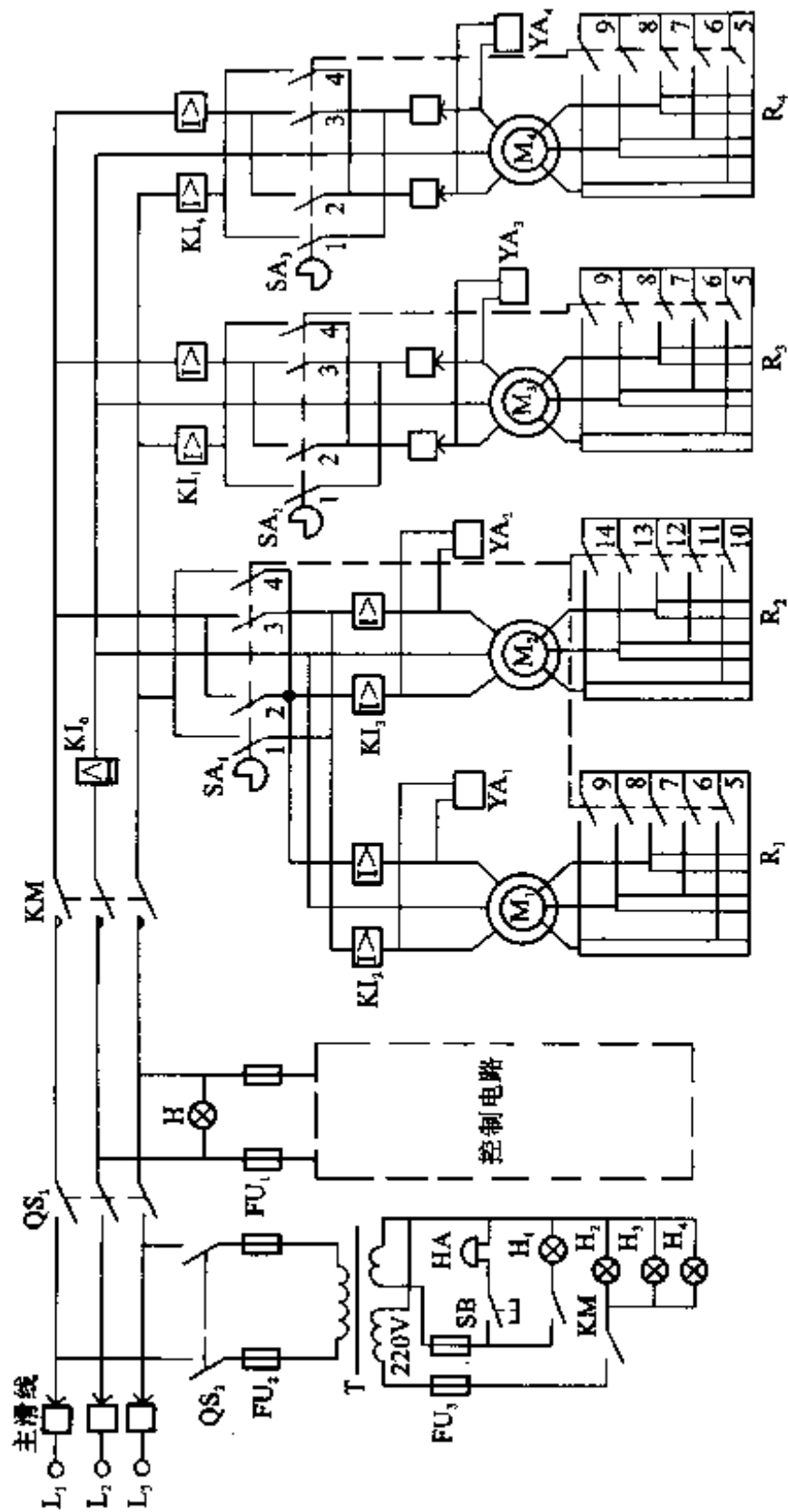


图8-6 多台凸轮控制桥式起重机的控制线路

分别控制大车、小车和提升机构的运行。其中 SA₁ 采用 KT12-25J/1 型凸轮控制器, 它有两套换接调速电阻的触点, 可以同时切换两只电阻箱, 用于控制大车的两台绕线式电动机调速。该线路一般用于 5t/10t 桥式起重机的控制线路。

图中大车控制器 SA₁、小车控制器 SA₂ 和提升控制器 SA₃ 触点闭合情况见表 8-3~表 8-5。图中各电器名称见表 8-6。

表 8-3 凸轮控制器 SA₁ 触点闭合表

触点状态 手柄位置 触点	向 右					零 位	向 左				
	5	4	3	2	1	0	1	2	3	4	5
1							×	×	×	×	×
2	×	×	×	×	×						
3							×	×	×	×	×
4	×	×	×	×	×						
5	×	×	×	×				×	×	×	×
6	×	×	×						×	×	×
7	×	×								×	×
8	×										×
9	×										×
10	×	×	×	×				×	×	×	×
11	×	×	×						×	×	×
12	×	×								×	×
13	×										×
14	×										×

注: × 表示触点闭合。

表 8-4 凸轮控制器 SA₂ 触点闭合表

触点状态 手柄位置 触点	向 右					零 位	向 前				
	5	4	3	2	1	0	1	2	3	4	5
1							×	×	×	×	×
2	×	×	×	×	×						
3							×	×	×	×	×
4	×	×	×	×	×						

续表 8-4

触点状态 触点	向 右					零 位	向 前				
	5	4	3	2	1	0	1	2	3	4	5
5	×	×	×	×				×	×	×	×
6	×	×	×						×	×	×
7	×	×								×	×
8	×										×
9	×										×

注：×表示触点闭合。

表 8-5 凸轮控制器 SA₃ 触点闭合表

触点状态 触点	向 右					零 位	向 左				
	5	4	3	2	1	0	1	2	3	4	5
1							×	×	×	×	×
2	×	×	×	×	×						
3							×	×	×	×	×
4	×	×	×	×	×						
5	×	×	×	×				×	×	×	×
6	×	×	×						×	×	×
7	×	×								×	×
8	×										×
9	×										×

注：×表示触点闭合。

表 8-6 起重机线路中电器名称表

代 号	名 称	代 号	名 称
M ₁ 、M ₂	大车电动机	YA ₁ 、YA ₂	大车制动电磁铁
M ₃	小车电动机	YA ₃	小车制动电磁铁
M ₄	提升电动机	YA ₄	提升制动电磁铁
SA	紧急开关	SQ ₄ 、SQ ₅	大车限位开关
SQ ₁	舱口安全开关	SQ ₆ 、SQ ₇	小车限位开关
SQ ₂ 、SQ ₃	横梁栏门安全开关	SQ ₈	提升限位开关

续表 8-6

代号	名称	代号	名称
SA ₁	大车凸轮控制器	QS ₁ 、QS ₂	刀开关
SA ₂	小车凸轮控制器	KM	线路接触器
SA ₃	提升凸轮控制器	KI ₁	小车过流继电器
R ₁ 、R ₂	大车电阻器	KI ₂ 、KI ₃	大车过流继电器
R ₃	小车电阻器	KI ₄	提升过流继电器
R ₄	提升电阻器	KI ₅	线路过流继电器

SQ₁ 为舱口门安全开关;SQ₂、SQ₃ 为横梁栏门安全开关。检修人员上桥架检修机电设备或上大车轨道上检修设备而打开门时,使 SQ₁ 或 SQ₂、SQ₃ 断开,以确保检修人员的安全。KI₁~KI₄ 分别为电动机 M₁~M₄ 的过流继电器,每个过流继电器分别控制电动机两相绕组。KI₅ 为总过电流继电器,实现过载和短路保护。

整机线路由主电路、控制回路和照明信号电路等部分组成。

工作原理:合上电源开关 QS₁ 和控制开关 QS₂,控制电路和照明电路即可投入工作。

将各控制器置零位,检查紧急开关 SA 是否合上,关好舱门和门栏。按下起动按钮 SB,线路接触器 KM 得电吸合并自锁。其主触点闭合,为各电动机提供电源,其中 L₂₁ 为公用相,直接与各电动机的 V 相连接,其余两相 L₁₁ 和 L₃₁ 需经各控制器的定子电路触点,分别和相对应的电动机 U(或 W)、W(或 U)相连接,可以实现对各电动机的正反转控制。

整机线路的限位保护电路由各运行机构的限位电路串联组成,而每个运行机构的限位电路由它的限位开关和控制器方向触点并联组成。当运行机构向某方向运行时,则同方向的限位开关和控制器方向连锁触点被接入控制回路,而反方向的控制器的方向连锁触点被断开。如大车控制器 SA₁ 置于左行位置,当大车左行至

极限位置时,碰到左行限位开关 SQ_4 ,其常闭触点断开,接触器 KM 失电释放,各电动机主电路被切断,每个制动电磁铁均制动,起重机停止工作,从而防止了起重机继续左行而造成事故。各限位开关安装位置如图 8-7 所示。

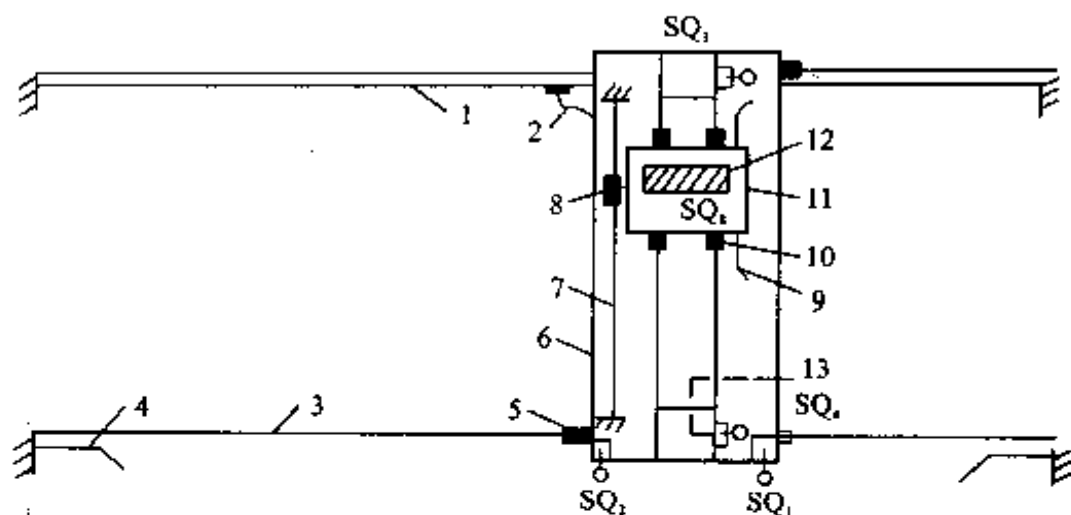


图 8-7 桥式起重机限位开关安装位置示意图

1. 主滑线 2. 主集电器 3. 大车轨道 4. 大车限位撞杆 5. 大车滚轮
6. 大车桥架 7. 副滑线 8. 副集电器 9. 小车限位撞杆 10. 小车滚轮
11. 小车 12. 提升卷扬机 13. 司机室

由于起升机构下降的极限位置是地面,故不需要设置下限位电路。

整机线路的零位保护电路由各控制器零位触点串联后接入控制回路组成。如果因电源断电或因故障使起重机停车,欲使起重机重新工作,必须把各控制器置零位后,方可进行。

图中虚线框内控制线路与图 8-5(b)类同。

桥式起重机的主令控制器控制线路由主令控制器和磁力控制盘组成。它由主令控制器控制接触器线圈通断电,再由接触器控制电动机的起动、调速、正(反)转和制动。

4. PQR10A 型磁力控制盘平移控制线路

图 8-8 为由主令控制器 LK1-12/90 和磁力控制盘 PQR10A 组成的控制线路。凸轮控制器 SA 触点闭合情况见表 8-7。

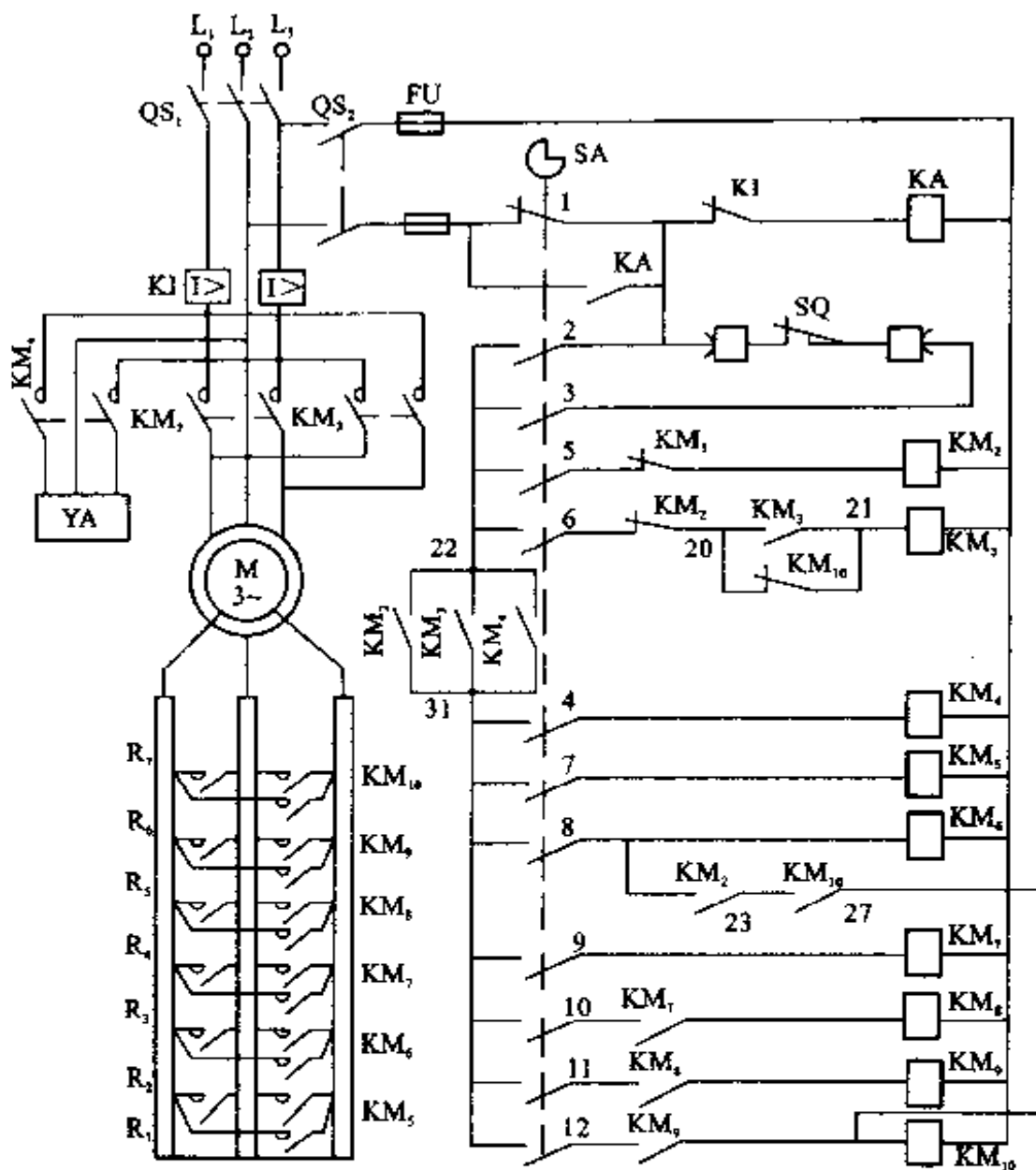


图 8-8 PQR10A 型磁力控制盘平移控制线路

表 8-7 凸轮控制器 SA 触点闭合表

触点 状态	下 降						零 位	上 升					
	强 力			制 动				1	2	3	4	5	6
	5	4	3	2	1	J							
1							×						
2	×	×	×										

续表 8-7

触点 状态 触点	下 降						零 位	上 升					
	强 力			制 动									
	5	4	3	2	1	J		0	1	2	3	4	5
3				×	×	×		×	×	×	×	×	×
4	×	×	×	×	×			×	×	×	×	×	×
5	×	×	×										
6				×	×	×		×	×	×	×	×	×
7	×	×	×		×	×		×	×	×	×	×	×
8	×	×	×			×			×	×	×	×	×
9	×	×								×	×	×	×
10	×										×	×	×
11	×											×	×
12	×												×

注：×表示触点闭合。

(1)主要电器的作用。QS₁ 为电源开关；QS₂ 为控制回路开关；KM₃、KM₂ 为控制正反转接触器，它们之间具有机械、电气连锁。

KA 为零压继电器，对电动机起失压保护和零位保护作用；KI₁、KI₂ 为过流继电器，对电动机起过载、短路保护作用；SQ 为起升机构上升限位开关。

YA 为制动接触器，起电动机机械制动作用。

反接接触器 KM₅、KM₆ 和加速接触器 KM₇~KM₁₀，用来短接或接入转子回路中的电阻，对电动机进行调速。

主令控制器 SA 用来发布指令，使电动机做各种运行或制动。它的手柄有 13 个位置：上升、下降各 6 个档位，还有一个零档位。其 12 对触点在不同档位上的闭合情况由图中标示出。

(2)工作原理。合上开关 QS₁ 和 QS₂，将主令控制器 SA 置零位，电压继电器 KA 得电吸合并自锁。

起升控制：当控制器 SA 打到起升第 1 档时，触点 3、4、6、7 闭

合,接触器 KM_3 、 KM_4 、 KM_5 吸合,制动器 YA 松开,第一级反接制动电阻切除(短接),电动机接入电源,起升机构以慢速上升。

将 SA 从起升第 1 档依次打到第 2、3、4、5、6 档时,接触器 $KM_6 \sim KM_{10}$ 相继吸合,逐级切除调速电阻,电动机转速和起升机构逐级上升。手柄处于起升位置时,接触器 KM_1 始终闭合,所以使 SQ 接入上升控制电路中,实现上升限位保护。

下降控制:下降控制较为复杂,现分下降前三档和下降后三档两种情况分析。下降前三档,电动机正转;下降后三档,电动机反转。

将主令控制器 SA 置于下降前三档位置时,由 SA 触点闭合表可知,接触器 KM_3 吸合、 KM_2 释放,电动机相序与提升时相同。

下降第 1 档位置,触点 3、6、7、8 闭合,转子回路第一、二级电阻切除。由于触点 4 未闭合,制动器 YA 未松开,可利用电动机在制动状态下的瞬间转动来消除制动机构间的间隙,减小起动时的冲击,该档为下降起动过渡档,或者用作下降制动停车。此档不能停留过长,不然要烧毁电动机。

下降第 1 档位置,触点 3、4、6、7 闭合,接触器 KM_3 、 KM_4 、 KM_5 吸合,制动器 YA 松开,切除第一级反接制动电阻,电动机产生上升转矩,如果负载下降力矩大于上升力矩,则负载低速下降,此时电动机在负载下降力矩作用下被强迫反转,电动机处于倒拉反接制动状态。如果负载下降力矩小于电动机上升力矩,则会出现重物不但不下反而上升的现象。这一档适宜重载低速下降。

下降第 2 档位置,电动机接入全部电阻,其上升力矩减小,此档适用于中等负载低速下降。

当 SA 打到下降后三档时,接触器 KM_3 、 KM_2 吸合,电动机相序改变,电动机反转。

下降第 3 档位置,触点 2、4、5、7、8 闭合,制动器 YA 松开,切除第一、二级电阻,电动机沿下降方向旋转,在负载向下力矩作用下,转速超过同步转速,电动机进入再生发电制动状态,该档下降速度很高,操作时应注意安全。

下降第 4 档位置,较第 3 档位置多切除一级电阻,电动机机械特性变硬,电动机仍处于再生发电制动状态,但下降速度减慢。

下降第 5 档位置,除常接电阻(软化电动机特性用)外,全部调速电阻切除,电动机机械特性更硬,电动机仍处于再生发电制动状态,下降速度最慢。此档适用于轻载下降。

在实际操作中,前两档不允许长时间停留,以避免危险的高速出现。

线路中有以下几个连锁环节:

当控制器 SA 由下降第 5 档位置转换到下降 J、1、2 档位置时,途中必然经过 3、4 档位置,为了避免在 3、4 档位置时出现过高的下降速度,采用 $KM_2(8-23)$ 常开辅助触点与 $KM_{10}(23-27)$ 常开辅助触点串联,形成 KM_{10} 的自锁电路,这样在途中经过 3、4 档位置时,由于触点 8 仍然闭合,自锁电路使 KM_{10} 保持吸合状态,电动机的调速电阻还是不能接入,负载下降速度和第 5 档时相同。自锁电路中串联 $KM_2(8-23)$ 常开辅助触点的作用是不影响提升时的调速。

当控制器 SA 位置由下降后三档转换至前三档时,接触器 KM_2 释放、 KM_3 吸合,此时会出现很大的反接电流,因而要求 KM_{10} 释放后才允许 KM_3 吸合并自锁,这样转子回路可以先接入电阻再反接电动机,限制了反接电流。这一转换由 $KM_2(6-20)$ 、 $KM_3(20-21)$ 、 $KM_{10}(20-21)$ 组成的电路来实现。

当控制器 SA 在下降 2、3 档之间位置时, KM_3 与 KM_2 相互切换通电,由于 KM_3 与 KM_2 之间存在机械和电气连锁,必然会出现一个已经释放而另一个尚未吸合的问题。由于设置了 $KM_4(31-22)$ 常开辅助触点与 $KM_3(31-22)$ 、 $KM_2(31-22)$ 常开辅助触点并联的电路,就避免出现 KM_3 、 KM_2 都未吸合而使制动接触器 KM_4 释放的问题,也就避免了电动机出现机械制动,甚至出现强烈振动的问题。

5. PQY1 系列磁力控制盘平移控制线路

图 8-9 为由 LK16-5/31 型主令控制器和 PQY1 系列磁力控

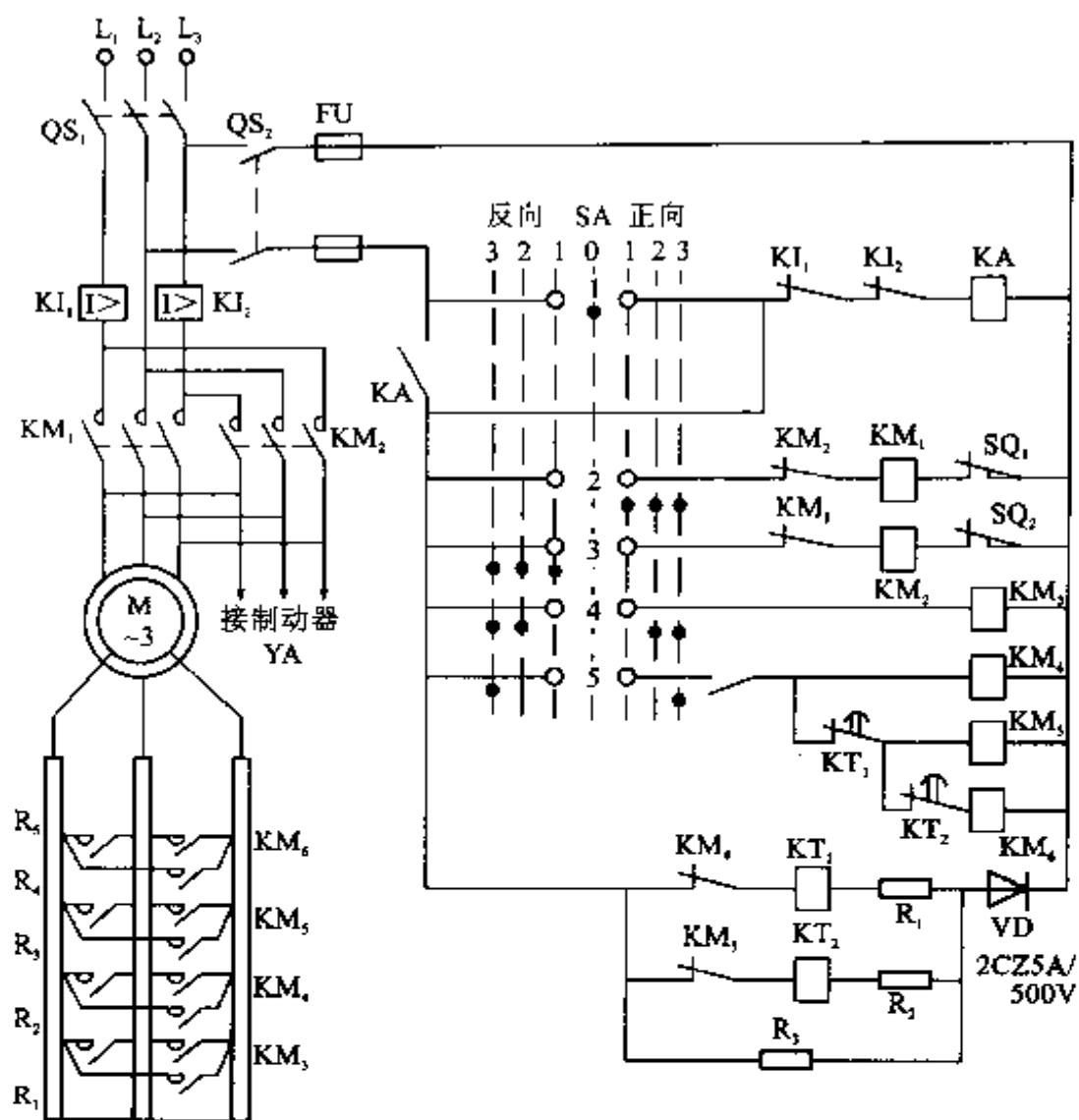


图 8-9 PQY1 系列磁力控制盘控制线路

制盘组成的控制线路。

主令控制器 SA 的手柄有 7 个位置,除零位外,还有三个上升档和三个下降档。除有机械制动器停车方式外,还有反接制动停车方式。

工作原理:(1)电动机的起动调速。合上电源开关 QS_1 和控制回路开关 QS_2 ,将主令控制器 SA 置于零位,电压继电器 KA 得电吸合并自锁。直流时间继电器 KT_1 、 KT_2 经二极管 VD 得电,其常闭触点断开,为起动做好准备。将 SA 置于正转第 1 档时,触点 2 闭合,接触器 KM_1 得电吸合,转子加入全部外电阻正向起动运行。

当 SA 置于正转第 2 档时,触点 2、4 闭合, KM_1 、 KM_3 得电吸合, 转子回路第一级电阻切除(短接), 转速升高运行。当 SA 置于正转第 3 档时, 触点 2、4、5 闭合, KM_4 得电吸合, 第二级电阻切除, 电动机升速。同时 KM_3 常闭辅助触点断开, 时间继电器 KT_1 线圈失电, 以过 2s 延时后, 其延时闭合常闭触点闭合, 接触器 KM_5 得电吸合, 第三级电阻切除, 电动机继续升速。同时, KM_5 常闭辅助触点断开, 时间继电器 KT_2 线圈失电, 经过 1s 延时后, 其延时闭合常闭触点闭合, 接触器 KM_6 得电吸合, 第四级电阻切除, 电动机最后只保留了一段常接电阻(软化电动机特性用)运行。前两级电阻是手动切除, 后两级电阻是延时自动切除。

(2) 电动机停车、反转。当控制器 SA 置于零位时, 触点 2、4、5 断开, 使 $KM_1 \sim KM_6$ 均失电, 加上机械制动器而迅速停车, 转子外电阻全部加入, 为下次起动做好准备。

反转时, 只要将 SA 置于反转三档, 此时工作情况与正转相同, 不同的只是触点 3 闭合, 反转接触器 KM_2 吸合, 电动机反转运行。

如欲快速停车, 允许由正转扳向反转第 1 档。此时转子加入全部外电阻(包括第一级为反接制动而设计的电阻)。因此电流不会超过允许值。当电动机制动速度快降到零时, 将 SA 置于零位而使电动机停车。

图中, KI_1 、 KI_2 为过流继电器, 做过载和短路保护用; SQ_1 、 SQ_2 分别为正向和反向限位开关。

PQY1 系列磁力控制盘电器元件表见 8-8

表 8-8 PQY1 系列磁力控制盘电器元件表

代号	名称	PQY1-100	PQY2-150	PQY2-250	PQY2-400	数量
		型号规格				
QS_1	刀开关	HD11-100/38	HD11-100/38	HD11-200/38	HD11-400/38	1
QS_2	刀开关	HK1-P 380V				1

续表 8-8

代号	名称	PQY1-100	PQY2-150	PQY2-250	PQY2-400	数量
		型号规格				
FU	熔断器	RLJ-15/15A				2
KM ₁ 、KM ₂	交流接触器	CJ20-100/3	CJ20-150/3	CJ20-250/3	CJ20-400/3	2
KM ₃	反接接触器	CJ20-100/4	CJ20-150/4	CJ20-250/4		1
KM ₄ ~KM ₆	加速接触器	CJ20-100/4	CJ20-150/4	CJ20-250/4		3
KA	电压继电器	CJ20-20 380V				1
KT ₁ 、KT ₂	时间继电器	JT3-11/3 110V				2
KI ₁ 、KI ₂	过流继电器	JL5-60	JL5-80	JL5-150	JL5-300	2
		JL15-60	JL15-80	JL15-150	JL15-300	
R ₁ 、R ₂	电阻	ZG11-50 450Ω				2
R ₃	电阻	ZG11-50 600Ω				1
VD	二极管	2CZ5A 500V				1

6. PQY2 系列磁力控制盘平移控制线路

图 8-10 为由 LK16-5/31 型主令控制器和 PQY2 系列磁力控制盘组成的控制线路。

由图可见，PQY2 系列磁力控制盘与 PQY1 系列磁力控制盘的控制线路类同，其电器元件也基本相同，只是后者多了两只过流继电器。PQY2 系列可以同时控制桥式起重机的大车和小车两台平移机构。

7. PQS1 系列磁力控制盘升降控制线路

图 8-11 为由主令控制器和 PQS1 系列磁力控制盘组成的控制线路，用于控制桥式起重机提升机构的升降控制。

主令控制器 SA 的手柄有 7 个位置：除零位外，有三个提升档，可得到三种不同的提升速度；有三个下降档，第 2 档为单相制动下降，第 3 档为强迫下降，若为重物则过渡到做发电制动下降；第 1 档只有在由第 2、3 档扳回第 1 档时，才能做倒拉制动下降，否

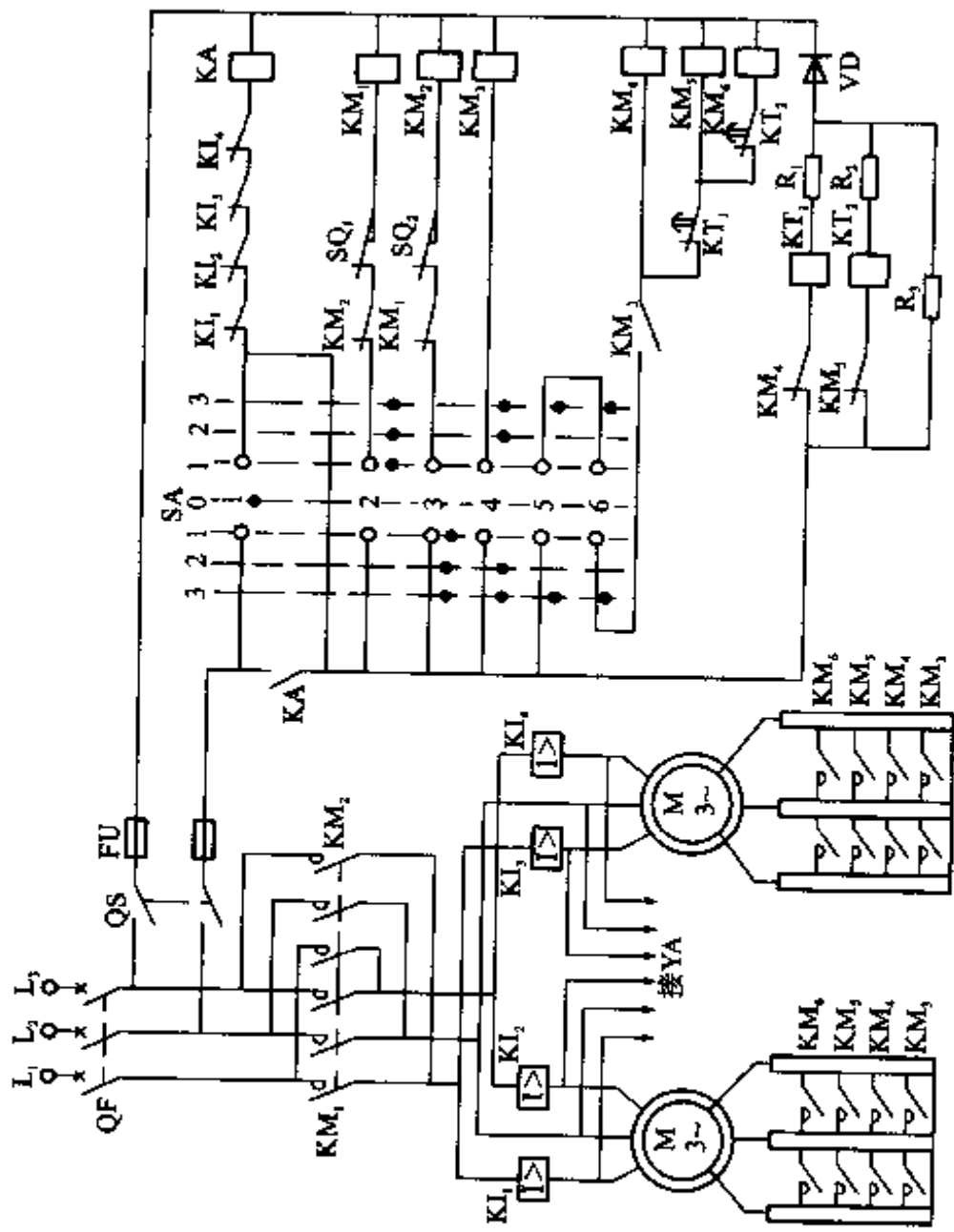


图 8-10 PLY2 系列磁力控制盘平移控制线路

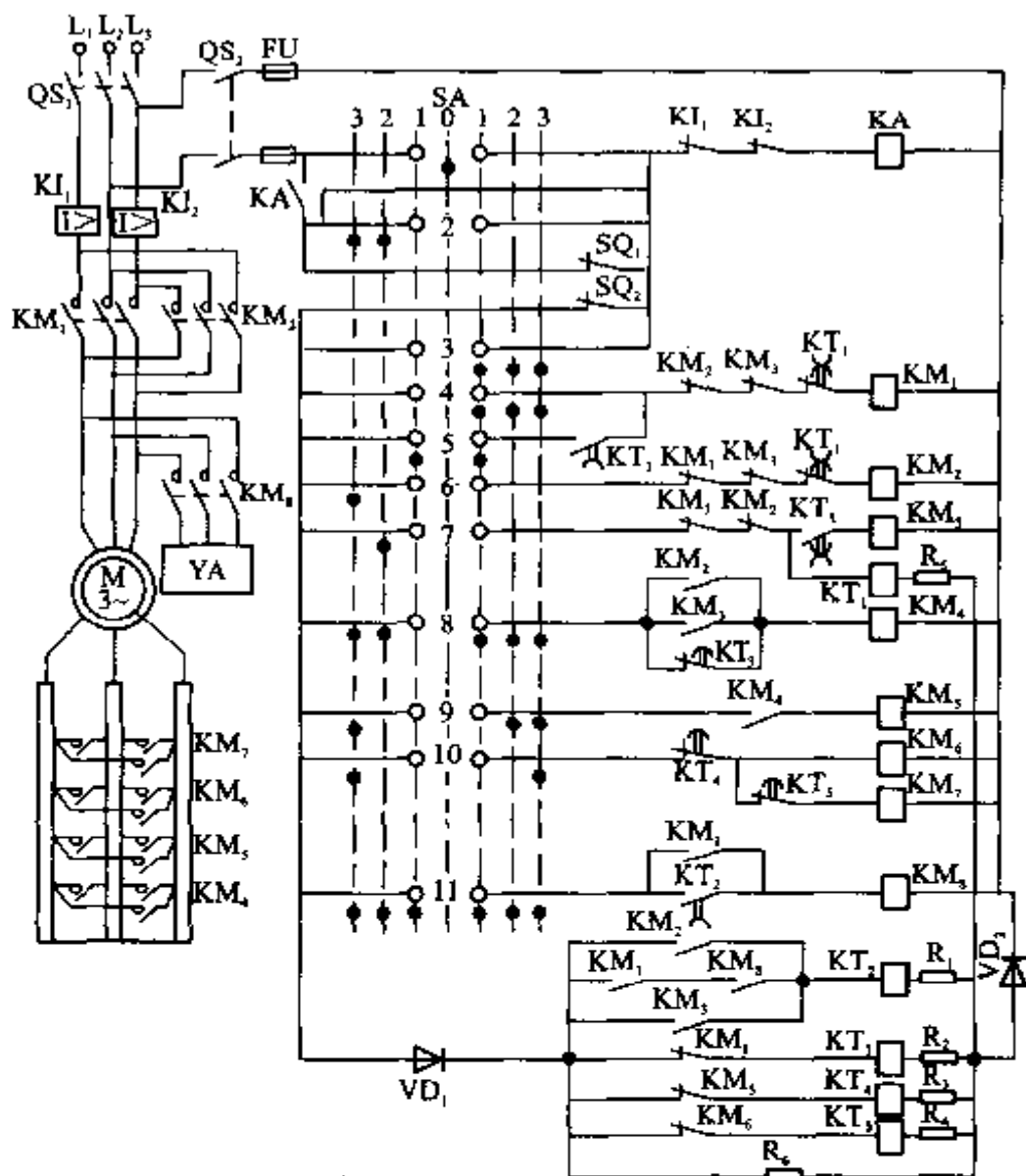


图 8-11 QPS1 系列磁力控制盘平移控制线路

则不通。零位停车时制动器 YA 先动作，电动机延时 0.65s 后才断电，以防止带重物时断电停车所产生的溜钩。

工作原理：(1)提升。合上电源开关 QS_1 和控制回路开关 QS_2 ，将主令控制器 SA 置于零位，电压继电器 KA 得电吸合并自锁。当 SA 置于提升第 1 档时，触点 3、4、5、8、11 闭合。触点 3 闭合，时间继电器 $KT_3 \sim KT_5$ 线圈通电，其常闭触点立即断开，为下一步工作做好准备；触点 4 闭合，正转接触器 KM_1 得电吸合，转子加入全部外电阻，产生提升转矩；触点 11 闭合，制动接触器 KM_8 得电吸

合,使制动器 YA 松开,电动机即可提起货物。由于接触器 KM_1 常闭辅助触点断开, KT_3 线圈失电,经过一段延时后,其延时闭合常闭触点闭合,接触器 KM_4 得电吸合,切除(短接)转子反接制动电阻,电动机先通电产生转矩,后松开制动器的目的,是防止吊起重物时产生溜钩。

当 SA 置于提升第 2 档时,触点 9 又闭合,接触器 KM_5 得电吸合,切除第二级电阻。若直接置于提升第 3 档,触点 10 又闭合,由于 KM_3 常闭辅助触点断开,时间继电器 KT_4 线圈失电,经过一段延时后,其延时闭合常闭触点闭合,接触器 KM_6 得电吸合,切除第三级电阻,同时 KT_5 线圈失电,经过一段延时后,其延时闭合常闭触点闭合,接触器 KM_7 得电吸合,切除第四级电阻,电动机工作在只有软化电阻接入的高速运行中。三级调速中,第一、二级电阻是手动切除的,第三、四级电阻是延时自动切除的。

(2)下降。①单相制动下降。单相电动机无起动转矩,需用外力将电动机起动,电动机有一定速度后,才可能独自运行。如果电动机轴上有一重力负载,则电动机将处于倒拉制动状态。单相倒拉制动特性较平稳,能用于放下轻物。

当控制器 SA 置于下降第 2 档时,触点 2、7、8、11 闭合。换向继电器(实际是一时间继电器) KT_1 线圈通电,经过一段延时后,其延时闭合常开触点闭合,接触器 KM_1 得电吸合,定子为单相连接。同时 KT_2 线圈通电,其常开触点立即闭合,为制动接触器 KM_8 吸合做准备。触点 8 闭合,使 KM_4 得电吸合,切除反接制动电阻;而触点 11 闭合, KM_5 得电吸合,松开制动器 YA,电动机处于单相制动状态,放下货物。

②强力下降和再生制动下降。当 SA 置于下降第 3 档时,触点 2、6、8、9、10、11 闭合,7 断开, KM_3 、 KT_1 失电。经过一段延时后, KT_1 延时闭合常闭触点闭合,反转接触器 KM_2 得电吸合。延时的目的是防止在正反转换相过程中造成主触点相间短路。触点 8、9 闭合,直接切除了转子中两级外电阻;触点 10 闭合,使 KM_6 、 KM_7

相继延时吸合,切除后两级外电阻,电动机工作在反转制动状态,强迫放下货物。若货物为重载,将做再生制动下降。

如果重物有高速下降危险,可由第2档扳至第3档,做单相制动下降,或再反回第1档,做倒拉反接制动,低速下降重物。在返回第1档时,只有触点5、11闭合,其余触点断开。

③倒拉制动下降。当触点6、7断开, KM_2 、 KM_3 失电释放,它们的常开辅助触点断开,时间继电器 KT_2 线圈失电,在延时动作期间,触点5闭合, KM_1 得电吸合,使保持制动接触器 KM_4 吸合,也使 KT_1 得到供电,形成连环自锁, KM_2 吸合,使制动器YA一直松开,避免了换接过程中突加机械制动而产生强烈振动。 KM_1 吸合后,电动机正转,转子回路加入全部电阻,工作在倒拉制动状态。当SA由零位直接扳向下降第1档时,因 KT_2 不通电, KM_2 、 KM_3 均不吸合,防止了轻物下降时扳向第1档可能造成提升的现象。

(3)其它环节。当控制器SA返回零位时,只有触点5闭合,其余均断开。由于 KT_2 原已通电,现失电了,其延时断开常开触点延时0.6s断开。在延时期间, KM_1 仍然吸合,即电动机正向接电,产生一个向上提升的转矩,防止从 KM_4 断电到制动器YA刹住提升机构的过程中,可能产生重物溜钩现象。

KT_2 线圈中串入 KM_1 、 KM_3 常开辅助触点,以保证当 KM_1 、 KM_2 、 KM_3 未能可靠吸合而电动机定子无电不产生转矩时,使 KT_2 不通, KM_4 失电,制动器YA刹住提升机构,从而防止货物自由坠落事故。

换向继电器 KT_1 的吸合延时为0.11~0.16s,断开延时为0.15~0.2s,目的是延长主触点的换接时间,避免引起相间短路,并利用 KT_1 的短暂延时,在控制器SA由零位置于下降第3档时(或由3档返回零位时),单相接触器 KM_3 不吸合。

8. 由主令开关和凸轮控制器组成的控制线路

由主令开关和凸轮控制器组成的主电路如图8-12所示,控制和保护电路如图8-13所示。这种线路主要用于有两个卷扬机构的

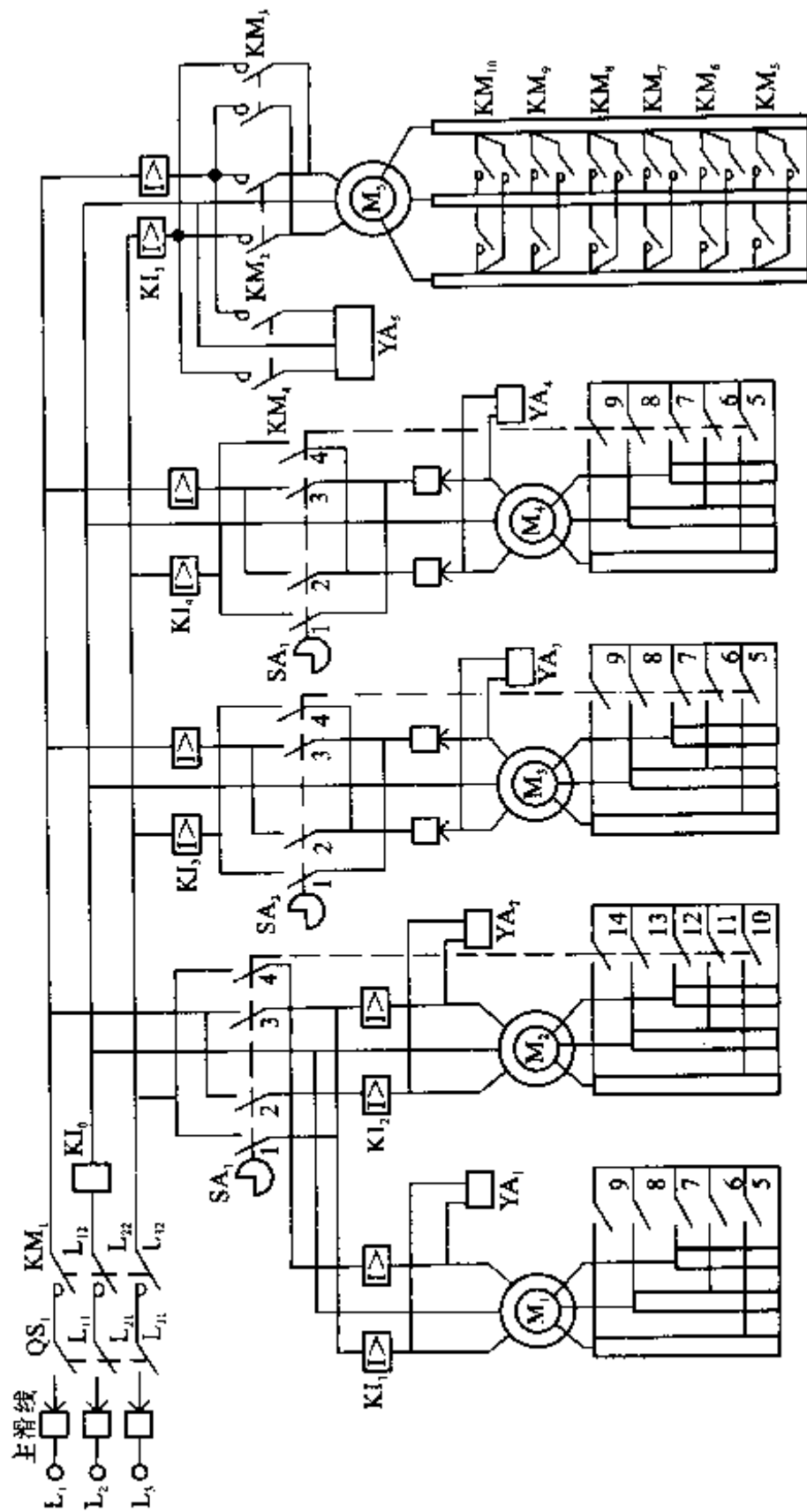


图 8-12 由主令开关和凸轮控制器组成的主电路

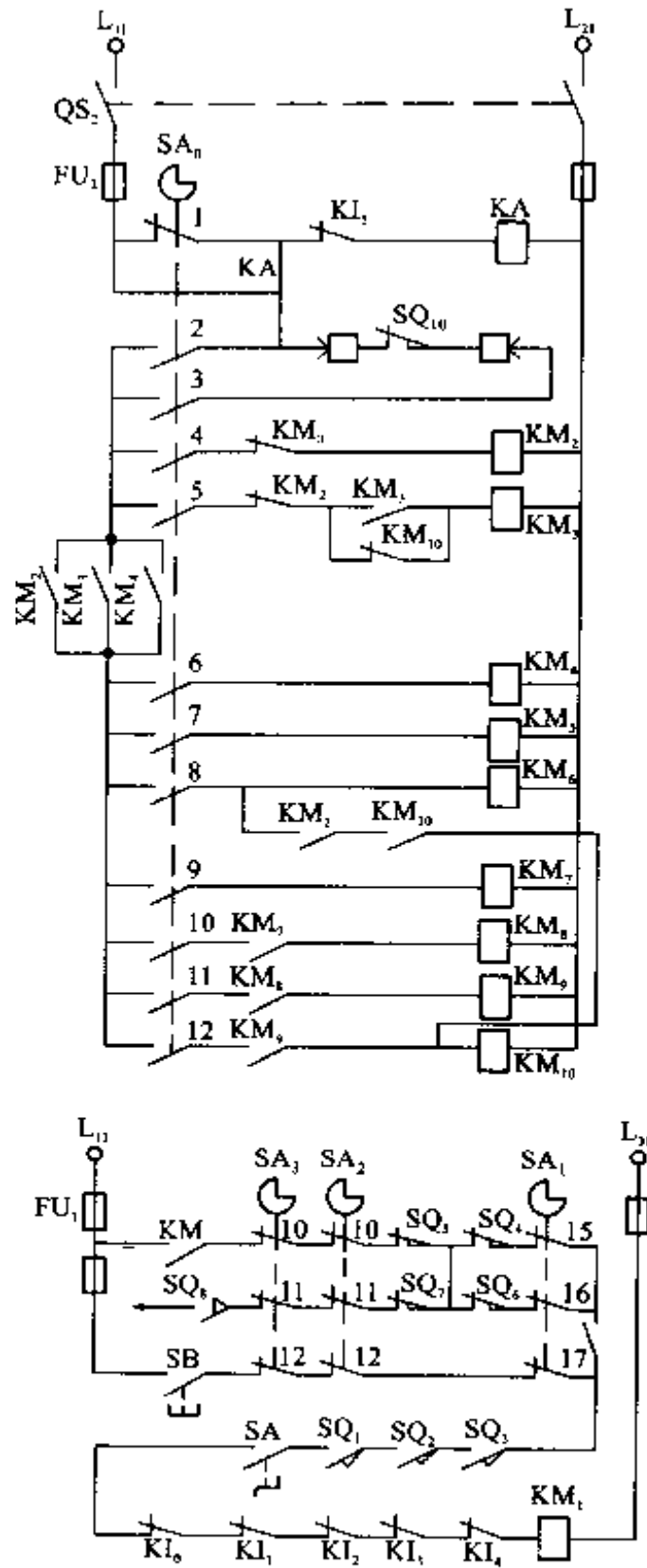


图 8-13 由主令开关和凸轮控制器组成的控制及保护电路

桥式起重机,主钩额定起重量为 15(20)t、副钩额定起重量为 3(5)t。主副钩分别由电动机 M_3 和 M_4 传动,大车分别由 M_1 、 M_2 传动,小车由 M_3 传动。

大车采用一台 KT14-25J/2 型凸轮控制器 SA_1 ,同时控制电动机 M_1 和 M_2 的起动、变速、反向和停止。大车左右移动、限位保护由限位开关 SQ_4 、 SQ_5 分别控制。小车和副钩采用两台 KT14-25/J 型凸轮控制器 SA_2 、 SA_3 ,分别控制电动机 M_3 、 M_4 起动、变速、反向和停止。小车和副钩的限位保护由限位开关 SQ_6 、 SQ_7 、 SQ_8 实现。

主钩采用 LK1-12/90 型主令控制器。它和 PQR10B-150 型交流磁力控制盘共同控制主钩上升、下降、制动、变速和停止。主钩提升限位保护由限位开关 SQ_{10} 实现。

主令控制器 SA_0 和凸轮控制器 $SA_1 \sim SA_3$ 各触点闭合情况分别见表 8-9~表 8-12。表中“×”表示闭合状态。

表 8-9 控制器 SA_0 触点闭合表

触点 状态 触点	下 降						零 位	上 升					
	强 力			制 动				1	2	3	4	5	6
手柄位置	5	4	3	2	1	J	0	1	2	3	4	5	6
1							×						
2	×	×	×										
3				×	×	×		×	×	×	×	×	×
4	×	×	×										
5				×	×	×		×	×	×	×	×	×
6	×	×	×	×	×			×	×	×	×	×	×
7	×	×	×		×	×		×	×	×	×	×	×
8	×	×	×			×			×	×	×	×	×
9	×	×								×	×	×	×
10	×										×	×	×
11	×											×	×
12	×												×

表 8-10 控制器 SA₁ 触点闭合表

触点状态 触点	手柄位置	向 右					零 位	向 左				
		5	4	3	2	1	0	1	2	3	4	5
1								×	×	×	×	×
2		×	×	×	×	×						
3								×	×	×	×	×
4		×	×	×	×	×						
5		×	×	×	×				×	×	×	×
6		×	×	×						×	×	×
7		×	×								×	×
8		×										×
9		×										×
10		×	×	×	×				×	×	×	×
11		×	×	×						×	×	×
12		×	×								×	×
13		×										×
14		×										×
15							×	×	×	×	×	×
16		×	×	×	×	×	×					
17							×					

表 8-11 控制器 SA₂ 触点闭合表

触点状态 触点	手柄位置	向 后					零 位	向 前				
		5	4	3	2	1	0	1	2	3	4	5
1								×	×	×	×	×
2		×	×	×	×	×						
3								×	×	×	×	×
4		×	×	×	×	×						
5		×	×	×	×				×	×	×	×

续表 8-11

触点状态 手柄位置 触点	向 后					零 位	向 前				
	5	4	3	2	1	0	1	2	3	4	5
6	×	×	×						×	×	×
7	×	×								×	×
8	×										×
9	×										×
10						×	×	×	×	×	×
11	×	×	×	×	×	×					
12						×					

表 8-12 控制器 SA₃ 触点闭合表

触点状态 手柄位置 触点	向 上					零 位	向 下				
	5	4	3	2	1	0	1	2	3	4	5
1							×	×	×	×	×
2	×	×	×	×	×						
3							×	×	×	×	×
4	×	×	×	×	×						
5	×	×	×	×				×	×	×	×
6	×	×	×						×	×	×
7	×	×								×	×
8	×										×
9	×										×
10						×	×	×	×	×	×
11	×	×	×	×	×	×					
12						×					

9. QT-60/80 型塔式起重机控制线路

塔式起重机是建筑工地上普遍应用的一种有轨道的起重机械。QT-60/80 型塔式起重机外形如图 8-14 所示。它包括行走机

构、回转机构、变幅机构和提升机构等四个部分,分别由 JZR2 系列绕线式异步电动机驱动。

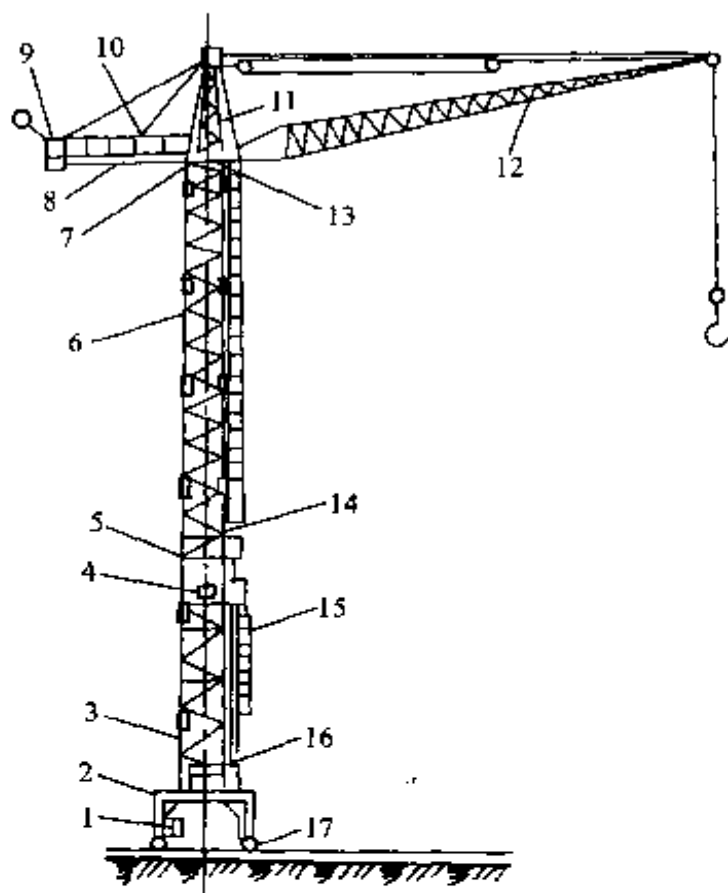


图 8-14 QT-60/80 型塔式起重机外形

1. 电缆卷筒 2. 龙门架 3. 塔身(第一、二节) 4. 提升机构 5. 塔身(第三节)
6. 塔身(延接架) 7. 塔顶 8. 平衡臂 9. 平衡重 10. 变幅机构 11. 塔帽
12. 起重臂 13. 回转机构 14. 驾驶室 15. 爬梯 16. 压重 17. 行走机构

QT-60/80 型塔式起重机主线路和控制线路分别如图 8-15 和图 8-16 所示。提升电动机 M_1 有调速要求,其转子回路采用外接电阻方式。变幅、回转和行走机构没有调速要求,因此相应的电动机采用频敏变阻器起动,以限制起动电流,增大起动转矩。起动结束后,把频敏变阻器短接。

变幅电动机 M_5 的定子回路上,并联一个电磁制动器 YA_5 。制动器的闸轮与电动机 M_5 同轴,一旦 M_5 和 YA_5 同时断电,能紧急制动,使起重臂准确地停在某一位置上。

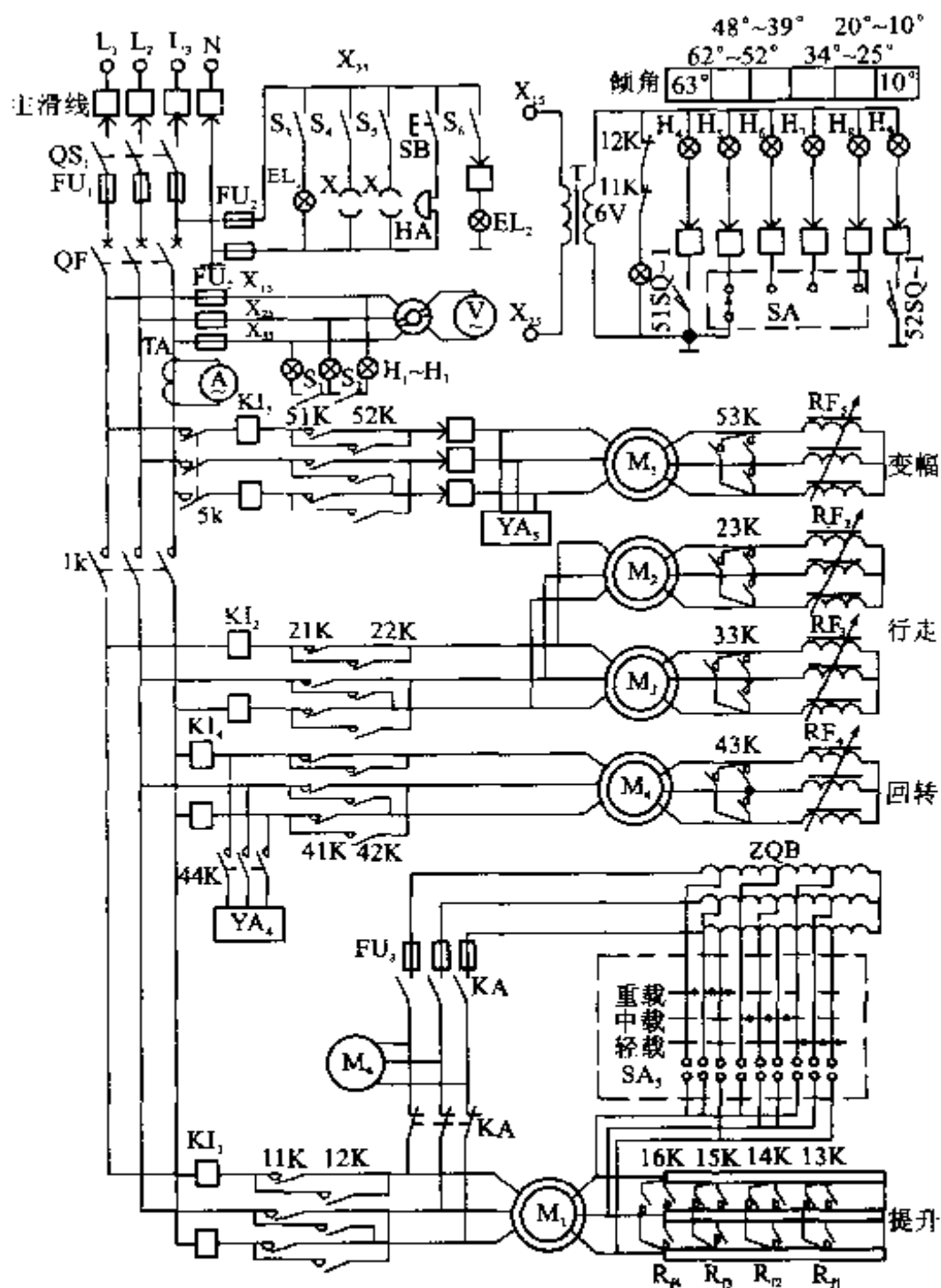


图 8-15 QT-60/80 型塔式起重机主线路

回转电动机 M_4 的主回路上并联一个电磁制动器 YA_4 ，是用来控制回转锁紧制动机构的。为了保证在有风的情况下，也能使吊钩上重物准确地放到预定位置上，电动机 M_4 转轴的另一端上装

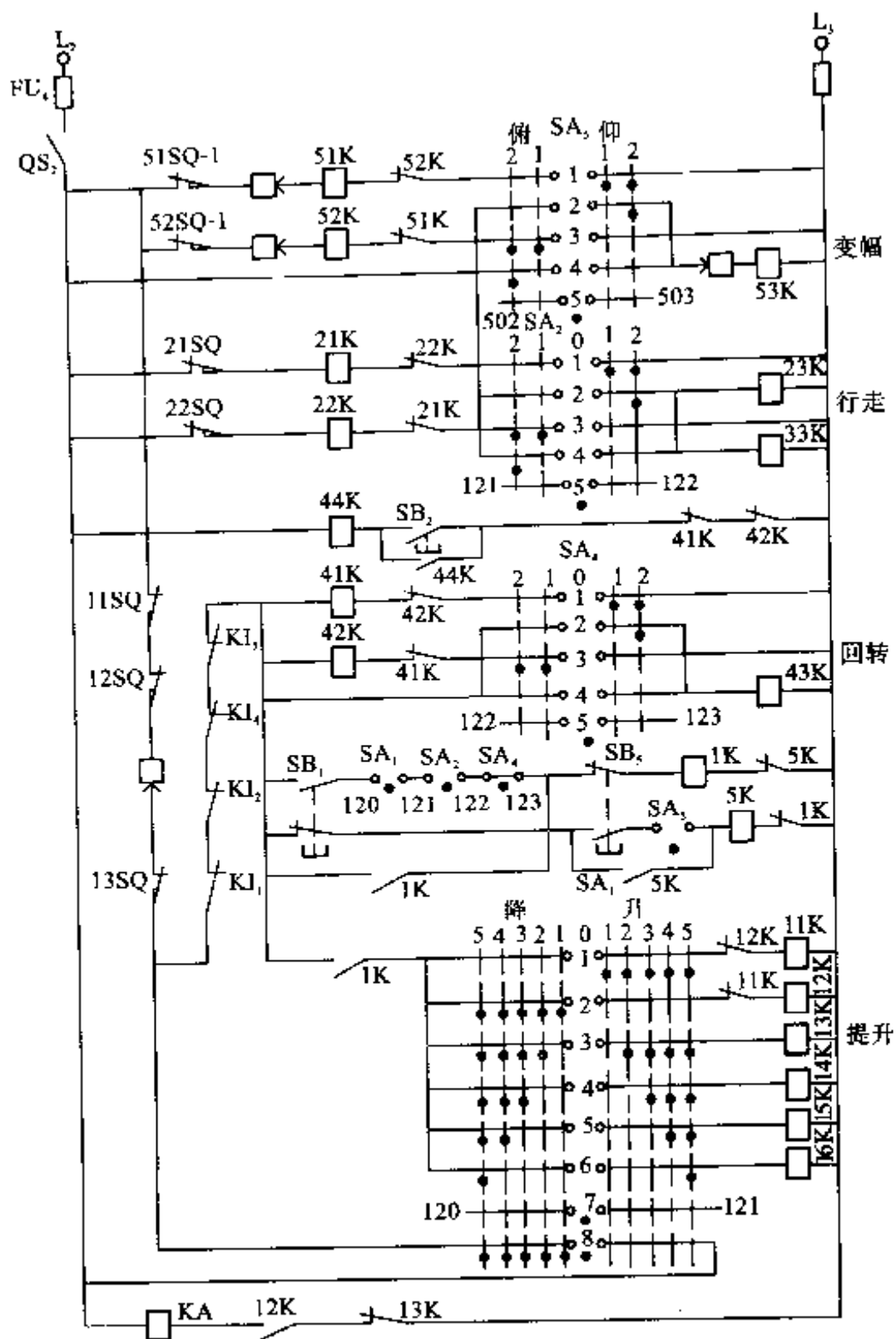


图 8-16 QT-60/80 型塔式起重机控制线路

有一套锁紧制动机构,当电磁制动器通电时,带动这套制动机构锁紧回转机构,使它不能回转,固定在某一位置上。

工作原理:回转机构的工作过程。将主令控制器 SA_4 的手柄置于第 1 档,电动机转速稳定后再转换到第 2 档,使起重机向左或向右回转到某一位置时返回零位,电动机 M_4 先停止转动,然后按下按钮 SB_2 ,使接触器 $44K$ 得电吸合并自锁,其常开触点闭合,电磁制动器 YA_4 得电,通过锁紧制动机构,将起重臂紧锁在某一位置上,使吊件准确就位。在接触器 $44K$ 的线圈电路中串入 $41K$ 和 $42K$ 接触器的常闭触点,保证电动机 M_4 停止转动后,电磁制动器 YA_4 才能工作。

提升电动机 M_1 采用电力液压推杆制动器进行机械制动。电力液压推杆制动器由小型鼠笼式异步电动机 M_5 、油泵和机械抱闸等部分组成。制动器的闸轮与电动机 M_1 同轴。当 M_5 高速转动时中间继电器 KA 不工作,闸瓦松开闸轮,制动器处于完全松开状态;当 M_5 逐渐减速时,闸瓦逐渐抱紧闸轮,制动器产生的制动转矩逐渐增大;当 M_5 停转时,闸瓦紧抱闸轮,使制动器处于完全制动状态。只要改变电动机 M_5 的转速,就可以改变闸瓦与闸轮间的间隙,产生不同的制动转矩。

当要慢速下降重物时,中间继电器 KA 吸合,其常开触点闭合,常闭触点断开,电动机 M_5 通过自耦变压器 ZQB 、万能转换开关 SA_3 接到电动机 M_1 的转子回路上。由于电动机 M_1 转子回路的交流电压频率 f_2 较低,使电动机 M_5 转速下降,闸瓦与闸轮间的间隙减小,两者发生摩擦并产生制动转矩,使电动机慢速运行,提升机构以较低速度下降重物。

注意,只有主令控制器 SA_1 转换到第 1 档时,才能进行这种机械制动。这时主令控制器的触点 2、8 闭合,接触器 $12K$ 得电吸合,其常开辅助触点闭合,中间继电器 KA 得电吸合,其常闭触点断开,常开触点闭合,将电动机 M_5 接入电动机 M_1 的转子回路中。

主令控制器 SA_1 控制提升电动机的起动、调速和制动。当在

轻载情况下起动,主令控制器 SA₁ 置于第 1 档时,外接电阻全部接入,吊件被慢速提升。当转换到第 2 档时,接触器 13K 得电吸合,其常开触点闭合,电阻被切除(短接)一级,使吊件提升速度加快,以后每转换一档便短接一级电阻,直到第 5 档,外接电阻被全部短接,电动机运行于最高转速,提升吊件速度最快。

51SQ、52SQ 是幅度限位保护开关。起重臂俯仰变幅过程,一旦到达位置,51SQ(或 52SQ)限位开关断开,切断接触器 51K(或 52K)线圈电路,51K(或 52K)失电释放,切断电源,使变幅电动机 M₅ 停转。

行走机构采用两台电动机(M₂ 和 M₃)驱动,为了行走安全起见,在行走架的前后极限位置各装有一个行程开关 21SQ 和 22SQ,起限位保护作用,防止脱轨事故。

限位开关 11SQ、12SQ、13SQ 分别是起重机的超高、钢丝绳脱槽和超重的保护开关。在正常情况下它们是闭合的,一旦吊钩超高、提升重物超重或钢丝绳脱槽时,相应的限位开关断开,接触器 1K 和 5K 失电释放,切断电源,各台电动机停止运行,起到保护作用。

10. 自激动力制动方式下降调速线路(一、二)

自激动力(能耗)制动调速系统应用于起重机起升机构的下降调速十分理想。在 10%~100%负载范围内调速比可达 1:3,最大可达 1:5,特别适合于机械加工车间、工具车间吊装工艺的需要,而且具有较好的节能效果。

由于交流电动机基本上没有剩磁,为了达到自激,必须加一部分辅助励磁,为此在定子一相中设置单相半波整流电路,经接触器 KM 提供,如图 8-17 所示。辅助励磁电流 I_f 的大小可通过调节电阻 R_0 的阻值来改变。对半间接式控制(凸轮控制)线路, I_f 一般为 1.5~2.6A;间接式(接触器控制)线路, I_f 一般为 5A。

电动机转子在负载的重力作用下旋转,由于定子绕组中有 I_f 存在,转子回路将产生感应电势和转子电流 I_2 ,经三相桥式整流后变为直流电流 I_a ,反馈到定子回路中(在自激电流后 I_a 建立后, I_f

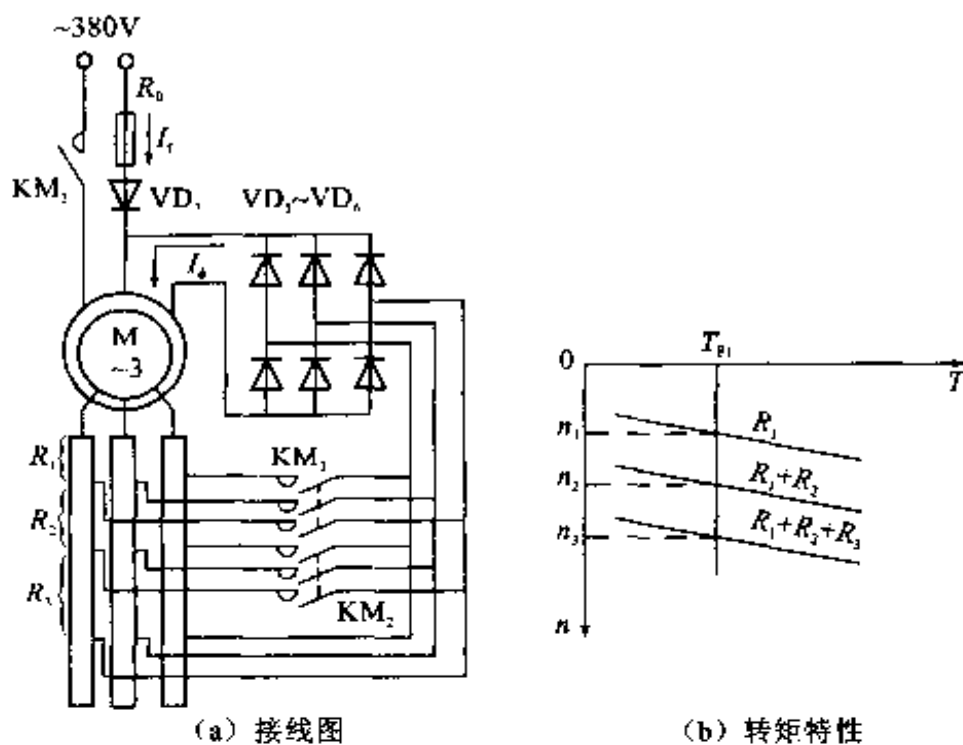


图 8-17 自激动力制动方式下降调速线路

即使取消也无妨)。定子磁通与转子电流相互作用,就产生了与外力相反的制动转矩。

制动转矩 T_z 和负载外转矩 T_F 决定着电动机的转速变化。当 $T_F > T_z$ 时,提升机构就加速;当 $T_F < T_z$ 时,提升机构就减速;当 $T_F = T_z$ 时,提升机构就在一定的转速下稳定运行。

当提升机构在某一转速下运行时,若因某种原因使转速增加,则转子电流 I_2 和励磁电流 I_d 也随之增大,定子磁通增大,从而使制动转矩增大,迫使转速回到原来的转速上。反之亦然。

调节转子回路电阻(通过切换接触器 KM_1 、 KM_2),可得到三级不同的转速 n_1 、 n_2 、 n_3 。

第二节 吊车、货梯线路

11. 建筑工地用卷扬机控制线路

建筑工地上经常使用简易卷扬机来装卸建筑材料。建筑工地

上用卷扬机控制线路如图 8-18 所示。

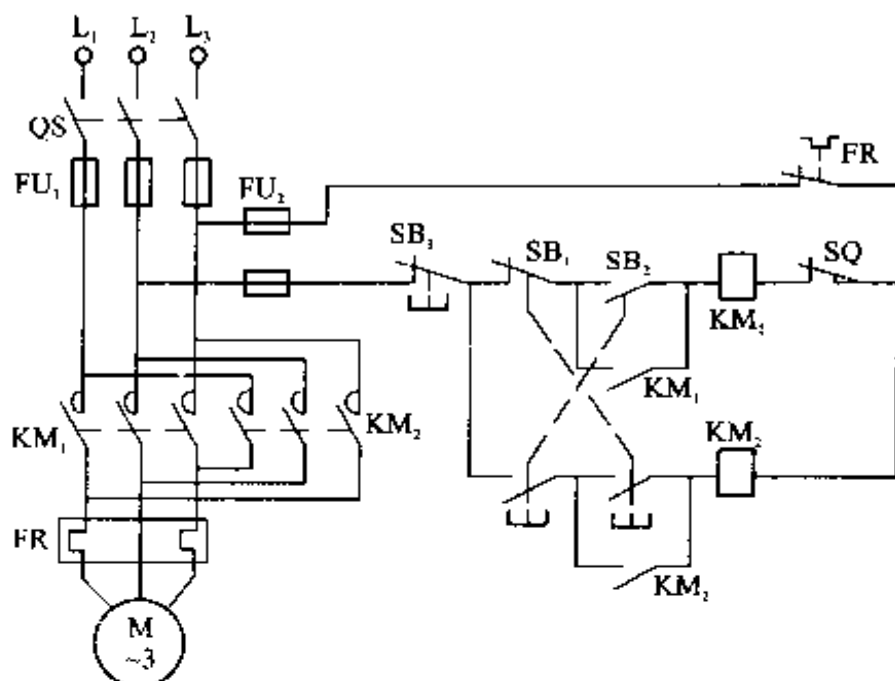


图 8-18 建筑工地用卷扬机控制线路

图中, KM_1 为上升接触器, 由上升按钮 SB_2 控制; KM_2 为下降接触器, 由下降按钮 SB_1 控制。 KM_1 和 KM_2 分别控制电动机 M 正转和反转。 SB_3 为停止按钮, 能使吊笼停止在任何位置; 热继电器 FR 做电动机 M 过载保护用。

在上升接触器 KM_1 的线圈回路内串接的限位开关 SQ 装在铁架顶端, 以防止吊笼上升过位(操作人员不慎或错误按按钮时可能发生), 造成卷扬机铁架被拉倒、吊笼坠落的严重事故。 SQ 应采用防水性好、经得起冲撞的 $LX35-S1$ 型限位开关等。

需要指出的是, 建筑单位使用较多的 $JJKD-1$ 型快速卷扬机, 没有设上升限位开关 SQ , 这给安全带来隐患, 应加上。

12. 电动葫芦控制线路

电动葫芦是一种起重量不大、结构简单的起重机械, 多用于设备维修的吊装工作。

电动葫芦由移行装置和提升机构两部分组成, 并分别用电动机拖动。移行电动机驱动电动葫芦的导轮, 拖动提升机构在工字梁

上平行移动,用机械撞块限制提升机构的行程,一般不带电磁制动器。提升电动机带动滚筒转动,以卷起或落下吊钩,吊钩装有上限位开关,在电动机端部设有特制的电磁制动器,以保证吊钩停在指定的位置。电动葫芦采用悬挂式按钮,使用者站在地面操纵。

电动葫芦的控制线路如图 8-19 所示。线路为典型的点动控制线路。交流电源经开关 QS、熔断器 FU_1 和滑线(或软电缆)供给电动机主电路和控制回路。接触器 KM_1 、 KM_2 和 KM_3 、 KM_4 分别控制提升电动机 M_1 和移行电动机 M_2 的正反向运行。图中 YA 为断电型电磁制动器, SQ 为上升限位保护开关。

电动葫芦有 CD 和 MD 两个系列,后者有两种提升速度。它们都采用锥型转子电动机或傍磁电动机。常用的有 0.5t、1t、2t、3t、5t 和 10t 等规格。

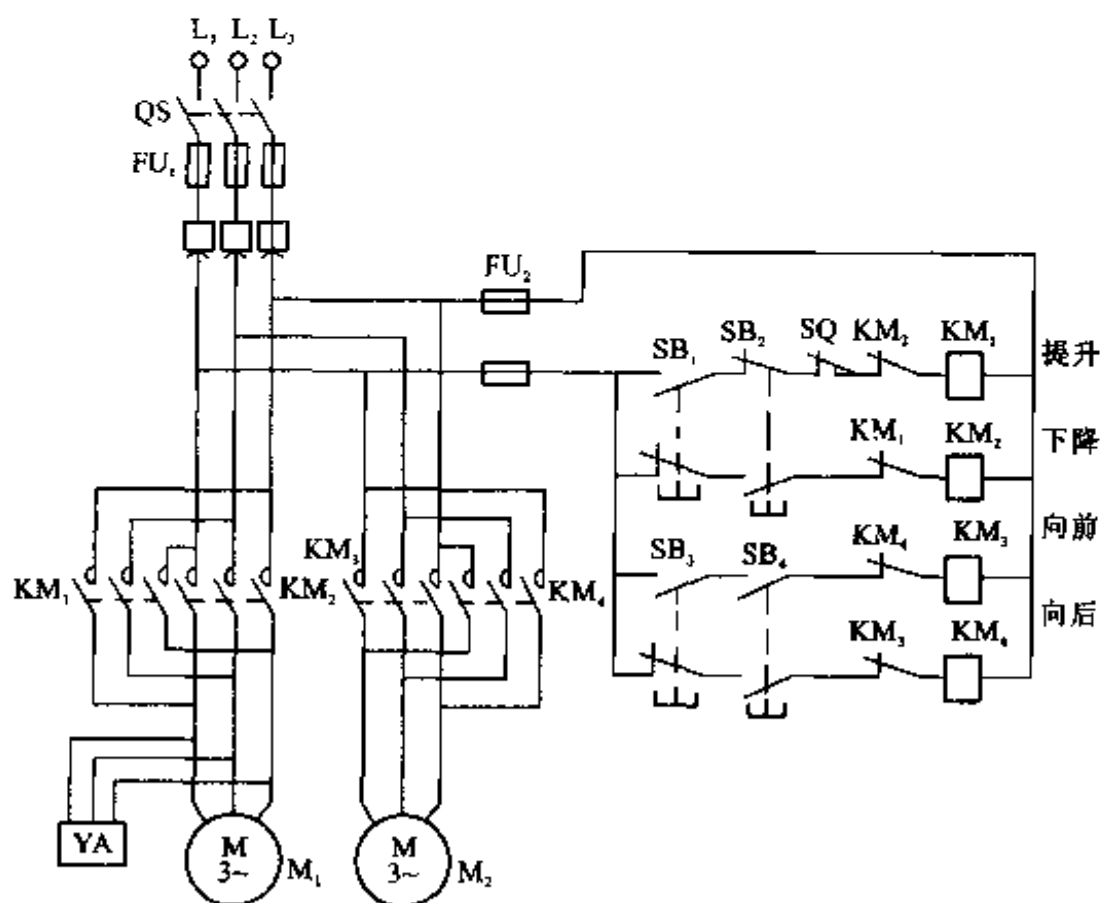


图 8-19 电动葫芦的控制线路

13. 餐厅简易提升机控制线路

如图 8-20 所示。该产品可用于底层为厨房、二层和三层为餐厅的饭店运送饭菜,也可做三层楼的商店、仓库等运送货物之用。该线路结构简单,安全性高。

提升电动机为 3kW 鼠笼式异步电动机。操作系统设在底层厨房里,二层和三层只有信号显示,以避免外人乱操作,造成事故,二三层取物口从地面起封闭 1.3m,防止小孩误入。

工作原理:(1)升降。二层或三层服务员按下按钮 SB_2 或 SB_3 ,底层电铃 HA_1 响(铃声规矩自行约定)。底层知道哪层要饭菜,如要送三层,服务员按下 SB_1 ,则二层和三层铃响,然后按下 SB_4 ,接

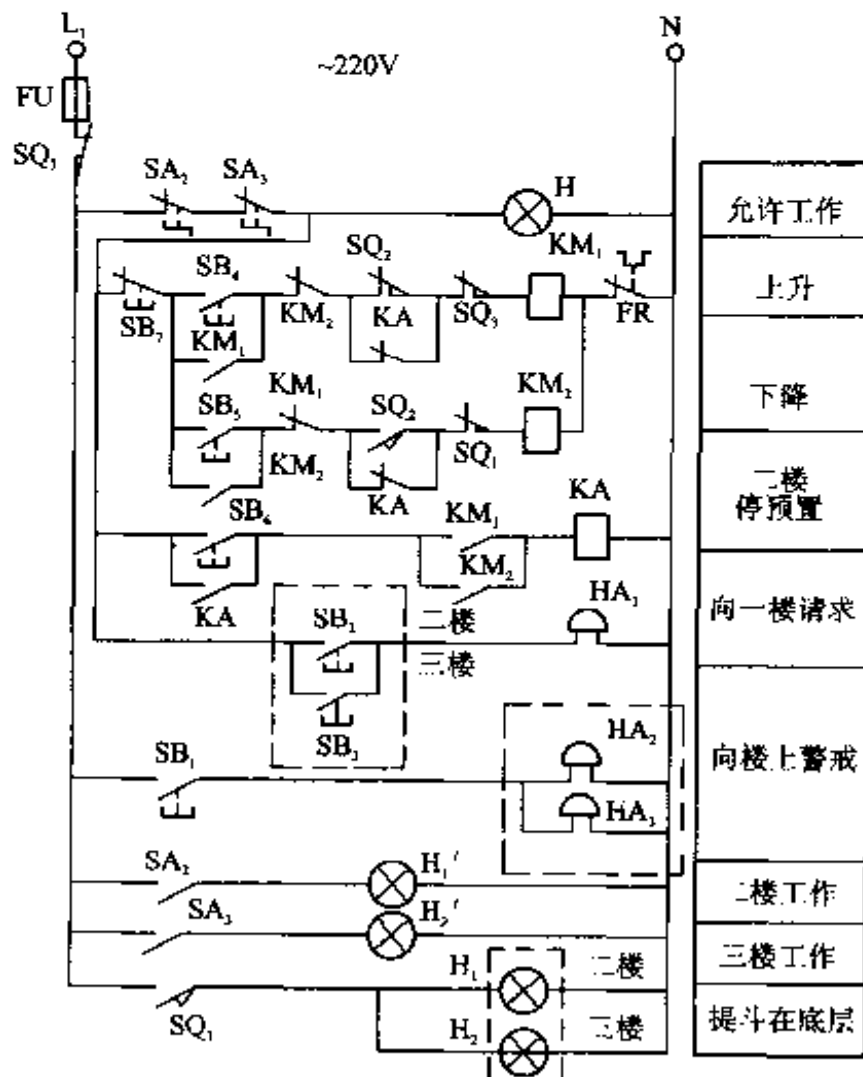


图 8-20 餐厅提升机控制线路

触器 KM_1 得电吸合并自锁,电动机起动。提斗上升到二层,压下行程开关 SQ_2 ,但并联的中间继电器 KA 的常闭触点闭合,故电动机不断电,行至三层,压下行程开关 SQ_3 , KM_1 失电释放,电磁抱闸释放而制动,提升到位。服务员将三层信号盘上的选择开关 SA_3 旋向左,底层看见信号灯 H_2' 亮,知道提斗在三层。此时一层不能起动电动机,三层服务员可以放心地取物、放物。三层操作完毕,将选择开关 SA_3 旋回(向右)并按铃,底层得到信号后操作提斗下降,提斗到底层,压下行程开关 SQ_1 ,电动机断电,二层和三层信号灯 H_1 、 H_2 亮,表示提斗停放在底层。

(2)选层。当二层请求提升时,底层按下按钮 SB_4 ,起动电动机后,在提斗未到二层的一段时间内,再按下按钮 SB_6 , KA 得电吸合并自锁,其常闭触点断开,提斗到位后,压下二层行程开关 SQ_2 ,电动机停转, KA 失电释放,其常闭触点返回。此时底层无法起动电动机,二层可以随意取物、放物。如欲继续上升,二层将选择开关 SA_2 向右旋回,允许操作信号灯 H 亮,底层得到信号后按下按钮 SB_4 ,提斗上升。如果从三层下降时需在二层停下,则底层按下 SB_5 后,再按下 SB_6 , KA 的常闭触点断开,但由于 SQ_2 是不复位型开关,上升过程中已将其常开触点关闭,因此电动机不断电。下降到二层时,压下行程开关 SQ_2 , KA 失电释放,提斗即可停在二层。

(3)保护。该线路设有紧急状态保护、超高保护和断相保护功能。紧急状态时,可按下停止按钮 SB_7 或二层、三层的控制开关 SA_2 、 SA_3 ,提斗停止运动。若提斗超高,则提斗撞动 SQ_3 可以使提斗停止运行(故障排除后可短按下降)。电源缺相保护电路图中未画出,当一相电源失电时电磁抱闸释放,提斗停止运行。

14. 简易升降机控制线路

如图 8-21 所示。各层控制元件及信号设备的布置如图 8-22 所示。该线路可用于工厂、仓库运送货物或餐厅运送饭菜,操作简单、安全可靠。

图 8-21、图 8-22 中元件代号含义见表 8-13。

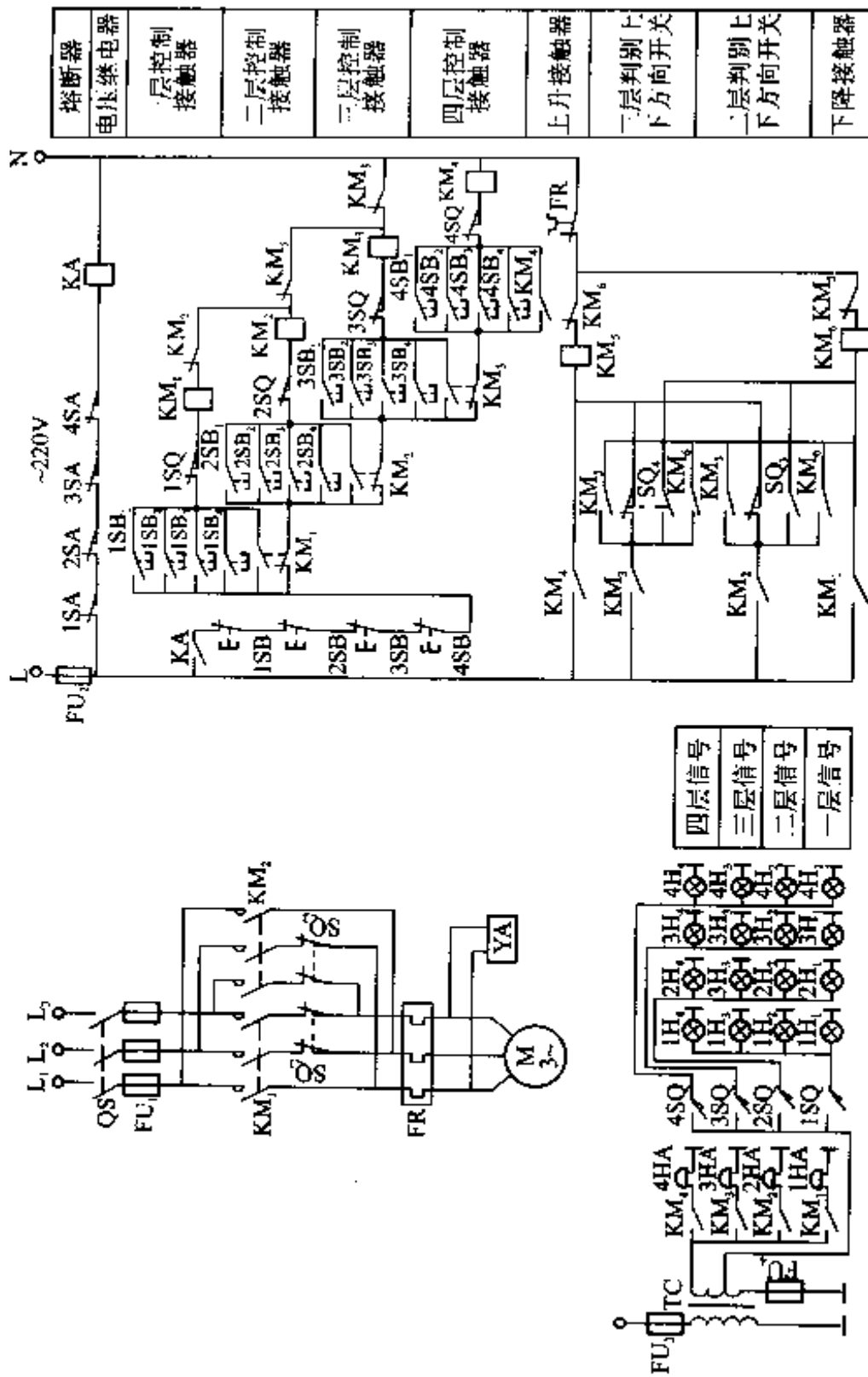


图 8-21 简易升降控制线路

熔断器
电压继电器
一层控制接触器
二层控制接触器
三层控制接触器
四层控制接触器
上升接触器
二层判别上下方向开关
三层判别上下方向开关
下降接触器

四层信号
三层信号
二层信号
一层信号

表 8-13 图中元件代号含义

代号	名称	代号	名称
M	三相异步电动机	KA	电压继电器
QS	刀开关	KM ₁ ~KM ₄	控制接触器
FU	熔断器	KM ₅	上升接触器
1SA~4SA	门开关	KM ₆	下降接触器
1SQ~4SQ	行程开关(单轮自动复位)	FR	热继电器
SQ ₁ , SQ ₂	判别上下方向开关 (双轮行程开关)	TC	控制变压器
SQ ₁ , SQ ₂	终点开关	1HA~4HA	电铃
1SB~4SB	停止按钮	1H~4H	信号灯
1SB ₁ ~1SB ₄	起动按钮	YA	电磁抱闸

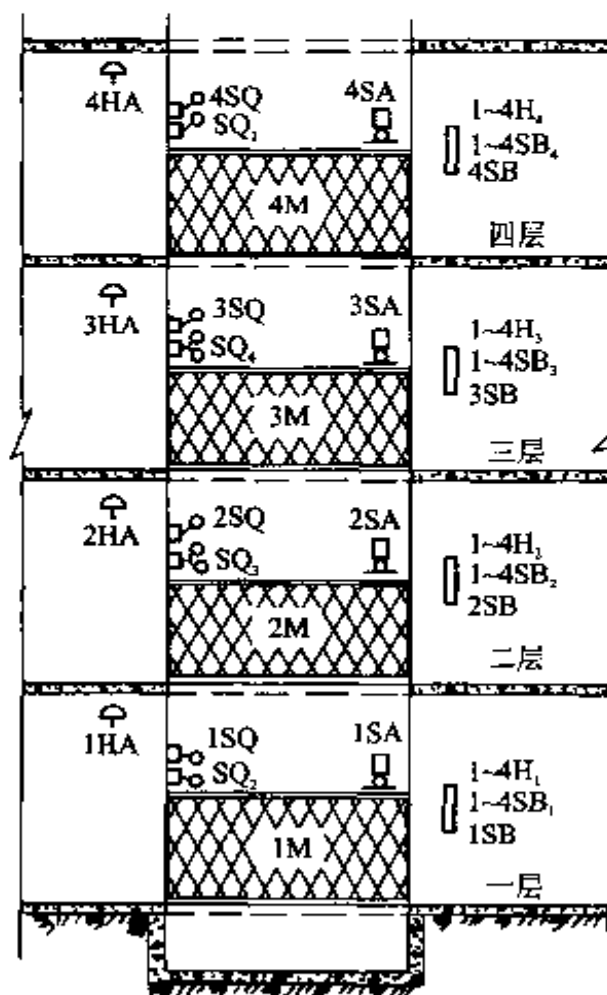
图 8-22 各层控制元件
及信号设备的布置

图 8-22 采用规则性阶梯形线路,便于增减层数,只要按阶梯形线路往下排,每增加一层,增加一套元件即可。

该线路主要功能有:

(1)任何一层只要按下需要按钮,轿厢就到该层停下。

(2)轿厢正在驶向某层时,该层电铃发出响声,到达该层时响声消失,但信号灯亮。

(3)轿厢正在驶向某层时,本层或其它层要改变停层,可先按总停按钮,再按要停的楼层按钮即可。

工作原理:(1)升降。当轿厢经过楼中间层时,升降

自动装置用机械拨动行程开关(SQ₃、SQ₄)双轮的位置,来判别轿厢上下的方向,实现升或降的自动转换。各层停车线位置,由各层行程开关(1SQ~4SQ)控制而自动平层,虽然判别上下方向开关(SQ₃、SQ₄)与各中间层行程开关并列安装,实际上它们很难做到同时动作。如果轿厢上升到本层时SQ₃(或SQ₄)动作时间先于2SQ(或3SQ),则轿厢下降到本层时SQ₃(或SQ₄)动作时间就会滞后2SQ(或3SQ),出现控制失调。为此在2SQ、3SQ环节上设主接触器自锁触点,以消除控制失调。主接触器KM₅(或KM₆)将随着1SQ~4SQ的动作而准确和平稳地平层。

(2)选层。①底层直升三层。轿厢在底层的正常位置,各层的1H信号灯亮。行程开关2SQ~4SQ上方触点闭合见图(8-22)。任何一层有人欲使轿厢升至三层,按下起动按钮3SB₁或3SB₂或3SB₃或3SB₄,控制接触器KM₃得电吸合并自锁,其常开辅助触点闭合,主接触器KM₅得电吸合,轿厢上升。同时三层电铃3HA响。轿厢离开底层时,各层的信号灯1H灭。轿厢到达三层时,行程开关3SQ常闭触点断开,KM₃、KM₅相继失电释放,轿厢停在三层正常位置。3SQ常开触点闭合,各层信号灯3H亮,响声消失。同时,轿厢碰块使行程开关SQ₄换位,为下降做好准备。

②四层降至三层。如轿厢在四层的正常位置,各层信号灯4H亮,SQ₄下方触点闭合。任何一层有人欲使轿厢回到三层,按下起动按钮3SB₁或3SB₂或3SB₃或3SB₄,控制接触器KM₃得电吸合并自锁,其常开辅助触点闭合,主接触器KM₆得电吸合,轿厢下降。同时三层电铃3HA响,轿厢离开四层时,各层信号灯4H灭。轿厢到达三层时,行程开关3SQ常闭触点断开,接触器KM₃、KM₆相继失电释放,响声消失,轿厢停在三层正常位置。同时3SQ常开触点闭合,各层的信号灯3H亮。

(3)保护。①门开关1SA~4SA用以保证在各层门都关闭的情况下方能起动升降机;②终点限位开关SQ₁、SQ₂用以防止接触器失电后触点粘连轿厢超过终点而发生事故;③熔断器做短路保

护；④热继电器做电动机过载保护。

15. 附墙升降机控制线路

附墙升降机是高层建筑施工过程中必不可少的垂直运输机械。其驱动电动机通常采用绕线式异步电动机。

采用主令开关和涡流制动器控制的附墙升降机典型线路如图 8-23 所示。图中主令控制器 SA 触点闭合情况见表 8-14。

表 8-14 主令控制器 SA 触点闭合表

手柄位置 闭合状态 触点代号	下 降						零 位	上 升					
	6	5	4	3	2	1	0	1	2	3	4	5	6
1							×						
2								×	×	×	×	×	×
3	×	×	×	×	×								
4	×	×	×	×	×	×		×	×	×	×	×	×
5	×	×	×							×	×	×	×
6				×	×	×		×	×				
7	×	×									×	×	×
8	×											×	×

注：表示“×”表示触点闭合。

工作原理：涡流制动器 WE 利用转子电流反馈的闭环励磁线路进行调速。电动机 M 的起动主要是通过两个 JL17-5A 型交流电流继电器 KI_1 和 KI_2 交替动作，切除电动机转子回路的电阻来实现的。 KI_1 和 KI_2 的电流线圈接入主回路中电流互感器 TA 的二次侧，电压线圈和加速接触器辅助触点串接在控制回路中。电流继电器在电压线圈无电压时触点断开；电压线圈有电压，电流线圈电流大于整定值时，触点也断开，但电流为零或小于整定值时，触点闭合。

动作过程如下：(1)先将主令控制器 SA 置于零位，使零压继电器 KA 得电，其触点接通操作回路的电源。

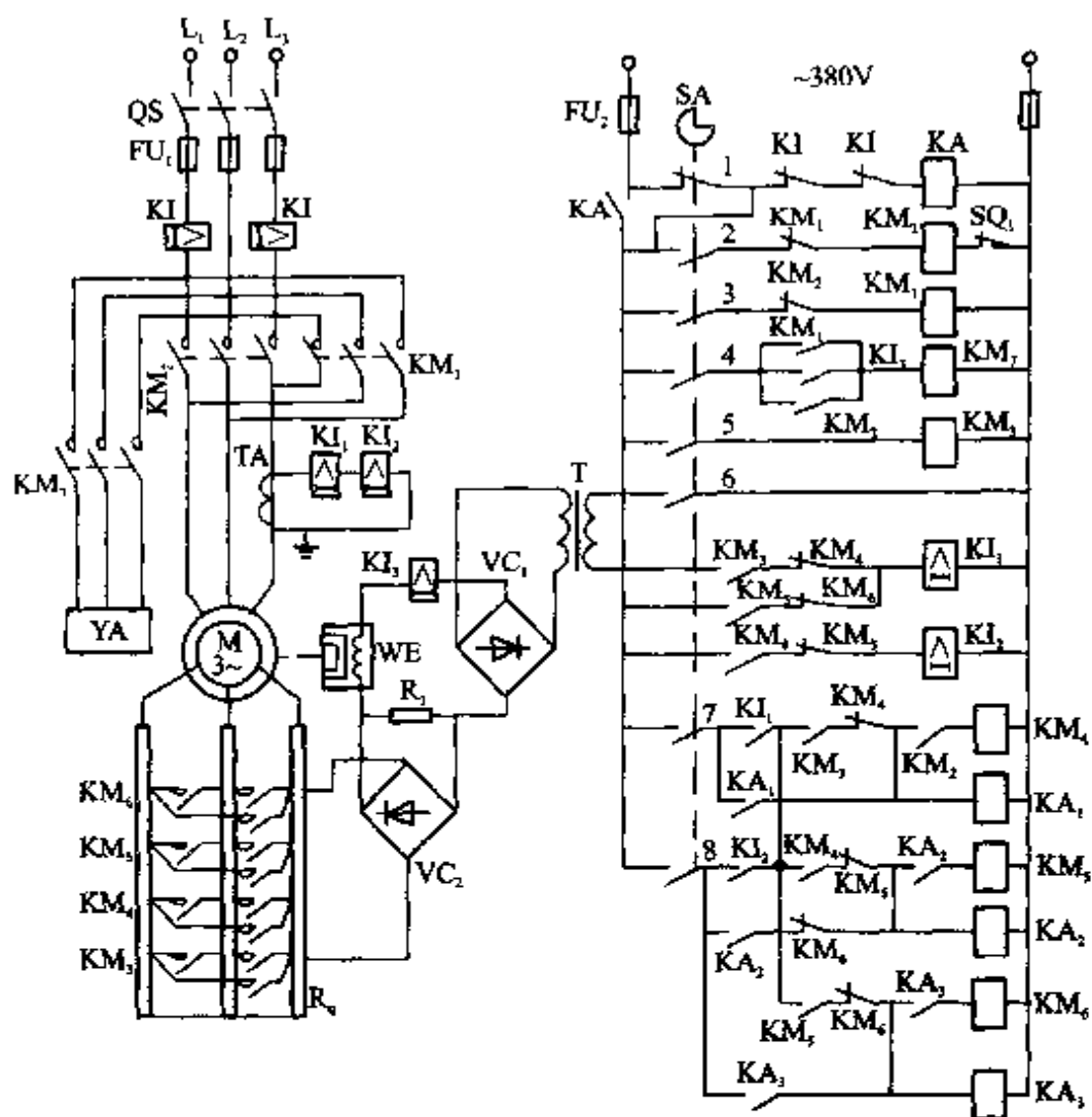


图 8-23 附墙升降机控制线路

(2) 将主令控制器手柄置于上升第 1 档或第 2 档, 则接触器 KM_2 得电吸合, 在整个起动电阻 R_q 加入的情况下起动。同时由于 KM_2 的常开辅助触点和 SA 的触点 4、6 闭合, 接触器 KM_7 得电吸合, 其常开触点闭合, 接通电磁制动器 YA, 并接通涡流制动器回路产生制动力矩。

(3) 若将 SA 手柄置于上升第 3~6 档, 触点 6 断开涡流制动器电源, 涡流制动器不产生制动力矩, 触点 8 闭合, 接触器 KM_3 得电吸合, 其触点闭合, 将起动电阻第一级短接, 此时继电器 KI_1 的电压线圈励磁, 由于电流线圈通过很大的起动电流, 故 KI_1 的触点

断开,接触器 KM_4 不吸合。

(4)随着电动机加速,起动电流逐渐减小,通过继电器 KI_1 电流线圈的电流降低,当低到其整定值(一般为 $80\% \sim 120\%I_e$)以下时,电流线圈的吸力小于弹簧反作用力,衔铁释放,继电器 KI_1 的触点闭合。

(5)继电器 KI_1 触点及 SA 触点 7 闭合后,接触器 KM_4 得电吸合,其常开触点闭合,使起动电阻 R_q 的第二级短接,电动机再次有大电流通过,进一步加速,而接触器 KM_4 的常闭辅助触点断开,继电器 KI_1 失电释放,其触点断开。由于接触器 KM_4 通过中间继电器 KA_1 触点而吸合,起动电阻继续被短接。

(6)由于 KM_4 的常开辅助触点的闭合,而使继电器和 KI_2 电压线圈接通,其动作过程与继电器 KI_1 相同。即随着电动机起动电流减小, KI_2 常开触点闭合,接触器 KM_5 得电吸合,短接第三级电阻。

(7)因继电器 KI_1 电压线圈得电而恢复到起始状态,故第四级电阻由 KI_1 触点使接触器 KM_6 得电吸合而被短接。

这样,由于两个电流继电器交替动作,使起动电阻依次短接而结束起动过程。

下降和上升的动作过程相同,只是“下降”的第一档先经涡流制动器再接通电磁制动器 YA,以实现低速下降。

第三节 其它输送机械线路

16. 矿用牵引电机车电源远控线路

矿用电机车牵引电源由硅整流器屏供电,在硅整流器屏上增加如图 8-24 虚线框内的控制线路,能使电机车具有远距离可靠合闸(不受任何信号干扰)和空载自停节电的性能。

工作原理:远控器的起动器安装在电机车上,当司机按下按钮 SB_2 时,继电器 KA_1 得电吸合,其常开触点闭合,接触器 KM 得电吸合并自锁,380V 交流电源接通整流变压器 T_1 和硅整流电源,

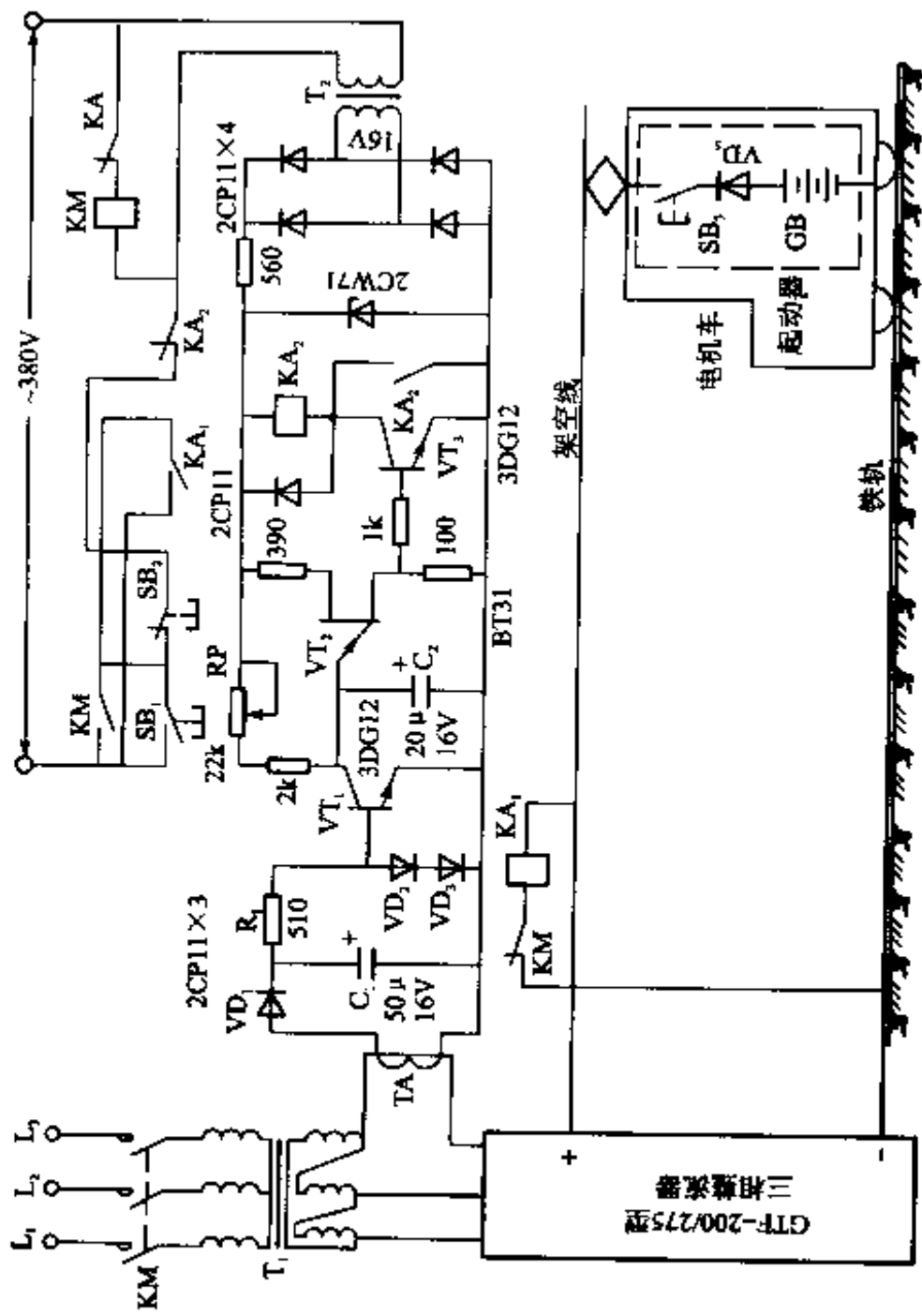


图 8-24 矿用牵引电机车电源远控线路

向电机车供电。KM 常闭辅助触点断开,KA₁ 失电释放。当运输线路上有电机车运行时,电流互感器 TA 感应出电流信号,经二极管 VD₁ 半波整流、电容 C₁ 滤波、电阻 R₁ 限流后加在三极管 VT₁ 基极,并使其导通,电容 C₂ 被短接,由单晶体管 VT₂ 等组成的延时自停电路不起作用,即中间继电器 KA₂ 处于释放状态。当运输线路上电机车停止行驶时,TA 感应信号消失,三极管 VT₁ 截止,延时电路工作(延时自停时间可由电位器 RP 调节),经过一段延时后,电容 C₂ 上的电压达到单晶体管 VT₂ 的峰点电压,VT₂ 导通,继而 VT₃ 导通,KA₂ 吸合。其常闭触点断开,KM 失电释放,切断总电源,整个电路恢复原状。如果当电机车停驶后还未到达自停电源时间又起动运行,则三极管 VT₁ 又导通,C₂ 经 VT₁ 放电,又使延时电路不起作用。

图中二极管 VD₂、VD₃ 起钳位作用,限制加在三极管 VT₁ 基—射极上的电压,从而保护 VT₁ 管。

17. 皮带运输机自动控制线路

如图 8-25 所示。图中,M₁、M₂、M₃ 为皮带运输传动电动机;SQ₁~SQ₃ 为安装在皮带下的限位开关。

工作原理:合上总电源开关 QS 和各电动机电源开关 QF₁~QF₃,按下起动按钮 SB₁,主接触器 KM₁ 得电吸合并自锁,电动机 M₁~M₃ 起动运转,主接触器 KM₁ 常开辅助触点闭合,时间继电器 KT 线圈通电,经过一段延时后,其延时闭合常开触点闭合,中间继电器 KA₁ 得电吸合并自锁,其常开触点闭合,接通控制保护电路,同时 KA₁ 常闭触点断开,切断 KT 回路。

延时环节是为了保证当皮带运输机上有负载(例如沙子)时,运输系统也能正常起动。当某台电动机(如 M₂)发生故障停转时,运输皮带因运物的自重而下沉,这时限位开关 SQ₂ 被压合,继电器 KA₃ 得电吸合并自锁,其常闭触点断开,接触器 KM₁ 失电释放,使整个运输系统停止运转。指示灯 H₂ 亮,表示 2 号电动机发生故障,同时电铃 HA 发出报警声。

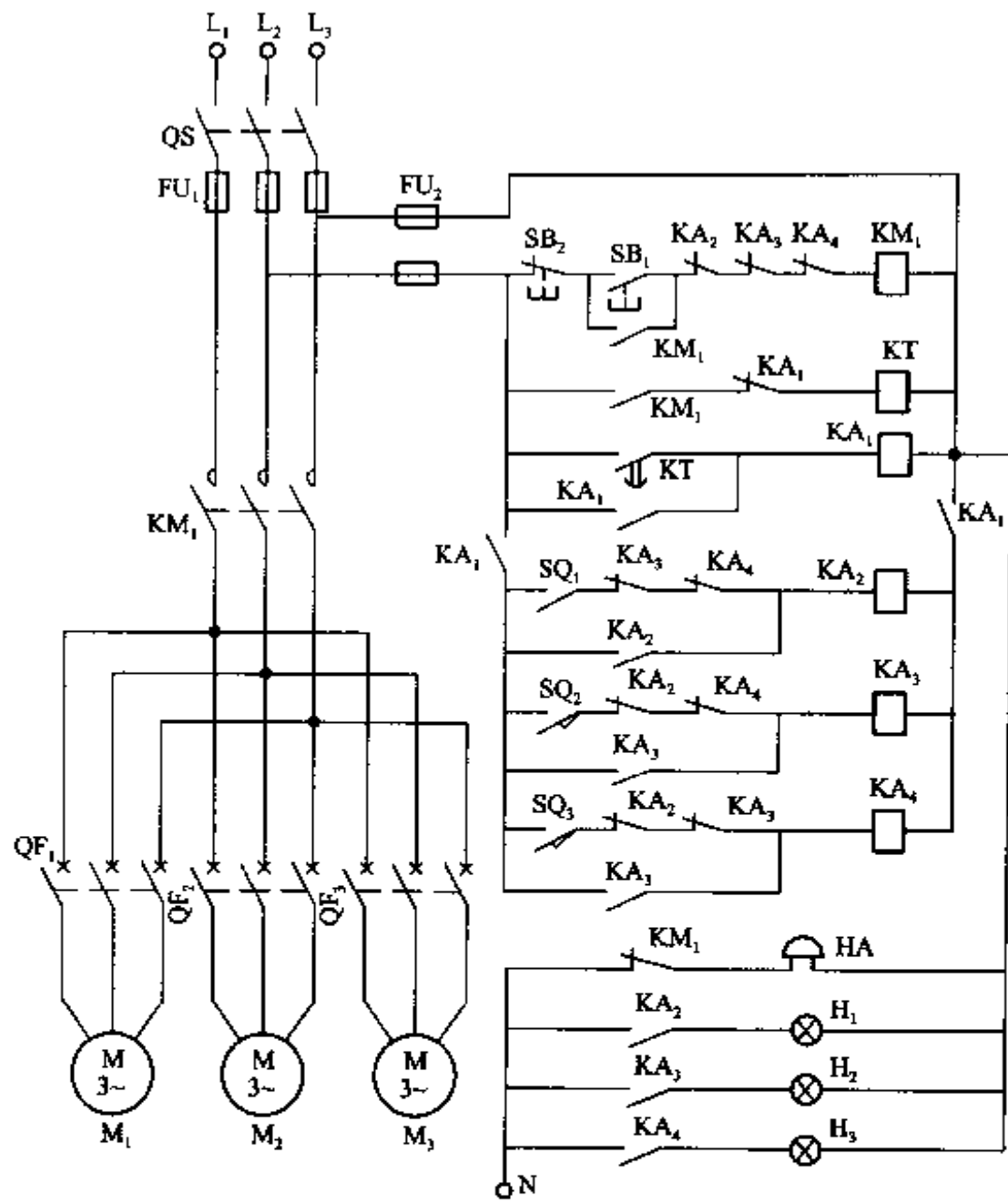


图 8-25 皮带运输机的自动控制线路

主要参考文献

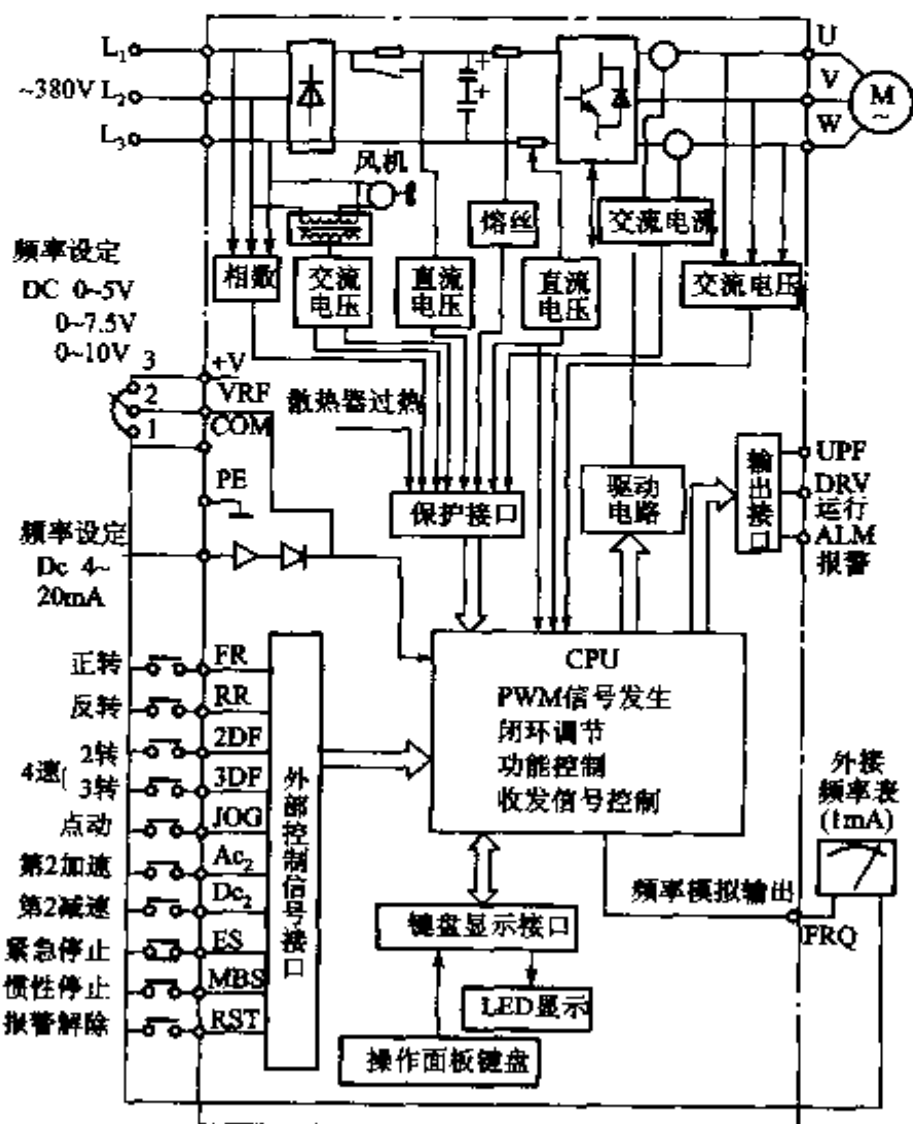
1. 吴忠智,吴加林编著.变频器应用手册.机械工业出版社,2000.5
2. 魏树良.两台电动机互为备用的自动接替控制.《电世界》,1987.11
3. 向子明.一种防止自耦减压起动烧坏自耦变压器的电路.《电工技术》,1994.1
4. 倪长敏.电动机点动制动控制电路.《电世界》,1992.7
5. 张梓.一种新颖的电动机开关线路.《电世界》,1992.7
6. 陈秉钦.简易的升降机控制线路.《建筑电气》,1985.2
7. 张仕祥.矿用电机车牵引电源远控线路.《电世界》,1986.11
8. 史生发.直线电机驱动的道口自动栅栏门.《电世界》,1989.7
9. 李禄.一种简化的大门启闭电路.《电世界》,1987.2

附录1 变频器基础知识

一、变频器基本构成及端子功能

变频器构成原理框图如附图1所示。

变频器端子功能见附表1。由于生产厂家不同,变频器的端子符号标志也可能不同,但基本功能大致类似。



附图1 变频器构成原理框图

附表 1 变频器端子功能

分类	端子符号	端子名称	功能说明	
频率设定	+V	可调电位器电源	作为频率设定器(可调电阻为1~5kΩ)用电源	DC +10, 100mA _{max}
	VRF	设定用电压输入	DC 0~+10V, 以+10V输出最高频率, 输入电阻22kΩ	
	C ₁	设定用电流输入	DC 4~20mA, 以20mA输出最高频率, 输入电阻250Ω	
控制输入	FR	正转运转停止指令	FR-COM 接通, 正转运转; 断开后, 减速停止	FR-COM 与 RR-COM 同时接通时, 减速后停止(有运转指令, 而且频率设定为0Hz)。但是, 在选择模式运转中, 则成为暂停
	RR	反转运转停止指令	RR-COM 接通, 反转运转; 断开后, 减速停止	
	2DF 3DF	多段频率选择	2DF-COM 接通为第二种速度; 3DF-COM 接通为第三种速度; 2DF 和 3DF 均与 COM 接通为第四种速度	
	JOG	点动	JOG-COM 接通, 电机运转; 断开, 电机停止	
	AC ₂	加速时间选择	AC ₂ -COM 接通, 电动机加速	有的变频器, 可通过 AC ₂ -COM, DC ₂ -COM 的接通/断开组合, 能选择多种加速、减速时间
	DC ₂	减速时间选择	DC ₂ -COM 接通, 电动机加速	
	ES	紧急停止	ES-COM 断开, 相当于切断电动机电源, 电动机停止	
	MBS	惯性停止	MBS-COM 接通, 电动机慢慢停止	
	RST	复位	RST-COM 接通, 解除变频器跳闸后的保持状态	没有消除故障原因时, 不能解除跳闸状态
	COM	接点输入公用端	接点输入信号的公用端子	
仪表用	FRQ	频率模拟量输出	有的变频器可选择频率、负载率、转矩、输出电流中的其中一个项目。最多能连接两个, DC 0~1mA	

二、变频器的技术参数

以国产佳灵变频器为例, 其通用型(JP6C-T9)和节能型(JP6C-J9)变频器的基本规格和主要技术参数见附表 2。

附表2 国产佳灵变频器的基本规格和主要技术参数

型号 JP6C-	T9 -0.75	T9 -1.5	T9 -2.2	T9 -5.5	T9 -7.5	T9/J9 -11	T9/J9 -15	T9/J9 -18.5	T9/J9 -22	T9/J9 -30	T9/J9 -37	T9/J9 -45	T9/J9 -55	T9/J9 -75	T9/J9 -90	T9/J9 -110	T9/J9 -132	T9/J9 -160	T9/J9 -200	T9/J9 -220	T9/J9 -280
适用电动机功率 (kW)	0.75	1.5	2.2	5.5	7.5	11	15	18.5	22	30	37	45	55	75	90	110	132	160	200	220	280
额定容量 (kVA) (注1)	2.0	3.0	4.2	10	14	18	23	30	34	46	57	69	85	114	134	160	193	232	287	316	400
额定电流 (A)	2.5	3.7	5.5	13	18	24	30	39	45	60	75	91	112	150	176	210	253	304	377	415	520
额定过载电流	T9系列: 额定电流的150% Imin; J9系列: 额定电流的120% Imin																				
电压	3相, 380-440V																				
输入电源 相数, 电压, 频率	3相, 380V-440V, 50/60Hz																				

续附表 2

型号	T9	T9	T9	T9/J9	T9/J9	T9/J9	T9/J9	T9/J9	T9/J9	T9/J9	T9/J9	T9/J9	T9/J9	T9/J9	T9/J9	T9/J9					
JP6C-	-0.75	-1.5	-2.2	-5.5	-7.5	-11	-15	-18.5	-22	-30	-37	-45	-55	-75	-90	-110	-132	-160	-200	-220	-280
容许波动	电压: +10%~-15%, 频率: ± 5%																				
输入电源	310V以上可以继续运行, 电压从额定值降到310V以下时, 继续运行15ms																				
最高频率	T9系列: 50~400Hz可变设定; J9系列: 50~120Hz可变设定																				
基本频率	T9系列: 50~400Hz可变设定; J9系列: 50~120Hz可变设定																				
启动频率	0.5~60Hz可变设定										2~4kHz可变设定										
载波频率	2~6kHz可变设定																				
精度	模拟设定: 最高频率设定值的±0.3%(25℃±10℃)以下; 数字设定: 最高频率设定值的±0.01%(-10~+50℃)																				
分辨率	模拟设定: 最高频率设定值的1/2000; 数字设定: 0.01Hz(99.99Hz以下), 0.1Hz(100Hz以上)																				

续附表2

型号	T9	T9	T9	T9/J9	T9/J9	T9/J9	T9/J9	T9/J9	T9/J9	T9/J9	T9/J9	T9/J9	T9/J9	T9/J9	T9/J9						
JP6C-	-0.75	-1.5	-2.2	-5.5	-7.5	-11	-15	-18.5	-22	-30	-37	-45	-55	-75	-90	-110	-132	-160	-200	-220	-280
电压- 频率特 性	用基本频率可设定320-440V																				
转矩 提升	自动: 根据负载转矩调整到最佳值; 手动: 0.1-20.0编码设定																				
启动 转矩	T9系列: 150%以上(转矩矢量控制时); J9系列: 50%以上(转矩矢量控制时)																				
加减速 时间	0.1-3600s, 对加速时间, 减速时间可单独设定4种, 可选择线性加速、减速特性曲线																				
附属 功能	上下限频率控制、偏置频率、频率设定增益、跳跃频率、瞬时停止再启动(转速跟踪再起动力)、电流感知																				
运转 操作	触摸屏: RUN键、STOP键、远距操作; 端子输入: 正转指令、反转指令、自由运转指令等																				
频率 设定	触摸屏: ▲键、V键; 端子输入: 多段频率选择、模拟信号: 频率设定器DC 0-10V或DC 4-200mA																				
运转 状态 输出	集中报警输出 开路集电极: 能选择运转中、频率到达、频率等级、检测等9种或单独报警 模拟信号: 能选择输出频率、转矩、负载率(0-1mA)																				

9	T9/J9	T9/J9
□	-220	-280

□

70%

□

续附表2

型号	T9	T9	T9	T9/J9	T9/J9	T9/J9	T9/J9	T9/J9	T9/J9	T9/J9	T9/J9	T9/J9	T9/J9	T9/J9	T9/J9	T9/J9					
JP6C-	-0.75	-1.5	-2.2	-5.5	-7.5	-11	-15	-18.5	-22	-30	-37	-45	-55	-75	-90	-110	-132	-160	-200	-220	-280
保护功能	过电流、短路、接地、过压、欠压、过载、过热、电动机过载、外部报警、电涌保护、电涌保护、主器件自保护																				
外壳防护等级	IP40										IP00 (IP20为选用)										
使用场所	屋内、海拔1000m以下, 没有腐蚀性气体、灰尘、直射阳光																				
环境温度/湿度	-10℃~+50℃/20%~90%RH不结露 (220kW以下规格在超过40℃时, 需卸下通风盖)																				
振动	5.9M/s ² (0.6G)以下																				
保存温度	-20℃~+65℃ (适用运输等短时间的保存)																				
冷却方式	强制风冷																				

注: 1.按电源电压440V时计算值。

2.对于T9系列, 7.5~22kW为20%以上, 30~280kW为10%~15%。

3.对于J9系列, 7.5~22kW为100%以上, 30~280kW为75%以上 (使用制动电阻时)。

三、变频器的选型

选择变频器主要考虑三个因素,一个是容量,另一个是负载性质,第三个是用途。从变频器的用途看,有以调速为主要目的的,有以节能为主要目的的;从负载类型看,主要有恒转矩、平方转矩和恒功率等三大类。它们与节能的关系见附表 3。

变频器的容量要选择恰当。容量过小,则电动机潜力不能充分发挥;容量过大,则变频器的功能不能充分发挥,且增加了投资。

1. 按变频器负载的性质选择

(1) 轻载起动或连续运行时

$$I_{fe} \geq 1.1 I_e$$

$$I_{fe} \geq 1.1 I_{max}$$

式中 I_{fe} ——变频器的额定输出电流(A);

I_e ——电动机额定电流(A);

I_{max} ——电动机实际运行中最大电流(A)。

附表 3 负载类型与节能关系

负载类型	恒转矩 $M=C$	平方转矩 $M \propto n^2$	恒功率 $P=C$
主要设备	输送带、起重机、挤压机、压缩机	各类风机、泵类	卷板机、轧机、机床主轴
功率与转速关系	$P \propto n$	$P \propto n^3$	$P=C$
使用变频器目的	节能为主	节能为主	调速为主
使用变频器节电效果	一般	显著	较小(指降压方式)

(2) 重载起动和频繁起动、制动运行的负载时

$$I_{fe} \geq (1.2 \sim 1.3) I_e$$

(3) 风机、泵类负载时

$$I_{fe} \geq 1.1 I_e$$

(4) 频繁加减速时

$$I_{ie} \geq K I_{if}$$

式中 K ——安全系数,运行频繁时取 1.2,不频繁时取 1.1;

I_{if} ——根据负载加速、减速、恒速等运动曲线求得的负载等效电流(A)。

5、直接启动时

$$I_{ic} \geq \frac{I_q}{K_f} = \frac{K_q I_e}{K_f}$$

式中 I_q ——电动机直接启动电流(A);

K_q ——电动机直接起动的电流倍数,约 5~7 倍;

K_f ——变频器的允许过载倍数,可由变频器产品说明书查得,一般可取 1.5。

2. 按电动机的容量选择

根据 GB12668-90《交流电动机半导体变频调速装置总技术条件》,380V、160kW 以下单台电动机功率与变频器容量的匹配见附表 4。

附表 4 变频器容量与电动机功率的匹配

变频器容量(kVA)	电动机功率(kW)	变频器容量(kVA)	电动机功率(kW)
2	0.4	50	22
	0.75		30
4	1.5	60	37
	2.2		
6	3.7	100	45
			55
10	5.5	150	75
15	7.5		90
25	11	200	110
	15		132
35	18.5	230	160

注:表中匹配关系不是惟一的,用户可以根据应用情况自行选择。

3. 电动机不是 4 极时变频器容量的选择

通用变频器一般是按 4 极电动机的电流值设计的。如果电动

机不是 4 极(如 8 极、10 极等多极电动机),就不能仅以电动机的容量来选择变频器的容量,必须用电动机的额定电流值和变频器额定电流值是否匹配来校核。

四、变频器的使用

变频器使用不当,不但不能很好地发挥其优良的功能,而且还有可能损坏变频器及其配套设备,或造成变频器与周围相关设备相互干扰等。因此使用中应注意以下事项:

(1)必须正确选用变频器。

(2)认真阅读产品说明书,并按说明书的要求接线、安装和使用。

(3)变频器应可靠接地,以抑制射频干扰。

(4)用变频器控制电动机转速时,电动机的温升及噪声会比用电网供电时高;在低速运转时,因电动机风叶转速低,应注意通风冷却,并适当减轻负载,以免电动机温升超过允许值。

(5)供电线路的阻抗不能太小。变频器接入低压电网,当配电变压器容量大于 500kVA,或配电变压器的容量大于变频器容量 10 倍时,或变频器接在离配电变压器很近时,由于回路阻抗小,投入瞬间对变频器产生很大的涌流,会损坏变频器的整流元件等。

当线路阻抗过小时,应在电网与变频器之间加装交流电抗器。

(6)当电网三相电压不平衡率大于 3%时,变频器输入电流的峰值就很大,会造成变频器及连接线过热或损坏电子元件,这时也需加装交流电抗器。特别是变压器为 V 形接法时更为严重,除在交流侧加装电抗器外,还需在直流侧加装直流电抗器。

(7)不能因为提高功率因数而在进线侧装设过大的电容器,也不能在电动机与变频器之间装设电容器。否则会使线路阻抗下降,导致过电流而损坏变频器。目前富士 G9、P9 等型变频器已装备直流电抗器,能有效地改善功率因数,在额定负载下,功率因数可达

0.94~0.95。

(8)变频器出线侧不能并联补偿电容,也不能为了减少变频器输出电压的高次谐波而并联电容器。为了减少谐波,可以串联电抗器。

(9)用变频器调速的电动机的起动和停止,不能用断路器及接触器直接操作,而应用变频器的控制端子来操作,否则会造成变频器失控,并可能造成严重后果。

(10)当电动机另有制动器时,变频器应工作于自由停机方式,且制动的动作信号应在变频器发出停车指令后才发出。

(11)变频器外接的制动电阻值不能小于变频器允许所带制动电阻的要求。在能满足制动要求的前提下,制动电阻宜取大些。切不可将应接制动电阻的端子直接短接,否则在制动时会通过开关管发生短路事故。

(12)变频器与电动机相连时,不允许用兆欧表去测量电动机的绝缘电阻值,否则兆欧表输出的高压会损坏逆变器,

(13)正确处理好升速和减速问题。变频器设定的加、减速时间过短,容易受到“电冲击”而有可能损坏变频器。因此使用变频器时,在负载设备允许的前提下,应尽量延长加减速时间。

①如果负载重,则应增加加减速时间;反之,可适当减少加减速时间。

②如果负载设备需要短时间内加减速,则必须考虑增大变频器的容量,以免太大的电流超过变频器的额定电流。

③如果负载设备需要很短的加减速时间(如1s以内),则应考虑在变频器上采用制动系统。一般较大容量的变频器都配有制动系统。

(14)变频器应垂直安装,留有通风空间,并控制环境温度不超过40°C。通风空间一般为:变频器上方留有大于120mm空间,左、右侧各留有大于50mm空间,底面距地面大于120mm。

(15)必须采取抗干扰措施,以免变频器受干扰而影响其正常工作,或变频器产生的高次谐波干扰其它电子设备的正常工作。

五、变频器的抗干扰措施

1. 防止变频器被干扰的措施

变频器的控制回路是弱信号回路,极易受到外界干扰而造成变频器无法工作。因此防止变频器被干扰的主要任务是对控制回路采取防干扰措施。

(1)强、弱电分开。将控制回路电缆与主回路电缆等尽可能分开。分开距离一般不小于30cm,最小不小于10cm。当分开有困难时,可将控制电缆穿钢管敷设。

(2)外接控制线应采用金属屏蔽线或绞线,且布线不宜过长。应尽量避免可能成为干扰源的漏磁通大的设备,如变压器、电动机、电焊机等。

(3)抑制电火花干扰。靠近变频器的继电器、接触器触点,动作时易产生电火花,从而会干扰变频器,安装时应尽可能远离些,最好在电磁线圈或触头上并联RC电路或其它消火花电路。一般电容C取 $0.01\sim 0.1\mu\text{F}$;电阻R取几百 $\sim 1\text{k}\Omega$ 。

(4)安装变频器的控制柜(箱)外壳必须接地。控制柜(箱)应尽量远离大容量变压器、电动机、电焊机等。

(5)屏蔽电缆在端子箱中连接时,屏蔽端子要互相连接,并接地。

(6)为防止接地不当引起的电位差等造成干扰,宜将速度给定控制电缆取1点接地,接地线不作为信号的通路使用;电缆的接地设在变频器侧,并使用专设的接地端子,不与其它接地端子共用。接地电阻一般不大于 10Ω 。

2. 防止变频器引起干扰的措施

变频器工作时会产生高次谐波,由于其功率大,是一个强有力的干扰源。它会对电网及周围的电子设备造成干扰,因此必须采取防干扰措施。

我国在国标 GB12668 90 中规定,电压稳态相对谐波含量的均方根值不超过 10%,其中任何奇次谐波均不超过 5%,任何偶次谐波均不超过 2%,短时(持续时间小于 30s)出现的任一次谐波含量不超过 10%。

为了防止变频器引起的干扰,除了采取上述 1 项中的各项措施外,还应采取以下措施:

(1)变频器本身或装有变频器的控制柜(箱)外壳必须屏蔽接地。

如果要求控制回路与地隔离,可通过一只 $100\mu\text{F}$ 的电容器接地或采用屏蔽线并接地。

(2)输出线用钢管屏蔽,并与其它弱电信号线分别配线。

(3)信号线不要与未屏蔽的电动机电线或未经滤波的电源线平行敷设。一般有以下规则:当两者平行长度 $< 1\text{m}$ 时,信号线与电源线之间的距离 $< 30\text{cm}$; $1\text{m} < \text{平行长度} < 10\text{m}$ 时,两者距离 $> 30\text{cm}$;如果平行长度 $> 10\text{m}$,则两者距离应成比例增大,如平行长度为 35m ,两者距离应为 $(35/10) \times 0.3 = 1.05(\text{m})$ 。信号线与变频器之间的距离至少 $> 30\text{cm}$ 。若过近,应采用屏蔽信号线,但不包括与变频器相接的信号线。


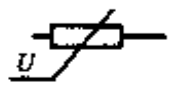
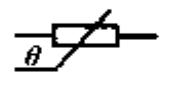

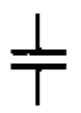
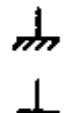



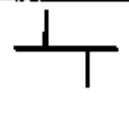

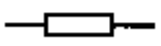
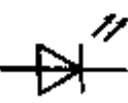
(4)当变频器与晶闸管整流装置、功率因数补偿器并联使用,或电源变压器容量大于变频器容量十倍,或电源三相电压不平衡率大于 3%时,需接电源匹配用电抗器(交流电抗器)。采用电抗器后,不但起到滤波作用,改善变频器的运行,而且对于小容量变频器还能提高功率因数。

(5)为了减少对电源的污染,必要时(如供电电源上接有易受电磁干扰的电子设备或屏蔽的电动机电缆长度超过 40m 或非屏蔽的电动机电缆长度超过 10m 时)可在变频器输入侧(尽量靠近变频器)加装电源滤波器,或在变频器输出侧加装零序电抗器。


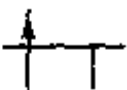
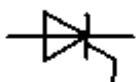

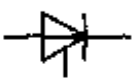


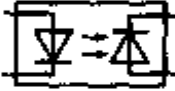
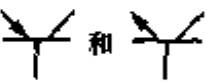
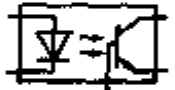
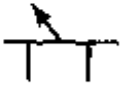
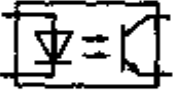

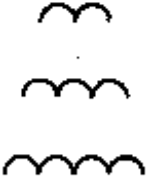
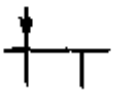


(6)将变频器附近的其它灵敏电子设备线路及设备屏蔽好,供电电源可经隔离变压器或电源滤波器,以避免传导干扰。

附录 2 本书常用图形符号及其含义











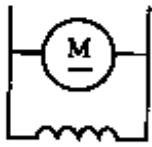
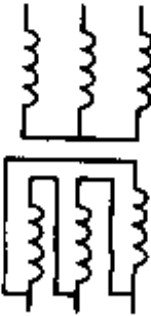
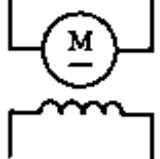
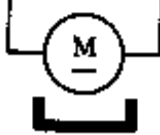
本书常用电工图形符号

说 明	图 形	说 明	图 形
直流	— 或 ===	可变电阻器 可调电阻器	
交流	~	压敏电阻器	
交直流	~	热敏电阻器	
接地一般符号		电容器一般符号	
接机壳或接底板		极性电容器	
导线的连接		电感器、线圈、 绕组、扼流圈	
导线的多股连接		半导体二极管 一般符号	
电阻器一般符号		发光二极管 一般符号	

续表

说 明	图 形	说 明	图 形
电压调整二极管 (稳压管)		P型沟道结型 场效应半导体管	
反向阻断三极 晶闸管,P型控制 极(阴极侧受控)		光敏电阻	
反向阻断三极 晶闸管,N型控 制极(阳极侧受控)		光电二极管	
双向三极晶闸管 (双向晶闸管)		光电二极管型 光耦合器	
PNP型和 NPN型半导体管		光电三极管型 光耦合器	
具有P型双基 极单结型半导体管		光耦合器 光隔离器	
具有N型双基 极单结型半导体管		换向绕组或补偿 绕组; 串励绕组; 并励绕组或他励 绕组	
N型沟道结型 场效应半导体管		直流电动机	
		交流电动机	

续表

说 明	图 形	说 明	图 形
直流力矩电动机		单相同步电动机	
交流力矩电动机		三相笼型异步电动机	
直线电动机一般符号		三相绕线转子异步电动机	
步进电动机一般符号		双绕组变压器	
串励直流电动机		有中心点抽头的变压器	
并励直流电动机		三相变压器 Y 形-Δ形连接	
他励直流电动机			
永磁直流电动机			

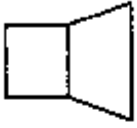
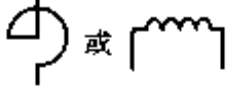
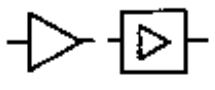
续表

说 明	图 形	说 明	图 形
初级绕组为 5 匝 的电流互感器		中间断开的 双向触点	
桥式全波 整流器		当操作器件被吸 合时延时闭合的动 合触点	
逆变器		当操作器件被释 放时延时断开的动 合触点	
动合(常开) 触点		当操作器件被释 放时延时闭合的动 断触点	
动断(常闭) 触点		当操作器件被吸 合时延时断开的动 断触点	
先断后合的 转换触点		按钮开关(不闭 锁)	
先合后断的 转换触点 (桥接)		旋钮开关旋转开 关(闭锁)	

续表

说 明	图 形	说 明	图 形
位置开关, 动合触点; 限制开关, 动合触点		继电器线圈	
位置开关, 动断触点; 限制开关, 动断触点		热继电器的驱动器件	
热继电器的动断触点		熔断器一般符号	
接触器的动合(常开)触点		※注: V 电压表 n 转速表 Hz 频率表	
接触器的动断(常闭)触点		灯	
隔离开关		电铃	
三极开关		蜂鸣器	

续表

说 明	图 形	说 明	图 形
扬声器 一般符号		电抗器	
		放大器一般符号 中断器一般符号	

附录3 本书常用文字符号及其含义

本书电气常用文字符号及其含义

设备装置和 元器件种类	举 例	文字符号	
		单字母	双字母
组件部分	集成电路	A	
电容器	电容器(组)	C	
保护器件	熔断器		FU
	限压保护器件		FV
信号器件	声光指示器	H	HA
	声响指示器		
	警铃		HAB
	蜂鸣器、电喇叭		HAU
	信号灯、光电指示器		HL
继电器、接触器	继电器	K	KA
	接触器		KM
			KP
			KR
	电流继电器		KA(KI)
	电压继电器		KV(KA)
	时间继电器		KT
	信号继电器		KS
	控制(中间)继电器		KC(KA)
热继电器	FR		
电感器、电抗器	电抗器、感应线圈、电感器、永磁铁	L	
电动机	电动机	M	

续表

设备装置和 元器件种类	举 例	文字符号	
		单字母	双字母
电动机	同步电动机 力矩电机	M	MS MT
测量设备、试 验设备	指示器、记录器、测量设备、信号发生器 电流表 电压表 功率因数表	P	PA PV PC
电力电路的开 关器件	断路器 隔离开关	Q	QF QS
电阻器	电阻器、变阻器 电位器 压敏电阻 分流器 热敏电阻 频敏电阻	R	RP RV RS RT(Rt) RF
控制、记忆、信 号电路的开关器 件选择器	控制开关、选择开关 按钮 限位开关 压力开关 转数开关 温度开关 位置开关	S	SA SB SQ SP SR ST SQ
变压器	变压器、调压器 控制回路电源用变压器 自耦变压器 电流互感器 电压互感器	T	TC TT TA TV

续表

设备装置和 元器件种类	举 例	文字符号	
		单字母	双字母
调制器、变换器	鉴频器、解调器、变频器、编码器、逆变器、整流器	U	
半导体器件	晶闸管 发光二极管 三极管 稳压管 二极管 控制电路用电源的整流器	V	VL VT VS VD VC
线路	交流系统电源相序： 第一相 第二相 第三相 交流系统设备端相序： 第一相 第二相 第三相 中性线 保护线 保护和中性共用线 接地线	U V W N E	L1 L2 L3 PE PEN
直流系统电源	正 负 中间线	+ - M	