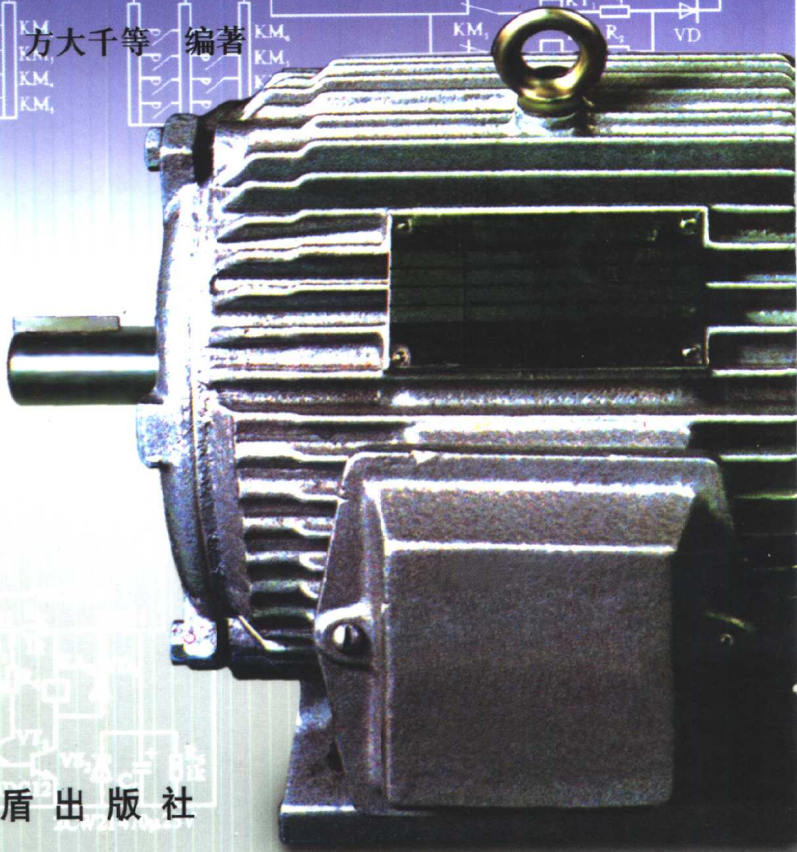




实用电动机 控制线路326例

方大千等 编著



金盾出版社

实用电动机控制线路 326 例

方大千等 编著

金 盾 出 版 社

内 容 提 要

本书分别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、同步电动机和直流电动机的起动、制动、调速等控制线路和保护线路,共 326 例。每一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。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。

本书适合于安装电工、电气维修人员、电气工程技术人员和新产品设计开发人员阅读,也可供大中专院校师生参考。

图书在版编目(CIP)数据

实用电动机控制线路 326 例/方大千等编著. —北京:金盾出版社,2003.12

ISBN 7-5082-2785-9

I. 实… II. 方… III. 电动机—控制电路 IV. TM321.02

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2003)第 094391 号

金盾出版社出版、总发行

北京太平路 5 号(地铁万寿路站往南)

邮政编码:100036 电话:68214039 66882412

传真:68276683 电挂:0234

封面印刷:北京精美彩印有限公司

正文印刷:国防工业出版社印刷厂

各地新华书店经销

开本:787×1092 1/32 印张:15.625 字数:400 千字

2003 年 12 月第 1 版第 1 次印刷

印数:1—11000 册 定价:18.50 元

(凡购买金盾出版社的图书,如有缺页、
倒页、脱页者,本社发行部负责调换)

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)
29. 无反转功能变频器控制电动机正反转调速 线路	(135)
30. 有正反转功能变频器控制电动机正反转调速 线路	(136)
31. 三速运行线路(一、二)	(137)
32. 一台变频器控制多台电动机并联运行线路 (一、二)	(138)
33. 变频器带制动单元、电动机带制动器的运行线路	(141)
34. 变极电动机控制线路	(145)
第四节 专用控制线路	(146)
35. 压滤机控制线路	(146)
36. XF05 型消防泵自动互投控制线路	(147)
37. 压机用油泵电动机控制线路(一、二)	(148)
38. 空气压缩机(简称空压机)控制线路(一、二)	(149)
39. Y- Δ 起动的空压机控制线路	(152)
40. JC3.5 型冷冻机油压控制器线路	(154)

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变速控制线路·····	(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. 防止电动机反向启动时短路的保护线路(一~三)···	(382)
30. 防止高压电动机反向启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. 直接启动就地补偿线路·····	(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起动时的功率

电源情况	允许直接起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	经常起动时,不大于变压器容量的 20%
	不经常起动时,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 变压器与允许直接起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 $\cos\varphi$	起动时允许电压降 (%)	供电变压器容量 S_b (kVA)					
		100	200	365	630	800	1000
		起动鼠笼式电动机最大功率(kW)					
$S_j=0.5S_b$	10	22	45	90	132	160	220
$\cos\varphi=0.7$	15	30	55	110	200	250	280
$S_j=0.6S_b$	10	18.5	30	90	110	132	185
$\cos\varphi=0.8$	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. 手动正转起动线路

用瓷底胶盖闸刀开关、转换开关或铁壳开关控制电动机起动和停止,用熔断器做短路保护,是最简单的手动单向起动线路。这种控制线路只适用于容量较小、起动不频繁的电动机。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. 点动正转起动线路

点动起动线路是指用按钮开关控制电动机起动和停止的线路。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。点动正转起动线路如图 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):

起动: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 起动线路

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

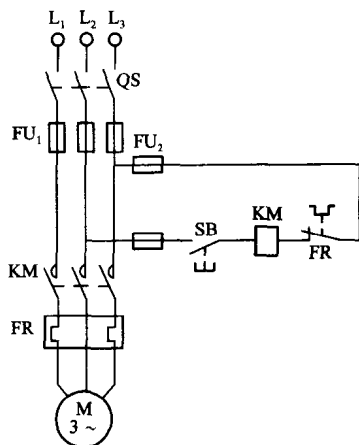


图 1-1 点动正转起动线路

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。由起动按钮 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

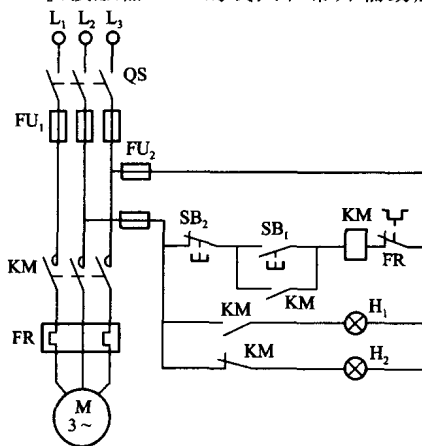


图 1-2 具有自锁功能的正转起动线路