

零起步学 PLC

刘振全 王汉芝 范秀鹏 等编著

西门子 PLC + **三菱 PLC**

→ 完全掌握PLC一步到位

视频动画演示 + **仿真实验讲解**

→ 打造多维度立体化学习



化学工业出版社

零起步学 PLC

刘振全 王汉芝 范秀鹏 等编著



化学工业出版社

· 北京 ·

图书在版编目 (CIP) 数据

零起步学PLC / 刘振全等编著. —北京: 化学工业出版社,
2018.10
ISBN 978-7-122-32774-1

I. ①零… II. ①刘… III. ①PLC 技术 IV. ①TM571.61

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2018) 第 174614 号

责任编辑: 宋 辉
责任校对: 王素芹

文字编辑: 陈 喆
封面设计: 王晓宇

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

印 刷: 三河市延风印装有限公司

装 订: 三河市宇新装订厂

787mm×1092mm 1/16 印张30¼ 字数819千字 2018年11月北京第1版第1次印刷

购书咨询: 010-64518888

售后服务: 010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书, 如有缺损质量问题, 本社销售中心负责调换。

定 价: 128.00元

版权所有 违者必究

本书以三菱 FX3U PLC 和西门子 S7-200PLC 为讲授对象,以其硬件结构、工作原理、指令系统为基础,以开关量、模拟量编程设计方法为重点,以控制系统的工程设计为最终目的,结合丰富的 PLC 应用案例和工程实例,内容上循序渐进,由浅入深全面展开,使读者夯实基础、提高水平,最终达到灵活运用。

全书共分 3 篇 15 章,第 1 篇学习 PLC 必备的电气知识,包括低压电气元件与电气控制线路的识读、电气控制线路的设计;第 2 篇是三菱 PLC 从入门到精通,包括三菱 PLC 简介、FX3U 系列 PLC 指令介绍、三菱 PLC 的控制系统设计、模拟量的控制、三菱 PLC 的通信、三菱 PLC 综合应用设计范例;第 3 篇是西门子 PLC 从入门到精通,包括西门子 PLC 基础知识、S7-200PLC 指令及应用、S7-200PLC 开关量程序设计、S7-200PLC 模拟量控制程序设计、PLC 控制系统的设计、西门子 PLC 的通信、PLC 和变频器及触摸屏的综合应用。

本书图文并茂,结合视频动画仿真讲解演示,打造多维度立体化学习资源,不仅为读者提供了一套有效的编程方法和可借鉴的、丰富的编程案例,还为初学者和工程技术人员提供了大量的实践经验,可作为零基础读者以及广大电气工程技术人员学习 PLC 技术的参考用书,也可作为高等院校、职业院校自动化类、电气类、机电一体化、电子信息类等相关专业的 PLC 教学或参考用书。

本书由刘振全、王汉芝、范秀鹏、吴一鸣、肖紫锐、刘征编著,李楠、包泽斌、杨坤、刘会哲、张亚娴、孙海霞等为本书编写提供了帮助,白瑞祥教授审阅了全部书稿并提出了宝贵建议,在此一并表示衷心的感谢。

由于编著者水平有限,书中难免有不足之处,敬请广大专家和读者批评指正。

编著者

第 1 篇 学习 PLC 必备的电气知识

第 1 章

低压电气元件与电气控制线路的识读

002

- 1.1 低压电气元件识别与使用 / 002
- 1.2 电气控制线路常用的图形符号和文字符号 / 012
- 1.3 三相笼型异步电动机自动启停电路 / 015
- 1.4 顺序控制电路 / 018
- 1.5 多地控制电路 / 020
- 1.6 电动机的正反转控制电路 / 022
- 1.7 三相笼型异步电动机降压启动控制电路 / 024
- 1.8 三相异步电动机反接制动控制 / 029
- 1.9 三相交流异步电动机的行程控制 / 031

第 2 章

电气控制线路的设计

033

- 2.1 电气控制线路的设计方法 / 033
- 2.2 三相交流异步电动机基本控制电路的装接 / 039

第 2 篇 三菱 PLC 从入门到精通

第 3 章

三菱 PLC 简介

048

- 3.1 PLC 基本概念 / 048
- 3.2 PLC 的组成 / 049
- 3.3 PLC 编程语言 / 053
- 3.4 PLC 的特点、应用领域 / 056
- 3.5 FX 系列 PLC 型号与硬件配置 / 058
- 3.6 连接要求 / 060
- 3.7 PLC 编程软件的使用 / 064
- 3.8 GX Simulator 仿真软件使用 / 081
- 3.9 GX Developer 编程软件使用综合举例 / 081

4.1 FX3U 系列 PLC 基本指令 / 086

4.2 FX3U 系列 PLC 应用指令 / 092

5.1 PLC 控制系统的设计概述 / 119

5.2 PLC 的系统控制程序设计方法 / 121

5.3 顺序功能图设计法 / 129

5.4 启保停电路编程法 / 133

5.5 置位复位指令编程法 / 135

5.6 步进指令编程法 / 137

6.1 模拟量控制基础知识 / 141

6.2 模拟量输入模块 / 143

6.3 模拟量输出模块 / 147

6.4 模拟量模块应用案例 / 150

6.5 模拟量输入模块与 PID 控制应用案例 / 155

7.1 PLC 通信简介 / 160

7.2 FX3U 通信指令 / 167

7.3 FX 系列 PLC 通信应用实例 / 170

第 4 章

FX3U 系列 PLC 指令介绍

086

第 5 章

三菱 PLC 的控制 系统设计

119

第 6 章

模拟量的控制

141

第 7 章

三菱 PLC 的通信

160

第8章

三菱 PLC 综合应用设计范例

174

- 8.1 两个滑台顺序控制 / 174
- 8.2 恒压供水的 PLC 控制 / 176
- 8.3 自动售货机的 PLC 控制 / 179
- 8.4 花样喷泉的 PLC 控制 / 182
- 8.5 四层电梯控制 / 185
- 8.6 机械手及其控制 / 191

第3篇 西门子 PLC 从入门到精通

第9章

西门子 S7-200 PLC 简介

204

- 9.1 S7-200PLC 硬件系统 / 204
- 9.2 S7-200PLC 外部结构与接线 / 206
- 9.3 西门子 PLC 编程软件安装及使用说明 / 210

第10章

S7-200 PLC 指令及应用

222

- 10.1 基础知识 / 222
- 10.2 位逻辑指令 / 235
- 10.3 定时器指令 / 243
- 10.4 计数器指令 / 249
- 10.5 比较指令与数据传送指令 / 254
- 10.6 移位与循环指令 / 262
- 10.7 数学运算类指令 / 268
- 10.8 逻辑操作指令 / 275
- 10.9 数据转换指令 / 280
- 10.10 程序控制类指令 / 284
- 10.11 中断指令 / 292
- 10.12 高速计数器指令 / 296
- 10.13 表功能指令 / 301

- 11.1 经验设计法 / 305
- 11.2 翻译设计法 / 309
- 11.3 顺序控制设计法与顺序功能图 / 316
- 11.4 启保停电路编程法 / 320
- 11.5 置位复位指令编程法 / 330
- 11.6 顺序控制继电器指令编程法 / 337
- 11.7 移位寄存器指令编程法 / 344

- 12.1 模拟量控制概述 / 346
- 12.2 模拟量输入输出模块 / 347
- 12.3 空气压缩机改造项目 / 358
- 12.4 PID 控制 / 363
- 12.5 PID 控制在空气压缩机改造项目中的应用 / 369

- 13.1 PLC 控制系统设计的基本原则与步骤 / 373
- 13.2 组合机床 PLC 控制系统设计 / 377
- 13.3 机械手 PLC 控制系统的设计 / 390
- 13.4 两种液体混合控制系统的设计 / 406

- 14.1 通信基础知识 / 419
- 14.2 S7-200 PLC 的通信协议及指令 / 426
- 14.3 PPI 通信实例 / 431
- 14.4 MPI 通信实例 / 439
- 14.5 S7-300 和 S7-200 的 Profibus DP 通信实例 / 449
- 14.6 自由端口通信举例 / 454

第 11 章

S7-200 PLC 开关量程序设计

305

第 12 章

S7-200 PLC 模拟量控制程序设计

346

第 13 章

PLC 控制系统的设计

373

第 14 章

西门子 PLC 的通信

419

第 15 章

PLC、变频器和触摸屏的综合应用

457

参考文献

476

- 15.1 触摸屏 / 457
- 15.2 变频器 / 457
- 15.3 PLC 的运输带触摸屏控制系统 / 458
- 15.4 基于触摸屏（台达）、变频器、PLC 的水位控制系统 / 467
- 15.5 PLC 与变频器控制电动机实现的 15 段速控制系统 / 472

第 1 篇

学习 PLC 必备的 电气知识

第 1 章

低压电气元件与电气控制线路的识读

1.1 低压电气元件识别与使用

电器是一种能根据外界信号和要求手动或自动地接通、断开电路，以实现对电路或非电对象的切换、控制、保护、检测、变换和调节的元件或设备。

低压电气元件通常是指工作在交流电压小于 1200V、直流电压小于 1500V 的电路中起通、断、保护、控制或调节作用的各种电气元件。常用的低压电气元件主要有刀开关、按钮、熔断器、断路器、热继电器、接触器、继电器、行程开关等，学习识别与使用这些电气元件是掌握电气控制技术的基础。



1.1.1 刀开关

刀开关又称闸刀开关，刀极数目有单极、双极和三极三种，其图形符号如图 1-1 所示。主要用于手动接通和切断电路或隔离电源，用在不频繁接通和分断电路的场合。

图 1-1 所示为瓷底胶盖刀开关。图 1-2 所示为瓷底胶盖刀开关结构。此种刀开关由操作手柄、熔丝、触刀、触刀座和瓷底座等部分组成，带有短路保护功能。

刀开关在安装时，手柄要向上，不得倒装或平装，避免由于重力自动下落，引起误动合闸。接线时，应将电源线接在上端，将负载线接在下端，这样断开后，刀开关的触刀与电源隔离，既便于更换熔丝，又可防止可能发生的意外事故。另外，操作刀开关时不能动作迟缓、犹豫不决，动作越慢，越容易出现电弧，影响开关使用寿命，容易出现危险。



图 1-1 瓷底胶盖刀开关

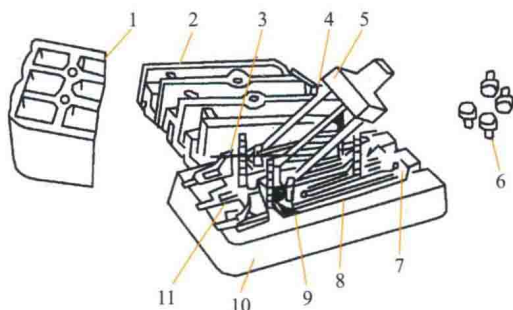


图 1-2 瓷底胶盖刀开关结构图

1—上胶盖；2—下胶盖；3—插座；4—触刀；5—瓷柄；
6—胶盖紧固螺钉；7—出线座；8—熔丝；
9—触刀座；10—瓷底座；11—进线座

刀开关的图形符号及文字符号如图 1-3 所示。

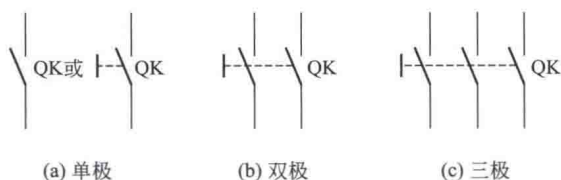


图 1-3 刀开关图形符号及文字符号



1.1.2 按钮

按钮是一种手动且可以自动复位的主令电器，常用于控制电动机或机床控制电路的接通或断开。其外形如图 1-4 所示，按钮由按钮帽、复位弹簧、桥式触点和外壳等组成，其结构如图 1-5 所示。触点采用桥式触点，触点额定电流在 5A 以下，分常开触点和常闭触点两种。在外力作用下，常闭触点先断开，然后常开触点再闭合；复位时，常开触点先断开，然后常闭触点再闭合。



图 1-4 LA19 系列按钮外形

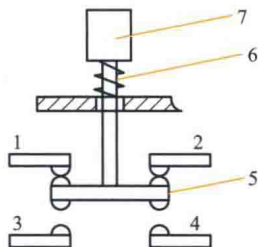


图 1-5 按钮结构示意图

1, 2—常闭触点；3, 4—常开触点；5—桥式触点；6—复位弹簧；7—按钮帽

按用途和结构的不同,按钮分为启动按钮、停止按钮和复合按钮等。按钮的图形和文字符号如图 1-6 所示。



图 1-6 按钮图形、文字符号

按钮一般通过按钮帽螺钉固定在操作面板上,使用时注意螺钉一旦松动应及时拧紧,防止按钮被按入面板内,导致失控及内部短路。

1.1.3 熔断器

熔断器是一种简单而有效的保护电器,主要用于保护电源免受短路的损害。熔断器串联在被保护的电路中,在正常情况下相当于一根导线。熔断器一般分成熔体座和熔体两部分。其外形如图 1-7 所示。

常用的熔断器为螺旋式,它的结构如图 1-8 所示,熔断器的图形和文字符号如图 1-9 所示。



图 1-7 螺旋式熔断器外形



图 1-8 螺旋式熔断器的结构图



图 1-9 熔断器图形、文字符号

RL1 系列螺旋式熔断器的额定电压为 500V,额定电流为 2A、4A、6A、…、200A 等。熔丝额定电流、熔断电流与线径有关。

选择熔断器的容量时,应根据电路的工作情况而定。对于工作电流稳定的电路,如照明、电热等电路,熔体额定电流应等于或稍大于负载工作电流。在异步电动机直接启动电路中,启动电流可达到额定电流的 4~7 倍,此时熔体额定电流应是电动机额定电流的 2.5~4 倍。

熔断器发生熔断时,尤其是熔丝爆断时,切忌不加分析直接更换熔丝,或更换更大容量的熔丝,马上投入使用。熔丝的熔断主要是电路的故障导致的,应确认排除故障,才可通电继续工作。

1.1.4 低压断路器

低压断路器又称自动空气开关,在电气线路中起接通、分断和承载额定工作电流的作用,并能在线路和电动机发生过载、短路、欠电压的情况下进行可靠的保护。它的功能相当于刀开关、过电流继电器、欠电压继电器、热继电器及漏电保护器等电器部分或全部的功能总和,是低压配电网中一种重要的保护电器。其外形如图 1-10 所示。

低压断路器的结构示意图如图 1-11 所示。低压断路器主要由触点、灭弧系统、各种脱扣器和操作机构等组成。脱扣器又分电磁脱扣器、热脱扣器、复式脱扣器、欠压脱扣器和分励脱扣器 5 种。



图 1-10 DZ 系列低压断路器外形

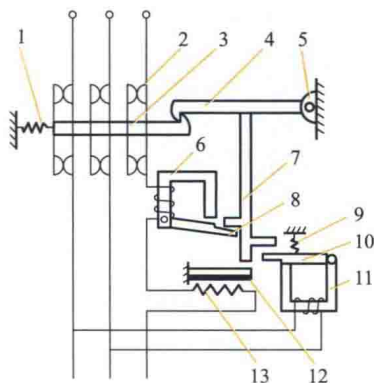


图 1-11 低压断路器结构示意图

1—弹簧; 2—主触点; 3—传动杆; 4—锁扣; 5—轴;
6—电磁脱扣器; 7—杠杆; 8, 10—衔铁; 9—弹簧;
11—欠压脱扣器; 12—双金属片; 13—发热元件

图 1-11 所示断路器处于闭合状态, 3 个主触点通过传动杆与锁扣保持闭合, 锁扣可绕轴 5 转动。断路器的自动分断是由电磁脱扣器 6、欠压脱扣器 11 和双金属片 12 使锁扣 4 被杠杆 7 顶开而完成的。正常工作中, 各脱扣器均不动作, 而当电路发生短路时, 由于电流过大使衔铁 8 推动杠杆 7 向上移动, 造成锁扣 4 脱扣, 传动杆在弹簧 1 的作用下向左移动, 使断路器断开。同样, 当发生欠压或过载故障时, 分别由衔铁 10 或双金属片 12 推动杠杆 7 向上移动使锁扣被杠杆顶开, 实现保护作用。低压断路器的图形符号及文字符号如图 1-12 所示。

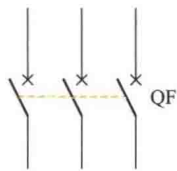


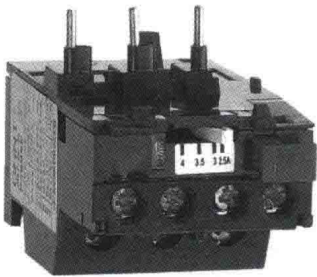
图 1-12 低压断路器图形、文字符号

使用低压断路器来实现短路保护比熔断器优越, 因为当三相电路短路时, 很可能只有一相的熔断器熔断, 造成断相运行。对于低压断路器来说, 只要造成短路都会使开关跳闸, 将三相电路同时切断。但其结构复杂、操作频率低、价格较高, 因此适用于要求较高的场合, 如电源总配电盘。

1.1.5 热继电器

电动机在运行过程中若长期负荷过大、频繁启动或者缺相运行等, 都可能使电动机定子绕组的电流超过额定值, 这种现象叫作过载。过载电流大, 电动机绕组的温升就会超过允许值, 使电动机绕组绝缘老化, 缩短电动机的使用寿命, 严重时甚至会使电动机绕组烧毁。因此, 电动机在长期运行中, 需要对其过载提供保护装置。热继电器是利用电流的热效应原理实现电动机的过载保护, 图 1-13 为一种常用的热继电器外形图。

热继电器主要由热元件、双金属片和触点3部分组成。图 1-14 是热继电器的结构示意图。三个发热元件放在三个双金属片的周围，双金属片是由两层膨胀系数相差较大的金属碾压而成的。左边一层膨胀系数小，右边一层膨胀系数大。工作时，发热元件串联在电动机定子绕组中，电动机正常工作时，发热元件产生的热量虽然能使双金属片弯曲，但还不能使继电器动作。当电动机过载时，流过发热元件的电流增大，经过一定时间后，双金属片向左弯曲推动导板使继电器常闭动触点 9 断开，切断电动机的控制线路，负载停止工作。



JR16 系列热继电器

图 1-13 热继电器外形

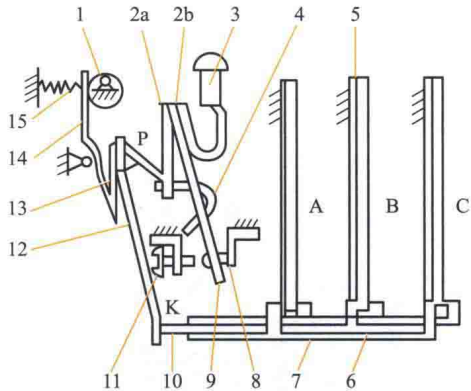


图 1-14 JR16 系列热继电器结构示意图

- 1—电流调节凸轮；2a,2b—簧片；3—手动复位按钮；
- 4—弓簧；5—双金属片；6—外导板；7—内导板；
- 8—常闭静触点；9—常闭动触点；10—杠杆；
- 11—调节螺钉；12—补偿双金属片；
- 13—推杆；14—连杆；15—压簧

由于双金属片有热惯性，因而热继电器不能做短路保护。当出现短路事故时，要求电路立即断开，而热继电器却不能马上动作。但是，热继电器的热惯性也有一定好处。例如，电动机启动或者短时过载，热继电器不会立即动作，这样就避免了电动机不必要的停车。热继电器复位时，按下复位按钮 3 即可。热继电器的图形符号及文字符号如图 1-15 所示。



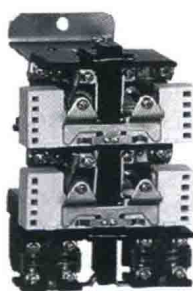
图 1-15 热继电器图形、文字符号

对于重复短时工作的电动机（如起重机电动机），由于电动机不断重复升温，热继电器双金属片的温升跟不上电动机绕组的温升，电动机将得不到可靠的过载保护。因此，不宜选用双金属片热继电器，而应选用过电流继电器或能反映绕组实际温度的温度继电器来进行保护。

1.1.6 接触器

接触器是一种自动的电磁式开关。它通过电磁力作用下的吸合和反向弹簧力作用下的释放使触头闭合和分断，导致电路的接通和断开。接触器是电力拖动中最主要的控制电器之一。接触器分为直流和交流两大类，结构大致相同，这里只简单介绍交流接触器。图 1-16 所示为几款接触器的外形。





(a) CZ0直流接触器



(b) CJX1系列交流接触器



(c) CJX2-N系列可逆交流接触器

图 1-16 接触器外形

图1-17所示为交流接触器的结构示意图,它分别由电磁铁、触头、灭弧装置和其他部件组成。电磁铁包括铁芯、线圈和衔铁等,其中铁芯与线圈固定不动,衔铁可以移动。触头由动触头和静触头组成,动触头和电磁系统的衔铁通过绝缘支架固定在一起。

接触器的触头有主触头和辅助触头两种。通常主触头有三对,它的接触面积较大,有灭弧装置,能通过较大的电流。主触头在电路控制用电器的启动与停止。接触器的常态是线圈没有通电时触头的工作状态。此时,处于断开的触头称为常开触头,处于闭合的触头称常闭触头。常态时,主触头是常开的,辅助触头有常开与常闭两种形式。

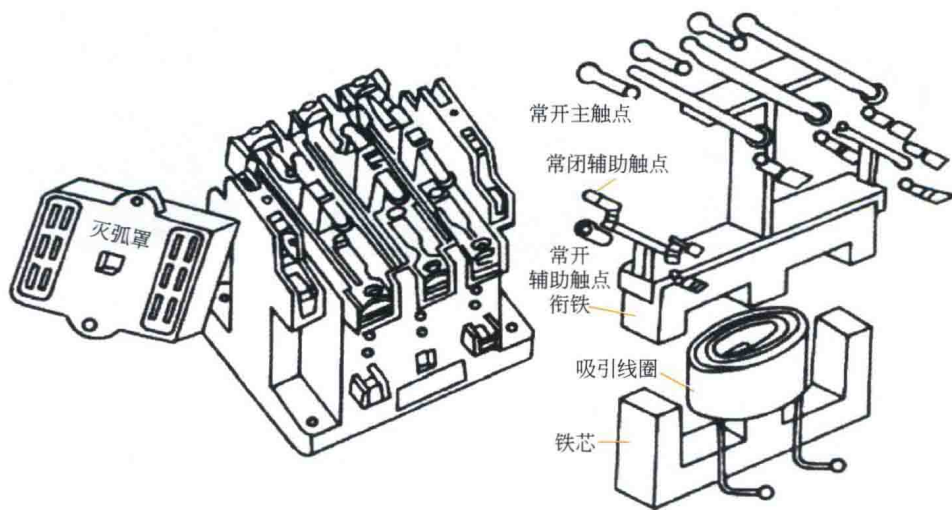


图 1-17 交流接触器结构示意图

交流接触器工作时,一般当施加在线圈上的交流电压大于线圈额定电压值的85%时,铁芯中产生的磁通对衔铁产生的电磁吸力使衔铁带动触点向下移动。触点的动作使常闭触点先断开,常开触点后闭合。当线圈中的电压值为零时,铁芯的吸力消失,衔铁在复位弹簧的拉动下向上移动,触点复位,使常开触点先断开,常闭触点后闭合。另外,当线圈中的电压值降到某一数值时,铁芯的吸力小于复位弹簧的拉力,此时,也同样使触点复位。这个功能就是接触器的欠压保护功能。

交、直流接触器的图形符号及文字符号如图1-18所示。



图 1-18 接触器图形、文字符号

接触器的电气寿命用其在不同使用条件下无需修理或更换零件的负载操作次数来表示。接触器的机械寿命用其在需要正常维修或更换机械零件前，包括更换触点所能承受的无载操作循环次数来表示。

1.1.7 电磁式继电器

继电器是根据某种输入信号的变化接通或断开控制电路，实现自动控制和保护电力装置的自动电器。

在低压控制系统中采用的继电器大部分是电磁式继电器，电磁式继电器的结构及工作原理与接触器基本相同。主要区别在于：继电器是用于切换小电流电路的控制电路和保护电路，而接触器是用来控制大电流电路；继电器没有灭弧装置，也无主触点和辅助触点之分等。图 1-19 为几种常用电磁式继电器的外形图。



图 1-19 电磁式继电器外形

电磁式继电器的典型结构如图 1-20 所示，它由电磁机构和触点系统组成。按吸引线圈电流的类型，可分为直流电磁式继电器和交流电磁式继电器。按其在电路中的连接方式，可分为电流继电器、电压继电器和中间继电器等。

① 电流继电器。电流继电器的线圈与被测电路串联，以反映电路电流的变化，其线圈匝数少，导线粗，线圈阻抗小。电流继电器除用于电流型保护的场合外，还经常用于按电流原则控制的场合。电流继电器有欠电流继电器和过电流继电器两种。

② 电压继电器。电压继电器反映的是电压信号。使用时，电压继电器的线圈并联在被测电路中，线圈的匝数多、导线细、阻抗大。继电器根据所接线路电压值的变化，处于吸合或释放状态。根据动作电压值不同，电压继电器可分为欠电压继电器和过电压继电器两种。

③ 中间继电器。中间继电器实质上是电压继电器，只是触点对数多，触点容量较大，其额定电流为 $5 \sim 10\text{A}$ 。当其他继电器的触点对数或触点容量不够时，可以借助中间继电器来扩展它们的触点数或触点容量，起到信号中继作用。

中间继电器体积小，动作灵敏度高，并在 10A 以下电路中可代替接触器起控制作用。