

高职高专规划教材

# 现代工厂电气控制技术实训

贯 宇 主编



石油工业出版社  
Petroleum Industry Press

高职高专规划教材

# 现代工厂电气控制技术实训

贯宇 主编

石油工业出版社

## 内 容 提 要

本书根据现代工厂电气控制技术的岗位需求,以技能实训为主线,以理论技术为基础,结合技能实训项目,配合必要的理论技术,形成内容相近的教学模块。本书分为六个模块,每个模块由技术理论和专业技能组成,把理论与技能有机地统一起来,分别讲述了现代工厂电气控制基础知识、传感器应用、PLC 技术、变频器技术、单片机技术、组态技术等内容。

本书以理论够用为原则,以培养操作技能为目的,合理安排全书的内容,实用性强,易学易懂,可供高等职业院校电气自动化专业师生使用,也可作为企业员工的培训教材。

## 图书在版编目(CIP)数据

现代工厂电气控制技术实训/贯宇主编.

北京:石油工业出版社,2010.6

高职高专规划教材

ISBN 978-7-5021-7826-0

I. 现…

II. 贯…

III. 工厂-电气控制-高等学校:技术学校-教材

IV. TM571.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 097950 号

---

出版发行:石油工业出版社

(北京安定门外安华里 2 区 1 号 100011)

网 址:<http://www.petropub.com.cn>

编辑部:(010)64523546 发行部:(010)64523620

经 销:全国新华书店

排 版:北京乘设伟业科技有限公司

印 刷:中国石油报社印刷厂

---

2010 年 7 月第 1 版 2010 年 7 月第 1 次印刷

787×1092 毫米 开本:1/16 印张:16

字数:406 千字

---

定价:22.00 元

(如出现印装质量问题,我社发行部负责调换)

版权所有,翻印必究

# 前 言

现代工厂电气控制是对现代工厂企业设备进行技术改造和推动技术发展的重要手段。在工厂企业的科研、生产、技术革新等领域中广泛应用。

近年来,随着电子元器件和电路技术的迅速发展,尤其是计算机技术的推广和应用,带来了工厂控制技术的革命性的变化,在近十年中,工厂企业的控制技术的发展超越了前几十年的发展。《现代工厂电气控制技术实训》就是针对这一发展,更快适应为企业培养技能型人才的需要而设置的。

本书以技能实训为主线,以理论技术为基础,根据技能实训项目,配合必要的理论技术,形成内容相近的教学模块。本书分为六个模块。模块一为电气控制基本技能,本模块主要对电工基本知识进行训练,例如,常用低压电器的选择、电路识图知识、低压电器的安装工艺、常用电工仪表的使用、电动机的常规测量及电力拖动电路的安装等。模块二为传感器应用技术,本模块主要是以现代工厂中常用的传感器为例,从原理到实物,从安装到调试,逐步掌握传感器的综合知识,以利于灵活使用。模块三为变频器应用技术,本模块内容包括变频器的安装和变频器的基本操作、工作参数设置、变频器外部控制电路安装与调试等。模块四为 PLC 控制,从使用 PLC 完成常见电动机控制,到常用的典型电路的设计,进一步掌握 PLC 应用技术。模块五为单片机应用技术,以单片机最基础应用为主,力求以最常用的实例开始,掌握最基本的单片机应用技术。模块六为综合实训,以组态技术为应用点,把以前学习的内容贯穿起来,同时介绍几个综合应用实例。

本书模块一由辽河石油职业技术学院郑晓莲编写,模块二由大庆职业学院鱼敏英编写,模块三由辽河石油职业技术学院贯宇编写,模块四由大庆职业学院夏咏梅编写,模块五由辽河石油职业技术学院闫文文编写,模块六由天津石油职业技术学院韩志民编写。

本书主编贯宇,副主编郑晓莲、夏咏梅。

本书内容紧密结合现场实际,可作为高职高专在校学生的实习、实训教材,也可作为企业员工的培训教材。

本书在编写过程中得到了辽河石油职业技术学院、大庆职业学院、天津石油职业技术学院等院校领导和老师的支持和帮助,在此表示衷心感谢!

由于编者水平有限,书中难免存在不妥之处,恳请使用本书的广大师生提出宝贵意见。

编者

2010 年 5 月

# 目 录

|                                  |       |
|----------------------------------|-------|
| 模块一 电气控制基本技能 .....               | (1)   |
| 实训单元一 常用低压电器的识别与选择 .....         | (1)   |
| 实训单元二 常用低压电器安装工艺 .....           | (12)  |
| 实训单元三 电动机测量 .....                | (16)  |
| 实训单元四 三相异步电动机控制电路安装工艺 .....      | (21)  |
| 模块二 传感器应用技术 .....                | (31)  |
| 实训单元一 传感器知识概述 .....              | (31)  |
| 实训单元二 电阻式传感器 .....               | (35)  |
| 实训单元三 电感式传感器 .....               | (42)  |
| 实训单元四 热电偶传感器 .....               | (46)  |
| 实训单元五 霍尔式传感器 .....               | (55)  |
| 实训单元六 光电式传感器 .....               | (62)  |
| 模块三 变频器应用技术 .....                | (70)  |
| 实训单元一 变频器的安装与参数设置 .....          | (70)  |
| 实训单元二 变频器常用参数设置 .....            | (83)  |
| 实训单元三 变频器外控端子控制 .....            | (94)  |
| 实训单元四 工频——变频转换自动控制 .....         | (111) |
| 实训单元五 变频器多段速控制 .....             | (118) |
| 模块四 PLC 控制 .....                 | (126) |
| 实训单元一 PLC 编程软件、外接线路的熟悉与使用 .....  | (126) |
| 实训单元二 基本指令的使用与小程序的构成 .....       | (132) |
| 实训单元三 电动机典型控制电路的 PLC 编程 .....    | (140) |
| 实训单元四 定时器与计数器的综合应用(交通灯岗控制) ..... | (149) |
| 实训单元五 SFT、MOV 指令的应用 .....        | (153) |
| 实训单元六 多站小车呼叫控制 .....             | (159) |
| 模块五 单片机应用技术 .....                | (163) |
| 实训单元一 单片机最小系统电路 .....            | (163) |
| 实训单元二 电子琴发声 .....                | (174) |
| 实训单元三 16 × 16 点阵显示屏电路实训 .....    | (184) |

|                            |       |
|----------------------------|-------|
| 实训单元四 交通灯显示 .....          | (196) |
| 模块六 综合实训 .....             | (208) |
| 实训单元一 MCGS 工控组态软件的使用 ..... | (208) |
| 实训单元二 PLC 与变频器的综合控制 .....  | (238) |
| 参考文献 .....                 | (249) |

# 模块一 电气控制基本技能

## 模块(技术)理论总目标:

- 学会常用低压电器的选择
- 学会看低压电路图
- 学会低压电器的测量
- 能分析典型电动机控制电路工作原理
- 能从理论上分析电路故障

## 模块(专业)技能总目标:

- 学会低压电器安装检修的基本技能
- 学会电动机的检测
- 学会典型电动机控制电路的安装调试
- 学会典型电动机控制电路故障处理

## 模块简介:

通过本模块的练习,使受训者掌握常用低压电器的选择方法,电路图的识读,掌握低压电器的安装工艺,学会电工常用仪器仪表的使用,掌握电动机的典型电路安装调试方法,学会常见电动机控制电路故障分析与排除。在练习时要注意安全,防止触电,要注重理论与实际的结合。

## 实训单元一 常用低压电器的识别与选择

### 一、单元实训目的

- (1)掌握常用低压电器结构,学会低压电器常见故障的维修。
- (2)学会低压电器的选择。
- (3)掌握电动机典型控制电路的安装调试。
- (4)掌握一般电气控制电路故障查找方法。

### 二、单元技术理论

#### (一)自动空气开关(断路器)简介

##### 1. 主触头及灭弧装置

主触头用来接通和分断主电路,并装有灭弧装置。

##### 2. 脱扣器

脱扣器是断路器的感受元件,当电路出现故障时,脱扣器感测到故障信号后,经自由脱扣机构使断路器主触头分断。

##### 3. 自由脱扣机构和操作机构

自由脱扣机构是用来联系操作机构与主触头的机构,当操作机构处于闭合位置时,也可操作分励脱扣器进行脱扣,将主触头分开。



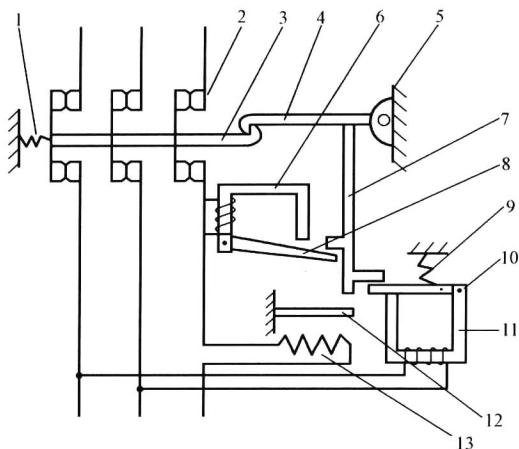


图 1-1 小型低压断路器示意图

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

#### 4. 工作原理

小型低压断路器,如图 1-1 所示,断路器的三个主触头串接于三相电路中,经操作机构将其闭合,此时传动杆 3 由锁扣 4 钩住,保持主触头闭合。当主电路出现过电流故障且达到过电流脱扣器的动作电流时,电磁脱扣器 6 的衔铁吸合,顶杆向上将锁扣 4 顶开,在分闸弹簧 1 的作用下主触头 2 断开。当主电路出现欠电压、失压或过载时,则欠压、失压脱扣器及过载脱扣器分别将锁扣顶开,使主触头断开。

#### (二)接触器简介

接触器是一种适用于远距离频繁接通和分断交直流主电路和控制电路的自动控制电器。其主要控制对象是电动机,也可用于其他电力负载,如电热器、电焊机等。

接触器还具有欠电压释放保护、零压保护、控制容量大、工作可靠、寿命长等优点,是自动控制系统中应用最多的一种电器。接触器的工作原理如图 1-2 所示。它是利用电磁铁吸力及弹簧反作用力配合动作,使触头接通或断开。按其触头控制交流电还是直流电,分为交流接触器和直流接触器,两者之间的差异主要是灭弧方法不同。

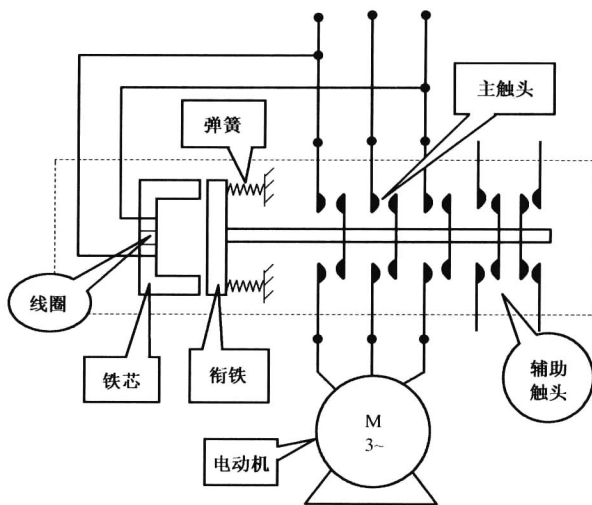


图 1-2 接触器工作原理图

### 三、单元实训项目

本单元实训由两个实训项目组成:实训项目(一)常用低压电器拆装;实训项目(二)常见低压电器选择。

#### 实训项目(一) 常用低压电器拆装

##### 1. 实训目的

(1)了解断路器结构。



(2)掌握断路器各个部件作用。

(3)掌握断路器的选择。

## 2. 实训设备及材料

(1)工具与仪表:

| 序 号 | 名 称   | 型 号               | 数 量 | 单 位 | 备 注 |
|-----|-------|-------------------|-----|-----|-----|
| 1   | 电工钳   |                   | 1   | 把   |     |
| 2   | 万用表   | MF47              | 1   | 块   |     |
| 3   | 摇表    | 500V              | 1   | 块   |     |
| 4   | 十字螺丝刀 | $\phi 5\text{mm}$ | 1   | 把   |     |
| 5   |       | $\phi 3\text{mm}$ | 1   | 把   |     |
| 6   | 一字螺丝刀 | $\phi 5\text{mm}$ | 1   | 把   |     |
| 7   | 元件盒   |                   | 1   | 个   |     |

(2)实训材料:

| 序 号 | 名 称     | 型 号              | 数 量 | 单 位 | 备 注         |
|-----|---------|------------------|-----|-----|-------------|
| 1   | 塑料外壳断路器 | DZ47 - 63C10/3P  | 1   | 个   |             |
| 2   | 接触器     | CJX2 - 0910 380V | 1   | 个   | 配外挂 F4 - 22 |
| 3   | 时间继电器   | JSZ3 ,380V       | 1   | 个   |             |
| 4   | 热继电器    | JR36 - 32/16     | 1   | 个   |             |
| 5   | 位置开关    | LX19 - 111       | 1   | 个   |             |
| 6   | 按钮      | LA4 - 3H         | 1   | 个   |             |
| 7   | 三相异步电动机 | Y 系列:Y90S - 4    | 1   | 台   | 380V,1.1kW  |

## 3. 实训内容及操作步骤

### 1)拆装塑料外壳断路器

(1)准备工作:

① 准备工具一套、元件盒一个、万用表一块、塑料外壳断路器一个。

② 纪律要求:实训期间必须穿工作服、工鞋;注意安全、遵守实习纪律,做到有事请假,不得无故不到或随意离开;实习过程中要爱护实习器材,节约用料;通电操作前必须向老师报告,批准后方可通电,通电前必须通知本组同学。

(2)拆装:

① 基本要求:拆装时必须按先后顺序放好器件,安装时顺序到过来安装;所有小件要注意防止丢失;个别器件与教材上规定不一致,要注意区分。

② 拆装外壳:

- 仔细观察壳体,记录型号;
- 明确拆卸螺钉位置,拆卸时要注意不能损坏壳体;
- 拆卸的螺钉等小部件要放到事先准备好的地方;
- 拆卸时用力要轻,不能硬撬。

③ 拆卸内部机构:

- 先仔细看清内部各个部件的位置;
- 分析各个部件的关系,记录拆卸部件名称;
- 拆卸部件应从外向里的顺序进行,要注意联动的部分;

- d. 拆卸的部件要按顺序摆放；
- e. 安装完毕后,操作几次,观察操作是否灵活。

④ 填表：

- a. 正确填写拆装部件名称,填写断路器型号,见表 1-1；
- b. 填写部件作用。

表 1-1 低压电器拆装表

| 序 号 | 名 称 | 型号或作用 | 备 注<br>(填写型号或拆装部件) |
|-----|-----|-------|--------------------|
| 1   |     |       |                    |
| 2   |     |       |                    |
| 3   |     |       |                    |
| 4   |     |       |                    |

⑤ 测量：

- a. 安装完毕后,测量触头通断电阻阻值,选用单、双臂电桥进行测量,并做好记录；
- b. 测量触头绝缘电阻,选择合适的摇表测量,并做好记录,见表 1-2。

表 1-2 触头电阻测量表

| 序 号 | 测 量 项 目        |     | 触头电阻阻值 |    | 备 注 |
|-----|----------------|-----|--------|----|-----|
|     |                |     | 接通     | 断开 |     |
| 1   | 通断<br>电阻<br>阻值 | A   |        |    |     |
| 2   |                | B   |        |    |     |
| 3   |                | C   |        |    |     |
| 4   | 绝缘<br>电阻       | A—B |        |    |     |
| 5   |                | B—C |        |    |     |
| 6   |                | C—A |        |    |     |
| 7   | 选择仪表           |     |        |    |     |

⑥ 低压断路器的选择：

- a. 低压断路器的主要技术参数：

额定电压:指断路器在电路中长期工作的允许电压。

额定电流:指脱扣器允许长期通过的电流。

断路器壳架等级额定电流:指每一种框架或塑壳中能安装的最大脱扣器的额定电流。

断路器的通断能力:指在规定操作条件下,断路器能接通和分断短路电流的能力。

- b. 断路器的选用：

断路器额定电压等于或大于线路额定电压。

断路器额定电流等于或大于线路计算负荷电流,一般, $I_N \geq 1.2 I_L$ 。

断路器通断能力等于或大于线路中可能出现的最大短路电流。

断路器欠压脱扣器额定电压等于线路额定电压。

断路器分励脱扣器额定电压等于控制电源电压。

长延时电流整定值等于电动机额定电流。

瞬时整定电流:对保护笼型异步电动机的断路器,瞬时整定电流为(8~15)倍电动机额定电流;对于保护绕线式异步电动机的断路器,其瞬时整定电流为(3~6)倍电动机额定电流。

2) 拆装接触器

(1) 准备工作:

- ① 准备工具;
- ② 准备低压电器、接触器;
- ③ 准备元件盒;
- ④ 准备好仪表。

(2) 拆装:

① 拆装外壳:

- a. 仔细观察壳体,记录型号;
- b. 明确拆卸螺钉位置,拆卸时要注意不能损坏壳体;
- c. 拆卸的螺钉等小部件要放到事先准备好的地方;
- d. 拆卸时用力要轻,打开下壳时要用手轻轻按住,防止内部小弹簧弹出。

② 拆卸内部机构:

- a. 先仔细看清内部各个部件的位置,注意内部弹簧位置;
- b. 分析各个部件的关系,记录拆卸部件名称;
- c. 拆卸部件应从外向里的顺序进行,要注意联动的部分;
- d. 拆卸触头时要小心,不能硬撬;
- e. 拆卸的部件要按顺序摆放;
- f. 安装完毕后,操作几次,观察操作是否灵活。

③ 填表:

- a. 正确填写拆装部件名称,填写接触器型号,见表 1-3;

表 1-3 低压电器拆装表

| 序 号 | 名 称 | 型号或作用 | 备 注<br>(填写型号或拆装部件) |
|-----|-----|-------|--------------------|
| 1   |     |       |                    |
| 2   |     |       |                    |
| 3   |     |       |                    |
| 4   |     |       |                    |

- b. 填写部件名称和作用,见表 1-4。

表 1-4 接触器触头电阻及线圈测量表

| 序 号 | 测 量 项 目        |     | 触头电阻阻值 |    | 备 注 |
|-----|----------------|-----|--------|----|-----|
|     |                |     | 接通     | 断开 |     |
| 1   | 通断<br>电阻<br>阻值 | A   |        |    |     |
| 2   |                | B   |        |    |     |
| 3   |                | C   |        |    |     |
| 4   | 绝缘<br>电阻       | A—B |        |    |     |
| 5   |                | B—C |        |    |     |
| 6   |                | C—A |        |    |     |
| 7   | 线圈电阻           |     |        |    |     |
| 8   | 选择仪表           |     |        |    |     |

#### ④ 测量:

- 安装完毕后,测量触头通断电阻阻值,并做好记录;
- 测量触头绝缘电阻,并做好记录;
- 测量线圈电阻。

#### ⑤ 接触器的选择:

a. 接触器的极数和电流种类:按主触头的个数分类,接触器有两极、三极和四极接触器;按主触头接通和分断主电路的电流种类分类,有交流接触器和直流接触器。

b. 额定工作电压:是指主触头之间的正常工作电压。直流接触器额定电压有:110V、220V、440V、660V;交流接触器额定电压有:127V、220V、380V、500V、600V。

c. 额定工作电流:是指主触头正常工作电流。

d. 额定通断能力:是指主触头在规定条件下,能可靠地接通和分断的电流值。

e. 线圈额定工作电压:是指接触器电磁线圈正常工作电压值,交流线圈有 36V、127V、220V、380V,直流线圈有 110V、220V、440V。

f. 允许操作频率:是指接触器在每小时内允许的最高操作次数。

g. 机械寿命和电气寿命:机械寿命是指接触器在需要修理或更换机构零件前所能承受的无载操作次数;电气寿命是指在规定的正常工作条件下,接触器需要修理或更换零件前的有载次数。

h. 接触器线圈的启动功率和吸持功率:直流接触器的启动功率与吸持功率相等;交流接触器启动功率一般为吸持功率的 5~8 倍;线圈的工作功率是指吸持有功功率。

i. 使用类别:接触器用于不同负载时,对主触头的接通和分断能力的要求也不同。

接触器常见的使用类别及典型应用见表 1-5。

表 1-5 接触器的常见使用类别和典型用途

| 触 头 | 电流种类       | 使用类别代号 | 典型用途举例                |
|-----|------------|--------|-----------------------|
| 主触头 | AC<br>(交流) | AC-1   | 无感或微感负载,电阻炉           |
|     |            | AC-2   | 绕线转子异步电动机的启动、制动       |
|     |            | AC-3   | 笼型异步电动机的启动、运转和分断      |
|     |            | AC-4   | 笼型异步电动机的启动、反接制动与反向、点动 |
|     | DC<br>(直流) | DC-1   | 无感或微感负载,电阻炉           |
|     |            | DC-2   | 并励电动机的启动、反接制动、点动      |
|     |            | DC-3   | 串励电动机的启动、反接制动、点动      |
|     |            | DC-4   | 白炽灯的接通                |

## 实训项目(二) 常见低压电器选择

### 1. 实训目的

- (1)了解低压电器设备选择的依据;
- (2)学会常用低压电器的选择。

### 2. 实训内容及操作步骤

选择依据:额定电流估算  $I_N = \text{额定功率 } P_N \times 2$

(1-1)

### 1) 接触器的选择

(1) 接触器种类的选择: 根据接触器控制的负载性质来相应选择直流接触器还是交流接触器; 一般场合选用电磁式接触器, 对频繁操作的带交流负载的场合, 可选用带直流电磁线圈的交流接触器。

(2) 接触器使用类别的选择: 根据接触器所控制负载的工作任务来选择相应使用类别的接触器, 如负载是一般任务则选用 AC-3 使用类别; 负载为重任务则应选用 AC-4 类别; 如果负载为一般任务与重任务混合时, 则可根据实际情况选用 AC-3 或 AC-4 类接触器, 如选用 AC-3 类时, 应降级使用。

(3) 接触器额定电压的确定: 接触器主触头的额定电压应根据主触头所控制负载电路的额定电压来确定。

(4) 接触器额定电流的选择: 一般情况下, 接触器主触头的额定电流应大于等于负载或电动机的额定电流, 计算公式为

$$I_N \geq \frac{P_N \times 10^3}{KU_N} \quad (1-2)$$

式中  $I_N$ ——接触器主触头额定电流, A;

$K$ ——经验系数, 一般取 1 ~ 1.4;

$P_N$ ——被控电动机额定功率, kW;

$U_N$ ——被控电动机额定线电压, V。

一般情况下, 三相异步电动机额定电流估算可参见式(1-1)。接触器额定电流为电动机额定电流的 1.1 ~ 1.2 倍。

当接触器用于电动机频繁启动、制动或正反转的场合, 一般可将其额定电流降一个等级来选用。

(5) 接触器线圈额定电压的确定: 接触器线圈的额定电压应等于控制电路的电源电压。为保证安全, 一般接触器线圈选用 110V、127V, 并由控制变压器供电。但如果控制电路比较简单, 所用接触器的数量较少时, 为省去控制变压器, 可选用 380V、220V 电压。

(6) 接触器触头数目: 在三相交流系统中一般选用三极接触器, 即三对常开主触头, 当需要同时控制中性线时, 则选用四极交流接触器; 在单相交流和直流系统中则常用两极或三极并联接触器; 交流接触器通常有三对常开主触头和四至六对辅助触头, 直流接触器通常有两对常开主触头和四对辅助触头。

(7) 交、直流接触器额定操作频率一般有 600 次/h、1200 次/h 等几种, 一般说来, 额定电流越大, 则操作频率越低, 可根据实际需要选择。

### 2) 电磁式继电器的选择

应根据继电器的功能特点、适用性、使用环境、工作制、额定工作电压及额定工作电流来选择。

(1) 电磁式电压继电器的选择。根据在控制电路中的作用, 电压继电器有过电压继电器和欠电压继电器两种类型。

交流过电压继电器选择的主要参数是额定电压和动作电压, 其动作电压按系统额定电压的 1.1 ~ 1.2 倍整定。

交流欠电压继电器常用一般交流电磁式电压继电器, 其选用只要满足一般要求即可, 对释

放电压值无特殊要求。而直流欠电压继电器吸合电压按其额定电压的  $0.3 \sim 0.5$  倍整定,释放电压按其额定电压的  $0.07 \sim 0.2$  倍整定。

(2)电磁式电流继电器的选择。根据负载所要求的保护作用,分为过电流继电器和欠电流继电器两种类型。

过电流继电器:交流过电流继电器、直流过电流继电器。

欠电流继电器:只有直流欠电流继电器,用于直流电动机及电磁吸盘的弱磁保护。

过电流继电器的主要参数是额定电流和动作电流,其额定电流应大于或等于被保护电动机的额定电流;动作电流应根据电动机工作情况,按其启动电流的  $1.0 \sim 1.3$  倍整定。一般绕线型转子异步电动机的启动电流按  $2.5$  倍额定电流考虑,笼型异步电动机的启动电流按  $4 \sim 7$  倍额定电流考虑。直流过电流继电器动作电流,按直流电动机额定电流的  $1.1 \sim 3.0$  倍整定。

欠电流继电器选择的主要参数是额定电流和释放电流,其额定电流应大于或等于直流电动机及电磁吸盘的额定励磁电流;释放电流整定值应低于励磁电路正常工作范围内可能出现的最小励磁电流,一般释放电流按最小励磁电流的  $0.85$  倍整定。

(3)电磁式中间继电器的选择。应使线圈的电流种类和电压等级与控制电路一致,同时,触头数量、种类及容量应满足控制电路要求。

### 3)热继电器的选择

热继电器主要用于电动机的过载保护,因此应根据电动机的形式、工作环境、启动情况、负载情况、工作制及电动机允许过载能力等综合考虑。

(1)热继电器结构形式的选择。对于星形连接的电动机,使用一般不带断相保护的三相热继电器能反映一相断线后的过载,对电动机断相运行能起保护作用。

对于三角形连接的电动机,则应选用带断相保护的三相结构热继电器。

(2)热继电器额定电流的选择。原则上按被保护电动机的额定电流选取热继电器。对于长期正常工作的电动机,热继电器中热元件的整定电流值为电动机额定电流的  $0.95 \sim 1.05$  倍;对于过载能力较差的电动机,热继电器热元件整定电流值为电动机额定电流的  $0.6 \sim 0.8$  倍。

对于不频繁启动的电动机,应保证热继电器在电动机启动过程中不产生误动作,若电动机启动电流不超过其额定电流的  $6$  倍,并且启动时间不超过  $6s$ ,可按电动机的额定电流来选择热继电器。

对于重复短时工作制的电动机,首先要确定热继电器的允许操作频率,然后再根据电动机的启动时间、启动电流和通电持续率来选择。

### 4)时间继电器的选择

(1)电流种类和电压等级:电磁阻尼式和空气阻尼式时间继电器,其线圈的电流种类和电压等级应与控制电路的相同;电动机或与晶体管式时间继电器,其电源的电流种类和电压等级应与控制电路的相同。

(2)延时方式:根据控制电路的要求来选择延时方式,即通电延时型和断电延时型。

(3)触头形式和数量:根据控制电路要求来选择触头形式(延时闭合型或延时断开型)及触头数量。

(4)延时精度:电磁阻尼式时间继电器适用于延时精度要求不高的场合,电动机式或晶体管式时间继电器适用于延时精度要求高的场合。

(5)延时时间:应满足电气控制电路的要求。

(6)操作频率:时间继电器的操作频率不宜过高,否则会影响其使用寿命,甚至会导致延时动作失调。

#### 5)熔断器的选择

(1)一般熔断器的选择:根据熔断器类型、额定电压、额定电流及熔体的额定电流来选择。

① 熔断器类型。熔断器类型应根据电路要求、使用场合及安装条件来选择,其保护特性应与被保护对象的过载能力相匹配。对于容量较小的照明和电动机,一般是考虑它们的过载保护,可选用熔体熔化系数小的熔断器,对于容量较大的照明和电动机,除过载保护外,还应考虑短路时的分断短路电流能力,若短路电流较小时,可选用低分断能力的熔断器;若短路电流较大时,可选用高分断能力的 RLI 系列熔断器;若短路电流相当大时,可选用有限流作用的 RH 及 RT12 系列熔断器。

② 熔断器额定电压和额定电流。熔断器的额定电压应大于或等于线路的工作电压,额定电流应大于或等于所装熔体的额定电流。

③ 熔断器熔体额定电流:

对于照明线路或电热设备等没有冲击电流的负载,应选择熔体的额定电流等于或稍大于负载的额定电流,即

$$I_{RN} \geq I_N \quad (1-3)$$

式中  $I_{RN}$ ——熔体额定电流,A;

$I_N$ ——负载额定电流,A。

对于长期工作的单台电动机,要考虑电动机启动时不应熔断,即

$$I_{RN} \geq (1.5 \sim 2.5) I_N \quad (1-4)$$

轻载时系数取 1.5,重载时系数取 2.5。

对于频繁启动的单台电动机,在频繁启动时,熔体不应熔断,即

$$I_{RN} \geq (3 \sim 3.5) I_N \quad (1-5)$$

对于多台电动机长期共用一个熔断器,熔体额定电流为

$$I_{RN} \geq (1.5 \sim 2.5) I_{NM\max} + \sum I_{NM} \quad (1-6)$$

式中  $I_{NM\max}$ ——容量最大电动机的额定电流,A;

$\sum I_{NM}$ ——除容量最大电动机外,其余电动机额定电流之和,A。

适用于配电系统的熔断器:在配电系统多级熔断器保护中,为防止越级熔断,使上、下级熔断器间有良好的配合,选用熔断器时应使上一级(干线)熔断器的熔体额定电流比下一级(支线)的熔体额定电流大 1~2 个级差。

(2)快速熔断器的选择:

① 快速熔断器的额定电压。快速熔断器额定电压应大于电源电压,且小于晶闸管的反向峰值电压  $U_0$ ,因为快速熔断器分断电流的瞬间,最高电弧电压可达电源电压的 1.5~2 倍。因此,整流二极管或晶闸管的反向峰值电压必须大于此电压值才能安全工作,即

$$U_F \geq K_1 U_{RE} \quad (1-7)$$



式中  $U_F$ ——硅整流元件或晶闸管的反向峰值电压, V;

$U_{RE}$ ——快速熔断器额定电压, V;

$K_I$ ——安全系数, 一般取 1.5 ~ 2。

② 快速熔断器的额定电流。快速熔断器的额定电流是以有效值表示的, 而整流二极管和晶闸管的额定电流是用平均值表示的。当快速熔断器接入交流侧, 熔体的额定电流为

$$I_{RN} \geq K_I I_{Zmax} \quad (1-8)$$

式中  $I_{Zmax}$ ——可能使用的最大整流电流, A;

$K_I$ ——与整流电路形式及导电情况有关的系数。

当快速熔断器接入整流桥臂时, 熔体额定电流为

$$I_{RN} \geq 1.5 I_{GN} \quad (1-9)$$

式中  $I_{GN}$ ——硅整流元件或晶闸管的额定电流, A。

## 6) 开关电器的选择

(1) 刀开关的选择: 刀开关主要根据使用的场合、电源种类、电压等级、负载容量及所需极数来选择。

① 根据刀开关在线路中的作用和安装位置选择其结构形式。若用于隔断电源时, 选用无灭弧罩的产品; 若用于分断负载时, 则应选用有灭弧罩、且用杠杆来操作的产品。

② 根据线路电压和电流来选择。刀开关的额定电压应大于或等于所在线路的额定电压; 刀开关额定电流应大于负载的额定电流, 当负载为异步电动机时, 其额定电流应取为电动机额定电流的 1.5 倍以上。

③ 刀开关的极数应与所在电路的极数相同。

(2) 组合开关的选择: 组合开关主要根据电源种类、电压等级、所需触头数及电动机容量来选择。选择时应掌握以下原则:

① 组合开关的通断能力并不是很高, 因此不能用它来分断故障电流。对用于控制电动机可逆运行的组合开关, 必须在电动机完全停止转动后才允许反方向接通。

② 组合开关接线方式多种, 使用时应根据需要正确选择相应产品。

③ 组合开关的操作频率不宜太高, 一般不宜超过 300 次/h, 所控制负载的功率因数也不能低于规定值, 否则组合开关要降低容量使用。

④ 组合开关本身不具备过载、短路和欠电压保护, 如需这些保护, 必须另设其他保护电器。

(3) 低压断路器的选择: 低压断路器主要根据保护特性要求、分断能力、电网电压类型及等级、负载电流、操作频率等方面进行选择。

① 额定电压和额定电流。低压断路器的额定电压和额定电流应大于或等于线路的额定电压和额定电流。

② 热脱扣器。热脱扣器整定电流应与被控制电动机或负载的额定电流一致。

③ 过电流脱扣器。过电流脱扣器瞬时动作整定电流由下式确定

$$I_z \geq K I_s \quad (1-10)$$

式中  $I_z$ ——瞬时动作整定电流, A;  
 $I_s$ ——线路中的尖峰电流, 若负载是电动机, 则  $I_s$  为启动电流, A;  
 $K$ ——考虑整定误差和启动电流允许变化的安全系数, 当动作时间大于 20ms 时, 取  $K = 1.35$ ; 当动作时间小于 20ms 时, 取  $K = 1.7$ ; 一般取 1.35。

④ 欠电压脱扣器。欠电压脱扣器的额定电压应等于线路的额定电压。

(4) 电源开关联锁机构: 电源开关联锁机构与相应的断路器和组合开关配套使用, 用于接通电源、断开电源和柜门开关联锁, 以达到在切断电源后才能打开柜门, 将柜门关闭好后才能接通电源的效果, 实现安全保护。

### 7) 控制变压器的选择

控制变压器用于降低控制电路或辅助电路的电压, 以保证控制电路的安全可靠。控制变压器主要根据一次和二次电压等级及所需要的变压器容量来选择。

- (1) 控制变压器一、二次电压应与交流电源电压、控制电路电压与辅助电路电压相符合。
- (2) 控制变压器容量按下列两种情况计算, 依计算容量大者决定控制变压器的容量。

a. 变压器长期运行时, 最大工作负载时变压器的容量应大于或等于最大工作负载所需要的功率, 计算公式为

$$S_T \geq K_T \sum P_{xc} \tag{1-11}$$

式中  $S_T$ ——控制变压器所需容量, V · A;  
 $\sum P_{xc}$ ——控制电路最大负载时工作电器所需的总功率, 其中  $P_{xc}$  为电磁器件的吸持功率, W;  
 $K_T$ ——控制变压器容量储备系数, 一般取 1.1 ~ 1.25。

b. 控制变压器容量应使已吸合的电器在启动其他电器时仍能保持吸合状态, 而启动电器也能可靠地吸合, 其计算公式为

$$S_T \geq 0.6 \sum P_{xc} + 1.5 \sum P_{st} \tag{1-12}$$

式中  $\sum P_{st}$ ——同时启动的电器总吸持功率, W。

### 8) 根据负载选择低压电器

有一个 30kW 三相异步电动机负载, 额定电压为 380V, 额定功率为 30kW, 额定电流 (估算) = 额定功率 × 2 = 30 × 2 = 60 (A), 试根据这一负载选择低压电器, 并填写表 1-6。

表 1-6 低压电器选择计算表

| 序 号 | 低压电器名称 | 选择依据 | 选择型号 | 备 注 |
|-----|--------|------|------|-----|
| 1   | 接触器    |      |      |     |
| 2   | 热继电器   |      |      |     |
| 3   | 熔断器    |      |      |     |
| 4   | 低压断路器  |      |      |     |
| 5   | 刀开关    |      |      |     |