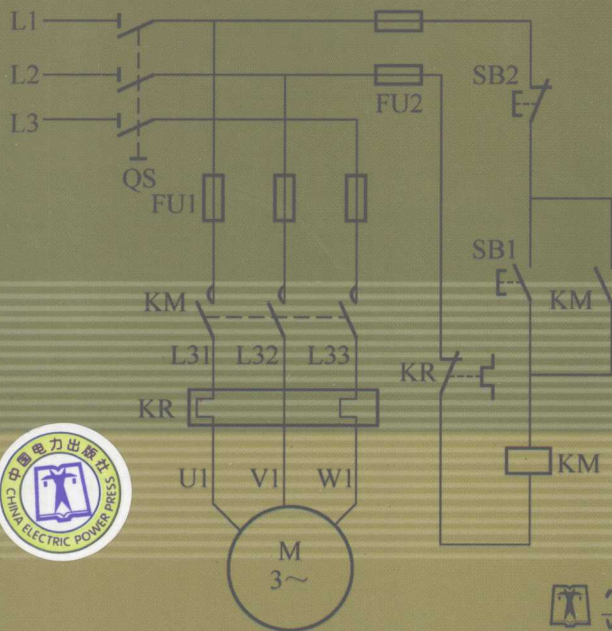


新编电工电气线路丛书

怎样看电气线路图

金续曾 主编



中国电力出版社
www.cepp.com.cn

新编电工电气线路丛书

怎样看电气线路图

金续曾 主编



中国电力出版社
www.cepp.com.cn

内 容 提 要

本书是《新编电工电气线路丛书》之一。本书以通俗易懂的语言、看图示例的方式,详细介绍了怎样看电气线路图。主要包括:看电气线路图的方法与步骤;怎样看交、直流电动机电气线路图、机械装置及普通机床电路图;以及怎样看交、直流电焊机的电气线路图和电气仪表检测线路图等。

本书可供工矿企业、乡镇企业广大从事电气设备安装、维修工作的电工、专业技术人员阅读、参考。

图书在版编目(CIP)数据

怎样看电气线路图/金续曾主编. —北京:中国电力出版社, 2008

(新编电工电气线路丛书)

ISBN 978-7-5083-5239-8

I. 怎… II. 金… III. 电路图-识图法 IV. TM02

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 024678 号

中国电力出版社出版、发行

(北京三里河路 6 号 100044 <http://www.cepp.com.cn>)

汇鑫印务有限公司印刷

各地新华书店经售

*

2008 年 1 月第一版 2008 年 1 月北京第一次印刷

850 毫米×1168 毫米 32 开本 7.875 印张 208 千字

印数 0001—3000 册 定价 28.00 元

敬告读者

本书封面贴有防伪标签,加热后中心图案消失

本书如有印装质量问题,我社发行部负责退换

版 权 专 有 翻 印 必 究

前 言

PREFACE

随着我国工农业生产的迅猛发展,各种自动化电气设备也随之大量增加。电子电路也被广泛应用于电气设备中,使得电气线路图已愈来愈复杂,其技术含量越来越高。因此,看懂电气线路图的难度也越来越大。这就要求我们从事电气工程工作的广大电气工人和电气专业技术人员,应具有扎实的理论基础、丰富的实践经验和纯熟的看图能力,才能适应工作需要。为此,特编写此书,以期能帮助广大电气工人和电气专业技术人员提高看图能力,准确高效地做好本职工作。

本书为《新编电工电气线路丛书》之一,书中从看电气线路图的基础知识讲起,逐渐深入,系统地详细介绍了新国家标准的电气图形符号和文字符号;看电气线路图的方法与步骤;常用高低压电器简介;怎样看工矿企业供配电系统电气线路图;怎样看单相、三相和直流电动机的电气线路图;怎样看交、直流电弧焊机的电气线路图;怎样看机械装置及普通机床的电气线路图;以及怎样看电气仪表检测线路图等。书中选取了大量覆盖面广、实用性强的电气线路图,用看图示例的方式,详细介绍了各类电气线路中典型线路图的特点及看图方法。全书力求联系实际、讲究实用、图文并茂、通俗易懂,以使本书成为读者看电气线路图的有益向导,和看懂更多更新各类电气线路图的指南。

本书由金续曾主编,参与编写的人员还有彭友珍、金旻、何文辉、皮爱珍、周武、芦坚、林志诚、何利红、宋晓云、石成

超、田细和、唐维仁、彭立泉、刘湖湘、任国臣、石宏侠、邓华云、王佩其、谢莉华、龚敏、林露等。

由于作者水平有限，书中错误和疏漏之处，敬请读者批评指正。

作 者

2008年1月

目 录

contents

前言

第一章 看电气线路图的基础知识	1
第一节 电路中常用的几个物理量	1
第二节 电路分析的基本定律与公式	4
第三节 电气线路图中的电气符号	10
第四节 电气制图的一般规则	61
第五节 电气线路图的类型及特点	82
第六节 看电气线路图的基本方法与步骤	87
第二章 常用高、低压电器简介	91
第一节 高压电器	91
第二节 低压电器	94
第三节 变压器和互感器	106
第四节 直流电动机	114
第五节 交流电动机	117
第三章 怎样看工矿企业供电系统电气线路图	126
第一节 电力系统与电力网	126
第二节 变电所的主接线	128
第三节 变电所的二次接线	131
第四节 工厂供电系统电气线路	134
第四章 怎样看单相电动机的电气线路图	138
第一节 单相异步电动机的基本电气控制线路	138
第二节 单相异步电动机的正、反转控制线路	140
第三节 单相异步电动机的调速控制线路	141
第四节 三相异步电动机单相运行控制线路	144
第五节 单相交流串励电动机的电气控制线路	147
第六节 单相同步电动机的控制线路	148

第五章 怎样看三相异步电动机的电气线路图	151
第一节 三相笼型异步电动机全压起动控制线路	151
第二节 三相笼型异步电动机降压起动控制线路	156
第三节 三相笼型异步电动机制动控制线路	161
第四节 三相笼型异步变极多速电动机控制线路	165
第五节 三相绕线转子异步电动机控制线路	169
第六节 三相高压异步电动机控制线路	175
第七节 三相交流调速电动机控制线路	178
第八节 三相异步电动机保护控制线路	181
第六章 怎样看三相同步电机的电气线路图	185
第一节 同步电机励磁系统电气线路	185
第二节 同步电动机的控制线路	188
第三节 同步发电机的控制线路	192
第七章 怎样看直流电动机的电气线路图	197
第一节 起动控制线路	197
第二节 可逆运行控制线路	199
第三节 直流电动机的调速控制线路	201
第四节 制动控制线路	204
第八章 怎样看交、直流电焊机的电气线路图	208
第一节 交流电焊机控制线路	208
第二节 直流电焊机控制线路	211
第三节 交、直流电焊机节电控制线路	214
第九章 怎样看普通机床及机械装置的电气线路图	219
第一节 普通机床的控制线路	219
第二节 桥式起重机的电气控制线路	228
第三节 电动葫芦的电气控制线路	230
第十章 怎样看电气仪表及检测线路图	232
第一节 常用电气仪表的类型	232
第二节 交流电机的电气检测线路	237
第三节 直流电机的电气检测线路	242



第一章

看电气线路图的基础知识

Chapter 1

新编
电工
电气
线路
丛书

将电源与负载用导线连接起来,形成一个完整的闭合回路,电流从中流过的路径就称为电路。若把这种电路画到纸上,就称为电气线路图。实用中的电气线路图都是按照国家标准规定的电气图形符号与文字符号的要求,用这些电气图形、文字符号来表示电器元件、装置、设备、系统之间的连接及相互关系的工程图。

电气线路图通常包含有电气原理图和电气接线图(配线图)两种形式。电气原理图主要用来阐述电气线路的构成及其工作原理,用以对电气装置、设备、系统等实际电气线路的安装接线、运行维护、故障分析和维修管理等。电气接线图(配线图)则是电气装置、设备、系统等实际电气线路安装接线的布线指导图。

要能迅速看懂电气线路图,就应全面掌握与电气线路图有关的基础知识,如熟记电气线路图中代表电器元件、设备等的电气图形符号与文字符号,详细了解电气控制元件的结构和动作原理,以及看电气线路图的方法与步骤等。本章将简要介绍看电气线路图的相关基础知识。

第一节 电路中常用的几个物理量

一、电流

导体中的自由电子在电场力的作用下,会向电场强度的反方向移动。这种电荷有规则的定向运动就称为电流。并规定正电荷移动的方向即为电流的正方向。电流的强弱利用每秒钟通过导线某一截面电荷量的多少来衡量,称为电流强度(简称电流),用

符号 I 表示。电流 I 的单位为安培（简称安），用符号 A 表示。

二、电压、电位和电位差

电压是表示电场力作功本领的物理量，电路中的电压是指电场力将单位正电荷从某一点移到另一点所作的功，在数值上等于这两点间的电压。正电荷在电场力作用下移动所指的方向，即为电压的正方向。并且，负载两端电压的方向与负载通过的电流的方向一致；电源两端的电压方向与电源中流过的电流的方向一致。电压用字母 U 表示，单位为伏特（V）。

电位是指在电路中某点与参考点（一般为零电位）间的电压。如果某点对参考点的电压为正，该点即为正电位；若相反，则为负电位。电位用字母 V 表示，单位为伏特（V）。

电位差即指任意两点间的电位之差，所以 $U_{ab} = V_a - V_b$ 表示，单位为伏特（V）。因此某两点间的电位差，即两点间的电压。

三、电阻

导体对电流的阻力称为导体的电阻，用字母 R 或 r 表示，单位为欧姆（ Ω ）。

导体的电阻决定于下列四个因素：

（1）导体的材料。截面积相同、长短相等，但材料不同的导体，它们的电阻值也各不相同，例如铝的电阻大于铜。

（2）导体的截面积。材料相同、长短相等，则截面积愈大时其电阻愈小。

（3）导体的长短。材料相同、截面积相等的导体，则长度愈长时其电阻愈大。

（4）导体的温度。同一导体在不同的温度条件下，则有不同电阻。

导体材料与温度有关的系数用 ρ 表示，称为电阻率（ $\Omega\text{mm}^2/\text{m}$ ）。

四、电容量和容抗

电容量是表示电容器储存电荷量功能的物理量。电容量是指在单位电压作用下,电容量储存电荷量的能力。电容量与交变电压接通时,则可使电容器不断地充电放电,形成不断来回的交变电流。在交变电压变动时,其电压变动率越大,则电荷变动率也越大,于是电流也越大。因为交变电压由正方向到负方向,或由负方向到正方向通过零点时变动率最大,所以那时的电流也最大。电压达到最大值时的变动率为最小,此时的电流即为零。电压从零到正方向最大值时,电流正好从正方向最大值到达零,所以电流就比外施电压超前 90° 。

容抗是指将电路中纯电容部分所承受的电压(交变电压的有效值)用通过的电流(交变电流的有效值)来除,所得数值即为它的容抗,用符号 X_c 来表示,即容抗 $X_c = U/I$ 。容抗的单位也是欧,它和电容 C , 频率 f 的关系则是 $X_c = 1/2\pi fc$ 。由此可见电容量容抗的大小和电容与频率的乘积成反比。也就是说,电容器的电容量愈大或电源的频率愈高则它的容抗就愈小,而其通过的电流也就愈大。

五、电感及感抗

电感(也称之为自感)是指线圈在通电后产生自感磁通能力的大小,也即线圈在单位电流作用下所产生的磁链或磁通量。电感用字母 L 表示,单位为亨利(H)。

感抗(也称电感、电抗)是指电感元件对正弦电流所具有的阻力,用字母 X_L 表示,单位为欧姆。感抗与电抗及电流频率相关。电感量大即说明磁场较强,所以其阻碍电流变化的效应比较大,因此表现出较大的感抗。而在电感一定的情况下,则频率越高感抗越大。这是因为电流及磁通变化率大,即电磁感应现象较强烈所致,它在实质上是阻碍电流变化的,故呈现出较大的阻力。感抗用字母 X_L 表示,单位为欧姆。

在相位上,电感两端电压的相位超前电感线圈内电流相位 90° 。

第二节 电路分析的基本定律与公式

一、欧姆定律

电压、电流和电阻的相互关系，称为欧姆定律。欧姆定律可适用于电路的一部分，同时也适用于电路的全部。

(一) 部分电路欧姆定律

在部分电路中，流过电路的电流 I ，与加在电路两端的电压 U 成正比，与电路的电阻成反比。即

$$I = \frac{U}{R} \quad (1-1)$$

(二) 完全电路欧姆定律

包括有电源的闭合电路称为完全电路。如以 E 为电源电动势， r_0 为电源的内阻， R 为负载电阻。则在完全电路中，电流 I 与电源电动势 E 成正比，与整个电路的电阻 $(R+r_0)$ 成反比，这就是完全电路欧姆定律。即

$$I = \frac{E}{R+r_0} \quad (1-2)$$

在应用欧姆定律时必须注意，电压、电流与电阻的计算应该是电路的同一部分，否则会由于把局部和整体错位而导致计算错误。

二、基尔霍夫定律

基尔霍夫定律是电路分析中常用的基本定律。它包括基尔霍夫电流定律（也称节点电流定律），以及基尔霍夫电压定律（也称回路电压定律），现简介如下。

(一) 基尔霍夫电流定律

基尔霍夫电流定律是关于电路中电流分布规律的一个基本定律，它确立了电路各部分电流之间的相互关系。

根据基尔霍夫电流定律，在电路的任一瞬间，流入节点（三条或三条以上支路的联接点称为节点）的电流恒等于从该节点流出的电流。它确定了电路中各支路电流的关系，也是电流连续性

的一种表现形式。上述的关系可以用式 (1-3) 来表示, 即

$$\sum I = 0 \quad (1-3)$$

(二) 基尔霍夫电压定律

基尔霍夫电压定律是关于回路中各部分电压相互关系的定律。

根据基尔霍夫电压定律, 在电路的任一瞬间, 对沿闭合电路绕行一周, 各电压的代数和等于零。电压参考方向与绕行方向一致为正, 相反者则取负。它确定了闭合电路中各部分电压的关系, 可以用式 (1-4) 来表示, 即

$$\sum U = 0 \quad (1-4)$$

基尔霍夫电压定律的另一种表达形式为, 沿闭合电路绕向一周, 各电源电动势的代数和等于各电阻元件上电压的代数和。电动势方向与绕行方向相同者为正, 相反者则取负。用公式表示即如式 (1-5) 所示

$$\sum E = \sum IR \quad (1-5)$$

三、戴维南定理

戴维南定理, 又称等效发电机定理和有源二端网络定理。根据戴维南定理: 任意由线性元件构成的有源二端网络, 可以用一个等效电源代替。等效电源的电动势等于有源二端网络的开路电压 U_{∞} ; 内阻 R_0 。则等于二端网络中电源均为零时的等效电阻。

由于上述定理实质上是关于线性有源二端网络等效化简的定理, 所以也叫做有源二端网络定理。若以其等效电路来看, 则叫做等效发电机定理。

四、基本公式

(一) 电功与电功率

电流所做的功叫做电功, 以字母 W 表示。如导体或负载两端的电压为 U , 而通过的电流为 I , 则其在 t 时间内所消耗的电功为

$$W = Pt = UIt = I^2 R t = \frac{U^2}{R} t \quad (1-6)$$

在单位时间内电流所作的功叫做电功率，以字母 P 表示。
用公式表示为

$$P = \frac{W}{t} = UI = I^2 R = \frac{U^2}{R} \quad (1-7)$$

式中 W ——电功，J；
 I ——电流，A；
 U ——电压，V；
 R ——电阻， Ω ；
 P ——电功率，W。

(二) 电阻的计算

1. 电阻的串联电路

如图 1-1 所示为电阻的串联电路，通过实验可看出它具有下述特性：

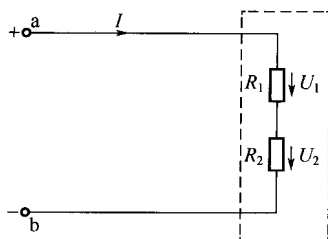


图 1-1 电阻的串联电路

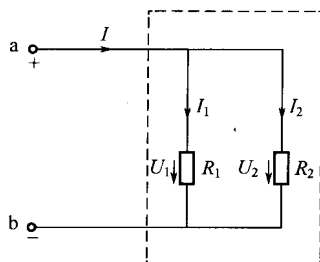


图 1-2 电阻的并联电路

- (1) 电路的总电阻等于各电阻之和，即 $R_{ab} = R_1 + R_2$ ；
- (2) 电源电压等于各电阻电压降之和，即 $U_{ab} = U_1 + U_2$ ；
- (3) 每个电阻内流过的电流都相等，即 $I = I_1 = I_2$ 。

2. 电阻的并联电路

如图 1-2 所示为电阻的并联电路，通过实验可看出它具有下述特性：

- (1) 电路总电阻的倒数等于各电阻倒数之和，即 $\frac{1}{R_{ab}} = \frac{1}{R_1}$

$$= \frac{1}{R_2};$$

(2) 总电流等于各电阻中的电流之和, 即 $I = I_1 + I_2$;

(3) 各个电阻两端的电压都相等, 即 $U_{ab} = U_1 = U_2$ 。

3. 电阻的混联电路

如图 1-3 所示为电阻的混联电路, 它不是单纯的串联或并联电路, 而是串联和并联电路组成的混联电路。计算一般混联电路可以分两步进行, 首先合并单纯的电阻串联和并联部分, 以算出电路的总电阻; 然后根据总电阻和总电压, 再算出总电流和逐步推算出各部分的电压降及电流等。即混联电路具有下述特性:

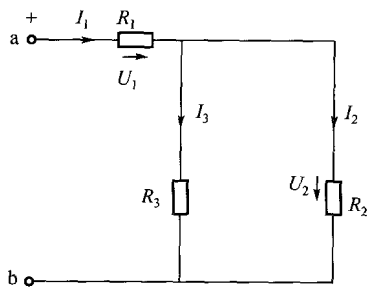


图 1-3 电阻的混联电路

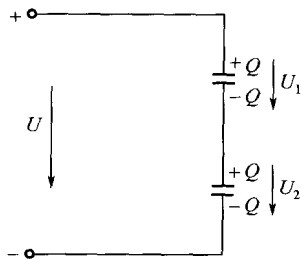


图 1-4 电容的
串联电路

(1) 电路的总电阻为 $R_{ab} = R_1 + \frac{R_2 R_3}{R_2 + R_3}$;

(2) 总电压等于串联、并联电路两部分压降之和, 即 $U_{ab} = U_1 + U_2$;

(3) 电路的总电流为 $I = I_1 = I_2 + I_3$ 。

(三) 电容的计算

1. 电容的串联电路

如图 1-4 所示为电容串联电路, 该电路的总电容等于 $\frac{1}{C_{ab}} =$

$$\frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2}。$$

2. 电容的并联电路

如图 1-5 所示为电容并联电路，该电路的总电容等于 $C_{ab} = C_1 + C_2$ 。

(四) 电感的计算

1. 电感的串联电路

如图 1-6 所示为电感串联电路，该电路的总电感 $L_{ab} = L_1 + L_2$ 。

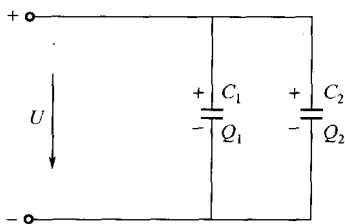


图 1-5 电容的并联电路

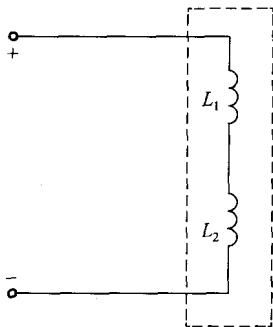


图 1-6 电感的串联电路

2. 电感的并联电路

如图 1-7 所示为电感并联电路，该电路的总电感 $\frac{1}{L_{ab}} = \frac{1}{L_1} + \frac{1}{L_2}$ 。

(五) 电阻、电感、电容电路的计算

1. 电阻与电感串联电路

如图 1-8 所示为电阻与电感串联电路，该电路的总阻抗

$$Z = \sqrt{r^2 + x_L^2}$$

$$X_L = 2\pi f_L$$

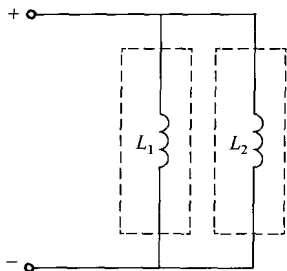


图 1-7 电感的并联电路

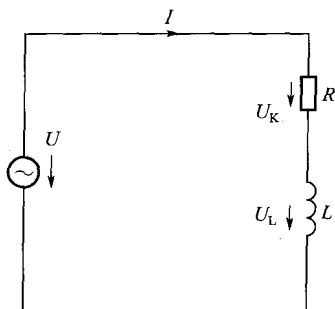


图 1-8 电阻与电感串联电路

2. 电阻与电容串联电路

如图 1-9 所示为电阻与电容串联电路，该电路的总阻抗

$$Z = \sqrt{R^2 + X_C^2}$$

$$X_C = \frac{1}{2\pi fC}$$

3. 电阻、电感、电容串联电路

如图 1-10 所示为电阻、电感、电容串联电路，该电路总阻抗

$$Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2} = \sqrt{R^2 + X^2}$$

$$X = X_L - X_C, X_L = 2\pi fL, X_C = \frac{1}{2\pi fC}$$

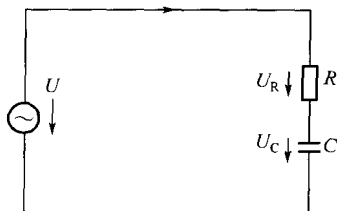


图 1-9 电阻与电容串联电路

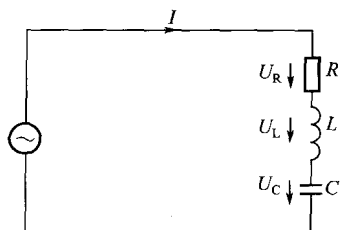


图 1-10 电阻、电感、电容串联电路

▶ 第三节 电气线路图中的电气符号

电气线路是由许多电气元器体按具体要求而组成的一个系统。为了表达生产机械电气系统的原理、结构等设计意图,同时也为了便于电气元器件的安装、调整、使用和维修,就必须将电气系统中各电气元器件的联接用相应电气符号来表述,如用不同的图形符号、文字符号来表示各种电气元器件及其用途。

电气符号则包括图形符号、文字符号、项目代号和回路标号等,新国标 GB 4728—1985、GB 7159—1987 对此已作出标准规定,现简要介绍如下。

一、图形符号

图形符号常用于图样或其他文件,以表示一个设备或概念的图形、标记或字符。它分为基本符号、一般符号和明细符号。

(一) 基本符号

基本符号不表示独立的电器元件,只用来说明电路的某些特征。例如用“~”表示交流,用“—”表示直流等。

(二) 一般符号

一般符号是用以表示一类产品和此类产品特征的简单符号,如用“ Φ ”表示双绕组变压器,用“ $\textcircled{M}$ ”表示电动机等。

(三) 明细符号

明细符号用来表示某一种具体的电器元件,它由一般符号、基本符号、物理量符号和文字符号等相结合而派生出来。例如“ K ”是继电器、接触器线圈的一般符号,当要表明电流类型时,增加相应的符号后它就成为明细符号,例如“ K_{A} ”就表示欠压继电器线圈。常用电气设备电气图用图形符号如表 1-1 所示。

二、文字符号

文字符号是用于和图形符号相配合,进一步说明图形符号所代表电气元器件的基本名称、用途、主要特征等。它是表示电气设备、装置和元器件类别的字母代码,以及功能字母代码等。