

轮机员



LUNJIYUAN CHUANDIAN YEWU

船电业务

主编 赵晓玲 孙旭清
主审 吴庚申



大连海事大学出版社



轮机员船电业务

主 编 赵晓玲 孙旭清
主 审 吴庚申

大连海事大学出版社

© 赵晓玲 孙旭清 2006

图书在版编目(CIP)数据

轮机员船电业务/赵晓玲,孙旭清主编. —大连:大连海事大学出版社, 2006. 12
ISBN 7-5632-2013-5

I. 轮… II. ①赵… ②孙… III. 船用电气设备 IV. U665

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 146472 号

大连海事大学出版社出版

地址:大连市凌海路 1 号 邮编:116026 电话:0411-84728394 传真:0411-84727996

<http://www.dmupress.com> E-mail: cbs@dmupress.com

大连市东晟彩色印刷有限公司印装 大连海事大学出版社发行

2006 年 12 月第 1 版 2006 年 12 月第 1 次印刷

幅面尺寸:185 mm × 260 mm 印张:44.25

字数:1100 千 印数:1 ~ 1000 册

责任编辑:史洪源 版式设计:海 韵

封面设计:王 艳 责任校对:一 凡

定价:90.00 元

内 容 提 要

轮机员船电业务是为船舶轮机员船电业务学习及知识更新而编写的,内容主要以中国远洋运输集团总公司典型船舶电气设备为对象,同时有针对性地介绍部分先进船舶电气及自动化知识。主要内容分五篇:电工工艺与电气测试、船舶电力拖动与控制系统、船舶电站、船舶主机遥控系统及故障维修、船舶集中监视与报警系统。各篇内容自成体系,可以作为船舶轮机员船电知识培训、自学的学习资料,也可作为船舶维修时的参考资料。

《轮机员船电业务》编写委员会

主任委员:高玉德

副主任委员:高 平 周明顺

委 员:(以姓氏笔画为序)

王本明	王永福	刘世居	许桂芬	孙成明	孙 明
孙旭清	何吉庆	陈爱玲	吴庚申	张桂臣	林 毅
周楚勤	姜锦范	姜云国	赵晓玲	高兴斌	黄荣良
蒋国仁					

前 言

《轮机员船电业务》一书是根据 STCW78/95 公约对船舶轮机员船舶电气知识、能力和操作的要求,为远洋船舶轮机员电气知识学习和培训所编写的一本实用性教材。本书包括电工工艺与电气测试、船舶电力拖动与控制系统、船舶电站、船舶主机遥控系统及故障维修、船舶集中监视与报警系统 5 篇内容。各篇内容自成体系,部分章节后附有思考题及习题。在编写过程中力求结合当前船舶电气设备特点,理论联系实际。在原理及线路分析上,重在培养轮机员的独立分析问题和解决问题的能力;在实践操作方面,尽量结合船舶的实际情况,同时考虑到轮机员的特点,力求简明扼要,便于自学。

本书第一篇由孙成明、黄荣良编写,第二篇由孙旭清、何吉庆编写,第三篇由姜锦范编写,第四篇由周明顺、刘世居、张桂臣、王本明编写,第五篇由赵晓玲、周楚勤、高兴斌编写。在教材的编写过程中,吴庚申教授给予了大量的指导和帮助,并对全书进行了认真的审阅,在此表示诚挚的谢意。

本书内容涉及面广,由于编者的水平及实践经历的局限性,书中难免有错误之处,欢迎批评指正。

编 者

2006 年 10 月

目 录

第一篇 电工工艺与电气测试

第一章 电工基础	(1)
第一节 直流电路	(1)
第二节 正弦交流电路	(6)
第三节 三相交流电路	(10)
第二章 万用表	(13)
第一节 万用表的测量原理与使用	(13)
第二节 用万用表电阻挡判断常用电气元件电子元件的好坏	(17)
第三节 用万用表电阻挡判断常用传感器的好坏	(20)
第三章 兆欧表与钳形电流表	(23)
第一节 兆欧表	(23)
第二节 钳形电流表	(25)
第三节 电流表和电压表的使用	(26)
第四章 照明电路与电缆	(27)
第一节 照明电路	(27)
第二节 船用电缆	(29)
第五章 三相异步电动机	(31)
第一节 三相异步电动机的结构及铭牌数据	(31)
第二节 三相异步电动机的 Y 形 Δ 形连接与首尾端的判别	(33)
第三节 电机过热的原因及判断方法	(35)
第四节 三相异步电动机的维护保养	(36)
第五节 电磁刹车间隙的测量与调整	(38)
第六节 直流电机的维护保养	(38)
第六章 常用电器	(41)
第一节 交流接触器	(41)
第二节 继电器	(43)
第三节 按钮与熔断器	(49)
第四节 常用电器的维护保养	(51)
第七章 电气设备故障的查找	(52)
第一节 电气设备故障查找的方法	(52)
第二节 常用的控制方式和保护方式	(57)

第八章 电子设备的维修及电子元件的焊接	(58)
第一节 电子设备故障的查找	(58)
第二节 电子元件的安装与焊接	(59)
第九章 安全用电常识	(61)
第一节 触电及预防	(61)
第二节 电气设备防火	(63)
第三节 电气设备的接地保护	(64)
实操内容与要求	(66)
思考题与答案	(70)

第二篇 船舶电力拖动与控制系统

第十章 船舶电力拖动基础知识	(74)
第一节 电力拖动的基础知识	(74)
第二节 三相交流异步电动机的启动	(76)
第三节 三相交流异步电动机的调速	(79)
第四节 电力拖动系统的制动	(82)
第十一章 电力拖动基本控制线路	(86)
第一节 控制线路图示法	(86)
第二节 控制线路的基本环节	(88)
第三节 三相交流异步电动机的启动控制线路	(95)
第四节 三相交流异步电动机的制动控制	(96)
第五节 电气设备的保护	(98)
第六节 控制线路测绘和故障查找	(100)
第十二章 船舶电动起锚机控制系统	(104)
第一节 锚机的电力拖动与控制	(104)
第二节 电动起锚机控制线路	(106)
第十三章 船用起货机控制线路	(110)
第一节 起货机的电力拖动控制要求与维护保养	(110)
第二节 交流恒功率变极调速起货机	(115)
第三节 交流恒转矩变极调速起货机的控制	(122)
第四节 电动液压起货机	(129)
第五节 船舶电动液压克令吊	(132)
第六节 交流电动起货机电气系统的维护与检修	(140)
第十四章 泵的自动控制	(143)
第一节 泵的常规控制	(143)
第二节 泵的电脑控制	(147)
第十五章 锅炉的自动控制	(152)
第一节 辅助锅炉自动控制	(152)

第二节 辅助锅炉无触点式控制	(162)
第十六章 分油机的自动控制	(176)
第一节 常规分油机时序程序控制系统	(176)
第二节 FOPX 型部分排渣分油机的自动控制系统	(182)
第十七章 船舶制冷设备的自动控制	(199)
第一节 船舶冷库的自动控制	(199)
第二节 船舶空调装置的自动控制	(207)
第十八章 油水分离器及自清洗滤器的自动控制	(213)
第一节 油水分离器的自动控制	(213)
第二节 自清洗滤器的自动控制	(215)
第十九章 船舶舵机装置的自动控制系统	(220)
第一节 舵机装置及技术要求	(220)
第二节 舵机的操舵方式及工作原理	(222)
第三节 自动舵的调节规律及要求	(226)
第四节 安休斯(ANSCHUTZ)自动操舵仪简介	(228)
第二十章 船舶电气管理	(237)
第一节 船舶电气管理人员的职责	(237)
第二节 船舶电气设备的安装	(246)
第三节 船用电器的维护与检修	(250)
第四节 船舶辅机电气系统的管理与维修	(255)
第五节 船舶电气设备修理	(260)

第三篇 船舶电站

第二十一章 船舶电力系统及配电装置	(262)
第一节 船舶电力系统基本知识	(262)
第二节 发电机的保护	(270)
第三节 自动空气断路器	(273)
第四节 逆功率继电器	(289)
第五节 船舶电网绝缘检测	(291)
第六节 岸电供电	(295)
第七节 船舶主配电板及其检修	(297)
第二十二章 同步发电机自动电压调整器	(302)
第一节 概述	(302)
第二节 不可控相复励调压装置	(304)
第三节 可控硅调压装置	(310)
第四节 可控相复励调压装置	(314)
第五节 无刷发电机励磁系统	(317)
第六节 大洋 FE(FEK)型无刷发电机	(319)

第二十三章	同步发电机组的并联运行	(326)
第一节	同步发电机组的并车	(326)
第二节	并联运行发电机组间无功负荷的自动分配	(333)
第三节	并联运行发电机组间有功负荷分配及频率的调整	(338)
第二十四章	船舶电站自动化概述	(345)
第一节	自动电力管理系统的结构与组成	(346)
第二节	自动电力管理系统功能及相应控制流程	(350)
第二十五章	控制系统中的信号处理	(363)
第一节	电压、电流与转速信号的检测与处理	(363)
第二节	频率变换	(367)
第三节	有功功率变换	(372)
第四节	差频电压	(376)
第五节	信号处理中其他基本单元	(380)
第二十六章	微机控制的自动电力管理系统	(385)
第一节	GAC-5 TYPE C	(385)
第二节	GAC-16M 自动电力管理系统	(414)

第四篇 船舶主机遥控系统

第二十七章	船舶主机遥控系统概述及技术资料浏览导引	(431)
第一节	船舶主机遥控系统概述	(431)
第二节	技术资料浏览导引	(434)
第二十八章	MAN B&W 型柴油主机气动遥控系统	(437)
第一节	系统组成结构	(437)
第二节	系统工作过程	(445)
第三节	气动系统故障分析与系统维护	(453)
第二十九章	NABCO M-800 II 型主机遥控系统	(460)
第一节	主机遥控系统的组成和系统参数设置表	(460)
第二节	驾控的逻辑控制和逻辑流程图	(466)
第三节	转速控制的逻辑流程图	(469)
第四节	主机驾控系统故障诊断的基本思路和常用技巧	(473)
第五节	M-800 II 型主机安全系统的功能和调试检查	(487)
第三十章	NABCO MG-800 型数字调速器	(491)
第一节	MG-800 型调速器系统组成	(491)
第二节	MG-800 型调速器系统的工作原理及其功能	(492)
第三节	MG-800 型调速器系统的控制方式	(494)
第四节	MG-800 型调速器系统的主要 I/O 信号	(495)
第五节	MG-800 型调速器系统的面板说明及操作步骤	(496)
第六节	MG-800 型调速器系统的自检功能及其故障查找方法	(498)

第七节	MG-800 型调速器系统的维修保养	(505)
第三十一章	AC-4 型主机遥控系统	(507)
第一节	AC-4 系统概述	(507)
第二节	集控室 AC-4 控制面板及面板操作	(511)
第三节	主机操纵部位的转换	(518)
第四节	AC-4 系统的参数整定	(519)
第五节	AC-4 系统的自检试验功能	(521)
第六节	开关量参数的整定	(523)
第七节	模拟量参数的整定	(526)
第八节	SSU 8810 安全保护系统	(528)

第五篇 船舶监视报警系统

第三十二章	机舱监视报警系统基础知识	(532)
第一节	机舱监测系统的发展历程	(532)
第二节	故障鉴别	(533)
第三节	监测参数的类型及其特点	(533)
第四节	监测方式	(534)
第五节	监视与报警的功能	(534)
第六节	监视与报警系统的组成	(536)
第三十三章	物理量的检测与变送	(538)
第一节	概 述	(538)
第二节	检测传感器	(541)
第三节	压力传感器	(544)
第四节	液位的检测与变送	(545)
第五节	流量的检测与变送	(548)
第六节	氧含量传感器	(549)
第七节	二氧化碳含量传感器	(549)
第八节	转速的测量	(550)
第九节	扭矩传感器	(552)
第十节	主机工况监视传感器	(553)
第十一节	火警探测器	(554)
第三十四章	机舱监视报警系统	(557)
第三十五章	微机控制的机舱监视报警系统	(571)
第一节	概述	(571)
第二节	计算机监测系统的构成	(571)
第三节	微机巡回监视系统	(580)
第四节	基于可编程序控制器(PLC)控制的机舱监视报警系统	(593)
第五节	JMC-SMS-32 监视报警控制系统	(605)

第三十六章	曲柄箱油雾浓度监视报警系统	(641)
第三十七章	船舶安全探测系统	(653)
第一节	船用火警探测系统	(653)
第二节	货舱进水警报系统	(664)
第三十八章	柴油机工况监测与诊断系统	(668)
第一节	基本组成	(668)
第二节	系统的安装与启动	(671)
第三节	NR-100 系统的操作与使用	(672)
附录一	中国远洋运输总公司《远洋船员职务规则》	(689)
附录二	电工系统常用电器符号及标注	(691)
参考文献		(694)

第一篇 电工工艺与电气测试

第一章 电工基础

第一节 直流电路

直流电路由直流电源、负载、连接导线及控制开关等部分组成,如图 1-1-1 所示。

一、电路的几个基本定律

1. 一段电阻电路的欧姆定律

流过电阻的电流与电阻两端的电压成正比,这就是欧姆定律的基本内容,即:

$$I = \frac{U}{R}$$

这里的 R 可以是单个电阻也可以是几个电阻的等效电阻。

变化一下可得:

$$U = IR \quad R = \frac{U}{I}$$

电阻上消耗的功率:

$$P = UI = I^2 R = \frac{U^2}{R}$$

2. 基尔霍夫电流定律(KCL)

任一时刻流入节点的电流,等于流出节点的电流。任一时刻流入节点的电流的代数和等于零,即:

$$\sum I = 0$$

节点至少要有三条支路,可以把节点推广为封闭的面。通常把流入节点的电流规定为正;流出为负。

例 1:如图 1-1-2 所示。

根据基尔霍夫第一定律:

$$I_1 - I_2 + I_3 - I_4 = 0$$

则

$$I_4 = I_1 - I_2 + I_3 = 2A - 4A + 1A = -1A$$

$I_4 = -1A$ 说明 I_4 的实际方向与标明的正方向相反,电流是 $I_2=4A$ 流入节点的。

3. 基尔霍夫电压定律(KVL)

在任一时刻沿任一回路,以任一方向绕行一周,按绕行方向来说,回路元件的电位降的代

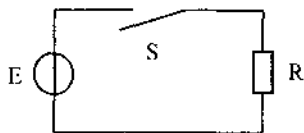


图 1-1-1 电路的组成

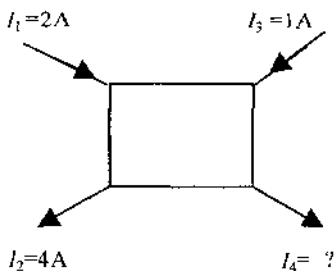


图 1-1-2 例 1 图

数和等于零,即:

$$\sum U = 0$$

电位降正负的确立:

(1) 经过电源时从电源高电位走向低电位取正电位降;反之取负。

(2) 经过电阻时电阻的电流方向与绕行方向一致时取正,相反时取负。

总之:沿绕行方向电位降取正;电位升取负。

如图 1-1-3 所示电路。

按回路 1 绕行方向有:

$$-E_1 + I_1 R_1 + I_2 R_2 = 0$$

$$E_1 = I_1 R_1 + I_2 R_2$$

按回路 2 绕行方向有:

$$-E_1 + I_1 R_1 - I_3 R_3 + E_2 = 0$$

$$E_1 - E_2 = I_1 R_1 - I_3 R_3$$

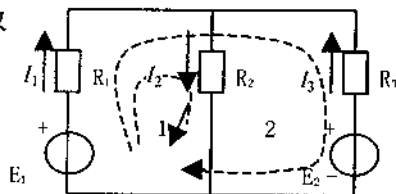


图 1-1-3 回路的绕行方向

基尔霍夫电流定律和电压定律对我们分析电路问题是非常有用的,如我们将电机的三根电源线同时放入钳形电流表中电流应该等于零,如果不等于零说明有漏电。接触器、继电器线圈的电压应当与电源电压相等,如果不等,说明有断路或接触不良等情况。

例 2:如图 1-1-4 所示, $R_1 = 20 \Omega$, $R_2 = 5 \Omega$, $R_3 = 6 \Omega$, $V_A = 60 \text{ V}$, $V_C = 140 \text{ V}$

求: $V_D = ?$

$$I_1 = \frac{V_C - V_A}{R_1} = \frac{140 - 60}{20} = 4 \text{ A}$$

$$I_3 = \frac{60}{6} = 10 \text{ A}$$

$$I_2 = I_3 - I_1 = 10 - 4 = 6 \text{ A}$$

$$V_D = V_A + I_2 \times R_2 = 60 \text{ V} + 6 \times 5 = 90 \text{ V}$$

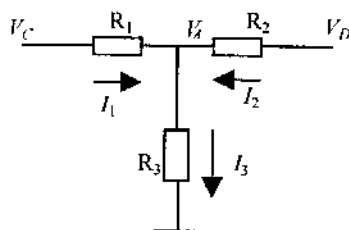


图 1-1-4 例 2 图

二、叠加原理和戴维南定理

1. 叠加原理

由两个或两个以上电源共同作用的线性复杂电路中,任意一个支路的电流,等于每个电源单独作用时,在该支路产生电流的代数和。在某个电源单独工作时,其他电压源短路(保留内阻),电流源开路。

图 1-1-5 (a) 是一个由两个电源组成的线性复杂电路,其每条支路的电流 I_1, I_2, I_3 可以看成是右边两个电路(b)、(c) 各支路电流的代数和,即:

$$I_1 = I'_1 + I''_1$$

$$I_2 = I'_2 + I''_2$$

$$I_3 = I'_3 + I''_3$$

这样就使复杂电路的计算变得简单。

例 3:设图 1-1-5 中 $E_1 = 24 \text{ V}$, $E_2 = 16 \text{ V}$, $R_1 = R_2 = R_3 = 16 \Omega$, 求: $I_1 = ?$, $I_2 = ?$, $I_3 = ?$

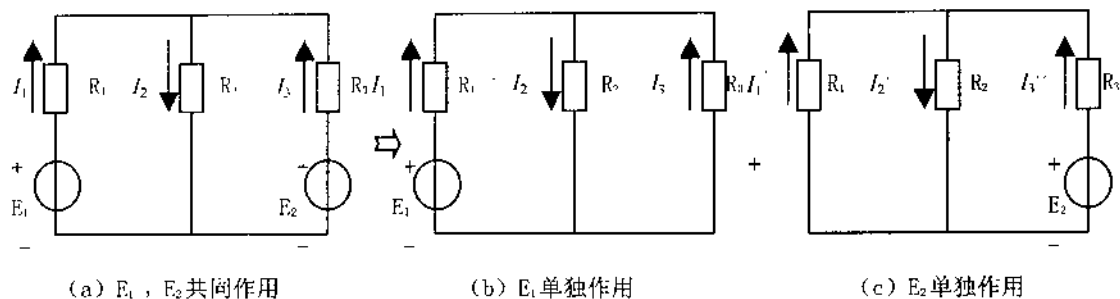


图 1-1-5 叠加原理电路图

$$I'_1 = \frac{24}{24} = 1 \text{ A} \quad I'_2 = \frac{1}{2} \text{ A} \quad I'_3 = -\frac{1}{2} \text{ A}$$

$$I''_1 = -\frac{1}{3} \text{ A} \quad I''_2 = \frac{1}{3} \text{ A} \quad I''_3 = \frac{16}{24} = \frac{2}{3} \text{ A}$$

$$I_1 = I'_1 + I''_1 = 1 \text{ A} - \frac{1}{3} \text{ A} = \frac{2}{3} \text{ A}$$

$$I_2 = I'_2 + I''_2 = \frac{1}{2} \text{ A} + \frac{1}{3} \text{ A} = \frac{5}{6} \text{ A}$$

$$I_3 = I'_3 + I''_3 = -\frac{1}{2} \text{ A} + \frac{2}{3} \text{ A} = \frac{1}{6} \text{ A}$$

2. 戴维南定理

任何一个有源二端网络都可以用一个等效电压源来代替,这个等效电压源的电动势等于有源二端网络的开路电压,等效电压源的内阻等于由二端网络看过去的等效内阻(恒压源短路恒流源开路)如图 1-1-6 所示。

例 4:在电桥电路中,如图 1-1-7 所示,当电桥不平衡时求 a, b 支路的电流 I , 设 $R_1 = 4 \Omega, R_2 = 6 \Omega, R_3 = 5 \Omega, R_4 = 15 \Omega, U = 10 \text{ V}$, 仪表内阻 $R = 13.85 \Omega$, 先求开路电压 U_{ab} , 当 a, b 间开路时,

$$U_a = 10 \times \frac{R_2}{R_1 + R_2} = 10 \times \frac{6}{4 + 6} = 6 \text{ V}$$

$$U_b = \frac{10 \times R_4}{R_3 + R_4} = \frac{150}{20} = 7.5 \text{ V}$$

$$U_{ab} = U_a - U_b = 6 \text{ V} - 7.5 \text{ V} = -1.5 \text{ V}$$

再求等效内阻 R_0 , 从 a, b 两端看过去(将电源 U 短路):

$$\begin{aligned} R_0 &= \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} + \frac{R_3 R_4}{R_3 + R_4} = \frac{4 \times 6}{4 + 6} + \frac{5 \times 15}{5 + 15} \\ &= 2.4 + 3.75 = 6.15 \Omega \end{aligned}$$

等效电路如图 1-1-8 所示。

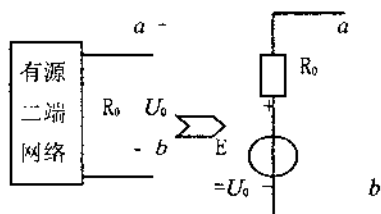


图 1-1-6 戴维南定理电路图

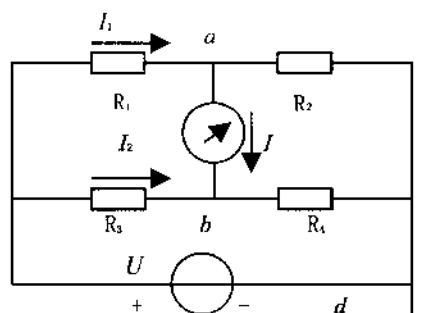


图 1-1-7 电桥电路

$$I = \frac{E}{R_0 + R} = \frac{-1.5}{6.15 \times 13.85} = -0.075 \text{ A}$$

三、电桥平衡的条件

如图 1-1-7 以 d 点为参考点, 当 ab 支路断开时有:

$$U_a = \frac{UR_2}{R_1 + R_2}$$

$$U_b = \frac{UR_4}{R_3 + R_4}$$

当电桥平衡时有:

$$U_a = U_b$$

则

$$\frac{R_2}{R_1 + R_2} = \frac{R_4}{R_3 + R_4}$$

$$R_4(R_1 + R_2) = R_2(R_3 + R_4)$$

$$R_4R_1 + R_4R_2 = R_2R_3 + R_2R_4$$

$$R_4R_1 = R_2R_3$$

$$\frac{R_1}{R_2} = \frac{R_3}{R_4} \text{ 或 } \frac{R_1}{R_3} = \frac{R_2}{R_4}$$

这就是电桥平衡的条件, 电桥平衡的原理在参数监测中得到广泛应用, 例如在温度监测中, 我们把 $R_1R_2R_3$ 用固定电阻, R_4 用热敏电阻或热电阻放在需要测温度的地方, 当温度变化时, R_4 的阻值发生变化, 使电桥不平衡, a 、 b 支路的电流发生变化, 这样就可以用 a 、 b 支路的电流大小反映测量点温度的高低。另外, 在热电偶测温电路中常用电桥作为温度补偿电路。

四、恒压源与恒流源

1. 电源的外特性与恒压源

任何一个电源都可以看作一个电动势 E 和一个内阻 R_0 的串联。在图 1-1-9(a) 中, 电源的端电压 $U = E - IR_0$ 是随着电流(负载电流)大小的变化而变化的。

用图像表示如图 1-1-9(b) 是一条下降的直线, 称为电源的外特性曲线。它的斜率由 R_0 决定, 当 $R_0 = 0$ 时, $U = E$ 。我们称为恒压源。理想的恒压源是不存在的, 当 $R_0 \ll R_L$ 时, $U \approx E$ 基本恒定, 可以认为是恒压源。如常用的稳压电源、新电池等。在电路中不特意标出内阻, 均视为恒压源。

2. 恒流源

一个电源其输出电流 I_s 是一个定值而其端电压则由 I_s 和负载电阻 R_L 决定这样的电源称为恒流源, 如图 1-1-10 所示。

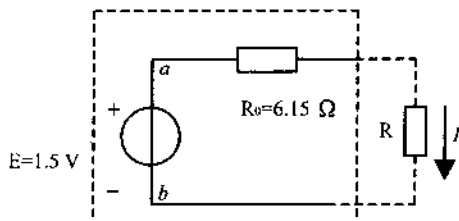


图 1-1-8 例 4 的等效电路

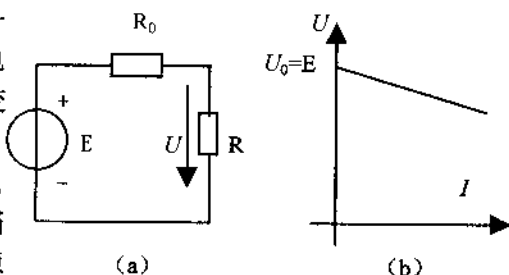


图 1-1-9 电源的外特性

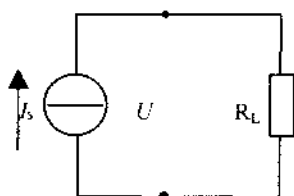


图 1-1-10 恒流源

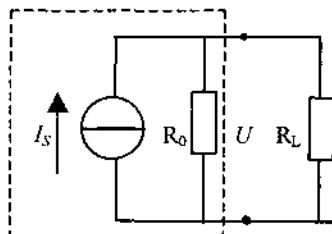


图 1-1-11 电流源

它是一个内阻 ∞ 的电源,任何一个电源都可以看成一个恒流源和一个内阻的并联,这样的电源我们称为电流源,如图 1-1-11 所示。

3. 电压源与电流源的互换

在分析电路时,有时为了方便,可以将电压源和电流源进行互换,如图 1-1-12 中(a)为电压源可以变换为(b)的电流源,(c)为电流源可以变换为(d)的电压源。

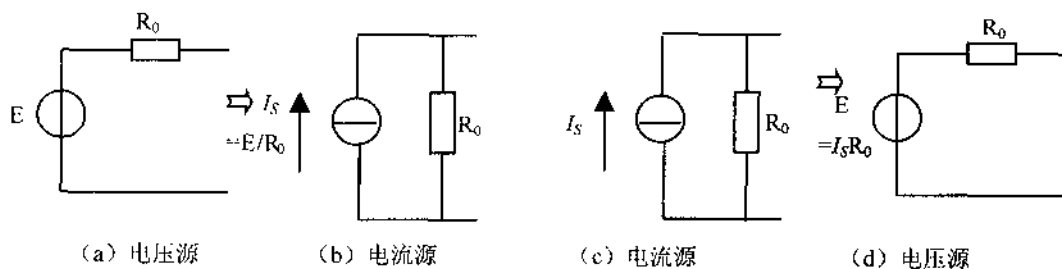


图 1-1-12 电压源与电流源的互换

五、电源的断路与短路

1. 断路

电源开关未合上或某处断开都称为断路,在断路状态没有电流流过负载。开关未合上属正常断路,而其他非正常原因使电路断开则属于故障,如图 1-1-13a 处。

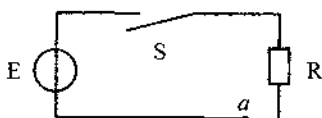


图 1-1-13 电路断路

2. 短路

电流未经过负载而通过导体直接回到电源称为短路。短路属于故障状态,如果保护装置失灵,可能烧毁电源甚至引起火灾,是非常危险的,应尽量避免。短路故障的通常表现是自动空气断路器跳闸或熔断器烧断,如图 1-1-14 所示。

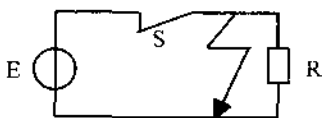


图 1-1-14 电路短路

开关、触点等在应该断开状态而不能断开,有时我们也称某某短路,这种短路会造成控制系统紊乱也属故障。

3. 接地

接地是电流通过大地或船体等形成的回路,非正常接地也属于故障。在三相三线制电力系统中,一处接地通常是不会造成危害的,但是也应该及时排除,否则再有其他地方接地就会造成短路。