

电气 技师手册

DIANQI JISHI SHOUCHE

黄 伟 主编



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

电气技师手册

主 编 黄 伟

副主编 李 娜 胡晓进

参 编 郑玮玮 王红林 欧阳菲菲

主 审 李 众



机械工业出版社

本手册系统且有针对性地介绍了低压电器及低压成套设备、高压电器及高压成套设备、电力变压器及供电系统、电力电子技术、调速技术及变频器、可编程序控制器、电气节能技术、接地与电磁兼容防护技术等实用技术。

本手册可供现场电气技术人员进行工程设计时参考与使用,也可作为电气技术岗位、设备维护与管理岗位的技术人员的参考用书,还可作为电气自动化、电气工程、设备管理等相关专业在校学生的学习资料。

图书在版编目(CIP)数据

电气技师手册/黄伟主编. —北京:机械工业出版社, 2016. 2
ISBN 978-7-111-52990-3

I. ①电… II. ①黄… III. ①电工技术—技术手册
IV. ①TM-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2016) 第 031011 号

机械工业出版社 (北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

策划编辑: 陈玉芝 责任编辑: 王振国

版式设计: 霍永明 责任校对: 陈延翔 陈 越

封面设计: 马精明 责任印制: 李 洋

三河市宏达印刷有限公司印刷

2016 年 6 月第 1 版第 1 次印刷

140mm × 203mm · 30.875 印张 · 1072 千字

0001—3000 册

标准书号: ISBN 978-7-111-52990-3

定价: 69.80 元

凡购本书, 如有缺页、倒页、脱页, 由本社发行部调换

电话服务

网络服务

服务咨询热线: 010-88361066

机工官网: www.cmpbook.com

读者购书热线: 010-68326294

机工官博: weibo.com/cmp1952

010-88379203

金书网: www.golden-book.com

封面无防伪标均为盗版

教育服务网: www.cmpedu.com

前 言

目前图书市场上电工手册和电气工程师手册较多,但电气技师手册较少,并且仅有的几本电气技师手册要么内容较多,要么内容的具体性和实用性不强。针对这种情况,为满足现场电气技术人员的需求,我们编写了本手册。

本手册面向电气技师,也可以供电气工程师、设备管理岗位的技术人员及在校的相关专业学生参阅。电气人员包括电工、电工技师、电气工程师等,并没有电气技师这一职业工种。我们这里所指的电气技师,是那些具备丰富的一线技术经验,掌握很强的技术技能,并且拥有相应理论知识的专业人员。本手册的编写主旨是给这些专业人员解决现场技术问题提供有益的帮助。

本手册内容丰富,知识系统、全面。为避免内容多而不具体,我们了解了一线技术人员的需求,并根据自身多年现场工作经验,查阅了大量的实用资料和技术数据,使本手册真正做到反映实际技术状况。在每一章节中,介绍的内容系统、具体,文字精练,尽量用表格叙述。例如,介绍元件有成套设备时,按照分类与用途、型号与性能、技术参数、外形尺寸、选用与安装、使用与维护、维护与典型故障排除的顺序介绍;对电力电子技术部分,按照分类与用途、型号与性能、技术参数、典型电路、典型应用的顺序介绍;对可编程控制器部分,按照系列分类、组成、工作原理、基本软元件、存储器、基本指令、元件与编程、指令与编程、指令格式、功能指令、特殊模块及应用、Q系列产品、系统构成与性能、电源规格与模块、功能模块、特殊模块、地址分配、工程应用、设计步骤、项目调试、系统维护的顺序介绍。

本手册编写人员均为电气工程技术人员与专业人员,有着长期的一线技术工作经历,开发了多款产品,参与了大量项目,积累了丰富经验,竭尽全力将实际工作中的体会在手册中表达出来。

本手册共分九章,由研究员级高级工程师黄伟任主编,李娜、

胡晓进任副主编，参加编写的人员还有郑玮玮、王红林、欧阳菲菲。其中，郑玮玮编写了第九章，王红林编写了第六章，欧阳菲菲编写了第八章；李娜编写了第四章和第五章，黄伟与胡晓进共同编写了第一章、第二章、第三章和第七章。黄伟确定了手册的总体思路，并对全部内容进行了认真审校与多次修改。李众教授主审了全部内容，并提出了许多宝贵意见。江苏镇安电力设备有限公司总经理叶小松高级工程师，镇江市亿华系统集成有限公司总工程师李阿福高级工程师提供了大量技术资料，并提出了很多有益的建议。

在编写过程中，我们还参阅了许多技术资料和参考文献。在此，对提供帮助的所有单位与个人表示衷心的感谢！

尽管编者认真查阅资料，尽心编写，但苦于水平有限，如有疏漏和错误，请通过邮箱 zjzhjhr@sian.com 与我们联系，非常感谢！

编 者

目 录

前言

第一章 低压电器及低压成套设备	1
第一节 分类与型号标注	1
一、分类方法	1
二、型号表示	2
三、主要特性	4
第二节 低压电器	6
一、刀开关与隔离开关	6
二、熔断器	11
三、熔断器组合开关	23
四、组合开关	30
五、低压断路器	33
六、接触器	49
七、继电器	65
八、凸轮控制器	97
九、起动器	100
十、主令电器	113
第三节 低压成套开关设备	124
一、概述	124
二、主电路	127
三、典型低压开关柜	129
四、低压成套设备的安装、运行与维护	134
第二章 高压电器及高压成套设备	138
第一节 常用高压电器	138
一、高压隔离开关	138
二、高压负荷开关	150
三、高压熔断器	161
四、高压断路器	170

第二节 高压成套电气设备	193
一、概述	193
二、典型电路	198
三、典型高压开关柜	199
四、高压成套设备运行维护	287
第三章 电力变压器及供配电系统	290
第一节 电力变压器概述	290
一、型号	290
二、结构和部件	290
三、技术参数	293
第二节 电力变压器的选择与安装	296
一、选择原则	296
二、型号选择	296
三、类型选择	307
四、检查安装	309
第三节 变压器运行维护与检修	313
一、注油	313
二、运行	313
三、运行异常及处理	317
四、常见事故及处理	319
五、检修周期与项目	322
第四节 预装式变电站及选用	323
一、概述	323
二、选用	325
三、运行维护	331
四、预装式变电站智能化	332
第五节 变电站的防雷及接地保护	334
一、电气装置接地要求	334
二、接地电阻的确定	336
第六节 供配电系统的原则和要求	337
一、供配电系统的主要指标	337
二、供配电系统的电压等级	338
三、电力系统的中性点接地方式	339

四、工矿企业供配电系统	341
第七节 企业电力负荷的计算	348
一、几个重要规定	348
二、用电设备的设备容量换算	349
三、负荷计算方法	352
第八节 三相短路的计算方法	365
一、无穷大电源系统供给的短路电流	365
二、计算方法与步骤	367
三、电网中各元件的等效电路	368
第四章 电力电子技术	371
第一节 开关器件及典型电路	371
一、不可控器件	371
二、半控器件	375
三、全控器件	388
四、整流电路	425
五、逆变电路	438
六、直流调压电路与直流斩波电路	450
第二节 晶闸管控制电路	460
一、对触发电路的要求	460
二、同步锯齿波触发电路	462
三、集成触发电路	465
四、IGBT 控制电路	477
第五章 调速技术及变频器	487
第一节 调速概述	487
一、调速方式分类	487
二、串级调速原理	488
第二节 变频调速技术	490
一、变频调速原理	490
二、变频器的分类与功能	492
三、中间电路	495
第三节 三菱 FR—500 及 FR—700 系列变频器	497
一、变频器主电路	497
二、变频器电气接线	502

三、开关量输入电路	504
四、开关量输出电路	515
五、系统闭环回路	522
第四节 三菱典型变频器的运行与操作	524
一、操作模式与运行方式	524
二、运行频率给定与相关参数	531
三、模拟量输入	538
四、其他频率给定	543
五、开关量输入/输出	545
第五节 基本功能与参数设置	553
一、电动机参数设定	553
二、变频器控制方式	559
三、加减速与制动	564
四、失速防止	572
五、断电重新启动	575
六、报警重新启动	576
七、PID 调节	577
八、工频切换	583
九、升降负载控制	587
十、挡块减速定位	589
十一、机械制动功能	591
第六节 变频器的安装使用	594
一、变频器工作环境	594
二、变频器安装基本要求	598
三、变频器接地	603
第六章 传感器及检测技术	606
第一节 传感器的分类、结构和性能	606
一、传感器的分类	606
二、传感器的结构	607
三、传感器的性能	608
第二节 检测技术与检测系统	610
一、检测技术	610
二、检测系统	610

第三节 典型传感器及其选用	612
一、应变片电阻传感器	612
二、电感式传感器	621
三、电容式传感器	626
四、压电式传感器	636
五、热电阻式传感器	643
六、热电偶式传感器	650
七、磁敏式传感器	658
八、差动式传感器	664
九、光电式传感器	669
十、霍尔式传感器	673
十一、气敏式传感器	680
十二、红外线传感器	683
第七章 可编程序控制器	687
第一节 可编程序控制器的组成与原理	687
一、组成和功能	687
二、工作原理	693
第二节 可编程序控制器(三菱)的基本元件	698
一、输入/输出元件	698
二、存储器	699
第三节 三菱 FX 系列可编程序控制器	699
第四节 三菱 FX 系列可编程序控制器的基本指令	727
一、基本指令	727
二、元件与编程	730
三、指令与编程	753
四、编程语言与指令格式	763
第五节 三菱 FX 系列可编程序控制器的功能指令	764
一、功能指令	764
二、功能指令的作用	765
第六节 三菱 FX 系列可编程序控制器的模拟量特殊单元	772
一、分类与选用	772
二、接入方式	775
三、编程指令	776

四、模拟量 I/O 功能扩展板	778
五、模拟量输入模块	788
六、模拟量输出模块	810
七、温度测控模块	822
八、温度测量特殊模块	830
九、模拟量控制系统程序	844
第七节 Q 系列可程序控制器	854
一、主要特点	854
二、系统构成与编程性能	856
三、电源模块	858
四、基板	862
五、扩展电缆	863
六、典型模块	864
七、I/O 地址分配	871
八、输入/输出元件	875
九、指令系统	882
第八节 可编程序控制器工程设计	900
一、型号选择	900
二、设计原则及步骤	901
三、I/O 模块选择及电路设计	903
四、PLC 外部电路设计	904
五、程序设计与调试	907
第九节 可编程序控制器的维护	912
一、日常维护	912
二、状态指示灯	914
三、故障诊断与维修	915
第八章 电气节能技术	919
一、概述	919
二、降低供电线路损耗的措施	920
三、降低变压器损耗的措施	923
四、提高功率因数的方法	926
五、电动机的节能	928
六、电加热设备的节能	933

七、照明装置的节能	935
第九章 接地与电磁兼容防护技术	939
第一节 接地的一般概念	939
一、概述	939
二、工作接地	940
三、保护接地	941
四、防雷接地	942
第二节 电气设备的接地	944
一、接地要求	944
二、接地装置	945
第三节 低压配电系统的接地	948
第四节 其他设备的接地	951
一、电子设备的接地	951
二、PLC 的接地	953
三、屏蔽接地	954
四、电气试验设备的接地	954
第五节 防静电接地	955
一、静电的产生	955
二、静电的特点	955
三、防静电接地	956
第六节 电磁兼容防护技术	958
一、电磁兼容概述	958
二、电磁干扰抑制技术	961
三、电磁屏蔽设计	963
四、变频器的电磁兼容设计	968
参考文献	974

第一章 低压电器及低压成套设备

第一节 分类与型号标注

低压电器是指 AC 1 200V 或 DC 1 500V 电力线路中,具备保护、控制或调节、转换和通断等功能的电器元件。

一、分类方法

1. 按用途划分

(1) 低压配电电器 低压配电系统中刀开关、转换开关、熔断器、断路器和保护继电器等,分断能力强,限流和保护特性好,动稳定性和热稳定性好。

(2) 低压控制电器 电力传动系统中控制继电器、接触器、起动器、控制器、主令电器、电阻器、变阻器和电磁铁等。

2. 按种类划分

按种类划分为刀开关和刀形转换开关、熔断器、断路器、控制器、接触器、起动器、控制继电器、主令电器、电阻器、变阻器、调整器、电磁铁等。

3. 按动作方式划分

(1) 自动类 电磁或气动驱动通断、反向和停止等,如接触器、断路器、继电器等。

(2) 手动类 人力驱动通断、起动、反向或停止等,如刀开关、转换开关及主令电器等。

4. 按防护形式划分

第一类防护,防止固体异物或人体进入内部或触及带电体运动部分;第二类防护,防止水进入内部的有害程度。外壳防护等级用 IP□□表示,第一个□是异物防护等级,第二个□是水防护等级。

5. 按工作条件划分

一般工业用电器,用于机床、通用机械等;船用电器,耐潮、耐腐蚀、耐摇摆和抗冲击振动等;化工电器,耐腐蚀、防爆;矿用电器,隔爆、耐潮、抗冲击;牵引电器,耐振动、耐冲击,用于交通运输工具;航空电器,

体积小、重量轻、耐冲击和耐振动等。

还可分热带型电器、干热带型电器、湿热带型电器和高原电器。各种分类还有若干派生电器。

二、型号表示

低压电器基本型号组成见图 1-1。

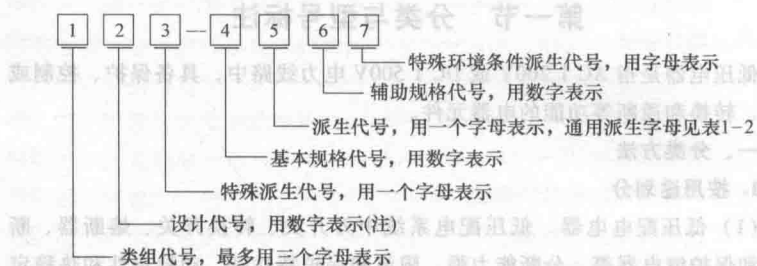


图 1-1 低压电器基本型号组成

注：数字位不变，两位及两位以上，首位数字 9—船用；8—防爆用；7—纺织用；6—农业用；5—化工用。

产品型号类组代号含义见表 1-1，加注通用派生字母对照见表 1-2。

表 1-1 产品型号类组代号含义

代号	H	R	D	K	C	Q	J	L	Z	B	T	M	A
名称	刀开关和刀形转换开关	熔断器	断路器	控制器	接触器	起动器	控制继电器	主令电器	电阻器	变阻器	调整器	电磁铁	其他
A						按钮式		按钮					
B									板形元件				触电保护器
C		插入式				电磁式			冲片元件	旋臂式			插销
D	刀开关						漏电		铁铬铝带型元件		电压		信号灯

(续)

代号	H	R	D	K	C	Q	J	L	Z	B	T	M	A
G				鼓形	高压				管形 元件				
H	封闭式 负荷开 关	汇流 排式											接线 盒
J					交流	减压		接近 开关					
K	开启 式负 荷开 关					真空			主令 控制 器				
L		螺纹 式					电流				励磁		电铃
M		封闭 管式	灭磁		灭磁								
P				平面	中频					频敏			
Q										起动		牵引	
R	熔断 器式 刀开 关						热		非线性 电力电 阻				
S	刀形 转换 开关	快速	快速		时间	手动	时间	主令 开关	烧结 元件	石墨			
T		有填 料封 闭管 式		凸轮	通用		通用	足踏 开关	铸铁 元件	起动 调整			
U						油浸		旋钮		油浸 起动			
W			框架 式				温度	万能 转换 开关		液体 起动		起重	
X						星形- 三角 形		行程 开关	电阻 器	滑线 式			

(续)

代号	H	R	D	K	C	Q	J	L	Z	B	T	M	A
Y	其他	其他	其他	其他	其他	其他	其他		硅炭 电阻 元件	其他		液压	
Z	组合 开关	自复	塑料 壳式		直流	综合	中间					制动	

表 1-2 加注通用派生字母对照

派生字母	
A、B	结构设计稍改进或变化
C	插入式
J	交流、防溅
Z	直流、防振、正向、重任务、自动复位
W	失电压、无极性、出口用、无灭弧装置
N	可逆、逆向
S	三相、双线圈、防水式、手动复位、三个电源、有锁住机构
P	单相、电压、防滴式、电磁复位、两个电源
K	开启式
H	保护式、带缓冲装置
M	灭磁、母线式、密封式
Q	防尘式、手车式
L	电流的、折板式、漏电保护
F	高返回、带分励脱扣
X	限流
TH	湿热带 } 热带产品代号, 注在型号最后位置
TA	

三、主要特性

1. 机械使用寿命

400A 以下为 10 000 次, 600 ~ 1 500A 为 5 000 次, 3 000A 以上主要用作隔离开关, 使用寿命要求低。

2. 电动稳定性

HD 系列低压开关电动稳定性见表 1-3。

表 1-3 HD 系列低压开关电动稳定性

稳定电流 I_n/A	电动稳定电流峰值/kA		1s 热稳定电流 /kA	分断能力 ^① /A	
	手柄式	杠杆式		AC 380V $\cos\varphi = 0.7$	直流 $t = 0.01s$ 220/440V
100	15	20	6	100	100/50
200	20	30	10	200	200/100
400	30	40	20	400	400/200
600	40	50	25	600	600/300
1 000	50	60	30	1 000	1 000/500
1 500	—	80	40		

① 分断能力指带灭弧装置的刀开关。对杠杆式，交流只断开 $0.3I_n$ ，直流断开 $0.2I_n$ 。

3. 主要技术参数及类别

主要技术参数包括额定电压、额定电流、分断能力、电动稳定性电流、允许操作频率、热稳定性电流、电使用寿命等。低压电器使用类别见表 1-4。

表 1-4 低压电器使用类别

种类 代号	使用类别 代号	典型用途对象
AC	AC-1	无感性或微感性负载、电阻炉
	AC-2	绕线式电动机的起动、分断
	AC-3	笼型异步电动机的起动、运转中分断
	AC-4	笼型异步电动机的起动、反接制动与反向、点动
	AC-5a	控制电灯的通断
	AC-5b	控制白炽灯的通断
	AC-6a	变压器的通断
	AC-6b	电容器组的通断
	AC-7a	家用电器中微感性负载和类似负载
	AC-7b	家用电动机负载
	AC-8a	密封制冷压缩机中的电动机控制(过载继电器手动复位)
	AC-8b	密封制冷压缩机中的电动机控制(过载继电器自动复位)
	AC-11	控制交流电磁铁负载
	AC-12	控制电阻性负载和发光二极管隔离的固态负载
	AC-13	控制变压器隔离的固态负载
	AC-14	控制容量(闭合状态) $\leq 72V \cdot A$ 的电磁铁负载
	AC-15	控制容量(闭合状态) $> 72V \cdot A$ 的电磁铁负载
	AC-20	无载条件下的“闭合”、“通断”电路
	AC-21	通断电阻负载,包括通断适中的过载
	AC-22	通断电阻电感混合负载,包括通断适中的过载
	AC-23	通断电动机负载或其他高电感负载