

实用厂矿供用电技术培训丛书

厂矿供电

徐树德 编著



中国科学技术出版社

实用厂矿供用电技术培训丛书

厂矿供电

徐树德 编著

中国科学技术出版社

(京)新登字175号

实用厂矿供用电技术培训丛书

厂 矿 供 电

徐树德 编著

封面设计: 黄钧培

*

中国科学技术出版社出版发行(北京海淀区白石桥路32号)

各地新华书店经售

广西大学印刷厂印刷

*

开本: 787×1092毫米 1/16 印张: 26.4 插页: 字数: 643千字

1992年4月第一版 1992年4月第一次印刷

印数: 1-5,000册 定价: 9.98元

ISBN 7-5046-0752-5/TM·5

内 容 简 介

《厂矿供电》是《实用厂矿供电技术培训丛书》的第四分册，本分册共十章。第一章绪论，第二章变压器，第三章电力负荷计算及变压器容量选择，第四章厂矿供电系统，第五章短路电流计算，第六章6~35kV电器，第七章低压电器，第八章高低压配电线路，第九章二次回路与继电保护，第十章接地、接雷与漏电保护。本书不仅全面涉及厂矿供电的各个环节，而且涉猎了近期出现的各个供电环节的新技术和新产品。

本书可供厂矿工程技术人员参考，可供中专有关专业教学以及厂矿管理人员、中高级电气技术工人培训选用。

著 者 袁 林 斜

前 言

为了配合当前蓬勃开展的厂矿技术培训,1988年我们组织了一些有丰富实践和教学经验的高级工程技术人员和大中专高级职称教师,编写了这套《实用厂矿供用电技术培训丛书》,在若干省市自治区的一些厂矿企业试用,一些中专有关专业曾选作教材,因其内容充实且富有实用性,深受读者的欢迎。现由编者予以修订,正式出版。本丛书的编写,从实用出发,力求反映我国厂矿的技术现状,并介绍新技术的发展。在内容上力求为厂矿工程技术人员的工作提供方便,满足一些中专有关专业的教学及厂矿电气技术工人培训的需要;在工艺上力求满足厂矿电气安装和运行的中高级电气技术工人的要求。

《丛书》共有五个分册:

1. 《电工、电子技术基础与电气仪表》(第一分册)
2. 《电机、拖动、控制及修理》(第二分册)
3. 《可控硅技术及其应用》(第三分册)
4. 《厂矿供电》(第四分册)
5. 《厂矿内外线电气工艺》(第五分册)

本套丛书的正式出版,得到中国科学技术出版社的大力支持,在此谨表示谢意。由于我们水平有限,错误在所难免,恳希读者指正。

中国电机工程学会

实用厂矿供用电技术培训丛书编委会

广西电机工程学会

一九九〇年十月

《实用厂矿供用电技术培训丛书》编委会

主 任 张宗鑫

编 委 张宗鑫 郑一钢 冯大千 游国权

主 编 徐树德

副主编 吕祖沛 王洪泽

- (册 一) 《 厂 矿 变 压 器 运 行 维 修 》 . 1
- (册 二) 《 厂 矿 电 机 运 行 维 修 》 . 2
- (册 三) 《 厂 矿 电 机 运 行 维 修 》 . 3
- (册 四) 《 厂 矿 电 机 运 行 维 修 》 . 4
- (册 五) 《 厂 矿 电 机 运 行 维 修 》 . 5

会 委 员 会 工 作 中 国 中
会 委 员 会 工 作 中 西 工

日 十 月 〇 九 日

常用电气图形新旧标准对照表

名 称	图 形 符 号	
	GB312-64	GB4728
继电器 保护触点 (动断)		
热敏自动开关动断触点		
插座 (内孔的) 或插座的一个极		优选形 其他形
插头 (凸头的) 或插头的一个极		优选形 其他形
插头的插座 (凸头和内孔的)		优选形 其他形
接 触 器	动合 (常开) 触点	
	动断 (常闭) 触点	
	带灭弧装置的动合触点	
	带灭弧装置的动断触点	
	带电磁吹弧线圈的动合触点	
	带电磁吹弧线圈的动断触点	
电磁离合器		
电磁制动器		
排 电 器 接 触 器 的 线 圈	一般符号	
	电流线圈	双线圈组合表示法
	电压线圈	双线圈分离表示法
	双线圈	
	过电流继电器线圈	交流继电器线圈
	欠电压继电器线圈	
	时间继电器缓吸线圈	
	时间继电器缓放线圈	

名 称	图 形 符 号	
	GB312-64	GB4728
动合 (常开) 触点		
动断 (常闭) 触点		
切换触点		先断后全 先合后断
延时闭合的动合 (常开) 触点		
延时断开的动合 (常开) 触点		
延时闭合与断开的动合触点		
延时闭合的动断 (常闭) 触点		
延时断开的动断 (常闭) 触点		
延时闭合与断开的动断触点		
保持触点 (动合)		
压力开关		
液面开关		
凸轮动作开关		
转速开关		
照明灯		
信号灯		RD 红 YE 黄 GN 绿 BU 蓝 WH 白
电 铃		优选形 其他形
蜂鸣器		优选形 其他形
电 警 笛		

续表

名 称	图 形 符 号	
	GB312-64	GB4728
熔断器		
熔断器开关		
熔断器隔离开关		
连通的连接片		
断开的连接片		
星形连接的三相绕组		
有中性点引出线的星形连接三相绕组		
三角形连接的三相绕组		
直流电		
交流电		
正 极		
负 极		
可变电容器		优选形 其他形
电容器的一般符号		优选形 其他形
有极性的电容器		优选形 其他形
电感线圈		
有铁心的电感线圈		
电抗器、扼流圈		
有抽头的固定电阻		
电位器的一般符号		
电阻器一般符号	(1) (2) (3) (4) (5) (6) (7) (8)	优选形 其他形 (1) (2) (3) (4) (5) 大于1W电阻器都用阿拉伯数字表示
(1) 1/8 瓦电阻器		
(2) 1/4 瓦电阻		
(3) 1/2 瓦电阻		
(4) 1 瓦电阻		
(5) 2 瓦电阻		
(6) 10 瓦电阻		

名 称	图 形 符 号	
	GB312-64	GB4728
半导体二极管一般符号		
发光二极管一般符号		
变容二极管		
隧道二极管		
反向阻断三极晶体闸流管, N型控制极(阳极侧受控)		
反向阻断三极晶体闸流管, P型控制极(阴极侧受控)		
双向三极晶体闸流管		
整流设备(器)框图		
全波(桥式)整流器		
电 池		
PNP型半导体管		
NPN型半导体管(集电极接管壳 GB4728)		
P型双基极单结型半导体管		
N型双基极单结型半导体管		
P型沟道结型场效应半导体管		
N型沟道结型场效应半导体管		
接机壳	(1) 一般符号 (2) 导线接机壳 (3) 屏蔽接地	(1) 或 (2) 或 (3) 或
接地	(1) 一般符号 (2) 导线(或电缆)接地 (3) 机壳接地 (4) 屏蔽接地	(1) 保护接地 无噪声接地(抗干扰接地)
绝缘击穿的一般符号		
变阻器(可调电阻)	(1) 一般符号 (2) 滑线式变阻器 (3) 带滑动触点和断开位置的电阻器	

续表

名 称	图 形 符 号	
	GB312-64	GB4728
有铁芯的单相双绕组变压器		
有抽头并有铁芯的单相双绕组变压器		
有铁芯的三相双绕组变压器 绕组连接: 星形 有中性点引出线的星形		
有铁芯的三相双绕组变压器 绕组连接: 有中性点引出线的星形——三角形		
单级绕组电流互感器		
三相鼠笼异步电动机		
三相滑环异步电动机		
永磁直流电机 M 电动机 G 发电机		
直流串励电机 M 电动机 G 发电机		
直流他励电机 M 电动机 G 发电机		
直流并励电机 M 电动机 G 发电机		
直流复励电机 M 电动机 G 发电机		
电机的绕组		
(1) 换向绕组		
(2) 补偿绕组		
(3) 交流电机定子绕组(每相) 或直流电机励磁绕组		

名 称	图 形 符 号	
	GB312-64	GB4728
三极开关		
三极自动开关 (三极自动空气断路器)		
三极高压隔离开关		
三极高压负荷开关		
单极开关		
动力控制器 (示出有两个无灭弧装置的常闭触点, 四个有灭弧装置的常开触点和一个有灭弧装置的常闭触点, 共七段电路)		
控制器或操作开关		
行程开关 (限位开关)	动合 (常开) 触点	
	动断 (常闭) 触点	
按钮	动合 (常开) 触点	
	动断 (常闭) 触点	
	动合和动断触点	
不连接的跨越导线		
互相连接的导线		

常用电器文字符号新旧标准对照表

新标准	旧标准	中文含义	新标准	旧标准	中文含义
A	FD	放大器	QL	FK	负荷开关
APD	BZT	备用电源自动投入装置	QM	—	手力操动机构辅助触点
C	C	电容; 电容器	QS	GK	隔离开关
F	BL	避雷器	R	R	电阻
FU	RD	熔断器	RD	HD	红色指示灯
G	F	发电机; 电源	RP	W	电位器
GN	LD	绿色指示灯	S	XT	电力系统
HDS	GPS	高压配电所	S	S	启辉器
HL	XD	指示灯; 信号灯	SA	KK	控制开关
HSS	ZBC	总降压变电所		XK	选择开关
K	J	继电器	SB	AN	按钮开关
KA	LJ	电流继电器	STS	CBS	车间变电所
KG	WSJ	气体继电器	T	B	变压器, 电力变压器
FR KH	RJ, WJ	热继电器或温度继电器	TA	LH	电流互感器
KL	JRJ	闭锁继电器	TAN	LLH	零序电流互感器
KM	ZJ	中间继电器	TM	B	电力变压器
KM	JC, C	接触器	TV	YH	电压互感器
MO	HC	合闸接触器	U	BL	变流器
KP	JHJ, GFJ	极化继电器或功率继电器		ZL	整流器
KS	XJ	信号继电器	V	D	二极管
KT	SJ	时间继电器		BG	晶体管
KU	XMJ	脉冲继电器	B, BB	M	晶闸管
KV	YJ	电压继电器			母线, 汇流排
KZ	ZKJ	阻抗继电器	BAS	SYM	事故音响信号小母线
L	L	电感	BC	KM	控制电路电源小母线
	L	电抗器	BF	SM	闪光信号小母线
	L	电感线圈	BFS	YBM	预报信号小母线
M	D	电动机	BL	MD	灯光信号小母线
N	N	中性导体, 中性线	1		线路(导线)
PA	A	电流表	BO	HM	合闸电路电源小母线
PE	—	保护导体, 保护线	BS	XM	信号电路电源小母线
PEN	N	保护中性导体, 保护中性线	BV	YM	电压小母线
PJ	Wh, varh	电度表	X	X	电抗
PV	V	电压表	XT	—	端子板
Q	K	开关	XB	LP	连接片
QA	ZK	低压断路器(自动开关)	YA	DC	电磁铁
OF	DL	断路器	YR	TQ	跳闸线圈(脱扣器)
QK	DK	刀开关	YO	HQ	合闸线圈
			ARD	ZCH	自动重合闸装置

目 录

1.1 电力系统基本概念	1
1.1.1 发电厂的构成	1
1.1.2 变电站的构成	2
1.1.3 电力网的构成及电压等级	2
1.1.4 负荷及其分类	3
1.2 电力系统中性点工作方式	4
1.2.1 中性点直接接地工作方式	4
1.2.2 中性点不接地工作方式	5
1.2.3 中性点经消弧线圈接地工作方式	5
1.2.4 中性点经低阻接地工作方式	5
1.2.5 低压系统中性点工作方式选择	6
思考与练习	6

第二章 变压器

2.1 概述	7
2.1.1 变压器的作用	7
2.1.2 变压器的分类	7
2.1.3 变压器电路和磁路的基本概念	8
2.2 单相变压器	8
2.2.1 基本结构形式	8
2.2.2 变压器的空载运行	9
2.2.3 变压器的有载运行	10
2.3 三相电力变压器	11
2.3.1 三相变压器的构造	12
2.3.2 变压器的极性和标志	17
2.3.3 三相变压器绕组的连接组	17
2.3.4 变压器并联运行的条件	19
2.3.5 三相变压器的冷却方式	20
2.3.6 三相变压器的调压	20
2.3.7 三相变压器的铭牌	22
2.4 矿用变压器	22
2.5 特殊变压器	25
2.5.1 自耦变压器	25

2.5.2 仪用互感器	26
2.5.3 三相五柱式电互感器	27
2.5.4 焊接变压器	28
2.5.5 安全变压器	26
2.6 三相变压器的其他产品	26
2.6.1 三绕组变压器	29
2.6.2 低耗变压器	30
2.6.3 防雷变压器	30
2.6.4 干式变压器	30
2.6.5 全密闭电力变压器	30
2.6.6 整流变压器	30
2.7 变压器的发展动向	31
2.7.1 特高压、特大容量变压器的生产	31
2.7.2 变压器高效节能的途径	32
思考与练习	32

第三章 电力负荷计算及 变压器容量选择

3.1 用电设备功率的确定	33
3.1.1 电动机功率的确定	33
3.1.2 照明负载功率计算	33
3.1.3 单相负载的三相等值功率	33
3.1.4 反复短时工作负载的等效功率	34
3.2 负荷计算	35
3.2.1 负荷计算方法综述	35
3.2.2 需要系数法	36
3.2.3 负荷曲线	41
3.3 变压器容量的选择	45
3.3.1 按计算负荷选择	45
3.3.2 填充系数法和1%规则	45
3.3.3 按经济容量选择	46
3.3.4 按发热条件进行过负荷校验	49
3.3.5 按发热条件校验变压器线圈最热点温度	54
3.3.6 变压器容量选择题例	55
思考与练习	57

第四章 厂矿供电系统

4.1 变电所所址的选择.....	58
4.1.1 变电所所址选择的原则.....	58
4.1.2 负荷中心计算.....	59
4.2 变电所变压器台数及其容量的确定和运行方式.....	60
4.2.1 确定变压器台数的原则.....	60
4.2.2 变压器容量的确定.....	60
4.2.3 变电所的低耗运行方式.....	61
4.3 厂矿配电系统主结线.....	64
4.3.1 对配电系统主结线的基本要求.....	64
4.3.2 配电系统主结线的基本形式.....	65
4.4 35kV变电所.....	66
4.4.1 35kV变电所控制室、配电室平面布置.....	66
4.4.2 变电所母线的结线.....	67
4.4.3 两回进线分段单母线35/10kV变电所.....	68
4.4.4 桥形结线的35/10kV变电所.....	68
4.4.5 35kV、10kV双电源变电所结线.....	71
4.4.6 35/0.4kV直变变电所结线.....	71
4.5 10kV变电所.....	72
4.5.1 线路——变压器组单元结线.....	72
4.5.2 小容量变电所的结构形式.....	72
4.5.3 两回进线的10kV变电所结线.....	74
4.5.4 单电源环形闭式网络.....	75
4.5.5 10kV变电所低压侧电网结线.....	75
4.6 矿山供电系统.....	77
4.6.1 矿山供电方案.....	77
4.6.2 深井供电系统.....	76
4.6.3 浅井供电系统.....	79
4.6.4 综机采面供电系统.....	79
4.6.5 隔爆移动变电站.....	81
4.7 变电所雷电侵入波的过电压保护.....	82
4.7.1 雷电侵入波的产生、传播和基本对策.....	82
4.7.2 一般变电所雷电侵入波的过电压保护.....	82
4.7.3 小容量变电所雷电侵入波的过电保护.....	83
思考与练习.....	85

第五章 短路电流计算

5.1 概述.....	86
5.1.1 短路种类.....	86

5.1.2 短路故障的危害及限制短路的措施.....	87
5.1.3 产生短路的原因.....	87
5.2 三相短路暂态过程的基本分析.....	88
5.2.1 无限大容量系统.....	88
5.2.2 三相短路电流的分解.....	89
5.3 三相短路电流计算.....	89
5.3.1 三相短路电流计算的一般规定.....	89
5.3.2 计算各种短路电流值的目的.....	90
5.3.3 三相短路电流计算.....	90
5.3.4 大型感应电动机对三相短路冲击电流的影响.....	92
5.4 1200V以下低压系统短路电流计算.....	93
5.4.1 计算的一般规定.....	93
5.4.2 短路回路阻抗计算.....	94
5.4.3 三相短路电流计算.....	96
5.5 短路电流的效应.....	98
5.5.1 短路电流的电动效应.....	98
5.5.2 短路电流的热效应.....	99
思考与练习.....	100

第六章 6~35kV电器

6.1 概述.....	102
6.1.1 电弧产生和消弧.....	102
6.1.2 电器的分类和要求.....	105
6.1.3 高压电器的型号.....	106
6.2 6~35kV开关电器.....	107
6.2.1 高压断路器的分类.....	107
6.2.2 6~35kV油断路器.....	108
6.2.3 六氟化硫(SF ₆)断路器.....	112
6.2.4 真空断路器.....	118
6.2.5 10kV负荷开关.....	125
6.2.6 隔离开关及电磁锁.....	125
6.2.7 操动机构.....	129
6.3 高压保护电器.....	146
6.3.1 高压熔断器的工作原理与参数.....	146
6.3.2 户内型高压限流式熔断器.....	147
6.3.3 高压跌落式熔断器.....	148
6.3.4 高压全量程保护熔断器.....	148
6.3.5 高压避雷器.....	149
6.4 高压测量电器.....	152
6.4.1 高压电压互感器.....	153

6.4.2 高压电流互感器	154
6.5 高压成套电器	155
6.5.1 概还	155
6.5.2 GG、GFG、KGN型固定式高压开关柜	155
6.5.3 JYN、KYN型移开式高压开关柜	157
6.5.4 GFC型手车式高压开关柜	162
6.5.5 高压综合起动柜和高压电容器柜	166
6.5.6 矿用高压配电箱	166
6.6 高压电器的选择和校验	168
6.6.1 高压电器的选择	168
6.6.2 高压电器的校验	168
思考与练习	170

第七章 低压电器

7.1 低压电器的分类和型号	171
7.1.1 低压电器的分类	171
7.1.2 低压电器的型号	172
7.2 低压配电电器	174
7.2.1 低压断路器的基本结构与特性	174
7.2.2 塑料外壳型(DZ型)低压断路器	178
7.2.3 框架型低压断路器	181
7.2.4 低压断路器的选择	188
7.2.5 低压熔断器及选用	188
7.2.6 低压隔离器、开关和断路器组合电器	194
7.3 低压控制电器	199
7.3.1 低压接触器及其选用	199
7.3.2 起动器	203
7.3.3 控制电路电器和开关元件定义	204
7.3.4 二次回路的控制电路和开关元件	205
7.3.5 主电路的控制电器	208
7.4 其他低压电器	209
7.4.1 低压避雷器	209
7.4.2 低压互感器	209
7.5 低压成套电器	211
7.5.1 低压开关柜	211
7.5.2 动力配电箱	215
7.5.3 照明开关箱	217
7.6 矿用低压电器	218
7.6.1 矿用低压隔爆断路器	218
7.6.2 矿用低压隔爆手动开关	219
思考与练习	220

第八章 厂矿配电线路

8.1 6~35kV架空配电线路	122
8.1.1 6~35kV杆塔与档距	221
8.1.2 高压架空线路的导线	222
8.1.3 线路绝缘子、导线的悬挂与线路金具	223
8.1.4 线路三盘	227
8.2 低压架空配电线路	227
8.3 电缆线路	228
8.3.1 电力电缆的结构	228
8.3.2 电力电缆的型号及产品现状	232
8.3.3 电力电缆的选用及热稳定校验	234
8.3.4 阻燃、橡套、控制电缆	235
8.3.5 矿用电缆	236
8.3.6 电缆的埋地敷设	239
8.3.7 电缆沿电缆沟、电缆隧道及竖井敷设	240
8.3.8 电缆沿桥架敷设	240
8.3.9 电缆中间连接与终端	246
8.4 低压室内配电线路	247
8.4.1 低压室内配电线路的形式	247
8.4.2 导线的选用	248
8.4.3 卡钉配线	248
8.4.4 槽板与线槽配线	294
8.4.5 瓷夹板与瓷柱配线	251
8.4.6 钢索配线	252
8.4.7 穿管配线	252
8.4.8 明母线	253
8.4.9 滑触线	254
8.4.10 插接式封闭型密集母线槽	255
8.5 导线截面选择	256
8.5.1 按机械强度要求选择	256
8.5.2 按允许持续电流选择	257
8.5.3 按允许电压损失选择	257
8.5.4 按经济电流密度选择	260
8.5.5 电动机起动过渡过程电压波动的计算	261
思考与练习	264

第九章 二次回路与继电保护

9.1 二次回路的基本概念	265
9.1.1 二次回路基本内容	265
9.1.2 二次回路原理接线图	265
9.1.3 二次回路安装接线图	266
9.2 控制与保护继电器	266
9.2.1 继电器的组成、分类和型号表示法	266
9.2.2 电磁型继电器	267
9.2.3 感应型继电器	270
9.2.4 整流型继电器结构原理	271

9.2.5 晶体管继电器的基本回路	272	方式	316
9.2.6 晶体管电流速断保护装置	281	9.9.2 6~10kV电动机设置保护的原则	319
9.2.7 晶体管定时限过流保护装置	282	9.9.3 6~10kV电动机的瞬时电流速断、纵联差动、单相接地、过负荷、低电压和失步保护	320
9.2.8 晶体管反时限过流保护装置	283	9.9.4 6~10kV电动机保护计算实例	326
9.2.9 LL10型晶体管过流继电器	283	9.10 6-10kV线路保护	328
9.3 断路器的控制回路	286	7.10.1 保护设置的考虑	328
9.3.1 断路器控制的基本要求	286	9.10.2 保护整定计算	328
9.3.2 断路器分、合闸的基本控制方案	286	9.11 自动装置	329
9.3.3 简单灯光监视的断路器控制回路	286	9.11.1 线路的自动重合闸	329
9.3.4 带黄色故障信号的断路器控制回路	287	9.11.2 对备用电源自投装置的基本要求	331
9.3.5 带有闪光信号的断路器控制回路	287	9.11.3 交流操作的进线断路器BZT装置	331
9.3.6 获得闪光信号的脉冲回路	290	9.11.4 直流操作的母线分段断路器备用电源自投装置	327
9.3.7 并列闭锁	291	9.11.5 低压母线分段接触器备用电源互投	334
9.3.8 防跳闭锁的断路器控制回路	292	9.11.6 互为备用的两低压电源自动互投	334
9.3.9 用弹簧操动机构的断路器控制回路	292	9.12 操作电源	335
6.4 信号回路	294	9.12.1 操作电源可靠性要求及分类	335
9.4.1 位置信号装置	294	9.12.2 蓄电池组浮充直流电源	336
9.4.2 中央信号装置	294	9.12.3 带电容器补偿装置的硅整流直流电源	337
9.4.3 中央预告信号回路	297	9.12.4 复式整流直流电源	338
6.5 互感器的接线	299	9.12.5 交流操作的断路器控制回路	339
9.5.1 电流互感器的接线	299	9.12.6 交流操作的中央信号	339
9.5.2 电压互感器的接线	300	9.12.7 交流操作的继电保护装置	341
6.6 继电保护的基本概念	301	思考与练习	342
9.6.1 继电保护的的任务及要求	301		
9.6.2 继电保护的组成	301		
9.6.3 继电保护的术语及定义	302		
6.7 电力变压器的保护	303		
9.7.1 电力变压器的故障和异常运行状态	303		
9.7.2 电力变压器继电保护分类	303		
9.7.3 按变压器容量大小设置保护的原则	304		
9.7.4 变压器电流速断、瓦斯、纵联差动、过电流、零序电流保护和过负荷、油温信号	304		
9.7.5 6(10)kV、35kV变压器交流操作继电保护实例	310		
9.7.6 6/0.4kV变压器保护计算实例	314		
9.8 6-10kV电力电容器的保护	315		
9.8.1 6~10kV电力电容器的故障	315		
9.8.2 9~10kV电力电容设置保护的原则	315		
9.8.3 6~10KV电力电容器外部相间、短路、双星形连接横联差动、双三角形接线相横差电流和单三角形接线零序电流保护	315		
9.9 6~10kV电动机的保护	319		
9.9.1 6~10kV异步、同步电动机的故障和异常运行			

第十章 接地接零与漏电保护	
10.1 触电的危害、种类与形式	343
10.1.1 电流对人体的危害	343
10.1.2 触电的种类	333
10.1.3 触电的形式	344
10.2 接地与接零的基本概念	345
10.2.1 接地及其分类	345
10.2.2 接地装置	346
10.2.3 接零的概念	346
10.3 接地与接零的典型方式	346
10.3.1 IEC 标准的TT、IT、TN方式	346
10.3.2 TN方式的TN-C、TN-S、TN-C-S系统	347
10.4 保护接地原理	348
10.4.1 中性点不接地高压系统的保护接地及故障电流计算	348

10.4.2 中性点不接地低压电系统的保护接地 ...349

10.4.3 中性点接地高、低压系统的保护接地... 435

10.4.4 保护接地的接地网..... 353

10.5 保护接零..... 353

10.5.1 保护接零的基本作用..... 353

10.5.2 错误做法..... 353

10.5.3 中性点接地三相四线系统失零的严重后果...
.....354

10.5.4 失零的保护措施..... 355

10.5.5 保护线(PE)的截面要求及计算.....356

10.5.6 重复接地..... 356

10.6 接地电阻的允许值..... 356

10.7 井下高低压系统的保护接地... 357

10.7.1 井下高低压系统的保护方法..... 357

10.7.2 电气设备单独接地的弊病..... 357

10.7.3 井下保护接地系统..... 358

10.8 漏电保安器(漏电开关)..... 359

10.8.1 电压型漏电保安器..... 359

10.8.2 电流型漏电保安器..... 260

10.8.3 漏电保安器应用的若干问题..... 362

10.9 矿山用漏电保护..... 363

10.9.1 矿山漏电保护的特点及措施..... 363

10.9.2 矿山漏电保护装置原理..... 363

10.9.3 YJ82型检漏继电器..... 365

10.9.4 JJKB30型检漏继电器.....370

思考与练习..... 370

附录

附录一 电力变压器技术规范..... 371
(35KV:SL1,SL7; 10KV:SL、SL1、SL-EN
SL7、S5、S6、S7、S9、SG、SCL、BS7,
BS9、35KV:SZ6、SZ7,10KV:SZ6,SZ7、SGZ)

附录二 DZ、DW低压断路器及熔断器技术规定... 387
(DZ10、DZ15、DZ6-60、DZ12-60、DZ1
-70、DW5、DW10、DW15、RWX15)

附录三 户外、高压、居内低压熔断器技术规格... 397
(RW1、RW2、RW3、RW4、RW5、RTO、
RM10、RM7、RL1、RSO)

附录四 绝缘导线、电缆允许载流量及穿管线径... 399

附录五 低压断路器、电阻互感器、电线、电缆的电阻
和电抗..... 403

参考文献.....408

第一章 绪 论

1·1 电力系统基本概念

发电厂将非电能源变换为电能，升压变电站将发电厂生产出的电能的电压升高，输电线路把升高了电压的电能进行远距离输送。降压变电站将高电压的电能变换为较低电压的电能供给用户，而用户的用电设备将电能转换为其他非电的能进行生产或直接为人类的生活服务。升压站、输电线路加上降压站，统称电力网，而发电机、电力网和用电设备总称电力系统。

1·1·1 发电厂的构成

当前世界各国电网发电站的构成主要是火电站、水电站和核电站，还有地热电站，至于潮汐电站、波浪电站、风力电站以及太阳能电站都还处于试验阶段，其中风力电站最大仅达2500kW的机组，太阳能电站最大也仅达5000kW。

火电厂和水电站及核电站发电量的比例，根据世界各主要国家的统计截至80年，世界火电站约占71.2%，水电站占16.8%，核电站占11.8%左右，而我国的火水电站比重约为77.3%和22.7%。

当前火电站主要是以煤、石油和天然气为燃料，几十年来，国外火电发展的特点是采用高参数（高温高压蒸汽）大容量机组，建设大电站，以降低单位造价和发电成本，提高劳动生产率和减少布点，而便于集中力量加快建设进度，截至八十年代，国外大量采用500~800MW的机组，站容量多在1000~2000MW、甚有达到3000、4000以至6000以上的。我国自制汽轮机组已达600MW，而火力发电站的规模也已有达1000MW以上的。

水轮发电机组也向大容量发展。美国已达700MW、挪威已达310MW、苏联达215MW、我国最大机组亦达到300MW。

世界第一座核电站由苏联于1954年建成，经过三十多年特别近廿年来的大发展，截至1982年底，已有廿二个国家建成核电站，共二百七十多台机组，装机容量达十四亿兆瓦，其中最大的容量达1300MW，核电发电量已占全世界总发电量的10%左右。

核电站的基建投资较高，但铀价较稳定，发电成本较低，比燃煤电站低 $1/5 \sim 1/3$ 而且不受燃料运输的影响，因此便给核电站的发展创造了良好的条件，我国核电站的建设起步较晚，目前已正在兴建引进的和自行设计的核电站，第一座核电站已投产并网。

不论是现代的常规的火电站或核电站，大都经过几次能量的转换，才转换为电能，效率很低。因此，人们正在研究效率高的新方法，如用理想的净化能源—氢作燃料发电，又如用磁流体发电又叫等离子体发电，即用石油或煤粉燃料或原子核反应堆加热气体，使之电离成导电的气流体，并以高速通过强磁场而发电，磁流体发电，具有热效率高、发电厂结构紧凑、体积小、发电启停迅速的特点。适用于调峰且对周围环境污染少，并可产生副产品—另一种能源氢。

1.1.2 变电站的构成

由于绝缘条件的限制,发电机一般最高电压为 15kV,因此,中低压发电高压输电的变换电压的任务,需用升压变电站来完成。由于用户一般不能直接使用高压电,故将输电线路的较高电压变换为较低电压的任务亦需由降压变电站来完成。

变电站的主要设备有变压器、隔离开关、断路器或负荷开关以及避雷器等。另外为了便于分配电能,即将较高电压的电源降低电压后,将电能用几条回路分配给用户或负荷点,便需设立母线桥,故母线桥就是电能集散点。

按电压是升高还是降低而言,变电站可分为升压变电站或降压变电站。而降压变电站又多以其高压侧的电压而命名,如220kV变电站、110kV变电站,35kV变电站,10kV变电站等,升压站设在发电厂处,而降压站则设在用户处或电能的集散点。

1.1.3 电力网的构成及电压等级

电力线路及其两端变电站组成电力网,或简称电网。把电能由电源输送到负荷中心的线路叫输电线路或送电线路,含输电线路的电网称为输电网,把电能由电源或负荷中心分配到用户变电所的路线叫配电线路。含配电线路的电网称为配电网。

随着负荷的日益增长和电力网规模的扩大,电力网的电压愈来愈高,现在世界上电力网最高的电压达到 765kV(美国、加拿大、苏联等),而日本和英、德法等国,由于输送距离较近及当前的负荷规模,还只采用500kV和400kV。随着负荷的增长,一些边幅辽阔的国家,还在研究发展1000kV及以上的特高压等级。我国目前最高电压等级为 500kV,随着能源特别是巨大水力能源的开发,随着国民经济的发展带来的负荷增长,更远距离和更大容量的输送的形势将会提出更高电压等级的要求。

为了对不同距离、不同负荷的各用电片、点供电,就需要各种不同等级的电压。因此,电力网就存在各种层次电压等级,换言之,电力网是由各种层次电压等级组成。

我国电网电压列入国家标准等级的是500kV、220kV、110kV、35kV、10kV、0.38kV等。现有的330kV不再发展,154kV已被220kV取代,原有的6kV也被10kV取代。

矿山电网电压除了上述等级外,在低压电网中增加了0.66kV和1.14kV两个等级,以获得较大的输送距离,以适应矿山的实际情况。

按电压高低划分,过去,将1kV以下称为低压,1kV及以上220kV以下称为高压,220kV及以上称为超高压,由于电网规模的不断扩大,电压的不断升高,新的划分日渐趋向于将1200V以下的称为低压,1200V至35kV的称为中压,高于35kV低于500kV的称为高压,500kV至1000kV以下的称为超高压,1000kV及以上称为特高压。

从上述世界各国电力网各层次电压等级来看,一般情况,110kV以上电压等级差在2倍左右,而110kV以下则在三倍左右,但近年来,对110kV以下这个级差倍数,国内外正在探讨加大的优越性,拟以20kV级取代10kV级和取消35kV级,既减少了变电层次、减少了变电设备的投资,又减少了线损。

现代电力线路最主要的形式是架空线,其次是电缆,城市电网还出现架空电缆(架空绝缘线束)。