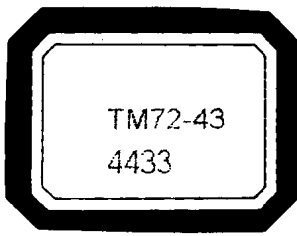


177034



高 等 学 校 教 材

//////////////////// 专 科 适 用 //////////////////////

供 用 电 工 程

上海电力学院 蓝之达 主编

中国电力出版社

内 容 提 要

《供用电工程》是按电力高等三年制专科“用电管理与监察”专业教学大纲的要求编写的教材。

全书分上、下两篇。上篇为供用电系统一次部分,包括供用电网络的基本知识、潮流计算、无功平衡与电压调整、工业企业用户负荷计算与功率因数提高、短路电流计算、开关电器、互感器、变电所电气主接线和配电装置、导体的发热和电动力、变电所电气设备的选择计算等。下篇为供用电系统二次部分,包括变电所的控制、信号与直流电源、常用继电器以及电力线路、变压器、电动机、电力电容器、母线等电气设备的继电保护、部分自动装置的构成与整定计算等。每章均附有思考题与习题。附录中列出常用电气设备的主要技术参数。书中还列出了常用电气设备和有关物理量下角标文字符号的新旧中英文对照表。

本书可作为供用电类专科专业的专业课教材(约150学时),也可供从事供用电工作的工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

供用电工程/蓝之达主编. —北京:中国电力出版社,1998
高等学校教材·专科适用

ISBN 7-80125-478-3

I. 供… II. 蓝… III. ①供电-电力工程-高等学校-教材
②用电-电力工程-高等学校-教材 IV. TM7

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (97) 第 19143 号

中国电力出版社出版

(北京三里河路6号 邮政编码 100044)

北京鑫正大印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·各地新华书店经售

*

1998年5月第一版 1998年5月北京第一次印刷
787毫米×1092毫米 16开本 33.75印张 768千字
印数 0001—3030册 定价 32.00元

版 权 专 有 翻 印 必 究

(本书如有印装质量问题,我社发行部负责退换)

前 言

本书是根据原能源部 1992 年 8 月审定的 1993~1995 年高等学校教材编审出版计划、电力部高等专科教学委员会审定的教材编写大纲编写的。

本书按电力类三年制专科“用电管理与监察”专业对供用电工程所需要的专业知识与技能进行编写,是在总结上海电力学院自 80 年代初期创办“用电管理与监察”专科专业以来,本教研室十几年讲授本课程教学经验的基础上编写的。根据本专业教学计划,本课程是主干课程之一,本教材按 150 学时授课,分上、下两篇,共 20 章,上篇讲授约 90 学时,下篇讲授约 60 学时。上篇为供用电系统一次部分,共 10 章,主要叙述:供用电系统的基本概念、电力网潮流计算、无功平衡和电压调整、工业企业供配电系统及其电力负荷的计算、开关电器、互感器、电气主接线和配电装置、短路电流计算、载流导体的发热和电动力、电气设备的选择等。下篇为供用电系统二次部分,也分 10 章,主要叙述:变电所的控制与信号回路、继电保护的基本概念与常用继电器、电力线路的继电保护(一)与(二)、小电流接地系统的接地保护、变压器保护、电动机保护、6~10kV 电力电容器保护、母线保护、自动装置等。每章后附有一定数量的思考题和习题。书末列出常用电气设备的主要技术参数作为附录,并且列出本书常用的电气设备和物理量下标的文字符号新旧中英文对照表。

本书由应敏华编写第二、四、五、八、十六、十八章,程乃蕾编写第十、十一、十二、十三、十四、十五、十七、十九章以及附录、文字符号,其余各章由蓝之达编写,蓝之达任主编并负责全书统稿。书稿由武汉水利电力大学江日洪教授主审,提出了许多宝贵意见,此外杨存葆教授提出了很多有益建议,在此一并表示诚挚的感谢。

由于我们的水平有限,书中如有错误及不妥之处,恳请读者批评指正。

编 者

1996 年 3 月

常用字符说明

本书常用字符如表 0-1 及表 0-2 所示。

表 0-1 电气设备的文字符号

文字符号	中文名称	英文名称	旧符号 ^①
AR	自动重合闸装置	auto-reclosing device	ZCH
ATS	备用电源自动投入装置	reserve-source auto-put into device	BZT
C	电容, 电容器	electric capacity, capacitor	C
FU	熔断器	fuse	RD
G	发电机, 电源	generator, source	F
HG	绿色指示灯	green indicator lamp	LD
HL	指示灯, 信号灯	indicator lamp; pilot lamp	XD
HR	红色指示灯	red indicator lamp	HD
K	继电器	relay	J
KA	电流继电器	current relay	LJ
KG	气体 (瓦斯) 继电器	gas relay	WSJ
KR	热继电器	heating relay	RJ
KM	中间继电器	medium relay	ZJ
KM	接触器	contactor	C
KMC	合闸接触器	closing operation contactor	HC
KS	信号继电器	signal relay	XJ
KT	时间继电器	timing relay	SJ
KV	电压继电器	voltage relay	YJ
L	电感; 电感线圈	inductance; inductive coil	L
L	电抗器	reactor	DK
LC	合闸线圈	closing operation coil	HQ
LT	跳闸线圈, 脱扣器	opening operation coil, release	TQ
M	电动机	motor	D
N	中性线	neutral wire	N
PA	电流表	ammeter	A
PJ	电能表	watt hour meter	Wh, Varh
PV	电压表	voltmeter	V

续表

文字符号	中文名称	英文名称	旧符号 ^①
QF	断路器	circuit - breaker	DL
QF	低压断路器 (自动开关)	low - voltage - circuit - breaker	ZK
QK	刀开关	knife - switch	DK
QS	隔离开关	disconnecter	GK
R	电阻	resistance	R
SA	控制开关	control switch	KK
SA	选择开关	selector switch	XK
SB	按钮	push-button	AN
T	变压器	transformer	B
TA	电流互感器	current transformer	LH
TAM	中间变流器	middle current transformer	ZLH
TV	电压互感器	voltage transformer	YH
TVM	中间变压器	middle voltage transformer	YB
TX	电抗变压器	reactance transformer	DKB
U	整流器	rectifier	ZL
UE	整流桥	Bridge rectifier	BZ
V	二极管	diode	D
V	晶体管	transistor	BG
W	导线、接线	wire, wiring	L、jx
WFA	事故音响信号小母线	accident sound signal small-busbar	SYM
WB	母线	busbar	M
WC	控制操作回路电源小母线	control circuit source small-busbar	KM
WF	闪光信号小母线	flash - light signal small-busbar	SM
WW	预报信号小母线	forecast signal small-busbar	YBM
WL	灯光信号小母线	lighting signal small-busbar	DM
WL	线路	line	L
WO	合闸回路电源小母线	switch - on circuit source small-busbar	HM
WS	信号回路电源小母线	signal circuit source small-busbar	XM
WV	电压小母线	voltage small-busbar	YM
X	电抗	reactance	X
x	端子板	terminal strip	—
XB	连接片	link	LP

① 旧符号主要指 80 年代之前大多数教材沿用的以汉语拼音为主的符号, 此处对照列出, 供参考。

表 0-2

物理量下角标的文字符号

文字符号	中文名称	英文名称	旧符号	文字符号	中文名称	英文名称	旧符号
act	动作	action	dZ	MS	自启动	Motor Autostarting	Zq
Al	铝	aluminium	Al	N	额定、标称	rated, nominal	e
al	允许	allowable	yx	NO	数目、序号	number	NO
arc	电弧	arc	h	net	电网	network	w
av	平均	average	pj	np	非周期性的	non - periodic	fz
aw	精确	accurate	jg	oc	开断	open circuit	kd
b	开始	begin	k	op	工作	operating	gz
B	基准	basic	j	P	有功功率	active power	P
bal	平衡	balance	ph	p	周期性的	periodic	zq
bra	分支	branching	fz	p	保护	protect	bh
c	接线	connection	jx	ph	相	phase	x
c	持续	continue	r	Q	无功功率	reactive power	Q
cal	计算	calculate	js	qb	速断	quick break	sd
cl	关合	close	gh	ra	辐射	radiation	f
cr	临界	critical	lj	re	返回	returning	f
Cu	铜	copper	Cu	rel	可靠(性)	reliability	k
d	需要	demand	x	res	恢复	restore	hf
d	差动	differential	cd	resd	残余	residual	cy
de	破坏	destroy	ph	s	跨步	step	k
div	分闸	divide	gf	s	稳定	stable	w
E	地	earth	d	sen	灵敏	sensitive	lm
e	有效的	efficient	yx	set	整定	setting	zd
ear	接地	earthing	jd	sh	冲击	shock, impulse	cj
ec	经济	economic	j	st	制动	stop	zh
eq	等效的	equivalent	dx	su	日照	Sun	t
es	电动稳定	electrokinetic stable	dw	t	时间	time	t
ex	励磁	excitation	lc	t	瞬态	transient	s
f	最终	final	z	tou	接触	touch	jc
Fe	铁	iron	Fe	U	平均电压	average voltage	U _p
h	热	heat	r	u	电压	voltage	u
I	平均电流	average current	I _p	u	利用	use	L
i	电流	current	i	u	实用	utility	s
i	任意常数	arbitrary constant	i	ub	不平衡	unbalance	bp
in	内部	inside	n	wav	加权平均数	weighted average	J
k	短路	short - circuit	d	θ	温度	temperature	θ
L	负荷	load	fh	Σ	总和	total, sum	Σ
L	线	line	X	φ	相	phase	φ
max	最大	maximum	max	0	零, 无, 空	Zero, nothing, empty	0
me	仪表	meter	Yb	o	中性线	neutral wire	o
med	介质	medium	j	o	起始的	initial	o
min	最小	minimum	min				

目 录

前 言

常用字符说明

上篇 供用电系统一次部分

第一章 绪论	1
第一节 电力工业在国民经济中的地位	1
第二节 电力系统的组成和特点	1
第三节 发电厂和变电所的类型	4
第四节 发电厂和变电所电气设备简述	6
第五节 电力系统的接线方式和电压等级	7
第六节 电力系统中性点运行方式	10
思考题及习题	13
第二章 电力网计算	14
第一节 电力线路的结构	14
第二节 输电线路的电气参数计算和等值电路	22
第三节 变压器的参数计算和等值电路	29
第四节 电抗器的参数计算和等值电路	35
第五节 电力网的电压降落、电压损耗和电压偏移	35
第六节 电力网的功率损耗和电能损耗	40
第七节 辐射形电力网的潮流计算	47
思考题及习题	60
第三章 电力系统的无功功率平衡和电压调整	62
第一节 概述	62
第二节 无功功率平衡	65
第三节 电力系统的电压调整	73
思考题及习题	85
第四章 工业企业供配电系统及其电力负荷的计算	87
第一节 概述	87
第二节 负荷曲线	89
第三节 按需要系数法确定计算负荷	98
第四节 工业企业供电系统功率因数的提高	104
第五节 负荷统计示例	110
第六节 工业企业供配电系统	115
第七节 总降压变电所中主变压器的选择	121

思考题及习题	121
第五章 开关电器	123
第一节 概述	123
第二节 开关电器的基本工作原理	123
第三节 断路器	131
第四节 隔离开关	142
第五节 熔断器	144
第六节 低压开关	148
思考题及习题	151
第六章 互感器	152
第一节 概述	152
第二节 电流互感器	152
第三节 电压互感器	158
思考题及习题	164
第七章 电气主接线和配电装置	165
第一节 概述	165
第二节 主接线的基本接线形式	165
第三节 变电所主接线的设计	172
第四节 变电所的电气主接线	173
第五节 变电所的所用电接线	176
第六节 配电装置的分类与安全净距	176
第七节 屋内配电装置	180
第八节 屋外配电装置	186
第九节 成套配电装置	191
第十节 保护接地	194
思考题及习题	199
第八章 短路电流计算	201
第一节 概述	201
第二节 标幺值计算法与网络化简	203
第三节 由“无限大”电力系统供电的三相短路电流计算	213
第四节 由同步发电机供电的三相短路电流计算	220
第五节 运算曲线法	224
第六节 电动机对冲击短路电流的影响	236
第七节 1kV 以下供电网络短路电流计算的特点	236
第八节 不对称短路电流的计算	237
思考题及习题	258
第九章 载流导体的发热和电动力	260
第一节 概述	260
第二节 导体的长期发热	262
第三节 导体的短时发热	266

第四节 导体短路时的电动力	271
思考题及习题	278
第十章 电气设备的选择	279
第一节 导体和电气设备选择的一般条件	279
第二节 母线、电缆和架空线的选择	282
第三节 支持绝缘子和穿墙套管的选择	289
第四节 高压断路器、隔离开关和高压熔断器的选择	291
第五节 限流电抗器的选择	296
第六节 互感器的选择	297
第七节 消弧线圈的选择	301
第八节 电气设备选择计算例题	306
思考题及习题	313

下篇 供用电系统二次部分

第十一章 变电所的控制与信号回路	316
第一节 二次回路的基本概念	316
第二节 操作电源	322
第三节 断路器的控制回路	327
第四节 中央信号	334
思考题及习题	339
第十二章 继电保护概述与常用继电器	340
第一节 继电保护的作用和基本原理	340
第二节 对继电保护的基本要求	341
第三节 常用继电器	343
第四节 继电保护技术的发展概况	352
思考题及习题	353
第十三章 电力线路的继电保护（一）	354
第一节 定时限过电流保护的動作原理	354
第二节 定时限过电流保护装置的接线方式和整定原则	355
第三节 电流速断保护	364
第四节 限时电流速断保护	366
第五节 三段式电流保护全图及整定计算例题	367
第六节 低电压闭锁过电流保护和反时限过电流保护	371
第七节 方向过电流保护的工作原理	379
第八节 功率方向继电器及其接线方式	381
第九节 方向过电流保护的原理接线图和整定原则	393
思考题及习题	397
第十四章 电力线路的继电保护（二）	399
第一节 距离保护的基本工作原理	399

第二节 阻抗继电器	401
第三节 距离保护的整定计算原则	414
第四节 差动保护	417
思考题及习题	424
第十五章 小电流接地系统的接地保护	425
第一节 中性点不接地系统单相接地故障的特点	425
第二节 中性点经消弧线圈接地电网中单相接地短路故障的特点	427
第三节 中性点不接地系统的接地保护装置	429
思考题及习题	431
第十六章 变压器保护	433
第一节 变压器的故障和应装设的保护	433
第二节 变压器的瓦斯保护	433
第三节 变压器的电流速断保护	436
第四节 变压器的纵联差动保护	437
第五节 变压器的过电流保护和过负荷保护	452
第六节 变压器的温度信号装置	461
第七节 变压器保护原理接线图及整定计算例题	462
思考题及习题	468
第十七章 电动机保护	469
第一节 电动机的故障种类和不正常运行方式	469
第二节 电动机的相间短路保护装置	469
第三节 电动机的单相接地保护	473
第四节 电动机的过负荷保护	474
第五节 电动机的低电压保护	476
思考题及习题	478
第十八章 6~10kV 电力电容器的保护	479
第一节 电容器故障形式及保护的装设原则	479
第二节 保护装置的整定计算	480
思考题及习题	481
第十九章 母线保护	482
第一节 母线的故障	482
第二节 母线的电流保护	483
第三节 母线的差动保护	484
思考题及习题	486
第二十章 自动装置	487
第一节 自动重合闸装置	487
第二节 单侧电源供电的三相一次自动重合闸	488
第三节 备用电源和备用设备的自动投入装置	494
第四节 备用电源自动投入装置的典型接线	496
思考题及习题	500

附录 A 架空线的主要技术参数	501
附录 B 矩形铝母线的技术参数	504
附录 C 断路器的主要技术参数	505
附录 D 隔离开关的主要技术参数	507
附录 E 限流式熔断器主要技术参数	509
附录 F 电流互感器主要技术参数	510
附录 G 电压互感器主要技术参数	516
附录 H 支柱绝缘子主要技术数据	518
附录 I 穿墙套管主要技术数据	519
附录 J XDJ 消弧线圈主要技术数据	520
附录 K 避雷器主要技术数据	521
附录 L 电容器的主要技术数据	523
附录 M GL 型继电器主要技术数据	525
参考文献	528

上篇 供用电系统一次部分

第一章 绪 论

第一节 电力工业在国民经济中的地位

电力工业是国民经济的一个重要部门。由于电能具有输送、分配、转换、控制和使用方便等优点，因此电力不仅为工业、农业、现代科学技术和现代国防提供了必不可少的动力，而且与现代社会生活也有着日益密切的联系，电能已广泛应用到社会生产的各个领域和社会生活的各个方面。根据世界各国经济发展的进程来看，国民经济每增长 1%，就要求电力工业增长 1.3%~1.5% 左右，从而，一些工业发达国家几乎是每 7~10 年（个别的为 5~6 年）装机容量增加一倍。因此可以认为，没有电力工业的先行作为基础，国民经济的现代化就不可能实现。

旧中国的电力工业发展十分缓慢，从 1893 年在上海建立第一个发电厂开始，到 1949 年全国解放时，全国发电设备总容量仅 185 万 kW，年发电量仅 43 亿 kW·h，居当时世界第 25 位。解放后，我国电力工业有了很大发展，至 1995 年年末，我国全国发电设备的总装机容量已达 2.14 亿 kW，年发电量达 10000 亿 kW·h。我国已相继建成了十几条 500kV 的超高压输电线路， $\pm 500\text{kV}$ 的超高压直流输电线路也已建成投入运行，目前，全国有 7 个跨省的电力系统，除了新建电网的大规模发展以外，对原有电网的改造也正在积极进行。总之，解放以来我国电力工业所取得的成就是巨大的。

但是，若按照人均用电量来衡量，我国电力工业与世界上一些发达国家相比，仍有相当大的差距，且不能满足国民经济和人民生活的需要，此外，从用电角度看，我国解放以来始终存在着“重发、轻供、不管用”的现象，以及用电管理制度不健全，监察、测量手段落后，缺乏用电管理专门技术人员等薄弱环节都影响了电力工业的发展。因此我国电力工作者的一个重要任务就是全力加速电力工业的建设，为在本世纪内初步实现四个现代化贡献才智。

第二节 电力系统的组成和特点

一、电力系统的形成

在电力工业发展初期，发电厂都建设在用电地区附近，规模很小，而且是孤立运行的。随着生产发展和科学技术的日益进步，用户的用电量和发电厂容量都在不断增大。由于电能生产是一种能量形式的转换，所以发电厂应建设在有动力资源的地方，例如水能资

源集中在江河流域水位落差较大的地方，热能资源则集中在盛产煤、石油、天然气的矿区。而大城市、大工业中心等用电部门则由于地理、历史等各种条件的限制，往往与动力资源所在地有一定距离。因此必须建设升压变电所和架设高压输电线路，将电能送到电力负荷中心，随后经过降压变电所降压，再经过配电线路向各类用户提供电能。

为了提高供电的可靠性和经济性，将一些发电厂和用户通过升、降压变电所、输电线路组成在电气上相互连接的整体，形成电力系统。电力系统中输送、分配电能的部分称为“电力网”。如果将热力发电厂的锅炉、汽轮机、热力网和用电设备；水力发电厂的水库、水轮机和原子能发电厂的反应堆等包括在内，称为“动力系统”。关于电力系统、电力网和动力系统的划分如图 1-1 所示。

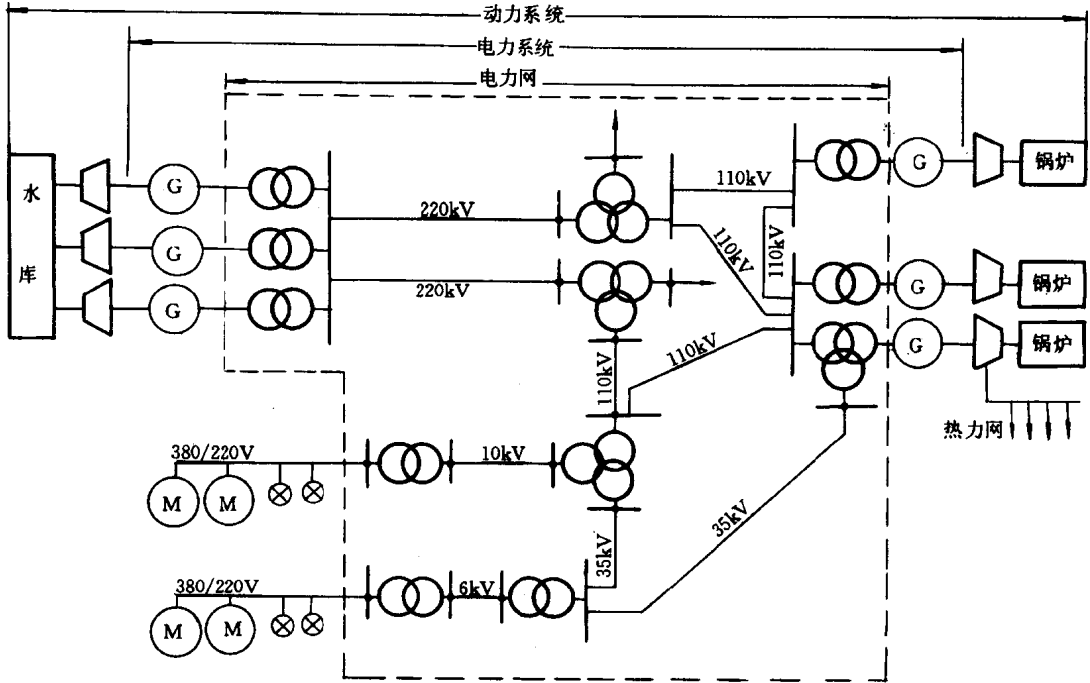


图 1-1 动力系统、电力系统、电力网示意图

二、电力系统的特点

联合电力系统实行统一调度，具有下列优点：

（一）减少系统中的总装机容量

由于负荷特性、地理位置等的不同，电力系统中各发电厂孤立运行的最大负荷并不是同时出现的，因此系统的综合最大负荷常小于各个发电厂单独供电时的最大负荷的总和，从而，相应地可减少系统中的总装机容量。

（二）合理利用动力资源、充分发挥水力发电厂的作用

水力发电厂的出力取决于河流的来水情况，由于水流情况的多变，很难与电力负荷相适应，往往在枯水季节出力不足，而丰水季节却要弃水。当水力发电厂联入电力系统后，它的运行情况就可与火力发电厂相互配合调剂。在丰水季节，水力发电厂尽量多发以减少

火力发电厂的出力，节省燃料；而在枯水季节由水力发电厂担负尖峰负荷，火力发电厂担负固定的基本负荷。这样既充分利用了水能资源，又提高了火力发电厂的运行效率，降低了煤耗。所以形成电力系统将使多种能源得到充分利用。

（三）提高了供电可靠性

通常，孤立运行的发电厂必须单独装设一定的备用容量，以防机组检修或事故时中断对用户的供电。但当联成电力系统后，则随着系统容量的增大，不仅可以减少备用机组的台数和容量，提高设备的利用率，而且不同发电厂之间在发生事故时还可以相互支援，从而提高了供电可靠性。

（四）提高了运行的经济性

除了可以充分利用动力资源外，在电力系统中还可在各发电厂之间合理地分配负荷，降低整个系统的电能成本，另外，随着系统容量的增大，就有可能采用单机容量较大的大型发电机组，降低了单位千瓦造价和运行损耗，提高了系统运行的经济性。

但是，电力系统的日益扩大，一处发生故障而波及广大地区的情况也越易发生。而且，系统短路容量也将随着增加，甚至达到设备所不能允许的程度，这些又是联合电力系统的缺点。

三、对电力系统运行的基本要求

电力工业电能的生产、输送、分配和消费与其它工业的区别在于：

（1）与国民经济各部门的关系密切。由于电能与其它能源之间转换方便，宜于大量生产、集中管理、远距离输送、自动控制等，因此使用电能较其它能源有显著优点，各部门广泛使用电能。电能供应的中断或减少将影响国民经济的各个部门。

（2）过渡过程非常短促。发电机、变压器、电力线路、电动机等元件的投入或退出都在瞬间完成。电能输送所需的时间仅千分之几甚至百万分之几秒。电力系统从一种运行方式过渡到另一种运行方式的过渡过程更是非常短促。

（3）电能不能大量储存。电能的生产、输送、分配、消费是同时发生的，即发电厂任何时刻生产的电能必须等于该时刻用电设备消费与输送、分配中损耗电能之和。

根据这些特点，对电力系统运行的基本要求是：

（1）保证可靠地持续供电。供电的中断将使生产停顿、生活混乱，甚至危及人身和设备安全，造成十分严重的后果。停电给国民经济造成的损失远远超过电力系统本身的损失。因此，电力系统运行首先要满足可靠、持续供电的要求。这就需要做好设备的正常运行维护和定期的检查试验。同时，要提高运行水平；防止发生误操作；在事故发生后应尽量采取措施以防事故扩大；完善电力系统的结构等等。

虽然保证可靠供电是对电力系统的首要要求，但并非所有负荷都绝对不能停电。通常，根据用户对供电可靠性的要求，分为下列三类：

1) 一类用户。如果对此类用户中断供电，就会带来人身危险、设备损坏、产生大量废品、严重破坏生产秩序、给国民经济带来巨大的损失或造成重大政治影响。对此类负荷须有两个或两个以上独立电源供电。按生产需要和允许停电时间，以自动或手动切换电源。

2) 二类用户。如果对此类用户中断供电, 将造成大量减产、停工、城市公用事业和人民生活受到影响等。此类负荷亦较重要, 可由两回线路供电, 如有困难时, 允许由一回专用线路供电。

3) 三类用户。一般指不属于第一类、第二类的其它用户, 短时停电不会带来严重后果, 如工厂附属车间、小城镇等。通常用一个电源供电, 无特殊要求。

当系统发生事故、出现供电不足的情况时, 首先切除三类用户的供电, 以保证一、二类用户的需要。

(2) 保证良好的电能质量。电能的质量指标主要是电压、频率和波形等变化不得超出允许范围。电压容许变化范围为额定电压的 $\pm 5\%$; 频率的允许偏差为 $50 \pm (0.2 \sim 0.5)$ Hz; 波形应为正弦波, 畸变率要十分小。

(3) 保证电力系统运行的经济性。要使电能在生产、输送和分配过程中效率高、损耗小, 以期最大限度地降低电能成本。这样不仅是节省能量资源, 且意味着各用电部门成本的降低, 使国民经济整体受益。

应当指出, 以上要求是互相关联的, 而且常是相互矛盾、相互制约的。因此, 要综合考虑, 满足任何一项要求时, 须兼顾其它要求。

第三节 发电厂和变电所的类型

发电厂是将各种天然能源, 如煤炭、水能、核能等转换成电能的工厂。电能一般还要由变电所升压, 经高压输电线送出, 再由变电所降压才能供给用户使用。为便于了解电能生产、输送、分配的全过程, 现将发电厂和变电所的类型简述如下。

一、发电厂的类型

(一) 火力发电厂

这是用煤(包括用油和天然气)为燃料的发电厂。火力发电厂的原动机, 大多为汽轮机, 也有个别地方采用柴油机或燃气轮机的。火力发电厂又可分为:

(1) 凝汽式火电厂 锅炉产生蒸汽, 送到汽轮机, 带动发电机将机械能转换为电能。已作过功的蒸汽, 排入凝汽器内冷凝成水, 又重新送回锅炉。在凝汽器中, 大量的热量被循环水带走, 所以, 凝汽式火电厂的效率很低, 只有 $30\% \sim 40\%$ 左右。凝汽式火电厂, 通常简称火电厂。

(2) 热电厂 热电厂与凝汽式火电厂不同之处主要在于: 汽轮机中一部分作过功的蒸汽, 从中间段抽出供给热力用户, 或经热交换器将水加热后, 把热水供给用户。这样, 便可减少被循环水带走的热量损失。现代热电厂的效率高达 $60\% \sim 70\%$ 。

(二) 水力发电厂

水力发电厂是将水的位能和动能转变成电能。根据水力枢纽布局的不同, 又可分为堤坝式、引水式等。

(1) 堤坝式水电厂。在河床上游修建拦河坝蓄水, 抬高上游水位, 形成发电水头, 这种开发方式称为堤坝式。

(2) 引水式水电厂。水电厂建筑在山区水流湍急的河道上，或河床坡度较陡的地方，由引水建筑物集中形成水头，一般不需修坝或只修低堰。

上述是专供发电的水电厂。尚有一种特殊形式的水电厂。当电力系统处于低负荷时，系统尚有多余出力，此时，机组以电动机—水泵方式工作，将下游水库的水抽至上游水库储存，待系统需高峰负荷时，机组再以水轮机—发电机的方式运行，将蓄水用于发电，满足调峰要求，这种水电厂称为抽水蓄能电厂。此外，抽水蓄能发电厂还可有调频、调相、系统备用容量等多种用途。

(三) 核电厂

核电厂是利用核裂变能转化为热能，再按火电厂的方式发电。只不过它是以核蒸汽发生装置代替了蒸汽锅炉，核蒸汽发生装置除蒸气发生器、泵等外主要是原子核反应堆。反应堆中除核燃料外，并以重水或高压水等作为慢化剂和冷却剂，反应堆又可分为重水堆、压水堆等。

(四) 其他方式发电

利用其他一次能源发电的，还有风力发电、潮汐发电、地热发电、太阳能发电，以及直接将热能转换成电能的磁流体发电等。

二、变电所的类型

变电所是联系发电厂和用户的中间环节，起着变换和分配电能的作用。图 1-2 所示为各类变电所在电力系统中的作用。

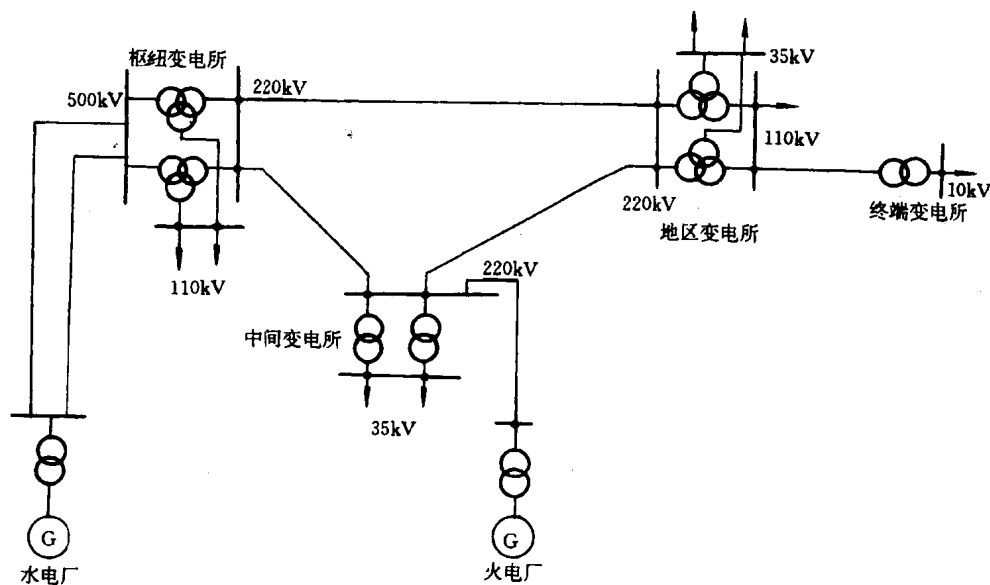


图 1-2 变电所类型示意图

根据变电所在电力系统中的作用，可分成下列几类：

(一) 枢纽变电所

枢纽变电所位于电力系统的枢纽点，连接电力系统高压和中压的几个部分，汇集多个

电源，电压为 330~500kV 的变电所，称为枢纽变电所。全所停电后，将引起系统解列，甚至出现瘫痪。

(二) 中间变电所

中间变电所高压侧以交换潮流为主，起系统交换功率的作用，或使长距离输电线分段，一般汇集 2~3 个电源，电压为 220~330kV，同时又降压供给当地用电。这样的变电所起中间环节的作用，称为中间变电所。全所停电后，将引起区域网络解列。

(三) 地区变电所

地区变电所高压侧电压一般为 110~220kV，对地区用户供电为主的变电所，这是一个地区或城市的主要变电所。全所停电后，仅使该地区中断供电。

(四) 终端变电所

终端变电所在输电线路的终端，接近负荷点，高压侧电压为 35~110kV，经降压后直接向用户供电的变电所，即为终端变电所。全所停电后，只是用户受到损失。

另外，按变电所作用的不同，可分为升压变电所、降压变电所、联络变电所和整流变电所等。

第四节 发电厂和变电所电气设备简述

发电厂和变电所的主要任务是生产、输送和分配电能。为此，运行人员须根据负荷变化的要求，起动、调整或停运机组；对电路进行必要的切换；经常地监视主要设备的工作；周期性地检查和维护主要设备；定期检修设备以及迅速消除发生的故障等。因此，发电厂和变电所中装设的主要电气设备有：

(1) 电能生产和转换的设备。如发电机将机械能转变成电能；电动机将电能转变成机械能；变压器使电压升高或降低，以满足输配电需要。

(2) 接通和断开电路的开关电器。如断路器、熔断器、接触器等。于正常或事故时，用它们将电路闭合或断开。

(3) 限制故障电流和防御过电压的电器。如限制短路电流的电抗器和防御过电压的避雷器等。

(4) 接地装置。防雷设备（避雷针、避雷线和避雷器）接地、电力系统中性点的工作接地及保护人身安全的保护接地等，均用金属接地体埋入地中（或联成接地网）。

(5) 载流导体。如母线、电缆等，根据设计的要求，利用它将有关电气设备连接起来。

上述设备担负着生产和输配电能的任务，通常称作一次设备。

还有一些设备是对上述一次设备进行监察、测量、控制和保护用的，称为二次设备。它们包括：

(1) 仪用互感器。如电流互感器和电压互感器，将电路中的电流和电压降至较低值，供仪表和保护装置使用。

(2) 测量表计。如电压表、电流表、电能表等，用于测量电路中的参量。