



技工学校教材

配电设备

牡丹江电力技术学校 马定林

电力工业出版社

技工学校教材

配 电 设 备

牡丹江电力技术学校 马定林

*

电力工业出版社出版

(北京德胜门外六铺炕)

新华书店北京发行所发行·各地新华书店经售

水利电力印刷厂印刷

*

787×1092毫米 16开本 25 $\frac{1}{2}$ 印张 578千字

1982年7月第一版 1982年7月北京第一次印刷

印数00001—31620册 定价2.05元

书号15036·4307

内 容 提 要

本书主要讲述10千伏及以下的常用配电设备的结构、工作原理、设备选择、运行维护以及故障的判断和预防性措施。全书共分十章，包括配电网络接线、配电变压器、旋转电机、开关设备、电力电缆、避雷器、电力电容器、母线和成套配电装置等内容。此外，对配电网络的短路电流计算、配电设备的保护、电工测量仪表和配电设备的预防性试验也作了适当的介绍。

本书为电力技工(技术)学校输配电专业教材，也可作为技术工人培训用书及有关技术人员参考。

前 言

本书是根据电力工业部颁发的电力技工(术)学校输配电专业教学计划和一九八〇年五月浙西会议通过的输配电专业“配电设备”教材编写提纲编写的。教材内容的选择,除考虑到供电工人在技术方面的应知、应会外,还注意了电力技术工人的特点。文字叙述简明扼要,通俗易懂,便于自学。

本书由浙西电力技工学校主审。浙西电力技工学校邵家瑾、黄文忠,上海供电局教育科孙中栋,武汉供电技工学校肖运新,以及北京供电局配电管理所等单位的代表参加了审稿会议。牡丹江电力技术学校曾昭桂、田桂卿等同志曾对书稿进行了校阅,王铭等同志协助绘图和书稿的有关工作。本书在收集资料、编写及审稿过程中,还得到上海华通开关厂、北京开关厂、牡丹江电业局、上海供电局技工学校以及北京市供电技工学校等单位的大力支持,特此一并表示谢意。

限于编者的实践经验和理论水平,书中难免存在缺点和错误,诚恳欢迎广大读者批评指正。

编 者

1981年12月

目 录

前 言

第一章 配电网络和配电设备	1
第一节 配电网络	1
第二节 配电设备	4
第二章 配电变压器	10
第一节 变压器的基本原理和结构	10
第二节 变压器的空载运行	18
第三节 变压器的有载运行	23
第四节 三相变压器	32
第五节 变压器的并联运行	42
第六节 变压器的运行和事故处理	46
第七节 特种变压器	63
第三章 旋转电机	76
第一节 同步发电机	76
第二节 异步电动机	83
第四章 配电网络的短路电流计算	103
第一节 配电网络短路的一般概念	103
第二节 配电网络短路电流计算	105
第五章 电弧理论和开关设备	116
第一节 电弧的形成和熄灭	116
第二节 断路器	123
第三节 断路器的操作机构	151
第四节 隔离开关	164
第五节 负荷开关	172
第六节 熔断器	175
第七节 自动空气开关	186
第八节 热继电器	196
第九节 刀型开关	201
第六章 母线、绝缘子及其它设备	205
第一节 母线	205
第二节 电缆	216
第三节 绝缘子	242
第四节 避雷器	249
第五节 电力电容器	258

第七章 常用电工仪表与测量	267
第一节 常用电工仪表的基本知识	267
第二节 指示仪表的结构及工作原理	270
第三节 万用表	278
第四节 电磁式仪表的应用	284
第五节 感应式电度表及电能测量	285
第六节 兆欧表	301
第七节 接地电阻的测量	304
第八节 电桥	309
第八章 配电设备的常用保护	313
第一节 常用保护的基本概念	313
第二节 几种常用的电磁式继电器	314
第三节 过流保护	323
第四节 小电流接地系统的接地信号	333
第五节 低压电器保护	337
第六节 低压触电保安器	339
第七节 配电网络的自动重合闸装置	347
第八节 二次回路电源	353
第九章 成套配电装置	358
第一节 高压开关柜	358
第二节 低压配电屏	364
第三节 成套配电柜(屏)的装配要求	367
第四节 动力和照明配电箱	372
第十章 配电设备预防性试验	377
第一节 试验方法	377
第二节 试验的项目、标准和接线	390

第一章 配电网络和配电设备

第一节 配 电 网 络

一、配电网络在电力系统中的地位

电能是现代工农业、交通运输、科学技术、国防建设和人民生活等方面的主要动力能。为了提高供电的可靠性和经济性,改善电能的质量,发电、供电和用电通常由发电厂、输、配电线路、变电设备、配电设备和用户等组成有联系的总体,称为电力系统如图 1-1 所示。发电厂生产的电能,除一小部分供给本厂及附近用户外,大部分要经过升压变电所将电压升高,由高压输电线路送至距离较远的用户中心,然后经降压变电所降压,由配电网络分配给用户。因此,配电网络是电力系统的一个重要组成部分,它是由配电线路和配电变电所组成,其作用是将电能分配到工厂、矿山、城市和农村的用电器具(电动机、电灯、电热等)中去。电压为 $3\sim 10$ 千伏的高压大功率用户可从高压配电网络直接取得电能; $380/220$ 伏的用户,需经柱上变压器将 $3\sim 10$ 千伏再次降压后由低压配电网络供电。

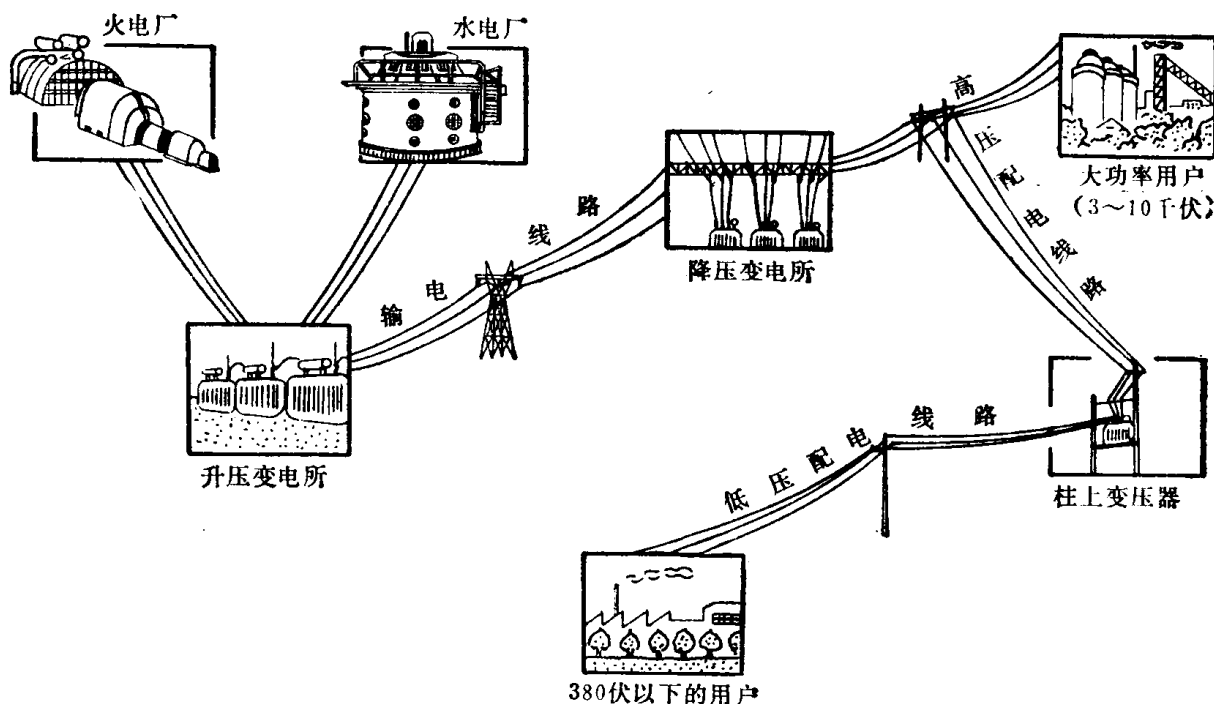


图 1-1 电力系统示意图

配电线路分为架空线路和电缆线路两种。架空配电线路,由于它造价便宜,取材方便,容易施工,也容易出现故障点,而且便于检修,所以得到广泛应用。但在大城市中采用架空配电线路时,则会影响行人和交通安全,又影响市容的美观。尤其在多雷地区易遭雷害,所以在城市房屋密集的地方或风景区可采用电缆线路。

配电变电所一般分为配电室和柱上变压器两种。对于30千伏安及以下的变压器，宜采用单柱式变压器台；40~315千伏安的变压器，宜采用双柱式变压器台；315千伏安以上的变压器，宜采用落地式变压器台；更大容量的变压器可设配电室。所以说配电室是设在用电量较大的工矿企业和事业单位中；而柱上变压器适用于用电量较小的用户，它可以同时供给几个单位使用。

配电室中安装的电气设备除配电变压器外，还有3~10千伏高压和低压配电装置。高压配电装置通常采用各种定型的高压开关柜，其中分别装有断路器、隔离开关、电流互感器、电压互感器和避雷器等高压设备。低压配电装置主要采用各种低压配电屏和动力配电箱，其中分别装有刀型开关、熔断器式刀开关、熔断器、自动空气开关和互感器等低压电器。

二、几种常用的配电网络接线

配电网络的接线均应满足供电安全可靠、操作方便、运行经济等要求。

根据用户对供电可靠性的要求，用电负载一般分为三级。

I级：突然停电会造成人身伤亡或引起设备严重损坏且难以修复，或给国民经济带来重大损失者。这种负载要求网络接线保证供电可靠性很高，应由两个以上的独立电源供电。

II级：突然停电将使大量产品和原材料报废，或可能发生重大设备损坏事故，但采取适当措施能够避免。这种负载对网络接线的要求较一般。在条件允许的情况下采用两电源或双回线路供电。如果有困难也可采用单回专用线供电。

III级：所有不属于I级和II级负载的用电设备，一般由单电源供电。

总之，配电网络的接线方式，一般可根据配电变电所的位置、用电容量、负载等级以及附近用户合理分配等情况来确定。

下面介绍几种常用的配电网络接线。

（一）放射式配电网络

这种网络主要是由降压变电所3~10千伏侧引出许多单独线路组成。每一单独线路均向一个或几个配电变电所供电，如图1-2所示。配电变电所的进线可根据配电变压器的容量、负载等级等，配备安装油断路器2、隔离开关3、负载开关4和高压熔断器5等电气设备。

放射式配电网络的特点，是维护方便、保护简单、便于发展，但可靠性较差。

（二）树干式配电网络

这种网络是由降压变电所3~10千伏侧引出一条或几条主干线路，每条线路可供电给几个配电变电所，如图1-3所示。这种树干式网络的接线比较灵活，易于增加或减少配电变电所的数目，它比放射式网络使用设备少，可使网络简化。任何一个配电变电所中的变压器均有切断设备，当变压器设备遇有故障时，并不影响其它配电变电所中的供电。但当主干线上发生故障时（如图1-3中d点），连接在这条主干线上的负载均要停电。所以，树干式网络的缺点是供电可靠性较差，仅适用于II、III级负载，允许这种主干线上所连接

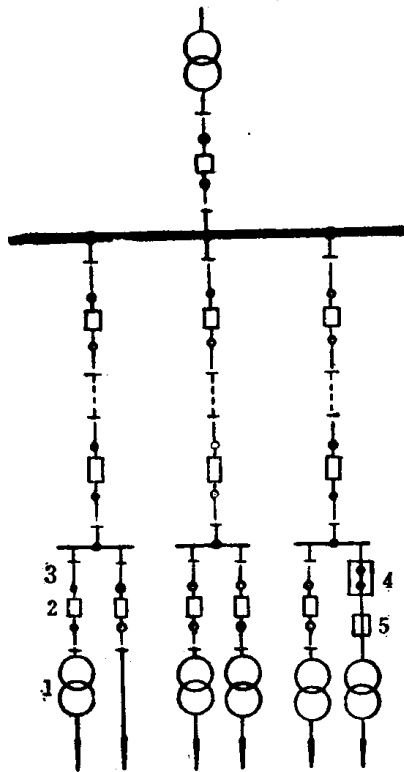


图 1-2 放射式配电网络

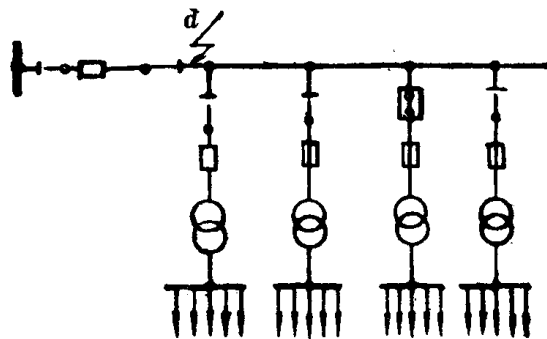


图 1-3 树干式配电网络

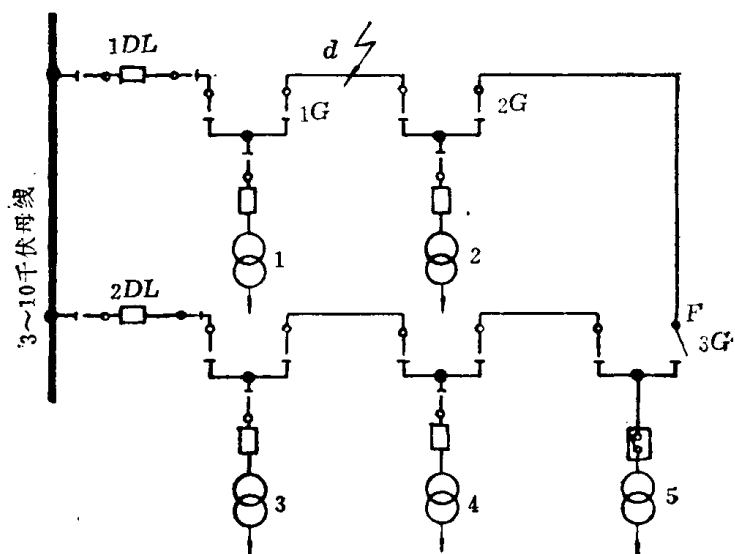


图 1-4 断开的环状干线式配电网络

的负载也不宜过多。

（三）断开的环状干线式配电网络

如图1-4所示,这种网络在正常运行时分支点F断开,使环状干线分为两部分单独运行,以免干线合成环路。因为合成环路后将形成两端供电。这时一旦干线发生故障,将使进线端两断路器1DL、2DL跳闸,造成所有配电变电所均停电。所以在正常运行时分支点F应断开。此时,当一部分干线(如d点)发生故障时,使该部分进线端断路器1DL跳闸,配电变电所1和2停电,这时只要打开故障处最邻近两侧刀闸(或隔离开关)1G、2G,然后再断开另一部分进线断路器2DL,合上分支点F处刀闸3G,最后把两进线端断路器1DL、2DL合上,所有的配电变电所即可恢复正常运行。

这种网络的优点是供电的可靠性高,当干线的某处发生故障时,只需使所有配电变电所短时停电。但这种网络要求操作水平较高,否则容易发生误操作。

为了提高这种网络的供电可靠性,两部分干线的电源最好由降压变电所3~10千伏侧不同的分段母线供电。这时当某一分段母线检修或发生故障,所有配电变电所可从未检修或未故障的母线段获得电源。

（四）贯通的双干线式配电网络

这种网络的特点是每一配电变电所3~10千伏侧同时由两条干线供电,如图1-5所示。配电变电所装有两台以上的变压器,每一配电变电所可分为两部分,并在高、低压侧母线

处用刀闸1G、3G和2G、4G分段。正常运行时，1~4G均断开，由各自的配电变电所两个分段母线分别供电。当一条干线(如1号干线)发生故障时，则将1和3两段母线切除。这时合上变电所3~10千伏侧母线分段刀闸1G、3G(注意!只有当母线停电或等电位时，才可拉合分段刀闸)即可恢复供电。除此之外，当需要检修某段母线上连接的变压器、开关和刀闸时(如母线1)，这时可将该段高压母线切除，再合上低压母线分段开关2G，也就是用一段母线上的变压器担负整个变电所负载。如果变压器的容量选择得稍有富裕，同时考虑到允许过负载的能力，则对用户供电可达两段全部负载的60~70%。这种网络的优点是供电可靠，可满足I、II

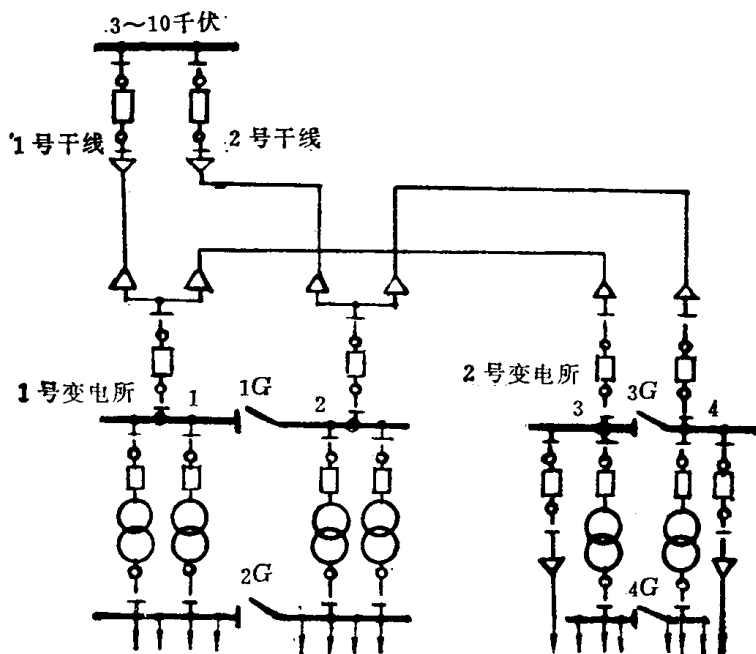


图 1-5 贯通的双干线式配电网络

级负载的需要。缺点是敷设线路和建造配电变电所需要投资很大，所以在选择这种网络接线时，一定要进行经济技术方面的比较。此外在我国曾经推广过“四合一”环形网络，即工厂与工厂之间用电合一、工厂与居民用电合一、工厂的动力与照明用电合一、工厂电网与地方电网合一。它的特点是，可提高现有系统的供电能力，减少电能损耗，供电网络简单合理，安全可靠，并能简化网络接线，节省电气设备。但因维护和管理工作量较大，所以现在保留下来的“四合一”环形网络很少。

“四合一”环形网络可以在高压侧(即3~10千伏)接成环形，也可以在低压侧(即380/220伏)接成环形，采用哪种环形接线，这要看实际情况而定。

第二节 配 电 设 备

一、配电设备的作用

这里讲配电设备，主要是指10千伏及以下的电气设备，现将各种配电设备的作用简述如下。

1. 配电变压器 它在配电变电所内起变换电压的作用，常用来将3~10千伏的电压转换成380/220伏电压以适应用户需要。

2. 开关设备 其中包括3~10千伏的高压开关设备和380/220伏的低压开关设备。它的作用是开断或接通电路。

3. 母线 母线分为3~10千伏的高压母线和380/220伏的低压母线。它的作用是汇集和分配电能。

4. 绝缘子 绝缘子的作用是支持和固定载流导体, 并使载流导体间或载流导体与地绝缘。

5. 避雷器 其作用是保护其它电气设备不被雷电通过击穿。

6. 电容器 配电设备中的电容器, 主要用来移相, 补偿无功电流, 提高网络的功率因数。

7. 互感器 互感器包括电流互感器和电压互感器两种, 它是用来变换交流电流和电压的仪器, 用来分别向测量仪表、继电器的电压线圈和电流线圈供电, 从而正确反映设备和网络的正常运行和故障情况。

此外, 还有计量用的电工仪表, 保护网络设备的保护装置以及用作预防性试验设备等。

二、配电设备的几个主要额定值

配电设备的额定值, 是指制造厂对该设备所规定的工作制下工作的, 并指示在工厂铭牌上的值, 称为该种设备的额定值。一般指电流、电压、频率、功率等等。

1. 额定电压值 设备的额定电压值, 是指该设备在长期正常运行时获得最佳经济效果所规定的电压。即标注在铭牌上的电压。所有的电气设备均应根据额定电压设计, 以便统一生产用电器具。配电设备的额定电压值规定如表1-1、1-2所示。

在三相电气设备中, 一般均取线电压为额定电压。例如某配电线路的额定电压为10千

表 1-1 低 压 配 电 设 备 额 定 电 压 表

用电设备的额定电压 (伏)			发电机的额定电压 (伏)		变压器的额定电压 (伏)			
直 流	三 相 交 流		直 流	三相交流	交 流			
	线 电 压	相 电 压		线 电 压	三 相		单 相	
					原绕组	副绕组	原绕组	副绕组
110	—	—	115	—	—	—	—	—
	127	127	—	(133)	(127)	(133)	(127)	(133)
220	220	220	230	230	220	(230)	220	230
	380	—	—	400	380	400	380	—
440	—	—	460	—	—	—	—	—

注 括号内的电压, 只适用于矿井下或其它保安条件要求较高的场所。

表 1-2 高 压 配 电 设 备 额 定 电 压 表

受电设备额定电压, 交流 (千伏)	发电机线电压, 交流 (千伏)	变压器线电压, 交流 (千伏)	
		原 绕 组	副 绕 组
3	3.15	3及3.15	3.15及3.3
6	6.3	6及6.3	6.3及6.6
10	10.5	10及10.5	10.5及11

注 1. 变压器原绕组栏内3.15、6.3、10.5千伏电压适用于和发电机直接连接的升压变压器及降压变电所;
2. 变压器副绕组栏内3.3、6.6及11千伏电压适用于短路电压值在7.5%及以上的降压变压器。

伏,而它的相电压是5.8千伏。如果配电线路的额定电压是380伏,则它的相电压就是220伏。

一般要求配电线路应按用电器具的额定电压供电,但由于线路中有电压损失,所以接在线路中的用电器具不可能恰好得到额定电压。以电灯负载为例,接在电源附近的灯就比离电源远的灯电压高亮度大。当在均布的负载情况时,线路电压的变化可用图 1-6 中的直线1-2表示。由图可见,线路始端电压 U_1 比其额定电压 U_e 高5%,线路末端电压 U_2 比额定电压 U_e 低5%。由于用电设备的工作电压与线路额定电压相差愈小,它们的工况就会愈好,所以用电设备的额定电压应按配电线路始、末两端电压的算术平均值来制造。这个额定电压,也就是配电线路的额定电压。即

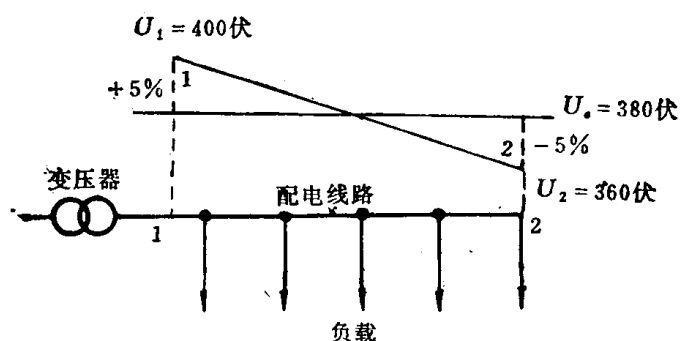


图 1-6 配电线路的额定电压

$$U_e = \frac{U_1 + U_2}{2}$$

例如: 图 1-6 中 $U_1 = 400$ 伏,
 $U_2 = 360$ 伏时,

$$\text{则 } U_e = \frac{400 + 360}{2} = 380 \text{ 伏}$$

一般线路中的电压损失约为 10%。因此,发电机的额定电压比线路的额定电压高5%。例如在额定电压为10千伏的线路中,发电机的额定电

压为10.5千伏,所以线路的始端电压是 10.5 千 伏,比线路的额定电压高5%。而线路末端的电压则是9.5千伏,比线路额定电压低5%。因而,在线路电压损失为10%时,可以保证线路中任何点的用电设备都能得到与线路额定电压非常接近的电压。

2. 额定电流值 是指在一定周围媒质计算温度下,允许长期通过的最大电流值。此时设备的绝缘和载流部分的长期发热温度不应超过国家标准规定的允许值。

3. 额定容量 发电机、变压器等各种电器均规定有额定容量或额定功率,通常将变压器的额定容量规定为额定电压和额定电流的乘积。单位为伏安或千伏安。旋转电机的额定容量则以瓦或千瓦表示。

通常将电功率分为视在功率、无功功率和有功功率三种。视在功率的单位为伏安或千伏安;无功功率的单位为乏或千乏;有功功率即为平均功率,单位为瓦或千瓦,数值上等于视在功率乘以功率因数($\cos\varphi$)。如果设备的功率因数是 1,那么设备的额定容量就等于视在功率。

事实上,一般设备的功率因数几乎不可能等于 1,通常总是小于 1。这是因为设备存在电感负载而产生一个滞后的电流所致。这种情况下设备的负载电流就会大于功率因数等于 1 时的负载电流。例如,一台交流发电机的电压是11000伏,功率因数等于 1 时,负载电流等于100安;当功率因数等于0.75时,维持电压不变,负载电流则等于133.3安,相当于原来电流的 $\frac{4}{3}$ 倍。一般情况下,设备的损失发热作用是和电流的平方成正比,比较上述

情况,低功率因数的损失发热作用将是功率因数等于 1 时的 $\frac{16}{9}$ 倍,是很可观的。

表 1-3

低压电器零部件的极限允许温升

不同材料和零部件名称		极限允许温升 (°C)		备 注
		长期工作制	间断长期或反复短时工作制①	
绝 缘 线 圈及包有 绝缘材料 的金属导 体	A 级 绝 缘	65	80	电压线圈⑥及多 层电流线圈用电阻 法测量, 金属导体 用热电偶法测量
	E 级 绝 缘	80	95	
	B 级 绝 缘	90	105	
	F 级 绝 缘	115	130	
	H 级 绝 缘	140	155	
各 类 触 头 或 插 头 ②	铜及铜基合金的自力式触头③、插 头, 无防蚀层	35		热电偶法测量
	铜及铜基合金的他力式触头④、插 头, 无防蚀层	45	65	
	铜及铜基合金的他力式触头、插头, 有厚度6~8微米的银防蚀层	80	—	
	铜及铜基合金的他力式触头、插头, 有厚度6~8微米的锡防蚀层	60	—	
	银及银基合金触头	以不伤害相邻部件为限⑤		
与外部 连接的接 线端头	接线端头有锡(或银)防蚀层,当指明 引入导体为铝也有锡(或银)防蚀层时	55		热电偶法测量
	接线端头为铜及铜基合金材料, 无 防蚀层, 当指明引入导体为铜或有防 腐层的铝时	45		
	接线端头为铜及铜基合金材料, 有 锡防蚀层, 当指明引入导体为铜也有 锡防蚀层时	60		
	接线端头为铜及铜基合金材料, 有 银防蚀层, 当指明引入导体为铜也有 银防蚀层时	80, 还应不伤害相邻部件为限⑤		
产 品 内 部的导体 连接处⑦	铝材对铝材、铜材对铝材紧固接合 处, 二者均有锡防蚀层	55		热电偶法测量
	铝材对铝材, 铜材对铝材紧固接合 处, 二者均有银防蚀层	60		
	铜材对铜材, 紧固接合处 无 防 蚀 层	45		
	铜材对铜材, 紧固接合处二者均有 锡防蚀层	60		
	铜材对铜材, 紧固接合处二者均有 银防蚀层	以不伤害相邻部件为限⑤		
	铝材对铝材, 铝材对铜材, 铜材对 铜材焊接的导体	以不伤害相邻部件为限⑤		

续表

不同材料和零部件名称			极 限 允 许 温 升 (°C)		备 注
			长 期 工 作 制	间断长期或反复 短时工作制①	
其 它	浸入有机绝缘油中工作的部件		60		温度计法或热电 偶等法测量
	操作时手接触的部件	金属材料	15		
		绝缘材料	25		
	起弹簧作用的部件		以不伤害材料的弹性且不伤害相邻部件为 限⑤		
	电阻元件		由所用材料决定, 且不伤害相 邻 部 件 为 限⑤		

- 注 ① 主要用于间断长期工作制或反复短时工作制的电器, 如用于长期工作制时, 其线圈温升按间断长期或反复短时工作制允许温升值考核。
- ② 对有主弧触头的电器, 其弧触头的温升以及熔断器触刀、触座的温升由产品标准或产品技术条件另行规定。
- ③ 自力式触头指由触头(包括触桥)材料本身产生弹力作接触压力的触头。
- ④ 他力式触头指依靠其它弹性材料产生接触压力的触头。
- ⑤ 如相邻部件为绝缘材料, 则极限允许温升按表中相应等级线圈的极限允许温升。
- ⑥ 高压线圈的温升是指额定工作电压下的稳定值。
- ⑦ 高发热元件(如电阻元件、熔断器、热元件等)连接处的极限允许温升由产品标准或产品技术条件另行规定; 与发热部件相邻近的绝缘材料耐热等级低于A级(如热塑性塑料)时, 则其极限允许温升为该材料连续耐热温度与40°C之差。

由于这个原因, 在确定某些交流设备的参数时, 除考虑额定容量外, 还必须说明功率因数。额定容量乘以功率因数, 通常表示为额定功率。

5. 额定频率 设备的额定频率是指设备运行在最佳状态的工作频率。我国电力系统的额定频率是50赫。

电压和频率是衡量系统电能质量的标准, 一般对用户的供电电压是: 低压供电为单相220伏, 三相380伏; 高压供电三相线电压为3、6、10千伏。通常要求供电电压与设备额定电压的偏差值应不超过下述范围。

(1) 高压配电线路, 自供电的变电所二次侧出口至线路末端变压器或末端受电变电所一次侧入口的允许电压降为供电变电所二次侧额定电压(6千伏、10千伏)的5%;

(2) 低压配电线路, 自配电变压器二次侧出口至线路末端(不包括接户线)的允许电压降为额定低压配电电压(220伏、380伏)的4%。

电压偏离额定值的原因是: ①通过线路、变压器输送电力时, 将产生电压降, 使远距电源的用户电压偏离值超过允许范围; ②用户有功和无功负载对电压有影响; ③无功负载在网络中形成的潮流流经各级变配电设备时, 也会产生较大的电压降, 造成用户的电压偏低。

大多数国家频率的允许偏差, 一般规定在 ± 0.1 赫~0.3赫之间。频率偏离额定值的原因是: ①当负载超过或低于电厂出力时, 系统频率就要降低或升高引起频率偏差; ②当电

厂的出力变动时，也会引起频率偏差。

6. 温升和极限允许温升 设备被测量部分的温度与周围介质温度之差称为温升。例如，变压器绕组对油的温升为 25°C ；油对空气平均温升为 40°C 。在额定工作制下，设备的一定部分所允许的最大温升称为该部分极限允许温升或称极限温升。例如，变压器的上层油对周围空气极限允许温升为 55°C 。低压电器零部件的极限允许温升应符合表1-3的规定。

7. 稳定温度和极限温度 设备在长期及间断长期工作制下，其温升在一小时内不超过 1°C 时的温度称为稳定温度。在额定工作制下，设备的任何一部分的最高稳定温度称为极限温度。

第二章 配 电 变 压 器

第一节 变压器的基本原理和结构

一、变压器的用途和分类

(一) 变压器的用途

变压器的用途是多方面的,以电力系统而言,变压器是一个主要设备。在电力系统中,要将大功率的电能输送到很远的地方去,利用低电压大电流传输是有困难的。这是因为,一方面由于电流大会引起输电线路中电能的极大损耗,另一方面输电线路的压降也致使电能输送不出去。为此,需要用升压变压器将电源的电压升高,当输电距离越远,输送的功率越大时,要求输电电压越高。当将电能输送到用户附近时,又必须将这种高电压降低到配电网的电压,这就需要利用配电变压器(或称降压变压器)来实现。

此外,在工矿企业事业单位中,各种电气设备的电能利用,以及在其它各种场合,如通讯广播,自动控制等等,变压器都得到了广泛的应用。因此,为了不同目的而制造的变压器差别很大,它们的容量范围可从数伏安至数十万千伏安,电压可从数伏至数十万伏。

(二) 变压器的分类

变压器的种类很多,可按不同的依据来予以分类。

(1) 根据变压器的用途可分为:①电力变压器(系指升压和降压或配电变压器)。主要用在电力系统里,作变换电压用;②特殊用途变压器。包括电炉变压器、整流变压器、电焊变压器等;③调压变压器;④测量变压器。包括电压互感器,电流互感器;⑤试验变压器;⑥控制变压器,用于自动控制系统。

(2) 根据变压器本身的绕组数,可分为双绕组变压器、三绕组变压器和自耦变压器。

(3) 根据变压器相数,可分为单相变压器和三相变压器。

(4) 根据变压器绝缘材料,可分为油浸变压器和用塑料树脂浇注作主绝缘的干式变压器。

此外,还可以根据冷却方式、工作频率等方面进行分类。本书所讨论的配电变压器,通常是指三相油浸油循环自冷式电力变压器。这种变压器在电力系统中的地位是很重要的,不仅需要的数量多,而且要求性能好,运行安全可靠。

二、变压器的基本工作原理

图2-1是变压器工作原理图。由图可见变压器是运用电磁感应定律工作的,即在构成闭合回路的铁心上绕有两个绕组,其中的绕组1接到电源3,叫做原绕组(又称原线圈、一次线圈或原侧绕组);绕组2接负载4,叫做副绕组(又称副线圈、二次线圈或副侧绕组)。

变压器的变压原理就是根据电磁感应原理即如图2-1所示，将变压器的原绕组接在交流电源上，于是在原绕组中就通过交变电流 I_1 ，由于 I_1 的激磁作用，将在铁心中产生交变主磁通 ϕ 。由于原、副绕组在同一个铁心上，所以铁心中的主磁通 ϕ 同时穿过原绕组和副绕组。根据电磁感应定律，这个主磁通 ϕ 分别在两个绕组中产生感应电动势。即在变压器的原绕组中产生自感电动势，在副绕组中产生互感电动势。这时在副绕组中便有电流 I_2 流出，负载端电压即为 U_2 ，因此输出电能。显然，这时在副绕组中感应的电动势，对于负载而言，就相当于电源电动势。它可以带动电动机将电能变换为机械能，也可以将电能变换为光能使电灯发光。

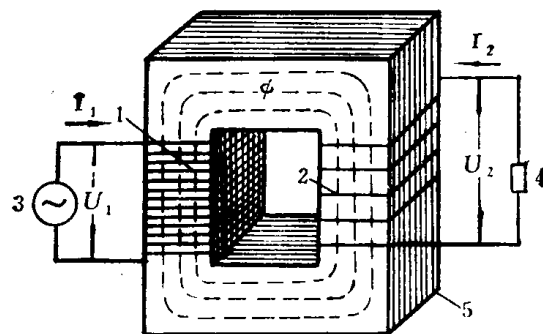


图 2-1 单相变压器原理图

1—原绕组；2—副绕组；3—交流电源；4—负载；5—铁心

由于两个绕组与同一铁心磁通交链，每一匝绕组中所感应出的电势 E 应该是相等的。但因为原绕组和副绕组的匝数不相等，所以感应电势 E_1 和 E_2 的大小也不相同。若忽略内阻抗压降不计，感应电势就等于端电压。所以，变压器原绕组和副绕组的端电压不同，这就是变压器能变压的道理。

综上所述负载所消耗的电能是通过变压器铁心中交变磁通获得的，根据电磁感应原理，铁心中的磁通是传递能量的桥梁，它把能量从一个绕组传递到另一个绕组。根据能量守恒定律，变压器只能传递能量，而不能产生能量，如果不考虑变压器的损耗，副绕组输出功率等于原绕组输入功率。这样，副侧电压和电流的乘积就等于原侧电压和电流的乘积。因此，电压高的一侧，电流就小；电压低的一侧，电流就大。故变换电压的同时，电流大小也随着改变。

三、变 压 器 结 构

油浸式配电变压器的外形和结构如图2-2和图2-3所示。由图可见，配电变压器是由油枕（储油柜）1；加油栓2；低压套管3；高压套管4；温度计5；调压开关6；油面计7；吊环8；散热器9；放油阀10；绕组11；铁心12；油箱13；变压器油14等组成。变压器的铁心和绕组是变压器的主要部分，称为变压器的器身。下面介绍变压器的铁心、绕组及其它部件的构造和作用。

（一）铁心

铁心既是变压器的磁路，又是变压器的机械骨架。铁心是由铁心柱和铁轭两部分组成。铁心柱上套装绕组，铁轭使整个铁心构成闭合回路。运行时变压器的铁心必须可靠接地。

1. 铁心材料 为了减少铁心中的磁滞和涡流损耗，铁心一般采用高导磁系数的磁性材料（硅钢片）迭成。配电变压器铁心所用硅钢片的厚度通常为0.3~0.5毫米。硅钢片的两面涂以0.01~0.13毫米厚的漆膜，使片与片之间绝缘，以便增加铁心电阻，限制涡流的途