

最新统一编写电力行业岗位及职业技能鉴定培训教材

(初、中、高级工及技师、高级技师适用)

变电检修

雷玉贵 主编

BIANDIAN JIANXIU



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

最新统一编写电力行业岗位及职业技能鉴定培训教材

(初、中、高级工及技师、高级技师适用)

变电检修

BIAN DIAN JIAN XIU

雷玉贵 主编



中国水利水电出版社

www.waterpub.com.cn

内 容 提 要

本书是《最新统一编写电力行业岗位及职业技能鉴定培训教材》的《变电检修》分册，是根据《国家职业技能鉴定规范·变电检修》的要求，并结合目前变电检修工作的实际情况精心编写而成。

本书共分为十五章，包括电力系统基本知识，电气技术基础知识，低压电器的检修，变压器和互感器的检修，高压断路器的检修，GIS设备的安装与检修，SF₆气体管理，高压隔离开关的检修，绝缘子、母线、避雷器和电容器的检修，接地装置的检修，电力设备的检测试验，断路器控制回路，电气设备检修管理，起重指挥司索，继电保护及自动装置基本知识等。

本书内容比较全面，是变电检修初级工、中级工、高级工、技师和高级技师的岗位及职业技能鉴定的培训教材，也可供相关专业技术人员和管理人员及大中专院校师生阅读、参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

变电检修/雷玉贵主编. —北京: 中国水利水电出版社, 2006

最新统一编写电力行业岗位及职业技能鉴定培训教材
ISBN 7-5084-3614-8

I. 变... II. 雷... III. 变电所—检修—职业技能鉴定—教材 IV. TM63

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 014991 号

书 名	最新统一编写电力行业岗位及职业技能鉴定培训教材 变电检修
作 者	雷玉贵 主编
出版 发行	中国水利水电出版社 (北京市三里河路 6 号 100044) 网址: www.waterpub.com.cn E-mail: sales@waterpub.com.cn 电话: (010) 63202266 (总机)、68331835 (营销中心)
经 售	全国各地新华书店和相关出版物销售网点
排 版	中国水利水电出版社微机排版中心
印 刷	北京市兴怀印刷厂
规 格	787mm×1092mm 16 开本 26.75 印张 634 千字
版 次	2006 年 5 月第 1 版 2006 年 5 月第 1 次印刷
印 数	0001—4000 册
定 价	47.00 元

凡购买我社图书，如有缺页、倒页、脱页的，本社营销中心负责调换

版权所有·侵权必究

前言



本书是《最新统一编写电力行业岗位及职业技能鉴定培训教材》的《变电检修》分册，是根据《国家职业技能鉴定规范·变电检修》的要求，并结合目前变电检修工作的实际情况精心编写而成。为满足岗位技能培训和职业技能鉴定的要求，本书提供了变电检修工作的有关理论知识及要求掌握的实际技能，在全面介绍了变电检修工要求掌握的电气主接线、高压断路器、高压隔离开关、变压器、电流互感器、电压互感器、电抗器、电容器、消弧线图，有关电气试验的要求及接地装置，变电检修管理、检修工作的安全管理等方面知识的同时，还介绍了新型电气设备的性能以及电气设备新技术、新工艺的要求。全书共分为十五章，包括电力系统基本知识，电气技术基础知识，低压电器的检修，变压器和互感器的检修，高压断路器的检修，GIS设备的安装与检修，SF₆气体管理，高压隔离开关的检修，绝缘子、母线、避雷器和电容器的检修，接地装置的检修，电力设备的检测试验，断路器控制回路，电气设备检修管理、起重指挥司索、继电保护及自动装置基本知识的理论知识和实际操作技能。

本书是变电检修初级工、中级工、高级工、技师和高级技师的岗位及职业技能鉴定的培训教材，也可供相关专业技术人员和管理人员及大中专院校师生阅读、参考。

本书在编写过程中得到许多同仁的大力支持和帮助，其中绍兴电力局检修公司开关检修专职高级技师李国广，杭州市电力局电建公司生产技术科科长高级技师倪振华，浙江省电力培训中心杨镇杭、姚集新、周敏、蒋吉荪、陈敢峰、李会明等同志均提供了指导和宝贵意见，同时还得到了浙江省电力培训中心陈向军讲师和建德供电局雷瑾的帮助和指导，在此一并

表示衷心的感谢！

由于作者水平所限，书中难免有不妥或疏漏之处，敬请专家和读者批评指正。

作者

2006年2月

目 录

最新统一编写电力行业岗位及职业技能鉴定培训教材出版说明

前言

第一章 电力系统基本知识	1
第一节 电力系统概述	1
第二节 电气设备和额定电压的简述	2
第三节 电力系统中性点的运行方式	8
第四节 电气主接线	12
复习思考题	20
第二章 电气技术基础知识	22
第一节 电气设备的电弧理论	22
第二节 电气设备的动、热稳定度	30
第三节 电接触	35
第四节 电气设备的选择及短路电流的限制	41
复习思考题	47
第三章 低压电器的检修	48
第一节 刀开关的检修	48
第二节 磁力启动器的检修	49
第三节 低压断路器的检修	53
第四节 自动空气开关的检修	56
第五节 熔断器的选择和配置	57
复习思考题	59
第四章 变压器及互感器的检修	60
第一节 变压器的性能及参数	60
第二节 变压器的连接组别	64
第三节 变压器分接开关检修	69
第四节 电压互感器的检修	77
第五节 电流互感器	81
第六节 互感器的大、小修	85
复习思考题	92
第五章 高压断路器的检修	94

第一节	高压断路器概述	94
第二节	少油断路器及操作机构的检修	97
第三节	多油断路器及操作机构的检修	124
第四节	真空断路器的检修	132
第五节	SF ₆ 断路器的检修	144
	复习思考题	169
第六章	GIS设备的安装与检修	172
第一节	概述	172
第二节	GIS设备的主接线	173
第三节	GIS配电装置的布置方式	178
第四节	GIS的伸缩节头和气室及测量仪表的配置原则	185
第五节	母线膨胀补偿器和密度计	187
第六节	GIS设备仪用互感器和避雷器	193
第七节	GIS设备的绝缘子和密封系统及连接套管	195
第八节	GIS设备的安装	196
第九节	GIS设备抽真空与充SF ₆ 气体	211
第十节	GIS设备的试验	217
第十一节	GIS设备的检修规程	220
	复习思考题	222
第七章	SF₆气体的管理	224
第一节	新的SF ₆ 气体管理	224
第二节	SF ₆ 气体的水分管理	227
第三节	SF ₆ 气体的泄漏管理	233
第四节	SF ₆ 断路器和GIS设备现场水分的处理及测量	236
	复习思考题	239
第八章	高压隔离开关及母线检修	240
第一节	隔离开关的作用及分类	240
第二节	高压隔离开关大、小修项目及检修周期	241
第三节	高压隔离开关的检修	242
第四节	隔离开关的安装、检修、调整和试验要求	244
第五节	母线的作用和检修	251
	复习思考题	253
第九章	绝缘子、避雷器、电容器、电抗器、消弧线圈的检修	255
第一节	绝缘子的作用和检修	255
第二节	避雷器的作用和检修	256
第三节	电力电容器的检修	260
第四节	电抗器的检修	263

第五节	消弧线圈的作用及检修	265
	复习思考题	268
第十章	接地装置的检修	269
第一节	接地装置的基本概念	269
第二节	电气装置的接地要求	273
第三节	接地装置的敷设和连接要求	275
第四节	接地装置的检修	278
	复习思考题	279
第十一章	电力设备的检测试验	280
第一节	电气设备试验的基本知识	280
第二节	电气设备绝缘电阻试验	281
第三节	泄漏电流试验	286
第四节	测量介质损失角正切试验	288
第五节	交流工频耐压试验	292
第六节	电气设备的特性试验项目	294
第七节	断路器试验	299
第八节	高压隔离开关、绝缘子和套管试验	304
	复习思考题	306
第十二章	断路器控制回路	307
第一节	概述	307
第二节	具有灯光监视采用电磁操动机构的断路器控制回路	309
第三节	具有弹簧和液压操动机构的断路器控制回路	313
第四节	断路器与隔离开关的操作闭锁	315
	复习思考题	317
第十三章	电气设备检修管理	319
第一节	电气设备检修原则及方式	319
第二节	电气设备检修前的准备工作	320
第三节	电气设备检修管理	324
第四节	电气设备检修安全管理	325
	复习思考题	330
第十四章	起重指挥司索	331
第一节	概述	331
第二节	物体重量的计算方法	332
第三节	起重索具、吊具和设备及使用要求	339
第四节	起重作业安全操作技术和要求	349
第五节	起重吊装的指挥信号	352

复习思考题	353
第十五章 继电保护及自动装置基本知识	355
第一节 绪论	355
第二节 线路相间短路的三段式电流保护	356
第三节 电流保护的接线方式	366
第四节 输电线路的自动重合闸	369
第五节 综合重合闸简介	379
复习思考题	384
附录一 变电检修职业技能鉴定规范	385
附录二 变电检修初级工知识要求试卷及答案	394
附录三 变电检修中级工知识要求试卷及答案	398
附录四 变电检修高级工知识要求试卷及答案	402
附录五 变电检修技师知识要求试卷及答案	406
附录六 变电检修高级技师知识要求试卷及答案	411
参考文献	417

第一章 电力系统基本知识

第一节 电力系统概述

1. 电力系统

为了提高供电的可靠性和经济性，将许多分散的各种形式的发电厂，通过送电线路、变电站和电力用户连接起来，就形成了电力系统。换言之，这种由发电机、升压和降压变电站、输配电线路及用电设备有机连接起来的总体，即称为电力系统。

电力系统加上发电厂的“动力部分”称为动力系统。所谓动力部分，包括发电机的原动机（如汽轮机、水轮机），原动机的力能部分（热力锅炉、水库、反应堆）等。

电力系统中，由各种不同电压等级的输配电线路将升压和降压变电站连接在一起的部分称为电力网。

如图 1-1 所示，为动力系统、电力系统、电力网的示意图。

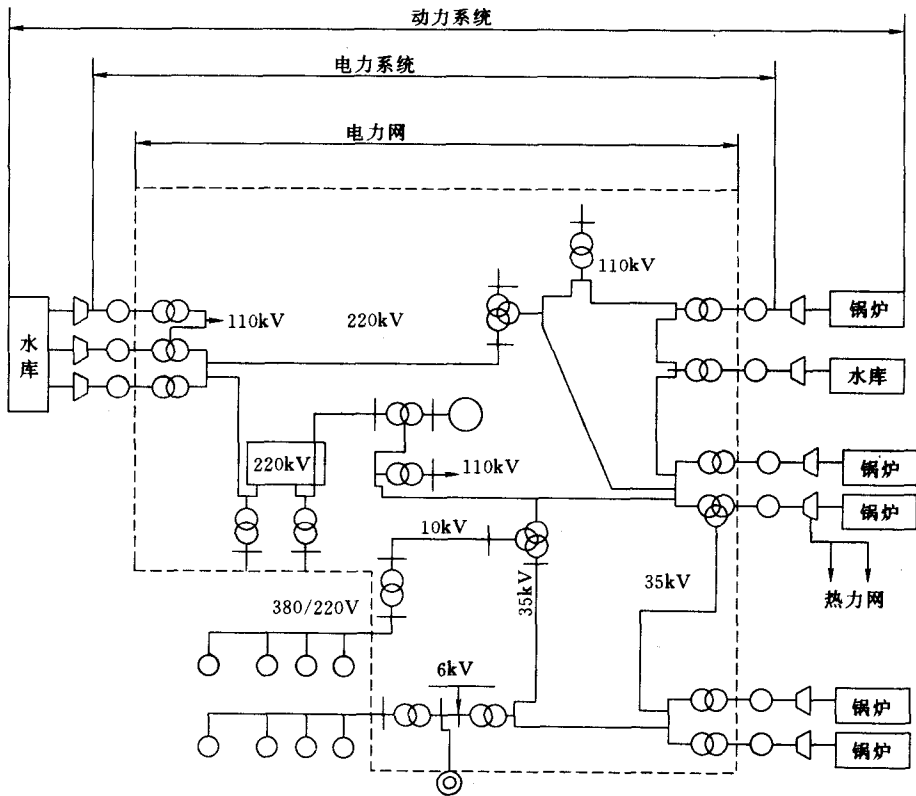


图 1-1 动力系统、电力系统、电力网示意图

2. 建立电力系统的优越性

建立电力系统在技术上和经济上都可以达到很大的效益，其主要优点如下。

(1) 可减少系统中总装机容量。由于电力系统中各用户的最大负荷并不是同时出现的，因此，系统中综合最大负荷总是小于各发电厂单独供电的最大负荷的总和。从而，联网后，由于系统综合最大负荷的降低，也就可以相应地减少系统中总装机容量。在电力系统中，备用容量只需占系统总容量 20%，其中负荷备用 2%~5%，事故备用 10%左右，检修备用 8%左右。

(2) 合理利用动力资源。电力系统形成后，既可以将发电厂建造在一次能源产地，又可以将不同形式的能源发电厂连接起来，统一调度，使各种动力能源得到合理的利用。

(3) 提高供电的可靠性。在电力系统中，由于是多电源联合供电，机组的台数越多，即使个别机组或电源发生故障，其他机组或电源仍可以在出力允许的情况下多带负荷，因此，可以提高供电可靠性。

(4) 可装设大容量机组。建成后的电力系统，由于总负荷的增大，总装机容量的增大，因此可装设大容量机组。大容量的机组效率高，每千瓦投资以及维持费用都比多台小机组经济得多。但是，电力系统中所采用的最大机组容量，以不超过总装机的 15%~20%为宜。

(5) 提高电能质量。电能质量是在保证供电可靠性的前提下，用频率、电压和电源电压的波形来衡量。由于系统容量大，负荷波动时所引起的频率和电压波动就会小，电能的质量可以提高。

(6) 提高运行的经济性。建立电力系统后，除了充分利用动力资源可以提高运行的经济性外，在系统中更重要的是要经济合理地分配各发电厂或各机组的负荷，使运行经济、效率高的机组多带负荷，效率低、发电成本高的机组少带负荷，从而降低生产电能的成本。

3. 对电力系统运行的基本要求

(1) 保证安全、可靠、连续地对用户进行供电，完成年发电量计划。

(2) 保证电能质量，电压和频率都不能超过规定的范围。正常时频率在 $50\text{Hz} \pm (0.2 \sim 0.5)\text{Hz}$ ，电压偏移不得超过额定电压 5%。频率或电压的过高或过低，都会造成影响用电设备的正常工作，出现减产、出次品和废品，严重时会造成人员伤亡和设备事故。

(3) 保证电力系统运行的经济性。在电能生产，输送和分配过程中应尽量做到消耗少、效率高、成本低。

第二节 电气设备和额定电压的简述

1. 电气一次设备

发电厂和变电站的主要任务是生产、输送和分配电能。生产、输送、分配电能的设备，称为电气一次设备。

(1) 生产和转换电能的设备：如发电机是将机械能转变成电能的设备；电动机是将电能转变成机械能的设备；变压器是进行电压变换，以便于电能的传送和分配的设备。此外，还有专用产生无功功率以调节系统电压的调相机和电力电容器等。

(2) 接通和断开电路的开关电器：如断路器，隔离开关。





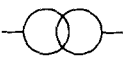




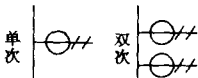
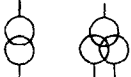
(3) 接地装置：无论电力系统中性点是采用工作接地或保护接地，均用金属做成垂直接地体或水平接地体埋入地中连成接地网。

(4) 载流导体：如母线、引下线、电力电缆等。它们按设计的要求将有关电气设备连接起来。



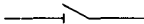







此外，还包括电压和电流互感器、电抗器、避雷器等。

通常一次设备用规定的图形和文字符号表示，见表 1-1。

表 1-1 常用一次设备图形和文字符号及用途

设备名称	图形符号	文字符号	用途
直流发电机		GD	将机械能转变成电能
交流发电机		GA	将机械能转变成电能
直流电动机		MD	将电能转变成机械能
交流电动机		MA	将电能转变成机械能
双绕组变压器		TM	变换电能电压
三绕组变压器		TM	变换电能电压
自耦变压器		TA	变换电能电压
电抗器		L	限制短路电流
分裂电抗器		L	限制短路电流
电流互感器		TA	测量电流
电压互感器		TV	测量电压

续表

设备名称	图形符号	文字符号	用途
高压断路器		QF	投、切高压电路
低压断路器		QF	投、切低压电路
隔离开关		QS	隔离电源
负荷开关		QL	投、切电路
接触器		KM	投、切低压电路
熔断器		FU	短路保护
避雷器		F	过电压保护
电缆头终端		X	电缆接头
接地		E	安全保护
保护接地		PE	保护人身安全

2. 电气二次设备

对一次设备和系统的运行状况进行测量、控制、保护和监察的设备称为二次设备，它包括以下几种：

(1) 测量互感器。如电压互感器、电流互感器等，将一次系统的高电压、大电流转换成低电压、小电流，向测量仪表和继电保护装置供电。

(2) 测量表计。如电压表、电流表、功率表、电能表等，用于测量电路中电气参数。

(3) 继电保护和自动装置。如各种继电器、自动装置等，用于监察一次系统的运行情况，迅速反应异常和事故，作用于断路器，进行保护控制。

(4) 操作电器。如各类型的操作把手、按钮等实现对电路的操作控制。

(5) 直流电源设备。如蓄电池、直流发电机、硅整流装置等，供给控制、保护用的直流电源及厂用直流负荷和事故照明等。

3. 电气设备的额定电压

国家根据国民经济发展的需要、技术经济的合理性、制造能力和产品系列性等各种因素所规定的电气设备折标准电压等级，见表 1-2 和表 1-3。电气设备应在它的额定电压下工作，此时既安全也最经济。

(1) 我国额定电压分类。

1) 第一类。额定电压在 100V 以下，主要用于安全照明、蓄电池及开关设备的直流操作电压。直流为 6、12、24、48V；交流单相 12、36V，三相（线电压）36V。

2) 第二类。额定电压见表 1-2，主要用于动力和照明设备。

表 1-2 第二类额定电压 单位：V

用电设备			发电机		变压器				括号内电压用于矿井或保安条件较高的专门场所
直流	三相交流 (V)		直流	三相交流 (线电压)	三相交流		单相交流		
	线电压	相电压			一次线圈	二次线圈	一次线圈	二次线圈	
110	(127)	127	115	(133)	(127)	(133)	(127)	(133)	
220	220	220	230	230	220	230	220	230	
440	380	380	460	400	380	400	380	—	

3) 额定电压为 3kV 及以上的高压见表 1-3 所示，主要用于发电机、变压器、送电线路及用电设备。

表 1-3 第三类额定电压 单位：kV

用电设备与系统额定电压	供电设备额定电压	设备最高电压	用电设备与系统额定电压	供电设备额定电压	设备最高电压
3	3.15	3.5	35		40.5
6	6.3	6.9	63		69
10	10.5	11.5	110		126
	13.8*		220		252
	15.75*		330		363
	18*		500		550
	20*				

* 表示特殊电压等。

(2) 各种电气设备额定电压之间的关系及应用。表 1-3 所列为第三类额定电压。我

国用电设备额定电压与电力网（线路）的额定电压是相等的，有 0.22、0.38、3、6、10、35、110、220、330、500kV 等。但是表 1-3 中供电设备的额定电压与用电设备的额定电压并不一致，图 1-2 所示为电力网中的电压分布，说明如下。

1) 线路电压与用电设备额定电压的配合及应用范围。当线路输送功率时，沿线的电压分布往往始端高于末端，沿线各点用电设备上的电压依次为 $U_a > U_1 > U_2 \dots > U_b$ （若均布负荷，则电压变化如斜

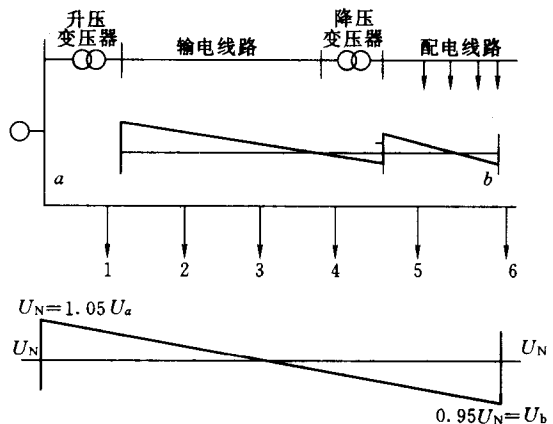


图 1-2 电力网络中的电压分布

直线 U_a 、 U_b 所示)。线路上的电压损耗大小直接影响用电设备电压质量。用电设备的工作电压一般允许在额定电压的 $\pm 5\%$ 范围内变动。而线路从始端至末端电压损耗一般不能超过 10% ，所以只要使线路始端电压 $U_a \leq 1.05U_N$ ，而末端电压 $U_b \geq 0.95U_N$ ，就可使各用电设备都能满足工作电压的要求。显然，可取线路始末端电压的平均值 U_p 作为电力网的额定电压，即

$$U_p = (U_a + U_b) / 2 = U_N$$

也就是用电设备的额定电压与线路额定电压相等。实际上用电设备的额定电压只能接近线路的额定电压。

电力网各额定电压等级的应用范围。220kV 及以上多用于电力系统干线；110kV 多用于中小系统干线和大电网的变压器二次侧；35kV 多用于城市和农村的输电线路；6kV、10kV 用于高压配电线路。

电力系统中输电电压等级的配合：电压等级宜简化，配合要合理。根据经验，110kV 以下的电压等级的级差应大于 3 倍，如 110/35/0.38kV；110kV 以上的级差以 2 倍左右为宜，如 110/220/500kV 等。电力网的额定电压等级的选择是根据输电功率大小、送电距离远近等技术经济比较后确定的。表 1-4 表述了各级额定电压送电功率与输送距离的关系。

表 1-4 各级额定电压送电功率与距离的关系 (参考值)

线路额定电压 (kV)	10	35	(60)	110	220	330	500
送电距离 (km)	6~20	20~50	30~100	50~150	200~300	250~500	250~1000
输送功率 (万 kW)	0.2~0.02	1.0~0.2	3.0~0.35	5~1.0	50~10	80~40	150~80

2) 发电机的额定电压及应用。发电机是电源，处于线路始端。因此，发电机额定电压 U_{GN} 应比线路额定电压高 5% (即 $U = 1.05U_N$)。通常 6.3kV 电压等级多用于 5 万 kW 及以上发电机；10.5kV 用于 2.5 万~10 万 kW 的发电机；13.8kV 用于 12.5 万 kW 的汽轮发电机和 7.25 万 kW 的水轮发电机；15.75kV 用于 20 万 kW 的汽轮发电机和 22.5 万 kW 的水轮发电机；18kV 用于 30 万 kW 的汽轮和水轮发电机。

3) 变压器的额定电压及应用。变压器接电源侧的为一次线圈，对用户供电的为二次线圈。二次线圈满载时的电压一般应比线路额定电压高 5% 。国产变压器二次侧额定电压是指当一次侧加额定电压且处于空载时的值。就变压器的工作原理来说，升压与降压的原理相同，但在电力系统实际应用中，从满足用户电压要求来看，两者有区别，一般互不代用。

升压变压器一次侧额定电压 $U_{1N} = 1.05U_N$ ，二次侧额定电压是根据输电线路的长短不同而不同。长输电线路 $U_{2N} = 1.1U_N$ ，其中 U_N 为相应侧电网电压，常见的如 6.3/38.5、10.5/121、6.3/38.5/121、13.8/121/242kV 等；短输电线路 $U_{2N} = 1.05U_N$ ，则变压器的二次额定电压可制成比线路额定电压高出 5% 即可，如 18/231kV。

降压变压器一次侧额定电压等于电网额定电压，即 $U_{1N} = U_N$ 。二次侧额定电压也是根

据输电线路的长短不同而不同。长输电线路二次侧额定电压 $U_{2N} = 1.1U_N$ ，常用的有 35/11、110/11、110/38.5/11、220/121/38.5kV 等；当线路很短时，则二次侧额定电压可比线路额定电压高 5%，如 220/121/10.5kV（10kV 表示短线路），10/0.4kV（表示变压器的低压侧输电线路短）。由此可见，若将升压变压器当作降压变压器用，显然，其低压侧电压比要求值偏低。同样，若将降压变压器当作升压变压器用时，其高压侧电压要比要求值偏低。

4. 电气设备的额定容量、额定电流

(1) 额定电流及容量。发电机、变压器、电动机和其他电器的额定电流，都是指在一定的周围介质计算温度和绝缘材料允许温度下（见表 1-5），允许长期通过的最大电流值。当设备在额定电流下工作时，其发热不会影响绝缘性能，温度也不会超过规定值 θ_N 。

表 1-5 各种载流部分长期发热的允许温度

序号	电器部分名称		最高允许发热温度		介质温度 40℃ 的温升	
			在空气中 (℃)	在油中 (℃)	在空气中 (℃)	在油中 (℃)
1	不与绝缘材料接触载流与不载流的金属部分		115	90	75	50
2	与绝缘材料接触的载流和不载流的金属部分以及由绝缘材料制成的零件，绝缘等级：	Y	85	—	45	—
		A	100	90	60	50
		E、B、F、H、C	115	90	75	50
3	最上层变压器油	1. 作为灭弧介质时	—	80	—	40
		2. 只作绝缘介质时	—	90	—	50
4	接触连接	1. 由铜或其合金制成，没有银覆盖层；用螺栓、螺母、铆钉和其他能保证紧固连接方法压紧的	80	85	40	45
		2. 用弹簧压紧的	75	80	35	40
		3. 由铜和其他合金制成，有镀银层	90	90	50	50
		4. 由银制成或表面带有焊接的银片	105	90	65	50

发电机、变压器和其他电器的额定容量，其规定的条件和额定电流相同。在三相制电路中，如额定电压 U_N (kV)，额定电流为 I_N (A)，则额定视在功率为 $S_N = \sqrt{3}U_N I_N$ (kVA)。变压器的额定容量是指视在功率 (kVA)，发电机的额定容量亦指视在功率，但常用有功功率 (kW) 表示，这是由于它的原动机（汽轮机、水轮机等）是用有功功率表示的。当用有功功率表示时，同时要考虑它的额定功率因数，得到

$$P_N = S_N \cos\varphi = \sqrt{3}U_N I_N \cos\varphi \text{ (kW)}$$

同样，电动机的额定容量也多用有功功率表示，因为它所拖动的工作机械多用有功功率。

(2) 介质的计算温度。我国对各种电气设备周围介质采用的计算温度 θ_0 如下。

- 1) 电力变压器、断路器、隔离开关、互感器等的周围空气温度为 40℃。
- 2) 发电机（利用空气冷却时为进入机室内的空气温度）为 35~40℃。
- 3) 裸线、绝缘线、母线、电力电缆（放在空气中）为 25℃。
- 4) 埋在地下的电力电缆（泥土温度）为 15℃。

当电气设备周围介质的实际温度 θ 与计算温度 θ_0 不同时，则实际允许的长期工作的电流可按式修正

$$I_x = I_N \sqrt{\frac{\theta_N - \theta}{\theta_N - \theta_0}} = KI_N \quad (1-1)$$

式中 θ_N ——电器长期工作发热允许温度，℃；

K ——修正系数。

当 $\theta > \theta_0$ ， $K < 1$ ，应适当减小负荷电流；当 $\theta < \theta_0$ ，适当过负荷。

实际应用中，当周围介质温度低于 40℃ 时，每降低 1℃，允许负荷电流增加额定值的 0.5%，但增加总数不得超过 20%。

第三节 电力系统中性点的运行方式

电力系统中性点是指电力系统中发电机或变压器三相作星形连接的中性点。三相电力系统中性点的接地方式有：不接地、经电阻接地、经消弧线圈接地、经电抗器接地及直接接地等。我国电力系统目前所采用的中性点接地方式主要有三种：不接地、经消弧线圈接地和直接接地。前两种接地方式又称小电流接地系统，后一种又称大电流接地系统。

一、电力系统中性点不接地系统的运行方式

1. 中性点不接地系统的正常运行

如图 1-3 所示为中性点不接地系统正常运行的示意图。三相电力系统运行时，三相导体对地分布着电容，这些电容将引起附加电容电流。正常运行时，三相系统是对称的，如三相导线换位良好，各相对地的电容是相等的，即 $C_U = C_V = C_W = C$ ，因而在对称三相电压作用下，各相所流的电容电流是相等且对称，故地中无电容电流流过。设 U、V、W 三相对地电容电流为 I_{CU} 、 I_{CV} 、 I_{CW} ，则

$$I_{CU} = I_{CV} = I_{CW} = U_X / X_C = \omega C U_X = 2\pi f C U_X \quad (1-2)$$

式中 U_X ——相对地电压，对称运行时与相电压值相等，kV；

ω ——角频率，rad/s；

C ——各相对地电容等效值，F；

X_C ——各相对地容抗。

图 1-3 所示的 (a) 和 (b)、(c)，分别为简化的中性点不接地三相系统正常运行的电路图和相量图。

中性点不接地系统的正常运行时，各相对地电压是对称的，电源各相的电流分别等于各相的负荷电流及各相对地电容电流的向量和，如图 1-3 (b) 所示（图中只画出 U 相）。因而，在对称三相电压作用下，无电容电流流入大地。若各相的负荷电流均相等，则三相仍是对称的。由此可见，正常工作状态下的中性点不接地系统，其中性点 N 与三相集中