

变配电设备检修手册



内 容 提 要

本手册全面阐述了国内及国外部分先进变、配电设备的特征、检修、试验、维护、故障处理的方法及相应的标准。主要内容包括变压器、套管、互感器、高压开关设备及其操动机构、电力电缆、避雷器、母线、低压电器、直流设备、同步发电机及调相机和常用绝缘材料等。

本书可作发供电系统及广大用户的变配电检修工、电气试验工和电气运行工的自学、培训教材及常用手册,亦可供从事变配电工程施工、运行、检修、试验的技术人员和师生参考。

变配电设备检修手册

王兴昌 沈晓明 编

出版:江苏科学技术出版社

发行:江苏省新华书店

印刷:扬州印刷厂

开本787×1092毫米 1/32 印张21.625 插页3 字数483,000

1988年3月第1版 1988年3月第1次印刷

印数1—10,000册

ISBN 7—5345—0293—4

TM·6

定价:4.70元

责任编辑 程增础

出版说明

随着我国电力、电机制造工业的迅速发展,电力设备不断更新,新技术不断涌现,电工队伍日益壮大,培训电工特别是提高青年工人技术知识水平的任务十分迫切。为给广大电工创造自学条件,我们组织编写了这套《电工自学》丛书。

本丛书计划陆续出版的有:《电力内线安装技术》、《变配电检修问答》、《变配电设备检修手册》、《小型变配电简易设计与安装》、《节能电动机与电动机节能》和《低损耗变压器》等。

本丛书主要供具有初中以上文化程度的广大电力用户电工和电力系统内部电工自学,也可以作为电工培训的辅导材料。

在编写过程中,江苏省电力工业局及其所属有关供电局和发电厂,江苏省有关市、县电机工程学会等单位曾给予积极支持和帮助,谨此表示衷心谢意。

《电工自学》丛书编委会

1984.12.

前 言

在电力系统中安装着大量的变配电设备。随着工农业生产和电力工业的迅速发展,对变配电设备的性能及其检修技术不断提出新的要求。正确、合理地选择检修、测试方法和标准,对提高变配电设备的检修质量,确保安全可靠运行,提高经济效益有重要意义。为了帮助广大变配电设备使用者,尤其是检修、维护、试验人员更好地熟悉各种变配电设备的结构和性能,进行正确的检修,我们根据国家新规程、新规范,参考了部分国外先进技术和设备,结合我们多年的实践和体会,编写了本书,以满足这方面的需要。

本书共分十一章。由王兴昌同志主笔,沈镜明同志编写了第三章中的一、二、三、四、七、十一节,第六章中的一、三、四、五节及第八章。本书由朱鯤臣同志担任主审,许萃群、刘时中同志审阅了本书,并作了精心修改;刘仲光、王飞、季顺芳等同志绘制了全书图稿。在编写过程中得到了江苏省及南通市电机工程学会及南通、常州、南京供电局和伍捷增同志的大力支持和帮助,在此一并表示感谢。

由于编者水平所限,错误之处在所难免,恳请读者批评指正。

编者

一九八七年八月

目 录

第一章 绪论	1
第一节 变配电设备在电力系统中的作用	1
第二节 变配电设备的种类及特点	2
第二章 变配电设备的特性	6
第一节 常用参数及代号	6
第二节 变配电检修常用绝缘材料	9
第三节 静电场简介	32
第四节 导电回路	37
第五节 电弧的产生、燃烧与熄灭	42
第三章 变压器	45
第一节 概述	45
第二节 变压器检修项目及周期	65
第三节 变压器吊芯（吊钟罩）大修	67
第四节 变压器干燥	75
第五节 套管检修	86
第六节 有载调压分接开关	100
第七节 油质防劣化	110
第八节 三倍频感应耐压试验	121
第九节 监测励磁电流变化判断其故障	124
第十节 故障分析及反事故措施	126
第十一节 变压器预防性试验	130

第四章 互感器	146
第一节 概 述.....	146
第二节 互感器结构	148
第三节 电流互感器特性测定	163
第四节 电压互感器特性	169
第五节 高压电流互感器的绝缘	173
第六节 互感器常见故障及分析	178
第七节 故障处理及工艺	182
第八节 互感器的反事故措施	190
第九节 互感器绝缘检测	197
第十节 局部放电测量	211
第十一节 互感器预防性试验及标准	218
第五章 高压开关设备的操动机构	222
第一节 概 述.....	222
第二节 连杆机构.....	226
第三节 电磁式操动机构.....	230
第四节 弹簧操动机构.....	254
第五节 液压操动机构	279
第六节 气动操动机构	307
第七节 CJ ₂ 型电动机操动机构	312
第八节 缓冲器.....	312
第六章 高压开关设备 检修	315
第一节 概 述.....	315
第二节 高压开关设备 特性.....	320
第三节 DW ₁₋₃₅ DW ₂₋₃₅ 型多油断路器 检 修.....	338
第四节 SW ₂₋₃₅ 型少油断路器检修	346

第五节	10千伏少油断路器 检修	351
第六节	SF ₆ 气体绝缘全封闭组合电器检修	362
第七章	电力电缆	368
第一节	概 述	368
第二节	电缆接头与终端 头	380
第三节	10千伏及以下户内终端头	395
第四节	10千伏及以下户外终端 头	401
第五节	10千伏及以下中间 接头	407
第六节	35千伏油浸纸绝缘电缆终端头及中间接 头	411
第七节	塑料电缆终端头和中间接 头	416
第八节	110~330千伏高压充油电缆及附 件	427
第九节	冷冻法与真空 法	433
第十节	110~330千伏高压充油电缆终端 头	436
第十一节	110千伏及以上充油电缆 接 头	446
第十二节	电缆及电缆头的 试验	452
第十三节	电缆线路故障及 探测	457
第十四节	电缆及电缆头的 检修	466
第八章	避雷器及其它	471
第一节	概 述	471
第二节	阀型避雷器的结构与性能	474
第三节	阀型避雷器的检修	489
第四节	管型避雷器的结构及其电气 特性	506
第五节	管型避雷器 的检修	510
第六节	氧化锌避 雷器	512
第七节	母线检修	516
第九章	直流系统	519
第一节	概 述	519

第二节	铅酸蓄电池及其附件	522
第三节	蓄电池的安装与大修	527
第四节	蓄电池故障及处理	532
第五节	补偿电容器的直流系统	536
第六节	复式整流直流系统	543
第七节	碱性蓄电池	546
第八节	直流系统的绝缘监测	556
第十章	低压电器	558
第一节	低压电器简介	558
第二节	低压电器特性	565
第三节	熔断器及刀开关	569
第四节	自动开关	578
第五节	接触器	593
第六节	其它控制电器	601
第七节	线圈处理	614
第十一章	同步发电机与调相机	620
第一节	同步发电机与调相机	620
第二节	大修项目及故障处理	626
第三节	拆卸、组装与调整	631
第四节	空气冷却同步电机定子的检修	636
第五节	空气冷却同步电机转子的检修	645
第六节	双水内冷同步电机的检修	655
第七节	励磁机的检修	656
第八节	电机干燥	665
第九节	电晕及防晕处理	667
第十节	超低频高电压试验	670
第十一节	预防性试验	674

第一章 绪论

第一节 变配电设备在电力系统中的作用

我国水力资源十分丰富，但70%以上集中在西部，为了降低电能的生产成本，需要大力发展水电，实现西电东送。同时在煤炭基地建立坑口电站，采取相应措施将大量电能输送到用电集中区。这就产生了一个远距离高压输变配电问题。由于工农业用电和生活用电剧增，城市电网的改造对变配电设备的要求也愈来愈高，设备检修也更加重要。

电力系统中发电厂发电量的多少，决定于用户的需要。发电和供用电是平衡的，电能的产生、转换、输送、分配和消费在同一时间内进行。任何一个环节故障或其运行方式的变化将使整个系统受到影响。变配电设备组成了电能转换、输送、分配和消费过程中的重要环节。

由于下列原因，变配电设备得到不断的完善和发展。

一、高电压的绝缘

电力系统的绝缘问题随着工作电压的提高日益突出。电气设备的绝缘能力，除了耐受正常工频最高工作电压外，还要能耐受由雷电、系统操作等引起的短时过电压。而仅从这一点来考虑电力系统的绝缘能力将是很不经济的，需采用能限制过电压、保护电气设备绝缘的电器。因为很多故障发生在过电压问题上。

二、主回路的发热

变配电设备的主回路中长期通过额定工作电流，由于回路中存在电阻，将引起电器及主回路温度升高，因此除规定回路最大通流能力外，还需设置防过电流措施，有些故障往往是由于电流过载发热引起的。

三、电力系统的故障与稳定

当电力系统发生故障特别是短路故障时，系统中有关元件将处于不正常运行状态。短路电流的热效应及电动力可能使设备损坏，事故运行所造成的后果，与此过程的长短有关。用户的严重事故会破坏供电系统的主变电所，甚至发电厂的工作稳定性。因此必须采取快速切断短路电流等重要措施以保证系统的稳定。

变配电设备除了完成电力变配的功能外，还实现对电力系统的控制和保护，它是整个系统的重要组成部分，对系统的安全起着极为重要的作用。

第二节 变配电设备的种类及特点

一、变压器

变压器是变配电设备中最重要的一种供电元件，是一种静止的电器，用于将某一电压值的交流电能转换成同频率的另一电压值的交流电能。将电能从发电厂输送到用电区域，在输电过程中要损耗一部分功率，当其它条件一定时，电压越高，则功率损耗越小。因此采用高电压输电是经济的。但对高电压（如220千伏），则无论从发电机的安全运行和制造成本来看，是不容许由发电机直接产生的。同样也不容许被用电设备（如电动机、电灯）直接使用。为此，必须在整

个电能的生产、转换、输送、分配和使用过程中根据人们的需要来改变电压，而利用变压器即能经济、方便地达到这一目的。

二、高压断路器

它是一种重要的高压电器，其功能是关合、开断电路。在开断负载电流或短路电流时，分开的触头间会产生温度很高的电弧。随着系统容量和单机容量的不断提高，短路电流不断增大，开断过程中电弧放出的能量也越来越大，因此，需要将电弧限制在灭弧装置内，在很短时间内将其熄灭，并保证在开断过程中不应产生危及系统绝缘的过电压。

三、隔离开关

隔离开关应用广泛，其主要用途是：

1) 隔离开关的断口用来建立必要的绝缘间隙，使需要检修或分段的线路与带电线路相互隔离，以保证线路及电气设备检修工作的安全。

2) 转换线路。在断口两端等电位的条件下，带负荷进行分、合闸，变换双母线或其它不长的并联线路的接线方式，以增加线路连接的灵活性。

3) 分合空载电路。利用隔离开关断口及分开时将电弧拉长和空气的自然熄灭能力，分合一定长度的母线、电缆和架空线的电容电流，以及分合一定容量的变压器的空载励磁电流。

四、互感器

电压互感器将系统的高电压变成标准的低电压（100伏或 $100/\sqrt{3}$ 伏）。电流互感器将高压系统中的电流或低压系统中的大电流变成低压的标准小电流（5安或1安），用以给电测仪表和继电器供电。

互感器的用途是：

1)使测量仪表和继电保护装置与高电压隔离，以保证操作人员和设备的安全。

2)将电压和电流变换成统一的标准值，以利于标准化。

3)当外部发生短路时，保护仪表不受或少受大电流的影响。

五、电缆

电力电缆常作发电厂、变电站以及工矿企业的动力引入（引出）线或内线。它将日渐用于城市输配电线路及企业内部主干线路。其优点是：占地少，受外界气候影响小，安全可靠，耐用，但成本高。

六、避雷器

避雷器用来将雷电和操作过电压限制在一定范围，以保护电气设备的绝缘，使电网正常供电。

七、熔断器

它是一种最早使用的简易电器。熔断器的熔丝，被串联在线路中，当通过熔丝的过载电流及短路电流大于规定值时，以电流产生的热量使熔丝自身熔化，从而自动断开电路，达到保护电路的目的。

八、低压配电设备

低压电器被广泛应用于发电厂、变电所及工矿企业等的电力输配电系统、电气传动和自动控制设备中，对电能的产生、输送、分配与应用起着开关、控制与调节等作用。从功能上划分，可大体归纳为配电和控制两类，前者主要包括电阻器、变阻器、熔断器、刀开关及转换开关等，后者主要包括接触器、控制继电器、起动器及自动开关等。

九、调相机

调相机主要用来就地补偿无功功率。通常输出无功功率；在无功功率较多时，进行进相运行，吸收部分无功功率，以实现系统中无功的平衡；调节地区电压，保证供电质量。

十、电容器及电抗器

并联移相电容器用于补偿电力系统感性负荷的无功功率，以提高功率因数，改善电压质量，降低线路损耗。

串联电容器被串联于输配电线路中，用以补偿线路的分布感抗，提高系统的静动稳定性，改善线路的电压质量，加长送电距离，增大输送能力。

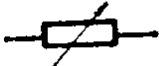
电抗器的主要功用是限制短路电流，减轻开关电器的工作强度。当短路发生后，由于电抗器的作用，可以暂时维持变电所母线电压在一定水平。

第二章 变配电设备的特性

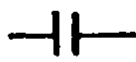
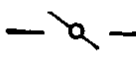
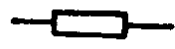
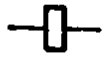
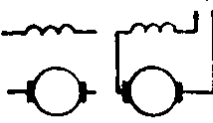
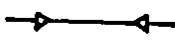
第一节 常用参数及代号

一、常用图形符号

表2-1 电工常用图形符号

图形符号	名 称	图形符号	名 称
—	直流电		电 阻
~	交流电		可变电阻
+	正 极		整流二极管
—	负 极		熔断器
	干电池或蓄电池		常开接点
Y	星形接线		常闭接点

续 表

图形符号	名 称	图形符号	名 称
	三角形接线		自动开关动合触点
	接 地		单极刀闸
	电 容		多极刀闸
	电解电容		接触器主触头
	转换开关		断路器
	接触器线圈		避雷器
	热元件		火花间隙
	单相变压器		电抗器
	单相变压器展开图		三相交流电动机
	三相变压器		直流电机
	电 流互感器		电 缆

续表

图形符号	名 称	图形符号	名 称
	电压互感器 (二个二次绕组)		照明灯
	电压互感器 (单个二次绕组)		

表2-2 电工常用基本符号

名 称	符号	名 称	符号	名 称	符号
电 流 表	A	电 压	U	电压表	V
电 阻	R	相位角	ϕ	交流电机	D
阻 抗	Z	功率因数	$\cos\phi$	直流电机	ZD
电 容	C	电抗器	DK	变压器	B
容 抗	X_C	熔断器	RD	热继电器	RJ
电 感	L	整流器	ZL	电流互感器	LH
感 抗	X_L	开 关	DL	电压互感器	YH
频 率	f	接触器 (交流)	CJ	电流继电器	LJ
		自动开关	ZK	电压继电器	YJ
		转换开关	HK	时间继电器	SJ
		避雷器	BL	信号继电器	XJ
		调相机	T		

第二节 变配电检修常用绝缘材料

绝缘材料又称电介质，在变配电设备中有着极为广泛的用途。其主要作用是：使导体与其它部分互相绝缘，将不同电位的导体分隔开来；用于改善高压电场的电位梯度；在电容器中作为介质，使之达到所需电容量；以及散热、冷却、机械支撑和固定、储能、灭弧、防潮、防霉和保护导体等。

不同的变配电设备对绝缘材料性能的要求不同。

一、绝缘材料分类

表2-3 绝缘材料分类表

种 类	材 料 名 称
气体绝缘材料	空气、氮气及六氟化硫气体
液体绝缘材料	十二烷基苯、三氯联苯等合成油及变压器油、开关油、电缆油、矿物油、硅油
固体绝缘材料	绝缘漆和胶、塑料类、复合材料、天然纤维和纺织品、浸渍织物、云母等

二、绝缘材料性能

(一) 耐热性能

在电场作用下，介质的极化所引起的绝缘材料的发热将加速其本身的老化，因此，绝缘材料的耐热性决定了设备的极限工作温度。常用固体绝缘材料的耐热性分Y、A、E、B、