

变配电实用技术

李义山 编著



机械工业出版社
China Machine Press

变配电实用技术

李义山 编著



机械工业出版社

本书以用电单位变、配电技术与管理为中心内容，全面、简明而通俗地介绍变、配电技术知识。全书共分七章，主要内容涉及变、配电所的电气接线；变、配电设备的选择、安装、试验、运行、检修、事故处理专业知识和实际操作技能；对变、配电中的运行技术、设备、安全、供电合理化等方面的管理，也都进行了比较实际的介绍。

本书可供从事供、用电工作的电气工作者，特别是变电工和初上岗的技术管理人员自学阅读，也可作为一般院、校学生实践参考用书和待业培训读本。

MAU87/08

图书在版编目 (CIP) 数据

变配电实用技术/李义山编著. —北京: 机械工业出版社, 2001.2

ISBN 7-111-08691-0

I. 变... II. 李... III. 变电所-配电系统 N. TM64

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2001) 第 02734 号

机械工业出版社 (北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

责任编辑: 李振标 版式设计: 冉晓华 责任校对: 李秋荣

封面设计: 姚毅 责任印制: 路琳

北京机工印刷厂印刷·新华书店北京发行所发行

2001 年 3 月第 1 版·第 1 次印刷

850mm×1168mm^{1/32}·14.125 印张·375 千字

0 001—4 500 册

定价: 28.00 元

凡购本书, 如有缺页、倒页、脱页, 由本社发行部调换
本社购书热线电话 (010) 68993821、68326677-2527

前 言

随着国民经济突飞猛进的发展，城乡用电单位变、配电所与日俱增。因此，从事用电单位变、配电工作的队伍不断扩大，而提高其技术素质，使之得心应手地工作，确保电网安全运行，便成为越发必要而急迫的事情。笔者愿尽微薄之力参加办好这件事情。

对于过去出版的变、配电类的读本，笔者认为有一种旧观念需要克服，那就是：不论读者对象，常常是一切从零讲起，追求所谓有头有尾。实际上，一本书篇幅有限，当然很难实现面面俱到的良苦用心。本书中，笔者主张利用有限的篇幅，尽可能结合工作实际需要增加知识面。为此，本书中，在电气接线这一章，介绍了变、配电所的一、二次接线；在变、配电设备选择这一章内，叙述了一、二次主要设备选择的方法；在变、配电设备工程交接验收这一章中，写了设备安装禁忌、交接试验和验收检查的内容；在变、配电设备运行这一章里，介绍了设备运行禁忌和异常、事故处理；在倒闸操作这一章内，重点写了典型倒闸操作实例；在变、配电所管理这一章中，介绍了运行、技术、设备、安全和供电合理化管理的基本做法。上述编写的内容和形式，在同类读物中是比较少见的。笔者希望这本书在一定程度上，既能满足众多青年工人增加知识面的需要，又能兼顾具备一定理论基础而急于掌握实际管理和操作技能的刚刚上岗的技术管理人员的需要。希望这种写法能受到读者的欢迎。

笔者在编写过程中参考并选用了最新的国家标准、规范和个人著作中的一些内容，仅向各位原作者表示感谢。

由于笔者水平所限，书中不足和错误在所难免，敬请批评指正。

本书经作者 **李义山** 同志家属同意，全书的审稿、修改工作以及出版过程中的有关事宜，均由 **李义山** 同志的生前好友郭仲礼同志全权处理。

作者

目 录

前言

第一章 变、配电所的电气接线	1
第一节 变、配电所电气接线的基本要求	1
一、概述	1
二、电气接线的基本要求	2
第二节 变、配电所的主接线	4
一、主接线图常用图形符号和文字符号	4
二、用户变、配电所常用主接线的形式	6
三、10kV 及以下变、配电所主接线设计和设备选型的基本 要求	13
第三节 变、配电所的二次接线	19
一、二次接线图常用图形符号、文字符号和数字标号	19
二、操作电源系统的接线	24
三、高压断路器控制、信号系统的接线	32
四、中央信号系统的接线	37
五、电气测量及监察系统的接线	43
六、保护系统的接线	53
第二章 变、配电所电气设备的选择	70
第一节 一次回路设备的选择	70
一、变压器的选择	70
二、高压电器的选择	77
第二节 二次回路设备的选择	136
一、二次回路保护电器的选择	136
二、二次回路控制、信号电器的选择	138
三、电气测量与电能计量仪表的选择	140

四、控制电缆的选择	141
第三章 变、配电所的工程交接验收	145
第一节 概述	145
一、新建变、配电所验收的主要内容	145
二、新建变、配电所投入运行前的准备工作	150
第二节 电力变压器的交接验收	151
一、电力变压器安装禁忌	151
二、电力变压器的交接试验	161
三、电力变压器的验收检查	173
第三节 互感器的交接验收	175
一、互感器安装禁忌	175
二、互感器的交接试验	176
三、互感器的验收检查	181
第四节 断路器的交接验收	183
一、断路器安装禁忌	183
二、油断路器的交接试验	186
三、断路器的验收检查	194
四、断路器及操动机构资料和文件验收	195
第五节 隔离开关、负荷开关及高压熔断器的交接 验收	195
一、隔离开关、负荷开关及高压熔断器的安装禁忌	195
二、隔离开关、负荷开关及高压熔断器的交接试验	196
三、隔离开关、负荷开关及高压熔断器的验收检查	197
第六节 防雷装置和接地装置的交接验收	198
一、防雷装置和接地装置的安装禁忌	198
二、避雷器的交接试验	204
三、避雷器和接地装置的验收检查	206
第七节 电力电容器的交接验收	207
一、电力电容器安装禁忌	207
二、电力电容器的交接试验	211
三、电力电容器的验收检查	212

第八节 盘、柜及二次回路接线的交接验收	213
一、盘、柜及二次回路接线安装禁忌	213
二、二次回路的交接试验	217
三、盘、柜及二次回路接线的验收检查	217
第九节 电力电缆的交接验收	218
一、电力电缆安装禁忌	218
二、电力电缆的交接试验	228
三、电力电缆的验收检查	230
第十节 架空电力线路的交接验收	231
一、架空电力线路安装禁忌	231
二、架空电力线路的验收检查	237
第十一节 绝缘子和套管的交接绝缘试验	238
一、绝缘子的试验	238
二、套管的试验	239
第十二节 绝缘油的交接试验	241
一、绝缘油的试验项目及标准	241
二、绝缘油的试验分类	243
三、绝缘油的电气强度试验	244
第四章 变、配电设备的运行	245
第一节 电力变压器的运行	245
一、电力变压器的巡视检查	245
二、电力变压器运行时的禁忌	246
三、电力变压器异常运行及事故处理	266
第二节 互感器的运行	273
一、互感器的巡视检查	273
二、互感器运行时的禁忌	274
三、互感器异常运行及事故处理	279
第三节 断路器的运行	282
一、断路器的巡视检查	282
二、断路器运行时的禁忌	284
三、断路器异常运行及事故处理	289

第四节 隔离开关的运行	295
一、隔离开关的巡视检查	295
二、隔离开关运行时的禁忌	296
三、隔离开关异常运行及事故处理	297
第五节 防雷装置和接地装置的运行	298
一、防雷装置和接地装置的巡视检查	298
二、防雷装置异常运行及事故处理	300
第六节 电力电容器的运行	301
一、电力电容器的巡视检查	301
二、电力电容器运行时的禁忌	301
三、电力电容器异常运行及事故处理	304
第七节 盘、柜、台、箱及二次回路接线和运行	306
一、盘、柜、台、箱及二次回路接线的巡视检查	307
二、二次回路设备的使用与操作	307
第八节 电力电缆的运行	311
一、电力电缆的巡视检查	311
二、电力电缆运行时的禁忌	312
三、电力电缆异常运行及事故处理	313
第九节 架空电力线路的运行	314
一、架空电力线路的巡视检查	314
二、架空电力线路异常运行及事故处理	316
第五章 变、配电设备的检修	318
第一节 变、配电设备检修的目的、类别、方法	318
一、检修的目的	318
二、检修的类别和方法	319
第二节 变、配电设备的检修内容	320
一、变、配电设备的检修	320
二、电力线路的检修	335
三、检修的验收	337
四、变、配电设备的预防性试验	341
第三节 检修计划的编制与实施	343

一、编制检修计划的依据资料	343
二、设备检修的准备与实施	344
三、提高电气设备可靠性、易修性的途径	345
四、电气维修备件的管理	348
五、电气设备检修规程的制订	349
第六章 变、配电所的倒闸操作	351
第一节 设备调度编号和电力调度术语	351
一、设备调度编号	351
二、电力调度术语	355
第二节 变、配电所的倒闸操作	365
一、倒闸操作的基本概念	365
二、倒闸操作的基本要求	366
三、倒闸操作的技术原则	367
四、倒闸操作典型实例	369
第七章 变、配电所的管理	378
第一节 变、配电所的运行管理	378
一、值班人员的岗位责任制	378
二、值班人员的交接班制度	378
三、设备巡视检查制度	379
四、培训制度	379
五、运行分析制度	380
六、操作票和工作票管理制度	380
七、设备验收制度	380
八、设备缺陷管理制度	381
九、运行维护工作制度	381
第二节 变、配电所的技术管理	385
一、规程的制订与贯彻	385
二、技术管理资料的建立与健全	387
三、变、配电所的标示牌	390
第三节 变、配电所的设备管理	392
一、设备管理的基本要求	392

二、设备完好评定管理	392
第四节 变、配电所的安全管理	398
一、电工安全教育	398
二、电气安全检查	399
三、保证安全的措施	401
四、变、配电所电气防火	410
第五节 供电合理化管理	418
一、供电电压的管理	419
二、线损的管理	423
三、负荷率的管理	427
四、功率因数的管理	429
五、谐波的管理	435
主要参考文献	439

第一章 变、配电所的电气接线

第一节 变、配电所电气接线的基本要求

一、概述

用现行国家标准规定的图形符号和文字符号，表示电气设备及其在电路中连接的相互关系的图，称为电气接线图。

总的来说，变、配电所的电气接线图可以分为一次接线图（常称主接线图）和二次接线图两大类。

变、配电所的主接线图（以下简称主接线），是表示变、配电所的电能接受、分配关系的主电路，或者说是变、配电所一次高压线路、设备，如主母线、变压器、互感器、断路器、隔离开关、避雷器等连接方式的主电路图。在变、配电所电气设计过程中，从初步设计起，就要通过调查研究，反复考虑、研讨、确定主接线。而在已经投入运行的变、配电所中，也经常需要使用主接线来讨论运行、检修、试验、故障和事故处理中的某些问题。可以说，电气主接线图是变、配电所所有图样中使用率最高的图样。运行值班人员和电气技术管理人员必须非常熟悉本单位变、配电所的主接线情况，如设备之间的接线方式、方位位置、设备代号等，甚至应该作为基本功，在任何时候都能背诵。

主接线通常以单线系统图来表示，即用一条线来代表三相，这样可使图示更加清晰、易看，绘制起来也省力。有些时候，为了便于了解接线的全面情况，在主接线图适当的地方，也列入部分二次回路中的一些主要电器，如某些继电器、仪表等。

变、配电所的二次接线图是为一次设备服务的。凡是对一次高压设备进行控制、测量、监察、保护和调整的低压设备，统称为二次设备。例如，测量仪表、继电保护装置、控制装置、信号装置、操作电源等，都属于此范围之内。表示上述二次设备电气

连接方式的二次回路图，则称为二次接线图，或简称二次接线。

变、配电所的二次接线图，习惯上分为原理图、展开图和安装图三种。

原理图属于二次接线的基本图样。原理图用来表示二次回路电器及某些元件之间的电气联系和动作原理，所有电器都以整体形式表示。为了看图方便，需要将一次回路某些设备、元件画在原理图中，如互感器、断路器等。互感器与二次回路的测量仪表、继电器有直接的连接关系，所以，原理图中的互感器要画成三线形式，而断路器等则可以画成单线式。一般在初步设计中，为了简便起见，常以原理图的形式表达动作原理、电器的数量，给人的印象是整体概念。因此，有很多接线细节并没有画出，例如，一般信号继电器的接点处，只画出引线标明“至信号”，类似这种情况，如果二次回路接线比较复杂时，则看图很不方便了。典型原理图如图 1-71a 所示。

展开图是根据原理图将电器分解成若干元件，分别画在交流电路、直流电路，乃至控制回路、保护回路、测量回路、信号回路等中。例如，过电流继电器的线圈，画在与互感器连接的交流回路内，而其接点则画进直流回路中。展开图中右侧的文字说明，使人对元件和回路的用途一目了然。由于展开图比原理图更直观、更全面，所以展开图在变、配电所的设计、安装、试验、运行、检修中得到极为广泛的应用。典型展开图如图 1-71b 所示。

安装图则是在原理图、展开图的基础上进一步绘制的全部二次设备、元件的位置和实际接线的全图，主要供安装过程使用。安装图分为屏面布置图、背面接线图和端子排图等。

二、电气接线的基本要求

一般来说，电气接线应满足下列基本要求：

(1) 规范 电气接线图必须按现行国家标准规定的图形符号绘制；按国家标准规定的文字符号标注设备；设备的规格、型号、技术参数必须正确、清楚；一次设备应有标准的调度编号；二次接线图中设备及小母线的数字编号，也应符合标准要求。总之，必

须规范化。

(2) 安全 设计变、配电所的电气接线时，必须充分考虑安全运行的需要，严格按照国家标准的规定，结合实际需要确定接线方式及选择设备。要有可靠的控制、测量、信号、保护等系统，保证实现正常的动作程序，保证运行操作、维修、试验人员的作业安全。例如，在隔离开关与断路器串联使用的电路中，必须有可靠的闭锁装置，以防止误操作隔离开关而造成事故。

(3) 可靠 变、配电所的电气接线，应该能够满足本单位各种类型负荷对供电可靠性的要求。为此，要注意选用质量高、技术先进的定型产品；要合理安置设备及元件之间的连接关系；当某部分设备发生事故时，保护装置要有选择性地、快速地动作，达到该切除的切除，该连通的连通，保护、控制电器不应拒动、误动。对重要负荷的供电，可以考虑采取双回馈线及自动重合闸装置。二次接线在满足要求的前提下，应尽可能简化，尽量减少继电器及串联接点的数量，减少影响连续供电的各种因素。

(4) 灵活 变、配电所的电气接线，应在安全、可靠的前提下，力求简单灵活。例如，变压器的投入、切除；备用电源的切换等操作，都应该力求方便。又如，为了在故障处理和设备检修、试验时，尽量减少中断供电的范围，必要时母线线可以采用母线分段或双母线方式接线，既可靠又灵活了。

(5) 合理 变、配电所中所有一次设备和二次设备，包括每一台屏、柜上所有电器的布置，都应该合乎规范要求，应紧凑合理、排列有序、注意对称，以尽量使运行值班人员和维修人员便于记忆和进行管理。

(6) 裕量 确定一次接线和二次接线，应注意长远与近期相结合。充分考虑本单位长远发展规划，适当地留有易于变压器、配电装置、线路增容扩建和技术改造的余地，以减少远期发展的被动因素。

(7) 经济 变、配电所的电气接线，在满足上述各项要求的条件下，应力求达到设备的一次投资和年运行费用最低，要千方百











计减少有色金属消耗量，要进行技术、经济全面综合衡量。例如，一套重要设备，由于装设了过于简单的保护装置，在发生设备故障时，保护装置动作失误，其损失远远超过一套完善的保护装置的投资，这当然是不合算的。相反，一套次要设备装设了比较复杂而又价昂的保护装置，同样也造成不应有的浪费。另外，新的经验告诉人们，在确定一次、二次接线方案过程中，应充分考虑重要负荷中断供电对本单位生产可能造成的经济损失及社会影响。大型工矿企业更应该特别考虑这一点。

第二节 变、配电所的主接线






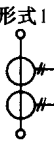

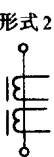

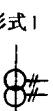
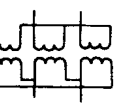
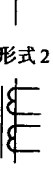


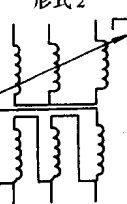

一、主接线图常用图形符号和文字符号

为了讨论主接线方便起见，这里列出主接线图常用图形符号和文字符号，见表 1-1。











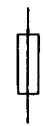
表 1-1 主接线图常用电气设备符号

设备名称	图形符号	文字符号	设备名称	图形符号	文字符号
电缆终端头		X	三绕组变压器	形式1 	TM
电容器		C		形式2 	
交流发电机		GA			
交流电动机		MA			
双绕组变压器	形式1 	TM	自耦变压器	形式1 	TA
	形式2 			形式2 	

(续)

设备名称	图形符号	文字符号	设备名称	图形符号	文字符号
电抗器		L	电压互感器	形式1 	TV
分裂电抗器		L		形式2 	
电流互感器	形式1 	TA	具有两个铁心和两个二次绕组的电流互感器	形式1 	TA
	形式2 			形式2 	
单相变压器组成的三相变压器星形-三角形联结	形式1 	TM	在一个铁心上有两个二次绕组的电流互感器	形式1 	TA
星形-三角形联结的具有有载分接开关的三相变压器	形式2 			形式2 	
	星形-三角形联结的具有有载分接开关的三相变压器	形式1 	TM	断路器	形式1 
形式2 		形式2 			

(续)

设备名称	图形符号	文字符号	设备名称	图形符号	文字符号
三极断路器		QF	跌落式熔断器		FU
隔离开关		QS	熔断器式开关		QK
三极隔离开关		QS	熔断器式隔离开关		QS
负荷开关		QL	熔断器式负荷开关		QL
三极负荷开关		QL	避雷器		F
熔断器		FU			

二、用户变、配电所常用主接线的形式

用户变、配电所比较常用的主接线有下列几种形式：

1. 线路变压器组式主接线

线路变压器组式主接线是用户变、配电所的一种最常用而又