

县局电业人员岗位培训教材

主编 孙成宝

变配电检修

李培乐 编

中国电力出版社



华北水利水电学院图书馆



208570731

TM64

L220

县局电业人员岗位培训教材

主编 孙成宝

变配电检修

李培乐 编



中国电力出版社

· 857073 ·

内 容 提 要

本书是“县局电业人员岗位培训教材”之一，主要内容
包括：变压器及其有载调压分接开关的基本工作原理和检修
方法；油断路器、SF₆断路器、真空断路器的基本工作原理
和检修方法；电力电缆的敷设及电缆头制作方法。

本书内容密切结合实际，文字叙述通俗易懂，主要侧重
介绍变配电设备的检修工艺和方法，在讨论变配电设备的基
本原理时，着重于物理概念的描述，对于已接近淘汰的设备
或农村变电所使用不多的设备基本不作介绍。

本书可作为县局电业部门从事变配电设备检修人员的岗
位培训教材，也可供变配电运行人员和电力工业学校师生在
自学和实习时参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

变配电检修/孙成宝主编. — 北京：中国电力出版
社，1998.8

县局电业人员岗位培训教材

ISBN 7-80125-740-5

I. 变… II. 孙… III. 变电所-检修-技术培训
-教材 IV. TM63

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (98) 第 12723 号

中国电力出版社出版、发行

(北京三里河路 6 号 100044 <http://www.cepp.com.cn>)

梨园印刷厂印刷

各地新华书店经售

1998 年 10 月第一版 1998 年 10 月北京第一次印刷

787 毫米×1092 毫米 32 开本 10.5 印张 229 千字

印数 0001—5080 册 定价 14.00 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)

国家电力公司农电发展局关于征订 《县局电业人员岗位培训教材》 的 通 知

农电 [1998] 17 号

各网、省电力局农电局（处）：

为了提高县局电业人员的技术素质和管理水平，根据原电力工业部关于开展电力职工岗位培训工作的部署，按照《电力工人技术等级标准》和《关于电力工人培训教材建设的意见》等有关文件和标准的要求，中国电力出版社编写出版了《县局电业人员岗位培训教材》丛书。本套教材是针对县电力局各生产岗位的特点编写的，可作为县局电业人员提高管理水平的培训教材。

本套教材将于 1998 年 9 月由中国电力出版社出版发行，希望各单位认真做好征订发行工作。

一九九八年八月十二日

序

大力开展职工岗位培训，提高电力生产岗位的工作能力和生产技能，是职工教育培训的重点，也是提高劳动生产率和工作效率的重要手段。而岗位培训教材建设，是搞好培训、提高人员素质、直接为生产服务的一项重要基础工作。

随着电力事业的发展，电力系统容量的增加，高压甚至超高压供电不断增多，新型供用电技术和设备不断涌现，对县局电业人员提出更高要求。为了适应电力生产安全经济运行的需要，提高县局电业人员的技术素质和管理水平，由国家电力公司农电发展局和中国电力出版社共同组织编写出版了《县局电业人员岗位培训教材》，是县局电力职工培训工作的的一件大事。

《县局电业人员岗位培训教材》具有的特点是：首先，本套教材的编写依据，是部颁《电力工人技术等级标准》、《关于电力工人培训教材建设的意见》以及有关电力生产岗位规范和新颁国家、电力行业标准。其二，以操作技能为主线，强调实用性，从电力生产实际需要和工人实际水平出发，进行设计、编写的，因此不仅适用于具有高中及以上文化程度、没有经过系统专业培训的县局电业人员，而且对现场工程技术人员也有参考价值。其三，本套教材编写、出版力量强，组织供电企业 30 多位专家和技术人员，他们有相当丰富的工作经验和专业理论水平。另外，作为全国首批认定的 15 家优秀出版社之一的中国电力出版社，领导亲自挂

帅，组织 20 位编辑班子，精心策划，全面指导，精雕细刻，因此其质量是高的。

本套教材突出电力行业和岗位培训特点，针对性、适应性强，是全国县局电业人员岗位培训的理想教材。它的出版发行，必将对我国县局电力职工培训工作的有效开展和素质提高，产生积极的影响。

国家电力公司农电发展局局长

杨洪义

1998 年 7 月 4 日

前 言

为配合县局电业人员岗位培训工作，提高县局电业人员的理论知识水平和实际操作技能，国家电力公司农电发展局和中国电力出版社共同组织编写本套丛书，作为全国县局电业人员的岗位培训教材。

本书为《县局电业人员岗位培训教材》丛书的分册，是以国家电力公司农电发展局与中国电力出版社共同确定的“县局电业人员岗位培训教材大纲”和有关规程为编写依据，主要介绍了变配电设备检修的基础知识。全书共分八章，第一章对变配电设备和变配电设备检修工做了概述；第二～三章介绍了变压器及其有载调压分接开关的检修方法；第四～七章以油断路器、SF₆断路器、真空断路器为代表介绍了高压开关设备的检修方法；第八章介绍了电力电缆的敷设及电缆头的制作工艺和方法。结合检修工作的需要，书中还讲述了变配电设备的基本工作原理。

本书在编写过程中，得到湖北省襄樊供电局李志荣同志、沈阳电业局林虔同志的帮助和支持，全书由沈阳电业局孙成宝同志审稿，在此谨致谢意。

由于本人水平有限，加之时间仓促，书中错误在所难免，恳望读者批评指正。

作 者

1998.9.8

目 录

序

前 言

第一章 概述	1
第二章 变压器的检修	4
第一节 变压器的基本原理	4
第二节 变压器的主要部件及其功用	6
第三节 变压器的检修周期和检修项目	15
第四节 主变压器的检修	18
第五节 配电变压器和互感器的检修	65
第六节 铝—铝焊接	75
复习题	76
第三章 有载分接开关的检修	79
第一节 有载分接开关调压原理	79
第二节 有载分接开关的检修周期和 一般要求	81
第三节 SYXZ--35~110 /200 型有载分接 开关的检修	82
第四节 SYJZZ-35~110 /200 型有载调压 分接开关的检修	95
第五节 无载调压变压器改为有载调压变 压器的一般方法	102
第六节 有载分接开关的现场调试	103

复习题	106
第四章 高压开关设备及其操动	
机构	108
第一节 高压开关简介	108
第二节 油断路器的主要部件	110
第三节 操动机构	124
复习题	145
第五章 油断路器及其操动机构	
的检修	147
第一节 油断路器的检修周期和项目	147
第二节 油断路器检修前的准备工作	150
第三节 油断路器检修的一般工艺要求	152
第四节 油断路器检修前后的检查和试验	153
第五节 SN10-10 型少油断路器的检修	164
第六节 DW8-35 型多油断路器的检修	176
第七节 SW2- ^{63G} _{60I} 型少油断路器的检修	193
第八节 SW4-110 型少油断路器的检修	219
复习题	250
第六章 真空断路器的检修	253
第一节 真空断路器的特点	253
第二节 真空断路器的结构及工作原理	254
第三节 ZN28-10 系列真空断路器的 检修与调试	261
复习题	266
第七章 六氟化硫断路器的检修	267

第一节	SF ₆ 气体的特性	267
第二节	SF ₆ 断路器的结构类型	269
第三节	LW6-110 型 SF ₆ 断路器的检修	273
第四节	SF ₆ 气体现场检漏方法	280
第五节	SF ₆ 断路器现场水分处理及测量	283
第六节	密度继电器的现场检测	284
复习题		288

第八章 6~10kV 电力电缆敷设及其

终端头的制作	289
第一节 电力电缆的结构	289
第二节 电力电缆的敷设	291
第三节 6~10kV 交联聚乙烯电力电缆 热收缩终端头制作	293
第四节 6~10kV 油纸绝缘电力电缆热 收缩终端头制作	297
复习题	302
附录 1 变压器大修程序方框图	303
附录 2 设备大修施工方案	304
附录 3 主变压器大修报告	307
附录 4 SN10-10 型断路器大修报告	317

第一章 概 述

一、农村变电所（站）及变配电设备

变电所（站）是电力系统的重要环节。农村变电所（站）是电力系统联系用户的桥梁。

变配电设备，主要是指变电（变压器）和配电（断路器、隔离开关、负荷开关和熔断器等）电气设备。

从性能上分，变压器分升压变压器和降压变压器；从结构上分，又可分为双绕组变压器、三绕组变压器和自耦变压器；从调压方式上分，还可分为有载调压变压器和无载调压变压器。农村变电所（站）用的是双绕组（或三绕组）无载调压（或有载调压）降压变压器。其电压等级包括 110/35/10kV，110/35/6.3kV，63/10kV，35/10kV，35/0.4kV，10/0.4kV 等。

一般变电所都是隔离开关和断路器配合使用作为主要配电设备，也有用负荷开关向容量不大的用户供电的。有些简易变电所（站）也有用隔离开关加熔断器代替隔离开关加断路器，但仅见于容量很小的变电所，现在已不多见。

断路器的类型很多，按使用的灭弧介质分类，有空气断路器、六氟化硫断路器、真空断路器和油断路器等。农村变电所（站）使用较多的是油断路器。

油断路器又可分为多油式（型号中第一个字母用 D 表示）和少油式（型号中第一个字母为 S）两大类。就其设置地点来分，还分为户外式（型号中第二个字母为 W）和户

内式（型号中第二个字母为N）两种。如DW型表示户外多油式，SN型表示户内少油式。

目前，六氟化硫（SF₆）断路器逐步在110kV配电系统中得到广泛地应用，真空断路器基本上取代了少油断路器大量应用在10kV配电系统中。

二、变配电设备检修工

馈线开关设备损坏，会造成对用户停电，变电所（站）受电开关设备或变压器损坏，不仅会造成全所（站）停电，有时还会引起越级跳闸，影响电力系统的稳定与安全运行。

因此，及时、正确地对变配电设备进行维护与检修，使其经常保持良好的工作状态，对变电所（站）和电力系统的安全运行，都有重要意义。

要检修某一设备，必须对它的构造和工作原理有所了解。变配电设备种类、型号繁多，但工作原理大体相同。如各种油断路器的灭弧室，尽管结构有所不同，归纳起来也不外是灭弧栅、纵吹、横吹和纵横吹等几种。操动机构也只有手动、电动、弹簧式、液压式等几大类。同一系列产品，结构上大同小异。因此，只要懂得各大类型的工作原理，对不同设备的异点是不难触类旁通的。

科学技术不断地发展，新型变配电设备将被采用，现有的设备也将得到改进，这就要求我们不断地学习，以便掌握更多的新知识。

做为一名变配电设备检修工，要充分认识检修工作的重要性，加强工作责任感。知识面要广，不仅要掌握本专业的知识，还应懂焊接、钳工工艺和起重、机械原理以及其他有关知识。

每一个电业工人都应该把安全生产放在第一位。因此，

变配电检修工不仅要掌握检修、起重等方面的安全工作规程，还要了解变配电设备运行规程和正在检修的变电所（站）的现场规程。在这些方面稍有疏忽，都可能造成严重的后果。

第二章 变压器的检修

第一节 变压器的基本原理

在闭合的铁芯上绕两个绕组 w_1 和 w_2 , 就构成了一个简单的双绕组变压器, 如图 2-1 所示。

由电工学知道, 变压器的基本原理是基于电磁感应定律。把一次绕组 w_1 接通交流电源, 在电源电压 u_1 的作用下, 就有交变电流 i_1 通过绕组 w_1 。 i_1 在铁芯中建立的交变磁通 ϕ , 同时穿过一、二次绕组 w_1 和 w_2 (习惯上称为 ϕ 与 w_1 和 w_2 交链)。根据电磁感应定律, 交变磁通 ϕ 必然在绕组 w_1 和 w_2 上分别产生感应电动势 e_1 和 e_2 。感应电动势的大小与绕组的匝数成正比, 即

$$\frac{E_1}{E_2} = \frac{w_1}{w_2} \quad (2-1)$$

这里, w_1 和 w_2 分别为一次绕组和二次绕组的匝数。

显然, 若 $w_1 > w_2$, 则 $E_1 > E_2$, 这类变压器称为降压变压器;

反之, 若 $w_1 < w_2$, $E_1 < E_2$, 则称为升压变压器。还有 $w_1 = w_2$ 、 $E_1 = E_2$ 的特殊变压器, 多用于整流电路中, 目的是将整流电路与电网分隔开来, 称为隔离变压器。

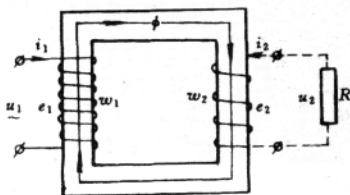


图 2-1 变压器基本原理图

将负载电阻 R 接到二次绕组 (w_2) 的两端, 如图 2-1 虚线所示, 在 E_2 的作用下, 就有电流 I_2 流过二次绕组 (w_2) 和电阻 R 。这时, 一、二次绕组的电压方程式分别为

$$U_1 - I_1 r_1 = E_1$$

$$U_2 = E_2 - I_2 r_2$$

这里 U_1 和 U_2 分别是一次绕组和二次绕组的端电压 (V); r_1 和 r_2 分别是一次绕组和二次绕组的内电阻 (Ω)。

因为电力变压器的 r_1 和 r_2 都很小, 所以 $I_1 r_1$ 和 $I_2 r_2$ 可以忽略不计, 于是有

$$U_1 \approx E_1$$

$$U_2 \approx E_2$$

因而式 (2-1) 可写成

$$\frac{U_1}{U_2} = \frac{w_1}{w_2} \quad (2-2)$$

若忽略变压器的铁损和铜损, 可以认为变压器的输入功率与输出功率相等, 即

$$U_1 I_1 = U_2 I_2$$

于是得

$$\frac{U_1}{U_2} = \frac{I_2}{I_1}$$

引入式 (2-2) 的关系, 则有

$$\frac{U_1}{U_2} = \frac{I_2}{I_1} = \frac{w_1}{w_2} \quad (2-3)$$

公式 (2-3) 可用一句话来表述: 变压器两绕组的端电压, 与绕组的匝数成正比; 两绕组中的电流, 与绕组的匝数成反比。从这个意义上讲, 变压器也是变流器。

变压器和变流器的重要参数是变压比和变流比, 即

变压比 $k_1 = \frac{U_1}{U_2}$

变流比 $k_2 = \frac{I_1}{I_2}$

有一个一次绕组和一个二次绕组的变压器，称为双绕组变压器。有一个一次绕组和两个二次绕组的变压器，称为三绕组变压器，它可以从一个电源上获得两个大小不等的输出电压。

第二节 变压器的主要部件及其功用

图 2-2 是一台中小型电力变压器的外貌，除装在油箱内的器身(包括铁芯、绕组、分接开关等)外，主要部件都在图中。

本节将概略介绍变压器各主要部件的结构及其功用。为

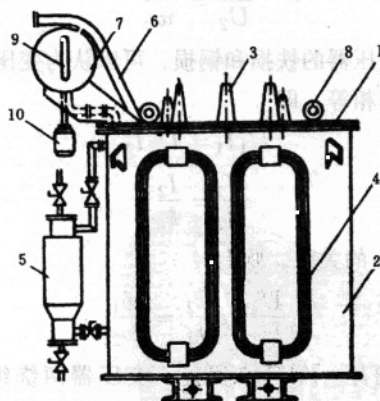


图 2-2 中小型电力变压器的外貌

- 1—箱盖；2—箱壳；3—套管；4—散热器；5—热虹吸静油器；
6—防爆管；7—油枕；8—吊环；9—油位计；10—呼吸器

避免重复,某些部件的构造留在本章第四节中介绍。

一、铁芯

铁芯的作用在于取得较高的导磁率,以使用较小的磁化力建立较大的工作磁通,同时使一、二次绕组间交链紧密。

为了减小铁芯的磁滞和涡流损耗,变压器铁芯必须有很小的顽磁性和较大的电阻率。

变压器铁芯采用厚度为 0.35mm,两面都涂有绝缘漆的硅钢片叠成“**田**”形(图 2-3)。在三根铁芯柱上放置三相一、二次绕组。上下两端连接三根芯柱的部分称为铁轭,俗称横头,叠制时以二(或三)片作为一叠层,相邻两叠层间的接缝彼此覆盖,如图 2-4 (a) 所示,以免形成明显的气隙,增加磁化力的损失。

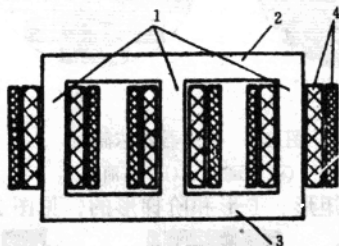


图 2-3 三相变压器的铁芯和绕组

1—铁芯柱; 2—上铁轭; 3—下铁轭; 4—绕组

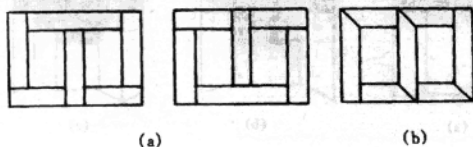


图 2-4 变压器铁芯叠片

(a) 相邻两层间的接缝; (b) 斜接式叠片