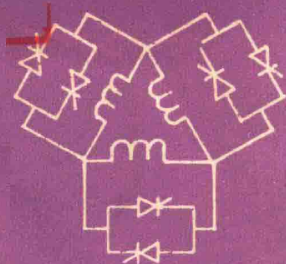
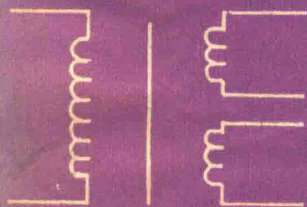
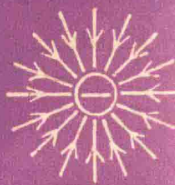
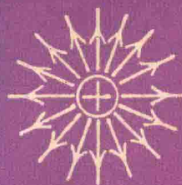


河南省农村电工技术培训丛书

配电变压器运行与维护

马 学 刘相坤 编



教育科学出版社

河南省《农村电工技术培训丛书》

配电变压器的运行与维护

马 学 刘相坤 编

教育科学出版社

编委会主任：王世

《河南省农村电工技术培训丛书》编委会

配电变压器运行与维护

王世

《河南省农村电工技术培训丛书》

配电变压器运行与维护

教育科学出版社出版

河南省温县印刷厂印刷

787×1092毫米32开 8.875印张 191.98千字

1990年12月第1版 1990年12月第1次印刷

印数1—11700

ISBN7-5041-0528-7/G·490 定价3.00元

前 言

农村电气化建设，是发展农业生产，振兴农村经济，提高生产力，推动农村双文明建设的重要条件。农村电工是建设农村电气化的最基层队伍，其素质直接影响着农村电气化事业的发展。为了提高我省农村电工队伍的业务技术素质，满足当前技术培训的需要，由河南省电力工业局农电处主持，组织编写了这套《农村电工技术培训丛书》，包括《电工基础》、《电工数学》、《变电站运行与维护》、《配电变压器运行与维护》、《无功补偿与电压调整》和《线损理论计算与线损管理》共六本。

这套丛书紧密结合河南农电实际，着重介绍基础知识和实用基本技术，并注意把当前行之有效的新技术、新经验编入丛书。编写中注重理论与实践相结合，内容深入浅出，通俗易懂，便于自学。学完这套丛书，掌握其基本知识和技能，相应专业可达到中级技术电工水平。这套丛书业经河南省教委成人教育教材教学研究室审定，审定者是蔡天霞。

这套丛书在编写过程中，得到了河南省电力工业局农电处前处长张德水同志，以及郑州、洛阳、漯河供电局，新安、孟津县电业局、洛阳无线电厂等单位的大力支持，参考了有关教材和资料，在此一并表示谢意。

这本《配电变压器运行与维护》由马学、刘相坤执笔编写。在编写过程中得到了王鹤龄、徐乃绂等同志的大力协

助，在此致以谢意。我们希望读者对本丛书的疏漏和不足之处，提出批评指正，以便再版时改进。

前 言

河南省《农村电工技术培训丛书》编委会

1990年6月

内 容 提 要

本书是农村中级电工培训丛书。全书共分九章。全书主要介绍变压器的构造；变压器的运行原理；变压器的保护、安装、运行和维护；最后两章分别介绍了变压器的节电和变压器的试验。

本书编写过程中，特别注意介绍农村电工可根据变压器的响声和利用简单仪表检查配电变压器故障，分析判断配电变压器的故障原因。本书可作为供电职工、农村电工、电气技术人员和供电管理干部的培训教材。

第一章	绪论	(1)
第一节	变压器的作用	(1)
第二节	变压器的分类	(2)
第三节	变压器的运行	(2)
第四节	变压器的安装	(2)
第五节	变压器的维护	(2)
第六节	变压器的试验	(2)
第七节	变压器的节电	(2)
第二章	变压器的运行原理	(3)
第一节	变压器的基本工作原理	(3)
第二节	变压器的空载运行	(3)
第三节	变压器的负载运行	(3)
第四节	变压器的电压比和电流比	(3)
第五节	三相变压器组与单相变压器	(3)
第六节	变压器的外特性和电压变化率	(3)
第七节	变压器的电电压和过电压	(3)
第八节	变压器的损耗与效率	(3)
第三章	变压器的保护	(4)
第一节	变压器的过电流保护	(4)
第二节	变压器的短路保护	(4)

目 录

第一章	概述	(1)
第一节	变压器的分类及我国的变压器系列	(1)
第二节	变压器在电力系统中的作用和地位	(5)
第二章	变压器的构造	(9)
第一节	概述	(9)
第二节	铁芯	(10)
第三节	绕组	(16)
第四节	油箱	(20)
第五节	组件	(21)
第六节	变压器油	(28)
第七节	变压器铭牌上符号及参数的含义	(31)
第三章	变压器的运行原理	(37)
第一节	变压器是怎样工作的	(37)
第二节	变压器的空载运行	(38)
第三节	变压器的负载运行	(47)
第四节	变压器的电压比和两侧的电流关系	(58)
第五节	三相变压器组与三相变压器	(60)
第六节	变压器的外特性和电压变化率	(63)
第七节	变压器的过电压与过电流	(66)
第八节	变压器的损耗与效率	(75)
第四章	变压器的保护	(81)
第一节	变压器的过电流保护	(81)
第二节	变压器的防雷保护	(93)

第五章	变压器的安装	(96)
第一节	变压器的容量选择	(96)
第二节	变压器的运输和验收	(103)
第三节	变压器安装前的检查	(104)
第四节	变压器的干燥	(107)
第五节	变压器的安装	(110)
第六章	变压器的运行	(120)
第一节	变压器的发热与冷却	(120)
第二节	变压器的允许升温及过负荷能力	(123)
第三节	变压器的并联运行	(130)
第四节	变压器的运行区域划类	(135)
第五节	两台配电变压器的经济运行	(147)
第七章	变压器的维护	(156)
第一节	变压器投运前的检查	(156)
第二节	变压器的投切操作	(158)
第三节	变压器运行中的巡视检查	(159)
第四节	变压器的故障分析判断	(163)
第八章	变压器的节电	(179)
第一节	变压器节电的重要性	(179)
第二节	推广应用低损耗变压器	(181)
第三节	改造淘汰高能耗变压器	(182)
第四节	调整变压器的负载率	(191)
第五节	改善功率因数	(194)
第六节	调压运行	(197)
第九章	变压器的试验	(201)
第一节	试验的种类、项目和标准	(201)

第二节	铁芯的绝缘试验.....	(211)
第三节	绝缘特性的测定.....	(212)
第四节	外施高压试验.....	(216)
第五节	绕组直流电阻的测定.....	(220)
第六节	电压比试验.....	(223)
第七节	绕组联结组别的校定.....	(226)
第八节	空载试验.....	(233)
第九节	负载试验.....	(236)
第十节	油箱密封试验.....	(239)
第十一节	变压器油试验.....	(239)
附录.....		(243)
附录一:		
	SJL 系列电力变压器的主要技术数据表.....	(244)
附录二:		
	SJL ₁ 系列电力变压器的主要技术数据表.....	(250)
附录三:		
	SJ ₁ 系列电力变压器的主要技术数据表.....	(260)
附录四:		
	SJ ₀ 系列电力变压器的主要技术数据表.....	(270)
附录五:		
	SL ₇ 30~6300/10 低损耗 电力变压器技术数据表.....	(274)
附录六:		
	S ₉ 系列电力变压器的主要技术数据表.....	(275)
	主要参考资料.....	(276)

第一章 概 述

第一节 变压器的分类

及我国的变压器系列

一、变压器的类型划分

变压器是把交流电压升高或降低的电气设备。其应用范围很广，种类很多，一般可按用途、结构形式、冷却介质、冷却方式、绕组、调压方式、铁芯形式、中性点绝缘水平等划分类型。

1. 按用途分类

(1) 一般电力变压器 主要是输配电系统使用的变压器。按照在发电厂和变电所(站)的用途不同，还可把电力变压器分为升压变压器和降压变压器。升压变压器是将发电机发出的380伏特或6、10千伏等电压升高到6、10、35(63)、110、220、330、500千伏等若干电压等级，以便把电能输送到较远的用电地区。在使用电力时，为了降低电动机、电灯等电气设备的造价，有利于安全用电，又需要用降压变压器将电压降低。

目前，广大农村电力网中常用的降压变压器主要有两种，一种是安装在变电所(站)将较高的输电电压降低到配电电压的降压变压器，例如35/6、35/10、63/6、63/10、110/35/10千伏。另一种是直接服务于工农业生产和人民生活的配

电变压器，这种变压器将配电电压降到500伏特以下，直接供用户使用。例如10/0.4、6/0.4、35/0.4千伏以及农村电网电压等级可能出现的20/0.4千伏等。

(2) 特种变压器 特种变压器是供特种用户使用的变压器，例如电炉变压器、整流变压器、试验变压器、矿用变压器、调压器，还有冲击变压器、电抗器、隔离变压器、电焊变压器、X光变压器、无线电变压器、换相器、增波器、互感器等。

2. 按结构形式或按相数分类

可分为单相变压器、三相变压器、多相变压器（例如用于整流的六相变压器）。

3. 按冷却介质分类

可分为干式变压器、油浸式变压器、充气式变压器等。

4. 按冷却方式分类

可分为自然冷却式，风冷式、水冷式、强迫油循环水冷式、强迫油循环风冷式、水内冷式等。

5. 按绕组分类

可分为双绕组变压器、三绕组变压器、自耦变压器等。

6. 按调压方式分类

可分为无载调压变压器和有载调压变压器。

7. 按铁芯形式分类

可分为芯式、壳式和幅射式。

8. 按中性点绝缘水平分类

可分为全绝缘变压器和半绝缘变压器。

二、我国的变压器系列

纵观我国变压器的60年历史，主要是解放后的近40年，

发展迅速，成绩卓著。建国初期，变压器设计制造主要是沿用解放前美国西屋公司或日本的资料，产品未成系列。解放后，全国统一设计和几个骨干变压器厂自行设计的中小型电力变压器主要系列产品有：

(1) TM系列 1953年以苏联ГОСТ 401—41标准为设计依据，在沈阳全国统一设计（性能指标达不到JB500—64变压器标准）。

(2) SJ系列 SJ10—5600/10—35系列，分50年代和60年代以后的设计产品。1957年搞“苏式化”的产品，采用D₄₂—0.35、0.5硅钢片，性能指标达不到JB500—64标准。1964年以后在上海和南昌统一设计的产品，采用D₄₃—0.35硅钢片，以JB500—64标准为设计依据。

(3) SJ₁系列 SJ₁10—5600/10及SJ₁50—5600/35系列，1958年在沈阳统一设计。采用D₄₂—0.35硅钢片，以JB500—64标准为设计依据。

(4) SJ₂系列 SJ₂10—5600/10及SJ₂50—5600/35系列是沈阳变压器厂系列，以JB500—64标准为设计依据，当时因D₄₂—0.35硅钢片供应困难改用D₄₁—0.35硅钢片，其体积较大。

JB500—64标准的变压器材质差，多采用D₄₁、D₄₂、D₄₃0.35及0.5毫米厚的热轧硅钢片，而且结构陈旧，与SL₇低损耗变压器相比损耗高，效率低，俗称高能耗变压器（如表1—1）。

(5) SL系列 SL10—6300/10及50—6300/35系列，1973年在南昌统一设计。采用D₄₃—0.35硅钢片，铝导线绕组。

表 1—1 电压10千伏高能耗与低损耗变压器损耗对比表

项 目		变压器容量 (千伏安)	30	50	100	315 (320)※	500 (560)※	1000
空 载 损 耗	J B500—64	300	440	730	1900	2500	4900	
	SL ₇	150	190	320	760	1080	1800	
负 载 损 耗	J B500—64	850	1325	2400	6200	9400	15000	
	SL ₇	800	1150	2000	4800	6900	11600	

※表中括号内数字表示 J B500—64标准变压器容量。

(6) SL₁系列 SL₁10—6300/10及 SL₁50—6300/35系列,1973年在南昌统一设计。采用 D330—0.35硅钢片。

(7) SJL₁系列 SJL₁10—6300/10 及 SJL₁50—6300/35系列,1966~1967年在沈阳统一设计。开始采用 Z₁₁硅钢片,半直半斜结构,铝导线绕组。

(8) SF₁及 FZL₁系列 采用 D330—0.35硅钢片,半直半斜结构,有冲孔,绕组为纠结式。

(9) SL₃、SFS₃、SF₃、SFZL₃系列中小型按 JB1300—73标准为依据设计,大型按1978年常州110—220千伏设计原则讨论会数据为依据设计。采用 Z₁₁硅钢片,出现了圆铁轭,中性点35千伏绝缘。大型的采用半直半斜,有冲孔铁芯以及纠结式、连续式绕组结构。

(10) SJ₃系列 SJ₃10—5600/10及 SJ₃50—5600/35系列,是上海变压器厂系列,结构比较先进。

(11) SJ₄系列 SJ₄10—5600/10及SJ₄50—5600/35系列,是上海变压器厂和南方一些厂按企业标准自行设计的,采用D330硅钢片。

(12) SJ₆系列 铁损较大,铜损不变,采用Z₁₁硅钢片,是适应亚热带气候条件的援外产品。

(13) SJ₆系列 SJ₆10—5600/10及SJ₆10—5600/35系列是1966年沈阳变压器厂系列,采用Z₁₁硅钢片,半直半斜结构。主要是供出口东南亚和港澳地区的援外产品。

(14) SL₇(S₇)系列 SL₇30—6300/6—10和SL₇50—31500/35系列无载调压变压器以及SLZ₇200—1600/6—10和SLZ₇2000—12500/35系列有载调压变压器于1980年在上海完成的设计。采用Z₁₀、Z₁₁—0.35硅钢片,全斜接缝无冲孔铁芯。它的出现使我国变压器产品接近70年代中期的世界先进水平。它是我国第一代低损耗变压器,目前正在全国推广使用。

(15) S₈系列 也称S_T由天津变压器厂自行设计的,只有四个规格,是专供出口产品用。

(16) S₉系列 S₉30—1600/10系列于1985年由天津完成的设计,共有19个品种,是我国第二代低损耗变压器。其产品性能已达到世界80年代初期的先进水平,它是目前以及今后一个时期我国变压器行业的代表产品。

第二节 变压器在电力系统中的作用和地位

一、变压器的作用

一般发电厂多建在水力、煤炭等资源丰富的地方，而用电户却非常分散，所以发电厂发出来的电必须经过电网才能输送到各用电地区。然后根据用电的需要把电能输送给电动机、电热器、电灯、电解槽等用电设备，将电能转换成机械能、热能、光能、化学能等多种形式，用于工农业生产和人民生活。

电能输送要通过导线，当输送距离较远时，导线上会产生很大的电能损耗，减少这种损耗的办法有两种。一是把导线加粗，使电阻减小，从而降低线路损耗，但是这样做会加大铝或铜导线的截面积，增加金属及杆塔等材料的用量，大大的增加基本建设投资。另一种办法是采用高压输电。在功率一定的条件下，由于线路输送功率与电流和电压的乘积成正比，因此送电电压越高，导线内的电流就越小。而导线上的功率损耗（ ΔP ）又与电流（ I ）的平方成正比即：

$$\Delta P = I^2 R \quad (1-1)$$

可见升高输电电压可以减小电流，从而降低导线上的电能损耗。例如某县发电厂发电功率12000千瓦，若用6千伏电压输送，电流是1443安培，而若用35千伏电压输送，电流只有247安培，前者电流是后者的5.84倍，如果采用相同截面的导线，后者电能损耗相当于前者的1/34。所以远距离送电必需要用升压变压器将电压升高。

为了降低用电户的电气设备造价和满足安全的要求，用电设备不能直接使用数十万伏的高电压。高电压把电能输送到用电单位附近以后，要用降压变压器将电压降低。在农村多以500伏特以下的低电压供给用户使用。

由各种电压等级的输电线路和各级变电站的变压器相连

接而构成的电能输送和分配网络称为电力网(如图 1—1)。电力变压器是电力网中的主要电器设备之一,一般电能输送过程中要经过 3~4 次甚至 6~7 次变压。

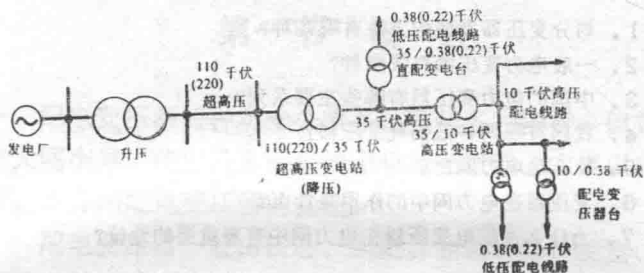


图 1—1 电网接线图

二、配电变压器在电力系统中的地位

各类电力用户,特别是广大农村用户使用最多的是将 6~10 千伏高压降为 0.4 千伏低压的配电变压器。配电变压器比 35 千伏及 35 千伏以上的变电站使用的主变压器应用广,数量多。据统计全国农村电网中配电变压器与 35(60) 千伏主变压器的容量比几乎逐年在增加(如表 1—2),到 1986 年底已达到 1:3.1。

表 1—2 历年来主、配变压器容量对比表

项 目	1971年	1975年	1980年	1985年	1986年
35(60)千伏主变压器容量 (万千伏安)	789.8	1342	2402.9	3307.2	3914.2
10千伏配电变压器容量 (万千伏安)	1639.2	3869	7171.8	10510.6	12140.2
35(60)千伏主变压器与 10千伏配电变压器容量比	1:2	1:2.9	1:3.0	1:3.2	1:3.1

由上表可见配电变压器在电力系统中占有非常重要的位置。

复 习 题

1. 划分变压器类型的方法有哪几种?
2. 一般电力变压器有哪两种?
3. 中国的电力变压器有哪些主要系列?
4. 我国有哪两种低损耗变压器?
5. 什么是电力网?
6. 变压器在电力网中的作用是什么?
7. 为什么说配电变压器在电力网中有着重要的地位?