



B Y Q W X S J S C

变压器 维修数据手册

BIANYAQI WEIXIU SHUJU SHOUCHE

黄水荣 编著

江西科学技术出版社

黄水荣 / 编著



变压器 维修数据手册

BIANYAQI WEIXIU SHUJU SHOUCHE

图书在版编目(CIP)数据

变压器维修数据手册/黄水荣

—江西南昌:江西科学技术出版社

ISBN 7-5390-1459-8

I. 变. 变压器维修数据手册

II. 黄水荣

III. 变. 变压器

IV. TM407

国际互联网(Internet)地址:

HTTP://WWW.NCU.EDU.CN:800/

变压器维修数据手册

黄水荣 编著

出版	江西科学技术出版社
发行	
社址	南昌市新魏路 17 号
	邮编:330002 电话:(0791)8513294 8513098
印刷	江西科佳图书印装有限责任公司
经销	各地新华书店
开本	850mm × 1168mm 1/32
字数	195 千字
印张	7.5
印数	4001 - 8000 册
版次	1999 年 3 月第 1 版 1999 年 8 月第 2 次印刷
书号	ISBN 7-5390-1459-8/TM·17
定价	14.00 元

(赣科版图书凡属印装错误,可向出版社出版科或承印厂调换)

前 言

变压器是重要的电力设备,它应用范围广、种类型号多。目前,我国很重视节能变压器。

笔者从事变压器修理工作达 40 年之久,在实践工作中积累了丰富的经验和多种类型变压器的有关技术数据资料,经过自己分析、整理、总结,而著成了本书。

本书可解决在修理变压器工作中遇到的种种疑难问题,例如变压器容量不清,型号不明;只有铁芯,无高低压绕组及匝数不清等。仅供同行们选用和参考。

本书数据一目了然,涉及范围较广。但由于编者水平有限,因而书中错误在所难免,恳请读者及同行们批评指导,提出宝贵意见。

编者

1999.1

内 容 提 要

本书共七章,着重介绍了各种类型变压器的修理技术及有关技术数据,并且介绍了变压器日常运行中的故障检修及变压器检修工艺及质量要求。

对于只有变压器铁芯,没有高、低压绕组数据的变压器及高、低压绕组因烧坏而无法查清其匝数,特别是绕组抽头匝数的变压器,均可通过本书迅速查出所需数据,从而提高变压器修理质量。

本书可供工矿企业的变压器修理人员及农村电工参考。

目 录

第一章 变压器	(1)
一、变压器的基本知识	(2)
二、变压器的额定数据	(4)
三、变压器的分类和结构	(5)
四、变压器的极性	(11)
五、变压器的连接组别	(12)
六、变压器连接法的分类	(13)
七、变压器连接法的应用	(15)
第二章 电力变压器的主要技术数据及抽头匝数	(17)
一、SJ ₁ 系列电力变压器的主要技术数据	(18)
二、SJL ₁ 系列电力变压器的主要技术数据	(36)
三、SJL 系列电力变压器的主要技术数据	(54)
四、SJ ₃ 型电力变压器的主要技术数据	(62)
五、SJL ₃ 型电力变压器的主要技术数据	(68)
六、SJ ₄ 型电力变压器的主要技术数据	(74)
七、SJ ₆ 系列电力变压器的主要技术数据	(80)
八、S ₇ —10 千伏及以下系列低损耗电力变压器的主要技术 数据	(88)
九、SL ₇ —35 千伏及以下系列低损耗电力变压器的主要技术 数据	(96)
第三章 特殊用途变压器技术数据	(110)
一、控制用变压器技术数据	(111)
(1) BK 系列单相控制变压器的主要技术数据	(112)
(2) BK ₁ 系列单相控制变压器的主要技术数据	(127)
二、自耦变压器	(138)
(1) 自耦变压器电路	(138)

(2) 自耦变压器主要技术数据	(142)
三、整流变压器	(143)
四、电流主感器技术数据	(149)
五、电压互感器	(152)
六、交流弧焊机	(155)
第四章 变压器的日常维护与故障检查	(167)
一、变压器的日常维护	(168)
二、变压器的故障检查与分析	(168)
第五章 变压器修理	(176)
一、变压器修理的一般规定	(177)
(1) 停电检修的项目	(177)
(2) 修理的一般要求	(177)
二、变压器漏油的修理	(178)
(1) 油箱漏油的修理	(178)
(2) 夹装式套管漏油的修理	(179)
(3) 浇装式套管漏油的修理	(179)
(4) 套管胶合剂的配制	(179)
三、变压器线圈的绕制	(181)
(1) 变压器线圈的绕向	(181)
(2) 绕组线圈的换位	(181)
(3) 双层圆筒式的线圈换位法	(182)
(4) 螺旋式线圈的换位	(183)
(5) 连续式线圈的换位法	(185)
(6) 绕制线圈的出头绝缘	(186)
(7) 变压器线圈的绕制方法	(189)
(8) 变压器线圈的干燥、浸漆和烘干	(192)
四、变压器器身干燥处理	(192)
(1) 变压器器身干燥处理的一般要求	(193)
(2) 变压器的干燥方法	(193)

第六章 变压器试验	(195)
一、铁芯螺杆的绝缘试验	(196)
二、线圈绝缘电阻的测量	(197)
三、变压器的耐压试验	(197)
四、变压比试验	(199)
五、变压器的空载试验	(201)
六、线圈直流电阻的试验	(203)
七、变压器冲击合闸试验	(204)
八、变压器油的耐压试验	(204)
第七章 变压器检修工艺及质量要求	(206)
一、检修前的准备工作	(207)
二、待修变压器的外部检查	(207)
三、变压器的拆装和吊芯工作及质量要求标准	(207)
四、油箱的检查及质量标准	(209)
五、套管的检修及质量标准	(210)
六、分接开关和引线的检修及质量标准	(211)
七、变压器器身检查	(212)
八、变压器器身的分解及线圈和铁芯质量标准	(215)
九、新线圈绕制前的准备工作	(227)
十、新线圈的绕制和接头焊接	(227)
十一、线圈的浸漆和烘干	(228)
十二、变压器的绝缘装配及绝缘距离	(229)
十三、变压器的装配	(230)
十四、变压器总装及其他部件的质量标准	(232)

第一章

变 压 器



变压器是将某一种电压、电流、相数的交流电能转变成另一种电压、电流、相数的交流电能的静止电器。

目前,在电力、电信、自动控制系统中几乎都使用变压器,其中作一般用途的有输电、配电变压器;作测量、试验用的有电压互感器、电流互感器、调压器、高压试验变压器等;还有作特殊用途的如电炉变压器、电焊变压器、整流变压器等。在电信、自动控制系统中大量使用的如电子工业方面用的变压器、控制用变压器、电源变压器、输送变压器等等。

一、变压器的基本知识

在闭合的铁芯上绕有两组绕组,其中接受电能的一侧叫做一次侧绕组,输出电能的一侧叫做二次绕组。变压器的基本工作原理是电磁感应原理。当交流电压 U_1 加到一次侧绕组后交流电流 I_1 流入该绕组就产生励磁作用,在铁芯中产生交变的磁通 Φ ,这个交变磁通不仅穿过一次侧绕组,同时也穿过二次侧绕组,它分别在两个绕组中引起感应电动势。这时如果二次侧与外电路的负载接通,便有交流电流 I_2 流出,负载端电压即为 U_2 ,于是输出电能。

如图 1—1 为双圈式单相变压器的原理图。

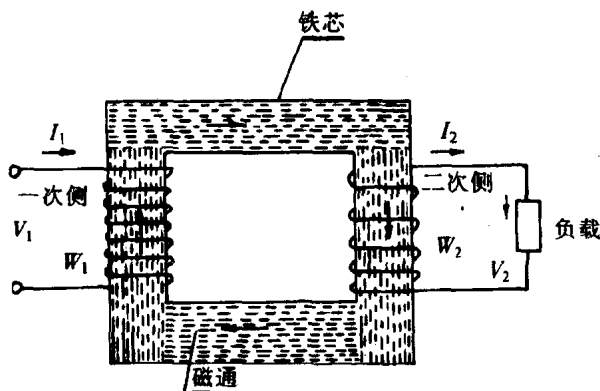


图 1—1 单相变压器原理图

根据电磁感应定律可推导得:

一次侧绕组感应电动势

$$E_1 = 4.44 \rho W_1 B_m S \times 10^{-8} (\text{伏})$$

二次侧绕组感应电动势

$$E_2 = 4.44 \times \rho W_2 B_m S \times 10^{-8} (\text{伏})$$

式中: B_m ——铁芯最大的磁通密度(高斯);

S ——铁芯截面积(厘米²);

ρ ——电源频率,工频为 50 赫;

W_1 ——一次侧绕组匝数;

W_2 ——二次侧绕组匝数。

将上面两式相比得:

$$\frac{E_1}{E_2} = \frac{W_1}{W_2}$$

由此可见,一、二次侧电动势之比等于一、二次侧绕组匝数之比。由于绕组本身有阻抗压降,实际上一、二次侧电压 U_1 略大于 E_1 , 二次侧电动势 E_2 略大于 U_2 , 如果忽略此压降, 则可认为 $U_1 \approx E_1$, $U_2 \approx E_2$, 于是可以化成:

$$\frac{U_1}{U_2} \approx \frac{E_1}{E_2} = \frac{W_1}{W_2}$$

这个关系说明了一、二次侧电压之比近似等于一、二次侧绕组匝数之比。

这个比值称为变压器的变压比。

变压器通过电磁耦合关系将一次侧的电能量输送到二次侧去, 假如两侧绕组没有漏磁, 功率传送过程中又没有任何损失(无损耗)的话, 那末, 由能量守恒原理可知输出的功率应该等于输入功率, 即:

$$U_2 I_2 = U_1 I_1$$

或

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

$$\frac{I_1}{I_2} \approx \frac{W_2}{W_1}$$

即变压器的一、二次侧电流之比等于一、二次侧绕组匝数的反比。

以上这些式子就是变压器计算的基本关系式。

总之,一台变压器如果工作电压设计得越高,绕组匝数就要绕得越多,通过绕组内的电流却越小,导线截面可选用得越小。反之,工作电压设计得越低,绕组匝数就越少,通过绕组的电流则越大,导线截面就要选得越大。

二、变压器的额定数据

变压器外壳上附有铭牌数据,它表示其额定工作状态下的性能,一般常用的有以下额定数据:

额定容量:表示在额定使用条件下变压器的输出能力,以视在功率的千伏安表示。对三相变压器而言,额定容量表示三相容量之和。

额定电压:表示变压器各绕组在空载时额定分接下的电压值,以伏或千伏表示。在三相变压器中,如没有特殊说明,额定电压都是指线电压。

额定电流:变压器各绕组在额定负载情况下的电流值,以安表示。在三相变压器中,如没有特殊说明,都是指线电流。

连接组标号:代表变压器各个相绕组的连接法和相量关系的符号。如 Y/Y₀—12、Y/△—11 标号中 Y 表示星形连接,△表示三角形连接,Y₀ 表示星形连接有中心点引线。各符号中由左至右代表一、二次侧绕组连接方式,数字代表二次侧与一次侧电压的相角位移。

阻抗电压降百分比:表示变压器通入额定电流时的阻抗电压降对额定电压之比。

温升:变压器指定部位的温度和变压器周围空气温度之差。

对变压器油面温升的限值,仅系为保证油的长期使用而不迅速老化变质所规定的数值,不可直接作为运行中变压器负载能力的依据。

电力变压器的标准容量等级及高低压的电压等级：

(1) 变压器的容量等级：有 5、10、20、30、50、75、100、135、180、240、320、420、560、750、1000……千伏安。10、20、30、40、50、63、80、100、125、160、200、250、315、400、500、630、800、1000、1250、1600……千伏安。

(2) 变压器的高低压的电压等级：

低压侧的电压一般采用 400/230 伏，即线电压为 400 伏，相电压为 230 伏。高压侧的电压有 3000、3150、3300、6000、6300、6600、10000、13200、35000、60000、110000、220000……伏。

三、变压器的分类和结构

变压器分类的方法很多，按相数可分为单相和三相两种，单相多为小容量的变压器，三相大多是较大容量的以及电力变压器等。按绕组数目为单圈式（自耦变压器）、双圈式（一般中小型电力变压器）以及多圈式（电源变压器）。按耦合的介质可分为空芯变压器与铁芯变压器两种，目前大多为铁芯变压器。按铁芯结构不同又可分为芯式与壳式两种，如图 1—2 所示。壳式变压器的铁芯轭包在绕组外面，

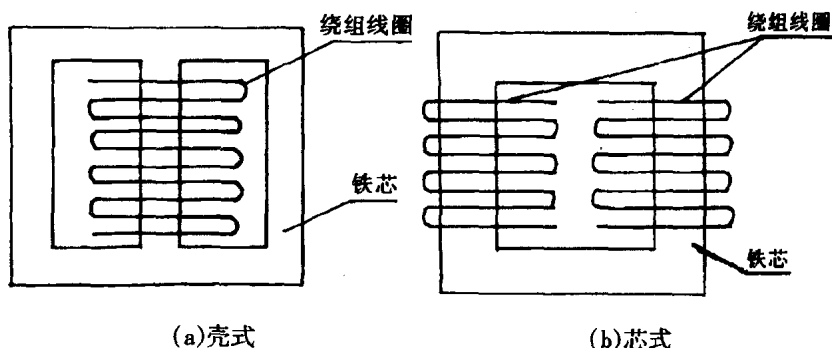


图 1—2 单相变压器铁芯结构图

导热性能较好，但制造工艺复杂，除了很小的电源变压器以外，目前已很少使用。芯式变压器绕组包在铁芯外面，受力情况较好，制造工艺也比较简单。其他按冷却介质不同又分为油浸变压器，干式变压

器(空气冷却式)以及水冷变压器。干式变压器多用在低电压、小容量或用在防火防爆的场合,电压较高、容量较大的变压器多用油浸式或水冷式。电力变压器大多数采用油浸式。

尽管变压器的类型很多,它们在结构和运行性能上都各具有自己的特点,但其基本结构却都相同。

1. 变压器铁芯结构

铁芯由铁柱和铁轭两部分组成。绕组套在铁柱上,而铁轭则用来使整个磁路闭合。为了减少铁芯磁滞及涡流损耗起见,一般都采用 D41、D42、D43—0.35~0.5 热轧硅钢片及 D310、D320、D330 等冷轧硅钢片叠成,冷轧硅钢片在导磁性能与减少损耗方面都比热轧硅钢片好得多。

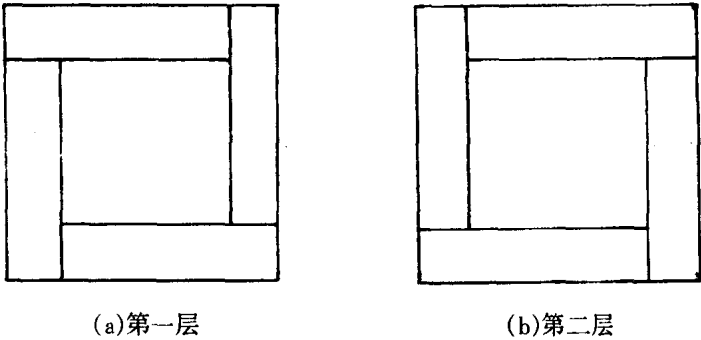


图 1—3 单相变压器铁芯叠装图

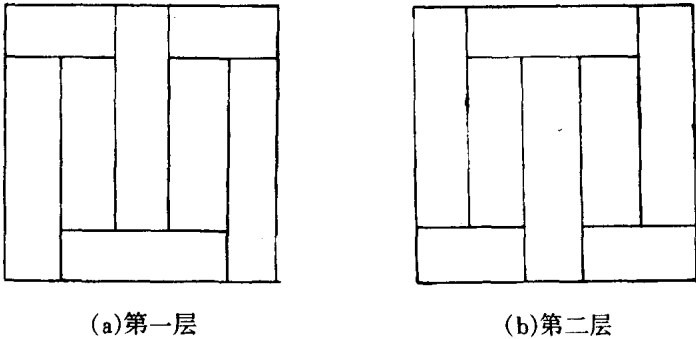
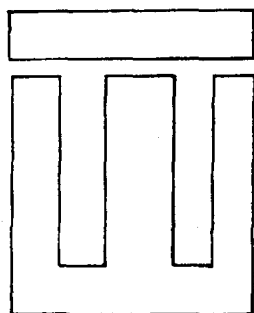


图 1—4 三相变压器铁芯叠装图

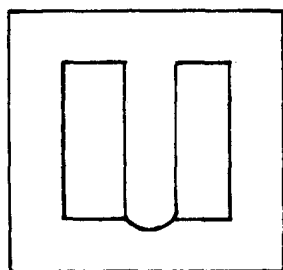
变压器铁芯一般采用交叠方式进行叠装。如图 1—3 与图 1—4 所示,应使上层和下层叠片的接缝互相错开。

在微型变压器中,为了简化工艺起见,常采用如图 1—5 所示的叠片形状。

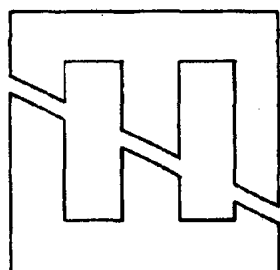
铁柱的断面形状必须从简化工艺和提高利用率两方面因素考虑。小型变压器可以采用正方的或长方形的铁柱的断面。较大容量的变压器,为了充分利



(a)山字形



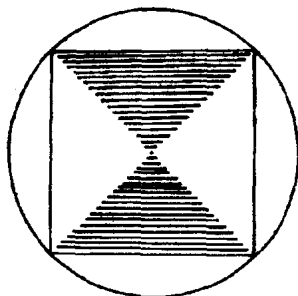
(b)日字形



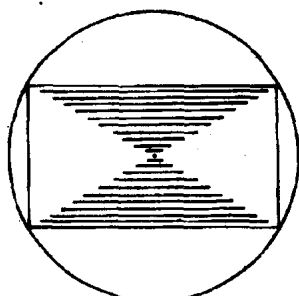
(c)F 字形(或称 E 字形)

图 1—5 微型变压器的叠片

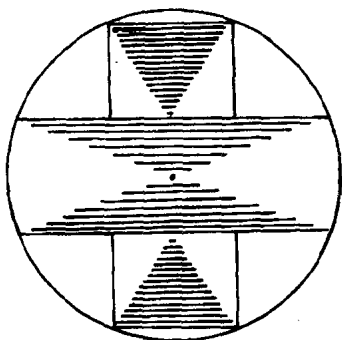
用绕组内圆的空间,铁柱断面常采用多级阶梯形,如图 1—6 所示。当铁柱直径大于 350 毫米时,为了改善铁芯冷却,铁柱中就得放置油导,如图 1—6(e)所示。



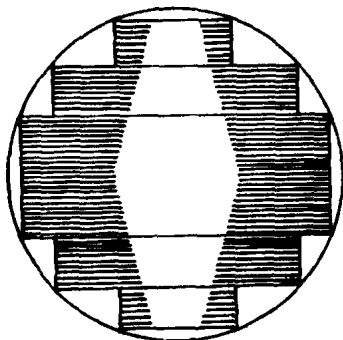
(a)正方形铁芯



(b)长方形铁芯



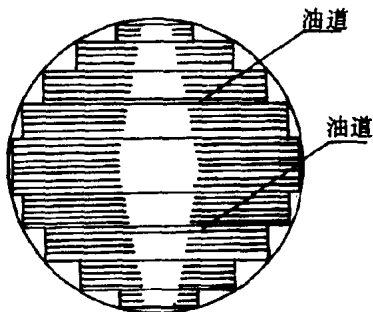
(c) 十字形铁芯



(d) 无油导多级铁芯

2. 变压器的绕组结构

变压器绕组结构有同芯式和交叠式两种,如图 1—7 所示。大多数电力变压器(1800 千伏安以下)都采用同芯式绕组,即它的一次侧与二次侧绕组套装在一个铁柱上。为便于绝缘起见,一般低压侧的绕组放在里面,高压侧的绕组套在它的外面,如图 1—7(a) 所示。但容量较大而电流也很大的变压器,由于低压绕组引出线的工艺困难,亦往往把低压侧放在高压侧的外面。



(e) 有油导阶梯形多级铁芯

图 1—6 各种形状的铁柱断面图

交叠式绕组的高、低压绕组是互相交叠放置的,为便于绝缘,一般最上和最下的二组绕组都是低压绕组。交叠式的主要优点是漏抗小,机械强度高,引线方便。

同芯式绕组的结构简单,制造方便。按其绕组的绕制方式不同,同芯式绕组又分成圆筒式、螺旋式、分段式和连续式四种。不同的结构具有不同的电气、机械及热特性。交叠式绕组结构如图 1—7(b) 所示。

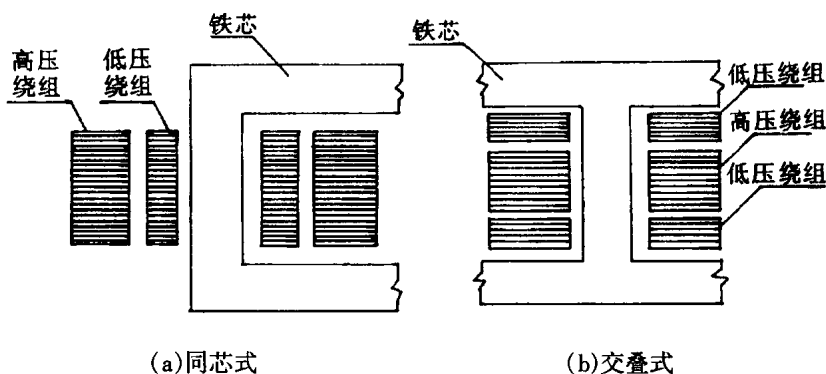


图 1—7 变压器绕组的结构图

图 1—8(a)、(b)都是圆筒式绕组,它的线匝沿高度(轴向)绕制,如螺旋形状。制造工艺简单,但机械强度、轴向承受短路能力都较差。所以多用在电压低于 500 伏、容量为 10 ~ 750 千伏安变压器中。图 1—8(c)为多层圆筒式绕组,可用在容量为 10 ~ 560 千伏安变压器中。

图 1—9 是螺旋式绕组,它由若干并联导线沿径向平绕,轴向线匝间有油导,并具有较大的支撑面和冷却面,所以可应用在较大电流的低压绕组中。为使并联导体电流均匀分配,在绕制过程中需进行换位。螺旋式绕组一般用在大于 1000 千伏安,而不宜采用双层圆筒式的变压器。

图 1—10 是分段式绕组,分段式的绕组由若干单独线段串成。每个线段与圆筒式绕组相同,但它比圆筒式机械强度好,但因制造工艺复杂,一般用在每柱容量为 350 千伏安变压器的高压绕组中。

图 1—11 是连续式绕组,连续式绕组绕制中无焊接头,端部支撑面大,冷却油导径、横通畅,所以机械及电气强度较好,只是制造工艺复杂。一般宜用在容量为 750 千伏安、电压为 6000 伏以上的大中型变压器中。