

电工简明手册系列

<http://www.phei.com.cn>



# 变压器检修 简明手册

葛剑青 主编



电子工业出版社

PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

电工简明手册系列

# 变压器检修简明手册

葛剑青 主编

电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

## 内 容 简 介

本简明手册主要介绍了变压器、互感器等电器的分类、型号、结构、主要技术性能、应用计算、技术数据及使用与运行等内容,力图把常用变压器、互感器的相关技术知识和技术数据介绍得全面准确,实现知识更新。

本手册适用于所有从事电工工作和学习电工专业的人员查询使用。

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。  
版权所有,侵权必究。

### 图书在版编目(CIP)数据

变压器检修简明手册/葛剑青主编. —北京:电子工业出版社,2008.9  
(电工简明手册系列)

ISBN 978 - 7 - 121 - 06994 - 9

I. 变… II. 葛… III. 变压器—检修—技术手册 IV. TM407 - 62

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 096015 号

策划编辑:张 榕 责任编辑:刘 凡

印 刷:涿州市京南印刷厂

装 订:涿州市桃园装订有限公司

出版发行:电子工业出版社

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036

开 本:880×1230 1/64 印张:6.875 字数:320.3 千字

印 次:2008 年 9 月第 1 次印刷

印 数:5000 册 定价:19.00 元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题,请向购买书店调换。若书店售缺,请与本社发行部联系,联系及邮购电话:(010)88254888。

质量投诉请发邮件至 zltz@phei.com.cn,盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线:(010)88258888。

# 前 言

在我国的电工电气工程的教学、设计、制造、安装、使用与维修等领域中,各种形式的电工技术手册起到了不可替代的工具书作用,一大批编写优秀的手册使读者获益匪浅。

但是在具体的实际工作应用中,由于手册的部头都比较大,使携带、查阅、在工作现场使用时颇为不便。再者,大部头的手册通常书价较高,这对于低收入的电工人员和从事单项电气设备工作的电工人员,造成了一定的负担或限制。就编者对目前图书市场的了解,此种形式的简明手册极少。为此,编者拟以电工简明手册系列的方式,以单项的组稿编写形式,编写《变压器检修简明手册》。

本手册的主要内容有:变压器的分类、结构及技术指标,三相变压器,调压变压器,干式变压器,其他变压器,变压器的安装,电力变压器的运行、保护与故障处理及各类型的电流、电压互感器等。

本手册力图把当前常用变压器的相关技术知识和技术数据介绍得全面准确,以实现知识更新,并把最前沿的、现代的产品介绍出来;但考虑到我国现代化发展和电力、电气设备在生产、生活中的现状,还交叉介绍了一些老系列配套电气设备的具体技术数据。因为在相当多的生产企业实际应用的设备中,20世纪七八十年代的产品仍是占绝大多数的。

本手册在编写工作中得到赵续仁教授、宋继武教授的亲切指导,徐鲁生、黄雷、周伟、赵永超参与了大量的资料收集、整理和编

写工作,辛长平参与了对图表、插图的整理与校对工作,单茜、郑红完成了书稿的录入工作。在此,对在本书的编写工作中提供珍贵资料的各位朋友表示感谢,并对参考的部分优秀作品的作者表示由衷的谢意。

编者  
2008年6月

## 主要符号表

符 号	名 称	单 位	符 号	名 称	单 位
$B$	磁通密度	$\text{Wb}/\text{m}^2$	$k$	变比, 匝数比	
$B_m$	最大磁通密度	$\text{Wb}/\text{m}^2$	$m$	相数	
$D_{\text{Fe}}$	变压器铁芯直径	mm	$N_1, N_2$	原方匝数/副方匝数	$\theta_a$
$\Delta$	三角形接法				
$E_1$	原方电动势	V	$P$	功率	kW、W
$E_2$	副方电动势	V	$P_N$	额定功率	kW、W
$e$	电动势瞬时值	V	$P_1$	输入功率	kW、W
$F$	磁动势	A	$P_2$	输出功率	kW、W
$f$	频率	Hz	$P_{\text{Cu}}$	铜损耗	kW、W
$I$	电流	A	$P_{\text{Fe}}$	铁损耗	kW、W
$I_N$	额定电流	A	$P_0$	空载损耗	kW、W
$I_0$	空载电流	A	$P_K$	短路损耗	kW、W
$I_m$	励磁电流	A	$P_{\text{KN}}$	额定电流时 短路损耗	kW、W
$I_1$	原方电流	A	$R$	电阻	$\Omega$
$I_2$	副方电流	A	$R_1$	原绕组电阻	$\Omega$
			$R_2$	副绕组电阻	$\Omega$
$I_{1L}$	原方电流中负 载分量	A	$R_m$	励磁电阻	$\Omega$

续表

符 号	名 称	单 位	符 号	名 称	单 位
$t$	时间	s	$\eta_n$	额定效率	
$S_N$	额定容量	kV · A	$\eta_{max}$	最大效率	
$U$	电压	kV、V	$\theta$	温度	℃
$U_N$	额定电压	kV	$\theta_a$	空气温度	℃
$u_K$	阻抗电压		$\theta_o$	变压器油温度	℃
$u_{KR}$	阻抗电压电 阻分量		$\theta_w$	绕组温度	℃
$u_{KX}$	阻抗电压电 抗分量		$\mu$	导磁率	H/m
$x$	电抗	$\Omega$	$\tau_{wo}$	绕组对油的温升	℃或K
$x_1$	原绕组漏电电抗	$\Omega$	$\tau_{oA}$	油对空气的温升	℃或K
$x_2$	副绕组漏电电抗	$\Omega$	$\tau_{wa}$	绕组对空气的温升	℃或K
$x_m$	励磁电抗	$\Omega$	$\Phi_m$	铁芯磁通最大值	Wb
$Y$	星形接法		$\Phi_{1\sigma}$	原绕组漏磁通	Wb
$Z_K$	短路阻抗	$\Omega$	$\Phi_{2\sigma}$	副绕组漏磁通	Wb
$Z_m$	励磁阻抗	$\Omega$	$\omega$ 角频 率(')	右上角撇表示 折算值	
$\eta$	效率		(·)	右上角星表示 标么值	

# 目 录

## 第1章 变压器的分类、结构及技术指标

- |                            |    |                              |    |
|----------------------------|----|------------------------------|----|
| 1.1 变压器的分类 .....           | 2  | 1.6 变压器的绕组<br>形式及其应用范围 ...   | 17 |
| 1.2 变压器使用<br>条件要求 .....    | 7  | 1.6.1 变压器绕组<br>主要形式 .....    | 17 |
| 1.3 常用电力变压器<br>的产品型号 ..... | 7  | 1.6.2 各种绕组的特点<br>与适用范围 ..... | 18 |
| 1.4 变压器的结构 .....           | 8  |                              |    |
| 1.5 变压器的技术指标 ...           | 14 |                              |    |

## 第2章 三相变压器

- |   |    |  |    |
|---|----|--|----|
| 2.1 SL系列三相油浸<br>自冷式铝线低<br>损耗电力变压器 ..... | 27 | 2.2 S系列三相油浸<br>自冷式铜线低<br>损耗电力变压器 ..... | 59 |
|---|----|--|----|

## 第3章 调压变压器

- |                            |     |                                  |     |
|----------------------------|-----|----------------------------------|-----|
| 3.1 有载分接开关 .....           | 114 | 浸自冷式铝线低<br>损耗有载调压<br>电力变压器 ..... | 119 |
| 3.2 能平滑调压<br>的变压器 .....    | 116 |                                  |     |
| 3.3 SLZ <sub>7</sub> 系列三相油 |     | 3.4 S <sub>Z</sub> 、SLZ系列三       |     |



相油浸自冷式 有载调压电力 变压器 .....	123
3.5 S9 系列 35kV 无励 磁调压电力变压器 ...	133
3.6 有载分接开关 及其控制器 .....	136
3.7 感应调压器 .....	144
3.8 TNDG、TNDGB 型 自动补偿调压器 .....	168

3.9 TND <sub>1</sub> 、TND <sub>2</sub> 、 TNS <sub>1</sub> 、TNSGC 型 干式自冷接 触自动调压器 .....	170
3.10 晶闸管调压器、 晶闸管调功器 .....	172
3.11 TD <sub>1(2)</sub> 、TDGC、TSGC 系列干式自冷 接触调压器 .....	176

#### 第 4 章 干式变压器

4.1 环氧浇注式干 式变压器 .....	182
4.1.1 环氧浇注式 干式变压器 的特点 .....	183
4.1.2 环氧浇注式 干式变压器 的绝缘 .....	184
4.1.3 各种类型的环氧 浇注式干式变 压器的特点 ...	185

4.2 H 级绝缘干式 变压器 .....	187
4.2.1 NOMEX <sup>®</sup> 纸 的技术性能 ...	188
4.2.2 H 级干式变 压器的分类 及技术特点 .....	189
4.2.3 H 级干式变压器 与环氧浇注 式干式变压器 的比较 .....	191
4.3 SG <sub>3</sub> 系列三相干 式变压器 .....	193

4.4 SCL系列环氧树脂 脂浇注式干式 变压器 .....	196	式变压器 .....	200
4.5 SGZ系列三相铜 线有载调压干		4.6 SG系列三相铜 线干式变压器 .....	201
		4.7 SK系列三相 干式变压器 .....	205
<b>第5章 其他变压器</b>			
5.1 其他系列电力 变压器 .....	208	明变压器 .....	228
5.2 控制变压器 .....	218	5.3.2 JMB、BJZ型 局部照明 变压器 .....	230
5.3 照明变压器 .....	228		
5.3.1 BZ、BZ <sub>1</sub> 型照			
<b>第6章 变压器的安装</b>			
6.1 安装前的检查 .....	234	装要求与方法 .....	239
6.2 电力变压器的安			
<b>第7章 电力变压器的运行、保护与故障处理</b>			
7.1 额定运行方式 .....	283	7.3.1 并联运行 的条件 .....	289
7.2 变压器过负 载运行 .....	284	7.3.2 并联运行注意 事项及最佳 并联台数 .....	293
7.3 变压器的并 联运行 .....	289		

7.4 电力变压器的继电保护装置 .....	294
7.5 变压器运行中的检查和故障分析 .....	298
7.6 变压器常见故障	

处理及实例 .....

7.6.1 变压器常见故障及处理 .....	303
7.6.2 变压器故障处理实例 .....	310

## 第8章 互感器

8.1 电流互感器 .....	317
8.1.1 基本原理 .....	317
8.1.2 接线方案 .....	318
8.1.3 电流互感器的类型及其选择 .....	320
8.1.4 常用的电流互感器的型号、结构及主要数据 .....	321
8.2 电压互感器 .....	336
8.2.1 接线方案 .....	337
8.2.2 电压互感器的类型及其选择 .....	339
8.2.3 常用的电压互感器的型号、结构及	

主要数据 .....

8.2.4 使用要求 .....	352
8.3 电压电流组合互感器 .....	352
8.3.1 电压电流组合互感器的基本参数 .....	352
8.3.2 电压电流组合互感器的铁芯型式及线圈数据 .....	355
8.4 计量用互感器 .....	357
8.4.1 计量用电流互感器 .....	357
8.4.2 计量用电压互感器 .....	365



## 第 1 章 变压器的分类、结构及技术指标

变压器是一种静止的电气设备,由绕在共同铁芯上的两个或两个以上的绕组通过交变磁场而联系着,用以把某一种等级的电压与电流转变成另外一种等级的电压与电流。

变压器的用途是多方面的,广泛地应用在国民经济的各个领域里。比如在电力系统中,变压器就是一个主要的电气设备。通常,如果要将大功率的电能输送到很远的地方去,利用低电压大电流传输是有困难的,一方面电流大会引起输电线的极大损耗,另一方面输电线路的压降也会使电能送不出去。因此,就需要用升压变压器将发电机的端电压升高(容量一定时,电压升高电流会减小)。一般而言,当输电距离愈远,输送的电功率愈大时,要求的输电电压也愈高。例如,输电长度为 200 ~ 400km,输电容量为 20 ~ 30 万 kW 的输电线,输电电压一般要求 220kV;输电距离在 1000km 以上,则要求输电电压要达到 500kV。

当电能送到受电区(如城市或工厂区)后,又必须要用降压变压器将输电线路上的高电压降低到配电系统的电压,然后再经过一系列的配电变压器将电压降低到用电的电压以供使用(大型动力负荷用 3000V 或 6000V,小型动力负荷或照明负荷用 380V/220V)。

由此可见,在电力系统里变压器的地位是十分重要的。不仅需要的变压器数量较多(一般发电机与变压器的相对总容量之比是 1:5 ~ 1:8),还要求变压器性能好、运行安全可靠,这就对制造部门提出了较高的要求。

变压器除了应用在电力系统中外,还应用在需要特种电源的工业企业中,如供电给电炉、整流设备等,在测量设备、试验设备和控制设备等领域也广泛应用着变压器。

## 1.1 变压器的分类

变压器是利用电磁感应原理,以交变磁场为媒介,把线圈从电源吸收的某一种电压的交流电能转变成频率相同的另一种电压的交流电能,由另一线圈向负载提供。接电源的一方称为原方或原绕组、初级绕组、一次侧绕组;接负载的一方称为副方或副绕组、次级绕组、二次侧绕组。除自耦变压器外,一般的变压器原绕组和副绕组之间只有磁的耦合,而没有电路上的直接联系。

最简单的变压器就是把两个互相绝缘的线圈套在同一个铁芯上,线圈的电压近似地和匝数成正比,线圈的电流近似地和匝数成反比。变压器只能用来传送交流电功率而不能用来传送直流电功率,如果使用时不慎误将直流电压加在变压器线圈上,这时线圈中的电流等于电压除以电阻,由于线圈的电阻一般很小,所以即使直流电压不是特别高,也会产生很大的电流,超过一定时间可能会将变压器烧坏。

变压器按其用途进行分类有电力变压器、特种变压器、仪用互感器、试验用的高压变压器和调压器等。

电力变压器是指电力系统中使用的变压器,用以实现交流电能的远距离输送,减少输电线路上的电能损耗和输电线路上的压降。此外,电网中不同电压等级的电能之间需要实现调剂、分配时也要用到电力变压器。

所谓特种变压器,是指有专门用途的特殊变压,如电炉变压

器、电焊变压器、整流变压器等。

仪用互感器本质上也是变压器，一种是测量高电压时用的，叫电压互感器；另一种是测量大电流时用的，叫电流互感器。除用于测量外，互感器还有其他用途。

试验用的高压变压器和调压器是为了满足某些特殊试验的要求而制造的。有些试验中需要特别高的电压，那就需要专门的高压变压器；有些试验要求电压能在一定的范围内调节，那就需要调压器。

变压器按绕组数目的多少来分类，有双绕组变压器、三绕组变压器、多绕组变压器和自耦变压器等。双绕组变压器指同一台变压器有两种电压等级，三绕组变压器指同一台变压器有三种电压等级。例如，同一铁芯上套着三个匝数不等的线圈，工作时就可以有三种电压；如果一个线圈作为输入（从电源吸收电功率），另外两个线圈就可作为输出（向负载输送电功率）。如果是三相三绕组变压器，那就有三个低压线圈、三个中压线圈、三个高压线圈。当然也可以用多个线圈套在同一铁芯上构成多绕组变压器，工作时间可提供多种输出电压。所谓自耦变压器是指输出绕组与输入绕组有一部分是共用的变压器，这种变压器与普通的双绕组变压器相比，在同样容量的情况下消耗的材料较少。

变压器按相数来分类，有单相变压器和三相变压器。单相变压器只能变换单相电压，三相变压器能同时变换三相电压。

变压器按冷却方式分，有自冷式和它冷式；按冷却介质分，有空气冷却的干式变压器和用油冷却的油浸式变压器。

变压器的分类，见表1-1。

表 1-1 变压器的分类

分 类	类 别	细 分 类 别
按相数分	单相 三相 三相变两相或两相变三相	T形接法, V形接法
按绕组数量分	双绕组 三绕组 单绕组自耦	特殊整流变压器其分离的绕组有多于三绕组者
按调压方式分	无励磁调压 有载调压	
按导磁体材质分	冷轧硅钢片 热轧硅钢片	近期国外发展了磁铁玻璃体作铁芯
按冷却方式分	油浸自冷 油浸风冷 油浸水冷 强油循环 干式自冷 干式风冷	扁管散热或片式散热, 瓦楞油箱 附冷却风扇 附油水冷却器 有潜油泵  附风冷却器
按导体材质分	铜导线 铝导线 半铜半铝	近年已发展为铝箔或铜箔产品
按使用要求分	电炉用 整流用 矿用 船用 中频淬火 试验用 电信用 电焊用	炼钢或炼电石、炼合金 牵引、传动、电解或高压整流 一般型或防爆型  也有取中频加热 高压耐压试验 调幅变压器 电焊变压器



续表

分 类	类 别	细 分 类 别
按安装场所分	户内 户外	干式、环氧浇注式 油式、柱上式、平台式、一般户外

变压器型号中各字母的含义,见表1-2。

表1-2 变压器的型号及含义

电力变压器		调压变压器		自耦变压器	
D	单相	T	调压器	O	自耦 注:O在前 为降压O在 后为升压
J	油浸	O	自耦		
G	干式	Y	移圈		
C	干式浇注	A	感应	S、D、J、F、 FP、Z	同电力
S	油浸水冷	C	接触		
F	油浸风冷	P	强油循环		
S	三绕组,三相	X	线端	干式变压器	
FP	强油风冷	Z	中点	G	干式
Z	有载	C	中联	Q	加强的
SP	强油水冷	S、D、G、F、 J、Z	同电力	H	防火
T	成套			D、S	同电力
D	移动式	矿用变压器		低电压变压器	
L	铝线	D、G、S	同电力	D	低电压