



“十二五”高职高专规划教材

轨道交通系列

全国行业紧缺人才、关键岗位从业人员培训推荐教材

铁道、城市轨道交通通信信号专业职业技术教育项目化教材

# 信号电源屏检修

|     |     |     |     |
|-----|-----|-----|-----|
| 谭金浩 | 宋保卫 | 鄂英华 | 主 编 |
| 王燕梅 | 王 超 | 石 萍 | 副主编 |
|     | 朱小娟 | 安玉华 |     |

XINHAO DIANYUANPING JIANXIU



北京交通大学出版社

<http://www.bjtu.cn>

“十二五”高职高专规划教材·轨道交通系列

全国行业紧缺人才、关键岗位从业人员培训推荐教材

铁道、城市轨道交通通信信号专业职业技术教育项目化教材

# 信号电源屏检修

宋保卫 鄂英华 主 编

谭金浩 王 超 石 萍 副主编  
王燕梅 朱小娟 安玉华

北京交通大学出版社

· 北京 ·

## 内 容 简 介

本书详细介绍了目前我国铁路和城市轨道交通信号设备上运用的各种制式电源屏：PZG 系列、DSC 系列、PMZG 系列、PDZG 系列和高速铁路智能信号电源屏。本书以现场应用的各种型号电源屏为工作项目，与现场工作任务紧密结合，叙述了电源屏的工作原理、安装和检修方法及标准，并对一些常见故障进行分析，讲授故障处理的方法，对现场进行信号电源屏的维护和施工具有指导作用。

本书适合作为高等职业技术学院铁道通信信号专业的教材，也可供铁路和城市轨道交通信号工程施工、运用、维修技术人员学习参考。

版权所有，侵权必究。

## 图书在版编目 (CIP) 数据

信号电源屏检修 / 宋保卫, 鄂英华主编. —北京: 北京交通大学出版社, 2015. 1  
ISBN 978-7-5121-2199-7

I. ①信… II. ①宋… ②鄂… III. ①铁路信号-电源屏-检修 IV. ①U284.77

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2015) 第 025874 号

策划编辑: 刘 辉

责任编辑: 刘 辉

出版发行: 北京交通大学出版社

电话: 010-51686414

北京市海淀区高粱桥斜街 44 号

邮编: 100044

印刷者: 北京艺堂印刷有限公司

经 销: 全国新华书店

开 本: 185×260 印张: 15.5 字数: 387 千字

版 次: 2015 年 2 月第 1 版 2015 年 2 月第 1 次印刷

书 号: ISBN 978-7-5121-2199-7/U·189

印 数: 1~1000 册

定价: 38.00 元

本书如有质量问题, 请向北京交通大学出版社质监组反映。对您的意见和批评, 我们表示欢迎和感谢。

投诉电话: 010-51686043, 51686008; 传真: 010-62225406; E-mail: press@bjtu.edu.cn。

# 前 言

现代高等职业教育中以项目为导向,以任务为驱动的教学方法悄然兴起,工学结合的教学模式也在高职院校中普遍展开。本书是在调查铁路现场信号工检修电源屏工作和了解高职院校铁道通信信号专业对电源屏检修知识的需求下,分析铁道通信信号专业教学改革趋势,结合国家对高职教育的要求,按照“项目导向、任务驱动”的教学改革要求编写本教材。全书以学生为主体,突出对学生动手能力的培养,把理论知识与现场实际工作相结合,重点对现场施工、维修工作标准及故障处理方法进行介绍,强化职业技术训练,使学生感到学有所需、学有所用,认识到现在所学习的项目就是未来的工作内容,激发学生主动学习的积极性。

全书以现场信号工施工及维修工作任务为指导。由于我国铁路信号技术正处在传统技术向现代化技术转型的过程中,大量原来的信号电源屏与新型智能电源屏并存,这一过程将会持续相当长的一段时间。所以本书以目前铁路和城市轨道交通运用的最新智能电源屏为主,并对原有电源屏进行说明,介绍电源屏的施工、检修、维修技术,具体指导信号施工、维护,及对故障进行分析和处理。

本教材由黑龙江交通职业技术学院宋保卫、鄂英华担任主编;中铁第五勘察设计集团有限公司东北分院王超,黑龙江交通职业技术学院王燕梅、石萍、安玉华、谭金浩、朱小娟任副主编。书中项目三、项目四、项目五由宋保卫编写,项目二、项目六、项目七由鄂英华编写,项目九由谭金浩编写,项目八由石萍、王燕梅、安玉华共同编写,项目一由王超、朱小娟共同编写。全书由石萍主审。在编写过程中,北京鼎汉技术有限公司、北京国铁路阳技术有限公司、北京铁通康达铁路通信信号设备有限公司、北京津宇嘉信科技开发有限公司等单位在编写的过程中给予了技术上的大力支持。本书还引用了大量的各电源屏生产厂家的技术说明书及相关文献,在此谨向有关专家及单位致以衷心感谢。

由于我国铁路信号智能电源屏涉及了信号、电力、电子、网络、计算机、通信、电磁兼容等技术,且生产厂家制式众多,工作原理各异,资料难以搜集齐全,再加上编者水平有限,时间仓促,书中难免有错误、疏漏和不妥之处,恳望读者给予批评指正。

编 者

2014 年 11 月

# 目 录

|                          |     |
|--------------------------|-----|
| 项目一 变压器、整流器检修作业          | 1   |
| 任务一 认识变压器                | 1   |
| 任务二 变压器检修作业              | 8   |
| 任务三 变压器的维修               | 9   |
| 任务四 变压器的故障处理             | 10  |
| 复习思考题                    | 11  |
| 项目二 电源屏器件检修作业            | 12  |
| 任务一 认识电源屏各种器件            | 12  |
| 任务二 电源屏各种器件检修作业          | 26  |
| 任务三 电源屏各种器件故障处理          | 29  |
| 复习思考题                    | 36  |
| 项目三 信号电源屏检修作业            | 37  |
| 任务一 认识各类电源屏              | 37  |
| 任务二 各类信号电源屏检修作业          | 60  |
| 任务三 各类信号电源屏故障处理          | 66  |
| 复习思考题                    | 69  |
| 项目四 PZG 系列智能型信号电源屏检修作业   | 71  |
| 任务一 认识 PZG 系列智能型信号电源屏    | 71  |
| 任务二 铁路信号智能电源屏检修作业        | 96  |
| 任务三 PZG 系列铁路信号智能电源屏故障处理  | 102 |
| 复习思考题                    | 110 |
| 项目五 DSG 系列铁路信号智能电源屏检修作业  | 111 |
| 任务一 认识 DSG 系列铁路信号智能电源屏   | 111 |
| 任务二 DSG 系列铁路信号智能电源屏检修作业  | 137 |
| 任务三 DSG 系列铁路信号智能电源屏故障处理  | 142 |
| 复习思考题                    | 143 |
| 项目六 PMZG 系列铁路信号智能电源屏检修作业 | 144 |
| 任务一 认识 PMZG 型智能铁路信号电源屏   | 144 |

|                                                 |            |
|-------------------------------------------------|------------|
| 任务二 PMZG 型智能铁路信号电源屏检修作业 .....                   | 162        |
| 任务三 PMZG 型智能铁路信号电源屏故障处理 .....                   | 170        |
| 复习思考题 .....                                     | 173        |
| <b>项目七 PDZG 系列铁路信号智能电源屏检修作业 .....</b>           | <b>174</b> |
| 任务一 认识 PDZG 系列铁路信号智能电源屏 .....                   | 174        |
| 任务二 PDZG 智能综合信号电源检修作业 .....                     | 188        |
| 任务三 PDZG 智能综合信号电源故障处理 .....                     | 189        |
| 复习思考题 .....                                     | 192        |
| <b>项目八 高速铁路智能信号电源屏检修作业 .....</b>                | <b>193</b> |
| 任务一 认识高速铁路智能信号电源屏 .....                         | 193        |
| 任务二 高速铁路智能信号电源屏系统安装 .....                       | 204        |
| 任务三 高速铁路智能信号电源屏系统操作 .....                       | 211        |
| 任务四 高速铁路智能信号电源屏故障处理 .....                       | 212        |
| 复习思考题 .....                                     | 213        |
| <b>项目九 不间断电源 (含蓄电池) 检修作业 .....</b>              | <b>214</b> |
| 任务一 认识 UPS 不间断电源 .....                          | 214        |
| 任务二 检修作业 .....                                  | 225        |
| 任务三 故障处理 .....                                  | 228        |
| 复习思考题 .....                                     | 229        |
| <b>附录 A PYT-10Y 型中站调压电源屏电路图 .....</b>           | <b>230</b> |
| <b>附录 B PYJZ-10Y 型中站交直流电源屏电路图 .....</b>         | <b>231</b> |
| <b>附录 C PZT-2000/25 型 25Hz 中站轨道电源屏电路图 .....</b> | <b>232</b> |
| <b>附录 D PH<sub>1</sub> 型大站转换电源屏电路图 .....</b>    | <b>233</b> |
| <b>附录 E PL-15 型大站交流电源屏电路图 .....</b>             | <b>234</b> |
| <b>附录 F PZ-15 型大站直流电源屏电路图 .....</b>             | <b>235</b> |
| <b>附录 G PDT-20Y 型大站调压电源屏电路图 .....</b>           | <b>236</b> |
| <b>附录 H PZG 电源屏电路图 .....</b>                    | <b>237</b> |
| <b>附录 I PMZG 电源屏电路图 .....</b>                   | <b>238</b> |
| <b>附录 J PDZG 智能型综合信号电源系统 .....</b>              | <b>239</b> |
| <b>参考文献 .....</b>                               | <b>240</b> |

# 项目一

## 变压器、整流器检修作业



### 【知识目标】

- 了解变压器的结构
- 理解变压器绕组的联接方法
- 理解变压器、整流器的检修作业内容



### 【能力目标】

- 会对变压器进行性能测试
- 会对变压器、整流器进行检修
- 会分析、处理变压器、整流器故障

## 任务一 认识变压器

### 一、单相变压器

#### 1. 认识变压器

变压器是一种能量传递装置，它用来将某一数值的交流电压和电流变换为同一频率另一数值的交流电压和电流。变压器是一种静止的电机，它不同于旋转电机，不能进行能量

和信号的变换,只能进行能量或信号的传递,就是实现电能在不同等级之间转换。它的工作原理是建立在电磁感应和磁势平衡的基础上的。在原、副绕组匝数不同的情况下,通过电磁感应,原、副绕组可得到不同的电势;通过磁势平衡,副绕组负载运行时,原绕组就出现相应的“负载分量”;于是,一种数值的电压(电流、阻抗)就变换为另一数值的电压(电流、阻抗)。

在供电系统中,变压器是一种重要的电气设备。交流电的输电配电,是离不开变压器的。

### 1) 变压器的分类

变压器的分类方法很多,通常可按用途、相数、绕组数目、铁心结构及冷却介质和冷却方式等分类。

按用途分类,可分为电力变压器和特种变压器(仪用互感器、自耦变压器、整流变压器等)。

按相数分类,可分为单相变压器、三相变压器、多相变压器。

按绕组数目分类,可分为单绕组(自耦变压器)、双绕组变压器、三绕组变压器和多绕组变压器。

按冷却介质和冷却方式分类,可分为油浸式变压器(包括油浸自冷式、油浸风冷式、油浸强迫油循环式)、干式变压器、充气式变压器。

### 2) 变压器在信号中的应用

变压器在铁路信号设备中得到广泛应用,如信号变压器、轨道变压器、道岔表示变压器、扼流变压器、防雷变压器等。铁路信号用变压器,多采用低电压小功率的干式自冷变压器。为适应各种电路的需要,有分级调压的特性。

在信号电源设备中,变压器作为主要部件,主要用于以下方面。

#### (1) 隔离。

在信号电路中如出现接地情况,可能造成电路的错误动作,所以各种电源都要对地绝缘,须用双绕组的变压器隔离成对地绝缘系统。

#### (2) 变压。

各种电源都有其要求的电压数值,要将引入的电压变换为所需要的电压数值,就要用变压器来变压。

#### (3) 调压。

要获得连续可调的电压,需用自耦变压器来进行调压。

#### (4) 测量。

用电流互感器来扩大电流表的量程。

## 2. 变压器的结构

变压器的主要部件是铁心和绕组。

### 1) 铁心

构成了变压器的磁路,同时又是套装绕组的骨架。铁心由铁心柱和铁轭两部分构成。铁心柱上套绕组,铁轭将铁心柱连接起来形成闭合磁路。



**铁心材料：**为了提高磁路的导磁性能，减少铁心中的磁滞、涡流损耗，铁心一般用高磁导率的磁性材料——硅钢片叠成。硅钢片有热轧和冷轧两种，其厚度为  $0.35 \sim 0.5\text{mm}$ ，两面涂以厚  $0.02 \sim 0.23\text{mm}$  的漆膜，使片与片之间绝缘。

**铁心形式：**变压器铁心的结构有心式、壳式和渐开线式等形式。如图 1-1 所示，壳式结构的特点是铁心包围绕组的顶面、底面和侧面；心式结构的特点是铁心柱被绕组包围。壳式结构的机械强度较好，但制造复杂。

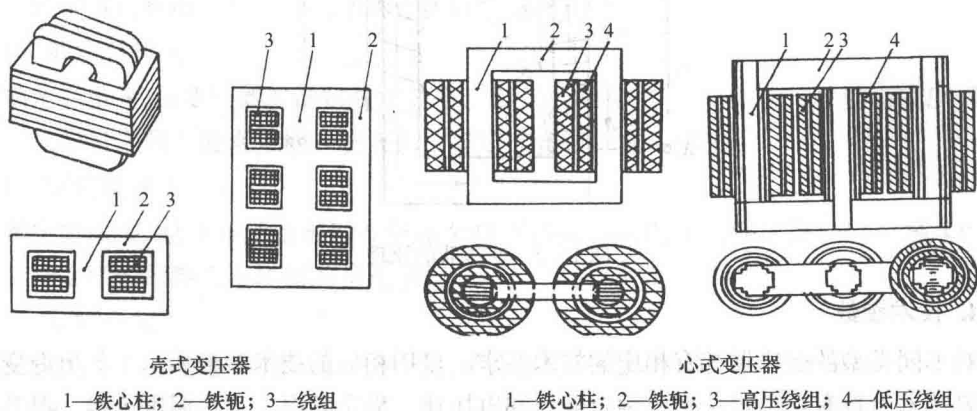


图 1-1 变压器铁心的结构

## 2) 绕组

绕组是变压器的电路部分，它由铜或铝绝缘导线绕制而成。

一次绕组（原绕组）：输入电能。

二次绕组（副绕组）：输出电能。

他们通常套装在同一个心柱上，一次和二次绕组具有不同的匝数，通过电磁感应作用，一次绕组的电能就可传递到二次绕组，且使一、二次绕组具有不同的电压和电流。

其中，两个绕组中，电压较高的称为高压绕组，电压较低的称为低压绕组。从高、低压绕组的相对位置来看，变压器的绕组又可分为同心式、交叠式。由于同心式绕组结构简单，制造方便，所以，国产的均采用这种结构，交叠式主要用于特种变压器中。

## 3. 变压器的基本原理

如图 1-2 所示，当一个正弦交流电压  $u_1$  加在初级线圈两端时，导线中就有交变电流  $i_0$  并产生交变磁通  $\phi_1$ ，它沿着铁心穿过初级线圈和次级线圈形成闭合的磁路。在次级线圈中感应出互感电势  $u_2$ ，同时  $\phi_1$  也会在初级线圈上感应出一个自感电势  $e_1$ ， $e_1$  的方向与所加电压  $u_1$  方向相反而幅度相近，从而限制了  $i_0$  的大小。为了保持磁通  $\phi_1$  的存在就需要有一定的电能消耗，并且变压器本身也有一定的损耗，尽管此时次级没接负载， $i_2 = 0$ ，初级线圈中仍有一定的电流，这个电流称为“空载电流”。

如果次级接上负载，次级线圈就产生电流，并因此而产生磁通  $\phi_2$ ， $\phi_2$  的方向与  $\phi_1$  相反，起到互相抵消的作用，使铁心中总的磁通量有所减少，从而使初级自感电压  $e_1$  减少，其结果使  $i_1$  增大，可见初级电流与次级负载有密切关系。当次级负载电流加大时， $i_0$  增

加,  $\phi_1$  也增加, 并且  $\phi_1$  增加部分正好补充了被  $\phi_2$  所抵消的那部分磁通, 以保持铁心里总磁通量不变。如果不考虑变压器的损耗, 可以认为一个理想的变压器次级负载消耗的功率也就是初级从电源取得的电功率。变压器能根据需要通过改变次级线圈的圈数而改变次级电压, 但是不能改变允许负载消耗的功率。

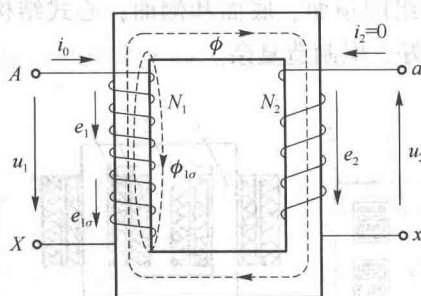


图 1-2 变压器的原理

#### 4. 技术参数

对不同类型的变压器都有相应的技术要求, 可用相应的技术参数表示。如电源变压器的主要技术参数有: 额定功率、额定电压和电压比、额定频率、工作温度等级、温升、电压调整率、绝缘性能和防潮性能。对于一般低频变压器的主要技术参数是: 变压比、频率特性、非线性失真、磁屏蔽和静电屏蔽、效率等。

##### 1) 电压比

变压器两组线圈圈数分别为  $N_1$  和  $N_2$ ,  $N_1$  为初级,  $N_2$  为次级。在初级线圈上加一交流电压, 在次级线圈两端就会产生感应电动势。当  $N_2 > N_1$  时, 其感应电动势要比初级所加的电压还要高, 这种变压器称为升压变压器; 当  $N_2 < N_1$  时, 其感应电动势低于初级电压, 这种变压器称为降变压器。初级次级电压和线圈圈数间具有下列关系。

$$\frac{V_2}{V_1} = \frac{N_2}{N_1} = n$$

式中  $n$  称为电压比 (圈数比)。当  $n < 1$  时, 则  $N_1 > N_2$ ,  $V_1 > V_2$ , 该变压器为降压变压器。反之, 则为升压变压器。

##### 2) 变压器的效率

在额定功率时, 变压器的输出功率和输入功率的比值, 叫作变压器的效率, 即

$$\eta = \frac{P_2}{P_1} \times 100\%$$

式中,  $\eta$  为变压器的效率;  $P_1$  为输入功率,  $P_2$  为输出功率。

当变压器的输出功率  $P_2$  等于输入功率  $P_1$  时, 效率  $\eta$  等于 100%, 变压器将不产生任何损耗。但实际上这种变压器是没有的。变压器传输电能时总要产生损耗, 这种损耗主要有铜损和铁损。

铜损是指变压器线圈电阻所引起的损耗。当电流通过线圈电阻发热时, 一部分电能就转变为热能而损耗。由于线圈一般都由带绝缘的铜线缠绕而成, 因此称为铜损。

变压器的铁损包括两个方面。一是磁滞损耗, 当交流电流通过变压器时, 通过变压器

硅钢片的磁力线的方向和大小随之变化,使得硅钢片内部分子相互摩擦,放出热能,从而损耗了一部分电能,这便是磁滞损耗。另一是涡流损耗,当变压器工作时,铁心中有磁力线穿过,在与磁力线垂直的平面上就会产生感应电流,由于此电流自成闭合回路形成环流,且成漩涡状,故称为涡流。涡流的存在使铁心发热,消耗能量,这种损耗称为涡流损耗。

变压器的效率与变压器的功率等级有密切关系,通常功率越大,损耗与输出功率比就越小,效率也就越高。反之,功率越小,效率也就越低。

### 3) 额定容量 $S_N$

额定容量  $S_N$  是变压器的额定视在功率,以  $V \cdot A$  或  $kV \cdot A$  表示。对三相变压器而言是指三相容量之和。通常把原、副绕组的额定容量设计成一样大。

### 4) 额定电压 $U_N$

额定电压  $U_N$  是变压器空载时在额定分接下各绕组端电压的保证值,以  $V$  或  $kV$  为单位。三相变压器的额定电压指的是线电压。

### 5) 额定电流 $I_N$

额定电流  $I_N$  是根据额定容量和额定电压计算出来的电流值,以  $A$  为单位。

### 6) 额定频率 $f_N$

我国规定标准工业用电的频率为  $50\text{ Hz}$ 。

## 二、三相变压器

### 1. 什么是三相变压器

从运行原理来看,三相变压器在对称负载下运行时,各相的电压、电流大小相等,相位彼此相差  $120^\circ$ 。三相交流电的电压变换可采用以下两种方式,一是各相分别连接一个单相变压器组成变压器组,称为三相组式变压器,或称为三相变压器组;二是有一个三相共用铁心的三相变压器。

与单相变压器相比,三相变压器的特点如下:

(1) 三相变压器的磁路由铁轭把三个心柱连在一起而组成的,各相磁路互相依存,都以另外两相的磁路作为各自的回路。

(2) 三相变压器的原边和副边可用不同的方法联接,形成多种联接组别,不同的联接组别使原、副边相对应的线电压之间有不同的相位差。

(3) 三相变压器的相电势波形与绕组接法、磁路系统有密切关系,相电势的畸变与变压器的磁路系统及磁路的饱和程度有关。

因此就一相而言,和单相变压器没有什么区别。

### 2. 三相变压器的磁路系统

三相变压器的磁路系统主要分为两类:一类是各相磁路彼此无关,实际存在于三相变压器组中,巨型变压器为了便于制造和运输,多采用三相变压器组;另一类是各相磁路彼此关联,三铁心柱变压器的磁路就属于此类,大多数电力变压器都是三相三铁心柱变压

器, 它有耗材少、效率高、占地面积小、维护简便的特点。

三相变压器组是由三台单相变压器组成的, 所以每相的主磁通各有独立的磁路, 各相磁路互不影响, 而且长短相同, 因此三相磁通对称时, 三相励磁电流是对称的。

三相铁心柱变压器是三相的整体, 所以三相磁路是相互关联的, 任何一相的主磁通都借助其他两相的铁心柱作为回路。这种磁路结构可以看成是三个单相变压器磁路合并演变而成。如图 1-3 所示, 设想将三个单相铁心的一个铁心柱贴合在一起, 则三相磁路都以中间的铁心柱构成回路, 从而可以用一个公共铁心柱代替, 通过公共铁心柱的磁通是三相磁通之和, 由于三相电压对称, 所以三相磁通的总和为零, 即任何瞬间公共铁心柱的磁通均为零, 因此可将中间的铁心柱省去, 形成组合的铁心。为了制造方便, 将三个铁心柱排列在一个平面内, 成为常见的三相心式变压器。由于中间一相的磁路要比旁边两相的磁路短, 在三相磁通对称的情况下, 中间一相的空载电流较小, 使三相空载电流不对称, 但空载电流与负载电流相比小得多, 这种不对称对负载运行的影响可以略去不计。

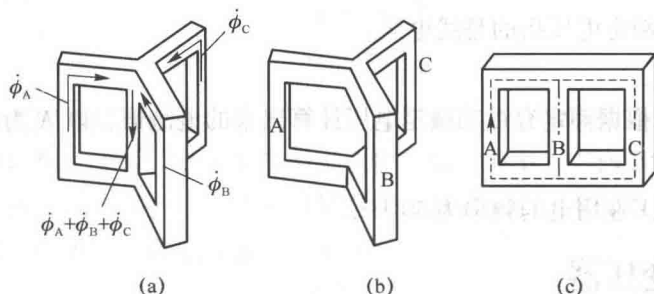


图 1-3 三相心式变压器的磁路系统

### 3. 三相变压器绕组连接

在绕组连接中, 用 A、B、C 表示高压绕组的首端, x、y、z 表示其末端; 而用 a、b、c 表示低压绕组的首端, x、y、z 表示其末端。星形接法的中性点用 0 表示。

三相绕组的三个末端连在一起, 而把它们的首端引出来, 就是星形接法, 如图 1-4 (a)。把一相绕组的末端和另一相绕组的首端连在一起, 顺次连接成一闭合回路, 就是三角形接法, 如图 1-4 (b) 所示。

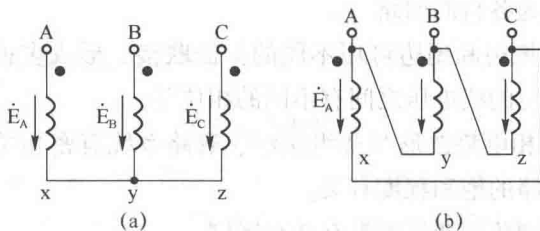


图 1-4 三相绕组的连接

常用的接法有 Y,  $y_n$ ; Y, d; YN, y; Y, y 等。逗号前的符号表示高压绕组的接法, 逗号后的符号表示低压绕组的接法。Y 表示高压绕组为星形接法, YN 表示高压绕组为星形接法有中性点引出线。y 表示低压绕组为星形接法,  $y_n$  表示低压绕组为星形接法有中性

点引出线, d 表示低压绕组为三角形接法。

根据变压器原、副边线电势的相位关系把变压器绕组的连接分成各种不同的组合, 称为绕组的连接组, 采用时钟表示法。即把高压边线电势的向量作为长针, 低压边线电势的向量作为短针, 将长针放在“12”上, 短针所指的那个数字为三相变压器的连接组标号, 将标号数字乘以 30 度, 就是低压绕组线电动势滞后于对应高压绕组线电动势的相位角。

Y, y 接法和 D, d 接法可以有 0、2、4、6、8、10 共 6 个偶数连接组别, Y, d 接法和 D, d 接法可以有 1、3、5、7、9、11 共 6 个奇数组别, 因此三相变压器共有 12 个不同的连接组别。为了使用和制造上的方便, 我国国家标准规定只生产下列 5 种标准连接组别的电力变压器, 即 Y, yn0; Y, d11; YN, d11; YN, y0; Y, y0。其中以以前 3 种最为常用。对于单相变压器, 标准连接组为 I, 10。

### 三、电流互感器

#### 1. 什么是电流互感器

互感器是测量用的变压器, 又称仪用变压器, 用来扩大仪表的测量范围, 有电压互感器和电流互感器两种, 信号电源中只使用了后者。

在测量交变电流的大电流时, 为便于二次仪表测量, 需要转换为比较统一的电流 (我国规定电流互感器的二次额定电流为 5 A), 此外线路上的电压都比较高, 如直接测量是非常危险的。电流互感器就起到变流和电气隔离作用。它是电力系统中测量仪表、继电保护等二次设备获取电气一次回路电流信息的传感器, 电流互感器将高电流按比例转换成低电流, 电流互感器一次侧接在一次系统, 二次侧接测量仪表、继电保护等。

电流互感器是工作于低磁感应强度的铁心变压器。由硅钢片制成的环形或矩形铁心及绕在同一铁心上的原、副绕组构成, 如图 1-5 (a) 所示。绕组间用绝缘隔开, 以保证安全。有的电流互感器的原绕组是单匝的, 甚至用母线来代替, 只是一根直导线; 有的是多匝的。而副绕组匝数很多, 所接之电流表内阻很小。所以电流互感器实质上是一个短路运行的升压变压器, 是一种将大电流变换成小电流的变压器。其图形符号如图 1-5 (b) 所示。

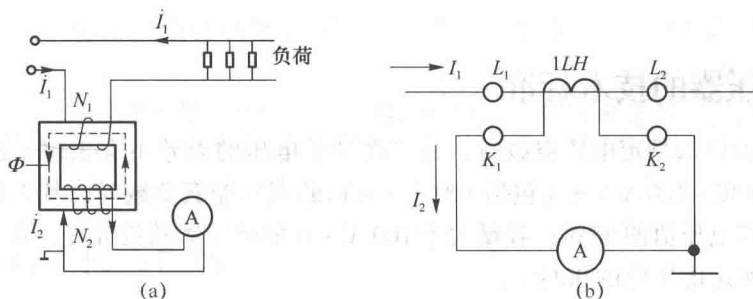


图 1-5 电流互感器

若原、副绕组的匝数分别为  $w_1$  和  $w_2$ , 电流分别为  $I_1$  和  $I_2$  时, 则有  $I_1 w_1 = I_2 w_2$ , 以  $K_1$  为变流比, 则  $K_1 = I_1 / I_2 = w_2 / w_1$ 。当与副绕组联接的电流表测得的电流为  $I_x$  时, 原绕组中流过的被测电流为  $I_{1x} = K_1 I_x$ , 就将电流表的量限扩大了  $K_1$  倍。

通常将电流互感器副绕组中额定电流都定为 5 A, 原绕组的额定电流为 5, 10, 15, ..., 5 000 A。为方便起见, 都预先归算好。如 50/5 的电流互感器, 电流表的量限为 5 A, 只要将原

标度改按 50 A 刻度,就可直接测读。

## 2. 电流互感器的优点

正常工作时互感器二次侧处于近似短路状态,输出电压很低。在运行中如果二次绕组开路或一次绕组流过异常电流(如雷电流、谐振过电流、电容充电电流、电感启动电流等),都会在二次侧产生数千伏甚至上万伏的过电压。这不仅给二次系统绝缘造成危害,还会使互感器过激而烧损,甚至危及运行人员的生命安全。使用电流互感器的优点如下。

(1) 可使测量仪表与高压装置绝缘,保证人身安全。

(2) 可避免电路中的短路电流直接流经仪表,以免损坏。

(3) 可使测量仪表标准化。

(4) 与被测对象电气隔离,不会干扰被测对象。

## 3. 使用电流互感器的注意事项

(1) 铁心、副绕组的一端要接地。因为当线圈绝缘破损时,可防止联在副绕组上的仪表对地出现高电位而危及人身安全。

(2) 在原边接通电源时,副边电路不得开路。如需取下电流表,要先将副边短路,这和普通变压器不一样。因为它的原绕组和负载串联,其中的电流不是决定于副边电流而是决定于负载的大小。副边开路时,副绕组中的电流立即消失,但原绕组中的电流不变,这时铁心内的磁通全由原边产生,磁通较大(因此时由副边产生的磁通为零,不能与原边产生的磁通抵消),将使铁耗大大增加,铁心将迅速发热甚至烧毁绝缘。此外,还使副绕组的感应电势高到危险的程度,在副边断开处出现千伏以上的高电压,对人身安全威胁极大。

(3) 原绕组所接入的被测电路的电网电压不得超过其额定电压等级。

# 任务二 变压器检修作业

## 一、变压器的技术标准

(1) 变压器输入额定电压空载时,其二次端子电压的误差不大于端子额定电压值的  $\pm 5\%$ ;容量为  $30 \sim 100 \text{ V} \cdot \text{A}$  (包括  $100 \text{ V} \cdot \text{A}$ ) 的变压器满负载时,其二次端子电压不得小于端子额定电压值的  $85\%$ ;容量大于  $100 \text{ V} \cdot \text{A}$  的变压器满负载时,其二次端子电压不得小于端子额定电压值的  $90\%$ 。

(2) 各种变压器的绝缘电阻不小于  $20 \text{ M}\Omega$ ,现场使用中的不小于  $5 \text{ M}\Omega$ 。

(3) 变压器元件长期在额定负载下工作,当环境温度在  $40^\circ\text{C}$  以下时,温升不得超过  $60^\circ\text{C}$ 。

## 二、变压器检修作业程序和内容

准备工作如下:

(1) 准备好以下检修工具及材料:活口扳手、套筒扳手、电烙铁、上光蜡、套管。



- (2) 取出相应变压器卡片。
- (3) 外部清扫检查。
- (4) 清扫外部的尘土污物。
- (5) 检查端子板。
- (6) 检查线圈引线。
- (7) 检查底座。
- (8) 检修前测试。
- (9) 测空载满载特性。
- (10) 测试各部绝缘电阻。
- (11) 填写测试卡片。
- (12) 检查整修。
- (13) 用钢刷打磨铁心和底座。
- (14) 检查端子。
- (15) 检修后测试。
- (16) 测试内容同检修前。

## 任务三 变压器的维修

### 一、运行前检查内容

- (1) 检查变压器的额定电压和容量是否符合要求。
- (2) 检查变压器内外是否清洁,各部螺丝是否完好,安装是否牢固,硅钢片是否夹紧。
- (3) 检查分接头调压板是否安装牢固,分接头的选定是否与所需电压相适应。
- (4) 检查高、低压绕组接线是否正确,引线有无破裂或断股情况,绝缘是否包扎完好。
- (5) 用 1 000 V 兆欧表测量绕组间及对地绝缘电阻。如线圈受潮,应进行干燥处理。
- (6) 检查变压器接地线是否联接完好。
- (7) 检查变压器的断路器是否符合要求。

### 二、运行中检查内容

- (1) 变压器有无异常声音。
- (2) 各引线接头有无松动及跳火情况。
- (3) 断路器是否完好。
- (4) 变压器的温升是否超过规定标准。

### 三、电源变压器的检测

- (1) 通过观察变压器的外貌来检查其是否有明显异常现象。如线圈引线是否断裂,

脱焊,绝缘材料是否有烧焦痕迹,铁心紧固螺杆是否有松动,硅钢片有无锈蚀,绕组线圈是否有外露等。

(2) 绝缘性测试。用万用表  $R \times 10\text{ k}$  挡分别测量铁心与初级,初级与各次级、铁心与各次级、静电屏蔽层与初次级、次级各绕组间的电阻值,万用表指针均应指在无穷大位置不动。否则,说明变压器绝缘性能不良。

(3) 线圈通断的检测。将万用表置于  $R \times 1$  挡,测试中,若某个绕组的电阻值为无穷大,则说明此绕组有断路性故障。

(4) 判别初、次级线圈。电源变压器初级引脚和次级引脚一般都是分别从两侧引出的,并且初级绕组多标有  $220\text{ V}$  字样,次级绕组则标出额定电压值,如  $15\text{ V}$ 、 $24\text{ V}$ 、 $35\text{ V}$  等。再根据这些标记进行识别。

(5) 空载电流的检测。

①直接测量法。将次级所有绕组全部开路,把万用表置于交流电流挡( $500\text{ mA}$ ,串入初级绕组。当初级绕组的插头插入  $220\text{ V}$  交流市电时,万用表所指示的便是空载电流值。此值不应大于变压器满载电流的  $10\% \sim 20\%$ 。一般常见电子设备电源变压器的正常空载电流应在  $100\text{ mA}$  左右。如果超出太多,则说明变压器有短路性故障。

②间接测量法。在变压器的初级绕组中串联一个电阻,次级仍全部空载。把万用表拨至交流电压挡。加电后,测出电阻  $R$  两端的电压降  $U$ ,然后用欧姆定律算出空载电流  $I_{\text{空}}$ ,即  $I_{\text{空}} = U/R$ 。

(6) 空载电压的检测。将电源变压器的初级接  $220\text{ V}$  市电,用万用表依次测出各绕组的空载电压值( $U_{21}$ 、 $U_{22}$ 、 $U_{23}$ 、 $U_{24}$ )应符合要求值,允许误差范围一般为:高压绕组不超过  $\pm 10\%$ ,低压绕组不超过  $\pm 5\%$ ,带中心抽头的两组对称绕组的电压差应不超过  $\pm 2\%$ 。

(7) 一般小功率电源变压器允许温升为  $40^{\circ}\text{C} \sim 50^{\circ}\text{C}$ ,如果所用绝缘材料质量较好,允许温升还可提高。

(8) 检测判别各绕组的同名端。在使用电源变压器时,有时为了得到所需的次级电压,可将两个或多个次级绕组串联起来使用。采用串联法使用电源变压器时,参加串联的各绕组的同名端必须正确连接,不能搞错。否则,变压器不能正常工作。

(9) 电源变压器短路性故障的综合检测判别。电源变压器发生短路性故障后的主要症状是发热严重和次级绕组输出电压失常。通常,线圈内部匝间短路点越多,短路电流就越大,而变压器发热就越严重。检测判断电源变压器是否有短路性故障的简单方法是测量空载电流(测试方法前面已经介绍)。存在短路故障的变压器,其空载电流值将远大于满载电流的  $10\%$ 。当短路严重时,变压器在空载加电后几十秒钟之内便会迅速发热,用手触摸铁心会有烫手的感觉。此时不用测量空载电流便可断定变压器有短路点存在。

## 任务四 变压器的故障处理

(1) 变压器在正常运行时,会发出连续均匀的“嗡嗡”声。如果产生的声音不均匀或有其他特殊的响声,就应视为变压器运行不正常,并可根据声音的不同查找出故障,进



行及时处理。变压器主要有以下几个方面的故障。

电网发生过电压。电网发生单相接地或电磁共振时,变压器声音比平常尖锐。出现这种情况时,可结合电压针的指示进行综合判断。

变压器过载运行。负荷变化大,又因谐波作用,变压器内瞬间发出“哇哇”声或“咯咯”的间歇声,监视测量仪表指针发生摆动,且音调高、音量大。

变压器夹件或螺丝钉松动、声音比平常大且有明显的杂音,但电流、电压又无明显异常时,则可能是内部夹件或压紧铁心的螺丝钉松动,导致硅钢片振动增大。

变压器局部放电。若变压器的跌落式熔断器或分接开关接触不良时,有“吱吱”的放电声;若变压器的变压套管脏污,表面釉质脱落或有裂纹存在,可听到“嘶嘶”声;若变压器内部局部放电或电接不良,则会发出“吱吱”或“噼啪”声,而这种声音随离故障的远近而变化,这时,应对变压器马上进行停用检测。

变压器绕组发生短路。声音中夹杂着水沸腾声,且温度急剧变化,油位升高,则应判断为变压器绕组发生短路故障,严重时会有巨大轰鸣声,随后可能起火。这时,应立即停用变压器进行检查。

变压器外壳闪络放电。当变压器绕组高压引起出线相互间或它们对外壳闪络放电时,会出现此声。这时,应对变压器进行停用检查。

(2) 在正常的负荷和冷却条件下,变压器过热、冒烟和局部发生弧光。原因有:铁心穿通、螺栓绝缘损坏、铁心硅钢片间绝缘损坏、高低压绕组间短路、匝间短路、引出线混线及过负荷等。

(3) 变压器断路器脱扣,应先检查变压器本身有无短路等异常情况,再查找外部故障,待故障排除后,再投入运行。

## 复习思考题

1. 什么是变压器?
2. 变压器在信号中应用在哪些方面?
3. 三相变压器绕组连接的方法有哪些?
4. 什么是电流互感器?为什么要采用电流互感器?
5. 变压器的技术标准是什么?
6. 变压器检修作业的程序和内容是什么?
7. 变压器的故障有哪些?应如何处理?