

研  
究  
开  
发

# HXD1B 机车辅助变流系统中 高阻抗变压器的变压比设计

黄细友<sup>1</sup>, 陈湘令<sup>2</sup>, 龙谷宗<sup>1</sup>

(1. 南车株洲电机有限公司, 湖南 株洲 412001;

2. 湖南铁道职业技术学院, 湖南 株洲 412001)



作者简介: 黄细友(1965-), 男, 高级工程师, 现从事机车变压器产品开发工作。

**摘要** : 简述了HXD1B机车辅助变压器的特殊结构, 对辅助变压器的工作原理、空载运行特点及变压比计算进行了理论分析, 结合具体计算过程说明了辅助变压器计算中应注意的问题, 总结了HXD1B机车辅助变压器的设计经验和实验数据。

**关键词**: 辅助变流供电系统; 辅助变压器; 磁集成技术; 高阻抗电压; 高空载电流; 空载运行; 变压比; HXD1B机车

中图分类号: U264.2\*23; TM426 文献标识码: A 文章编号: 1000-128X(2010)03-0005-04

## Design on Transformation Ratio of Transformer with High-impedance for Auxiliary Converter System in HXD1B Locomotive

HUANG Xi-you<sup>1</sup>, CHEN Xiang-ling<sup>2</sup>, LONG Gu-zong<sup>1</sup>

(1. CSR Zhuzhou Electric Co., Ltd, Zhuzhou, Hunan 412001, China;

2. Hunan Railway Professional Technology College, Zhuzhou, Hunan 412001, China)

**Abstract**: This paper briefly introduced the specific structure of the transformer with high-impedance for auxiliary converter system in HXD1B electric locomotive. The theory analysis about principles, no-load operation, and transformation ratio of the auxiliary transformer were presented. Combining the practical calculation process, the problems should be pay attention about the auxiliary transformer. The experience and test data are summarized.

**Key words**: auxiliary converter power system; auxiliary transformer; magnetic-integration techniques; high-impedance voltage; high no-load current; no-load operation; transformation ratio; HXD1B locomotive

### 0 引言

南车株洲电力机车有限公司自主设计的HXD1B六轴交流传动电力机车采用三相异步电动机驱动, 该车辅助供电电路的供电模式采用西门子系机车模式<sup>[4]</sup>, 主变流器的中间直流环节为辅助变流器提供电源, 中间直流环节的直流电压为3 700 V, 辅助变流器输出三相1 672 V/60 Hz电压, 再采用三相干式变压器将辅助逆变器的输出电压变换到机车辅助系统设备的电压要求值440 V。该三相干式变压器被称为机车的辅助变压器。

HXD1B六轴交流传动电力机车辅助供电系统框图如图1。

机车牵引变流器内部设置有2个完全独立的辅助

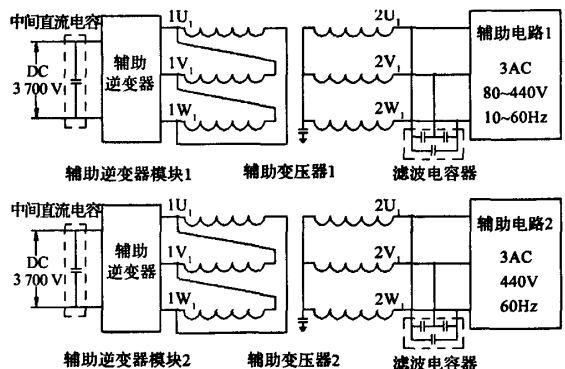


图1 HXD1B六轴交流传动电力机车辅助供电系统框图

逆变器(PWMI)模块1和模块2将3 700 V的直流电压分别转换为变频、变压和恒频、恒压的三相交流电压, 分别

收稿日期: 2009-11-27

为2台辅助变压器1、2供电,辅助变压器1将变频、变压的三相交流电压变换为三相80~440 V/10~60 Hz的电压供给机车的各类通风机电机;辅助变压器2将恒频、恒压的三相交流电压变换为三相440 V/60 Hz的电压供给机车的空气压缩机电机、油泵电机和空调电机<sup>[4]</sup>。

南车株洲电机股份有限公司2008年开始自主研发该型机车辅助变流供电系统中使用的辅助变压器,2009年实现批量生产。笔者结合HXD1B六轴交流传动电力机车辅助供电系统中辅助变压器的特殊结构,对辅助变压器的工作原理、空载运行特点及变压比计算进行了分析,总结了HXD1B六轴交流传动电力机车辅助变压器的设计经验和试验数据。

## 1 电力机车辅助变压器工作原理及特点

### 1.1 辅助变压器电气参数特点

HXD1B电力机车辅助供电系统中辅助变压器主要技术参数如下:

额定容量	300 kVA
相数	3相
额定频率	60 Hz
联结组别	Dyn5
变压器变压比	3.8
阻抗电压	40.5%
漏电感(折算到一次侧)	28 mH
空载电流	9%~13%

二次侧的输出电压/频率特性如图2。

可以看出辅助变压器的电气参数具有下列2个特点:

#### ①高阻抗电压

HXD1B机车辅助变压器的阻抗电压为40.5%,折算到一次侧的漏电感为28 mH,与3 kV级同等容量干式电力变压器4%的标准阻抗电压值<sup>[6]</sup>相比,其阻抗电压值大大高于常值。

#### ②高空载电流

在一般的变压器中,空载电流一般小于2%<sup>[6]</sup>,空载电流在变压器一次绕组上产生的电压降很小,工程计算中可以忽略<sup>[1]</sup>。但HXD1B电力机车辅助系统中变压器的额定容量为300 kVA,空载电流却要求为9%~13%,从变压器的一次侧计算,其空载电流为9.9~14.3 A,大大高于一般变压器空载电流的百分值。

因为该辅助变压器的空载电流和阻抗电压不同于常值,使得该辅助变压器的结构、空载运行、变压比设计具有不同的特点。

### 1.2 辅助变压器结构特点

在HXD1B六轴交流传动电力机车辅助供电系统框

图中,辅助变压器连接于辅助IGBT逆变器之后,由于IGBT逆变器的输出电压和电流为一脉宽调制波,含有丰富的高次谐波分量。为改善电源质量,需在机车辅助供电系统中设置滤波环节将谐波电流分流,减少系统中电流的波形畸变。

HXD1B六轴交流传动电力机车辅助供电系统利用辅助变压器的电感与后续的电容器一起组成正弦波滤波器,从而可以不再另外设置单独的滤波电抗器。同时将变压器和电抗器集成在一起组成磁集成变压器的磁集成技术来实现高阻抗,所谓磁集成技术就是将2个或多个分立磁件制作成一体,从结构上集中在一起<sup>[2]</sup>。辅助变压器绕组和铁心截面结构示意图如图3。

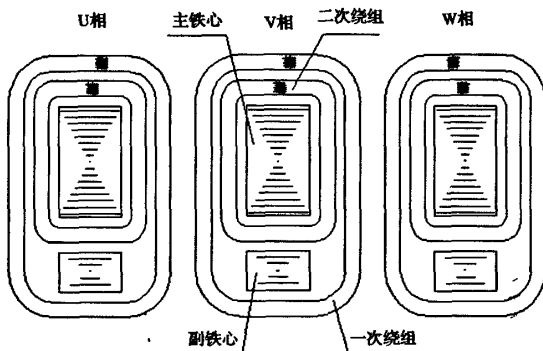


图3 HXD1B机车辅助变压器绕组和铁心截面结构示意图

如图3所示,每相的主铁心和副铁心被组合使用,变压器的一次绕组绕在主、副铁心上,二次绕组仅绕在主铁心上,使变压器的漏感集中在一次侧,通过改变副铁心中的气隙和叠厚可精确设计漏感的大小。

同时为避免高次谐波在主铁心中产生过高的涡流损耗,辅助变压器的主铁心中设置一个气隙,抑制高次谐波的不利影响。

辅助变压器的电气原理等效为铁心电抗器和变压器的组合,同时电抗器的电感主要集中在变压器的一次侧,辅助变压器实质上是一次侧带高电感的变压器,而二次侧仅为二次绕组的漏磁电感,其值很小。

### 1.3 辅助变压器空载运行特点

辅助变压器单相空载运行示意图如图4。

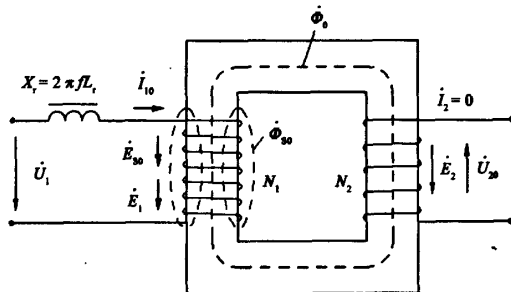


图4 辅助变压器单相空载运行

图中:

$\phi_0$ ——流经铁心中的主磁通幅值;

$N_1$ 、 $N_2$ ——一次绕组和二次绕组的匝数;

$\dot{E}_1=4.44fN_1\dot{\Phi}_0$ ——一次绕组中产生的感应电势;

$\dot{E}_2=4.44fN_2\dot{\Phi}_0$ ——二次绕组中产生的感应电势;

$\dot{\Phi}_{s0}$ ——一次绕组的空载漏磁通;

$\dot{E}_{s0}$ ——一次绕组的空载漏磁感应电势;

$\dot{U}_1$ ——一次绕组外加电压;

$\dot{U}_{20}=\dot{E}_2$ ——二次绕组的空载电压;

$\dot{I}_{10}$ ——流过一次绕组的空载电流;

$L_r$ ——变压器一次绕组的集成高电感;

$X_r=2\pi fL_r$ ——变压器一次绕组的集成高电抗。

变压器空载运行时, 大部分磁通在铁心中流通,

在铁心中建立交变主磁通 $\dot{\Phi}_0$ , 还有一小部分分散的漏磁通 $\dot{\Phi}_{s0}$ , 主要沿一次绕组周围的非磁性介质构成的磁路闭合, 仅与一次绕组交链, 称为一次绕组的漏磁通, 在一次绕组内产生感应电势 $\dot{E}_{s0}$ , 只起电压降的作用, 可用 $-j\dot{I}_{10}X_{10}$ 来替代<sup>[1]</sup>。

与一般变压器相比, 辅助变压器在一次绕组中集成有高电抗, 空载电流流过一次绕组的高电抗时, 同样产生电压降 $-j\dot{I}_{10}X_r$ , 故辅助变压器空载时一次绕组的电压方程式为:

$$\begin{aligned} \dot{U}_1 &= -\left(\dot{E}_1 + \dot{E}_{s0}\right) + \dot{I}_{10}R_1 + j\dot{I}_{10}X_r = \\ & -\dot{E}_1 + \dot{I}_{10}R_1 + j\dot{I}_{10}(X_{10} + X_r) = -\dot{E}_1 + \dot{I}_{10}Z_{10} \quad (1) \end{aligned}$$

式中:  $Z_{10} = R_1 + j(X_{10} + X_r)$  为空载时一次绕组的阻抗,  $R_1$  为一次绕组的直流电阻。

在一般变压器中, 空载励磁电流 $\dot{I}_{10}$ 较小, 空载时一次绕组的阻抗 $Z_{10} = R_1 + jX_{10}$ , 其值比较小, 故 $\dot{I}_{10}Z_{10}$ 可以忽略不计<sup>[1]</sup>,  $\dot{U}_1 \approx -\dot{E}_1$ 。于是单相变压器的电压比<sup>[1]</sup>:

$$K = \frac{U_1}{U_{20}} \approx \frac{E_1}{E_2} = \frac{N_1}{N_2} \quad (2)$$

在三相变压器中, 因变压器的变压比定义为变压器空载运行时的一、二次侧线电压比, 故不同接线方式的三相变压器, 其变压比与匝数比有不同的关系, D/y 接线的三相变压器, 其变压比为<sup>[3]</sup>:

$$K = \frac{U_1}{U_{20}} \approx \frac{E_1}{\sqrt{3}E_2} = \frac{N_1}{\sqrt{3}N_2} \quad (3)$$

HXD1B 六轴交流传动电力机车辅助变压器采用磁集成技术使一次侧具有高阻抗, 同时空载电流也较大,  $\dot{I}_{10}Z_{10}$ 不能忽略,  $\dot{U}_1$ 与 $-\dot{E}_1$ 相差较大, 这样辅助变压器的电压比不再符合计算公式式(3)。

## 2 辅助变压器电压比设计

变压器铁心中的主磁通 $\dot{\Phi}_0$ 的相位超前感应电动势 $\dot{E}_1$ 以 $90^\circ$ 相角; 同时由于铁心损耗的影响, 空载电流 $\dot{I}_{10}$ 由磁化电流 $\dot{I}_\mu$ 和铁耗电流 $\dot{I}_{Fe}$ 合成, 空载电流 $\dot{I}_{10}$ 的相位角超前于主磁通 $\dot{\Phi}_0$ 铁耗角 $\alpha_{Fe}$ <sup>[1]</sup>。再结合式(1)可得辅助变压器空载相量图如图5。

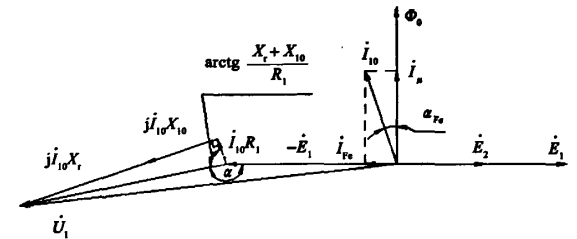


图5 辅助变压器空载相量图

从图5可以看出,  $|U_1|$ 与 $|E_1|$ 差距较大, 如果按照通常的设计方法采用 $|U_1|$ 进行一次绕组的匝数计算, 由于感应电势 $|E_1| = 4.44fN_1|\Phi_0|$ , 这样最终得到的 $|U_1|$ 将大于设计值, 测得的变压比将超出设计值。为了消除一次绕组中空载电流及电抗产生的电压降 $\dot{I}_{10}Z_{10}$ 带来的匝数计算差别, 必须根据变压器的具体参数, 利用图5所示的空载相量图, 计算出 $|E_1|$ 的值, 再采用 $|E_1|$ 计算一次绕组的匝数, 最后计算变压比。

由图5的空载相量图可得:

$$|I_{10}Z_{10}| = \sqrt{|I_{10}R_1|^2 + |I_{10}(X_{10} + X_r)|^2} \quad (4)$$

$$\alpha = 360^\circ - \arctg \frac{X_{10} + X_r}{R_1} - (90^\circ + \alpha_{Fe}) =$$

$$270^\circ - \arctg \frac{X_{10} + X_r}{R_1} - \alpha_{Fe} \quad (5)$$

在实际的变压器中, 空载电流 $\dot{I}_{10}$ 主要是磁化电流 $\dot{I}_\mu$ , 铁耗电流 $\dot{I}_{Fe}$ 所占的比例很小, 在工程计算中可以忽略铁心损耗的影响<sup>[1]</sup>, 故铁耗角 $\alpha_{Fe} \approx 0^\circ$ 。

根据余弦定理可得:

$$|U_1|^2 = |I_{10}Z_{10}|^2 + |E_1|^2 - 2|I_{10}Z_{10}||E_1|\cos\alpha \quad (6)$$

解方程式(6)可得:

$$|E_1| = |I_{10}Z_{10}|\cos\alpha \pm \sqrt{|I_{10}Z_{10}|^2 \cos^2\alpha - |I_{10}Z_{10}|^2 + |U_1|^2} \quad (7)$$

因 $\alpha \geq 90^\circ$ , 且 $|E_1|$ 小于 $|U_1|$ , 所以

$$|E_1| = |I_{10}Z_{10}|\cos\alpha + \sqrt{|I_{10}Z_{10}|^2 \cos^2\alpha - |I_{10}Z_{10}|^2 + |U_1|^2} \quad (8)$$

又由于 $R_1$ 远小于 $X_{10} + X_r$ , 故 $\arctg \frac{X_{10} + X_r}{R_1} \approx 90^\circ$ 。

这样简化后 $\alpha \approx 180^\circ$ , 将 $\cos\alpha \approx \cos 180^\circ = -1$ 代入式(8)可得:

$$|E_1| = |U_1| - |I_{10}Z_{10}| \quad (9)$$

进一步忽略  $R_1$  的影响, 可简化得:

$$|E_1| = |U_1| - |I_{10}(X_{10} + X_r)| \quad (10)$$

实际上, 一次绕组的漏磁电抗  $X_{10}$  也远小于  $X_r^{[1]}$ , 计算中可进一步简化。

$$|E_1| = |U_1| - |I_{10}X_r| \quad (11)$$

按式(10)或式(11)计算  $|E_1|$  的值, 根据确定的变压器绕组匝电压  $e_1$ , 即可计算出一、二次绕组的匝数

$$N_1 = \frac{|E_1|}{e_1}, N_2 = \frac{|E_2|}{e_1} = \frac{|U_{20}|}{e_1}.$$

最后结合辅助变压器的联结组别 Dyn5, 辅助变压器的变压比为:

$$K = \frac{|U_1|}{|U_{20}|} = \frac{|E_1| + |I_{10}(X_{10} + X_r)|}{\sqrt{3}|E_2|} = \frac{N_1 e_1 + |I_{10}(X_{10} + X_r)|}{\sqrt{3}N_2 e_1} \quad (12)$$

$$\text{或: } K = \frac{|U_1|}{|U_{20}|} = \frac{|E_1| + |I_{10}X_r|}{\sqrt{3}|E_2|} = \frac{N_1 e_1 + |I_{10}X_r|}{\sqrt{3}N_2 e_1} \quad (13)$$

### 3 电压比计算实例

下面以HXD1B六轴交流传动电力机车辅助变压器的变压比设计为例, 说明计算过程及应注意的问题。

#### 3.1 绕组匝数计算

HXD1B六轴交流传动电力机车辅助变压器电气参数要求如本文1.1所示, 初步设计后, 在额定频率60 Hz时, 确定匝电压  $e_1 = 6.35$  V/匝, 计算得到一次侧空载线电流  $I_{10L} = 10.5$  A, 因一次侧为D接, 则一次侧空载相电流  $I_{10} = I_{10L} / \sqrt{3} \approx 6.06$  A。

在电源频率50 Hz情况下, 根据辅助变压器二次侧电压/频率特性曲线, 匝电压  $e_1' = 5.77$  V/匝, 铁心中磁密将变大, 计算得到一次侧空载线电流  $I_{10L}' = 12.5$  A, 一次侧空载相电流  $I_{10}' = I_{10L}' / \sqrt{3} \approx 7.22$  A。

频率为60 Hz时, 绕组匝数计算如下:

折算到一次侧的电抗为:

$$X_1 = X_{10} + X_r = 2\pi f L_\sigma = 2\pi \times 60 \times 28 \times 10^{-3} = 10.55 \Omega$$

一次绕组的匝数:

$$N_1 = \frac{|E_1|}{e_1} = \frac{|U_1| - |I_{10}(X_{10} + X_r)|}{e_1} = \frac{|3.8 \times 440| - |6.06 \times 10.55|}{6.35} = 253.2$$

二次绕组的匝数:

$$N_2 = \frac{|U_{20}|}{e_1} = \frac{440 / \sqrt{3}}{6.35} = 40$$

频率为50 Hz时, 绕组匝数计算如下:

因电感与绕组匝数的平方和磁路的磁导成正比<sup>[1]</sup>, 频率由60 Hz变化到50 Hz时, 变压器主铁心中的磁密虽有所升高, 但仍在硅钢片的饱和值以下, 一次线圈的

漏电感和集成电感基本没有变化, 故50 Hz时折算到一次侧的电抗为:

$$X_1' = X_{10}' + X_r' = 2\pi f L_\sigma = 2\pi \times 50 \times 28 \times 10^{-3} = 8.792 \Omega$$

一次绕组的匝数:

$$N_1 = \frac{|E_1'|}{e_1'} = \frac{|U_1| - |I_{10}'(X_{10}' + X_r')|}{e_1'} = \frac{|3.8 \times 400| - |7.22 \times 8.792|}{5.77} \approx 252.4$$

二次绕组的匝数:

$$N_2 = \frac{|U_{20}'|}{e_1'} = \frac{400 / \sqrt{3}}{5.77} \approx 40$$

#### 3.2 电压比计算及分析

根据3.1的计算, 可以取定辅助变压器一次绕组的匝数为253匝, 二次绕组的匝数为40匝。

频率为60 Hz的情况下, 辅助变压器的变压比按式(12)计算为:

$$K \approx \frac{N_1 e_1 + |I_{10}(X_{10} + X_r)|}{\sqrt{3}N_2 e_1} = \frac{253 \times 6.35 + 6.06 \times 10.55}{\sqrt{3} \times 40 \times 6.35} = 3.797$$

频率为50 Hz的情况下, 辅助变压器的变压比按式(12)计算为:

$$K \approx \frac{N_1' e_1' + |I_{10}'(X_{10}' + X_r')|}{\sqrt{3}N_2 e_1'} = \frac{253 \times 5.77 + 7.22 \times 8.792}{\sqrt{3} \times 40 \times 5.77} = 3.81$$

计算结果表明, 不管是采用60 Hz还是采用50 Hz情况下的数据计算, 得到的变压比数据都相近。

如果按一般变压器的计算方法, 采用辅助变压器一、二次侧的感应电势之比计算变压比, 则其值为:

$$\frac{N_1 e_1}{\sqrt{3}N_2 e_1} = \frac{N_1}{\sqrt{3}N_2} = \frac{253}{\sqrt{3} \times 40} = 3.652$$

其设计误差为  $[(3.652 - 3.8) / 3.8] \times 100\% \approx -3.89\%$ , 大大超出了  $\pm 0.5\%$  的标准要求<sup>[3]</sup>。

从式(12)、(13)可以看出, 一次侧空载相电流  $I_{10}$  和一次绕组的集成高电抗  $X_1$  直接决定变压比的计算精度, 如果这2个参数不符合设计值, 不能保证  $|I_{10}(X_{10} + X_r)|$  大致相近, 最终测得的变压比将超出设计值。

HXD1B六轴交流传动电力机车辅助变压器主铁心中设置有气隙, 通过调整主铁心中的气隙厚度, 可以使一次侧空载相电流  $I_{10}$  较精确地符合计算值, 同时又可通过改变副铁心中的气隙厚度来调整电抗  $X_1$  的大小, 使之准确地符合计算值, 采取这2个措施可以纠正制造过程中空载相电流  $I_{10}$  和集成高电抗  $X_1$  出现的误差, 最终确保变压比的准确度。

### 4 试验结果验证

HXD1B六轴交流传动电力机车辅助变压器一、二次绕组的匝数按上述计算结果制造及试制过程中, 采

(下转第12页)

通过RS485通信交换数据。

9) 保证微机控制系统的散热

机车(动车)在马来西亚运行时车内温度高及湿度很大,在装置内装有3个由DC 110 V驱动的风机,对微机箱内所有插件进行上下对流的强迫风冷,以保证良好的散热效果;在风扇冷却盒正面为3个风扇设置了3个状态指示灯及保险管,用于监视风扇是否正常工作。

6 结语

2010年1月,出口马来西亚机车及动车组在马来西亚沙巴州铁路公司完成验收交车工作,运行情况良好。该系统采用了成熟可靠的LCS32微机控制装置,实现了对卡特柴油机的通信及调速,同时为了提高可靠性增

加了故障调速及故障励磁、机车救援动车组的功能,还实现了机车与机车、动车组与动车组的重联通信控制功能。通过在马来西亚实际运行考核,各项指标均达到要求。

参考文献:

[1] 戚墅堰机车车辆厂. 东风<sub>8B</sub>型内燃机车[M]. 北京, 中国铁道出版社, 1999.  
 [2] 白伟强. 180 km/h内燃动车组微机控制系统[J]. 机车电传动, 2000(3).  
 [3] 何良. 加装LCU的DF<sub>8B</sub>型机车微机控制系统软件设计[J]. 机车电传动, 2005(4).  
 [4] 孟卡发. 出口巴西车SDD8内燃机车电气系统的优化设计[J]. 机车电传动, 2007(5).

(上接第8页)

用频率为50 Hz的电源对变压器的参数进行了测试。空载试验一次侧施加1 393 V的交流电压,负载试验时一次侧施加110 A的交流电压,变压比测量采用QJ-35型变压比电桥,测试结果如表1。

表1 HX<sub>0</sub>1B六轴交流传动电力机车辅助变压器参数调整测试结果

产品状态		一次侧空载相电流/A			一次侧漏电感 $L_0$ /mH	变压比		
主铁心 气隙厚度	副铁心 气隙厚度	$I_{10U}$	$I_{10V}$	$I_{10W}$	$\frac{1U_1 1V_1}{2U_1 2V_1}$	$\frac{1V_1 1W_1}{2V_1 2W_1}$	$\frac{1W_1 1U_1}{2W_1 2U_1}$	
设计值	设计值	11.84	12.37	12.37	25.52	3.784 0	3.782 1	3.782 7
增加0.5mm	减少2.0mm	13.95	13.42	13.68	26.32	3.808 2	3.807 6	3.808 5
设计值	减少4.0mm	12.50	12.53	12.34	27.60	3.799 4	3.793 5	3.797 4

从测试结果看出,辅助变压器主铁心气隙厚度维持在设计值、副铁心气隙厚度减少4 mm,测得的一次侧空载相电流、一次侧漏电感和变压比均较好地符合计算值。

HX<sub>0</sub>1B六轴交流传动电力机车辅助变压器主、副铁心按上述措施调整并制造完成后,在沈阳国家变压器质量监督检验中心进行了型式试验,型式试验中仍然使用频率为50 Hz的试验电源,有关一次侧空载相电流、一次侧漏电感、变压比的试验结果如表2。

表2 HX<sub>0</sub>1B六轴交流传动电力机车辅助变压器型式试验结果

一次侧空载相电流/A	一次侧漏电感 $L_0$ /mH	变压比		
$(I_{10U}+I_{10V}+I_{10W})/3$		$\frac{1U_1 1V_1}{2U_1 2V_1}$	$\frac{1V_1 1W_1}{2V_1 2W_1}$	$\frac{1W_1 1U_1}{2W_1 2U_1}$
11.8	28.1	3.794 7	3.800 8	3.797 7

试验结果表明,辅助变压器的一次侧空载相电流

$I_{10}$ 、一次侧漏电感 $L_0$ 、变压比 $K$ 均符合设计值,其偏差均在国标允许的误差范围内。

实际上,只要制成产品的参数能保证 $|I_{10}(X_{10}+X_r)|$ 大致相等,即使 $I_{10}$ 、 $L_0$ 与计算值存在一定的偏差,测得的变压比 $K$ 就一定会符合设计值。

5 结论

①具有高空载电流和高阻抗电压的变压器,变压比的设计计算必须消除高空载电流和高阻抗电压带来的影响。

②高空载电流变压器的一次绕组匝数不能直接采用一次空载电压 $|U_1|$ 计算,而是忽略铁心损耗的影响,采用一次侧

感应电势 $|E_1| = |U_1| - |I_{10}(X_{10} + X_r)|$ 计算一次绕组的匝数,其计算误差在工程计算中可以接受。

③一般来说,空载电流必然会使变压器的变压比产生误差,空载电流大于某个极限值,产生的变压比误差将超出标准规定的要求,高空载电流的变压器设计匝数比时,必须考虑消除空载电流带来的误差。

参考文献:

[1] 汤蕴缪. 电机学[M]. 北京: 机械工业出版社, 2000.  
 [2] 陈乾宏. 开关电源中磁集成技术及其应用[J]. 电工技术学报, 2004(3).  
 [3] 李建国, 朱康. 高压电气设备试验方法[M]. 北京: 中国电力出版社, 2001.  
 [4] 苑丰彪, 杨君. 高速动车组辅助供电系统[J]. 机车电传动, 2009(1).  
 [5] IEC60310:2004. 机车车辆变压器和电抗器[S].  
 [6] GB/T10288:1997. 干式电力变压器技术参数和要求[S].

# HXD1B机车辅助变流系统中高阻抗变压器的变压比设计

作者: [黄细友](#), [陈湘令](#), [龙谷宗](#)  
作者单位: [黄细友, 龙谷宗\(南车株洲电机有限公司, 湖南, 株洲, 412001\)](#), [陈湘令\(湖南铁道职业技术学院, 湖南, 株洲, 412001\)](#)  
刊名: [机车电传动](#)   
英文刊名: [ELECTRIC DRIVE FOR LOCOMOTIVES](#)  
年, 卷(期): 2010(3)

## 参考文献(6条)

1. IEC 60310:2004, 机车车辆变压器和电抗器
2. 苑丰彪;杨君 [高速动车组辅助供电系统](#)[期刊论文]-[机车电传动](#) 2009(01)
3. 李建明;朱康 [高压电气设备试验方法](#) 2001
4. 陈乾宏 [开关电源中磁集成技术及其应用](#)[期刊论文]-[电工技术学报](#) 2004(03)
5. 汤蕴缪 [电机学](#) 2000
6. GB/T 10288:1997, 干式电力变压器技术参数和要求

## 本文读者也读过(10条)

1. [刘强](#), [朱建伟](#), [LIU Qiang](#), [ZHU Jian-wei](#) [HXD3型机车变压器真空干燥工艺过程分析](#)[期刊论文]-[内燃机车](#)2011(3)
2. [动态消息](#)[期刊论文]-[机车电传动](#)2010(3)
3. [蒋铁桥](#) [降低机车变压器铁心空载损耗的探讨](#)[期刊论文]-[电力机车与城轨车辆](#)2003, 26(3)
4. [翟启斌](#) [HXD1B型电力机车故障分析与对策](#)[期刊论文]-[机车电传动](#)2010(3)
5. [钟福兵](#), [黄细友](#), [龙谷宗](#), [陈湘令](#), [ZHONG Fu-bing](#), [HUANG Xi-you](#), [LONG Gu-zong](#), [CHEN Xiang-ling](#) [轨道牵引辅助变流系统中变压器绝缘强度的研究](#)[期刊论文]-[机车电传动](#)2008(1)
6. [廖保华](#), [钟福兵](#), [黄细友](#), [LIAO Bao-hua](#), [ZHONG Fu-bing](#), [HUANG Xi-you](#) [HXD1B电力机车用300kVA辅助变压器研制](#)[期刊论文]-[机车电传动](#)2011(4)
7. [陈斗](#), [CHEN Dou](#) [变压器结构强度及模态分析](#)[期刊论文]-[黑龙江电力](#)2011, 33(1)
8. [任建华](#), [Ren Jianhua](#) [机车牵引变压器故障分析和诊断](#)[期刊论文]-[铁道机车车辆工人](#)2011(1)
9. [冯业锋](#), [咸日常](#), [尹立忠](#) [出口短路对变压器的影响及预防措施](#)[期刊论文]-[山东电力高等专科学校学报](#) 2011, 14(4)
10. [张中](#), [郭美荣](#), [徐锦春](#) [电力机车或电动车组用25 kV高压电缆总成](#)[期刊论文]-[机车电传动](#)2010(3)

本文链接: [http://d.g.wanfangdata.com.cn/Periodical\\_jcdded201003002.aspx](http://d.g.wanfangdata.com.cn/Periodical_jcdded201003002.aspx)