

第一篇 变压器

第五章 三绕组变压器、自耦变压器和 互感器

第五章 三绕组变压器、自耦变压器和互感器

本章主要内容

- 三绕组变压器基本电磁关系和等效电路
- 自耦变压器的电磁关系和容量关系
- 电流互感器与电压互感器的特点

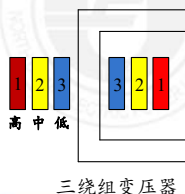
第五章 三绕组变压器、自耦变压器和互感器

§ 5.1 三绕组变压器

一、三绕组变压器简介

(1) 三绕组变压器的定义

同一铁心柱绕制三套电压等级不同 ($U_1/U_2/U_3$) 的绕组。

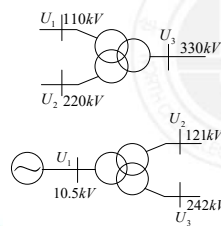


三绕组变压器

第五章 三绕组变压器、自耦变压器和互感器

(2) 三绕组变压器的作用

- ① 两个系统向一个负载供电；
- ② 电厂将电能输送到不同的电网。

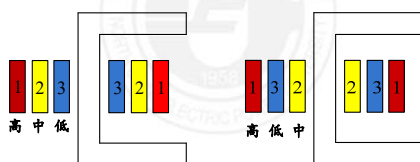


三绕组变压器实物

第五章 三绕组变压器、自耦变压器和互感器

(3) 三绕组变压器的绕组分布

- ① 为了绝缘方便，高压绕组部放在最外边；
- ② 降压变压器，中压绕组放中间，低压绕组靠近铁心柱；
- ③ 升压变压器，中压绕组靠近铁心柱，低压绕组放中间。



降压变压器

升压变压器

第五章 三绕组变压器、自耦变压器和互感器

(4) 三绕组变压器的容量和标准联结组

额定容量：指三个绕组中容量最大的一个绕组的容量。

一般三个绕组的容量配合有下列三种方式：

方式	高压绕组	中压绕组	低压绕组
1	S_N	S_N	S_N
2	S_N	$0.5S_N$	S_N
3	S_N	S_N	$0.5S_N$

注意：用标么值计算时，各绕组须采用相同的容量基值。

标准联结组 (GB1094-85)

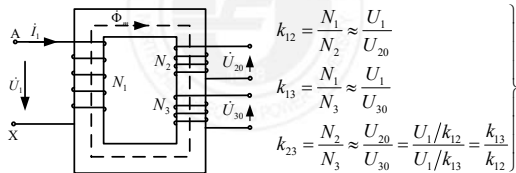
单相：1, 10, 10 三相：YN, yn0, d11 和 YN, yn0, y0

第五章 三绕组变压器、自耦变压器和互感器

二、三绕组变压器的基本方程式、等效电路和向量图

(1) 三绕组变压器的变比

变比测量方法：将三绕组变压器的1绕组接到电压为 U_1 的电源上，2、3绕组开路。

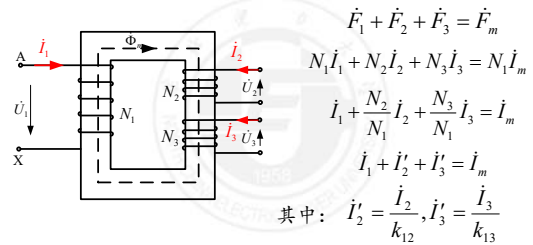


-7-

电力工程系

第五章 三绕组变压器、自耦变压器和互感器

(2) 三绕组变压器的磁动势平衡方程式



忽略激磁电流： $I_1 + I_2' + I_3' = I_m \approx 0$



-8-

电力工程系

第五章 三绕组变压器、自耦变压器和互感器

(3) 三绕组变压器的电动势平衡方程式

■ 磁场分析

磁场构成

主磁场 Φ_m
自漏磁 $\Phi_{\sigma 1}\Phi_{\sigma 2}\Phi_{\sigma 3}$
互漏磁 $\Phi_{\sigma 12}\Phi_{\sigma 13}\Phi_{\sigma 23}$

由于磁场分布的复杂性，无法像双绕组变压器的磁场简单的分解为主磁场和单纯的漏磁场。

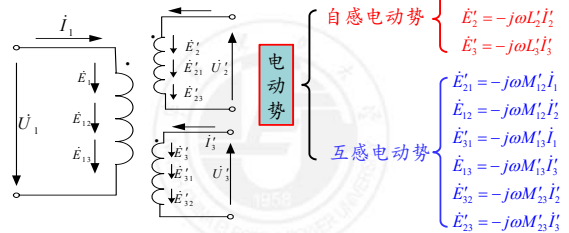
因此采用电路中的自感和互感的概念分析三绕组变压器

-9-

电力工程系

第五章 三绕组变压器、自耦变压器和互感器

■ 电动势分析



其中，自感为 $L_1 = L_m + L_{\sigma 1} + L'_{\sigma 12} + L'_{\sigma 13}$ ， $M'_{12} = L_m + L'_{\sigma 12}$ ， $L'_2 = L'_{m2} + L'_{\sigma 2} + L'_{\sigma 12} + L'_{\sigma 23}$ ，互感为 $M'_{13} = L_m + L'_{\sigma 13}$ ， $L'_3 = L'_{m3} + L'_{\sigma 3} + L'_{\sigma 13} + L'_{\sigma 23}$ ， $M'_{23} = L_m + L'_{\sigma 23}$



-10-

电力工程系

第五章 三绕组变压器、自耦变压器和互感器

根据规定正方向列写电动势方程：

$$\begin{aligned} U_1 &= I_1 r_1 - \dot{E}_1 - \dot{E}_{12} - \dot{E}_{13} \\ &= I_1 r_1 + j\omega L_1 I_1 + j\omega M'_{12} I_2' + j\omega M'_{13} I_3' \\ -U_2' &= I_2' r_2' - \dot{E}_2' - \dot{E}_{21}' - \dot{E}_{23}' \\ &= I_2' r_2' + j\omega L_2' I_2' + j\omega M'_{12} I_1 + j\omega M'_{23} I_3' \\ -U_3' &= I_3' r_3' - \dot{E}_3' - \dot{E}_{31}' - \dot{E}_{32}' \\ &= I_3' r_3' + j\omega L_3' I_3' + j\omega M'_{13} I_1 + j\omega M'_{23} I_2' \end{aligned}$$

电动势方程写成矩阵形式：

$$\begin{bmatrix} \dot{U}_1 \\ -\dot{U}_2' \\ -\dot{U}_3' \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} r_1 + j\omega L_1 & j\omega M'_{12} & j\omega M'_{13} \\ j\omega M'_{12} & r_2' + j\omega L_2' & j\omega L_{23}' \\ j\omega M'_{13} & j\omega M'_{23} & r_3' + j\omega L_3' \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \dot{I}_1 \\ \dot{I}_2' \\ \dot{I}_3' \end{bmatrix}$$



-11-

电力工程系

第五章 三绕组变压器、自耦变压器和互感器

由于 L_1 、 L_2' 、 L_3' 、 M'_{12} 、 M'_{13} 、 M'_{23} 中都包含 L_m ， L_m 是随着磁路饱和和程度变化的参数，方程为**非线性方程**。

经初等变换可得：

$$\begin{bmatrix} \dot{U}_1 - (-\dot{U}_2') \\ -\dot{U}_2' - (-\dot{U}_3') \\ \dot{U}_1 - (-\dot{U}_3') \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} r_1 + j\omega(L_1 - M'_{12}) & -[r_2' + j\omega(L_2' - M'_{12})] & j\omega(M'_{23} - M'_{13}) \\ -j\omega(M'_{12} - M'_{13}) & r_2' + j\omega(L_2' - M'_{23}) & -[r_3' + j\omega(L_3' - L'_{23})] \\ r_1 + j\omega(L_1 - M'_{13}) & -j\omega(M'_{23} - M'_{12}) & -[r_3' + j\omega(L_3' - M'_{13})] \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \dot{I}_1 \\ \dot{I}_2' \\ \dot{I}_3' \end{bmatrix}$$

从上式中还可见，任两个绕组间的压降都有第三个绕组电流产生的互感的影响。



-12-

电力工程系

第五章 三绕组变压器、自耦变压器和互感器

利用电流关系 $I_1 + I_2' + I_3' = 0$ 上式可进一步写成：

$$\begin{bmatrix} \dot{U}_1 - (-\dot{U}_2') \\ -\dot{U}_2' - (-\dot{U}_3') \\ \dot{U}_1 - (-\dot{U}_3') \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} r_1 + jx_1 & -(r_2' + jx_2') & 0 \\ 0 & (r_2' + jx_2') & -(r_3' + jx_3') \\ r_1 + jx_1 & 0 & -(r_3' + jx_3') \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \dot{I}_1 \\ \dot{I}_2' \\ \dot{I}_3' \end{bmatrix}$$

式中： $x_1 = \omega(L_1 - M_{12}' - M_{13}' + M_{23}')$

$x_2' = \omega(L_2' - M_{12}' - M_{23}' + M_{13}')$

$x_3' = \omega(L_3' - M_{13}' - M_{23}' + M_{12}')$

上式两加两减刚好消掉 L_m ，使非线性矩阵方程线性化。

特别注意： x_1, x_2', x_3' 就其本身的物理意义而言**不是漏抗**！

但是具有漏抗的**常数性**，且可实验测取。

一般称为三绕组变压器的**等效电抗**。



-13-

电力工程

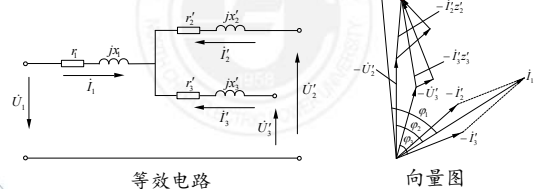
第五章 三绕组变压器、自耦变压器和互感器

(4) 三绕组变压器的等效电路和相量图

$$\dot{U}_1 + \dot{U}_2' = \dot{I}_1(r_1 + jx_1) - \dot{I}_2'(r_2' + jx_2')$$

$$\dot{U}_1 + \dot{U}_3' = \dot{I}_1(r_1 + jx_1) - \dot{I}_3'(r_3' + jx_3')$$

$$\dot{I}_1 + \dot{I}_2' + \dot{I}_3' = 0$$



-14-

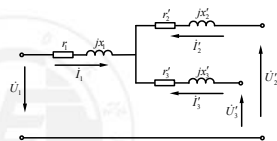
电力工程

第五章 三绕组变压器、自耦变压器和互感器

三、三绕组变压器的电压调整率和效率

电压调整率：

$$\begin{cases} \Delta U_{12} = \frac{U_{1N} - U_2'}{U_{1N}} \times 100\% \\ \Delta U_{13} = \frac{U_{1N} - U_3'}{U_{1N}} \times 100\% \end{cases}$$



ΔU_{12} 由 I_2' 和 I_3' 同时引起： $\Delta U_{12} \approx \Delta U_{12(I_2')} + \Delta U_{12(I_3')}$

$\Delta U_{12(I_2')} = \beta_2 r_{k12}^* \cos \varphi_2 + \beta_2 x_{k12}^* \sin \varphi_2$ 其中 $\begin{cases} r_{k12}^* = r_1^* + r_2^* \\ x_{k12}^* = x_1^* + x_2^* \end{cases}$ 同理可得

$\Delta U_{12(I_3')} = \beta_3 r_{k13}^* \cos \varphi_3 + \beta_3 x_{k13}^* \sin \varphi_3$

$$\text{效率: } \eta = \left(1 - \frac{p_{cu1} + p_{cu2} + p_{cu3} + p_{fe}}{P_2 + P_3 + p_{cu1} + p_{cu2} + p_{cu3} + p_{fe}}\right) \times 100\%$$



-15-

电力工程

第五章 三绕组变压器、自耦变压器和互感器

四、三绕组变压器的参数测定

参数测定需分别进行三次稳态短路试验

● 低压侧开路，中压侧短路，高压侧加电测量

$$\begin{cases} z_{k12} = \frac{U_{k12}}{I_{k12}} \\ r_{k12} = \frac{p_{k12}}{I_{k12}^2} \\ x_{k12} = \sqrt{z_{k12}^2 - r_{k12}^2} \end{cases}$$

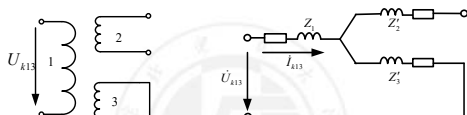


-16-

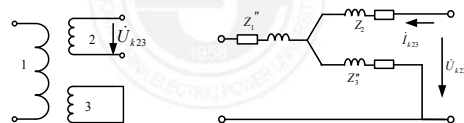
电力工程

第五章 三绕组变压器、自耦变压器和互感器

● 中压侧开路，低压侧短路，高压侧加电测量



● 高压侧开路，低压侧短路，中压侧加电测量



$$z_{k23}' = k_{12}^2 z_{k23} = k_{12}^2 (z_2 + k_{23}^2 z_3) = k_{12}^2 z_2 + k_{12}^2 \left(\frac{k_{13}}{k_{12}}\right)^2 z_3 = z_2' + z_3'$$

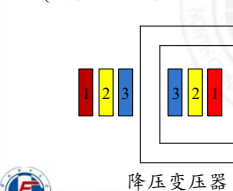


-17-

电力工程

第五章 三绕组变压器、自耦变压器和互感器

$$\begin{cases} r_{k12} = r_1 + r_2' \\ r_{k13} = r_1 + r_3' \\ r_{k23}' = r_2' + r_3' \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} r_1 = \frac{1}{2}(r_{k12} + r_{k13} - r_{k23}') \\ r_2' = \frac{1}{2}(r_{k12} + r_{k23}' - r_{k13}) \\ r_3' = \frac{1}{2}(r_{k13} + r_{k23}' - r_{k12}) \end{cases}$$



降压变压器

短路电抗参数大小与三绕组位置相关，表示偶绕组间的真实漏电抗。
 $x_{k13} > x_{k12} > x_{k23}'$ (降压变)
但 x_2' 可能出现接近于零或微负值。



-18-

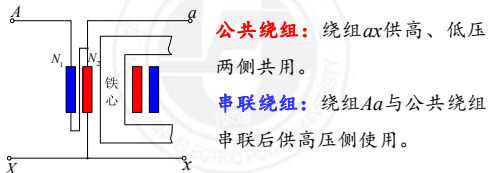
电力工程

第五章 三绕组变压器、自耦变压器和互感器

§5.2 自耦变压器

一、自耦变压器简介

自耦变压器可以由一台双绕组变压器演变而来。



自耦变压器特点: 原、副绕组之间不仅有磁的联系而且还有电路上的直接联系。



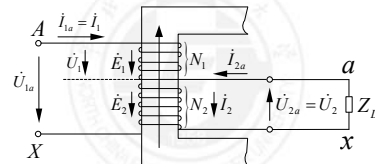
-19-

电力工程系

第五章 三绕组变压器、自耦变压器和互感器

二、自耦变压器的基本方程式、等效电路和相量图

(1) 自耦变压器的变比



$$k_a = \frac{E_1 + E_2}{E_2} = \frac{N_1 + N_2}{N_2} = k + 1$$



-20-

电力工程系

第五章 三绕组变压器、自耦变压器和互感器

(2) 自耦变压器的磁动势平衡及电流关系

$$\begin{cases} \dot{F}_m = \dot{I}_{1a} N_1 + \dot{I}_2 N_2 = \dot{I}_m (N_1 + N_2) \\ \dot{I}_{1a} + \dot{I}_{2a} = \dot{I}_2 \end{cases}$$

得: $\dot{I}_{1a} (N_1 + N_2) + \dot{I}_{2a} N_2 = \dot{I}_m (N_1 + N_2)$

两边都除以 $N_1 + N_2$, 得: $\dot{I}_{1a} + \dot{I}'_{2a} = \dot{I}_m$

其中, $\dot{I}'_{2a} = \frac{N_2}{N_1 + N_2} \dot{I}_{2a} = \frac{1}{k_a} \dot{I}_{2a}$ 为自耦变压器副边电流归算值。

$$\text{若忽略 } \dot{I}_m, \text{ 则: } \dot{I}_{1a} + \dot{I}'_{2a} = 0 \Rightarrow \dot{I}_{1a} = -\dot{I}'_{2a} = -\frac{\dot{I}_{2a}}{k_a}$$

$$\therefore \dot{I}_2 = \dot{I}_{1a} + \dot{I}_{2a} = \dot{I}_{1a} + (-k_a \dot{I}_{1a}) = \dot{I}_{1a} (1 - k_a) = -\frac{\dot{I}_{2a}}{k_a} + \dot{I}_{2a} = \dot{I}_{2a} \left(1 - \frac{1}{k_a} \right)$$



-21-

电力工程系

第五章 三绕组变压器、自耦变压器和互感器

(3) 自耦变压器的电压平衡

$$\begin{aligned} \text{副边 } \dot{U}_{2a} &= \dot{E}_2 - \dot{I}_2 Z_{2a} = \dot{E}_2 - \left(1 - \frac{1}{k_a} \right) \dot{I}_{2a} Z_{2a} \\ \dot{U}_{2a} &= \dot{I}_{2a} Z_L \quad (\dot{U}'_{2a} = \dot{I}'_{2a} Z'_L, \quad Z'_L = k_a^2 Z_L) \\ \text{原边 } \dot{U}_{1a} &= -(\dot{E}_1 + \dot{E}_2) + \dot{I}_{1a} Z_{1a} + \dot{I}_2 Z_{2a} \\ &= -(\dot{E}_1 + \dot{E}_2) + \dot{I}_{1a} Z_{1a} + (1 - k_a) \dot{I}_{1a} Z_{2a} \\ \therefore (\dot{E}_1 + \dot{E}_2) &= k_a \dot{E}_2 = k_a [\dot{U}_{2a} + \dot{I}_2 Z_{2a}] = k_a [\dot{U}_{2a} + (1 - k_a) \dot{I}_{1a} Z_{2a}] \\ \therefore \dot{U}_{1a} &= -k_a [\dot{U}_{2a} + (1 - k_a) \dot{I}_{1a} Z_{2a}] + \dot{I}_{1a} Z_{1a} + (1 - k_a) \dot{I}_{1a} Z_{2a} \\ &= -k_a \dot{U}_{2a} + \dot{I}_{1a} [Z_{1a} + (k_a - 1)^2 Z_{2a}] = -\dot{U}'_{2a} + \dot{I}_{1a} Z_{ka} \end{aligned}$$



-22-

电力工程系

第五章 三绕组变压器、自耦变压器和互感器

(4) 自耦变压器的基本方程式、等效电路和相量图

$$\begin{cases} \dot{U}_{1a} = -k_a \dot{U}_{2a} + \dot{I}_{1a} Z_{ka} \\ \dot{U}_{2a} = \dot{E}_2 - (1 - 1/k_a) \dot{I}_{2a} Z_{2a} \\ \dot{U}_{2a} = \dot{I}_{2a} Z_L \\ \dot{I}_2 = (1 - k_a) \dot{I}_{1a} = (1 - 1/k_a) \dot{I}_{2a} \\ \dot{I}_{1a} = -\dot{I}'_{2a} \text{ (忽略 } \dot{I}_m) \\ \dot{E}_1 = (k_a - 1) \dot{E}_2 \\ \dot{E}_1 = -j4.44 f N \Phi_m \end{cases}$$



-23-

电力工程系

第五章 三绕组变压器、自耦变压器和互感器

三、自耦变压器的容量关系

(1) 额定容量 (通过容量)

额定容量指自耦变压器总得输入或输出容量。

$$S_{aN} = U_{1aN} I_{1aN} = U_{2aN} I_{2aN}$$

(2) 绕组容量 (电磁容量)

绕组容量指自耦变压器绕组上电压与电流乘积。

$$\text{串联绕组: } S_{AaN} = U_{AaN} I_{AaN} = \frac{N_1}{N_1 + N_2} U_{1aN} I_{1aN} = (1 - 1/k_a) S_{aN}$$

$$\text{公共绕组: } S_{axN} = U_{axN} I_{2N} = U_{2aN} (1 - 1/k_a) I_{2aN} = (1 - 1/k_a) S_{aN}$$



-24-

电力工程系

第五章 三绕组变压器、自耦变压器和互感器

(3) 传导容量

令 $k_{xy} = 1 - 1/k_a$ ，称为自耦变压器得**效益系数**。

则 $S_{AaN} = S_{axN} = k_{xy} S_{aN}$ 因为 $k_a > 1$ ，所以 $k_{xy} < 1$

即：绕组容量（电磁容量）< 额定容量（通过容量） ← **优点**

$$S_{aN} = U_{2aN} I_{2aN} = U_{2aN} (I_{1aN} + I_{2N}) = U_{2aN} I_{1aN} + U_{2aN} I_{2N}$$

额定容量 $S_{aN} \equiv$ 传导容量 $S_{\text{传导}} +$ 电磁容量 $S_{\text{电磁}}$

$$\text{其中：} S_{\text{传导}} = U_{2aN} I_{1aN} = \frac{1}{k_a} U_{2aN} I_{2aN} = \frac{1}{k_a} S_{aN}$$

$$S_{\text{电磁}} = U_{2aN} I_{2N} = \left(1 - \frac{1}{k_a}\right) U_{2aN} I_{2aN} = \left(1 - \frac{1}{k_a}\right) S_{aN} = k_{xy} S_{aN}$$



-25-

电力工程系

第五章 三绕组变压器、自耦变压器和互感器

(4) 总结

① 自耦变压器的**输出容量可分为两部分**：

电磁容量：通过Aa段绕组和ax段绕组之间电磁感应传递；

传导容量：电流通过传导直接达到负载。

② **传导容量不需要增加绕组容量**，是双绕组变压器所没有的，自耦变压器之所以有一系列优点，就在于它的**副边可以直接从电源吸收传导功率**。

(5) 自耦变压器与双绕组变压器的比较

① 变压器**额定容量相同**时，**自耦变压器电磁容量比双绕组变压器小**。所用硅钢片和铜线也少了，可以降低成本。



-26-

电力工程系

第五章 三绕组变压器、自耦变压器和互感器

② 铜线和硅钢片用量减少，同样电流密度和磁通密度下，自耦变压器**铜耗、铁耗和激磁电流都比较小，效率提高**。

③ **同容量自耦变压器重量及外形尺寸较双绕组变压器小**，减小了变电所的厂房面积和减少了运输和安装的困难；在运输条件有一定限制的条件下，自耦变压器的容量可以比双绕组变压器的大，即提高了变压器的极限容量。

④ **效益系数 k_{xy} 越小**，上述优点越显著。因此，自耦变压器的**变比 k_a 越接近1就越好**，一般不超过2。

$$k_a = \frac{N_1 + N_2}{N_2} = \frac{N_1}{N_2} + 1 < 2 \quad \text{即：} N_1 < N_2$$

即串联绕组匝数少于公共绕组匝数



-27-

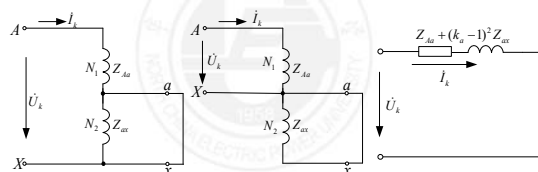
电力工程系

第五章 三绕组变压器、自耦变压器和互感器

四、自耦变压器的短路阻抗

自耦变压器得短路阻抗也可以做稳态短路试验求得。

(1) 高压边稳态短路试验



可等效为把绕组Aa作为原边，ax作为副边的双绕组变压器

$$Z_{ka} = Z_k \quad \leftarrow \text{有名值相等}$$



-28-

电力工程系

第五章 三绕组变压器、自耦变压器和互感器

短路阻抗标么值：

$$z_{ka}^* = \frac{I_{aN} z_{ka}}{U_{aX}} = \frac{I_{1N} z_{ka}}{U_{AX}} \neq z_k^* = \frac{I_{1N} z_k}{U_{1N}} = \frac{I_{1N} z_k}{U_{Aa}}$$

这两个阻抗的欧姆值虽然相等，但由于阻抗的基值不同，它们的**标么值是不相等**的。

$$\frac{z_{ka}^*}{z_k^*} = \frac{U_{Aa}}{U_{AX}} = \frac{N_1}{N_1 + N_2} = 1 - \frac{N_2}{N_1 + N_2} = \left(1 - \frac{1}{k_a}\right) = k_{xy}$$

$$z_{ka}^* = \left(1 - \frac{1}{k_a}\right) z_k^* = k_{xy} z_k^*$$

结论：一台短路阻抗标么值为 z_k^* 的双绕组变压器改为自耦变压器后，短路阻抗标么值减小至原来的 k_{xy} 倍。

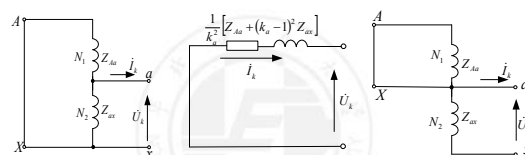


-29-

电力工程系

第五章 三绕组变压器、自耦变压器和互感器

(2) 低压边稳态短路试验



$$\text{自耦变压器短路阻抗为：} Z_{ka} = \frac{U_k}{I_k} = \frac{1}{k_a^2} [Z_{Aa} + (k_a - 1)^2 Z_{ax}]$$

$$\text{双绕组变压器短路阻抗应为：} Z_k = \left(\frac{1}{k_a - 1}\right)^2 [Z_{Aa} + (k_a - 1)^2 Z_{ax}]$$

$$\frac{Z_{ka}}{Z_k} = \frac{(k_a - 1)^2}{k_a^2} = \left(1 - \frac{1}{k_a}\right)^2 = k_{xy}^2 \Rightarrow Z_{ka}^* = \left(1 - \frac{1}{k_a}\right)^2 Z_k^* = k_{xy}^2 Z_k^* \quad \leftarrow \text{有名值不等}$$



-30-

电力工程系

第五章 三绕组变压器、自耦变压器和互感器

短路阻抗标么值:

$$z_{ka}^* = \frac{I_{2aN} z'_{ka}}{U_{2aN}} = \frac{I_{2aN} z'_{ka}}{U_{2N}} \neq z_k^* = \frac{I_{2N} z'_k}{U_{2N}}$$

可见, 它们的**标么值也是不相等的**。

$$\frac{z_{ka}^*}{z_k^*} = \frac{I_{2aN}}{I_{2N}} \cdot \frac{z'_{ka}}{z'_k} = \frac{I_{2N}}{(1 - \frac{1}{k_a}) \cdot I_{2N}} \cdot k_{xy}^2 = \frac{1}{k_{xy}} k_{xy}^2 = k_{xy}$$

$$z_{ka}^* = \left(1 - \frac{1}{k_a}\right) z_k^* = k_{xy} z_k^*$$

结论: 和双绕组变压器相同, **自耦变压器的短路阻抗标么值不论从低压边或高压边看都是一样的**。



-31-

电力工程系

第五章 三绕组变压器、自耦变压器和互感器

(3) 结论

- 1) 自耦变压器的**短路阻抗标么值**不论从**低压边或高压边看都是一样的**, 这和双绕组变压器是一样的。
- 2) 自耦变压器的短路阻抗标么值 z_{ka}^* 是该变压器改作双绕组变压器时的短路阻抗标么值 z_k^* 的 k_{xy} 倍。因此**自耦变压器负载时的电压调整率 ΔU 也较小**, 约为双绕组变压器的 k_{xy} 倍。
- 3) **自耦变压器的短路电流**比双绕组变压器大 $1/k_{xy}$ 倍, 这对自耦变压器来说是不利的。须加固自耦变压器的机械结构, 防止短路电流产生机械力引起的破坏作用。



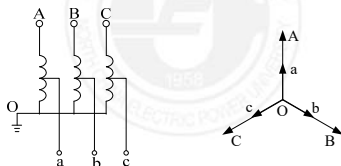
-32-

电力工程系

第五章 三绕组变压器、自耦变压器和互感器

五、自耦变压器的运行问题

- 1) 自耦变压器的原、副边有电路上的联系, 为了防止高压边单相接地故障引起低压边的过电压, **三相自耦变压器的中点必须可靠地接地**。



-33-

电力工程系

第五章 三绕组变压器、自耦变压器和互感器

- 2) 由于原、副边有电路上的联系, 高压边遭受到过电压也会传到低压边。为了避免发生危险, 须在**原、副边都装避雷器**。为了安全起见, **配电变压器都不采用自耦变压器**。
- 3) 由于自耦变压器的短路电流比双绕组变压器的大, **运行中必须采取限制短路电流的措施**。



-34-

电力工程系

第五章 三绕组变压器、自耦变压器和互感器

§ 5.3 电流互感器和电压互感器

作用: ①使**测量回路与高压电网隔离**, 保证人身安全;
②将**高压、大电流转化为低压、小电流测量**。可以使用小量程的电流表测量大电流, 用低量程电压表测量高电压。通常电流互感器的副边电流为5安或1安; 电压互感器的副边电压为100伏。

用途: 用于测量、保护和控制。

分类: 电流互感器、电压互感器。

原理: 电磁感应原理, 结构与变压器相同。



-35-

电力工程系

第五章 三绕组变压器、自耦变压器和互感器

一、电流互感器



电力系统中的电流互感器 (CT)



小型封闭电流互感器



小型开口式电流互感器

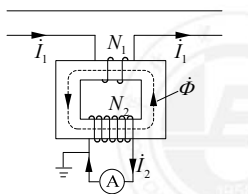


-36-

电力工程系

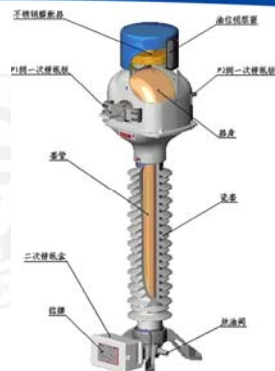
第五章 三绕组变压器、自耦变压器和互感器

工作原理:



运行要求: 激磁电流小。

$$\dot{I}_1 + \dot{I}_2' = \dot{I}_m \approx 0 \Rightarrow \frac{I_1}{I_2} = \frac{N_2}{N_1} = \frac{1}{k}$$



-37-

电力工程系

第五章 三绕组变压器、自耦变压器和互感器

测量精度: 按误差大小分为0.2, 0.5, 1.0, 3.0和10等五个标准等级。

使用注意事项:

- 1) 电流互感器的副边必须可靠接地, 以防绝缘损坏后高压传到副边, 发生人身事故。
- 2) 电流互感器的副边绝对不容许开路。

一方面, 副边感应出很高的电压($N_2 > N_1$), 可能使绝缘击穿, 危及测量人员;

另一方面, 开路时原边被测线路电流成了激磁电流, 铁心磁密增大, 铁耗会大大增加, 使铁心过热, 影响电流互感器性能, 甚至烧坏互感器。



-38-

电力工程系

第五章 三绕组变压器、自耦变压器和互感器

二、电压互感器



电容式电压互感器 (CVT)



电磁式电压互感器 (VT、PT)

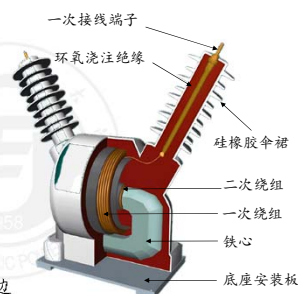
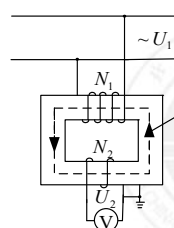
小型电压互感器

-39-

电力工程系

第五章 三绕组变压器、自耦变压器和互感器

工作原理:



运行要求: 激磁电流和原副边漏阻抗小 (铁心高磁导率)。



-40-

电力工程系

第五章 三绕组变压器、自耦变压器和互感器

测量精度: 我国电力系统用电压互感器, 按准确度分为0.5, 1.0和3.0等三级。

使用注意事项:

- 1) 电压互感器的副边和铁心必须可靠的接地。
- 2) 电压互感器副边不能短路, 避免产生很大的短路电流。
- 3) 副边不宜接过多的仪表, 以免引起较大的漏抗压降, 影响互感器的准确度。



-41-

电力工程系