

## 摘要

在电力系统中，为了使电能传输围及数量提高，变压器得到了广泛的使用。然而，发电、输电、配电及用电各环节构成的电力系统中其变压过程，造成电力系统中总的变压器容量远远超过发电机的总容量，从而产生了而严重的损耗。因此，降低变压器的损耗，是一项长期的重要研究课题。本文在综述了变压器的参数、功率损耗的基础上，对变压器技术参数存在的差异，变压器的有功功率损耗和无功率损耗随着负载发生变化进行深入分析。针对配电变压器负载波动大，长时间处于轻载和空载运行，损耗大的特点。详细的分析介绍了配电变压器的经济运行方式的选择，经济运行区间、变压器的负载调整以及变压器的负载经济分配问题。

**关键词：**变压器；经济运行；节能分析

# 目录

第一章 绪论 .....	1
第二章 变压器损耗的原因 .....	2
2.1 变压器的工作原理 .....	2
2.1.1 变压器 —— 静止的电磁装置 .....	2
2.1.2 理想变压器 .....	3
2.2 变压器的结构简介 .....	3
2.2.1 铁心 .....	3
2.2.2 绕组 .....	3
2.3 损耗 .....	4
2.3.1 变压器损耗 .....	4
2.3.2 变压器损耗产生的两大原因 .....	4
2.3.3 板牙器的损耗 .....	5
第三章 对 800KVA 变压器的节能与改造 .....	6
3.1 对 800KVA 变压器的介绍 .....	6
3.1.1 800KVA 变压器构成的主要部件 .....	6
3.1.2 800KVA 变压器使用条件 .....	7
3.1.3 800KVA 变压器并列运行条件 .....	7
3.1.4 800KVA 变压器套管的种类 .....	8
3.1.5 800KVA 变压器交流耐压时试验电压的测量方法 .....	8
3.1.6 800KVA 变压器连接组别 .....	8
3.1.7 800KVA 变压器额定温升 .....	8
3.2 800KVA 变压器各个组件的作用 .....	8
3.3 800KVA 变压器的节能与改造 .....	10
3.3.1 经济手段 .....	10
3.3.2 技术手段 .....	11
3.3.3 按国际按有关规定要求进行优化调试 .....	12
3.3.4 降低变压器短路事故 .....	12

第四章 根据不同能耗选择变压器 .....	14
第五章 电力能耗产生的影响 .....	16
5.1 电器能耗引起的火灾 .....	16
5.2 电气能耗的其他因素 .....	17
第六章 结论 .....	19
参考文献 .....	20

# 第一章 绪论

我国是世界上能源消费增长最快的国家之一，同时也是能源紧缺的国家，节能是我国建设节约型社会的的一项必不可少的国策。为了满足社会可持续发展和保护生态环境的需要，国家发改委已将变压器的节能列为重点推广。

变压器是输变电系统中的主要设备之一，尽管它的效率很高（大型变压器效率高于 99.5%，小型变压器也在 98%以上），但是由于他的总容量大（一般情况下变压器的总容量为发电容量的 5~7 倍），再加上在输电系统中变换级次多，损耗可占线路总损耗的 17%。中小型配电变压器虽然容量小，但数量多。经调查和统计发现我国要求在短时间，推广使用低耗能的变压器，改造高耗能变压器，这是节能挖潜、提高经济效益的有效途径。

近年来，国民经济的持续高速增长，尽管电力装机增长很快，但由于整个社会对能源需求的巨大增加，使得电力供需矛盾仍十分突出。出现上述巨大缺口的原因，一方面与前几年电力装机滞后有关，但更重要的是与我国能源不足，结构不合理有着密切的关系。要实现我国国民经济的高速可持续增长，能源的供需矛盾必将更为突出，能源已成了制约可持续发展的瓶颈之一。今后，除了继续探索新能源的开发利用之外，大力节约能源也成了重中之重。

电力系统要把电能从发电站送到用户，至少需要 4-5 级变压器方可输送电能到抵押用电设备（380V/220V）。虽然变压器本身效率很高，但是因为其数量太多、容量太大、总损耗仍很大。据估计，我国变压器的总损耗占系统发电量的 10%左右，如损耗每降低 1%，每年可以节约上百亿度电，因此降低变压器损耗是势在必行的技能措施。

## 第二章 变压器损耗的原因

### 2.1 变压器的工作原理

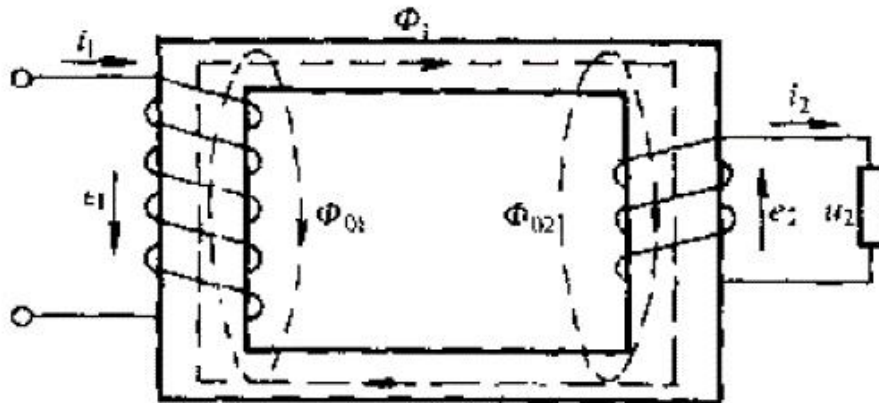
变压器---利用电磁感应原理, 从一个电路向另一个电路传递电能或传输信号的一种电器是电能传递或作为信号传输的重要元件

#### 2.1.1 变压器 ---- 静止的电磁装置

(1) 变压器可将一种电压的交流电能变换为同频率的另一种电压的交流电能

(2) 变压器的主要部件是一个铁心和套在铁心上的两个绕组。

变压器原理图



(3) 与电源相连的线圈, 接收交流电能, 称为一次绕组

(4) 与负载相连的线圈, 送出交流电能, 称为二次绕组

设一次绕组的 二次绕组的 电压相量  $U_1$  电压相量  $U_2$  电流相量  $I_1$  电流相量  $I_2$  电动势相量  $E_1$  电动势相量  $E_2$  匝数  $N_1$  匝数  $N_2$  同时交链一次, 二次绕组的磁通量的相量为  $\phi_m$ , 该磁通量称为主磁通。

## 2.1.2 理想变压器

不计一次、二次绕组的电阻和铁耗，其间耦合系数  $K=1$  的变压器称之为理想变压器，描述理想变压器的电动势平衡方程式为：

$$e_1(t) = -N_1 d\phi/dt$$

$$e_2(t) = -N_2 d\phi/dt$$

若一次、二次绕组的电压、电动势的瞬时值均按正弦规律变化，则有不计铁心损失，根据能量守恒原理可得。由此得出一次、二次绕组电压和电流有效值得关系，令  $K=N_1/N_2$ ，称为匝比（亦称电压比）

## 2.2 变压器的结构简介

### 2.2.1 铁心

铁心是变压器中主要的磁路部分。通常由含硅量较高，厚度为 0.35mm 或 0.5 mm，表面涂有绝缘漆的热轧或冷轧硅钢片叠装而成。

铁心分为铁心柱和铁轭两部分，铁心柱套有绕组；铁轭闭合磁路之用铁心结构的基本形式有心式和壳式两种。

### 2.2.2 绕组

绕组是变压器的电路部分，它是用纸包的绝缘扁线为圆线绕成。

变压器的基本原理是电磁感应原理，现以单相双绕组变压器为例说明其基本工作原理（如上图）：当一次绕组绕组上加上电压  $u_1$  时，流过电流  $i_1$ ，在铁芯中就产生交变磁通  $\Phi_1$ ，这些磁通称为主磁通，在它作用下，两侧绕组分别感应电势  $e_1$ ， $e_2$ ，感应电势公式为： $E=4.44fN\Phi_m$

式中： $E$ --感应电势有效值  $f$ --频率  $N$ --匝数

$m$ --主磁通最大值

由于二次绕组与一次绕组匝数不同，感应电势  $E_1$  和  $E_2$  大小也不同，当略

去阻抗压降后，电压 $\dot{u}_1$ 和 $\dot{u}_2$ 大小也就不同。

当变压器二次侧空载时，一次侧仅流过主磁通的电流（ $i_0$ ），这个电流称为激磁电流。当二次侧加负载流过负载电流 $i_2$ 时，也在铁芯中产生磁通，力图改变主磁通，但一次电压不变时，主磁通是不变的，一次侧就要流过两部分电流，一部分为激磁电流 $i_0$ ，一部分为用来平衡 $i_2$ ，所以这部分电流随着 $i_2$ 变化而变化。当电流乘以匝数时，就是磁势。

上述的平衡作用实质上是磁势平衡作用，变压器就是通过磁势平衡作用实现了一、二次侧的能量传递。

## 2.3 损耗

### 2.3.1 变压器损耗

是现代物理学领域的概念，是指空载损耗  $P_0$  和短路损耗  $P_k$  之和。

#### （1）空载损耗 $P_0$ 。

当用额定电压施加于变压器的一个绕组上，而其余的绕组均为开路时，变压器所吸收的有功功率叫空载损耗。

#### （2）短路损耗 $P_k$

对双绕组变压器来说，当以额定电流通过变压器的一个绕组，而另一个绕组短接时变压器所吸收的有功功率叫做变压器的短路损耗。对于多绕组变压器，短路损耗是以指定的一对绕组为准。

### 2.3.2 变压器损耗产生的两大原因

第一、绕制变压器时需要大量的铜线，这些铜导线存在着电阻，电流流过时电阻会消耗一定的功率，这部分损耗往往变成热量而消耗，这种损耗称为“铜损”。

第二、当变压器的初级绕组通电后，线圈所产生的磁通在铁芯流动，因为铁芯本身也是导体，在垂直于磁力线的平面上就会感应电势，这个电势在铁芯的断面上形成闭合回路并产生电流，称为“涡流”。这个“涡流”增加了变压器的损

耗，导致变压器的铁芯发热，变压器的温升增加。由“涡流”所产生的损耗我们称为“铁损”。

所以变压器的温升主要由铁损和铜损产生的。由于变压器存在着铁损与铜损，所以它的输出功率永远小于输入功率，用效率  $\eta$  表示输出功率与输入功率的关系： $\eta = \text{输出功率} / \text{输入功率}$ 。

### 2.3.3 板牙器的损耗

板牙器的损耗包括负载损耗以及附加杂散损耗等。

空载损耗是指变压器二次侧开路、一次侧加额定频率与额定正弦波电压时变压器所汲取的功率。国外都很看重空载损耗 PO 值得下降，因变压器一旦投运，意念 365 天、一天 24 小时，时时刻刻都有损耗。PO 是一个不随负载变化、也不随时间变化的损耗之，即便变压器没有带负载，其 PO 损耗值 是不变的。PO 值每降低 1KW，一年可以节省 8760KWH（度）电费。国际招标时，空载损耗 1KW、折合 6000 美元。SC（B）10 系列比现行国标（GB/T10288）空载损耗 PO 下降约 30%。

因为空载损耗发生在铁芯中，故常称之为铁损。显然，其损耗大小与铁磁材料性能有关，与铁芯迭片生产工艺过程有关，所以在铁芯生产工艺过程中，都要采取一系列措施，尽全力降低空载损耗：选购优质高导磁的晶粒取向冷轧硅钢片，先进的硅钢片剪切线，45 度全斜铁芯解封，阶梯步进迭片，合理的铁芯结构等先进工艺，计算及优化设计等等，使得我国新系列产品损耗值达到世界先进水平。



## 第三章 对 800KVA 变压器的节能与改造

### 3.1 对 800KVA 变压器的介绍

如下图所示的就是 800KVA 变压器，它在我们日常生活或者公司单位，以及我们学校实验室中都是必不可少的，不过随着我们对用电的需求日益增长，同时也要提出节约能源这个话题，并且减少一些无功率的损耗做出一点改良，使得我们的用电生活更加舒适。



#### 3.1.1 800KVA 变压器构成的主要部件

首先，介绍一下 800KVA 变压器有哪些零件组成。

- (1) 铁芯：构成闭合磁路，系 0.35 硅钢片叠成；
- (2) 线圈

- (3) 净油器
- (4) 油枕：储油柜、容量为油箱容积 8-10%
- (5) 防爆管：采用压力释放阀
- (6) 油箱：平顶、钟罩式
- (7) 变压器油
- (8) 套管
- (9) 冷却装置
- (10) 温度计
- (11) 吸湿器
- (12) 分接开关：有载、无载
- (13) 绝缘材料：分绝缘、外绝缘、主绝缘、纵绝缘
- (14) 气体继电器

### 3.1.2 800KVA 变压器使用条件

- (1) 最高环境温度：+40 摄氏度
- (2) 最低环境温度：-25 摄氏度
- (3) 海拔高度：<1000m
- (4) 最高月平均相对湿度：90%（20 摄氏度）
- (5) 安装地点：安装在没有火灾、爆炸危险、严重污秽、化学腐蚀剂剧烈振动的场所，户或户外。

### 3.1.3 800KVA 变压器并列运行条件

- (1) 联结组别相同
- (2) 电压比相等，允许插值围为正负 5%
- (3) 短路阻抗相等，允许插值围为正负 10%

### 3.1.4 800KVA 变压器套管的种类

分为有电容型和兆电容型两种

- (1) 电容型：油低电容型、胶低电容型、气体电容型、平式电容型
- (2) 非电容型：充油型、充胶型、胶低型

### 3.1.5 800KVA 变压器交流耐压时试验电压的测量方法

- (1) 在实验变压器低压测量
- (2) 用电压互感器测
- (3) 用高压静电电压测量
- (4) 用球间隙测量
- (5) 用电容分压器测量

### 3.1.6 800KVA 变压器连接组别

S7-800KVA 变压器是采用 Y yn0 和 D yn11 联结特点。

### 3.1.7 800KVA 变压器额定温升

变压器的额定温升是以环境温度为正负 40 摄氏度参考，规定在运行中允许变压器的温度超出参考温度的最大温升。国家规定，绕组的温升限值为 65 摄氏度，上层油面的温升值为 55 摄氏度，以确保变压器上层油温不超过 95 摄氏度并正常运行。

指变压器的损耗最小，效率最高运行方式。因变压器的铜损与铁损相等时，变压器的效率达到最大值，通常与此作为变压器经济运行的依据。

## 3.2 800KVA 变压器各个组件的作用

- (1) 铁芯：变压器的铁芯是磁力线的通路，起集中和加强的作用，同时用

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/486205201045010105>