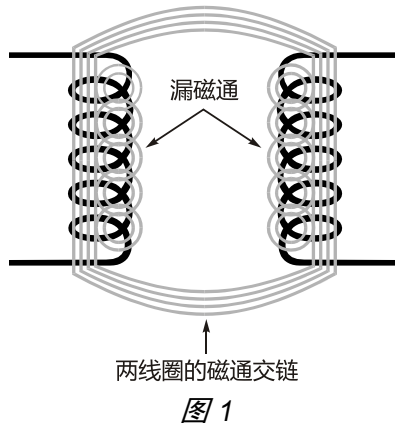


# 信号变压器的应用和规格

最简单地讲，变压器是被一个公共磁场耦合的两个或多个线圈。此磁场为电压和电流从一个绕组（初级）传到另一个绕组（次级）提供路径。当交流电通过一个线圈时就会产生磁通（看图 1）。



磁场（用磁通线来表示）遵循最小电磁阻力（磁阻）的路径。第一个线圈产生的磁通并不全都流过第二个线圈。漏磁通是不连接两个线圈并且导致能量损失的磁通。还有其他形式的能量损耗，例如磁芯和线圈损耗，这些损耗同样会降低变压器的效率，但在这里对它们不做详细的讨论。减少漏磁通的一个方法是缩短两个线圈之间的路径，或者将线圈上下叠放。正确地置放线圈能让更多的磁通来交链两个线圈和减少损耗。减少漏磁通（漏电感）是信号变压器设计人员的一个主要目标，因为损耗越少，就能够无失真地传输更多的信号量。

变压器有很多用途，如直流电隔离、电压和电流转换以及阻抗匹配。从初级绕组传输到次级绕组的信号类型决定了应用的变压器类型。例如，需要为载有大量电流的两个线圈之间提供直流电隔离的变压器，其设计有别于为一个小信号通信网络提供阻抗

匹配的变压器。此文重点讨论两种类型的信号变压器：专门为在低功率下传输数据而设计的直流电隔离宽带变压器和非隔离自动变压器。这些类型的变压器不限于低功率，但在这里着重于通信和小信号的应用。

## 宽带变压器

很多变压器能有效地在一个窄频率范围内承载大量的电压和电流。但是，如果变压器使信号失真，它们就不能够有效地传输能量。宽带变压器能够在一个宽频率范围内传输干净的无失真低功率信号。这对于传输信号是非常重要的，例如方波，因为单个脉冲是由一个广范围的谐波组成的。这些谐波合成方波波形，而且对于保持原波形来说是必要的。

宽带变压器可以在许多不同的应用中进行使用，包括：电路间的直流电隔离、阻抗匹配、相移、耦合、平衡到不平衡的转换以及电流和电压转换。宽带变压器的重要性在于它能够在一个宽频率范围内传输小信号信息。宽带可通过初级和次级绕组之间的紧耦合。

宽带变压器的可操作频率范围被称为带宽。带宽是在仍然保持至少一半信号功率时允许通过的频率范围。一半的功率点被规定为插入损耗下降 3dB 的位置（看图 2）。

在评估一个宽带变压器时还需要考虑其他参数。视应用而定，可能要考虑初级或次级绕组的最大或最小电感值、线圈的直流电阻、上升时间或很多其他的因素。需要确定的一个主要参数是匝数或电感比。此比率用于变压器的初级和次级阻抗与其所在电路的匹配。此比率对于变压器一端到另一端的电压或电流“上升”或“下降”来说也是很重要的。

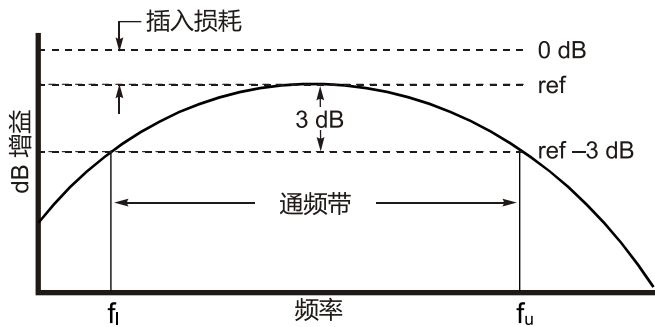


图 2

## 设计方程

宽带变压器经常用于升高或降低电压或电流。相同的技术可应用于不平衡电路之间的阻抗匹配。

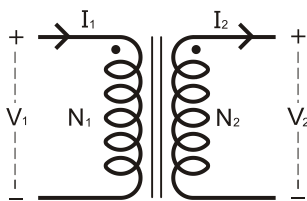


图 3

为了使设计简单化，用一个无损耗的变压器来推导公式（看图 3）。无损耗的变压器公式如下：

$$\frac{N_1}{N_2} = \frac{V_1}{V_2} = \frac{I_2}{I_1} = a$$

其中：

- $N_1$  = 初级绕组的匝数
- $N_2$  = 次级绕组的匝数
- $V_1$  = 初级绕组电压
- $V_2$  = 次级绕组电压
- $I_1$  = 初级绕组电流
- $I_2$  = 次级绕组电流
- $a$  = 匝数比

可以用下面的关系式来计算线圈的电感近似值：

$$L = N^2 A_L$$

$A_L$  是磁芯材料的等效电感（除以匝数平方）。这个一般由磁芯制造商规定。

要得出匹配两个阻抗  $Z_1$  和  $Z_2$  所需的匝数比，使用下面的关系式：

$$Z_1 = \frac{V_1}{I_1} = \frac{V_2}{I_2} (a^2) = Z_2 (a^2) \quad \text{其中} \quad \left(\frac{N_1}{N_2}\right)^2 = a^2$$

注意，阻抗与匝数的平方成比例。例如，如果一个 100 Ohm 的信号源  $Z_1$  与一个 150 Ohm 的负载阻抗  $Z_2$  连接，得出所需的匝数比为：

$$100 = 150a^2 \quad \sqrt{\frac{100}{150}} = a \quad a \approx 0.816$$

因此  $N_1 = 0.816N_2$

## 自动变压器

另外一种用于通信系统的变压器是自动变压器。自动变压器不但享有宽带变压器的许多优点，而且还有其独特之处。它可以用于很多宽带变压器的相同应用中，如分压器、阻抗匹配、相移以及电压和电流转换。但是它不能够用于初级和次级绕组之间的直流电隔离。自动变压器的高效率、低漏电感和良好的调压性能弥补了它在直流电隔离方面的缺失。图 4 显示了一个降压和一个升压自动变压器。

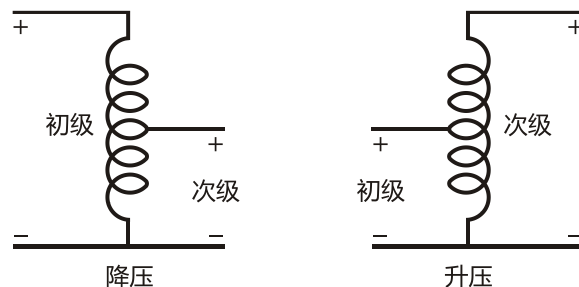


图 4

当不需要直流电隔离，而要求最佳效率时，自动变压器是最理想的选择。较高的耦合性使产生的漏电感较少，从而增加了效率。部分原因是由于自动变压器通过分压将部分能量从初级传到次级绕组。宽带变压器通过变压器作用来传输其全部能量。自动变压器直接通过线圈传输部分能量，通过磁介质传输另一部分能量，这就使初级和次级绕组之间有最佳的耦合性，从而使漏电感较小并且增加了带宽。

要取得与一个隔离变压器相同的结果，自动变压器所需的线圈也较少。这是因为次级使用部分初级线圈来为升压或降压变压器取得所需的匝数（看图4）。由于需要较少的匝数来取得相同的初级和次级阻抗比，总的铜损就减少了，较之一个可以与之相比的宽带变压器，自动变压器的效率更高。自动变压器不限于单一的次级绕组（或“抽头”），它可以从初级绕组引出多个抽头。

### 设计方程

为确定适当的匝数以实现升压或降压或阻抗匹配，所使用的方法类似于隔离宽带变压器的方法。

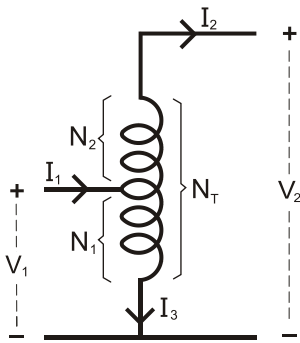


图5

自动变压器（看图5）使用下面的公式：

$$\frac{N_1}{N_T} = \frac{N_1}{N_1 + N_2} = \frac{V_1}{V_2} = \frac{I_2}{I_1} = a$$

$$I_3 = I_1 - I_2$$

其中：

- $N_1$  = 初级绕组的匝数
- $N_2$  = 次级绕组的匝数
- $N_T = N_1 + N_2$  = 总匝数
- $V_1$  = 初级绕组电压
- $V_2$  = 次级绕组电压
- $I_1$  = 抽头电流
- $I_2 = N_2$  绕组电流
- $I_3 = N_1$  绕组电流
- $a$  = 匝数比 =  $N_1/N_T$

可以用下面的关系式来计算线圈的电感近似值：

$$L = N^2 A_L$$

$A_L$  是磁芯材料的等效电感（除以匝数平方）。这个一般由磁芯制造商规定。

将自动变压器用作一个分压器网络，使用下面的公式：

$$V_2 = \left( \frac{N_1 + N_2}{N_1} \right) V_1$$

将自动变压器用作一个阻抗匹配网络，使用下面的公式：

$$Z_1 = \frac{V_1}{I_1} = \frac{V_2}{I_2} (a)^2 = Z_2 (a)^2$$

$$\text{其中 } a = \frac{N_1}{N_T} = \frac{N_1}{N_1 + N_2}$$

$$\text{因此 } N_2 = \left( \frac{1 - a}{a} \right) N_1$$

例如，如果一个100 Ohm的信号源 $Z_1$ 与一个150 Ohm的负载阻抗 $Z_2$ 连接，得出所需的匝数比为：

$$100 = 150 (a)^2 \quad a = \sqrt{\frac{100}{150}} \quad a \approx 0.816$$

$$\text{因此 } N_1 = 0.816 N_T$$

$$N_2 = N_T - N_1$$

$$N_2 = \left[ \frac{1}{0.816} - 1 \right] N_1$$

$$N_2 = 0.225 N_1$$

### 结语

已对宽带变压器和自动变压器的基本设计和应用进行了讨论。在确定线艺宽带变压器和自动变压器时可用作向导。要获取有关标准和定制版本的信息，请联系你们当地的线艺代表。

### 参考文献

Guru, Bhag S. and Hizirolgu, Huseyin R., "Electric Machinery and Transformers" (Harcourt Brace Jovanovich, 1988)

Hunt, William T. Jr. and Stein, Robert, "Static Electromagnetic Devices" (Boston: Allyn and Bacon, 1963)

Snelling, E.C., "Soft Ferrites - Properties and Applications, Second Edition" (Butterworth and Co., 1988)

Grossner, Nathan R., "Transformers for Electronic Circuits, Second Edition" (McGraw-Hill, 1983)