

一道关于变压器匝数的题目的思考

摘要 文章考察实际变压器与理想变压器不同的因素，对一道关于变压器匝数的思考题进行了简单思考，从而给出了对实际变压器进一步的理解。

问题提出：课本¹中 p. 522 一道思考题是：按照变压器的变比公式，只要 $N_2 = \frac{N_1}{2}$ ，就可以把 220V 的交流电压变为 110V，同时把电流增大一倍，那么匝数采用很少（譬如 $N_2=2$ 匝， $\frac{N_1}{2}=1$ 匝）为什么不行呢？

如果在理想变压器的条件下，无漏磁，无铜损、铁损，感抗趋于无穷，通过课本主体部分的分析，只要匝数比确定，就能满足要求。以下分析在实际情况下，不能采用匝数很少的变压器的几点原因。

一，匝数过少，原线圈产生的磁感线弯曲幅度较大，更容易产生漏磁。进而降低变压器的效率。设输入电压为 U_1 ，输出电压为 U_2 ，由公式

$$U_1 = N_1 \frac{d\phi_1}{dt}$$

$$U_2 = N_2 \frac{d\phi_2}{dt}$$

当漏磁通较大时， ϕ_1 与 ϕ_2 相差较大，不能近似满足 $\frac{U_1}{U_2} = \frac{N_1}{N_2}$ 。

二，线圈自感较小，不满足空载电流近似为 0，从而不满足电流变比公式。

在理想变压器中，空载电流 $I_0 = \frac{U_1}{i\omega L_1}$ ， L_1 趋于无穷大从而空载电流趋于 0。而在实际情况下，由公式

$$L = \frac{\mu N^2 A}{l}$$

（其中 μ 为磁导率， A 为铁心的横截面积）

匝数越少，电感越小。又在理想情况下，有公式

$$\frac{I_1 - I_0}{I_2} = \frac{N_2}{N_1}$$

I_0 不可忽略，故不满足

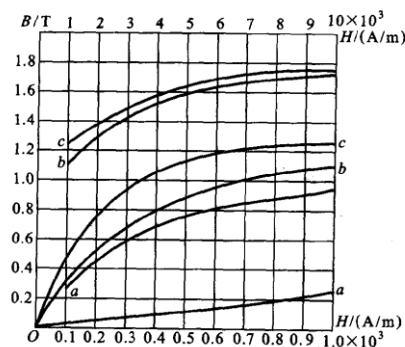
$$\frac{I_1}{I_2} \approx \frac{N_2}{N_1}$$

三，匝数小时，要达到同等的磁感应强度 B ，需要更大的电流，从而对铁心材料和导线提出更高的要求。

变压器的铁心常用软磁材料（如硅钢片），磁滞回线较窄。由磁化曲线（如右图²），在工作范围内， B 与 H 成正相关。由

$$NI = \sum_i H_i l_i$$

匝数少即 N 过小时， I 变得很大，增大线圈的用铜量。



磁化曲线
a—铸铁 b—铸钢 c—硅钢片

四，受铁心材料的磁性能限制，线圈有最大磁感应强度 B_m ，从而有最大磁通 ϕ_m 。在忽略漏磁和磁阻的情况下，有公式²

$$U_1 \approx 4.44fN_1\phi_m$$

因此匝数很少时，变压器的额定电压也很小。

查阅变压器手册³⁴，在设计变压器时，需要综合考虑额定电压、阻抗电压、成本等约束条件，确定材料及结构尺寸。而线圈匝数则由额定电压、阻抗和材料的磁性能（如最大磁通）等确定，而非随意选定。

参考文献：

1. 赵凯华、陈熙谋：《电磁学（第三版）》高等教育出版社.2011.
2. 秦曾煌：《电工学（第六版）（上册）》高等教育出版社.2004.
3. 谢毓城：《电力变压器手册》机械工业出版社.2003.
4. 李湘生、陈乔夫：《变压器的理论计算与优化设计》华中理工大学出版社.1990.