

变压器计算公式 $S_c = K\sqrt{P_0}$ 应用中的问题和改进

贝冠祺

提要 $S_c = K\sqrt{P_0}$ 是小型变压器近似计算中常用的公式。本文指出了在使用该公式时存在不容忽视的问题，并对此作了改进。

一、引言

在变压器计算中，常用公式 $S_c = K\sqrt{P_0}$ (1)

式中 $S_c(\text{cm}^2)$ 为铁心有效截面积， K 为系数， $P_0(\text{W})$ 为变压器额定功率。利用公式(1)和根据经验制作的表 1 相结合，用来选取铁心。为讨论方便，称其为常用方法。

表 1

$P_0(\text{W})$	5~10	10~50	50~100	100~500	500~1000
K	2~1.75	1.75~1.5	1.5~1.35	1.35~1.25	1.25~1

这种选取铁心的近似方法使用甚为方便，在各种类型变压器计算中以不同的形式广为应用。另外，对于非专业性制作，较难而且也不需要详细计算，所以普遍采用此法。但是常用方法却存在三个不容忽视的问题，这些问题是：

1. 误差太大。现举几个计算电源变压器的实例说明之。表 2 中 $B_m(\text{KGS})$ 为磁通密度。表中“实际选用的 K 值”显然是经过再三斟酌的，但这是一种不合理的取值方

表 2

编号	书名、页号	$P_0(\text{W})$	$B_m(\text{KGS})$	按表 1 应选取的 K 值	实际选用的 K 值
1	电工技术基础 p817 [1]	63.0	10	1.47	1.37
2	电工学下册 p368 [2]	29.2	9	1.63	1.25
3	怎样选用无线电元件 p131 [3]	16.5*	10	1.72	1.50
4	电子报 1982 年 8 月 21 日 [4]	1.70	15	2.00	1.00

* 原文以 P_1 (初级功率) 代替 P_0 (下同)。

法。正确使用表 1 时, K 值应是“按表 1 应选取的 K 值”, 它明显的比实际选用值偏大, 这在 P_0 的低端尤为明显。这种差别的原因, 很可能是因为表 1 制作的年代太久, 那时的变压器材料质地与现在差别较大所致。

2. 局限性大。常用方法实际上只适应于窄窗口铁心, 不适用当前大量便携设备要求的宽窗口铁心的计算; 另外, 在少量的或实验室制作中, 由于受材料和工艺水平的限制, 需要灵活计算, 更不是常用方法所能胜任的。

3. 计算混乱。关于表 1 制作的原始材料一时无从查考, 但几个参数之间的关系仍可用表 3 中当前经常被采用的经验数据^[1]来讨论。

表 3

$P_0(\text{W})$	5~10	↘	500~1000
A	0.8	—	0.8
$B_m(\text{KGS})$	8	↘	18
$J(\text{A}/\text{mm}^2)$	4	↘	2
K_m	0.2	↘	0.3
K	1.37	↘	1.02

在表 3 中, $J(\text{A}/\text{mm}^2)$ 为导线的电流密度, 通过推导

$$K = \sqrt{\frac{10^4}{1.11AB_mJK_m}} \quad (2)$$

K_m 为导线占空系数, $B_m(\text{GS})$, A 为铁心窗口面积 $S_0(\text{cm}^2)$ 比 $S_c(\text{cm}^2)$, 即 $A = S_0/S_c$ 。

图 1 为当前常用 GE 型标准窄窗口铁心 A 值大致变化情况。兹取其近似的算术平均值 0.8 列于表中。

表 3 中的 P_0 和 K 关系与表 1 具有相同的规律。显然, 一旦 P_0 确定, 各参数的选取就应有相应的取值, 才能保证表 1 和表 3 中 P_0 与 K 值的对应关系。这就是使用常用方法中应遵循的规律。但是, 一般在介绍常用方法时, 对 B_m 的取值, 强调

的是不同质量的铁心 B_m 取值范围不同, 从而破坏了 P_0 和 K 之间的对应关系, 造成在计算上的混乱。其结果往往是: 要么选取的铁心偏大; 要么选得偏小, 使得容量不够或者是铁心窗口不够大。

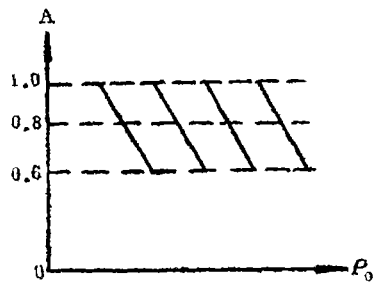


图 1

这种计算上的混乱，以至到了这样的程度；有的文献^[4]认为表 1 中的“ K 值大小颠倒了，应予改正”。

二、改进方案

由表 3 可知，在近似计算中，对各参数可作如下取值：

A 值：对于不同标准铁心来说， A 值都以图 1 的形式，在不同范围内作重复变化。可视为常数，并取其算术平均值 \bar{A} 。

J 和 K_m 值：由于 J 和 K_m 成反比关系，因此它们的积变化范围较小。根据文献 [1]、[2]、[3]提供的经验数据，当 P_0 小于 100W 时，取 $J \times K_m$ 为 $0.75\text{A}/\text{mm}^2$ ，当 $P_0=(100\sim 1000)\text{W}$ 时，取 $0.7\text{A}/\text{mm}^2$ 。

B_m 值：对不同的铁心材料，可供选择的范围约为 6 到 18 千高斯。对于非专业性设计，由于受前面提到的各种限制， B_m 需灵活取值。

综上所述，在近似计算中， A 和 $J \times K_m$ 可视为常数， B_m 取值需灵活掌握。因此可以得出这样的结论：制作一个 B_m-K 表代替 P_0-K 表，而使用方法相似。这就是改进方案的基本设想。

考虑到大多数计算时， P_0 小于 100W，采用窄窗口铁心，故取 $A=\bar{A}=0.8$ ， $J \times K_m=0.75(\text{A}/\text{mm}^2)$ 。则根据公式(2)就可算出表示 B_m-K 关系的表 4。表中也列入了宽窗口铁心的计算方法。

表 4

$B_m(\text{KGS})$	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
K	1.58	1.46	1.37	1.29	1.23	1.17	1.12	1.07	1.04	1.00	0.97	0.94	0.91

表 4 是在采用 GE 型标准窄窗口铁心和 $P_0 < 100\text{W}$ 的条件下制作的。超出此条件时，需作以下两种订正：

1. $P_0=(100\sim 1000)\text{W}$ 时，不论采用何种型号标准铁心，都要从表中查得之 K 值加上 0.05。

2. 若采用宽窗口标准铁心 (E 型、KE 型和 XE 型) 时，都要在功率订正后乘以 0.60。以取 $B_m=10000$ 高斯为例：

若用 GE 型铁心，当 $P_0 < 100\text{W}$ 时，查表得 $K=1.23$ $S_c=1.23\sqrt{P_0}$

当 $P_0=(100\sim 1000)\text{W}$ 时， $K=1.23+0.05=1.28$ $S_c=1.28\sqrt{P_0}$

若用宽窗口铁心，当 $P_0 < 100\text{W}$ 时， $K=1.23 \times 0.6=0.74$ $S_c=0.74\sqrt{P_0}$

当 $P_0=(100\sim 1000)\text{W}$ 时， $K=(1.23+0.05) \times 0.6=0.77$ $S_c=0.77\sqrt{P_0}$

三、两种计算方法的比较

为便于比较，仍采用表 2 的例子。计算结果列于表 5。

表 5

编号	$P_0(W)$	B_m (KGS)	常用方法计算				改进方案计算			
			按表1应选取的K值	S_c (cm ²)	$P'_0(W)$	$\frac{P'_0}{P_0}$	K	S_c (cm ²)	$P'_0(W)$	$\frac{P'_0}{P_0}$
1	63.0	10	1.47	11.7	105	1.67	1.23(0.738)	9.76(5.86)	74(75)	1.18(1.19)
2	29.2	9	1.63	8.81	58	1.99	1.29(0.774)	6.97(4.18)	38(36)	1.30(1.23)
8	16.5	10	1.72	6.99	38	2.30	1.23(0.738)	5.00(3.00)	18(18.5)	1.09(1.12)
4	1.70	15	2.00	2.61	5.2	3.06	1.00(0.600)	1.30(0.78)	1.5(2.1)	0.88(1.24)

表中的 P_0 和 B_m 是原例子中给定的。在改进方案计算中，用 B_m 从表 4 查得 K 值。 P'_0 是铁心为 S_c (用(1)式计算) 时，变压器实际具有的额定功率，由文献[3][5]中有关经验表格查得。当 P'_0 等于或稍大于 P_0 时较为精确。为说明改进方案同样适用于宽窗口铁心的计算，加入了 KE 型铁心，以“()”表示。其余全是 GE 型铁心(编号 4 在原有例子中采用了 XE 型铁心，为便于比较，这里改用 GE 型标准铁心)。

表中编号 4 GE 型铁心的 P'_0 ($=1.5W$) 小于 $1.7W$ ，是由于经验表格在选取 B_m 为 1 万和 8 千高斯条件制作的，而该例选取的 B_m 为 1.5 万高斯，离经验表格的制作条件较远，因此造成了偏小的误差。

将两种计算方法得到的 P'_0 与 P_0 之比就可看出，常用方法选出的铁心具有的功率，平均来说约超出需要功率 P_0 的 100%。在改进方案中，对窄窗口 GE 型标准铁心来说，平均约只超出 20%；对 KE 型标准宽窗口铁心约超出 20%。

本文写作中，得到徐昇祥教授、王博彦副教授和漆仕速副教授的支持和鼓励，在此表示感谢。

参 考 文 献

- [1] 电工技术基础，高等学校试用教材，北京化工学院等合编，科学技术文献出版社，1980年北京第一版。
- [2] 电工学下册，高等学校试用教材，华南师范学院物理系编，人民教育出版社，1979年4月第一版。
- [3] 怎样选用无线电元件，付吉康编著，张兰芬审订，人民邮电出版社，1982年3月第一版。
- [4] 电子报，1982年2月21日第二版。
- [5] 半导体线路，复旦大学物理系编，上海人民出版社，1973年5月。

The Problems in the Formula $S_c = K\sqrt{P_0}$

Bei Guanqi

Abstract

$S_c = K\sqrt{P_0}$ is a formula often used in the approximate calculation for the small-sized transformer. This paper points out that there exists a problem not allowing neglect in applying this formula and the improvement.