

ICS 29.180

K 41

备案号: 16989-2006

DL

中华人民共和国电力行业标准

DL/T 985 — 2005

配电变压器能效技术经济评价导则

Guide for determining energy efficiency for distribution transformers

2005-11-28 发布

2006-06-01 实施

中华人民共和国国家发展和改革委员会 发布

目 次

前言.....	II
1 范围.....	1
2 规范性引用文件.....	1
3 术语和定义.....	1
4 配电变压器能效评价方法.....	2
附录 A (资料性附录) 年最大负载损耗小时数 (τ)	5
附录 B (资料性附录) 案例	7

前 言

本标准是根据《国家发展和改革委员会办公厅关于印发 2005 年行业标准项目计划的通知》（发改办工业〔2005〕739 号）文的安排制定的。

本标准提供了一种分析比较配电变压器能效的技术经济评价方法，目的是为了协助配电变压器用户从经济角度更加直观地了解、评判变压器的节能效益。该方法综合考虑了变压器价格、损耗、负荷特点、电价等技术经济指标对变压器经济性的影响，有助于变压器用户全面、正确地认识高效节能变压器的经济性，选择到最经济、合理的配电变压器，并推动高效节能变压器的使用。

本标准参考了国际上的部分标准，在综合分析和考虑我国配电变压器设备应用的实际情况，以及电力行业改革进展情况的基础上，结合我国现行国家及行业标准，提出了适用于我国具体情况的计算公式和参数。

本标准的附录 A、附录 B 为资料性附录。

本标准由中国电力企业联合会提出。

本标准由电力行业变压器标准化技术委员会归口。

本标准由国电动力经济研究中心负责解释。

本标准起草单位：国电动力经济研究中心、国际铜业协会（中国）、国家电网公司武汉高压研究所。

本标准主要起草人：蒋莉萍、王耀华、周胜、赵凯、张淑珍、张国兵。

配电变压器能效技术经济评价导则

1 范围

本标准规定了用于分析比较配电变压器能效的技术经济分析计算方法，可帮助用户对所规定范围的变压器进行合理有效的选择。

本标准适用于单相和三相的干式和油浸式配电变压器。本标准不适用于 10kVA 以下的油浸式变压器、15kVA 以下的干式变压器、牵引变压器、改造的变压器、试验变压器等。

2 规范性引用文件

下列文件中的条款通过本标准的引用而成为本标准的条款。凡是注日期的引用文件，其随后所有的修改单（不包括勘误的内容）或修订版均不适用于本标准，然而，鼓励根据本标准达成协议的各方研究是否可使用这些文件的最新版本。凡是不注日期的引用文件，其最新版本适用于本标准。

GB 1094.1—1996 电力变压器 第一部分 总则（eqv IEC 60076—1:1993）

GB 1094.2—1996 电力变压器 第二部分 温升（eqv IEC 60076—2:1993）

GB 6450—1986 干式电力变压器（eqv IEC 60726:1982）

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本标准。

3.1

配电变压器 distribution transformer

由较高电压降至最末级配电电压，直接做配电用的电力变压器。

3.2

变压器经济使用期 economic lifetime of distribution transformer

变压器用户对所选用配电变压器经济运行年限的预期。作技术经济评价分析计算时，一般采用 20 年。

3.3

等效初始费用 Equivalent First Cost, EFC

将变压器经济使用期的年度费用贴现到某一基准年（通常取变压器投运年份）的现值费用。

3.4

总拥有费用 Total Owning Cost, TOC

变压器的总拥有费用是指配电变压器在其整个经济使用期内的所有投资及运行费用之总和。包括配电变压器的初始投资（包括设备购置费用及安装调试费用等）和在其整个经济使用期内将要支付的电气损耗费用（包括变压器因空载损耗和负载损耗所引起的运行费用）的等效初始费用。

3.5

总拥有费用法 TOC method

通过分析计算各可行技术方案下的变压器总拥有费用，选择费用最少的方案作为最佳经济方案的分析方法。

3.6

年贴现率 i

反映投资者对所欲投资项目的预期收益，或对投资回报的基本期望值。该值通常应高于银行的现行

贷款利率（至少不低于贷款利率）。

年贴现率可根据投资者对投资回报的期望进行取值，包括对未来通货膨胀的综合考虑；也可参照国家发布的行业基准贴现率取值。

3.7

变压器年带电小时数 H_{py}

指变压器一年中接入电网的时间。通常取 8760h，但也有例外，例如带排灌负荷的变压器，这种变压器在一年中有可能部分时间不带电，因此其实际带电小时数小于 8760。

3.8

变压器负载系数 β

指变压器的年平均负载与额定容量之比值。

3.9

年负荷等效系数 PL

将变压器经济使用期各年负载等效到计算基准年的等效系数。该系数的计算公式见本标准的式(5)。

3.10

变压器高峰负载同时系数 RF

反映变压器负载与其所在电网最大负荷的分散度指标。指系统出现年最大高峰负荷时的变压器负载值与变压器自身的年最大负载值之比。该系数之值小于或等于 1。

3.11

年最大负载利用小时数 T_{max}

指变压器一年中输送的电能 (kWh) 与其年尖峰负载 (kW) 之比。

3.12

年最大负载损耗小时数 τ

指变压器的年电能损耗量 (kWh) 与一年中所发生的最大损耗 (kW) 之比。

3.13

负载损耗的温度校正系数 k_t

将负载损耗校正到特定参考温度下的系数。

4 配电变压器能效评价方法

配电变压器能效技术经济评价通过综合计算配电变压器设备的初始投资，以及经济使用期内各年因空载损耗和负载损耗所产生的损耗费用等，对技术上可行的备选方案进行综合分析比较，筛选推荐出技术可行、经济最优的方案（即计算期总费用最小的变压器）。

4.1 配电变压器能效评价方法及基本计算公式

4.1.1 对配电变压器进行能效经济评价，可采用综合考虑其初始投资和在其经济使用期内将要支付的电气损耗费用的综合能效费用法（TOC 方法）。

4.1.2 配电变压器的综合能效费用（ TOC_{EFC} ）包括：配电变压器的初始费用（ CI ）、空载损耗的等效初始费用（ P_{0EFC} ）和负载损耗的等效初始费用（ P_{kEFC} ），其计算表达式为

$$TOC_{EFC}=CI+P_{0EFC}+P_{kEFC}$$

或

$$TOC_{EFC}=CI+(AP_0+BP_k)/1000 \quad (1)$$

式中：

TOC_{EFC} —— 配电变压器的综合能效费用，元；

CI —— 配电变压器设备初始费用，元。对于新项目， CI 采用设备价格即可；对于更换变压器项目， CI 应包括设备价格、运输、安装费用等；

- P_{0EFC} —— 变压器空载损耗的等效初始费用, 元;
 P_{kEFC} —— 变压器负载损耗的等效初始费用, 元;
 P_0 —— 变压器额定空载损耗, W;
 P_k —— 变压器额定负载损耗, W;
 A —— 单位空载损耗的等效初始费用, 元/kW;
 B —— 单位负载损耗的等效初始费用, 元/kW。

4.1.3 配电变压器单位空载损耗的等效初始费用 A 系数是指在整个配电变压器经济使用期内, 每单位千瓦空载损耗所引起的费用总支出的贴现值。

4.1.4 配电变压器的单位负载损耗等效初始费用 B 系数是指在整个配电变压器经济使用期内, 每单位千瓦负载损耗所引起的费用总支出的贴现值。

4.1.5 对供电企业和一般工、商业企业而言, A 、 B 系数的计算公式及参数选取略有不同, 分别见本标准 4.2 和 4.3。

4.2 供电企业的 A 、 B 系数计算公式

4.2.1 计算供电企业配电变压器的损耗费用, 应根据变压器经济使用期间供电企业的平均购电成本和其电网的网络扩展平均增量费用来确定。

4.2.2 供电企业平均购电成本是指在变压器经济使用期内, 供电企业向发电企业以及输电企业采购电力的平均综合购电成本。应根据变压器经济使用期间供电企业所在地区的电力市场运行模式、短期及长期购售电合同等情况进行分析预测。

4.2.3 电网平均增量费用指变压器经济使用期间, 供电企业因电网扩展所产生的单位增量容量的平均年费用, 包括新增资产的财务费用、税费、保险费、运行维护费、调试费等。供电企业的电力负荷特性、预计的系统最大负荷、系统维护、可靠性、现有和未来的电力供需平衡情况等是影响供电企业网络扩展平均增量费用的主要因素。

4.2.4 单位空载损耗等效初始费用 (A 系数) 的计算公式。

供电企业的单位空载损耗等效初始费用 A 系数 (元/kW) 的简易计算公式如下

$$A = k_{pv} \times (E_{en} \times H_{py} + E_{ca}) \times (1 + L) \quad (2)$$

其中

$$k_{pv} = \{1 - [1/(1+i)]^n\} / i \quad (3)$$

式中:

- k_{pv} —— 贴现率为 i 的连续 n 年年费用现值系数;
 i —— 年贴现率;
 n —— 配电变压器经济使用期年数;
 E_{en} —— 供电企业平均购电成本, 元/kWh;
 E_{ca} —— 供电网平均年增量费用, 元/kW;
 H_{py} —— 配电变压器的年带电小时数, 通常取 8760h;
 L —— 供电网的附加损耗系数。

4.2.5 单位负载损耗等效初始费用 (B 系数)。

供电企业的单位负载损耗等效初始费用 B 系数 (元/kW) 的简易计算公式如下

$$B = (E_{en} \times \tau + E_{ca} \times RF^2) \times PL^2 \times (1 + L) \times k_t \quad (4)$$

式中:

- RF —— 变压器高峰负载同时系数;
 τ —— 年最大负载损耗小时数, h;
 k_t —— 变压器的温度校正系数; 根据电力变压器标准 GB 1094.1~1094.2—1996 和干式变压器标准

GB 6450—1986, 可以认为我国变压器(油浸式和干式)铭牌上所标示的额定负载损耗、短路阻抗均为按照其绝缘耐热等级校正到相应的参考温度下的数值, 因此温度校正系数可取为 1.0。

L ——供电网的附加损耗系数;

PL ——变压器经济使用期间的年负荷等效系数。由于变压器负载损耗随变压器负载成平方关系变化, 所以在 B 系数的计算公式中 PL 以平方表示。 PL^2 的计算公式为(假设变压器在经济使用期内不需要因负荷增长太快而被更换)

$$PL^2 = \sum_{j=1}^n \{ [\beta_0 \times (1+g)^{(j-1)}]^2 \times 1/(1+i)^j \}$$

$$= \frac{\beta_0^2}{(1+i)^n} \times \frac{(1+i)^n - (1+g)^{2n}}{(1+i) - (1+g)^2} \quad (5)$$

式中:

n ——变压器的经济使用期年数;

β_0 ——变压器的初始负载系数, 标么值;

g ——变压器最大负荷年均增长率(预测值);

i ——年贴现率。

当 $g=0$ (即认为变压器经济使用期内负载不变) 时, $PL^2 = k_{pv} \times \beta_0^2$ 。

4.3 工业商业企业配电变压器的 A 、 B 系数计算公式

4.3.1 单位空载损耗等效初始费用 (A 系数)。

工业商业企业配电变压器的单位空载损耗等效初始费用或 A 系数(元/kW) 主要与电价有关, 其简易计算公式如下

$$A = k_{pv} \times (E_e \times H_{py} + E_c \times 12) \quad (6)$$

式中:

k_{pv} ——现值系数, 计算公式同式(3);

E_e ——变压器用户支付的单位容量电费, 即两部制电价中按最大负荷需量收取的月基本电费, 元/kW;

E_c ——变压器用户支付的单位电量电费, 元/kWh;

H_{py} ——变压器年带电小时数, 通常为 8760h。

4.3.2 单位负载损耗等效初始费用 (B 系数)。

工业商业企业配电变压器的单位负载损耗等效初始费用或 B 系数(元/kW), 除与电价有关外, 还与变压器所带负荷的负载特征有关。其简易计算公式如下

$$B = (E_e \times \tau + E_c \times 12) \times PL^2 \times k_t \quad (7)$$

式中:

PL ——变压器经济使用期间的年负载等效系数。 PL^2 的计算公式同式(5);

E_e ——变压器用户支付的单位容量电费, 即两部制电价中按最大负荷需量收取的月基本电费, 元/kW;

E_c ——变压器用户支付的单位电度电费, 元/kWh;

τ ——年最大负载损耗小时数, h;

k_t ——变压器的温度校正系数, 通常取 1.0。

附录 A
(资料性附录)
年最大负载损耗小时数 (τ)

A.1 年最大负载损耗小时数

年最大负载损耗小时数可根据变压器的年最大负载利用小时 T_{\max} 和功率因素 $\cos \phi$ 确定。不同功率因素 ($\cos \phi$) 及年最大负载利用小时数 (T_{\max}) 情况下的年最大负载损耗小时数 (τ) 取值, 以及不同用电行业的最大负载利用小时数 (T_{\max}) 与年最大负载损耗小时数 (τ) 的典型值分别见表 A.1 和表 A.2, T_{\max} 与 τ 的关系图如图 A.1 所示。

表 A.1 不同功率因数及年最大负载利用小时数下的年最大负载损耗小时数 (τ)

T_{\max} h	1000	2000	3000	4000	5000	6000	7000	8000
$\cos \phi = 0.80$	950	1500	2000	2750	3600	4650	5950	7400
$\cos \phi = 0.85$	900	1200	1800	2600	3500	4600	5900	7380
$\cos \phi = 0.9$	750	1000	1600	2400	3400	4500	5800	7350
$\cos \phi = 0.95$	600	800	1400	2200	3200	4350	5700	7300
$\cos \phi = 1.0$	300	700	1250	2000	3000	4200	5600	7250

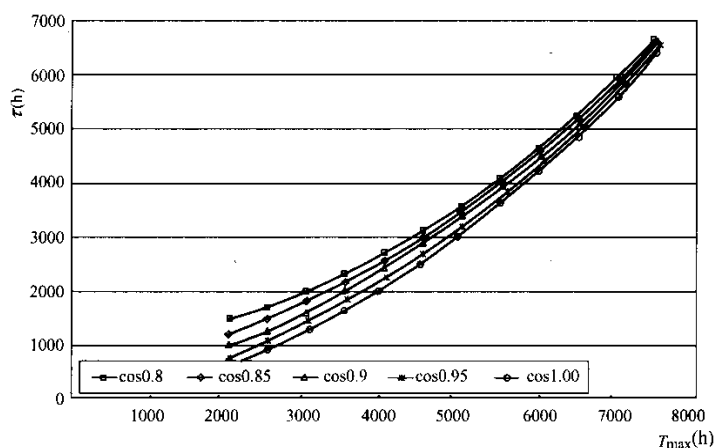


图 A.1 T_{\max} 与 τ 关系图

表 A.2 不同用电行业的最大负荷利用小时数与年最大负载损耗小时数的典型值

行业名称	T_{\max}	τ ($\cos \phi = 0.9$)
有色电解	7500	6550
化工	7300	6375
石油	7000	5800
有色冶炼	6800	5500
黑色冶炼	6500	5100
纺织	6000	4500
有色采选	5800	4350
机械制造	5000	3400
食品工业	4500	2900
农村企业	3500	2000
农业灌溉	2800	1600
城市生活	2500	1250
农村照明	1500	750

附录 B
(资料性附录)
案 例

B.1 案例分析

案例：假设一有色冶炼企业准备安装一台容量为 800kVA 的配电变压器，在型号 A、型号 B 与型号 C 变压器中进行选择。该企业是采用三班制生产，变压器负载率为 75%。

采用本标准介绍的 TOC 法进行分析的步骤如下：

步骤一：确定相关技术经济参数

1) 根据三款变压器的铭牌，获得其基本技术参数，见表 B.1。

表 B.1 技术参数

	单位	型号 A	型号 B	型号 C
变压器额定容量	kVA	800	800	800
空载有功损耗	W	1400	980	300
负载有功损耗	W	7500	7500	7500

2) 根据业主的考虑，确定对变压器使用年限、回报期望以及未来负荷增长情况；根据企业所在地区的电价结构及变压器厂家报价，确定相关经济参数，见表 B.2。

表 B.2 经济参数

	单位	型号 A	型号 B	型号 C
变压器初始费用（价格）	元	63640	70004	79550
使用年限	年	20		
贴现率		8.00%		
负荷增长率		0%		
月容量电费	元/kW	20		
电度电费	元/kWh	0.4		

3) 根据企业性质及生产安排等各方面情况，确定基本运行参数见表 B.3（可参考附录 A）。

表 B.3 运行参数

	单位	型号 A	型号 B	型号 C
变压器负载率		0.75		
年带电小时数	h	8760		
年最大负载利用小时	h	6800		
功率因数		0.9		
年最大负载损耗小时	h	5500		

步骤二：分析计算

- 1) 根据式 (3) 计算得到现值系数 k_{pv} ，为 9.8181474；
- 2) 根据式 (6) 计算得到 A 系数，为 36759.14 元/kW；
- 3) 根据式 (7) 计算得到 B 系数，为 13475.41 元/kW；
- 4) 根据式 (1) 计算得到型号 A、型号 B 及型号 C 变压器的 TOC 值，分别为 216168 元、207094 元和 191643 元。

步骤三：根据分析结果进行方案选择

- 1) 根据以上分析可以看出，型号 C 和型号 B 变压器的 TOC 值均比型号 A 变压器低。该计算结果意味着：尽管型号 C 和型号 B 变压器比型号 A 变压器的价格分别贵 25% 和 10%，但由于型号 C 变压器和型号 B 变压器的空载损耗比较低，因此每年因损耗而支付的运行费用比型号 A 少。从 20 年长期运行的综合经济效益来看，如果采用型号 C 变压器或型号 B 变压器，企业为变压器的运行总费用支出比采用型号 A 变压器节省。因此，
 - 选择型号 C 变压器或型号 B 变压器比型号 A 经济合理；
 - 型号 C 变压器比型号 B 变压器的经济性更好。
 - 2) 敏感性分析一：假设业主对回报的期望提高到 12%，型号 C 变压器及型号 B 变压器的 TOC 值仍比型号 A 低。因此，选择型号 C 变压器或型号 B 仍是经济合理的。
 - 3) 敏感性分析二：假设该企业的用电价格下降为月容量电费 15 元/kW，电量电费下降到 0.20 元/kWh，型号 C 变压器和型号 B 变压器的 TOC 值仍比型号 A 低。因此，选择型号 C 变压器或型号 B 是经济合理的。
 - 4) 在上述基本技术经济参数情况下，只要型号 C 变压器价格比型号 B 变压器价格不高于 63%，型号 C 变压器相对于型号 B 变压器是经济的；
 - 5) 在上述基本技术经济参数情况下，只要型号 C 变压器价格比型号 A 变压器价格不高于 24%，型号 B 变压器相对于型号 A 变压器是经济的；
 - 6) 综合各方面分析认为：
 - 选择型号 C 变压器或型号 B 变压器比型号 A 变压器经济合理；
 - 型号 C 变压器的经济性最好。
-