ICS 29.180
CCS K41

DL

中华人民共和国电力行业标准

DL/T 985—2022
代替DL/T 985—2012

配电变压器能效技术经济评价导则

Guideline for the technical and economic evaluation of distribution transformer's energy efficiency

2022-05-13发布　　2022-11-13实施

国家能源局　发布

目　　次

前言 ..... Ⅱ
引言 ..... Ⅲ
1 范 围 1
2 规范性引用文件 1
3 术语和定义 1
4 符 号 4
5 总体要求 4
6 供电企业配电变压器综合能效费用计算 5
7 非供电企业的配电变压器综合能效费用计算 6
8 综合能效费用评价方法应用 7
附录A（资料性） 费用现值系数 ky 取 值 11
附录B（资料性） 年最大负载损耗小时数z 的计算与取值 12
附录C（资料性） 应用案例 16
附录 D（资料性） 计算软件操作方法 24
参考文献 26

扫码免费兑换电子书

前　言

本文件按照 GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

本文件代替 DL/T985—2012《 配电变压器能效技术经济评价导则》,与 DL/T 985—2012相比，除结构调整和编辑性改动外，主要技术变化如下：

a) 修改了部分术语和定义(见3.2、3.5);
b) 增加了部分术语和定义(见3.17～3.24);
c) 修改了第4章符号和缩略语；
d) 增加了总体要求和评价流程图(见第5章);
e) 增加了4种应用方式和简化计算(见第8章);
f) 调整了计算案例(见附录C);
g) 增加了软件使用的介绍(见附录 D);
h) 增加了参考文献。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由中国电力企业联合会提出。

本文件由电力行业电力变压器标准化技术委员会 (DL/TC02) 归口。

本文件起草单位：国际铜专业协会、中国电力科学研究院有限公司、国网物资有限公司、国网河北省电力有限公司电力科学研究院、上海置信电气有限公司、深圳供电规划设计院有限公司、明珠电气股份有限公司、深圳供电局有限公司、西电济南变压器股份有限公司、清华大学深圳国际研究生院、北京科锐配电自动化股份有限公司、山东电力设备有限公司、宝山钢铁股份有限公司、特变电工股份有限公司新疆变压器厂、国网能源研究院有限公司、广西电网有限责任公司电力科学研究院、广东电网有限责任公司广州供电局电力试验研究院、国网电力科学研究院武汉南瑞有限责任公司、国网河南省电力公司、国网江苏省电力有限公司、中国建筑标准设计研究院有限公司、海鸿电气有限公司、特变电工沈阳变压器集团有限公司、特变电工湖南电气有限公司。

本文件主要起草人：张凌宇、蔡胜伟、赵晓林、陈金猛、赵军、凌健、蒋浩、唐金权、廖姗姗、顾建伟、何东升、江春惠、宋述兵、胡卓超、刘波、马捷、郭丽娟、尹旷、刘飞、万涛、童充、徐玲献、梁庆宁、孙希龙、许建军。

本文件及其所代替文件的历次版本发布情况为：

____2005年首次发布为 DL/T985—2005,2012 年为第一次修订

——本次为第二次修订。

本文件在执行过程中的意见或建议反馈至中国电力企业联合会标准化管理中心(北京市白广路二条一号，100761)。

引　言

本文件提供了一种用于分析和比较配电变压器能效的技术经济评价方法，目的是指导配电变压器用户从经济角度更加直观地了解、评判配电变压器的节能效益。该方法综合考虑了配电变压器价格、损耗、负荷特点、电价等技术经济指标对其经济性的影响，起到指导用户全面、正确地认识高效节能配电变压器的经济性，选择更为经济、合理的配电变压器的作用。

本文件参考了国外能效费用评价方法，并结合我国现行国家及行业标准，在综合分析和考虑我国配电变压器设备应用实际情况，同时在上一版的基础上简化计算和增加应用方式，以方便用户进行配电变压器能效的选择与经济评价。

本文件的配套评价软件免费提供使用，请登录中国电力企业联合会官网 (cec.org.cn)下载软件，也可向电力行业电力变压器标准化技术委员会秘书处免费索取。

配电变压器能效技术经济评价导则

1 范围

本文件确立了配电变压器能效技术经济评价的总体原则并提供了综合能效费用计算的指导。

本文件适用于35 kV 及以下电压等级干式和油浸式配电变压器能效技术经济评价。

本文件不适用于牵引变压器、试验变压器和接地变压器。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本(包括所有的修改单)适用于本文件。

GB/T1094.1 电力变压器 第1部分：总则

GB/T1094.2 电力变压器 第2部分：液浸式变压器的温升

GB/T1094.11 电力变压器 第11部分：干式变压器

GB/T2900.95 电工术语 变压器、调压器和电抗器

3 术语和定义

GB/T1094.1 和GB/T2900.95 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

综合能效费用 total owning cost

TOC

配电变压器的初始投资和在其使用期内损耗费用贴现值(即等效初始费用)之和。

注：综合能效费用用“元”表示。

3.2

配电变压器使用期 lifetime of distribution transformer

用户对所选用配电变压器运行年限的预期。

注：技术经济评价分析计算时，可参照产品设计寿命或用户技术要求；本文件按20年计算。

3.3

设备初始费用 procurement price

C_0

配电变压器采购时的销售标价或在运配电变压器按平均年限折旧后的现值。

注1:在运配电变压器现值仅用于本文件中老旧设备替换的评价。

注2: 设备初始费用用“元”表示。

3.4

损耗等效初始费用 equivalent first cost for total life loss

将配电变压器使用期(3.2)各年度损耗费用贴现到配电变压器基准年(3.5)的现值费用之和。

3.5

基准年 base year

配电变压器投运的第一年。

3.6

空载损耗等效初始费用系数 equivalent cost coefficient of total non-load loss

A

配电变压器每千瓦空载损耗产生的等效初始费用值。

注：空载损耗等效初始费用系数用“元/kW”表示。

3.7

负载损耗等效初始费用系数 equivalent cost coefficient of total load loss

B

配电变压器每千瓦负载损耗产生的等效初始费用值。

注：负载损耗等效初始费用系数用“元/kW”表示。

3.8

配电变压器年带电小时数 annual operation hours of transformer

Hpy

配电变压器一年中接入电网的时间。

注：配电变压器年带电小时数用“h” 表示。

3.9

年最大负载利用小时数 operation hours at annual peak load

Tmax

配电变压器一年中输送的电能 (kWh) 与其年高峰负载 (kW) 之比。

注：年最大负载利用小时数用“h” 表示。

3.10

年最大负载损耗小时数 load loss hours at annual peak load

T

配电变压器负载损耗的年电能损耗量 (kWh) 与其年高峰负载率时发生的负载损耗 (kW) 之比。

注：年最大负载损耗小时数用“h” 表示。

3.11

配电变压器负载率 loading rate of transformer

β

配电变压器的负载电流与额定电流比值。

注：配电变压器负载率用“%”表示。

3.12

年均增长率 average annual growth rate

g

配电变压器年高峰负载在使用期的每年平均增长率。

注1:年均增长率是对未来负荷增长的预测，可参照历史年度的负荷增长变化估算。

注2: 年均增长率用“%”表示。

3.13

年负载等效系数 equivalent coefficient of annual load

Pt

将配电变压器使用期(3.2)各年高峰负载率等效到基准年(3.5)(使用的第一年)的等效系数。

注：年高峰负载率是高峰时段负载率的平均值，且计及年贴现率(3.14)。

3.14

年贴现率 annual discount rate

反映投资者对所投资项目的预期收益，或对投资回报的基本期望值。

注1: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。

注2:年贴现率用“%”表示。

3.15

费用现值系数 cost present value coefficient

kpv

将未来不同时期的费用折算为基准年(3.5)的现时价值。

注：计算配电变压器运行损耗费用时，必须计及费用(资金)的时间价值。计算中把配电变压器经济寿命期内不同时间发生的成本，逐一按折现系数折算成基准年上的成本。

3.16

负载损耗的温度校正系数 temperature correction index of load loss

k_1

将负载损耗校正到规定参考温度下的系数。

3.17

经**济容量 economical capacity**

在配电变压器运行期内综合能效费用(3.1)最小的配电变压器额定容量。

[来源： GB/T13462—2008,3.14, 有修改]

3.18

基本电费 basic electricity fee

非供电企业采用的两部制电价中缴纳电费的一种方式，按变压器容量或最大需量计费，由用户选择。

3.19

最大需量基本电费 basic electricity fee based on maximum demand

Ea

计量在一定结算期内(一般为一个月)某一段时间用电的平均功率，并按其最大一次指示值作为这一结算期应缴纳的月基本电费。

注：最大需量基本电费用“元/kW”表示。

3.20

容量基本电费 basic electricity fee based on rated transformer capacity

Ec

按用户变压器容量收取的月基本电费。

注：容量基本电费用“元/kVA”表示。

3.21

电量电费 electric energy price

用户按照实际发生的交易电量计费的电价。

3.22

售电电价 electric energy price

电网经营企业对终端用户销售电能的价格。

3.23

平均年限折旧法 straight-line depreciation of value

按预计折旧年限平均计提固定资产折旧的方法。

3.24

投资回收年限 payback years

购买高效变压器或改造老旧变压器，回收所增加的采购费用所需要的年限。

4 符号

下列符号适用于本文件。

符号含义与单位的相关信息见表1。

表 1 符号含义与单位

符号	含义	单位
P_O	配电变压器基准年高峰负载率	%
E_o	单位电量电费	元/kWh
E	供电企业平均售电单价	元/kWh
K_O	无功经济当量	
n	配电变压器使用期年数	年
P_o	配电变压器额定空载损耗	kW
P	配电变压器额定负载损耗	kW

5 总体要求

5.1 评价原则

通过计算配电变压器使用期的综合能效费用，对技术上可行的备选方案分析与比较，筛选出技术可行、经济最优的能效方案，即选出使用期综合能效费用最小的配电变压器。

评价方法应按供电企业或非供电企业计算。

5.2 评价方法

综合能效费用应包括配电变压器初始投资和使用期内的运营成本。初始投资包括配电变压器采购价格、运输安装调试费用，本文件简化为配电变压器采购价格；使用期内的运营成本包括电网系统与设备运行损耗费用、检测试验和维修费用，本文件简化为配电变压器使用期内空载损耗费用和负载损耗费用贴现到基准年的损耗电费之和。

综合能效费用计算的通用方法按公式(1)：

$$TOC=C_0+A\times FB+B\times R \quad \text{.....(1)}$$

系数A、B的计算方法应按用户类型，其取值与配电变压器运行参数和经济参数有关。运行参数应包括基准年的年高峰负载率、年负荷增长率、运行年限、年最大负载利用小时数和年最大负载损耗小时数；经济参数应包括年贴现率、电费、购电缴费方式和购电成本。

5.3 评价流程

综合能效费用应按供电企业或非供电企业分别评价计算，评价流程如图1所示。

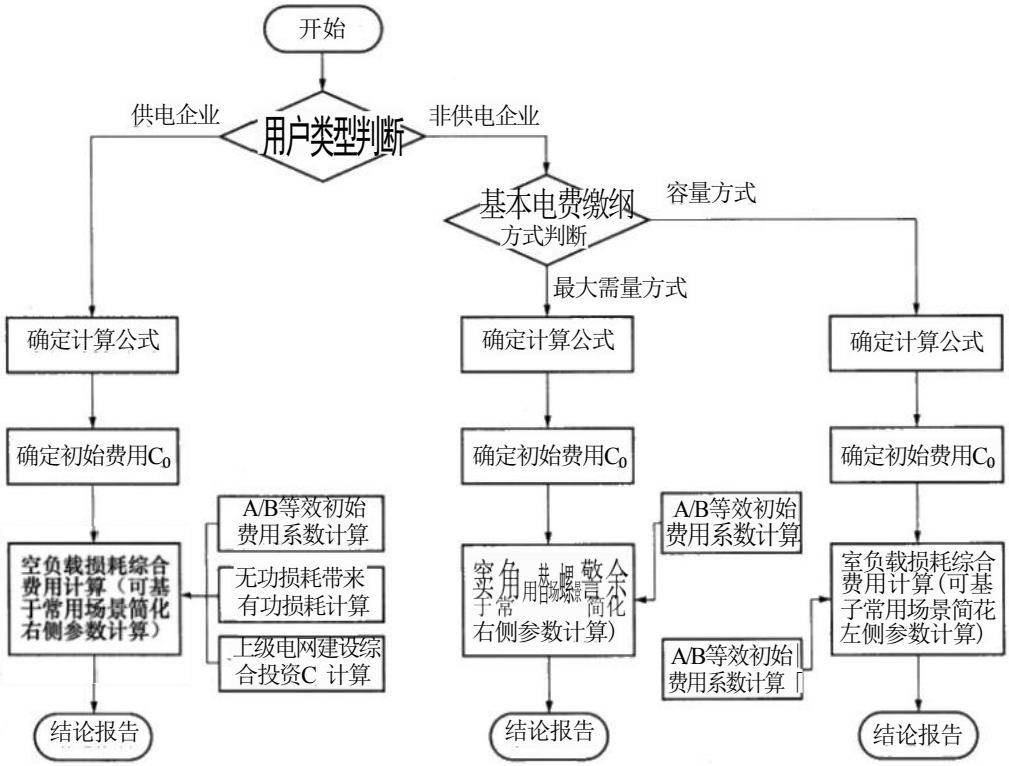

图 1 评价流程图

6 供电企业配电变压器综合能效费用计算

6.1 计算方法

由通用公式(1)扩展，综合能效费用包括配电变压器的采购价格、空载损耗等效初始费用、负载损耗等效初始费用，并包含无功带来的有功损耗和由配电变压器损耗增加的上级电网综合投资。计算方法按公式(2)：

$$TOC=C_0+A\times(PB+Ko\times I_0\times S_0)+B\times(R+K_0\times Ur\times S)+C. \ldots \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots(2)$$

式中：

TOC_1——供电企业综合能效费用，单位为元；

I_0 ——配电变压器额定空载电流，单位为百分比(%)；

U_4 ——配电变压器额定短路阻抗，单位为百分比(%)；

s。 ——配电变压器额定容量，单位为千伏安(kVA)；

C ——因配电变压器损耗增加的上级电网建设综合投资，单位为元。

系数A和系数B 的取值按公式(3)和公式(5)计算。

无功经济当量Kg按照配电变压器在电网中的位置取值，10kV 配电变压器按0.05≤Kφ≤0.1 范围取值，35kV配电变压器按0.02≤Kφ≤0.05 范围取值。

配电变压器损耗增加的上级电网建设综合投资 Cy按公式(8)计算。

6.2 等效初始费用系数 A、B计算

6.2.1 系数A 计算方法

空载损耗等效初始费用系数A 计算方法按公式(3)：

$$A=k\sim\times E\times H\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots(3)$$

其中：

$$k_{pv}=\frac{1-[1/(1+i)]^n}{i} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots (4)$$

可近似采用平均售电单价 (E)　代替供电企业平均购电成本和供电网年平均增量费用计算配电变压器的损耗费用。

贴现率kw的查询法取值见附录A。

6.2.2　系数B计算方法

负载损耗等效初始费用系数 B计算方法按公式(5)：

$$B=E_{es}\times\tau\times P_L^2\times k_t \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots (5)$$

年最大负载损耗小时数r 的计算示例见附录 B 或参考其他传统计算方法。

负载损耗的温度校正系数k,按 GB/T 1094.1、GB/T 1094.2和 GB/T 1094.11 校正到相应的参考温度下的数值，可取1.0。

配电变压器使用期的年负载等效系数 PL以平方表示，假设配电变压器在使用期内不因负荷增长太快而被更换， P^2 按公式(6)计算：

$$P_L^2=\sum_{j=1}^{n}\{[\beta_0\times(1+g)^{j-1}]^2\times[1/(1+i)^j]\}=\frac{\beta_0^2}{(1+i)^n}\times\frac{(1+i)^n-(1+g)^{2n}}{(1+i)-(1+g)^2} \quad \cdots\cdots\cdots (6)$$

当配电变压器高峰负载年均增长率g=0, 即认为配电变压器使用期内负荷不变时，可简化，计算方法按公式(7)：

$$P_L^2=k_{pv}\times\beta_0^2 \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots (7)$$

6.3　配电变压器损耗增加的上级电网建设综合投资 Cy计算

由配电变压器损耗引起的上级电网建设综合投资 Cx计算方法按公式(8)：

$$C_4=Co\times[(R+K_0\times l_0\times S.)+B^2\times(R+K_0\times U_1\times S,] \quad \cdots\cdots\cdots\cdots (8)$$

式中：

C。——本企业上级电网建设单位容量综合投资，单位为元每千瓦(元/kW)。

上级电网建设单位容量综合投资Ck 可参照本企业投资数据；本文件按3000元kW 取值。

7　非供电企业的配电变压器综合能效费用计算

7.1　一般要求

非供电企业的配电变压器使用期综合能效费用应包括配电变压器的采购价格、空载损耗等效初始费用、负载损耗等效初始费用。

综合能效费用应按最大需量缴纳基本电费或按配电变压器容量缴纳基本电费的方式计算。

7.2　按最大需量缴纳基本电费的综合能效费用计算

7.2.1　计算方法

与通用公式(1)相同，综合能效费用计算方法按公式(9)：

$$TOC_2=C_0+A\times B+B\times R \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots (9)$$

式中：

TOC, ——非供电企业按最大需量缴纳基本电费的综合能效费用，单位为元。

系数A 和系数B 的取值按最大需量缴纳基本电费方式，计算方法按公式(10)和公式(11)。

7.2.2 系 数A 计算方法

空载损耗等效初始费用系数 A 计算方法按公式(10):

$$A=k\times(E_2\times H+E_4\times 12) \quad (10)$$

7.2.3 系 数B 计算方法

负载损耗等效初始费用系数B 计算方法按公式(11):

$$B=(E_e\times\tau+E_d\times 12)\times P_L^2\times k_t \quad (11)$$

年最大负载损耗小时数r 的计算示例见附录B 或参考其他传统计算方法。

配电变压器使用期的年负载等效系数 P 以平方表示，计算方法按公式(6)或公式(7)。

7.3 按配电变压器容量缴纳基本电费的综合能效费用计算

7.3.1 计算方法

由通用公式(1)扩展，容量电费分开计入，综合能效费用计算方法按公式(12):

$$TOC_3=C_0+A\times P+B\times R+k\times E\times S\times 12 \quad (12)$$

式中:

TOC_3——非供电企业按配电变压器容量缴纳基本电费的综合能效费用，单位为元;

S 。—— 配电变压器额定容量，单位为千伏安(kVA)。

系数A 和系数B 的取值按配电变压器容量缴纳基本电费方式，计算方法按公式(13)和公式(14)。

贴现率 kw按公式(4)计算或见附录A 的查询法取值。

7.3.2 系数A 计算方法

空载损耗等效初始费用系数A 计算方法按公式(13):

$$A=k_7\times E\times H \quad (13)$$

7.3.3 系 数B 计算方法

负载损耗等效初始费用系数B 计算方法按公式(14):

$$B=E_e\times\tau\times P_L^2\times k_t \quad (14)$$

年最大负载损耗小时数z 的计算示例见附录B 或参考其他传统计算方法。

配电变压器使用期的年负载等效系数 P 以平方表示，计算方法按公式(6)或公式(7)。

8 综合能效费用评价方法应用

8.1 常用方式

综合能效费用评价可应用于配电变压器不同损耗系列的选择比较、配电变压器经济容量的选择、老旧配电变压器更换决策，以及投资回收年限计算，其他应用方式可参考。

8.2 配电变压器不同损耗系列选择

8.2.1 一般要求

此方式应在相同容量下比较不同损耗系列，选择综合费用最小的方案。

8.2.2 通用方法

供电企业计算方法按公式(2)。

非供电企业计算方法按公式(9)或公式(12)。示例见附录C 中的C.1.1和 C.1.2。

8.2.3 简化计算

当两两方案比较时，可计算采购价格和空、负载损耗等效初始费用之差，计算方法按公式(15):

$$ATOC=\triangle C_0+A\times\triangle P+B\times\triangle R \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots(15)$$

式中：

AC_0——设备采购价格差价，单位为元；

△R;——配电变压器额定空载损耗差值，单位为千瓦 (kW);

AR——配电变压器额定负载损耗差值，单位为千瓦 (kW)。

供电企业的无功损耗和配电变压器损耗增加的上级电网综合投资可省略。示例见附录C 中的C.1.3。

系数 A 的计算方法，供电企业按公式(3);非供电企业按最大需量缴纳基本电费的按公式(10)，按配电变压器容量缴纳基本电费的按公式(13)。

系数 B的计算方法，供电企业按公式(5);非供电企业按最大需量缴纳基本电费的按公式(11)，按配电变压器容量缴纳基本电费的按公式(14)。

8.3 配电变压器经济容量选择

8.3.1 一般要求

此方式可在相同损耗系列下比较不同容量，选择综合费用最小的方案。

8.3.2 通用方法

供电企业计算方法按公式(2);示例见附录C 中的C.2。

非供电企业按基本电费缴费方式，计算方法按公式(9)或公式(12)。

8.4 老旧配电变压器更新评价

8.4.1 一般要求

在对已运行但未满经济使用年限的配电变压器更新决策时，应根据已运行配电变压器可继续使用年限，对配电变压器初始费用 (Co) 折旧，并计算新配电变压器与已运行配电变压器的综合能效费用，选择综合费用最小的方案。

8.4.2 通用方法

供电企业计算方法按公式(2);示例见附录C 中的C.3。

非供电企业按基本电费缴费方式，计算方法按公式(9)或公式(12)。

8.4.3 老旧配电变压器初始费用取值

已运行配电变压器的初始费用，取已运行配电变压器当前所剩价值，符合平均年限折旧法，计算方法按公式(16):

$$C_0=V_0\times\frac{n_r}{n} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots(16)$$

式中：

V_o—— 已运行配电变压器的购置费用，单位为元；

n_1—— 已运行配电变压器可继续使用的年限，单位为年。

8.4.4 新配电变压器初始费用取值

拟更新的新配电变压器初始费用，取新配电变压器在 n_1 年内所消耗的价值，符合平均年限折旧法，计算方法按公式(17)：

$$C_0 = V_N \times \frac{n_r}{n} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (17)$$

式中：

V—— 新配电变压器的购置费用，单位为元。

8.5 投资回收年限计算

8.5.1 一般要求

用于上述三种应用的辅助评价，按计及资金时间价值或不计及资金时间价值两种方式计算。

8.5.2 不计及资金时间价值的计算

按用户类型和电费缴纳方式，计算方法应符合下列规定：

a) 供电企业和按最大需量缴纳基本电费的非供电企业，在相同变压器容量下，按公式(18)计算：

$$N = \frac{\Delta C_0 \times k_{pv}}{A \times \Delta P_0 + B \times \Delta P_k} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (18)$$

式中：

N ——不考虑资金时间价值的投资回收年限(绝对值)，单位为年；

△C。——两方案的设备初始费用差价，单位为元；

△P,——配电变压器额定空载损耗差值，单位为千瓦 (kW);

△P—— 配电变压器额定负载损耗差值，单位为千瓦 (kW)。

系数A计算方法，供电企业按公式(3)；非供电企业按最大需量缴纳基本电费的按公式(10)。

系数 B 的计算方法，供电企业按公式(5)；非供电企业按最大需量缴纳基本电费的按公式(11)。当评价方案中的配电变压器容量不同时，系数B 应分开计算，并求取负载损耗等效初始费用的差值。

不计及资金时间价值的回收期计算示例见附录C 中的C.1.4。

b) 按变压器容量缴纳基本电费的非供电企业，按公式(19)计算：

$$N = \frac{\Delta C_0 \times k_{pv}}{A \times \Delta P_0 + B \times \Delta P_k + k_{pv} \times E_c \times \Delta S_e \times 12} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (19)$$

式中：

AS。 ——所比较的配电变压器额定容量之差，单位为千伏安 (kVA)。

系数 A 的计算方法按公式(13)。

系数B 的计算方法按公式(14)。当评价方案中的配电变压器容量不同时，系数B 应分开计算，并求取负载损耗等效初始费用的差值。

8.5.3 计及资金时间价值的计算

考虑资金的时间价值，不考虑通货膨胀，计算方法按公式(20)：

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/798002017041006061