

中华人民共和国国家标准化指导性技术文件

GB/Z 32880.1—2016

电能质量经济性评估 第 1 部分：电力用户的经济性评估方法

Economic evaluation of power quality—
Part 1: Economic evaluation method for the end-users

2016-12-13 发布

2017-07-01 实施

中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局
中国国家标准化管理委员会 发布

目 次

前言 III

1 范围 1

2 术语和定义 1

3 变量说明 3

4 电力用户的电能质量经济性评估原则 6

5 电能质量经济成本 6

6 经济损失评估方法 11

7 电能质量治理方案经济性评估方法 14

8 评估流程 15

9 评估指标 16

附录 A（资料性附录） 资金等值计算公式 18

附录 B（资料性附录） 设备使用寿命模型 19

附录 C（资料性附录） 附加电能损耗与容量计算公式 22

附录 D（资料性附录） 某汽车制造厂 0.4 kV 点焊机系统谐波造成额外电能损耗的计算案例（仅限于配电变压器） 26

附录 E（资料性附录） 某晶圆制造厂电能质量经济性评估案例 32

参考文献 39

前 言

《电能质量经济性评估》分为三个部分：

- 第 1 部分：电力用户的经济性评估方法(GB/Z 32880.1)；
- 第 2 部分：公用配电网的经济性评估方法(GB/Z 32880.2)；
- 第 3 部分：数据收集方法(GB/T 32880.3)。

本部分为《电能质量经济性评估》的第 1 部分。

本部分按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

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这些专利的责任。

本部分由全国电压电流等级和频率标准化技术委员会(SAC/TC 1)提出并归口。

本部分起草单位：华北电力大学、华南理工大学、中机生产力促进中心、安徽大学、台积电(中国)有限公司、国网江苏省电力公司电力科学研究院、国网山西省电力公司电力科学研究院、国际铜业协会、国网上海市电力公司电力科学研究院、中国能源建设集团广东省电力设计研究院、国网河南省电力公司电力科学研究院、国网北京市电力公司电力科学研究院、西安博宇电气有限公司、西南交通大学、南瑞(武汉)电气设备与工程能效测评中心。

本部分主要起草人：陶顺、钟庆、肖湘宁、张苹、朱明星、陆宠惠、翟静、袁晓冬、王金浩、钱叶牛、周健、陈志刚、李琼林、黄炜、刘军成、许国昌、解绍锋、王玥娇、彭旭东。

电能质量经济性评估

第 1 部分：电力用户的经济性评估方法

1 范围

本部分规范了电力用户的电能质量经济性评估原则、经济成本构成、经济损失评估方法、治理方案经济性评估方法、评估流程及评估指标。

本部分对经济损失的评估仅限电能质量问题造成的直接经济损失和电能质量问题造成产品数量减少或形成次品而产生的间接经济损失。

本部分适用于电力用户的电能质量经济性评估。

2 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

2.1

电能质量 power quality; quality of power system

电力系统指定点处的电特性,关系到供用电设备正常工作(或运行)的电压、电流的各种指标偏离基准技术参数的程度。

注：基准技术参数一般是指理想供电状态下的指标值,这些参数可能涉及供电与负荷之间的兼容性。

[GB/T 32507—2016,定义 2.1.1]

2.2

电压暂降 voltage dip (sag)

电力系统中某点工频电压方均根值突然降低至 0.1 p.u.~0.9 p.u.,并在短暂持续 10 ms~1 min 后恢复正常的现象。

注：IEC 标准中规定降低到的范围为 0.01 p.u.~0.9 p.u.。

[GB/T 30137—2013,定义 3.1]

2.3

短时中断 short interruption

电力系统中某点工频电压方均根值突然降低至 0.1 p.u.以下,并在短暂持续 10 ms~1 min 后恢复正常的现象。

[GB/T 30137—2013,定义 3.2]

2.4

谐波(分量) harmonic (component)

对非正弦周期量进行傅里叶级数分解,得到的频率为基波频率整数倍的正弦分量。

[GB/T 32507—2016,定义 2.6.7]

2.5

间谐波(分量) interharmonic (component)

对周期性交流量进行傅里叶级数分解,得到频率不等于基波频率整数倍的分量。

[GB/T 24337—1993,定义 3.6]

2.6

电压波动 voltage fluctuation

基波电压方均根值(有效值)一系列的变动或连续的改变。

[GB/T 12326—2008,定义 3.3]

2.7

闪变 flicker

人对于视觉不稳定的感受,这种视觉不稳定是由于供电电压波动引起光源的照度或频率随时间变化而导致的。

[GB/T 32507—2016,定义 2.5.7]

2.8

电压偏差 deviation of voltage

实际运行电压对系统标称电压的偏差相对值,以百分数表示。

[GB/T 12325—2008,定义 3.4]

2.9

频率偏差 frequency deviation

系统频率的实际值和标称值之差。

[GB/T 15945—2008,定义 2.2]

2.10

暂时过电压 temporary overvoltage

在给定安装点上持续时间较长的不衰减或弱衰减的振荡(以工频或其一定的倍数、分数)的过电压。

[GB/T 18481—2001,定义 3.1.1]

2.11

瞬态过电压 transient overvoltage

持续时间数毫秒或更短,通常带有强阻尼的振荡或非振荡的一种过电压,它可以叠加于暂时过电压上。

[GB/T 18481—2001,定义 3.1.2]

2.12

电压不平衡 voltage unbalance

三相电压在幅值上不同或相位差不是 120° ,或兼而有之。

[GB/T 15543—2008,定义 3.1]

2.13

电能质量经济损失 power quality economic loss

电能质量问题对系统运行、社会经济活动造成的直接及间接的经济损失。

[GB/T 32507—2016,定义 3.2]

2.14

电能质量经济成本 power quality economic cost

因电能质量问题影响及其监测、治理所形成的成本,包括电能质量经济损失、监测成本和治理成本。

2.15

电能质量经济性评估 power quality economic assessment

对电能质量问题相关各方受到的影响程度进行经济损失分析与计算,对电能质量监测与改善措施的成本及效益进行评价。

[GB/T 32507—2016,定义 3.3]

- 2.16
现值 present value
把未来的现金流折算为基准时点的价值。
- 2.17
年值 annual value
各年的现金流量。
注：对项目或方案在经济寿命周期内而言通常采用等额年值方式。
- 2.18
净现金流量 net cash flow
每年的现金流入量(CI)与现金流出量(CO)之差。
- 2.19
净现值 net present value; NPV
项目未来现金流入的现值与未来现金流出的现值之间的差额。
- 2.20
折现率 discount rate
把未来的现金流量折算为现在的现金流量时所使用的一种比率。
- 2.21
基准折现率 benchmark discount rate
将项目未来的现金流量折算为现在的现金流量的最低比率。
- 2.22
内部收益率 internal rate of return; IRR
能够使未来现金流入现值等于未来现金流出现值的折现率,或者使投资方案净现值为零的折现率。
也称为内含报酬率。
- 2.23
投资回收期 payback period
投资引起的现金流入累积到与投资额相等所需要的时间。
- 2.24
基本投资回收期 benchmark payback period
投资回收年限的最大允许值。
[GB/T 13471—2008,定义 3.4]

3 变量说明

下列变量说明适用于本文件。

变量	变量解释	单位
A	年值	元
A _{CS}	经济活动未中断经济损失统计年值	元
A _{CE}	经济活动未中断经济损失估计年值	元
A _E	经济损失估计年值	元
A _{EA}	治理后经济损失年值	元
A _{EE}	经济活动中断的经济损失估计年值	元
A _{ES}	经济活动中断的经济损失统计年值	元
A _N	正常使用寿命内的基准折旧年值	元

A_O	因加速老化使用寿命缩短后的折旧年值	元
A_S	经济损失统计年值	元
A_{SB}	治理前经济损失年值	元
A_T	单一用户电能质量年总成本值	元
A_1	经济活动未中断电压暂降与短时中断的经济损失年值	元
A_2	经济活动未中断瞬态和暂时过电压的经济损失年值	元
A_3	经济活动未中断谐波/间谐波的经济损失年值	元
A_4	经济活动未中断电压波动和闪变的经济损失年值	元
A_5	经济活动未中断三相电压不平衡的经济损失年值	元
A_6	经济活动未中断电压偏差的经济损失年值	元
A_7	经济活动未中断频率偏差的经济损失年值	元
A_{14}	电能质量监测成本年值	元
$A_{14.1}$	电能质量监测初始成本年值	元
$A_{14.2}$	电能质量监测运维成本年值	元
$A_{14.3}$	电能质量监测设备退役处置成本年值	元
A_{15}	电能质量治理成本年值	元
$A_{15.1}$	电能质量治理初始成本年值	元
$A_{15.2}$	电能质量治理运维成本年值	元
$A_{15.3}$	电能质量治理设备退役处置成本年值	元
C_1	废品损失	元
$C_{1.1}$	不可修复废品的成本	元
$C_{1.2}$	可修复废品的修复费用	元
C_2	停工损失	元
C_3	额外检验费用	元
C_4	生产补救费用	元
C_5	重启成本	元
C_6	设备成本	元
$C_{6.1}$	设备损坏调换成本	元
$C_{6.2}$	设备修理成本	元
$C_{6.3}$	设备加速老化成本	元
$C_{6.4}$	与设备更换或修理相关的其他耗费	元
C_7	额外电费成本	元
$C_{7.1}$	额外电度电费成本	元
$C_{7.2}$	额外基本电费成本	元
C_8	额外电能质量测量成本	元
C_9	其他直接成本	元
C_{10}	被动节省费用	元
C_{11}	责任补偿收益	元
C_{12}	减产的利润损失	元
C_{13}	次品的利润损失	元
C_{14}	电能质量监测成本	元
$C_{14.1}$	监测初始成本	元
$C_{14.2}$	监测运维成本	元

$C_{14,3}$	监测退役处置成本	元
C_{15}	电能质量治理成本	元
$C_{15,1}$	治理初始成本	元
$C_{15,2}$	治理运维成本	元
$C_{15,3}$	治理退役处置成本	元
CI_t	第 t 年的现金流入量	元
CO_t	第 t 年的现金流出量	元
G_{CP}	电力用户年总产值	万元
G_{CE}	电力用户年总用电量	MW · h
IRR	内部收益率	%
i	折现率	%
i_0	基准折现率	%
LCC	治理设备全寿命周期成本现值	元
L_{RES}	按正常折旧年限,损坏设备尚未提折旧的年数	年
N_{AE}	因电能质量造成经济活动中断的年事件次数	次
$N_{AE,j}$	第 j 类电能质量类型现象造成的年均经济活动中断的次数	次
NPV	净现值	元
N_{PI}	受电能质量影响减产的产品数量	—
N_{PR}	补救生产的产品数量	—
N_{PUG}	次品数量	—
N_{TE}	引起经济活动中断的电能质量现象类型的数量	—
N_{TI}	一年内电能质量超标的时段数	—
N_{US}	一年内未引起经济活动中断的电压暂降和短时中断的次数	次
N_{UO}	一年内未引起经济活动中断的瞬态或暂时过电压的次数	次
n	经济等值计算公式中的寿命年限	年
P	现值	元
P_{ES}	调换设备初始成本现值	元
P_{PC}	基本(容量)电费电价	元/kV · A
P_{SP}	电力用户单个正品产品的平均利润	元
P_{SUG}	电力用户单个次品产品的平均利润	元
P_{TOU}	电度(分时)电价	元/(kW · h)
P_{UC}	超约容量电价	元/kW
$P_{14,1}$	监测初始成本现值	元
$P_{14,2}$	监测运维成本现值	元
$P_{14,3}$	监测退役处置现值	元
$P_{15,1}$	治理初始成本现值	元
$P_{15,2}$	治理运维成本现值	元
$P_{15,3}$	治理退役处置现值	元
S_E	单次经济活动中断的经济损失	元
$S_{E,j}$	第 j 类电能质量现象单次经济活动中断平均经济损失	元
$S_{E,k}$	第 k 次经济活动中断的经济损失	元
S_I	增容容量	kV · A
S_R	降额容量	kV · A

S_U	超约容量	$\text{kV} \cdot \text{A}$
T_P	投资回收期	年
$T_{k,j}$	第 k 类电能质量第 j 超标时段的持续时间	h
UEC	单位用电量成本,即电力用户单位用电量的电能质量成本	元/(MW · h)
UOC	单位产值成本,即电力用户单位产值的电能质量成本	元/万元
$\Delta P_{\Sigma,k,j}$	第 k 类电能质量第 j 超标时段内引起的各设备功率损耗之和	kW

4 电力用户的电能质量经济性评估原则

电力用户的电能质量经济性评估原则如下:

- a) 系统性:经济性评估工作是一项系统性工作,应以技术有效、合理为前提,保证统计科学准确;
- b) 客观性:应结合电力用户实际情况,以用户电能质量检测数据及相关生产统计数据为基础;
- c) 实用性:成本统计应在规定的成本构成范围内。

5 电能质量经济成本

5.1 构成

电力用户电能质量经济成本由电能质量经济损失、监测成本和治理成本构成,其中经济损失包括直接经济损失和间接经济损失,如图 1 所示。

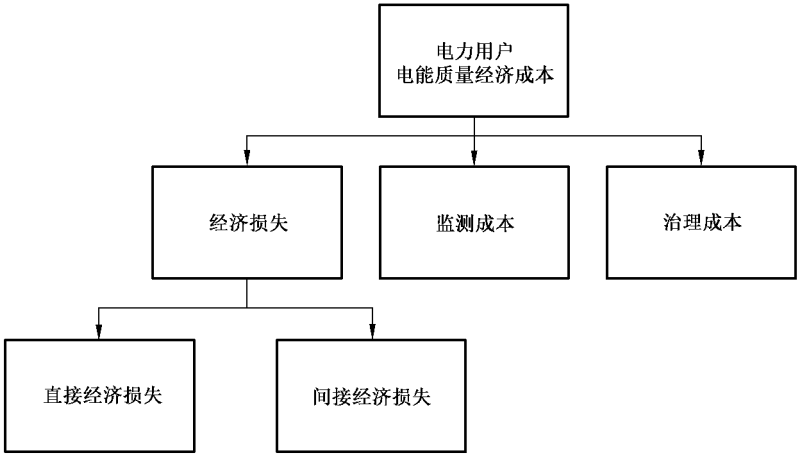


图 1 电能质量经济成本构成

5.2 电能质量经济损失

5.2.1 直接经济损失

5.2.1.1 概述

电能质量直接经济损失是因电能质量问题对经济活动造成的人力、设备、财产的损失以及产出为废品的成本支出。

5.2.1.2 废品损失(C_1)

废品指由于电能质量问题造成的产品质量不符合技术标准、不能按原定用途使用或者需要额外加工修理后才能按原定用途使用的在产品、半成品和产成品。

废品损失(C_1)指由于产生废品而发生的损失,包括:

a) 不可修复废品的成本($C_{1.1}$)

不可修复废品指不可维修、也不能在后续过程中使用或作为质量较低的产品销售的废品。不可修复废品的成本可包括:

- 1) 原材料成本:直接材料成本与产品报废价值或残值之差;
- 2) 直接人工成本:已消耗的工时与人工单价的乘积;
- 3) 能源动力费用;
- 4) 分摊的制造费用,例如,产出不可修复废品时间内固定资产按规定计提的折旧费、从外部租赁的各种固定资产的租金等。

b) 可修复废品的修复费用($C_{1.2}$)

可修复废品指技术上可以修复且修复费用在经济上合理的废品。可修复废品的修复费用可包括:

- 1) 人工成本:修复所需时间与人工单价的乘积;
- 2) 直接材料费用:材料数量乘以材料单价;
- 3) 分摊的制造费用,例如,修复废品时间内固定资产按规定计提的折旧费、从外部租赁的各种固定资产的租金等。

5.2.1.3 停工损失(C_2)

电能质量问题会造成用户经济活动中断,使被停经济活动的人力停工。停工持续时间指从电能质量问题发生开始,到全部经济活动恢复正常为止的持续时间。

停工损失(C_2)指在停工期间发生的各项费用,可包括:

- a) 人工成本:停工时间乘以人工单价;
- b) 因不能长期存放的原材料过期造成的损失:损失材料数量乘以材料单价;
- c) 分摊的制造费用。例如停工期间的固定资产按规定计提的折旧费、从外部租赁的各种固定资产的租金等。

5.2.1.4 额外检验费用(C_3)

额外检验费用(C_3)指因受电能质量影响,为剔除废/次品,确保产品质量而增加产品检验次数和检验范围所产生的额外费用,可包括:

- a) 因电能质量问题导致用户设备或流程无法正常运行,则相关产品需要计划外检验,从而产生的额外检验费用;
- b) 因电能质量问题导致产品质量下降,为保证产品总体质量,需增加计划内检验次数和范围,从而产生的额外检验费用。

5.2.1.5 生产补救费用(C_4)

生产补救费用(C_4)指因电能质量问题导致用户经济活动效率降低,需通过加班等措施补救,从而产生的额外费用,可包括:

- a) 加班人工成本:加班时间乘以人工单价;
- b) 加班期间额外的费用:包括加班补贴、运行成本、为向用户及时交货而需要运输加急的补贴等。

5.2.1.6 重启成本(C_5)

重启成本(C_5)指电能质量问题导致用户经济活动中断后,为使经济活动重启,恢复正常,需要投入的额外人力、物力以及中断过程自备电源的发电费用,可包括:

- a) 人工成本:为达到重启条件投入的工时乘以人工单价;
- b) 辅助过程重启费用:辅助过程重新校验、维修、设置与启动的费用及相应消耗的水、气等费用;
- c) 自备发电成本:发电量与单位电量发电成本的乘积;
- d) 其他费用:例如工具租赁或使用费、生产残余运输费、清洗费等。

5.2.1.7 设备成本(C_6)

设备成本(C_6)指因电能质量问题造成的设备损失,可包括:

- a) 设备损坏调换成本($C_{6.1}$),计算式如式(1):

$$C_{6.1} = P_{ES} \frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1} L_{RES} \dots\dots\dots (1)$$

式中:

P_{ES} ——调换设备初始成本现值,单位为元;

L_{RES} ——按正常折旧年限,损坏设备尚未提折旧的年数,单位为年;

i ——折现率,%。

若调换设备为新设备,则 P_{ES} 为新设备初始成本;若非新设备, P_{ES} 为调换设备的净值与调换安装调试调试费之和。

- b) 设备修理成本($C_{6.2}$),可包括:

- 1) 故障现场检修成本,包括:
 - 设备维修人工成本;
 - 设备维修材料成本;
 - 检修工具的租赁使用费;
 - 设备维修后所需调试费。
- 2) 设备返厂修理引起的其他费用,包括:
 - 土建及环境破坏后修复费用;
 - 设备起吊费用;
 - 运输费用;
 - 修理费用。

- c) 设备加速老化年成本($C_{6.3}$)

电能质量问题导致设备使用寿命缩短,增加了设备年成本,计算公式为式(2):

$$C_{6.3} = A_0 - A_N \dots\dots\dots (2)$$

式中:

A_N ——正常使用寿命内的基准折旧年值, $A_N = \frac{\text{固定资产原值} - \text{固定资产净残值}}{\text{设备或装置正常折旧年限}}$;

A_0 ——因加速老化使用寿命缩短后的折旧年值, $A_0 = \frac{\text{开始受影响时固定资产净值} - \text{固定资产净残值}}{\text{从受电能质量影响开始至设备提前报废的折旧年限}}$ 。

注:设备使用寿命宜采用经济寿命,经济寿命计算方法和谐波作用下部分设备使用寿命模型可参见附录 B。

- d) 与设备更换或修理相关的其他耗费($C_{6.4}$)

5.2.1.8 额外电费成本(C_7)

额外电费成本可包括:

a) 额外电度电费成本($C_{7.1}$)

额外电度电费成本($C_{7.1}$)指因电能质量问题造成用户线路、配电及用电设备的额外电能损耗,从而增加的额外电度电费,计算公式为式(3):

$$C_{7.1} = P_{\text{TOU}} \times \sum_{j=1}^{N_{\text{TI}}} \sum_{k=1}^{N_{\text{TC}}} (\Delta P_{\Sigma,k,j} \times T_{k,j}) \quad \dots\dots\dots (3)$$

式中:

P_{TOU} ——电度(分时)电价,单位为元每千瓦时[元/(kW·h)];

$\Delta P_{\Sigma,k,j}$ ——第 k 类电能质量第 j 超标时段内引起的各设备功率损耗之和,单位为千瓦(kW);

$T_{k,j}$ ——第 k 类电能质量第 j 超标时段的持续时间,单位为小时(h)。

b) 额外基本电费成本($C_{7.2}$)

当按变压器容量计算基本电费时,因电能质量问题造成用户变压器增容或降额运行的额外基本电费成本计算公式为式(4)或式(5):

$$C_{7.2} = P_{\text{PC}} \times S_{\text{I}} \quad \dots\dots\dots (4)$$

或

$$C_{7.2} = P_{\text{PC}} \times S_{\text{R}} \quad \dots\dots\dots (5)$$

式中:

P_{PC} ——基本(容量)电费电价,单位为元每千伏安[元/(kV·A)];

S_{I} ——增容容量,单位为千伏安(kV·A);

S_{R} ——降额容量,单位为千伏安(kV·A)。

注:谐波引起的额外电能损耗和增容容量或降容容量计算公式可参照附录 C。

当按最大需量计算基本电费时,因电能质量问题造成用户最大需量超过核准协议需量的额外基本电费成本计算公式为式(6):

$$C_{7.2} = P_{\text{UC}} \times S_{\text{U}} \quad \dots\dots\dots (6)$$

式中:

P_{UC} ——超约容量电价,单位为元每千瓦(元/kW);

S_{U} ——本月用户因电能质量问题造成最大需量超过核准协议需量部分(即协议需量)。

5.2.1.9 额外电能质量测量成本(C_8)

额外电能质量测量成本是指电力用户因受到电能质量影响引发的非定期电能质量检测或第三方检测,而支出的检测设备租赁费、运输费及检测人工成本等。当统计中以年为周期时,表现为年额外测量成本 A_8 。

注:如果该部分监测成本引出后续治理工程,则此部分成本宜归属到电能质量治理评估中。

5.2.1.10 其他直接成本(C_9)

因电能质量问题引起的其他直接成本,可包括:

- a) 因未履行合同或超过合同期限而产生的罚款;
- b) 与用户电能质量问题相关的罚款或惩罚;
- c) 员工与设备的疏散成本;
- d) 因员工受伤而导致生产不能进行的成本。

5.2.1.11 被动节省费用(C_{10})

被动节省费用(C_{10})指因电能质量问题导致用户经济活动中断后,有可能被迫节省费用或延后费用支出,可包括:未付工资、节省的能源费用等。

5.2.1.12 责任补偿收益(C_{11})

由造成电能质量问题责任方提供的补偿费用(C_{11})。

5.2.2 间接经济损失

5.2.2.1 减产的利润损失(C_{12})

减产的利润损失计算公式见式(7)：

$$C_{12} = (N_{PI} - N_{PR}) \times P_{SP} \quad \dots\dots\dots (7)$$

式中：

N_{PI} ——受电能质量影响减产的产品数量；

N_{PR} ——补救生产的产品数量；

P_{SP} ——电力用户单个正品产品的平均利润，单位为元。

注：因电能质量问题影响分布式电源发电量减小而造成的利润损失也需计入减产的利润损失。

5.2.2.2 次品的利润损失(C_{13})

次品的利润损失计算公式见式(8)：

$$C_{13} = N_{PUG} \times (P_{SP} - P_{SUG}) \quad \dots\dots\dots (8)$$

式中：

N_{PUG} ——次品数量；

P_{SP} ——电力用户单个正品产品的平均利润，单位为元；

P_{SUG} ——电力用户单个次品产品的平均利润，单位为元。

5.3 电能质量监测成本(C_{14})

5.3.1 概述

电能质量监测成本包括监测设备及配套设施的初始成本($C_{14.1}$)、运维成本($C_{14.2}$)和退役处置成本($C_{14.3}$)。

5.3.2 初始成本($C_{14.1}$)

包括监测设备及配套设施购置成本、运输和安装改造及调试投运费用等。电能质量监测初始成本表现形式有现值 $P_{14.1}$ 和年值 $A_{14.1}$ ，可参照附录 A 的年值、现值计算公式。

5.3.3 运维成本($C_{14.2}$)

应包括电力消耗费用、检查与测试费用和维护费用、装置维修或器件更换费用等。电能质量监测运维成本表现形式有现值 $P_{14.2}$ 和年值 $A_{14.2}$ ，可参照附录 A 的年值、现值计算公式。

5.3.4 退役处置成本($C_{14.3}$)

应为监测设备退役处置费用减去残值，表现形式有现值 $P_{14.3}$ 和年值 $A_{14.3}$ 。

5.4 电能质量治理成本(C_{15})

5.4.1 概述

实施电能质量治理工程的成本，包括初始成本($C_{15.1}$)、运维成本($C_{15.2}$)和退役处置成本($C_{15.3}$)。

5.4.2 初始成本($C_{15.1}$)

应包括治理工程设计、设备及配套设施购买、运输、安装改造及调试投运费用等。电能质量治理初始成本的表现形式有现值 $P_{15.1}$ 和年值 $A_{15.1}$, 可参照附录 A 的年值、现值计算公式。对治理工程寿命周期经济效益进行评估时, 可用初始成本现值 $P_{15.1}$ 。对治理工程每年成本效益评估时, 可用初始成本年值 $A_{15.1}$ 。

5.4.3 运维成本($C_{15.2}$)

应包括电力消耗费用、检查与测试费用和维护费用, 设备维修和器件更换等。电能质量治理运维成本的表现形式有现值 $P_{15.2}$ 和年值 $A_{15.2}$, 可参照附录 A 的年值、现值计算公式。

5.4.4 退役处置成本($C_{15.3}$)

应为治理设备退役处置费用减去残值, 表现形式有现值 $P_{15.3}$ 和年值 $A_{15.3}$ 。

6 经济损失评估方法

6.1 电能质量对经济活动影响的评判方法及经济损失分类

经济活动环节之间存在串联或并联关系。当经济活动串联的某一环节或所有并联环节因电能质量事件造成停止工作, 则认为经济活动发生了中断, 否则认为未发生中断。

电能质量问题导致用户经济活动中断, 给用户造成的经济损失为经济活动中断的经济损失; 电能质量问题虽未导致用户经济活动中断, 但仍给用户造成的经济损失为经济活动未中断的经济损失。

6.2 经济活动中断的经济损失评估

6.2.1 单次经济活动中断的经济损失(S_E)

针对电能质量问题造成的每次经济活动中断的经济损失应单独统计, 计算方法为式(9):

$$S_E = C_1 + C_2 + C_3 + C_4 + C_5 + C_6 + C_7 + C_8 + C_9 - C_{10} - C_{11} + C_{12} + C_{13} \dots\dots\dots (9)$$

6.2.2 经济活动中断的年经济损失

实际发生的经济活动中断的年经济损失是全年每次中断经济损失 S_E 的累积统计, 如式(10)计算:

$$A_{ES} = \sum_{k=1}^{N_{AE}} S_{E,k} \dots\dots\dots (10)$$

式中:

$S_{E,k}$ ——第 k 次经济活动中断的经济损失, 单位为元。

当预估经济活动中断的年经济损失时, 可以历史统计数据为基础, 按不同电能质量现象类型进行估算, 如式(11)所示:

$$A_{EE} = \sum_{j=1}^{N_{TE}} S_{E,j} N_{AE,j} \dots\dots\dots (11)$$

式中:

$S_{E,j}$ ——第 j 类电能质量现象单次经济活动中断平均经济损失, 单位为元;

$N_{AE,j}$ ——第 j 类电能质量类型现象造成的年均经济活动中断的次数。

6.3 经济活动未中断的经济损失评估

6.3.1 电压暂降与短时中断

因电力用户经济活动模式的配置不同,有些电压暂降和短时中断虽未导致整个经济活动中断,但可能引起敏感设备的非正常运行,导致废品、减产或设备维修等,从而形成以下主要经济损失:

- a) 废品损失(C_1);
- b) 额外检验费用(C_3);
- c) 生产补救费用(C_4);
- d) 设备成本(C_6);
- e) 其他直接成本(C_8);
- f) 减产的利润损失(C_{11});
- g) 次品造成的利润损失(C_{12})。

年经济损失 A_1 统计为式(12):

$$A_1 = \sum_{N_{US}} (C_1 + C_3 + C_4 + C_6 + C_8 + C_{11} + C_{12}) \dots\dots\dots (12)$$

注:若电压暂降和中断还产生第6章中所描述的其他成本项,也需在式(12)中累积。

6.3.2 瞬态过电压和暂时过电压

瞬态过电压和暂时过电压有时虽未导致整个经济活动中断,但可能引起敏感设备的非正常运行和绝缘损坏,形成次品等。因此造成的经济损失主要包括:

- a) 额外检验费用(C_3);
- b) 设备成本(C_6);
- c) 次品造成的利润损失(C_{12})。

年经济损失 A_2 统计为式(13):

$$A_2 = \sum_{N_{UO}} (C_3 + C_6 + C_{12}) \dots\dots\dots (13)$$

注:若瞬态或暂时过电压还产生第6章中所描述的其他成本项,也需在式(13)中累积。

6.3.3 谐波/间谐波

谐波/间谐波易加速设备的绝缘老化,增加电量损耗,造成减产或产生次品等,从而形成以下主要损失:

- a) 设备成本(C_6);
- b) 额外电费成本(C_7);
- c) 减产的利润损失(C_{11});
- d) 因次品的利润损失(C_{12})。

年经济损失 A_3 统计为式(14):

$$A_3 = C_{7.1} + \sum_{N_{TH}} (C_6 + C_{7.2} + C_{11} + C_{12}) \dots\dots\dots (14)$$

注1:若谐波/间谐波还产生第6章中所描述的其他成本项,也需在式(14)中累积。

注2:式中 $C_{7.1}$ 为年内谐波/间谐波超标引起的额外电度电费成本。

注3:在一个自然月内若发生多次谐波/间谐波超标引起额外基本电费成本 $C_{7.2}$,则式(14)只统计该月的最大值。

6.3.4 电压波动和闪变

电压波动与闪变造成了照明闪烁,容易使人的心理和生理疲劳,降低劳动效率和质量,从而形成以

下主要损失：

- a) 减产的利润损失(C_{11})；
- b) 因次品的利润损失(C_{12})。

年经济损失 A_4 统计为式(15)：

$$A_4 = \sum_{N_{T1}} (C_{11} + C_{12}) \dots\dots\dots (15)$$

注：若电压波动与闪变还产生第6章中所描述的其他成本项，也需在式(15)中累积。

6.3.5 三相电压不平衡

三相电压不平衡易加速设备的绝缘老化，增加电量损耗，引起电机振动，降低劳动效率或产生次品等，从而形成以下主要损失：

- a) 设备成本(C_6)；
- b) 额外电费成本($C_{7.1}$)；
- c) 减产的利润损失(C_{11})；
- d) 因次品的利润损失(C_{12})。

年经济损失 A_5 统计为式(16)：

$$A_5 = C_{7.1} + \sum_{N_{T1}} (C_6 + C_{7.2} + C_{11} + C_{12}) \dots\dots\dots (16)$$

注1：若三相电压不平衡还产生第6章中所描述的其他成本项，也需在式(16)中累积。

注2：式中 $C_{7.1}$ 为年内三相电压不平衡超标引起的额外电度电费成本。

注3：在一个自然月内若发生多次三相电压不平衡超标引起额外基本电费成本 $C_{7.2}$ ，则式(16)只统计该月的最大值。

6.3.6 电压偏差

电压正偏差或负偏差易引起设备的绝缘老化或效率降低，甚至产生次品等，从而形成以下主要损失：

- a) 设备成本(C_6)；
- b) 减产的利润损失(C_{11})；
- c) 因次品的利润损失(C_{12})。

年经济损失 A_6 统计为式(17)：

$$A_6 = \sum_{N_{T1}} (C_6 + C_{11} + C_{12}) \dots\dots\dots (17)$$

注：若电压偏差还产生第6章中所描述的其他成本项，也需在式(17)中累积。

6.3.7 频率偏差

频率正偏差或负偏差易引起设备非正常工作，产生次品等，从而形成以下主要损失：

- a) 设备成本(C_6)；
- b) 因次品的利润损失(C_{12})。

年经济损失 A_7 统计为式(18)：

$$A_7 = \sum_{N_{T1}} (C_6 + C_{12}) \dots\dots\dots (18)$$

注：若频率偏差还产生第6章中所描述的其他成本项，也需在式(18)中累积。

6.3.8 经济活动未中断的年经济损失

经济活动未中断的年经济损失为统计周年内各电能质量现象引起的未中断经济损失之和，计算公

式为式(19):

$$A_{CS} = A_1 + A_2 + A_3 + A_4 + A_5 + A_6 + A_7 \dots\dots\dots (19)$$

经济活动未中断的年经济损失也可以是以历史统计数据为基础,按不同电能质量现象类型进行估算,得到年估计值 A_{CE} 。

6.4 年经济损失统计方法

统计周年内用户因电能质量问题造成的年经济损失包括经济活动中断经济损失和经济活动未中断经济损失,年经济损失统计值如式(20)所示:

$$A_S = A_{ES} + A_{CS} \dots\dots\dots (20)$$

年经济损失估计值如式(21)所示:

$$A_E = A_{EE} + A_{CE} \dots\dots\dots (21)$$

7 电能质量治理方案经济性评估方法

7.1 治理设备全寿命周期成本分析法(LCC 法)

全寿命周期成本(LCC)为电能质量治理设备全寿命周期成本现值,计算式为式(22):

$$LCC = P_{15.1} + P_{15.2} + P_{15.3} \dots\dots\dots (22)$$

全寿命成本分析法(LCC 法)以计算 LCC 值为基础,适用于不同方案治理效果基本一致时的方案比选,当寿命周期相等时,以 LCC 值最小的方案为最优治理方案;当寿命周期不相等时,宜采用 LCC 的年均值(A_{LCC}), A_{LCC} 最小的方案为最优。

7.2 净现值法(NPV 法)

净现值(NPV)指标考察方案寿命期内每年发生的现金流量,是按一定的折现率将各年净现金流量折现到建设期初的现值之和。净现值的表达式为式(23):

$$NPV = \sum_{t=0}^n (CI_t - CO_t) (1 + i_0)^{-t} \dots\dots\dots (23)$$

其中, CI_t 和 CO_t 的计算分别如式(24)和式(25)所示:

$$CI_t = A_{SB} - A_{EA} \dots\dots\dots (24)$$

$$CO_t = A_{14.1} + A_{14.2} + A_{14.3} + A_{15.1} + A_{15.2} + A_{15.3} \dots\dots\dots (25)$$

净现值法(NPV 法)以计算不同电能质量治理方案的 NPV 值为基础,评价准则为:净现值不小于零的治理方案为可行方案。由于 NPV 值不能体现初始投资的效率,当无资金约束时,NPV 值越大越好;当资金紧缺时,宜采用内部收益率法(IRR 法)评价。

7.3 投资回收期法(PB 法)

投资回收期(T_P)是从治理方案投建开始算起,治理方案的净现金流量累计现值等于 0 所需的时间,计算公式为式(26):

$$\sum_{t=0}^{T_P} (CI_t - CO_t) (1 + i_0)^{-t} = 0 \dots\dots\dots (26)$$

$$\sum_{t=0}^{T_P} (CI_t - CO_t) = 0$$

注:当不考虑资金的时间时,可采用静态投资回收期评估。

投资回收期法(PB 法)以不同电能质量治理方案的投资回收期 T_P 计算为基础。其评价准则为:投资回收期小于基本投资回收期为可行方案,投资回收期最短为最优方案,抗风险能力强。一般 PB 法只

作为辅助决策方法。

7.4 内部收益率法(IRR 法)

内部收益率(IRR,%)是指治理方案计算期内,与项目资本金相关的净现金流量现值累计等于零时的折现率,是项目投资的盈利率,反映了投资的使用效率。计算公式为式(27):

$$\sum_{t=0}^n (CI_t - CO_t) \times (1 + IRR)^{-t} = 0 \quad \dots\dots\dots (27)$$

内部收益率法以不同电能质量治理方案的内部收益率计算为基础。其评价准则为:内部收益率大于基准折现率,则认为符合投资利益要求;内部收益率最大为最优治理方案。

注:电能质量治理方案经济性评估方法推荐以上四种方法,实际使用时根据需要选择一种或多种方法,并不排除其他方法进行评估。

8 评估流程

8.1 经济损失评估流程

用户开展电能质量经济损失评估流程如图 2 所示。

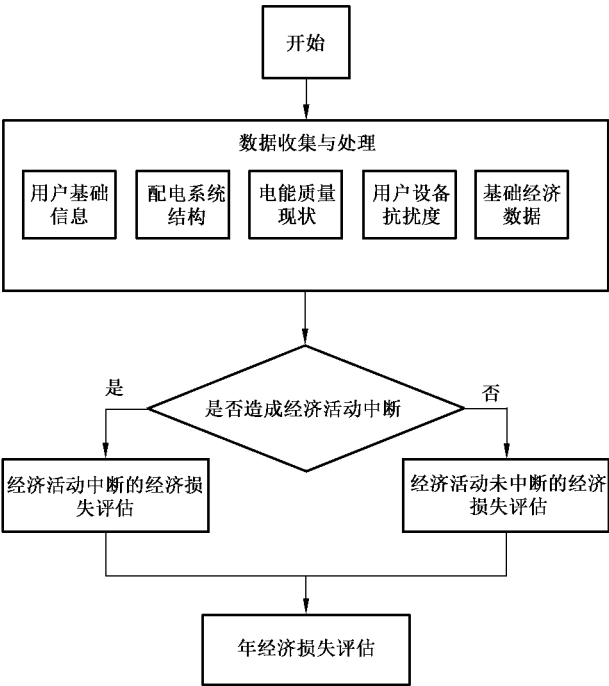


图 2 用户电能质量经济损失评估流程

8.2 电能质量治理方案经济性评估流程

用户电能质量治理方案的经济性评估流程如图 3 所示。

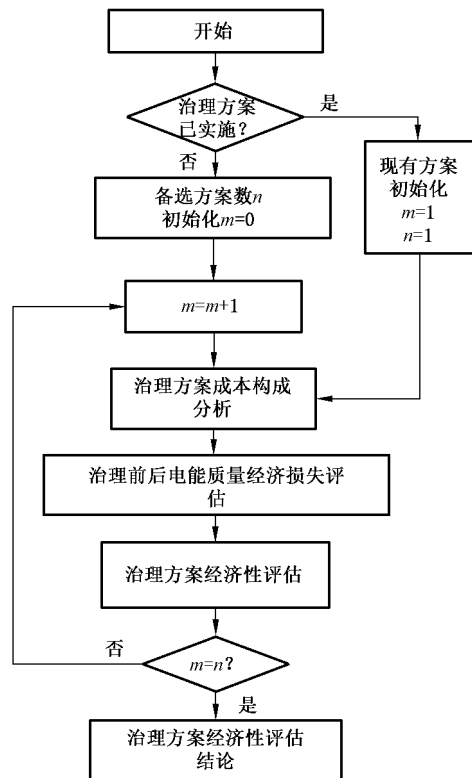


图3 用户电能质量治理方案的经济评估流程

9 评估指标

9.1 单次事件损失

因电能质量问题造成用户经济活动中断的单次事件的经济损失,可由以下指标来表征:

- a) 统计值:统计调查所得用户单次事件成本;
- b) 平均值:评估周期内用户事件总成本/事件次数。

9.2 治理成本年值

治理成本年值(A_{15})即为用户治理方案寿命周期内电能质量治理初始成本及运维成本的年值之和,计算公式见式(28):

$$A_{15} = A_{15.1} + A_{15.2} + A_{15.3} \dots\dots\dots (28)$$

9.3 单一用户年总成本

某用户电能质量年总成本(A_T)可通过统计调查或评估得到,等于一年内电能质量问题造成的总成本,计算公式见式(29):

$$A_T = A_S + (A_{14.1} + A_{14.2} + A_{14.3}) + (A_{15.1} + A_{15.2} + A_{15.3}) \dots\dots\dots (29)$$

9.4 单位产值成本

单位产值成本(UOC)是指电力用户单位产值每万元的平均电能质量成本,计算如式(30):

$$UOC = A_T / G_{CP} \dots\dots\dots (30)$$

式中：
 A_T ——单一用户电能质量年总成本值,单位为元；
 G_{CP} ——电力用户年总产值,单位为万元。

9.5 单位用电量成本

单位用电量成本(UEC)是指电力用户单位用电量每 MW · h 的平均电能质量成本,计算如式(31)：

$$UEC = A_T / G_{CE} \dots\dots\dots (31)$$

式中：
 A_T ——单一用户电能质量年总成本值,单位为元；
 G_{CE} ——电力用户年总用电量,单位为兆瓦时(MW · h)。

9.6 治理工程净现值

净现值(NPV)指标是对电能质量治理方案进行动态评价的最重要指标之一。计算公式见式(23)。

9.7 治理工程投资回收期

投资回收期(T_p)指标是考察治理方案财务上投资回收能力的重要静态评价指标,计算公式见式(26)。

9.8 治理工程内部收益率

内部收益率(IRR)是项目投资的盈利率,反映了投资的使用效率。计算公式见式(27)。
注：电力用户的电能质量经济性评价可采用上面一种或多种指标来表征,电力用户可根据实际需要选择。

附 录 A
(资料性附录)
资金等值计算公式

在资金时间价值的计算中,等值是一个十分重要的概念。以下是常见的资金等值计算公式(其中, i 为折现率,也称利率, n 为寿命年限):

a) 一次支付终值公式
已知现值 P ,可按式(A.1)求解终值 F :
$$F = P (1 + i)^n \quad \dots\dots\dots (A.1)$$

b) 一次支付现值公式
已知终值 F ,可按式(A.2)求解现值 P :
$$P = F \frac{1}{(1 + i)^n} \quad \dots\dots\dots (A.2)$$

c) 等额分付终值公式
已知年值 A ,可按式(A.3)求解终值 F :
$$F = A \frac{(1 + i)^n - 1}{i} \quad \dots\dots\dots (A.3)$$

d) 等额分付偿债基金公式
已知终值 F ,可按式(A.4)求解年值 A :
$$A = F \frac{i}{(1 + i)^n - 1} \quad \dots\dots\dots (A.4)$$

e) 等额分付现值公式为式(A.5):
$$P = A \frac{(1 + i)^n - 1}{i (1 + i)^n} \quad \dots\dots\dots (A.5)$$

f) 等额分付资本回收公式
已知现值 P ,可按式(A.6)求解年值 A :
$$A = P \frac{i (1 + i)^n}{(1 + i)^n - 1} \quad \dots\dots\dots (A.6)$$

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/998061114067006110>