

电网改造简化经济分析方法研究

范文涛¹, 程林², 孙元章²

(1. 齐齐哈尔电业局, 黑龙江 齐齐哈尔 161005; 2. 清华大学电机系, 北京 100084)

摘要: 在成本费用法的基础上, 结合线损计算和可靠性评估, 建立了在投产贷款期进行年费用分析的经济分析方法。该分析方法计算成本时, 综合考虑了工程建设周期、融资方式、因折旧方式和所得税率不同而产生的国家政策倾向的影响; 计算工程改造的效益时, 综合考虑线损电量和停电损失, 使可靠性经济评估更符合生产实际, 并以齐齐哈尔电网实际改造方案为例计算了经济效益情况。

关键词: 可靠性; 线损; 经济分析; 评估

中图分类号: TM73; F123.9

文献标识码: A

文章编号: 1003-4897(2004)19-0080-05

0 引言

可靠性经济学是研究电力系统可靠性水平与经济效益之间合理关系的分支学科, 它研究投资与提高电力系统可靠性水平间的关系。可靠性经济评估的基础是停电损失估计和事故调查分析。目前国外在这方面做了大量的调查和统计, 研究了多种停电损失的估计方法, 具有较大的参考价值^[1~3]。这方面国内的研究还没有深入展开, 仍停留在产电比的统计分析阶段。产电比的概念是国民经济各部门单位电能产生的经济效益, 而停电损失需要考虑用户因停电造成的直接和间接的经济和社会损失, 二者虽然有差别, 但由于停电损失是直接与国民经济各环节相联系的, 用产电比也可以反应出用户的损失情况。但由于二者的差别, 产电比还不能成为被广泛接受的适合我国国情的停电损失估计方法。

总拥有费用法^[4] (Total Owning Cost, TOC) 考虑了工程方案的投资及资金的时间价值, 但不能反映出投资的收益。成本与效益分析法被广泛认可^[5~6], 但是成本-效益法涉及的内容很多, 包括可靠性指标计算、停电损失估计、可靠性指标成本化等, 而且由于财务管理制度不同, 企业的支出、收益很难与生产实际相符, 这些问题限制了成本-效益法在实际中的应用。

此外, 还有绝对可靠性评价法、可靠性排列法、可靠性比较分析、可靠性优化法等经济评价方法。这些方法或者不能反映出企业的收益, 或者不能对寿命不同的方案合理比较。而且一项工程的实施, 在提高电网可靠性的同时, 也可能降低线损, 必须把提高电网可靠性和降低线损综合考虑以确定企业的收益。使用一般的经济分析方法, 这些收益很难准

确地用货币形式表示出来, 因此建议采用成本分析的方法。而且, 电力企业作为一个独立经营的公司, 当对其固定资产进行投资时, 应以企业获得的最大效益作为投资依据, 才符合市场的规律。因此建议采用最小收入或最小成本的分析方法。

1 投产还贷期最小收入法

对改造方案进行经济评估时, 考虑在电网改造的投产还贷期网损计算的结果, 基本公式^[7]表达为

$$G = X_1 + X_2 + f \times C \quad (1)$$

其中: G 为工程项目年最小收入或年成本; X_1 为年线损成本; X_2 为年可靠性成本; $f \times C$ 称为年资金成本; C 为电网改造项目投资; f 为年最小投资回报系数。

f 与投资成一定比例关系, 反映线损成本和可靠性成本以外各种支出因素对投资的年综合最小收益率需求。改造前后, 电力公司可靠性、线损的成本支出的减少构成电力公司改造电网的收益。当电力公司年收益与投资的比大于 f 时, 投资有盈利。

$f \times C$ 反映因资金成本、折旧方式、还款时间、工程建设期等引起的资金运作成本对投资的影响, 也包括电网改造新增固定资产年维修费、电网改造新增固定资产年保险费。这些参数与投资成一定比例关系, 统称为资金成本。

在投资分析中, 现金流状况往往比项目盈亏状况更重要。一个好的项目也许会在以后获得很大的收益, 但是如果企业认为这项投资不能获得足够的现金回报以支付投产过程中的支出, 如贷款本金和利息等, 那么这个项目也不是一个好项目。电力投资一般属于固定资产投资, 投资额度大, 资金回收期往往较长。电力企业往往选择还款时间较长的融

资方式。在投产还贷款前支付资金成本的能力是电力企业进行以提高可靠性、降低线损为目标的城网改造的主要着眼点。因此,经济计算期选择在工程建设完成投产到银行还款到期的时间段考虑,定义为投产还贷期。在分析中针对电力企业工程项目的收入支出情况,采用投产还贷期最小收入等年值的分析方法。

本分析方法的参数选取应考虑以下两方面:

1) 工程建设必须考虑工程建设期,建设期过长,资金费用必然升高,建设期会影响到对工程可行与否的评价。

2) 应考虑所得税和折旧方式的影响。作为固定资产投资,不同的所得税率和折旧方式下体现了国家对固定资产投资支持程度的不同。

基于以上原因,电网改造如果站在企业的角度分析,电力企业的最小收益目标定为在还贷时,将经过折旧的设备按帐面价值出售与项目在投产还贷期的收入全部用来支付资金成本。

2 相关参数的计算

2.1 最小投资回报率 f 的计算

1) 推导最小投资回报率 f

最小投资回报率 f 的计算推导过程,应结合有关管理会计学和技术经济学的知识。由管理会计学的知识可以知道在投产还贷期计算税后年现金流入量

$$I_{\text{nc}} = (G - E_{\text{xp}} - y) \times (1 - T_i) + y = (G - E_{\text{xp}}) \times (1 - T_i) + y \times T_i \quad (2)$$

其中: I_{nc} 为年现金流入量; G 为工程年收入; E_{xp} 为工程年成本; y 为工程设备年折旧费; T_i 为所得税率。

年现金流出量

$$O_{\text{uc}} = A \quad (3)$$

其中: O_{uc} 为现金流出量; A 为固定资产投资在投产还贷期末的终值与设备在投产还贷期末的帐面价值的差在投产还贷期按资金回报率计算的等年值。

由于电力设备的实际使用寿命往往超过其折旧年限,所以设备在投产还贷期末的帐面价值基本接近实际价值。

根据会计学的知识,现金净流量为现金流入量与现金流出量的差,所以当方案要求的年收入最小时,现金净流量为零,即现金流入量与现金流出量相等。

则有

$$A = (G - E_{\text{xp}}) \times (1 - T_i) + y \times T_i \quad (4)$$

则根据上式可以推导出企业工程项目年最小收入如下:

$$G = (A - y \times T_i) / (1 - T_i) + E_{\text{xp}} \quad (5)$$

由于成本 E_{xp} 在电网改造工程中主要包括可靠性停电损失费、线损电费、电网改造新增固定资产年维修费、电网改造新增固定资产年保险费。其中,电网改造新增固定资产年维修费、电网改造新增固定资产年保险费与电网改造资金也成比例关系。可靠性停电损失费可以通过可靠性计算得出,称为可靠性成本;线损电费可以通过线损计算得出,称为线损成本;二者之和为变动成本。则式(5)可以表达为:

$$G = (A - y \times T_i) / (1 - T_i) + X_1 + X_2 + R_c + I_c \quad (6)$$

其中: X_1 为线损成本; X_2 为可靠性成本; R_c 为固定资产年维修费; I_c 为固定资产年保险费。

观察式(6)与式(1),可以得出最小投资回报系数为:

$$f = ((A - T_i \times y) / (1 - T_i) + R_c + I_c) / C \quad (7)$$

2) 求改造设备的年折旧费 y

根据国家会计制度配电设备采用直线折旧法,即配网设备改造的折旧时间按 N 年,残值为 $X\%$ 。即 N 年后保留残值 $X\%$,其余折旧费用在 N 年均摊,则有:

$$y = C \times (1 - X\%) / N \quad (8)$$

其中: N 为直线折旧法的折旧期; $X\%$ 为设备残值。

3) 求固定资产投资在投产还贷期末的终值与设备在投产还贷期末的帐面价值的差在投产还贷期按资金回报率计算的等年值 A

$$A = (F - D) \times I / ((1 + I)^{L-J} - 1) \quad (9)$$

$$D = C - (L - J) \times y \quad (10)$$

其中: D 为此项电力建设固定资产在投产还贷期结束时的帐面价值。

$$F = C \times (1 + I)^L \quad (11)$$

其中: F 为投资 C 在贷款期末的终值; L 为银行的贷款年限; J 为工程建设期; I 为资金预期回报率。

4) 求资金预期回报率 i

根据管理会计学的知识,银行贷款实际年利率 i 为:

$$i = (1 + R/m)^m - 1 \quad (12)$$

其中: i 为银行贷款实际年利率; R 为银行贷款名义利率; m 为银行贷款计息周期。

根据管理会计学的知识,当全部资金都采用银行贷款时

$$I = i \times (1 - T_i)$$

其中： I 为资金预期回报率； i 为银行贷款实际年利率； T_i 为所得税率。

2.2 线损成本 X_1 的计算

在线损理论计算中,取线路供电量与负荷电量的差为损失电量。当电力公司选取更换高耗能变压器,更换大截面导线等降低线损的措施时,线损成本将发生变化。

线损成本可用式(14)计算。

$$X_1 = LI \times P_0 \quad (14)$$

其中： X_1 为线损成本； LI 为电网线损电量； P_0 为电力公司含税的购网电价。

设电力公司每度电的含税购网电价为0.3元/kWh,则计算电力公司线损成本时, $X_1 = L_1 \times 0.3$ 。

2.3 可靠性成本 X_2 的计算

由于我国在当前的电价体制中没有引入可靠性赔偿,电力公司的停电损失仅仅是电力公司售电收益的减少,可靠性成本为:

$$X_2 = ENS \times li \quad (15)$$

其中： X_2 为可靠性成本； ENS 为系统缺供电量； li 为电力公司售每度电的收益。

基于目前电价体制的可靠性投资,不能反映出提高可靠性的价值,因此,在此条件下的经济评估往往亏损。本文在电力市场体制下进行经济评估。如果执行可靠性电价,使可靠性作为一种电能质量,实行优质优价。电力企业对客户停电造成的损失进行赔偿。这一层次的停电损失从整个社会的角度出发,在将电力系统提高可靠性水平的投资当做正常的商业投资的同时,应该获得正常商业投资应有的最小投资收益率。停电损失估计应该包括用户停电造成的直接和间接的经济损失以及停电带来的社会损失。在这一层次的经济性评估中引入产电比,按国民经济的发展情况,立足于企业提高电力系统可靠性的合理收益,确定经济合理的电网投资方案,确定经济合理的电网可靠性水平。由于停电损失是直接和国民经济各环节相联系的,用产电比也可以反映出用户的损失情况,它的特点是适于大范围的宏观估计。因此,在本文的分析中, li 为评估地区的产电比。

3 经济评价方式

当计算改造前的 G 值时,投资为0。在针对同一电网进行不同方案的比选时, G 值越小的方案成本越低,方案越经济。在计算改造方案的收益时,对

改造方案的 G 值与改造前的 G 值求差,如果为零,含义为在投产贷款期提高可靠性和降低线损的收入及设备的帐面价值与还贷等支出相抵,投产贷款期完全为了服务。隐含着如果继续以这种贷款方式贷设备帐面价值的钱,电力公司将获得收益。如果为负,则效益较好,在投产贷款期提高可靠性和降低线损的收入及设备的帐面价值与还贷等支出相抵后,可以盈利。如果为正,则效益不太好,投产贷款期亏损,这段时期过后可能逐渐盈利但时间较长,风险因素较大,方案不可取。在投产贷款期提高可靠性和降低线损的收入相同或还不确定的情况下,通过比较最小投资回报系数 f ,可以对工程建设的建设期、包括贷款利息和还款时间在内的融资方式及因折旧方式和所得税率不同产生的国家政策倾向等影响因素进行比较,最小投资回报系数 f 越小,方案越可行。

4 运算流程

如图1,列出投产还贷期最小收入法计算流程图及各流程有关计算公式。

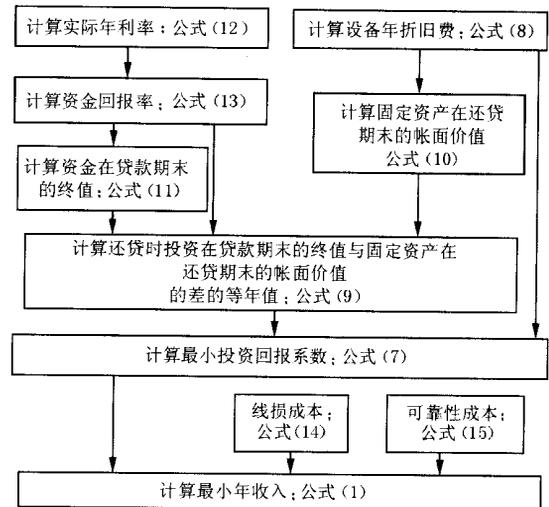


图1 投产还贷期最小收入法计算流程图

Fig. 1 Flow chart of economic evaluation method for power grid renovation

5 齐齐哈尔中心城区配电网主干线更换绝缘线改造方案评估

应用此经济分析方法对齐齐哈尔中心城区配电网主干线更换绝缘导线改造方案进行了评估。线损电量的计算采用齐齐哈尔电业局开发的线损理论计算软件,可靠性指标的计算采用清华大学与齐齐哈尔电业局联合开发的可靠性计算软件。经济计算部

分也结合以上程序开发成计算软件。作者直接参与了以上软件的开发,认为计算结果准确可靠。

改造前,中心变共有9条10kV配出线,导线除出口部分为电缆,其余全部是架空裸导线,全长27.7667km,共有10kV负荷变压器259台,总容量78.43MVA,103只跌落式开关,是典型的中型城市中心城区配电网。应用线损理论计算程序计算改造前的年线损电量为703.97842万kWh。应用可靠性计算程序,计算可靠性指标ASAI为99.8228%,ENS为41.4576万kWh。

齐齐哈尔电业局采用主干线换绝缘线的技术措施,将主干线和大分歧大部分LG120导线更换为JKLY185导线,需改造线路13.898km,每公里造价11万元,共需资金152.878万元。应用线损理论计算程序计算改造后的年线损电量为582.9711万kWh。应用可靠性计算程序,计算可靠性指标ASAI为99.8550%,ENS为34.1557万kWh。

在电力市场体制下应用产电比,对改造方案进行分析。根据有关文献,黑龙江省的产电比为6.80元/kWh,其中,第一产业产电比为46.24元/kWh,第二产业产电比为4.77元/kWh,第三产业产电比为9.57元/kWh。考虑齐齐哈尔中心城区的用电以商业用电为主,属第三产业,并有一定的工业、居民用户的特点,产电比应在9元/kWh左右。考虑评估结果对城区其它部分的可比性问题,本文略保守地选取8元/kWh作为齐齐哈尔城区的产电比进行停电损失的计算。

经济计算采用如下假设:假设电网改造的资金全部来自贷款;设名义年利率为6.21%;计息周期为按季度记息,即每年4次;银行的贷款时间为10年;工程建设期为1年;配电设备折旧方式按直线折旧法,期限为14年,保留残值为设备固定资产金额的3%;所得税税率为33%;固定资产年维修费占总投资额的0.2%;固定资产年保险费占总投资额的0.13%;线损成本为0.3元/kWh。

1) 求实际年利率

$$i = (1 + 6.21\%/4)^4 - 1 = 6.36\%$$

2) 求资金回报率

$$I = 6.36\% \times (1 - 33\%) = 4.26\%$$

3) 资金在贷款期的终值 F (万元)为:

$$F = 152.878 \times (1 + 4.26\%)^{10} = 232.0183$$

4) 改造设备的年折旧费 y (万元)为:

$$y = 152.878 \times (1 - 3\%) / 14 = 10.5923$$

5) 此项配电网改造固定资产在投产还贷期结

束时的帐面价值(万元)

$$D = 152.878 - 9 \times 10.5923 = 57.5473$$

6) 求在还贷时投资的本利和减去设备帐面价值在投产还贷期的等年值 A (万元)

$$A = (232.0183 - 57.5473) \times 0.0426 / ((1 + 0.0426)^9 - 1) = 16.3115$$

7) 求最小投资回报系数

$$f = ((16.3115 - 33\% \times 10.5923) / (1 - 33\%) + (0.2\% + 0.13\%) \times 152.878) \div 152.878 = 0.1284$$

8) 在改造前,年成本(万元)

$$G(0) = 41.4576 \times 8 + 703.9784 \times 0.3 = 542.8543$$

9) 在改造后,年成本(万元)

$$G(1) = 34.1557 \times 8 + 582.9711 \times 0.3 + 0.1284 \times 152.878 = 467.7664$$

10) 在改造后,年成本差值(万元)

$$G(0,1) = G(1) - G(0) = 467.7664 - 542.8543 = -75.0879$$

可见,在电力市场体制下,电力公司改造后的年收益为75.0879万元。当进行不同改造方案的比选时,可以选择经济效益最大的方案。应用本经济分析方法对齐齐哈尔中心城区配电网改造进行了经济评估,针对提出的8种基本改造方案,结合技术实施的可行性,以电力企业效益最大化为原则,根据不同的可靠性要求确定了实施方案,并计算出齐齐哈尔中心城区配电网合理的可靠性水平,实际应用表明对电网改造很有指导意义。

6 结论

本文针对目前配电网改造可靠性评估中往往忽视降低网损效益的问题,提出了在成本费用法的基础上建立在投产贷款期最小收入的经济分析方法。该分析方法计算成本时综合考虑工程建设周期、融资方式及因折旧方式和所得税率不同的影响,计算工程改造的效益时合理计算停电损失,并考虑线损电量减少的因素,不仅能够计算出方案的收益,还能对寿命不同的方案进行合理比较。此经济分析方法应用于齐齐哈尔中心城区配电网实际改造方案表明能使可靠性经济评估更符合生产实际。

参考文献:

- [1] Billinton R, Wang P. Reliability Worth of Distribution System Network Reinforcement Considering Dispersed Customer Cost Data[J]. IEE Proc—Gener, Transm and Distrib, 1999, 146(5):318-324.

- [2] Tollefson G, Billiton R, Wacker G. Comprehensive Bibliography on Reliability Worth and Electric Service Consumer Interruption Costs(1980-1990) [J]. IEEE Trans on Power Systems, 1991, 6(4) :1508-1514.
- [3] Wacker G, Billiton R. Cost of Electric Service Interruption[J]. IEEE Proc —Electric Utility Syst Planning Issues Mech, 1989.
- [4] 郭永基 (GUO Yong-ji). 可靠性工程原理 (Principles of Reliability Engineering) [M]. 北京: 清华大学出版社 (Beijing: Tsinghua University Press), 2002.
- [5] Neudorf E G. Cost Benefit Analysis of Power System Reliability: Two Utility Case Studies [J]. IEEE Trans on Power Systems, 1995, 10(3) :1667-1675.
- [6] Billinton R, Wang P. Distribution System Reliability Cost/ Worth Analysis Using Analytical and Sequential Simulation Techniques [J]. IEEE Trans on Power Systems, 1998, 13(11) :1245-1250.
- [7] IEEE Std 493-1997, IEEE Recommended Practice for the Design of Reliable Industrial and Commercial Power Systems [S].

收稿日期: 2004-01-17; 修回日期: 2004-05-26

作者简介:

范文涛 (1973 -), 男, 硕士, 工程师, 从事高压试验、电网调度、线损管理工作; E-mail: fwt73 @163.com

程林 (1973 -), 男, 博士, 助理研究员, 主要从事电力系统可靠性、电力系统分析与控制等方面的教学和研究;

孙元章 (1954 -), 男, 教授, 博士生导师, 长江学者特聘教授, 主要从事 FACTS、电力系统非线性控制、电力系统安全经济控制等方面的教学和研究。

Research on simplified economic evaluation for power grid renovation

FAN Weir-tao¹, CHENGLin², SUN Yuan-zhang²

(1. Qiqihar Electric Power Company, Qiqihar 161005, China; 2. Tsinghua University, Beijing 100084, China)

Abstract: This paper proposes an evaluation method covering both line loss reduction and reliability. The method considers the effect of national policy that will be affected by income tax, finance mode and the cycle of developing project. And the evaluation fits well with the fact since the reduction of line loss and load interruption are included in the total profit. The example that the economic evaluation on Qiqihar distribution system is given.

Key words: reliability; line loss; economic analysis; evaluation

(上接第 73 页 continued from page 73)

- [3] 何卫, 徐劲松 (HE Wei, XU Jin-song). IEC 60870-5-6 一致性测试规则探讨 (Discussion on the IEC60870-5-6 Consistent Test Regulation) [J]. 电力系统自动化 (Automation of Electric Power Systems), 2003, 27(15) :78-79.
- [4] IEC60870 - 5 - 101, Telecontrol Equipment and Systems Part 5-101 Transmission Protocols companion Standard for Basic Telecontrol Tasks[S].

收稿日期: 2004-08-12; 修回日期: 2004-09-10

作者简介:

杨剑锋 (1971 -), 男, 本科, 长期从事电力系统自动化工作;

贺春 (1973 -), 男, 硕士, 长期从事电力系统自动化及规约测试方面的研究。E-mail: hechun @ncqtr.com

Problems and solutions in protocol implementation

YANG Jian-feng¹, HE Chun²

(1. Ningdong Power Supply Bureau, Yinchuan 750004, China; 2. National Center for Quality Supervision & Testing of Relay and Protective Equipment, Xuchang 461000, China)

Abstract: This paper aims at the confusion of the protocol implementation in domestic power system, and presents solutions by using the international standards widely and performing the protocol conformity test with the consideration of the protocol implementation experience in Ningxia. The proposals will benefit the improvement of automation level of the power system enterprises.

Key words: substation automation; protocol; testing