

垃圾电厂厂用变压器节能选型经济性分析

白金财¹ 王宗林² 柴志艇³

1.中节能(北京)节能环保工程有限公司; 2.中节能抚州环保能源有限公司;
3.中节能(天津)环保能源有限公司

DOI:10.12238/jpm.v3i12.5483

[摘要] 本文以某500吨/天处理量的垃圾电厂为背景,围绕厂用变压器节能选型经济性进行探讨,对同容量不同节能等级的变压器的经济性采用一种简单易行的方法进行分析比较。

[关键词] 垃圾电厂; 厂用变压器; 节能选型; 经济性分析

Economic Analysis of Energy-saving Type Selection of Stationary Transformer in Waste Power Plant

BAI Jincai

CECEP (Beijing) Energy Conservation and Environmental Protection Engineering Co., Ltd. Beijing 100022, China

[Abstract] This article is based on a garbage power plant with a processing capacity of 500 tons/day as the background, Discussion on the economy of energy-saving type selection of plant transformers, A simple and easy method is used to analyze and compare the economics of transformers with the same capacity and different energy-saving grades

[Keywords] Garbage power plant; Factory transformer; Energy-saving selection; Economic analysis

垃圾焚烧发电厂主要是以生活垃圾作为燃料,经焚烧炉燃烧对垃圾进行热解处理,并将热解处理过程中的热量用来发电实现能源再利用。相比于火力电厂垃圾电厂的主要任务是进行垃圾处理;在锅炉选型、烟气净化系统、垃圾渗滤液处理方面会有更多工艺所需设备运行以确保各项排放标准满足要求,加之垃圾电厂发电机装置容量与传统火力电厂相比普遍较低,在厂用电率方面一般偏高,因此在厂用变压器选择是应综合考虑进行投资、技术、节能考虑。本文结合国内某垃圾电厂实际案例,对不同节能等级的变压器进行经济比较分析。

1 经济分析方法的介绍

对不同型号的变压器进行经济性分析时需综合考虑设备一次性投资费用及投运后的维护费用。一次性投资主要包含变压器设备购置费及建筑安装费用等;投运后的维护费主要包括设备日常维护费用及变压器的电能损耗等。

为方便比较本文选取一次性投资时仅考虑设备购置费的

差别,建安费用认为相同;维护费用仅考虑变压器的能量损耗不同,日常维护费用差异忽略不计;在此前提下考虑资金的时间价值将生命周期内各运行年的损耗值归算到投运初期某时刻计算出总拥有费用,选择总拥有费用低的方案即便经济较优方案。

$$TOC = A + B\left(\frac{1+b}{1+i}\right) + B\left(\frac{1+b}{1+i}\right)^2 + \dots + B\left(\frac{1+b}{1+i}\right)^n = A + Bk_{pv} \quad (\text{公式1})$$

TOC: 总拥有费用;

A: 变压器购置费;

B: 变压器年运行维护费用(仅考虑变压器有功损耗);

b: 能源成本增长率, %;

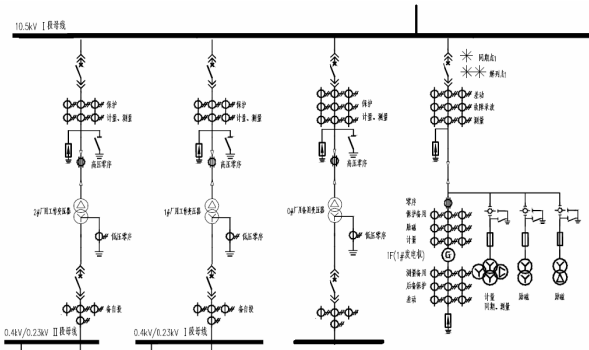
i: 银行贴现率, %;

n: 运行年限;

k_{pv} : 贴现率为 i , 能源成本增长率为 b 时的连续 n 年费用现值系数;

2 示例工程项目概况

本文以中国北方某垃圾电厂为案例分析背景,该电厂建设1台500t/d炉排炉式垃圾焚烧炉和1台额定12MW的凝汽式汽轮机和1台12MW发电机组,发电机机端电压为10kV,厂用电与发电机共享10kV母线,10kV系统采用单母线接线。主厂房内安装2台1600kVA厂用变压器和1台1600kVA备用变压器,将10kV电压变为0.4kV为厂内低压用电设备供电。发电机及厂用变压器电气主接线图如下图所示。



3 经济性对比分析

垃圾焚烧发电厂的设备寿命按照30年计算(含2年建设期),单台厂用变净现金流量如下图所示。



假设变压器购置发生在整个生命周期第2年的年中,第3年开始投运维护费用随之发生,总体净现值归算至变压器购置时刻,按照此原则计算整个生命周期的总拥有费用。

(1) 变压器购置费用的确定

经市场调查并对三家业内主要干式变厂家询价取平均值后得出6种类型的变压器价格如下:

表一

序号	能耗等级	技术参数	价格 (万元/台)	3台总价 (万元)	备注
1	SCB12	1600kVA, 10.5/0.4	14.5	43.5	
2	SCB14	1600kVA, 10.5/0.4	16.2	48.6	
3	SCB18	1600kVA, 10.5/0.4	18.4	55.2	
4	SCBH15	1600kVA, 10.5/0.4	18.2	54.6	
5	SCBH17	1600kVA, 10.5/0.4	19.6	58.8	
6	SCBH19	1600kVA, 10.5/0.4	21.8	65.4	

(2) 变压器年运行维护费用的确定 (仅考虑能量损耗的不同)

依据《电力变压器能效限定值及能效等级》(GB 20052-2020)表2可得出各类能耗等级的变压器,空载损耗及负载损耗情况如下:

表二

序号	能耗等级	技术参数	空载损耗 (W)	负载损耗 (W)	备注
1	SCB12	1600kVA, 10.5/0.4, 6.0% (F)	1960	11730	
2	SCB14	1600kVA, 10.5/0.4, 6.0% (F)	1665	10555	
3	SCB18	1600kVA, 10.5/0.4, 6.0% (F)	1415	10555	
4	SCBH15	1600kVA, 10.5/0.4, 6.0% (F)	760	11730	
5	SCBH17	1600kVA, 10.5/0.4, 6.0% (F)	645	10555	
6	SCBH19	1600kVA, 10.5/0.4, 6.0% (F)	530	10555	

备注: 6%为短路阻抗; F为绝缘耐热等级(参考温度为120℃)

依据《工业与民用供配电设计手册》第四版,公式1.10-3

$$\Delta P_T = \Delta P_0 + \Delta P_K \left(\frac{S_c}{S_r}\right)^2 \quad (1.10-3)$$

ΔP_T : 变压器的有功功率损耗, kW;

ΔP_0 : 变压器的空载损耗, kW;

S_c : 变压器的计算负荷, kVA;

S_r : 变压器的额定容量, kVA;

ΔP_T 及 ΔP_0 的数值取自表二;

S_c 取0.6、0.7、0.8倍的额定值并分别进行计算;

电价的选取: 本文参照当地垃圾电厂新能源补贴政策并将变压器节约的电能视同可多外输的电能考虑,则变压器耗电单价按照并网电价0.65元/kWh计算。

参考《工业与民用供配电设计手册》第四版公式16.3-16厂用变运行时间为8040小时考虑(每年垃圾电厂停机停炉检修1个月考虑)

则以SCB12变压器为例(S_c 取0.6 S_r):

$$A_1 = 43.5 \text{ (万元);}$$

$$B_1 = (1.96 + 11.73 \times 0.6^2) \times 8040 \times 0.65 / 10000 = 3.23 \text{ (万元)}$$

对于公式1中所列参数进行选取:

b: 能源成本增长率按照0考虑;

i: 银行贴现率按照6%取值;

n: 运行年限选取28;

$$K_{pv} = \left(\frac{1}{1+i}\right) + \left(\frac{1}{1+i}\right)^2 + \dots + \left(\frac{1}{1+i}\right)^{28} = \frac{1 - [1 / (1 + 0.06)]^{28}}{0.06} = 13.41$$

$$\text{则: } TOC_1 = 43.5 + 3.23 \times 13.41 \times 2 = 130.16 \text{ (万元)}$$

按照此步骤分别计算不同负荷率下的 TOC_1 、 TOC_2 、 TOC_3 、 TOC_4 、 TOC_5 、 TOC_6 得出结果如下表所示。

序号	能耗等级	技术参数	单价 (万元)	总价 A (万元)	贴现率	现值系数 kpv	负荷率分别为下值时的 TOC 值 (万元)		
							负荷率 (0.6)	负荷率 (0.7)	负荷率 (0.8)
1	SCB12	1600kVA, 10.5/ 0.4, 6.0% (F)	14.5	43.5	6%	13.14	130.16	151.53	176.19
2	SCB14	1600kVA, 10.5/ 0.4, 6.0% (F)	16.2	48.6	6%	13.14	125.20	144.43	166.62
3	SCB18	1600kVA, 10.5/ 0.4, 6.0% (F)	18.4	55.2	6%	13.14	128.29	147.52	169.71
4	SCBH15	1600kVA, 10.5/ 0.4, 6.0% (F)	18.2	54.6	6%	13.14	124.44	145.81	170.47
5	SCBH17	1600kVA, 10.5/ 0.4, 6.0% (F)	19.6	58.8	6%	13.14	121.10	140.33	162.52
6	SCBH19	1600kVA, 10.5/ 0.4, 6.0% (F)	21.8	65.4	6%	13.14	126.09	145.32	167.51

备注: 1、TOC 值为三台变压器购置总价及 2 台变压器历年能量损耗费用折现值;

4 结论

比较 TOC 值发现在本文研究的案例背景下采用三相干式非晶合金铁芯无磁调节变压器 SCBH17 的总拥有费用最小, 为综合最优方案; 如初期投资受限选用三相干式电工铁芯无励磁调节变压器时则 SCB14 的总拥有费用最低, 可优先考虑选此类型的变压器。

受市场、地域、科技发展及其他因素影响变压器价格会差异和变动, 加之每个垃圾电厂的厂用电供电方式、入网电价都存有差异, 针对不同电厂变压器选择可能会得出不同结论。但此文提供了一种简单易行的经济分析比较方法, 可供类似项目

建设期选择厂用变压器时参考使用。

[参考文献]

- [1]中国航空工业规划研究总院有限公司. 工业与民用配电设计手册(第四版)[M]. 北京: 中国电力出版社, 2017.
- [2]中国电力工程顾问集团有限公司. 电力工程电气设计手册(火力发电厂电气一次设计)[M]. 北京: 中国电力出版社, 2018.
- [3]《钢铁企业电力设计手册》编委会. 钢铁企业电力设计手册(上册)[M]. 北京: 冶金工业出版社, 1996.
- [4]GB 20052-2020, 电力变压器能效限定值及能效等级[S].