

# 配电变压器供应商生产制造能力评价体系研究

薛祥<sup>1</sup>, 张丹丹<sup>2</sup>, 周志强<sup>2</sup>, 刘亚青<sup>2</sup>

(1.江苏省电力公司物资供应公司, 江苏南京 210036; 2.华中科技大学, 湖北武汉 430074)

**摘要:** 配电变压器对电网安全非常重要, 需对供应商生产制造能力进行评价。文中采用了层次分析法, 结合配电变压器生产过程中各个关键节点, 形成了配电变压器供应商生产制造能力评价体系, 为规范供应商行为, 提高业主单位对产品质量监督与管理提供了一定的参考依据。

**关键词:** 配电变压器; 供应商; 评价体系; 层次分析法

**中图分类号:** TM46

**文献标志码:** B

**文章编号:** 1009-0665(2014)04-0072-03

配电变压器直接面向电力用户, 是配电网关键设备, 每年各电网公司系统新入网配电变压器数万台, 其运行工况、运行质量直接关系电网的安全运行<sup>[1-3]</sup>。2009年以来, 国家电网公司、南方电网公司采用集中招标方式采购变压器, 企业竞争激烈。国内不少配电变压器生产企业经济效益下滑明显, 由此导致一些企业降低产品质量去恶性竞争, 2009年至2011年配电变压器不合格率依次为24.1%, 30%, 31%, 其抽检合格率一度低至70%。网上运行变压器产生事故以近5年的产品为多, 电网安全不容乐观<sup>[4]</sup>。由于配电变压器生产技术较为简单, 生产技术门槛比较低, 因此很多中小企业均参与其中。数量众多的供应商亦对供应商的管理提出了要求。根据最近几年的抽查结果显示, 国内中小型企业生产的中小容量电力变压器的问题较为突出<sup>[5]</sup>。

基于上述形势, 本文采用层次分析法, 针对配电变压器生产全寿命周期的各个环节进行综合分析, 提出了配电变压器供应商生产制造能力评价体系。

## 1 层次分析法

配电变压器生产制造过程复杂, 生产制造过程中影响其质量的因素众多, 需要对配电变压器生产制造过程进行深入的调查分析, 提取关键要素, 以达到科学、快速地评价配电变压器生产制造能力的目的。配电变压器生产制造过程涵盖从配电变压器的设计到最终出厂试验整个过程。其中产品设计开发质量、原材料质量把控情况、生产工艺过程及质量控制、出厂试验情况是其关键要素。而相关要素之下, 又可以细分为不同的要点, 以原材料质量把控情况为例, 可以分为电磁线、硅钢片、变压器油、绝缘等相关其他原材料的评价分析。

在众多评价方法中, 有比较评判法、主观评判法、层次分析法等。采用比较评判法不利于配电变压器这

种供应商数目较大时, 评价节点较多的产品; 主观评判法则由于人为主观性太大, 易遭质疑。而层次分析法则适用于这种评价节点多、评价对象数目大的情况。基于此, 本文选定采用层次分析法作为分析方法。

层次分析法(AHP)是1971年由Satty提出的一种实用的多因素决策方法。该方法以其定性与定量相结合处理各种决策因素的特点, 以及系统、灵活、简洁的优点, 迅速地在社会、经济等领域中得到广泛应用<sup>[6-9]</sup>。AHP的思想是首先通过建立清晰的层次结构来分解复杂问题, 其次引入测度理论, 通过两两比较, 用相对标度将人的判断标量化, 并逐层建立判断矩阵, 然后求解各判断矩阵的权重, 最后计算方案的综合权重并排序。在采用AHP法解决复杂的决策问题时, 由单个专家的判断来建立判断矩阵往往带有一定片面性<sup>[10]</sup>, 为实现决策的科学性与民主, 可由多个专家来参与两两比较<sup>[11]</sup>。但是由于目前还没有任何一个专家可以准确地说配电变压器供应商评价体系各个指标权重, 如何计算权重成为本体系的一大难点。其次, 由于配电变压器生产过程很多指标难以量化, 如何进行规范性量化, 成为本评价系统的又一难点。

基于上述情况, 本评价系统采用如下处理方式:

(1) 初始权重分配采用平均指标分配, 从上级指标往下分配, 后续根据设备运行的数据库回馈修改指标权重, 即: 准则层权重根据准则数目平均分配, 再根据方案层则根据对应的准则层指标下属方案数目平均分配。根据权重分配原则, 准则层的权重  $Q_{\text{准则层}}$  为:

$$Q_{\text{准则层}} = 1/N \quad (1)$$

式(1)中:  $N$  为准则层的个数。

而方案层的权重  $q_{\text{方案层}}$  为:

$$q_{\text{方案层}} = 1/n \times Q_{\text{准则层}} \quad (2)$$

式(2)中:  $n$  为准则层的下属方案层的个数。

(2) 评分采用评价人员主观评分, 取平均值的方法。由系统提供评分方案, 由设备供应商依据方案层内容进行答辩, 评分人员根据答辩内容及厂家实际情况进

行评分,取最终得分的平均值。

(3) 取  $M$  名供应商,依据上述方法进行评价打分,提供其得分排名,形成矩阵  $A$ ,并根据运行统计数据,依据其故障率形成矩阵  $B$ ,对  $A, B$  进行归一化处理,形成矩阵  $A_g, B_g$ , 归一化公式:

$$y_{ij} = \frac{x_{ij} - \bar{x}_j}{S_j} \quad (3)$$

式(3)中: $X = \{x_{ij}\}; Y = \{y_{ij}\}; X$  为原始矩阵; $Y$  为归一化后矩阵; $\bar{x}_j$  为第  $j$  列平均值; $S_j$  为标准差。

对比  $A_g, B_g$ , 采用穷举法反复修改指标权重,使  $A_g$  与  $B_g$  相同,处理流程如图 1 所示。

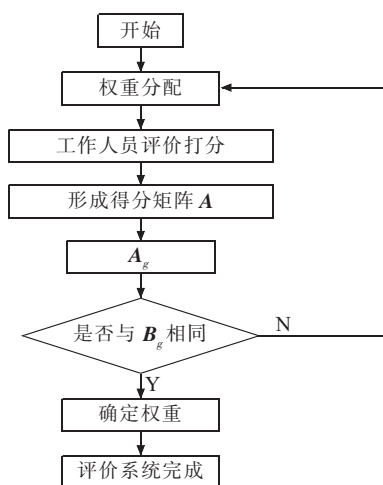


图 1 处理流程图

## 2 配电变压器供应商生产制造能力评价体系

依据配电变压器供应商生产制造能力评价要素,配电变压器供应商生产制造能力评价指标体系应从产品设计开发能力、原材料质量把控情况、生产工艺过程及质量控制、出厂试验能力、总体质量管理体系 5 个方面来考虑。

(1) 产品设计开发能力是保证产品最终质量的前提。评价供应商设计能力的首要要素为该供应商对产品设计的重视与投入程度,其直接体现在企业的设计研发资金占销售收入比例以及研发人员比例,其次能直接量化设计能力的指标有企业自行研发的通过国家变压器质检中心试验的新型产品数量以及企业新产品数量占总产品数量比例,同时还应该关注供应商在与客户交流时能否保证设计技术资料的完整性,这直接关系到供应商能否按照客户的特殊要求进行设计的变动与产品的改造。其中,产品设计开发能力的下属方案层为:

- ① 设计研发资金占销售收入比例;
- ② 研发人员比例;
- ③ 自行研发的通过国家变压器质检中心试验的

新型产品数量;

- ④ 企业新产品数量占总产品数量比例;
- ⑤ 设计技术资料完整性。

(2) 原材料质量把控情况是企业开展策略采购行为过程中的供应商绩效表现。对于配电变压器这一复杂的系统来说,任一主要原材料存在质量问题都会导致最终的产品不合格。为此,供应商须建立自己的原材料供应商评价体系,同时要有配电变压器主要原材料的进厂质量控制方法。其中,原材料质量把控情况的下属方案层为:

- ① 原材料供应商评价体系;
- ② 原材料进厂质量检验标准;
- ③ 硅钢片进厂质量控制;
- ④ 铜线材进厂质量控制;
- ⑤ 变压器油进厂质量控制;
- ⑥ 变压器油箱进厂质量控制;
- ⑦ 选择原材料性能与经济性把控规范。

(3) 生产工艺过程及质量控制是从主要生产环节中提取关键要素进行评价,同时还应关注供应商生产过程中的不合格品的处理情况、成品与原材料、零部件的追溯性情况。其中,生产工艺过程及质量控制的下属方案层为:

- ① 工艺控制文件及执行情况;
- ② 硅钢片剪叠工艺及质量控制;
- ③ 绕组制作工艺及质量控制;
- ④ 引线焊接工艺及质量控制;
- ⑤ 线圈预装工艺及质量控制;
- ⑥ 器身装配工艺及质量控制;
- ⑦ 总装质量控制;
- ⑧ 器身干燥处理及真空注油质量控制;
- ⑨ 生产过程不合格品的处理情况;
- ⑩ 成品与原材料、零部件的追溯性情况。

(4) 配电变压器的出厂试验质量把控情况是包含对供应商出厂试验能力、试验设备、出厂试验项目等的评价以及是否有不合格的记录情况,不合格品的记录与处理体现了供应商对最终质量的重视程度。其中,出厂试验情况的下属方案层为:

- ① 试验项目及设备情况;
- ② 试验执行及记录情况;
- ③ 试验设备维护及校准情况;
- ④ 试验不合格品记录及处理。

(5) 总体质量管理体系是考察配电变压器供应商对 ISO 9000 的执行情况。其中,总体质量管理体系的下属方案层为:

- ① 质量体系认证情况;
- ② 质保职责如何保证;

- ③ 质量记录保持情况;
- ④ 图纸、工艺规程和相关文件如何分发控制;
- ⑤ 设备管理情况。

综合上述分析,以产品设计开发能力、原材料质量把控情况、生产工艺过程及质量控制、出厂试验能力、总体质量管理体系 5 个方面建立变压器供应商制造能力作为准则层,在每一评价指标的具体评价内容中选取最为有效、实用的且可见的项目构建配电变压器供应商评价体系方案层,形成配电变压器供应商生产制造能力评价指标体系,如图 2 所示。

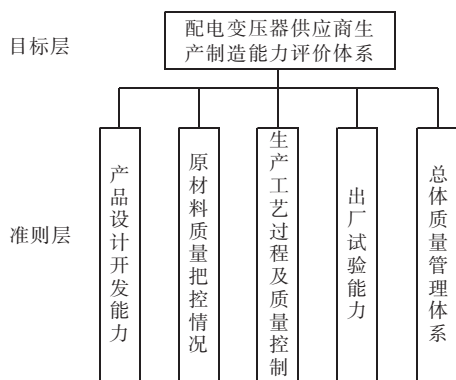


图 2 配电变压器供应商生产制造能力评价体系

根据初始权重分配原则,各一级指标(产品设计开发能力、原材料质量把控情况、生产工艺过程及质量控制、出厂试验能力、总体质量管理体系)对供应商生产制造能力的评价影响程度相同,因此认为一级指标间的相对权重相同,均为 20%。而针对“产品设计开发能力”一项,由于其下属方案层共有 5 项,则每项的权重均为 20%,则在整个系统中的权重则为  $20\% \times 20\% = 4\%$ ,即“设计研发资金占销售收入比例”、“研发人员比例”、“自行研发的新产品数量”、“新型产品数量占总产品数量比例”和“设计技术资料完整性”占总系统的权重各为 4%。方案层的量化原则依据实际运行经验和工艺要求共同制定,分值为 100 分,评价人员可根据实际运行经验进行评价打分。

### 3 应用案例

根据上述评价系统,对 A,B,C,D 4 家配电变压器供应商进行了评价,评价结果如表 1 所示。

表 1 供应商评价

供应商	得分
A	92
B	90
C	85
D	63

其中,A,B 供应商为国内知名生产厂商,电力变压器销售量均位居全国前 10;C 供应商为中型配电变

压器生产企业,企业引入了完善的生产管理制度,产品出口至日本、巴基斯坦等国;D 供应商为某小型变压器生产企业,从事配电变压器生产年限较短,相关管理规范尚未到位。从该评分可以看出,本体系能有效评价供应商生产制造能力。

### 4 结束语

针对目前配电变压器生产企业存在的质量问题,创造性提出配电变压器供应商监督评价体系,采用层次分析法,结合实际运行经验,采用平均分配权重,后续经验数据修正的方法,构建整个评价体系。依据配电变压器供应商生产制造能力评价要素,通过分析大量国内外配电变压器领军企业数据及管理经验、国家/行业标准及规程,制定了可操作性强,能切实反映实际过程中的关键可见环节的评价指标体系以及指标量化原则。从产品设计开发能力、原材料质量把控情况、生产工艺过程及质量控制、出厂试验能力、总体质量管理体系 5 个方面建立了配电变压器供应商生产制造能力评价指标体系,重点评价供应商生产制造能力以及质量管控机制,可间接掌握配电变压器生产制造过程的质量控制情况。为配电变压器供应商监督评价提供了强有力的工具。

#### 参考文献:

- [1] 孙莉. 并列运行配电变压器经济运行软件设计[J]. 江苏电机工程. 2012, 31(6):43-46.
- [2] 吴鹏,陆云才,陈铭明,等. 江苏电网非晶合金变压器综合评估[J]. 江苏电机工程. 2013, 32(3):1-5.
- [3] 陈荣华,叶勇. 高能耗配电变压器的节能改造[J]. 江苏电机工程. 2009, 28(3):39-41.
- [4] 陈金猛,孙萌,李志新. 基于全寿命周期的配电变压器质量管控方法研究[J]. 中国机电工业. 2012, 05(12):120-122.
- [5] 陈金猛,毕天姝,王庆杰,等. 电力变压器抽检(抽查)质量问题分析及管控措施研究[J]. 变压器, 2014, 51(1):62-65.
- [6] 汪勇,魏巍. 电子商务网站的层次分析法评价模型构建[J]. 湖北大学学报(自然科学版), 2010, 32(01): 50-53.
- [7] 王小云,蓝少华. 档案信息质量评价之指标权重分析及运用——基于层次分析法[J]. 档案学通讯, 2010, 01(1):41-45.
- [8] 张国方,孙翠伟. 基于层次分析法对我国电动汽车市场的研究[J]. 上海汽车, 2010, 01(11):35-37.
- [9] 赵颖,赵庆国. 基于层次分析法的中小企业自我评价模型及其应用[J]. 现代经济(现代物业下半月刊), 2009, 08(2):3-5.
- [10] 李春好,孙永河,贾艳辉,等. 变权层次分析法[J]. 系统工程理论与实践, 2010, 30(4):723-731.
- [11] 丁家玲,叶金华. 层次分析法和模糊综合评判在教师课堂教学质量评价中的应用[J]. 武汉大学学报(社会科学版), 2003, 56(2):241-245.
- [12] 赵静月. 变压器制造工艺[M]. 北京:中国电力出版社, 2009: 123-136.

## 7 结束语

综上所述,发电企业电气设备状态检修对电气设备的技术管理要求高,要有多年的电气设备运行、检修及试验资料的积累,要有较成熟的在线监测装置,要有一套完整的综合分析诊断的方法。虽然目前实施电气设备状态检修制度还有一定的困难,但是同电气设备定期计划检修制度相比,电气设备状态检修制度有无可比拟的优势,它不仅有利于进一步提高电气专业技术人员的业务水平,提高电气设备运行的稳定性,而且可以降低检修费用,提升发电企业的经济效益,相信在

不久的将来,随着电气设备的增加、电气设备质量的提高,发电企业实施电气设备状态检修必然会成为一种趋势。

### 参考文献:

- [1] 陈三运,谭洪恩,江志刚. 输变电设备的状态检修[M]. 北京:中国电力出版社,2004:13-57.
- [2] 屠颖,岳彬. 电气设备状态检修技术分析[J]. 中国高新技术企业,2010(22):122-123.

### 作者简介:

孙成林(1966),男,江苏盐城人,工程师,从事发电厂电气检修、运行管理工作。

## The Condition-based Maintenance of Coal-fired Power Plant Electrical Equipment

SUN Chenglin

(Jiangsu Sheyanggang Power Generation Co.Ltd., Yancheng 224346, China)

**Abstract:** A brief introduction is given to the existing problems of the regular scheduled maintenance of electrical equipment in Coal-fired power plant. The necessities of electrical equipment status detection and maintenance for Coal-fired power enterprises are illustrated. Based on these introductions, the basic rules, methods and requirements of condition-based maintenance for electrical equipment in Coal-fired power plant are presented, and some issues related to the implementation of condition-based maintenance are discussed.

**Key words:** coal-fired power plant; electrical equipment; condition-based maintenance

(上接第 74 页)

### 作者简介:

薛祥(1962),男,江苏江都人,高级工程师,从事电力设备物资质量管理管控工作;  
张丹丹(1968),女,重庆人,副教授,从事高电压与绝缘技术工作;

周志强(1987),男,湖北武汉人,博士研究生,从事高电压与绝缘技术工作;

刘亚青(1990),男,安徽桐城人,博士研究生,从事高电压与绝缘技术工作。

## Research on Evaluation System for the Manufacturing Capacity of Distribution Transformer Suppliers

XUE Xiang<sup>1</sup>, ZHANG Dandan<sup>2</sup>, ZHOU Zhiqiang<sup>2</sup>, LIU Yaqing<sup>2</sup>

(1. Jiangsu Electric Power Company Material Supply Company, Nanjing 210036, China;

2. Huazhong University of Science and Technology, Wuhan 430074, China)

**Abstract:** Distribution transformers are very important for the safe operation of power grid. Therefore, there is a need to evaluate the manufacturing capacity of transformers suppliers. In this paper, the analytic hierarchy process (AHP) is applied in evaluating the manufacturing capacity of distribution transformer suppliers. In the evaluation process, all key aspects related to manufacturing process of distribution transformer are taken into account. With the proposed evaluation system, the supplier can be regulated and the users can supervise the quality of products.

**Key words:** distribution transformer; supplier; AHP; evaluation system

# 欢迎投稿 欢迎订阅