

# 低压开关柜成本敏感度分析及成本估算模型

谢家正<sup>1</sup>, 夏成军<sup>1</sup>, 马仲能<sup>2</sup>

(1. 华南理工大学电力学院, 广东 广州 510640; 2. 广州供电局有限公司, 广东 广州 510620)

**摘要:**以低压开关柜为研究对象, 基于对国内主流生产厂商的大量调研, 以多种典型配置的组成部分占总成本百分比的算术平均值作为低压开关柜各组成部分的成本敏感度, 对不同功能种类低压开关柜各组成部分的成本敏感度进行了分析。采用多元线性回归分析方法, 得出成本计算公式集合, 在确定功能种类、型号和电压等级的前提下, 通过输入变压器容量、额定电流或额定补偿容量, 得出成本, 从而建立了低压开关柜成本估算模型, 可指导电网物资采购靶心价格的确定和投标价格的评价。

**关键词:** 低压开关柜; 成本敏感度; 成本建模; 多元线性回归

**中图分类号:** TM591

**文献标志码:** A

**文章编号:** 2096-3203(2017)05-0081-05

## 0 引言

低压开关柜是指额定电压在 1 kV 以下的开关柜设备, 承担着开合、控制和保护低压用电设备的重要工作, 在中低压配电网中有着极为广泛的应用, 是配电站设备投资的重要组成部分, 其采购成本决定着电力系统尤其是配电系统运行的经济性。近年来, 随着电网投资规模日益加大, 低压开关柜采购量在不断的增加, 对于电网物资采购的靶心价格的确定与评价也越来越受到重视; 同时, 近期发生的西安地铁电缆安全事故, 显示了企业设备采购过程中所面临的低价恶意竞标导致严重质量问题的风险<sup>[1]</sup>。如何以合理的价格采购到符合质量要求的低压开关柜, 同时引导厂家提升开关柜质量和生产工艺, 是关系到电力系统安全稳定运行及电网企业效益的重要问题。因此, 分析低压开关柜的成本构成方式及其成本敏感度, 并建立其成本估算模型来指导电网企业对投标报价进行有效评估显得非常重要。

目前, 全生命周期成本(life cycle cost, LCC)是国内外对于电气主设备的成本方面的研究热点之一。国网上海市电力公司将全生命周期管理方法应用于设备招标选型的决策和评估, 提出了一种全生命周期设备招标、评标和验证方法<sup>[2]</sup>; 华南理工大学以电力变压器作为研究对象, 建立了考虑资金时间价值的电力变压器 LCC 计算模型, 给出了灵敏度分析方法, 对 LCC 的各阶段成本进行了比例分析, 并找出了影响变压器全生命周期成本的关键成

本因素<sup>[3]</sup>; 南方电网公司以 220 kV 电力变压器为研究对象, 确定了变压器的成本构成要素, 分析了各组成部分的成本敏感度, 同时提出了成本估算模型<sup>[4]</sup>; 暨南大学比较总结了现行电力设备评标方法的特点, 通过对历史数据的回归分析, 构建了电力设备全生命周期动态估算模型, 并将经济生命的概念引入全生命周期中, 对设备经济性进行分析和评价<sup>[5]</sup>; 华北电力大学以 500 kV 变压器为研究对象, 对变压器的成本构成与可靠运行进行分析, 最终设计并实现一套采购评价系统, 可实现变压器费用的计算以及变压器故障率的预测<sup>[6]</sup>。

从电网企业角度来看, 电气主设备的 LCC 包括初始投资成本、运行成本、检修维护成本、故障成本和退役处置成本<sup>[3]</sup>。由于运行成本、检修维护成本、故障成本和退役处置成本等主要由运行期间的维护、操作等决定, 故而难以直观反映在设备的采购价格中; 而初始投资成本即对应设备采购成本, 直观反映了招投标价格的博弈过程; 研究初始投资成本的构成与估算模型, 可对采购靶心价格的确定起到重要参考作用。因此, 文中仅对 LCC 中的初始投资成本进行研究分析。

目前, 相关研究基本集中在 220 kV 变压器、GIS 等电压等级较高的电气主设备上, 只有个别生产科研单位<sup>[7-13]</sup>对低压开关柜的结构改进、管理策略、设计选型做出了一定的分析, 但并未涉及其成本构成与估算; 同时, 站在采购方角度针对电气主设备的采购成本进行分析的较少。

因此, 文中以低压开关柜作为研究对象, 分析其各组成部分的成本敏感度, 并根据对国内主流厂商的市场调研数据, 建立其成本估算模型, 从而提高电网企业在低压开关柜招标采购过程中对投标

收稿日期: 2017-04-13; 修回日期: 2017-05-25

基金项目: 国家重点研发计划“智能电网技术与装备”重点专项(2016YFB0901300)

方投标价格评估的准确性,同时,也为其他电气主设备的相关研究提供参考。

## 1 低压开关柜成本构成及成本敏感度分析

### 1.1 低压开关柜成本构成

根据国内多家主流低压开关柜制造厂商调研结果与一般性的电气主设备财务会计准则,低压开关柜初始采购成本构成可分为原材料成本、配件成本、直接人工成本、设备制造成本4个部分。

(1) 原材料成本。指用于设备组成的需要继续加工的原材料,包括柜体所需要的钢板、铜排、螺栓、导线。

(2) 配件成本。包括断路器、电流互感器、隔离开关、负荷开关、熔断器、接地开关、计量仪表(电流表、电压表、功率表、电度表等)、电阻、信号灯、熔断器、空气开关和转换开关等。

(3) 直接人工成本。直接参与生产设备的技术人员、车间工人等人的工资,不包括管理人员的工资。

(4) 设备制造成本。指企业为生产产品和提供劳务而发生的各项费用,包括福利物资费用、生产人员及生产管理人员社会保险费用、生产系统人员差费、车间加班餐、生产设备及生产厂房折旧费、车间用水、电、蒸汽费、劳保费、检验设备检测费、设备修理费和外协加工费。

其中原材料成本与配件成本称为低压开关柜的材料成本,直接人工成本与设备制造成本称为低压开关柜的间接成本。

### 1.2 低压开关柜材料成本敏感度分析

由于分析的对象为低压开关柜实物本身的成本属性,因此仅对材料成本的各组成部分进行分析,直接人工成本和设备制造成本等由外部环境决定的间接成本不纳入对成本敏感度的分析中。低压开关柜中某组成部分*i*的成本敏感度定义为:

$$d_i = \frac{r_i}{\sum r_i} \quad (1)$$

式(1)中: $r_i$ 为低压开关柜原材料组成部分或配件组成部分的单独成本; $\sum r_i$ 为低压开关柜的材料成本。

一般而言,低压开关柜由外壳、功能单元、量测仪表等部分组成,但由于其按照功能不同可分为进线柜、馈线柜、母联柜、补偿柜等,不同功能的低压开关柜构成相差较大,因此,对不同功能的低压开关柜的成本敏感度分别进行分析。

文中选取4个国内主流厂商,额定电压从380~

660 V,变压器容量从100~1250 kV·A,型号分别为GGD和GCK,4种功能种类,共计80种典型配置低压开关柜的分项报价表进行分析计算,再将各种典型配置中各自的成本敏感度进行算术平均,得出最终的低压开关柜各组成部分成本敏感度,其最终结果如表1—4所示。

表1 低压进线柜各组成部分成本敏感度

成本组分	成本敏感度	成本组分	成本敏感度
断路器	43.27	失压计时仪	4.08
电流互感器	3.49	柜体	7.36
浪涌保护器	5.23	铜排	10.65
计量仪表	0.54	端子、导线	6.45
配电监测计量终端	18.94		

表2 低压馈线柜各组成部分成本敏感度

成本组分	成本敏感度	成本组分	成本敏感度
断路器	28.01	柜体	12.62
电流互感器	1.95	铜排	33.77
计量仪表	5.98	端子、导线	10.65
刀开关	7.01		

表3 低压母联柜各组成部分成本敏感度

成本组分	成本敏感度	成本组分	成本敏感度
断路器	67.40	柜体	7.40
电流互感器	0.69	铜排	15.96
计量仪表	0.40	端子、导线	8.14

表4 低压补偿柜各组成部分成本敏感度

成本组分	成本敏感度	成本组分	成本敏感度
电流互感器	0.84	复合开关	25.31
避雷器	0.25	柜体	15.44
计量仪表	0.77	铜排	12.31
电容器	11.04	端子、导线	29.25
补偿控制器	4.78		

结合表1—4可以看出,功能不同的低压开关柜组成部分有一定差异,相同组成部分的成本敏感度也存在一定差别;柜体、铜排和端子、导线3种原材料的成本均超过了总成材料本的25%以上,在馈线柜和补偿柜中超过了50%,其中铜排作为原材料中的关键组件,在不同功能的低压开关柜中的成本敏感度都较高,均达到10%以上,但由于功能不同导致的结构差异,成本敏感度波动较大;断路器作为

低压开关柜功能实现的核心配件,在含有断路器的低压进线柜、低压馈线柜和低压母联柜中,其成本敏感度在配件中均为最高,且都超过了25%,最高达到了67%。复合开关和电容器作为低压补偿柜功能实现的核心配件,其成本敏感度均超过了10%。剩余的电流互感器、计量仪表、避雷器等配件由于成本相比前面几种组成部分来说相对较低,因此其成本敏感度也较低。

## 2 低压开关柜成本估算模型

### 2.1 低压开关柜材料成本计算方法

#### 2.1.1 基于关键配件成本敏感度计算方法

根据对国内低压开关柜市场的大量调研,由于目前国内主流厂商低压开关柜关键配件大部分为外购,而关键配件的高技术属性导致准入门槛较高,生产厂商较少,供货价格较为稳定。因此,相同功能、参数及规格低压开关柜中的部分关键配件的成本敏感度较为固定,且成本敏感度越高,波动越小。因此,在掌握部分关键配件成本的情况下,可以利用对大量典型配置低压开关柜分项报价进行分析计算和算术平均所得出的关键配件 $j$ 的成本敏感度 $d_{Aj}$ ,来估算低压开关柜采购成本。

为建立低压开关柜成本估算模型,按照成本敏感度大小,结合成本调研数据,对低压开关柜配件进行分级:

$$\begin{cases} d_i \geq 25\%, \text{A级} \\ 25\% > d_i \geq 5\%, \text{B级} \\ d_i < 5\%, \text{C级} \end{cases} \quad (2)$$

分级得到的A级配件即为低压开关柜关键配件。为保证准确性,减小估算误差,使用A级配件成本敏感度进行成本估算。其成本为 $r_{Aj}$ ,由式(1)得出由A级配件 $j$ 估算出的低压开关柜材料成本:

$$Z_j = \frac{r_{Aj}}{d_{Aj}} \quad (3)$$

由一般会计准则对多种A级配件估算得出的材料成本进行算术平均,则低压开关柜的材料成本:

$$Z = \frac{\sum Z_j}{j} \quad (4)$$

#### 2.1.2 多元线性回归计算方法

多元线性回归法的基本原理,是通过大量已知的典型低压开关柜常规参数,采用多元回归分析的方法拟合出在不同的功能用途、不同的规格参数下各自适用的公式,建立各成本构成的适用公式集合。所谓多元回归分析,是指用回归方程描述一个因变量与多个自变量的依存关系。多元回归模型

的数学描述为:

$$Z = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \cdots + \beta_n X_n + \varepsilon \quad (5)$$

式(5)中: $Z$ 为因变量; $X_1, X_2, \dots, X_n$ 为 $n$ 个自变量; $\beta_0$ 为常数项; $\beta$ 为总体偏回归系数,一般由最小二乘法原理求得; $\varepsilon$ 为残差,即 $Z$ 的变化中不能用现有自变量解释的部分。

文中假设 $Z$ 为低压开关柜的材料成本, $X_1, X_2, \dots, X_n$ 为关系到低压开关柜成本的关键参数。根据主流低压开关柜厂商所提供的低压开关柜参数,在同一电压等级、同一型号下,利用已知的低压开关柜关键参数及其对应的低压开关柜成本,利用Matlab软件的regress函数进行回归分析,求解各参数,得出相关的成本计算模型。

### 2.1 2种计算方法的实例对比

#### 2.2.1 计算过程

为比较2种方法间计算结果的差异,采用国标型号为GCK,额定电压为660V,额定电流为2500A,变压器容量为1250kV·A,短路分断能力为50kA的低压进线柜为例进行计算,并对结果进行比较。

(1) 基于关键配件成本敏感度计算方法。将前述成本敏感度分析代入式(2)可得,国标型号GCK,额定电压660V的低压进线柜的A级配件为断路器。对照表1,可得 $d_{A1} = 0.4327$ ,对应规格要求的国产主流断路器(选取型号BYEW1-2000/3P+N)价格为21340元。将 $d_{A1} = 0.4327, r_{A1} = 21340, j = 1$ 代入式(3,4),可得 $Z = 49317.48$ 元,此即为利用基于关键配件成本敏感度计算得出的国标型号GCK、额定电压660V的低压进线柜的材料成本。

(2) 多元线性回归计算方法。对调研数据进行分析得知,对低压进线柜,额定电流和变压器容量是决定其材料成本的关键因素。因此,根据额定电流、变压器容量和对应的低压进线柜材料成本,拟合出相关公式,即:

$$Z = 38142.31 + 2.002x_1 + 5.294x_2 \quad (6)$$

式(6)中: $x_1$ 为额定电流,A; $x_2$ 为变压器容量,kV·A; $Z$ 为低压进线柜材料成本,元。

根据拟合的公式,在已知低压进线柜的额定电流和变压器容量后,便可计算其材料成本。将额定电流2500A和变压器容量1250kV·A代入式(6),得材料成本 $Z = 48763.81$ 元

(3) 对2种算法的计算结果进行对比,根据国内主流厂商调研数据,该型号规格低压进线柜实际平均材料成本为47690元,基于关键配件成本敏感度法误差3.30%,多元线性回归法误差2.21%。

### 2.2.2 原因分析

由以上对比结果可以看出多元线性回归法的准确性比基于关键配件成本敏感度法高。由于基于关键配件成本敏感度法的准确性依赖于成本敏感度分析和 A 级配件成本,而低压开关柜的组成部分较多,其组成部分来源也较为复杂,因此调研得到的成本敏感度与具体的实际值间会存在一定差异,进而影响合理靶心价格的确定。指出所研究对象的重要含义,指出该技术今后的具体发展方向,具体的技术不足等。

相比之下,多元线性回归法按照功能对低压开关柜进行分类,基于大量数据得出适用成本估算公式,通过输入关键参数计算出相对应的材料成本,更全面准确地反映市场情况。因此,文中的低压开关柜成本估算模型采用多元线性回归法来建立。

### 2.3 低压开关柜成本估算模型的建立

基于调研数据,按照前述材料成本的方法,对低压开关柜的间接成本部分进行成本敏感度分析,限于篇幅,详细结果略。根据分析结果,在低压开关柜总成本中,直接人工成本与材料成本的比值百分比为 9.6%,设备制造成本与材料成本的比值百分比为 30.7%。由于难以准确计算低压开关柜间接成本的具体数值,因此,在估算模型中,按照直接人工成本和设备制造成本与材料成本的比值百分比来计入。

选取 4 个国内主流厂商,额定电压从 380~660 V,变压器容量从 100~1250 kV·A,型号分别为 GGD 和 GCK,4 种功能种类,共计 80 种典型配置低压开关柜的分项报价表进行分析。通过分析得知,对低压进线柜、低压馈线柜和低压母联柜,额定电流和变压器容量是决定其材料成本的关键因素;对低压补偿柜,额定补偿容量和变压器容量是决定其材料成本的关键因素。

按照功能、型号、电压等级等不同,基于以上调研数据,拟合建立材料成本估算公式,在加入估算得到的直接人工成本和设备制造成本后,得出最终成本估算公式。且仅列出额定电压 380 V、GGD 型低压开关柜的成本估算公式:

$$\begin{cases} Z_1 = 46\ 663.49 + 6.417x_1 - 0.561x_2 \\ Z_2 = 19\ 590.13 + 6.544x_1 + 1.663x_2 \\ Z_3 = 27\ 292.69 + 11.373x_1 - 5.965x_2 \\ Z_4 = 13\ 785.56 - 9.506x_2 + 83.771x_3 \end{cases} \quad (7)$$

式(7)中: $Z_1, Z_2, Z_3, Z_4$ 分别为低压进线柜、低压馈线柜、低压母联柜、低压补偿柜的成本,元; $x_1$ 为额定电流,A; $x_2$ 为低压开关柜变压器容量,kV·A; $x_3$ 为额

定补偿容量,kVar。

该估算模型的计算过程如下:首先确定所计算的低压开关柜的功能种类、型号和电压等级,选取对应的估算公式;代入低压开关柜的额定电流(或额定补偿容量)和变压器容量,从而得出该低压开关柜的估算成本。

## 3 实例分析

为了验证成本估算模型的准确性,选取某国产厂商投标成功的低压开关柜对模型进行实例分析。

### 3.1 实例

某国产低压母联柜主要参数为:国标型号 GGD,额定电压 380 V,额定电流 2000 A,变压器容量 1000 kV·A,短路电流分断能力 50 kA,各组成部分类型及规格均符合南方电网广州供电局甲供物资清册要求。通过成本估算模型所得的成本为 44 073.69元,而实际投标价格为 47 560 元。

### 3.2 实例差异分析

从以上实例可以看出,多元线性回归估算模型计算价格和实际投标价格间相差 7.9%,为正误差,即模型计算结果与实际投标价格相比偏大。模型计算:模型建立使用的原材料成本与配件成本数据是采取近段时间价格的平均数,而实际投标价格中的原材料成本与配件成本采用的是厂商生产采购时的价格,2 者间可能有差异;厂商在进行投标时会考虑损耗折价的问题,其实际损耗值与模型计算用的损耗值可能并不相同,这会导致模型计算成本会与实际成本有偏差,进而影响模型计算结果;直接人工成本和设备制造成本受厂商个体情况和社会经济影响较大,与利用材料成本估算出的数值存在误差;目前估算模型在拟合时所用的数据偏少,这会对拟合曲线的准确度造成一定的影响。

## 4 结论

文中基于大量调研数据和一般财务会计准则,以低压开关柜为研究对象,确定了低压开关柜的成本构成并定义了低压开关柜各组成部分的成本敏感度,对比分析了各组成部分成本敏感度不同的原因。

通过实例与基于成本敏感度计算方法对比,采用多元线性回归方法,以低压开关柜的分项报价表和调研数据为基础,进行曲线拟合,形成公式集合,再结合成本敏感度分析,建立了低压开关柜成本估算模型,并以实例验证了模型的准确性。该模型可在限定的条件下估算出低压开关柜成本,为电网企

业确定合理靶心价格提供较为科学的指导,使得电网企业可以通过对合理靶心价格的参考和把握,规避由投标方低价恶意竞标导致的质量问题和安全事故风险;模型计算所需限定条件恰为设备采购关键参数,体现了该模型的实用性。该模型适用于成本构成与低压开关柜类似的设备的成本分析,具有一定的普适性,其研究思路与方法也可以为其他电网主设备的成本估算分析提供参考。

#### 参考文献:

- [1] 陈皓,王文静. 西安问题电缆的启示:招投标莫让劣币驱逐良币(上)[N]. 财会信报,2017-04-10(B05).  
CHEN Hao, WANG Wenjing. The inspiration of Xi'an cable case: avoid the phenomenon of "bad money drives out good" in bidding [N]. Accounting Messenger, 2017-04-10(B05).
- [2] 姚明,陈红兵,李莉华,等. 全生命周期成本方法在500 kV 地下变电站 GIS 采购中的应用[J]. 中国电力,2008,41(8): 32-34.  
YAO Ming, CHEN Hongbing, LI Lihua, et al. The application of LCC theory in equipment of 500 kV switchgear substation GIS [J]. China Power, 2008, 41(8): 32-34.
- [3] 夏成军,邱桂华,黄冬燕,等. 电力变压器全生命周期成本模型及灵敏度分析[J]. 华东电力,2012, 40(1): 26-30.  
XIA Chengjun, QIU Guihua, HUANG Dongyan, et al. Lifecycle cost model and sensitivity analysis of power switchgear[J]. East China Electric Power, 2012, 40(1): 26-30.
- [4] 钟声,余晓峰,吴海泉,等. 220 kV 变压器成本敏感度及成本估算模型[J]. 广东电力,2015,28(6): 87-92.  
ZHONG Sheng, YU Xiaofeng, WU Haiquan, et al. Research on cost sensitivity and cost estimation model of 220 kV switchgear[J]. Guangdong Electric Power, 2015, 28(6): 87-92.
- [5] 伏晓. 全生命周期成本(全生命周期)理论在电力设备招标采购中的应用研究[D]. 广州:暨南大学,2014:34-35.  
FU Xiao. Application research of life cycle cost theory in the bidding procurement of power equipment [D]. Guangzhou: Jinan University, 2014:34-35.
- [6] 王衡. 基于 LCC 理论的变压器采购评价系统设计与开发[D]. 北京:华北电力大学,2015:25-27.  
WANG Heng. Design and development of switchgear purchase evaluation system based on LCC theory [D]. Beijing: North China Electric Power University, 2015:25-27.
- [7] 郑丽,马永福. 开关柜的成本优化设计[J]. 河南科技, 2011,36(21): 69.  
ZHENG Li, MA Yongfu. The evaluation of switchgear cost [J]. Journal of Henan Science and Technology, 2011, 36(21): 69.
- [8] 方明. 基于温升试验的 10 kV 开关柜结构优化设计[D]. 厦门:厦门理工学院,2016: 41-45.  
FANG Ming. 10 kV switchgear structure optimization design based on the temperature rise test [D]. Xiamen: Xiamen University of Technology, 2016: 41-45.
- [9] 魏振,张强,齐波,等. 高压开关柜典型缺陷局部放电 TEV 特征的研究[J]. 高压电器,2014,50(2): 60-67.  
WEI Zhen, ZHANG Qiang, QI Bo, et al. Analysis of TEV caused by partial discharge of typical faults in HV switchgear [J]. High Voltage Apparatus, 2014, 50(2): 60-67.
- [10] 谢静,束洪春,王科,等. 基于模糊分层理论的高压开关柜状态评估算法[J]. 高电压技术,2014,40(10): 3186-3192.  
XIE Jing, SHU Hongchun, WANG Ke, et al. State evaluation based on AHP fuzzy theory of high voltage switchgears [J]. High Voltage Engineering, 2014, 40(10): 3186-3192.
- [11] 周念成,周川,王强钢,等. 基于改进拉普拉斯分值的开关柜故障特征选择和诊断方法[J]. 电网技术,2015,39(3): 850-855.  
ZHOU Niancheng, ZHOU Chuan, WANG Qianggang, et al. Improved laplacian score based fault feature selection of switchgear cabinet and its diagnosis [J]. Power System Technology, 2015, 39(3): 850-855.
- [12] 章涛,王俊波,李国伟. 10 kV 开关柜局部放电检测技术研究与应用[J]. 高压电器,2012,48(10): 100-104.  
ZHANG Tao, WANG Junbo, LI Guowei, et al. Research on the partial discharge detection technology for 10 kV switchgear [J]. High Voltage Apparatus, 2012, 48(10): 100-104.
- [13] 陈星水. 中低压开关柜结构及柜型的选择探讨[J]. 科技创新与应用,2017,07(2): 208.  
CHEN Xingshui. Structure of switchgear and choose of type [J]. Technology Innovation and Application, 2017, 07(2): 208.
- [14] OKABE S, YAMAGIWA T, OKUBO H. Detection of harmful metallic particles inside gas insulated switchgear using UHF Sensor [J]. IEEE Transactions on Dielectrics & Electrical Insulation, 2008, 15(3): 701-709.
- [15] BEDKOWSKI M, SMOLKA J, BULINSKI Z, et al. Simulation of cooling enhancement in industrial low-voltage switchgear using validated coupled CFD-EMAG model [J]. International Journal of Thermal Sciences, 2017, 36(111): 437-449.
- [16] WANG X, LI X, RONG M, et al. UHF signal processing and pattern recognition of partial discharge in gas-insulated switchgear using chromatic methodology: [J]. Sensors, 2017, 17(1): 177.
- [17] BUSSIÈRE W, ROCHETTE D, CLAIN S, et al. Pressure drop measurements for woven metal mesh screens used in electrical safety switchgears [J]. International Journal of Heat & Fluid Flow, 2017, 34(65): 60-72.

#### 作者简介:



谢家正

谢家正(1995—),男,山东聊城人,硕士研究生,研究方向为电力系统稳定与控制(E-mail: xjzharry@foxmail.com);

夏成军(1974—),男,湖北黄冈人,副教授,研究方向为电力系统稳定分析与控制、HVDC 及 FACTS(E-mail: cjxia@scut.edu.cn);

马仲能(1982—),男,广东梅州人,高级工程师,从事电力设备质量控制工作(E-mail: 79650117@qq.com)。

## Smart Charging Control Electrical Vehicles Based on Two-level Charge Management System

ZHANG Jun<sup>1</sup>, HAN Huachun<sup>2</sup>, YUAN Zengquan<sup>3</sup>

- (1. China Construction Eighth Engineering Division Co., Ltd, Beijing 100190, China;  
2. State Grid Jiangsu Electric Power Company Research Institute, Nanjing 211103, China;  
3. Institute of Electrical Engineering CAS, Beijing 100190, China)

**Abstract:** The application of large-scale electric vehicles (EVs) poses a threat to grid stability if charged without control. It needs expansion of the grid capacity and leads to major investment in current grid and capacity-wasting in low-load time. This paper proposes a solution based on two-level electric vehicles charging management system (EVCMS) to optimal demand side management by means of scheduling charging time and setting charging rates. The influence factors for power management include electricity prices, state-of-charge (SOC) of the battery, electricity available, park duration and others. All these can be achieved through charge terminals (CTs)

**Key words:** electric vehicle; EVCMS; CTs; fuzzy inference

(编辑 徐林菊)

(上接第 80 页)

## Research on the Structural Property and Seismic Performance of the 220 kV Roof Frame-GIS Complex Building

WANG Tinghua<sup>1</sup>, HUANG Zheng<sup>1</sup>, DING Jinghong<sup>1</sup>, XU Gan<sup>2</sup>, GU Weihua<sup>3</sup>, ZHANG Dachang<sup>3</sup>

- (1. State Grid Jiangsu Economics Research Institute, Nanjing 210008, Jiangsu;  
2. State Grid Jiangsu Electric Power Company Zhenjiang power Supply Company, Zhenjiang 212002, China;  
3. College of Civil Engineering, Nanjing Tech University, Nanjing 211816, China)

**Abstract:** In order to research the whole seismic performance of the new indoor substation roof frame-GIS complex building, the finite element models of the conventional frame and roof frame are made. Considering the uniform up and down stiffness of the roof frame-GIS building, the seismic response of the structure system which has an upper and lower structure interaction is made. The vibration characteristics and dynamic characteristics could be concluded by the modal and time-history analysis. By comparing and analyzing these numerical results, it can be seen that the lateral stiffness and the connection node of the new indoor substation roof frame should be strengthened.

**Key words:** roof frame-GIS building; dynamic characteristics; time-history analysis

(编辑 刘晓燕)

(上接第 85 页)

## Research on Cost Sensitivity and Cost Estimation Model of Low-voltage Switchgear

XIE Jiazheng<sup>1</sup>, XIA Chengjun<sup>1</sup>, MA Zhongneng<sup>2</sup>

- (1. School of Electric Power, South China University of Technology, Guangzhou 510640, China;  
2. Guangzhou Power Supply Bureau Co., Ltd, Guangzhou 510620, China)

**Abstract:** Taking low-voltage switchgear for research object, based on a large number of domestic mainstream manufacturers, arithmetic mean value of percentages of components of several typical configurations from the total cost was regarded as cost sensitivity of various components of the low-voltage switchgear for analyzing similarities and differences of cost sensitivities of domestic and joint venture manufacturers. Using multiple regression analysis method and on the premise of ensuring voltage level, function and type, the cost of low-voltage switchgear can be obtained by inputting low-voltage switchgear's capacity, rated current and rated compensation capacity so as to establish a cost estimation model for low-voltage switchgear, which was useful to guide determination and estimation on purchasing target price of power grid materials.

**Key words:** low-voltage switchgear; cost sensitivity; cost modeling; multiple regression analysis

(编辑 徐林菊)