

## 谐波有功功率责任指标定义与计算方法研究

郭敏, 陈卫东, 金庆忍

(广西电网有限责任公司电力科学研究院, 广西壮族自治区 南宁 530023)

**摘要:** 电网谐波污染治理的关键在于谐波污染责任认定。文中针对传统谐波电压责任指标难以落实到经济核算这一缺陷, 提出了谐波有功功率真实值的定义, 将其作为谐波责任的衡量指标, 并对其计算方法进行了讨论。结合等效电路原理以及叠加定理等理论思想, 并借助基于相对相角的双主导波动差商阻抗法等方法, 最终整理得到谐波有功功率责任的完整定义及计算方法。通过实测案例计算证明, 谐波有功功率责任指标不仅能够合理定量关注侧谐波源的谐波污染责任, 而且计算简单, 有利于经济核算。

**关键词:** 电能质量管理; 谐波污染; 谐波有功功率责任; 双主导波动差商阻抗法; 真实谐波电流注入

**中图分类号:** TM721

**文献标志码:** A

**文章编号:** 2096-3203(2019)01-0084-06

### 0 引言

近几年, 越来越多的非线性负荷接入电网, 造成不容忽视的谐波污染, 严重影响供电部门的经济收益<sup>[1]</sup>。为了加强谐波污染治理, 各国制定了一系列规范标准<sup>[2-7]</sup>, 其中大多只规定了谐波电压和谐波电流波形畸变的允许阈值。因缺乏弹性, 仅能惩罚某时刻谐波排放超过阈值的用户, 而无法追究瞬时值未达阈值但谐波排放量持续较大的用户的污染责任。因此谐波污染仍是一个很严重的问题, 供电系统每年处理谐波污染的代价依然很高<sup>[1]</sup>。谐波污染治理的突破点在于如何提高广大电力用户治理谐波污染的主动性, 相关学者提出了一种奖惩方案<sup>[1,8]</sup>, 在保持正常供电的前提下, 针对用户不同的谐波排放程度采取不同的奖惩措施。但是该方案需要在各用户分摊的谐波责任得到合理评估的前提下才可以顺利实施, 因此谐波责任认定是一项意义深远的课题。

自上世纪 60 年代以来, 许多学者开始致力于解决谐波责任认定问题, 经过一段时间的探索<sup>[9-19]</sup>, 出现了一些比较成熟的解决方案<sup>[8,20-22]</sup>。文献[8]提出将谐波电压或谐波电流分别叠加计算, 进而确定用户侧和系统侧谐波贡献的责任认定方法; 文献[20]研究了谐波电压责任的计算方法, 提出用一种相对值指标分别量化几个同时接入公共连接点 (point of common coupling, PCC) 处的谐波源对该点处谐波电压或谐波电流畸变的贡献值; 文献[21]提出了基于最小二乘法的谐波责任认定方案, 确定负载对 PCC 处具体  $X$  次谐波畸变的谐波贡献。以上

方案虽然可以做到量化确定 PCC 处各方的谐波污染责任, 但都是以谐波电压或谐波电流为衡量指标判定关注侧的谐波责任的, 难以将其认定结果落实到经济核算中, 因此上述提到的奖惩方案还需找到一种更合适的责任衡量指标。

针对上述方案的不足, 文中提出了以谐波有功功率作为污染责任的衡量指标, 并对其定义和计算方法进行了讨论。考虑到谐波会在系统与各用户之间交替影响这一事实, 文中着重讨论了关注侧真实谐波电流输出的计算, 并结合等效电路原理及叠加电路定理等理论思想, 借助基于相对相角的双主导波动差商阻抗法等方法, 整理得到该指标的完整定义及计算方法。理论与工程算例表明, 该衡量指标具有可落实于经济核算与计算简单等特点。

### 1 传统谐波责任指标及其不足

搭建关注点处一般母线模型如图 1。假设用户 A 是所关注的非线性负荷, 定义用户侧仅包含关注负荷 A, 其余部分视为系统侧。采用谐波电压责任指标认定用户 A 在 PCC 处分摊的谐波责任。

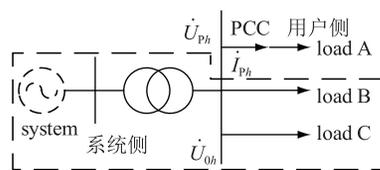


图 1 关注点处一般母线模型

Fig.1 General bus model of the concerned point

根据叠加定理, PCC 处谐波电压产生的畸变可视为用户侧谐波与背景谐波源共同叠加贡献所导致的结果, 即:

$$\dot{U}_{ph} = \dot{U}_{Ah} + \dot{U}_{oh} \quad (1)$$

收稿日期: 2018-09-26; 修回日期: 2018-10-29

基金项目: 南方电网公司科技项目 (GXKJXM20170215)

式中:  $\dot{U}_{ph}$  为计量点处实测的的  $h$  次谐波电压;  $\dot{U}_{Ah}$  为用户侧向对侧注入的  $h$  次谐波电流在计量点处形成的电压;  $\dot{U}_{oh}$  为背景谐波源在计量点处的  $h$  次谐波电压贡献。相量  $\dot{U}_{ph}$ ,  $\dot{U}_{Ah}$  和  $\dot{U}_{oh}$  满足图 2 所示的关系。依据谐波电压责任的定义,可得关注负荷 A 的谐波电压责任指标  $\mu_{Ah}$  计算表达式如式(2)所示。

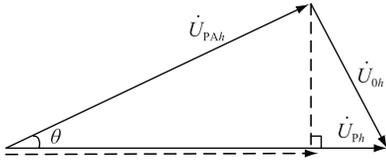


图 2 谐波电压相量关系

Fig.2 Relationship of harmonic voltage

$$\mu_{Ah} = \frac{U_{Ah} \cos\theta}{U_{Ph}} \times 100\% \quad (2)$$

根据传统谐波电压责任指标,可以判断关注侧谐波对 PCC 处的谐波畸变起加剧或是抑制作用,并定量确定关注侧在 PCC 处的谐波污染责任。但显而易见,依据谐波电压责任所得到的污染责任指标并不能够落实到经济核算中,因此该指标仍无法有效解决谐波污染责任的分摊。

## 2 谐波有功功率责任的定义与计算方法

### 2.1 谐波有功功率责任的定义

针对传统谐波电压责任指标的不足,文中提出以谐波有功功率真实值作为谐波污染责任的衡量指标。通过计算关注侧向对侧的真实谐波有功功率注入,合理地定量关注侧对 PCC 处谐波畸变的污染责任。文中研究了确定用户侧谐波占主导的情况下,确定某条馈线的关口表谐波电能可在供电侧和用户侧之间的分配,即如图 3 所示。

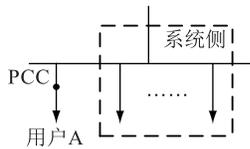


图 3 计量点处多负荷接入模型

Fig.3 Multi load access model of the measuring point

假设主导谐波源追踪结果判断准确,在用户 A 侧谐波占主导时,研究用户 A 的谐波有功功率责任。为了确定用户 A 谐波有功功率输出的真实值,首先需要计算用户 A 侧向对侧的真实谐波电流注入,利用真实谐波电流注入与系统侧等效电路模型即可计算得到用户 A 向系统侧注入的真实谐波有功功率,如式(3),该量即为用户 A 向对侧的  $h$  次谐波有功功率责任。

$$\rho_{Ah} = |\dot{I}_{\text{real}}|^2 \text{Re}(Z_h) + \text{Re}(\dot{U}_{oh} \dot{I}_{\text{real}}^*) \quad (3)$$

### 2.2 谐波有功功率责任的计算方法

由定义可以看出,用户侧谐波有功功率责任的计算关键在于用户侧对系统侧的真实谐波电流注入的求解,而要求解谐波电流的真实注入值,首先要求解背景谐波电压。

根据主导谐波源追溯结果可构建计量点处的端口等效谐波模型如图 4,然后求解等效系统谐波阻抗,再通过端口谐波电压关系求解背景谐波电压。

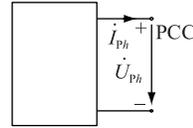


图 4 端口谐波等效模型

Fig.4 Harmonic equivalent model of port

根据图 4 计量点处的端口谐波等效模型,谐波电压  $\dot{U}_{ph}$ , 谐波电流  $\dot{I}_{ph}$  和系统谐波阻抗  $Z_h$  以及背景谐波电压  $\dot{U}_{oh}$  之间的电路方程如下:

$$\dot{U}_{ph} = Z_h \dot{I}_{ph} + \dot{U}_{oh} \quad (4)$$

其中  $Z_h$  的求解至关重要,为了得到准确的系统侧等效谐波阻抗,文中采用基于相对相角的双主导波动差商阻抗法求解系统阻抗,该阻抗法是对差商阻抗法的改进。首先通过双主导波动筛选规则选出 2 个相邻的内部电源等效电压差可以忽略的数据,如式(5),再依据差商阻抗法思想,使用所选数据计算近似等效谐波阻抗如式(6)。

$$\begin{cases} (\Delta U - \mu_{\Delta U}) / \sigma_{\Delta U} > \alpha_1 \\ (\Delta I - \mu_{\Delta I}) / \sigma_{\Delta I} > \alpha_2 \end{cases} \quad (5)$$

式中:  $\mu_{\Delta U}$ ,  $\sigma_{\Delta U}$  分别为谐波电压差  $\Delta U$  的均值和标准差;  $\mu_{\Delta I}$ ,  $\sigma_{\Delta I}$  分别为谐波电流差  $\Delta I$  的均值和标准差;  $\alpha_1$ ,  $\alpha_2$  分别为  $\Delta U$  和  $\Delta I$  奈尔系数,取值为 1~1.5。

$$Z_{\text{eq}} \approx \frac{U_h(i+1) \angle \phi(i+1) - U_h(i) \angle \phi(i)}{I_h(i+1) - I_h(i)} \quad (6)$$

式中:  $U_h(i)$ ,  $I_h(i)$ ,  $\phi(i)$  分别为计量点处第  $i$  组计量数据的  $h$  次谐波电压、谐波电流以及功率因数角;  $U_h(i+1)$ ,  $I_h(i+1)$ ,  $\phi_h(i+1)$  分别为计量点处第  $i+1$  组监测数据的  $h$  次谐波电压、谐波电流以及功率因数角;  $Z_{\text{eq}}$  为计量点处系统等效谐波阻抗。

求解得到准确的  $Z_h$  后,背景谐波电压即可通过端口谐波电压关系即式(7)得出,根据戴维南定理,背景谐波源可以等效成背景谐波电压和系统谐波阻抗的串联。

$$\dot{U}_{Oh} = \dot{U}_{Ph} - Z_h \dot{I}_{Ph} \quad (7)$$

背景谐波源单独作用时的等效电路模型见图5。背景谐波源对用户的等效谐波电流注入可通过背景谐波电压与各部分等效阻抗求解,如式(8),然后与PCC处所测谐波电流叠加得到用户侧对系统侧的真实谐波电流注入如式(9)。

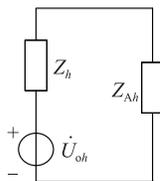


图5 背景谐波源单独作用时的等效电路模型

Fig.5 The equivalent model of background harmonic source when alone

$$\dot{I}_{sh} = \dot{U}_{Oh} / (Z_h + Z_{Ah}) \quad (8)$$

$$\dot{I}_{real} = \dot{I}_{sh} + \dot{I}_{pcc} \quad (9)$$

式中:  $\dot{I}_{real}$  为用户侧对系统侧的真实谐波电流注入;  $\dot{I}_{sh}$  为PCC处背景谐波源对用户侧的等效谐波电流注入;  $\dot{I}_{pcc}$  为PCC处实测谐波电流;  $Z_h$ ,  $Z_{Ah}$  分别为系统侧和用户侧等效谐波阻抗。由于呈感性,因此用户侧谐波阻抗可以通过基波阻抗估算,而基波阻抗可以通过基波有功功率  $P_0$  和基波无功功率  $Q_0$  与基波电流模值  $I_0$  的关系得到:

$$\begin{cases} \text{Re}(Z_{Ah}) = \text{Re}(Z_{A0}) = P_0 / I_0^2 \\ \text{Im}(Z_{Ah}) = h \times \text{Im}(Z_{A0}) = h(Q_0 / I_0^2) \end{cases} \quad (10)$$

基于以上的运算结果可运用式(3)计算用户的谐波有功功率责任。综上所述,可将用户侧占主导时谐波有功功率责任的计算方法归纳总结为以下3步:(1)建立背景谐波源的等效谐波模型,求解系统侧等效阻抗;(2)求解PCC处背景谐波源对用户侧的等效谐波电流注入;(3)计算用户的谐波有功功率责任指标。

### 3 PSCAD 仿真

为验证上述指标计算方法的正确性,文中利用PSCAD仿真对一简单系统等效电路PCC处的某次谐波电流注入的真实值进行了计算验证。

在实际工程中,电力系统可以通过计算分析,等效为以PCC为节点的集总参数电路,其中系统侧与用户侧分别化简为戴维南和诺顿等效电路。鉴于该仿真实验的目的在于验证计算方法的恒确性,其关键在于验证真实谐波电流注入值计算的正确性,故模拟电路应当具备2个条件:(1)等效系统中各参量容易测量或计算得到;(2)PCC处真实电流

注入值可以得到准确比较值。

文中构建了一般的集总参数分布的供电系统模型如图6所示。

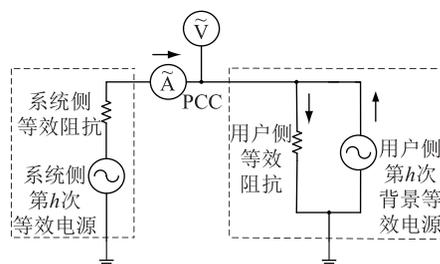


图6 电力系统第  $h$  次谐波电路仿真

Fig.6 The  $h$ 'th harmonic circuit simulation diagram of power system

需要注意的是,该电路模型为某单次(第  $h$  次)谐波的等效电路,其中的系统侧电源、背景谐波源电压皆为  $h$  次谐波分量,等效阻抗皆为  $h$  次谐波下的阻抗值。

经过查询资料设定该模拟电路中的各项指标参数及设定值如表1所示。

表1 仿真系统中各参数设定及测量值

Table 1 Parameter setting value and measured value in simulation system

系统指标	有效值	向量相对相角
$\dot{U}_{Oh}$	300 V	$83^\circ$
$\dot{U}_{pcc}$	120.84 V	$-2\ 226.1^\circ$
$\dot{I}_{pcc}$	9.92 A	$89\ 315.06^\circ$
$Z_h$	42.19 $\Omega$	$5.467\ 7^\circ$
$Z_{Ah}$	223.6 $\Omega$	$26.565\ 1^\circ$
$\dot{I}_{sh}$	0.122 1 A	$84\ 751.86^\circ$
$\dot{I}_{real}$	9.80 A	$89\ 371.85^\circ$

基于以上各参数,通过前文所提计算方法计算出PCC处的真实谐波电流注入值,并与  $\dot{I}_{real}$  测量值进行误差对比。

表2  $\dot{I}_{real}$  计算与测量结果比较

Table 2 Comparison of calculated and measured results

研究量	计算值/A	测量值/A	偏差度/%
$\dot{I}_{sh}$	0.113 9	0.122 1	6.720
$\dot{I}_{real}$	9.67	9.80	1.327

由表2可知文中提出的PCC处用户侧谐波电流真实注入值  $\dot{I}_{real}$  的计算方法正确,理论上可以得出准确的用户侧对系统侧的真实谐波电流注入值。在此基础上,可进一步确保计算出用户侧占主导情况下主导谐波源在PCC点处的谐波有功功率责任的合理性、公平性。

## 4 实际案例计算与分析

文中实测数据来自广西某 35 kV 铸钢专线用户,测试点为 110 kV 供电变电站 35 kV 侧的用户进线处,用户接入系统的主接线示意图如图 7 所示。

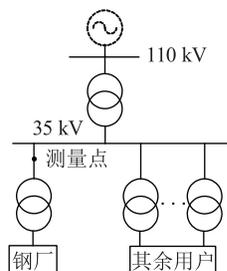


图 7 案例测量系统主接线

Fig.7 Schematic diagram of measuring system of the case

采集测试点谐波数据,采样频率 10.24 kHz,采样时间为 2018 年 9 月 27 日 17:30:00 至 18:30:00,记录间隔为 1 min,监测结果发现 11 次谐波较为严重,因此文中主要计算 11 次谐波有功功率真实值。11 次谐波电压和 11 次谐波电流的有效值分别如图 8 与图 9 所示;11 次谐波有功功率、11 次谐波无功功率和功率因数分别如图 10—图 12 所示。

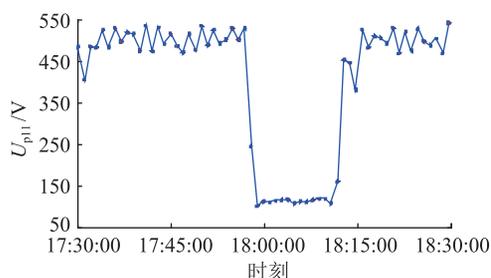


图 8 11 次谐波电压有效值

Fig.8 The RMS of 11th harmonic voltage

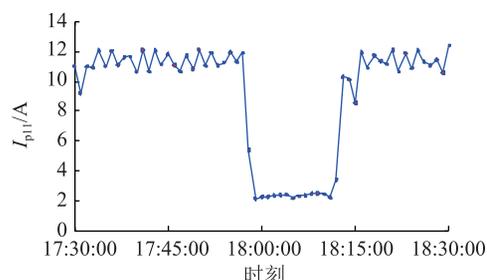


图 9 11 次谐波电流有效值

Fig.9 The RMS of 11th harmonic current

通过主导谐波源追踪已确定案例中 35 kV 铸钢专线用户侧谐波占主导,下面将分析计算案例中用户侧的 11 次谐波有功功率责任。

根据双主导波动筛选规则得到 2 组用于阻抗计算的谐波数据,分别如表 3 和表 4 所示。

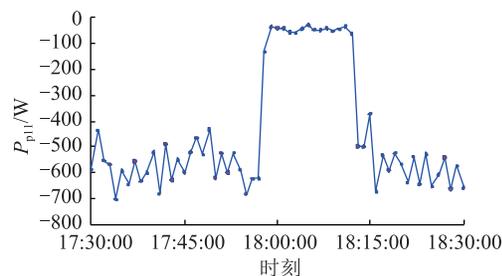


图 10 11 次谐波有功功率

Fig.10 The active power of 11th harmonic

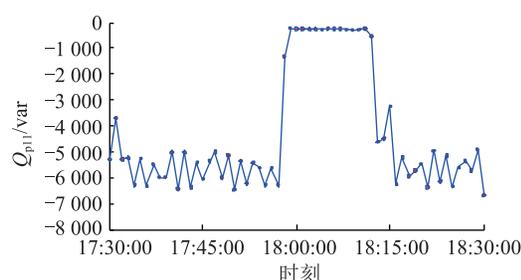


图 11 11 次谐波无功功率

Fig.11 The reactive power of 11th harmonic

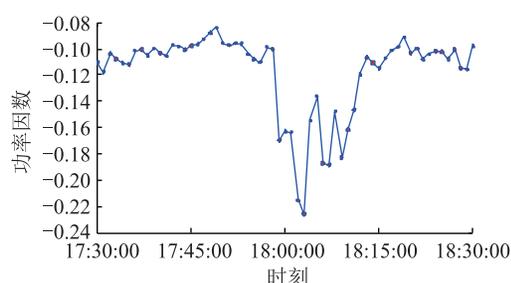


图 12 11 次谐波功率因数

Fig.12 The power factor of 11th harmonic

表 3 第 1 组数据

Table 3 Filtered data of first sets

时刻	谐波电压/V	谐波电流/A	相角差/(°)
17:57:00	528.91	11.93	84.35
17:58:00	243.02	5.4	84.26

表 4 第 2 组数据

Table 3 Filtered data of second sets

时刻	谐波电压/V	谐波电流/A	相角差/(°)
18:12:00	157.19	3.388	83.15
18:13:00	451.89	10.297	83.87

针对表 3 的数据,根据式(6)计算得到等效谐波阻抗为  $4.25+j43.59 \Omega$ 。

同样地,针对表 4 的数据,求解得到等效谐波阻抗为  $4.27+j42.44 \Omega$ 。

由于案例确定用户侧谐波占主导,因此可以认为所求得的 PCC 处等效谐波阻抗  $Z_{eq}$  即为系统侧等效谐波阻抗  $Z_{11}$ ,即  $Z_{11}$  为  $4.25+j43.59 \Omega$ 。

根据式(7)计算背景谐波电压:

$$\dot{U}_{011} = \dot{U}_{P11} - Z_{11}\dot{I}_{P11} \quad (11)$$

利用戴维南定理将背景谐波源等效成 11 次背景谐波电压和 11 次系统谐波阻抗的串联,其数据分别为图 13 和图 14。

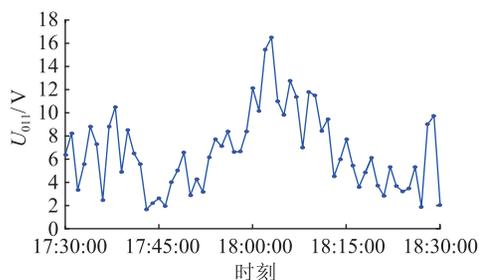


图 13 背景谐波电压有效值  
Fig.13 The RMS of background harmonic voltage

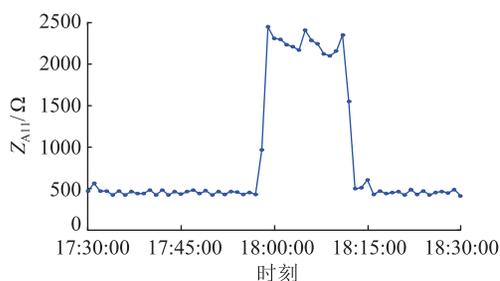


图 14 用户侧 11 次谐波阻抗  
Fig.14 The 11th harmonic impedance of user side

目标求解的  $X$  次谐波阻抗可由测得的基波电流有效值,基波有功功率与基波无功功率的关系推算求解。

根据式(8),背景谐波源对于用户侧的等效电流注入在观测时间内的变化如图 15,根据式(9)用户侧真实的谐波电流注入如图 16。根据式(10),用户侧的谐波有功功率的真实值如图 17。

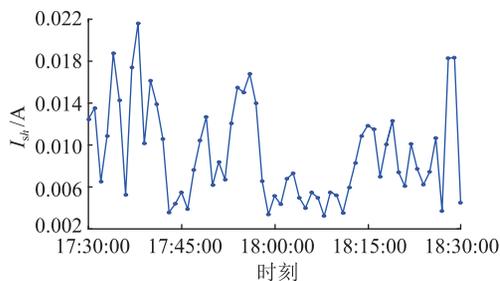


图 15 背景谐波源向用户侧的等效电流注入  
Fig.15 The equivalent current background for harmonic source user side injection

在案例中,可以看到背景谐波源向用户侧的等效谐波电流注入远小于 PCC 处实测谐波电流,似乎表明背景谐波源对用户侧真实谐波电流输出的影响并不大,这与理论相悖,分析其原因应在于案例

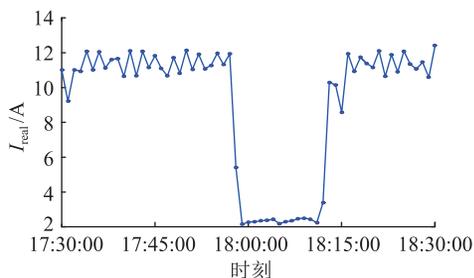


图 16 用户侧谐波电流注入的真实值  
Fig.16 The real harmonic current injection from user side

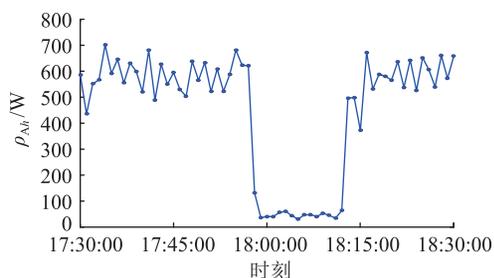


图 17 用户的谐波有功功率责任  
Fig.17 The harmonic active power responsibility of user

中背景谐波源非线性程度较小。

假设该观点正确,即背景谐波源具有较强的线性性质,则系统侧等效谐波阻抗  $Z'_h$  可以直接用谐波电压与谐波电流的比值计算得到如式(12),且结果应与基于相对相角的双主导波动差商阻抗法求解结果相近。

$$Z'_h = \dot{U}_h / \dot{I}_h \quad (12)$$

经谐波电压与谐波电流比值计算,系统等效谐波阻抗部分计算结果如表 5 所示。

表 5 系统等效谐波阻抗部分计算结果  
Table 5 Part of the system equivalent harmonic impedance

时刻	$Z'_h$ 幅值/ $\Omega$	$Z'_h$ 相角/ $(^\circ)$
17:30:00	43.862	83.680
17:31:00	43.746	83.263
17:32:00	43.900	84.060
17:33:00	44.012	83.827
17:34:00	43.390	83.638
17:35:00	43.636	83.592
17:36:00	43.868	84.180
17:37:00	44.572	84.231
17:38:00	44.632	83.981

该阻抗值较为稳定且与前述基于相对相角的双主导波动差商阻抗法求解的阻抗值  $4.25+j43.59 \Omega$  相近。因此验证了上述假设成立,即背景谐波源

向用户侧的等效谐波电流注入极小的原因是背景谐波源非线性程度很小。

## 5 结论

针对电力系统中谐波污染责任认定,文中提出了一种谐波有功功率责任指标并对其定义及计算方法进行了分析讨论。通过理论分析和案例计算验证,总结出如下结论:

(1) 相对于传统谐波电压责任,谐波有功功率责任指标的优势在于该指标可落实到经济核算,有利于谐波污染奖惩措施的实施,对电能质量管理意义重大。

(2) 从定义和计算方法特点分析,谐波有功功率指标在实际应用中应注意,文中提出的谐波有功功率指标是一种简单实用并且有效的谐波污染责任认定指标,对电力系统的电能质量管理研究将会起到重要的推动作用。

### 参考文献:

- [1] MCEACHERN A, GRADY W M, MONCRIEF W A, et al. Revenue and harmonics: an evolution of some proposed rate structures[J]. IEEE Transactions on Power Delivery, 1995, 10(1):474-482.
- [2] Recommended practices and requirements for harmonic control in electric power systems; IEEE Std. 519—1992[S]. 1993.
- [3] Assessment of emission limits for distorting loads in MV and HV power systems, technical report type 3; IEC 61000-3-6—1996[S].
- [4] Electromagnetic compatibility (EMC)-part 3-2; limits-limits for harmonic current emissions (equipment input current  $\leq 16$  A per phase); IEC 61000-3-2—2001[S].
- [5] Electromagnetic compatibility (EMC)-part 2-12; compatibility levels for low-frequency conducted disturbances and signaling in public medium-voltage power supply system; IEC 61000-2-12—2003[S].
- [6] 电能质量 公用电网谐波: GB/T 14549—1993[S]. 北京: 中国标准出版社, 1994.  
Power quality utility grid harmonics: GB/T 14549—1993 [S]. Beijing: China Standards Press, 1994.
- [7] 电能质量 公用电网间谐波: GB/T 24337—2009[S]. 北京: 中国标准出版社, 2010.  
Power quality utility grid inter harmonics: GB/T 24337—2009 [S]. Beijing: China Standards Press, 2010.
- [8] XU W, LIU Y. A method for determining customer and utility harmonic contribution at the point of common coupling [J]. IEEE Transactions on Power Delivery, 2002, 15(2): 804-811.
- [9] XU W, LIU X, LIU Y. An investigation on the validity of power-direction method for harmonic source determination [J]. IEEE Transactions on Power Delivery, 2003, 18(1): 214-219.
- [10] LI C, XU W, TAYIASANANT T. A critical impedance based method for identifying harmonic sources [J]. IEEE Transactions on Power Delivery, 2004, 19(2): 671-678.
- [11] GURSOY E, NIEBUR D. Harmonic load identification using complex independent component analysis [J]. IEEE Transactions on Power Delivery, 2009, 24(1): 285-292.
- [12] HUI J, YANG H, LIN S, et al. Assessing utility harmonic impedance based on the covariance characteristic of random vectors [J]. IEEE Transactions on Power Delivery, 2010, 25(3): 1778-1786.
- [13] NASSIF A B, YONG J, MAZIN H, et al. An impedance-based approach for identifying interharmonic sources [J]. IEEE Transactions on Power Delivery, 2011, 26(1): 333-340.
- [14] EMANUEL A E. On the assessment of harmonic pollution [J]. IEEE Transactions on Power Delivery, 1995, 10(3): 1693-1698.
- [15] SRINIVASAN K. On separating customer and supply side harmonic contributions [J]. IEEE Transactions on Power Delivery, 1996, 11(2): 1003-1012.
- [16] YANG H, PIROTTE P, ROBERT A. Harmonic emission levels of industrial loads statistical assessment [C] // CIGRE Conference on Large High Voltage Electric Systems, Paris, France, 1996.
- [17] SRINIVASAN K. On separating customer and supply side harmonic contributions [J]. IEEE Transactions on Power Delivery, 1996, 11(2): 1003-1012.
- [18] YANG H, PIROTTE P, ROBERT A. Assessing the harmonic emission level from one particular customer [C] // Proceedings of PQA'94, Amsterdam, Holland, 1994.
- [19] CHAZOTTESB, DEFLANDRE T, GORGETTE F. Estimating the true customer's contribution to the power system harmonic disturbances [C] // EDF & CNAM, Paris, France, 1997.
- [20] HOOMAN E, XU W. Determining the harmonic impacts of multiple harmonic-producing loads [J]. IEEE Transactions on Power Delivery, 2011, 26(2): 1187-1195.
- [21] HUAH, JIA X, CAO D, et al. Practical method to determine the harmonic contribution of a specific harmonic load [C] // IEEE 15th International Conference on Harmonics and Quality of Power, Hongkong, China, 2012.
- [22] LI Chun, XU W. On defining harmonic contributions at the point of common coupling [J]. IEEE Power Engineering Review, 2002, 22(7): 44-45.

### 作者简介:



郭敏

郭敏(1984),男,硕士,工程师,从事电力电子、电能质量和无功电压分析与控制技术相关工作(E-mail: guo\_m.sy@gx.csg.cn);

陈卫东(1983),男,硕士,高级工程师,从事微电网与电能质量的分析与控制等工作(E-mail: chen\_wd.sy@gx.csg.cn);

金庆忍(1988),男,硕士,高级工程师,从事电能质量、无功电压及线损等相关工作。

(下转第95页)

## Isomeric double configuration scheme of medium and low voltage protection and control function

YU Qunbing<sup>1</sup>, TANG Tongfeng<sup>2</sup>, JIN Zhen<sup>1</sup>, XU Shu<sup>1</sup>, SONG Zhongpeng<sup>1</sup>

(1. NR Electric Co., Ltd., Nanjing 210012, China; 2. State Grid Huaian Electric Power Company, Huaian 223002, China)

**Abstract:** For distribution networks below 110 kV with power supply task as main, it's generally protected in remote backup mode, that is, the protection device is a single configuration. However, When the main protection is refused, the remote backup protection can't selectively eliminate the fault, which reduces the reliability of power supply to some extent. Therefore, it is necessary to study how to improve the protection selectivity in remote backup mode. In addition, when the integrated protection and control equipment is abnormal, protection and remote control function should be blocked, resulting in the primary equipment runs without protection for a long time. Based on technology accumulation of smart substation, this paper introduces an isomeric double configuration scheme of medium and low voltage protection by adding the intelligent interface to realize redundant configuration with lower cost. This scheme can solve the above problems and ensure the selectivity of remote backup protection.

**Keywords:** remote backup protection; isomeric double configuration; intelligent operation module; power over ethernet; combined network of MMS and GOOSE

(编辑 钱悦)

(上接第 89 页)

## Index definition and calculation method of harmonic active power responsibility

GUO Min, CHEN Weidong, JIN Qingren

(Electric Power Research Institute of Guangxi Power Grid Co., Ltd., Nanning 530023, China)

**Abstract:** The key to harmonic pollution control in power grid lies is the identification of harmonic pollution responsibility. Aiming at the disadvantage that the traditional harmonic voltage responsibility index is difficult to be implemented into economic accounting, this paper puts forward a definition of the true value of the harmonic active power as a measure index of harmonic responsibility, and discusses its calculation method. In the process of discussion, the equivalent circuit principle and superposition theorem are combined, and the method of double dominant fluctuation difference quotient impedance based on relative phase angle is used to complete the definition and calculation method of harmonic active power responsibility. The calculation of practical cases show that the harmonic active power responsibility index can not only reasonably and quantitatively pay attention to the harmonic pollution responsibility of the side harmonic source, but also is simple in calculation, which is conducive to economic accounting.

**Keywords:** power quality; harmonic pollution; harmonic active power responsibility; active power direction method; double dominant fluctuation difference quotient impedance; real harmonic current injection

(编辑 方晶)