

中华人民共和国国家标准

GB/T 24337—2009



电能质量 公用电网间谐波

Power quality—Interharmonics in public supply network

2009-09-30 发布

2010-06-01 实施

中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局
中国国家标准化管理委员会 发布

目 次

前言 I

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 1

4 限值 2

5 测量取值和测量条件 2

6 测量仪器准确度 3

附录 A（规范性附录） 间谐波电压含有率与拍频关系曲线 4

附录 B（资料性附录） 间谐波及其危害和集合概念介绍 6

参考文献 10



前 言

本标准在制定标准过程中结合了我国公用电网电能质量问题的具体特点,并参考了 IEC 及 IEEE 等国际和国外标准化组织的相关标准及文献。

本标准的附录 A 为规范性附录;附录 B 为资料性附录。

本标准由全国电压电流等级和频率标准化技术委员会(SAC/TC 1)提出并归口。

本标准主要起草单位:西安领步电能质量研究所和深圳市领步科技有限公司、中国电力科学研究院、中机生产力促进中心、陕西电力调度中心、中冶京诚工程技术有限公司。

本标准主要起草人:刘军成、林海雪、张苹、焦莉、曾幼云。



电能质量 公用电网间谐波

1 范围

本标准规定了公用电网间谐波电压的允许限值及测量取值方法。

本标准适用于交流额定频率为 50 Hz, 标称电压 220 kV 及以下的公用电网。

2 规范性引用文件

下列文件中的条款通过本标准的引用而成为本标准的条款。凡是注日期的引用文件, 其随后所有的修改单(不包括勘误的内容)或修订版均不适用于本标准, 然而, 鼓励根据本标准达成协议的各方研究是否可使用这些文件的最新版本。凡是不注日期的引用文件, 其最新版本适用于本标准。

GB/T 14549—1993 电能质量 公用电网谐波

3 术语和定义

3.1

公共连接点 point of common coupling; PCC

用户接入公用电网的连接处。

[GB/T 14549—1993, 定义 3.1]

3.2

间谐波测量点 interharmonic measurement points

对电网和用户的间谐波进行测量之处。

注: 改写 GB/T 14549—1993, 定义 3.2。

3.3

基波(分量) fundamental (component)

对周期性交流量进行傅立叶级数分解, 得到的频率与工频相同的分量。

[GB/T 14549—1993, 定义 3.3]

3.4

谐波(分量) harmonic (component)

对周期性交流量进行傅立叶级数分解, 得到频率为基波频率大于 1 整数倍的分量。

[GB/T 14549—1993, 定义 3.4]

3.5

谐波次数 harmonic order

h

谐波频率与基波频率的整数比。

[GB/T 14549—1993, 定义 3.5]

3.6

间谐波分量 interharmonic component

对周期性交流量进行傅立叶级数分解, 得到频率不等于基波频率整数倍的分量。

3.7

间谐波次数 interharmonic order

ih

间谐波频率与基波频率的比值。

3.8

间谐波含有率 **interharmonic ratio; IHR**

周期性交流量中含有的第 ih 次间谐波分量的方均根值与基波分量的方均根值之比(用百分数表示)。

第 ih 次间谐波电压含有率以 $IHRU_{ih}$ 表示。

3.9

拍频 **beat frequency**

两个不同频率正弦波电压合成时,其频率(例如公用电网中间谐波频率和基波频率)之差的绝对值。

4 限值

4.1 220 kV 及以下电力系统公共连接点(PCC)各次间谐波电压含有率应不大于表 1 限值。

表 1 间谐波电压含有率限值(%)

电压等级	频率/Hz	
	<100	100~800
1 000 V 及以下	0.2	0.5
1 000 V 以上	0.16	0.4
注: 频率 800 Hz 以上的间谐波电压限值还处于研究中。频率低于 100 Hz 限值的主要依据见附录 A。		

4.2 接于 PCC 的单个用户引起的各次间谐波电压含有率一般不得超过表 2 限值。根据连接点的负荷状况,此限值可以做适当变动,但必须满足 4.1 规定。

表 2 单一用户间谐波电压含有率限值(%)

电压等级	频率/Hz	
	<100	100~800
1 000 V 及以下	0.16	0.4
1 000 V 以上	0.13	0.32

4.3 同一节点上,多个间谐波源同次间谐波电压按下式合成:

$$U_{ih} = \sqrt[3]{U_{ih1}^3 + U_{ih2}^3 + \dots + U_{ihk}^3} \dots\dots\dots (1)$$

式中:

U_{ih1} ——第 1 个间谐波源的第 ih 次间谐波电压;

U_{ih2} ——第 2 个间谐波源的第 ih 次间谐波电压;

U_{ihk} ——第 k 个间谐波源的第 ih 次间谐波电压;

U_{ih} —— k 个间谐波源共同产生的第 ih 次间谐波。



5 测量取值和测量条件

5.1 本标准基于离散傅立叶分析(DFT)算法规范间谐波的测量,但不排除更先进的间谐波测量方法。

5.2 间谐波测量的频率分辨率为 5 Hz,测量采样窗口宽度为 10 个工频周期。

5.3 间谐波的取值方法:

取 3 s 内 m 次测量数值的方均根值作为第 ih 次间谐波电压的一个测量结果。计算公式如下:

$$U_{ih} = \sqrt{\frac{1}{m} \sum_{k=1}^m u_{ih,k}^2} \quad (6 \leq m \leq 15) \quad \dots\dots\dots (2)$$

式中:

m ——3 s 内均匀间隔的测量次数, $m=15$ 为无缝采样;

$u_{ih,k}$ ——第 k 次测量得到的 ih 次间谐波电压值;

U_{ih} ——第 ih 次间谐波的一个测量结果。

5.4 间谐波的测量可以在 3 s 测量结果的基础上, 综合出 3 min、10 min 或 2 h 的测量值。综合方法为取所选时间间隔内(例如 3 min)所有 3 s 测量结果的平方算术和平均取平方根, 例如 3 min 的测量值为:

$$U_{ih(3\text{ min})} = \sqrt{\frac{1}{60} \sum_{k=1}^{60} u_{ih,k(3\text{ s})}^2} \quad \dots\dots\dots (3)$$

式中:

60——3 min 内包含 3 s 的测量次数。

5.5 间谐波的评估测量要求在系统正常运行的最小方式下, 间谐波发生最大的情况下测量; 当系统条件不符合要求时(大于正常最小方式), 可按短路容量折算结果(即将测量结果乘以实际短路容量和最小短路容量之比)。

5.6 间谐波的评估时间段一般至少为 24 h, 以评估时间段内三相综合值 95% 概率大值中较大的一相值为评估依据。

注: 95% 概率大值含义: 将实测值按由大到小次序排列, 舍弃前面 5% 的大值, 剩余实测值的最大值。

6 测量仪器准确度

间谐波测量准确度要求如表 3 所示。



表 3 间谐波测量仪器准确度等级

等级	被测量	条件	允许误差
A	电压	$U_{ih} \geq 1\% U_N$ $U_{ih} < 1\% U_N$	5% U_{ih} 0.05% U_N
	电流	$I_{ih} \geq 3\% I_N$ $I_{ih} < 3\% I_N$	5% I_{ih} 0.15% I_N
B	电压	$U_{ih} \geq 3\% U_N$ $U_{ih} < 3\% U_N$	5% U_{ih} 0.15% U_N
	电流	$I_{ih} \geq 10\% I_N$ $I_{ih} < 10\% I_N$	5% I_{ih} 0.5% I_N

注: 表中 U_N 为标称电压, I_N 为标称电流, U_{ih} 为间谐波电压, I_{ih} 为间谐波电流。

A 级仪器——用来进行需要准确测量的场合, 例如合同的仲裁、解决争议等。

B 级仪器——可以用来进行调查统计、排除故障以及其他不需要较高测量准确度的场合。

附录 A
(规范性附录)

间谐波电压含有率与拍频关系曲线

A.1 $P_{st}=1$ 条件下间谐波电压含有率与拍频关系曲线

间谐波的主要危害之一是引起照明闪烁, $P_{st}=1$ 为闪变通用限值, 在此条件下各间谐波电压含有率与拍频的关系曲线见图 A.1。

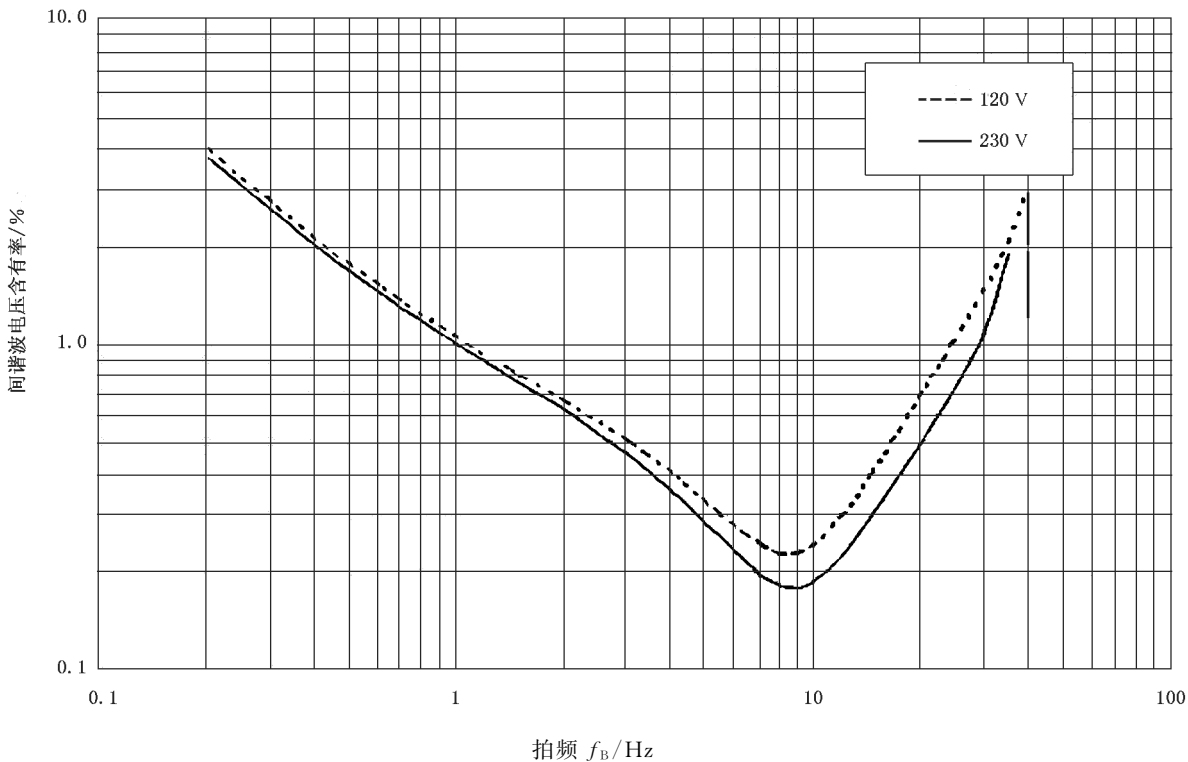


图 A.1 间谐波电压含有率与拍频关系曲线

A.2 $P_{st}=1$ 条件下间谐波电压含有率与间谐波次数关系数值表

对应于图 A.1, $P_{st}=1$ 条件下间谐波电压含有率与间谐波次数(间谐波频率)关系如表 A.1 所示。

表 A.1 $P_{st}=1$ 条件下间谐波电压含有率与间谐波次数(间谐波频率)关系数值表

间谐波次数 ih	系统频率 50 Hz, 标称电压 230 V	
	间谐波频率 f_{ih} / Hz	间谐波电压含有率/ %
$0.2 < ih < 0.6$	$10 < f_{ih} \leq 30$	0.51
$0.60 < ih < 0.64$	$30 < f_{ih} \leq 32$	0.43
$0.64 < ih < 0.68$	$32 < f_{ih} \leq 34$	0.35
$0.68 < ih < 0.72$	$34 < f_{ih} \leq 36$	0.28
$0.72 < ih < 0.76$	$36 < f_{ih} \leq 38$	0.23

表 A.1 (续)

间谐波次数 ih	系统频率 50 Hz, 标称电压 230 V	
	间谐波频率 f_{ih} / Hz	间谐波电压含有率/ %
$0.76 < ih < 0.84$	$38 < f_{ih} \leq 42$	0.18
$0.84 < ih < 0.88$	$42 < f_{ih} \leq 44$	0.18
$0.88 < ih < 0.92$	$44 < f_{ih} \leq 46$	0.24
$0.92 < ih < 0.96$	$46 < f_{ih} \leq 48$	0.36
$0.96 < ih < 1.04$	$48 < f_{ih} \leq 52$	0.64
$1.04 < ih < 1.08$	$52 < f_{ih} \leq 54$	0.36
$1.08 < ih < 1.12$	$54 < f_{ih} \leq 56$	0.24
$1.12 < ih < 1.16$	$56 < f_{ih} \leq 58$	0.18
$1.16 < ih < 1.24$	$58 < f_{ih} \leq 62$	0.18
$1.24 < ih < 1.28$	$62 < f_{ih} \leq 64$	0.23
$1.28 < ih < 1.32$	$64 < f_{ih} \leq 66$	0.28
$1.32 < ih < 1.36$	$66 < f_{ih} \leq 68$	0.35
$1.36 < ih < 1.40$	$68 < f_{ih} \leq 70$	0.43
$1.4 < ih < 1.8$	$70 < f_{ih} \leq 90$	0.51
注：此表中含有率对应的是间谐波频率 f_{ih} ，而图 A.1 的横坐标是拍频 f_B ，两者关系为 $f_{ih} = 50 \pm f_B$ (Hz)。		

附录 B

(资料性附录)

间谐波及其危害和集合概念介绍

B.1 间谐波及其危害

离散傅立叶分析(DFT)是频谱分析的常用方法。对于工频 50 Hz 电力系统而言,电压电流实时波形通过 DFT 分析后得到一系列频谱分量,通常将这些频谱分量中工频整数倍的频谱分量定义为谐波(harmonics),频率为工频非整数倍的分量称为间谐波(interharmonics)。

有时候也将低于工频的间谐波称为次谐波(sub-harmonics),次谐波可看成直流与工频之间的间谐波。

B.1.1 间谐波源

常见的间谐波干扰源主要有下述几类:

B.1.1.1 变流装置

目前,大量变流装置应用在电力系统,其产生的特征谐波频谱如下:

$$f = (p_1 m \pm 1) f_1 \pm p_2 n f_0 \quad \dots\dots\dots (B.1)$$

式中:

p_1 ——整流环节脉动数;

p_2 ——逆变环节脉动数;

f_1 ——交流输入工频频率;

f_0 ——变流器输出频率;

m, n ——非负整数(不同时为 0)。

考虑到负荷三相的不对称性及触发角的误差,变流器运行过程中还将产生下述非特征谐波频谱:

$$f = (p_1 m \pm 1) f_1 \pm 2n f_0 \quad \dots\dots\dots (B.2)$$

B.1.1.2 交流电弧炉

交流电弧炉不仅属于典型的谐波污染源、闪变发生源,同时,也是典型的间谐波发生源。一般来说,交流电弧炉电流的频谱属于连续频谱。实际上,一般冲击性负荷均产生间谐波。

B.1.1.3 通断控制的电气设备

各种对设备工作电压进行通断控制、电压调整的电气设备工作过程中将产生间谐波。例如电烤箱、熔炉、火化炉、点焊机、通断控制的调压器等。

B.1.2 间谐波的危害

间谐波具有谐波引起的所有危害。一般来说其危害主要表现在下述方面:

- 产生闪变;
- 导致显示屏闪烁;
- 造成滤波器谐振、过负荷;
- 引起通讯干扰;
- 引起电动机发电机附加力矩;
- 引起过零点监测误差;
- 引起感应线圈噪声;
- 影响脉冲接收器正常工作。

B.2 谐波、间谐波集合的概念

GB/T 17626.7 定义了谐波和间谐波的集合概念。目前谐波、间谐波标准限值尚未明确是针对集

合概念的,故本章内容作为标准的资料性附录介绍。

B.2.1 谐波集方均根值(r. m. s. value of a harmonic group)

n 次谐波集方均根值 $G_{g,n}$ 由第 n 次谐波及其对称两侧的间谐波以下述定义形成(见图 B.1)。

$$G_{g,n} = \sqrt{\frac{C_{k-5}^2}{2} + \sum_{i=-4}^4 C_{k+i}^2 + \frac{C_{k+5}^2}{2}} \quad \dots\dots\dots (B.3)$$

式中:

$G_{g,n}$ —— n 次谐波集方均根值;

C_k ——第 n 次谐波;

$C_{k+1,2,3,4,5}$ ——紧邻第 n 次谐波右侧连续的第 1、2、3、4、5 个间谐波频谱分量;

$C_{k-1,2,3,4,5}$ ——紧邻第 n 次谐波左侧连续的第 1、2、3、4、5 个间谐波频谱分量。

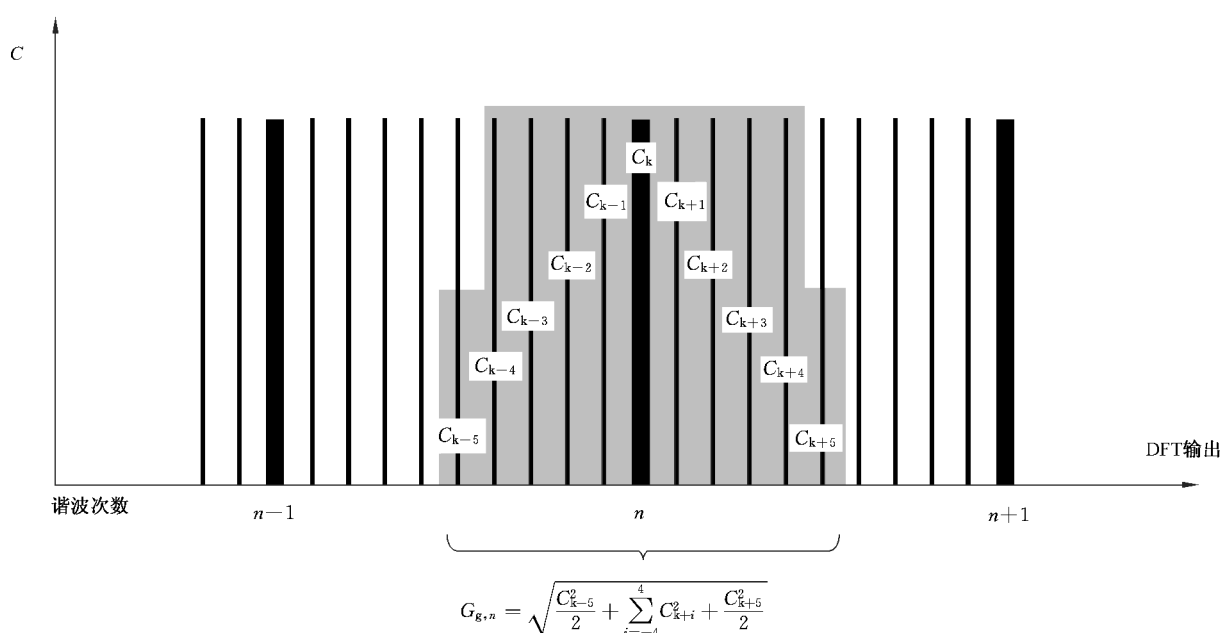


图 B.1 谐波集方均根值示意图(50 Hz 系统)

B.2.2 谐波子集方均根值(r. m. s. value of a harmonic subgroup)

n 次谐波子集方均根值 $G_{sg,n}$ 由第 n 次谐波及其相邻的两个间谐波分量以下述定义形成(见图B.2)。

$$G_{sg,n} = \sqrt{\sum_{i=-1}^1 C_{k+i}^2} \quad \dots\dots\dots (B.4)$$

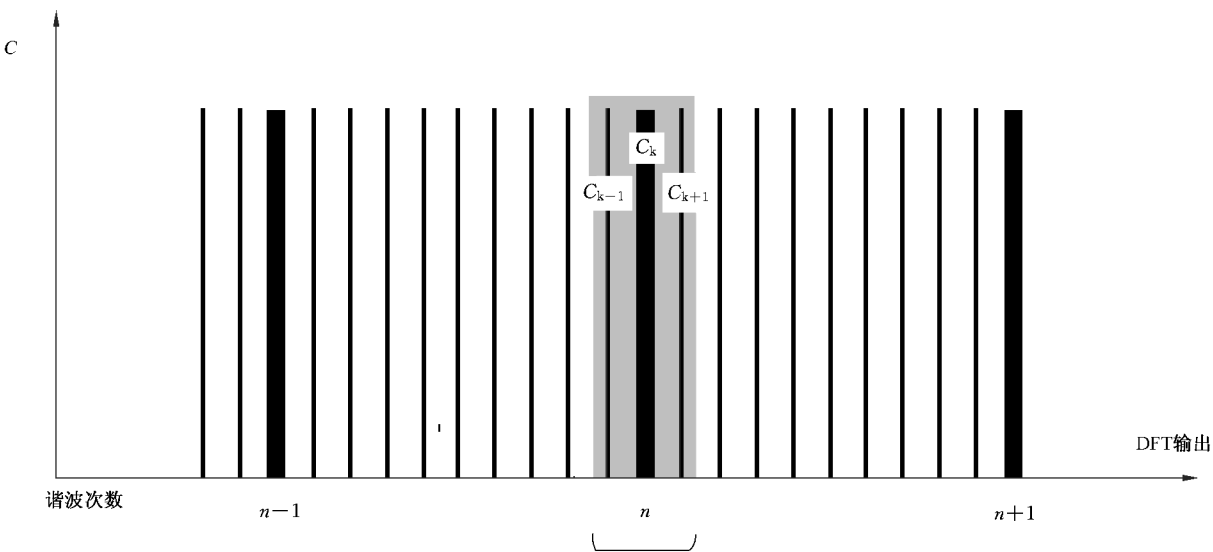
式中:

$G_{sg,n}$ —— n 次谐波子集方均根值;

C_k ——第 n 次谐波;

C_{k+1} ——第 n 次谐波右侧紧邻的第 1 个间谐波频谱分量;

C_{k-1} ——第 n 次谐波左侧紧邻的第 1 个间谐波频谱分量。



$$G_{sg,n} = \sqrt{\sum_{i=1}^1 C_{k+i}^2}$$

图 B.2 谐波子集方均根值示意图(50 Hz 系统)

B.2.3 间谐波集方均根值(r. m. s. value of an interharmonic group)

n 次间谐波集方均根值 $C_{ig,n}$ 由 n 次谐波与 $n+1$ 次谐波之间的间谐波分量以下述定义形成(见图 B.3)。

$$C_{ig,n} = \sqrt{\sum_{i=1}^9 C_{k+i}^2} \dots\dots\dots (B.5)$$

式中：
 $C_{ig,n}$ —— n 次间谐波集方均根值；
 $C_{k+1,2,3,4,5,6,7,8,9}$ ——第 n 次谐波频谱 C_k 与第 $n+1$ 次谐波频谱 C_{k+10} 之间连续的 9 个间谐波频谱分量。

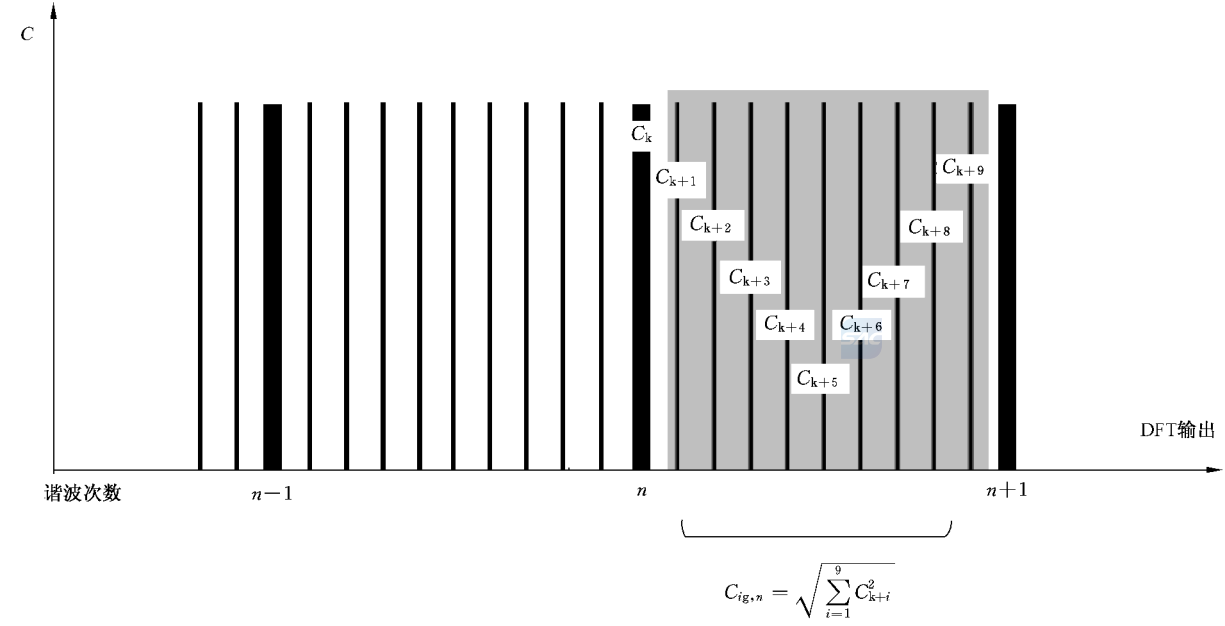


图 B.3 间谐波集方均根值示意图(50 Hz 系统)

B.2.4 间谐波子集方均根值(r. m. s. value of an interharmonic subgroup)

n 次间谐波子集 $C_{isg,n}$ 由第 n 次谐波与 $n+1$ 次谐波之间的间谐波分量以下述定义形成(见图 B.4)。

$$C_{isg,n} = \sqrt{\sum_{i=2}^8 C_{k+i}^2} \quad \dots\dots\dots (B.6)$$

式中:

$C_{isg,n}$ —— n 次间谐波子集方均根值;

$C_{k+2,3,4,5,6,7,8}$ —— 第 n 次谐波频谱 C_k 与第 $n+1$ 次谐波频谱 C_{k+10} 之间不与其直接相邻的连续 7 个间谐波频谱分量。

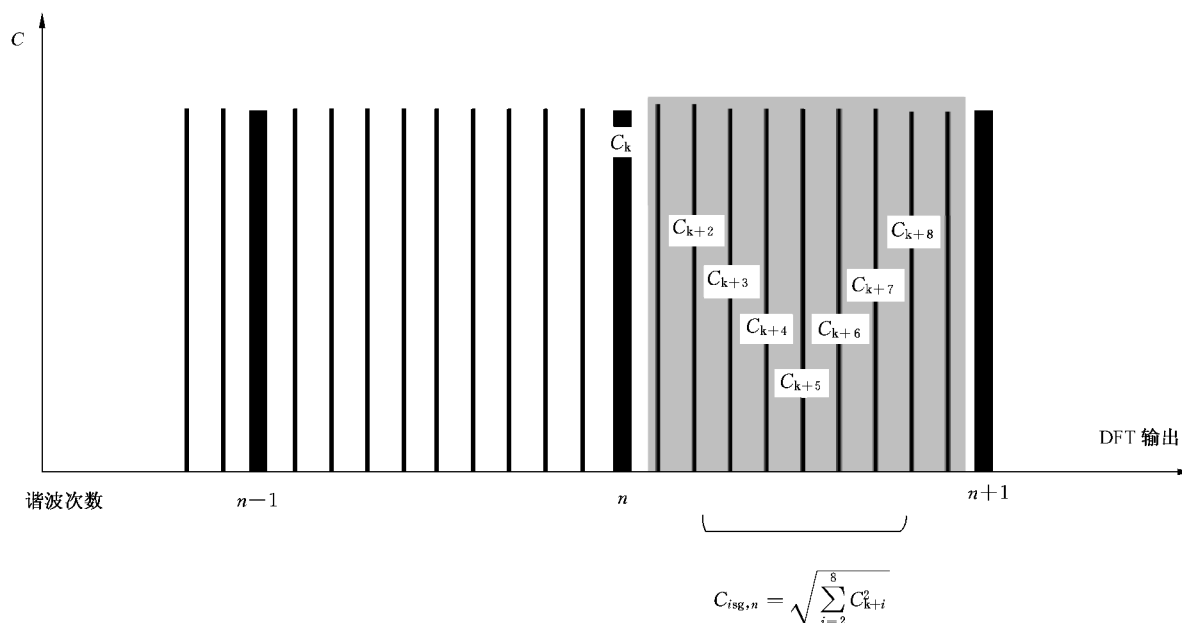


图 B.4 间谐波子集方均根值示意图(50 Hz 系统)

B.3 (间)谐波监测的频率分辨率

傅立叶分析的基本特点在于频率的分辨率与时间的分辨率成反比。

频率分辨率是指将信号中两个靠得很近的频率分量分开的能力,基于 DFT 变换,就是指 DFT 变换后各谱线的频率间隔。频率分辨率是由观测时间长度(亦即时间窗,也就是时间分辨率)决定的,并满足频率分辨率 $\times$ 时间分辨率=1,因此观测时间越长频率分辨率就越高(可分辨的频率越小),但两者不可能同时达到很小。

例如,本标准 5.2 要求:间谐波测量的频率分辨率为 5 Hz,测量采样窗口宽度为 10 个工频周期。也就是要求用连续采样 10 个工频周期的采样数据进行傅立叶分解,因此,其时间分辨率为 10 个工频周期,即 0.2 s,因此频率分辨率 $=\frac{1}{\text{时间分辨率}}=\frac{1}{0.2}=5$ Hz。

参 考 文 献

- [1] GB/Z 17625.4—2000 电磁兼容 限值 中、高压电力系统中畸变负荷发射限值的评估(idt IEC 61000-3-6: 1996).
- [2] GB/T 17626.7 电磁兼容 试验和测量技术 供电系统及所连设备谐波、谐间波的测量和测量仪器导则(GB/T 17626.7—2008, IEC 61000-4-7:2002, IDT).
- [3] IEC 61000-2-2 EMC-Part 2-2 Environment—Compatibility levels for low-frequency conducted disturbances and signalling in public low-voltage power supply systems (international standard). Second edition, 2002-03.
- [4] IEC 61000-4-30 EMC-Part 4-30 Testing and measurement techniques—Power quality measurement methods (international standard). 2003-02.
- [5] Engineering Recommendation G 5/4 Planning levels for harmonic voltage distortion and the connection of non-linear equipment to transmission systems and distribution networks in the United Kingdom (s). Electricity Association (CA), UK. Feb. 2001.
-





中 华 人 民 共 和 国
国 家 标 准
电能质量 公用电网间谐波
GB/T 24337—2009

*

中国标准出版社出版发行
北京复兴门外三里河北街16号
邮政编码:100045

网址 www.spc.net.cn

电话:68523946 68517548

中国标准出版社秦皇岛印刷厂印刷
各地新华书店经销

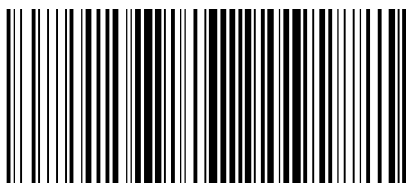
*

开本 880×1230 1/16 印张 1 字数 21 千字
2009年12月第一版 2009年12月第一次印刷

*

书号: 155066·1-39186

如有印装差错 由本社发行中心调换
版权专有 侵权必究
举报电话:(010)68533533



GB/T 24337-2009