



中华人民共和国国家标准

GB/T 18039.9—2013/IEC 61000-2-12:2003

电磁兼容 环境 公用中压供电系统低频传导骚扰及 信号传输的兼容水平

Electromagnetic compatibility—Environment—
Compatibility levels for low-frequency conducted disturbances
and signaling in public medium-voltage power supply systems

(IEC 61000-2-12:2003, Electromagnetic compatibility(EMC)—
Part 2-12:Environment—Compatibility levels for low-frequency conducted
disturbances and signaling in public medium-voltage power supply systems, IDT)

2013-11-12 发布

2014-03-07 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 III

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 2

 3.1 一般定义 2

 3.2 与现象有关的定义 3

4 兼容水平 4

 4.1 通用注释 4

 4.2 电压波动和闪烁 5

 4.3 谐波 5

 4.4 间谐波和频率高于 50 次谐波的电压分量 6

 4.5 电压暂降和短时中断 6

 4.6 电压不平衡 6

 4.7 瞬态过电压 6

 4.8 暂时电源频率变化 6

 4.9 直流分量 6

 4.10 电网信号传输 6

附录 A (资料性附录) EMC 兼容水平和规划水平的作用 8

 A.1 兼容水平的必要性 8

 A.2 兼容水平和抗扰度水平的关系 8

 A.3 兼容水平和发射限值的关系 8

 A.4 规划水平 9

 A.5 兼容、发射、抗扰度和规划水平的图解 10

附录 B (资料性附录) 一些骚扰现象的讨论 11

 B.1 非正弦电压和电流的分辨 11

 B.2 频率高于 50 次谐波的间谐波和电压分量 12

 B.3 电压暂降和短时中断 14

 B.4 瞬态过电压 14

 B.5 直流分量 15

参考文献 16

前 言

GB/T 18039《电磁兼容 环境》目前包括以下部分：

- GB/Z 18039.1—2000 电磁兼容 环境 电磁环境的分类；
- GB/Z 18039.2—2000 电磁兼容 环境 工业设备电源低频传导骚扰发射水平的评估；
- GB/T 18039.3—2003 电磁兼容 环境 公用低压供电系统低频传导骚扰及信号传输的兼容水平；
- GB/T 18039.4—2003 电磁兼容 环境 工厂低频传导骚扰的兼容水平；
- GB/Z 18039.5—2003 电磁兼容 环境 公用低压供电系统低频传导骚扰及信号传输的电磁环境；
- GB/Z 18039.6—2005 电磁兼容 环境 各种环境中的低频磁场；
- GB/Z 18039.7—2011 电磁兼容 环境 公用供电系统中电压暂降、短时中断及其测量统计结果；
- GB/T 18039.8—2012 电磁兼容 环境 高空核电磁脉冲(HEMP)环境描述 传导骚扰；
- GB/T 18039.9—2013 电磁兼容 环境 公用中压供电系统低频传导骚扰及信号传输的兼容水平。

本部分为 GB/T 18039 的第 9 部分。

本部分按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

本部分使用翻译法等同采用国际标准 IEC 61000-2-12:2003《电磁兼容 环境 第 2-12 部分：公用中压供电系统低频传导骚扰及信号传输的兼容水平》。

与本部分中规范性引用的国际文件有一致性对应关系的我国文件如下：

- GB 311 绝缘配合(所有部分)[IEC 60071(所有部分)]；
- GB 311.1—2012 绝缘配合 第一部分：定义、原理和规则(IEC 60071-1:2006, IDT)；
- GB/T 18039.3—2003 电磁兼容 环境 公用低压供电系统低频传导骚扰及信号传输的兼容水平(IEC 61000-2-2:1990, IDT)；
- GB/T 18039.4—2003 电磁兼容 环境 工厂低频传导骚扰的兼容水平(IEC 61000-2-4:1994, IDT)；
- GB/T 17626.7—2008 电磁兼容 试验与测量技术 供电系统及所连设备谐波、间谐波的测量和测量仪器导则(IEC 61000-4-7:2002, IDT)。

本部分由全国电磁兼容标准化技术委员会(SAC/TC 246)提出并归口。

本部分起草单位：上海电器科学研究院、中国电力科学研究院、国网电力科学研究院、上海三基工业电子有限公司。

本部分主要起草人：刘媛、叶琼瑜、郑军奇、万保权、张广洲、张君、寿建霞。

电磁兼容 环境

公用中压供电系统低频传导骚扰及 信号传输的兼容水平

1 范围

GB/T 18039 的本部分涉及频率范围为 0 kHz~9 kHz 以及扩展到 148.5 kHz 的电网信号传输系统的传导骚扰。

本部分给出了标称电压为 1 kV~35 kV, 标称频率为 50 Hz 的中压交流配电系统的电磁兼容水平(见 GB/T 156)。

本部分的目的是给出公用中压供电系统中可能出现的各类电磁骚扰的兼容水平, 用以指导:

- a) 设置对公用电网产生电磁骚扰的限值(包括 3.1.5 定义的规划水平);
- b) 有关标准化技术委员会规定设备对公用供电系统传导骚扰的抗扰度水平。

本部分考虑的骚扰现象包括:

- 电压波动和闪烁;
- 50 次及 50 次以下的谐波;
- 50 次以下的间谐波;
- 高频(高于 50 次谐波)电压畸变;
- 电压暂降和短时中断;
- 电压不平衡;
- 瞬态过电压;
- 电源频率变化;
- 直流分量;
- 电网信号传输。

大部分骚扰现象在 GB/Z 18039.5 部分中有描述。即使未能确定兼容水平, 也给出了一些信息。

本部分覆盖的中压系统指的是公用配电系统, 适用于:

- a) 直接连接或通过变压器连接的用户设备; 或
- b) 给公用低压配电系统供电的变电站。

本部分中规定的兼容水平应用于公共耦合点和变电站的中压端口, 见第 4 章。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件, 仅注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件, 其最新版本(包括所有的修改单)适用于本文件。

IEC 60071 绝缘配合(所有部分)(Insulation co-ordination)

IEC 60071-1 绝缘配合 第 1 部分: 定义, 原理和规则(Insulation co-ordination—Part 1: Definitions, principles and rules)

IEC 61000-2-2 电磁兼容 第 2-2 部分: 环境 公用低压供电系统低频传导骚扰及信号传输的兼容水平(Electromagnetic compatibility (EMC) —Part 2-2: Environment—Compatibility levels for low-

frequency conducted disturbances and signalling in public low-voltage power supply systems)

IEC 61000-2-4 电磁兼容 第 2-4 部分:环境 工厂低频传导骚扰的兼容水平(Electromagnetic compatibility (EMC)—Part 2-4: Environment —Compatibility levels in industrial plants for low-frequency conducted disturbances)

IEC 61000-4-7 电磁兼容 第 4-7 部分: 试验与测量技术 供电系统及所连设备谐波、间谐波的测量和测量仪器导则(Electromagnetic compatibility (EMC) —Part 4-7: Testing and measurement techniques—General guide on harmonics and interharmonics measurements and instrumentation, for power supply systems and equipment connected thereto)

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1 一般定义

3.1.1

(电磁)骚扰 (electromagnetic)disturbance

任何可能引起电气装置在其电磁环境中性能降低的电磁现象。

[改写 GB/T 4365—2003,定义 161-01-05]

3.1.2

骚扰水平 disturbance level

用标准规定的方法测量和估计得到的电磁骚扰量值或幅度。

[改写 GB/T 4365—2003,定义 161-03-01]

3.1.3

电磁兼容性 electromagnetic compatibility; EMC(简写)

设备或系统在其电磁环境中能正常工作且不对该环境中任何事物构成不能承受的电磁骚扰的能力。

注 1: 电磁兼容性是一个环境的条件,例如,对于每个现象,骚扰发射水平是足够低且抗扰度水平是足够高,以至所有装置、设备和系统正常运行。

注 2: 只有当发射和抗扰度水平得到控制,即在任何位置的装置、设备和系统的抗扰度水平高于由该位置发射源及其他因素(如回路阻抗)的发射积聚所产生的骚扰水平,才能达到电磁兼容。一般来说,所谓兼容就是指背离预定性能目标的概率足够小(见 GB/Z 18039.5—2003 第 4 章)。

注 3: 对某种骚扰环境而言,兼容可理解为考虑单个骚扰或单种骚扰(的兼容)。

注 4: 电磁兼容性是一个术语,也用于描述对装置、设备和系统经受来自互相的或其他电磁现象产生的不利的电磁影响的研究。

[改写 GB/T 4365—2003,定义 161-01-07]

3.1.4

(电磁)兼容水平 (electromagnetic) compatibility level

为了在设定发射限值和抗扰度限值时能相互协调,而规定作为参考水平的电磁骚扰水平。

注: 按照惯例,实际的骚扰水平超过所选择的兼容水平的概率是很小的。

[改写 GB/T 4365—2003,定义 161-03-10]

3.1.5

规划水平 planning level

为了协调大负载和装置发射限值与所有连接到供电系统的设备所适用的限值,采用特定环境中的特定骚扰水平,作为确定大负载和装置发射限值的参考值。

注: 规划水平是区域性的规定,并可用于相关区域的电网规划和运行(更多信息见附录 A)。

3.1.6

公共耦合点 point of common coupling; PCC

供电网络中电气上与特定负载距离最近的点,在这一点已接上或者可以接上其他负载。

[改写 GB/T 4365—2003,定义 161-07-15]

3.2 与现象有关的定义

以下与谐波有关的定义是基于通过离散傅立叶变换(DFT)对系统电压或者电流的分析。这是傅立叶变换特殊的应用,在 IEC 101-13-09 中有定义,参见附录 B。

注:时域函数的傅立叶变换,不论是周期性的还是非周期性的,是一个参考时间函数频谱或简单频谱的频域函数。

如果时间函数是周期性的,频谱是由离散线(或者分量)组成。如果时间函数是非周期的,频谱是连续函数,在所有频率显示分量。

其他和谐波或间谐波相关的定义在 IEC 和其他标准中给出。那些定义,即使未在本部分中使用,在附录 B 中也会有讨论。

3.2.1

基波频率 fundamental frequency

从时域函数的傅立叶变换得到的频谱中的频率,所有频谱中的频率都参照该频率。本部分中基波频率是和供电频率一样的频率。

注 1:周期性函数中,基波频率一般和函数本身的频率一致(见 B.1)。

注 2:在仍然不清楚的情况下,供电频率应该参照给系统供电的同步发电机的极数和转速。

[IEC 101-14-50,修改采用]

3.2.2

基波分量 fundamental component

频率是基波频率的分量。

3.2.3

谐波频率 harmonic frequency

基波频率整数倍的频率。谐波频率与基波频率之比称为谐波次数(推荐记号“ h ”)。

3.2.4

谐波分量 harmonic component

具有谐波频率的任何分量,它的值通常用有效值(r. m. s)来表示。

简单地说,这个分量可以当作一个谐波。

3.2.5

间谐波频率 interharmonic frequency

任何基波频率的非整数倍频率。

注 1:作为谐波次数的扩展,间谐波次数是间谐波频率和基波频率之比。这个比值不是一个整数(推荐记号“ m ”)。

注 2:在 $m < 1$ 时,可使用分频谐波这个术语。

3.2.6

间谐波分量 inter-harmonic component

具有间谐波频率的分量,它的值通常用有效值(r. m. s)来表示。

简单地说,这个分量可以当作一个“间谐波”。

注:正如本部分和 IEC 61000-4-7 所述,时间窗是一个 10 个基波周期的宽度,即约 200 ms。两个相邻的间谐波分量频率相差大致为 5 Hz。

3.2.7

总谐波畸变率 total harmonic distortion; THD

不大于某特定次数 H 的所有谐波分量总有效值与基波分量有效值之比。

$$\text{THD} = \sqrt{\sum_{h=2}^{h=H} \left(\frac{Q_h}{Q_1}\right)^2} \dots\dots\dots (1)$$

式中:

Q —— 电流或者电压;

Q_1 —— 基波分量有效值;

h —— 谐波次数;

Q_h —— 次数为 h 的谐波分量有效值;

$H=50$, 但当高次谐波的危害性较低时 H 可用 25。

注: THD 只考虑了谐波。考虑间谐波的情况, 见 B.1.2.1。

3.2.8

电压不平衡 voltage unbalance(imbalance)

多相系统中的一种状态, 在这种状态下线电压均方根值(基波分量)或相邻线电压之间的相角不相等。不相等的程度一般用负序分量和零序分量与正序分量的比值来表示。

注 1: 本部分中, 电压不平衡只考虑三相系统和负相序。

注 2: 一些近似法给出通常遇到的不平衡水平比较准确的结果(负相序与正相序分量的比值):

$$\text{电压不平衡} = \sqrt{\frac{6(U_{12}^2 + U_{23}^2 + U_{31}^2)}{(U_{12} + U_{23} + U_{31})^2} - 2} \dots\dots\dots (2)$$

U_{12} 、 U_{23} 、 U_{31} 是三相线电压。

[改写 GB/T 4365—2003, 定义 161-14-50]

4 兼容水平

4.1 通用注释

在以下章节中, 对各种不同的骚扰设定了兼容水平。然而, 电磁环境通常包含一些同时发生的骚扰, 并且某些设备的功能在特定的骚扰组合影响下会降级。见附录 A。

本部分中, 通常可以认为中压配电系统供电设备的电源输入端口对骚扰的敏感度水平和公共耦合点的敏感度水平是相同的。但有些情况除外, 尤其是以下情况:

- 为特殊装置供电的远距离线路;
- 作为扩展装置一部分的设备;
- 骚扰在装置中产生或被放大, 而该设备是装置的一个组成部分。

当中压电网和下游低压电网相连时, 中压电网实际的骚扰水平通常低于低压电网。尤其是谐波和间谐波。例外的情况也可能发生, 如共振和来自电网其他部分的骚扰积聚所引起的结果。关于兼容水平的协调性, 有一点很重要, 即它要考虑在实践中遇到的骚扰水平的概率, 即使这种概率是很小的。

中压电网的兼容水平并不只体现电网中出现的一般状况, 它应考虑遇到重大风险的特殊情形。有必要明确的是, 对于规定连接到中压电网设备的抗扰度水平, 该兼容水平是一个有用的参考值。然而, 重要的是要注意以下几点:

- 公用低压配电系统供电设备的发射和抗扰度限值需满足 IEC 61000-2-2 规定的低压兼容水平;
- 大负载和大装置的发射限值需满足规划水平, 见 3.1.6 和附录 A; 另见 GB/Z 17625.4 和 GB/Z 17625.5;
- 非公用电网系统供电设备的发射和抗扰度限值需满足 IEC 61000-2-4 中规定的兼容水平。

因此, 尽管实际上通常在中压和低压电网的骚扰水平之间都会存在一些差异, 本部分规定中压电网的兼容水平和 IEC 61000-2-2 的规定保持一致。

4.2 电压波动和闪烁

中压电网上的电压波动是由于波动的负载、变压器分接开关的操作和供电系统或与之相连接的设备的其他操作调整所产生。

通常情况下电网快速电压变化限制在 3% 的额定电压。然而,在公用电网上偶尔会产生大于 3% 的阶跃电压变化。

此外,随着异常的负载变化或开关操作,电压变化范围超过正常的允许运行范围(如±10%标称供电电压)可能会达到几十秒钟,直到高压-中压变压器的有载分接开关动作为止。

中压电网的电压波动(经过改变或没有改变地)传给低压电网,从而可能造成闪烁,见 IEC 61000-2-2 低压电网兼容水平。

4.3 谐波

在规定谐波的兼容水平时,应考虑两个事实:一个是谐波源数量的增多,另一个是起阻尼元件作用的纯阻性负载(热负载)相对于所有负载的比例降低。因此,可以预见供电系统中谐波水平将会增加,直到谐波发射源满足现行的限值。

本部分中的兼容水平应该视为准稳态或稳态谐波,并且作为长期效应和极短期效应的参考值。

——长期效应主要和电缆、变压器、电动机、电容器等的热效应相关。长期效应来源于持续 10 min 或更长时间的谐波水平。

——极短期效应主要和电子装置的骚扰效应有关,这些装置可能易受 3 s 或者更短时间谐波水平的影响。瞬态过程不包含在内。

对于长期效应,表 1 给出了单次谐波电压分量兼容水平。总谐波畸变率对应的兼容水平是 THD=8%。

表 1 中压电网单次谐波电压分量兼容水平(谐波分量有效值占基波分量有效值的百分比)

奇次谐波 非 3 倍次谐波		奇次谐波 3 倍次谐波		偶次谐波	
谐波次数 h	谐波电压/%	谐波次数 h	谐波电压/%	谐波次数 h	谐波电压/%
5	6	3	5	2	2
7	5	9	1.5	4	1
11	3.5	15	0.4	6	0.5
13	3	21	0.3	8	0.5
$17 \leq h \leq 49$	$2.27 \times (17/h) - 0.27$	$21 \leq h \leq 45$	0.2	$10 \leq h \leq 50$	$0.25 \times (10/h) + 0.25$
注 1: 3 倍次的奇次谐波水平适用于零序谐波。此外,在无中线或者相-地线之间无负载的三相电网上,根据系统的不平衡程度,3 次和 9 次谐波的值可能比兼容水平更低。					
注 2: 较低的兼容水平值也常用,见 4.1。					

对于极短期效应,单次谐波电压分量的兼容水平为表 1 中的数值乘以系数 k , k 的计算公式如下:

$$k = 1.3 + \frac{0.7}{45} \times (h - 5) \dots\dots\dots (3)$$

总谐波畸变率对应的兼容水平是 THD=11%。

注: 换相缺口对供电电压谐波水平的增加,已包含在上述兼容水平中。然而,对其他方面的影响,包括对于别的变换器换相的影响,以及对包含更高次谐波分量的其他设备的影响来讲,对时域的描述是需要的(见相关的产品标准)。

4.4 间谐波和频率高于 50 次谐波的电压分量

包括间谐波和高频电压的电磁骚扰研究仍在进行中,详见附录 B。

关于在低压电网上与此现象相关的闪烁效应的兼容水平见 IEC 61000-2-2。

4.5 电压暂降和短时中断

对于这些现象的讨论,见附录 B 和 GB/Z 18039.7。

4.6 电压不平衡

本部分中的电压不平衡只考虑负序分量,因为这个分量可能与连接在公用中压配电系统的设备干扰有关。

注:对于中性点直接接地的系统,零序不平衡率是可能发生的。

连接到线-线之间单相负载产生的电压不平衡实际上等于负载功率与网络三相短路功率之比。

不平衡的兼容水平是负序分量占正序分量的 2%。在一些领域,尤其是连接大型单相负载的情况下,可能发生高达 3% 的值。

4.7 瞬态过电压

对于这些现象的讨论,见附录 B。

本部分中未给出瞬态过电压的兼容水平。关于绝缘配合见 IEC 60071。

4.8 暂时电源频率变化

在公用供电系统,频率尽可能地保持和标称频率接近,但是接近的程度主要取决于互联同步系统的规模大小。大部分情况下,变化范围在正常工作频率的 ± 1 Hz 以内。当同步互联是在中国大陆主体系统上,频率变化是非常小的。不是同步连接到大系统的孤立系统,如在小岛上,频率可能发生很大的变化。

暂时电源频率变化的兼容水平是标称频率 ± 1 Hz。

相对标称频率的稳态频率偏离是很小的。

注:对某些设备,频率变化率是重要的。

4.9 直流分量

本部分覆盖的公用供电系统电压通常无明显的直流分量。然而,当非对称控制负载接入时会产生直流分量。

关键是直流电流水平。直流电压值不仅取决于直流电流值,还与其他因素相关,尤其是测试点的网络电阻。因此直流电压的兼容水平尚未规定。

见附录 B。

4.10 电网信号传输

虽然公用电网是给用户供电,供电方也利用它来传输信号,例如用于控制一些类别的负载(这些电网不用于在个体用户之间传输信号)。

从技术上来讲,电网信号是一个谐波电压源(见 4.4 和附录 B)。在这种情况下,信号电压是施加在供电系统的选定部分上。发射信号的电压和频率是预先规定的,信号的传输也是在特定时间。

为了协调连接在有电网信号的电网上设备的抗扰度,需要考虑这些信号的电压水平。

电网传输信号系统的设计应达到三个目标:

- 确保与相邻装置之间的兼容性；
- 避免电网信号传输系统及其元件受到连接到电网设备的干扰；
- 防止电网信号传输系统骚扰连接到电网的设备。

四类电网信号传输系统在 GB/Z 18039.5—2003 第 10 章中有描述(提及的频率范围是标称值,且常见)。

4.10.1 纹波控制系统(110 Hz~3 000 Hz)

纹波控制信号作为一个脉冲序列传输,每个脉冲持续时间范围为 0.1 s~7 s,整个序列的持续时间为 6 s~180 s。更常见的情况是,脉冲持续时间为 0.5 s,序列持续时间为 30 s。

通常,这些系统工作的频率范围为 110 Hz~3 000 Hz,注入正弦波信号值的范围是 2%~5%的额定供电电压(取决于本地实际情况),但是共振现象可能使该水平达到 9%。近几年安装的系统,信号频率通常在 110 Hz~500 Hz 范围内。

纹波控制系统工作频率内的信号幅度应不超过迈斯特曲线标明的信号水平(见图 1),或者,应不超过表 1 给出的奇次谐波(不含 3 倍次)的水平。

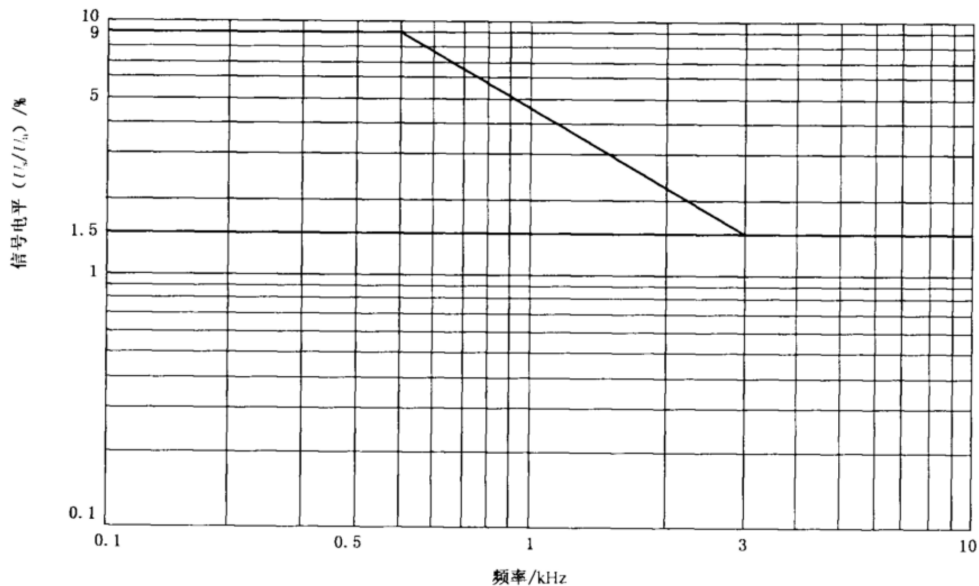


图 1 公用电网纹波控制系统的迈斯特曲线(110 Hz~3 000 Hz)

4.10.2 中频电力线载波系统(3 kHz~20 kHz)

在考虑中。

4.10.3 无线电频率电力线载波系统(20 kHz~148.5 kHz)

在考虑中。

4.10.4 电源信号系统

由于各种系统的不同特性,无法给出总体的导则,但要求制造商确保他们的系统和供电网络之间的兼容性。

附 录 A
(资料性附录)

EMC 兼容水平和规划水平的作用

A.1 兼容水平的必要性

电磁兼容性(EMC)涉及电磁环境中电子和电气设备由于骚扰可能使其性能降低的问题。对于兼容性,有以下两点必要要求:

- 发射到电磁环境的骚扰应维持低于某一水平,该水平会造成工作在其环境中的设备不可承受的性能降低;
- 所有工作在电磁环境中的设备应有足够的抗扰度,能够抵御来自它们所处环境中各种水平的骚扰。

发射和抗扰度的限值,不能彼此独立设置。确切地说,越有效地控制发射,对设备抗扰度的要求就越低。同样,如果设备的抗扰度较高,对发射骚扰严格限制的必要性就降低。

因此,要求对发射和抗扰度限值的采用紧密协调,这就是本部分规定兼容水平的主要作用。

本部分覆盖的骚扰现象是由中压公用供电系统网络上产生的骚扰现象。实际上,本来是电能从电站到用户设备传输通道的供电系统,无意间成了电磁骚扰从它的源到受其影响设备的传输通道。

在为每个现象设置兼容水平时,要记住三个因素:

- 兼容水平是在环境中预期产生的骚扰水平,允许有一个小的概率($<5\%$)超过该水平。对于某些骚扰现象,其骚扰水平正在上升,因此长远考虑是需要的;
- 兼容水平表示的是一个骚扰水平值,通过对发射实施有效的限制,可以保持该值不变;
- 对于此兼容水平,在相关环境中运行的设备应具有适当的抗扰度裕量。

A.2 兼容水平和抗扰度水平的关系

对于每种骚扰现象,兼容水平被视为存在于相关环境中严酷的骚扰水平。对所有工作在该环境中的设备,要求至少有与该骚扰水平一致的抗扰度。对相关设备,通常会在兼容水平和抗扰度限值之间规定一个适当的裕量。

虽然对单种骚扰现象已经规定了兼容水平,如对某些频率的谐波和间谐波。但是应认识到,通常会有若干个骚扰现象共同存在于同一环境中,一些设备在特定的骚扰组合影响下,其性能可能会降低,尽管每个骚扰水平都比兼容水平低。

例如谐波和间谐波,特定的频率、幅值和相位的结合能够相当大地改变电压峰值和过零点。其他骚扰的出现可能增加更多的麻烦。

由于组合的数量是无法估计的,不可能为所有骚扰的组合设置兼容水平。

因此,如果在兼容水平中包含可能导致特定产品性能降低的若干骚扰组合,则对相关产品需要注明对应的组合,以便能按此考虑其抗扰度要求。

A.3 兼容水平和发射限值的关系

首先应考虑到一些骚扰的源存在于大气环境中,尤其是闪电,或是良好设计和正常运行的电源系统对于电气故障或负载或特殊装置的投切造成的不可避免的反应。其中最主要的骚扰包括瞬态过电压、

电压暂降和短时中断。因为发射源在很大程度上是不可控制的,对于这些现象的发射限值就难以确定。在这种情况下,兼容水平用于反映在实践中能预计的严酷水平。

然而,很多骚扰,其源在公用电网上使用的设备中,或者范围小一点,就在构成供电系统自身的设备中。当此类设备产生一个电流,当该电流与供电电压不是有规律的或恒定的函数关系,而是包含了突然变化或不能跟随完整的电压波形周期时,骚扰就会发生。这些不规则的电流流过供电电网阻抗,使电压发生相应的畸变。

虽然为了减弱特定骚扰源的影响,有时考虑降低一些网络阻抗,但一般情况下网络阻抗是固定的,在很大程度上基于电压的调整和其他与减弱骚扰无关的条件。

电压的畸变依次传导给其他设备,其中有一部分设备可能被骚扰。到达其他设备的骚扰水平,取决于构成发射源的设备类型、数量和该骚扰源在任意给定时间的位置以及来自这些不同源如何组合起来在特定位置产生的特定骚扰水平。这些骚扰水平不应超过兼容水平。

因此,和抗扰度水平相比,发射限值和兼容水平之间有更复杂的关系。不只是发射源种类非常多,而且,尤其是在低频骚扰的情况下,任何适用于一个限值的源,只是组合在一起用兼容水平表示的环境骚扰水平的众多源之一。尽管对于大多数骚扰类型的兼容水平用电压来表示,还是有不少发射限值用电流来表示。(这使得考虑电网阻抗成为必要的)

尽管如此,除在 EMC 领域可接受的低概率事件外,设置发射限值的目的是保证实际骚扰水平不会超出兼容水平。

综上所述,任何特定类型设备的发射限值是单独设置的,对每一个骚扰现象,应协调其与同类骚扰的所有其他源所设置的限值。协调应达到:当所有源单独满足其限值时,在其共同作用下的骚扰水平可能达到相关环境预期的等级,但总的骚扰水平仍应低于兼容水平。

发射源是多种多样的,大致可以分成两大类:

- 大型设备和装置

同一时间,几乎只有一个主要的低频发射源,例如谐波和电压波动。它们总是被供电方重点关注。因此供电方有机会和骚扰设备的运行方或所有者共同设计一个运行制度,用于维持其发射在可接受的限值以下,并设计一种供电方式,以确保发射在限值以下而不会干扰连接到供电电网的其他设备。这种方式只是针对当地的情况。

- 小型设备

至于不断增加的广泛用于家庭、商业和较小工业场所的小功率的设备,它们是高水平的低频骚扰源。这类设备可以在开放的市场上买到,而且一般不必经供电方同意即可安装和使用。从绝对数值来讲单个设备的发射是小的,但连接的设备总量却很大,可能占系统总量的 50%。而且大多数设备的发射与其额定功率有很大关系。因此,这类设备已经成为大的且不断增加的低频骚扰源。控制这些骚扰唯一可行的方法是确保设备设计和制造符合相应的发射限值。

因此,为了能够保持兼容水平真实反映电磁环境中可能的最大水平,应仔细地协调范围广泛的产品发射限值,包括供电方关注的大型装置和用户自行安装的小型设备。

注:被供电方特殊考虑的装置可能包含大量的低功率专业设备,然而,在这种情况下,发射被认为是和这个装置整体有关,而非针对单个设备的限值。

A.4 规划水平

对于大型负载和装置,供电系统负有特殊的责任,在为这样的设备确定合适的发射限值时,他们使用在 3.1.5 中定义的规划水平的概念。

目前,规划水平主要与中压电网和高压电网相关。但是,低频传导骚扰在低压电网和高压电网之间双向传递。因此,协调发射限值应考虑所有电压等级电网。

GB/Z 17625.4 和 GB/Z 17625.5 部分中描述了规划水平的使用,重点如下:

- 规划水平是在特定区域规划和运行供电系统的负责机构采用的水平,用于设置该区域中连接到系统的大负载及装置的发射限值。规划水平被用作一种辅助手段来尽可能合理地分配受发射限制的负载。
- 规划水平不能高于兼容水平。它一般要低于兼容水平一个裕量,该裕量的大小取决于若干因素,如所涉及的骚扰现象、供电网的结构和电气特性(假定它是经过良好设计和维护)、本底骚扰水平、共振的概率以及负载的配置。因此规划水平是当地特有的。
- 尽管规划水平主要和大型设备和装置相关,但也应考虑很多其他的骚扰源,(如)可观数量的连接到低压电网的小功率设备。大型装置的发射裕量,取决于如何有效的将限值应用于小功率设备。而这方面的困难在于要求应用更准确的方法来描述小功率设备的发射。无论如何,首要的目标是保证预期的骚扰水平不超过兼容水平。

A.5 兼容、发射、抗扰度和规划水平的图解

不同种类的 EMC 水平和限值如图 A.1 所示。尽管不是很精确,但它表示了各个值之间的关系。此图只具图解意义,尤其是两条曲线的相对位置显示了会发生重叠的情况,但并非精确表示重叠的范围。

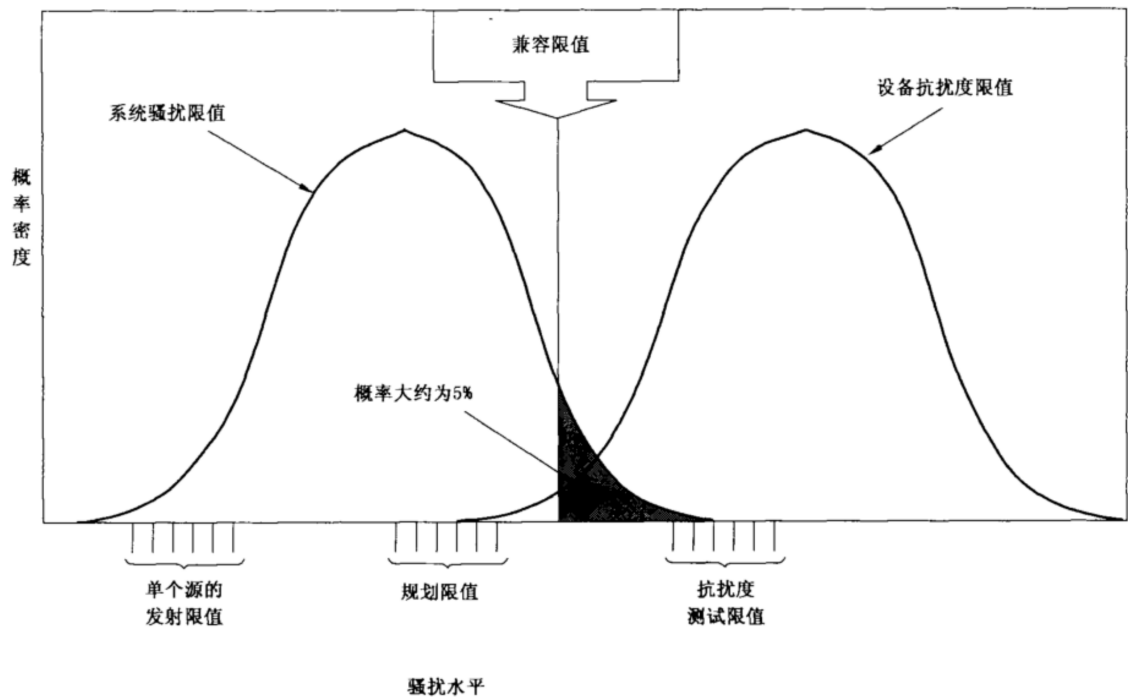


图 A.1 兼容水平、抗扰度水平、规划水平和发射水平之间的关系

附录 B

(资料性附录)

一些骚扰现象的讨论

B.1 非正弦电压和电流的分辨

正弦波供电电压畸变和一个或多个正弦波电压在无用频率上的叠加是相等的(下面的讨论对于电压和电流都是有效的——因此使用“量”这个词)。

傅立叶级数分析(IEV 101-13-08),能使任何非正弦但周期性的量分解为频率序列的正弦分量,此外,有一直流分量。序列中最低频率称为基波频率(IEV 101-14-19)。序列中其他为基波频率整数倍的频率称为谐波频率。对应周期性的分量分别是基波分量和谐波分量。

傅立叶变换(IEV 101-13-09)可应用于周期或非周期的任何函数。变换的结果是产生一频域的频谱,该频谱在非周期时间函数情况下是连续的,并且无基波分量。应用于周期函数的特殊情况时,在频域上是一排谱线,该谱线是对应傅立叶级数的基波和谐波。

离散傅立叶变换(DFT)是傅立叶变换的实际应用。它是采用实际信号的有限样本个数(M),通过一个有限的时间段(一个持续时间为 T_w 的窗口)来分析信号。DFT 的处理结果取决于选择的参数 T_w 和 M , T_w 的倒数是 DFT 的基频 f_b 。

DFT 应用于窗口中的实际信号,窗口外的信号不作处理,但认为窗外信号是窗内信号同样的重复。从而,实际信号通过真正周期性的、周期为时间窗的虚拟信号模拟出来。

快速傅立叶变换(FFT)是一个允许短计算时间的特殊算法。它要求样本数量(M)是 2 的整数倍($M=2^i$)(换句话说,它要求采样频率锁定基频的 2 的整数次幂)。然而,现代的数字信号处理器有进行超复杂 DFT 计算的能力(正弦和余弦函数表),比频率锁定的 FFT 更经济和灵活。

为了使应用于作为周期函数考虑的 DFT 的结果(见 B.1.1)和傅立叶级数分析的结果一致,基波频率 f_i 设定为基频(f_b)的整数倍(即要求采样频率正好是基频的整数倍 [$f_s = M \times f_b$])。同步采样是必要的。不同步会改变频谱结果,出现额外的谱线并改变真实谱线的幅值。

因此,在所有电工和电力电子领域应用中,IEC 61000-4-7(将来的修订版)中规定的测试技术和 3.2.1 中基波频率的定义是一致的。其他的情况需要进一步考虑。

例如,需考虑 175 Hz 的正弦纹波控制信号叠加在 50 Hz 正弦波供电电压上的情况。

这将产生一个周期为 40 ms、频率为 25 Hz 的周期性电压。对该电压进行传统的傅立叶级数分析,产生一个幅值为零的 25 Hz 的基波分量和两个幅值不为零的谐波分量,其中一个二次谐波(50 Hz),其幅值等于供电电压;另一个是 7 次谐波(175 Hz),其幅值等于纹波控制信号的电压。3.2 的定义避免了在这种方法中混淆的可能,并且产生的结果与常规 DFT(IEC 61000-4-7 有描述)的结果一致,显示的是一个 50 Hz 的基频和一个 3.5 次的间谐波。

注 1: 当分析供电系统电压时,基波分量是最高幅值的分量,当 DFT 应用于时域函数时,在频谱上获取第一条谱线不一定是基波分量。

注 2: 当分析一个电流时,基波分量不一定是最高幅值的分量。

B.1.1 时变现象

典型供电系统中电压和电流会被持续不断的投切和改变各种线性和非线性负载所影响。然而,为了便于分析,将它们视为在测量窗口(大约 200 ms)内是静止的,该测量窗口是供电电压周期的整数倍。谐波分析仪在技术上提供了最好的解决办法(见 IEC 61000-4-7)。

B.1.2 增加术语的定义

下面的定义是对于 3.2 中定义的补充,可能具有一定的实用性。

B.1.2.1

总畸变量(TDC)

从一个交流量中除去基波分量后剩下的量,可用时域函数来表示。

$$\text{TDC} = \sqrt{Q^2 - Q_1^2}$$

式中:

Q ——总有效值,代表电流或电压值;

Q_1 ——基波分量的有效值。

总畸变量包括谐波和间谐波分量。见 IEC 61001-14-54 和 IEC 61001-20-11。

B.1.2.2

总畸变率(TDR)

一个交流量的总畸变量有效值与基波分量有效值之比(见 IEC 61001-20-14 修改)。

$$\text{TDR} = \frac{\text{TDC}}{Q_1} = \frac{\sqrt{Q^2 - Q_1^2}}{Q_1}$$

相同符号的含义见 B.1.2.1。

B.2 频率高于 50 次谐波的间谐波和电压分量

B.2.1 无用的电流和电压源

公用交流配电系统用于传输频率为 50 Hz 的电压,应尽可能地避免其他频率的出现。然而,当今电气应用的发展导致供电电压上叠加的无用频率电压有增长的趋势。一种无用频率增长的重要来源是在电气设备中应用越来越多的电力电子调节模块。

下面是几种典型的来源。

- a) 大部分电子元件要求直流供电。当缺少电池或其他 DC 供电时,常用的做法是提供电子模块,该电子模块从 AC 电源中获取电能并通过直流电压将其传输给电子元件。开关电源是最常见用于该目的的设备。然而,由于是以极非线性的方式从交流系统中获取电力,导致许多谐波和间谐波频率的电流产生,甚至有高于 50 次谐波的频率。这些电流流过供电系统阻抗,会产生相应频率的电压,并依次叠加在供电电压上传输给用户。在高频段,发射源可以模拟成一个电压源。
- b) 在有些情况下,电力终端用户要求非供电频率的交流电压,如在可变化的或可调速的驱动系统中。这又是利用电子设备来完成的,这些电子设备从输入电源获取电能并以所要求频率的电压将其传送给下游的元器件。从供电系统来看,这些设备是叠加在供电频率上的多个频率的电流源。当谐波频率普遍发生时,一些类型的转换器会附加产生间谐波。

在电网上带有脉宽调制变换器的电压源逆变器产生调制频率的谐波,该调制频率与电网频率不同步(它们主要是高频:开关频率和它的谐波)。高功率设备,典型的是大于 1 MW 并连接在中压或高压电网上,可能是交-交变频器或运行在电网频率外任何频率的电流源逆变器。它们会由于电动机与电网间的残余耦合而产生间谐波。

在一般情况下,凡是静止的变频器能产生 0 Hz~2 500 Hz 甚至更高的离散频率(见 IEC 61000-2-4 附录 C)。

- c) 电弧炉可能是一个大量间谐波和高于 50 次频率谐波分量的源。它也是一个高电功率设备,不

能连接到公用低压电网上。

- d) 电弧焊机产生连续的宽带频谱,伴随一个间歇过程,间歇的持续时间在 1 s 至几秒范围内变化。
- e) 感应电动机中可能会由于定子和转子槽的铁芯饱和而产生不规则的磁化电流。电机处于正常转速时,该电流会产生 10 倍~40 倍于电源频率的间谐波,但在电机起动期间,电流会覆盖整个频段范围直至达到最终值。
- f) 牵引系统的电源会产生固定频率的间谐波,例如 16.7 Hz。

上述各种源是连接在低压、中压和高压电网上的。它们的发射导致在电网中产生间谐波和高频的电压,这些电压在所有电压等级的电网之间传递,其值的大小取决于网络阻抗。其电压值能达到 0.5% 供电电压。更高的值也有发现,尤其是当共振效应发生时(以 10 Hz 带宽测量,间谐波的环境水平约为额定供电电压的 0.02%)。

电网信号传输也是一个间谐波电压源,但这种情况下的发射是人为的且是有用的,使用者应谨慎地控制以确保兼容性,见 4.10。

B.2.2 无用电压的影响

间谐波的影响如下:

- 间谐波电压可能和基波或谐波结合产生一个差频,形成供电电压在该频率的幅值调制(差频是一个不同于两个结合电压的频率——在这种情况下,一个间谐波电压和基波电压或偶尔有一个间谐波电压与一个谐波电压)。当作用于白炽灯或其他灯时,就会产生闪烁。其影响和连接到低压电网的设备有关——兼容水平在 IEC 61000-2-2 中给出。
- 无用电流在供电电网中流过产生额外的电能损失。
- 间谐波电压会骚扰荧光灯和诸如电视接收机等电子设备。实际上,如果无用频率的混合改变了供电电压的属性,任何对峰值电压或过零时间要求严格的电力用户都会被骚扰。
- 频率范围越宽,这些频率的电压幅值越高,产生不可预见的共振危险的可能性就越大,共振能放大电压畸变并造成供电电网上的设备和电力用户的装置过载或被骚扰。
- 另一个影响是产生噪音。它是由 1 kHz~9 kHz 或更高频率、幅度可达 0.5% 的电压所产生,其大小取决于频率的大小和受影响设备的种类。

B.2.3 对无用电压的兼容水平

考虑到间谐波和超过 50 次谐波频率的电压可能会产生影响,有必要在电磁兼容方面建立协调发射和抗扰度的参考水平。然而,除了上述由差频引起的闪烁情况外,关于这些频率在公用电网上造成影响的知识还不足以建立普遍适用的兼容水平。应保持对这种现象的密切关注。

显然,一方面不允许无用频率电压无限制地增长,另一方面,考虑到这些电压已经越来越普遍产生,因此重要的是对于连接到公用电网的设备需要有足够的抗扰度,以便它们能继续正常运行。

考虑兼容水平不高于相邻频率谐波的水平是适宜的。如在 50 Hz 系统中,95 Hz 的谐波电压兼容水平不高于 100 Hz。据此,建议间谐波频率的参考水平采用下一个较高频率偶次谐波的兼容水平(见表 1)。

纹波控制接收器是个特例。它们的响应水平能低到相当于额定电压的 0.3%。因此,如果频率和接收器规定工作频率相同,超出这个值的无用间谐波电压加于包含了纹波控制接收器的电网,就会产生骚扰。以这个值为基础,在规定频率上的参考水平应该为额定供电电压的 0.2%(规定频率是当地特有的)。

频率超过 50 次谐波的电压,不论谐波还是间谐波一般都不太重要。它们都会在离散频点和相对宽的频带发生。对于范围在 50 次谐波频率至 9 kHz 的离散频点,建议参考值 u 用该频率的电压有效值与

基波分量的电压有效值之比来表示,其值为:

$$u = 0.2\%$$

在 50 次谐波频率至 9 kHz 的范围内,对于中心频率为 F 、带宽为 200 Hz 的建议参考水平 u_b 为:

$$u_b = 0.3\%$$

其中,

$$u_b = \frac{1}{V_1} \sqrt{\frac{1}{200 \text{ Hz}} \cdot \int_{F-100 \text{ Hz}}^{F+100 \text{ Hz}} V_f^2 df}$$

并且 V_1 ——电压有效值(基波分量);

V_f ——频率为 f 的电压有效值;

F ——频带的中心频率(频带高于 50 次谐波)。

经验表明,超出上述水平会产生骚扰,今后更多的经验数据可能会表明,对于高于 50 次谐波频率的电压,较高的兼容水平可能是合适的。

B.3 电压暂降和短时中断

电压暂降和短时中断是不可预见的,很大程度上是随机产生的,主要来源于供电系统或大型装置的电气故障。对此,已经从统计学角度上有了很好的描述。

电压暂降是二维骚扰现象,因为其骚扰水平与暂降深度和暂降持续时间有关。

电压暂降深度取决于观测点与电网上短路故障点位置的接近程度。在故障点电压突降接近于 0,则暂降深度接近 100%。其他原因造成的暂降,例如大负载波动,深度可能会较小。

如果事故发生在输电系统并且被快速保护系统消除或该输电系统含有故障自动清除功能,电压暂降持续时间可能小于 1/10 s。如果故障造成网络上电压较低并由电网上有关的保护系统清除,电压暂降可能持续几秒钟。大多数电压暂降持续时间为半个周期至 1 000 ms。

只有当给定设备的抗扰度不足以抵抗电压暂降深度-持续时间,或当考虑设备给定的工艺是否需要特定的抗扰度水平时,电压暂降的次数才是重要的。

一条特定线路上电压暂降的次数包括在同一电网上其他线路的故障产生的和来自上游电网的电压暂降。在由架空线供电的乡村地区,电压暂降的次数可达每年几百次,其次数特别取决于该地区的雷击和其他气象状况。在电缆网络,最近的信息表明,根据当地情况,一个独立的低压电力用户可能有每年 10 次~100 次的电压暂降发生。

根据架空线路中使用的合闸或传输系统的类型不同,电压短时中断可能持续长 180 s。按顺序来讲,短时中断发生在电压暂降之后。

至于兼容水平,对电压暂降的主要要求是能协调电压暂降的抗扰度水平。兼容水平应用二维来表出,以反映骚扰的水平。目前现有的数据还不能对此作出有效的规定。

而且,从严格意义上来说,用电设备在短时中断或严酷的电压暂降情况下,抗扰度不是一个合适的概念。因为没有电气设备可以在供电中断条件下继续工作。因此,对于这种骚扰的抗扰度或者是从替换能源处快速恢复供电,或者是安排设备及其相关程序适应这种短时中断或者用其他办法减小设备功率,这些措施都以安全和限制危害程度为目的。

见 GB/Z 18039.7。

B.4 瞬态过电压

一些现象,包括开关和熔断器的动作以及靠近供电电网的闪电,会造成中压供电系统和与其连接装置的瞬态过电压。这些过电压可能会振荡的,也可能不振荡,通常会大幅度衰减。脉冲上升时间从小于

1 μs 至几毫秒。它们的幅度和持续时间有时候会被系统中(不只是在公共耦合点上)的电涌放电器限制。

瞬态过电压的幅值、持续时间和能量因其产生源不同而变化。一般来说,气象原因造成的瞬态过电压有较高的幅度,而设备投切造成的瞬态过电压持续时间较长且通常能量较高。关键设备需用单独的浪涌保护装置来保护,并在选择时应考虑较大能量的操作过电压。

投切电容器组通常是瞬态过电压产生的原因,通常,故障发生点的瞬态过电压小于两倍额定电压。然而,当该瞬态过电压沿着线路传播时,会发生波反射和电压增高,从而对连接在线路上的设备产生放大的过电压事故。如何对特定的设备或装置设置抗扰度,这一点是需要考虑的。

同步开关是降低电容器、电抗器和变压器开关瞬态影响的缓冲技术,被广泛应用于中压和高压电网上。

见 IEC 60071-1 与绝缘配合有关的内容。

B.5 直流分量

虽然显著的直流分量水平(电平)一般不会对公用电网的电压上出现,但是一个不对称控制负载连接可能会造成这种现象。偶然会在一些地区发生的地磁暴会引起大的电流和电压,但这并不在本部分考虑范围中。

当直流分量出现在供电电压中,直流电流会在配电变压器中引起非对称磁化,导致过热现象。而且,这样一个电流流过大地对埋在地下的金属固定件增加了腐蚀。

这个电流值变化相当大,允取决于相关电路中的直流电阻和直流分量的电压,因此可允许的直流电压只能逐个进行规定。

参 考 文 献

- [1] GB/T 156 标准电压
 - [2] GB/T 4365—2003 电工术语 电磁兼容
 - [3] GB 17625.1 电磁兼容 限值 谐波电流发射限值(设备每相输入电流 ≤ 16 A)
 - [4] GB 17625.2 电磁兼容 限值 对每相额定电流 ≤ 16 A 且无条件接入的设备在公用低压供电系统中产生的电压变化、电压波动和闪烁的限制
 - [5] GB/Z 17625.4 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
 - [6] GB/Z 17625.5 电磁兼容 限值 中、高压电力系统中波动负荷发射限值的评估
 - [7] GB/T 17884—1999 费率和负荷控制用电子式纹波控制接收机
 - [8] GB/Z 18039.5—2003 电磁兼容 环境 公用低压供电系统低频传导骚扰及信号传输的电磁环境
 - [9] GB/Z 18039.7 电磁兼容 环境 公用供电系统中电压暂降、短时中断及其测量统计结果
 - [10] IEC 60050-101:1998 International Electrotechnical Vocabulary (IEV)—Part 101: Mathematics
 - [11] IEC 60050-551-20:2001 International Electrotechnical Vocabulary—Part 551-20: Power electronics—Harmonic analysis
 - [12] IEC 60868:1986 Flickermeter—Functional and design specifications, Amendment 1 (1990)
 - [13] IEC 60868-0:1991 Flickermeter—Part 0: Evaluation of flicker severity
 - [14] UIE:1997 Flicker measurement and evaluation
 - [15] UIE:1988 Connection of fluctuating loads
-

中 华 人 民 共 和 国
国 家 标 准
电 磁 兼 容 环 境
公用中压供电系统低频传导骚扰及
信号传输的兼容水平

GB/T 18039.9—2013/IEC 61000-2-12:2003

*

中国标准出版社出版发行
北京市朝阳区和平里西街甲2号(100013)
北京市西城区三里河北街16号(100045)

网址 www.spc.net.cn

总编室:(010)64275323 发行中心:(010)51780235

读者服务部:(010)68523946

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 1.5 字数 34 千字
2014年1月第一版 2014年1月第一次印刷

*

书号: 155066·1-47989 定价 24.00 元



GB/T 18039.9-2013

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)68510107

打印日期: 2014年2月25日 F009A