

电气工程师要 了解 EMC 导则

EMC 导则提出了许多工程师都想避免的测试要求。充分理解电磁兼容导则的基本要素对电气工程师是必需的，而且也远没有想像得那么困难。

应用文章

说也奇怪，作为要依赖于大量非强制性标准而生存的行业，电子行业却总是发现要实现法定的要求很困难。当今商业市场的全球化特性使得忽略关键市场的法规和标准是不可能的事情。到目前为止，没有那个法定要求比欧盟委员会的 EMC 导则 89/336/EE 更加能引起产品设计者的担心、疑惑和怀疑，英国工业贸易部 (DTI) 的 Tony Bond 早在 1991 年就形象地将其描述为“自从布鲁塞尔公约签订以来，最全面、最复杂和最具争议的导则”。

从那时起，美国、加拿大以及中东和远东地区的不同标准团体已经广泛接受了，甚至是严格遵循了欧盟的路线，它将 EMC 定义为“设备在其电磁环境下正常工作而不会对该环境下的其它任何设备造成难以接受的电磁干扰的能力”。随着最初的 1989 年导则目前已经被新版本的导则所替代，应当适时地修正它所采用的标准的影响。这些标准适用于那些工作于交流电力线、电能测量和电能质量监测等领域的工程师，在这些环境下，谐波污染和电压波动测量的最新变化是至关重要的。请谨记，这一修正仅限于此——它并非要替代测试机构所采用的官方标准或专家解释。

什么是 EMC 导则？

为了促进欧盟的自由贸易，欧盟委员会在 1985 年启动了一项计划，来协调国家和国际的技术标准——目的是为所有的成员国建立统一的贸易条件。由于认识到电磁兼容对不断增长的电气和电子设备市场的重要性，委员会指示 CENELEC (欧洲电工标准委员会) 制定标准来防止电力线干扰和射频干扰——尽可能采用现有的 IEC 标准。IEC (国际电工委员会) 是成立于 1906 年的国际电气行业标准制定组织，拥有两个主要负责 EMC 的技术委员会——CISPR (无线电干扰特别委员会，法国) 和负责 IEC 61000 系列标准的 TC77 技术委员会。

在规范管理机构 (对于 61000 来说为 CENELEC) 采用 IEC 标准之前，这些标准都是非强制的。当标准被“欧洲共同体官方刊物”公布，并获得 EN (欧洲标准) 地位时，标准即拥有了法律意义。在 Europa 网站上会不断发布新标准和更新的公告——请参见“相关链接”部分。该站点准确但有点华而不实，它覆盖了从水果和蔬菜的形状到戒烟运动的各个方面，却使得大多数工程师依赖于商业杂志，例如“Test & Measurement World” (测试和测量世界)，以及专家资源，例如“Compliance Engineering” (兼容工程)、“Compliance Journal” (兼容性期刊)、“Evaluation Engineering” (评估工程) 和“Metering International” (国际

仪表)。

EMC 导则包括 CISPR 标准和 IEC 61000 标准，以及作为全方位标准覆盖那些不适用于特殊标准的产品通用辐射和抗扰性标准。在乍看起来数量上简直是无穷无尽的标准中，通用标准中包括 EN 50081、EN 55011、EN 55014，以及辐射标准 EN 55022 和抗扰性标准 EN 50082。确保在欧洲市场上销售或投入使用的所有产品均满足相应的标准是制造商的责任，未经标准认证的产品不得粘贴 CE 标识——Conformité Européenne 健康和安产品标志，或者不能在该区域合法地销售。其它还可能适用的法规包括低电压导则 (Low Voltage Directive) 和汽车电磁兼容导则 (Automotive EMC Directive)，这些导则都规定了什么标准适用于特定的产品类型，以及特殊产品标准，例如适用于电能表的标准。在考虑具体的技术指标之前，首先理解适用于该区域的电能质量和一些关键的概念是至关重要的。

电能质量和 EN50160

电能质量的概念包括了从消费者观点方面不间断供电到避免可能危及安全的干扰（例如广播接收）等的各个方面。欧洲供电行业用来评估供电质量的标准为 EN 50160。该标准规定 230 V 低压供电在一周中 95%时间内的电压水平为±10%标称电压，50Hz ±1%。它还为瞬态过电压、三相系统中的电压不平衡规定了不同的限值，如表 1 所示：

尽管大多数国家都拥有标准制定机构，并采用 IEC 规范和指导作为其供电标准，但美国不同，它没有联邦标准机构来专门负责本国的供电——公用事业机构均遵循其所在州的有效法规，并颁布自己的服务质量声明，总是包含一些“尽力服务”条款。在过去的几年中，全美国范围内大面积的断电事故使得一些专业人士重新思索国家的操作标准，北美电力可靠性协会（NERC）最近颁布了一系列操作标准，大力鼓励事业机构采用。不仅如此，它已经在和美国联邦能源管制委员会（FERC）进行讨论，力图保证国家大电力供应的安全，许多观察员认为制定联邦规范是必然的。

同时，非强制性的 ANSI C84.1-1989 标准规定美国 120 V 低电压在-13%和+6%范围之内，该限值引用的是美国得克萨斯州适用的法令，它是公共事业机构必须要满足的条件的一个典型实例：“每一电业部门均应该提供、维护、校准并采用相应的电力监测仪器调查来自用户的关于电能质量的抱怨，并确定电业系统上的干扰源和电能质量问题。在进行电能质量监测时，每一电业单位都应该执行到合理可行的程度，并与 IEEE 1159-1995 标准《IEEE 关于监测电能质量的操作规程建议》（或所有后续的标准）中的规定保持一致，但不得违反法律，包括州和联邦法令、条例和规程，以及适用的地方规程。”

无功功率危及供电——网络稳定性

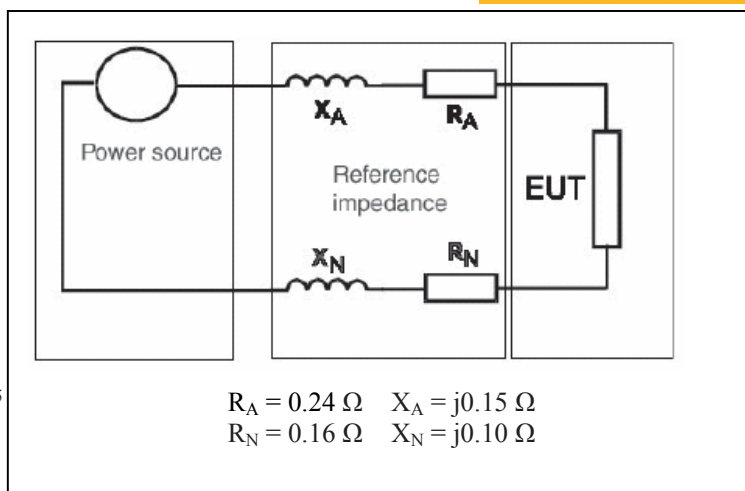
从供电者的立场来说，确保供电网络的稳定性是至关重要的。由于容性负载和感性负载会引起能够危及电网稳定性的无功功率，而供电方必须确保要具有足够的电力可用来维持最坏情况下的稳定度，因而降低了运营的效能。在极端条件下，一个具有低劣功率因数的电网会彻底崩溃，造成局部供电中断，从而波及整个电网。

	供电的电压变化特性 (EN50160)	
	低压 (< 1 kV)	中压 (<35 kV)
频率	一周中： 1%，95%时间 -6%~+4%，100%时间	一周中： 1%，95%时间 -6%~+4%，100%时间
电压幅值	±10%，95%时间(周)， 10 分钟 RMS 值	±10%，95%时间(周)， 10 分钟 RMS 值
快速电压变化	5%，通常 10%，偶尔 Plt<1，95%时间（周）	6%，通常 6%，偶尔 Plt<1，95%时间（周）
暂时过电压	<1.5 kV	170%（直接或电阻接地）
瞬态过电压	通常 < 6 kV 偶尔稍高	
电压不平衡	2%，95%时间（周）， 10 分钟 RMS 值 3%，局部位置	2%，95%时间（周）， 10 分钟 RMS 值 3%，局部位置

表 1. EN 50160 为欧洲供电规定了限值

为了理解这些问题，要切记交流电力线具有有限的阻抗，不同插座之间的阻抗是变化的。图 1 所示为符合 IEC 60725 标准的欧洲参考阻抗，目标是网络中 95% 的阻抗要达到或低于这些值。有的专用电源可对输出阻抗进行编程来模拟不同的模型，在全球范围内会稍有不同。在本例中，编程为 $400\text{ m}\Omega$ 和 $800\mu\text{H}$ ，即接近 IEC 60725 标准：

图 1. 符合 IEC 60725 标准的欧洲参考阻抗



负载与该阻抗之间的相互作用取决于阻抗的大小以及负载的电流消耗特性。阻性负载吸收与电压波形同相的电流，所产生的功率波形是正向正弦曲线，频率是电源频率的两倍。相反，一个纯电感性负载吸收的电流相位落后于电压波形 90° ，功率波形是一个正弦波，频率为电源频率的两倍，中心位于零点。也就是说，电感性负载交替地从电力线吸收电流和返回电流。忽略并联电容，电动马达包括一个与线圈串联的电阻，因此只有百分之几的电能被电阻耗散，做了有用功，而其余的则交替地吸收和返回，使电流波形偏离零点。该无功功率的例子仅仅是供电必须要解决的现象之一。

无功功率还会产生电能测量问题，由于传统的机电型仪表不能准确测量电抗负载，因此往往计费不足。所以，现代的电子式电能表（或 e-meter，测量耗电的电度表）将电压和电流波形数字化来计算真实的功率流。这里说明几个关键的概念，电能表一般测量瞬时有功功率，它是任意时间电流和电压波形的乘积，然后利用数学算法来计算其它参数。例如，确定以伏安（VA）为单位的视在功率就是对电压和电流的瞬时值平方进行平均，然后再对平

均值求平方根，计算出电压和电流的均方根值（RMS）；然后再将 RMS 电压值和电流值相乘，并将结果表示为以 VA 为单位，该结果表示负载可吸收的有功功率的最大值。

为了表示以瓦为单位的有功功率——也就是以焦耳/秒为单位的有功功率，电能表通常在一秒内的对整数个电源周期内的瞬时有功功率进行积分。将有功功率和视在功率相除即可获得功率因数—— $PF=W/VA$ ，功率因数在 1（阻性负载）和 0（纯电感性负载）之间变化。能量表通常还能够计算以乏（VAR）为单位的无功功率。

一种方法是使用与计算有功功率相同的样本，但是将电压或电流信号移相 90° ，然后将其瞬时值相乘。该方法可以直接将有功功率和无功功率进行比较。尽管所有的这些参数量都具有本质的联系，但是对于电子产品设计者来说，最关心的是功率因数。如果不对功率因数进行修正，几乎所有的电子产品中都会用到的前端整流器-电容器就会产生非线性电流，造成供电线谐波污染——如图 2 所示：

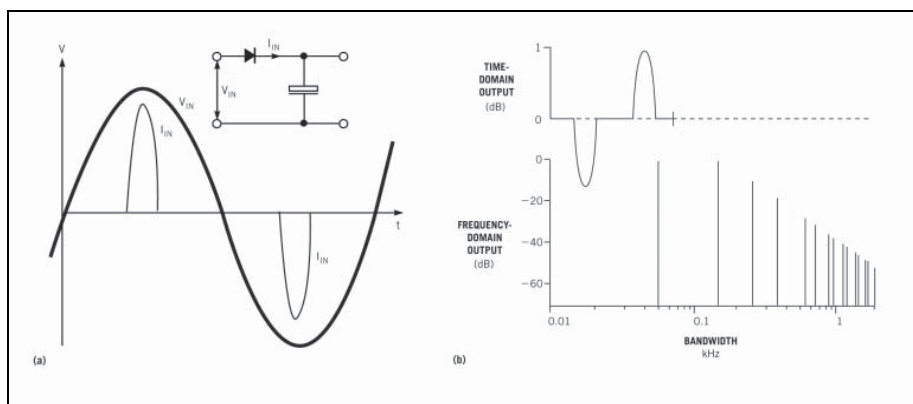


图 2. 二极管-电容器前端将输入电容器充电至接近正弦波的峰值 (a)，造成延展至 1 kHz (b) 以上的电流谐波。

对交流电源波形造成的结果通常是顶部平坦，正弦波峰值附近的曲线变得扁平。由于这个原因，许多设备正越来越多地采用有源功率因数修正电路，在主电压变换器之前级联一个开关式升压变换器。通过在中间的高压幅值上储存足够的能量，升压变换器能够避免负载造成交流电源上不规则的电流峰值，并且配合电感-电容滤波消除可能会返回至电网的其它瞬态信号。

IEC/EN 61000-3-2——分类和限值

尽管 CISPR 标准解决的是射频辐射，但 IEC/EN 61000 则针对所有非 CISPR 和非特殊产品的 EMC 问题。这些标准覆盖了从交流供电线的 EMC 防护到射频抗扰性测试的各个领域，特别专注于设备会产生并通过交流电源端口散布的低频干扰。IEC 标准遵循以下的通用结构：

- 第 1 部分——概述、基本原理、定义和术语
- 第 2 部分——环境的定义分类
- 第 3 部分——辐射限值和抗干扰性限值
- 第 4 部分——测试和测量方法
- 第 5 部分——安装和调试导则
- 第 6 部分——通用辐射和抗干扰性标准
- 第 9 部分——其它

61000-3-2 标准为吸收电流在 16A/相以下的设备可能产生的电力线谐波污染总量规定了限值。截止到 2004 年 1 月 1 日，2.1 版是最新的有效版本。相对于以前版本的主要变化包括重新将 D 类定义为仅包括功率为 75~600W 的 PC 机、监视器和电视机，以及新引用了 IEC 61000-4-7 标准，该标准提供了测量谐波和谐间波的指导，61000-3-2 将设备分为 4 类：

- A 类——平衡 3 相设备和所有其它未被分类的设备
- B 类——便携式电动工具
- C 类——所有照明设备，白炽灯调光器除外
- D 类——75~600W 的 PC 机、PC 机监视器和电视机。

每类设备均有自身的谐波电流辐射限值，如表 2 所示：

谐波次数	A 类限值 (A, RMS)	B 类限值 (A, RMS)	C 类限值 (基波的百分比)	D 类限值 (mA/W)
2	1.08	1.62	2%	N/A
3	2.3	3.45	30 倍功率因数	3.4
4	0.43	0.65	N/A	N/A
5	1.14	1.71	10%	1.9
6	0.3	0.45	N/A	N/A
7	0.77	1.16	7%	1
8	0.23	0.35	N/A	N/A
9	0.4	0.6	5%	0.5
10	0.18	0.28	N/A	N/A
11	0.33	0.5	3%	0.35
12	0.15	0.23	N/A	N/A
13	0.21	0.32	3%	0.296
14~40 (偶次)	1.84/n	2.76/n	N/A	N/A
15~39 (奇次)	2.25/n	3.338/n	3%	3.85/n

表 2. IEC/EN 61000-3-2, A~D 类的辐射限值

闪变和 IEC/EN 61000-3-3

同样是对电流在 16A/相 (含) 以下的设备，IEC/EN 61000-3-3 为这些设备可能导致的闪变设置了限值。该标准最近也被官方进行了升级，截止到 2004 年 5 月 1 日，有效版本为 1995 年的修正版 1，它包括了对一些限值和测量方法的修改，以及引用了 IEC 61000-4-15 标准，该标准介绍了闪变仪的功能和设计规范。另外，IEC/EN 61000-3-11 从 2003 年 11 月生效，涵盖了 61000-3-3 没有覆盖的设备或装置，包括输入电流在 75A/相 (含) 以下的设备和需要条件连接的设备——也就是说为了满足 61000-3-3 标准的辐射限值，参考阻抗值必须低于 IEC 60725 的要求。

那么什么是闪变呢？早在上世纪 40 年代，用户就抱怨供电电压周

期性的短期波动会引起灯泡亮度的变化，使其像风中的蜡烛一样闪烁。实际上这是重复性的电压骤降或跌落，这种电压波动是由于本地配电网中多个负载之间的相互影响造成的——从经验上来看最大的罪魁祸首是重型的电感性负载，例如电弧炉、电焊机，以及电动马达。类似这样的负载会吸收非常大的启动电流和/或正常工作条件下的起伏电流，当电

流峰值流经供电线的阻抗时就会引起短时电压骤降。这些电流峰值引起局部电压波动，而用户能够直接感觉到这种变化（通常情况下与谐波污染不同）。例如，一个吸收电流为 10 A、功率因数为 0.7 的负载，会在 IEC 60725 参考阻抗上产生大约 4.5 V 的电压跌落。如果这种电压跌落是固定的，则无关紧要。但是，类似于激光复印机和打印机这样具有快速功率变化特性的日常负载，就非常容易产生闪变。

因此，闪变测试设备和测试方法的重点在于模拟人类的认知系统，以及包括感知性 (P) 和短期闪变指标 Pst 的测量标准，Pst = 1 为常规的感知性阈值。根据对 1,200 个志愿者的调查，使其感受闪变的 230V/60W 灯泡，结果表明幅度波动水平和重复频率是非常关键的，人们对重复率为 17.6 Hz 的灯光波动最为敏感。在该频率下，仅 0.276% 的电压起伏即表示 Pst = 1，和 3% 的电压波动每分钟重复 0.8 次一样让人感到不快。当电压的波动达 30 Hz 时，人类的感受力会急剧下降，图 3 所示为按照 61000-3-3 标准将幅值波动和频率波动归化为一个固定的烦恼因子：明显的启动电流和正常工作条件下波动的负载电流会在电流流经电力线的阻抗时引起短期电压骤降。重复性的电压波动会引起白炽灯和荧光灯闪烁，会导致从烦躁到患有光敏性癫痫病的人发生痉挛的各种现象。根据规定，闪变测试设备和测试方法着重于模拟人类的认知系统，以及包括感知性 (P) 和短期闪变指标 Pst 在内的测量标准，Pst = 1 是常规的感知性阈值。图 4 所示为交流电力线上波形闪变的一个简单例子。

测量的含义

欧盟 EMC 或电能质量规范及其各地等价标准所涉及到的电气和电子产品必须满足适用标准，并符合相应的工业最佳方法。这就意味着所有用来进行初始评估或后续保证兼容（一般发生在产品测试和最终质量保证时）的仪器都必须可溯源校准至国家标准，并且对于其测试类型拥有一个可接受的测试不确定度比。

IEC 标准包括了大量关于测试方法的信息。IEC/EN 61000-3-2 和-3 标准均包括测量要求和附录，附录中规定了设备的型式测试条件，例如电视机和洗衣机。在 IEC/EN 61000-4-7 和 IEC/EN 61000-4-15 标准中提供了影响谐波和闪变测量的其它关键技术规范。机电式有源电能表的计量由 IEC/EN 62053-11 规定，-21 和-22 适用于 2 类至 0.2S 的电子仪表。电力工程师还需要熟悉 IEC/EN

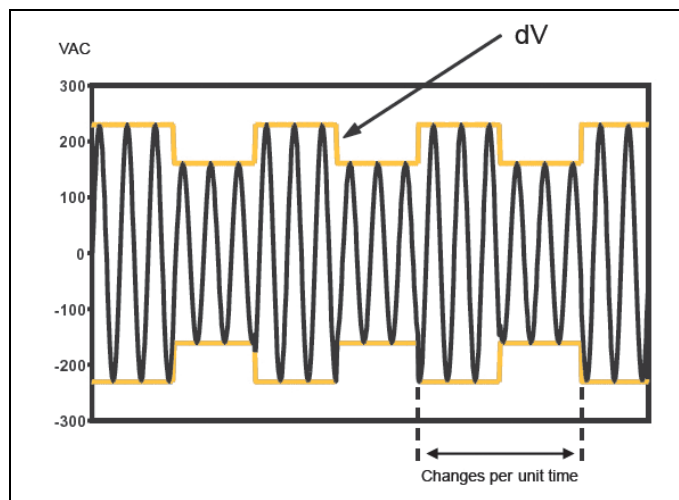


图 4. 矩形调幅模拟的简单闪变

61000-4-30 标准，该标准适用于电能质量测量。

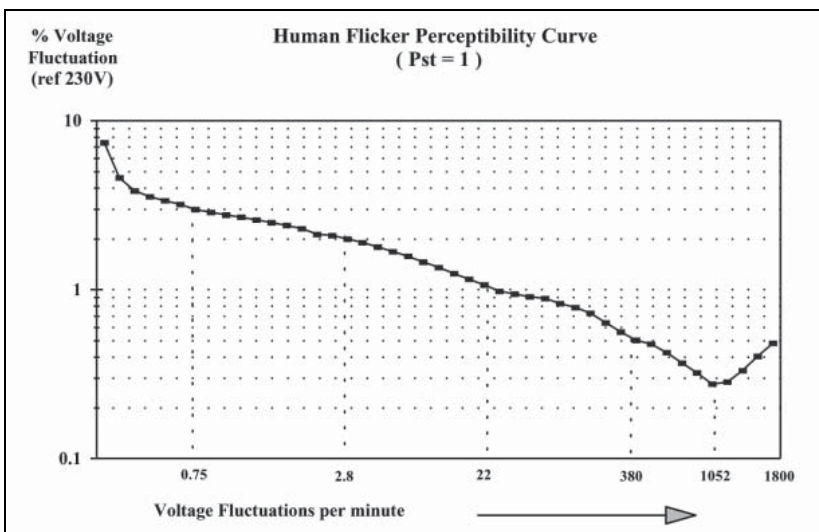


图 3. 人类对闪变的反应决定了 IEC/EN 61000-3-3 的测试要求。

61000-3-2 & 61000-4-7

和以前的版本相比，61000-3-2 的 2.1 版对测量方法做了重要修改，它首要的是关心数据采集。测量窗口已经从 320 ms (50 Hz) 和 266.7 ms (60 Hz) 修改为统一的 200 ms 矩形窗口，分别对应 10 和 12 个电源周期，最低准确度为 $\pm 0.03\%$ 。所有测量必须是不间断的，并且观察周期必须足够长，以确保结果可重复性在 $\pm 5\%$ 之内。在测量谐波方面有一种新的方法，在整个测量周期内测量 2~40 次谐波中每一谐波的平均水平，在最终的平均级之前应用一阶滤波，时间常数为 1.5 s。每一谐波的结果均必须低于相应设备类别的相应限值。

这些修改对于那些由于功耗水平的变化而引起波动谐波或调制谐波的产品具有重大影响。初始规范中允许 10% 的测量时间内波动值可高达限值的 150%，现在这条已经被删除。代替这条规定的是：在每个 200 ms 的窗口内滤波后谐波的测量结果必须低于限值的 150%。还另外规定，如果整体谐波组的平均值低于 100%，则从 21 至 39 次谐波的奇次谐波中的个体谐波可以超过其限值。由于 C 类和 D 类限值与功率成正比，所以制造商必须规定其设备的功率水平，该参数必须在测量值的 $\pm 10\%$ 范围之内。

在最初的版本中，61000-3-2 的附录 B 为测量设备规定了不同的要求，例如总允许误差。2.1 版用新版的 IEC/EN 61000-4-7 第 2 版代替了附录 B，为谐波分析的测量和测量仪器提供了一个指导。指导中介绍了一种框图形式的谐波分析仪，看起来非常类似于电能表，具有分立的电压和电流输入，其后是采样、转换和有功功率计算模块，请参见图 5：

表 3 所示为适用于标准一致性工作的 1 类和通用 2 类仪器测量单一频率、稳态信号的最大允许测量误差。术语误差指的是 61000-3-2 中的限值，也就是说允许限值的 5% 或者被测设备电流额定值的 0.15%，取其中较大值：

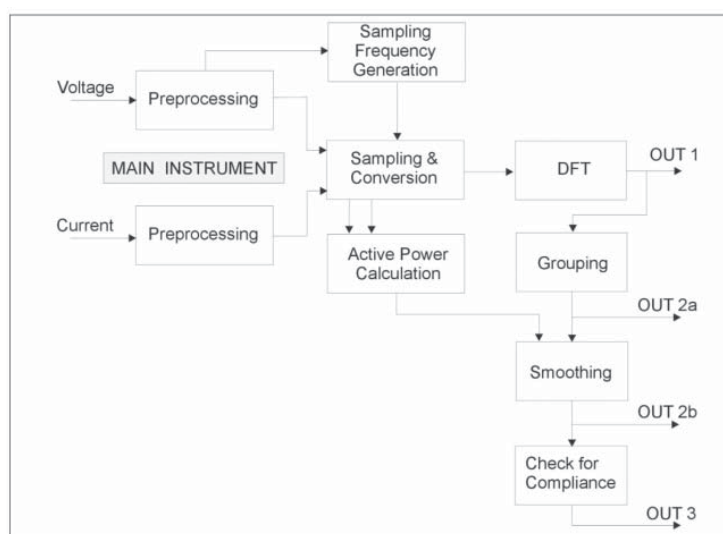


图 5. IEC/EN 61000-4-7 的谐波分析仪框图

为了获得可重现和可直接比较的结果，规范中采用了一种简化的测量方法，该方法基于离散傅立叶变换 (DFT) 模块，然后是分组和平滑级，对信号进行整形使其适合于标准的一致性检查。这种信号处理链可测量高达 40 次的谐波，在 200 ms 的测量窗口内可提供 5 ms 的分辨率。它采用 1.5 s 的滤波器对每一窗口内的谐波和谐间波进行分组和平滑。对于 D 类来说，由于功率是限值计算的一部分，因此有功功率计算采用与谐波分组相同的 1.5 s 滤波。仪器然后将每一谐波组的结果与被测仪器所属类别的限值进行比较。

类别	测量	条件	最大误差
I	电压	$U_m \geq 1\% U_{nom}$	$5\% U_m$
		$U_m \leq 1\% U_{nom}$	$0.05\% U_m$
	电流	$I_m \geq 3\% I_{nom}$ $I_m \leq 3\% I_{nom}$	$\pm 5\% I_m$ $\pm 0.15\% I_m$
	功率	$P_m \geq 150 W$ $P_m \leq 150 W$	$\pm 1.5\% W$ $\pm 1\% P_m$
II	电压	$U_m \geq 3\% U_{nom}$ $U_m \leq 3\% U_{nom}$	$5\% U_m$ $0.15\% U_m$
	电流	$I_m \geq 10\% I_{nom}$ $I_m \leq 10\% I_{nom}$	$\pm 5\% I_m$ $\pm 0.5\% I_m$

$U = V_{rms}$ $m =$ 测量值
 $I = A_{rms}$ $nom =$ 标称值
 $P = W$

表 3. IEC/EN 61000-4-7 规定的最大测量极限误差

仪器的正常测量带宽为 2 kHz (50 Hz)或 2.5 kHz (60 Hz)，高于该带宽时，抗混迭低通滤波器将从有

传统设备为闪变仪，其特性在 IEC 61000-4-15 中作了规定——请参考图 6:

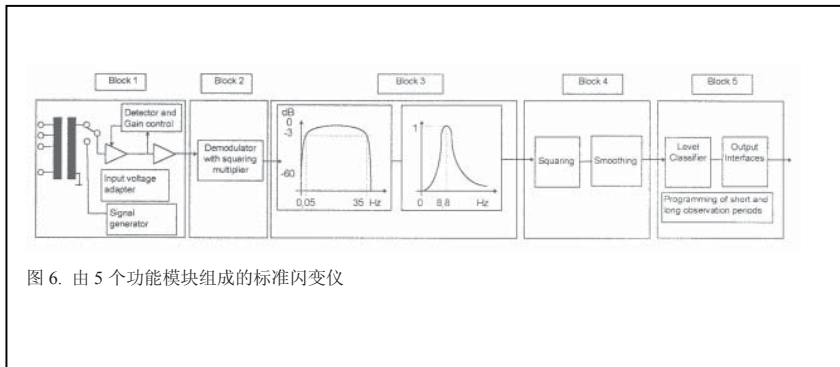


图 6. 由 5 个功能模块组成的标准闪变仪

影响的结果中去掉更高的频率分量。阻带中的衰减必须>50dB。提供给被测设备的电压必须非常纯净，以避免影响结果，最差情况下 3 次谐波失真为 0.9%，11 次至 40 次谐波下降之 0.1%。其它值得注意的要求还包括电流传感元件及其引线两端的最大允许压降为 0.5 V。

61000-3-3 和 61000-4-15

为了评估被测设备产生闪变的性能，必须在设备的交流电力线输入端口随时间监测电压变化，供电线的阻抗必须等效于 IEC 60725 的参考值。进行该项测量的

按照 61000-4-15，闪变仪模型分为 5 个功能模块。第一个模块将交流线输入电压缩放至一个内部参考电平，使得测量与输入电平无关。还有一个信号发生器作为现场校准的检查器。接下来的模块是一个解调器，它对输入信号进行自乘，恢复电压波动。模块 3 串接了两个滤波器，从解调器的输出信号中滤除直流和倍频交流纹波，并评估仪器的频率响应。模块 4 包括一个平方器和一个 1 阶滤波器，和模块 2 及模块 3 一起来模拟人类认知系统对闪变的响应。最后一个模块为数据处理子系统，计算闪变水平。

闪变仪利用拉普拉斯 (Laplace) 传递函数来计算 Pst，该传递函数评估从启动开始的一系列等矩形间隔内测得的个体 RMS 电压值，以 10 分钟的周期进行积分，Pst < 1 的结果表示符合规范的限值。对于一次工作通常长于 30 分钟的设备，可以花费 2 个小时或更长的时间进行评估，对于在任意 2 小时周期内积分的测量，最大允许长时间闪变指标 (Plt) 为 0.65。图 7 所示是一例测试中的测量参数，是在一次电源周期变化后马上测得的。

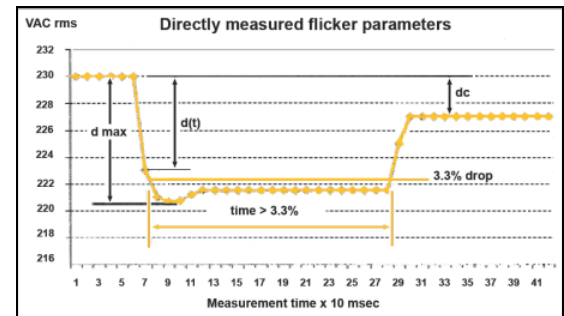


图 7. 闪变测量评估电压随时间的相对变化 d

新近修订的标准包括相对电压跌落直流值不能超过 3.3%；在长于 500 ms 时瞬变值 d(t)不得超过 3.3%；对于连续重复循环其功率水平的设备，最大相对电压跌落 d max 不得超过 4%（现在，另外允许相对频繁开/关的设备的突入电流为 6~7%）。为了避免在设备打开时电源定相的随机性，以及由此引起的电流峰值变化，有一项新的程序可用来确定 d max: 取 24 个读数，舍弃最小值和最大值，然后对剩余的读数进行平均。

62053-11、-21 和 -22

适用于电能表的欧洲标准由 IEC/EN 62053 规定，该标准规定了测量有功功率的机电式电能表 (62053-11) 和静态电能表的要求——特别是针对 1 类和 2 类仪表的 IEC/EN 62053-21，它代替了 IEC 61036；以及针对 0.2S 和 0.5S 类有功电能表的 62053-22。无功电能表由 62053-23 规定。如果仪表能够测量多种类型的能量，或者包括其它功能，例如定时开关或数据通信接口，则必须符合这些元件的相关标准。

IEC/EN 62052-11 标准替代了早期版本的通用要求，是当前伴随 IEC/EN 62053 系列标准的测试和测试条件的参考。同样，IEC/EN 62053-11、-22、和-23 代替了早期的 IEC 60521、60687、61036 和 61268 标准，并为计量规定了关键的测试和极限误差值。表 4 中按照 62053-21 为测量有功能量的最常用 1 类和 2 类仪表标注了极限误差值。

该规范区分了采用电阻式分流器的 **直接连接** 电能表和采用电流互感器或传感器的 **变压器控制** 的电能表。一般情况下，电阻式分流器比电流变换器具有更好的低电平线性特征，是通过测量不同段的 I_b (仪表的输入电流)，或者是相应的传感器标称满度值来识别的。仪表必须维持代表典型的安装环境的三个功率因数条件的额定准确度。另外，在发生影响量时，例如环境温度变化、±10% 的电压变化以及±2% 的频率变化，仪表必须在很小量的附加误差百分比之内维持其准确度。图 8 所示为功能性测量设置框图：

虽然机电式仪表仅需要保证电流波形 10% 三次谐波失真的测量响应，但电子式仪表具有严格得多的要求。测试包括电流和电压通道内的谐波分量；交流电流通道内的直流和偶次谐波；交流电压通道内的奇次谐波；以及交流电流通道内的次谐波。发生谐波时的准确度测试条件规定了标称工作电压，标称满量程电流的 50%，以及基波交流频率下的单位功率因数。干扰谐波是 10% 标称工作电压和 40% 基波电流下的 5 次谐波，谐波功率因数为 1。基波和谐波电压在正向过零点是同相的。这就使得在基波的总有效功率为 1.04 时产生的基波电流的 5 次谐

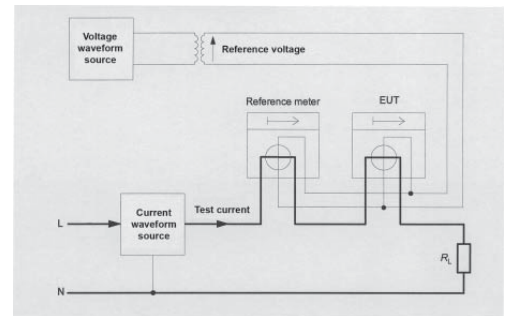


图 8. 能量表测量的功能设置

电流值		功率因数	仪表的百分比误差	
直接连接仪表	变换器控制仪表		1 类	2 类
$0.05 \leq I_b < 0.1 I_b$	$0.02 \leq I_n < 0.05 I_n$	1	± 1.5	± 2.5
$0.1 I_b \leq I_{max}$	$0.05 I_b \leq I_n$	1	± 1.0	± 2.0
$0.1 I_b \leq I_b < 0.2 I_b$	$0.05 I_n \leq I_n < 0.1 I_n$	0.5 感性	± 1.5	± 2.5
		0.8 容性	± 1.5	—
$0.2 I_b \leq I_{max}$	$0.1 I_n \leq I_{max}$	0.25 感性	± 1.0	± 2.0
		0.5 容性	± 1.0	—
当客户特殊要求时:				±
$0.2 I_b \leq I_b$	$0.1 I_n \leq I_n$	0.25 感性	± 3.5	±
		0.5 容性	± 2.5	±

表 4. IEC/EN 62053-21 规定的 1 类和 2 类能量计的最大极限误差

波功率电平为 0.04。图 9 所示为适用于所有电子式仪表的测量次谐波的一个测试波形：

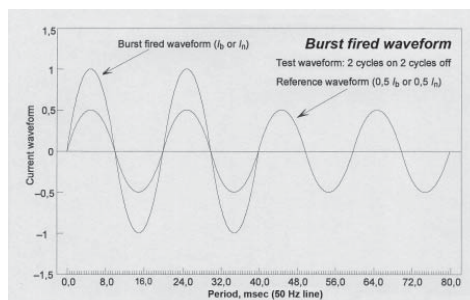


图 9. 电能表次谐波电流测试波形的例子

61000-4-30

IEC 61000-4-30 描述了电能质量参数的测量和解释方法，但是没有规定任何限值——这些已经在其它部分做了规定，例如 61000-3-2 和-3。61000-4-30 内的方法解决闪变、电压和电流谐波及谐波间波测量，并评估电压和频

集合方法均为 RMS 值。集合周期是连续的，在测量窗口之间没有间断。标记的概念避免了为供电稳定性、闪变和谐波测量收集不可靠的数值，这些都是在电压骤升骤降和断电时可能发生的。由用户确定如何评估标记的数据。值得注意的是，A 类电能质量准确度要求包括在标称电源下最大

围之内。这就意味着，例如，当发生谐波、谐波间波和闪变时，A 类电压测量必须维持±0.1%的不确定度，对用来校准 A 类仪器的标准信号源提出了特殊的要求，在具有各种干扰信号的情况下需要总体不确定度≤0.02%。表 5 所示为 A 类性能的影响量及其范围：

影响量	变化范围
频率	42.5 Hz ~ 57.5 Hz (50 Hz 系统) 51 Hz ~ 69 Hz (60 Hz 系统)
电压幅值 (稳态)	0% ~ 200 % U_{din}
闪变 (Pst)	0 ~ 20
不平衡	0% ~ 5%
谐波 (THD)	IEC 61000-2-4, 3 类中规定值的 2 倍
间谐波 (任何频率下)	IEC 61000-2-4, 3 类中规定值的 2 倍
电源信号电压	0% ~ 9% U_{din}
瞬变电压, 依照 IEC 61180	6 kV 峰值
快速瞬变	4 kV 峰值
注: Pst 应该通过周期调制产生	

表 5. 61000-4-30 规定的存在多个干扰信号时的参数测试

率稳定性——包括电压骤升骤降、中断和瞬变现象。其它部分覆盖了那些采用交流供电线用于信号目的的应用的特殊测量。

有两种类型的测量性能——A 类：适用于那些被用于参考测量的仪器，包括标准一致性检定。B 类：适用于排除故障之类的应用。规范规定，仪器对于不同的测量参数可以具有不同的性能类别。A 类仪器采用三个时间间隔来收集采用基本的 200 ms 10 个或 12 个周期测量窗口采集的数据：3 秒间隔——150 个周期 (50 Hz) 或 180 个周期 (60 Hz)；10 分钟间隔；以及 2 小时间隔。在进行工频测量时还有一个 10 s 间隔。除闪变外，每一间隔的电压和电流测量

频率测量不确定度为±0.01 Hz，电压为≤±0.1%，在 61000-4-7 和 61000-4-15 中规定了对谐波和闪变的响应。其它条款规定了电压骤升骤降、中断、不平衡和交流电力线信号方面的必备性能。

重要的是，规范在性能检定中引入了各种影响量。这反映了一个事实：在发生其它干扰信号时，许多测量都可能会恶化，例如由于谐波干扰引起的三相电压不平衡。为了确保仪器在出现多种干扰信号时能够正确测量，61000-4-30 规定，当所有其它参数都在允许范围之内时，参数的测量结果必须在规定的 uncertainty 范

对于每一测量参数，测试程序首先选择感兴趣的参数，比如说电压，然后在该参数的量程范围内的 5 个等距点进行进一步的测量，在状态 1 中保持所有其它参数为常量，请参见表 6。该项检查为线性测试，在标称满量程的 0%、50%、100%、150%和 200%处检查电压。然后，程序会进入测试状态 2 和 3，在此时，基本参数会受到不同影响量组合的影响——在此期间，仪器必须将其准确度维持在规定允许的不确定度范围之内。例如，电压读数必须正确报告基波和任意谐波之和，而谐波不得干扰电压不平衡的测量。这些检查要求测试源能够自由组合参考测试信号，例如 RMS 电压、闪变和谐波：

度和测量方法。

测量仪器导则

欧洲测量仪器导则(MID)从 2006 年 10 月 30 日起生效，它加强了度量衡和测量仪器的计量控制，包括从气体、水和电气测试仪表，到衡器、废气分析仪、加油泵、出租计费器，甚至是葡萄酒和啤酒玻璃瓶。和所有的欧洲法令一样，关键的目的是通过消除贸易障碍，为制造商和消费者提供一个竞技场，鼓励竞争。

MID 仅适用于新制造的产品，它详细规定了制造商在该地区销售和投入使用仪器之前必须满足的要求。这些要求包括了适用于所有仪器的通用基本要求，以及在不同的附录中规定了特殊测量仪

和以前一样，有几种途径可获得一致性——请参见“*Changes Within 2004's EMC Directive*”（2004 年 EMC 导则的变化）。

那么，有什么不同呢？主要是 MID 包含了在成员国中非必须管制的不同设备。所产生的任何变化都与国家有关——例如，管制严格的英国就没有觉得需要必须为那些尚未被管制的仪器制定规范。从制造商的立场来看，对于那些迄今为止尚没有统一标准的设备，例如加油泵，能够明显节约费用，因为它仅需要通过一项型式测试，而不需要针对不同的目标市场进行不同的测试。制造商自己进行一致性测试的灵活性也非常适合于简单的产品，例如卷尺。对于绝大多数的电子工业，

影响量	测试状态 1	测试状态 2	测试状态 3
频率	$f_{nom} \pm 0.5 \text{ Hz}$	$f_{nom} - 1 \text{ Hz} \pm 0.5 \text{ Hz}$	$f_{nom} + 1 \text{ Hz} \pm 0.5 \text{ Hz}$
电压幅值	$U_{din} \pm 1\%$	由闪变、不平衡、谐波、间谐波决定（参加下文）	由闪变、不平衡、谐波、间谐波决定（参加下文）
闪变	$P_{st} < 0.1$	$P_{st} = 1 \pm 0.1$ ——矩形调制，每分钟变化 39 次	$P_{st} = 4 \pm 0.1$ ——矩形调制，每分钟变化 110 次 注：仅适用于 10 分钟值，对于其它值，采用 $P_{st} = 0 \sim 0.1$
不平衡	$0\% \sim 0.5\% U_{din}$	$0.73\% \pm 0.5\% U_{din}$, A 相 $0.80\% \pm 0.5\% U_{din}$, B 相 $0.87\% \pm 0.5\% U_{din}$, C 相 所有相角为 120°	$1.52\% \pm 0.5\% U_{din}$, A 相 $1.40\% \pm 0.5\% U_{din}$, A 相 $1.28\% \pm 0.5\% U_{din}$, A 相 所有相角为 120°
谐波	$0\% \sim 3\% U_{din}$	$10\% \pm 3\% U_{din}$, 3 次谐波在 0° 时 $5\% \pm 3\% U_{din}$, 5 次谐波在 0° 时 $5\% \pm 3\% U_{din}$, 29 次谐波在 0° 时	$10\% \pm 3\% U_{din}$, 7 次谐波在 180° 时 $5\% \pm 3\% U_{din}$, 13 次谐波在 0° 时 $5\% \pm 3\% U_{din}$, 25 次谐波在 0° 时
间谐波	$0\% \sim 0.5\% U_{din}$	$1\% \pm 0.5\% U_{din}$, 在 $7.5 f_{nom}$ 处时	$1\% \pm 0.5\% U_{din}$, 在 $3.5 f_{nom}$ 处时

表 6. 61000-4-30 规定的参数测试状态

B 类仪器必须通过类似的测试，但是多信号干扰测试没有这么严格。另外，制造商必须规定相应的测试间隔，并解释仪器如何采集及报告其测量数据。最大电压测量不确定度 $\leq \pm 0.5\%$ ，并且制造商也必须规定频率读数的不确定

器满足适用标准的基本要求。和以前一样，授权指定机构（独立于欧盟成员国国家计量机构的测试组织）进行一致性测试，成功通过测试后获得的 CE 标识具有最高级别的一致性，在全欧洲有效。必需的测试是针对被测设备规定的欧洲标准（EN），并且也

MID 也不大可能会引起任何明显的变化。

补充——2004年EMC导则的变化

EMC 导则充满了自引用材料，另人非常吃惊的是许多工程师认为文字晦涩、令人费解，从而将其绕开。欧盟委员会认识到了市场上的混乱现象，最近启动了“内部市场简化法令”（SLIM）计划。结果之一就是新的 EMC 导则 2004/108/EC 取代了 1989 年的原始导则 89/336/EEC。新的法令从 2007 年 7 月 20 日生效，与原始法令相兼容的设备在 2009 年 7 月 20 日之前可以在市场上销售。新文件在附录 1 中的使命声明是这样写的：“必须根据技术的进步设计和制造仪器，以确保产生的电磁干扰不会影响到无线电和通信设备或其它设备的正常工作。并且在预期用途下对电磁干扰具有一定的抗扰性，使其能够正常工作而不会产生不可接受的退化。”

一个明显的变化是关于*固定安装的设备*——例如会产生电磁干扰或受到电磁干扰影响的大型机械和网络，以及市场上全部可用的商业仪器都包含在了导则的范围之内。当设备可以采用不同的配置时，EMC 评估必须考虑到正常使用时可能发生的所有可预测配置。导则还规定，如果器件或组件可以被提供给最终用户，则也属于导则覆盖范围之内。重要的是，新的导则对其参考的标准没有作任何修改——大的修改在于程序上。例如，制造商现在有两种方式可用来证明其产品的与标准的一致性。第一种方式是*内部产品控制*（或者是自认证）——由制造商（或其授权代表）负责，确保产品满足导则的所有要求，根据统一的 EN 标准进行所有必要的测试；第二种方式是通过认证机构（也就是有资质的测试机构）来评定设备符合制造商的说明，通常进行制造商不能完成的测试。

两种方式均要求制造商生成技术文件，

证明设备的一致性，并确保生产过程符合导则要求。授权机构将检查这些文件，并且在满足要求时签发一致性申明，该申明将随文件一起提供。或者，选择自认证的制造商独立为一致性测试的每一步负责。在任何一种情况下，技术文件都包括设备的通用描述，介绍其设计和制造，并提供证据证明产品符合相应的统一标准。如果仅适用部分或根本不适用于统一标准，文档则必须介绍为了满足导则所采取的措施。该信息必须包括设计计算、EMC 评估、进行的检查，以及测试报告。为了获得 CE 标识而出示的一致性申明现在必须引用导则、识别设备、声明欧盟内的制造者或授权代表，并列出来主张一致性的标准。经授权的公司代表必须签署声明，并标明日期。尽管是非强制性规定，但获得 CE 标识的压力还是迫使许多组织雇佣专业测试机构来指导他们通过一致性测试。在欧盟网站的 EUR-LEX 标题下可获得最新的认证机构清单：<http://europa.eu.int/eur-lex/>

相关链接

ANSI（美国国家标准协会）
www.ansi.org

兼容工程
www.ce-mag.com

兼容期刊
www.compliance-club.com

欧盟官方杂志门户
<http://europa.eu.int/eur-lex/en/oj/>

评估工程
<http://evaluationengineering.com>

美国联邦能源管制委员会（FERC）
www.ferc.gov International

国际电工委员会（IEC）
www.iec.ch

国际仪表
www.metering.com

北美电力可靠性协会
www.nerc.com

测试和测量世界
www.tmworld.com

福禄克，助您与时代同步！

美国福禄克公司

中文网址：www.fluke.com.cn
英文网址：www.fluke.com

北京办事处：

地址：北京建国门外大街 22 号，赛特大厦 2301 室
邮编：100004
电话：010-65123435
传真：010-65123437

上海办事处：

地址：上海市天目西路 218 号，嘉里不夜城第一座 1208-1209 室
邮编：200070
电话：021-63548829
传真：021-63545852

广州办事处：

地址：广州体育西路 109 号，高盛大厦 15 楼 B1 座
邮编：510620
电话：020-38795800/38795811
传真：020-38791137

成都办事处：

地址：成都市人民南路四段 19 号威斯顿联邦大厦 17 楼 K-N 座
电话：028-85268810
传真：028-85268988
邮编：610041

西安办事处：

地址：西安市二环南路 100 号，金叶现代之窗 1010 室
邮编：710065
电话：029-88376090
传真：029-88376199

北京维修站：

地址：北京建国门外大街 22 号，赛特大厦 2301 室
邮编：100004
电话：010-65123435
传真：010-65123437

2/2006 Pub-ID 11067-CN