

电能质量的测量与评估

电能质量的测量有哪些方式？

电能质量的测量方式主要包括定期巡检、专项检测或临时抽检、在线监测等。

(1) 定期巡检。主要适用于需要掌握电能质量又不需要连续检测或不具备连续在线监测条件的场合。

1) 居民、商业区及小工厂供电系统配电点的电能质量检测，根据重要程度一般一个月或一季度检测一次，并应进行详细的记录存档。

2) 定期巡检使用的仪器主要是便携式电能质量分析仪或手持式电能质量分析仪。

3) 对于没有冲击性负荷的电网及供电范围内负荷变化不大的情况，电压波动和闪变的影响很小或不存在，电压波动和闪变的指标一般不需要在线连续监测，定期检测的时间一般半年或一年一次就能满足要求。对存在冲击性负荷的电网，一般一个季度或一个月检测一次，可视具体情况而定，检测仪器使用闪变仪或便携式电能质量分析仪。

(2) 专项检测。主要用于负荷容量变化大或有干扰源设备接入电网，或临时有反映电能质量出现异常，需要对比前后变化情况的场合，以确定电网电能质量指标的背景状况和负荷变动与干扰发生的实际参量，或验证技术措施效果等。专项检测工作在完成预定任务后即可撤销。专项检测使用的监测仪器一般是便携式电能质量分析仪。

(3) 在线监测。对重要变电站或实施无人值班变电站的公共配电点或重要电力用户的配电点可实行在线连续监测。在线检测主要适用于监测电网电压质量偏差、三相电压不平衡、电压谐波等状态，以及电力用户负荷注入公用电网的谐波电流和负序电流等指标。监测的项目包括：供电频率、电压偏差、三相电压不平衡度、负序电流、有功功率、功率因数、电网谐波等。在线监测的功能包括：数据显示功能、数据存储功能、数据远传功能及对监测项目控制标准的越限报警或发出控制指令的功能。通过计算机网络可将监测的实时数据、历史变化曲线、指标越限报警信号等进行就地显示和实现远方监控。电能质量的在线监测系统一般由就地监测装置和计算机后台及通信网络等组成，也有的直接将在线监测系统通过接口软件接入企业MIS系统和局域网，实现数据共享和电能质量的计算机管理。

2. 对电能质量的监测有哪些要求？

1. 电能质量监测的难点

(1) 持续时间短，如一些动态电压质量问题持续时间只有几个毫秒。

(2) 干扰发生的随即性强，如雷击、系统故障、一些非线性负荷的投切等。

(3) 电压、电流波形均发生畸变。

(4) 需要实时监测。因为敏感和严格负荷中，引起电能质量恶化的数量、种类都越来越多。

2. 电能质量监测技术的要求。

传统的电能质量监测是基于有效值理论的监测技术，时间窗太长。现在随着电力的发展和用电要求的提高，仅靠测有效值已不能精确地描述实际地电能质量问题，因此需要发展满足一下要求地新监测技术：

(1) 能捕捉瞬时干扰地波形。因为许多瞬间扰动很难用个别参量（如有效值）来完整描述，因此需要采用多种判据来启动量测装置，如幅值、波形畸变率、幅值上升率等。

(2) 对电压、电流能同时测量，以便获得潮流信息。

(3) 需测量各次谐波的幅值与相位。

(4) 需有足够高地采样速率，以便能测得高次谐波的信息。

(5) 建立有效的分析系统，使之能反映各种电能质量问题得特征及其随时间得变化规律。

3. 电能质量监测的指标体系

由于电能质量问题与供电系统、用户及其用电设备特性都有关，尤其是动态电能质量问题，无论是供电部门还是用户、敏感设备制造商都无法独自解决，所以由此而造成得损失也不可能由其中得任何一方来承担。另外，谐波问题的根源主要位于非线性负荷侧，而系统自身产生的谐波含量很小。因此，为了更好地改善电能质量，需要建立系统的、合理的电能质量评估体系，并依此建立有效的经济杠杆以激发各方对电能质量问题的重视。科学的指标体系应满足：

- (1) 能准确地反映干扰源地位置。
- (2) 电能计费系统应能考虑电能质量因素。
- (3) 指标应能随着电能质量恶化地加剧而单调变化。
- (4) 能作为明确各方责任地科学依据。
- (5) 电能质量地指标应科学、合理、准确，符合客观实际。

3. 电能质量监测点地设置应考虑哪些因素？

电能质量指标监测点地设置，应综合考虑下列因素：

- (1) 电能质量监测点地设置应覆盖系统主网及全部供电电压等级，并在用电地区与线路首末端均匀分布。
- (2) 要能满足电能质量指标调整与控制地要求。
- (3) 要满足电能质量要求严格地用户和电压敏感用户的特殊需求，以及协议用户的要求。

总之，各类检测方式和监测点的具体设置，要根据电能质量不同的指标和特点及有关国家标准、导则，结合电网的实际情况而确定设置。

4. 为什么要重视电能质量分析和计算的工作？

电能质量的分析和计算涉及到对各种干扰源和电力系统的数学描述，需要相应的检测仪器、分析软件和工程方法对各种电能质量问题进行系统的分析和计算，才能对电能质量存在的问题作出准确的判断，为解决和改善电能质量问题提供有效的依据。

由于电能质量干扰源的性质各异，干扰的频谱从零赫兹到吉赫兹，电网在不同干扰形态作用下呈现不同的性能，分析计算的准确性不仅取决于数学模型和计算方法，还有赖于系统电网基础资料的可信程度。因此，单靠依赖建立数学模型的方法是很难对电能质量的各种问题准确分析和计算的。

近年来，应用数字技术分析电能质量的各种方法已得到运用，包括：分析谐波在电网中的分布；分析各种扰动源引起的波形畸变及在网络中的传播；分析各种电能质量控制装置在解决相关问题方面的作用；多个控制装置的协调以及与其他控制器的综合控制等问题。

5. 测试谐波有哪些必须注意得技术问题？

1. 测量时段的选择

谐波电压或电流的测量应选择电网正常供电时可能出现的最小运行方式及在谐波源工作周期中产生的谐波量大的时段内进行，如电弧炉的溶化期、电气化机车的启动运行期等。当测量点附近安装有电容器组时，应在电容器组的各种运行方式下进行测量。

2. 测量次数的选择

测量的谐波次数一般为第2次~第19次，根据谐波源的特点或测试分析结果，可适当变动谐波次数测量的范围。

3. 测量对象的选择

对于负荷变化快的谐波源，如炼钢电弧炉、晶闸管变流设备供电的轧机、电气化机车等，测量的间隔时间不大于2min，测量次数应满足次数统计的要求，一般不少于30次；对于负荷变化慢的谐波源，如化工整流设备、直流输电换流站等，对测量的时间间隔和持续时间不作规定。

4. 测量数据的选择

谐波测量的数据应去测量时段内各相实测值的 95% 概率中最大的一相作为判断谐波是否超过允许值的依据。但对负荷变化慢的谐波源, 可选择 5 各接近的实测值, 取其算术平均值。为实用方便, 实测值的 95% 概率值也可近似选取, 即将实测值按由大到小次序排列, 舍弃前面 5% 的大值, 取剩余实测值中的最大值。

6. 国标对谐波测量的要求由哪些?

1. 测量仪器的性能

(1) 频率响应: 0~2500Hz。

(2) 误差要求: 分 A 级仪器和 B 级仪器两种。准确度较高的 A 级仪器用于谐波源的鉴定性测量, B 级供一般监测用。对于 A 级仪器, 应能用于谐波相角测量, 则要求其误差不大于 ± 5 或 $\pm 1^\circ$ h; 对于 B 级仪器相角未作规定。

1) 对于 A 级仪器, 当测量的谐波电压和谐波电流分别大于或等于其额定输入电压和电流的 1% 和 3% 时, 采用允许的相对误差为 5%, 而当小于 1% 和 3% 时, 采用允许的绝对误差为仪器额定输入电压、电流的 0.05% 和 0.15%。

2) 对于 B 级仪器, 当测量的谐波电压和谐波电流分别大于或等于其额定输入电压和电流的 3% 和 10% 时, 采用允许的相对误差为 5%, 而当小于 3% 和 10% 时, 采用允许的绝对误差为仪器额定输入电压、电流的 0.15% 和 0.50%。

(3) 测量仪器的要求

1) 测量要求: 如测量的波形次数 2~25 次, 应能满足 3s 平均的规定, 并满足数理统计的要求。

2) 仪器对电源的适应性: 仪器应具有一定的抗电磁干扰能力; 电源电压在 $\pm 15\%$ 范围内波动, 且电源电压谐波总畸变率在 8% 以内时, 同时, 频率波动在 49~51Hz 内, 测试仪器应能正常工作; 因为在一些情况下, 谐波源产生的谐波较严重, 致使电源畸变较大, 这种情况下, 仪器应能正常工作。

7. 测试谐波传感器与信号传输的影响有哪些?

在谐波测试中, 一个重要的问题就是电压、电流互感器的电压、电流信号, 它们的特性直接影响测量结果的准确度。目前所使用的电力谐波分析仪, 其电压输入范围 0~380V, 电流输入范围 0~10A。大都不能直接测量高压电信号, 必须使用电压电流传感器, 变为适合仪器测量的信号, 具体来讲, 电压互感器的二次电压 100V, 电流互感器的二次电流 5A (500kV 系统的 TA 二次电流为 1A), 可直接输入到分析仪的输入端, 解决了电信号的电气隔离问题。但是 TV、TA 能否不失真地将原边的电压电流信号传到二次侧, 是我们关心的问题, 否则测量结果将失去真实性。对于谐波测量, 首先要求的是互感器应有的确定的频率响应。只要互感器具有理想恒定的变比和相位偏移, 就可以得到稳定的和可确定的响应。在后一种情况下, 需要校正以知道互感器特性。

常规的电流和电压互感器在基波频率下的特性很好确定, 但对在高频下的特性没有充分研究。根据电力系统谐波含量的测量要求, 对于测量过程来说, 互感器变换含有谐波分量的电压和电流信号的特性是很重要的。

1 电流互感器

电流互感器最普通的类型是用铁心的环形绕组互感器, 这些互感器原方通常只有单匝 (母线), 可以在铁心中引入气隙以减少磁和直流电流影响。根据其结构, 这种互感器的原副方泄漏电感和原副方绕组的电阻很小。在正常运行条件下, 互感器原副方电流将很小, 远不能使铁心饱和, 运行将处于磁化特性的额定线性部分。

电流互感器的频率响应实际上由互感器中存在的电容及其互感器电感的关系来确定。这个电容可以使匝间的, 绕组间的或者杂散电容。这些各种各样电容的效应在等值电路中可以用与励磁支路并联的一个合适的电容来模拟。

试验表明，虽然这个电容对高频响应有显著的影响，但是对 50 次谐波频率以下的影响可以忽略不计的，因为这些频率下的阻抗比励磁支路的阻抗大很多。因此，在可能的条件下，建议测量电流互感器的副方电路，并且用精密的钳式电流互感器监测副方电流。

2. 电压互感器

(1) 电磁式电压互感器。试验已经表明，对大约 11kV 电压运行的互感器，能达到 1kHz 和可能 2kHz 或 3kHz 的线性响应，且响应的精确性质取决于与互感器一起使用的负载。对更高电压等级的互感器，由于内部的电容和电感值随绝缘要求和结构而变化，它在低频率下易发生谐振。特定单元的精确响应将式其结构的函数。

(2) 电容式电压互感器。电容式电压互感器把一个电容分压器与一个电磁式电压互感器组合在一起，这个组合能使电磁单元的绝缘要求降低，可以节省相应的费用。由电容分压器提供的附加电容将影响电容式电压互感器的频率响应。国标中已明确规定，在没有采取特殊措施的情况下，电容式电压互感器不能用于谐波测量。

根据谐波测量的要求和电网实际情况，电压和电流互感器的相对误差（相对于被测量）应不超过 5%，由于 TV、TA 的误差主要取决于变化的频率特性，因此在测量的频率范围内，变比的变化不应超过 5%，当需要测量谐波功率方向时，TV、TA 的谐波相角误差不应超过 5°。

8. 电能质量测试分析与评估的内容

电能质量测试分析与评估主要包括以下五个方面的内容：

8.1 公用电网公共供电点（pcc）的电能质量监测

8.1.1 公共供电点的供电质量指标是否在国标限值以内

公共供电点的供电质量指标包括：系统频率偏差，电压偏差，三相电压不平衡度，电压波动与闪变，谐波电压含有率、电压总谐波畸变率和电压瞬变。

8.1.2 电力用户对公共供电点电能质量的扰动是否在国标限值以内

电力用户对公共供电点电能质量的扰动主要包括：注入 pcc 的谐波电流，负载电流的负序分量，过电流，有功冲击，无功冲击及无功波动，可控硅换向及开关过程冲击，负载短路冲击等。

8.2 干扰负荷测试与评估

根据制造厂提供的干扰负荷资料、测试数据及电网供电数据评估干扰负荷对 pcc 的电能质量的干扰是否在国标限值以内，并提出治理要求。

8.3 电能质量纠纷测试

由电能质量事故造成的经济损失或人身事故等引发的纠纷称为电能质量纠纷。电能质量纠纷测试就是依据国家电力法和电能质量国家标准，通过测量确定引起电能质量事故的原因，为解决电能质量纠纷提供科学依据。

8.4 电力设备电磁兼容测试

电力设备电磁兼容测试内容很多，与电能质量有关的测试包括：

8.4.1 电力设备正常运行时对供电质量要求的测试

电力设备正常运行时对供电质量要求的测试指设备正常运行时测试其对电源的频率偏差、电压偏差、电压波动、三相电压不平衡度、电压谐波、电压瞬变、电压上升、电压跌落等指标的干扰程度。

8.4.2 电力设备对电能质量扰动测试

电力设备对电能质量扰动测试指在规定的供电条件下测试设备的谐波发射水平和无功波动水平。

8.4.3 电力设备进入市场和接入电网的评估

电力设备进入市场和接入电网的评估指根据 D.1、D.2 数据和有关国家标准确定该电力设备能否进入市场流通。电力设备的使用说明书应给出该电力设备有关电能质量的电磁兼容数据（电源条件和扰动水平）。用户根据电力设备接入点的电源条件和电力设备的电磁兼容数据确定该电力设备能否接入电网运行。

8.5 电能质量控制装置对电能质量改善效果的测试和评估

8.5.1 电能质量控制装置接入系统前的评估

根据供电系统、负载及电能质量控制的有关数据，仿真并计算电能质量控制装置接入系统前后的各项电能质量指标，判断系统能否安全运行。该项工作通常是在设备招标阶段必须要做的。

8.5.2 电能质量控制装置接入系统后的测试和评估

通过电能质量控制装置接入系统前后的实测数据的分析来评价电能质量控制装置对电能质量改善的效果。该项工作通常是在设备验收阶段必须要做的。

9. 电能质量在线监测装置应满足哪些基本要求？

- (1) 在线监测系统应能满足电能质量指标调整和控制的要求。
- (2) 至少要满足 GB/T 14549—1993《电能质量 公用电网谐波》中对 B 类测量仪器的精度要求。
- (3) 必须使用经技术监督部门认可的计量器具。
- (4) 电压、电流信号接入仪器时必须隔离。
- (5) 对于不同的电能质量指标的监测要求，可以采用最适合的监测设备。
- (6) 监测设备的通道数配置应灵活，参数设置简便易行，应具有越限报警和数据远传功能，并能输出各种指标的变化曲线，以便形成电能质量监测网络。
- (7) 系统软件应有足够的存储空间，测量的时间间隔可根据需要选取，连续监测的最小时间间隔不能大于 5min，取值按 GB/T 14549—1993《电能质量 公用电网谐波》的规定选取，并定期统计各监测点的电能质量指标是否超过规定值。