

电能质量及其控制技术的分析

赵英杰 郑萌

国网高阳县供电公司

摘要: 本文对电能质量分析方法进行了讲述, 并提出了电能质量控制的措施。

关键词: 电能质量; 控制; 技术

【DOI】 10.12252/j.issn.2096-6288.2022.07.070

引言

随着我国经济的不断发展, 科学技术这一第一生产力也有了很大程度上的提升, 生产过程高度自动化趋势越来越明显, 并且伴随着电网中各类非线性负荷用户的逐渐增多, 各式各样比较复杂、精密以及对电能相对敏感的用电设备出现在我们的生活之中, 这样更多的人开始重视电能质量, 对电能质量提出了越来越高的要求。由此在这样一个大的时代背景下, 对电能质量控制进行有关研究, 从理论与实际两个角度出发不断探究电能质量控制方法, 对我国电能质量管理与控制过程中所出现的问题进行及时的反思, 对提升电能质量, 促进我国的建设与发展有着非常重要的价值与意义。

一、电能质量的衡量标准

电能质量指电能传输、分配和使用过程中是否符合规定的电压、电流、频率、相位等电流属性的标准。常见的电能质量问题包括电压波动、谐波扰动等。这些问题不仅会影响电力系统的正常运行, 还会对用户的设备和用电负荷造成不良影响。观察电能质量的出发点或者所处立场的不同, 所以现阶段我们对于电能质量还没有一个比较统一的公式, 但这并不是说在电能质量方面就缺少相应的评价标注方法, 有关工作人员在衡量电能质量的一些主要技术指标上还是有共识的。电能质量控制包括, 在电力系稳定运行状态下, 能够保证用户得到符合标准的电力供应的各种措施。这些措施依据具体目标的不同可以称为控制、抑制、缓解、减缓、消除等, 都属于电能质量控制技术, 其主要有以下几点:

(一) 间谐波与谐波

谐波指的是含有基波整数倍频率的正弦电流或电压, 而间谐波则是基波中含有非整数倍频率的正弦电流或电压, 并且通常情况下, 我们将不超过基波频率的分数次谐波也纳入间谐波的范围之内。

(二) 电压波动与闪变

包络线中的电压发生有规律性的变化则被称之为电压波动, 一般情况下包含幅度会维持在0.9到1.1倍电压范围之内的一系列电压随机变化。而我们这里所说的

闪变说的是由于电压波动对照明灯产生的视觉影响。

(三) 电压偏差

电压偏差是对电压的上升与下跌即电压隆起与跌落的总称。

(四) 频率偏差

在电能质量评价的过程中, 对频率质量的要求是全网相同的, 它不会因为用户自身的差异而改变, 这个偏差值各国都会给出明确的规定, 呈现在有关资料之中。而其中电压三相不平衡, 则具体表现为三相电压超出平均值或规定限制范围。

二、电能质量控制的分析方法

(一) 领域分析法

在领域分析法中, 主要包含谐波潮流计算、频率扫描以及混合谐波潮流计算等, 这种方法通常情况下会被用于对电能质量谐波问题进行分析时。谐波潮流计算与频率扫描这两种方式都存在一定的局限性, 而这种局限性通常情况下非线性负载动态特性方面最为突出, 但由于混合谐波潮流计算能够很好的弥补这两种计算方式中所存在的不足, 所以近些年开始被更多的人接纳使用, 这种方法的优点就在于它能够非常详细的将非线性负载控制系统的作用考虑到其中, 从而大大提升计算的精准度。

(二) 时域仿真法

这种方法其实在电能质量控制中的应用最为广泛的, 该方法最终要的最用就是运用各式各样的时域仿真程序来对所发生的电能质量问题的各类状态与所反映出的现象进行分析与研究。现阶段较为通用与最容易被有关工作人员接受的时域仿真法有以下几种: NETOMAC、EMTP、EMTDC 等系统暂态仿真程序以及PSPICE、SPICE等电力电子仿真程序。

(三) 基于变换的方法

在现阶段的电能质量分析中最广泛被接纳认可的基于变换方法有二次变换、神经网络、Fourier变换、Prony分析以及小波变换五种, 这五种由于其优越性在现阶段等到了更多人的亲赖。

1、小波分析法

小波分析法是一种发展时间较短的新型的多尺度分析数字技术，该方法的原理就是对时间序列过程进行有效的分析，遵循有低频率到高频的分析原则，从而能够显示出较为准确过程变化，充分满足过程变化中的整体性与局部性需要。一般情况被有关人员所运用的小波基函数有：Morlet 小波、Daubechies小波、B小波等等。

该技术的优点是在于其独特的时-频局部化的功能，由此该技术特别适用于对一些信号不稳定或是突变信号进行研究分析。该方法还能够达到 认识压缩数据、去噪以及还原等功效，但是也存在一定得局限性，其缺点 就在于那庞大的运算量，会带来比较大的运行负担，、并且还需要必要的高速芯片，这就会大大提升成本，同时在分析的过程中，小波分析法会存在 一定的“边缘效应”，所以处理数据是比较麻烦的，需要较多的时间来进行 分析，并且最后的结果还会有一定的概率出现误差。

2、神经网络法

神经网络理论在电能质量控制中的作用是十分突出的，它是进行庞大 信息处理以及大规模平行计算的基础理论，这种方法不仅仅是自适应系统，更是高度非线性动力系统，通常情况下利用其对智能行为进行描述与把控。

该技术的优点就在于，拥有多输入系统，并且存有着一定的自适应与 自学习的能力与特点，并且在运行的过程中不需要再建立相应的精确数学 模型，只需要考虑到输出与输入之间的关系就行。但该方法依然存在缺点，而这些缺点在局部最为突出，一般情况下会促使局部收敛问题的产生，从而影响到整个系统的控制精确度，并且在实际操作的过程中还存在理想的 训练样本提取苦难等问题，从而导致该网络的训练速度与质量大大降低。

3、二次变换法

这种方法是站在能量角度来对新时域变换的方法，二次变换法的原理 就是利用频率与时间之间的双线性函数来体现出信号的能量函数。

该技术的优点就在于能够非常精准的对信号发生尖锐变化的时刻进行 把控，并能够对谐波分量与基波进行精准测量。但在实际操作的过程中，该技术依然存在 一些去缺点，如不能够对原始信号中的谐波分量幅值进行 有效估算，已经不具备时域分析的功能等等。

三、电能质量的控制措施

(一) 电能质量控制技术指在分析已知问题的基础上，对电能质量进行控制、改善和保障的技术手段。电能质量控制的核心就是能够对所供应的电力进行控制、编号，为用户或符合提供满足需求、质量合格、效能最佳的电力。电能质量控制措施技术措施主要包括以下几个方面。

PID控制措施是现阶段应用范围最广的调节器控制规律，这种控制措 施有着较强的稳定性并且结构接单、调整方便，最容易在工程之中实现。如果出现不能完全掌控被控对象参数与结构以及不能精确获取数学模型的问题时，利用该技术最为方便。但是该技术还是存在一些缺点，如相应有 超调，抗负载扰动能力的比较差等等。

空间矢量控制措施也是经常被使用的方法之一，这种方法的原理就是 利用派克将三相静止坐标系中的交流量逐渐变换，最终得到基于旋转坐标 系的直流量而达到我们所需的控制效果。通常情况下所采用的矢量控制方 法为DSP处理方法，这种方法具有良好的暂态性欲稳定性，并且还能够对 算法进行简化，从而大大降低运算时间。

非线性鲁棒控制法也是一种较为有效的控制方法。由于实际工作的过 程中，超导储能装置会受到各种因素的影响，由此我们可以采用干扰SMES 确定性模型的方式来得到二阶鲁棒模型。对该非线性模型不仅仅可选用鲁 棒控制理论设计控制器，还能够采用反馈线性化方法使之全局线性化，再 利用所有线性系统的控制规律进行控制。

(二) 而完成这种控制与变换的关键就是电力电子器件及其控制电路。

电力电子器件：正在向高耐压、大电流、低损耗及高频化方向发展。目前发展领域主要为新型器件、新型材料。SIC器件（高禁带宽度）IPM智能功率模块。

蓄能技术：蓄能技术为电能质量控制技术提供了能量缓冲、平衡及后备的手段，是改变电能利用的有效途径。

信息处理：检测、控制、通讯、数据共享。数字信号处理技术、控制技术、电力电子技术提供可靠的检测算法及控制措施。

(三) 电能质量的控制措施通过规划、运行到补偿的各个环节，从管理、操作到设备的各个层次。因此电能质量不仅仅是技术问题，还应从规划、管理等多方面统一考虑并进行合理利用，才能有效提高电能质量。电能质量控制的内容与电能质量问题的性质密切相关。

传统电能质量中，电压偏差的控制四通过发电机励磁调节、变压器分接头调整及无功补偿等手段实现的。频率偏差的控制则通过发电机出力的调整、抽水蓄能机组的调节等实现。三相不平衡的控制包括供电回路的平衡化、负载分配的平衡化以及平衡补偿措施。

现代电能质量控制中，电力谐波的抑制可通过降低谐波源的谐波水平、将谐波负载接入短路容量大的电源、安装滤波器等控制措施来实现；电压波动与闪变的控制也可以通过改变负载特性、增强供电能力及装设动态无功补偿器等方法进行。动态电压调节器、不间断电压设备等则已在电压暂降与短时间中断中获得应用。

（四）电能质量问题的治理策略。

1、低电压治理：低电压会对电力系统的安全和稳定运行造成威胁，因此需要进行治理。低电压治理的主要措施包括：增加供电容量，通过增加供电容量，提高电力系统的供电能力，以满足用电需求的增长，这可以通过增加输电线路、变电站设备容量等方式实现。优化供电网络结构，通过优化供电网络的结构，提高电力系统的供电可靠性和稳定性，这可以通过增加供电回路，优化供电线路布局等方式实现。提高设备运行效率，通过提高电力设备运行效率，降低电力系统的供电损耗，从而提高电能质量，这可以通过采用高效能设备，提高设备运行管理水平等方式实现。

2、三相不平衡治理。三相不平衡是指电力系统中三相电压或电流不平衡的现象，三相不平衡会对电力设备的安全稳定运行造成威胁，因此需要进行三相不平衡治理。主要措施包括：调整供电系统布局，通过调整供电系统布局，使三相电压或电流的负载分布更加均衡，从而减轻三相不平衡的程度。通过采用补偿装置，如电容器、电感器等对三相电压或电流进行补偿以达到平衡的效果。实行有序供电，通过实行有序供电对电力系统中的三相电压或电流进行科学调度以减轻三相不平衡的程度。

3、重过载治理。重过载治理是指电力系统中设备超过额定符合运行的现象。重过载会对电力设备的安全稳定运行造成威胁，因此需要进行重过载治理。重过载治理的主要措施包括：提高额定负荷，通过提高设备额定负荷，使设备能够在更高的负荷条件下运行从而减轻重过载的程度。优化供电网络结构，通过优化供电网络结构，提高电力系统的供电可靠性和稳定性，从而减轻重过载的程度。实行有序供电，对电力系统中的设备进行科学调度以减轻重过载的程度。

4、轻载治理。轻载是指电力系统中设备低于额定

负荷运行的现象，轻载会导致电力系统的能源浪费，因此需要进行轻载治理。轻载治理的主要措施包括：合理分配负荷，通过合理分配负荷，使电力系统中的设备能够在更高的负荷条件下运行，从而减轻轻载的程度。优化供电网络结构，通过优化供电网络结构，提高电力系统的供电可靠性和稳定性，从而减轻轻载的程度。实行有序供电，通过实行有序供电，对电力系统中的设备进行科学调度，以减轻轻载的程度。

5、电能质量管理体系。电能质量管理体系是检测、分析和管理电力系统中电能质量的系统。其主要功能包括以下几个方面：电能质量数据采集，实时采集电力系统中的电能质量数据，包括电压、电流、功率因数、谐波等指标。分析数据与处理，系统能够对采集到的电能质量数据进行分析和处理，识别出电力系统中存在的电能质量问题，如电压偏差、电流不平衡、谐波污染等。电能质量评估，系统能够根据采集到的数据对电力系统中的电能质量进行定量评估，为电能质量治理提供科学依据。故障诊断与报警，系统能够根据采集到的数据，对电力系统中存在的电能质量问题进行诊断，并及时发出报警信号，通知相关人员进行处理。治理方案制定。系统能够根据电力系统中存在的电能质量问题制定相应的治理方案，包括技术方案和管理措施等。治理效果评估。系统能够对实施的电能质量治理方案进行评估，分析治理效果，为后续治理工作提供参考。数据报表与可视化。系统能够将采集到的电能质量数据生成报表，并采用可视化方式展示，方便用户查看和分析。

结语

随着科学技术的不断发展，电能被广泛的运用与人们的工作与生活之中，由此电能质量也受到更多关注，但是由于技术本身存在的一些缺点，导致有关工作人员在实际操作的过程中会产生一些问题，从而影响电能质量。由此就需要我们在电能质量控制领域进行大量有深度的研究，认识到电能质量问题所带来的危害，在该方面不断加强探索，改善现有控制技术中的不足，这样才能更有效的提升电能质量，为我国经济与社会的发展助力。

参考文献

- [1] 史洪. 简述电力系统的电磁兼容[J]. 黑龙江科技信息, 2009(13).
- [2] 张耀先, 张丽泉. 电能质量问题综述及开发区内电压暂降治理项目简介[J]. 天津科技, 2009(03).