

# 输配电系统变电站低频噪声控制关键技术与应用

李涛<sup>1</sup> 郭亚峰<sup>2</sup> 陈毅毅<sup>3</sup>

1. 国网山东省电力公司济宁供电公司; 2. 国网山东省电力公司聊城供电公司; 3. 山东鲁环检测科技有限公司

**摘要:** 基于目前我国的特高压变电技术发展情况来看, 虽然其技术水平领先于世界水平, 但其中支撑着变电站装备核心技术之一的噪声控制技术却仍然与国外的同类型技术之间存在一定距离。在深入分析输配电系统变电站低频噪声来源时不难发现, 与其主变压器及电感应等之间的关系极为密切, 其中的主变压器以及电机电阻等深度影响着变换极限条件的噪声级, 以至于个别噪声在变换过程中超过了原有标准, 进而引发低频噪声污染。基于此, 本文就将针对输配电系统变电站低频噪声控制关键技术与应用展开相关探讨。

**关键词:** 输配电系统; 变电站; 低频噪声控制; 噪声污染; 关键技术

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2024.01.071

## 引言

伴随着当前社会经济水平的快速增长, 人类日常生活以及各个行业的运转都需要大量的资源和能源进行支撑, 尤其随着电力能源供应需求的增强, 有关于发电厂的建设以及调试工作也在陆续增加。在发电厂运行期间, 输配电系统变电站运行极有可能导致噪声污染现象的发生, 严重的情况下, 不仅会影响到变电站的正常运转, 甚至是会引发难以预料的污染影响。在这之中, 输配电系统变电站低频噪声涵盖着变压器、电气干扰、通风系统噪音以及噪音输入信号等多项关键点, 而一旦发电厂噪声污染现象加重, 所带来的影响范围及后果难以预料。对此, 面向输配电系统变电站低频噪声污染问题, 必须要科学合理的控制电场的噪声水平, 加强变电站装备核心技术中的噪声控制技术研发探索, 并尽可能的通过应用低频噪声控制关键技术, 维护电厂运行质量安全、合理达到降噪效果。

## 一、输配电系统变电站大功率电气设备低频噪声诱发原因

输电及配电系统作为变电站中极为核心的设备组成, 一旦引发大功率电气设备低频噪声时, 就极有可能产生难以预料的影响后果。在这之中, 电磁场其他变化所产生振动而诱发的噪音被称为电磁噪音, 其振动频率一般会小于200Hz, 也将其称之为低频噪声效果, 因为低频速度较慢, 处于在中高频阶段与其高频下降的速度极快, 由此低频以及中高频之间存在极大的差异性。而且, 由于电磁噪声的声音一般较长, 能够通过传播过程中所遇到的诸多障碍展开远距离传播, 但其传播过程中对于人员耳朵所产生的损伤较高, 这也是低频噪声诱发时所带来的直接影响。

现如今, 伴随着社会迅速发展在资源能源方面的需求总量持续增加, 发电厂的建设数量也在同等级的增

多, 而新的发电厂建设过程中其内部关键部件所应用的高性能电器数量也在陆续增加, 这其中变压器、继电器、地理信息系统等保护装置极为关键, 而诸如此类的输配电系统, 包括其各项线路在运行过程中, 如果操作不当, 或运行维护管理不及时, 都有可能产生不同的噪音, 所形成的低频噪声影响效果则不容忽视。当对输配电系统变电站大功率电气设备低频噪声诱发原因展开分析时不难发现, 低频噪声诱发因素大多源于以下几个方面:

①振动诱发噪声: 在运行大型电力发动机时, 不可避免地会导致附近引发振动或是地面振动, 而这种振动现象的产生就会将其传递到附近的建筑或建筑结构内, 这时建筑结构中包括墙、梁、柱等结构都会发生振动情况, 而持续性或严重等级加深, 还会对建筑物的结构造成不可预料的损坏。由此可见, 低频噪声振动影响着建筑物中人们日常的生活状态, 在建筑物结构中长期生活和工作的人们, 其耳朵能够通过振动的传递获得反馈, 这时就会引发空气干扰这种现象, 也被称之为电磁噪声。

②电力设施改造环节电磁噪声: 当变电站对一些大型电力设施进行施工改造时, 电磁噪声诱发极为明显, 当电磁噪声引发后, 极有可能导致建筑底板发生振动情况, 电磁设施以及周围建筑物的结构之间就会形成共振效应, 进而加剧电磁干扰问题加重。

③发电厂电气设备电磁效应: 当发电厂电气设备诱发电子效应时, 会通过分流形式传输到人们的耳朵, 这是因为这种电子效应可以通过建筑结构, 譬如门、窗等展开传导, 这时就有可能导致电磁干扰现象的发生。

## 二、输配电系统变电站低频噪声源分析

### (一) 电线路噪声

在分析电线路噪声时, 这其中涵盖着风的声音, 也就是风穿过电力线时, 电力线所引发的一种能够传到人耳中的声音, 包含的风声类型较多, 而其主要的线路噪声频率一般会维持在50~250Hz之间, 处于在低频噪声范围中, 而其中的主要绝缘子噪声频率常规性的维持在400~600Hz之间, 它的噪声水平与其风速形成正比例, 其主要频率与风速并无关联。

此外, 传输线所引发的噪声涵盖着电晕噪声、风噪声等。在这之中, 电晕噪声所指的是在带电作业过程中变现为核心轴的小半径范围内存在工频电场, 彼时还会有大量的自由电子冲击能量均匀的分布在导线中心线圈的周围, 电子冲击能量会伴随着工电频率的电场强度增长而随之增加, 此时大量的带电粒子间频繁引发的摩擦与弹性碰撞就会引起局部电力压力增大或波动, 进而引起颈部振动效果。

### （二）变电站设备噪声

一般而言，变电站噪声来源主要涵盖自主噪声以及辅助设备噪声这两个大类别。在自主噪声类别中，所指的是电压表运行期间所产生的电磁噪声、冷水机组机械噪声、空气流通引发的噪声、芯硅片膨胀噪声、油箱壁振动噪声以及变压器运行噪声等；而辅助设备类别中所引起的噪声指的是冷却风扇噪声、油泵运行后所引起的噪声等。

### 三、输配电系统变电站低频噪声控制技术创新

由于我国特高压输电技术已经达到世界领先水平，但随着特高压建设速度持续推进，变电站数量越来越多，低频噪声污染问题的加重，影响着人们的生产生活。由于变电站噪声以低频为主，波长较长、穿透力高，对于人的身体健康具有一定影响。因此，面向输配电系统变电站低频噪声控制技术应用时，同样要结合现有不足展开技术创新研究，以便更好地对低频噪声展开控制。

#### （一）设计与研究创新

在技术创新过程中，其设计与研究创新环节主张着油浸式变电设备低频噪声振调控技术与其专项设计方法的优化。在设计方法优化过程中，显著提高了变电设备在低频噪声控制过程中的实际效果，并重点研制变压器、油浸式电抗器声压级等相对常规的产品，并将其噪声劳动降低至6dB以上，其低频在100~500Hz之间，噪声的平均值对比于常规产品明显下降到5dB以上。

此外，在研究创新过程中，重点研究并开发了变电站低频噪声装置，进而形成了模块化的应用模式。在此模式下，将会提高变电站噪声整体的控制管理效果，变电站厂界内的噪声水平较平均状态降低15dB下，其低频保持在100~500Hz之间，整体噪声平均值相对常规产品下降了10dB以上。

#### （二）成果应用及评价

通过低频噪声控制技术的创新研究来看，在其成果应用及评价环节，主要以构建涵盖的降噪装置的全生命周期低频噪声调控性能评价方法为主，随后借助试验环节，对其声学性能测试数据进行记录，并保留率指标预装式快速装配施工模式，以及自动化生产线等全流程型的技术服务体系内容，而通过一系列的试验与评价结果对比来看，低频噪声控制技术的创新研究应用过程中，能够明显降低噪声引发的扰动和影响，并大幅度提高降噪工程施工的整体质量与效率。

从综合角度来看，输配电系统变电站低频噪声控制技术需要经过一系列的创新研发进行提炼，可通过结合国内外先进技术理念，保留国内原有技术形态进行融合创新，而所研发的低频噪声控制技术成果对于我国电工装备环保性能以及变电站环保技术提升都具有重要的价值意义，尤其是能够为我国变电站，包括其相关变电设备噪声振动污染治理工程，提供更加有力的技术支持。

### 四、输配电系统变电站低频噪声控制关键技术的实际应用

#### （一）重视变电站站址筛选

当应用输配电系统变电站低频噪声控制关键技术时，需要优先在变电站站址选择过程中重视科学合理的站址筛选。

一般而言，在变电站站址地点筛选过程中，需要深度考虑到社会、经济、自然、技术等多项因素所形成的架构，如果可能存在多个站点，则需要尝试将其放置在声音质量要求相对较低的区域环境中，远离群体居住区、医院、学校等相对敏感的社会场所，这样才可以避免变电站低频噪声的产生对于周围人民群众的生产生活工作造成干扰影响。

除此之外，在变电站站址筛选完成后，要加强对于周围低频噪声的物理防护规划，根据变电站选址区域以及各项设备的类型、大小运行标准等，在其周围设置噪声隔离层，同时在变电站工作的技术人员运维人员等有关工作人员也要加强日常的自我安全防护，避免低频噪声诱发所带来的健康影响。

#### （二）强化变电站设备选用

从实际角度来看，输配电系统变电站低频噪声控制技术的关键就在于有关变电站设备的选用。变电站设备的合理选择将会实现低频噪声源的直接性控制，这也是低频噪声得以优化处理的重要举措之一。

从本质上来看，设备噪声控制的范围中大多是基于车站设备、噪声功能区要求、建筑布局的预测水平噪声分析来确定的，如果技术以及经济上符合运行标准，变电站应适当选择低噪音设备。

此外，变电站在规划布局过程中，应加强自然通风降低风扇安装数量，并在必要情况下选择更为优质的冷却设备；而在其扰动控制环节，要根据现场实际情况进行选择合理调度、筛选设备类型，在布局调整方面，应以相应的扰动限制措施为切入点，保障低频噪声污染源得以控制。

#### （三）科学应用吸声降噪技术

在展开输配电系统变电站低频噪声控制技术应用时，科学应用吸声降噪技术是最为直接且有效的控制方式。详细而言，如果声波投射到介质表面，或者是通过介质进行投射时，呼吸一词将是降低声波速度、并将声波转换为另一种能量的重要测量方式，只要科学化的进行使用就能够达到降噪效果。

其中，吸出通常会有效降低室内结构中的噪音，而将吸收材料安置在噪声源的内表面以及天花板表面上层结构中，将实现内外混合噪音降低的效果，并显著改变室内空间结构的特性，而相对适合的吸波材料能够将噪音从3dB(A)降低至6dB。

现如今，随着城市发电厂数量增多，众多电厂开始频繁使用两类声学材料以及共振材料。在这期间，多端口声学材料的基础是以消声器及多孔壁间的摩擦与导热系数为基础原理，再加上声波与空气之间的持久强度，将会达到降低噪声能量的目的，尤其是可以提升中间噪声的整体吸收能力。

除此之外,在采用吸声降噪技术时,也要考虑到噪声衰减设计细节,由于噪声衰减设计不会更多的考量实际噪声源的频谱特性,而只是采用相对典型的屏幕、外壳、矿质、羊毛噪声衰减结构设计相加的合体结构形式,虽然在应用控制过程中,可以有助于消除室内空间结构的低频噪音效果,但并无助于降低设备运行过程中所引发的高温现象。

#### (四) 加强安装前准备工作实效

一般来说,有关运维人员在电力设备运行期间,要根据规定标准开展接力线工作,并同时要对变电站的各类设备、线路等进行详细的验电工作。在此环节,为了降低带电安装接地线事故发生的概率,务必要在设备检修以及电路检修期间,对相关变电设备展开验电操作,如果运行维护人员在验电操作期间发现各类危险原则,必须要对该危险源展开详细分析,并标注,随即上报到相关部门,再由专业团队再次亲临现场展开勘测分析,制定出一套更加科学合理有效的方案,用于解决危险源问题。

与此同时,在展开运维作业期间,还要明确运维作业的主体模式,确定运维作业的实际类型、内容、标准要求等是否与场景结构相互匹配,这样才可以展开运维处理,当运行维护人员需要对设备展开安装之前,按照电力企业及变电站的实际情况对设备进行检测安装,以此确保安装质量达标。

#### (五) 合理开展设备维护检修工作

输配电系统变电站低频噪声控制关键技术包含层面较多,而合理开展设备维护检修工作,也是对其低频噪声控制的关键技术环节。

从本质上而言,为了可以确保变电站设备维护工作的实际效果,有关人员需要定期对变电站设备进行质量方面的检测,对于变电企业来说,想要实现更为良好的发展空间,就务必要完善内部评价机制,即便是对于变电设备的维护工作也是相同道理,

因此,为了可以确保变电设备维护工作的实际效果,就必须完善质量检测工作,提高输配电系统中各类设备的整体功能性。所以,要持续性的完善电力设备质量检测工作成效,变电站管理人员也须严格谨慎的选择维护工具和维护方式,在选择电力设备维护工具的过程中,要以保障工具的先进性技术水平以及高效率安全性核心,这样才能够促使电力设备维护工作效果更佳。

#### (六) 全面提高有关人员安全管理意识

在变电站中输配电系统各项设备运行期间,除了智能化的设备操作以外,也须有关电力工作人员加强日常管理操作。在电力系统运行工作环节,为了可以顺利确保安全管理工作实效,必须要重视对于变电站输配电系统各项设备潜在风险的管理防范,有关人员务必要增强安全管理的防范意识,这样才能够及时有效地处理各类突发问题。

此外,在进行电网调控工作时,有关电力工作人员要对各种潜在的安全风险展开系统性的调查分析,并构

建一个更为详细明确的风险防范体系架构,面向不同环节要增强防范意识,针对不同类型的电网结构也要设置对应的防范举措,这样才能够不同阶段、不同环节,有效了解电网运行期间可能存在的薄弱点,并加强对输配电系统各项设备以及线路的安全管理效果。

在安全管理意识提升的过程中,要不断加强对于信息数据的采集力度,尤其针对某个个别项目运行期间可能引发的安全风险,要展开更具全方位的分析工作,更要保障所采集到的数据信息具有可靠性、稳定性、完整性的标准,随后要根据变电站设备运行情况,设计出科学合理的风险预测逻辑规范,在其具体应用环节,要利用该风险预测逻辑规范评估设备运行效果以及安全管理工作开展效果。对此,有关电力工作人员要结合实际运行情况,发挥自身岗位工作经验,选择更加科学合理的分析技术形式,以此来全面增强风险评估的整体效果。

除此之外,务必要保障风险监控的高效性。在其监控过程中,要以动态化的监控为核心,并及时发现潜在的安全隐患源,迅速对该隐患源头展开调整优化处理,以此实现运维效率提升。而根据技术角度来看,强化管理意识、提高管理效率的方法需要构建一个更加全面的智慧运维体系,并将其设备管理控制安全管理环节等全部融入该智慧运维体系中,这样能够对多项便利设备运行风险数据展开识别,从而达到安全管理的目标。

#### 结束语

综上所述,虽然我国的特高压变电技术发展以达到世界领先级水平,但由于支撑变电站装备核心技术之一的噪声控制技术与其他发达国家之间的技术之间存在一定差距,加之高压建设迅速发展以及近年来变电站数量的持续增加,以至于我国现有的低频噪声控制技术应用效果并不理想,而由于变电站的噪声处于低频,噪声越大其渗透率就会越高,对于周围人员带来的影响和伤害也就会不断加深。因此,面向新时期的发展环境以及人们对于电力能源的供应需求,整个行业及变电站的日常管理维护应加强对于输配电系统变电站低频噪声控制技术的应用和探索,并以此有效达到低频降噪的控制目标。

#### 参考文献

- [1]魏志勇.变电站及其设备本体低频噪声控制关键技术及应用[J].中国环保产业,2022(2):67-68.
- [2]郑玥,梁振明,丁宁,等.变电站噪声污染控制技术研究[J].建筑工程技术与设计,2018,000(019):2957.
- [3]蔡炜,余恺,彭晓凤,等.110kV变电站噪声控制技术与应用[J].智慧电力,2019,47(9):7.
- [4]胡胜,卢铃,罗勇,等.电池储能变电站噪声特性及控制技术研究[J].高压电器,2019.
- [5]顾斯洋,王军,张英,等.电力变压器有源噪声控制系统抗干扰技术研究[J].通信电源技术,2018,35(4):2.