

城市变电站噪声分析与治理

苟旭丹

(成都城电电力工程设计有限公司,四川成都 610041)

摘要:随着变电站在城市中心的布点深入,城市变电站的噪声治理已成为环境问题的一个重要方面。分析了城市变电站的噪声来源,简述了消声降噪的基本原理,并对城市变电站噪声的综合整治进行了一定探讨。

关键词:城市变电站;噪声;消声降噪;综合治理

Abstract: With the distribution of more and more substations in the inner city, the noise reduction in urban substations has become an important aspect in dealing with the environment problems. The sources of the noises in urban substations are analyzed, the basic principles of noise reduction is described, and the solutions to comprehensively improve the noise problems in urban substations are discussed.

Key words: urban substation; noise; noise reduction; comprehensive improvement

中图分类号: TM63 文献标志码: B 文章编号: 1003-6954(2012)06-0068-05

0 前言

近年来,城市化进程的推进逐步提速,工业和居民对用电需求增长迅猛,越来越多的变电站布点深入到城市中心。但由于城市用地资源的紧缺,也加剧了变电站选址的难度,造成部分变电站与居民区的距离较近。同时随着环境法律、法规的完善和公众环境意识的不断提高,治理污染、保护环境意识和呼声也越来越高。特别是夏季的用电高峰期,变电站的负荷率都很高,噪声较大;即使是地下变电站,噪声也是不容忽视的问题。近年来由于噪声引起的居民投诉有逐年上升的趋势,由此引发民事纠纷、上告事件逐年增多。因此,如何解决好变电站的噪声污染对周围居民的危害问题已经成为电力设计、建设部门的当务之急,也是构建和谐、城市共建共享必须正视的问题。

1 现行噪声控制目标及标准

1.1 噪声排放执行标准

GB 12348-2008《工业企业厂界环境噪声排放标准》主要内容摘录见表1。

1.2 声环境质量执行标准

GB 3096-2008《声环境质量标准》主要内容摘

录见表2。

表1 噪声排放标准

单位: dB(A)

厂界外声环境功能区类别	昼间	夜间
0	50	40
1	55	45
2	60	50
3	65	55
4	70	55

表2 声环境质量标准

单位: dB(A)

功能区类别	适应地区	昼间	夜间
0	高级别墅区、疗养区	50	40
1	居住、文教机关为主地区	55	45
2	居住、商业、工业混杂区	60	50
3	工业、仓储地区	65	55
4	交通干线及内河航道两侧	70	55
	铁路干线两侧	70	60

2 城区变电站噪声分析

2.1 噪声的影响

从物理定义而言,振幅和频率上完全无规律的

震荡称之为噪声,但从环境保护的角度而论,凡是人们所不需要的声音统称为噪声。噪声的影响主要表现为干扰有效获取有用的声音信号、信息;干扰休息和睡眠等。当人在 70 dB 的环境中,谈话就会感到困难。因此,世界上许多国家都对环境噪声提出了相应的容许范围,中国也不例外。

2.2 城区变电站的主要噪声源

以 220 kV 两台主变压器的全户内变电站为例,来自变电站内的噪声源主要有以下设备(见表 3)。

表 3 变电站内噪声源主要来自设备

主要噪声源位置或设备名称	数量
通风机	若干
蓄电池室	2
主控制室	1
主变压器	2
主变压器散热器	2
1 号电容器	3
2 号电容器	3
220 kV GIS 室	1
110 kV GIS 室	1
电抗器	6
10 kV 消弧线圈室	1
10 kV 配电装置室	1

2.3 各区域设备噪声分析

(1) 主变压器噪声分析

变压器的噪声来源于变压器本体和冷却系统两个方面。变压器本体振动产生噪声的根源在于:①硅钢片的磁致伸缩引起的铁心振动。②硅钢片接缝处和叠片之间存在着因漏磁而产生的电磁吸引力而引起铁心的振动。③当绕组中有负载电流通过时,负载电流产生的漏磁引起线圈、油箱壁的振动。其中第①项所占比例最大。冷却装置的噪声也是由于它们的振动而产生的。

图 1、图 2 为典型 220 kV 变压器噪声频谱。

(2) 110 kV GIS 室及 220 kV GIS 室噪声分析

GIS 全称气体绝缘组合电器设备(gas insulated switchgear)。它将断路器、隔离开关、互感器等一次设备有机地组合成一个整体。主要噪声有电晕放电、风机运转声等。

(3) 并联电抗器噪声分析

电抗器噪声产生机理与变压器基本一致,传播

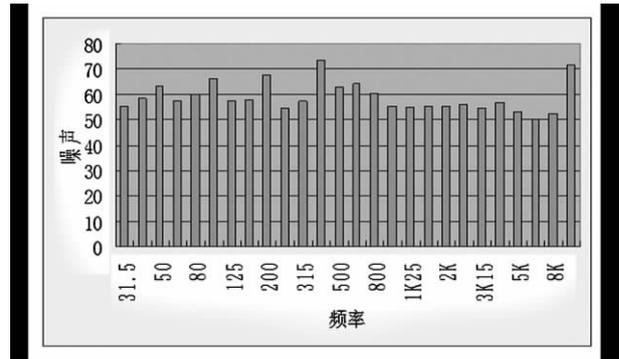


图 1 变压器噪声频谱特性(数据来源于
济南清河 220 kV 变电站)

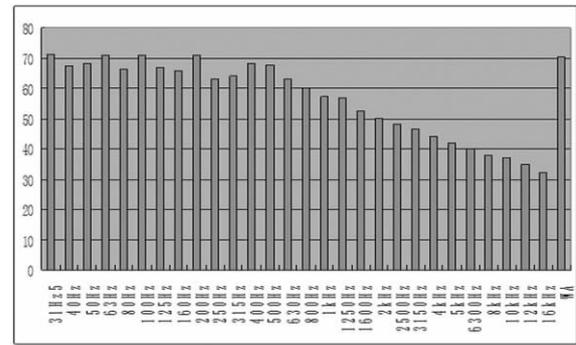


图 2 变压器噪声频谱特性(数据来源于
成都金牛 220 kV 变电站)

方式也与变压器一致。在多个 220 kV 变电站降噪工程中检测了电抗器的本体噪声,噪声测试结果统计见表 4(昼间/夜间)。

表 4 电抗器噪声测试值

最大值 /dB	最小值 /dB	平均值 /dB
74.5/74.3	59.0/60.4	67.3/69.7

从总的统计数据看,电抗器噪声主要集中在 65 ~ 80 dB 之间。

(4) 10 kV 配电装置室噪声分析

主要噪声有风机运转声和电机运转声等。

(5) 电容器噪声分析

电容器在运行时产生噪音的原因:套管放电、缺油放电、脱焊放电、接地不良放电。

(6) 消弧线圈噪声分析

消弧线圈的噪声主要取决于材料、磁通密度的大小和铁心本体结构的合理性。

(7) 通风设备噪声分析

风机辐射的噪声主要有:进气口和出气口辐射的空气动力性噪声;电机辐射的噪声;机壳、管壁以及电机轴承等辐射的机械噪声;基础振动辐射的固体声。在这几部分噪声中,以进气口、出气口部位辐

射的空气动力性噪声为最强。一般情况下空气动力性噪声比其他部位辐射的噪声值高 10 ~ 15 dB(A)。

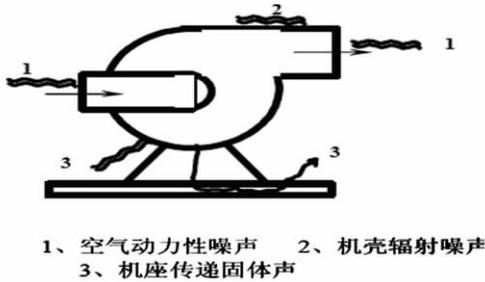


图3 风机噪音源部位

(8) 集中空调设备室外机噪声分析

空调机的主要噪声源为压缩机的噪声、风扇噪声和风扇电机噪声。噪声频率主要分布在 160 ~ 1 000 Hz 之间,属于中、低频噪声,噪声值均在 70 dB(A) 以上。

3 城市变电站消声降噪措施

3.1 变电站噪声治理的基本原理

根据前述分析,变电站噪声的治理应综合应用吸声、隔声、消声、隔振与阻尼技术,以保证满足降噪要求。

(1) 隔声:通常采用封闭式隔声围护结构。

(2) 消声:消声器是一种既能使噪声得到有效的衰减又能保证气流正常通过的一种设备。

(3) 吸声:在噪声源周围设置了隔声围护结构的内侧壁上做必要的吸声处理,不但可有效加强隔声围护结构的隔声量,而且可降低室内的混响声达 3 ~ 8 dB(A),同时改善操作人员的操作环境,起到一定的劳动保护作用。

(4) 隔振降噪:任何机械都会产生振动,振动将激发噪声,因此从减少扰动、防止共振、振动隔离、动力吸振等方面着手,进行降噪方案的设计。

(5) 阻尼降噪:在薄板隔声维护结构的隔声背板上涂刷特殊配比的阻尼材料能有效增加隔声结构的内阻尼,它能使隔声构件的动能转化为热能,从而减少了构件的振动,因而阻尼对提高隔声构件尤其是薄板隔声结构的隔声量特别是低频共振时的隔声量有明显的作用。

3.2 城市变电站噪声治理的具体措施

(1) 主变压器室、主变压器散热器室及电抗器室室内吸声设计

方式 1:在内墙四周安装模块式吸声体,吸声体主要由穿孔板和吸声材料组成,加工制作成标准块,表面喷涂防腐处理,成品提供现场安装。吸声体内部使用的吸声材料采用超细玻璃棉,并以双层玻璃丝布包裹,外加一层吸声膜覆盖表面。

方式 2:在主变压器室内墙四周现场铺设复合吸声结构,选择穿孔板和多孔吸声材料组合。板后留有一定厚度的空腔,腔内填有吸声材料,腔内采用 Z 型龙骨,Z 型龙骨用不锈钢膨胀螺钉固定在墙体。

方式 1 为工厂制作,成品提供,方式 2 为现场铺设,存在二次污染问题。

(2) 主变压器室大门设计

待主变压器及其散热器推入室内就位后,在室前墙分别安装防火降噪大门,其余部分用实心砖密封,内外水泥砂浆抹平。为有效治理低频噪声,主变压器室大门采用平开双扇折叠门,门扇采用面密度大的降噪结构。具体为喷涂 3 mm 厚阻燃阻尼层的 2 mm 不锈钢板面板 + 吸声材料组成,其骨架采用型钢制作,以保证门扇强度和刚度。门扇内部使用的吸声材料采用双层玻璃丝布包裹的超细玻璃棉,外加一层吸声膜覆盖表面。门扇下部留有专用进风口,进风消声百叶(自带防火百叶)采用嵌入式安装在门扇内。为保证降噪效果,门扇四周需做密封处理。

(3) 风机的消声降噪设计

措施 1:隔振消音,橡胶隔振垫是一种最常用的弹性减振材料,它具有较低的自振频率,对高频具有良好的隔振效果。风机安装时在风机底座和安装基础之间加专用减振器,为避免风机运行振动影响,在风机进出口处有软连接。

措施 2:使用消声器(消音箱)

在风机上加装风机消声器以减小风机噪音的外泄。风机消声器由消声器外壳、阻性消声片和消声片导流尖等构成,它通过阻性消声片片厚中的离心玻璃棉板等吸声材料达到消声的目的。

(4) 管道本体降噪方案设计

方案 1:采用降噪型管道,各段之间用法兰连接,结合面处贴阻燃密封胶带。因管道内存在气体流动,为避免吸声材料在时间久后产生“飞毛”现象,降噪型管道的吸声材料采用 8 kg/m³ 的三聚氰胺吸声材料,三聚氰胺在用 PVF 膜包裹。

方案2:通风管采用普通管道做法,降噪措施是在管道外包裹一层柔性吸隔声被。柔性吸隔声被是一种专门针对管道降噪的产品。

方案3:通风管采用普通管道做法,降噪措施是在管道外表面直接喷涂一层3 mm左右的高分子阻尼材料。

以上3种方案均可达到通风管道消声降噪的目的。

(5) 管道隔振降噪设计

为减少风机的振动和空气流动振动引起管道振动带来的噪音,必须在风机与管道间、管道与管道间、以及管道与建筑物间设置隔振措施。如在设备与管道间、管道与管道间设置橡胶软连接或不锈钢波纹软管连接,以衰减设备、管道振动噪声通过管道传播;在管道与建筑物间使用弹簧的弹性吊件(或在吊架上铺设弹性隔振材料)以衰减管道振动噪声通过建筑物的传递。

(5) 通风百叶设计

消声百叶选用150 mm厚标准单元制作形式的消声百叶,根据需要任意组合安装即可。消声百叶边框用1.2 mm镀锌板制作,消声片护面板采用不低于0.8 mm镀锌孔板,骨架采用1 mm镀锌板,阻性消声片片厚150 mm,片间距100~130 mm。由1 mm镀锌穿孔板(双面喷塑)+1.5 mm镀锌板骨架+48 kg/m³离心玻璃棉板+无碱憎水玻璃布,外加一层吸声膜覆盖表面,增强消声的效果。

4 几种吸声材料比较

在城市变电站的噪声治理中,吸声材料使用的效果对降噪的影响较大,下面就目前国内常用的几种材料进行简单分析。

通常吸声材料分金属吸声材料和非金属吸声材料两类。金属吸声材料里常用的有铝纤维吸声板和铝泡沫吸声板,非金属吸声材料里常用的有玻璃棉、聚氨酯泡沫、三聚氰胺泡沫。

(1) 铝纤维吸声板:铝纤维吸声板是在两种不同网孔的铝板网中间放置一层铝纤维吸声毡,通过滚压机压成1.0~2.5 mm的薄板。

(2) 铝泡沫吸声板:铝泡沫吸声板是新一代功能性吸声降噪产品和新型环保产品。它具有吸声、不燃、屏蔽、耐候、质轻、无污染,可回收利用等特性。

铝泡沫吸声板是一种多孔性吸声材料,由于金属板坚硬刚度大,弯折易断裂,一般使用厚度比无机纤维材料要小得多,厚度加大,成本提高。实际使用厚度为4~10 mm。安装时其后部一定要留有空腔。若无空腔,贴实安装,其吸声系数很低。

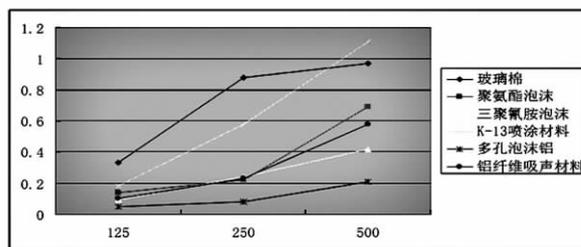
(3) 玻璃棉:玻璃棉属于玻璃纤维中的一个类别,是一种人造无机纤维。采用石英砂、石灰石、白云石等天然矿石为主要原料,配合一些纯碱、硼砂等化工原料熔成玻璃。在融化状态下,借助外力吹制成絮状细纤维,纤维和纤维之间为立体交叉,互相缠绕在一起,呈现出许多细小的间隙。这种间隙可看作孔隙。因此,玻璃棉可视为多孔材料,具有良好的绝热、吸声性能。

(4) 三聚氰胺泡沫塑料:三聚氰胺泡沫塑料是一种高开孔率的三维网络结构泡沫塑料,有较优异的吸声性、阻燃性、隔热性、耐湿热稳定性、卫生性和二次加工能力。

(5) 聚氨酯泡沫塑料:聚氨酯泡沫塑料是一种孔隙率较高的泡沫塑料,有吸声系数较高、密度小、富有弹性,易加工施工。

(6) 穿孔板共振吸声结构:该类型产品针对特定噪声的频谱特性制造,因而对特定的频谱特性的噪音吸声效果特别好。但其局限性也在此,如特定产品能实现宽频共振吸声或针对变压器频谱特性专门生产,则其效果将也是一般吸声材料无法具有的。

(7) 吸声材料吸声性能比较



六种吸声材料低频吸声性能对比图

图4 6种吸声材料低频吸声性能对比图

从对比图4看出,就低频性能而言,还是玻璃棉的效果最好。

(8) 吸声材料经济性比较

从上述价格可以看出,玻璃棉的价格相对较低。

从综合考虑性价比角度考虑,吸声材料(结构)选用玻璃棉最优。但在有明确针对性实测数据的前提下,从降噪角度出发,吸声材料(结构)选用穿孔板共振吸声结构最优。

表5 各种吸声材料价格对比表

序号	名称	参数	单位	价格
1	玻璃棉	密度: 48 kg/m ³ , 厚度: 50 mm	元 /m ²	20
2	聚氨酯泡沫	开孔型	元 /m ²	160
3	三聚氰胺泡沫	300 × 200 × 50 (mm)	元 /m ²	160
4	K-13 喷涂材料	植物纤维 (50 mm 厚) 45 kg/m ³	元 /m ²	300
5	多孔泡沫铝	密度: 1.16 孔隙率: 57.04	元 /m ²	800
6	铝纤维吸声材料	密度: 38.2 kg/m ³ , 厚度为 10 mm, 臂后空腔深度为 40 mm	元 /m ²	220 ~ 500

5 结 语

城区变电站的噪声治理应根据噪声特性、变电站结构及其所处位置、噪声水平、周围敏感点等具体情况,运用不同的治理手段;同时应通过计算、技术经济比较,科学选材,制定综合治理的具体方案,以达到环境噪声标准的要求。并应进行试点整治,典型分析,跟踪监测,总结提炼,根据治理效果进行总结推广。

(收稿日期: 2012-09-12)

(上接第3页)

性时有所提高。但从图4中也可以明显看出:联络线跳开的瞬间,水电机组的功率并非直接上升,而是因为水电机组的动态反调特性作用,机组出力先下降后上升。在机组出力下降过程中,地区电网频率加速下降,有可能造成低频减载装置滑差闭锁或者切荷量不足,最终造成频率失稳,电压崩溃。

4 结论与建议

4.1 结 论

(1) 考虑水电机组调速特性时,联络线(220 kV 联络线)极限传输功率为100 MW,略大于不考虑水电机组调速特性时的极限传输功率80 MW。

(2) 地区电网绝大部分电源为水电机组,由于水电机组动态反调特性的影响,考虑水电机组调速特性时联络极限传输功率提高幅度有限。

4.2 建 议

(1) 加快建设与主网联系第二通道,增强地区电网与主网联络。

(2) 尽快在地区电网内建设火电机组,利用火电机组一次调频作用中和水电机组动态反调特性,提高地区电网与主网解列后频率稳定性。

(3) 加强对应急燃机电源的维护及相关工作,确保应急电源在关键时刻可以起到电源作用。

参考文献

[1] 时珊珊,鲁宗相,闵勇,等. 微电网孤网运行时的频率

特性分析[J]. 电力系统自动化, 2011, 35(9): 36-41.

[2] 赵强,张丽,王琦,等. 系统负荷频率特性对电网频率稳定性的影响[J]. 电网技术, 2011, 35(3): 69-73.

[3] 陈桥平,蔡泽洋,李爱民,等. 互联电网的地区频率特性差异性及其对低频减载的影响研究[J]. 中国电力, 2009, 42(8): 1-5.

[4] 熊小伏,周永忠,周家启. 计及负荷频率特性的低频减载方案研究[J]. 中国电机工程学报, 2005, 25(19): 48-51.

[5] 赵庆波,曾鸣,刘敏,等. 电力市场中的负荷频率控制方案研究[J]. 中国电机工程学报, 2002, 22(11): 45-50.

[6] 曾启明,陈伟乐,谢志堂,等. 电力系统频率新的跟踪算法[J]. 中国电机工程学报, 2005, 25(19): 48-51.

[7] 秦明亮,杨秀朝. 减少低频减载方案过切的措施的研究[J]. 电网技术, 2002, 26(2): 83-86.

[8] 肖遥,孟·让·柯洛德. 电力系统频率测量误差成因分析[J]. 电网技术, 2002, 26(1): 29-42.

[9] 新疆电力调度通信中心. 2011年度运行方式[R]. 2011.

[10] QIU Bin, LIU Yi-yu. Lan-based Control for Load Shedding[J]. IEEE Computer Applications in Power, 2001, 14(12): 38-43.

作者简介:

吴茂乾(1988),男,江苏连云港人,硕士研究生,从事电力市场及电力系统安全稳定分析研究。

(收稿日期: 2012-09-13)