

户内配电变压器低频噪声监测分析与治理

黄敏均

(江阴供电公司,江苏 江阴 214400)

摘要:通过对设置于高层住宅楼户内的配电变压器引起的低频噪声污染进行调查和监测,分析了配电变压器低频噪声引起的住宅内的结构噪声,选择并提出了切实有效的治理措施和实施方案,治理后取得了良好的效果,满足了相关环保标准要求。为江阴城区新建的户内配电所提供了良好的降噪技术措施,并积累了一定的电力环保治理经验。

关键词:户内配电变压器;低频噪声;结构噪声;治理

中图分类号:TM63

文献标志码:B

文章编号:1009-0665(2011)02-0055-04

随着江阴社会经济的发展和城市开发建设力度的加强,近年来城区范围内涌现出一大批高层商住建筑。由于对土地资源利用率的提高,以及市政规划为避免公用设施露天放置对景观的破坏,相关配套的供电设施多设置于高层建筑户内,但配电所大都未设置独立的变压器承重基础,导致出现了变压器低频噪声引起的噪声污染投诉的情况。本文通过黄龙富邸12幢户内配电所变压器引起的低频结构噪声投诉的调查、监测,发现虽然由变压器低频噪声引起的住户家中夜间噪声A声级约为35dB,但低频噪声造成了多家住户夜间难以入睡,严重影响了住户的日常生活。为此通过对配电所变压器低频结构噪声进行分析,提出了噪声治理措施,并制定了具体实施方案,最终圆满的解决了该配电所的噪声污染问题。

1 配电所变压器低频噪声监测分析

黄龙富邸小区位于江阴市中心城区,2006年交付使用,2008年随着小区12幢高层住宅楼一至三层住户的入住,住户陆续发现夜间室内存在不间断的变压器“嗡嗡”声,曾多次向供电公司反映和投诉该配电所噪声污染。

1.1 低频噪声源

黄龙配电所位于黄龙富邸小区12幢住宅楼的地下室车库内,地下室同时设置了泵房、消防等公用设施。配电所内设有中压进线柜、干式变压器、低压配电柜等电气设备,配电所正上方为地面车库,地面二层(楼层一层)以上均为住户,2台干式变压器为江阴市江东变压器厂制造的SCD10-1600/10变压器,每台变压器容量1600kV·A,自重3830kg,变压器外箱尺寸为2.1×1.85×1.6m。

1.2 监测仪器

HS6288B 噪声频谱分析仪、AWA6256 型环境

振动分析仪。

1.3 监测结果

配电所内设备正常运行情况下,对配电所内外噪声进行倍频谱分析监测,测量布点如图1所示,噪声测量结果见表1,振动测量结果见表2。

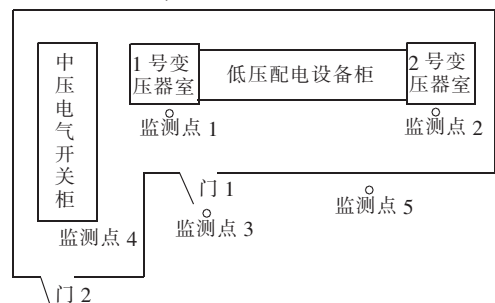


图1 配电所内外噪声监测布点示意

表1 配电所内外噪声测量数据表 dB

频率/Hz	监测点1	监测点2	监测点3	监测点4	监测点5
31.5	52.2	57.6	48.3	52.7	41.3
63	55.5	61.5	52.6	54.6	45.2
125	57.1	62.1	56.1	56.9	49.3
250	60.5	64.5	58.6	59.8	53.5
500	58.3	64.3	55.9	57.6	50.6
1000	47.2	50.2	41.4	44.8	41.5
2000	34.2	44.4	33.4	32.7	29.6
4000	26.6	32.6	24.0	24.5	21.9
8000	22.2	27.4	20.5	21.7	19.6
Leq(A)	55.8	60.8	51.2	53.1	45.3

表2 配电所内外振动测量数据表

序号	测点	振动级/dB
1	监测点1	78.3
2	监测点2	84.6
3	监测点3	88.1
4	监测点4	67.4
5	监测点5	93.2

在配电所变压器关停情况下,分别对12幢住宅楼的104室、105室、205室卧室内噪声进行了监测,监测时关闭房屋门窗,并关闭空调、电视。测量结果

见表 3。

表 3 12 幢住户户内噪声测量数据表 dB

监测点	变压器运行	变压器关停
104 室	35.7	30.3
105 室	35.2	29.9
205 室	34.9	29.7

1.4 低频噪声分析

由表 1 可见,500 Hz 以下的各中心频率声压级均高于 50 dB,配电所噪声呈现中低频特性,中心频率 250 Hz 频段出现峰值,噪声的高频特性衰减迅速;由表 2 可见,变压器振动随着由配电所传出反而呈现扩大趋势,户外振动监测数据达到 93.2 dB。由表 3 可见,住户家中的低频结构噪声源于变压器运行过程,其实际贡献值为 5~6 dB。

根据该小区以 1 类声环境功能区来衡量,昼夜噪声标准分别为 55 dB(A)和 45 dB(A),通常室内噪声限值应该比环境噪声低 10 dB,则变压器运行噪声不超出标准。住户家中夜间噪声 A 声级约为 35 dB,但根据《声环境质量标准》GB3096—2008,建筑物内的结构噪声限值为 30 dB(A),显然配电变压器运行在住户家中产生的低频结构噪声超出了标准要求。

2 住宅内低频结构噪声污染分析

2.1 变压器噪声产生原因

变压器噪声由铁心的磁致伸缩变形和绕组的电磁力所引起,构成铁心的硅钢片在交变磁场的作用下,发生微小的磁致伸缩,使得铁心随励磁频率的变化做周期性的振动;绕组中通过电流而形成的电磁力也会引起绕组的振动。因此变压器在正常运行过程中的振动便会产生噪声。

2.2 低频噪声的声学特性

低频噪声(频率在 500 Hz 以下的噪声)和高频噪声不同,高频噪声随传播距离越远或遇到障碍物,能迅速衰减,而低频噪声却递减的很慢,声波较长能轻易穿过障碍物。黄龙配电所内的变压器噪声呈现低频特性。

2.3 低频噪声传播途径分析

根据噪声源产生的声波通过介质传播的特点,来源于变压器的住宅内低频结构噪声传播途径可能为:(1)变压器振动噪声经过空气传播到配电所墙面和顶面,被墙体吸收后,沿住宅墙体结构传播至该幢楼一至三层住户家中墙面,墙面振动再激发空气振动后传入人耳中。(2)变压器振动经变压器底座传至大楼基础,以及通过安置在变压器箱、开关柜上方的电缆桥架经连接槽钢传到顶面,再沿配电所

墙面结构传播到一至三层住户家中墙面,墙面振动再激发空气振动后传入人耳中。(3)配电所低频噪声通过通风管道传播,再经过楼层通风管道设备传播至住户家中。

2.4 噪声源能量估计分析

针对 3 种途径传播至住户家中的噪声经叠加后形成的低频噪声污染,为识别上述 3 类噪声源相对强度,以便于采取有效的治理措施,从能量角度分析各类噪声的大小^[1]。

(1)变压器振动噪声经过空气传播到配电所墙面和顶面,被墙体吸收后,沿住宅墙体结构传播至该楼住户家中墙面的结构声强:假设空气质点振动速度与变压器振动速度相同,经振动速度测量,变压器振动速度的有效值 $u_c=1.05$ cm/s,空气声阻抗取 $\rho_c=43.5$ kg/(m²·s),空气声强 $I=0.048$ W/m²。2 台变压器箱体辐射面积约 34 m²,结构声最大功率为 1.6 W。

(2)变压器振动经变压器底座传至大楼基础和通过电缆桥架传到屋顶的结构噪声的声强:把结构声波当做平面声波,声强 $I=\rho_c u_c^2$,振动速度有效值 $u_c=0.5$ cm/s,地面的声阻抗 $\rho_c=3.65 \times 10^6$ kg/(m²·s),结构声强 $I=91$ W/m²。2 台变压器与地面接触的刚性基础的面积约 2.5 m²,电缆桥架与顶面接触的刚性面积约为 1.5 m²,结构声声功率 $\omega=IS=364$ W。

(3)地下室的通风管道距离长,噪声经过长距离传播到达楼层管道时衰减殆尽,影响忽略不计。

通过前 2 种估算可知,2 种声能之比为 1.6:364,因此治理配电所变压器产生的低频噪声,应主要降低振动引起的固体结构噪声,并适当考虑辐射至墙体产生空气结构噪声。

3 配电所变压器低频结构噪声治理方案探究

3.1 低频结构噪声控制措施

(1)采取变压器减振措施,减少通过地面基础和电缆桥架传播的固体结构噪声。

(2)配电所内墙面和顶面铺设吸声材料,减少辐射至墙体产生空气结构噪声。

3.2 变压器减振措施的制定

3.2.1 变压器底座减振方案的选择

方案 1:变压器以及低压配电柜体东、南侧土建开挖地沟(宽 0.5 m×深 1 m×长 22 m),接通变压器及柜体北侧和西侧的电缆沟,地沟内填入细沙作为减振缓冲,地沟表面覆盖水泥盖板,缓解变压器振动向墙体的传播。

方案 2:在变压器底座安装减振器,变压器与配电柜连接铜排改为软连接,隔绝变压器运行时的固体振动。变压器底座直接安置于大楼基础上,开挖

地沟无法彻底切断大楼基础与墙体的连接,所以无法充分隔绝变压器振动对大楼墙体的影响;通过变压器底座安装减振器、变压器与配电柜连接铜排的软连接方式,减振器和软连接可以彻底隔绝变压器底座与大楼基础之间的振动,从而切断变压器振动传递至墙体的传播途径。通过分析2种方案减振效果的优劣,认为方案2会取得更明显的降噪效果。

3.2.2 减振器的选择

目前常用选用的减振器有弹簧减振器、橡胶减振器、不锈钢钢丝绳减振器等,但由于它们控制的振动频率范围不同,减振的效果不一样,因此选取合适的减振器也至关重要。

弹簧减振器:固有控制频率为1~5 Hz,控制的频带相对较窄,适宜用于低频率振动的设备隔振,频率较高时容易产生穿流现象。

橡胶减振器:固有控制频率为5.4~13 Hz,控制的频带相对较窄,适宜用于较高频率振动的设备隔振。

不锈钢钢丝绳减振器:用现代隔振防冲理论为指导,研制的新型隔振防冲元件,其变刚度特性:在外载荷作用下,减振器弹簧的径向曲率半径随之发生变化,使得应力与应变呈非线性特性,具有很好的隔振效果;变阻尼特性:外界激励频率变化时,减振器的阻尼也随之发生变化,在共振点,阻尼很大(大于0.17),有效地抑制共振峰,越过共振点后,阻尼迅速减小,具有优良的隔振效果;全金属材料制成,能抗疲劳,耐辐射、耐高温,使用寿命长。

针对变压器需不间断运行、环境温度较高、需控制频带较宽的特点,选取性能优良的不锈钢钢丝绳减振器作为主要隔振元件。

3.2.3 变压器底座减振方案的制定

由于变压器底座的变压器本体和箱体是分开的,所以设计减振装置也要分开进行,首先在变压器本体下方增设一个槽钢做成的支架,在槽钢与水泥底座之间设置10只不锈钢钢丝绳减振器;再针对变压器箱体增设一个外箱槽钢支架,槽钢下方加设橡胶减振器。安装时将变压器本体和外箱放置在减振支架上。变压器与配电开关柜刚性连接铜排更换为软连接方式,利用软接头以减缓变压器振动通过向开关柜体向墙体的传递。

减振支架的平面布图如图2所示。变压器底座钢丝绳减振器安装立面图如图3所示。

3.2.4 电缆桥架减振方案的制定

电缆桥架放置于变压器低压配电柜上方,通过槽钢支架与顶面墙体连接,与柜体仍有接触。但因电缆自重较重,桥架的重力主要作用于低压配电柜体

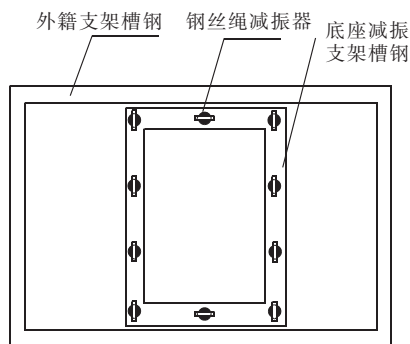


图2 变压器减振支架平面

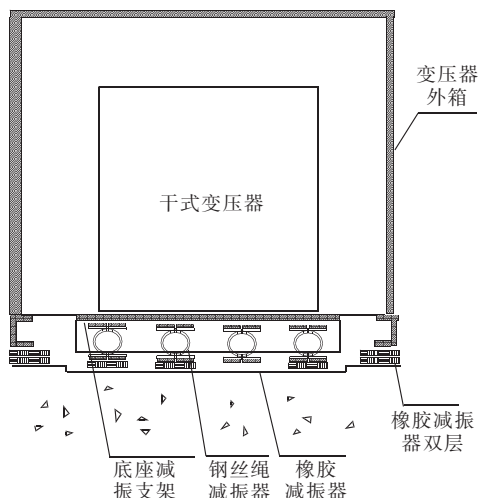
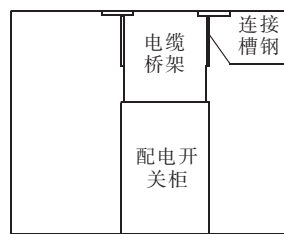
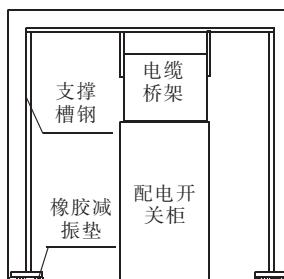


图3 变压器底座减振器安装示意

上,导致变压器振动随柜体、桥架、连接槽钢至顶面的而产生固体结构噪声。采用将电缆桥架用型钢支撑起来,让电缆吊架重力作用在支撑槽钢支架上,在支撑槽钢与地面之间加设橡胶减振垫,杜绝了电缆桥架与墙面的刚性连接,彻底隔绝变压器振动产生固体结构噪声的传播途径。电缆桥架减振实施方案见图4。



(a)减振方案实施前



(b)减振方案实施后

图4 电缆桥架减振方案示意图

3.3 墙面吸声措施的制定

根据配电所噪声的频谱分析,应选择对中低频有较好吸声性能(特别对 250 Hz 中心频率所在频段上有较好吸声系数)的吸声材料,通过吸声减少变压器振动产生的空气声传播进入墙体转变为结构噪声。为此选择一种“阻尼胶板”,即 PVC 橡胶混合板,该材料广泛应用于汽车、火车等发动机及家用电器的降噪,有良好的减震、降噪功能,对中低频段有着较好的吸声系数。配电所内的侧面墙体和顶面铺设一层阻尼胶板,胶板表面涂抹聚氨防水胶并用铆钉固定于墙面。

4 配电所降噪的效果检查

在先采取墙面吸声处理,再实施变压器减振措施后,分别对黄龙配电所和 12 幢住户家中进行了实际降噪效果测试,结果见表 4。

表 4 治理前后降噪效果对比表 dB

监测点	治理前	墙面吸声治理后		变压器减振治理后	
		治理后	降噪量	治理后	降噪量
2 号变压器箱外	60.8	—	—	54.1	6.7
配电所门 1 外	51.2	—	—	43.8	7.4
12 幢 105 室	35.2	34.3	0.9	30.1	4.2
12 幢 205 室	34.9	33.8	1.1	29.7	4.1

从表 4 可见,采取墙面吸声处理后,配电所上方

住户家中的降噪量为 0.9 dB 和 1.1 dB,变压器减振处理后,住户家中的降噪量为 4.2 dB 和 4.1 dB,住户家中满足建筑物内的结构噪声限值的标准要求,减振措施降低变压器低频噪声的效果要明显优于墙面吸声措施,这与噪声源能量估计的结果基本相符。并且 12 幢的住户一致反映变压器采取吸声和减振处理后,原本的变压器低频结构噪声已基本消除。由此可见采用 2 种治理措施相结合的方式彻底解决了变压器低频噪声的影响。

5 结束语

户内配电所低频噪声主要通过变压器振动传播产生的结构噪声,采用变压器减振和墙面吸声的方法能有效降低住户家中的低频结构噪声,从而降低低频噪声对住宅内的影响。近年来随着城市户内配电所数量的增加,更应该防患于未然,在配电所设计、建设过程中充分考虑选用低噪声变压器,并预先采取设备减振和降噪技术措施,确保此类配电所运行后不再出现噪声扰民现象,提高群众对供电公司的满意度。

参考文献:

- [1] 翟国庆,张邦俊.室内窄频带低频噪声烦恼度与治理对策研究[J].浙江大学学报(理学版),2002,29(1):90-91.

作者简介:

黄敏均(1981-),男,江苏江阴人,助理工程师,从事电力规划及电力环境保护管理工作。

Monitoring and Treatment of Low-frequency Noise of Indoor Distribution Transformer

HUANG Min-jun

(Jiangyin Power Supply Company, Wuxi 214400, China)

Abstract: Based on the survey and monitoring of low-frequency noise pollution caused by indoor distribution transformer installed in high-rise residential buildings, the structure noise in the building caused by the low-frequency noise is analyzed. Then effective measures and implementation plans are selected and proposed. The achieved results are proven to be well and meet the relevant environment standards after the treatments. The paper provides good noise reduction measures for the new built indoor distribution in Jiangyin city, and accumulates some experience in power environmental management.

Key words: indoor distribution transformer; low-frequency noise; structure noise; treatment

(上接第 54 页)

Research on Technology of Smart Distribution Grid AVC

DING Xiao-qun, LU Peng-cheng, ZHOU Ling

(School of Energy and Electrical Eng., Hehai University, Nanjing 210098, China)

Abstract: Against the construction lag and the necessity to accelerating the development speed of Smart Distribution Grid AVC (SDG AVC), the paper presents the concepts and frame, objective, main components and key technologies on the basis of combining current AVC objectives and features of SDG. Authors hope to play a role in attracting valuable opinions in research and development on SDG AVC, also call for increasing investment in SDG AVC.

Key words: Smart Distribution Grid (SDG); AVC; self-healing; mass data; harmonic; dynamic reactive-power optimization