



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 104457971 B

(45)授权公告日 2018.01.19

(21)申请号 201410675240.1

(22)申请日 2014.11.21

(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 104457971 A

(43)申请公布日 2015.03.25

(73)专利权人 西安交通大学
地址 710049 陕西省西安市碑林区咸宁西路28号

(72)发明人 祝令瑜 汲胜昌 李金宇 宋莹
崔彦捷

(74)专利代理机构 西安通大专利代理有限责任
公司 61200

代理人 陆万寿

(51)Int. Cl.

G01H 17/00(2006.01)

(56)对比文件

CN 101615510 A,2009.12.30,

CN 102841258 A,2012.12.26,

曹涛等.基于振动信号的电容器噪声水平计算方法.《电工技术学报》.2010,第25卷(第6期),172-177.

Lingyu Zhu等.A Noise Level Prediction Method Based on Electro-Mechanical Frequency Response Function for Capacitors.《PLOS ONE》.2013,第8卷(第12期),1-9.

程金英等.电力电容器噪声辐射比的实验测量方法研究.《电力电容器与无功补偿》.2012,第33卷(第4期),39-45.

审查员 刘云丽

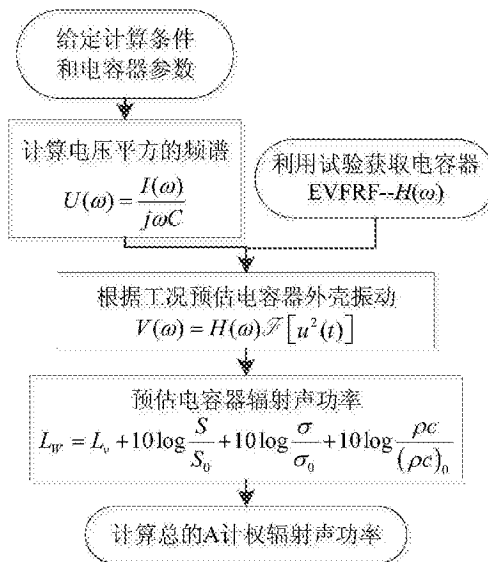
权利要求书1页 说明书4页 附图1页

(54)发明名称

一种用于电力电容器噪声预测的扫频试验方法

(57)摘要

本发明公开了一种用于电力电容器噪声预测的扫频试验方法,包括如下步骤:1)以工频的一半为间隔,依次给电容器加载二分之一工频到五十倍工频的正弦电压激励,同时测量电容器外壳各点振动;2)各频率下振动除以所施加电压的平方,得到两倍于该频率的频率对应的电致振动频响函数值;3)根据电容器电压、电流计算电容器电压平方的频谱;4)将电容器电压平方的频谱与扫频试验获得的电容器电致振动频响函数相乘获得电容器外壳振动频谱;5)根据外壳振动频谱计算电容器辐射噪声功率。本发明能够解决目前电容器行业内无简易、标准噪声检测手段,各方降噪投入不足的现状,为电容器噪声问题的解决提供基础。



1. 一种用于电力电容器噪声预测的扫频试验方法,其特征在于,利用扫频试验获取待测电容器的电致振动频响函数,然后进行电容器噪声水平的计算,具体包括如下步骤:

1) 以工频的一半为间隔,依次给电容器加载二分之一工频到五十倍工频的正弦电压激励,同时测量电容器外壳各点振动;具体操作为:用均匀分布的正方形网格划分电容器外壳各表面,网格的对角线长度不大于五十倍工频对应的声波波长;在每种加载频率下依次测量各网格中点的振动,用网格中点的振动代表网格内的平均振动;

2) 在各频率下,对被测振动信号进行傅里叶分析,取二倍于该频率的振动频率分量除以所施加电压有效值的平方,得到相应的电致振动频响函数值;

3) 根据电容器电压、电流计算电容器电压平方的频谱;具体操作为:给定加载电流下的电容器噪声,加载电流 $i(t) = \sum_{k=1}^n I_k \sin(\omega_k t + \phi_k)$, 其中, k 为谐波次数, I_k 为 k 次谐波电流的幅值, ω_k 为 k 次谐波对应的角频率, ϕ_k 为 k 次谐波电流的初相位;

首先利用电容器电流在时域上的积分求得电容器电压: $u(t) = \frac{1}{C} \int_{\tau=0}^t i(\tau) d\tau$;

其中, C 为电容器电容量;

然后在时域求电容器电压的平方,利用傅里叶变换获得电压平方频谱;

4) 将电容器电压平方的频谱与扫频试验获得的电容器电致振动频响函数相乘获得电容器外壳振动频谱;

5) 根据外壳振动频谱计算电容器辐射噪声声功率,具体操作为:利用下式计算各划分网格的辐射声功率级:

$$L_w = L_v + 10 \log \frac{S}{S_0} + 10 \log \frac{\sigma}{\sigma_0} + 10 \log \frac{\rho c}{(\rho c)_0} \quad (1)$$

式中: L_w 为噪声声功率级, dB;

L_v 为振动速度级, $L_v = 10 \lg \frac{v^2}{v_0^2}$;

v 为外壳振动速度; $v_0 = 5 \times 10^{-8} \text{m/s}$, 为基准速度;

S 为噪声辐射表面积; $S_0 = 1 \text{m}^2$, 为基准面积;

σ 为噪声辐射比; $\sigma_0 = 1$, 为基准辐射比;

ρc 为空气声阻抗, ρ 为空气密度, c 为空气中声速, $(\rho c)_0 = 400 \text{kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$, 为基准空气声阻抗;

将所有划分网格的辐射声功率叠加获得总的电容器辐射声功率级。

一种用于电力电容器噪声预测的扫频试验方法

技术领域

[0001] 本发明属于高压电力设备噪声计算技术领域,特别涉及一种用于电力电容器噪声预测的扫频试验方法。

背景技术

[0002] 虽然电网公司对交流滤波电容器装置的噪声限值做了明确规定,并要求厂家在招投标中提供噪声计算报告及试验报告,但是对电容器装置的噪声计算方法及试验方法并没有提出明确的要求。CIGRE出版的关于高压直流换流站可听噪声的技术报告中对电容器的噪声机理进行了描述。国家电网公司在企业标准Q/GDW494-2010中,将该部分描述内容作为电容器噪声计算标准。而实际上,CIGRE报告并未给出电容器噪声计算的具体方法。

[0003] 目前工程中普遍采用的是西安交通大学汲胜昌等人提出的基于冲击力锤试验的电容器噪声计算方法。这种方法首先利用单点激振、多点拾振的冲击力锤试验获取电容器外壳的振动频响函数,然后利用计算条件求得电容器表面的振动加速度信号,最后结合振动与辐射噪声的关系计算交流滤波电容器装置的噪声水平。冲击力锤的机械激励方法也被合肥工大的程金英等人用于噪声辐射比的求取。冲击力锤试验中的冲击作用力施加在电容器外壳上,因此这种方法仅能获取电容器在外壳受力情况下的机械特性。而实际上,电容器外壳的振动是由芯子振动引起的,仅基于外壳受力的机械特性计算电容器辐射噪声水平缺乏完善的理论依据,和对电容器振动产生传递过程的全面认识,也导致了计算结果的偏差。发明人此前曾经提出基于冲击放电试验的电容器噪声计算方法并验证了可行性,但是由于冲击放电试验中电容器承受的冲击激励与实际运行中的周期激励有明显不同,电容器振动产生的过程差异较大造成了预测结果的误差。

发明内容

[0004] 本发明的目的在于解决在已知电力电容器的激励加载情况下对其噪声进行精确计算的问题,提供了一种用于电力电容器噪声预测的扫频试验方法,该方法简便易行,对试验设备要求较低,计算精确度很高。

[0005] 一种用于电力电容器噪声预测的扫频试验方法,利用扫频试验获取待测电容器的电致振动频响函数,然后进行电容器噪声水平的计算,具体包括如下步骤:

[0006] 1) 以工频的一半为间隔,依次给电容器加载二分之一工频到五十倍工频的正弦电压激励,同时测量电容器外壳各点振动;

[0007] 2) 各频率下振动除以所施加电压的平方,得到两倍于该频率的频率对应的电致振动频响函数值;

[0008] 3) 根据电容器电压、电流计算电容器电压平方的频谱;

[0009] 4) 将电容器电压平方的频谱与扫频试验获得的电容器电致振动频响函数相乘获得电容器外壳振动频谱;

[0010] 5) 根据外壳振动频谱计算电容器辐射噪声功率。

[0011] 本发明进一步的改进在于,步骤1)的具体操作为:用均匀分布的正方形网格划分电容器外壳各表面,网格的对角线长度不大于五十倍工频对应的声波波长;在每种加载频率下依次测量各网格中点的振动,用网格中点的振动代表网格内的平均振动。

[0012] 本发明进一步的改进在于,步骤2)的具体操作为:在各频率下,对被测振动信号进行傅里叶分析,取二倍于该频率的振动频率分量除以所施加电压有效值的平方,得到相应的电致振动频响函数值。

[0013] 本发明进一步的改进在于,步骤3)的具体操作为:给定加载电流下的电容器噪声,加载电流 $i = \sum_{k=1}^n I_k \sin(\omega_k t + \phi_k)$, 其中, k 为谐波次数, I_k 为 k 次谐波电流的幅值, ω_k 为 k 次谐波对应的角频率, ϕ_k 为 k 次谐波电流的初相位;

[0014] 首先利用电容器电流在时域上的积分求得电容器电压: $u(t) = \frac{1}{C} \int_{\tau=0}^t i(\tau) d\tau$;

[0015] 其中, C 为电容器电容量;

[0016] 然后在时域求电容器电压的平方,利用傅里叶变换获得电压平方频谱。

[0017] 本发明进一步的改进在于,步骤5)的具体操作为:利用下式计算各划分网格的辐射声功率级:

$$[0018] \quad L_w = L_v + 10 \log \frac{S}{S_0} + 10 \log \frac{\sigma}{\sigma_0} + 10 \log \frac{\rho c}{(\rho c)_0} \quad (1)$$

[0019] 式中: L_w 为噪声声功率级, dB;

[0020] L_v 为振动速度级, $L_v = 10 \lg \frac{v^2}{v_0^2}$;

[0021] v 为外壳振动速度; $v_0 = 5 \times 10^{-8}$ m/s, 为基准速度;

[0022] S 为噪声辐射表面积; $S_0 = 1 \text{ m}^2$, 为基准面积;

[0023] σ 为噪声辐射比; $\sigma_0 = 1$, 为基准辐射比;

[0024] ρc 为空气声阻抗, ρ 为空气密度, c 为空气中声速, $(\rho c)_0 = 400 \text{ kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$, 为基准空气声阻抗;

[0025] 将所有划分网格的辐射声功率叠加获得总的电容器辐射声功率级。

[0026] 与现有技术相比,本发明利用扫频试验获取电力电容器的固有电气机械特性,进而计算给定工况下的电容器噪声水平。本发明无需谐波电源即可实现电容器现场运行噪声的准确预测。本发明能够解决目前电容器行业内无简易、标准噪声检测手段,各方降噪投入不足的现状,为电容器噪声问题的解决提供基础。

附图说明

[0027] 图1为本发明扫频试验加载电路图;

[0028] 图2为本发明用于电力电容器噪声预测的扫频试验方法的噪声计算流程图。

具体实施方式

[0029] 下面结合附图和实施例对本发明做进一步详细说明。

[0030] 参见图1和图2,本发明一种用于电力电容器噪声预测的扫频试验方法,利用扫频

试验获取待测电容器的电致振动频响函数,然后进行电容器噪声水平的计算,具体包括如下步骤:

[0031] 1)以工频的一半为间隔,依次给电容器加载二分之一工频到五十倍工频的正弦电压激励,同时测量电容器外壳各点振动;具体操作为:用均匀分布的正方形网格划分电容器外壳各表面,网格的对角线长度不大于五十倍工频对应的声波波长;在每种加载频率下依次测量各网格中点的振动,用网格中点的振动代表网格内的平均振动。

[0032] 2)各频率下振动除以所施加电压的平方,得到两倍于该频率的频率对应的电致振动频响函数值;具体操作为:在各频率下,对被测振动信号进行傅里叶分析,取二倍于该频率的振动频率分量除以所施加电压有效值的平方,得到相应的电致振动频响函数值。

[0033] 3)根据电容器电压、电流计算电容器电压平方的频谱;具体操作为:给定加载电流下的电容器噪声,加载电流 $i = \sum_{k=1}^n I_k \sin(\omega_k t + \phi_k)$,其中,k为谐波次数, I_k 为k次谐波电流的幅值, ω_k 为k次谐波对应的角频率, ϕ_k 为k次谐波电流的初相位;

[0034] 首先利用电容器电流在时域上的积分求得电容器电压: $u(t) = \frac{1}{C} \int_{\tau=0}^t i(\tau) d\tau$;

[0035] 其中,C为电容器电容量;

[0036] 然后在时域求电容器电压的平方,利用傅里叶变换获得电压平方频谱。

[0037] 4)将电容器电压平方的频谱与扫频试验获得的电容器电致振动频响函数相乘获得电容器外壳振动频谱;

[0038] 5)根据外壳振动频谱计算电容器辐射噪声功率。

[0039] 具体操作为:利用下式计算各划分网格的辐射声功率级:

$$L_w = L_v + 10 \log \frac{S}{S_0} + 10 \log \frac{\sigma}{\sigma_0} + 10 \log \frac{\rho c}{(\rho c)_0} \quad (1)$$

[0041] 式中: L_w 为噪声声功率级,dB;

[0042] L_v 为振动速度级, $L_v = 10 \lg \frac{v^2}{v_0^2}$;

[0043] v 为外壳振动速度; $v_0 = 5 \times 10^{-8} \text{m/s}$,为基准速度;

[0044] S 为噪声辐射表面积; $S_0 = 1 \text{m}^2$,为基准面积;

[0045] σ 为噪声辐射比; $\sigma_0 = 1$,为基准辐射比;

[0046] ρc 为空气声阻抗, ρ 为空气密度, c 为空气中声速, $(\rho c)_0 = 400 \text{kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$,为基准空气声阻抗;

[0047] 将所有划分网格的辐射声功率叠加获得总的电容器辐射声功率级。

[0048] 为了对本发明进一步了解,现对其原理做一说明。

[0049] 扫频试验是指给电容器施加扫频激励,依次测量电容器外壳各点振动,求取电容器外壳振动速度与激励电压平方的比值。将该比值随频率的变化定义为电容器的电致振动频响函数。电容器扫频试验系统包括:变频电源、升压变压器、补偿电抗器及振动测量装置。利用变频电源对电力电容器进行一定电流的加载,扫频范围根据预测噪声需要而定,扫频间隔为 $1-f_0/2\text{Hz}$ 。采用并联或串联补偿的方式减少变频电源输出,当变频源无功容量大于被试电容器的试验容量时也可以选择不使用补偿电抗器。振动测量设备的采样率及上限通

带频率应大于扫频上限频率的两倍以上。

[0050] 扫频加载计算电容器辐射噪声的实施例：

[0051] 使用变频电源加非晶合金变压器对某型号电容器施加额定电流的单频激励，加载频率从25Hz到1250Hz，间隔25Hz。在每一种加载频率下，根据下式计算补偿电抗器的电感为：

$$[0052] \quad L = \frac{1}{(2\pi f)^2 C} \quad (2)$$

[0053] 式中：f为加载频率，Hz；C为试品电容量。

[0054] 将电容器外壳各面均匀地划分成若干网格。在每个加载频率下，依次测量各网格中心的振动，将外壳振动有效值与加载电压平方相除得到该频率下各点的电致振动频响函数。利用上述扫频试验获取电容器外壳各点在50Hz-2500Hz范围内的电致振动频响函数。

[0055] 假设需要对以下三种谐波加载下的电容器辐射噪声进行预测。

[0056] 表1：参考试验结果

编号	加载	实测声功率 /dB(A)
[0057] 一	50Hz/7178V+600Hz/260V	75.3
二	50Hz/6241V+600Hz/390V	77.5
三	50Hz/6241V+450Hz/416V+650Hz/234V	76.2

[0058] 第一步需要根据加载电压计算电容器电压的平方，然后对电容器电压平方进行频谱分析。第二步将电压平方频谱与各点电致振动频响函数相乘得到电容器外壳在给定加载下的振动频谱。第三步基于声振耦合公式计算电容器辐射声功率。计算结果与实测结果比较见表2。

[0059] 表2：扫频法预测与实测比较

加载条件	预测 / dB(A)	实测 / dB(A)	误差 / dB(A)
[0060] 加载一	77.1	75.3	1.8
加载二	79.4	77.5	1.9
加载三	78.6	76.2	2.4

[0061] 从表2中数据可见，使用扫频法预测噪声的结果最大相差为2.4dB，精确度较高。

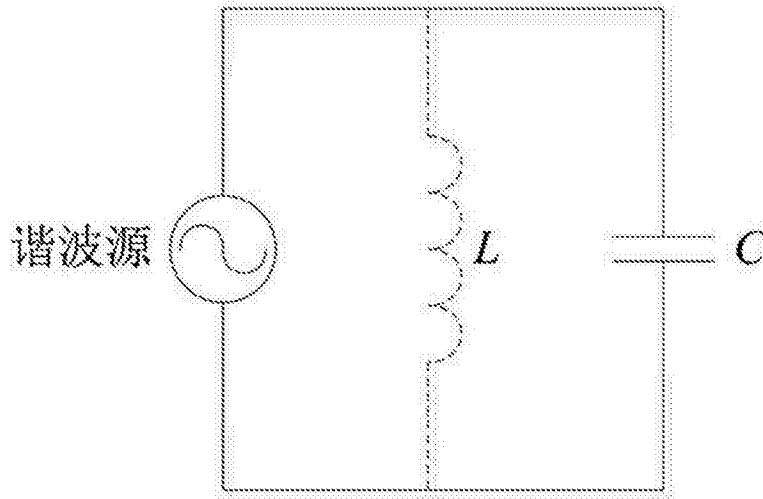


图1

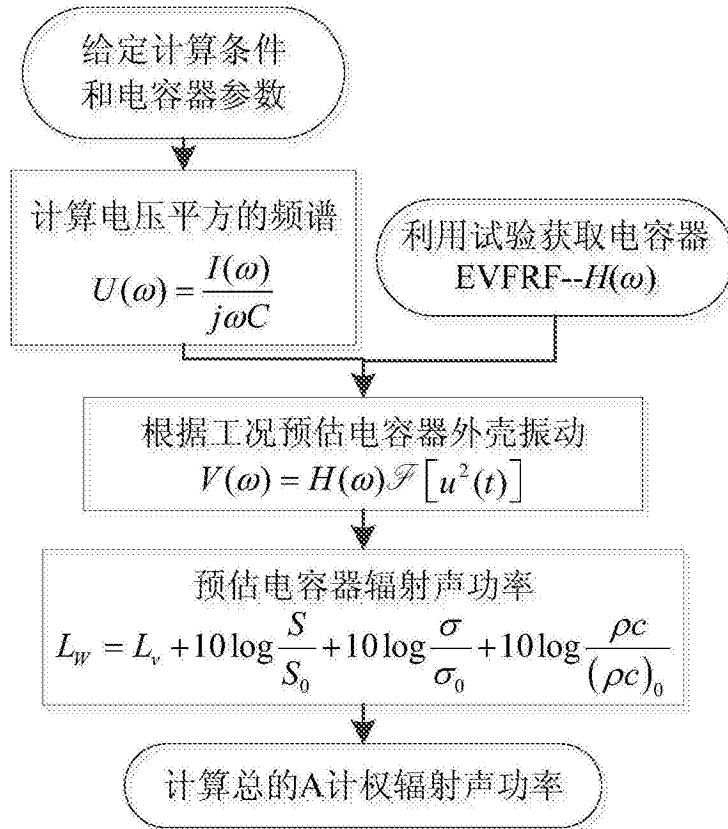


图2