

# 变压器局部放电的超声波信号特征分析

史展 王航星

(国网河南省电力公司西峡县供电公司 河南南阳 474500)

摘要: 变压器的局部放电超声波信号的检测和定位, 都是在其局部制造的超声波信号特征的分析上进行的, 这也说明了变压器局部放电的超声波信号特征分析在局部放电超声波的检测中有着很大的帮助。本文分析了变压器局部放电的超声波信号特征, 并对超声波信号的频谱进行了研究。

关键词: 变压器; 局部放电; 超声波; 信号特征; 分析

## 前言

变压器的局部放电可能会导致变压器损坏, 因此工作人员对局部放电的实时监测和定位是非常有必要的。它可以不破坏变压器就能对变压器局部放电的位置进行检测, 同时快速找到其放电点。局部放电超声波的信号分析在检测变压器局部放电中有着不可替代的作用。本文从多方面分析了变压器局部放电的超声信号传播受声强、频谱等影响。

### 一、局部放电超声波信号的分析

通过研究, 我们不难发现, 在实际的局部放电中, 信号会产生多种形式的特征, 同时还会伴随着多种样式的干扰信号。只有及时的对超声波型号的特征和信号的波形进行准确的分析, 才能使其得到更好地简化。

#### (一) 超声波信号波形的分析

当变压器局部放电的信号比较平稳时, 采用的时傅里叶分析法, 但如果信号有波动, 且不稳定, 采用的是小波法和神经网络的技术。傅里叶分析法可以分为传统频谱分析法, 它的基础是傅里叶。但也存在一些缺点, 例如估算出来的功率和局部放电信号的功率存在一些差异, 还可能丢失一些容易出现的问题, 进而造成频率分辨率不高。为了进一步解决这些问题, 工作人员创新了分析的方法, 它的优点是在信号的长度进行频谱计算时, 可以有效防止带了的不良影响, 进而产生创新的频谱分析技术。在此基础上, 新型频谱估计可分为参数模型的估计、非参数模型的估计。新型的频谱分析法可区分波形和其它类似的信号, 并且这种方法能指导变压器局部放电超声波信号的检测[1]。

其次就是人工神经网络, 它的大部分是由人工神经元组成的, 这个网络人工系统是复杂多样的, 所以可以称之为, 高度复杂、非线性动力学系统。而它在人工神经网络的超声波信号分析中有三种应用方式。第一, BP 网络, 它是神经性的网络, 各个层面之间有一定的联系, 但在内部之间没有联系。正常的 BP 是输入层面、隐层面、输出层面组成的。隐层的作用是了解变压器局部放电超声波的特性, 接着将它们获得的信息传送给输出层面, 在隐层网络的加持下, BP 网络的分析可以进一步发展。在严格的推力下, 它的性能和概念更加清晰。它的缺点是算法比较缓慢, 并且没有理

论化的依据, 最终导致局部数值的最小化。第二, Learning Vector Quantization 系统, 简称 LVQ 神经网络, 它是由输入层、隐含层和输出层组成的, 神经网络可将输入层和隐含层进行大部分连接, 而在隐含层和输出层之间有着稍微的连接, 其优点在于不必对输入统一化管理, 直接计算出输入向量和竞争之间的长度, 除了应用于模式识别, 还能在优化领域得到应用。第三是人工神经网络, 它是由匹配层面和竞争层面组成的, 匹配层面的样本, 输入模式和样本的匹配相计算, 竞争层通过寻求较大的匹配。优点是速度比较快, 需要的连接次数也不多, 但相对而言不容易编码[2]。

小波分析指的是不稳定、波动的信号, 还是一种特殊形式的波动, 只因为它长度有限, 并且平均值是零。所谓的小波是在时间和频率方面具有紧密性, 且波动的特点是正负交替, 直流方面也是零。

小波分析是处理频信号常用的变量分析方法。对于高频信号, 小波分析的时间窗口自动缩小, 分辨率和时间都比较高; 对于低频信号, 时间窗口自动加宽, 频率分辨率高。在分析信号中的瞬态现象和其它瞬态高频现象时, 小波变换比窗傅里叶变换一种多分辨率分析方法, 能更好地进行近距离观测。

超声波信号在局部放电变压器中传输, 由一个更复杂的探头接收, 是一个时限不稳定的信号。利用小波可以分析出, 传感器收到的信号属于直接路径传播还是复合路径传播。

#### (二) 超声波信号的接收

超声波传感器是一种超声波检测接收器, 用于将局部放电产生的超声波采集到能量转换元件中, 并将超声波转换成一定频率的信号。使用最多的是能量转换元件是压电陶瓷和为不同形状和尺寸的压电陶瓷而设计的晶体, 适用范围比较广, 还能获得宽带响应或带宽共振换能器。最新的灵敏度也更高。该研究表明, 超声波传感器的带宽在 50 千赫兹到千赫兹之间。石油中局部放电的超声波检测相对敏感, 但如果放电发生在气体或石油气体中, 而周围的物质对石油适用, 那么就应该是由于反射层和板材吸收而引起的。它不能被检测到。使用模拟反射弹簧的波导和银提高测量灵敏度。探针最好安装在变压器油中, 缺点是可能会影响本区域的电场分

布。

## 二、变压器局部放电超声波的分析

### (一) 超声波的频谱的分析

变压器局部放电超声波信号产生的频率分布范围比较广,各个频率之间的信号占的比重也各不相同。超声波的信号检测中会出现一些噪声,这些都是不可避免的,例如,散热器风扇、油泵循环噪声等等,这些噪声的强度过大,超过了局部放电超声波的信号,所以要着重了解对超声波频谱的分析。

例如通过对一个 300 千伏的变压器的噪声频谱分析可得出,变压器噪声频率在强的情况下大约为 1.3 千赫兹,弱的情况为 3.55 千赫兹。尤其是在散热器的位置,它的噪声要比别的位置的噪声要大。加起来大约是 13 千赫兹,变压器的噪声频率在 10—50 千赫兹之间。用滤波器之后的噪声有着强度弱,频率分布较广,并且频率之间的波动比较类似,变压器的噪声频率都在 60 千赫兹的范围之内。

由于局部放电和超声信号的随机性,局部放电超声信号的频率基本上随着频谱峰值频率的变化而变化的,但局部放电超声信号的整个频率分布是由放电产生的超声波有两种类型:气泡放电或气体空间放电,其特点是强度均匀,如电极间的油放电。气泡从几米到几百米,以几百千赫到几百千赫的声波频率撞击,其特征是干扰、高脉冲、例如板上的能量放电,更大的声发射光谱和能量集中,主要在 50—300 频段千赫兹可以看出变压器噪声和放电超声信号的频率分布有着较大的区别。从实验和理论相结合可以了解,随着频率平方的质量吸收系数的增加,较高频率的吸收加速了传播过程中的噪声衰减。因此,系统必须利用低频超声信号提供高灵敏度的整体。通过避免振动、噪声等电磁干扰,变压器超声定位系统为了实现超声定位算法,必须对超声频谱进行分析,带宽必须稍宽,而传感器需要 70~300 千赫兹,80 分贝的频率[3]。

### (二) 超声波检测局部放电

超声波扩散到变压器油中后,进入储液罐壁,由固定在储液罐壁上的超声波能量转换元件,可以说是传感器接收。超声波能量转换元件是一个压电传感器。压电式传感器将超声波信号转换为电信号,接着发送到测试仪的信号放大处理单元,然后对它进行分析。有实验显示,变压器接收到的部分电解液辐射的超声频率为 60 千赫兹~300 千赫兹,信号值为 0~80 分贝,低频信号丰富且很高。超声传感器带宽的选择必须避免滞后噪声和机械振动噪声。本地无线电信号的频率聚集大约为 150 千赫兹。快速精准的故障测距不仅可以缩短故障检修时间,还能按照变压器的故障部位确定变压器故障风险的范围。许多研究表明,在实践中很难做到这一点。放电电源的定位,一般是采用电检测技术,而超声波信号检测技术有以下优点,抗干扰能力强,并且几何定位精度高,

所以,局部放电的定位数据还是要用超声波进行收集。对超声波局部放电信号中的混合信号进行处理的主要目的是优化混合信号的处理,主要聚集于信号压缩和降噪方面。信号压缩的基本原理是消除分组因子及其贡献是否减小,除其他有效分组系数外,对超声波局部放电信号检测运用干扰控制措施,超声波局部放电信号采取噪声消除措施,以限制噪音。这些信号是无用的和无效的成分,小型压缩被用来减少数据量并最终优化数据。

超声波是机械振动在弹性介质中的传播,根据声源在介质中的振动方向和传播方向,超声波可分为纵波和横波。波在室内传输过程中,由于天然气的扩散,站场放电的超声波信号可能会丢失,主要损失是波浪固体介质,它是由放电超声波传播到热成型过程中能量转化而引起的能量损失的体系。

### (三) 变压器局部放电超声波产生的机理

局部放电过渡过程中由于负载中和而产生电流脉冲,在脉冲电场力和施加在局部放电周围区域的压力的影响下,放电区域产生高热,导致该区域体积膨胀。放电结束时,局部体积的收缩和循环变化导致介质密封的变化,从而产生大于 20 千赫兹的声波,即变压器在气泡中的超声波局部放电或油中的固体气体中的超声波局部放电。

## 三、超声波信号的特征分析方法

这种和分析法首先要对设备收集到的超声波信号进行预先的解决,通过收集超声波信号的量,可有效转化为超声波信号特征,并进行分析,更好得到超声波的数据。通过研究可知,分析超声波信号用到的特征参考主要有,时间、幅度和振动次数等,它们占用的储存空间小,既有利于超声波信号的分析,也有利于实时监测。

由于超声波信号参数多种多样,不同的参数可以提供关于声源特性的信息,而参数的选择有些主观和随机,因此研究人员和测试条件不同,不同参数选择分析的结果各不相同,导致在分析声源评价时出现更大的误差。这些因素限制了在分析和处理超声波信号使用典型的参数分析方法。除此之外,超声波信号的检测还有独立分量分析、盲源分析等方法<sup>[4]</sup>。

## 结束语

由上可知,变压器在放电过程中,遇到干扰会带来很大的麻烦。如果变压器在局部放电的过程当中,遇到了很强的干扰,会给变压器的运作带来一系列的问题,比如:滤波波段的方法结构比较单一,滤波波段的效果也不是很好,变压器的定位也受到影,通过对这些问题分析,以及对变压器进行改进,并且采用分层式的抑制干扰信息的方式,这样既可以弥补滤波波段的单一结构,又可以保证信号的损失较少。总的来说,变压器局部放电的超声波信号分析对现代科

(下转第 86 页)

(上接第 84 页)

技术应用是非常有利的,它可以改善在变压器运作过程中遇到的一系列问题,进而采取合理的措施,可以达到精确定位,对电力设备可以起到在线监测和状态维护作用<sup>[5]</sup>。

**参考文献**

[1]韩宝国,马驰,李静鹏,王洪富,刘长道,高涛.基于DTCWT与LLE算法的变压器局部放电特高频信号特征参数提取方法[J].电力系统保护与控制,2019,47(20):65-72.

[2]汪佛池,张鹏,臧谦,刘宏亮,高树国,陈志勇.基于有限差分法的变压器局部放电高频信号的传播特性研究[J].高压电

器,2019,55(04):72-81.

[3]张重远,岳浩天,王博闻,刘云鹏,罗世豪.基于相似矩阵盲源分离与卷积神经网络的局部放电超声信号深度学习模式识别方法[J].电网技术,2019,43(06):1900-1907.

[4]刘诣,谢雄杰,罗晓庆,张连星,杜振波.计及信号传输特性的变压器套管末屏高频局部放电信号时频分析方法[J].高电压技术,2020,46(02):594-602.

[5]刘诣,谢雄杰,罗晓庆,张连星,杜振波.计及信号传输特性的变压器套管末屏高频局部放电信号时频分析方法[J/OL].高电压技术:1-10[2020-07-13].