[变压器]

关于电力变压器故障诊断方法的研究

文/江苏电力公司检修分公司司　陆　娴

随着我国的电力系统朝超（特）高压、大容量和全国互联的方向发展，作为电力系统的最重要设备之一，电力变压器的正常运行越来越重要。对变压器常见故障类型和原因进行了阐述；对变压器故障与油中溶解气体的关系进行分析，发现基于DGA的诊断方法是最为有效的故障诊断手段。最后，对目前主流的智能技术进行了解析。

随着产业技术的不断发展，我国的电力系统正在向超（特）高压、大容量、全国互联的方向迈进；变压器是电力系统中最重要且贵重的电气设备之一，其运行状态的安全与否直接关系到整个电力系统的安全性和稳定性。

随着科技的发展和科研投资的不断加大，近年来我国在保证电力系统运行稳定性与可靠性方而取得了长足的进步，但变压器的故障或异常的诊断问题仍未解决。开展变压器故障诊断方法研究，有利于及早暴露变压器的潜伏性故障，降低变压器故障带来的经济损失，对于提高电力系统运行的安全性和可靠性，具有十分重要的意义，是一项很有实用价值的研究课题。

变压器常见故障类型及原因

电力变压器在运行过程中，受到大电流、高电压和外界环境等的作用，变压器的内部结构和线路很有可能发生故障。按发展过程分，分为突发性故障和潜伏性故障；按故障性质分，变压器故障主要有热性故障、电性故障和机械故障，其中机械故障一般也是以热性故障或电性故障的形式表现。

电力变压器的故障发生的可能原因主要包括放电与过热。

变压器故障与油中溶解气体关系

目前的电力变压器大部分都是充油变压器，变压器油在变压器运行中产生的电和热的作用下，部分C－C键和C－H键会断裂，产生新的气体化合物。如表1、表2所示。

表1　热性故障与气体成分关系

故障类型	主要的气体成分	次要的气体成分
油过热	CH_4、C_2H_4	H_2、C_2H_6
油和纸过热	CH_4、C_2H_4、CO、CO_2	H_2、C_2H_6

表2　电性故障与气体成分关系

故障类型	主要的气体成分	次要的气体成分
油中火花放电	C_2H_2、H_2	
油纸局部放电	H_2、CH_4、CO	C_2H_6、CO_2
油中电弧	C_2H_2、H_2	CH_4、C_2H_4、C_2H_6
油和纸中电弧	C_2H_2、H_2、CO、CO_2	CH_4、C_2H_4、C_2H_6

气体分析（Dissolved Gas Analysis, DGA）方法，是根据我国现行的GB/T 7252—2001《变压器油中溶解气体分析和判断导则》，通过对油中溶解气体成分、对应浓度以及变化趋势的分析，可以判断变压器内部是否存在故障，进而区分出故障类型和区域等。

由于油中溶解气体分析方法对充油变压器进行故障诊断的可靠性比较高，已成为国内外诊断

充油变压器故障最为有效的手段。据统计，我国电网中有50%以上的故障变压器是通过该试验结果检查出来的。目前已形成了IEC三比值法、Rogers法、Dornerburg法以及改良三比值法等传统电力变压器故障诊断方法。

智能故障诊断方法

传统DGA方法作为一种简单有效的变压器故障诊断方法，也存在一些固有的缺陷，如果单凭传统DGA方法来诊断变压器故障，很难达到准确的诊断效果。针对传统方法的不足，各种智能技术如人工神经网络、人工免疫算法、遗传算法、模糊推理、专家系统、动态聚类灰关联熵、小波分析和支持向量机等被引入变压器故障诊断中。变压器故障诊断方法流程如图1所示。

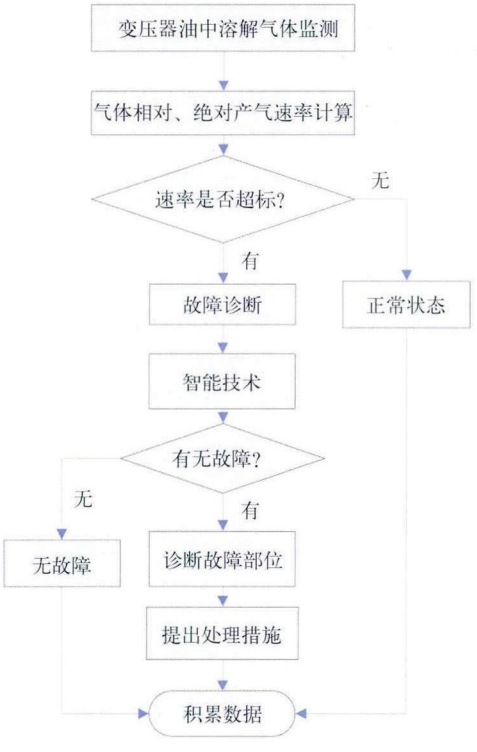

图1　变压器故障诊断方法流程

由于变压器的复杂性、测试手段的局限性，各种方法表现出不同的优缺点。

1．专家系统故障诊断方法

专家系统(Expert System，ES)是发展比较早、比较成熟的一种人工智能技术。专家系统擅长逻辑推理和符号信息处理，它以知识为研究对象，包括知识的获取、表示和利用等。此方法的主要局限性在于知识的获取途径、推理方法过于简单以及知识维护困难。

2．模糊理论故障诊断方法

模糊理论（Fuzzy Theory）是用精确的理论方法来处理过去无法用经典理论表述的模糊事物，它能够解决精确理论所不能解决的在人脑中大量存在的非确定性语义及模糊概念的问题。然而，它主要是凭经验借助于隶属函数进行处理，而目前电力变压器的故障原因、现象与机理之间的内在联系尚未研究清楚，使模糊理论无法有效发挥作用。

3．神经网络故障诊断方法

人工神经网络（Artificial Neural Network，ANN）是一种智能化的数据处理方法，其处理具有非线形关系数据的能力。结构简单,可调整的参数多，训练算法也多，可操作性好，但是也存在着一些缺陷,例如收敛速度太慢,不能保证收敛到全局最小点，网络结构不易稳定等。

4．支持向量机故障诊断方法

支持向量机（Support Vector Machines, SVM）建立在统计理论和结构风险最小化原则的基础上，在理论上充分保证了其良好的泛化能力，具有坚实的理论基础和良好的推广能力。可是支持向量机的规则化参数和核函数参数的确定困难,没有理论依据或有效方法。

5．贝叶斯分类器故障诊断方法

贝叶斯网络分类器是一种以贝叶斯定理为理论基础，基于统计方法的分类模型。贝叶斯分类器具有数学基础严密、简单有效的优点。然而，需要大量样本，且各种输入量之间要求独立是各种贝叶斯分类器诊断方法的致命弱点。

结束语

电力变压器是电力系统重要的输变电设备，变压器故障诊断有助于保证系统运行的安全与稳定。基于油中溶解气体与电力变压器故障之间的联系，利用IEC三比值法、专家系统和支持向量机等方法进行数据分析、信号处理和模式识别，能有效地实现了变压器故障诊断。然而，无论是传统算法，还是智能技术，都存在一定的缺陷。仅依靠一种方法很难准确并有效地实现电力变压器的故障诊断，可以考虑把两种以上算法相结合互补，来提高电力变压器故障诊断的准确性。**EA**

（收稿日期：2015.06.19）
（编辑：刘群点）

www.eaqs.com.cn