

项目名称	基于振动声学的电力变压器状态诊断技术及系统应用
完成人	姜宁, 马宏忠, 王春宁, 李凯, 高昇宇, 陈楷, 陈冰冰, 许洪华, 刘宝稳
完成单位	国网江苏省电力公司南京供电公司, 河海大学, 国网江苏省电力公司电力科学研究院, 国网江苏省电力公司检修分公司
项目简介	<p>本项目属于输变电设备状态监测技术领域。电力变压器是电力系统中最关键设备之一, 直接关系电网的安全稳定运行, 一旦发生故障, 影响范围广、维修周期长, 且费用昂贵, 将造成极大的经济损失和社会影响。因此, 提前检测并发现变压器故障隐患意义重大。</p> <p>本项目依托 2 项国家自然科学基金、1 项国家电网公司科技项目、2 项国网江苏省电力公司科技项目, 研究历时 10 年。项目通过理论分析、建模仿真、试验验证等方式, 研究分析电力变压器故障的振动声学信号特征, 首次系统地提出了基于振动声学的变压器绕组、铁心和有载分接开关等变压器关键部件机械故障早期诊断/预警方法, 研制了基于振动声学、适用于各电压等级的电力变压器故障诊断装置与故障预警系统, 并首次成功应用于 1000kV 变压器实时监测。</p> <p>成果通过了中国电机工程学会组织的科技成果鉴定, 由国内著名变压器和高电压领域专家组成的鉴定委员会一致认为: 研究成果整体达到国际先进水平, 其中在多频率分量的能量和能量比值组合对变压器铁心松动、绕组松动和变形等机械状态诊断方面达到国际领先水平。成果主要技术创新如下:</p> <p>1、创新提出了基于振动信号的变压器铁心松动、绕组松动和变形等状态下的多频率分量故障诊断特征量。2、创新提出了基于振动信号多频率分量综合比值、振动多维相空间轨线图形线面特征量数字化识别技术的电力变压器机械故障早期预警、运行状态与抗短路能力评估方法。3、攻克了变压器铁心松动、绕组松动和变形等故障的定位难题。提出了基于油箱壁振动信号测量的多传感器测点优化布置方案, 实现了变压器铁心松动、绕组松动和变形等内部故障区域定位。4、建立了电力变压器绕组、铁心等典型内部故障模拟试验的平台, 同时采用多变压器互联与暂态冲击负荷抑制的试验技术解决了常规实验室进行电力变压器试验的难题。</p> <p>项目成果具有完全自主知识产权, 核心专利 2015 年获得中国专利优秀奖。项目共申请专利 50 件, 已授权美国专利 1 件、PCT 国际专利 3 件、发明专利 13 件、实用新型专利 16 件; 发表论文 51 篇, 其中 SCI/EI 检索论文 22 篇、中文核心期刊 29 篇。</p> <p>项目研究成果自 2011 年起投入现场应用。先后应用于南京青奥会、国家公祭日等重大保电工作, 受到嘉奖; 故障预警系统对机械故障诊断的准确率达 90%; 成果在江苏省内广泛应用, 并推广到山西、重庆、广东、广西等多个省市, 成功发现变压器故障隐患 25 起, 有效预防重大事故的发生, 产生直接经济效益 27915.2 万元, 大大提高了电网安全可靠, 避免了非正常停电对社会的不良影响, 经济效益和社会效益十分显著。</p> <p>本项目提出的基于振动声学的电气设备故障诊断理论和方法具有较好的普适性, 已成功推广应用于 GIS 机械与绝缘故障、双馈异步发电机内部故障诊断。成果得到英国皇家工程院院士 Sir Michael Sterling 等国际学术界的高度认可和赞誉, 多次受邀在国际会议上发言, 提升了我国该领域国际影响力, 推动了该领域技术发展。</p>

<p>主要知识 产权目录</p>	<p>[1] 发明专利，电力变压器铁芯松动故障诊断与故障初步定位系统及方法，中国，ZL201210193931.9，2014-02-05，1343391，江苏省电力公司南京供电公司、河海大学、国家电网公司、江苏省电力公司，陈楷、王春宁、马宏忠、李凯、吴益明、张赢、刘洪涛、高鹏、陈涛涛</p> <p>[2] 发明专利，力变压器绕组变形故障检测方法及其系统，中国，ZL201210193231.X，2013-10-30，1294093，江苏省电力公司南京供电公司、河海大学、国家电网公司、江苏省电力公司，陈楷、王春宁、马宏忠、耿志慧、李凯、李勇、赵宏飞、陈静民</p> <p>[3] 发明专利，电力变压器有载分接开关切换触头烧损故障诊断及装置，中国，ZL200910034699.2，2011-11-02，856947，江苏省电力公司南京供电公司、河海大学，姜宁、马宏忠、陈伟、王春宁</p> <p>[4] 发明专利，基于平均位移法的变压器绕组松动故障检测方法，中国，ZL201410209762.2，2016-03-09，1978931，国家电网公司、江苏省电力公司、江苏省电力公司南京供电公司、河海大学，李凯、许洪华、王春宁、陈静民、周宇、马宏忠</p> <p>[5] 发明专利，电力变压器绕组匝间短路故障诊断方法，中国，ZL201210194262.7，2015-01-07，1559613，江苏省电力公司南京供电公司、河海大学、国家电网公司、江苏省电力公司，王春宁、陈楷、马宏忠、司小庆、陈冰冰、谢小磊、朱跃光、张赢、时维俊</p> <p>[6] 发明专利，有载分接开关触头过热故障诊断的方法及装置，中国，ZL200910034700.1，2011-12-21，881310，江苏省电力公司南京供电公司、河海大学，姜宁、马宏忠、王春宁、姚华阳</p> <p>[7] 发明专利，电力变压器绕组故障模拟试验方法，中国，ZL201210194725.X，2015-01-07，1559217，江苏省电力公司南京供电公司、河海大学、国家电网公司、江苏省电力公司，马宏忠、鞠平、陈楷、王春宁、耿志慧、张赢、吴益明、赵宏飞、谢小磊、王惠庆</p> <p>[8] 发明专利，一种变压器噪声抑制方法，中国，ZL201410189040.5，2016-03-09，1979744，国家电网公司、江苏省电力公司、江苏省电力公司南京供电公司、河海大学，姜宁、李凯、许洪华、王春宁、陈冰冰、姜鸿羽、马宏忠</p> <p>[9] 发明专利，基于振动信号频谱分析的 GIS 故障诊断系统及方法，中国，ZL201210194724.5，2014-08-27，1471690 江苏省电力公司南京供电公司、河海大学、国家电网公司、江苏省电力公司，陈楷、李凯、王春宁、马宏忠、徐天乐、陈静民、李勇、王春亮、张赢</p> <p>[10]发明专利，A fault diagnosis and preliminary location system and method for transformer core looseness, 美国，14/128,603, 2016-08-02, US00940 4957B2, 江苏省电力公司南京供电公司、河海大学、国家电网公司、江苏省电力公司，陈楷、王春宁、马宏忠、李凯、吴益明、张赢、刘洪涛、高鹏、陈涛涛</p>
----------------------	--

代表性论文论著	<p>[1] 基于振动的电力变压器绕组变形故障诊断新方法/电力系统自动化/马宏忠, 耿志慧, 陈楷, 王春宁, 李凯, 李勇, 复合: 3.758; 综合: 2.428, 2013年 37(8)卷 89-95 页, 2013/4/25</p> <p>[2] 基于振动的变压器铁芯松动判定方法/电力系统自动化/马宏忠, 赵宏飞, 陈楷, 王春宁, 吴益明, 黄朝志, 复合: 3.758, 综合: 2.428, 2013年 37(14)卷 101-106 页, 2013/7/25</p> <p>[3] 电力变压器油箱固有频率测试及其影响分析/电力自动化设备/赵宏飞, 马宏忠, 李凯, 李勇, 黄朝志, 钟钦, 复合: 2.496, 综合: 1.728, 2013年 33(11)卷 165-169 页, 2013/11/10</p> <p>[4] 电力变压器噪声的主动控制/变压器/徐刚, 马宏忠, 陈楷, 王春宁, 复合: 0.958, 综合: 0.823, 2013年 50(5)卷 15-18 页, 2013/05/25</p> <p>[5] 分接开关振动信号 EMD 熵和小波熵的比较/电力系统及其自动化学报/高鹏, 马宏忠, 张惠峰, 陈楷, 王春宁, 复合: 1.340, 综合: 0.796, 2012年 24(4)卷 48-53 页, 2012/08/15</p> <p>[6] 基于振动信号 EMD-HT 时频分析的变压器有载分接开关故障诊断/高压电器/张惠峰, 马宏忠, 陈凯, 王春宁, 高鹏, 复合: 1.186, 综合: 0.948, 2012年 48(1)卷 76-81 页, 2012/01/16</p> <p>[7] 变压器空载振动分析及实测研究/中国电力/张赢, 马宏忠, 陈楷, 复合: 1.557, 综合: 1.233, 2012年 45(5)卷 30-33 页, 2012/05/05</p> <p>[8] The Application of ANN in Fault Diagnosis for Generator Rotor Winding Turn-to-turn Faults./IEEE Power and Energy Society General Meeting / Ma HZ, Ding Y, Ju P, Zhang LM, 2008年 S 1-11 卷 2024-2027 页, 2008/7/20-24</p>
推广应用情况	<p>本项目研究的变压器故障机理、机械性能和抗短路能力评估、故障特征提取技术、振动传感器优化布置及故障定位技术等, 均已成功集成到变压器故障诊断装置与故障预警系统中。这也是首次应用于现场在线运行的基于振动声学的电力变压器故障诊断与故障预警系统。成果填补了多项国内外空白, 引领了故障诊断技术领域中的相关技术发展。成果已在江苏省内推广应用, 已累计安装固定式诊断系统 18 套、便携式诊断系统 14 套, 并率先在江苏盱眙南京特高压变电站 1000kV 变压器上在线运行。系统已推广到山西、重庆、广西、广东等多个省市, 得到了广泛的实际应用。</p>
主要完成任务情况表	<p>1. 姓名: 姜宁, 排名: 1, 行政职务: 副总经理, 技术职称: 正高, 工作单位: 国网江苏省电力公司南京供电公司, 完成单位: 国网江苏省电力公司南京供电公司, 对本项目技术创造性贡献: 课题负责人, 主要负责确定项目总体工作路线、思路流程、理论方法, 对本项目创新点一、二、三、四做出创造性的贡献。</p> <p>2. 姓名: 马宏忠, 排名: 2, 行政职务: 所长, 技术职称: 正高, 工作单位: 河海大学, 完成单位: 河海大学, 对本项目贡献: 主要负责项目理论研究、实验研究、专利申请, 对本项目创新点一、二、三、四做出创造性的贡献。</p> <p>3. 姓名: 王春宁, 排名: 3, 行政职务: 无, 技术职称: 正高, 工作单位: 国网江苏省电力公司南京供电公司, 完成单位: 国网江苏省电力公司南京供电公司, 对本项目贡献: 主要负责确定项目组织、系统调试、专利申请等, 对本项目创新点一、二、三、四做出创造性的贡献。</p> <p>4. 姓名: 李凯, 排名: 4, 行政职务: 运维检修部副主任, 技术职称: 高工, 工作单位: 国网江苏省电力公司南京供电公司, 完成单位: 国网江苏省电</p>

力公司南京供电公司，对本项目贡献：主要负责项目工作方案实施、技术方案的制定，对本项目创新点一、三、四做出创造性的贡献。

5. 姓名：高昇宇，排名：5，行政职务：副总经理，技术职称：高工，工作单位：国网江苏省电力公司南京供电公司，完成单位：国网江苏省电力公司南京供电公司，对本项目贡献：作为项目现场技术研究负责人，主要负责现场技术、实施方案、系统升级等研究，对本项目创新点三、四做出创造性的贡献。

6. 姓名：陈楷，排名：6，行政职务：主任，技术职称：高级工程师（教授），工作单位：国网江苏省电力公司，完成单位：国网江苏省电力公司，对本项目贡献：负责项目总体设计，现场技术研究及系统调试工作，对本项目创新点三、四做出创造性的贡献。

7. 姓名：陈冰冰，排名：7，行政职务：高淳副总经理，技术职称：高工，工作单位：国网江苏省电力公司南京供电公司，完成单位：主要负责确定项目总体工作路线、思路流程、理论方法、组织协调，对于本项目创新点三、四做出创造性的贡献。

8. 姓名：许洪华，排名：8，行政职务无，技术职称：高工，工作单位：国网江苏省电力公司南京供电公司，完成单位：主要负责项目工作方案实施、技术方案的制定、项目核心专利申请等，对于本项目创新点一、三做出创造性的贡献。

9. 姓名：刘宝稳，排名：9，行政职务：无，技术职称：工程师，工作单位：河海大学，完成单位：河海大学，对本项目贡献：主要负责参与确定项目的、技术理论研究、实施方案实施，对本项目创新点一、三做出创造性的贡献。