



谐波诊断

——具有划时代意义的电气设备诊断技术

对电气设备的维修而言，状态修是最佳的维修模式，但也是最难有效实施的。实施状态修维修模式的关键是要能够使用科学的监测、检查、诊断等手段，及时获取、全面掌握电气设备运用状态的数据，对照标准分析、判断电气设备是否正常，在此基础上，才能针对电气设备的不同状态进行相应的预防性维修。被誉为“谐波诊断之父”的日本ATC公司高博先生根据高次谐波的测定原理，研发出的非接触型电气设备诊断器彻底解决了电气设备状态修的两大技术难点——数据获取与数据比对。高博先生的研究成果不仅使电气设备的状态修维修模式能得以有效实施，而且能使技术人员在远离机械设备的情况下对电气设备进行实时跟踪监测，及时发现问题并排除故障。

高次谐波对电气设备的危害是众所周知的事实，如果百度一下“高次谐波”，搜索结果大多都是有关高次谐波的危害及其抑制措施的条目，搜索结果表明，高次谐波是导致电气设备异常、劣化的关键性因素之一。高博先生认为，规律一定能延续下去，能延续下的就一定是规律。针对高次谐波与电气设备异常、劣化之间存在关联性的事实，高博先生倾40余年的精力推动高次谐波的理论研究和工程应用，找出了高次谐波成分变化规律与电气设备异常、劣化程度之间的对应关系。基于高博先生的研究成果，使我们能够通过监测电流所发出的高次谐波，对运行中的电气设备进行故障诊断。为了全面探究高博先生的研究成果，推动电气设备的维修模式由定期修向状态修转变，本刊编辑对高博先生进行了专题采访。

本刊编辑：高博先生，您在日本以及国际上已获得280项发明专利，2005年还被日本文部授予“科学大臣奖”、被日本技术部授予“科学技术奖”，您在高次谐波的研究和应用方面作出了很大贡献，被誉为“谐波诊断之父”，请介绍一下您的谐波诊断思想是如何形成的。

高博：人们之所以尊我为“谐波诊断之父”，可能是

因为我是全球第一个从事谐波诊断理论与应用研究的，目前在谐波诊断领域内的所有发明专利都是由我申请并获得的。1966年我在日本京都大学攻读博士课程时，专门研究电气机械设备，1969年开始研究高次谐波。高次谐波对电气设备是有害的，这是普遍共识，因此，大部分研究人员对于高次谐波的研究方向也普遍集中于如何抑制高次谐波的发生和降低高次谐波的危害方面。我则做

了反向研究，研究电流所发出的高次谐波与电气设备异常、劣化之间的相关性。我的研究结果成为全球首例发现电流所发出的高次谐波与电气设备异常、劣化之间存在着高度相关性的研究，我的论文经日本电气学会三组专家的论证，被评为优秀论文。之后的40多年，我一直从事谐波诊断的理论研究和工程应用工作。

在我30岁时，被韩国延世大学聘为教授，从事谐波诊断的理论研究和教学工作。我还被韩国的弘益大学、日本的同志社大学聘为教授，在日本富士重工做过电子开发部经理。在大量研究和试验的基础上，我在1996年提出了谐波诊断的理论，并在日本政府的大力资助下，成立了自己的研究所。在我和我的学生的推动下，日本在2004年，韩国在2005年相继成立了高次谐波研究会，日本和韩国8所大学成立了高次谐波研究所。在几十年的研究过程中，我们累积的有关高次谐波与电气设备异常、劣化之间相关性的数据超过20万组，其中37200组数据是我们用了10年的时间，定向跟踪了1000台马达、1000台负载、800台变频器而获得的。在2002年，我们成立了日本ATC公司，并基于谐波诊断理论和大量实测数据研发出了非接触型电气设备诊断器，被称为具有划时代意义的电气设备诊断技术，能够准确诊断出电气设备异常部位、劣化程度、劣化原因，并给出维修对策。

本刊编辑：高博先生，请介绍一下谐波诊断技术的原理。

高博：对于人体的健康诊断，所采用的最基本方法是血液检查，对于电气设备的健康诊断，可以采用检测马达和变频器中的电流的方法。电流由发电厂输出时，电流的波形是很有规则的正弦波曲线，在电流通过电容、变压器、变频器等设备后，电流中会出现不需要的高次谐波，这些高次谐波使电流的波形由正波变为歪波。电气设备在发生异常、劣化时，通过电气设备的电流中会有相应的高次谐波，这些高次谐波的波形都具有一定的特征。比如，马达的回转轴、轴承的固定部位有异常、劣化发生时，电流所发出的高次谐波的波形特征是像竖立的菱形；马达线圈的绝缘部位有异常、劣化发生时，电流所发出的高次谐波的波形特征是像横放的菱形。我们通过长年对电流中的高次谐波成分和电气设备异常、劣化状态做详细的调查分析，发现了两者之间的相

关性，建立了数据库，为电气设备异常、劣化的断定提供了事实依据。将非接触型电气设备诊断器所采集的数据与数据库中的数据进行比对，形状相似的可以认同为有相同的异常、劣化发生。我们的数据库具有无止境的自我学习功能，能够持续累积实测数据。

美国波音公司在757飞机的研发中发现，在导致设备损坏的众多因素中，使用时间仅占11%，89%的因素与设备的状态、维修有关。如果设备的维修模式从传统的TBM（基于时间的定期维修）模式变为CDT（基于状态监视技术的状态修）模式，企业就可以根据设备的状态决定是否更换设备，将大大延长设备的使用寿命。谐波诊断技术，是通过电流所发出的高次谐波判断电气设备状态，解决了状态修的监测、检查、诊断等手段问题，同时解决了数据获取与数据比对问题。

本刊编辑：高博先生，请介绍一下谐波诊断技术与现在通用诊断技术比较所具有的优势。

高博：采用谐波诊断技术，设备不需要停机，不影响正常生产；使用非接触型电气设备诊断器是在电气设备电源处测定电流中的高次谐波，因此，技术人员既不与设备接触，又能准确确认故障发生处；对于像轨道交通中的机车车辆等大型、移动的设备，可以实行实时跟踪监测；设备维修可以实现人工智能化，技术人员利用互联网向人工智能服务器传送数据，人工智能系统立即对数据进行分析，并瞬时把分析报告传给用户，用户马上得到诊断结果和所需要的对策提案。

采用谐波诊断技术，企业可以有效地实施状态修维修模式，不仅可以预测故障周期，防止突发性故障的发生，还可以降低企业生产成本32%~48%。因为采用谐波诊断技术，减少了设备的停机时间，提高了设备的运转效率；只需更换故障零部件，延长了设备的更新周期，提高了整机的利用寿命；减少了不必要的设备保养、检查环节，降低材料、工时等费用，节省了维护费。

谐波诊断技术还是一项节能、环保技术，因为，采用谐波诊断技术，延长了设备的更新周期，减少了废弃物的产生；减少突发性故障，减少不良品和废品的发生率。因此，采用谐波诊断技术，不仅能够实现企业利益的最大化，还能实现社会效益最大化。

（本刊编辑 张勇）