



中华人民共和国国家标准化指导性技术文件

GB/Z 43036—2023/IEC TS 60034-32:2016

旋转电机 定子成型绕组端部振动的测量

Rotating electrical machines—Measurement of stator end-winding
vibration at form-wound windings

(IEC TS 60034-32:2016, Rotating electrical machines—
Part 32: Measurement of stator end-winding vibration
at form-wound windings, IDT)

2023-09-07 发布

2024-04-01 实施

国家市场监督管理总局 发布
国家标准化管理委员会

目 次

前言	III
引言	IV
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语、定义和缩略语	1
3.1 术语和定义	1
3.2 缩略语	4
4 定子绕组端部振动的原因及影响	4
5 静止时定子绕组端部结构动力学的测量	5
5.1 概述	5
5.2 试验模态分析	5
5.3 驱动点分析	10
6 运行时绕组端部振动的测量	12
6.1 通则	12
6.2 测量设备	13
6.3 传感器的安装	15
6.4 获取最相关的动态特征	16
6.5 工作振型(ODS)的识别	17
6.6 试验报告的要素	17
6.7 结果解释	18
7 检测结构变化的重复测量	18
7.1 概述	18
7.2 参考测量、运行参数及其可比性	18
7.3 测量项目的选择	20
7.4 电机的状况和历史方面	21
附录 A (资料性) 定子绕组端部振动的背景原因及影响	22
附录 B (资料性) 数据可视化	35
参考文献	45
图 1 汽轮发电机(左)和大型电动机(右)的定子绕组端部采用并联环连接	IV
图 2 接冷却电机的绕组端部结构示例	V
图 3 标注点编号和激励指示的测量结构	8
图 4 简化定子绕组振动的原因效应链及影响运行参数	20
图 A.1 全局振动模态的图示	24

图 A.2	$p=1$ 的旋转力分布示例	28
图 A.3	$p=1$ 的转动运行振动变形波形示例	29
图 A.4	两种不同方向的振动模态(以 $p=1$ 为例)	30
图 A.5	旋转运转振动偏转波(以 $p=1$ 为例)	31
图 A.6	一般情况下的振幅和相位分布	31
图 A.7	用于测量以绕组区域为中心的全局振动水平的传感器	32
图 A.8	用绕组区域中心 6 个等距分布的传感器测量全局振动水平	33
图 A.9	示例——用于测量绕组连接的局部振动水平相对于全局振动水平的传感器位置	34
图 B.1	带点编号和激励标志的测量结构	35
图 B.2	线性试验示例——力信号及其 FRF 方差	36
图 B.3	互易性试验示例——对照 FRFs	36
图 B.4	示例——两个传递函数相同但不同维度的叠加图	37
图 B.5	在一个平面上测量的 4、6 和 8 节点模态振型及固有频率	38
图 B.6	不同观察方向上的典型 4 节点模态振型(定子绕组端部及外部支撑环)	38
图 B.7	示例——动柔度和相干性的幅值及相位运行期间测量	39
图 B.8	2 极, 60 Hz 发电机——加速度计测得的位移随时间变化趋势, 其中 10 个安装在定子绕组端部, 一个安装在定子铁心上	39
图 B.9	2 极, 60 Hz 发电机——绕组端部振动、绕组温度随时间变化趋势, 定子电流恒定	40
图 B.10	2 极, 60 Hz 发电机——绕组端部振动、定子电流随时间变化趋势, 绕组温度恒定	40
图 B.11	2 极, 60 Hz 发电机——在对照运行条件下振动水平变化的示例	41
图 B.12	2 极, 60 Hz 发电机——原始振动信号, 加速度波形	42
图 B.13	2 极, 60 Hz 发电机——FFT 和双积分振动信号, 位移谱	42
图 B.14	2 极, 60 Hz 发电机——位移谱	43
图 B.15	2 极, 60 Hz 发电机——速度谱	43
图 B.16	2 极, 60 Hz 发电机——加速度谱	44
表 1	相关频率范围内最高模态形状的节点数和最小测量位置数	9
表 2	为进一步寻求因果关系的各个方面可能采取的测量工作	20

前 言

本文件按照 GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第 1 部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

本文件等同采用 IEC TS 60034-32:2016《旋转电机 第 32 部分：定子成型绕组端部振动的测量》，文件类型由 IEC 的技术规范调整为我国的指导性技术文件。

本文件做了下列最小限度的编辑性改动：

——为与现有标准协调，将标准名称改为《旋转电机 定子成型绕组端部振动的测量》；

——引言增加了脚注。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由中国电器工业协会提出。

本文件由全国旋转电机标准化技术委员会(SAC/TC 26)归口。

本文件起草单位：上海电机系统节能工程技术研究中心有限公司、安徽省电机产品及零部件质量监督检验中心、东方电气集团东方电机有限公司、山东华力电机集团股份有限公司、青岛天一集团红旗电机有限公司、中车永济电机有限公司、中车株洲电机有限公司、上海电科电机科技有限公司、上海电器设备检测所有限公司、上海电器科学研究院、宁波东力传动设备有限公司、南阳防爆(苏州)特种装备有限公司。

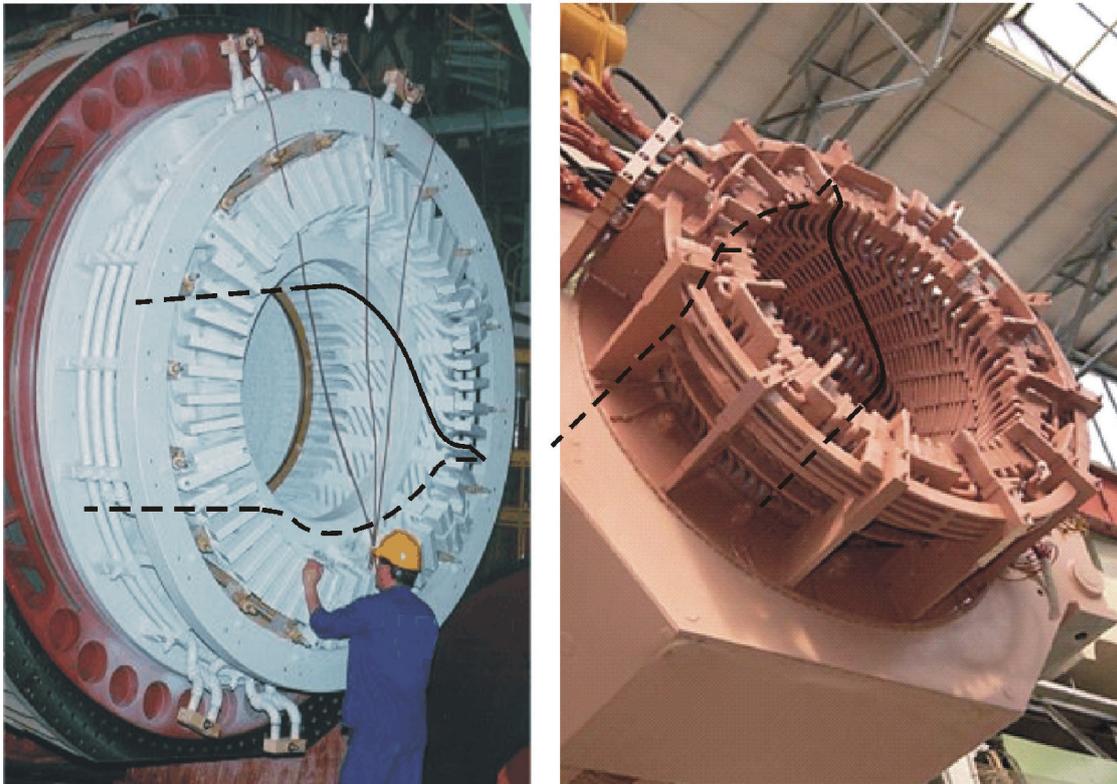
本文件主要起草人：李光耀、赵云峰、王辉、陈昌林、王庆东、刘麟闻、吕咸岳、薛秀慧、杨振中、张小龙、谢春。

引 言

大型交流电机通常采用多相定子绕组结构。本文件针对多相电压(或电流)系统供电且在气隙中建立旋转磁场的双层绕组大型交流电机。运行时,电机的电压和电流会随机械负载发生变动。这类电机通常设计为电动机或发电机模式且采用三相对称绕组。

大型交流旋转电机通常采用由成型线圈(如 IEC 60034-15:2009 中 2.3 所定义)组成的成型绕组。在装配到电机上之前,要对于单根线圈(单根绕组导条)进行整形。

绕组端部是定子绕组伸出铁心的部分,该部分多呈圆锥形结构,如图 1 所示。



注: 单个线圈端部用黑线标识。

图 1 汽轮发电机(左)和大型电动机(右)的定子绕组端部采用并联环连接

采用定子成型绕组的大型交流电机多数会安装定子绕组端部支撑结构。电机在供电系统中发生电气故障(如电网供电线路故障、电子供电装置故障)时,也希望它能承受很高的电磁力负载。在设计定子绕组端部支撑结构时,不仅要增强绕组端部的强度,还要为其提供适当的刚度和惯性,从而系统性地影响结构动力并因此影响运行时的振动水平。

绕组端部通常采用板、环等支撑部件,用垫块来限制绕组端部线圈间的间距,并用紧固件固定住。支撑部件、垫片和紧固件通常采用玻璃纤维、树脂浸渍毡及绑带等典型材料(如图 2 所示)。此外,金属部件周围的高电场会产生影响长期电强度的放电。

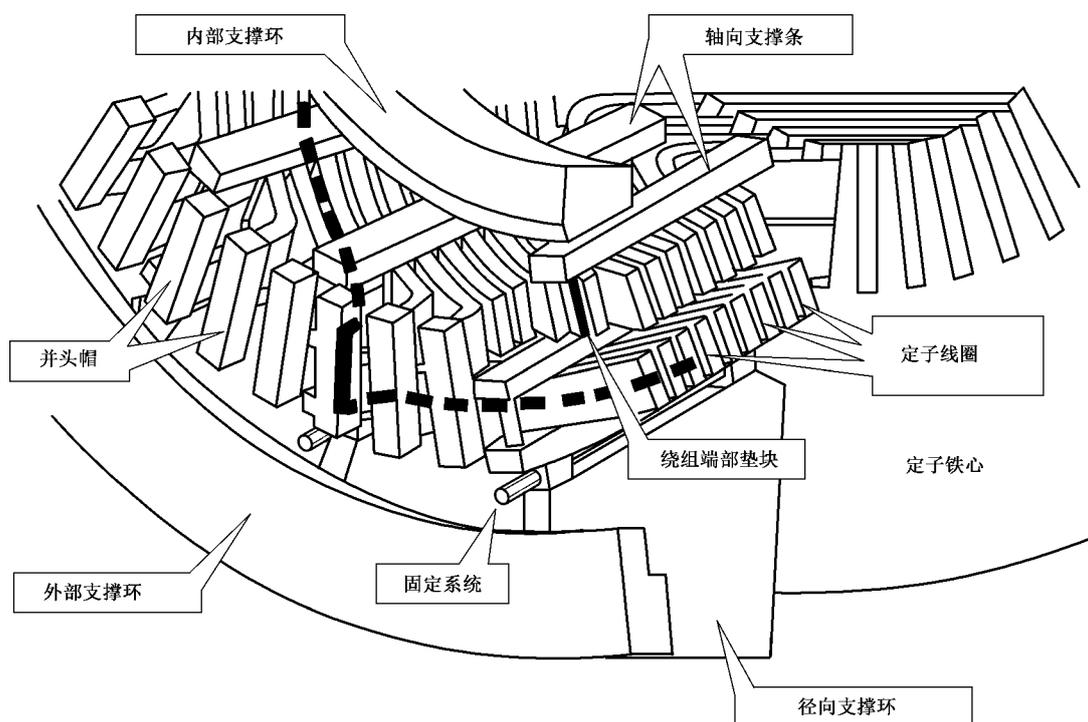


图 2 接冷却电机的绕组端部结构示例

目前还没有整体性的技术规范可用来确定电机静止时的固有频率及运行时的绕组端部振动现象的可靠结果。

定子绕组端部模态试验分析是一种较成熟的方法，已用于世界各大型电机的固有频率及振型的验证工作。该方法的目的是避免电机在运行时，因固有频率的影响导致绕组端部振动加剧。冲击试验是一种测量传递函数、识别结构动态特性的常见测量方法。通常在电机制造、大修检查时应进行定子绕组端部冲击试验。

可通过在绕组端部特定位置安装特殊的振动传感器对运行期间的定子绕组端部进行测量，从而对定子绕组振动现象进行定期测量或永久在线检测。

定子绕组端部固有频率和振动水平的测量方法虽然已经是较为完备的技术，但是对结果的分析与解读仍需要进一步改进和发展。因此，本文件仅作为技术规范而非强制性标准。

旋转电机 定子成型绕组端部振动的测量

1 范围

本文件规定了电机在运行及停机时,定子绕组端部振动测量及报告编写的统一准则。包括:

- 定义了测量、分析和评估定子绕组端部振动及相关结构动力学的术语;
- 为动态特性/结构特性的离线测量及定子绕组端部振动的在线测量提供指导;
- 描述了绕组端部振动检测设备的使用及安装方法;
- 建立了检测结果报告的一般原则;
- 描述了定子绕组端部振动的理论背景。

本文件适用于:

- 额定输出为 150 MVA 及以上的且由蒸汽轮机或燃气轮机驱动的三相同步发电机;
- 额定输出为 30 MW 及以上的三相直接并网同步电动机。

本文件仅描述了 2 极、4 极电机的测量程序。对于额定值低于本文件规定的电机,供求双方可针对是否采用本文件中的测量方法达成共识。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中,注日期的引用文件,仅该日期对应的版本适用于本文件;不注日期的引用文件,其最新版本(包括所有的修改单)适用于本文件。

ISO 18431-1 机械振动与冲击 信号处理 第 1 部分:总体介绍(Mechanical vibration and shock—Signal processing—Part 1:General introduction)

注:GB/T 29716.1—2013 机械振动与冲击 信号处理 第 1 部分:引论(ISO 18431-1:2005, IDT)

ISO 18431-2 机械振动与冲击 信号处理 第 2 部分:傅里叶变换分析的时域窗(Mechanical vibration and shock—Signal processing—Part 2:Time domain windows for Fourier transform analysis)

注:GB/T 29716.2—2018 机械振动与冲击 信号处理 第 2 部分:傅里叶变换分析的时域窗(ISO 18431-2:2004, IDT)

IEC 60034-1 旋转电机 第 1 部分:定额和性能(Rotating electrical machines—Part 1:Rating and performance)

注:GB/T 755—2019 旋转电机 定额和性能(IEC 60034-1:2017, IDT)

IEC 60034-15 旋转电机 第 15 部分:交流旋转电机定子成型绕组冲击电压耐压水平(Rotating electrical machines—Part 15:Impulse voltage withstand levels of form-wound stator coils for rotating a.c.machines)

注:GB/T 22715—2016 旋转交流电机定子成型线圈耐冲击电压水平(IEC 60034-15:2009, IDT)

IEC 60079(所有部分) 爆炸性环境(Explosive atmospheres)

注:GB/T 3836(所有部分) 爆炸性环境[IEC 60079(所有部分)]

3 术语、定义和缩略语

3.1 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。