

T/CWDPA

团 体 标 准

T/CWDPA XXXX—2026

输变电变压器抗振动降噪设计技术规范

Technical specification for anti-vibration and noise reduction design of power
transmission and transformation transformers

（征求意见稿）

XXXX-XX-XX 发布

XXXX-XX-XX 实施

中国西部开发促进会 发 布

目 次

前 言 III

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 1

4 总体设计要求 1

 4.1 设计原则 1

 4.2 设计输入 1

 4.3 设计目标 2

 4.4 固有频率控制 2

 4.5 综合协调要求 2

5 变压器本体减振降噪设计 2

 5.1 铁芯减振降噪 2

 5.2 绕组与引线减振降噪 2

 5.3 油箱及结构件减振降噪 3

6 辅助系统减振降噪设计 3

 6.1 冷却系统减振降噪 3

 6.2 附属装置减振降噪 3

7 基础与安装减振设计 4

 7.1 基础设计要求 4

 7.2 隔振装置设计 4

 7.3 安装工艺要求 4

8 仿真分析与设计验证 4

 8.1 模态分析 4

 8.2 振动与噪声预测 4

 8.3 样机试验验证 5

 8.4 设计闭环与文件 5

9 技术文件 5

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。

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。

本文件由中国西部开发促进会提出。

本文件由中国西部开发促进会归口。

本文件起草单位：。

本文件主要起草人：。

输变电变压器抗振动降噪设计技术规范

1 范围

本文件规定了输变电工程用电力变压器抗振动、低噪声设计的术语和定义、总体设计要求、变压器本体减振降噪设计、辅助系统减振降噪设计、辅助系统减振降噪设计、基础与安装减振设计、仿真分析与试验验证、技术文件等内容。
本文件适用于电力变压器的抗振动降噪设计。

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。

GB/T 1094.1 电力变压器 第1部分：总则
GB/T 1094.10 电力变压器 第10部分：声级测定
GB 50260 电力设施抗震设计规范

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

变压器本体振动 transformer body vibration

变压器在额定工况、负载波动及电网扰动条件下，由铁芯磁致伸缩、绕组电磁力、油液脉动引发的本体结构周期性振动。

3.2

变压器稳态噪声 transformer steady-state noise

变压器正常运行工况下，本体及辅助设备持续辐射的空气噪声，主要包含铁芯噪声、绕组噪声、冷却系统噪声及结构共振噪声。

3.3

抗振动降噪设计 anti-vibration noise reduction design

通过结构优化、材料选型、阻尼约束、隔振降噪、共振规避等技术手段，降低变压器振动幅值、抑制噪声辐射、规避共振风险的专项工程设计。

4 总体设计要求

4.1 设计原则

变压器的减振降噪设计应遵循“源头控制、路径阻断、末端防护”的原则，在设计阶段统筹考虑铁芯、绕组、油箱及附件的振动源特性，与安装基础、运行环境及噪声限值协调匹配，实现技术可行与经济合理。

4.2 设计输入

设计输入应包括：额定容量、电压等级、运行工况、安装场所（户内或户外）、周边环境噪声敏感点分布，以及合同或项目提出的噪声与振动限值要求。

4.3 设计目标

4.3.1 变压器正常运行时距本体规定距离处的声压级及箱体表面振动速度限值，应符合本文件第4章的规定；设计目标应在限值基础上预留不小于2 dB(A)的裕度。

4.3.2 减振降噪设计应覆盖变压器全寿命周期内的各种工况，包括空载、额定负载及过载运行状态。

4.4 固有频率控制

应对变压器各主要部件（铁芯、绕组、油箱、散热器、附件等）的固有频率进行核算，避免与50 Hz及其整数倍激励频率、特别是100 Hz基频发生共振。

4.5 综合协调要求

4.5.1 减振降噪措施不得降低变压器的绝缘性能、散热能力、机械强度和短路耐受能力等基本性能。

4.5.2 所选措施应便于制造、装配、运输、安装及运行维护，避免因附加装置增加运行风险或维护负担。

5 变压器本体减振降噪设计

5.1 铁芯减振降噪

5.1.1 材料选型

应选用磁致伸缩系数小、导磁性能优良的取向硅钢片；在设计允许范围内宜适当降低铁芯工作磁密，以减小磁致伸缩。

5.1.2 叠片工艺

铁芯接缝宜采用45°斜接缝、步进叠片等工艺，减小接缝处磁阻突变；叠片间隙不宜大于0.1 mm，同层接缝错位距离不小于5mm，降低接缝处的局部振动与噪声。

5.1.3 夹紧系统

5.1.3.1 铁芯夹紧力应均匀、可靠，夹件、拉板等结构应具有足够刚度，并采取防松措施，防止运行中叠片松动放大振动。

5.1.3.2 铁芯级间采用环氧粘带绑扎，铁轭采用高强度低磁拉板与夹件紧固，铁芯端面单位面积夹紧力控制在 $1.0\text{N}/\text{mm}^2 \sim 1.5\text{N}/\text{mm}^2$ ；夹紧部位设置防松结构，防止运行中叠片松动加剧振动。

5.1.4 隔振缓冲

铁芯与夹件、夹件与油箱之间设置弹性缓冲垫，采用丁腈橡胶或硅橡胶材料，硬度邵氏A50~60，厚度不小于5mm，阻断铁芯振动向夹件与油箱结构的传递路径。

5.2 绕组与引线减振降噪

5.2.1 绕组紧固

绕组应采用可靠的轴向与径向紧固结构，段间设置高密度绝缘垫块，端部采用压圈与撑条均匀压紧，保证绕组整体刚度；短路工况下绕组变形量应满足GB/T 1094.1中的相关要求，避免绕组松动引发附加振动与噪声。

5.2.2 电磁力优化

低压大电流绕组应优化导线排布与换位方式，降低漏磁畸变与径向电磁力波动；平衡安匝分布，减小轴向电动力，从源头降低绕组振动激励。

5.2.3 引线固定

引线采用绝缘夹持结构固定，固定间距不大于500mm；引线油箱壁、夹件之间保持足够安全距离，避免电力作用下引线摆动引发碰撞与振动噪声。

5.3 油箱及结构件减振降噪

5.3.1 刚度优化

油箱应采用足够厚度的钢板制作，箱壁设置横向与纵向加强筋，提升油箱整体刚度；加强筋间距与截面尺寸通过模态计算优化，避免油箱壁在 100Hz 激励下发生共振。

5.3.2 密封与连接

油箱箱沿采用连续密封焊接结构，连接螺栓均匀紧固，紧固力矩符合设计要求，防止箱沿振动引发二次噪声辐射；箱盖与器身之间设置定位销，限制相对位移。

5.3.3 阻尼处理

对噪声要求严格的变压器，可在油箱壁内侧粘贴高阻尼材料，阻尼层厚度不小于3mm，材料损耗因子不小于0.3，抑制箱壁振动幅值，降低噪声辐射效率。

6 辅助系统减振降噪设计

6.1 冷却系统减振降噪

6.1.1 设备选型

6.1.1.1 冷却风机、油泵等旋转附件应选用低噪声型设备，并对其振动传递路径设置橡胶隔振器或弹簧隔振器。

6.1.1.2 冷却器、散热片与油箱之间的连接应采用柔性接头或波纹管，避免流体冲击和机械振动的刚性传递。

6.1.2 隔振连接

冷却设备安装底座应设置橡胶隔振器或弹簧阻尼隔振器，隔振效率应不小于80%；油泵进出口应采用耐油橡胶软接头，风机与风筒之间采用柔性帆布连接，阻断振动向油箱与散热器的传递。

6.1.3 散热器连接

散热器与油箱之间应采用波纹管或柔性法兰连接，补偿安装偏差与热位移，避免流体脉动与机械振动的刚性传递；散热器设置独立支撑结构，不应将全部载荷传递至油箱箱体。

6.1.4 运行调节

冷却系统应具备变频调速功能，根据变压器油温与负载率自动调节风机转速与油泵流量，在低负载工况下降低冷却系统运行噪声，实现负载自适应降噪。

6.2 附属装置减振降噪

6.2.1 部件安装

6.2.1.1 各附件连接螺栓应可靠紧固并采取防松措施；附件安装不得与箱体或本体形成刚性耦合而放大振动。

6.2.1.2 套管、压力释放装置、油位计等附属部件的安装，应与本体保持良好密封并避免形成额外的振动激励源。

6.2.2 操作机构减振

有载分接开关操作机构底座设置减振垫，切换动作的冲击振动不应引发箱体附加振动与异响；机构传动部件润滑良好，避免卡滞与冲击噪声。

6.2.3 紧固件防松

各附件连接螺栓应采用防松螺母或双叠自锁防松垫圈，紧固力矩符合设计要求，防止运行中松动产生异常振动与噪声。

7 基础与安装减振设计

7.1 基础设计要求

7.1.1 刚度与强度

变压器与安装基础之间应设置减振装置，变压器安装基础应坚实平整，基础承载力与刚度应满足设备重量及短路电动力、地震作用下的强度要求，抗震设计应符合GB 50260的相关规定。基础应平整、坚实，安装应保证水平度要求，避免附加振动。

7.1.2 避频设计

基础自身固有频率应避开变压器100Hz主激励频率，错开率不小于20%；户内安装时，基础与楼板之间宜设置减振垫层，避免变压器振动向建筑结构传递引发结构传声。

7.2 隔振装置设计

7.2.1 性能要求

对于噪声振动要求严格的场所，变压器与基础之间应设置隔振系统。其固有频率宜低于变压器主激励频率的 $\frac{1}{\sqrt{2}}$ ，并避开变压器整体固有频率。

7.2.2 装置选型

隔振器可根据载荷与环境要求选用橡胶隔振器、弹簧阻尼隔振器或复合隔振器；装置应具备足够的承载力、抗疲劳性能与耐候性，在变压器全寿命周期内性能衰减不大于10%。

7.2.3 限位与安全

隔振装置应均匀布置，单台承载偏差不大于5%，保证变压器水平度与稳定性；同时设置横向与竖向限位装置，防止短路冲击或地震工况下变压器发生过大位移与倾覆。

7.3 安装工艺要求

7.3.1 水平度控制

变压器安装时应调整整体水平度，油箱顶面倾斜度不大于1%，避免偏载导致隔振装置受力不均，影响减振效果与设备安全。

7.3.2 外部管线连接

与变压器连接的母线、油管、水管、电缆等外部管线应采用柔性连接或设置伸缩节，不得形成刚性约束削弱隔振效果，避免振动通过管线向外传递。

7.3.3 安装后检验

安装完成后应对隔振装置进行载荷均匀性检验与预振动测试，验证减振性能应符合设计要求。

8 仿真分析与设计验证

8.1 模态分析

应采用有限元等方法对变压器本体及附件进行模态分析，识别固有频率与振型，校核与100 Hz激励频率的错开情况，对可能共振部位进行结构优化。

8.2 振动与噪声预测

应开展铁芯磁致伸缩、绕组电磁力及结构振动的耦合仿真,预测油箱表面振动响应与辐射噪声水平,验证其是否满足设计目标。

8.3 样机试验验证

8.3.1 样机应按本标准规定的方法进行振动和噪声测试,验证实际声压级与振动速度是否满足限值要求。

8.3.2 实测结果与仿真预测偏差较大时,应分析偏差原因并优化设计方案后重新验证。

8.4 设计闭环与文件

设计验证应形成完整的仿真分析报告和试验报告,作为型式试验及出厂验收的依据,并与设计文件一并归档保存,实现“设计-仿真-试验-优化”的闭环管理。

9 技术文件

设计完成后应提交完整的抗振动降噪设计技术文件,包括:

- a) 设计计算书:包括固有频率计算、振动强度校核、隔振参数计算;
 - b) 仿真分析报告:包括模态分析报告、振动响应仿真报告、噪声辐射仿真报告;
 - c) 试验报告:包括振动试验报告、噪声试验报告;
 - d) 运维文件:包括减振装置安装说明、运行维护要求与检修规程。
-