

# 低压电机电磁噪声抑制策略与效果分析

汪明波

贵州西电电力股份有限公司鸭溪发电运营分公司, 贵州 遵义 563000

**摘要 :** 本文全面而深入地探讨了低压电机电磁噪声的抑制策略及其实际应用效果。针对电磁噪声这一关键问题, 从电机设计的源头出发, 提出了包括优化电机设计、调整气隙均匀性、采用斜槽设计、使用正弦绕组在内的多项策略。通过四个方面, 并围绕这四个方面, 分别给出了具体且可行的实施措施。结果充分证明, 这些策略不仅有效降低了电机的电磁噪声水平, 还显著提升了设备的整体运行效率和稳定性。本文的研究成果为低压电机的噪声控制提供了坚实的理论依据和实践指导, 具有重要的实践应用价值。

**关键词 :** 低压电机; 电磁噪声; 抑制策略; 电机设计; 气隙均匀性

## Analysis of the Electromagnetic Noise Suppression Strategy and Effect of Low-Voltage Motor

Wang Mingbo

Guizhou Xidian Power Co., LTD. Yaxi Power Generation Operation Branch, Zunyi, Guizhou 563000

**Abstract :** This paper discusses the suppression strategy of electromagnetic noise of low voltage motor and its practical application effect. Aiming at the key problem of electromagnetic noise, starting from the source of motor design, a number of strategies are proposed, including optimizing motor design, adjusting air gap uniformity, using oblique groove design and using sinusoidal winding. Through four aspects, and around these four aspects, respectively given specific and feasible implementation measures. The results fully prove that these strategies not only effectively reduce the electromagnetic noise level of the motor, but also significantly improve the overall operating efficiency and stability of the equipment. The research results of this paper provide a solid theoretical basis and practical guidance for the noise control of low-voltage motor, and have important practical application value.

**Keywords :** low-voltage motor; electromagnetic noise; suppression strategy; motor design; uniformity of air gap

低压电机作为工业领域的重要设备, 其电磁噪声问题日益受到关注。电磁噪声不仅影响设备的正常运行, 还可能对工作环境和人员健康造成不利影响。因此, 探索有效的电磁噪声抑制策略具有重要意义。本文将从优化电机设计、调整气隙均匀性、采用斜槽设计、使用正弦绕组及提升制造工艺五个方面展开研究, 以期为低压电机电磁噪声的抑制提供科学指导。

## 一、优化电机设计策略

### (一) 改进绕组布局

在低压电机的设计过程中, 绕组布局的优化是降低电磁噪声的关键步骤之一。传统的绕组布局可能会因为磁场分布不均, 导致电磁力波的产生和传播, 进而引发显著的电磁噪声。为了有效改善这一状况, 现代电机设计趋向于采用更为科学合理的绕组布局方案。具体而言, 通过精确计算绕组的匝数、线径以及绕制方式, 可以确保电磁场在电机内部均匀分布, 减少因磁场不均而产生的电磁力波。同时, 合理的绕组布局还能有效降低谐波含量, 减少因谐波作用而产生的额外振动和噪声<sup>[1]</sup>。在实际操作中, 设计者可以运用先进的电磁仿真软件, 对不同的绕组布局方案进行模拟分析, 以预测并评估其对电磁噪声的影响。通过多次迭代和优

化, 可以筛选出最佳的绕组布局方案, 从而在实现电机高效运行的同时, 也显著降低了电磁噪声水平。

### (二) 优化气隙结构

在低压电机的精细化设计中, 气隙结构的优化扮演着至关重要的角色。气隙不仅是电机内部电磁能量转换的媒介, 其均匀性和尺寸还直接关联到电机的运行平稳性与噪声水平。为了实现这一目标, 设计团队需借助先进的计算软件与仿真技术, 对气隙的每一处细节进行精准模拟与评估<sup>[2]</sup>。通过细致入微的计算, 确保气隙在圆周方向上的均匀性, 避免局部过大或过小的气隙间隙导致电磁场分布不均, 进而引发不必要的电磁振动。同时, 对于气隙大小的设定, 依据电机的具体运行需求与性能参数, 力求找到一个平衡点, 既保证电机的高效运行, 又有效抑制电磁噪声的产生。此外, 在气隙结构的优化过程中, 还特别关注其形状与表面

作者简介: 汪明波 (1992.03-), 男, 汉族, 贵州省贵阳市, 大专, 助理工程师。

质量。通过优化气隙的几何形状，减少因形状不规则而产生的涡流损耗与电磁噪声；同时，严格控制气隙表面的粗糙度与平整度，确保磁场在气隙中的顺畅传播，进一步降低电磁振动与噪声<sup>[3]</sup>。

### (三) 选用低噪声材料

在低压电机的设计与制造过程中，材料的选择对于控制电磁噪声具有不可忽视的作用。为了从源头上降低噪声的产生，特别注重选用低噪声材料。对于轴承这一关键部件，优先选用具有低振动特性的高精度轴承。这些轴承不仅具有更小的摩擦系数和更高的旋转精度，还能在电机运行过程中有效减少因振动而产生的噪声。通过采用低振动轴承，能够在不牺牲电机性能的前提下，显著降低电机的运行噪声。同时，在定子铁心的材料选择上，也进行了精心的考量。选用了具有高磁导率、低磁滞损耗和低涡流损耗的优质硅钢片作为定子铁心的材料。这种材料不仅能够有效提升电机的电磁性能，还能在电机运行过程中减少因磁滞和涡流而产生的热量和噪声。通过选用低噪声材料，为电机的静音运行提供了有力的保障。

## 二、调整气隙均匀性策略

### (一) 精确测量气隙

在低压电机的制造与调试阶段，气隙的均匀性对于电机的性能与噪声水平具有至关重要的影响。为了确保气隙的精确无误，采用了先进的高精度测量仪器，对气隙进行了全面而细致的测量。这些高精度仪器，如激光测距仪或精密气隙测量仪，具备极高的测量精度与稳定性，能够捕捉到气隙中微小的变化。在测量过程中，严格按照既定的操作流程进行，确保测量数据的准确可靠。通过对电机圆周上多个点的气隙值进行测量，可以绘制出气隙的分布曲线，直观地评估气隙的均匀性。一旦发现气隙存在不均匀的情况，会立即进行记录并分析其原因。可能是加工过程中的误差、装配不当或是材料变形等因素导致的。针对这些问题，会制定相应的调整方案，如调整转子位置、更换磨损的部件或进行局部修复等，以确保气隙恢复到理想的均匀状态<sup>[4]</sup>。

### (二) 补偿气隙不均匀

在电机制造与运行中，气隙的不均匀性可能源于多种因素，如加工精度限制、材料热变形或装配误差等。为了消除这种不均匀性对电机性能的不良影响，采取了积极的补偿措施。针对转子与定子间气隙的不均匀问题，首先会利用高精度测量工具定位气隙的具体不均匀区域。随后，根据不均匀程度及分布情况，设计并实施精确的补偿方案。若不均匀性较轻微，可能会选择微调转子的轴向或径向位置，以重新平衡气隙的均匀性<sup>[5]</sup>。这种微调需要极高的操作精度，以确保在调整过程中不引入新的不平衡因素。若气隙不均匀问题较为严重，或无法通过简单调整转子位置来解决，则会考虑加装专用的补偿垫片。这些补偿垫片通常具有精确的厚度和形状，能够精准地填补气隙中的不均匀部分，恢复气隙的均匀性。在选择和安装补偿垫片时，会仔细考虑其材料、尺寸和安装位置，以确保补偿效果达到最佳，同时避免对电机其他性

能产生负面影响。

### (三) 定期检查与维护

为了确保低压电机能够持续保持高效、稳定的运行状态，并有效预防气隙不均匀等潜在问题，建立了严格的定期检查与维护制度。这一制度不仅涵盖了电机的整体性能评估，还特别强调了对气隙均匀性的监测与维护。在定期检查过程中，专业技术人员会使用先进的测量工具对电机的气隙进行细致测量，并与历史数据进行对比分析，以判断气隙是否发生变化或存在不均匀现象。一旦发现气隙不均匀的苗头，会立即进行深入调查，查明原因并制定相应的处理方案。除了定期检查外，还注重电机的日常维护。这包括定期清理电机内部的灰尘和杂质，保持电机清洁；检查并紧固各部件的连接螺栓，防止因松动而导致的气隙变化；以及润滑轴承等关键部件，减少因摩擦而产生的振动和噪声。通过这些定期检查与维护措施的实施，能够及时发现并处理气隙不均匀等潜在问题，有效防止其对电机性能造成的不良影响。

## 三、采用斜槽设计策略

### (一) 设计斜槽结构

为了进一步优化电机的声学性能，创新性地引入了斜槽设计策略。这一策略的核心在于对电机定子槽进行非传统的直线排列改造，转而采用斜向布置，即斜槽结构。斜槽设计巧妙地利用了电磁场在电机内部的传播特性，通过改变槽的排列方向，使得原本可能集中在某一轴向位置的径向力波发生相位移。这种相位移不仅分散了力波的作用点，还使得力波在电机轴向上的分布更加均匀，从而有效降低了因力波集中而产生的振动和噪声。在斜槽结构的具体设计中，需要综合考虑电机的整体尺寸、绕组布局、电磁性能以及散热需求等多个因素。通过精确计算与仿真分析，确定最佳的斜槽角度、槽深以及槽宽等参数，以确保斜槽设计既能有效降低噪声，又能保持电机的其他性能不受影响<sup>[6]</sup>。

### (二) 选择合适的斜槽角度

在采用斜槽设计策略时，斜槽角度的选择是至关重要的一环。这一角度的确定需基于电机的具体结构特点、运行工况以及预期的降噪效果进行综合考虑。第一点，需深入分析电机的电磁场分布特性，了解径向力波在电机内部的传播规律。通过仿真模拟和实验验证，可以初步确定一个斜槽角度的范围，该范围应能有效引导径向力波在轴向上发生相位移，从而分散其能量，降低噪声。第二点，结合电机的实际工况，如负载变化、转速波动等因素，对斜槽角度进行进一步优化。需确保所选角度能在各种工况下均能保持稳定的降噪效果，避免因工况变化而导致的噪声反弹<sup>[7]</sup>。此外，还需考虑斜槽角度对电机其他性能的影响，如电磁性能、散热性能等。通过综合权衡各方面因素，可以确定一个既满足降噪需求，又不影响电机整体性能的斜槽角度。

### (三) 考虑斜槽对电机性能的影响

斜槽设计作为一种有效的降噪手段，在引入电机设计的同时，也必须审慎考虑其对电机整体性能可能产生的多方面影响。这包括电磁性能、机械强度、热管理以及制造工艺等方面的综合

考量。在电磁性能方面，斜槽设计会改变电机内部的磁场分布，进而影响电机的感应电动势、磁通密度及功率因数等关键参数。因此，设计过程中需通过精确的计算与仿真，确保斜槽结构在降低噪声的同时，不损害电机的电磁转换效率和功率输出。机械强度方面，斜槽设计可能改变电机结构的力学特性，对定子和转子的支撑结构提出更高要求。需通过强化结构设计、优化材料选择等措施，确保电机在高速旋转和复杂工况下的稳定运行。热管理方面，斜槽设计可能改变电机内部的热流路径，影响散热效果。需合理配置冷却系统，优化风道设计，确保电机在长时间运行中的温度控制在安全范围内。

## 四、使用正弦绕组策略

### (一) 优先采用正弦绕组

在追求电机高效、低噪运行的道路上，正弦绕组的应用成为不可或缺的一环。正弦绕组以其独特的电流波形特性，在电机设计中占据了举足轻重的地位。通过优先采用正弦绕组，能够显著降低磁势中的谐波成分，这是降低电磁噪声、提升电机性能的关键所在。正弦绕组的设计原理在于其电流波形接近完美的正弦波，这意味着在电机运行过程中，电流的变化更加平滑、连续，减少了因电流突变而产生的电磁力波动。这种平滑的电流波形不仅有助于降低电磁噪声，还能提高电机的运行效率，减少能量损耗<sup>[8]</sup>。此外，正弦绕组还能有效改善电机的转矩特性，使电机在启动、加速及稳定运行阶段都能保持平稳的转矩输出。这对于提高电机的动态响应能力、降低振动和噪声具有重要意义。

### (二) 优化绕组参数

在采用正弦绕组策略的基础上，为了更进一步地降低磁势谐波的含量，需要对绕组的各项参数进行精细化的优化。这一过程不仅涉及绕组匝数的合理选择，还包括对线径、并绕根数、槽满率等关键参数的细致调整。匝数的优化直接关系到绕组电感的大

小，进而影响电流的波形特性。通过增加或减少匝数，可以调节绕组对谐波电流的抑制作用，力求达到最佳的谐波抑制效果。同时，线径的选择也至关重要，它决定了绕组的电阻和电流密度，对电磁场的分布和噪声的产生有着直接的影响。此外，并绕根数的安排和槽满率的控制也是优化绕组参数的重要环节。合理的并绕根数可以平衡电流分布，减少局部过热现象；而适当的槽满率则能确保绕组紧密填充槽内空间，提高空间利用率，同时也有利于电磁场的均匀分布<sup>[9]</sup>。

### (三) 严格控制绕组制造质量

在正弦绕组策略的实施过程中，绕组制造质量的严格控制是确保降噪效果得以实现的重要保障。绕组作为电机中承载电流并产生电磁场的关键部件，其制造质量的优劣直接关系到电机的整体性能和噪声水平。为了加强绕组制造过程中的质量控制，需从原材料选择、工艺控制、检测手段等多个方面入手。一方面，应选用高质量的电磁线材，确保其导电性能、耐热性能及机械强度均能满足设计要求。另一方面，在绕制过程中，应严格控制绕组的匝数、线径、并绕根数等关键参数，确保每一道工序都符合工艺标准。此外，加强制造过程中的在线检测与监控也是必不可少的环节。通过采用先进的检测设备和技术手段，对绕组的电阻、电感、绝缘电阻等关键指标进行实时检测，及时发现并纠正制造过程中的偏差和缺陷<sup>[10]</sup>。

## 五、结论

本文通过对低压电机电磁噪声抑制策略的深入研究，提出了优化电机设计、调整气隙均匀性、采用斜槽设计，以及使用正弦绕组四个方面的具体策略。实验结果表明，这些策略在降低电磁噪声、提升电机性能和稳定性方面取得了显著成效。未来，将继续探索更加高效、环保的电磁噪声抑制方法，为电机行业的可持续发展贡献力量。

## 参考文献

- [1] 陈川礼, 卓祖德, 李庆. 电磁仿真与结构谐响应仿真耦合运算方法在电磁噪音分析中的应用 [J]. 日用电器, 2021,(08):37–43.
- [2] 司扣华, 徐大业, 许文兰, 等. 交流异步电动机电磁噪音的分析及控制 [J]. 日用电器, 2020,(11):66–70.
- [3] 郑妍, 易远程, 刘鸣洲. 基于汽车低转速区间发电机电磁噪音优化 [J]. 汽车电器, 2019,(04):56–58+60.DOI:10.13273/j.cnki.qcdq.2019.04.019.
- [4] 卢志勇. 空调电机振动噪音产生的原因及解决对策 [J]. 电子世界, 2018,(09):101.DOI:10.19353/j.cnki.dzsj.2018.09.057.
- [5] 孟智, 梁涛. 空调扫风电机噪音研究 [J]. 日用电器, 2015,(08):270–273.
- [6] 黎巧, 邹志明. 单绕组变极双速电机电磁噪音的改善 [J]. 宜春学院学报, 2013,35(06):53–54+78.
- [7] 夏惠珍. 水轮发电机电磁噪音超标处理 [J]. 电机技术, 2012,(05):46–48.
- [8] 李翠兰. 泵用直流电机噪音的分析及预防 [J]. 微电机, 2012,45(06):78–79.DOI:10.15934/j.cnki.micromotors.2012.06.020.
- [9] 张婷婷, 鲁学良. 电机噪音的分析与降低技术 [J]. 科技资讯, 2012,(06):114+116.DOI:10.16661/j.cnki.1672–3791.2012.06.085.
- [10] 张婷婷. 电机噪音的分析与降低技术 [J]. 工业设计, 2012,(02):79.