

定子部件扩展设计对电子水泵效率及噪声特性的影响机制

沈舟

盈智热管理科技(嘉兴)有限公司 314200

【摘要】电子水泵作为新能源汽车热管理系统核心零部件,其运行效率与噪声特性直接影响整车使用能耗和舒适性,定子部件作为电子水泵的核心构成单元,其扩展设计方案对产品整体运行性能具有决定性影响。本文以客户需求和产品性能为导向,系统探讨定子部件扩展设计的核心维度,深入剖析扩展设计对电子水泵效率提升及噪声控制的内在作用路径,结合企业产品开发实际梳理设计过程中的关键影响因素,提出适配企业电子水泵产品的定子部件扩展设计优化思路,为企业提升电子水泵运行稳定性、降低能耗及噪声污染提供理论支撑与实践参考。

【关键词】定子部件;扩展设计;电子水泵;运行效率;噪声特性;新能源汽车应用

Mechanism of Stator Component Expansion Design on Electronic Pump Efficiency and Noise Characteristics

Shen Zhou

Yingzhi Thermal Management Technology (Jiaxing) Co., Ltd. 314200

【Abstract】As a core component in the thermal management system of new energy vehicles, the operational efficiency and noise characteristics of electronic pumps directly impact the vehicle's energy consumption and comfort. The stator component, being the core structural unit of electronic pumps, plays a decisive role in determining the overall performance of the product through its expansion design. Guided by customer needs and product performance, this paper systematically explores the key dimensions of stator component expansion design, analyzes the intrinsic mechanisms by which expansion design enhances pump efficiency and controls noise, and identifies critical influencing factors in the design process based on actual product development practices. The study proposes optimized design strategies for stator components tailored to corporate electronic pump products, providing theoretical support and practical references for improving operational stability, reducing energy consumption, and mitigating noise pollution in electronic pumps.

【Key words】stator components; extended design; electronic pump; operational efficiency; noise characteristics; new energy vehicle applications

在新能源汽车电动化、智能化发展趋势过程里,整车对核心零部件的运转温度、能耗和运转声音提出更为严苛的规格。电子水泵成为新能源汽车热管理系统的关键基础部件,它被运用于插混发动机,增程器,电池包等好几个场景或核心执行器件的冷却和散热管理,其工作情况直接牵动上述这些新能源关键动力或能源系统执行的持续性,能耗状况。电子水泵的定子部件是电磁能量转换和驱动力输出的中心载体,定子部件的形式应当适合,这直接关系到水泵设备电磁感应的效率,耗能损耗以及振动声音的状况。行业内很多电子水泵的特性都存在着效率低下,噪声过高等可靠性不佳缺点,售后经常容易出相关质量问题引起消费者抱怨,定子部件扩展设计已变成优化电子水泵性能的重要设计革新路径,定子部件设计方法的设计思路,实现了和企业研发务求的适配程度,成为解决这些疑难问题的关键所在。基于此,企业

要深入研究定子部件扩展设计对企业电子水泵效率和噪声的影响,以科学的设计提高产品性能,与客户需要相匹配,促进企业产品向高效、节能、低噪转变。

1 定子部件扩展设计的核心维度与企业设计导向

1.1 定子铁芯扩展设计

定子铁芯作为定子结构的关键组成部分,其设计优化对提升电子水泵的电磁感应效率并减小能量损失具有决定性影响,因此,在企业进行定子部件设计时,对其扩增方案的精细规划成为技术突破的关键所在。在制定定子铁芯扩展设计方案时,企业重点关注铁芯叠片布局、材料选择以及尺寸参数的精细化调整,旨在超越传统设计的尺寸约束与结构瓶颈。这一过程紧密结合了电子水泵的特定运行条件,包括其

实际功率输出、负载特征以及工作环境因素,通过调整铁芯的厚度、内径大小以及槽型构造,实现精确匹配与优化。相对于传统的固定设计策略,企业引领的定子铁芯延伸设计着重于灵活性与适用性提升,比如针对长时间处于满载状态的电子水泵。该设计通过增加铁芯厚度来扩大磁通截面,以此减少因电磁饱和导致的能量浪费,并优化叠片组合方法,以降低叠片间的涡流损耗,确保铁芯即使在长期重负荷运作下也能维持稳定的磁导特性,从而为电子水泵的高效运作提供稳固支撑。

1.2 定子绕组扩展设计

定子绕组是电子水泵电磁能量转换的重要部件,定子绕组的扩展设计直接影响到电磁感应强度、电流传输效率以及绕组发热情况,与电子水泵的运行效率和噪声特性有关。企业在定子绕组扩展设计时,抛弃传统的固定绕组型式和参数的设计思路,根据自身设计需求和工艺制造经验,对绕组匝数、线径规格、绕组排布方式、绝缘结构进行优化,使绕组性能与电子水泵运行工况相匹配。企业重视绕组扩展设计的经济性与可靠性,提高绕组电磁性能的同时,也考虑到绕组的散热效果和绝缘性能,防止由于绕组过热造成效率下降或者绝缘损坏造成设备故障,合理扩大绕组有效导电截面积,降低电流传输过程中的铜损,提高电磁能量转换效率,同时优化绕组排布规律,减少绕组产生的谐波分量,为噪声控制打下基础。

1.3 定子外壳扩展设计

定子外壳作为定子部件的保护与支撑结构,其扩展设计虽不直接参与电磁能量转换,但对电子水泵的散热效率、振动传导及噪声辐射具有重要影响,是企业定子部件扩展设计中易被忽视却不可或缺的核心维度。企业在定子外壳扩展设计时,立足自身设计和工艺制造特点,结合电子水泵的安装方式与运行工况,优化外壳结构尺寸、材质特性及散热结构,突破传统外壳设计的单一保护功能局限,实现保护、散热、减振一体化设计。企业针对不同应用环境下的电子水泵,采用差异化的外壳扩展设计方案,例如在高温、高振动的插混发动机冷却应用场景中,扩展外壳散热面积并优化散热通道结构,提升定子部件的散热效率,避免高温环境导致的电磁性能衰减;在对噪声控制要求较高的作业场景中,优化外壳壁厚分布与结构刚度,减少振动传导与噪声辐射,同时选用减振降噪性能优良的外壳材质,进一步优化产品噪声特性。

2 定子部件扩展设计对电子水泵效率的影响机制

2.1 铁芯扩展设计对效率的影响机制

定子铁芯扩展设计通过优化磁导性能、减少电磁损耗,直接提升电子水泵的电磁能量转换效率,是影响电子水泵整体效率的核心因素。企业开展的铁芯扩展设计,核心是通过调整铁芯结构与尺寸,扩大磁导截面积,降低磁阻,减少电磁饱和现象的发生,从而降低铁芯损耗。传统定子铁芯设计因尺寸限制,磁导截面积较小,在电子水泵高负载运行时,易出现电磁饱和,导致大量电磁能量转化为热能损耗,降低电磁能量转换效率,增加产品能耗。通过铁芯扩展设计,企业可针对性增加铁芯叠厚或扩大铁芯内径,有效提升磁导能力,使电磁感应过程更加顺畅,减少磁滞损耗与涡流损耗,将更多的电能转化为机械动能,直接提升电子水泵的运行效率。

2.2 绕组扩展设计对效率的影响机制

定子绕组扩展设计通过优化电流传输特性、提升电磁能量转换精度,间接提升电子水泵运行效率,其影响机制主要体现在铜损控制与电磁耦合效率提升两个方面。企业在绕组扩展设计过程中,通过合理增加绕组线径、优化绕组匝数,有效降低电流传输过程中的电阻损耗,即铜损。传统绕组设计线径较细、匝数固定,在高电流运行时,电阻损耗较大,大量电能被消耗在绕组发热上,不仅降低电磁能量转换效率,还可能因绕组过热影响设备运行稳定性。通过绕组扩展设计,企业可根据电子水泵运行功率需求,扩展绕组有效导电截面积,降低绕组电阻,减少电流传输过程中的能量损耗,同时优化绕组匝数配比,使绕组产生的电磁感应强度与转子运行需求精准匹配,提升电磁耦合效率,确保电磁能量能够高效转化为机械动能,推动转子高速稳定转动,进而提升电子水泵的流体传输效率。

2.3 外壳扩展设计对效率的影响机制

定子外壳扩展设计通过优化散热性能、提升结构稳定性,为电子水泵高效运行提供保障,其影响机制主要体现在散热效率提升与机械损耗控制两个方面。电子水泵运行过程中,定子部件会产生大量热量,若热量无法及时散发,会导致定子铁芯与绕组温度升高,进而降低铁芯磁导性能与绕组导电性能,增加电磁损耗,降低设备运行效率。企业开展的定子外壳扩展设计,重点优化外壳散热结构,通过扩展外壳散热面积、增加散热筋数量或优化散热通道布局,提升定子部件的散热效率,及时将运行过程中产生的热量散发出去,确保定子部件始终处于合理的工作温度范围内,避免因高温导致的电磁性能衰减与能量损耗增加。同时,外壳扩展设计通过优化外壳结构刚度与尺寸适配性,减少定子部件在运行过程中的振动,降低振动引发的机械损耗,确保定子与转子之间的间隙保持稳定,避免因振动导致的间隙偏移,减少转

子转动过程中的摩擦损耗,间接提升电子水泵的运行效率。企业结合客户应用场景的环境温度的散热需求,针对性设计外壳散热结构,确保散热效果与应用环境相适配,进一步强化外壳扩展设计对效率的提升作用。

3 定子部件扩展设计对电子水泵噪声特性的影响机制

3.1 铁芯扩展设计对噪声特性的影响机制

定子铁芯扩展设计主要通过抑制电磁振动、减小磁致伸缩噪声来达到控制电子水泵电磁噪声的目的,是降低电子水泵噪声的主要设计途径。电子水泵运行时,定子铁芯在电磁力的作用下会发生磁致伸缩,同时电磁力的周期性变化也会引起铁芯振动,从而产生电磁噪声,电磁噪声是电子水泵噪声的主要来源之一。企业需改善铁芯结构尺寸以及叠片参数,以抑制磁致伸缩现象的发生,减小铁芯的振动幅度,降低电磁噪声。企业增加铁芯叠厚,提高铁芯结构刚度,减小电磁力作用下振动变形,降低振动频率,使噪声频率远离人耳敏感范围。且可优化铁芯槽型结构,减小定子和转子之间气隙磁场谐波,减小谐波电磁力,减小铁芯振动的激励源,从源头抑制电磁噪声的产生。企业对铁芯的扩展设计进行优化,选择磁致伸缩系数较小的硅钢片,以减小由于磁致伸缩引起的振动和噪声,增大叠片间的紧固力,防止叠片松动引起振动噪声,保证铁芯在运行过程中结构的稳定性,提高噪声控制效果。

3.2 绕组扩展设计对噪声特性的影响机制

定子绕组扩展设计通过优化电磁力分布、减少谐波干扰,间接抑制电子水泵电磁噪声的产生,其影响机制主要体现在谐波电磁力控制与绕组振动抑制两个方面。电子水泵运行过程中,定子绕组产生的谐波电流会引发谐波电磁力,谐波电磁力的周期性变化会激励定子部件振动,产生电磁噪声,同时绕组自身在电流作用下也会产生振动,进一步加剧噪声辐射。企业在绕组扩展设计过程中,通过优化绕组匝数配比、调整绕组排布方式,有效减少绕组产生的谐波分量,降低谐波电磁力的幅值,减少电磁噪声的激励源,从源头抑

制电磁噪声的产生。例如,企业采用分布式绕组扩展设计,优化绕组线圈的分布角度与间距,使气隙磁场分布更加均匀,减少磁场谐波,降低谐波电磁力对定子部件的激励作用,同时优化绕组线径与匝数,使绕组电流分布更加均匀,减少电流谐波,进一步抑制谐波电磁力的产生。此外,企业在绕组扩展设计中增加绕组的紧固力度,优化绕组固定结构,减少绕组在运行过程中的振动,避免绕组振动引发的噪声辐射,同时优化绕组绝缘结构,减少绝缘层松动产生的振动噪声,进一步改善电子水泵的噪声特性。

3.3 外壳扩展设计对噪声特性的影响机制

定子外壳扩展设计通过优化结构刚度,增加减振降噪结构,实现电子水泵机械噪声的有效控制和噪声辐射的削弱,是改善电子水泵噪声的重要补充。电子水泵工作时,定子部件产生的振动通过外壳传递到整个产品,产生机械噪声,外壳自身的振动也会产生噪声,外壳的结构刚度和减振性能直接决定了噪声的传播和辐射强度。企业对定子外壳进行扩展设计,通过优化外壳壁厚分布,增加外壳结构刚度,减少外壳在振动作用下的变形,降低外壳自身振动噪声,优化外壳的形状结构,减少噪声辐射面积,削弱噪声的传播强度,企业在外壳扩展设计上增加外壳壁厚,或者在外壳内部设置加强筋,提升外壳结构刚度,降低定子振动向外壳传递的效率,选择减振降噪性能优良的外壳材质和结构,如阻尼固定衬套,吸收振动能量,抑制振动传播,降低机械噪声。

4 结论

定子部件扩展设计是企业优化电子水泵效率与噪声特性的核心技术路径,其通过铁芯、绕组、外壳三个核心维度的系统性优化,从电磁能量转换、振动控制、噪声辐射等多个层面影响电子水泵运行性能。企业主导的定子部件扩展设计需立足客户应用场景实践需求,兼顾效率提升与噪声控制,结合自身工况梳理关键影响因素、遵循科学优化原则,通过多维度协同设计,实现电子水泵性能与客户需求的精准匹配,为客户整车系统运行和售后质量提供支撑。

参考文献

- [1]韩振新. 48V 汽车电子水泵控制器设计与实现[D]. 天津工业大学, 2025.
- [2]周先辉, 邱玉江, 冯长虹, 等. 滑动轴承对电子水泵振动与噪声的影响 [J]. 现代制造工程, 2025, (02): 138-143+160.
- [3]刘勇. 基于实时参数辨识的新能源车电子水泵无传感器控制技术研究[D]. 辽宁工业大学, 2024.

作者简介: 沈舟, 出生年月: 1982.12, 男, 汉族, 籍贯: 浙江省舟山市, 学历: 硕士研究生, 研究方向: 机电。