

# 绿色能源需要 绿色绝缘液

使用嘉吉FR3®天然酯, 可使变压器更加紧凑和更可持续\*, 使您的风电机组达到一个更高的水平, 而且比采用合成酯和干式变压器成本更低。

\*相比填充合成酯的变压器。







随着风电需求的迅速增长,设备变得更大、更先进,打造高性能、紧凑和轻型的变压器至关重要,同时也要朝着更可持续的解决方案前进。FR3<sup>®</sup>天然酯-变压器用天然酯绝缘液的领导者-已在风电领域应用超过十年,在电力和配电变压器应用近30年。

植物基FR3<sup>®</sup>天然酯的特性使其成为设计紧凑型、免维护型的陆上及海上风电变压器的理想选择。FR3<sup>®</sup>不仅有助于在更紧凑的设计中提供优越性能,而且相比合成酯及干式变压器还提供了额外的环保效益,同时成本更低。



## 更可持续

选择FR3®有助于实现公司可持续发展承诺,同时减少碳足迹。FR3®成分中超过95%是植物油,并含有性能提升添加剂,与其他绝缘液相比,FR3具有更优的环保特性,其中包括:

- 碳中和
- 全球变暖潜能值(GWP)为零
- 10天内可完全降解
- 对水、土壤、野生动物和人类无毒无害

合成酯的生物降解性无法与FR3®相提并论,且干式变压器不可回收,这使得FR3®成为更可持续\*的解决方案。

\*与其他绝缘液相比。

# 0

全球变暖潜能值为0,  
碳中和

# 10

可在最少10天内  
生物降解



## 优良的防火安全性

FR3绝缘液具有极高的闪点和燃点——事实上,甚至比领先的合成酯还高出50°C。这有助于降低爆炸和火灾的风险,从而降低设备和人员损伤的风险。FR3是具有FM Global和UL认证的K级难燃液。最值得一提的是,在超过25年,超过300万台填充FR3的变压器的全球应用中没有发生过池火报告。

# 0

超过25年0火灾报告

# 50°C

闪点和燃点高出50°C\*

\*相比合成酯变压器

绝缘液燃点对比



## 负载能力提升

使用FR3天然酯的变压器设计,可比其他类型的变压器体积更紧凑,重量更轻,同时保持更高的负载能力 – 这些都是影响风机整机设计的关键因素。得益于FR3天然酯的特性,在不影响变压器使用寿命,无需使用昂贵的芳纶纸的前提下,FR3天然酯变压器的安全运行温度可比矿物油变压器高20度,从而可增加高达20%的额外负载能力。于是,在负载能力相同时,FR3天然酯变压器可实现尺寸更小的设计;或在变压器尺寸相同时,采用FR3天然酯实现高达20%负载能力提升;不同设计组合皆可实现\*。

除了实现变压器设计的优化,FR3天然酯也具有优异的水分处理能力,使绝缘纸的寿命比使用合成酯提高了4倍。根据您的具体需求,FR3天然酯可助力您优化变压器设计,提升负载能力及延长变压器的使用寿命。

和FR3天然酯变压器相比,干式变压器通常需要更大的体积才能实现相同的负载能力。这使得在风机的机舱内配备和使用干式变压器的难度很大,甚至有时不可实现。此外,目前干式变压器的技术基本达到了其负载极限,已经不适用于当今在风电行业内风机设计和建造大功率化的趋势。

\*比较矿物油变压器

## 采购成本优化

在相比合成酯和干式变压器拥有更低成本的同时,FR3天然酯可帮助实现更紧凑,免维护和更可持续的变压器设计方案。

合成酯无法媲美FR3天然酯高闪点,高燃点,绿色可持续的特点,而且其成本可达FR3的2倍之高。干式变压器的体积和重量更大,效率更低,而成本比FR3天然酯变压器可高出80%。

FR3天然酯配合牛皮纸或热改性纸可实现双容量/持续峰值负载变压器设计-使得FR3成为您实现性能提升和成本节约的最明智选择!

# 20%

提升高达20%的  
负载能力

# 50%

比较合成酯,成本节约  
可高达50%



## 免维护, 更可靠

陆上和海上风电场通常位于偏远地区,这使得变压器的维护成本高昂且耗时。FR3®天然酯独特的水分处理能力和良好的耐热性能有助于变压器在正常运行条件下实现免维护,并具有更高的可靠性\*。

大部分的变压器维护工作是去除固体绝缘和绝缘液中的水分。对于FR3®天然酯,通常不需要这样做,因为它具有较高的水饱和度和独特的“自干燥”机制,可以自然地从绝缘纸中吸收水分,使其在变压器的整个生命周期内保持干燥,而不会产生任何有害的副产物。

当出现意外情况时,与使用FR3®天然酯相比,填充合成酯的变压器往往会更快的出现故障,会更快的达到酸值和介损的限值,这可能导致无法预料的维护干预甚至变压器故障。

干式变压器也有很大的缺点,根据IEC 60076-11的规定,干式变压器不应在任何环境湿度高于92%的地方使用,这使其不适合应用于海上风电。湿气会凝结在变压器表面,导致危险的闪络。此外,干式变压器几乎无法进行评估或维护,它们可能会在没有预警的情况下发生故障。

风机变压器的负载波动以及叶片和齿轮箱转速也会大幅度变化会产生难以处理的谐波,从而导致变压器线圈温升提高和器身局部放电。FR3®天然酯专为应对高负载波动和高温升而开发,其可在油面温度高达140°C<sup>1</sup>下安全运行,也可使变压器不易发生局部放电。

\*与合成酯变压器和干式变压器相比。

<sup>1</sup>根据IEC 60076-14和IEEE C57-154。

# 0

正常运行条件下  
无需维护

# 140°C

油面温度上限为140°C<sup>1</sup>,  
轻松应对高温

# 风力发电常见问题

## 当使用FR3®天然酯时，需要担心氧化问题吗？

**不需要。**FR3®天然酯是一种稳健的解决方案，在应用于非自由呼吸式变压器中时，它可在变压器全寿命中持续使用而不需要任何维护。如果密封系统出现漏隙，FR3®天然酯的氧化预计要10年以上的时间才能使其黏度增加10%，而这不会对天然酯的性能产生任何负面影响。唯一的影响是变压器运行温度升高大约2°C。

**在自由呼吸条件下，**天然酯和合成酯最先超出运维限值的是液体的水含量。这可能会导致击穿电压的降低，且在合成酯中发生得更快，由于它具有更高的吸水性但缺乏如FR3®天然酯所固有的“自干”特性。此外，酸值和介损达到允许限值需要约5年时间，这将比检测到氧化对黏度影响的时间要早几年发生。

## 可以用FR3®天然酯重新填充现有的变压器吗？

**可以，FR3®天然酯可用于对合成酯和矿物油变压器进行换油。**事实上，为了提高可靠性和减少维护，许多风电运营商一直在用FR3®天然酯重新填充合成酯变压器。因为在处理风力发电中的复杂谐波和负载能力变化上合成酯和矿物油都存在问题，而这会导致绝缘液加速老化。FR3®天然酯是为处理高温和复杂谐波专门研制，而且不会加速绝缘油的老化。

## FR3®天然酯与合成酯可混溶吗？

**可以，FR3®天然酯与合成酯完全可混溶。**在典型的换油过程中，嘉吉公司建议被替换液体的残余量在3-5%，这将不会影响FR3®天然酯的性能。

## FR3®天然酯是否有相关的标准依据？

**有。**IEC、IEEE及国内都有一套完整的标准。其中包括基于物理化学分析的维护指南。所有传统的DGA工具，如基本比率、简化比率和CO<sub>2</sub>/CO都可以使用。针对FR3®天然酯的杜瓦尔三角形法和五边形法，也可用于对生成的气体进行更精确的分析。

## FR3®天然酯可以在低温的环境中使用吗？

**可以。**FR3®天然酯推荐用于所有非自由呼吸式变压器，无论环境温度如何。FR3®天然酯在低至-50°C(-58°F)时可保持其击穿电压和变压器绝缘能力，并能满足在IEC定义的低至-25°C和IEEE定义的低至-20°C的条件下正常通电。

**对于非常寒冷的气候，**嘉吉公司建议使用风机制造商已制定的相同的冷启动程序。在开始的一段时间带部分负载，之后线性增加直到满负载。这可以使变压器的温度平滑升高，并保证其内部有适当的绝缘液流动。

## 大型风力发电机如何影响变压器规格？

**随着风机叶片长度超过100米，**需要更强大的变压器来传输所产生的电能。当变压器的体积越来越大，需要的绝缘液也越来越多，绝缘液在工程总成本中所占的比例也越来越大。FR3®天然酯填充的变压器可以设计得更加紧凑，同时仍然保持高的负载能力，同时比合成酯成本更低。

**干式变压器变得太大，无法装进机舱，**或者已经超过了它们所能提供的容量极限，使得它们不适合今天的大型风机。





了解更多关于FR3®天然酯如何使您的变压器更紧凑、更可持续  
和更高性能, 请访问 [FR3fluid.com](https://www.FR3fluid.com)。