

ENGINEERING
TOMORROW

Danfoss

系统化节能型 EC+ 是 HVAC 变频器 技术的睿智潮流

EC+

最佳系统效率。自由选择
技术。为最佳的系统选择
最节能的组件。



www.danfoss.com/drives

VLT
THE REAL DRIVE

通过优化组件 提高效率

丹佛斯 EC+ 概念

允许具有 IEC 尺寸的 PM 电机同丹佛斯 VLT® 变频器配套使用。

Danfoss 已在现有 VLT® 变频器系统中集成了必需的控制算法。这意味着操作员无需更换。输入相关电机数据后，用户可通过采用 EC 技术的高效率电机受益。

EC+ 概念的优点

- 自由选择电机技术：PM 或异步电机带有相同变频器
- 设备安装和运行保持不变
- 选择所有组件时不受制造商限制
- 通过结合最高效的独立组件来提高系统效率
- 可改造现有系统
- 标准电机和 PM 电机的额定功率范围较大

对压缩机、泵与风扇采用变频器是建筑服务机构节约能源的一个关键因素。在这一方面，存在着两个决定性因素：高效率机器与电机以及节能型应用控制。

除了应用广泛的更高效率感应电机之外，配备永磁转子的电机凭借着更高效率应用日益广泛。在 HVAC 领域中，采用此项技术的电机通常被称作“EC 电机”。它们采用无刷直流电机 (BLDC) 原理。它们通常用于气流量较少的外部转子风扇。

为了使用户能够在各个领域获得采用 EC 技术的高效率电机带来的收益，丹佛斯对其经过全面检验和测试的 VVC+ 算法进行了优化，使其能够用于操作永磁同步电机 (PMSM)。这些电机通常被称作永磁 (PM) 电机，它们具有与 EC 电机相同的效率。与 EC 电机不同，它们具有与 IEC 标准电机相同的机械结构，因此可与新开发和现有系统轻松集成。

通过这种方式，丹佛斯极大程度简化了对永磁电机的调试。如同操作一台配备变频器的标准感应电机一样简单。

带给用户的优点：

熟悉的技术

许多用户对于操作配备 VLT® HVAC 变频器的标准电机感到熟悉。配置设置基本相同。用户仅需要为 PM 电机输入电机数据。此外，依然由建筑控制系统控制电机。因此，能够非常轻松地在同一个系统内控制不同的电机。还可将标准感应电机更换为永磁电机。可最大限度减少对新永磁技术的培训工作。

不受生产商限制

由于用户可为所需的标准组件选择不同的生产商，因此给了用户最大的灵活性。例如，如果难以获取备件，则可从其他的生产商获得相同的零件。

最佳系统效率

使用最佳的单个组件是达到最高系统效率的唯一方法。希望节约大量能源的用户不仅仅需要节能型组件，他们更需要高效的整体系统。

低成本服务

无法更换单个组件是整体系统通常具有的缺点。无法使用单独更换磨损组件，如：电机轴承。这样费用过于昂贵。相反，EC+ 概念基于用户可单独更换的标准化组件。这可使维护成本保持最低水平。



您的能源费用单： 购买组件还是购买系统？

提高效率是减少能耗的简单方法。因此，欧盟为某些技术设备制定了最低效率标准。为三相感应电机制定最低效率性能标准 (MEPS)，这是变频器技术领域的最佳示例。由欧盟生产商推广销售以及用户使用的电机必须在指定日期之前达到其制定的最低效率水平。

计时	功率	MEPS	其他 MEPS
从 2011 年 6 月 16 日开始	0.75–375 kW	IE2	–
从 2015 年 1 月 1 日开始	0.75–7.5 kW	IE2	–
	7.5–375 kW	IE3	IE2 + 变频器
从 2017 年 1 月 1 日开始	0.75–375 kW	IE3	IE2 + 变频器

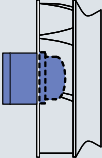
在指定日期之后，没有适合 IE 分类的新三相电机禁止在欧盟市场上市。

$$\eta_{\text{system}} = \eta_{\text{converter}} \times \eta_{\text{motor}} \times \eta_{\text{coupling}} \times \eta_{\text{fan}}$$

根据 VDI DIN 6014，乘以各个组件的效率便可计算系统效率。

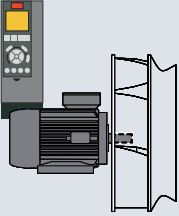
计算变频器系统效率的示例

配有一台 450 mm 离心风扇



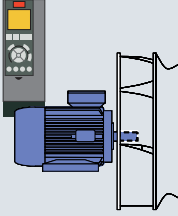
EC 电机 +
集成电子元件 + 风扇

$\eta_{\text{Drive}} = 89\%$
 $\eta_{\text{Fan}} = 68\%$
 $\eta_{\text{System}} = 60\%$



感应电机 +
VSD + 直接驱动风扇

$\eta_{\text{Drive}} = 83\%$
 $\eta_{\text{Fan}} = 75\%$
 $\eta_{\text{System}} = 63\%$



PM/EC 电机 +
VSD + 直接驱动风扇

$\eta_{\text{Drive}} = 89\%$
 $\eta_{\text{Fan}} = 75\%$
 $\eta_{\text{System}} = 66\%$

所述变频器效率 (变频器 × 电机) 是计算所得的，而风扇效率来自制造商手册。由于直接驱动风扇， $\eta_{\text{coupling}} = 1$

但是，为了确保有效节能，系统操作人员必须始终考虑整个系统。鉴于这一简单的原因，工作周期小于 80% 的电机被排除在此要求之外。在这一循环模式下，频繁的启动和停止会导致 IE2 电机能耗增加，从而在操作过程中超出所节约的能源。这还适用于风扇与泵等应用。在这些应用中，使用变频器进行速度控制甚至比最高效的电机节省更多能源。

2 x 2 = 4? 细节决定成败

对于用户而言，决定性因素并非单个组件的效率，而是整个系统的效率。

可通过配备外部转子电机的 EC 型离心风扇查看到实例。为了实现极为紧凑的结构，电机延伸至叶轮的进气口区域。这会影响到风扇的效率，从而降低整个通风装置的效率。因此，高效率电机不会提高系统效率。

什么是 EC 电机?

在 HVAC 市场中,“EC 电机”一词通常表示特殊类型电机,许多用户都会联想到结构紧凑和高效。EC 电机源于用电子换向 (EC) 替代直流电机传统碳刷换向的理念。为此,这些电机制造商用永磁体替代了转子绕组,并集成了换向电路。磁铁能够提高效率,同时电子换向避免了碳刷机械磨损的问题。工作原理同直流电机,EC 电机也被称为无刷直流 (BLDC) 电机。

这些电机通常用于几百瓦的低功率范围内。用于 HVAC 领域应用的此类电机采用外转子电机形状,覆盖广泛的功率范围,如今可扩展至 6 kW 左右。

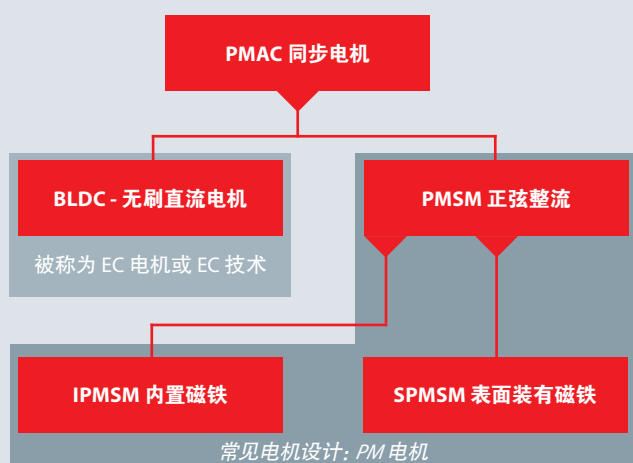
技术

由于内置永磁体,因此持续运行的电机无需独立的励磁绕组。但是,其需要可生成旋转磁场的电子控制器。通常无法实现主电源直接供电操作,或许多情况下,只能以较低效率运作。

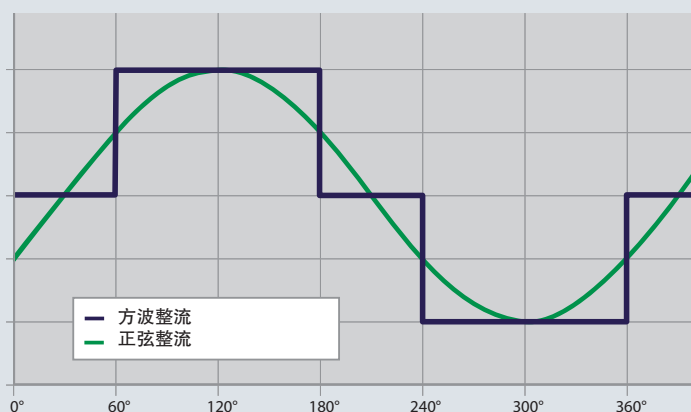
为驱动电机,控制器 (例如变频器) 必须能够持续确定转子的当前位置。有两种方式可实现该目的,由传感器或编码器反馈或不反馈当前转子位置。

与永磁激励电机的基本区别在于反 EMF (电动势) 的波形。当作为发电机运行时,带有永磁体的电机会产生一种被称为反电动势的电压。为确保最有效地控制此类电机,控制器必须使电源电压的波形与反电动势的波形尽可能接近。由于 BLDC 电机具有梯形电压波形,因此制造商采用方形整流。

永磁激励同步电机 (PMSM) 具有正弦反电动势,因此采用正弦电压运行 (正弦整流)。根据磁铁是粘接在转子 (SPMSM) 上还是集成在转子矽钢片 (IPMSM) 上,在正弦整流电机之间作进一步区分。由于这些缩略语略显冗长,因此实际上通常使用“PM 电机”一词表示采用正弦整流的电机。



PMAC = 永磁交流; BLDC = 无刷直流; PMSM = 永磁同步电机;
IPMSM = 内部 PMSM (内置磁铁); SPMSM = 表面 PMSM (转子表面装有磁铁)



PM 电机 — 可替代 EC?

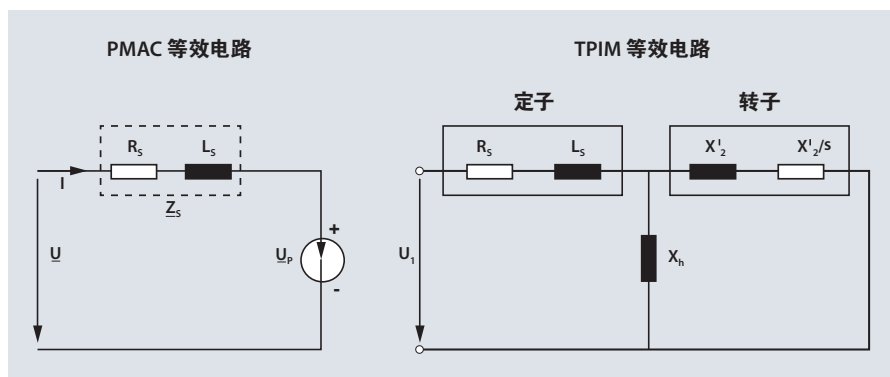
与所有技术一样，每一种永磁电机均有自身独特优点和缺点。从结构角度看，正弦整流 PM 电机更容易使用，不过它们拥有更为复杂的控制电路。而 EC 电机则恰恰相反：产生方形反电动势难度较大，然而控制电路的结构则较为简单。

但是，由于方形整流和铁损较大，因此 EC 技术的转矩波动较大。此外，由于电流分布在两相而不是三相上，因此是 PM 电机的 1.22 倍。

效率

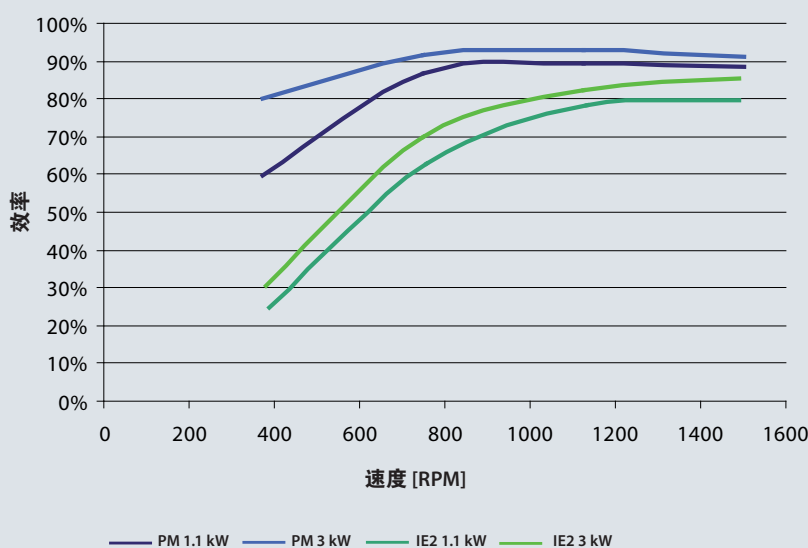
利用转子中的永磁几乎可完全消除电机转子损耗。进而提高效率。

在几百瓦的功率范围内，EC 电机与常用罩极和单相感应电机相比的效率优点尤为明显。这还成为了 EC 电机具有极高效率的因素。三相感应电机通常用于超过 750 瓦的较高额定功率。与这些电机相比，效率优势明显降低，随着功率上升，电机的效率下降。具有类似配置（主电源、EMC 滤波器）的 EC 与 PM 电机系统（E+ 电机）具有相似的效率水平。



TPIM = 三相感应电机
与简化的等效电路相比，PM/EC 电机没有任何转子损失。
与三相电机相比，如此能提高效率。

比较 PM/EC 与 IE2 (VT)



图中显示的是独立大学测量的数值。
本图包含控制元件的必要损耗。

具有标准 IEC 尺寸的 PM 电机

IEC 中指定的带有标准化安装尺寸与机架尺寸的三相感应电机 EN 50487 或 IEC 72 目前在许多应用中使用。然而，大多数 PM 电机采用不同设计。伺服电机为典型示例。由于其紧凑的设计和较长的转子，因此极为适用于高动态工艺。

为了在现有的系统中使用高效率永磁激励电机，目前还提供具有标准 IEC 机架尺寸的 PM 电机。这允许用效率较高的电机取代现有系统的旧款标准型三相感应电机 (TPIM)。

目前主要包括两种具有 IEC 尺寸的 PM 电机。

选项 1:
相同机架尺寸 PM/EC 和 TPIM 具有相同的机架尺寸。

示例:
可用相同尺寸的 EC/PM 电机取代 3 kW TPIM。

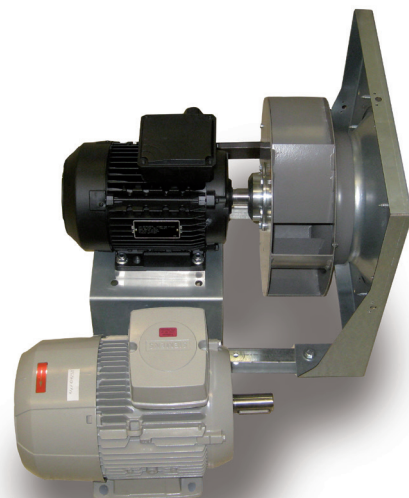
选项 2:
优化机架尺寸 PM/EC 和 TPIM 具有相同的额定功率。由于与具有相同额定功率的 TPIM 相比，PMSM 电机通常更为紧凑，因此使用的机架尺寸比 TPIM 小。

示例:
可用机架尺寸与 1.5 kW TPIM 电机相同的 EC/PM 电机取代 3 kW TPIM。

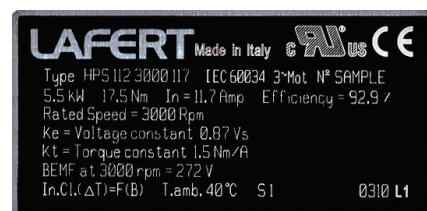
EC+: 熟悉环境中的新技术

丹佛斯 EC+ 概念可满足许多用户要求。它可使 PM 电机与标准型丹佛斯变频器配套使用。用户可选择理想制造商生产的所需电机。这可使他们以相对较低的成本获得采用 EC 技术的电机效率，同时可根据需要优化整个系统。

将最佳的独立组件组合在同一个系统中还具有许多优点。通过使用标准组件，用户不会受特定制造商制约，并可确保备件长时间供货充足。在随后的转换或扩展时，无需对连接尺寸进行改造。调试方法与三相感应电机的调试方法相似。只有电机参数略微不同。与使用标准组件相同，这还意味着无需对调试或维修员工进行额外培训。



标准型三相感应电机 (下方) 与优化 PM 电机 (上方) 的尺寸比较



按照电机铭牌上以及电机技术规格表中的信息输入变频器参数。

节能：对于我们的未来不可或缺，还是仅仅为了营销炒作？

与节能相比，用户经常遇到的问题少之又少。每一款新设备、装置或解决方案都能够节约更多能源，并且比前一款更加环保。不过，这还表明在提高节能方面，没有最终的解决方案。

意识水平的提高可促进对宝贵能源的谨慎使用

长期以来，能源价格低廉，因此许多公司和消费者并没有获得任何节约能源的经济激励。只是在能源价格陡然升高，能源成为昂贵商品之后，对于能源使用的态度才开始发生变化。

现已成为建筑物中标准设备的恒温散热器阀便是这一趋势的很好示例。当丹佛斯于 20 世纪 50 年代首次展示该产品时，人们对其毫无兴趣。直到 20 世纪 70 年代初发生能源危机，导致能源价格上涨之后，需求量突然大幅增多。

如今，随着能源成本的居高不下，以及人们环境意识的提升和一系列政策的实施，需求量不断增加。针对变频系统等设备推出的强制性最低效率标准旨在提高技术产品的节能性。

是否有简单的解决方案？

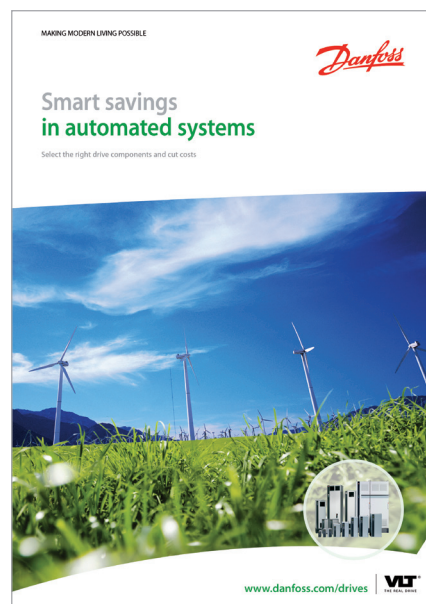
可在许多领域内非常轻松地节省大量能源；如需节省更多能源，需要付出更多的努力和采用专业知识。节能灯便是一个很好的示例。使用节能灯取代标准灯泡通常可减少能耗。

然而，由于不同类型的节能灯价格不一，因此并非所有的产品都是相同的。主电源干扰、节能灯的色谱、允许的启动过程以及在水银处置方面产生的问题是在后期阶段才显现出的部分不良效应。

应用与系统问题

如果将节能灯安装在只是偶尔需要光线的室内（例如：地窖），那么从环境或经济角度出发是否有必要安装成为疑问。尽管通常建议提高单独组件的效率，然而对于整个系统而言并非很有意义。

丹佛斯在《自动化系统智能节能》手册中，对变频系统节能的许多重要方面进行了描述。这适用于多种变频器技术应用，如：建筑服务中的主要应用。



在风扇与泵速度控制方面，用户需要考虑什么？《自动化系统智能节能》手册对关于变频系统节能和其他方面进行了描述。

150万

VLT® HVAC 变频器
在全球范围内安装，
节约相当于 6000 万
余户家庭的每年能
耗量。

什么是 VLT®

Danfoss VLT 变频器是全球领先的专用变频器供应商之一——并且正获得更大的市场份额。

环境责任

在生产 VLT® 产品的同时，注重环保以及人员的安全和健康。

所有活动的计划和执行均考虑到每个员工、工作环境以及外部环境。最大限度地降低产品生产时的噪音、烟雾或其它污染，并且会提前对产品进行环保的安全处理。

联合国全球契约

Danfoss 已签署了有关社会和环境责任的联合国全球契约，并且我们公司本着对当地社区负责的态度行事。

EU 指令

所有工厂经过认证均符合 ISO 14001 标准要求。所有产品均符合一般产品安全的 EU 指令和机械指令。Danfoss VLT Drives 所有产品系列均符合 EU 指令对电气和电子设备 (RoHS) 有害物质的规定，并根据废弃电气和电子设备 (WEEE) 的 EU 指令进行所有新产品系列的设计。

对节能的影响

我们每年生产 VLT® 变频器节省的能源相当于一个主要发电厂产出的电量。它能够更好地控制过程，同时提高产品的质量，并且减少设备的浪费和磨损。

致力于变频器生产

自1968年以来，“敬业奉献”已成为一个关键词，Danfoss 当时引进了世界上第一批大规模生产的交流电机变速变频器——并将其命名为 VLT®。

2500 名员工在 100 多个国家和地区开发、生产、销售和维修变频器和软启动器，将所有精力放在变频器和软启动器上。

智能和创新

Danfoss VLT 变频器的开发人员在开发和设计、生产以及配置方面已经完全采用了模块原理。

使用专用技术平台平行开发未来的功能。这样可以平行开发所有的元件，同时缩短上市的时间，并且确保客户始终享受到最新功能的益处。

依靠专家

我们对产品的每个元件负责。我们开发和生产自己的功能、硬件、软件、功率模块、印刷电路板以及附件，为您的产品提供可靠的保障。

本地支持——全球

VLT® 电机控制器正应用于世界各地，并且在 100 多个国家和地区工作的 Danfoss VLT 变频器专家随时随地为我们的客户提供应用建议和服务支持。

丹佛斯传动部的专业技术人员将永远面对用户对变频调速器提出的各种挑战。

