

有源前端变频器：
更低谐波，更加节能



LISTEN.
THINK.
SOLVE.®

 Allen-Bradley • Rockwell Software

**Rockwell
Automation**

1.0 变频器的演变

在二十世纪五十年代末期，变频器 (VFD) 开始进入工业领域，但当时它们庞大笨拙、可靠性低而且成本高昂。而时至今日，变频器已成为工厂车间中不可或缺的“智多星”，因为它们可以帮助管理和控制电机。

随着低压交流变频器获得了新一代有源前端解决方案，变频器的进化仍在继续。对于工业用户而言，有源前端 (AFE) 技术可以在生产控制、成本节省、能源回馈和谐波抑制等方面带来巨大收益。而要进一步提升这些收益，我们应该对电机控制、变频和低压变频器有个最基本的了解。

2.0 基本电机控制

变频器控制着电气设备中的各种变量 – 运行速度和加速度、流量、压力、温度、张力、力矩和电量。它们快速推进了工业生产过程，推动了质量改善。因此，变频器的用途越来越广泛。

变频器大体上可划分为非回馈和回馈两种类型。典型的非回馈变频器通常采用一个带有二极管或 SCR 的三相六脉冲整流桥，来实现前端 AC-DC 功率转换。非回馈变频器内部直流回路提供直流电抗器，以及一个可选的进线电抗器套件，如图 1 所示。

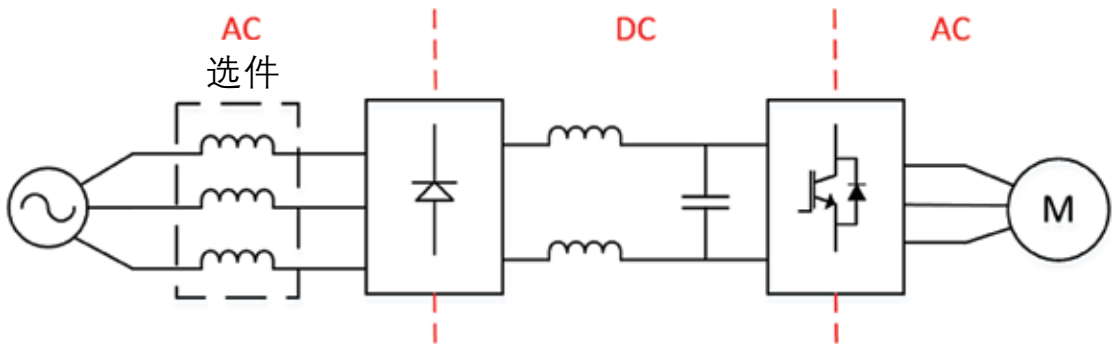


图 1: PowerFlex 755 非回馈型变频器架构

变频器的传统优势包括:

- 通过平滑启动/停止功能、控制电流和减少磨损来延长电机寿命
- 可调节电机转矩, 从而提高质量控制水平
- 无需机械驱动组件
- 通过降低风扇、泵和压缩机的负载需求来减少能耗
- 改善功率因数, 降低供电系统风险并符合行业标准

在有源前端技术的支持下, 如今的变频器能够提供包括能源回馈和谐波抑制等额外益处。

3.0 适用于高端应用的低压变频器

电机是工业应用中的能耗大户，其能耗量约占全世界电力能源的四分之一。

为了降低由此带来的高额生产成本，越来越多的工业生产商开始安装变频器，以此控制各种设备和压缩机。

变频器几乎可在每个行业领域提供价值。由于低压变频器可根据需求调整电机速度，因此它们在高端行业或应用中备受青睐，如钻井系统。

高端应用或能量密集型应用和机械往往可实现最高的节能效益，而采用这类应用和机械的领域通常包括冶金和采矿、污水处理、起重机和升降机、离心机、轮胎和橡胶以及石油与天然气。在这些应用中，低压交流变频器会控制电机速度和力矩，减少机械应力对设备的损害。

变频器提供多种电压和额定值。低压变频器的工作电压为 690 伏或更低，主要用于调整标准交流电机的转速和力矩。这些变频器可帮助工业用户以较低的电压和频率下实现高效的机器性能，让机械更为节能。

4.0 AFE 变频器支持节能和谐波抑制

近年来，在电力电子技术、拓扑结构和控制硬件与软件等各种技术进步的影响下，低压变频器的性能和精度得到了大幅提升。

内置 AFE 技术的变频器也称为回馈型变频器，可实现工业级的能源回馈功能和输入电流谐波抑制，充分发挥新技术的潜力。如今，工业用户通常会采用有源前端，以替代 12 脉冲整流器。

大部分 AFE 变频器系统都包含一个专用的交流变频器以及一个有源前端控制器。变频器系统另外也提供 EMC 滤波，这与传统整流器相比可显著减少输入电流谐波畸变。

十二脉冲整流器通常可将总谐波畸变降低到 10%，而 AFE 变频器则可达到 3% 左右。但具体值可能会因源电压畸变、不平衡和阻抗情况而有所不同。原因：传统的整流器对谐波进行被动处理，在形成之后再行滤波。

而 AFE 变频器则采用主动的防范方式，即在变频器内部检测谐波畸变，防止其进入更广泛的电网并造成更大影响。通过持续抵消由变频器内部生成的非线性电流所产生的谐波，主动滤波可将谐波控制在规定的范围内，并且不受输入电压波动的影响。

下文图 2 中提供的示例展示了非回馈型变频器的谐波畸变与回馈型变频器所控制的畸变的对比情况。在实际应用中，从负载类型到电源电压的多种变量都会对实际结果造成影响。

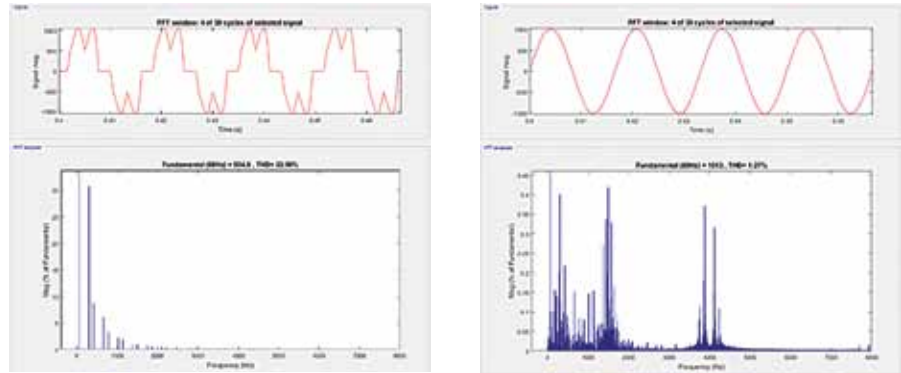


图2：非回馈（左）和回馈型（右）变频器的输入电流谐波曲线

在 AFE 变频器中，整流作用通过有源开关实现。一般而言，基于 IGBT 的变频器具有两个功率部分。主动式整流器通过从电网获得近乎正弦的电流来减少谐波畸变。大部分非主动式变频器会生成谐波并产生畸变，而 AFE 变频器中的主动式整流器会抵消谐波。

下文图 3 显示了 PowerFlex® 755T 变频器的示例架构，一前一后的两个逆变器通过直流总线电容器隔离。通常，在 AFE 变频器的输入端使用 LCL 滤波器来实现噪声滤波。

AFE 变频器也可帮助工业用户节省空间并简化安装工作。被动滤波式设备重量可达 226.8 kg，为盘柜及车间内的空间布局带来了挑战，而且还很难进行安装和移动。AFE 变频器自带滤波功能，因此无需再对成本高昂且外形笨重的外部设备进行投资。

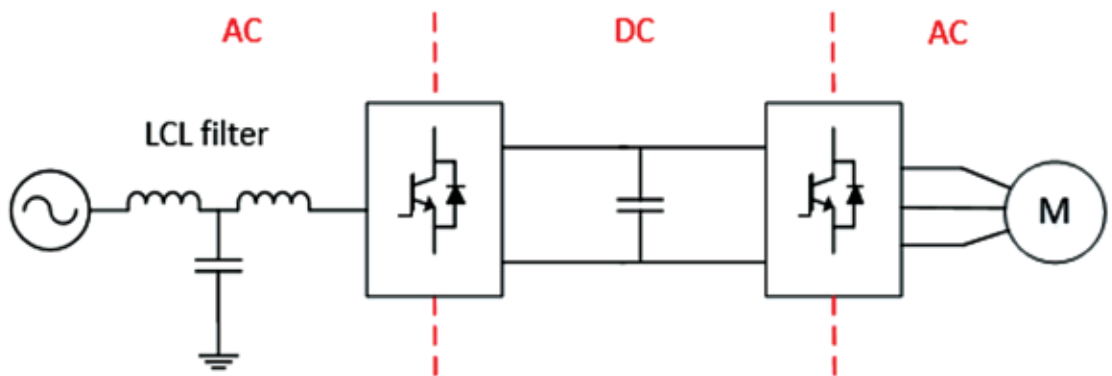


图3：PowerFlex 755T 变频器架构

5.0 减少畸变, 符合标准

变频器是电源系统上的非线性负载, 可吸纳短暂的非连续激增电流。这种随机变化的电流会反作用于电源, 导致交流输入正弦波形发生变化: 叠加了高频正弦波(谐波)。

产生严重谐波电流的工业应用(例如泵送或钻井)都是谐波抑制技术的理想应用领域。此等电流可对设备寿命和性能造成不良影响; 另外也可能会改变施加的电压。

为有效抑制谐波和电压畸变, 进而优化工厂中和整个公共电力系统中的电能质量, 谐波抑制应在靠近谐波来源的位置实施: 靠近设备与电力系统连接位置的负载或上游。

谐波电流的影响也会传导到车间范围以外的广泛区域, 对共享同一电网的其他用户造成不良影响。出于这一原因, 电力公司通常会为客户(包括变频器制造商)设定谐波畸变限值。

谐波规范基于 IEC 或 IEEE 标准。IEEE 519 标准对于电力系统中的谐波控制提供了业内推荐的做法和要求。制造商不得超过针对电压和电流所制定的最大总谐波畸变(THD)。另外, 这类标准也定义了任意个别谐波的最大贡献量建议值。

标准中的电压和电流限值汇总在下面的表 1 和表 2:

PCC 的总线电压 V	各阶次谐波 (%)	总谐波畸变 THD (%)
$V \leq 1.0 \text{ kV}$	5.0	8.0
$1 \text{ kV} < V \leq 69 \text{ kV}$	3.0	5.0
$69 \text{ kV} < V \leq 161 \text{ kV}$	1.5	2.5
$161 \text{ kV} < V$	1.0	1.5

表 1: IEEE-519-2014 电压畸变限值

以 I_L 百分比表示的最大谐波电流畸变						
各谐波阶次 (奇次谐波)						
ISC/I_L	$3 \leq h < 11$	$11 \leq h < 17$	$17 \leq h < 23$	$23 \leq h < 35$	$35 \leq h \leq 50$	TDD
< 20	4.0	2.0	1.5	0.6	0.3	5.0
20 < 50	7.0	3.5	2.5	1.0	0.5	8.0
50 < 100	10.0	4.5	4.0	1.5	0.7	12.0
100 < 1000	12.0	5.5	5.0	2.0	1.0	15.0
> 1000	15.0	7.0	6.0	2.5	1.4	20.0

表 2: IEEE 519-2014 中以 I_L 百分比表示的最大谐波电流畸变限值

有必要理解的是, 允许的电流畸变量取决于供电系统中的短路电流 (ISC - 公共耦合点 (PCC) 的最大短路电流) 与工厂最大负载电流 (I_L - PCC 的最大负载电流) 的比率。

6.0 AFE 和能源回馈

AFE 因可有效减少谐波畸变而备受一些生产商的青睐, 而另一些生产商则更看重它们的能源回馈能力 (即通过回馈制动将能量送回接入电源)。

在电机制动过程中, 负载会驱动电机转速, 使其超过同步速度。因此, 电机变成了实际上的发电机。以往, 生产商会安装和维护制动电阻柜来以热耗散方式消耗制动产生的能量。但电阻制动机构本身也会产生多余热量, 而且经常需要进行维护和清洁。

而带有内置回馈功能的变频器可回收原本会浪费掉的能量, 减少对制动电阻器和冷却设备的需求, 并降低相关的接线、安装和维护的成本。

通过将电机和连接负载所产生的机械能转化为电能, 回馈型变频器可将剩余电能返回到电源。工业用户能够因此将回收的能源返回到其他交流电机或公共电力系统中, 或者通过为泵或冷却风扇等设备供电来对其进行再利用。AFE 技术可产生电机驱动电能和回馈电能, 同时也可维持接近 1 的功率因数。

回馈型变频器在需要超额和高惯量负载的应用中非常实用, 例如起重机和升降机应用 (需要在装载过程中频繁制动) 以及部件装配中所用的传送带变频器。

通过回收电机制动能, 回馈型变频器可帮助生产商降低能耗。其节能水平明显高于电阻式制动。

7.0 PowerFlex® AFE 变频器

PowerFlex® 755T 变频器和整流单元采用源前端技术, 可提供内置的谐波抑制以及功率因数校正、能源回馈和公共母线解决方案。借助公共母线系统, 可将不同类型的变频器、伺服驱动器和其他功率元件连接到同一直流母线。

变频器旨在提高节能水平, 降低能源成本, 避免在工业应用中出现配电问题, 同时也符合 CE 和 IEEE 519 标准。

资源

有关更多信息, 请联系下列公司。

罗克韦尔自动化

6400 W Enterprise Drive
Mequon, WI 53290
(262) 512-8200

www.rockwellautomation.com

Allen-Bradley, LISTEN. THINK. SOLVE., PowerFlex 和 Rockwell Software 是罗克韦尔自动化公司的商标。
不属于罗克韦尔自动化的商标是其各自所属公司的财产。

联系我们。    

rockwellautomation.com

 expanding human possibility™

美洲地区: 罗克韦尔自动化, 南二大街 1201 号, 密尔沃基市, WI 53204-2496 美国, 电话: (1) 414.382.2000, 传真: (1) 414.382.4444

欧洲/中东/非洲: 罗克韦尔自动化, NV, Pegasus Park, De Kleetlaan 12a, 1831 布鲁塞尔, 比利时, 电话: (32) 2 663 0600, 传真: (32) 2 663 0640

亚太地区: 罗克韦尔自动化, 香港数码港道 100 号数码港 3 座 F 区 14 楼 1401-1403, 电话: (852) 2887 4788, 传真: (852) 2508 1846

中国总部: 上海市徐汇区虹梅路 1801 号宏业大厦, 邮编: 200233, 电话: (86 21) 6128 8888, 传真: (86 21) 6128 8899

客户服务电话: 400 620 6620 (中国地区) +852 2887 4666 (香港地区)