

# 电抗器在变频器中的应用

上海西西格设备有限公司

公司地址：上海市浦东新区建豪路99路

邮编：201400

电话：021-57180723

传真：021-57180723

公司网址：<http://www.xixigedq.com>

## 目 录

一、变频器概念.....	3
二、变频器的作用.....	3
三、变频器的构成.....	4
(1) 整流器.....	4
(2) 平波回路.....	5
(3) 逆变器.....	5
(4) 控制电路.....	5
四、电抗器在变频器中的应用.....	6
变频器配套电抗器的作用.....	6
五、变频器系统配套的三种电抗器.....	8
1. 输入电抗器.....	8
2. 直流电抗器.....	8
3. 输出电抗器.....	9
1. 接入交流输入电抗器 (附图).....	10
2. 接入直流电抗器 (附图).....	11
3. 接入输出电抗器.....	12
六、电抗器的结构.....	12
1. 铁芯结构.....	13
2. 空芯结构.....	13
3. 半芯结构.....	13
七、与变频器相关的本公司电抗器产品简介.....	14
A. 变频调速用的输入输出电抗器.....	14
B. 直流电抗器.....	14
C. 正弦滤波器.....	15
D. 输入输出滤波器.....	15
八、本公司生产的变频器用电抗器的优质性能.....	15
1. 温升低.....	15
2. 噪声小.....	16
3. 损耗低.....	16
4. 直流迭加特性好.....	16
5. 电感线性度好.....	16
6. 电感精度高，三相平衡度好.....	17
7. 体积小.....	17
8. 性能稳定可靠.....	17
9. 寿命高.....	17
10. 性价比高.....	17
九、发展前景.....	18

# 电抗器在变频器上的应用

## 一、变频器概念

变频器是利用电力半导体器件的通断作用将工频电源变换为另一频率的电能控制装置。

变频器通常由三个组成部分：整流器（rectifier）和逆变器（Inverter），还有直流部分(DC)。其中，整流器将输入的交流电转换为直流电，逆变器将直流电再转换成所需频率的交流电。除了这二个部分之外，变频器还有可能包含变压器和电池。其中，变压器用来改变电压并可以隔离输入/输出的电路，电池用来补偿变频器内部线路上的能量损失。

变频器由主回路、电源回路、IPM 驱动及保护回路、冷却风扇等几部分组成。主回路主要由三相或单相整流桥、平滑电容器、滤波电容器、IPM 逆变桥、限流电阻、接触器等组件组成。

变频器电源功率可从几瓦到几兆瓦。

## 二、变频器的作用

变频器能适应生产工艺的多方面要求，尤其是在工业自动化控制应用上，交流变频调速技术已经上升为工业自动化控制的主流。交流调速系统的性能已经可以和直流调速系统相匹敌，甚至可以超过直流系统。它采用的全数字元元控制方式，使信息处理能力大幅度地增强。同时它将实用经验和技巧不断地融入软件功

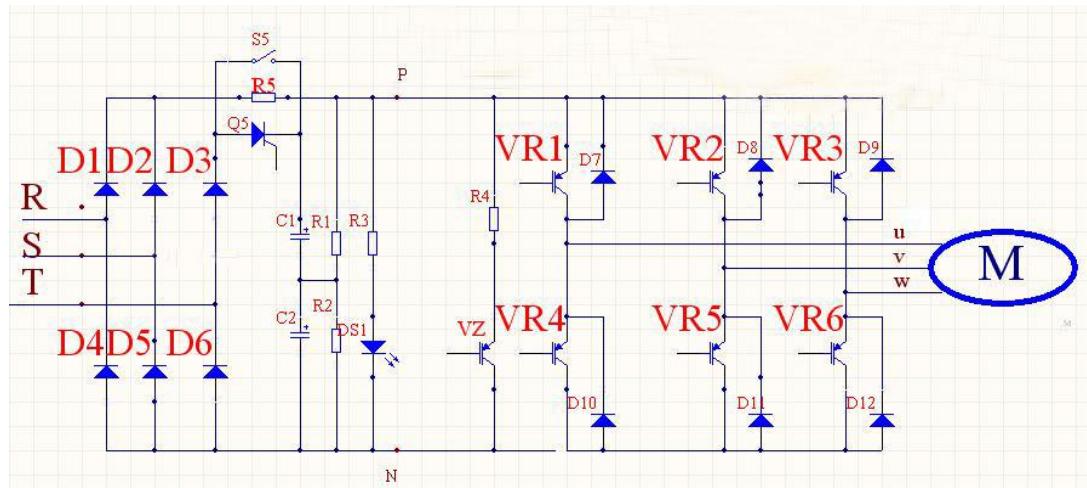
能中，采用模拟控制方式无法实现的复杂控制在今天都已成为可能，使变频器的可靠性、可使用性、可维护性功能得以充实。由于变频器具有调速性能好、调速范围宽和运行效率高，使用操作方便，且宜于同其它设备接口等一系列优点，所以应用越来越广泛。

### 三、变频器的构成

变频器主要是由主电路、控制电路组成。

主电路是给异步电动机提供调压调频电源的电力变换部分，变频器的主电路大体上可分为两类：电压型是将电压源的直流变换为交流的变频器，直流回路的滤波是电容。电流型是将电流源的直流变换为交流的变频器，其直流回路滤波是电感。它由三部分构成，将工频电源变换为直流功率的“整流器”，吸收在整流器和逆变器产生的电压脉动的“平波回路”，以及将直流功率变换为交流功率的“逆变器”。

变频器内部原理图如下图所示。



(1) 整流器

最近大量使用的是二极管的变流器，它把工频电源变换为直流电源。也可用两组晶体管变流器构成可逆变流器，由于其功率方向可逆，可以进行再生运转。

### (2) 平波回路

在整流器整流后的直流电压中，含有电源 6 倍频率的脉动电压，此外逆变器产生的脉动电流也使直流电压变动。为了抑制电压波动，采用电感和电容吸收脉动电压（电流）。装置容量小时，如果电源和主电路构成器件有余量，可以省去电感采用简单的平波回路。

### (3) 逆变器

同整流器相反，逆变器是将直流功率变换为所要求频率的交流功率，以所确定的时间使 6 个开关器件导通、关断就可以得到 3 相交流输出。以电压型 PWM 逆变器为例示出开关时间和电压波形。

### (4) 控制电路

控制电路是给异步电动机供电（电压、频率可调）的主电路提供控制信号的回路，它有频率、电压的“运算电路”，主电路的“电压、电流检测电路”，电动机的“速度检测电路”，将运算电路的控制信号进行放大的“驱动电路”，以及逆变器和电动机的“保护电路”组成。

(1) 运算电路：将外部的速度、转矩等指令同检测电路的电流、电压信号进行比较运算，决定逆变器的输出电压、频率。

(2) 电压、电流检测电路：与主回路电位隔离检测电压、电流等。

(3) 驱动电路：驱动主电路器件的电路。它与控制电路隔离使主电路器件导通、关断。

(4) 速度检测电路：以装在异步电动机轴机上的速度检测器(tg、plg等)的信号为速度信号，送入运算回路，根据指令和运算可使电动机按指令速度运转。

(5) 保护电路：检测主电路的电压、电流等，当发生超载或过电压等异常时，为了防止逆变器和异步电动机损坏，使逆变器停止工作或抑制电压、电流值。

#### 四. 电抗器在变频器中的应用

变频器在应用范围日益广泛，由于变频器被使用在各种不同的电气环境，若不采取恰当的保护措施，就会影响变频器运行的稳定性和可靠性。实践证明，适当选配电抗器与变频器配套使用，可以有效地防止因操作过压和浪涌电流对它的冲击，同时亦可以减少变频器产生的谐波对电网的污染，并可提高变频器的功率因数。

因变频器是非线性电路，会产生大量的谐波，因此必须用上滤波电抗器，可抑制电路中的高次谐波，使电路正常运行。

#### 变频器配套电抗器的作用

1. 减少变频器对电网的谐波干扰；
2. 改善电网质量，提高变频系统功率因数，减少无功；

### 3. 减少电源浪涌对变频器的冲击，提高变频系统可靠性。

变频器功率因数低是由其电路结构造成的。变频器通常是“交一直一交”式结构，即三相交流电源经三相整流桥和滤波电容器变为直流，再经控制电路和逆变管转换为频率可调的交流电。在整流过程中，只有当交流电源的瞬时值大于直流电压  $U_D$  时，整流二极管才会导通，整流桥中才有充电电流，显然，充电电流总是出现在电源峰值附近的有限时间内，呈不连续的脉冲波形。这种非正弦波具有很强的高次谐波成分。高次谐波的瞬时功率一部分为“+”，另一部分为“-”，属于无功功率。这种无功功率使得变频调速系统的功率因数较低，约为  $0.7 \sim 0.75$ 。

变频器输入侧功率因数偏低的原因，与工频电动机的运行功率因数低有着重要的区别。由于电动机是感性负载，运行电流的相位滞后于电压，功率因数的高低取决于电流与电压之间的相位关系。

由于变频器输入侧功率因数较低的原因。不是电流波形滞后于电压，而是高次谐波电流造成的，所以不能通过并联补偿电容器来提高功率因数，而应设法减小高次谐波电流，具体措施就是接入电抗器。 直流电抗器接在整流桥与滤波电容器之间。使用其中一种就有明显效果，两种共同使用可将功率因数提高到  $0.95$  以上。直流电抗器除了提高功率因数外，还能限制接通电源瞬间的充电涌流。另外，不允许在变频器输出端，即与电动机的连接端并接电容器。因为变频器输出的所谓正弦波，实际上是脉

冲宽度和占空比的大小按正弦规律分布的脉宽调制波，这个脉冲序列是变频器中逆变管不断交替导通形成的，如果在输出端接入电容器，则逆变管在交替导通过程中，不但要向电动机提供电流，还会增加电容器的充电电流和放电电流，会导致逆变管损坏。电抗器对变频器来说不是标准配置，是选配件。应根据需要选用。

## 五. 变频器系统配套的三种电抗器

与变频器配套的电抗器有三种：

### 1. 输入电抗器

也称进线电抗器，它能限制电网电压突变和操作过电压引起的电流冲击，有效地保护变频器和改善其功率因数，大幅度地抑制了谐波电流。进线电抗器既能阻止来自电网的干扰，又能减少整流单元产生的谐波电流对电网的污染。



### 2. 直流电抗器

接在变频系统的直流整流环节与逆变环节之间，抑制电流的谐波成分，进一步提高变频器的功率因数，限制逆变侧的短路电流，使逆变器运行更稳定。

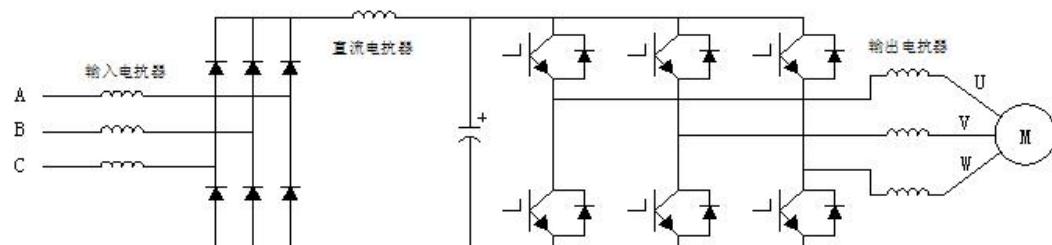


### 3. 输出电抗器

接在变频器输出端与负载(电机)之间，吸收变频器输出的谐波，起滤波的作用，降低电机的噪声，限制电机绕组电压上升率。



三种电抗器在变频器中的应用接线图如下图所示。



三种电抗器在变频器中的应用接线图

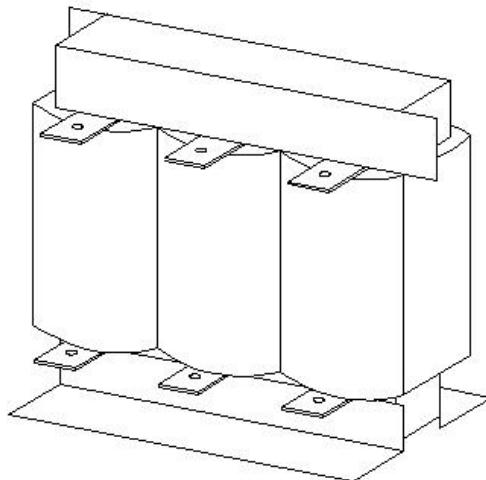
变频器的输入回路是整流和滤波电路，如图所示。由于二极管的整流作用，在这非线性电气线路的作用下，高次谐波电流大，功率因数很低，这个低功率因数并不是输入交流电源电流滞后电压的结果，而是因是整流线路含有大量的高次谐波，造成的功率因数很低。

因此，要改善功率因数，必须对症下药，削弱高次谐波电流。

具体方法是：

## 1. 接入交流输入电抗器 (附图)

它接在电源和整流桥之间，如上图所示的电源侧串接的输入电抗器，它外形如三相小变压器，如下图所示。

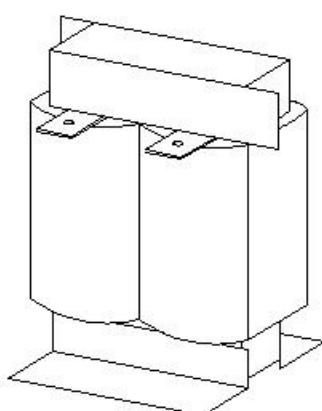


接入交流输入电抗器 AL 后，功率因数可从原输入侧的 0.6 左右提高到 0.85 以上。以某设备为例，接入输入电抗器后，各次谐波电流被削弱的情况见下表。

谐波次数	1	5	7	11	13	17	19	23	25
无 AL	100	79.3	62.2	27.4	15.1	8.5	8.1	4.5	3.6
AL=0.0747mH	100	48.7	27.5	8.5	7.1	4.2	3.6	2.5	2.2
AL=0.149 mH	100	37.6	17.2	7.8	5.7	3.6	3.3	2	2.1

## 2. 接入直流电抗器 (附图)

直流电抗器串接在整流桥和滤波电容器之间，如上图所示。有单绕组或串联的双绕组，二个接头。其外形如下图所示。



接入直流电抗器后，功率因数可提高到 0.9 以上，有的额定电流小，体积小，故不少变频器将直流电抗器直接安装在变频器内。直流电抗器除了提高功率因数外，还可削弱电源刚接通瞬间的冲击电流。

如同时配用输入电抗器和直流电抗器，或将变频器的输入侧的功率因数提高到 0.95 以上。

### 3. 接入输出电抗器

接在变频器输出端与负载(电机)之间，吸收变频器输出的谐波，起滤波的作用，降低电机的噪声，限制电机绕组电压上升率。

当电动机与变频器之间的距离较长，如超过 30 米时，线路的分布电容和分布电感都随着导线的延长而增大，线路的谐振频率将减小，当线路的振荡频率接近于变频器输出电压的载波频率时，电动机侧的电压将可能因进入谐振带而升高，电动机绕组容易被击穿。

接入输出电抗器后，可以有效地削弱输出电流中的高次谐波成分，从而避免了对电机的过压击穿事故。

由于变频器输出电流中含有谐波成分，这些谐波电流使电动机铁心的硅钢片中产生高频涡流，并互相作用产生电磁噪声，严重时导致电动机的振动。输入输出电抗器后，可大幅度削减高次谐波电波主，从而可防止电动机的振动。

## 六、电抗器的结构

电抗器的结构由线圈和铁芯组成。其中铁芯分为：带铁芯的，

半芯、磁芯和空芯的。带铁芯的一般用在低频电路中，后者用在高频电路中。

### 1. 铁芯结构

铁芯结构的电抗器主要优点是：损耗小，电磁兼容性好，体积小。缺点是：有噪音并在事故电流较大时铁芯饱和失去了限流能力。当干式铁芯且采用环氧树脂铸线圈的电抗器，其动、热稳定性均很好，适合装在柜中。油浸式铁芯电抗器虽然体积大些，但噪音较小，绝缘性能好，散热较好，安装方便，适用于户外使用。

### 2. 空芯结构

空芯电抗器的主要优点是：线性度好，具有很强的限制短路电流的能力而且噪音小。缺点是：损耗大，体积大。这种电抗器户内，户外都适合，但不适合装在柜中。在户外安装容易解决防止电磁感应问题。最好采用分相布置“品”字形或“一”字形。这样相间拉开了距离，有利于防止相间短路和缩小事故范围。所以这种布置方式为首选。当场地受到限制不能分相布置时，可采用互相迭装式产品。三相迭装式产品的B相线圈绕线制方向为反方向使支柱绝缘承受压力，因此在安装时一定按生产厂家的规定。

### 3. 半芯结构

半芯电抗器是介于铁芯电抗器和空芯电抗器之间的一种新型电抗器，在空芯电抗器绕组内加上不闭合磁路的铁芯，使半芯

电抗器兼有铁芯电抗器和空芯电抗器的优点，它是一种只有芯柱没有铁轭的电抗器，相对传统电抗器具有以下优势：

1. 线性特性好，线性度接近于直线。
2. 芯柱可调节，从而实现对电感量的微调。
3. 体积小，便于在柜内安装，是无功补偿较好的串联电抗器。
4. 噪声小。噪声低于 50db。
5. 散热好，温升低。
6. 节能降耗，安全可靠，具有较高的性能和经济性。

## 七. 与变频器相关的本公司电抗器产品简介

### A. 变频调速用的输入输出电抗器

变频器和调速器在使用过程中，经常会受到来自浪涌电流和浪涌电压的冲击，会严重损坏变频器和调速器的性能和使用寿命，所以要在其前面加装输入电抗器，用以抑制浪涌电压和浪涌电流，保护变频器和调速器，延长其使用寿命和防止谐波干扰，同时由于变频器和调速器是采用变频的方式调速的，所以在调速的时候经常会产生高次谐波和产生波形畸变，会影响设备正常使用，为此，须在输出端加装一个输出电抗器，用于滤出谐波电压和諧波电流，改善电网质量，我厂生产的输入输出系列电抗器，采用优质进口硅钢片和优质铜线经先进的工艺精制而成，具有体积小、温升低、无噪音等特点。

### B. 直流电抗器

主要用于变频器及整流电路中，用以提高功率因数及滤除纹

波电压电流干扰之用，我厂生产的直流电抗器采用优质进口冷轧硅钢片精制而成，具有体积小、温升低、噪音小等特点，电流规格从 2A-10KA 不等，电压从 220V-10KV 范围。

### C. 正弦滤波器

变频器与逆变电源由于采取的是交直流方式工作，其输出端含有大量高次谐波，造成电压波形畸变，严重影响用电设备正常工作及使用寿命。正弦滤波器采用谐振电路的方式滤波，能够有效延长用电设备提高及有效改善波形，使输出滤形达到近似正弦波的状态，从而提高电能质量及延长设备使用寿命。

### D. 输入输出滤波器

是一种无源低通滤波器，滤波器是基于变频器在工作时，对电网及其它数字电子设备产生干扰的频谱分量电磁兼容性特点而专门设计的。不仅能有效抑制沿电源线传播的传导干扰，同时也能大大降低电子设备产生的辐射干扰，所用材料和部件都经最恶劣环境测试过，无需风扇，就地安装，操作方便，适用于所有品牌变频器。

## 八、本公司生产的变频器用电抗器的优质性能

本公司在积多年生产国内外各种系列高低压电抗器经验的基础上，在同行业中率先创新研发了性能优越、与变频器配套使用的关键主配件电感器成功解决了电感线性度差，温升高，震动噪声大，运行不稳定，体积大等一系列困扰厂家的难题。

### 1. 温升低

温度高低取决于线材和电磁结构等，精选优质低耗导磁材料、线材、绝缘材料，我们采用多股漆包小圆线，及采用铜箔制作，减少了谐波电压和諧波电流造成的涡流和趋肤效应，便于散热，损耗小，温升低；高导磁冷轧取向片，散热通过钢片，导热系数高，散热效果极好；由于采用优质材料及先进工艺，温升很低。

## 2. 噪声小

采用压力机迭片，层层上漆胶，VAP 真空压力浸漆二次的先进工艺，绕组采用铜箔制作，有效防止线圈的抖动，噪声低；环氧气隙，无震动，采用陶瓷绝缘漆，其凝固及紧固性好，双 E 结构铁心等措施，气隙小，噪声很低，可低至 30 分贝以下，几乎听不到噪音。

## 3. 损耗低

损耗取决于导线直流电阻、电磁损耗。由于采用优质线材及低耗导磁材料，减少了涡流和趋肤效应，铁芯结构优化，科学，漏磁小，损耗就自然小了。

## 4. 直流迭加特性好

由于变流器在工作过程中频率变化，对电抗器的直流迭加特性提出了很高的要求，我公司生产的电抗器由于采用超薄硅钢片，涡流小，电感值在宽带状态下表现稳定

## 5. 电感线性度好

精选优质低耗导磁材料、高导磁冷轧取向片，磁路短，损耗低，磁滞小，结构紧凑，且设计时余量大，电感线性度好。

## **6. 电感精度高，三相平衡度好**

电感的精度高，三相平衡度好，我公司从这两个方面解决这个问题：

1. 从结构上解决，传统的电抗器铁芯气隙都在上下侧，而我公司的电抗器铁芯是双 E 型结构，气隙却在线圈中间，所以三相平衡度更好。
2. 从检测仪器上解决：我公司测量电感的仪器均采用进口品牌企业，精度高，误差小，从而确保产品高可靠性。

## **7. 体积小**

由于采用优质低耗导磁材料、高导磁冷轧取向片等，漏磁小，采用多股漆包小圆线，及采用铜箔制作，减少了涡流和趋肤效应，结构紧凑，减少了体积，重量轻，外观精美。重量轻，方便运输和安装操作。

## **8. 性能稳定可靠**

本公司产品严格按 ISO90000 的标准规范制作，合格率 100%，另外我公司拥有强大的仿真模拟试验，均作老化试验，性能稳定可靠，确保产品完全可以适合客户的要求。

## **9. 寿命高**

本公司产品绝缘等级为 H 级，绝缘性能好，热老化性能好，寿命就自然高。本公司的电抗器产品的使用寿命可在 30 年以上。

## **10. 性价比高**

一流的产品，照理价格不菲，但本公司靠量，靠规模，让利于

客户，优质产品但价格较低，性价比高，用户实惠。

同等质量比价格，同等价格比服务，用户第一，诚信服务是我们的宗旨。

## 九、发展前景

随着电能质量的要求提高及变频器的不断推广使用，及变频器的滤波电抗器有着巨大的技术优势和市场潜力，优质电抗器必将占据市场的主流。其发展的前景非常广阔，本公司研发的优质滤波电抗器，愿当好变频器厂家的配角，为发展电力事业贡献绵薄之力。

公司热忱欢迎广大用户合作，共同开创变频器事业美好的未来。

## 上海西西格电气设备有限公司

公司地址：上海浦东新区建豪路95号

邮编：201400

电话：021-57180723

传真：021-57180723

公司网址：<http://www.xixigedq.com>