

浅析变频器对电网的污染及对策

Analysis of the Frequency Converter to the Power Grid and Pollution Measures

深圳市蓝海华腾技术有限公司 刘佳畅

摘要：在变频器被广泛应用于生产和生活的时候，作为电网的负载，变频器装置给电网带来的污染不可忽视，本文结合工作实践，重点对谐波污染的产生及设备调试中采用的各种抗污染的方法进行了分析和介绍。

关键词：变频器 谐波影响 对策

Abstract: The converter is widely used in the production and life, as the grid load, the converter device to the power grids of the pollution can not be ignored, this combination of practice, focus on the formation of harmonic pollution and equipment used in debugging Various anti-pollution approach to the analysis and presentation

Keywords : Converter Harmonic impact Countermeasures

1 引言

变频器作为电力电子技术的核心器件或设备，已被广泛用于空调、电冰箱、微波炉、洗衣机、电磁炉等时尚家电领域，同时作为交、直流电机传动控制的新型调频调压电源被大量用于交直流调速控制、伺服控制、节能控制等等不同的领域和场合。这些都是变频器技术的发展带来巨大成果和效益，对更新传统产品、提高产品质量、提高自动控制水平、方便生产和生活创造巨大的价值，还处于不断发展和创新之中，倍受广泛重视。

但是，不能忽视的是在采用变频器的过程中，作为电网的负载，变频器给电网带来的电磁谐波污染的严峻性。现在各国对变频器入网的“治污”都有明确的要求和标准[1]。因此变频器的生产者、使用者应该了解变频器使用给电网带来的直接影响，给共网设备和系统带来的直接和间接危害，本文对变频器对电网的电磁谐波污染及对策进行探讨，以期与读者共同探索克服或降低污染的措施。

2 AC-DC-AC 变频器系统的谐波分析

2.1 AC-DC-AC 变频器一般分析

交流变频传动控制是变频器最具代表性的应用。交流电机所需的交流电是通过变频器，将工频电网电通过 AC-DC-AC 或 AC-AC 的两种形式变换，再输出频率和电压可以同时或分

别控制的、电机要求的交流电源，达到交流电机调速控制的目的。本文主要讨论 AC-DC-AC 变频器，其基本结构如图 1 所示。

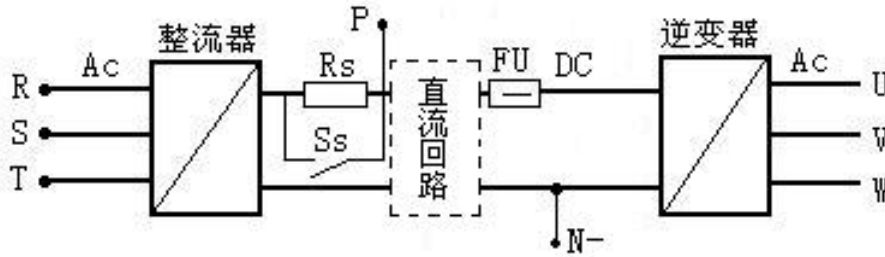


图 1 AC-DC-AC 变频器主电路

图 1 中，逆变三相输出 U、V、W 可接三相交流负载。AC-DC-AC 变频器即交-直-交变频器，其功能是先把工频三相交流电 R、S、T 通过三相整流器变成脉动直流，再经过电感或电容滤波成所需直流，然后通过逆变环节把直流电转换成频率、电压均可调控的三相交流电，向三相交流负载供电。所以 AC-DC-AC 变频器主电路包括整流器、直流滤波、逆变器三大部分组成。

显然，上述 AC-DC-AC 主电路结构，其整流和逆变环节都具有非线性特性，无论是 AC-DC 变换，还是 DC-AC 变换，都会产生高次谐波。高次谐波会通过链接的系统窜入交流电网，使电网的电压波形和电流波形发生畸变。如果不采取有效措施抑制，这种因高次谐波产生的波形畸变对共网运行的其它各种电气设备，如自动化装置、计算机、计量仪器以及通信系统等均有产生不同程度的影响，甚至使设备误动作，导致安全事故。

同时高次谐波还会增加供电线路的谐波损耗，恶化电网质量指标，降低电网的可靠性，缩短电气设备的寿命。

2.2 谐波和无功功率的产生机理

(1) 输入侧产生谐波

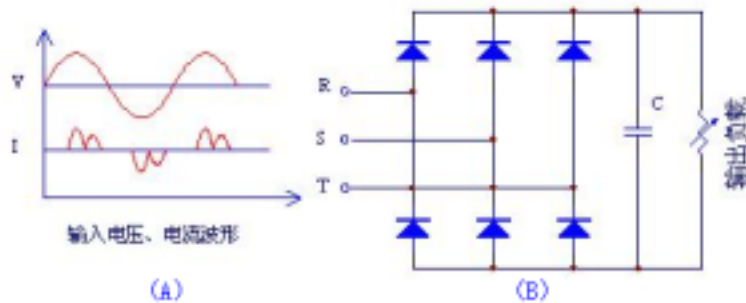
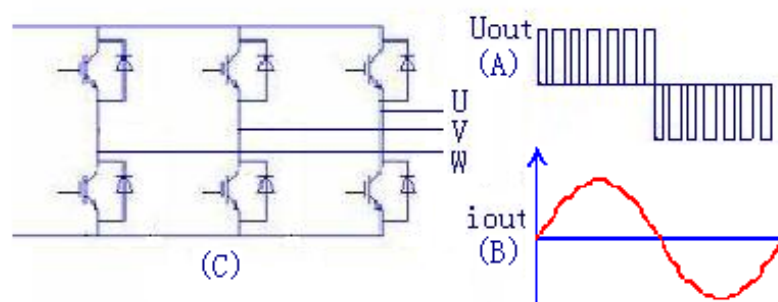


图 2 三相桥式整流回路及输入侧波形

一般变频器的输入侧是整流电路，如图 2 (B) 所示。目前，国内 AC-DC-AC 变频器常用的整流电路几乎都采用晶闸管相控整流或二极管整流，其中以三相桥式和单相桥式整流电

路为最多。带阻感负载的整流电路所产生的谐波污染和功率因数滞后已为人们所熟悉。当采用电容滤波或电感滤波的二极管整流电路,如工作在电流断续状态,其输入电流为非正弦波,如图 2 中 (A) 所示,它含有丰富的高次谐波成分,给电网造成严重污染,也使得总的功率因数降低。同时也产生大量的谐波,消耗一定的无功功率。变频器调速装置带电动机负载,要消耗无功功率。如输入侧的三相桥式整流电路工作时基波电流滞后于电网电压,要消耗大量的无功功率。另外,这些装置也会产生大量的谐波电流,谐波源都是要消耗无功功率。

图 3 逆变回路及输出侧波形



(2) 输出侧产生谐波

在变频器的逆变输出端,输出电压和输出电流均含大量谐波。如图 3 中 (C) 所示,由于变频器是通过 DSP 产生 6 路可调的 PWM 波控制三相的 6 组功率元件导通/关断,从而形成电压、频率可调的三相输出电压。其输出电压和输出电流是由 PWM 波和三角载波的交点产生的,不是标准的正弦波,如电压型变频器,其输出电压波形为方形波,如图 3 中 (A) 所示,用傅氏级数分解电压方波和电流正弦锯齿波可分析出包含较强的高次谐波成分,高次谐波对设备产生很强的干扰,甚至造成设备不能使用,周围仪器信号失真。谐波产生的根本原因是由于非线性负载所致。输出电流中也具有频率很高的高次谐波成分,如图 3 中 (B) 所示。当电流流经负载时,与所加的电压不呈线性关系,就形成非正弦电流,从而产生谐波。其中谐波频率的高低与变频器调制频率有关,调制频率低 (1-2KHz),人耳听得见高次谐波产生的电磁噪声(尖叫声);若调制频率高(如 IGBT 变频器可达 20KHz),人耳听不见,但高频信号客观存在。从电力方波及电流正波的基波和其他各次谐波,而高次谐波电流对负载直接干扰。另外,高谐波电流还通过电缆向空间辐射,干扰附近电器设备。

3 谐波的危害及对设备的影响

由于变频器的广泛应用,因此谐波污染电力系统及周围设备的影响就日益严重,甚至造成其它电子设备不能正常工作。其危害归纳起来有以下几个方面:

(1) 增加了电网中产生谐振的可能性,从而造成很高的过电流或过电压而引发事故的危险

性。

(2) 增加附加损耗，如电流谐波将会使变压器的铜损增加。电压谐波将增加铁损。

(3) 使电气设备（如电动机、电容器、变压器等）运行不正常，产生发热损耗、机械震动、噪音、输出功率损耗；从而导致电机过热，加速绝缘老化，从而缩短它们的使用寿命。

(4) 使测量和计量仪器、仪表、自动装置、计算机系统，以及许多用电设备运转不正常，影响设备测量精度，出现误动作或误差，使机械产品加工质量降低。

(5) 干扰通信系统，降低信号的传输质量，破坏信号的正常传递，甚至损坏通信设备。

(6) 某些情况下，它不仅产生谐波，而且还引起供电电压波动和闪变，甚至引起三相电压不平衡，会危及电网安全经济运行，并影响电气设备的正常使用。

4 降低和防止谐波的方法

为了减小高次谐波产生的干扰，应该对发生源（变频器）进行抑制。为解决变频器装置的谐波污染问题，有三条基本思路：

(1) 装设谐波补偿装置来补偿谐波，这对各种谐波源都是适用的；

(2) 可对变频器进行改造（例如结构、工艺、控制等）；

(3) 在其工作的控制策略上改进，使其不产生谐波，且功率因数可控制为“1”。

抑制变频器谐波污染的具体方法如下：

4.1 增加电抗器

在变频器系统装接滤波电抗器是一个基本方法。电抗器分交流电抗器（包括输入与输出电抗器）与直流电抗器，如图4和图5所示。

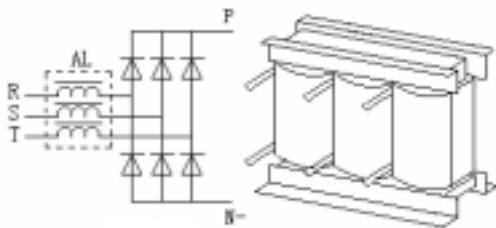


图4 交流电抗器

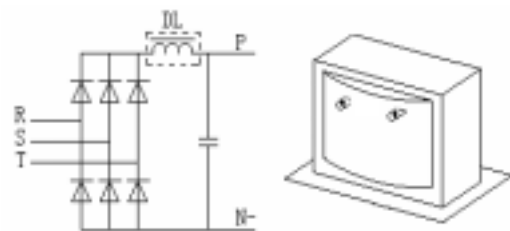


图5 直流电抗器

选择合适的电抗器与变频器配套使用，可以起到较好的效果：

1、交流输入电抗器的作用

- 减少变频器对电网的谐波干扰；
- 改善电网质量，提高输入侧的功率因数，减少无功；
- 减少电源浪涌对变频器的冲击，提高变频系统可靠性；
- 有效消除输入侧的高次谐波，防止因电压波形畸变造成其它设备损坏；

- 消除电源相间不平衡引起的输入电流不平衡。

2、交流输出电抗器的作用

- 降低电机的噪声，降低涡流损耗；
- 降低输入高次谐波造成的漏电流；
- 延长电机到变频器的安全距离，补偿长线分布电容的影响；
- 有效抑制 dv/dt ，减低高频漏电流，延长电机使用寿命；
- 保护变频器内部功率器件。

3、直流电抗器的作用

- (1) 改善电容滤波造成的输入电流波形畸变；
- (2) 减少和防止因冲击电流造成整流桥损坏和电容过热；
- (3) 提高功率因素，降低直流母线交流脉冲；
- (4) 限制电网电压的瞬变。

4、安装电抗器应注意以下几个问题：

- (1) 电抗器必须安装在距离变频器最近的地方，尽量缩短与变频器的引线距离。
- (2) 不能将电源线扭成绳或辫，尽量与控制线分开走线。
- (3) 为了避免电抗器在使用和运输过程中震动损坏，请于安装时将螺丝紧固，以免产生噪音与事故。

5 加装 EMI 滤波器

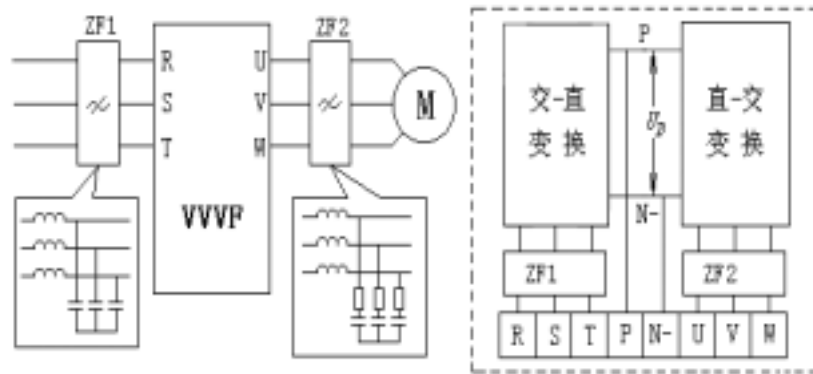


图 6 EMI 滤波器

EMI 滤波器如图 6 所示。其作用是抑制从导线及金属管线上传导无线信号到设备中去，将来自变频器的高次谐波分量与电源系统的阻抗分离，或者抑制干扰信号从干扰源设备通过电源线传导到外边去。此处是抑制干扰信号从变频器通过电源线传导到电源或电动机去。

加装 EMI 滤波器，还可以减少电磁噪声和损耗。很多人认为 EMI 电源滤波器的作用是

使设备能够满足电磁兼容标准中对传导发射和传导敏感度的要求，但这是不全面的。EMI 电源滤波器对抑制设备产生的较强辐射干扰方面也很重要，合理的解释是：EMI 电源滤波器能防止设备本身产生的干扰进入电源线，同时防止电源线上的干扰进入设备。

6 采用更合适的控制策略

(1) 提高变频器载波频率，可以有效抑制低次谐波。PWM 输出的载波频率对电机的噪声有很大的影响，对变频器的干扰也有影响。所以只要载波频率足够大，较低次谐波就可以被有效地抑制。

(2) 在实际应用中，采用正弦脉冲宽调制法（SPWM 或双 SPWM）和特定消谐波法（SHE）等控制策略可以来优化或改善系统,更大限度地减少谐波的产生。

7 其它措施与方法

(1) 在高频冲击负载如电焊机、电镀电源、电解电源等场合建议用户增加无功静补装置，提高电网功率因数和质最。

(2) 在变频器比较集中的车间，建议采用集中整流，直流共母线供电方式。建议用户采用脉冲整流模式。优点是，谐波小、节能，特别适用于频繁起制动、电动运行与发电运行同时进行的场合。

(3) 变频器输入侧加装有源 PFC 装置，效果最好，但成本较高。

(4) 改善变频器结构,减少变频系统注入电网的谐波、无功等污染。

8. 结束语

虽然变频器在国内应用得很成功，也得到了用户和专家的好评，但我们也清醒地认识到这是一种鼓励，实际上产品性能的完善、长期可靠性以及减少对电网产生的污染等还有很长的路要走，我们在提高产品竞争力、品牌形象时，还要进一步完善结构设计、优化控制方式、降低谐波污染，为各行业提供更优良的变频器设备。只要我们一步一个脚印的把变频事业做好做强，国内民族品牌的前景一定会越来越好。

参考文献

- (1) 刘美俊.通用变频器应用技术.福建科学技术出版社.2004
- (2) 张燕宾.变频调速 460 问.机械工业出版社.2006

作者简介：

刘佳畅，男，主要从事自动化系统与变频调速器的应用与技术研究工作电力电子技术及变频器应用，现供职于深圳市蓝海华腾技术有限公司。

地址：深圳市南山区西丽江源工业区 23 栋 5 楼

邮政编码：518055

邮箱：lttl2008@126.com

联系电话：0755-26580801 13510640734