

# 变频器应用中的谐波及影响

段明魁<sup>1</sup> 石佩燕<sup>2</sup> 白鑫杰<sup>3</sup>

宝鸡宝钛装备科技有限公司 陕西 宝鸡 721000

**摘要：**变频器在使用过程中受到谐波影响之后就会受到干扰，现实生活中的干扰因素很多，而且很多设备在使用过程中也会产生谐波影响到周围的设备。变频器在调速的时产生的干扰会严重影响到设备的运行，文章结合变频器的使用，分析变频器的工作原理，论述谐波产生的原因以及给设备带来的危害，结合现状阐述控制谐波产生的对策。操作人员在具体作业中只有明确抗干扰的途径，才可以最大程度减少变频器产生的影响，保证设备功能正常。

**关键词：**变频器；使用；工作原理；谐波；设备

在现实生活中变频器的使用面十分广，广泛运用在各个行业的通用感应电机，实际运用有调度方便、节能、方便控制等特征，在现实生活中将变频器产品合理使用能够提高产品质量，但是考虑到谐波存在的因素，这些设备会影响到变频器的使用，所以需要采取措施来防控，避免谐波对变频器的干扰，找到解决措施降低干扰因素对变频器产生的影响，文章针对这种方式展开分析，讨论具体的实现方式。

## 1 变频器设备工作原理与谐波的产生

结合变频器工作原理以及谐波的产生、分析，能够找到变频器工作中受到干扰的因素，有利于操作人员找到发生谐波的原因。变频器的运行主要是通过不断改变电动机转动速度从而改变变频器的使用效率，在这样一个过程中电动机转速大小与电动机的转动频率之间成正比，在设备运行中是通过不断降低发动机转速来达到节能的目标，在变频器的运行过程中输入部分为整流，输出部分则是逆变电路，这会在变频器的输入与输出端都存在高次谐波影响到变频器的运行。变频器运行中输入侧的机理与谐波机理一致，只要电流中存在整流回路就会出现谐波，干扰到设备的运行。变频器的输出侧也会产生谐波机理，所以在设备运行中输出的电压与电流都会产生谐波。在运行过程中主要是通过CPU产生可调控波，这会产生电压和频率都可调的三相电压，但是是基于SPWM和三角载波的交点产生的，也会影响到设备的运行。随着现代化工业不断发展，变频器在工业生产中得到广泛使用，谐波使用范围也不断增加，在具体使用中，对于容量大的电力系统谐波干扰影响不大，但是如果是容量小的电力系统则会形成很大的干扰，影响到设备的运行效率，甚至还会给电网运行环境产生污染，用电设备以及通信设备都会受到影响，变频器的使用也存在问题。变频器受到干扰之后，还会导致供电线路产生

附加的谐波损耗导致电能浪费，对于我国现代化发展而言，这是浪费现象，不利于可持续发展，长时间的运行甚至会出现导线过热的现象，缩短线路的整体使用质量。基于此更需要深入研究变频器使用中存在的干扰因素，及时找到解决措施来降低干扰因素对设备造成的危害，提高设备的运行效率，确保满足我国现代化发展的需求。

## 2 变频器谐波的产生以及问题

### 2.1 谐波的产生过程

变频器有调速方便和节能的特征，但是传统变频器工作为交——直——交型电压，需要不断直流充放电后，直流逆变成可变的交流电，这是非线性负载。在电网中电源电压给变频器供电，按照标准50Hz基波电流会产生谐波。输出电压和电流中除了基波之外还有更高次的谐波，这些谐波都会对设备产生不利的影响。结合变频器谐波发生原理，通用变频器电源提供的交流电经桥式整流器整流后形成平滑的电压，经过直流供电给逆变器，为给电容充电，输入的交流电就会存在高位谐波的失真波形。按照基本商用电源频率为例，这种基波为50Hz，基波的n倍数频率就会形成n次高次波，基波不断叠加，就会形成叠加的波形，会产生畸变的可能。在电网中三相整流负载中变频器产生5~7次谐波，包含整流电路器电器回路中使用电抗和电容平滑回路时候产生的高次谐波，输出波形就会产生畸变。

### 2.2 谐波产生的原因

变频器产生高次谐波会对设备产生很多不良的也影响，在电网电源中会引起波形畸变，会在同一个电网内对其他的设备零部件产生损害，其他设备的使用寿命被削弱，整体上降低了使用寿命。变频器产生高次谐波通过电线传导之后，会对其他的控制设备、开关电器产生不利的影响，在运行中出现设备误操作影响到整体功能

的过程<sup>[1]</sup>。流入设备的高次谐波会造成设备的声音异常、振动、烧坏等事故。在设备的运行中谐波还会导致电机产生损耗，在使用中会产生机械振动、噪声以及过电流等，导致电机效率的降低，整体上减少使用寿命。在具体的使用中谐波还会产生电波噪声，影响到变频器周围的系统，影响到AM收音机，导致设备通讯异常。在电网中谐波还会产生辐射干扰，对位置编码器、计量设备等产生不利的影响。

#### 2.4 谐波的计算方式

步骤一：按照国家颁布的相关标准来看变压器短路容量计算中允许的谐波电流公式为：

$$I_h = I_{GB}(S_r/S_j)$$

计算的 $I_h$ 表示各个谐波电流的允许极限，在同一个公共连接点之内，每一个用户向电网中注入谐波电流的允许值是按照在这一个位置的协议容量最大和供电设备容量最大的对比来分配，如只是简单的使用谐波电流计算，最后的结果并不可观，甚至会造成资源的浪费，所以在计算上也有人选择使用伪平方求和的方式：

$$I_{hi} = I_h(S_i/S_t)1/a$$

在这一计算公式中计算的 $S_i$ 表示用户用电协议容量的最大负荷， $S_t$ 表示设备的供电，计算结果是各次谐波电流的允许值，按照相位叠加即可得到最后的数据。

步骤二：折算额定电流

$$I_e = I_e \times (0.38 \text{ 标准电压})$$

步骤三：

$$I_h = I_e \times \text{谐波含量}(\%) \times \text{负载率}$$

如果不符合国际标准则选择其他的策略展开，具体计算中常用的标准是：GB-T14549、IEEE519、GB-T17625，其中GB-T14549是针对国内的标准，具体提出了对电网的谐波限制；IEEE519这一标准是为处理静止功率补偿器以及其他非线性负载的谐波，避免电网存在问题。这一标准在市场上随着变频器的增加而被广泛使用，如果不采取谐波处理则大部分不能满足要求。GB-T17625是针对接入电网设备所提出的，接入电网满足这一标准时就不会对电网造成危害。所以设备制造商有必要让设备满足这一标准。在设备采购的时候，采购方有必要让设备采购标准满足GB-T17625，否则企业会承受巨大的损失，在设备运行的时候加大对内部电网的伤害以及造成电网故障，设备在运行后企业不能满足GB-T14549的要求，则需要承担责任接受处罚<sup>[2]</sup>。

### 3 变频器应用中的谐波控制对策

#### 3.1 变频器输入侧的谐波抑制途径

首先是在系统的供电方面和其他设备的供电电源相

互独立，或者是在变频器和其他设备输入侧安装隔离变压器来切断谐波。其次是设置交流电抗器，在电源与变频器输入侧之间安装串联交流电抗器，这样能够让整体的阻抗增大，从而抑制高谐波，提高电源的输入公路，让波形畸变降低到三成到五成之间，不加电抗器谐波电流。第三是设置滤波器，在输入侧电感线圈组成，增大电路阻抗来减小频率的谐波电流。目前最有效的方式是抑制有源电力滤波器。这种设备串联在或者是串联在主电路中进行实时补偿，补偿装置会产生大小相等且方向相反的补偿电流，这也导致电网仅仅含有基波分量。这种能够对频率和幅值产生跟踪补偿，且无谐波放大的可能所以受到关注。

#### 3.2 屏蔽干扰源

谐波干扰屏蔽的有力方式就是屏蔽干扰源，这是最有效的方式。一般变频器本身有铁壳屏蔽而不让其受到电磁的干扰。输出线最好使用钢管来屏蔽，尤其是外部信号控制时候要求信号线尽可能短，而且信号使用双芯，与主电路线与控制线之间完全分离，并且不放置在同一个配管或者是线槽之内。如果是电子敏感设备线路也要屏蔽，为保证屏蔽有效，屏蔽罩应该接地。在设计上正确地接地能够抑制外来干扰和降低设备造成的干扰。变频器主回路端子PE的正确接地是减少干扰的重要手段，这一方式需要高度重视。各种变频器接地导线的长度应该控制在20m之内。在设计上将变频器的接地和其他的接地分开设计。

#### 3.3 使用矩阵变频器

传统的治理只能被动治理，如果变频器本身能够无谐波或者是产生很小的谐波基本上就可以解决大部分的问题，从而治理谐波。矩阵变频器的使用就具备这一优势，在设计上是PWM控制，将交流电源转换为任意的电压频率，转换方式是AC-AC的变换方式。三相交流电源通过LC回路的输入滤波器与双方向上的开关连接，直接输出任意电压和频率的AC/AC转换。和传统的设置不同，这种设计中间没有使用晶体管以及电容的直流回路，简化设计形式，整体上简单且高效。无电容充放电会引起高次谐波，畸变甚至会降低到5%，此时电流朝着两个方向上流动，减速时电机上9个双方向开关会产生制动，反馈到电源侧，此时设备的功率平稳正常，可再次利用。在设计上矩阵变频器使用了9个半的导体开关，按照PWM计算方式来控制开关的顺序，与三相电机相连接。开关是2个IGBT组成的双向开关，可以允许正向电压和负向电压相同，通过三相电网电压输入来控制输出，这样能够吸收杂波并且提供正弦的输出电压，大幅度降

低输入电流的谐波。菊展变频器的高次谐波仅仅在传统的10%左右。在矩阵变频器的使用中，主回路无平滑电容，不会导致电压与电流畸变。输入电流和输出电压都是正弦波，和传统的设计相比有显著的特征，可以四象限运行，将再生能量反馈给电网之后必须要再加装谐波装置，控制更灵活，在市场上的使用更具备前景<sup>[3]</sup>。

可以看出矩阵变频器省去了中间的直流环节，不需要平滑电容，能够反馈能量和实现四象限运行，本身能够无高次谐波。所以在实际运用时具备优良性能的设备，在市场上具备良好的前景，是新型变频电源的重要体现。但是在具体使用中由于关键控制理论技术问题难以实现、电子元器件功能、元器件价格等问题，所以这一设计基本上没有实现市场化<sup>[4]</sup>。2015年日本将这一设计产品化，市场上的安川U1000系列就是市场化的展示，能够实现输出为正弦波而输入电源为高次谐波，输入功率为1。和通用的变频器因为充放电引入电流畸变的形式不同，这一系列产品能够轻松应对高次谐波。U1000系列矩阵变频器使用在起重、电梯以及扶梯等这一类场合中，也使用在低谐波场合中，如医疗设备、电信通信等。

### 3.4 选择合适的设备控制谐波

#### (1) 选择合适的电抗器

电抗器是变频器中的重要组成部分，选择合适的设备能够有效的控制谐波，能从根本上不断提高变频器的运行性能。在使用的时候可以在电源和变频器输入侧串联合适的交流电抗器，增大整流阻抗而抑制高次谐波的产生，减少电流对变频器产生的冲击，实现对谐波的控制。另外还可以不断提高输入电源的功率，改善三相电源存在的不平衡性，从而降低谐波的干扰因素。

加装交流与直流电抗器，如果变频器使用配电变压器容量大于500KVA，则可以在变频器输入侧加装。如果三相不平衡并且平衡率不大有3%，输入电流达到翰之过大就会造成导线过热，就需要加装直流电抗器。

#### (2) 选择合适的滤波设备

变频器输入与输出过程中会产生很多的谐波电流，

滤波器的使用能够在很大程度上控制变频器产生的电磁干扰从而控制无限电子和浪涌对设备所产生的影响。在设备的具体使用中应该选择合适的滤波设备，将其运用在变频器中，从而减少对谐波干扰因素的影响。在选择设备的时候需要充分考量节能性强的发动机，可以单独串联加装电抗器来改善电动机的运行情况，电动机的发热量会降低，从而提高变频器的使用效率<sup>[5]</sup>。

(3) 加装无源滤波设备，安装在交流侧，由L、C、R构成谐波共振，如果L与C回路与某一次谐波频率同时可以阻止高次谐波流入。无源滤波设备在使用中的特征是投资少且结构简单，运行方便可靠稳定。但是也存在缺陷，很容易受到系统参数的影响而放大某些次谐波。另外也可以加装有源滤波，通过对电流中的高次谐波进行检测，根据检测结果输入相反的相位电流实现补偿的目的。和无源相比有高的可控性和快速响应性，有一机多能的优势，甚至能够消除谐振的危害。

### 结语

综上所述，新时期工业不断发展，变频器在工业生产中的使用逐步成为现代社会发展的主流，在实际中需要不断分析、研究变频器使用中的谐波，降低干扰因素对变频器的影响，从而提高整体使用效率。

### 参考文献

- [1]李阁,许国仁,陈相富.AFE变频器在"实验6"科考船的应用及谐波实测[J].航海技术,2022(5):4-4.
- [2]张博帅,齐保卫,赵华林,等.一种高质量电能的隧道掘进机主驱动变频控制系统研究[J].建筑机械,2021(S01):4-4.
- [3]李万欣.低压变频器谐波分析及抑制方法[J].轻学电脑,2021,000(002):P.1-2.
- [4]黄新启.变频器电气干扰原因及预防对策探讨[J].电力工程技术创新,2022,3(4):60-62.
- [5]王仲科.煤矿变频器谐波治理的研究和应用[J].内蒙古煤炭经济,2021(4):2-2.