

58. 自动化物流系统中变频器高次谐波干扰信号的防治

赵建宏 沙云捷 徐普建

(红云集团昆明卷烟厂 昆明北郊上庄 650202)

摘要: 本文通过介绍物流系统中谐波干扰信号对邻近电子器件、物流设备造和控制系统成的危害及解决过程,总结了变频器高次谐波信号的产生机理、干扰途径,提出了防治谐波干扰信号的基本思路以及常用的软件、硬件措施。它对于大量使用变频器(伺服控制器)的电控系统如何防治谐波干扰具有一定的指导意义。

关键词: 巷道堆垛机 变频器 高次谐波 干扰 接地 屏蔽

我厂(昆明卷烟厂)辅料自动化物流系统从2004年11月开始改造,12月底正式投入运行,到2005年8、9月份,2#堆垛机陆陆续续开始频繁出现下列故障现象:一是水平方向行走过程中在最终定位时会来回摇摆几十秒之后才停止,即控制理论上所说的震荡时间过长;二是堆垛机在垂直方向上运行到某些位置时,货叉伸出后(不管放货还是取货)就莫名其妙地停止动作,并报出“任务超时故障”。这些现象后来愈演愈烈,一天平均会发生二、三十次,每次发生都需要电气维修人员跑到堆垛机操作平台上检查处理。因为没能从根本上排除故障原因,只是简单地复位操作,所以每次处理完没过几分钟又接着发生,一天要跑几十趟,维修人员简直疲于奔命。经过认真观察和分析后我们了解到:发生第一类问题的时候,测距仪的输出信号会出现一定幅度波动、漂移,不能稳定在一个数值上,控制器总认为堆垛机还没有行驶到预定的准确位置,因此还要在预定点附近继续前后运行、调整;出现第二类问题的直接原因是堆垛机运行到某些地方,升降编码器输出值达到几百万,超出正常值十几倍,因此PLC认为设备已远远超出正常运行范围,必须马上停机!查阅有关资料后,我们估计导致这些故障的主要诱因是辅料高架库中存在较强的电磁干扰信号,这些信号很可能出自堆垛机上的几台大功率变频器(伺服驱动器)所产生的高次谐波信号。先来看一下改造后堆垛机上的变频驱动设备的主要参数:

表1 堆垛机驱动设备的主要参数表

方向	驱动器	速度 (m/min)	动力电压 (V)	功率 (kW)	控制电压 (V)	保护类别	控制系统
X	SEW 伺服驱动器 和变频器	0-180	3×380	30	220AC/ 24DC	IP23	Siemens PLC S7 314
Y		0-48		30			
Z		40	220	1.5			

一、变频器高次谐波产生原理和干扰途径

变频器的主电路一般为交-直-交组成,外部输入380V/50Hz的工频电源经三相桥式整流电路整流成直流电压信号,经滤波电容滤波及大功率晶体管开关元件(GTR、GTO等)逆变为频率可变的交流信号。

输入侧产生谐波的机理:不限于通用变频器,晶闸管供电的直流电动机、无换向器电动机等,凡是在电源侧有整流回路的,都会因其非线性变化特性而产生谐波。在三相桥式整流回路中,输入电流的波形为矩形波,波形按傅立叶级数分解为基波和各次谐波,通常含有 $6n+1(n=1, 2, 3\cdots)$ 次谐波。其中的高次谐波将干扰供电系统。

输出侧产生谐波的机理：在逆变输出回路中，输出电压和电流均有谐波。对于采用 PWM 调制技术的变频器，其输出电压波形为矩形波。其中谐波频率的高低与变频器调制频率有关。输出回路电流信号也可分解为只含正弦波的基波和其它各次谐波，高次谐波电流以载波方式对负载直接干扰，另外高次谐波电流还通过电缆以交变电磁场的形式向空间辐射，干扰邻近电气设备。

变频器能产生功率较大的高次谐波，对系统其他设备干扰性很强。其干扰途径与一般电磁干扰途径是一致的，主要分电磁辐射、传导、感应耦合等三种模式，具体表现为：①对周围的电子、电气设备产生电磁辐射；②对直接驱动的电动机产生电磁噪声，使得电动机铁耗和铜耗增加，并将干扰信号回馈至电网，再通过供电网络传导给系统其他用电设备；③变频器对相邻的平行铺设的导线产生电磁感应，感应出干扰电压或电流。同样，系统内的干扰信号通过相同的途径也会干扰变频器的正常工作。

二、变频器高次谐波干扰信号的应对措施

解决控制系统中电磁干扰问题，通常有硬件、软件两方面的办法，软件抗干扰措施在某些特定情况下能获得满意的效果；硬件抗干扰则是最基本、最直接、最有效的抗干扰措施，其总原则是①抑制和隔离干扰源，②切断干扰对系统的耦合通道，③降低控制系统对干扰信号的敏感性。具体措施在工程上可采用隔离、滤波、屏蔽、接地等方法。

（1）隔离

所谓干扰信号的隔离是指从电路上把干扰源和易受干扰的部分隔离开来，使它们不发生电、磁的联系。在变频调速传动系统中，通常是在电源和放大器电路之间的电源线上设置隔离变压器直接隔离电源与变频传动系统之间的干扰。

（2）滤波

设置滤波器的作用是为了防止高次谐波信号以载波方式从变频器传导至电源及电动机，干扰供电系统和电动机的正常运行。为减少电磁噪声对电动机的影响，在变频器输出侧可设置输出滤波器。为减少对电源的干扰，可在变频器输入侧设置输入滤波器。

（3）屏蔽

屏蔽干扰源是抑制干扰最有效的方法。通常变频器本身用铁壳屏蔽，不让其电磁干扰泄漏。输出线最好用钢管或金属软管屏蔽，特别是以外部信号控制变频器时，要求信号线尽可能短（一般为 20m 以内），且信号线采用双芯屏蔽，并与主电路及控制回路完全分离铺设，不能放于同一配管或线槽内，周围对电磁信号敏感的电子设备的线路也要做好屏蔽。为使屏蔽有效，屏蔽罩必须可靠接地。

（4）接地

实践证明，接地往往是抑制噪声和防止干扰的重要手段。良好的接地方式可在很大程度上抑制内部噪声的耦合，防止外部干扰的侵入，提高系统的抗干扰能力。变频器的接地方式有多点接地、一点接地、混合接地等几种形式，要根据具体情况选用，要注意不要因为接地不良而对电气设备产生干扰。变频器应使用专用接地线，接地线应尽可能粗短，以降低接地电阻值，接地电阻应小于 $4\ \Omega$ ，截面积应 $\geq 2\ \text{mm}^2$ ，长度 $\leq 20\text{m}$ ；接地线与共用接地端（或机壳）的接触面尽量大一些，连接应牢固稳定，不得松动或生锈。

（5）正确安装

由于变频器属于精密的电力电子产品，其现场安装工艺的好坏也影响着变频器的正常工作。正确的安装

可以确保变频器安全和无故障运行。变频器对安装环境要求较高，一般变频器使用手册规定适合变频器工作的温度范围是：最低温度-10℃，最高温度不超过 50℃；变频器不能安装在经常发生剧烈振动的地方，对存在较大振动、冲击的场合，应采用加橡胶垫等防振措施；尽量不要安装在电磁干扰源附近；不能安装在有大量有灰尘、腐蚀性气体等空气污染的环境中；不宜安装在潮湿环境中（除非其防护等级达到相应要求）……其它安装工艺要求如下：

① 确保控制柜中的所有设备接地良好，应该使用短、粗的接地线（最好采用扁平导体或金属网，因其在高频时阻抗较低）连接到公共地线上。按国家标准规定，其接地电阻应小于 4Ω。另外与变频器相连的控制设备（如 PLC 或其它智能仪表）要与其共地。

② 安装布线时将动力电缆和控制电缆、信号电缆分开架设，应间隔 20cm 以上的距离，最好使用独立的线槽、桥架等，以便切断相互之间的辐射干扰。如果控制电缆必须和动力电缆交叉，应成 90° 交叉布线。



③ 选择动力电缆时应注意：最好选铠装电缆而不要选普通电缆，且屏蔽层必须可靠接地，这样可以大大减少动力线高次谐波对周边设备和电子器件的辐射干扰。

④ 使用屏蔽导线或双绞线连接控制电路时，确保未屏蔽之处尽可能短，条件允许时应采用电缆套管。

⑤ 用屏蔽和铠装电缆作为电机接线时，要将屏蔽层两端接地。

图一为一般变频调速系统抗干扰措施示意图。

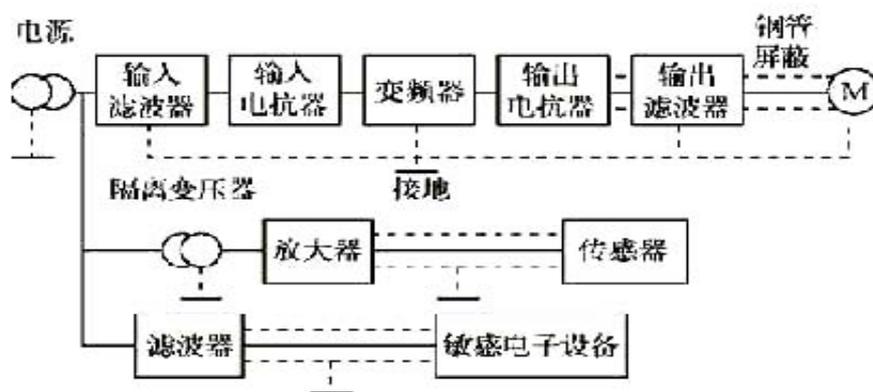


图 1 变频调速传动系统抗干扰措施

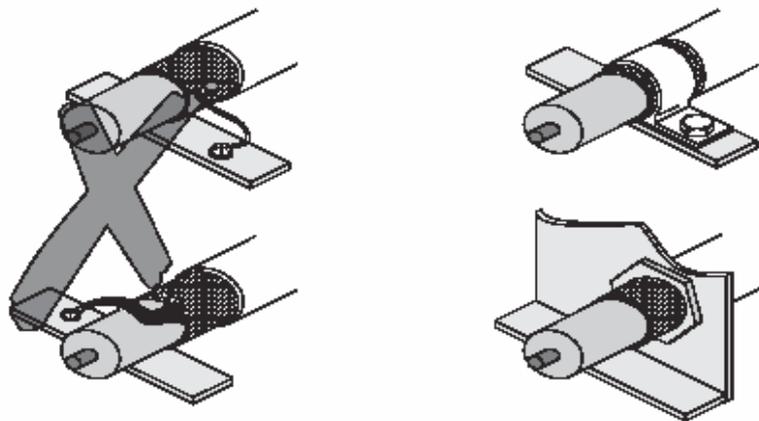
三、 实际应用情况

对激光测距仪测量信号受干扰的问题，我们是采取软件措施予以解决的，具体办法是：放大行走定位的允许误差到一定范围，例如从±20 扩大到±40，在干扰引起的定位误差超出该范围时才启动变频器，

否则行走变频器不输出信号，堆垛机就不运动，也就不会出现在目标位置附近来回摆动的现象；这样做在一定程度上牺牲了系统对水平测量信号的灵敏度，不太理想，有待于进一步改进提高。而对编码器输出信号受电磁信号干扰的问题，难以从软件上排除，只能从硬件方面想办法、动脑筋，采取更为直接、有效的措施。

根据抗电磁干扰基本原理，结合 2 # 堆垛机运行过程中出现的具体问题和控制柜里的各种电子器件摆放情况、余下空间，我们从①抑制、隔离干扰源，②切断电磁干扰对其它设备的感应通道，③降低周边设备对干扰信号的敏感性三方面着手，采取屏蔽、接地、滤波等工程上常用的技术措施来排除和抑制高架库中存在已久的电磁干扰现象，取得了明显的收效。

3.1 抑制、隔离干扰源，切断干扰信号对其它电气设备的感应通道。我们经过深入分析后认为：影响升降编码器正常工作的电磁干扰信号主要来自于变频器的高次谐波电流通过电缆向外辐射，传递到信号电缆，干扰编码器或测距仪的测量信号。为了切断这条主要干扰通道，将高次谐波信号限制在电缆内部或从屏蔽线泄放掉，我们将变频器主回路、控制回路电缆绝缘层剥开，露出金属屏蔽层，用专用金属卡子、二枚螺栓把屏蔽层紧紧压在机壳即公共接地端上，这样做有两个好处：一是接触面大，阻抗小；二是连接牢固，不易松动，确保接地良好可靠，屏蔽效果较优。



3.2 降低周边设备和检测元件对干扰信号的敏感性。旋转编码器、激光测距仪、红外通讯器的工作电压为 24V，旋转编码器输出信号的幅值约为 24V，测距仪输出信号的幅值约为 5V，很微弱，极易受到环境中电磁辐射信号的侵扰（即敏感性较高），况且本系统中 PLC 输入输出模块、高速计数模块与变频器处在同一个电控柜里，即检测元件电缆的另一头与系统主要干扰源——变频器安在同一电控柜中，相隔很近，更要采取措施降低对干扰信号的敏感性。为此，我们把编码器、测距仪的屏蔽线用专用金属卡环牢牢压紧在接地端上。以前施工过程中图方便省事，没有严格按“电气设施安装规范”和“电磁兼容技术措施”的相关要求处理接地线和屏蔽线，只是把屏蔽线就近接在门板或附近的接地端子上。这次为了使各个接地点统一，优化接地效果，我们把所有检测元件和通讯元件信号电缆的屏蔽线接到电柜里同一个接地端子上。有些屏蔽线太短，我们就在上面焊一截导线，再连到公共接地端。

对 2 # 机接地、屏蔽系统进行改进和完善后，在手动、半自动模式下试车跑了几趟均表现正常。设定为在线模式后投入正式生产，从 2005 年 12 月 5 日运行到现在，设备工作正常稳定，有效作业率达到 90% 以上，未发生过以前每天要出现几十次的 440 故障（升降编码器出错），满足了卷包生产对辅料自

动供应的要求，说明我们通过防治电磁干扰信号来排除物流设备原有故障的思路是正确的，所采取的抗干扰措施也是扎实有效的，这次谐波干扰信号排查工作基本取得成功。