

冰箱变频控制系统的谐波干扰及治理研究

Study on Harmonic Interference and Control of Frequency Conversion Control System of Refrigerator

李昱兵 刘磊 柴伟

(合肥美菱股份有限公司 合肥 230601)

摘要：近年来，变频技术大量应用在家电产品中，如空调、冰箱、洗衣机、热水器等。变频技术的应用能给家电带来节约能耗、降低噪音等如多优点，但同时由于其本身的技术特性，变频技术的应用也对整个电力系统或其他电器带来了电磁干扰，造成家电运行不正常的负面影响。本文以变频冰箱为实例，论述了变频技术产生干扰的原因、种类及解决措施。

关键词：变频冰箱；谐波干扰；EMI

Abstract : In recent years, the frequency conversion technology is widely used in household appliances, such as air conditioners, refrigerators, washing machines, water heaters, etc. The application of frequency conversion technology can save energy consumption and reduce noise. But at the same time, because of its own technical characteristics, the application of frequency conversion technology also brings the electromagnetic interference to the whole power system or other electrical appliances, which causes the negative influence of the abnormal operation of the household appliances. In this paper, taking inverter refrigerator as the example, this paper discusses the causes of interference caused by frequency conversion technology, types and solutions.

Key words : inverter refrigerator; harmonic interference; EMI

1 变频技术产生电磁干扰的原因及电磁干扰研究的意义

目前，家电产品中所广泛应用的变频驱动技术，其变频电路由整流电路、滤波电路、逆变电路组成。一般由 220 V/50 Hz 的工频交流电整流为 310 V 左右的脉动直流电，再经过滤波电路，变为较为理想的直流电，再逆变为频率可变的交流电。由于采用大功率二极管整流电路、可控硅，IGBT 等开关电路，以及压缩机的负载特性，使整个电路会产生很大的谐波电流。这种谐波电路对用电设备及供电系统都是有害的。

由于变频技术的应用所产生的各种电磁谐波干扰，给电力系统造成了巨大的污染，影响到整个电力系统的运行环境，以及家电产品运行的稳定性。电力电子技术的发展，必须解决电磁谐波干扰的问题，研究电磁干扰对保证家电产品运行的稳定性、可靠性，以及整个电力系统环境清洁具有重大意义。

2 变频冰箱电磁干扰类型

家用冰箱的变频驱动技术目前普遍采用 PWM 技术。变频驱动板的电源开关在高速闭断过程中产生大量的谐波噪声，这些谐波对于其它器件与设备来说就是污染源。谐波噪声对家电产品以及电力系统产生的干扰主要包含传导干扰、辐射干扰、耦合干扰。

传导干扰：由一个设备中产生的电压 / 电流变化通过导电介质传递并影响其他设备的现象。传导干扰相比辐射干扰传输的距离更远，传输能量更大，也是变频冰箱最主要的干扰方式。传导干扰示意图见图 1。

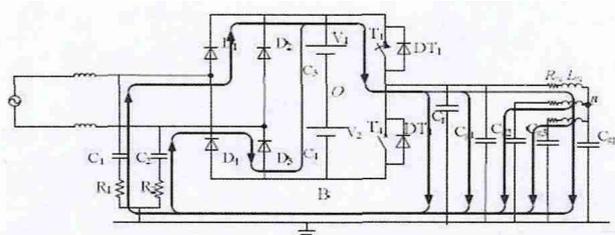


图 1 传导干扰示意图

辐射干扰：变频板处在一个不完全封闭的金属外壳内，电磁干扰可通过外壳的空隙或者裂缝向空间辐射，当缝隙或者裂缝大小与电磁波长接近时，就会形成干扰源向附近电器件干扰。受干扰的电器件及导体又会成为干扰源，对周围形成二次辐射干扰。这是变频板及开关电源谐波干扰的主要传播方式。辐射干扰示意图见图2。

耦合干扰：干扰的能量可以通过导线进行传输，并与附近的信号线产生耦合感应，在附近的导体及元器件产生感应的电流电压，影响设备正常运行。耦合干扰示意图见图3。

3 变频冰箱干扰的抑制

3.1 开关电源及变频驱动板 PCB 走线设计

变频冰箱在电控系统中应用到开关电源电路，变频驱动电路、单片机外围电路等。在抑制干扰方面，PCB的走线设计尤为重要，在设计前，抗干扰必须首先考虑。

1) 布线时，尽量用圆弧或者是45折弯走线，特别是开关电源和变频驱动高速，布线避免折弯过多。同时在折弯处增加走线宽度，降低走线的阻抗，不但增加走线的强度也降低此处的高频信号的耦合干扰。

2) 引线越短越好。在自动布线前对个别重点的高速网络进行“布线”预约。

3) 多层布线时，尽量减少过孔，过多的过孔有两个不利影响。①会额外增加板子的寄生电容。从而影响电器器件的设计参数。②会降低板子的运行速度，特别是设计高速板子时候，性能会明显降低。

4) 布线时候，特别信号线在平行布线时，线与线的距离尽量的大，可以降低互相干扰。布线受到尺寸等制约时，需要在线束之间覆“地”来降低干扰。

3.2 接地设计

接地，通常是指用导体与大地相连。但对于信号线而言，地只是一个等电位。接地，在电气设计中很简单，但如果设计得不好，应用的过程遇见的问题会很复杂。针对抑制电磁兼容的干扰作用，有防静电接地、屏蔽接地、信号接地等多种。对易感元件，屏蔽接地设计比较复杂，需防止屏蔽层内部和外部的相互干扰，如果屏蔽不好就会带来以下几个干扰：

1) 开关电源的交流干扰。这主要由交流电源引起。防护交流干扰，通常采用两种措施。一是对电源进行滤波，二是在电源变压器初次级间加屏蔽层且接地。在大的杂散电磁场外，为防电磁干扰，必须进行屏蔽接地。

2) 变频驱动板高频干扰。在驱动板地磁场附近很容易形成辐射干扰，通常会对驱动板做金属屏蔽处理，防止孔缝的泄露问题，保证屏蔽罩必须良好接地。变频驱动信号线尽量短，并做双绞处理，并与电源线和压缩机线分开走线，它们之间的距离应尽量地大。

3.3 选用适当滤波器

滤波器根据种类可以分为低通、高通、带通，带阻滤波器，根据谐波频率选择合适的滤波器。变频冰箱滤波器必须具有双向功能，既具有抑制电网对冰箱的干扰，也能抑制变频冰箱产生的谐波对电网的干扰。

根据实际工作中，滤波器安装中需要注意几个事项：

1) 滤波器输入输出线尽量采用双绞线，有效抑制高频干扰。

2) 滤波器到变频驱动部分和压缩机的接线要尽量短，可以有效的降低线束所受到的干扰。

3) 滤波器外壳良好接地。

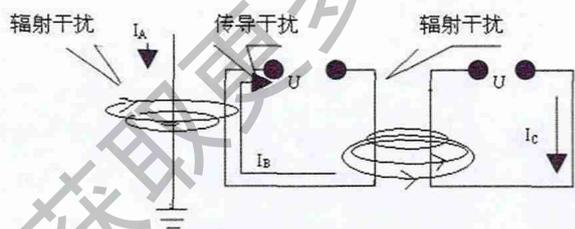


图2 辐射干扰示意图

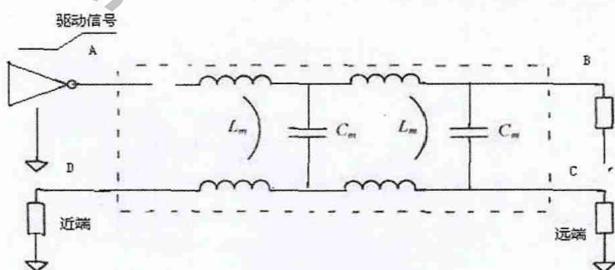


图3 耦合干扰示意图

4) 滤波器输入输出线尽量走向相反, 避免交叉、缠绕或平行走线, 以免滤波器失效。

3.4 箱体的线束布局设计

变频冰箱是个复杂系统, 其中开关电源、变频板、压缩机走线、电源线等的安装方式及冰箱生产工艺对于电磁干扰的影响也不容忽视。根据实际工作经验, 具体的安装方式及工艺要求如下:

1) 电器盒安装位置: 电器盒盖线束出口到压缩机路径要求尽量短, 以不超过 40 cm 为宜。

2) 压缩机配线增加磁环: 在压缩机配线上增加一枚磁环并紧密缠绕一圈, 压机配线上的磁环距离压机配线出电器盒座端口约 15 cm 左右处, 磁环规格为 RH17.5 × 28.5 × 9.5 初始磁导率 700。

3) 压缩机配线预装布线要求: 压缩机配线需在冰箱侧帮走线, 加大压机配线和电源线的距离, 两者沿途至少间隔 20 cm。

4) 在冰箱电源线上增加一个磁环: 磁环规格为 RH14.2 × 28.5 × 7.2, 初始磁导率为 900。

5) 变频板接地线位置要求: 变频板的功能接地线在门合页处以达到良好接地的目的。

4 变频冰箱实际测试结果

图 4 为实际冰箱在电容 EMI 测试过程中, 实际干扰波形图。通过表 1 可实际测试出冰箱不同电磁干扰类型及幅度。通过开关电源及变频驱动板 PCB 走线、接地设计、滤波器、箱体的线束布局等优化设计、EMC 干扰改善效

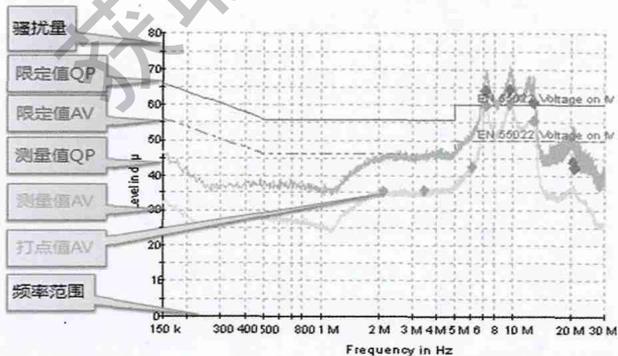


图 4 冰箱 EMI 实际测试干扰波形图

表 1 频率段范围

频率范围 / 横坐标	待测设备考量骚扰量大小的频率段范围, 冰箱: 传导 (150 K~30 M)、辐射 (30~300) MHz。
骚扰量 / 纵坐标	骚扰强度范围, 单位为分贝 Db。
限值	在频率范围内待测设备骚扰强度是否合格的判定标准, 分为准峰值 (QP) 和平均值 (AV) 限值。
测量值	待测设备在频率范围内测试出的对外界骚扰强度大小, 分为准峰值 (QP) 和平均值 (AV)。
打点值	测量曲线处比较高的位置读取骚扰强度值, 最终由打点值最终判定测试是否合格。

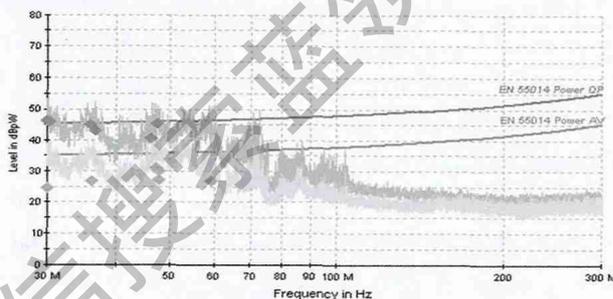


图 5 优化设计后测试干扰波形图

果明显, 通过优化后的干扰波形, 见图 5。

5 小结

随着变频家电应用越来越普及, 由此产生的谐波干扰对家用电器造成的影响也越来越显著, 对比较敏感的设备造成潜在的威胁。谐波干扰治理是冰箱电器工程师重要的研究课题。本文从冰箱的实际干扰出发, 通过不断的尝试, 提出了一些抑制谐波干扰的方法。经过实际产品的验证, 本文提到的几种措施, 对于变频谐波干扰的抑制具有显著的效果。

参考文献:

- [1] 广州贝西电气有限公司. 贝西变频器 BC2000 系列产品说明书 [Z]. 2008.
- [2] 韩安荣. 通用变频器及其应用 [M]. 北京: 机械工业出版社, 2000.
- [3] 黄智伟. 全国大学生电子设计竞赛训练教程 [M]. 北京: 电子工业出版社, 2005.
- [4] 徐新民. 单片机原理与应用 [M]. 杭州: 浙江大学出版社, 2006.