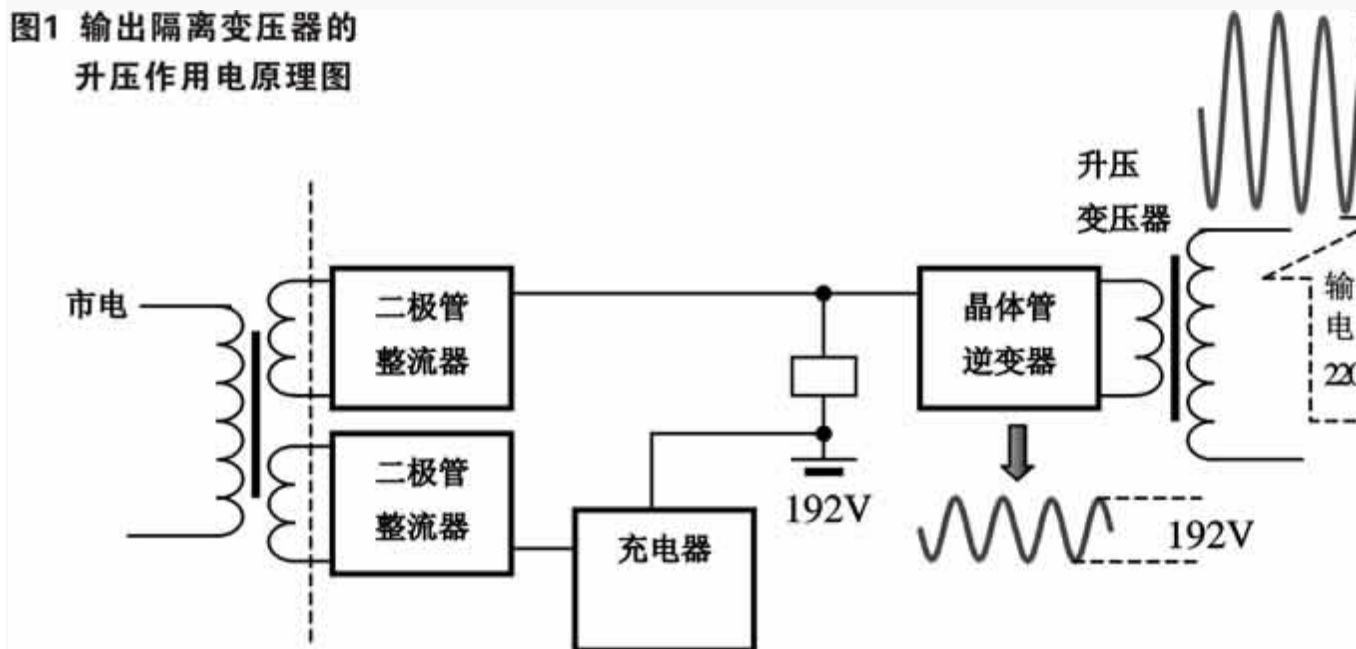


UPS 的工频机与高频机

一、概述

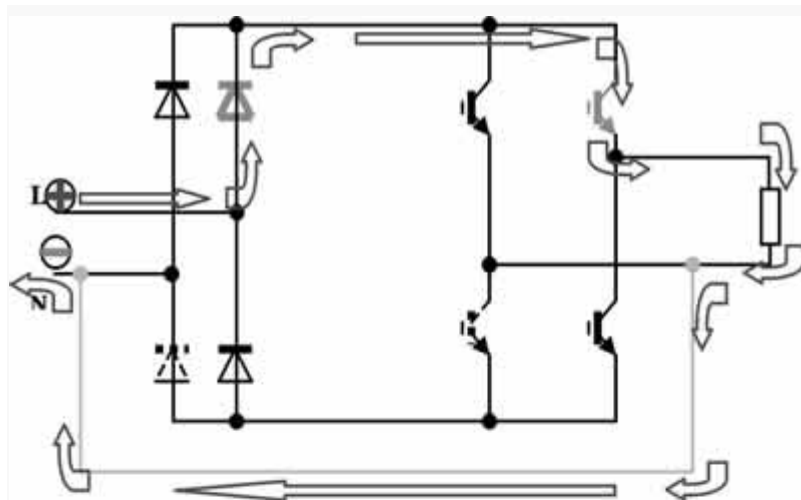
UPS 是计算机机房的主要组成部分之一，是整个数据系统的基础设施的基础。多年来 UPS 和空调系统的左膀右臂起到了举足轻重的作用。比如 UPS 宕机可视整个系统瘫痪，而空调又何尝不是银行系统就是因为空调机故障，因机内温度上升而宕机达四小时之久，造成了巨大损失。在现代的基础设施中又引进了机柜、布线和一些软性指标，不论哪一项出了纰漏都会导致系统故障。当是最基本的，没有了电就一切“免谈”。既然如此，作为系统运行基本保障的 UPS 就成了重中之重。这种电源设备的供电寿命比其他设备要长得多。这就提出了一个问题，选择 UPS 要有前瞻的眼光注意它的先进性，否则设备刚装上不到两年就已从市场上销声匿迹了，由于存在着买不到备件的就为维修埋下了隐患，使 UPS 的高可用性失去了保障。

图1 输出隔离变压器的升压作用电原理图

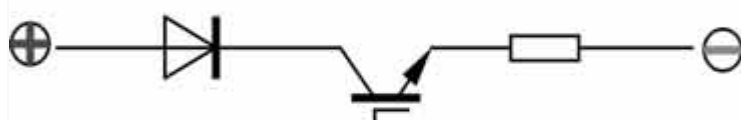


UPS 发展的方向是高频化、小型化、智能化和绿色化。因为小型化可以节省投资、提高效率、降低成本等。小型化的前提是高频化，只有高频化才可实现小型化。小型化的第一个目标就是取消输入/输出变压器。以前由于技术、器件和材料的原因，给 UPS 加入了输入/输出隔离变压器，使得产品笨重、耗电大和价格贵。后来由于新器件的问世，在 1980 年由美国 IPM 公司首先推出的新方案成功地取消了隔离变压器，近几年又由于技术的进一步发展和成熟，推出了半桥逆变器变换方案，又成功地取消了隔离变压器，使 UPS 的性能又有了很大程度的提高，这就是人们所说的高频机，它进一步使 UPS 体积小、改善了性能、减轻了重量、提高了效率、降低了成本和提高了可靠性。所以国际上的知名公司都放弃了带有输出隔离变压器 UPS 的生产，一律改为高频机。目前市场上所谓的“工频机”UPS 已到了被淘汰的时候了。

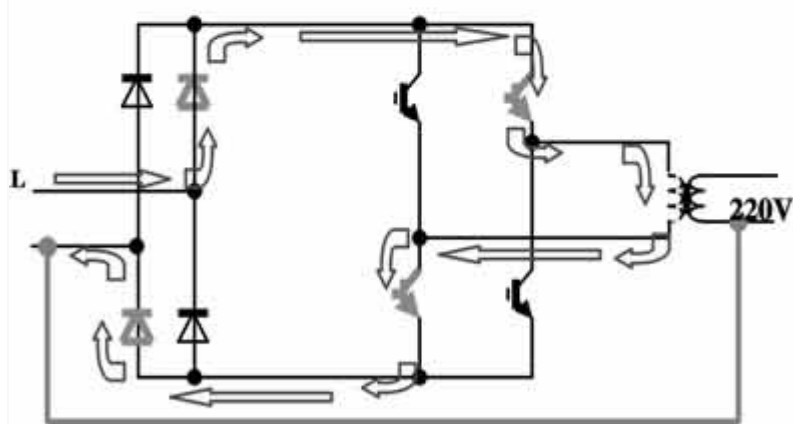
在国外已没有了所谓“工频机”这个概念，我国所以还保留了生产工频机的一片沃土，这完全依赖于用户对新事物的不敏感和对老产品的眷恋。尽管高频机的地盘在不断扩大和工频机的地盘逐渐缩小，一定程度上也给工频机生产厂家带来了一定的“商机”，原因是竞争对手少了。只要他们的销售说服消息闭塞的用户，在投标中就几乎碰不到几个对手的竞争，成功的机会就很大。



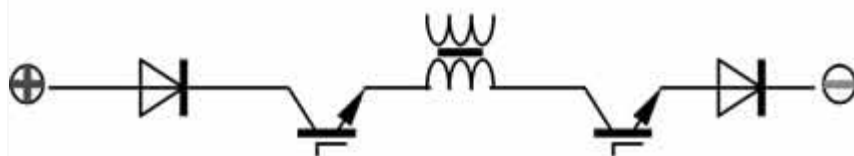
(a) 无输出变压器正半波时的电流流动方向和途径



(b) 无输出变压器正半波时的等效电路



(c) 有输出变压器正半波时的电流流动方向和途径



(d) 有输出隔离变压器时的正半波等效电路

二、UPS 输出隔离变压器的作用

能够取消输出隔离变压器的理由何在？以往工频机的推销者一直在宣传这个变压器具有抗干扰、载突变的作用，好像这个变压器是为了这些目的专门为用户加上的，是不是这样呢？事实是这个

工频机不可分离的主要部分，而且作用也很简单，下面进行讨论。

图4 一般工频机UPS电源
结构方框图

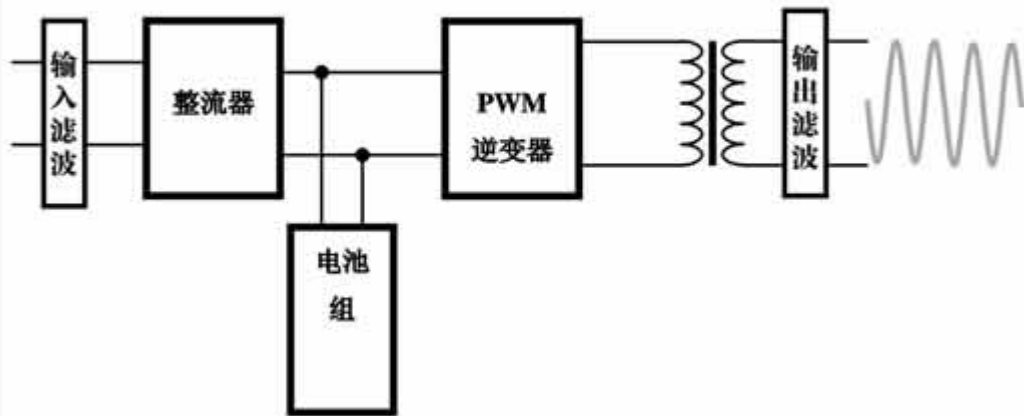
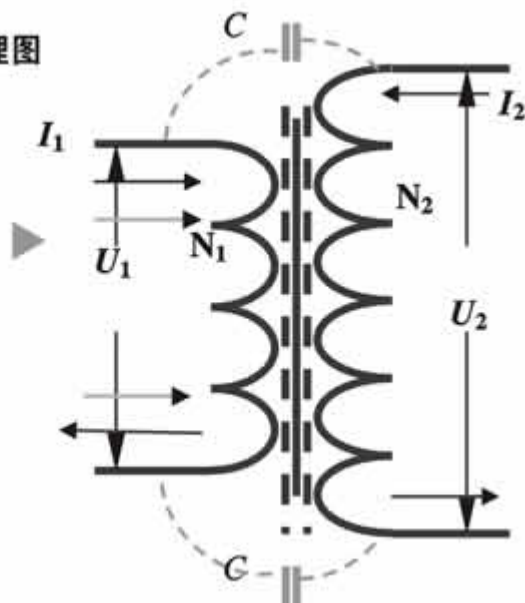
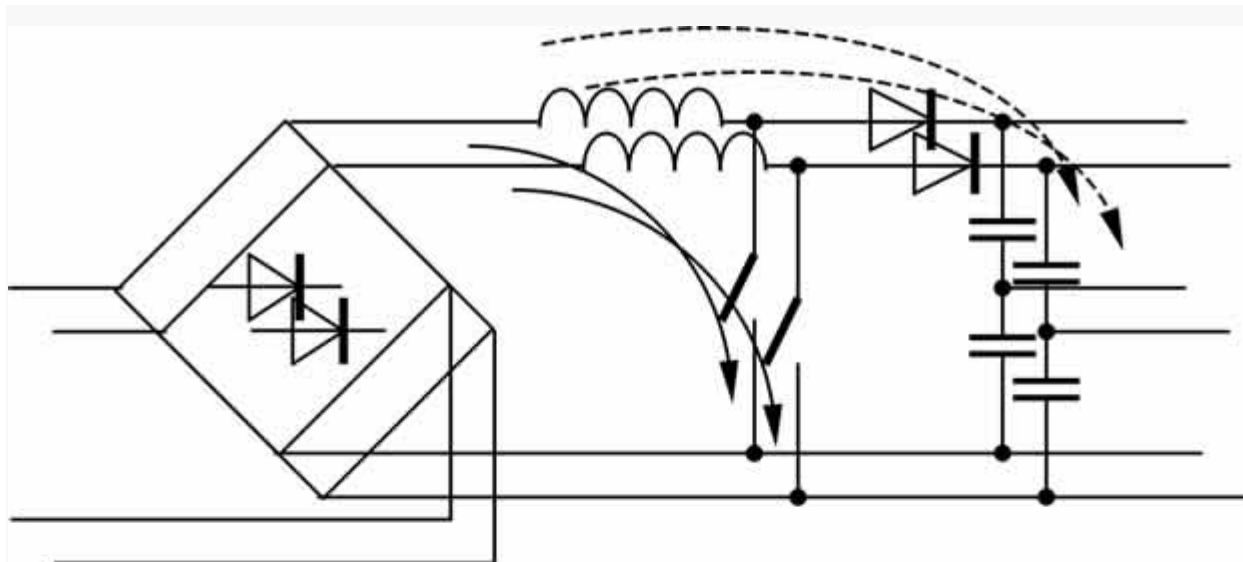


图3 UPS变压器电原理图



1. 工频变压的作用。

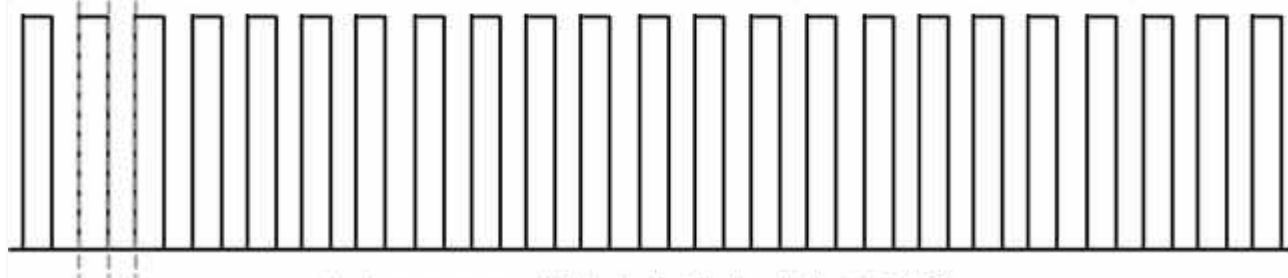
UPS 输出的 220V 正弦波交流电压的峰峰值电压是 620V，而一般单相 UPS 的输入整流电压才 3（不包括一般为 196V 电池的情况），为了使逆变器不失真地输出 220V 正弦波交流电压，逆变器前电压必须是 650V~870V。由于工频机逆变器的输入电压远远低于这个值，所以必须加一个输出变压提升升到额定峰值以上才可使用，如图 1 所示。图中所示为电池电压为 192V 的情况，在中小功率节约成本，一般都不将电池电压做得太高，所以输出隔离变压器一般为升压工作方式。图中虚线分为输入隔离变压器，现在已不作为标配。



(a) BOOST电子变压器电路原理图



(b) 被BOOST切割的输入波形图



(c) BOOST的输出未滤波时的波形图

2. 对零线的隔离作用

工频机 UPS 采用的是全桥变换器，如图 1 所示。这种变换器输出的不是一根火线和一根零线，而是一根火线和一根零线。但一般的 UPS 负载要求必须有零线，如果没有输出隔离变压器，将一根火线硬性接零线，如图 2(a) 所示，就会导致 UPS 的工作不正常。图中给出了在电压正弦波正半波时的电流流动方向和途径，负载电流如此。从图中可以看出，由于零线的接入，使负载电流经过负载后不是经过整流器和逆变管，而是直接通过市电的零线输入端，在这种情况下，图中用虚线标出的一只整流器和一只逆变功率管就未起作用。如果按照正常的工作程序，负载电流应该流过两个桥式电路的各 2 只管子，如图 2(c) 所示，图(d) 是它的等效电路。从图中可以看出，当在输出端增加了隔离变压器后，就可以在变压器的次级（负载输入端）连接一根零线，于是就构成了一个可靠的供电系统。

所以这个变压器是全桥电路不可分割的一部分。是为了解决上述困难的权宜之计，和其他没有必

三、隔离变压器不能隔离干扰和缓冲负载

目前所有 UPS 的隔离变压器都是为了变压和隔离零线的目的而接入的，并没有隔离干扰和缓冲负载的功能。图 3 给出了这种变压器的结构电原理图。从图中可以看出，变压器的初级和次级之间都有寄生电容，他们就构成了一个一定容量的电容器 C，电容器的容抗和频率是成反比关系的，即：

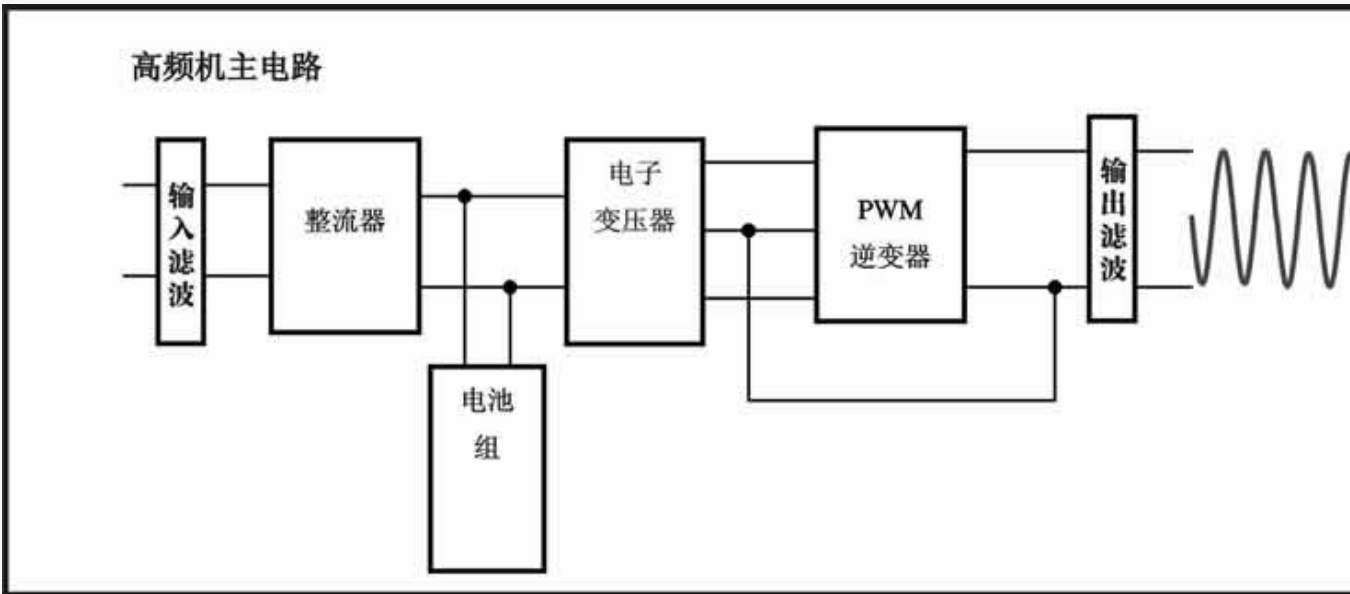


图6 高频机UPS主电路
结构原理图

式中： X_C 是变压器初次级间等效分布电容的容抗，单位是欧姆（ Ω ）。 f 是干扰信号的频率赫兹（Hz）。 C 是变压器初次级间等效分布电容量，单位为法拉（F）。从这个公式可以看出，频率越高，容抗就越小，也就是说干扰信号的频率越高，这个电容通路就越容易穿过。由于一般干扰信号的频率是很高的，可以直接穿过变压器而长驱直入去干扰负载。若是较严重干扰到来，它就会按照变压器的变比按比例变换过去干扰负载。正因为变压器并不抗干扰，所以所有 UPS 都在输入和输出端加有输入/输出滤波器，如图 4 所示。

同样，该变压器也没有缓冲负载电流突然变化的能力。根据能量守恒定律，变压器初次级之间传递的能量是等量的，即：

$$U_1 I_1 = U_2 I_2 \quad (2)$$

比如当负载端短路时，次级电流 I_2 就会趋向于无穷大，为了平衡负载端的变化，变压器初级电流 I_1 也会趋向于无穷大。也许有人会说：变压器的漏感可阻止电流的突然变化，这一来是变压器的漏感不足以阻止这种变化，另一方面，高频机的输出端照样串有小容量的电感，在这一点上二者是等不起关键作用。为了弥补这个不足，所以在所有 UPS 的输出端都接有电流传感器，一旦出现过载现象，就用停止逆变器工作的方法来保护。

四、高频机 UPS 真的没有变压器吗？

一般认为高频机没有变压器，这是一种误解。实际上在高频机 UPS 中也有变压器，比如 UPS 输入电压 220V 时的电压幅度峰峰值约 620V，而 UPS 中的电池电压一般小功率是 192V 或者更小，如果逆变器又如何将 192V 升至 620V 呢！在人们的习惯中大都认为有线圈和铁心的才叫变压器，否则就不是变压器，这就有些片面了。比如在小功率高频 UPS 中的整流器和逆变器之间有一个 BOOST 升压电路，这就是变压器，凡是能将一个电压值变换为另一个电压值的装置都是变压器，只是人们还不习惯而已。不

如何来定义，又比如电磁炉和微波炉哪一个外形也不像习惯上做饭的炉子；宇宙飞船既没有能飞不像船，但对这些东西，人们已习惯了，也就叫开了。高频机 UPS 由于有了这个电子变压器又带好处：不但可以变压，而且还有输入功率因数校正功能，它可以将输入功率因数校正到接近于 1，变压器所无法实现的；它的抗干扰功能也是工频变压器无法比拟的，这是因为普通电磁式变压器电压波形没有失真地传递到输出端，所以也将干扰一并送出。高频机的电子变压器则不然，如图的电路是将输入电压波形进行切割后储能送出：当整流正弦半波电压波形到来时，开关 S 闭合，电感 L 和开关 S 和输入形成回路，如图中实线所示，此时能量储存在电感 L 中，开关 S 按照一定的频率与闭合，当开关断开后，储存在 L 中的能量沿虚线方向给二极管 D 后的电容和负载供电，而后再一个同样的周期。其波形的关系如图 (b) 和 (c) 所示。从图中可以看出，电子变压器储能时，并不将输入电压波形直接送出，而是以静态的形式储存，不取能时再将储存在电感中的能量送出。换言之，即使电网中有干扰，输入电压波形在储能过程中平复，就像波浪翻滚的河水流入水库后就会“偃旗息鼓”，平静下来，而由水库提供的水流则是平缓的。谁也不会相信电池向外提供的电流中会有干扰成分。

从上面的讨论已明显看出高频机的优越性。实际上，现在的大部分工频机也已经高频化，不过，传统的工频机，其单相机的输入功率因数不会高于 0.7；三相机的输入功率因数在无 PFC 的情况下也不会高于 0.8；几乎所有工频机的逆变器都采用了高频 PWM 技术。所差的就是舍不得舍弃输出变压器。。实际上几乎所有的国内 UPS 生产厂家，在生产工频机的同时还在生产着同容量的高频机，以备万一有一天市场用了高频机，好及时推上去，不至于青黄不接。当然也有的供应商即使他的 UPS 已全部高频化，也不合用户对工频机的偏爱胃口，也不得不声称是工频机！

图 6 给出了一般中小功率 UPS 电路原理方框图。