

谈无逆变器不间断电源

深圳华达电子有限公司 郁百超

UPS中的各种功率变换器在工作中因效率问题浪费了许多电能,例如AC/DC整流变换器、DC/DC有源功率因数校正器、DC/AC逆变器、DC/DC升压变换器、DC/DC降压变换器等;同时,功率的变换过程将产生高次谐波,会对电网和用电设备造成一定的电磁干扰;随着电力供电系统不断完善,停电的次数明显减少。为了克服上述弊端,不间断电源必然沿着节能的方向发展。

现代社会已经进入信息时代,特别是计算机的应用和互联网的产生以及相关产业的持续发展,信息量以几何级数增加。信息的产生、处理、传送、存贮的过程,都不能有毫秒级的中断,否则会产生不可估量的损失。UPS的需求量会随着社会的进步和发展不断增长。

传统UPS为了实现供电的不间断,进行了多次功率变换,显然浪费了太多的能源、资源和人力。传统UPS输出的虽然是交流电压,但带纯电阻负载时也不能满负荷。

实际运行中的用户负载一旦电源中断,首先想到的就是UPS故障,第一时间需要保护的也是UPS,因此传统UPS的可靠性是用户和厂商极为关注的性

能指标。

传统UPS都有静态开关,其功能是当UPS本身出现故障时,静态开关自动切换到市电供电。如果正当此时市电中断,用户设备就断电。要使UPS真正做到供电不间断,UPS自身必须保证在寿命期内无故障。

1 全功率变换器的概念

在传统UPS的发展过程中,产生了各种不同的电路形式,所有这些UPS的共同特征是,其中都包含一个或多个“全功率变换器”。所谓全功率变换器(设其单位为U),是一个其数值略大于整机输出功率的一个功率变换器,至于大多少,取决于UPS的效率。例如一台输出功率标称值为 $P=10\text{kVA}$ 、效率为92%

的UPS,这台UPS的逆变器就是一个全功率变换器U, $U=P(1/92\%)=10.9\text{kVA}$ 。其整流滤波器则只是一个大约为0.01U的功率变换器,因为整流滤波器只相当于1个半导体PN结所产生的功耗。充电器是一个视后备时间不同(即视蓄电池的容量不同)而数值不同的功率变换器:后备时间1h,UPS应以0.6C的倍率放电(请参考一般的蓄电池特性曲线,下同),蓄电池端电压为240V,蓄电池的放电电流为50A,则蓄电池的容量应为83Ah,蓄电池以 $0.1C=8.3\text{A}$ 的电流充电,这个充电器是一个0.17U的功率变换器。后备时间4h,UPS应以0.2C的倍率放电,蓄电池以0.1C的倍率充电,则这个充电器是一个0.5U的功率变换器(以下的讨

论,都以4h后备时间为例);后备时间8h,UPS应以0.1C的倍率放电,蓄电池仍以0.1C的倍率充电,则这个充电器是一个1U的功率变换器,表1是UPS中常用功率变换器的全功率值。

传统UPS中具有代表性的几种机型,根据表1可计算出其全功率值如下:

(1)离线式小功率工频UPS,包括整流滤波器(0.01U)、逆变器(1U)、充电器(0.5U)、直流升压开关电源(1U),是一个2.51U的UPS。

(2)在线式大功率工频UPS,包括整流滤波器(0.01U)、功率因数校正器(0.2U)、逆变器(1U)、充电器(0.5U),是一个1.71U的UPS。

(3)在线式小功率高频UPS,包括整流滤波器(0.01U)、功率因数校正器(0.2U)、逆变器(1U)、充电器(0.5U)、升压开关电源(1U),是一个2.71U的UPS。

(4)在线式大功率高频UPS,包括整流滤波器(0.01U)、功率因数校正器(0.2U)、逆变器(1U)、充电器(0.5U),是一个1.71U的UPS。

(5)Delta双变换UPS,包括Delta逆变器(0.2U),主逆变器(1U),是一个1.2U的UPS。

全功率值U是一个模糊概念,并不能精确计算出UPS的各

种参数,但全功率值可以表征一台UPS的复杂性、可靠性和设计的合理性。应用全功率的概念,可以衡量一台UPS的成本、体积、重量、功耗,可以评估一台UPS的功耗、EMI干扰和可靠性。

表1 UPS常用部件的全功率值

名称	表达式	全功率值(U)
整流器	U_r	0.01
逆变器	U_i	1.00
有源功率因数校正器	U_p	0.20
升压电路	U_s	1.00
1小时充电器	U_{c1}	0.17
4小时充电器	U_{c4}	0.50
8小时充电器	U_{c8}	1.00
Delta逆变器	U_{id}	0.20
Delta主逆变器	U_{im}	1.00
电压补偿稳压器	U_c	0.10

Delta双变换UPS相对于传统双变换UPS在节能、抗干扰、可靠性等方面都有很大的改进,之所以有这么多的优越性,正是因为与传统双变换UPS相比,减少了0.5U全功率值的原因,上述与功率变换器直接相关的所有弊端,尽管在Delta双变换UPS中依然存在,整机的全功率值U不断趋近于零。

2 无逆变器直流UPS

当今UPS

的用户设备,大都是计算机及其外设,这些设备都采用了高稳定、高可靠的开关电源,不必采用交流供电。

直流UPS输出的是直流电压(见图1),其功能是保持输出的直流电压不间断,应用于需要直流电压的场合,与输出交流电压的UPS无关。

人们往往会产生一种误解,以为正弦波是理想的一种供电波形。实际上,对于电力的生产和传输的确如此,但对于计算机用户设备而言却不尽然。正是正弦电压经过整流滤波后产生的各次谐波构成了对计算机现实的和潜在的威胁,在整流电路之后接入滤波电路,目的就是为去除上述各次谐波,这也充分说明,计算机用户设备真正需要的是正弦电压中的直流分量,而不是其中所包含的各次谐波。直流UPS提供的直流电压,不包括任何谐波分量,对于计算机用户设备而言,是一种理想的电源。

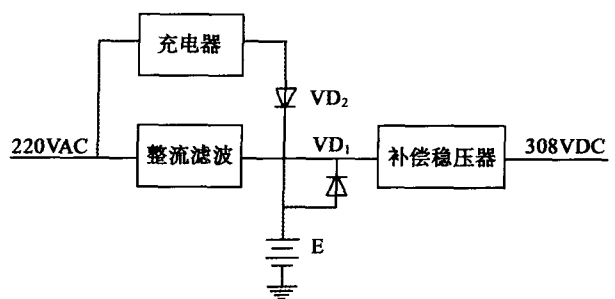


图1 无逆变器直流不间断电源电路拓扑

无逆变器直流UPS不包括逆变器,对用户设备实现了直流供电,所以有如下优点:

(1)无功率逆变环节,效率高,节能显著,是一种真正意义上的节能产品。

(2)体积小,重量轻,节约资源,是一种真正意义上的环保产品。

(3)对用户设备无谐波干扰,对市电侧亦无谐波污染,是一种真正意义上的绿色UPS。

(4)电路简单,故障率低,达到寿命期内无故障,是一种真正意义上的数据保护神。

(5)设计简单,制造容易,成本低,利润空间大,是一种高附加值产品。

综上所述,为了克服功耗大、EMI干扰和不可靠三大弊端,在保持所有必要特征的前提下,无逆变器UPS免除了逆变器,无功耗UPS免除了逆变器和大部份功率变换器,无变换器UPS免除了逆变器和所有功率变换器,上述三种无逆变器直流不间断电源整机的全功率值U不断趋近于零。

2.1 无逆变器UPS

UPSWI(UPS Without Inverter)是用电压补偿稳压器取代传统UPS中的逆变器,以补偿整流滤波后的脉动直流电压,使输出直流电压保持恒定。如果电网电压在 $\pm 10\%$ 的范围内波

动,则补偿稳压器是一个0.1U的功率变换器,图1中的充电器是和输出电压一样的补偿稳压电源,根据表1可知,4小时充电器是一个0.50U的功率变换器,而补偿稳压器又是一个0.10U的功率变换器,所以直流UPS所用的充电器是 $0.5 \times 0.1 = 0.05U$,加上整流滤波器(0.10U),无逆变器UPS是一个0.16U的不间断电源。

UPS和用户设备的连接方式如图2所示:左边虚线框是UPS,右边虚线框是用户设备,中间的点划线框包括UPS的逆变器和用户设备的整流滤波器。输入到此点划线框左边的是300V直流电压,从此点划线框右边输出的还是300V直流电压,这意味着该点划线框内的部件可以去除。一是设计不合理,造成电能浪费:UPS的逆变器将300V直流电压逆变成稳压的220V交流电压,但此交流电压

一进入用户设备,该设备的整流滤波器又立刻进行相反的变换,把220V交流电压变换成300V的直流电压。在逆变和整流两个多余的变换环节,电能损耗约25%。二是逆变器工艺复杂,设计制造困难,器件要求严格。三是整机体积大、笨重、成本高。

去掉点划线框内的部件以后,整流滤波后的直流电压就直接进入用户设备,这显然不行。于是在整流滤波器之后,接入了电压补偿稳压器,以保证进入用户设备的是恒定的直流电压,这就是所谓的无逆变器UPS。

电压补偿稳压器的原理为(见图3):在整流滤波后的直流电压 U_d 上叠加一个较小的、与 U_d 的波动作相反变化的直流电压 U_c ,输出电压 $U_o = U_d + U_c$ 。尽管 U_d 不断波动,但 U_c 变化与 U_d 相反,完全抵消或补偿了 U_d 的波动,因此输出电压 U_o 的波形是一

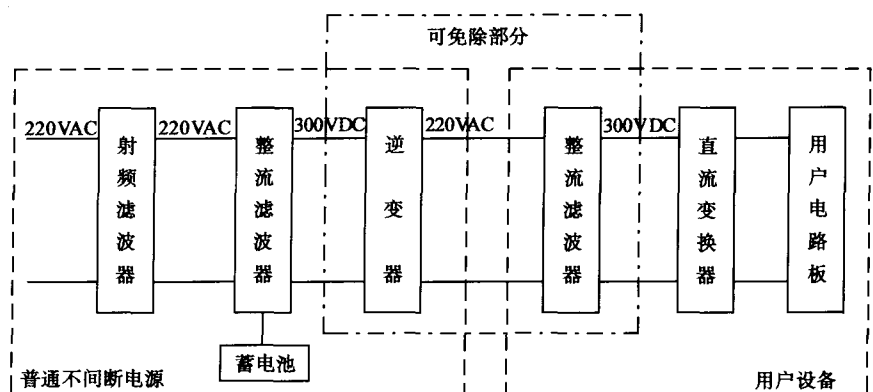


图2 UPS和用户设备的连接方框图

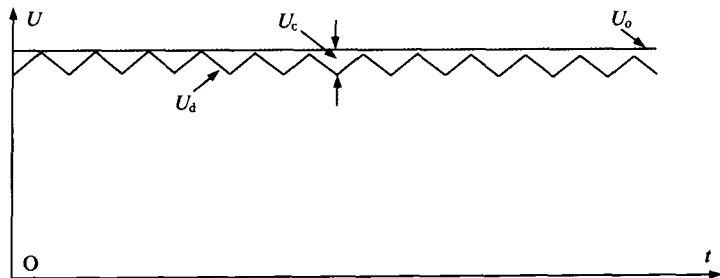


图3 电压补偿稳压法示意图

条直线。 U_c 的幅值只要比 U_o 的波动范围略大即可,大约为 U_o 的10%左右。

UPSWI只有一个整流滤波环节,没有逆变环节,免除了传统UPS中的逆变器,提供给计算机用户设备的电压波形是直流。UPSWI的突破在于:在成本减小90%的前提下,实现了输出直流电压的稳定和不间断。

2.2 无功耗UPS

UPSWM(UPS With Minimum Consumption)是在图1的电路拓扑中,去掉其中的电压补偿稳压器,就是无功耗UPS的原理框图,整流后的脉动直流电压经过逻辑电路限定以后,直接输出到用户设备,同时对蓄电池进行充电。整机除整流滤波器(0.01U)外,没有任何功率变换器,无功耗UPS是一个0.01U的UPS。

传统UPS对用户设备实现交流供电,采用逆变器保持输出交流电压的恒定,需要一个全功率变换器U;UPSWI对用

户设备实现直流供电,采用电压补偿稳压器保持输出直流电压的恒定,需要0.1U的一个变换器;UPSWM用逻辑控制电路把输出电压限定在一个预先设定的范围之内,完全不需要功率变换器。无功耗UPS实际上还是有功耗,只不过其功耗很小,冠之以“无功耗”,略有夸张之意,译成英文是“mini consumption”,其表达就精确了。

2.3 无变换器UPS

UPSWC(UPS Without Converter),顾名思义,其中没有任何功率变换器,当市电正常时,市电经过逻辑电路限定以后,直接进入用户设备,同时对蓄电池进行充电。当市电中断时,蓄电池的直流电压直接进入用户设备。除静态开关外,其中不包括任何功率器件,用全功率变换器概念来理解,无变换器UPS就是一个0U的UPS。

无变换器UPS去掉市电交流通道中的AC/DC整流变

换器、AC/DC PFC变换器、DC/AC逆变变换器;去掉蓄电池直流通道中的DC/DC升压变换器,DC/DC充电变换器,以及DC/AC逆变变换器(与交流通道共用),去掉这五种功率变换器后,整个UPS只剩下静态开关、蓄电池及其充电控制器,在市电正常时,直接输出市电,在市电停电时,直接输出蓄电池电压。

实际上,无变换器UPS是只剩下两路静态开关的在线式UPS。

3 无逆变器交流UPS

传统UPS与生俱来就具有三种弊端:低效率的功率变换浪费了太多的电能;功率器件的高速开关对电网和用户设备造成严重的电磁干扰;越来越复杂的电路拓扑使得UPS供电系统故障率越来越高。为了克服不间断电源上述三种弊端,就必须免除UPS中的各种功率变换器,同时要保持正弦波电压输出,于是无逆变器交流UPS应运而生。

无逆变器交流UPS家族有各种不同的电路拓扑,其中有代表性的是“绿色UPS”和“绿色逆变电源”,它们的电路拓扑完全不同,但都不包括常规意义上的功率变换器,即不包括高频工作的功率器件和PWM调制(具体电路从略)。



4 结束语

传统UPS的用户设备(计算机及其外设),在市电的入口处都有一个整流桥,交流电压通过整流桥,变成直流电压,而直流电压通过这个整流桥,当然还是直流。因此,无逆变器直流UPS输出的直流电压可以从原来的交流入口处直接进入用户设备,不必对原设备进行任何改动。因此,对只能由交流供电的用户设备实现直流供电,是UPS的一个突破,于是产生了无逆变器UPS。

用户设备都采用了高可靠、高效率的开关电源,其输入电压的范围比传统UPS的输入电压范围还要宽得多,是交流电压还是直流电压,电压是恒定的还是非恒定的,对开关电源来说无关紧要。因此,不再保持用户设备输入电源的恒定,于是产生了无功耗UPS。

传统UPS在自身故障时,用旁路开关切换到市电供电,说明市电对用户设备是安全可靠

的。对高可靠、高效率的开关电源来说,只要不停电,市电就是既安全又可靠的,UPS的任务,仅仅只是在市电中断时,确保用户设备的供电不中断。因此,让市电直接进入用户设备,于是产生了无变换器UPS。

无逆变器交、直流UPS发展的方向,正是沿着UPS中功率变换器不断减少的方向,沿着UPS中所包含全功率值U不断下降的方向,即不断向全功率值U为零的方向逼近,详见图4。

UPS除了保证用户设备供电不中断之外,当然还有其他许多功能,例如防浪涌、防雷击等等,这些功能并不包括在功率变换器之中,直流UPS去除的是功率变换器,所以这些功能都还保留。

如果用全功率的概念进行分析,传统UPS都包括了约2U的功率变换器,而直流UPS只包括0.2U以下的功率变换器,或者不包括任何功率变换器,两者之间有一个数量级的差别。直流供电对计算机及其外设没有任何谐波干扰,安全、可靠、无干扰、寿命长,同时,本身对市电侧亦无干扰,功率因数为1,而THD为零,成本、体积、重量、功耗都减少了一个或几个数量级,既节能,又环保,是一种真正意义上的绿色UPS。由于无逆变器交、直流UPS具有的优越性,越来越多地为UPS业界所关注。

作者简介

郁百超,男,1943年生,长期从事电能变换技术的研究,国内外发表论文多篇,获得多次国内外专利。

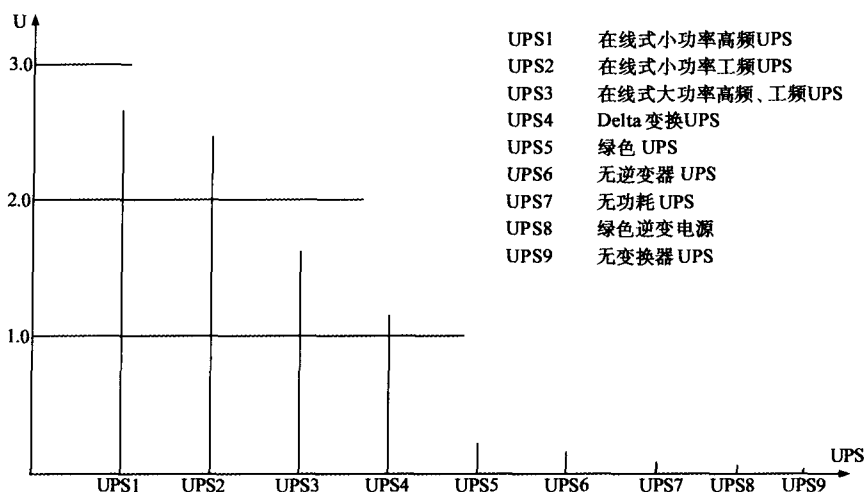


图4 UPS发展方向:向全功率值U为零的方向逼近