

UPS工作模式： 全新算法实现空前效率



摘要

在线双变换技术以及其多种的配置形式，作为当前已推出的UPS的技术标准，迄今为止，被业界认可为理想的且最为可靠的大容量供电解决方案而被广泛接受。

在双变换模式下工作的UPS，可以对各种电能质量问题提供有效的隔离。它允许在任何输入电压和频率条件下对输出电压和频率进行控制。

但我们必须提出一个问题，双变换技术是否是唯一可以解决这些供电扰动的解决方案？

尽管双变换技术经证实保护设备免受各种类型的供电扰动方面非常可靠，但仍然存在一个不容忽视的缺点，即效率问题。在提供这种高度保护的同时，双变换UPS以最大保护模式持续运行，从而使得大量剩余能量被消耗掉。

因此，是否有更为有效的解决方案可以为关键设备提供保护？

典型的解决方案是这样一种UPS：能够区分不同类型的电力扰动，并且针对每一个特定的扰动，能够以最经济有效的工作模式作出响应，从而对其进行补偿。Chloride开发出的创新型**Trinergy**将此理想变为现实。

1. 简介

在大型的关键设备供电系统（例如，数据中心）中，双变换UPS的采用通常被看作是能够高度保护负载免受几乎所有类型电网扰动的最佳选择。

双变换UPS解决方案在针对特定的供电条件提供保护方面仍处于决定性地位。

随着时间的推移，数字信号处理(DSP)和Chloride的矢量控制专利技术使推出更高效特定解决方案成为可能。其中一种解决方案是智能双变换，Chloride已于1998年在UPS市场上推出了该解决方案。智能双变换旨在对主电源进行持续检测，并确定在

哪种情况下能够通过旁通通道直接为负载供电。此项技术目前在功率范围为10 kVA到800 kVA的三相产品中被广泛采用。

尽管智能双变换能够显著降低UPS的能量损耗，但在某些情况下市电状况不足以令系统在高效率模式下持续运行。这可能是因市电电源扰动和/或负载特性（尤其是电流失真和相位移）所致。这种情况有时会导致UPS须长期在双变换最大保护模式下运行。

UPS工作模式： 全新算法实现空前效率

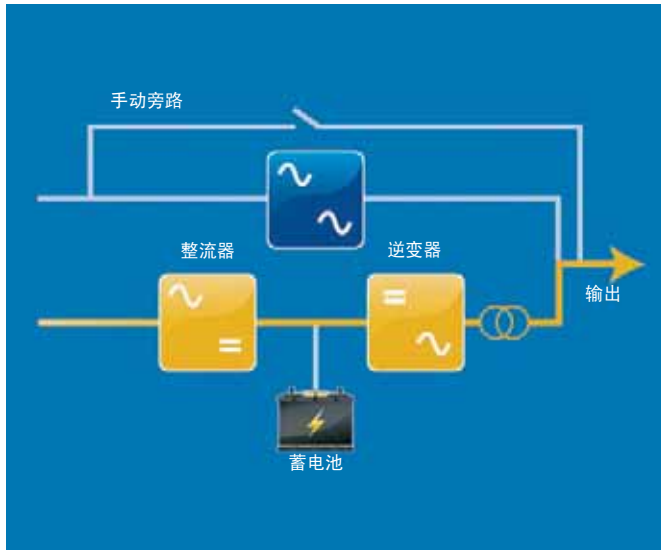


图1 - 配备输出变压器的双变换UPS (VFI)典型单线线路图。

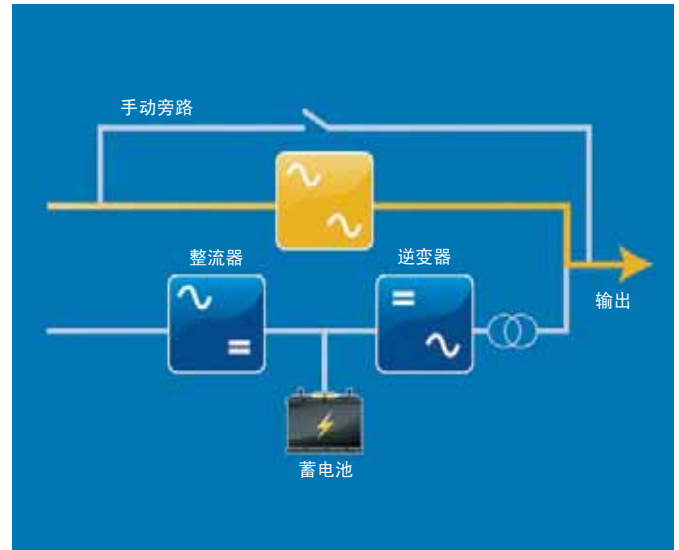


图2 - 优先使用旁通供电的单线线路图。逆变器不断与旁通电源进行同步，并时刻做好在需要时及时支持负载的准备。

虽然这些配置被广泛采用，但很显然人们仍需要更加智能化的解决方案。这种系统将能够区别对待不同类型的扰动，并对扰动的程度和类型进行相应调节，而不是对所有类型的扰动采用单一解决方案（双变换或智能双变换）。

特定数量的扰动（例如，电压跌落、电压波动、谐波等）可以通过滤波器，尤其是有源滤波器，得到补偿，从而能量不需要流过双变换线路。

2. 如果标准UPS已配备有源滤波器会怎样？

确实存在这种情况。当UPS处于线路交互模式时，逆变器会进入休息状态并时刻准备将电源即时地传送至负载。因此，逆变器可以用于补偿从市电至负载的扰动，反之亦然，从而能够在无需使用双变换解决方案的情况下将负载与市电再次完全隔离。但市电故障有可能仍会发生，或要求的补偿比逆变器能够提供的补偿高，在这些情况下UPS会快速及时地激活双变换线路。

如今，这些解决方案因在下列双变换三相产品中采用最新技术而得到进一步加强，即：无变压器的UPS（见图3）。此UPS拓扑与最新控制技术相结合，可使单机功率达到1200 kW，因而能够在实现市场上最高效率的同时，还能提供最高水平的电力保护。

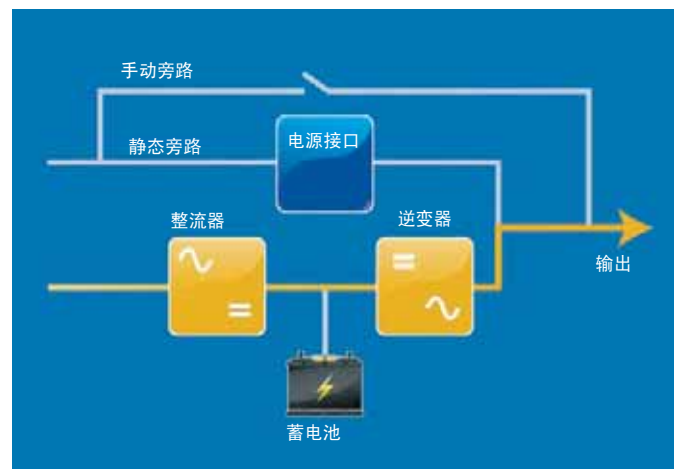
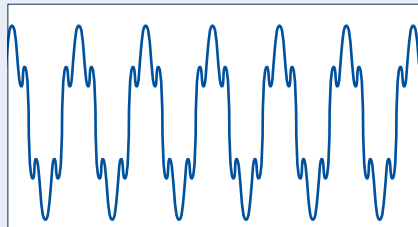


图3 - 采用Trinergy技术但仍以双变换模式工作的新型无变压器UPS。

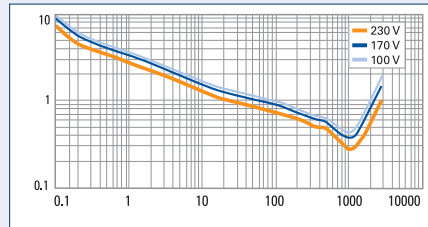
UPS工作模式： 全新算法实现空前效率

2.1 常见电扰动

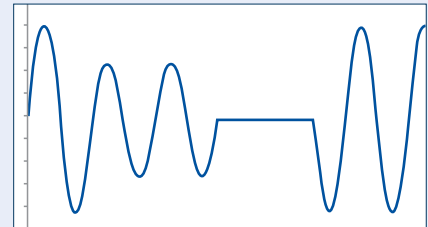
电力供应质量取决于多种类型的扰动，这些扰动简单总结分类如下：



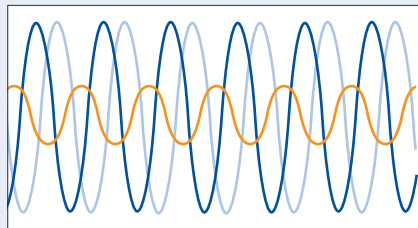
谐波与间谐波



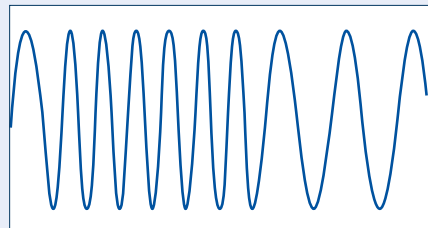
电压波动与闪变



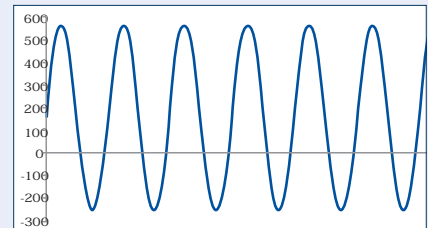
电压骤降（跌落）与中断



电压不平衡



电源频率畸变



直流分量、陷波和电噪声

其他扰动包括感应低频电压和瞬态振荡。

2.2 可能的解决方案

当今市场上有多种可以用于调节和改善负载的电力供应质量的解决方案：

- UPS
- 瞬态浪涌抑制器(TVSS)
- 静态转换开关
- 串联型有源滤波器
- 并联型有源滤波器
- 混合型有源滤波器（串联与并联）

后面三种以滤波器为基础的解决方案通常可在特定范围以较高的效率补偿除电压中断和频率变化之外的所有扰动类型。

对于在第2.1节中描述的供电扰动，双变换配置的UPS是迄今为止唯一能够补偿所有可能供电扰动的解决方案。UPS能够在较大电压幅度波动以及电源完全中断这两种情况下，为负载提供高质量的电压。后一种情况可通过局部能量存储设备（如电池或飞轮技术）实现。

双变换UPS无疑是一种领先的解决方案，其唯一缺点是在不断将输入AC电源转换为DC电源以及之后将DC电源转换为输出AC电源的过程中会消耗大量的剩余能量。

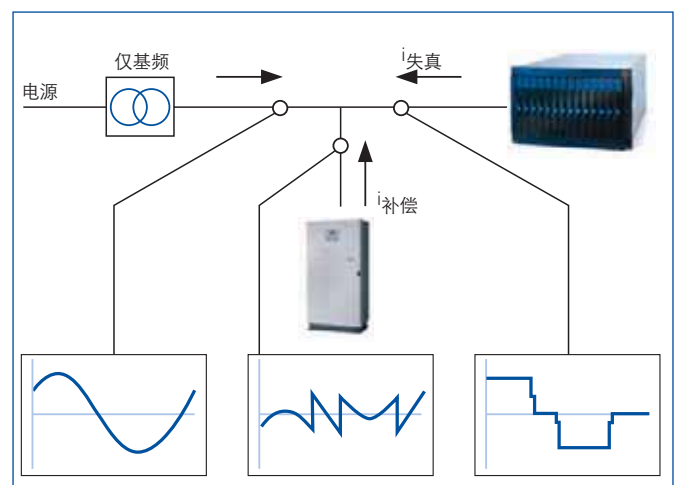


图4 - 用于谐波、PF 和瞬态补偿的并联有源滤波器。

UPS工作模式： 全新算法实现空前效率

2.3 高效率的智能双变换

在许多情况下，通过双变换UPS实现的电力调节水平比存在扰动时所需调节水平要高。因此，理想型解决方案是能够仅在需要时才以双变换模式运行的解决方案。也就是说，仅在输入电压的波动超出容差范围时。

因此，智能双变换UPS就是一种在静态旁通通道上用作主要负载源的UPS，与此同时：

1. 逆变器不断与旁通电源进行同步，以便快速、可靠地切换至双变换或电池供电模式（如果需要）
2. 不断对输入电源进行监控以检查可能发生的偏离正常情况的波动。

此解决方案允许双变换仅在需要时使用，并通过在旁通道上耗散很少能量的方式为负载供电。

- 最新的带变压器UPS在双变换模式下的效率通常为93%；
- 带变压器UPS在旁通模式下的效率通常为97%

为避免两条线路之间的切换过于频繁，可以（在市电超出容差或发生故障后）根据市电问题出现的频率和持续时间，使用特定算法来延长负载在返回至旁通线路之前的受监控时间。因此，根据电气环境的不同，UPS会在旁通道上持续特定的一段时间，而剩余时间则会在双变换线路上。有关此类解决方案所产生效率影响的详细说明，请参阅“New Control Techniques for UPS Dynamic Efficiency Optimization” (Zanei, 2009)

这就是所有Chloride三相高功率UPS（超过10 kVA）采用的、可实现更高效率的标准解决方案。

尽管在改善UPS的整体效率方面这确实是一种优良的解决方案，但在继续维持最高水平电源扰动保护的同时，仍有多种方式可以对其加以进一步改善。

2.4 将逆变器用作有源滤波器

在旁通道上工作时使用并联和串联有源滤波器的解决方案。此方案可在继续保持高效率的同时在特定范围内补偿第2.1节中所述的多数扰动类型，但电压中断和频率变动除外。假设有源滤波器使用的电能比双变换补偿扰动时所需的电能少，则上述方案即可实现。

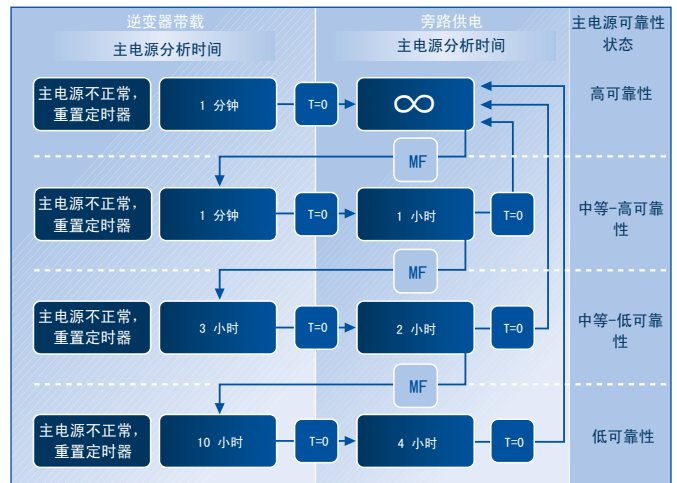


图5 - 用于根据主电源质量控制UPS状态的算法。这种算法的作用非常重要，它能够在主电源出现质量变差问题时避免双变换模式与数字交互模式之间的切换过于频繁。

- 当电气环境过于频繁地遭遇到集中的电源超容限时，会出现什么情况？
- 当市电超出容差范围较小，因而可以使用较小滤波器来解决时，为何UPS却需要进入双变换模式？
- 当在数字交互模式下与市电直接相连时，可以采用何种措施限制不良负载（失真或位移）所造成的影响？

在上述三种情况下，即使没有必要，UPS也会在双变换模式下耗费大量的时间。这是因为，这些类型的高效率解决方案为完全消除市电与负载间的相互影响，从而采用了正确的处理方式所导致（见Fig. 1）。

在这种情况下，有源滤波器无需作为一种庞大组件额外添加到UPS中，因为采用了受Chloride专利矢量控制技术控制的IGBT逆变器，使得UPS可将逆变器作为有源滤波器使用。这种情况是可以实现的，因为逆变器在以高效模式运行时其本身是闲置的，这样即可在串联和并联模式下使用逆变器。

UPS工作模式： 全新算法实现空前效率

将逆变器用作并联有源滤波器：逆变器作为可控的电流发生器运行，生成电流来补偿负载的无功与谐波成分。

将逆变器用作串联有源滤波器：有源滤波器的电流会形成一种旨在补偿旁路电源电压以使其时刻保持在容差范围内的形状。这可通过添加具有主要作用的串联电感而实现，即通过与逆变器生成的有源滤波器的电流相互作用，为有源电压补偿添加较小的线路阻抗。

电能损耗与生成的扰动补偿电流成比例，比高效率旁路供电时的损耗量大，但不管在何种情况下，均比双变换模式下的电能损耗要小。

如果这种技术将来与最新的无变压器技术在同一个UPS中相结合，这种采用Trinergy技术的UPS很显然会成为业界效率最高的解决方案。



图6 - Trinergy 技术。经过配置后的UPS可将IGBT逆变器用作以串联或并列模式配置的有源滤波器，以此方式自动补偿网络中的部分扰动，但仍通过静态旁路通道为负载供电。

3. Trinergy控制描述

Trinergy是将现有的三种标准拓扑结构结合在同一个无变压器UPS中的创新型解决方案：

- **最大功率控制模式 (IEC 62040-3 VFI)：**是可提供最高水平功率调节的双变换模式。该模式可通过较大的能源消耗为负载提供保护，使其免受所有类型的电网扰动。采用最新无变压器技术的满负载效率高于95%。
- **最大能源节约模式 (IEC 62040-3 VFI)：**此模式可检测何时无需进行调节，并允许能量通过旁通供电。在此情况下的效率高达99%。



图7 - 采用Trinergy但仍以双变换模式工作的新型无变压器UPS。



图8 - 在数字交互模式下工作且采用Trinergy技术的新型无变压器UPS。

UPS工作模式： 全新算法实现空前效率

- **高效率 and 功率调节模式 (IEC 62040-3 VI)**：仅补偿市电扰动，如负载THDi、负载PF以及市电电压跌落和浪涌。使用的能量来源于将逆变器用作能够提供所有必需无功功率的有源滤波器。在通常情况下，此模式的效率介于96%到98%之间，具体取决于负载类型（如线性、非线性等）和输入市电状况。

Trinergy的精确控制使其能够快速及时地运行UPS的三种不同工作模式之一，以实现每种标准配置的效率 and 效力。与此同时，Trinergy会继续维持对负载的1类(IEC 62040-3)UPS性能和电源保护，并为上游电力分配提供完善的输入电源调节（THDi < 3% 和输入 PF > 0.99）。



图9 - 在线路交互模式下通过有源滤波器为市电或负载扰动提供补偿且采用Trinergy技术的新型无变压器UPS。

结论

总之，我们可以确定UPS中的双变换技术在解决几乎所有电网扰动方面是非常有效的。但是仍然存在这样一个事实，即，如果UPS以高效率工作的时间段缩短且在保护市电和负载免受有害的波动方面受限，Eco模式中的高效UPS就没有多大意义。

将所有标准配置相结合并使其在单台UPS整机中发挥作用，这种方法使得UPS以高效率模式运行的时间显著延长。Trinergy通过以下方式实现了这一目标，即快速及时地提供正确级别的电源补偿，以保护负载和避免来自负载的扰动在整个设备中传播。

该过程因采用了Chloride的专利矢量控制技术而得以实现，当UPS在旁通通道上工作时，此项技术可将逆变器调整为以串联和并联模式存在的有源滤波器。

因此，在常见装机情况（如Chloride远程诊断系统LIFE.net中记录的安装）中能够实现平均为97.9%的效率，非常接近99%的理想效率，这使得Trinergy能够在继续维持1类(IEC 62040-3)UPS性能和电源保护的同时，实现每种标准配置的效率 and 效力。

参考书目

- (1) IEEE 1159-1995, "IEEE Recommended Practice for Monitoring Electric Power Quality", 1995年6月
- (2) Zanei G., Cevenini E., Ferro A. & Rossi C.: "New Control Techniques for UPS Dynamic Efficiency Optimisation", INTELEC Korea 2009
- (3) 节能应用说明, Chloride 2009。

附录

通过对输入市电状态和输出负载质量相关的主要参数的实时功率跟踪，来激活 Trinerigy 三种不同的工作模式。

下表中所列的参数显示了 Trinerigy 根据不同输入和输出特性来确定激活某种相应工作模式时所使用的方法。

模式	可控变量 (受UPS控制的电气条件)					UPS规格中的观测变量 (UPS 通过这些变量来决定工作模式)					效率	
	输入		输出 (负载)			输入范围		负载范围				
	THDi	PF	V	THDv	f(Hz)	V(v)	f(Hz)	THDi	PF	THDv		
双变换 VFI	<3%	>0,99	400	<2% (<3%)	50	400 +/- 20%	45-65	THDi >10%, C.F. <3	任何 PF 超前或滞后	<2% (<3%)	95%	SET1
交互式 VI	<5%	>0,99	400 +/- 10%	<3% (<5%)	和输入 相同	400 +/- 15%	50 +/- 6%	THDi >5%, THDi <10%	0,9 <PF< 0,95	<3% (<5%)	96-98%	SET 2
数字交互式 VFD	<5%	≥0,95	400 +/- 10%	<3% (<5%)	和输入 相同	400 +/- 10%	50 +/- 6%	THDi <5%	PF ≥ 0,95	<3% (<5%)	99%	SET3

表 A – Trinerigy 工作模式控制变量*

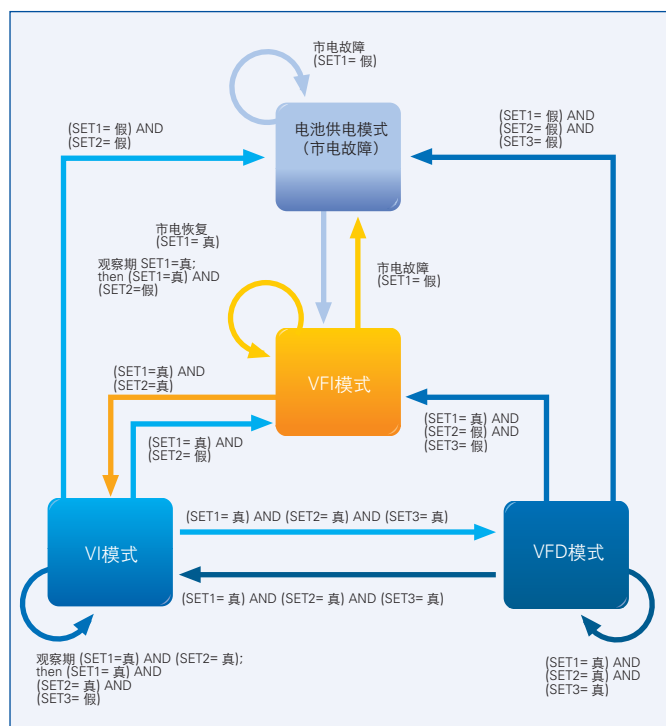


图 B – Trinerigy 状态图

持续监控与负载和市电相关的电气条件，因此可随时为负载提供最高效率的最佳电源保护。

如果上面所列的观测变量超出给定范围，UPS 将根据图 B 中的算法激活一种不同的工作模式。

服务工程师可根据要求自定义上表中所列的变量。

*表中的条件为满负载输出。

Trinerigy 状态图 (图 B) 显示了 Trinerigy 如何在三种不同的工作模式中做出选择。UPS 开始时在双变换模式下运行，只有在市电条件监控显示观测变量的质量足够好和稳定的情况下，才会切换到 VI 或 VFD 模式。