

隔离变压器在数据中心 UPS系统中的作用

第 98 号白皮书

版本 0

作者 Neil Rasmussen

> 摘要

当前许多 UPS 系统并不包括存在于较早设计中的内部变压器。这种演变在使 UPS 系统的重量、尺寸和原材料消耗量降低的同时也提高了效率。在新的无变压器 UPS 设计中，变压器为可选项，并可被置于最佳的位置以实现所要求的目的。在较早的设计中，变压器通常被永久地安装在特定的位置，而在这个位置它们对系统没有益处，反而会降低系统效率，或者未优化安装位置。

本文将介绍变压器在 UPS 系统中的功能，以及使用变压器的时机和方法，并且阐明在较新的 UPS 中不采用内部变压器的设计能够有效地改善数据中心设计和性能的原因。

目录

[点击内容即可跳转至具体章节](#)

简介	2
变压器在UPS系统中的作用	2
实用UPS系统中的变压器布置	8
基于变压器的传统UPS设计	19
UPS产品 内的变压器备选方案	21
结论	22
资源	23

简介

每个数据中心电源系统均包含变压器。历史上隔离变压器在数据中心的电源架构中有多种不同的作用：

- 主电源的中压降到较低的应用电压
- 在一台 UPS 内，作为功率转换电路的一部分
- 形成一条和本地接地装置相连接的零线
- 安装在配电单元或 UPS 内以减小谐波电流
- 提供抽头，以适应非标准（高或低）的主输入电压
- 消除与多个发电机或主输入电源的地回路
- 在配电单元内，从 480V 或 600V 的数据中心配电电压降压至 208V（仅北美）
- 在配电电源内，提供其它使用电压（例如，在北美为 120V，在日本为 100V）

“在几乎所有需要变压器的情况下，无变压器 UPS 设计都要更好，因为它使变压器可被安装在电力路径上更合适的部分内。”

传统的 UPS 系统具备一台或多台永久安装的内部隔离变压器，用以提供上述功能中的一种或多种，具体取决于数据中心电源系统的设计。较新的 UPS 系统不需要电力变压器作为其电路的组成部分，由此可提高效率并降低重量、尺寸和成本。采用的方式是根据需要对无变压器式 UPS 加装变压器，以实现所需的功能。本文将阐述为什么在大多数数据中心电源系统设计中，无变压器 UPS 可以实现与采用内部变压器的老式 UPS 相同的功能和性能。尽管如此，在许多情况下还是需要变压器，而变压器或者要在 UPS 内部，或者要在外部加装。甚至采用内部变压器的老式 UPS 系统在很多情况下也需要加装外部变压器。最重要的是，本文将解释为什么在几乎所有需要变压器的情况下，无变压器式 UPS 设计都要更好，因为它使变压器可被安装在电力路径上更合适的部分内。

 资源链接
第 97 号白皮书
确定合适的数据中心接地方式

首先，本文将解释老式 UPS 为何采用变压器以及无变压器式 UPS 以与之不同的方式进行运行的环境。其次，将对不同的变压器安排进行审核，并对优选安排进行说明。本文的重点是特别与 UPS 系统相关的变压器的应用。关于数据中心内接地的更一般的分析，请参见第 97 号白皮书《确定合适的数据中心接地方式》。

变压器在 UPS 系统中的作用

人们普遍认为，最初在 UPS 系统中安排内部变压器是为了在 UPS 输入与输出之间提供电隔离。**这是错误的。**早期 UPS 系统中采用内部变压器的真正原因在于 UPS 设计中所采用的功率逆变器技术使之成为必然的需要。

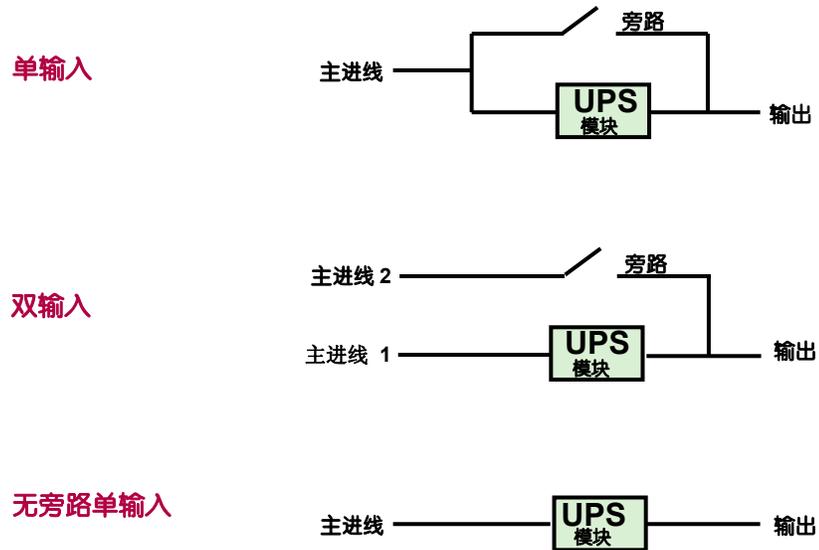
最初的 UPS 产品在 40 多年前开发，采用一种以地为基准的蓄电池系统。接地的电路和蓄电池配置要求这些系统具备两个变压器，以便与主回路隔离：一个位于输入整流器上，另一个位于输出逆变器内。此后对这些设计的改进是将蓄电池母线移至零线导线或使之电气上悬浮，去掉了其中一个变压器（通常是去除整流器变压器）。借助于近 15 年内出现的高压、高速功率半导体技术，最新的 UPS 设计采用的是将输入和输出变压器均撤销的全新设计。

在有些数据中心电源系统设计中，UPS 无需配备任何变压器；但在很多情况下必须或建议将变压器与 UPS 组合安装。本文将介绍，对一套 UPS 系统有 92 种不同的变压器可能组合可供使用，而可与并联式或其它冗余配置配合使用的组合则更多。如果不能理解各种不同备选方案之间的重要差异，则无法研究变压器在 UPS 系统中的使用。

UPS 系统的配置按照是否存在静态旁路及其连接方式分为三个基本类别。这三个类别通常称为**单输入**、**双输入**和**无旁路单输入**。它们在图 1 中示意性示出。

图 1

UPS 系统的输入和旁路的
三种基本配置



在**单输入**配置中，由一条输入连接对在 UPS 上连接在一起的旁路和 UPS 模块同时供电。这是最常见的安排方式，也是许多小型 UPS 系统中支持的唯一的安排方式。此类安排见于大多数较小型的数据中心设施以及许多大型数据中心设施。此类系统的主要好处是安装简单、成本低，且许多与电流循环和接地相关的复杂因素均不存在。此类系统的缺点是，实际的输入供电系统无法在不对关键负载断电的条件下被隔离以进行维护，尽管部分不利因素可以通过输入上的环绕式断路器加以克服。

当旁路由不同于对 UPS 整流器输入供电的输入的另一条输入供电时，需要采用**双输入**配置。输入的差异可小（例如，由同一面板上的不同断路器供电）可大（例如，它们来自接地系统不同甚至电压都不同的完全独立的电源）。有多种数据中心冗余架构规定采用此类配置（见第 75 号白皮书《比较 UPS 系统设计配置方案》）。采用双输入配置的另一个原因是可以在对关键负载供电的同时将两输入中的任何一条停用以进行维护。应注意，当使用发电机时此配置可以使用，但非必需，因为发电机通常通过一个自动转换开关（ATS）连接至 UPS 的输入母线上游处，以使其向 UPS 供电的同时，也向其它负载（如冷水机组）供电。双输入配置在某些数据中心架构中必须采用，并被作为许多较大型的数据中心的优选方案，以实现并行维护并/或使系统整体可靠性稍稍提高，因为它可以防止 UPS 的上游连线和断路器成为电源系统的单一故障点。

最后一种配置**无旁路单输入**主要用于输入电源质量被认为极差的环境和被确定为不再适合由输入通过旁路对关键负载供电的地方。这可能会在输入频率（50 或 60Hz）与 IT 负载频率不同的工业应用、船舶或小岛等场合中出现，或者在供电压力很大的发展中国家电网中出现。在一些国家（例如美国），这是一种极其罕见的方式，而在其它国家（例如印度）则很常见，在某些地区甚至占到安装设施的多数。

注：对上述三种配置进行全面分析比较可能涉及在价格、复杂性、可靠性、可维护性以及电力质量等方面的折衷；此分析已超出本文的范围。本文将重点介绍如何在每一种配置内使用变压器。

上文所介绍的三种配置可能在功率路径上包含一个或多个变压器。图 2 示出了三种 UPS 配置中变压器的可能位置。

资源链接
第 75 号白皮书
比较 UPS 系统设计配置方案

图 2
三种基本 UPS 系统配置中
隔离变压器的可能位置

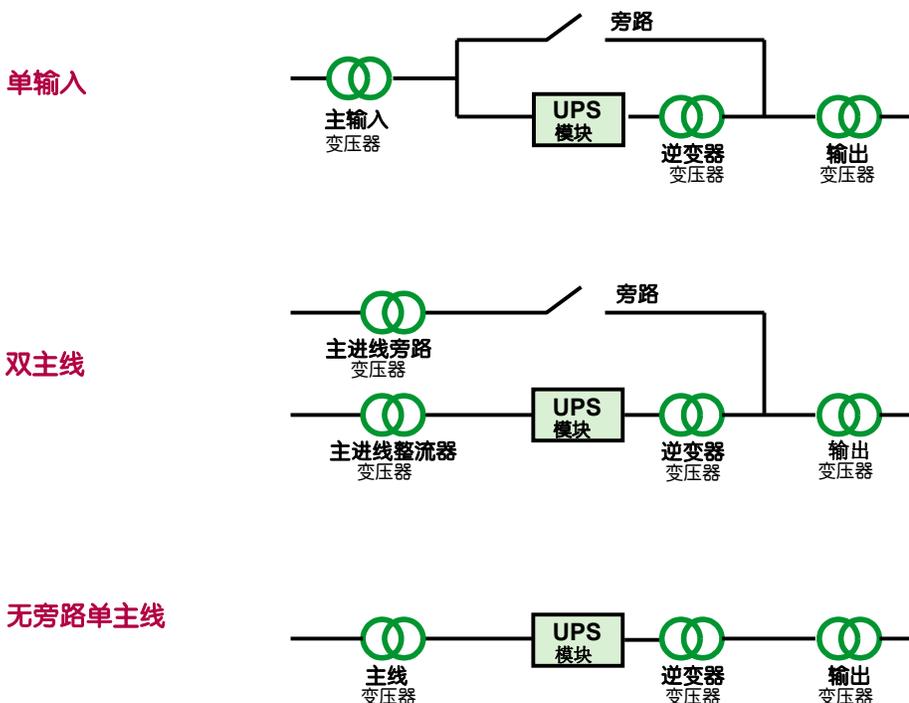


图 2 中所示的基本配置（UPS 模块、变压器和旁路的各种组合）在本文中被称为“UPS 系统”。类似地，“UPS 模块”指 UPS 系统的功率变换器和储能组件，它们结合起来提供不间断电源。“UPS 产品”是指处于一个机箱内、包含至少一个 UPS 模块的设备，此外还可能包含各种变压器和旁路器件。由于市场上所销售的 UPS 产品可能在“产品”所含内容（旁路和变压器选件）方面有很大差异，本文将主要使用更具体的术语“UPS 系统”和“UPS 模块”。

UPS 产品经常被描述为“基于变压器式”或“无变压器式”。此区别是指 UPS 产品机箱内存在或不存在逆变器变压器。图 2 中所示除逆变器变压器之外的各种变压器或者是可在 UPS 产品内部选装的所有选件，或者是可以安装在 UPS 机箱外部的所有选件。此问题对于下文讨论非常重要，必须进一步澄清：无变压器式 UPS 产品与基于变压器式 UPS 产品的区别在于是否有逆变器变压器。可能在 UPS 系统中使用的其它所有变压器均为选装，并可基于变压器式和无变压器式 UPS 产品选用。

应注意，在任何设施中均存在为 UPS 系统及其它负载供电的上游变压器。图 2 中简图所示的输入、旁路及整流器变压器表示专门针对 UPS 系统使用的变压器；它们不同于对市电电网中压进行降压的变压器。

在这三种 UPS 系统配置的每一种情况下，可能存在变压器的任何组合，即从没有到全部。对于单输入配置，有 8 种可能的变压器安排；对于双输入，有 16 种安排；对于无旁路单输入，有 8 种安排，总共为 32 种可能的安排。此外，输入变压器和输出变压器可能位于 UPS 本地，也可能在远程，此因素会影响接地系统。这又增加了额外的 60 种变化形式，故对一台 UPS 总共可安装 92 路变压器。实际上全部 92 种变压器安装变化形式均已在实际设施中被使用。然而，并非所有变压器安排均符合逻辑，其中有少数一些能够实现性能、经济性和效率的出色结合。为了理解何时需要使用变压器或者为什么这 3 种 UPS 配置存在各种变压器位置，我们必须首先考虑变压器对零线和地线的影响。

“实际上全部 92 种变压器安装均已在实际设施中被使用。然而，并非所有安排均符合逻辑，其中有少数一些能够实现性能、经济性和效率的出色结合。”

变压器的特性

变压器有各种不同的类型，但在本文中，变压器是指“三角-星”型配置，这是在几乎所有 UPS 应用中采用的类型。三角-星型变压器有许多特性，既有好的又有不好的，这会影响其在 UPS 系统中的使用：

1. 输出零线与源隔离
2. 电压变化（例如，480V 至 208V）
3. 阻抗可限制故障电流或充当噪声滤波器
4. 阻塞 3 次、9 次、15 次及其它阶次为 3 的倍数的谐波电流

好的特性

5. 重量、成本、自然材料消耗量以及占用空间
6. 电力损耗，且会加剧数据中心低效率

不好的特性

前四项是优点，最后两项是不利因素。因为后两项不利因素很严重，故变压器仅应在其好的特性对于数据中心的任务有意义时才应被使用。

电压变化 这在输入电压不同于 IT 设备所用电压的应用场合为必需。这在北美地区是一种常见的情况，那里较大型数据中心的输入电压为 480 或 600V。在世界上大多数地区，400/230V 的三相输入电压与 IT 负载设备使用的电压相同，因此不需要此功能。

阻抗 在现代数据中心中这一点通常是次要的，不太重要。多数设计不需要额外的阻抗，如果需要，则使用功率电感器（有时称为“电抗器”）会更为有效，因为它比变压器体积更小，重量更轻，且效率更高。

阻塞谐波 这在以往是一项有用的功能，用以防止 UPS 所产生的谐波电流影响上游电网，并防止 IT 负载谐波电流通过 UPS 旁路影响上游电网。然而，两项重大变化已经改变了这种状况：现代 UPS 和现代 IT 负载均“经过功率校正”，这意味着它们所生成的谐波电流已被大幅降低至无需加装滤波的程度。因此，在现代数据中心中使用变压器来减小谐波电流不再是一项必备的功能。此主题在第 26 号白皮书《谐波和零性线过载的危害》进一步详细讨论。

因此前三项有利特性的价值已经有限或过时，这就使得第四项特性“将零线与源隔离”成为远远超出其它方面的最重要的一项。

将零线与源隔离 这是变压器最重要的特性，正是这一特性使变压器在某些条件下有用、必要甚至是法律上的强制要求。本文后面部分将着力介绍变压器的这一属性，以及它如何影响 UPS 在数据中心内的使用。因为零线隔离是决定变压器作用的关键，故我们必须理解这一功能。

变压器隔离

变压器通常由图 2 所示的交叉双环符号表示，在本文中也将使用此符号表示变压器。然而，此符号是图 3 中所示变压器实际连线图的简化形式，对于本文后文部分的理解十分重要。

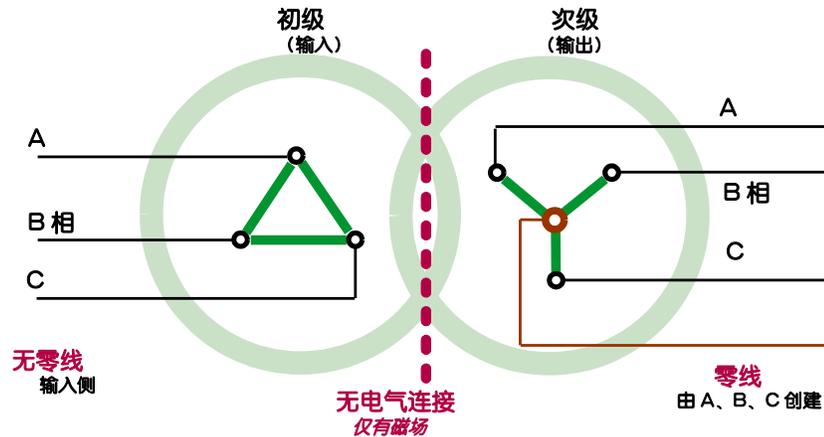
资源链接
第 26 号白皮书

谐波和零性线过载的危害

“将中性线与源隔离是变压器最重要的特性，正是这一特性使变压器有用、必要甚至是法律上的强制要求。”

”

图 3
显示与功率隔离（“三角-星”）变压器的输入和输出连接的连线图



初级（或称输入）位于左侧，三个相被应用于变压器绕组（绿色线），变压器绕组被连接为三角形所示的“三角”型配置。

次级（或称输出）以“星”型（Y形）配置连接，由三个相和一个中心点（或称零线）连接组成¹。输入与输出之间没有电气连接；电力通过磁场在输入与输出之间传送。需要注意的重要一点是，输入端没有零线连接。即使供电侧有零线，它也不会与三角-星型变压器配合使用。变压器在输出端“做出”一条新的零线，即与输入端的任何零线没有电气连接的新的零线。实际上，整个输出回路处于一个相对于输入或地的不确定电压（称为“悬浮”）。由于IT负载设备被接地，以不确定电压提供悬浮电源是绝对不合适的，因为这样可能导致绝缘故障或其它危害。因此，在几乎所有数据中心应用中，变压器输出端上新的零线均被接地。

当隔离变压器有一条接地零线时，其输出回路经常被称为“单独引出源”。输出端零线接地的实现方式可以是直接将零线连接至最近的已接地金属（已知被接地的设备机箱、接地棒、水管²或接地导线），也可以连接至一条已知被接地的现有零线导线，也可以通过一个接地电阻连接至地（此方式仅在大功率母线上使用，而不在对IT负载的最终配电上使用）。全部这三种技术均在数据中心中应用，在后续各节中将被提到。

考虑变压器的上述隔离特性，我们现在可以介绍因隔离而产生的关键有利（有时为必需）的功能：

- 将不同的主输入的接地系统更改为数据中心 IT 设备所需要的系统
- 在主输入的零线存在严重的电力质量问题或在上游采用 4 极断路器（按照某些国家的要求）时零线发生断路的情况下创建新的零线连接
- 将两个电源进行组合，而不需要将其零线导线连接在一起
- 防止出现可能导致剩余电流检测器（RCD）或其它安全系统非必要激活的循环电流

由于必须理解这些功能方可理解如何及为何使用变压器以及在何处应用它们，将对每一项功能进行简要解释。

第一项功能，将数据中心内的输入接地系统更改为 IT 设备所需要的接地系统，这显然是一项基本功能。数据中心内的 IT 设备总是由一个 TN-S 接地系统操作（接地术语的说明参见侧栏“接地系统类型”）。在某些情况下，输入配有 TN-S 系统，因此无需改变。一般而言，TT 或 IT 接地

接地系统类型

TN-S 地线零线独立

电源零线是一条独立于地线的导线，并在一个单一点接地。零线与地线均被配送至负载。所有零线和地线导线均引向中心接合点

TN-C 地线零线共用

电源零线在源端接地。由一条单一导线提供零线和地线功能

TT 保护接地

电源零线接地。在负载附近创建一个本地地线，以进行基座接地

IT 绝缘地

电源零线对地悬浮。在负载附近创建一个本地地线，以进行基座接地

IT-HRG 采用高电阻地线的隔离地

电源零线是一条独立于地线导线的导线，并通过一个大功率电阻在一个单一点接地。相线对地线的故障由接地电阻限制电流。需要保护控制件，以便在检测到故障时警告操作人员或使断路器跳闸

¹ 所示示例为“三角-星”型变压器。尽管还可能采用其他类型，如三角-三角、星-三角或星-星型，但所示的三角-星型变压器具有特殊的优势，几乎独占了所有数据中心应用。其技术方面的原因可在许多关于电力系统的课本中找到，在此不作讨论。

² 使用水管进行系统接地并非在所有国家均允许；请查阅当地规范。

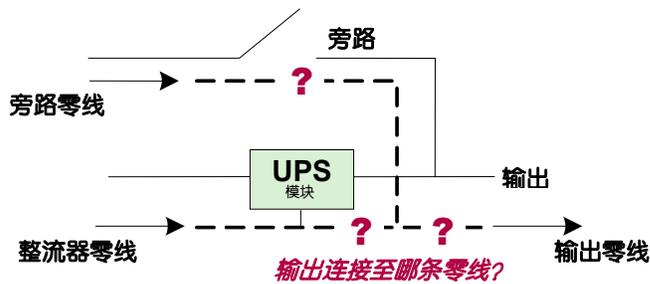
系统需要先使用变压器转换为 TN-S 之后方可供 IT 设备使用。此接地转换可在 UPS 之前或之后进行。在有些国家，如美国和英国，TN-C 接地系统很常见，无需变压器即可转换为 TN-S。

第二项功能，在输入零线存在严重的电力质量问题时创建新的零线，在以下情况下使用：所提供的主电源零线系统与其它负载共享，在与数据中心有一段距离处生成，或被视为不可靠且达到可能被断开或与地断开的程度。在发达国家及多数大型新建楼宇中，TN-S 零线源位于客户设施内，通常靠近数据中心。在此情况下零线的品质会被视为优秀，第二项功能为冗余。但在其它情况下，零线对地接合点可能在室外，可能距离较远，被共用，并作为一个降级或过载的配电系统的组成部分。在这些情况下，零线对地可能有显著的偏置或噪声电压，或者存在更坏的情况，即可能丢失其接地连接或被中断。此问题在热带气候下更为严重，因为难以长时间保持金属间的低阻抗接合。如果一个处于零线缺失状况下的主电源被直接送至 IT 设备，则会因为电压较高而产生大量设备故障。这些问题常见于发展中国家，也是数据中心电源系统设计在新兴市场部署时经常需要附加功率变压器的原因。

第三项功能，无需连接零线即可组合电源，是具备备用电源的应急电源系统（例如通常用于数据中心的系统）独有的功能。数据中心可能由配有开关的多条进线与发电机的组合进行供电，以确保对关键负载的供电连续性。UPS 内部的旁路路径本身是一条独立于 UPS 模块的替代电力路径，在 UPS 的输出端进行实质性“组合”。任何时候只要两个源通过一个开关安排进行组合，就可能出现存在两个输入零线连接和一个单一输出零线连接的情况。这将导致在有两条输入零线时如何连接单一输出零线的问题，如图 4 所示。

图 4

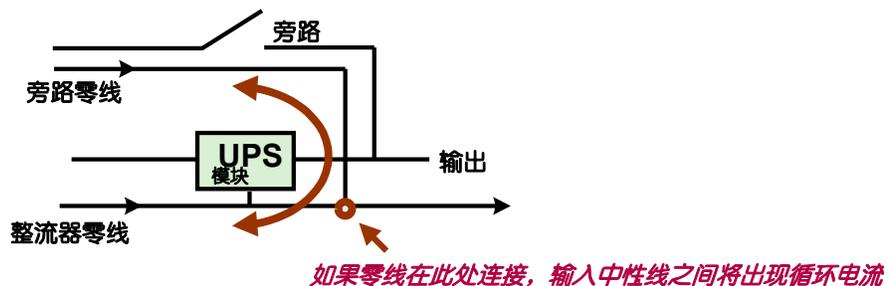
问题：在有两条输入源中性线时，如何创建单一的输出中性线？



由于在为 IT 负载供电的零线之间的切换会造成瞬时的零线开路情况，而这可能有危害或破坏性，故对连至关键负载的零线永远不应进行开关切换。这意味着如果两个备用电源在 UPS 中组合，它们的零线导线必须永久性地相互连接在一起。然而，将输入零线一起连接至输出零线可能在输入零线之间形成循环电流，如图 5 所示。

图 5

将两个独立输入中性线导线连接、形成一个输出中性线所产生的循环电流



尽管当旁路和整流器采用同一来源时这些循环电流只是一个小问题，但如果两条输入零线来自不同的来源，则可能造成危害。法规通常不允许将两个独立引出的零线源连接在一起。加装一台变压器与两个电源之一串联可以解决这一问题。任何时候只要一台双进线 UPS 由独立引出零线的

电源供电时，就需要变压器。应注意，有些双电源进线系统有两个电源输入，这两个输入由采用公共零线的电源进行供电的，这些情况下不需要变压器。

第四项功能，防止出现可能导致 RCD 或其它安全系统非必要激活的循环电流，也与电源被组合的情形有关，例如在双输入配置中。当独立引出的零线被相互连接时，零线之间总是会出现循环电流，但如前段所指出的，法规不允许这样做，因此不应出现问题。但即使 UPS 是由两个引自同一零线的输入供电时，循环电流也可能出现。因此，在整流器零线和旁路零线连接均配置在 UPS 上的任何系统中，电源回路上的任何 RCD 保护都将非必要地激活。整流器电源、UPS 模块输出或旁路内需要有隔离变压器，以防止 RCD 激活。

首先，似乎如果整流器输入零线连接能够省略，循环电流问题就应被解决。实际上，所有按双输入设计的 UPS 系统均被设计为在没有整流器零线连接条件下运行；UPS 输入整流器在输入相线之间吸收电力，不需要零线连接即可运行。只要整流器电源已接地，就不需要配备整流器零线。由于不再有任何整流器零线连接，似乎循环电流不会再出现了。然而遗憾的是，尽管人们普遍认为整流器上没有零线连接就可消除循环电流，但事实并非如此。

图 6

即使不连接整流器输入中性线，循环电流仍可能存在

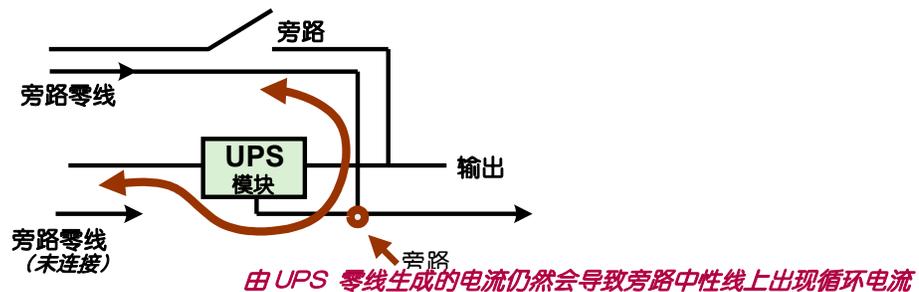


图 6 所示为整流器电源零线未被连接的双进线 UPS 系统配置。红色线表示仍然存在的循环电流，但它不流经整流器零线，而是流经 UPS 模块。任何有输出零线的 UPS 逆变器模块都将向输出零线母线上注入超出负载所需的任何零线电流的电流。这种“过大”的零线电流是逆变器运行的副作用，由电抗性负载、非线性负载以及负载电流的不平衡所导致。这种“过大”的零线电流不会被 IT 负载消耗，而是会通过旁路零线返回输入电网。此电流在正常情况下可能比较小，但在各种负载不平衡或输入电压不平衡情况下可能变大。如果旁路输入电源带有 RCD 保护（在某些国家、某些情况下是强制要求），这些保护设备会将此零线电流检测为超预期电流，并将其误认为地线故障，故可能切断系统。由此就产生了数据中心电源系统设计的一个非常重要的原则：**在具有 RCD 保护的双进线系统中，必须总有变压器位于输入路径之一上的某处。**去除整流器零线连接并不足以防止循环电流出现。

“在具有 RCD 保护的双主线系统中，必须总有变压器位于主线路径之一上。去除整流器中性线连接不足以防止循环电流出现”

在此应明显看出，双进线配置在接地和变压器使用方面有着远远超出其它配置的最复杂的问题。许多错误发生在应用变压器以及对双输入系统的适当接地中，这些错误经常会导致间歇中断和意外停机。这些问题在单输入系统（有或没有旁路）中得以简化。双输入系统的选择经常不会考虑这些复杂因素，而单输入系统可能会是更好的选择，因为在设计和安装中可能出现错误的因素较少。单输入配置可能会是可靠且节约成本的选择，因为双输入配置的理论可靠性优势在实践中并不总能实现。正因为如此，即使是在非常大型的超高可用性数据中心内，也经常采用单输入配置，特别是在通过双母线或 N+1 台 UPS 配置实现冗余的情况下。

并联或其它冗余配置

前文中对三种基本 UPS 配置中变压器应用的说明是假定 UPS 系统包含一个单一的 UPS 模块。然而，常见的情况是，数据中心电源系统包含多个 UPS 系统，而各 UPS 系统又包含多个 UPS

资源链接
第 75 号白皮书
比较 UPS 系统设计配置方案

模块，它们均可采用许多不同的配置进行安排，以提高冗余度。实现冗余度的各种常用方式在第 75 号白皮书《比较 UPS 系统设计配置方案》中进行说明。除冗余功能之外，UPS 系统经常被并联，以此作为提高功率容量的手段。

本文中对接地和变压器使用的讨论无需修改即可适用于由多个并联 UPS 模块组成的并联 UPS 系统，在此类系统中采用单一的旁路。施耐德电气旗下 APC 的 Symmetra 就是此类采用内部 UPS 模块并联的 UPS 系统的一个实例。然而，仍有若干种包括完整 UPS 系统并联或串联配置的数据中心系统配置，会引入更多可能的系统接地点和可能的变压器位置。本文中所述的大多数应用变压器的原则仍然适用于这些系统，但这些系统经常会在接地和残余电流检测方面产生特别的挑战。

鉴于本文中所给出的对变压器应用的基本理解，可以确定在特定的冗余或并联情形下使用变压器的最佳方式。然而，用于多种并联和冗余配置的变压器备选方案的完整讨论已超出本文的范围。

我们现在将逐一讨论三种基本 UPS 配置，并给出基于实际情况的优选变压器安排。

如前文所述，即使在不考虑冗余配置的情况下，对单一一台 UPS 可采用 92 种不同的变压器安排。本文并非试图描述和比较其中的每一种安排，而是要对前述三种一般配置（单输入、双输入和无旁路单输入）中变压器的功能进行说明。不同变压器的功能和优点将在每一种配置中进行说明。由此将阐明变压器的优选安排。

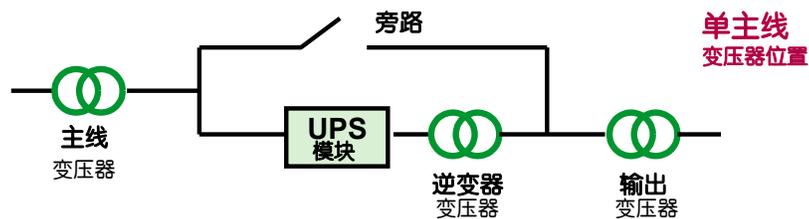
实用 UPS 系统中的变压器布置

“单输入”配置的变压器备选方案

单输入系统是最常见的 UPS 配置，在所有 UPS 设施中的使用率超过 50%。在较小的系统（100kW 以下）中，其应用更为普遍，在所有设施中占到约 90%。此系统的优势是设计和安装相对简单，而它又提供一个具有多种冗余和维护优势的旁路。低于 10 kW 的小型 UPS 系统通常仅有一个单一输入，且必须在单输入配置中使用。10 kW 以上的 UPS 系统通常适用于双输入输入，但将两条输入简单地连在一起即可转变为单输入。多数配有双输入连接的 UPS 系统实际上最终是采用单输入配置。

在单输入配置中，变压器可位于图 7 所示的三个位置。这些变压器的任何组合（包括没有或全部三个）可能存在于一个 UPS 设施中。

图 7
“单输入”UPS 配置中可能的
变压器位置



尽管图 7 准确地表现了功率流，但它并不能完整地描述接地系统，因为还必须考虑变压器的物理位置。如果有逆变器变压器，则它必须总与 UPS 为一体，但输入和输出变压器可以位于 UPS 处或远程位置。表 1 说明了每种变压器在其需要时的功能，以及与其物理位置（本地或远程）相关的问题。

表 1

三种单输入变压器位置的特性

变压器位置	所提供的功能	何时需要	本地/远程问题
输入	<ul style="list-style-type: none"> 更改输入电压 将接地系统更换为 TN-S 将 UPS 和输出与低质量的输入零线隔离 	<ul style="list-style-type: none"> 输入电压必须更改，以便与 UPS 电压相符 输入接地系统与负载不符且没有输出变压器 	<ul style="list-style-type: none"> 如果变压器在 UPS 本地，则将在 UPS 输出端形成一个高质量 TN-S 接地系统 将此变压器置于远离 UPS 的位置要求在变压器所在位置建立 TN-S 接地系统，这样并不理想
逆变器	<ul style="list-style-type: none"> 此变压器在单输入配置中无功能，但可能由于 UPS 的设计原因而存在 	<ul style="list-style-type: none"> 在此配置中从不需要 	<ul style="list-style-type: none"> 在较早的 UPS 上，此变压器可能成为 UPS 设计的整体部分，不能被去除，但它不提供任何有用的功能
输出	<ul style="list-style-type: none"> 更改 UPS 输出电压 如果 UPS 未使用 TN-S，则将接地系统更改为 TN-S 如果输入变压器不存在或位于远程位置，则提高 TN-S 接地系统的质量 	<ul style="list-style-type: none"> UPS 电压必须更改，以便与 IT 负载电压相符 UPS 接地系统与 IT 负载不符且没有输入变压器 输入接地系统与 IT 负载相符，但零线回路的质量很差或输入变压器（如果有的话）位于远程位置 	<ul style="list-style-type: none"> 如果 IT 负载远离 UPS，将变压器置于远程（更靠近 IT 负载）具有在 IT 负载附近形成 TN-S 地、提高接地系统质量的优势

通过对单输入 UPS 配置中变压器功能的研究，可以得出以下观察结论：

- 如果必须更改电压，则必须安装变压器。例如，若输入电压为 600 V，UPS 电压为 480 V，而 IT 负载电压为 208 V，则输入和输出变压器均需要。这是一项基本要求，而且是在决定在何处布置变压器时需要考虑的第一个问题。
- 如果输入和/或 UPS 接地系统不是 TN-S 类型，则必须安装变压器。例如，若输入接地系统为 TT，而 UPS 接地系统为 IT-HRG，则输入和输出变压器必须安装。这是一项基本要求，但这一问题的某些方面处于系统设计者的控制之中。例如，设计者能够确保在数据中心提供高质量的 TN-S 接地系统，因此无需进行接地系统的改变。
- 逆变器变压器对单输入 UPS 系统不起任何功能或带来好处。由于是否有逆变器变压器体现了基于变压器式 UPS 和无变压器式 UPS 之间的差异，可得出结论：在单输入配置中采用基于变压器式 UPS 没有任何好处。

“在单输入配置中采用基于变压器式 UPS 没有好处”

如前文所述，单输入 UPS 配置有八种可能的变压器安排方式。当考虑输入和输出变压器的远程与本地位置备选方案时，备选方案数目将增至 18 个。尽管没有一种组合能够成为普适的最佳解决方案，但这些变化形式中有一些可被视为不佳而被淘汰，另有一些则具有明显的优越性。本文中并不提供全部 18 种备选方案的分析，但这些分析可以根据本节中所给出的信息进行。以下表 2a-2c 归纳了单输入 UPS 配置的优选变压器备选方案，并包括关于每一种方式在何处使用的指引。

表 2a

单主线优选变压器备选方案1：
本地输入变压器

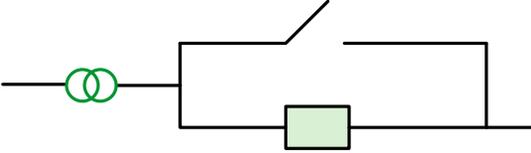
<p>单输入</p> <p>本地输入变压器</p>	
<p>应用： 输入接地系统不佳或不是 TN-S 类、或输入电压与 IT 负载电压不同的小型数据中心</p>	
<p>特点 注释</p>	
<p>输入接地系统： TN-S、TT、IT-HRG、TN-C</p> <p>输入电压： UPS 与负载电压必须匹配</p> <p>功率范围： 最高 1MW，但在北美被限制在 100kVA 以下，因为在此功率等级以上输入电压和 UPS 为 480V 或 600V</p> <p>效率： 高</p> <p>IT 负载零线接合： 在 UPS 输出端建立</p>	<ul style="list-style-type: none"> • 如果输入变压器位于 UPS 本地，则其零线连接不在变压器处接地，而是被送至 UPS，在 UPS 处零线在 UPS 输出端被接地（优选方法） • 如果输入变压器远离 UPS，则零线可能需要在变压器处接地，且 UPS 零线必须被连接至此零线，而不能被连接至 UPS 所在处的地

表 2b

单主线变压器备选方案2：
无变压器

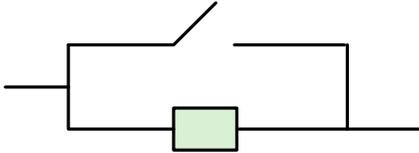
<p>单输入</p> <p>无变压器</p>	
<p>应用： 采用高质量 TN-S 输入接地系统的小型数据中心，其输入、UPS 及 IT 负载电压全都相同（400/230V、380/220V、208/120V 或 200/100V）</p>	
<p>特点 注释</p>	
<p>输入接地系统： 仅 TN-S</p> <p>输入电压： 与 IT 负载相同</p> <p>功率范围： 最高 1MW，但在北美被限制在 100kVA 以下，因为在此功率等级以上输入电压和 UPS 为 480V 或 600V</p> <p>效率： 最高</p> <p>IT 负载零线接合： 在 TN-S 电源端建立</p>	<ul style="list-style-type: none"> • 在此配置中采用具有内置逆变器变压器的 UPS 比采用无变压器式 UPS 并无优势，因为在存在旁路的情况下，输出零线必须引自 TN-S 源

表 2c
单主线变压器备选方案 3：
远程输出变压器

<p>单输入远程 输出变压器</p>	
<p>应用： 大型数据中心</p>	
<p>特点</p>	<p>注释</p>
<p>输入接地系统： TN-S、TT、IT-HRG、TN-C 输入电压： 输入与 UPS 电压必须匹配 功率范围： 任何，但在较小型的数据中心内并非最具成本效益的备选方案 效率： 高，但如果采用多台输出变压器，则较低 IT 负载零线接合： 在输出变压器处建立</p>	<ul style="list-style-type: none"> UPS 的选型必须适于特定的输入接地系统工作。并非所有 UPS 均可配用 IT-HRG 接地系统，有些 UPS 需要输入零线连接 在此系统中 UPS 与输出变压器之间没有零线连接 输出变压器可以是一台单一的变压器，或者其功能可在多台 PDU 变压器之间分配

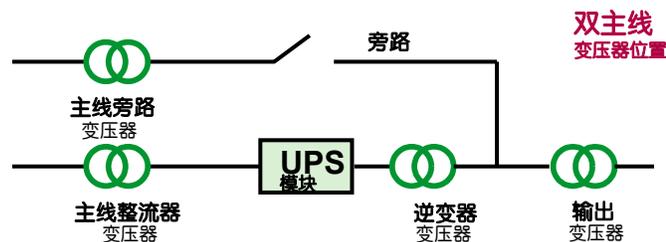
大型数据中心的另一种备选方案是在“采用远程输出变压器的单输入”安排上加装输入变压器，以便配合品质很差的输入接地系统或采用不兼容接地系统的输入电源工作，但这将是一种不常见的情况。

相比下一节将要介绍的双输入系统，单输入配置的备选方案较少，且设计和部署更为简单。在实践中，这意味着设计和安装错误会更少。这种配置将仍然是最常见的配置，对大型和小型数据中心均应加以考虑。

“双输入”配置的变压器备选方案

双输入配置在许多（但并非全部）较大型的设施中采用。图 8 示出了双输入系统中变压器位置的四种备选方案。

图 8
双输入配置中可能的变压器位置



采用双输入系统有两个核心理由。当系统架构规定整流器和旁路电源来自不同来源（例如独立的市电变电站或者在高度专业化的冗余架构中）时，必须采用双输入方式。这种设备实际上非常少见，仅限于按照极高冗余度设计的架构。应注意，在多数具有备用电源（例如柴油发电机组或辅

助市电输入电源)的系统中,在 UPS 上游配有一个自动转换开关,因为除 UPS 之外还有其它必须提供备用电源的负载,如冷站。

采用双输入设计的第二个理由是可以同时对向 UPS 供电的配电导线和断路器进行维护。如果两个市电输入供电的断路器和导线是独立的,则其中任何一路可以被切断,而同时不切断对关键负载的供电,后者在维护期间将由另一条路径供电。尽管这是规定选用此种安排的一个常见原因,但还有不使用此方式而实现同时维护的替代方式,例如双路供电架构或可同时维护的并联断路器。

图 8 中的简图准确地表示了功率流,但不能完整地描述接地系统,因为还必须考虑变压器的物理位置。如果有逆变器变压器,则它必须总与 UPS 为一体,但整流器、旁路和输出变压器可以位于 UPS 处或远程位置。表 3 说明了每种变压器在其需要时的功能,以及与其物理位置(本地或远程)相关的问题。

表 3
四种双输入 UPS 变压器位置的特性

变压器位置	所提供的功能	何时需要	本地/远程问题考虑
旁路	<ul style="list-style-type: none"> 将旁路零线与逆变器所生成的电流隔离 更改旁路输入电压 将旁路接地系统更改为 TN-S 型 将旁路与不良零线隔离 保护 UPS 免受上游转换开关或断路器所导致的零线开路的影响 	<ul style="list-style-type: none"> 旁路电压必须更改,以便与 UPS 电压相符 旁路接地系统与负载不符且没有输出变压器 输入电源上采用了 RCD 保护且整流器和本地逆变器变压器均不存在 在旁路的输入电源上采用了 4 极断路器(可能出现零线开路) 	<ul style="list-style-type: none"> UPS 的输出零线总是与旁路零线相同,除非有输出变压器 如果此变压器在 UPS 本地,且配有整流器或逆变器变压器,或者整流器能够在没有输入零线连接的情况下工作,则将在 UPS 输出端建立一个良好的 TN-S 接地系统 将此变压器置于远离 UPS 的位置时要求在变压器所在位置建立 TN-S 接地系统,这样并不理想
整流	<ul style="list-style-type: none"> 更改整流器输入电压 	<ul style="list-style-type: none"> 将 UPS 输入与不兼容的输入接地系统隔离 UPS 输入电压需要改变 	<ul style="list-style-type: none"> 此变压器不能针对上游转换开关所导致的零线开路状况提供完全的保护,因为 UPS 零线通常引自旁路输入
逆变器	<ul style="list-style-type: none"> 将旁路零线与逆变器所生成的电流隔离 	<ul style="list-style-type: none"> 旁路来自单独引出的另一路电源,且没有整流器变压器 	<ul style="list-style-type: none"> 此变压器提供与整流器变压器相同的零线隔离,但不能进行电压变化 负载功率总是流经此变压器,因此电气输入间的隔离最好在旁路路径内提供,因为这样可提高系统效率
输出	<ul style="list-style-type: none"> 更改 UPS 输出电压 如果 UPS 未使用 TN-S,则将接地系统更换为 TN-S 如果输入变压器不存在或位于远程位置,则提高 TN-S 接地系统的质量 	<ul style="list-style-type: none"> UPS 电压必须更改,以便与 IT 负载电压相符 UPS 接地系统与 IT 负载不符且没有输入变压器 输入接地系统与 IT 负载相符,但零线回路的质量很差或输入变压器(如果有的话)位于远程位置 	<ul style="list-style-type: none"> 如果 IT 负载远离 UPS,将变压器置于远离 UPS 而更接近 IT 负载处具有在 IT 负载附近形成 TN-S 接地、提高接地系统质量的优势

通过对双输入 UPS 配置中变压器功能的研究，可以得出以下观察结论：

“在许多情况下，在双输入配置中采用基于变压器式 UPS 没有好处”

- 如果必须更改电压，则必须安装变压器。例如，若输入电压为 600 V，UPS 电压为 480 V，而 IT 负载电压为 208 V，则旁路、整流器和输出变压器这三种变压器均必须安装。这是一项基本要求，而且是在决定在何处布置变压器时需要考虑的第一个问题。
- 如果输入和/或 UPS 接地系统不是 TN-S 类型，则必须安装变压器。例如，若输入接地系统为 TT，而 UPS 接地系统为 IT-HRG，则旁路、整流器和输出变压器这三种变压器均必须安装。这是一项基本要求，但这一问题的某些方面处于系统设计者的控制之中。例如，设计者能够确保在数据中心提供高质量的 TN-S 接地系统，因此无需进行接地系统的改变。
- 逆变器变压器提供对整流器与旁路输入之间的零线连接进行分断的功能，但整流器或旁路变压器也提供此功能。如果为其它目的而安装了整流器或旁路变压器，则逆变器变压器功能为冗余。由于是否有逆变器变压器规定了基于变压器式 UPS 和无变压器式 UPS 之间的差异，可得出结论：**在许多情况下，在双输入配置中采用基于变压器式 UPS 没有好处。**

如前文所述，在此系统中有 16 种可能的变压器组合安排方式。当考虑输入和输出变压器的远程与本地位置备选方案时，备选方案数目将增至 56 个。尽管没有一种组合能够成为普适的“最佳解决方案”，但这些变化形式中有一些可被视为不佳而被淘汰，另有一些则具有明显的优越性。本文中并不提供全部 56 种备选方案的分析，但这些分析可以根据本节中所给出的信息进行。以下表 4a-4d 归纳了双输入 UPS 配置的优选变压器备选方案，并包括关于每一种方式在何处使用的指引。

表 4a

双输入 UPS 变压器备选方案 1：
本地旁路变压器和远程输出变压器

<p>双输入</p> <p>本地旁路变压器 远程输出变压器</p>		
<p>应用： 大型数据中心</p>		
<p>特点</p>		<p>注释</p>
<p>输入接地系统： TN-S、TT、IT-HRG、TN-C、逆变器和旁路接地系统可以独立</p> <p>输入电压： 输入与 UPS 电压必须匹配</p> <p>功率范围： 任何，但在 100kW 以下不实用</p> <p>效率： 高，但在采用多台输出变压器条件下较低</p> <p>IT 负载零线接合： 在输出变压器处建立</p>		<ul style="list-style-type: none"> • 将旁路变压器移至整流器或逆变器位置处可以实现等效的功能，但效率会降低 • UPS 的选型必须适于特定的输入接地系统工作。并非所有 UPS 均可配用 IT-HRG 接地系统，有些 UPS 需要输入零线连接 • 在此系统中 UPS 与输出变压器之间没有零线连接 • 输出变压器可以是一台单一的变压器，或者其功能可在多台 PDU 变压器之间分配

表 4b

双输入 UPS 变压器备选方案 2:
本地旁路变压器、整流器变压器,
以及远程输出变压器

<p>双输入</p> <p>本地旁路变压器 整流器变压器 远程输出变压器</p>	
<p>应用: 输入接地系统较差、输入与 UPS 接地系统不同或输入与 UPS 电压不同的大型数据中心</p>	
<p>特点</p>	<p>注释</p>
<p>输入接地系统: TN-S、TT、IT-HRG、TN-C, 逆变器、旁路和 UPS 接地系统可以独立</p> <p>输入电压: 任何组合</p> <p>功率范围: 任何, 但在 100kW 以下不实用</p> <p>效率: 最低, 在采用多台输出变压器条件下更低</p> <p>IT 负载零线接合: 在输出变压器处建立</p>	<ul style="list-style-type: none"> • 在此系统中 UPS 与输出变压器之间没有零线连接 • 输出变压器可以是一台单一的变压器, 或者其功能可在多台 PDU 变压器之间分配 • 变压器处于逆变器处的带变压器 UPS 不提供任何附加功能, 且会降低效率

表 4c

双输入 UPS 变压器备选方案 3:
无变压器

<p>双输入</p> <p>无变压器</p>	
<p>应用: 采用高质量 TN-S 输入接地系统的小型数据中心, 其中输入和 UPS 及 IT 负载电压均相同 (400/230V、380/220V、208/120V 或 200/100V), 且不需要 RCD</p>	
<p>特点</p>	<p>注释</p>
<p>输入接地系统: 仅 TN-S, 旁路和输入共用</p> <p>输入电压: 与 IT 负载相同</p> <p>功率范围: 最高 1MW, 但在北美被限制在 100kVA 以下, 因为在此功率等级以上输入和 UPS 为 480V 或 600V</p> <p>效率: 效率最高</p> <p>IT 负载零线接合: 在 TN-S 源端建立</p>	<ul style="list-style-type: none"> • 旁路和整流器均须为 TN-S, 且两条零线必须引自一个公共地线连接 • 在此配置中旁路和整流器输入上不能使用 RCD 保护, 因为逆变器将向旁路零线中注入一些电流

表 4d

双输入 UPS 变压器备选方案 4：
本地旁路变压器

双输入 本地旁路变压器	
<p>应用：采用高质量 TN-S 输入接地系统的小型数据中心，其中输入和 UPS 及 IT 负载电压均相同（400/230V、380/220V、208/120V 或 200/100V），且需要有 RCD 保护，或旁路被单独引出</p>	
特点	注释
<p>输入接地系统：整流器输入上为 TN-S，旁路可以为任何类型</p> <p>输入电压：输入、UPS 与负载电压必须匹配</p> <p>功率范围：最高 1MW，但在北美被限制在 100kVA 以下，因为在此功率等级以上输入和 UPS 为 480V 或 600V</p> <p>效率：高</p> <p>IT 负载零线接合：在旁路变压器处建立</p>	<ul style="list-style-type: none"> • 如果旁路和逆变器电源为单独引出（独立的零线接合连接）或采用 RCD 保护，则使用此方法 • 变压器可能已被置于整流器或逆变器位置处，以实现 RCD 兼容性，但这样会降低 UPS 模式运行效率 • 如果输入变压器远离 UPS，则零线可能需要在变压器处接地，且 UPS 零线必须被连接至此零线，而不能被连接至 UPS 所在处的地

应注意，任何优选安排在逆变器位置处均没有变压器。多数带变压器 UPS 在逆变器位置处均有变压器，而这却是安装变压器效用最低的地方。这又强化了本文所得出的结论：传统的带变压器 UPS 已经被废弃，因为其变压器处在错误的位置。更好的解决方案是所使用的 UPS 其变压器（如果需要）的位置可在系统设计期间被确定在最佳位置。

双输入设计最重要的特性是有许多种备选方案，且备选方案与其它设备（如 RCD 和断路器）之间的相互作用非常复杂。双输入系统的成功安装不仅需要仔细的折衷分析和设计，还需要在安装中谨慎行事。这些因素在并联系统或复杂冗余配置的设计中进一步结合。遗憾的是，在双输入设计中，设计和安装错误要比单输入设计中常见得多，由此将降低系统可靠性和性能。这些因素在指定双输入设计时并不总是会被顾及。

“传统的基于变压器式 UPS 已经被废弃，因为其变压器处于错误的位置”

“无旁路单输入”的变压器备选方案

无旁路单输入配置通常在输入输入电源或输入接地系统的质量很差、已降级或系与工业负载共用时使用。配有可能的变压器位置的“无旁路”配置简图在图 9 中示出。

图 9

无旁路单输入配置中可能的变压器位置



当输入电源质量非常差或接地系统不稳定时，将 IT 负载通过旁路连至输入总不是一个好办法，因此在此系统中不提供旁路。此配置的应用几乎全部是在电力质量差的情况很常见的发展中国家。

在电网稳定的发达国家，旁路是一项有价值的功能，单输入或双输入系统占据主导地位，“无旁路”配置则非常罕见。

查看简图可以发现，如果将旁路功能禁用，有旁路单输入配置表现为与无旁路简图等效。通常假设系统可安装旁路，然后在“有”和“无”旁路配置之间来回切换。这种安装模式仅在有输入或输出变压器时才可行。其原因是如果旁路被连线，逆变器输出变压器的零线在旁路零线已接地的条件下就不能被接地。如果唯一存在的变压器是逆变器变压器，且通过将逆变器变压器零线和地连接的方式将输出单独引出，则旁路就绝不能被连线，也不能被使用。此限制适用于机械“回绕”旁路以及自动“静态”旁路。

如果有逆变器变压器，则它必须总与 UPS 为一体，但输入和输出变压器可以位于 UPS 处或远程位置。表 5 说明了每种变压器在其需要时的功能，以及与其物理位置（本地或远程）相关的问题。

表 5

具有不同变压器位置的无旁路单主线系统特性

变压器位置	所提供的功能	何时需要	本地与远程问题
输入	<ul style="list-style-type: none"> 更改输入电压 将接地系统更换为 TN-S 将 UPS 和输出与低质量的输入零线隔离 	<ul style="list-style-type: none"> 输入电压必须更改，以便与 UPS 电压相符 输入接地系统与负载不符且没有输出变压器 	<ul style="list-style-type: none"> 如果此变压器在 UPS 本地，则将在 UPS 输出端形成一个高质量 TN-S 接地系统 将此变压器置于远离 UPS 的位置要求在变压器所在位置建立 TN-S 接地系统，这样并不理想
逆变器	<ul style="list-style-type: none"> 将输出与低质量的零线隔离 	<ul style="list-style-type: none"> 系统输出零线必须与输入零线隔离且输入和输出变压器均不存在 	<ul style="list-style-type: none"> 此变压器的零线可以接地，因为没有旁路，由此形成一个独立引出的源 在较早的 UPS 上，此变压器可能与 UPS 设计为一整体，不能去除
输出	<ul style="list-style-type: none"> 更改 UPS 输出电压 如果 UPS 未使用 TN-S，则将接地系统更改为 TN-S 如果输入变压器不存在或位于远程位置，则提高 TN-S 接地系统的质量 	<ul style="list-style-type: none"> 必须更改 UPS 电压，以便与 IT 负载电压相符 UPS 接地系统与 IT 负载不符且没有输入变压器 输入接地系统与 IT 负载相符，但零线回路的质量很差或输入变压器（如果有的话）位于远程位置 	<ul style="list-style-type: none"> 如果 IT 负载远离 UPS，将变压器置于远离 UPS 而更靠近 IT 负载处具有在 IT 负载附近形成 TN-S 地、提高接地系统质量的优势

如前文所述，在此系统中有八种可能的变压器安排方式。当考虑输入和输出变压器的远程与本地位置备选方案时，备选方案数目将增至 18 个。尽管没有一种组合能够成为普适的“最佳解决方案”，但这些变化形式中有一些可被视为不佳而被淘汰，另有一些则具有明显的优越性。本文中并不提供全部 18 种备选方案的分析，但这些分析可以根据本节中所给出的信息进行。以下表 6a 和表 6b 归纳了无旁路单输入 UPS 配置的优选变压器备选方案，并包括关于每一种方式在何处使用的指引。

表 6a

无旁路单输入优选备选方案1：
本地输入变压器和远程输出变压器

<p style="text-align: center; font-weight: bold;">无旁路单输入</p> <p style="text-align: center; font-weight: bold;">本地输入变压器 远程输出变压器</p>	
<p>应用：输入电源质量差、输入接地系统不良的大型数据中心，其中 UPS 与 IT 负载电压不同</p>	
特点	注释
<p>输入接地系统： TN-S、TT、IT-HRG、TN-C</p> <p>输入电压： 任何</p> <p>功率范围： 任何，但对较小型的数据中心不实用</p> <p>效率： 高，但如果采用多台输出变压器，则较低</p> <p>IT 负载零线接合： 在输出变压器处建立</p>	<ul style="list-style-type: none"> 在 100 kVA 以上，在北美地区需要用输出变压器将 480 V UPS 电压转换为 IT 负载电压 在此系统中 UPS 与输出变压器之间没有零线连接 输出变压器可以是一台单一的变压器，或者其功能可在多台 PDU 变压器之间分配

表 6b

无旁路单输入优选备选方案2：
本地输入变压器

<p style="text-align: center; font-weight: bold;">无旁路单输入</p> <p style="text-align: center; font-weight: bold;">本地输入变压器</p>	
<p>应用：输入电源质量差、输入接地系统不良的大型或小型数据中心，其中 UPS 与 IT 负载电压相同（400/230V、380/220V、208/120V 或 200/100V）</p>	
特点	注释
<p>输入接地系统： TN-S、TT、IT-HRG、TN-C</p> <p>输入电压： 任何</p> <p>功率范围： 任何，但在北美被限制在 100kVA 以下，因为在此功率等级以上 UPS 为 480V 或 600V</p> <p>效率： 效率最高</p> <p>IT 负载零线接合： 在 UPS 输出端建立</p>	<ul style="list-style-type: none"> 如果输入变压器在 UPS 本地，则其零线连接不在变压器处接地，而是被送至 UPS，在 UPS 处零线在 UPS 输出端被接地（优选方法） 如果输入变压器远离 UPS，则零线可能需要在变压器处接地，且 UPS 零线必须被连接至此零线，而不能被连接至 UPS 处的地

无旁路单输入这种配置常见于电力质量非常差的国家。然而，在使用此配置的多数场合，带旁路的单输入配置会是更好的选择。许多客户不选择旁路的原因是它有可能使负载承受未经处理的输入电源。这一点在采用基于变压器式 UPS 系统时也适用，因为它们不隔离旁路。这是一个问题，因为在较早的基于变压器式 UPS 中，变压器处于错误的位置。如果变压器被移至输入端而非逆变器输出端，则它对 UPS 和旁路路径均可进行保护（下一节对此进行更详细的说明）。

无旁路单输入配置的一个大问题是负载故障电流总是被限制在 UPS 逆变器输出电流以下，后者通常远低于市电网可承受的短路电流。这可导致清除 UPS 下游断路器故障时出现困难，并且可能在下游故障未清除甚至未能尽快速清除的情况下导致整体负载掉电。相比而言，在有旁路的配置中，输出故障会激活旁路，市电网提供电流，以帮助清除输出故障。

当设计者和用户理解所有备选方案时，无旁路单输入配置的使用预期会减少。在配用输入变压器时，有旁路单输入的成本、重量和效率相同，但保留了使用旁路的额外选择，这可能会很有利。一般而言，有一些常见的传统配置采用基于变压器式 UPS，它们将被更新的配置所取代。这将在下一节中介绍。

基于变压器的传统 UPS 设计

“ 8 种优选 UPS/变压器安排在逆变器输出位置均没有变压器 ”

基于变压器式 UPS 定义为在逆变器输出位置集成有变压器的 UPS。本文已示出，八种优选 UPS/变压器安排在逆变器输出位置均没有变压器。应注意，有些基于变压器式 UPS 系统以及一些无变压器系统可能有附加的选装变压器。尽管如此，由于较早的 UPS 系统有逆变器变压器，有些常用的安排最初系用以发挥整体式 UPS 变压器的优势。在本节中，我们将回顾这些安排方式，解释它们为什么不是最好，以及应转而采用哪些变压器安排。

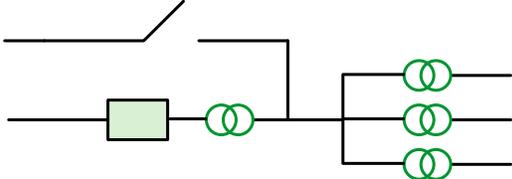
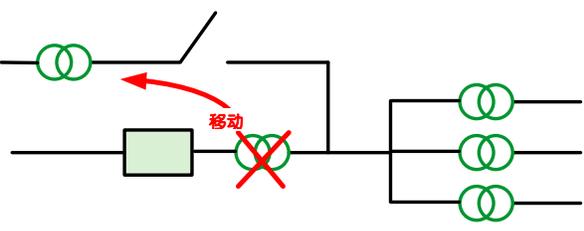
基于变压器式 UPS 在逆变器输出之后、UPS 输出的旁路连接之前有变压器。这是变压器置于 UPS 内的最无用的地方，原因如下：

- 它不保护 UPS 输入
- 它不能将整流器接地系统与输入隔离
- 它总是要耗散热量，因为它处理的是全负载功率
- 由于有旁路，它不能实现输出零线与输入的隔离

需要理解的重要问题是：变压器存在于此位置，因为它需要被作为 UPS 逆变器电路的一部分，而并非为解决其它这些问题而被加装。它确实提供将逆变器与输出隔离这一关键功能，但此功能也可由置于其它更好位置的变压器实现。即使基于变压器式 UPS 在并非最佳的位置设有变压器，变压器仍然是电路的组成部分而非选件，因此许多早期数据中心设计利用了这一点。有两种主要设计利用了基于变压器式 UPS 中的整体变压器，它们被归纳于表 7a 和表 7b 中，并附以推荐的改进替代设计。

表 7a

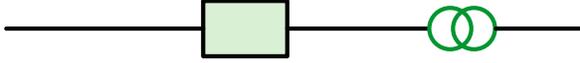
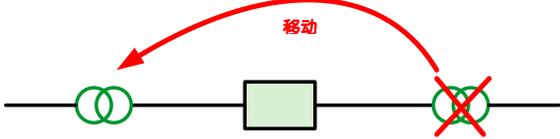
采用逆变器变压器的传统双主线配置

 <p>双输入 逆变器变压器 远程输出变压器</p>	
<p>应用： 对新设计不建议采用。通常用于大型数据中心</p>	
<p>特点</p> <p>输入接地系统： TN-S、TT、IT-HRG、TN-C 输入电压： 输入与 UPS 电压必须匹配 功率范围： 任何，但对较小型的数据中心不实用 效率： 高，但如果采用多台输出变压器，则较低 IT 负载零线接合： 在输出变压器处建立</p>	<p>注释</p> <ul style="list-style-type: none"> UPS 整流器的选型必须适于特定的输入接地系统工作。并非所有 UPS 均可配用 IT-HRG 接地系统，有些 UPS 需要输入零线连接 在此系统中 UPS 与输出变压器之间没有零线连接 输出变压器可以是一台单一的变压器，或者其功能可在多台 PDU 变压器之间分配
<p>推荐替代：</p> <p>双输入 旁路变压器 远程输出变压器</p>	
<p>替代的优势</p> <p>效率更高： 将变压器移至旁路路径可提高效率，因为负载功率在正常情况下不会在变压器内形成损耗</p>	<p>注释</p> <ul style="list-style-type: none"> 旁路变压器可作为 UPS 的选件提供 如果有逆变器输出零线，则它此时被连接至整流器输入零线，而非旁路输入零线 IT 负载零线仍然在输出变压器处建立 仍保持与 RCD 兼容

需要认识的重要一点是，在上述情形中，传统逆变器变压器可实现将逆变器与旁路零线隔离的功能。在此情况下，鉴于所给出的原因，最好将变压器置于旁路路径中。然而，如前文介绍单输入和双输入推荐系统的各节所述，并非所有设施都需要逆变器与旁路零线间的隔离。在新设施的设计中，应首先考虑先前各节中所介绍的推荐设计；此处示例仅用以展示几种常见的传统设计应如何改进。

表 7b

采用逆变器变压器的传统单输入配置

 <p>单输入 无旁路 逆变器变压器</p>	
<p>应用： 对新设计不建议采用。用于输入电源质量差、输入接地系统不良的大型或小型数据中心，其中 UPS 与 IT 负载电压相同（400/230V、208/120V 或 200/100V）。</p>	
<p>特点 注释</p>	
<p>输入接地系统： TN-S、TT、IT-HRG、TN-C 输入电压： 输入、UPS 及 IT 负载电压必须相符 功率范围： 任何，但在北美被限制在 100kVA 以下，因为在此功率等级以上 UPS 为 480V 或 600V 效率： 高效率 IT 负载零线接合： 在 UPS 输出端建立</p>	<ul style="list-style-type: none"> UPS 整流器输入的选型必须适于特定的输入接地系统工作 并非所有 UPS 均可配用 IT-HRG 接地系统，有些 UPS 需要输入零线连接 在非常差的输入接地系统中，整流器会承受各种风险
<p>推荐替代：</p> <p>单输入 无旁路 输入变压器</p>	
<p>替代的优势 注释</p>	
<p>针对输入故障的 UPS 保护： 将变压器移至输入端会将 UPS 整流器与输入上的地线或零线故障隔离 接地系统兼容性： UPS 总是以变压器的 TN-S 输出运行，而独立于输入接地系统 电压调整： 输入变压器可包含抽头，以使 UPS 能够适应长期的较高或较低的输入电压 电压转换： 输入变压器可以对输入电压进行升压或降压</p>	<ul style="list-style-type: none"> 任何 UPS 均可使用，无需考虑输入接地系统 输入变压器可作为 UPS 的选件提供 逆变器输出零线如果存在，仍将被接地 输入变压器零线在变压器处不接地，而是连接至 UPS 输出零线

以上两个表代表了基于变压器式 UPS 在较早的系统设计中最常见的使用方式。这些设计还有其它的变化形式，但在每种情况下变压器曾经所处的位置均非最佳，而将逆变器变压器移至输入端、旁路或将其取消则是更好的解决方案。

UPS 产品内的 变压器备选方 案

本文已经说明，有许多种优选设计包含有本地输入变压器，该变压器可位于旁路、整流器上，或者位于单一组合输入上。为简化设计和部署，UPS 制造商应将这些输入变压器作为随时可用、已经过预先工程化的 UPS 选件来提供。

有些优选设计包括一台远程输出变压器。此类变压器最好置于 PDU 单元内或 IT 机房内，而不是 UPS 系统的合适的选项，除非因电压变化而需要。

结论

许多 UPS 安装均包含变压器。不论 UPS 为基于变压器式还是无变压器式均如此。变压器在 UPS 设施中具有重要的功能，包括更改电压、在接地系统间提供连接接口、消除零线环路，以及提供针对各类故障的保护。尽管多数现代 UPS 均为无变压器式，系统设计仍然经常（但并非总是）需要变压器。有许多系统设计需要变压器，甚至在法规中都有要求。

基于变压器式 UPS 系统几乎从来没有将变压器置于最佳的位置以实现设计目标。无变压器式 UPS 系统去除了变压器，可针对预定目的实现将其省略或移至最佳位置的灵活性，由此优化了设计。

本文明确了 50 余种可配合 UPS 系统使用的不同的变压器安排方式。其中有 10 种被确定为数据中心设计的优选解决方案，具体的选择取决于本文中所述的设计的参数选择和限制条件。已经发现更大功率的 UPS 系统的优选变压器安排不同于较小功率的 UPS。有些优选安排方式的必要性在于需要应对恶劣的电力条件和已经劣化的输入接地。所有优选安排方式最好通过将变压器配合无变压器式 UPS 一起使用的方式加以实现。

关于作者

Neil Rasmussen 是施耐德电气旗下 IT 事业部—APC 的高级创新副总裁。他负责为全球最大的用于关键网络设备（电源、制冷和机柜等基础设施）科技方面的研发预算提供决策指导。

Neil 拥有与高密度数据中心电源和制冷基础设施相关的 19 项专利，并且出版了电源和制冷系统方面的 50 多份白皮书，其中大多白皮书均以十几种语言印刷出版。近期出版的白皮书所关注的重点是如何提高能效。他是全球高效数据中心领域闻名遐迩的专家。Neil 目前正投身于推动高效、高密度、可扩展数据中心解决方案专项领域的发展，同时还担任 APC 英飞系统的首席设计师。

1981 年创建 APC 前，Neil 在麻省理工学院获得学士和硕士学位，并完成关于 200MW 电源托克马克聚变反应堆的论文。1979 年至 1981 年，他就职于麻省理工学院林肯实验室，从事飞轮能量储备系统和太阳能电力系统方面的研究。



点击图标打开相应
参考资源链接



数据中心的电力效率测量

第 154 号白皮书



确定合适的数据中心接地方式

第 97 号白皮书



数据中心的电力效率建模

第 113 号白皮书



实施节能的数据中心

第 114 号白皮书



数据中心效率 (PUE) 计算指南

第 158 号白皮书



浏览所有白皮书

whitepapers.apc.com



数据中心效率计算器

权衡工具 6



数据中心碳排放量计算器

权衡工具 7



浏览所有 TradeOff Tools™ 权衡工具

tools.apc.com



联系我们

关于本白皮书内容的反馈和建议请联系：

数据中心科研中心

DCSC@Schneider-Electric.com

如果您是我们的客户并对数据中心项目有任何疑问：

请与您的 施耐德电气销售代表联系