

为双路环境中的单路设备供电

第 62 号白皮书

版本 1

作者 Victor Avelar

> 摘要

使用双路供电线路架构和带有双路电源和电源线的 IT 设备是行业的最佳方案。在应用该方案的设施中不可避免地会存在一些仅带有单路电源线的设备。有许多方式可以将单路设备集成到高可用性的双路数据中心中。本白皮书解释了各种方式的差异并提供了选择适当方案的指南。

目录

[点击内容即可跳转至具体章节](#)

简介	2
转换开关功能	2
转换开关的类型	3
IT 设备电源	6
选择适当的转换开关	6
结论	10
资源	11
附录	12

简介

大多数高可靠性数据中心始终使用为关键负载提供双路电源的电源系统，而且大多数企业级的 IT 设备提供冗余电源和电源线，以便将双路供电一直维持到 IT 设备的内部电源总线。通过这种方式，无论其中一条电源线何处出现故障，设备都可以继续运行。但是，使用单电源（单路）的设备会成为数据中心的弱点，将严重影响数据中心的可靠性。由于转换开关可以提供冗余供电电路的优点，它往往用来提高单路设备的可靠性。如果不理解这一点，单路供电的做法可能会导致原本可以避免的停机。

有三种基本方案可以为双路环境中的单路设备供电。它们分别是：

- 从一个电源向设备供电 — 图 1a
- 在用电点使用转换开关来选择首选电源，当该电源出现故障时切换到第二条供电线路 — 图 1b
- 使用由双电源供电的大型集中式转换开关生成一条新的电源总线，为大批单路负载供电 — 图 1c

图 1a(左上)

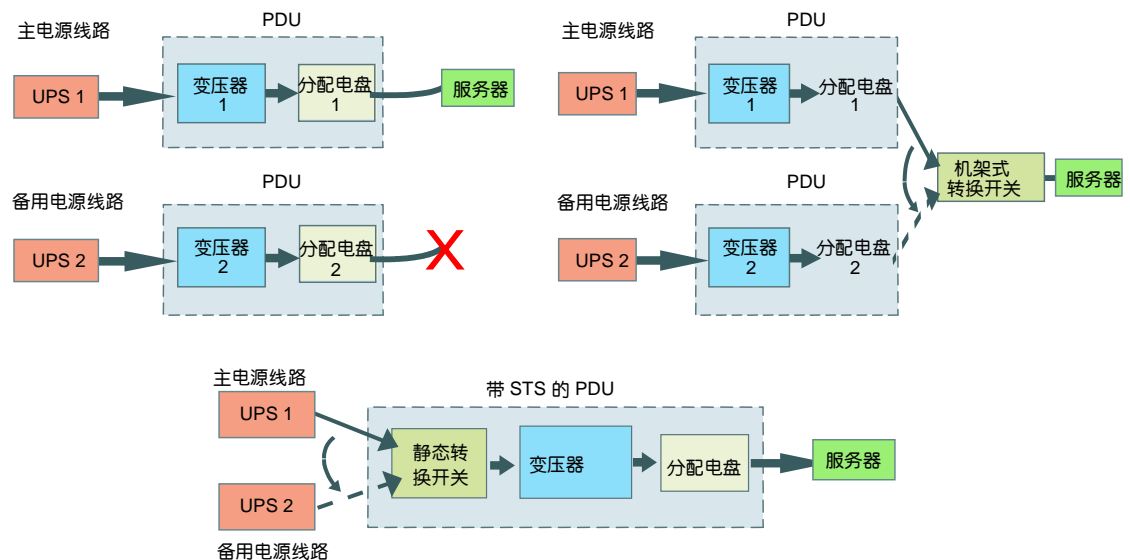
单路供电

图 1b(右上)

用电点开关

图 1c(下)

集中式开关



转换开关功能

转换开关是数据中心的常见组件，用于执行下列功能：

1. 在市电电源出现故障时将 UPS 和其他负载从市电切换到发电机
2. 从出现故障的 UPS 模块切换到市电或其他 UPS（取决于设计）
3. 将关键 IT 负载从一个 UPS 输出总线切换到双路供电系统中的另一个 UPS 输出总线

本白皮书只集中讨论第三个功能。如果所有 IT 负载都能够接受双输入电源供电（即双路），那么就不需要采用此应用方案了。实际上，大部分高端互联网络设备、存储设备和服务器确实具有完全冗余的输入电源和双电源线。然而，在任务关键设施中单路设备仍然占全部 IT 设备的大约 10-20%。如果单路设备连接到双市电线路环境的单市电线路，那么可能威胁到业务流程的整体可靠性。按照第 48 号白皮书《比较各种机架电源冗余配置的可用性》，带有独立冗余市电线路的 100% 双路数据中心的停机时间比单路设计的停机时间要少 10000 倍。通过缩短冗余市电线路与负载之间的距离，转换开关可以帮助缩小这个巨大差距。

资源链接
第 48 号白皮书
比较各种机架电源冗余配置的可用性

转换开关的类型

适合作为电源选择器的转换开关主要有两种类型：静态转换开关和机电转换开关。两种开关都基于在主电源和备用电源之间转换的基本原理。虽然使用效果相同，但其实现方法却不同。每种类型的开关都有其独特的特性，适用于不同类型的应用环境。下面简要介绍了每一种类型的工作原理，附录 A 提供了更详细的说明。

静态转换开关 (STS)

应用环境

当今使用的静态转换开关的功率小至 5 kVA，大至 35 MVA。STS 装置可用于多种环境，包括市电线路、汽车制造厂、半导体制造厂、炼油厂和数据中心等。大多数此类开关都工作在 100 - 300 kVA 范围内，而且通常占两个 IT 机架并排放置那么大的面积。在炼油厂等应用环境中，由于电网和电力架构的可靠性不如任务关键数据中心，对于静态开关在这些环境中的应用优势，很少存在争议。但是，任务关键数据中心的电网和电力架构的可靠性要高得多。在此情况下，安装 STS 所造成可靠性的下降就完全抵消了它所带来的好处。图 2 中显示了一个 200 kVA STS 的示例。这种容量的静态开关最适于大型三相单路（单电源）负载，如 CNC 机械和其他关键生产设备。虽然目前也存在大型三相 IT 设备（如存储设备），但通常都是带有冗余电源的双路设备。对于双路设备，直接将双路市电电源连接到负载可以提供最佳的电源可靠性和可用性。

工作在 5-10 kVA 范围内的静态开关通常设计为安装在标准 19 英寸（483 毫米）的 IT 机柜中，如图 3 所示。这种类型的静态开关通常用于配线室和数据机房等 IT 环境中。使用小型开关可以避免发生一个 STS 出现故障而影响大部分数据中心的情况，并将停机风险转移到一个机架中的单路设备上。与较大容量 STS 不同，机架安装式（静态）开关具有可扩展性和灵活性。小型开关的交付周期很短，IT 管理者可以在需要时随时购买。而且，随着 IT 技术和设备更新，这些开关安装非常方便并可以随处移动。



图 2

200 kVA STS



图 3

机架安装式 STS



资料来源: <http://www.powerparagon.com>

资料来源: www.cyberex.com

操作

如其名称所示，静态开关不包含任何活动（机械动作）部件。半导体技术的应用使消除开关的活动（机械动作）部件称为可能。单相 STS 中的“开关”其实是由两对被称为可控硅整流器 (SCR) 的半导体组成，可控硅整流器也称为晶闸管，是由测量电路进行控制的。如果电路检测到主电路超出容许值，它就将主路开关断开并接通备用线路的开关。切换过程通常约为 4 毫秒，根据两电源的状态，可能还会稍长一些。

故障模式

通常，系统越复杂，可能出现的故障模式就越多。与机电式转换开关相比，静态开关在以给定速度做出在两个电源间切换的决定时要考虑的因素更为复杂。（例如，控制器必须监视两侧电路的多个变量，包括相位、SCR 的状态、电路断路器的状态、电压和电流等）。

- 静态开关控制器故障

由于其复杂性，控制器是静态转换开关最关键的组件。如果控制器停止向 SCR 发送信号，SCR 默认保持断开状态，即不导电，这样就会停用负载。这就是几乎所有静态开关都内置冗余控制器和电源的原因。各个 SCR 开关是单独控制的，因此控制器就有四种常见故障模式。

1. 在首选开关应断开时，控制器指示将其闭合。如果首选电源无法承担负载，则会导致负载停用。
2. 在首选开关应闭合时，控制器指示将其断开。如果备用开关处于断开状态或备用电源无法承担负载，则会导致负载停用。
3. 在备用开关应断开时，控制器指示将其闭合。如果备用电源无法承担负载，则会导致负载停用。
4. 在备用开关应闭合时，控制器指示将其断开。如果首选开关处于断开状态或首选电源无法承担负载，则会导致负载停用。

- SCR 组件故障

SCR 十分可靠，但是在出故障时，98% 的故障会是短路故障。在发生短路故障时，如果为该开关供电的电源掉电，则将导致负载停用。检测短路的 SCR 十分困难，因为短路 SCR 和正常 SCR 间的阻抗（电压降）差值通常小于 0.5 伏。这增加了控制器的复杂性。

- 输出断路器故障

如果输出断路器在不应该断开时断开，则会造成负载停用。有些情况下，会使用两个输出断路器来消除单个故障点，但这使得断路器的配合十分困难。

- 人为错误故障

人为错误是一种常见的故障模式，对于大多数任务关键环境更是如此。由于静态开关的复杂性，及其与不同输入电源的互动关系，有很多方式会引入人为错误。常见情况有：

- 如果静态开关设置不当，在特殊应用环境下可能导致错误的互动操作。
- STS 旁路断路器的误操作。例如，如果有人人在首选电源不可用时闭合首选旁路断路器，则会导致负载停用。
- 不正确的维护步骤

最后，应特别注意的是不管故障模式如何，与小型开关相比，大型转换开关会造成设施内更大范围的负载停用。

机电开关或自动转换开关 (ATS)

应用环境

受高功率容量的继电器的物理尺寸限制，在此应用环境中使用的大部分机电式转换开关（也称为自动转换开关 (ATS)）都不能转换高于 10 kVA 的功率。这也是这些机架安装式自动转换开关趋向于采用 1U 高度（如图 4 所示）的原因。与机架安装式 STS 类似，机架安装式 ATS 也可以将转换故障隔离到一个机架，而不会波及几十或几百个机架。同样，机架安装式 ATS 具有可扩展性和灵活性。然而，由于体积更小、重量更轻，机架安装式 ATS 的安装比机架安装式 STS 更容易。

图 4

机架安装式 ATS



操作

机电开关组合利用了电气和机械设备的特性。与 STS 类似，这些开关都具有监视两个输入电源的控制器。机电开关使用继电器作为负载转换装置。继电器是一种由磁力控制开关闭合的机械开关。当控制器检测到主电源超出容许值时，将停止向继电器供电，此时弹簧将推动开关接通辅助电源。此类型转换开关的总转换时间介于 8 到 16 毫秒之间。

故障模式

与静态转换开关相比，机电开关体积更小、结构更简单。这主要是由于机电开关更易于控制且不要求电源之间同步。由于继电器的物理运动，机电开关的故障模式多属于硬件故障。

- **继电器熔接故障**

一种可能的故障模式是继电器与触点熔接在一起。在进行高压转换时产生的高温电弧会将金属表面熔接在一起。在三相继电器中，可能会有一个或多个继电器开关出现此故障。

- **控制器故障**

尽管在较低功率容量下很少发生此故障，但还是有可能发生控制器切换错误。例如，在主电源侧功率超出容许值时，控制器可能会切换到根本没有供电的辅助电源侧。

- **控制器电源故障**

控制器电源也可能导致控制器的误动作。如果电源电压不稳，控制器的动作具有不可预见性或可能根本不动作。

- **断路器故障**

还有一种很重要的故障模式，那就是保护转换开关输出的断路器本身的缺陷，需要特别注意。这些断路器经常是不可靠的商品部件，且是单故障点。

IT 设备电源



资源链接

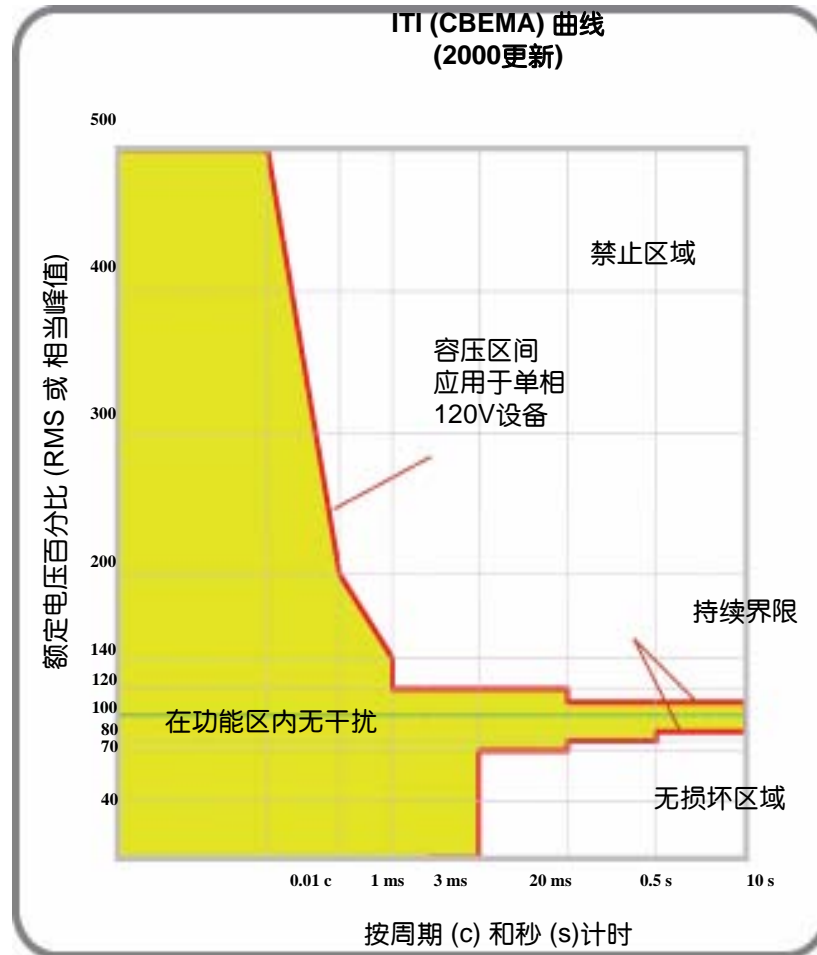
第 79 号白皮书

在线式 UPS 设计与在线交互式 UPS 设计的技术比较

请注意，上文介绍的两种开关类型的转换时间都非常短，仅在极短的时间内停止给关键负载供电。IT 设备在电源中断时如何维持操作？第 79 号白皮书《在线式 UPS 设计与在线交互式 UPS 设计的技术比较》深入回答了这个问题，为便于参考在附录 B 中进行了重复描述。实质上，IT 设备的开关模式电源供电 (SMPS) 必须承受暂时的电源干扰从而能够从正弦 AC 输入电压获得电源。国际标准 IEC 61000-4-11 中的规范定义了 SMPS 负载可承受电压扰动的大小和持续时间限制。类似地，信息科技产业协会 (ITI, 以前名为计算机及商业设备制造商协会 [CBEMA]) 公布了一个应用说明，该说明描述了“大部分信息技术设备 (ITE) 通常能够承受 (功能不中断) 的 AC 输入电压包络线”。图 5 给出 ITIC 曲线¹并说明 IT 设备在零电压时将正常工作 20 毫秒。

图 5


ITIC 曲线


110
90

选择适当的转换开关

大型静态开关比机架安装式开关的容量要高得多。虽然数据中心的大部分 IT 设备所需功率低于 6 kW，但有些设备（如地板安装的存储设备）却要求较高的功率。这些情况下，必须使用大型静态开关向该设备提供电源冗余。但是，这种规模的关键 IT 设备通常具有不需要静态开关的冗余电源/电线。表 1 列出了每种类型开关的功率容量并可作为选择适当转换开关的指南。其中还包括了不使用转换开关的方案。以下小节详细描述了所有选择条件因素。

¹ <http://www.itic.org/clientuploads/Oct2000Curve.pdf>，访问于 2010 年 3 月 17 日

 资源链接
第 37 号白皮书
避免数据中心和网络机房基础设施因过度规划造成的资金浪费

 资源链接
第 115 号白皮书
模块化、可移动的数据中心基础设施的财务和税务优势

总拥有成本

总拥有成本包括购买和安装转换开关的投资成本，以及与使用开关相关联的运营成本。该主题在第 37 号白皮书《避免数据中心和网络机房基础设施因过度规划造成的资金浪费》中进一步讨论。

投资成本

过度规划的高容量静态开关不但会增加单位使用功率的成本，而且会导致商机错失成本。大型静态开关（大于 10kVA）通常以固有硬件的形式包含在建筑物的电气基础设施中。小型 ATS 和静态开关可以非常方便地插入插座，因而避免了雇用电工的开支。

运营成本

运营成本包括电力使用成本、维护成本和所涉税金。与机电开关相比，静态开关由于组件数量多而效率较低。将高容量静态开关用于小负载时，效率问题就更严重。维护成本会根据供应商的推荐而有所不同；但总体而言，静态开关由于复杂性更高，组件数更多，所需的维护费用要高于 ATS 的维护费用。选择转换开关时通常不会考虑所涉税金，但取决于数据中心的规模，在这一方面有可能节省大量的资金。第 115 号白皮书《模块化、可移动的数据中心基础设施的财务和税务优势》说明为什么模块化、可移植的电子设备能够归入节税型（从更大程度上合理避税）商务设备。使用易于安装和移动的转换开关便能够由此获益。

易管理性

电气基础设施的易管理性对于 IT 和电信网络的完整性很重要。通常只有在开关必须切换到备用电源时，关键故障模式才表现出来。这对于静态开关更加重要，因为它们的故障模式明显多于机电开关。远程管理的转换开关使 IT 管理者和设备管理者可以监视状态、记录事件、配置设置、执行固件升级以及通过电子邮件和 SNMP 接收报警。开关应该允许通过 HTTP (Web)、SNMP 和 Telnet 的基于标准的管理。

转换时间

如果支持 IT 和电信设备，转换开关必须能在 20 毫秒或更少时间内在电源间切换。

安装简易程度

考虑到 IT 设备的更新频率较高（1 到 2 年），转换开关应该能够快速进行重新配置。例如，当单路设备移动位置时，转换开关应该便于重新配置。

可靠性

总体而言，系统越复杂，在组件和控件以及人工干预等方面出错的概率就越大。静态开关本质上就比机电开关复杂，因此在运行和修理时需要它们有更充分的了解。机电开关受限于继电器所可能达到的切换次数。该应用中的继电器其操作次数的典型额定值是 100,000 次。数据中心环境中的转换开关平均每年经历四次切换。因此，相对于数据中心，继电器的寿命更长。

维修质量

系统出故障时，使用工厂修复/整修过的模块替换整个模块是所有 IT 管理者或设备管理者的目标。可在机架上安装的静态和机电开关可被完整替换，这与大型 STS 在标准不够完善或无标准环境中的现场修理不同。但是，大部分静态开关都内置了旁路断路器，以便在继续为负载供电的同时进行维护和维修操作。根据配置方案的不同，替换小型机电开关而不关闭关键负载也是可能的。

电源同步

在两个市电电源间切换时，电源有可能不同步，这可能会损坏开关的下游设备或导致断路器断开。切换速度越快，转换开关尺寸越大，发生此情况的可能性就越高。因此，大型静态开关比小型开关更容易出现此问题。使用机电开关进行非同步切换不会给负载带来任何问题，但是可能会导致开关中的继电器发生熔接现象，因此此类型的一些开关会额外包含一个继电器以防止出现电弧。

可扩展性

虽然数据中心的设备大约每两年更新一次，但是数据中心的预期寿命可能超过十年。在更新过程中，管理者需要面对不同的电源密度、不同的冗余级别、不同的电压和插座类型。通过引入可扩展性，可以优化系统规模、简化规划以及降低与这些变量相关联的初始投资成本。转换开关越大，它就越难以扩展和适应这些持续的变更，特别是对于要避免停机的情况。使用小型转换开关可以让管理者应对业务需求的变更，而无需关闭关键系统。

混合布置的单路和多路设备

大多数数据中心都是按照业务流程或部门来组织 IT 设备，而不是专门按照单路和双路设备来进行组织。因此数据中心的大多数机架都混合安装有单路和双路设备。大多数情况下，双路设备需要两条独立的电源线和电源插线板。而单路设备需要一条独立的电源线和电源插线板。对于大型落地安装的静态开关而言，这成为一个难题，因为同一机架现在必须提供 3 条独立的电源线和电源插线板，而这要占据网络缆线和设备所需的空间。相反，小型机架安装式转换开关可以直接从两路电源线和电源插线板取电，而单路设备直接插到开关上的插座中即可。

表 1

三种类型转换开关的特性

特性	无转换开关	大型 STS	20 kVA - 35 MVA 机架安装式 STS	5 - 10 kV 机架安装式 ATS	5 - 10 kVA 备注
总拥有成本	0 美元/kW	200 - 300 美元/kW	550 - 700 美元/kW	100 - 150 美元/kW	机架式 STS 的初始成本大约是机架式 ATS 的六倍
易管理性	不要求易管理性	通常不包括基于标准的协议	通常不包括基于标准的协议	通常包括基于标准的协议	大多数转换开关默认提供干触点继电器，但可能提供基于标准的管理作为可选配置
转换时间	无转换时间	4 毫秒	4 毫秒	8 - 16 毫秒	IT 设备要求转换时间短于 20 毫秒
安装简易程度	无需安装	要求电气布线	可机架安装/无需布线	可机架安装/无需布线	需要经过认证的电气工程师连接大型静态转换开关
可靠性	丧失 2N 电源线路的可靠性优势	MTBF = 400,000 到 1,000,000 小时	MTBF = 400,000 到 1,000,000 小时	MTBF = 700,000 到 1,500,000 小时	静态开关的组件数量和复杂性要高于 ATS，但没有活动部件。MTBF 为行业经验值
故障模式	不适用	断路或线间短路	断路或线间短路	触电焊死而无法从一个电源断开	断路可造成负载停用线间短路可造成上游断路器跳闸
维修简易程度	不能进行电力结构的并行维护	必须现场维修	使用工厂维修的设备进行替换	使用工厂维修的设备进行替换	发生故障时，机架安装式转换开关通常使用新的或维修后的设备进行替换
电源同步	无需电源同步	必须进行电源同步以实现安全转换	非同步转换并不会造成严重问题	无需电源同步	机架安装式 STS 仍然存在相位不同步切换的不良影响，但是只会对数据中心的局部造成影响。
可扩展性	不适用	无可扩展性	可扩展	可扩展	机架转换开关十分灵活，而且还可以跟随数据中心发展进行扩展
混合布置双路和单路设备	每个机架只需要输入 2 路电源 - 不会提高单路负载可用性	每个机架必须输入 3 路电源	每个机架只需输入 2 路电源	每个机架只需输入 2 路电源	大型静态开关的配电方式使机架中的布线十分复杂，并占用了宝贵的空间

注：蓝色阴影表示该特性的最佳性能指标

结论

数据正日益成为业务的关键因素，因此最关键任务设备采用双路供电也就不足为奇了。但是，IT管理者和设备管理者仍然为不知如何做出决定而烦恼：如何最有效地为机架中其余的单路设备提供冗余市电电源，或者是否有必要为其提供冗余电源。通过直接为机架提供市电冗余，可以使 10 kVA 以下单路设备的电源可用性达到最优化。使用机架安装式静态转换开关或机架安装式 ATS 可以做到这一点。但是，根据本白皮书中所列的标准，最佳解决方案应该是机架安装式 ATS。



关于作者

Victor Avelar 是施耐德电气数据中心科研中心的高级研究员。Victor 致力于数据中心的设计和运营方面的研究。并且通过向客户提供风险评估和设计实践方面的咨询，来优化数据中心环境的可用性和能效。Victor 于 1995 年从伦斯勒理工学院获得了机械工程学的学士学位，而后在波士顿大学获得 MBA 工商管理硕士学位。Victor Avelar 是 AFCOM 和美国质量协会的成员。



点击图标打开相应
参考资源链接



比较各种机架电源冗余配置的可用性

第 48 号白皮书



在线式 UPS 设计与在线交互式 UPS 设计的技术比较

第 79 号白皮书



避免数据中心和网络机房基础设施

因过度规划造成的资金浪费

第 37 号白皮书



模块化、可移动的数据中心基础设施

的财务和税务优势

第 115 号白皮书



计算机的共模干扰

第 9 号白皮书



零线的事实和神话

第 21 号白皮书



浏览所有 白皮书

whitepapers.apc.com



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

附录 A

静态转换开关：工作原理

静态转换开关，也称为固态继电器 (SSR)，它是用来在两个电源间进行切换的电子设备。由于其电子转换组件的特性，这些开关被冠名以“固态”和“静态”。转换组件称为可控硅整流器 (SCR)，也称为晶闸管。要理解 SCR 的工作原理，必须首先了解 SCR 的制造材料。

如其名称所示，所有 SCR 都由硅半导体材料制成，硅是砂土和石英的主要成分。半导体材料同时具有电绝缘体和电导体的特征。绝缘体可以阻止电流流动，而导体则允许电流自由流动。在其天然状态下，半导体随温度不同可以成为绝缘体和导体。但是为了更好地控制这些导电属性，半导体（如硅）被施以名为掺杂的工艺流程，就是向天然半导体中添加杂质。通过给 SCR 加以很低的电压，这些杂质就可使其变为导体。图 A1 中显示了 SCR 的符号和 SCR 的实物图片。

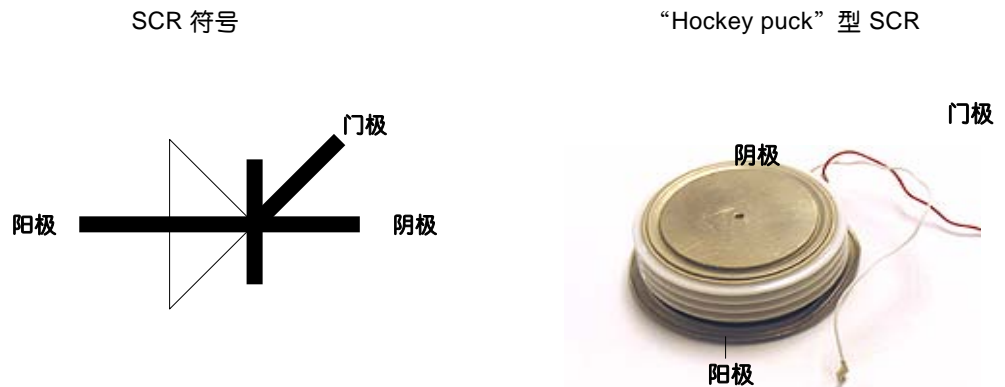


图 A1
可控硅整流器

SCR 实质上就像阀门一样，它只允许电流在一个方向上流动。这非常类似于心脏瓣膜的工作原理，因为后者只允许血流在一个方向上流动。要打开或“闭合”SCR，需要在 SCR 的门极上施加一个低电压，这使得电流可以从阳极流到阴极。然而，当交流电 (AC) 正弦波穿过零点时（如图 A2 所示），SCR 中的“阀门”会自动关闭（断开）。此时，SCR 停止导电并暂时充当绝缘体，直到收到新的门极电压信号。在任何情况下，SCR 都不会允许反向电流从阴极流向阳极。那么，它如何“处理”AC 正弦波的正向和反向（正和负）半个周期呢？

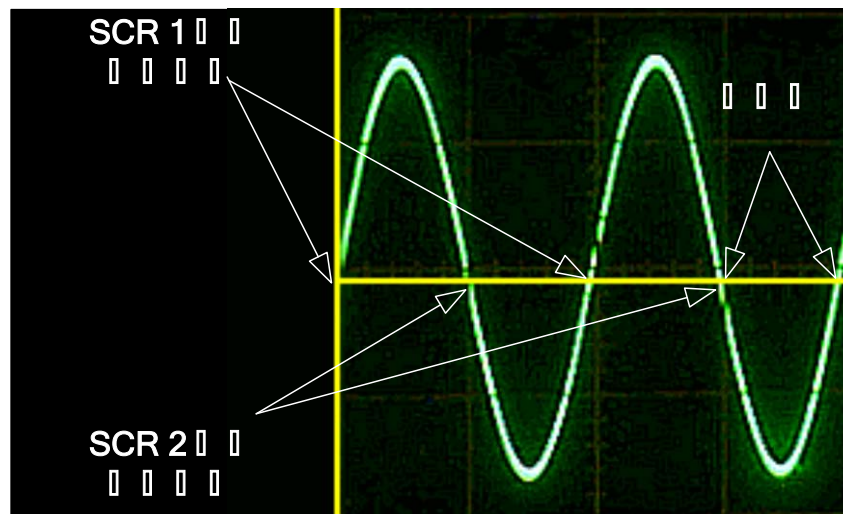


图 A2
正弦波

要导通整个正弦波只有一个方法，就是使用两个反向连接的 SCR，如图 A3 所示。现在，向 SCR 2 发送一个门极信号就可以导通图 A2 所示正弦波的下（负）半周。这意味着为了导通图 A2 所示的两个完整正弦波，需要在第一和第三个零点处触发 SCR 1 门极，而在第二和第四个零点处触发 SCR 2 门极。请注意，如果主电源线路满足要求，静态开关控制器必须以极快的速度

和极高的可靠性发送这些门极信号。因此，如果市电提供的交流电为 50 Hz（每秒钟 50 个正弦波），控制器每秒钟必须发出 100 个门极信号。而且这只针对于单相静态开关。静态转换开关几乎全是用于三相供电的，这就是说控制器每秒钟必须为每一相发送 100 个门极信号，那么每秒钟总共需要发出 300 个信号。

图 A3 只显示了静态转换开关的一相。这也就是说三相静态转换开关的首选和备用端分别由 3 对反向连接的 SCR 组成（每端 6 个 SCR，总共 12 个）。注：大容量转换开关会将前面所述的配置结构“堆叠”在一起，在同一个开关中包含数以百计的 SCR。

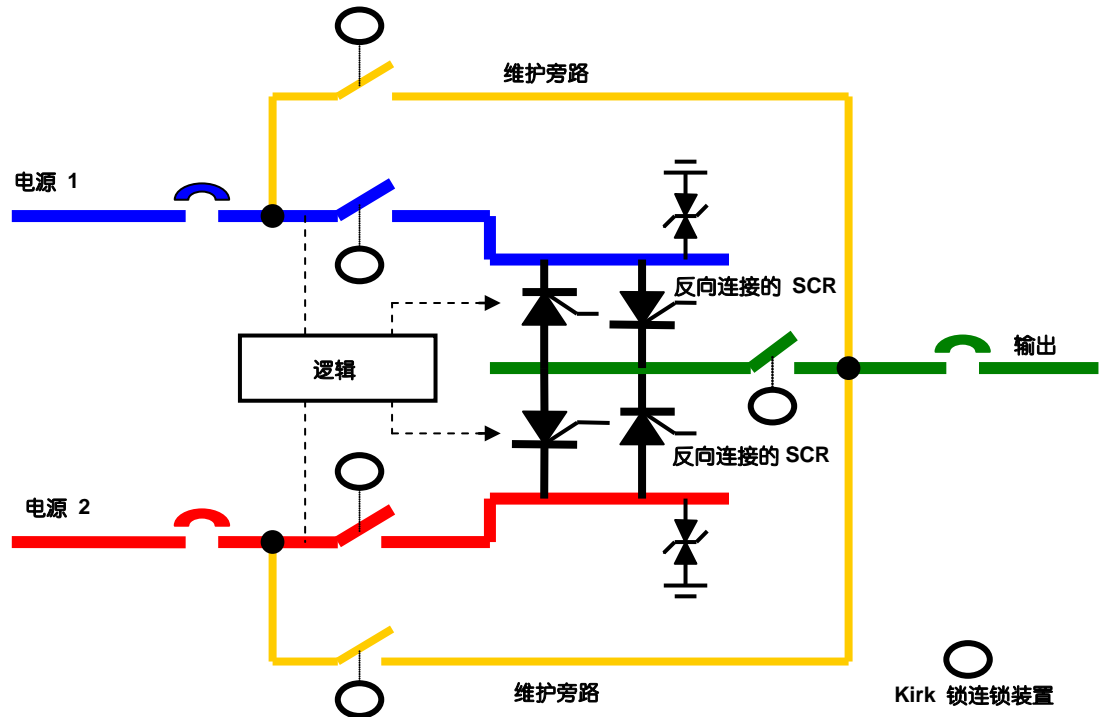


图 A3
单相静态开关

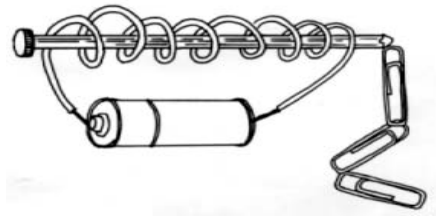
现在我们已经讲述了 SCR 及其控制器的原理，那么静态转换开关又是如何将电源最终从一个市电线路转换到另一个市电线路的呢？我们可以从 SCR 的工作原理中找到答案。请回忆如果门极触发 SCR，它就会连续导电直到正弦波到达零点。此时，如果主电源不能满足要求，转换开关控制器可能触发同一个 SCR 的门极或者触发备用端 SCR 的门极。SCR 必须在几微秒内做出这些决定，否则关键负载就会停用。与机架安装式转换开关不同，大型静态转换开关在做出这些决定时面临更大挑战。大型开关支持的负载更多，而且更有可能发生输出端短路。在输出端短路时进行电源转换可能导致灾难性后果，因为扰动会传播到稳定线路。因此，除了要做出所有这些决定外，大型开关必须首先确定是否出现短路，如果出现短路则应防止进行切换。

机电开关或自动转换开关 (ATS)：工作原理

与静态开关使用 SCR 相反，机电开关使用称为继电器的组件在首选和备用电源之间进行切换。继电器基于简单、经济的电磁铁操作。只要将导线缠绕在铁钉上并将导线两端连接到电池（如图 A4 所示），就可以制成最简单的电磁铁。将电池连接到导线时，会引起线圈中的电流流动，从而产生磁场。该磁场会磁化铁钉，这样就可以使用磁化的铁钉提起其他金属物体，如曲别针。电磁起重机就是利用这个原理从垃圾场中提起汽车的，只不过它们需要更多能量，而不是一小节电池。

图 A4

一个简单的电磁铁



那么电磁铁是如何使继电器在电源间切换呢？图 A5 直观地给出了此问题的答案。继电器包括两个电路：激励电路和触点电路。电磁铁在激励端，而继电器触点（C1 和 C2）在触点端。因为电磁铁在通电情况下会吸引金属，它被放置在衔铁附近。继电器中的衔铁就是在电源触点间进行转动切换的金属设备。对继电器通电时，其电磁力吸引并保持衔铁与接触点 C1 接触，这样就形成了闭合电路。然而，当电磁铁断电时，需要将衔铁切换到接触点 C2。在衔铁的另一端添加一个弹簧就可以实现此目的。现在，无论在任何情况下，衔铁总是和接触点 C1 或 C2 连接。

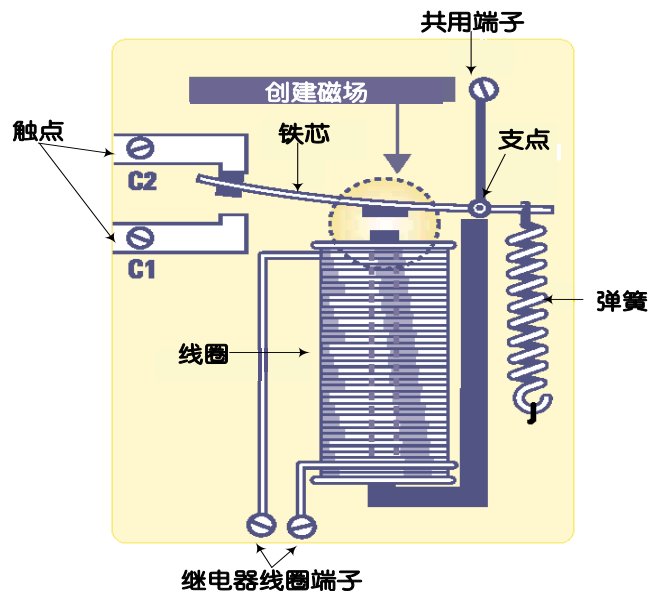


图 5A

机械继电器示意图

与静态开关类似，ATS 也需要使用控制器监视主电源和备用电源的输入功率。但是，控制器要简单得多，因为它们不用每秒钟发送数以百计的门极信号。控制器只需要监视主电源和备用电源的状态，并决定继电器通电和断电的时间就可以了。

附录 B

IT 设备和 AC 电源：开关式电源 (SMPS) 是如何工作的？

IT 设备在电源中断时如何继续工作呢？首先让我们看一下电力是如何产生的。电力通常以交流电 (AC) 形式传输，无论市电还是备用发电机。AC 电压在正负之间变换（理想状态为完美的正弦波），每个周期通过两次零电压。虽然肉眼可能注意不到灯泡的闪光，但是在电压穿过零点转变极性时，连接到市电的灯泡实际上每秒会闪烁 100 或 120 次（分别针对 50 或 60 周波的交流电）。在线路电压转变极性时 IT 设备是否同样会每秒“关闭”100 次（或更多）呢？很明显，此处存在一个 IT 设备必须解决的问题。实际上所有现代 IT 设备解决此问题的方法都是利用开关式电源 (SMPS)。SMPS 首先将包含所有非理想状态因素（电压尖峰脉冲、失真、频率变化等等）的 AC 电压转换为平稳的 DC（直流）电压。这个过程会对能量存储元件（称为电容）进行充电，电容位于 AC 输入和其他电源组件之间。该电容在正弦波到达或接近其峰值（正峰值和负峰值）时由 AC 输入进行充电（每个 AC 周波有两次脉冲），并且会在下游 IT 处理电路要求的任意值

进行放电。在电容的整个设计生命周期中，它旨在吸收这些正常 AC 脉冲以及异常电压尖峰脉冲。因此，与闪烁的灯泡不同，IT 设备运行在稳定的 DC 上，而不是运行在市电网络脉冲式的 AC 上。

讨论还远没有结束。微电子电路需要非常低的 DC 电压（3.3V，5V，12V 等），但是通过刚才提到的电容的电压高达 400V。SMPS 还会将这种高电压 DC 精密转换为低电压 DC 输出。

在此降压过程中，SMPS 会执行另一项重要的功能：提供电流隔离。电流隔离是物理地将电流隔离，以便实现两个目的。首要目的是安全 - 防止触电。第二个目的是防止设备受损，或防止由共模（接地）电压或噪音所导致的故障。有关接地和共模电压的信息，请参阅第 9 号白皮书《计算机的共模干扰》和第 21 号白皮书《零线的事实和神话》。

SMPS 使 AC 输入正弦波峰值之间的电压过渡变得平缓，并以同样的方式使 AC 供电异常和短暂中断时的电压变化变得平缓。这是一项对 IT 设备制造商非常重要的功能，因为制造商希望其设备即使在没有 UPS 的情况下也可以正常运行。如果电源的质量或性能使其不能经受微小的 AC 线路异常，IT 设备制造商就等于拿自己的声誉来冒险。对于更高级别的网络和计算设备更是如此，因此这种设备通常内置有更高质量的电源。为了说明这种承受能力，通常将计算机电源连接大容量负载，然后断开 AC 输入。监控电源的输出以确定在没有 AC 输入后可接受的输出电压可以继续提供多长时间。结果如图 B1 所示。显示的波形分别是电源的输入电压、输入电流和 DC 输出电压。

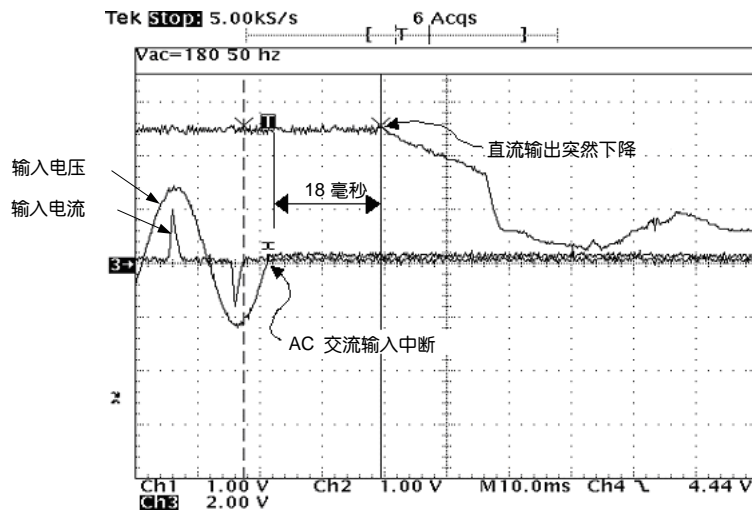


图 B1
电源承受能力曲线

移开 AC 后，承担大容量负载的计算机电源输出突然下降，但这发生在一段关键的延迟时间之后。

在移开输入电压之前，图 B1 中左侧的输入电压是正弦波。输入电流（平滑电压曲线下的尖峰脉冲轨迹）由输入电压正向峰值处的短脉冲和负向峰值处的另一短脉冲组成。只有在这些电流脉冲期间，SMPS 的电容才会进行充电。其余时间，来自电容的电源会为处理电路供电。图 B1 中的上部轨迹是 SMPS 输出的 DC 电压。请注意，输出电压还会在 AC 输入移开后的 18 毫秒内保持精确调控状态。施耐德电气已经对不同计算机和其他 IT 设备制造商的各种电源进行了测试，所得结果类似。电源连接小容量负载时，由于电容放电较慢，承受时间将会长得多。

资源链接
第 9 号白皮书
计算机的共模干扰

资源链接
第 21 号白皮书
零线的事实和神话