

高可靠度新型分散式 ATS

New Distributed ATS with High Reliability

林鸿杰, 詹健智

台达电子工业股份有限公司

Lin Hongjie, Zan Jianzhi

Delta Electronics Industry Co., Ltd

摘要: 由于科技的进步, 改变了人类的生活方式, 对于信息的储存、运算、传输的需求日益增加, 于是带动大型数据中心 (Data Center) 的建置需求, 而在数据中心的运行中, 最重要的要求是持续不间断的提供服务。要满足此要求, 最基本的便是稳定不间断的电源, 一旦电源中断, 所造成的经济损失将是非常可观。为了有持续不间断的电源, 除了不间断电源 (UPS) 系统外, 有时还会通过两路馈线, 提高电源系统的可靠度。此时, 最常使用的是自动切换开关 (ATS, Automatic Transfer Switch)。本文针对分散式 ATS 进行介绍, 并说明传统使用继电器之 ATS 应用, 在现今信息设备可能产生的问题, 提出相应的解决方案。

关键词: 分散式 ATS 数据中心 信息设备 不间断的电源 可靠度

Abstract: People's life is changed by the development of technology with an increasing demand for the storage, operation and transmission of information, leading to the construction requirement of large data center. As for the operation of data center, the most important is to provide service continuously. To meet the need, the most fundamental is the stable and uninterruptible power. That is to say, a power failure will causes great economic loss. Thus, apart from UPS, two feeders are used to enhance the reliability of power system. At this point, the most commonly used is ATS (Automatic Transfer Switch). This paper introduces the distributed ATS and explains the problems of ATS in traditional electric relays that might arise in modern information facilities. In addition, corresponding solutions are presented.

Key words: Distributed ATS, Data center, Information facilities, Uninterruptible power, Reliability

[中图分类号] TN86 [文献标识码] A 文章编号: 1561-0349 (2014) 12-0043-06

1 前言

本文所介绍之分散式 ATS, 是指直接和负载连接, 只提供关键负载使用。和接在电源侧的集中式 ATS 相比, 一般容量不大。此分散式 ATS 在电源系统的配置上, 一般是接近负载侧。本文将对 ATS 的功能与传统 ATS 的架构作说明, 介绍具有主动式功率因数 (PFC) 调整功能的电源供应器的特性, 以及使用硅控整流器 (SCR) 做为开关元件的新型分散式 ATS。

2 ATS 的功能说明

一个达到 TIA-942 Tier III 等级的数据中心, 其使用的信息设备必须为双电源输入设备 (Dual-powered equipment), 具备由两个独立电源系统供电的能力。然而, 具备此功能的设备本身须有特别设计的电源供应器, 不但成本昂贵, 选择不多,

不容易采购, 配线更是复杂。一般的解决对策是在信息设备前端加装 ATS, 可达到双回路供电的要求。此种 ATS, 一般直接和负载之信息设备相连, 将其称为分散式 ATS, 如图 1 所示。

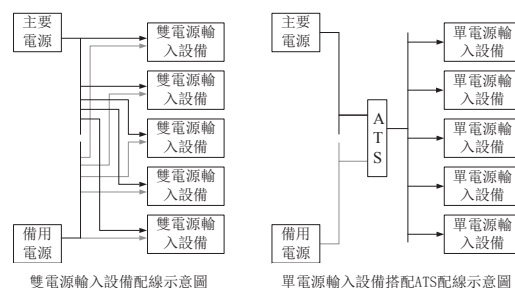


图 1 输入配电的形式

ATS 的主要功能,是将输出负载自动选择切换到可用之两路输入电源之一,避免单一电源失效所造成的断电问题。ATS 自动转接负载于两个独立电源之间,当主电源 (Primary Source) 异常,中断或电压超出设定范围,ATS 需能自动且立即转换至另一路电源 (备用电源, Secondary Source)。当主电源恢复正常,ATS 将在所设定的延迟时间内自动转换回主电源。为了提供最好的保护,一般两路电源皆采用在线式 (On Line) 不间断电源系统。然而 ATS 也可使用在一般市电或发电机的场所。

另一项最基本但是不可缺少的要求,是 ATS 的转换动作必须先断开后接合 (break-before-make)。供电的回路必须完全断开后相继供电的回路才能接合。此要求乃是防止两电源在转换过程中短路。若在转换过程中造成两输入电源短路,轻则造成 ATS 因短路大电流而损坏,ATS 输出所接负载设备因此断电。重则造成两路电源损坏或上游的断路器开路,影响更多其他设备的运转。

3 传统 ATS

传统的 ATS,是使用继电器做为转换开关元件 (如图 2)。其优点是架构简单,且天生具有先断开后接合的特性。

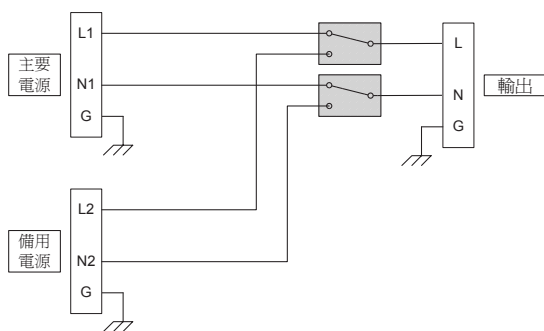


图 2 使用继电器做为开关元件的传统 ATS 线路架构

但使用继电器,除了寿命受限于继电器的切换次数外,还有以下问题需要进行探讨。

(1) 电弧 (Arc)

继电器在打开或闭合时,在接点非常靠近但未接合时会产生电弧,此现象会使继电器的接点碳化。多次切换后,会造成积碳,降低继电器的接点导电性,使回路阻抗加大,输出电压因而下降。此时 ATS 可通过监视输出电压是否异常,而主动切换至另一供电回路,确保负载不断电,并同时送出 ATS 故障信号。

当电弧严重时,也可能造成继电器的接点熔接在一起,此时 ATS 无法切换至另一供电回路。若 ATS 无法侦测到此种失效模式,则当接点熔接回路的输入电源断电时,就会造成负载断电。若此时又进行切换,则会造成两输入电源的短路。

为避免继电器因电弧产生失效,一般的做法为零电流切

换,减少电弧的能量,不会对继电器接点产生重大的损伤。

(2) 弹跳 (Bounce):

当继电器接点闭合时,弹臂与接点会造成弹跳,使得输出电压闪烁,不只是容易造成受保护设备误动作,其所产生的高频噪声也常干扰其他邻近设备,使其误动作。一般可通过加入滤波线路 (如电容),改善继电器切换时因弹跳造成的问题。

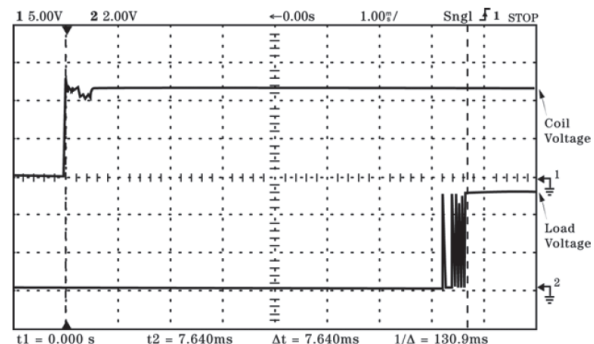


图 3 继电器弹跳波形图^[2]

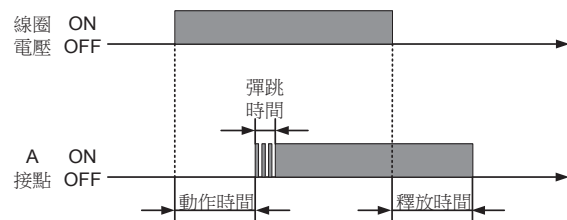


图 4 继电器开关时序图

根据以上继电器的特性,为避免传统 ATS 失效故障,最重要是避免大电流进行切换,产生过大电弧,造成继电器接点损坏。

传统的电源供应器,前级为桥式整流器配合大型滤波电容,其电流波形不连续,脉冲电流出现在电压峰值处 (如图 5),对于使用继电器作为转换开关元件的 ATS,继电器关断的作会因为零电流的时段,不会造成接点损伤。

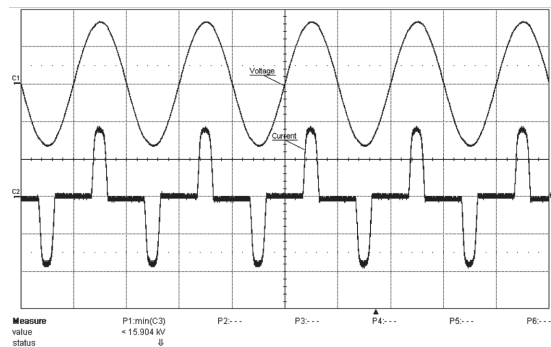


图 5 传统电源供应器的输入电流波形

注: C1: 输入电压 100V/div; C2: 输入电流 20A/div; Time/Division 10ms/div

传统的电源供应器输入端对电源系统相对是被动式负载。当 ATS 作转换时所造成电压瞬断，对此种线路不会产生大电流（如图 6），只有对电源供应器内部电解电容充电所产生的瞬时电流，继电器接通瞬间不会有持续大电流而导致接点熔接损坏。

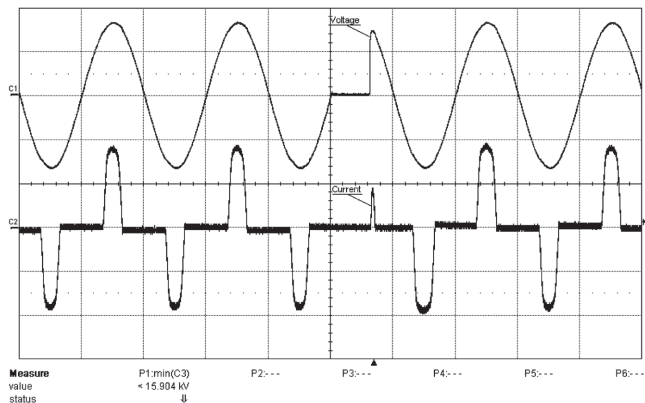


图 6 传统电源供应器输入电压瞬断所产生电流波形

注：C1: 输入电压 100V/div ;C2: 输入电流 20A/div; Time/Division 10ms/div

由于以上传统电源供应器的特性，使用继电器作为转换开关元件的传统 ATS，在应用上不会有太大的问题。但是，传统的电源供应器，因其输入电流谐波过大，造成过大的无功使其功率因数过低。此种电源供应器会造成电力系统不必要的负担，世界各国已通过法规，限制此种电流供应器的使用。尤其是信息设备，已不再使用此种电流供应器，而改用具有功率因数调整的电流供应器。

4 主动式功率因数调整电源供应器的特性

功率因数 (PF, Power Factor)，是指有效功率与视在功率的比值。低功率因数的设备，其输入电流会因为额外的无功电流，会比高功率因数设备的输入电流大。但此无功电流并没有实际对负载产生贡献，而是产生在电力系统和负载间无效的损耗。为了提供此无功电流，电力系统的容量必须增加，如较大的配电缆线，较大的 UPS 或发电机等，这都大幅度提高投资成本。藉由提高功率因数来减少无功电流，节省能源，降低电力系统所需容量便可大幅降低成本。于是，输入功率因数的要求对使用大量信息设备的大型数据中心，成为最基本需求。具有主动式功率因数调整线路，是满足此需求的最佳方案。从图 7 可看出，此线路可以大幅改善输入电流，使得电源供应器输入端的特性对电源系统来看，就如同是 1 个纯电阻，不但功率因数可以达到 0.99，对于输入电压范围也大大提升，而达到全区域 (Full Range)，对于日益增大的功率需求，也可以轻易满足。

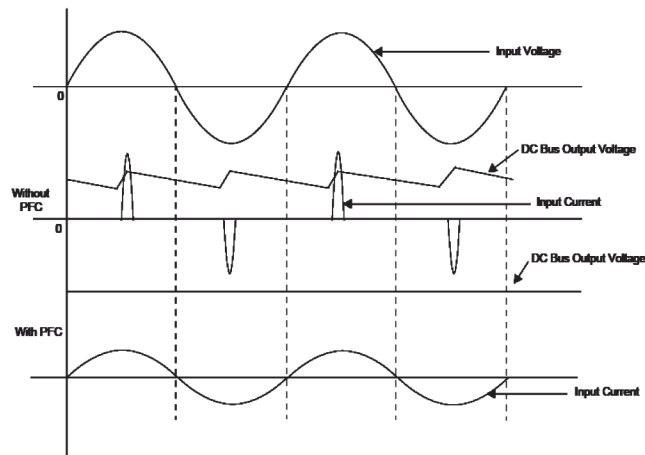


图 7 传统的电源供应器与主动式 PFC 电源供应器输入电流比较^[1]

具有主动式 PFC 线路的电源供应器，为了达到高性能的要求，一般都采用平均电流模式控制法。当输入电压瞬断，在恢复瞬间常造成大电流，此电流往往是额定工作电流峰值的数倍之多。图 8 是输入电压瞬断时所量测到的电流波形，从图中可得知，正常工作电流峰值只有 3.9A，但是当输入电压回复后将产生 29.3A 的大电流。

当 ATS 进行转换时，因为需要达到先断开后接合的要求，一定会在输出产生电压瞬断。这是由于 ATS 转换造成的电压瞬断，等同对主动式功率因数调整电源供应器输入产生电压瞬断，会产生如上述的大电流。若 ATS 使用继电器做为切换开关，且若此大电流发生于继电器闭合瞬间，在这状况下继电器接点便容易因过大的电弧熔接在一起，造成 ATS 故障失效。

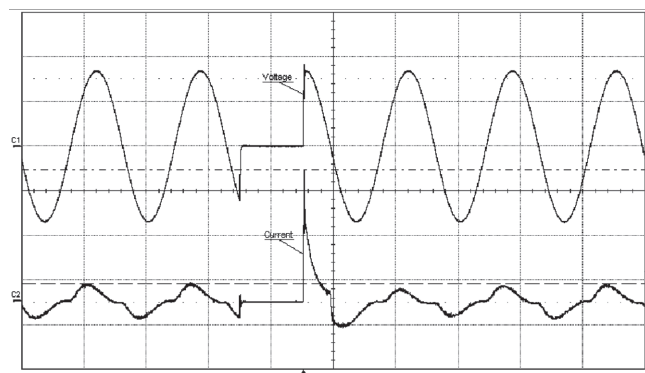
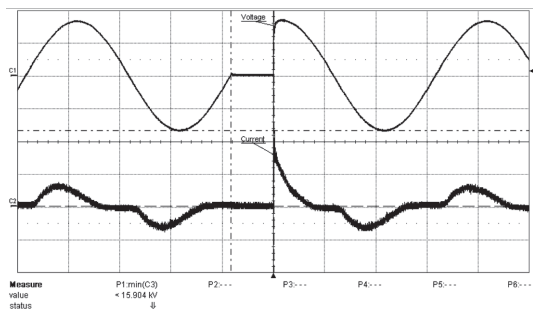


图 8 具有主动式 PFC 线路的电源供应器输入电压瞬断所产生电流波形

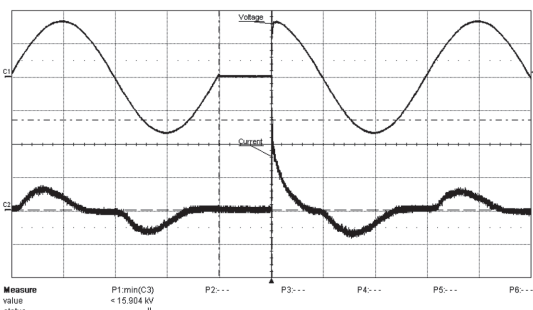
注：C1: 输入电压 100V/div ;C2: 输入电流 10A/div; Time/Division 10ms/div

另一个影响此电流大小的因素是电压瞬断的时间长短，亦即 ATS 的转换时间。

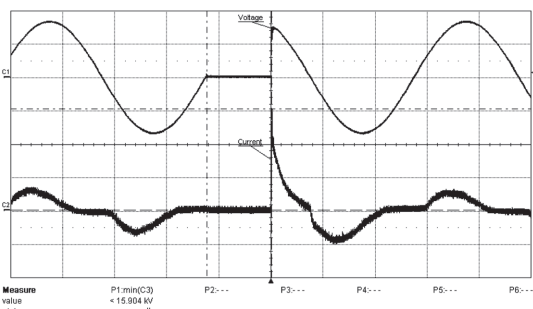
从下面的实验波形可得知，转换时间对具有主动式功率因数调整电源供应器的影响。转换时间越长，产生的涌入电流越大，越会使继电器造成损坏。而使用继电器作为转换开关的 ATS，因继电器需要动作时间，转换时间较长，会使得情况更加严重。



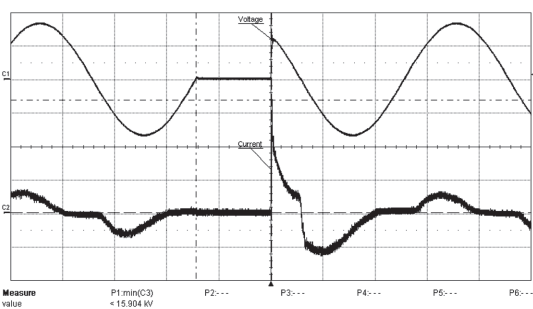
(a)



(b)



(c)



(d)

图9 具有主动式 PFC 线路的电源供应器不同转换时间的输入电压瞬断所产生电流波形：(a) 转换时间 4ms，最小电流 11.55A；(b) 转换时间 5ms，最小电流 3.45A；(c) 转换时间 6ms，最小电流 5.20A；(d) 转换时间 7ms，最小电流 6.75A。

注：C1: 输入电压 100V/div ;C2: 输入电流 5A/div; Time/Division 5ms/div

5 使用硅控整流器 (SCR) 作为开关元件的新型 ATS

为了解决传统 ATS 使用继电器作为开关元件可能造成的问题，使用 SCR 来取代继电器做为开关元件，是最佳解决对策，具有以下特点。

① SCR 在使用上并无电弧损坏接点的缺点，在使用寿命远远超过继电器。使用 SCR 取代继电器作为转换开关，可以大大提高 ATS 的寿命。

② SCR 进行切换时，不会造成如继电器的弹跳现象，不会产生高频噪声而干扰其他邻近设备。

③ SCR 相较于其他半导体开关元件，能够承受较高的电压及有较大的浪涌电流规格，可靠度相较于其他功率元件高，非常适合使用在 ATS 上。

图 10 是使用 SCR 作为开关元件的新型 ATS 线路架构，同时，利用 SCR 与继电器的优点来搭配使用。其主开关动作皆由输出 SCR 完成，而并联输出继电器主要是利用其较低的导通阻抗，来降低 SCR 的导通损耗，将整机的损耗降至最低。如此不但可以提高效率，也避免因需使用风扇散热而降低 ATS 的可靠度。

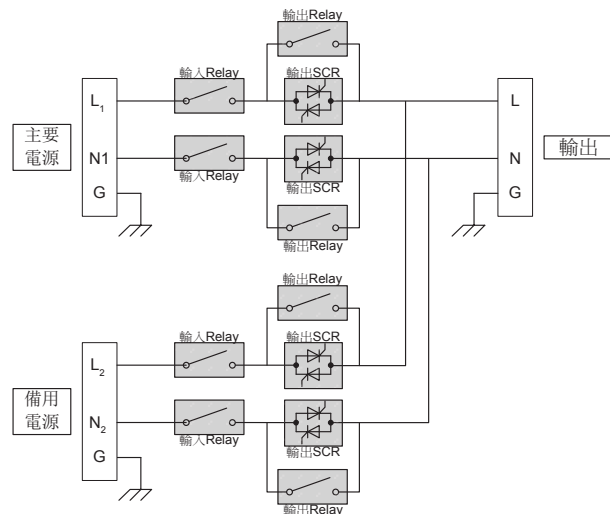


图 10 使用 SCR 做为开关元件的新型 ATS 线路架构

当主电源与备用电源皆正常时，ATS 保持主电源输出，备用电源输入继电器导通，让备用电源保持待命 (Standby)。此时，主电源电路路径如图 11 所示，经由主电源输入继电器、

主电源输出继电器而输出给受保护设备。此时备用电源接续供电的时间(转换时间),为侦测时间加上SCR导通(Turn on)的时间。一旦程序侦测到主要电源断电,备用电源即可马上供电,与继电器相比,少了继电器的动作时间,于是可以大大缩短转换时间。

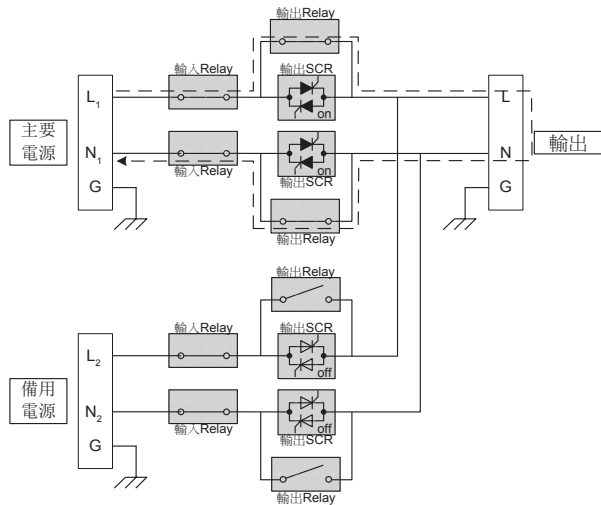


图 11 主电源输出时的电流路径

当主要电源电压不足(Brownout)时,转换的动作如下所述。

(1) 步骤一

断开主电源输出继电器,输出电流由主电源输出SCR接续输出;此时主电源输出SCR维持导通,主电源输出继电器两端无电压差,继电器断开时不会产生电弧,可以安全可靠的断开,不会造成继电器寿命的减少。

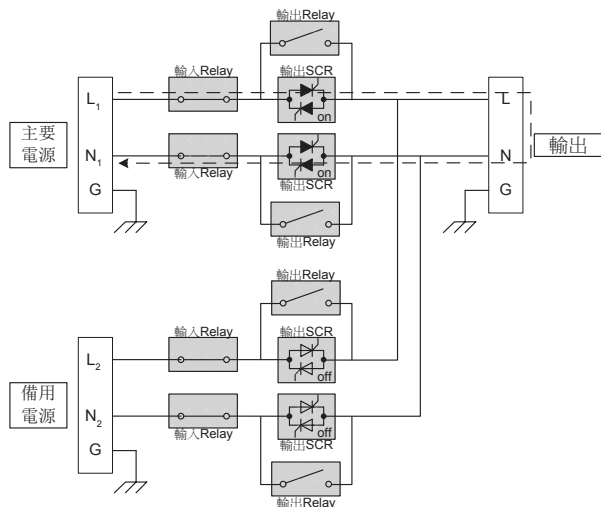


图 12 主电源输出继电器断开后的电流路径

(2) 步骤二

关断主电源输出SCR,接着断开主要电源输入继电器,输出电流完全中断,受保护设备需承受短暂断电。关断的动

作由SCR完成,当SCR完成关断的动作后继电器再关断,此时继电器可以安全可靠的断开,不影响其寿命。

(3) 步骤三

启动备用电源输出SCR,重新提供输出电流,受保护设备重新获得供电。此时备用电源输入继电器已在导通状态,开关动作由SCR完成,继电器不会产生电弧及弹跳的现象,对继电器的寿命几乎无影响。

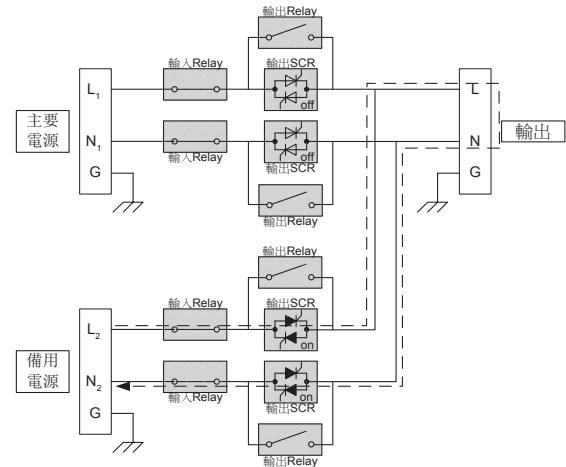


图 13 备用电源输出继电器断开后的电流路径

(4) 步骤四

启动备用电源输出继电器,输出电流转移至备用电源输出继电器,此时备用电源输出继电器两端无电压差,继电器接合时不会产生电弧,可以安全可靠的接合,不会造成继电器寿命的减少。

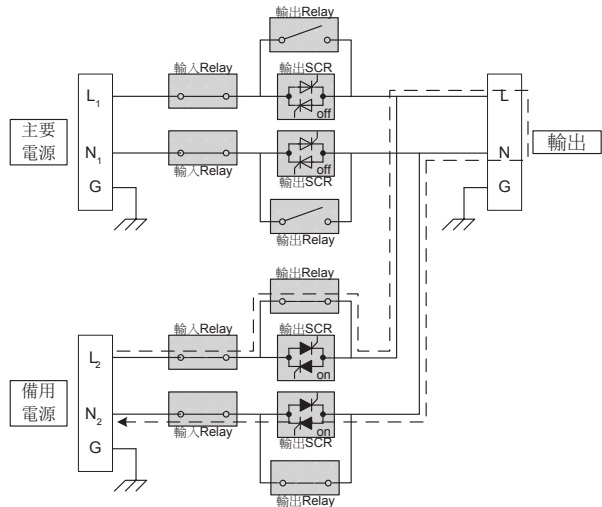


图 14 备用电源输出继电器闭合后的电流路径

由以上的切换动作说明,所有的继电器皆是在无电流下进行切换,可有效地减少电弧的产生,避免继电器接点的损伤。使用SCR进行主要的切换开关,可以耐受主动功率因数调整电流供应器因ATS切换的转换时间所造成的大电流。此新型

(下转第 34 页)