

电感性负载的过电流断路器测试

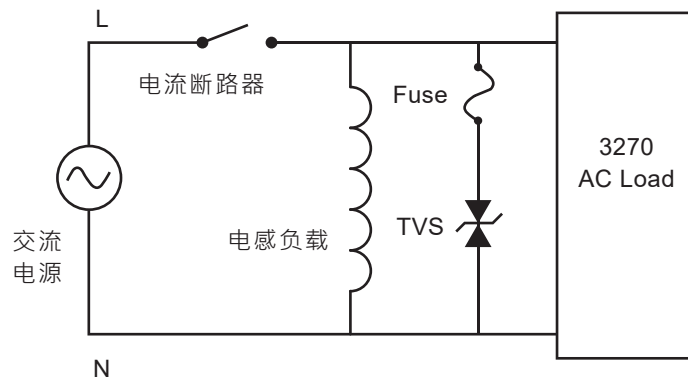
交流电路从电源到负载端有控制启动/关闭的开关 (Switch或Relay) 或半导体固态开关 (Solid State Relay) ，电流保护装置如保险丝 (Fuse) ，电流断路器 (Circuit Breaker) ，再到负载装置。

本文介绍使用3270系列交流电子负载来模拟电路上负载装置的电流 (含启动时暂态及运行中稳态) 来测试验证，特别是电路上包含有电感器负载时的开关及电流断路等元件，如上述的Switch, Relay, Fuse, Breaker等。

交流电路中的负载类型有电阻性负载、电感性负载、电容性负载及整流性负载，其中**阻性负载**如电热器装置等，**整流性负载**则普遍存在于电子产品上，电子产品都使用二极管整流后电容器滤波再经变压器转换电路后提供电子产品所需的直流电源，有使用二极管及电容器的整流滤波电路就是整流性负载，当电压是50/60Hz的弦波时，电阻电感电容等负载的电流波形也是弦波波形，整流性负载其电流波形是大约与电压同相位的脉冲式波形。

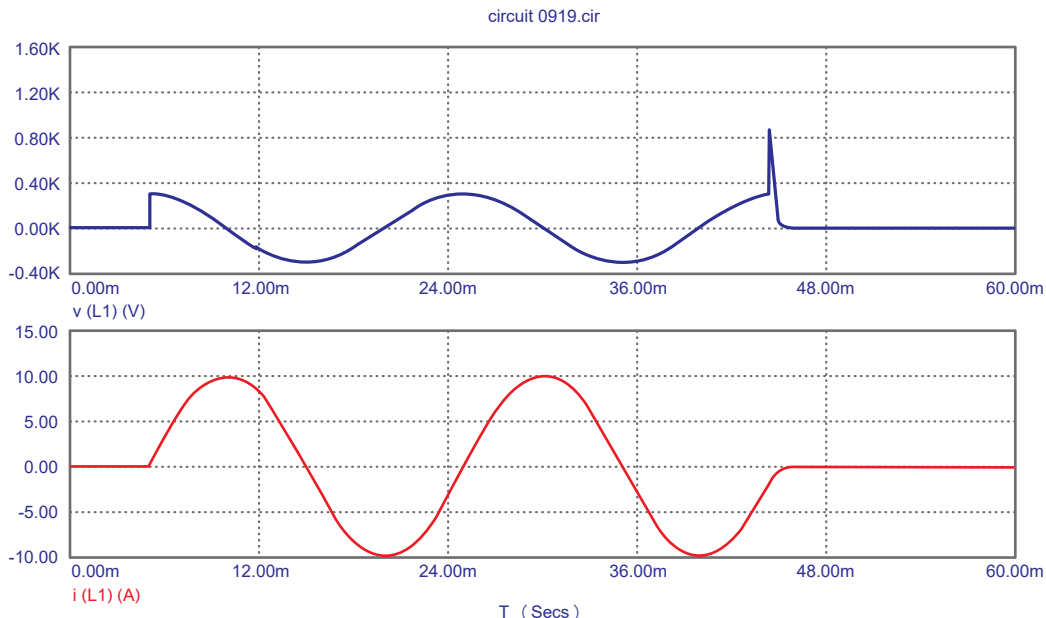
感性负载如马达、压缩机等其功率因数低于1，电流相位落后电压，电感性负载若运作中突然供电中断或电流断路器动作，就可能在电感负载上产生反电势电压，若3270 AC Load也并联在电感负载上就可能受电感上的反电动势电压超过3270 AC Load内部功率元件的额定电压而损坏。

反电动势电压随电感负载的L和 di/dt 的乘积而变化，又 di/dt 会随交流电源的弦波角度变化，因此在不同弦波角度供电中断所产生的反电动势电压会不相同，通常为电源电压的1~2倍，这样和电源电压叠加后就会有高达三倍的电源电压。

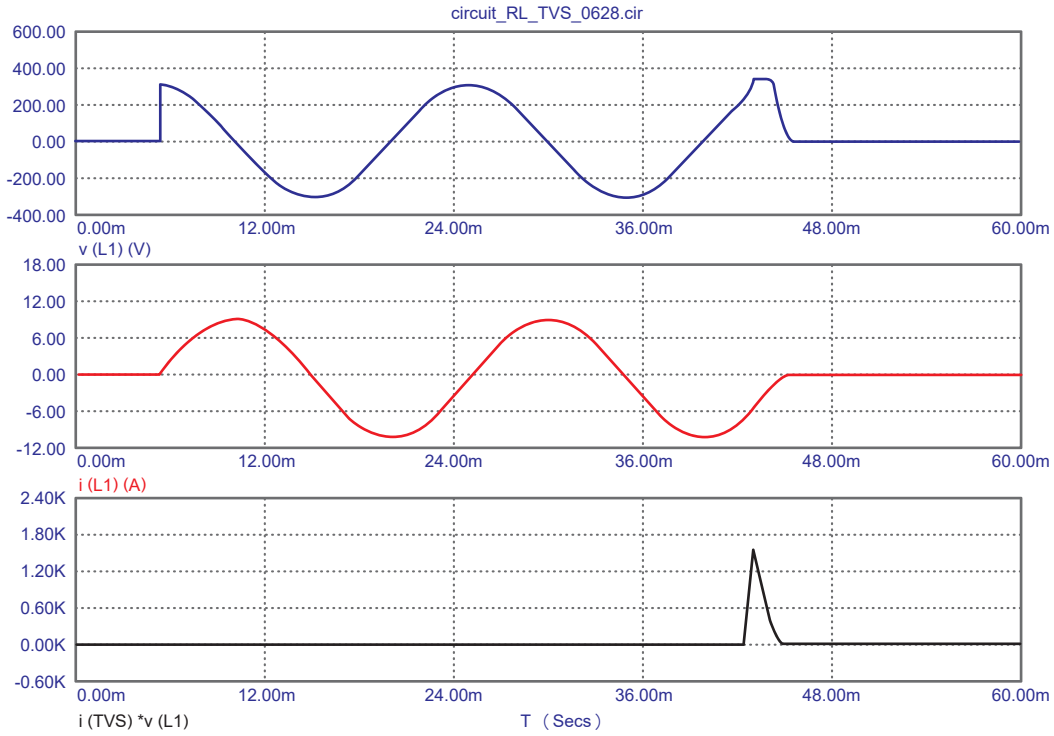


3270与电感负载连接需增加TVS来限制电感的反电动势电压

下图上方波形为电感器负载的电压，下方为电感电流，在约42.5mS处电感电流突然中断，导致在电感负载上产生突波电压。



因此当3270 Series AC Load 连接电感元件时或变压器时就必需增加TVS元件并联于负载输入端来限制L di/dt的高电压，避免超过内部MOSFET的额定电压造成损坏故障，如下图反电动势电压被TVS限制。

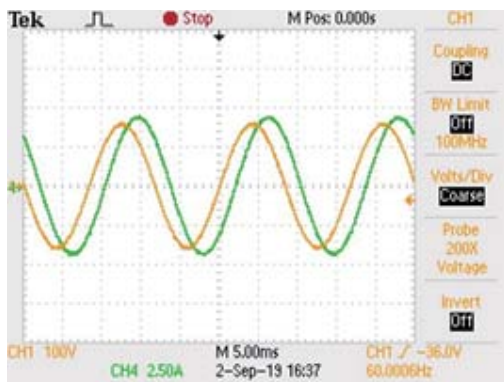


交流电压=200V 50Hz，电感负载=100mH，3270为500Ω，Tvs为30KPA288CA

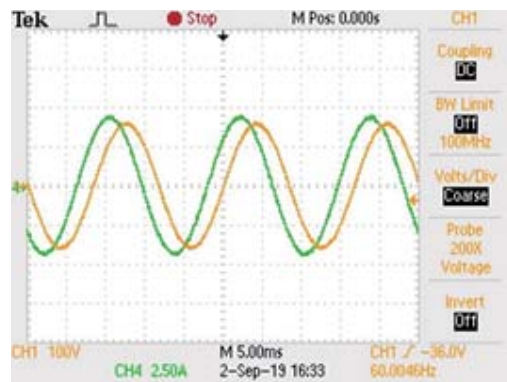
储存在电感的能量（焦耳）为 $1/2Li^2$ 会产生短期间的瞬间功率（Energy = power x time）的电能，反电动势电压通常可以使用电压保护元件来限制，例如TVS或MOV来避免电压超过电子负载的最高额定电压，保护电子负载的MOSFET功率元件，TVS也需要选用足够功率的规格。

上图的下方为TVS的消耗能量，功率1.5KW 时间约2mS。

另一款3282交流电子负载除了可以模拟3270系列的阻性负载，整流性负载外，还可以模拟电感性、电容性负载及电感+电阻及电容+电阻的组合式负载。



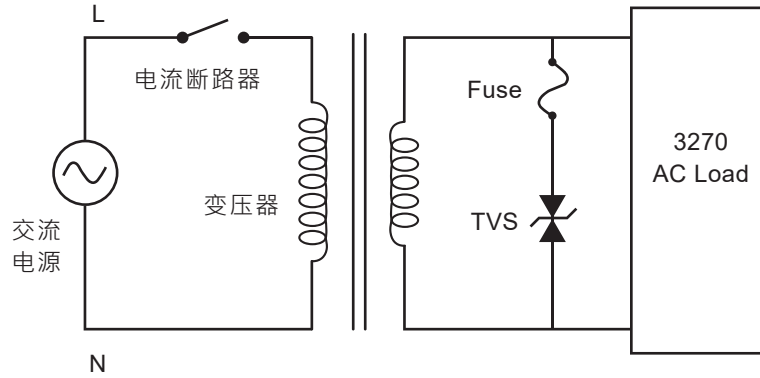
电感性负载波形图 (PF 0.7)



电容性负载波形图 (PF 0.7)

电感性负载时，为防止电感负载于突然电流中断所产生的反电动势，应该于电子负载输入端限制反电动势的电压低于电子负载内的MOSFET功率元件的电压额定值以内，3270系列及3282为900Vpeak，应该额外加上TVS或MOV。

具有电感特性的变压器也需要连接TVS，如下图所示。

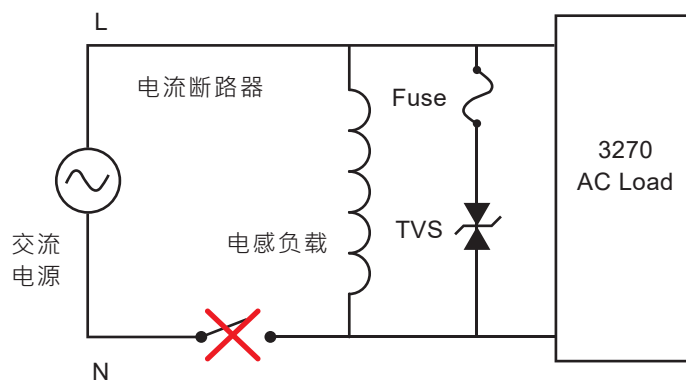


3270与变压器连接

电压限制元件包含 Metal oxide varistors (MOVs)、 Zener diodes 和 TVS 都是一般常用的电压钳位装置。Zener and TVS 二极管有相同的电气特性，Zener二极管是被用来设计来调节相对稳定的电压，TVS则是用来对暂态突波电压的钳位，通常TVS二极管比Zener具有吸收高能量，在崩溃电压之下 (Breakdown voltage V_{br}) 为高阻抗，在崩溃电压 V_{br} 之上为可变阻抗来控制维持一个固定的钳位电压 (clamping voltage V_c) 。

TVS 选择指引：

1. TVS的工作电压需大于交流电子负载的额定电压350Vrms 或依使用电源的电压240Vrms，在额定电压内TVS是不动作，只有在超过所设定额定电压后 TVS才会动作，消耗高于TVS电压的能量。
2. TVS的钳位电压需低于被保护电路MOSFET的最高电压900Vpeak。
3. 直流电路选用单向TVS, 交流电路选用双向TVS。
4. 选择有足够吸收突波能量的TVS装置元件。
5. TVS元件的突波能量会随温度上升而下降。



电流断路器应置于L端

连接电流或开关元件时，应该连接于Line端，也就是连接在交流电子负载的Line input端，当开关元件动作时回路会断开，避免AC Load 的输入端与机壳接地之间断开，所以应该将输入电源的Neutral端与AC Load负载输入的Neutral端相连接，如上图所示。