

電感性負載的過電流斷路器測試

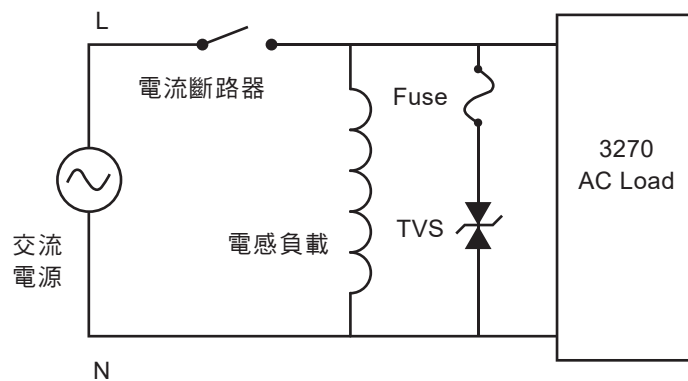
交流電路從電源到負載端有控制啟動/關閉的開關（Switch或Relay）或半導體固態開關（Solid State Relay），電流保護裝置如保險絲（Fuse），電流斷路器（Circuit Breaker），再到負載裝置。

本文介紹使用3270系列交流電子負載來模擬電路上負載裝置的電流（含啟動時暫態及運行中穩態）來測試驗證，特別是電路上包含有電感器負載時的開關及電流斷路等元件，如上述的Switch, Relay, Fuse, Breaker等。

交流電路中的負載類型有電阻性負載、電感性負載、電容性負載及整流性負載，其中**阻性負載**如電熱器裝置等，**整流性負載**則普遍存在於電子產品上，電子產品都使用二極體整流後電容器濾波再經變壓器轉換電路後提供電子產品所需的直流電源，有使用二極體及電容器的整流濾波電路就是整流性負載，當電壓是50/60Hz的弦波時，電阻電感電容等負載的電流波形也是弦波波形，整流性負載其電流波形是大約與電壓同相位的脈衝式波形。

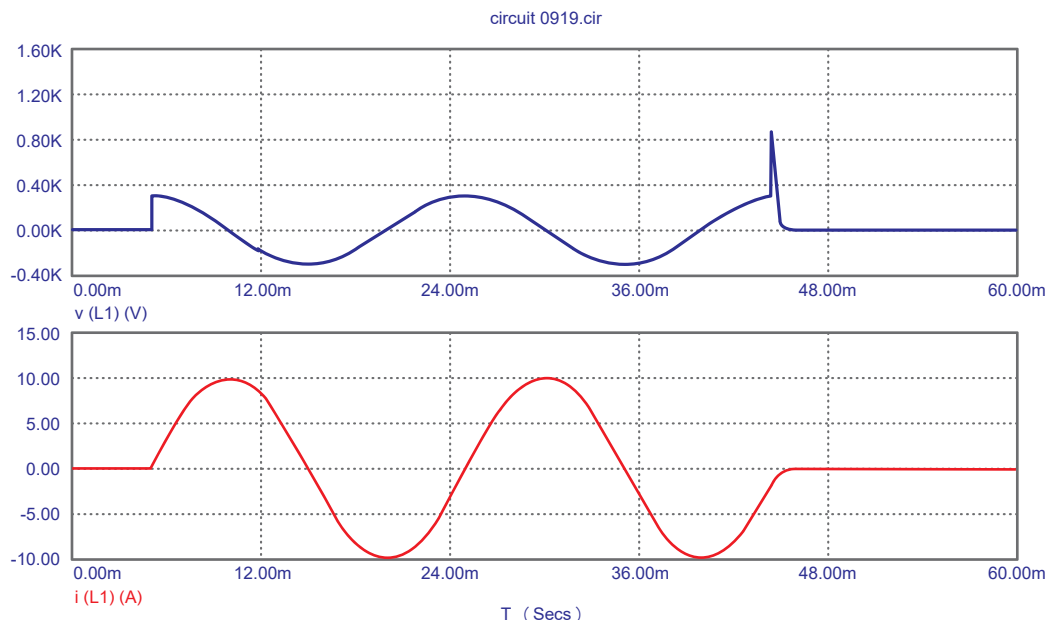
感性負載如馬達、壓縮機等其功率因數低於1，電流相位落後電壓，電感性負載若運作中突然供電中斷或電流斷路器動作，就可能在電感負載上產生反電勢電壓，若3270 AC Load也並聯在電感負載上就可能受電感上的反電動勢電壓超過3270 AC Load內部功率元件的額定電壓而損壞。

反電動勢電壓隨電感負載的L和 di/dt 的乘積而變化，又 di/dt 會隨交流電源的弦波角度變化，因此在不同弦波角度供電中斷所產生的反電動勢電壓會不相同，通常為電源電壓的1~2倍，這樣和電源電壓疊加後就會有高達三倍的電源電壓。

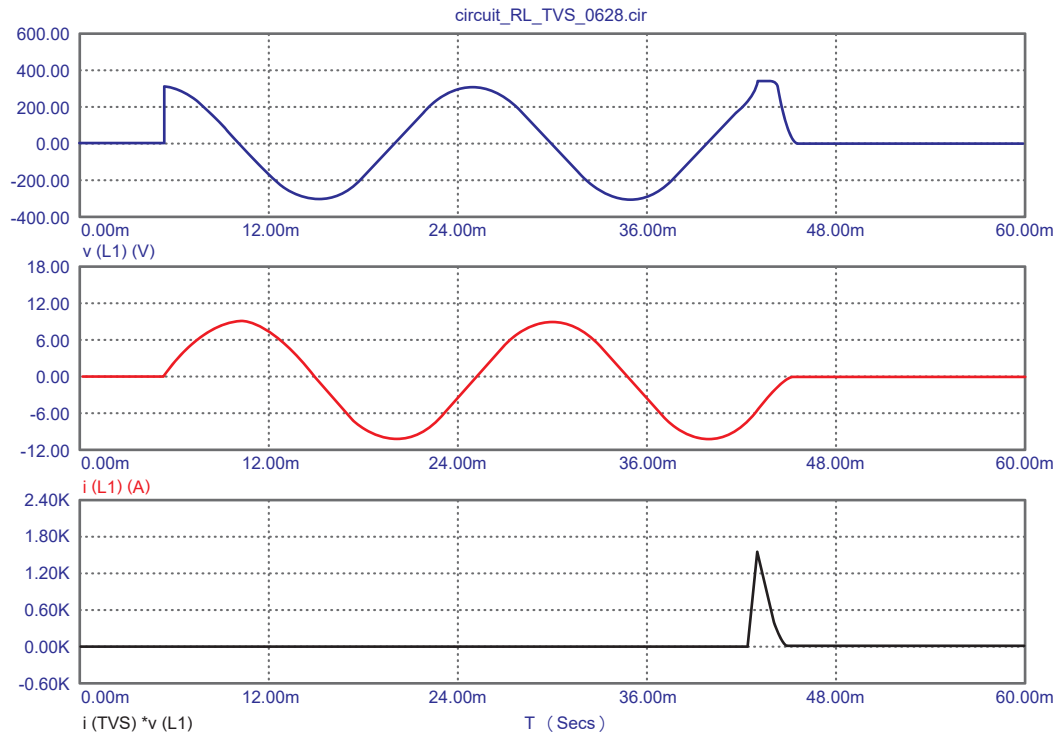


3270與電感負載連接需增加TVS來限制電感的反電動勢電壓

下圖上方波形為電感器負載的電壓，下方為電感電流，在約42.5mS處電感電流突然中斷，導致在電感負載上產生突波電壓。



因此當3270 Series AC Load 連接電感元件時或變壓器時就必需增加TVS元件併聯於負載輸入端來限制 $L di/dt$ 的高電壓，避免超過內部MOSFET的額定電壓造成損壞故障，如下圖反電動勢電壓被TVS限制。

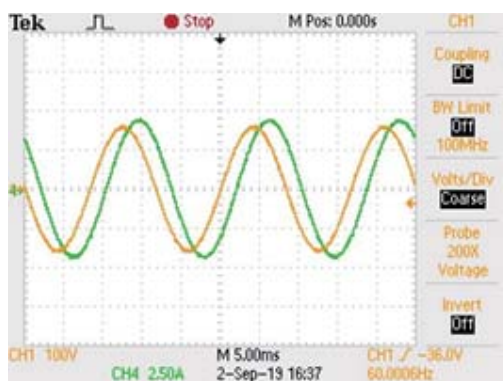


交流電壓=200V 50Hz，電感負載=100mH，3270為500Ω，Tvs為30KPA288CA

儲存在電感的能量（焦耳）為 $1/2 Li^2$ 會產生短期間的瞬間功率（Energy = power x time）的電能，反電動勢電壓通常可以使用電壓保護元件來限制，例如TVS或MOV來避免電壓超過電子負載的最高額定電壓，保護電子負載的MOSFET功率元件，TVS也需要選用足夠功率的規格。

上圖的下方為TVS的消耗能量，功率1.5KW 時間約2mS。

另一款3282交流電子負載除了可以模擬3270系列的阻性負載，整流性負載外，還可以模擬電感性、電容性負載及電感+電阻及電容+電阻的組合式負載。



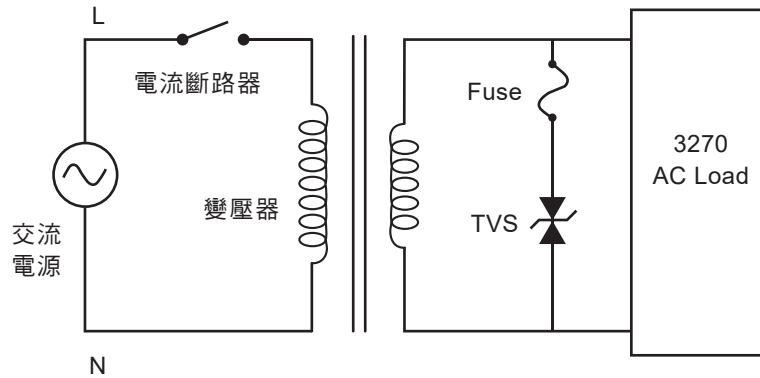
電感性負載波形圖（PF 0.7）



電容性負載波形圖（PF 0.7）

電感性負載時，為防止電感負載於突然電流中斷所產生的反電動勢，應該於電子負載輸入端限制反電動勢的電壓低於電子負載內的MOSFET功率元件的電壓額定值以內，3270系列及3282為900Vpeak，應該額外加上TVS或MOV。

具有電感特性的變壓器也需要連接TVS，如下圖所示。

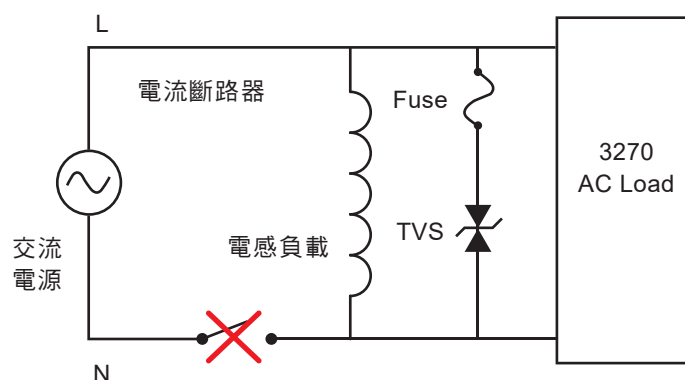


3270與變壓器連接

電壓限制元件包含 Metal oxide varistors (MOVs)、Zener diodes 和 TVS 都是一般常用的電壓箝位裝置。Zener and TVS 二極體有相同的電氣特性，Zener二極體是被用來設計來調節相對穩定的電壓，TVS則是用來對暫態突波電壓的箝位，通常TVS二極體比Zener具有吸收高峰值能量，在崩潰電壓之下（Breakdown voltage V_{br} ）為高阻抗，在崩潰電壓 V_{br} 之上為可變阻抗來控制維持一個固定的箝位電壓（clamping voltage V_c ）。

TVS 選擇指引：

1. TVS的工作電壓需大於交流電子負載的額定電壓350Vrms 或依使用電源的電壓240Vrms，在額定電壓內TVS是不動作，只有在超過所設定額定電壓後 TVS才會動作，消耗高於TVS電壓的能量。
2. TVS的箝位電壓需低於被保護電路MOSFET的最高電壓900Vpeak。
3. 直流電路選用單向TVS, 交流電路選用雙向TVS。
4. 選擇有足夠吸收突波能量的TVS裝置元件。
5. TVS元件的突波能量會隨溫度上升而下降。



電流斷路器應置於L端

連接電流或開關元件時，應該連接於Line端，也就是連接在交流電子負載的Line input端，當開關元件動作時迴路會斷開，避免AC Load 的輸入端與機殼接地之間斷開，所以應該將輸入電源的Neutral端與AC Load負載輸入的Neutral端相連接，如上圖所示。