

# 傑克電機股份有限公司

## 密封型桿上變壓器之油浸式全域型限流熔絲開發

### 計畫執行目標

本計畫執行目標為密封型桿上變壓器之油浸式全域型限流熔絲，本計畫所開發之新產品完全符合原有目標。油浸式全域型限流熔絲為電力熔絲中範圍最廣，技術層次最高的一種熔絲，運轉溫度高，長期浸於140°C絕緣油中，熔體結構有純銀熔體與低熔點低過載熔體兩段。因此本案開發完成後可掌握各種型式之電力熔絲之生產製造技術，生產各型電力熔絲，並擠入國際電力熔絲大廠之行列。應用於國產配電變壓器可成為具保護能力的智慧型變壓器，提升國產變壓器之附加價值。

### 新產品簡介

本產品名稱為：1Φ 8.3kV，20A/40A/40A 變壓器用油浸式全域型限流熔絲，目前國內所使用之密封型桿上變壓器之油浸式全域型限流熔絲均為美國進口，並與油遮斷開關及油浸式避雷器搭配銷售，亦即密封型桿上變壓器之油浸式遮斷開關、油浸式全域型限流熔絲需成套向美方購買才可能買得到，導致此項產品完全為賣方市場，價格昂貴，相對使得國產變壓器的成本居高不下。

工程規格：

適用變壓器容量	1Φ 25 kVA	1Φ 50 kVA	1Φ 100 kVA
額定電壓	8.3 kV		
額定電流(A)	20	40	40
BIL(kV)	95		
交流耐壓(kV)	35kV，1分鐘		
啓斷電流(kA)	50		
運轉溫度	0~140°C		

### 計畫創新重點

1. 熔體設計與製作：電力熔絲之核心技術在於熔體通過電流時所產出之熱量與熔體之熱量經由填充之矽砂或熔體傳導至端頭之散熱能力來決定其額定電流，稱為電流時間特性曲線，在額定電流以下電力熔絲不可以熔斷，在額定電流之1.2倍時稱之為 $I_2$ ，需在1小時後熔斷。在 $I_1$ (50kA)時需能在數個ms內啓斷，在 $I_2$ 時(最大電弧能量)且需控制起弧時之電工角度與暫態恢復電壓(TRV)，全域型電力熔絲之電流範圍很廣，對熔體之熱傳導均已完成精確模型與計算。
2. 雲母支架製作：雲母支架係用以支撐熔體，其間隔與熔體之長度及電力熔絲之額定電壓有密切關聯。
3. 玻璃纖維管：玻璃纖維管為熔絲之外殼，需有足夠

之強度以承受熔絲熔斷時之電弧能量與溫度。

4. 矽砂篩選與裝填：矽砂為熔體冷卻之媒介，矽砂溶解時會吸收大量的熱量，並將熱量傳導致外殼。
5. 試驗與修正：所有電力產品均需經由試驗驗證其可行性。本計畫將發大量時間於試驗上。

### 公司研究發展能量及研究發展制度之效益說明

本公司為求永續發展不斷追求研發與創新，但對研發團隊的管理與能量與發展制度則仍有不足之處，藉由本次研發案使本公司與學術研究機構建立良好之溝通管道，並建立研發人員撰寫試驗紀錄簿使第一手資料得以保存，對未來申請專利與經言之傳承有良好示範，未來本公司亦會依本計畫辦法管控專題研發。

### 人才培訓及運用效益

預估經此研究計畫後本公司對未來的研發將更具信心。本公司工程師與技術人員原對電力熔絲之研發與製作不十分了解，過去在熔絲鏈開關上雖有接觸，但因規格不同，使用目的不同所以製造技術亦完全不同，經此開發計畫後本公司之工程師已具備電力熔絲之設計、製造經驗。

### 產學研各界之技術移轉及合作效益說明

台灣科技大學電力研究中心擁有陣容強大的電力科技研究團隊，為國內電力科技發展的搖籃。多年來接受能源局、國科會、台灣電力公司及傳統產業的多項委託研究計畫。其報告內容豐富、理論完善，成效卓著。對電力熔體之電流/時間曲線之計算與設計、保護協調等電力系統基本學理，自有足夠之指導能力與研究經驗。

電力熔絲之核心技術在於熔體通過電流時所產出之熱量與熔體之熱量經由填充之矽砂或熔體傳導至端頭之散熱能力來決定其額定電流，稱為時間-過電流特性曲線，在額定電流以下，不允許電力熔絲熔斷，在額定電流之1.2倍時稱之為 $I_2$ ，需在1小時後熔斷。在 $I_1$ (50 kA)時需能在數個ms內啓斷，在 $I_2$ 時(最大電弧能量)且需控制起弧時之電工角度與暫態恢復電壓(TRV)，全域型電力熔絲之電流範圍很廣，對熔體之熱傳導均已完成精確模型與計算。

台科大電力研究中心負責計算電力熔絲之兩種熔體之截面積、長度與打孔形狀、大小孔距。傑克電機股份有限公司負責熔體之製作、雲母支架、外殼、矽砂之填充與試驗。實際製作之電力熔絲熱傳受過溫、二氧化矽與外殼之熱傳影響，與計算值間雖會有些誤

差，但經多次試製與試驗已獲得正確參數。未來本公司仍將持續研發新項目，本次計畫本公司與學術界間搭起合作之橋樑，對未來研發項目也會採取相同模式，將本公司之技術提升至國際水準。

### ● 新產品創造之技術效益及市場效益說明

油浸式全域型限流熔絲為電力熔絲中範圍最廣，技術層次最高的一種熔絲，運轉溫度高，長期浸於140°C絕緣油中，熔體結構有純銀熔體與低熔點低過載熔體兩段。對兩種熔斷元件(Fuse element)之兩條時間電流曲線相交，主熔體之最小開斷電流須於交會點之下，而低熔點低過載熔體之最大啓斷電流須在交會點之上。如此方可保證由低過載電流到額定啓斷電流的整個電流範圍內能安全動作。本案開發完成後可掌握各種型式之電力熔絲之生產製造技術，生產各型電力熔絲，並擠入國際電力熔絲大廠之行列。另可與油浸式高壓遮斷開關、油浸式避雷器組成整組密封型桿上變壓器保護設備，供應國內變壓器廠，使國產配電變壓器成為有保護能力的智慧型變壓器，提升國產變壓器之附加價值。

### ● 計畫完成後對提升我國產業水準及競爭優勢說明

全域型限流熔絲與油浸式高壓遮斷開關、油浸式避雷器為密封型桿上變壓器保護設備，為國內密封型桿上變壓器之標準配件，目前該產品均仰賴國外進口，國際上可供應該全套設備廠家僅少數一兩家公司。其中油浸式全域型限流熔絲，運轉溫度高達140°C，其保護曲線涵蓋範圍廣由20A至50kA，要求的誤差範圍低，國際上亦僅有少數如Cooper，Hitech等大廠生產。目前國內每年需進口約100000套，每套價格12000元，除少數係由國內外資企業代理商供應外，其餘均需進口，每年所需外匯約新台幣10億元，為建立國產化技術，減少外匯流失，提升國產配電變壓器競爭力急需進行本計畫。

### ● 專案執行重要心得

啓斷時間電流測試結論：經過不斷的測試及調整之後，完成了熔絲啓斷之時間電流特性的確認。熔絲成品之製作成本高且耗時；因此，先從獨立熔體測試開始；在測試過程中對於40C-N在高啓斷區域所得測試點均偏低，而無法解決；所幸，熔絲成品再第二期測試均達到設計需求。至此，全域型熔絲之開發已接近成功階段；待經各項試驗驗證通過後就可完成。

熔絲測試中間也曾有啓斷失敗之案例，大部分的問題都出在填砂製程；如填砂後再經外力壓實，造成了熔體變形而未能察覺，以致於啓斷失敗。

最後成功啓斷的熔絲經切開，觀察熔體及熔渣，發現低啓斷熔體經消弧管內高壓金屬蒸氣噴出後，消弧管內不留有熔體，熔斷的很乾淨。至於高啓斷熔體部分，所有熔體都在狹頸處很短的距離內就熔斷，留下均勻的熔體片段及銀與石英砂融合之熔渣。

熔絲試體經啓斷時間電流測試確認後，開始小規模的製造全域型限流熔絲之試體；用來提供做其它試驗所需之樣品。熔絲試驗係依照IEEE Std C37.41-2000之規範進行；絕緣試驗規範，包含了耐電壓試驗及衝擊電壓試驗；啓斷試驗規範，包含額定啓斷電流 $I_1$ 、最大電弧能量電流 $I_2$ 、最小啓斷電流 $I_3$ 等三項試驗；最後進行溫昇試驗及氣密試驗。

本項試驗包含了三項的試驗序列：

- 1.序列1，額定啓斷電流 $I_1$ 試驗：確認熔絲在預期電流等於其額定啓斷電流 $I_1$ ，電壓在額定最大電壓時之啓斷試驗。
- 2.序列2，最大電弧能量電流 $I_2$ 試驗：確認熔絲在預期電流等於其啓斷電流 $I_2$ 時之啓斷試驗， $I_2$ 電流係由電感電路儲存之高能量所引發的，為最大可能的電弧能量電流。
- 3.序列3，最小啓斷電流 $I_3$ 試驗：最高周圍溫度下，使熔絲熔斷的最小連續電流 $I_3$ 之啓斷試驗。在熔絲長時間連續通過電流 $I_3$ 之情況，熔絲能保證起弧，並將熔絲啓斷。

序列3試驗和序列1及序列2試驗一樣，可以使用一個高壓電源。但是，因為需要長時間通過連續的電流；在受到試驗場設備及容量限制之下，序列3試驗可分由兩個部份來進行。第一個部份，電流由低壓電源提供；第二部分，需要試驗在額定電壓下熔絲之電流啓斷；所以，熔絲電流需切換由高壓電源提供熔斷試驗之能量。

熔絲啓斷失敗外觀



熔絲啓斷成功的熔體片段與熔渣



熔絲成品

