

低電壓裝甲型匯流排應用缺失探討

Defect study of low voltage sandwich type busway application

李智明¹ 楊智能² 蔡松麟³ 李順彥⁴ 周志偉⁵

¹友達光電股份有限公司 CM.Lee @auo.com

²友達光電股份有限公司 enable.yang @auo.com

³友達光電股份有限公司 SungLin.Tsai @auo.com

⁴友達光電股份有限公司 shun.lee @auo.com

⁵友達光電股份有限公司 ChinWei.Chou @auo.com

摘要

低壓裝甲型匯流排在電力系統中扮演著輸配電功能。選擇建置匯流排，常基於載電流量大、空間配置可小、容易分配負載等特性，確實比電纜理想。不過低壓裝甲型匯流排，在實務上仍有應用缺失值得探討，因為這樣的應用缺失足以造成匯流排短路事故，危及設備人員安全。本主題即以實務上所遇的匯流排事故案例，加以分析探討。

關鍵字：裝甲型匯流排、防塵防水

裝甲型匯流排(圖 2-B)為典型的「三明治」結構(圖 2-C)。全長密集，內部不會形成空隙，沒有空氣流動，能有效防止產生煙囪效應。



圖 2-B 裝甲型匯流排結構圖

1. 前言

低壓裝甲型匯流排應用於緊急發電機系統上，在發電機例行保養試俾時發生匯流排短路事故，追蹤其原因赫然發現匯流排內部及接頭處充滿水滴、水份及發霉現象。為何低壓裝甲型匯流排會有這樣的狀況?面對如此重大的事故，我們應用了新技術改善並做了相關驗證，以杜絕再發。

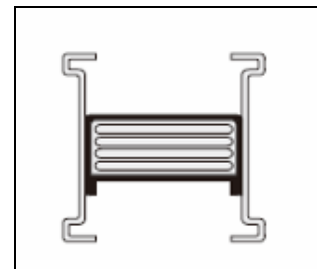


圖 2-C 三明治結構圖

2. 裝甲型匯流排簡介

2.1 匯流排功能:

低壓裝甲型匯流排(以下簡稱匯流排)的功用跟電線一樣為傳輸電力。一般而言，用電量較小的負載，其傳輸線可用電纜。用電量大的負載，傳輸線可用匯流排(圖 2-A)。

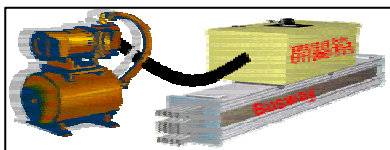


圖 2-A 大負載可用匯流排

2.3 匯流排組成材料:

一般而言，匯流排由 1.導體「銅或鋁」、2.絕緣材料「聚酯薄膜」(圖 2-D)、3.外殼型材(鋁鎂合金)、4.Joint 接頭等材料組成。

聚酯薄膜為相間絕緣材料，包覆於各相導體四周，耐溫 130°C，單層耐電壓可達 10KV 以上。



圖 2-D 絕緣材料聚酯薄膜

2.2 匯流排結構:

2.4 防護等級:

IEC 529(外包裝保護等級) (表 2-A)，是國際電子技術委員會對於產品防塵防水等級所制定之標準規範。匯流排產品的防護等級範圍一般約為 IP54 ~ IP68。

表 2-A IEC 529 防塵防水等級表

數字	第一個數字 ---- 固體	第二個數字 ---- 液體
0	不具防護.	不具防護
1	可防止大於 50 公厘直徑的外來物體	可抗垂直落下的水滴
2	可防止大於 12.5 公厘直徑的外來物體	當外殼傾斜達 15 度時，可抗垂直落下的水滴.
3	可防止大於 2.5 公厘直徑的外來物體.	當外殼傾斜達 60 度時，可抗噴霧的水
4	可防止大於 1 公厘直徑的外來物體.	可抗任何方向飛濺的水
5	防止有害的粉塵堆積	可抗任何方向噴射的水
6	絕對防塵.	可抗任何方向強力噴射的水
7	-	可抗短時間的浸入水中 1 公尺(30 分鐘)
8	-	可經受壓力下長期浸泡

3. 事故及電力系統架構說明

廠內緊急電力系統發電機組，於例行試轉進行空載運轉測試時，發生異常事故(圖 3-A)，故障點位於發電機輸出匯流排 90 度彎頭處，如單線圖(圖 3-B)、匯流排架構(圖 3-C)及電氣室 Layout(圖 3-D)所示。



圖 3-A 匯流排事故照片

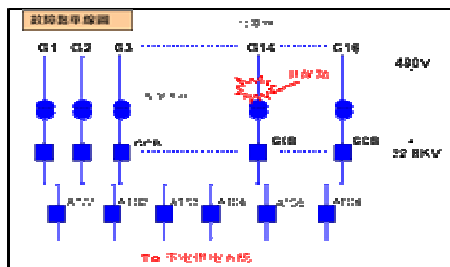


圖 3-B 故障點單線圖

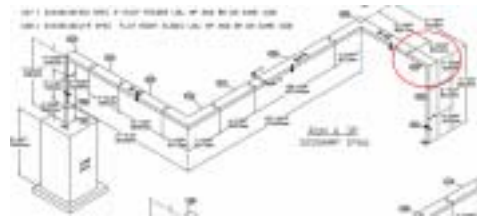


圖 3-C 匯流排架構圖

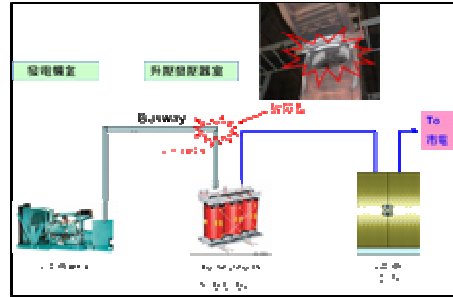


圖 3-D 電氣室 Layout

4. 匯流排事故真因分析

4.1 魚骨圖分析

集合廠內電力專家以魚骨圖(圖 4-A)、因果分析表(表 4-A)分析後，電力專家決定需進一步針對匯流排材料與環境做確認。

因事故點已燒焦，要分析是否為該處材料所引起的問題於判斷上有其難處，果然送回國外原廠拆解後，亦無結論。不過，在送回國外原廠前本廠電力專家就已經決定同時進行其餘匯流排絕緣阻值追蹤，並拆下匯流排前後端點進行量測，結果量得絕緣阻值偏低，量側值 $0.2M\Omega < \text{匯流排法規 } 5M\Omega < \text{電工法規 } 1M\Omega$ 。

在各廠 Benchmark 後，發現匯流排投入運轉之時間長短與絕緣阻值變差並無比例規則可循(圖 4-B)。因此，隨後進行匯流排拆解，赫然發現匯流排內部及接頭處充滿水滴、水份及發霉現象(圖 4-C)，證實環境及匯流排結構為事故發生之主要因素。



圖 4-A 魚骨圖分析

表 4-A C&E 因果分析表

因果分析Cause&Effect Matrix	相關可能性專業給分
直線段、接頭段相間絕緣問題	9
直線段、接頭段對地絕緣問題	9
昇壓TR室溫濕度問題	7
GEN室溫濕度問題	7
GEN內部問題	5
BUSWAY安裝絕緣阻抗問題	3
BUSWAY安裝問題	3
迴路設計問題	1

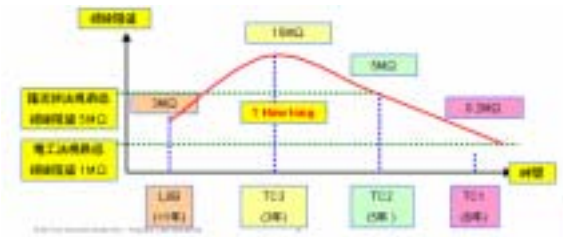


圖 4-B 各廠絕緣阻值變化圖



圖 4-C 接頭內水滴發霉現象

4.2 匯流排事故真因

電力專家分析造成匯流排內部水氣聚集原因，判斷其水源並不是來自雨水或水管洩漏造成，調查 2009 及 2010 年夏月之環境露點溫度約 24.42°C(圖 4-D)，電氣室室內已達露點溫度。而裝甲型匯流排因貫穿室內外，環境溫差因而造成室內匯流排內部水氣凝結。

再分析其次要因素，則是緊急備用發電機之匯流排平時無加負載，故導體不會發熱，以致於匯流排內部因此凝結水氣，造成絕緣不足而短路。

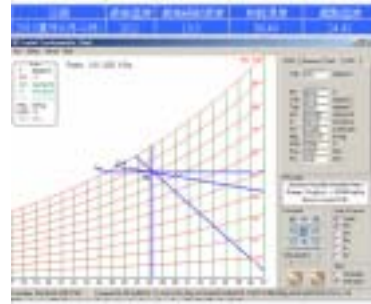


圖 4-D 2010 年夏月環境露點溫度約 24.42°C

4.3 事故匯流排及發電機堪用確認

(A).本事故匯流排規格為 600VAC 3P3W CU BUSWAY 3,200A、IP66、200KA，全長 56.7M。除事故的一小段已不堪用，其他經原廠量測後確認還堪用。

(B).發電機容量 2,000KW，額定滿載電流 3,007A、額定短路電流 8 倍(24KA 0.6s)。事故時雖造成火樹銀花現象，但發電機最後停機原因為「低電壓保護」動作，發電機電壓未建立，因此故障電流值偏小 4,510A(12s)，小於電頭損壞曲線 7,216A(12s)(圖 4-E)，經原廠量測後確認堪用。

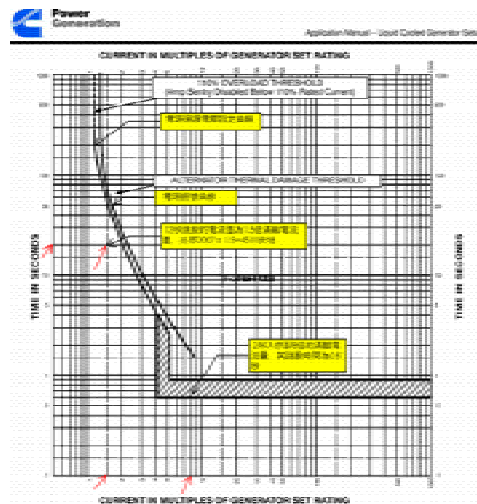


圖 4-E 發電機電頭損壞曲線

5. 防制對策

5.1 防制對策分析

雖已將室內空調進行調整但此仍為被動方

式，所以又做了主動防制對策，電力專家對三種防制對策進行評估，決定以改善時對系統運轉衝擊最小、成本最低為考量，故選擇以具有防水、防火、絕緣、容易取下等優點的填充絕緣 silicon(圖 5-A) 作為主動防制對策進行改善(表 5-A)。

表 5-A 防制對策分表

防制對策分析	運轉衝擊及成本分析	Yes/No
1.更換為CABLE	修改運轉衝擊大，因低壓CABLE量多成本高，建廠可改為中壓發	No
2.更換為樹脂模鑄匯流排	修改運轉衝擊大，成本高	No
3.接頭、匯流排烘乾 接頭填充絕緣silicon	成本低	Yes

5.2 主動防制對策

首先將絕緣值不佳之接頭、匯流排烘乾，再施作接頭填充絕緣 silicon，避免內部有空間凝結水氣。全部改善含以下 3 要點。(A).接頭烘箱爐烘乾、(B).匯流排直線段大型烘箱爐烘乾、(C).接頭填充絕緣 silicon。

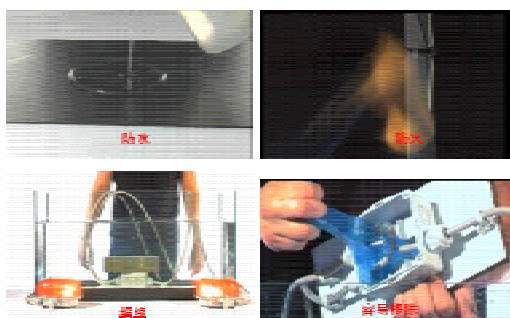


圖 5-A 絕緣 silicon 產品

5.3 絕緣 silicon 說明:

主要用於電子電氣產品的灌注，如：供電器、連接器、感應器、高壓電阻器、和 LED 等的灌注。適合批次或連續生產使用。此產品具有極佳的電氣特性、防水性、與耐氣候性。其特性穩定不易受溫度變化的影響而改變。

特 性:

- ◆ 無腐蝕性且無副產物生成。
- ◆ 以等量的比例混合，流平性佳，操作容易。
- ◆ 硬化反應為非放熱性反應且收縮率小。
- ◆ 對溫度變化，有極佳的穩定性，且適用之溫度範圍廣(-50 至 200 °C)。
- ◆ 具有良好的防水性，可以保護零件免於水氣

及塵埃之污染。

- ◆ 電氣特性與耐候性極佳。
- ◆ 可切割取下，以利電氣電子零件之維修。
- ◆ 耐電壓測試: 1mm 試片 10KV/1min >法規 3KV/1min。

6. 主動防制對策驗證

6.1 填充絕緣 silicon 過程:

首先我們找了一條匯流排來驗證填充絕緣 silicon 的效果，指標為絕緣阻值需大於本改善工程自訂最小絕緣阻值 100MΩ。過程如下：

(A).接頭於烘箱爐烘乾(圖 6-A):

烘乾前絕緣阻值 0.2MΩ

90°C 烘乾 2hr 後，絕緣阻值>2,000MΩ

(B).匯流排直線段於大型烘箱爐烘乾(圖 6-B):

90°C 烘乾 24hr 後，絕緣阻值> 1,000MΩ。

(C).接頭填充絕緣 silicon:

絕緣 silicon A、B 二劑相加攪拌後，測量絕緣阻值無限大(圖 6-C)

匯流排直線段接頭填充絕緣 silicon 後 (圖 6-D)，絕緣阻值>1,300MΩ(silicon 乾燥約需 6hr)。



圖 6-A 接頭於烘箱爐烘乾



圖 6-B 匯流排直線段於大型烘箱爐烘乾



圖 6-C 量測 silicon 絕緣阻值無限大



圖 6-D 接頭填充絕緣 silicon



圖 6-G 絕緣阻值驗證

6.2 絕緣阻值驗證結果:

改善後進行驗證，量測全段發電機匯流排絕緣阻值 $500\text{M}\Omega >$ 本改善工程自訂最小絕緣阻值 $100\text{M}\Omega$ 。量測驗證值 $500\text{M}\Omega >$ 匯流排法規 $5\text{M}\Omega$ (圖 6-E) $>$ 電工法規 $1\text{M}\Omega$ 。故接頭填充絕緣 silicon 驗證可行。(圖 6-F & 圖 6-G)

驗證匯流排絕緣阻值後執行發電機系統測試，發電機試俾結果正常，至今匯流排絕緣阻值未改變。

項目	絕緣阻值 (MΩ)	測試方法
匯流排絕緣阻值	5	500V DC 絕緣測試
匯流排絕緣阻值	100	500V DC 絕緣測試
匯流排絕緣阻值	500	500V DC 絕緣測試
匯流排絕緣阻值	1000	500V DC 絕緣測試
匯流排絕緣阻值	5000	500V DC 絕緣測試
匯流排絕緣阻值	10000	500V DC 絕緣測試

圖 6-E CNS 匯流排法規

6.3 絕緣阻值因並聯降低說明

測量兩段匯流排絕緣電阻，將高阻計分別接至 T 與 N 相，兩匯流排串接，可將匯流排化成等效電路，如(圖 6-H)所示。由等效電路得知其匯流排絕緣電阻可視為兩電阻並聯。

$$V = \text{DC } 500 \text{ (V)}$$

$$R_{TN} = \text{絕緣電阻值 (M}\Omega\text{)}$$

$$I = \text{洩漏電流}$$

$$R_{TN} = \frac{R_{SL1} \times R_{SL2}}{R_{SL1} + R_{SL2}} \quad (1)$$

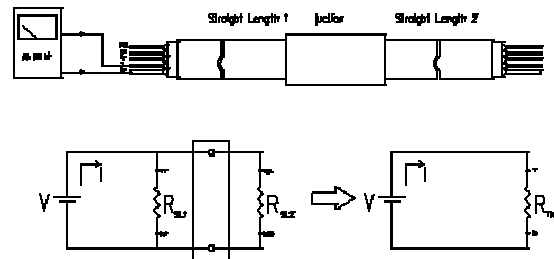


圖 6-H 兩匯流排串接之等效電路

(圖 6-I)為 16 段匯流排絕緣電阻並聯範例。

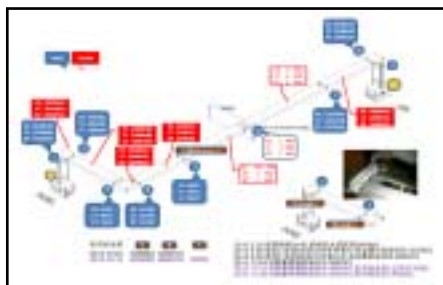


圖 6-F 絕緣阻值驗證

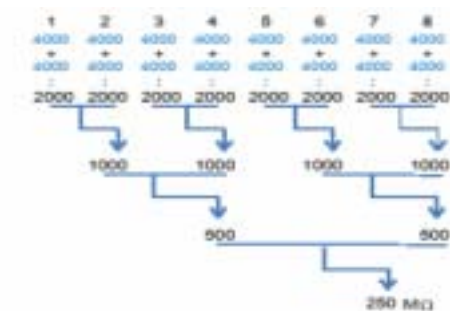


圖 6-I 匯流排絕緣電阻並聯範例

7. 結論

低壓裝甲型匯流排應用於緊急備用發電機系統，因環境因素及平時匯流排無加負載導體不會發熱，以致於匯流排內部凝結水氣，確實需顧慮到室內外溫度溼度結露問題。也許應該說匯流排本身沒錯，而是建置者需多方考量後選擇最適當的產品進行應用。個人認為這是經驗問題，此案例應該為業界首例，若重新建置應可選擇模鑄型匯流排或電纜。既然已建置裝甲型匯流排可選擇改善時對運轉衝擊最小、成本最低的方案，故本案選擇了填充絕緣 silicon 之新技術並做了相關驗證，以杜絕裝甲型匯流排內部凝結水氣。有了此改善經驗，將心得與淺見和業界分享。若有類似的系統與環境，建議可進一步確認是否需改善，期盼本文的發表對於人員的安全及減少財產損失能帶來一些幫助。

致謝

感謝台灣巴斯威爾公司陳明利總經理提供匯流排相關技術諮詢與協助。

XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX

參考文獻

1. 劉紹名，匯流排之設計與安裝交流，機電現場技術第 50 期(2010 年 10 月)。
2. 陳明利，模鑄式匯流排之特色、安裝與維護保養，機電現場技術第 50 期(2010 年 10 月)。

作者簡歷

- ¹ 姓名：李智明
現任：友達光電 廠務技術開發部 技術開發二課 副理
- ² 姓名：楊智能
現任：友達光電 廠務技術開發部 技術開發二課 高級工程師
- ³ 姓名：蔡松麟
現任：友達光電 台中廠務工程一部 電控課副理

⁴ 姓名：李順彥
現任：友達光電 台中廠務工程一部 電控課高級工程師

⁵ 姓名：周志偉
現任：友達光電 台中廠務工程二部 電控課副理