

移動式起重機誤觸架空高壓電線感電事故之防止對策研究

吳啓瑞¹ 顏世雄¹ 蘇文源² 楊成發¹

李尙懿¹ 杜偉民² 姜順馨¹ 古家豪¹

¹ 國立臺灣工業技術學院電機所

² 行政院勞工委員會勞工安全衛生研究所

摘要

本文檢討移動式起重機誤觸架空高壓電線的感電事故發生原因，並提出感電發生時的處理方法，以及根本防止感電事故發生的對策。文中首先討論起重機誤觸高壓電線時，勞工所站立的地點與感電事故的關係，並由此說明安全的操作方式。文內藉試驗被覆電線的性能，以評估被覆電線是否可以減少起重機誤觸高壓電線的感電發生。當起重機誤觸架空線時，現今配電系統的保護方式在偵測故障電流的困難，以致未能使變電所自動切離電力。對於預防起重機誤觸架空高壓線的感電事故上，短期措施要求操作員應取得操作資格並加強電氣安全訓練及工作時能使用絕緣防護套管。中期措施建議架空配電裸線改為被覆電線。長期措施係研究偵測高阻抗接地故障的電驛。

關鍵詞：感電事故，移動式起重機，防止對策，高壓電線

緒言

在大型工程的施工中，常藉移動式起重機來完成搬運，拖吊等人力不堪荷重的任務。近幾年來，國內重大工程不斷地進行，連帶著移動式起重機的需求量亦不斷地增大；然而因起重機誤觸高壓電線的事情時有所聞，嚴重時會造成

勞工的感電事故。本文將針對此類感電事故來討論其防止對策，以保障勞工的安全。

本文自國內的職業災害報告書中，針對起重機誤觸高壓電線的感電事故的發生原因作一比較，分析起重機與架空高電壓線所可能發生誤觸的情況，藉以說明此類感電事故的發生。

文中以法拉第箱試驗，加壓在金屬籠上，其生物在籠內仍安然無恙的實驗，以證實起重機在誤觸高壓電線後，坐在操作室的操作員不致發生感電。在分析感電事故的原因後，接著提出防範此類事故發生的建議方法及起重機誤觸高壓電線時的處理流程。

關於被覆材料的測試上，探討起重機誤觸有被覆架空高壓線的情況，所進行的試驗項目有三：一為符合國家標準所制定的耐電壓試驗，另一為此類電線的破壞試驗值並記錄每一階段的試驗現象，最後試驗該電線耐電壓的時間特性，由此以說明採用被覆電線取代目前的架空裸線，確實可降低起重機誤觸架空線的感電事故。

至於三相四線式配電系統保護方式的探討上，簡述此配電方式的優缺點。接著說明故障電流的分佈情形，以及負載中性線電流對接地故障電驛靈敏度的影響。並探討起重機觸及架空線所導致高阻抗接地故障後，接地保護系統在偵測上的困難。因此建議為徹底減低感電事故，國內的架空裸線應早日改為被覆線。

起重機感電事故分析

起重機依其工作的不定性可分為固定式起重機及移動式起重機兩種 [1]。由於移動式起重機的機動性高，可以輕易地靠近架空高壓電線，尤其積載型卡車起重機常常在市區的 11.4kV 架空電線旁吊掛招牌等，因此較容易發生感電事故。本文將研究目標放在移動式起重機上。

如圖 1 所示的積載型卡車起重機的機動性非常高，操作員又可以站在地面上操作起重機，因此發生感電事故也最多。當起重機的吊臂碰觸到高壓裸線時，高壓電線對吊臂產生電壓，電流經由起重機流至大地。倘勞工與起重機的車體及大地同時有所接觸時例如站在地面上操作起重機，或站在地面上但是身體倚靠起重機，則部份電流會經人體流至大地，導致勞工傷亡，造成感電事故。

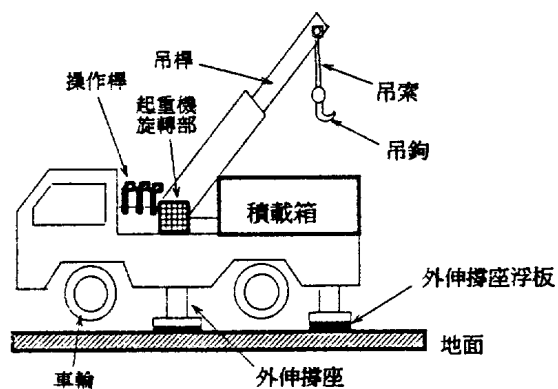


圖 1 積載型移動式起重機的結構圖的原因有

起重機誤觸高壓電線時，感電事故發生原因可由圖 2 的示意圖說明：

1. 接觸吊索的吊鉤處。通常工人為使工作便利，常常會用手來協助吊物的鈎吊動作，如圖 2 中的戊某。
2. 接觸吊物的導體處。勞工在作業中手扶吊物或以身體搬運吊物等情形，如圖 2 中的庚某。
3. 與車體有接觸。站在地面上操作起重機，或倚靠車身休息，如圖 2 中的甲某。

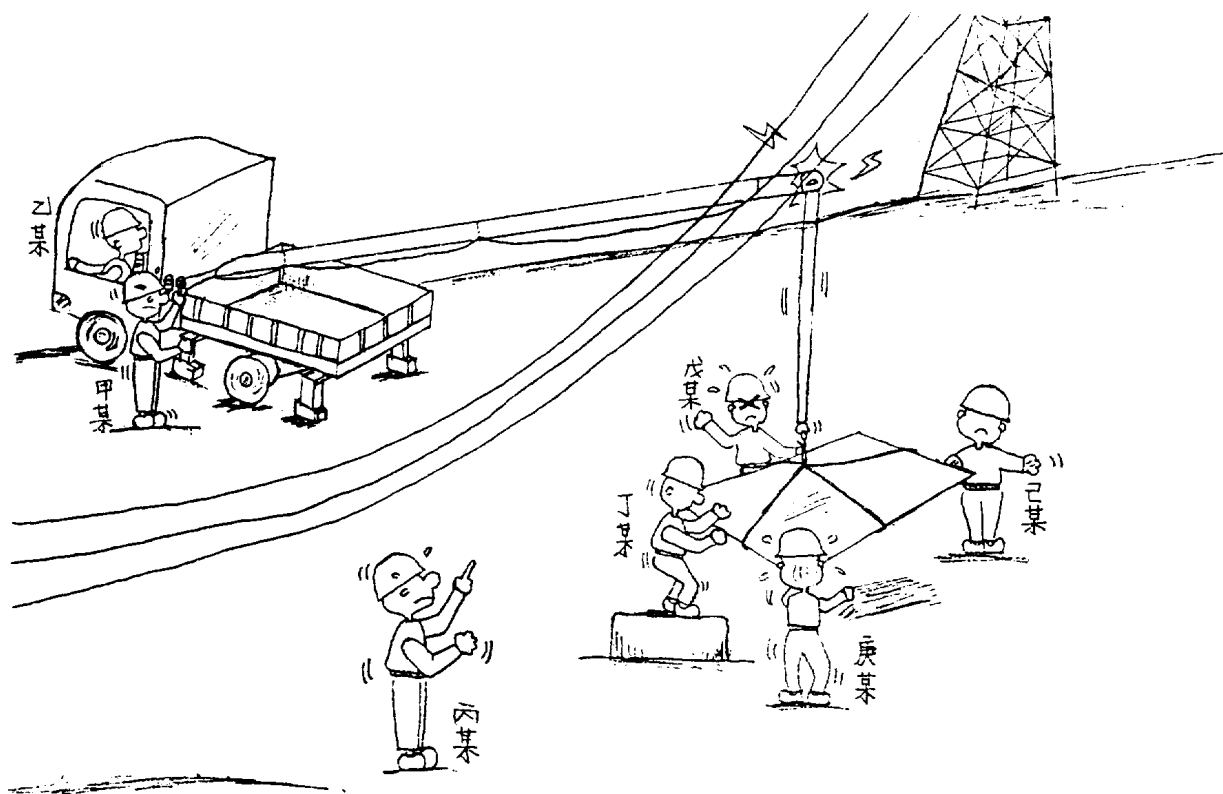


圖 2 各類感電類型的示意圖

圖 2 中的操作員乙某係在操作室內，所以甚為安全，未與帶電的起重機或吊物接觸的丙某不致感電，站立在絕緣平台的丁某亦不致感電，穿戴可耐該電壓等級的防護具之己某也甚少有感電的機會。

一般工作場所起重機與高壓電線發生接觸的原因有：

1. 操作員操作不當而誤觸高壓電線。
2. 工作場所視線不明下而誤觸高壓電線。
3. 吊臂及吊索與高壓電線間的距離未保持在規定的界限距離外，此時若因風

吹等造成晃動下亦會碰觸或發生閃絡。根據勞工安全衛生設施規則第 260 條 [2]，11.4kV 架空線接近界限距離為 60 公分。

對事故發生原因的分析可由下面三點來說明。

1. 直接原因

吊索碰觸高壓電線，勞工站在地上操作起重機，或身體觸及該起重機或被吊物，造成心臟麻痺死亡。

2. 間接原因

- (1) 不安全動作：起重機與架空高壓電線未保持在界限距離外工作。

(2) 不安全環境：在不諳活線工作要求下作業，不熟工作現場的環境，在風吹雨淋等天候不佳使得視線不良的情況下工作。高壓電線未包防護用絕緣層。工作現場未在高壓電線附近設護圍。

3. 基本原因

- (1) 未派設監視員，或由助手來執行操作員職務。
- (2) 工作現場的危險區域未告知工作人員，及放置警示牌。
- (3) 工作人員未受安全教材訓練及取得相關的起重機合格訓練。

因此為防止起重機誤觸架空電線造成感電事故，最重要的是要求操作員接受合格訓練，並且依相關安全法規操作起重機，不要誤觸或太接近高壓線。

起重機安全操作方法

如圖 3 之法拉第實驗線路圖，目的為驗證當高電壓加壓在金屬體後，金屬體內的生物仍然安全，來說明起重機誤觸高壓電線後，車內人員在車內即可，而不要驚慌貿然地離開起重機。實驗進行之前，桌面擺上鋁板，方將鐵籠置於鋁板上，鋁板接地以維持零等位。加入高電壓前，需仔細檢查線路是否有斷路或短路等情況，並要確實地做好接地的動作。

接妥高壓線於鐵籠後，啟動主電源開關，本實驗中所加入的電壓為線對地 7.5kV，(台電市區架空高壓配電線，線對地電壓為 6.9kV)，在逐漸加壓的過程中，觀察籠內生物體活動的情形。

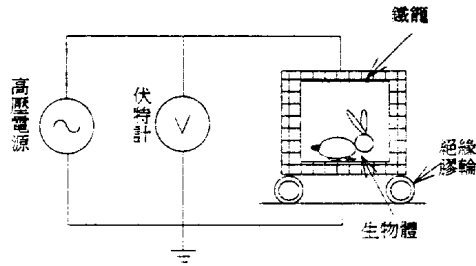


圖 3 法拉第實驗線路圖

完成上述步驟後，繼續模擬車輪爆裂的情況，在實驗進行當中，於絕緣棒之前端繞一焊錫，同時碰觸車輪上的金屬體部份與鋁板。此時可看到焊錫馬上出現火花，並迅速熔化。

完成所有實驗過程後，籠內生物仍然健在。由此可知，當起重機的吊臂因誤觸到高壓電線時，坐在車內的工作人員會安然無恙，因此坐在車內的人員不須在此時急於下車。而車外人員除做好安全措施外，不得任意去接觸該尚帶電的起重機。

當起重機的操作員在行駛或操作起重機，不慎碰觸到高壓電線時，車上的工作人員常因驚慌、恐懼、或在不知情及好奇心的驅使下，打開車門欲一探究竟，但是貿然的一連串行為很可能將導致感電的事故發生。那麼起重機碰觸高壓電線時，車內的工作人員以及旁觀人員該採取那些措施，才不會造成人員的傷亡呢？現就其處理方式分別敘述如下：

1. 發生感電時，操作員及工作人員切忌用爬方式離開工作平臺或操作座，而應將起重機吊桿收回及把車子駛離，且請助手或旁觀人通知台電服務所或

營業處將該饋線停電。發生感電時絕不可腳踩地而手仍接觸起重機，必要時用跳躍方式跳離起重機。

2. 發生感電時，助手及旁觀人員切勿去觸摸起重機的車體或被吊物，而應當立即通知台電服務所或營業處停電。
3. 如果高電壓電線被勾斷，先判斷高壓電線是否斷落在起重機或吊物上。若斷落在起重機或吊物上時，則處理方式如同上述的(1)及(2)兩點。倘並無斷線落在起重機或吊物上時，則操作員大可放心地將車開離高壓電線。
4. 一旦起重機碰觸高壓電線，使得橡膠製車輪突然爆開，此時操作員切莫驚慌，仍應靜待在操作座上且不應離開車內。

完成上述四項工作後，尚需封鎖現場，提示警告標幟，並不得觸摸高壓電線與高壓電線掉落之接觸物，如地面鐵蓋、車子、鐵欄等，必要時可由電機專業人員配戴絕緣手套與絕緣棒來處理現場。當起重機的吊臂誤觸到高壓電線時，安全處理的流程可如圖4所示。

當起重機工作的地點有架空高壓電線時，可先向電力公司申請遷移高壓電線，如果無法申請移走架空高壓電線，而必須在其旁邊或下方操作起重機時的安全防護措施可從下述兩方面來說明：

1. 預先準備動作

- (1) 向台電各地營業處或服務所申請高壓電線裝置絕緣套管。
- (2) 高壓電線附近應設立護圍以防誤觸等情況。
- (3) 現場的危險區，除事先告知工作

人員外，並應設置警告示牌。

- (4) 勞工應受有關感電方面的安全教材訓練。
- (5) 工作人員應接受有關起重機操作教材訓練及研習活線下作業的相關安全知識。

2. 作業中

- (1) 休息等情況下禁止工作人員倚靠車身。
- (2) 工作中至少要有三人一同作業，此三人分別為操作員，監督員及吊掛作業人員，並各司其職。
- (3) 在伸長或縮回吊臂時，切忌跨越或接近高壓電線，尤其是視線不明的時候更應注意此點。
- (4) 儘量避免以手去完成吊物與吊索等之裝設動作，若無法避免，應戴上可耐此高壓等級的絕緣手套，或以絕緣性能佳的絕緣棒來完成裝設等過程。
- (5) 注意高壓電線與吊臂等導體的接近界限距離，千萬不可在小於前述安全距離內作業。
- (6) 站在附屬於起重機的支撐腳架或高於地面的操作台上操作起重機。

前述曾提到積載型卡車起重機，會比其他類型的起重機較常發生事故，倘若操作員在操作操作桿時，足部能踩在絕緣電木上或懸空坐在附屬於起重機的支撐腳架或高出地面操作檯上，皆能使操作員避免在起重機觸電時發生感電事故。

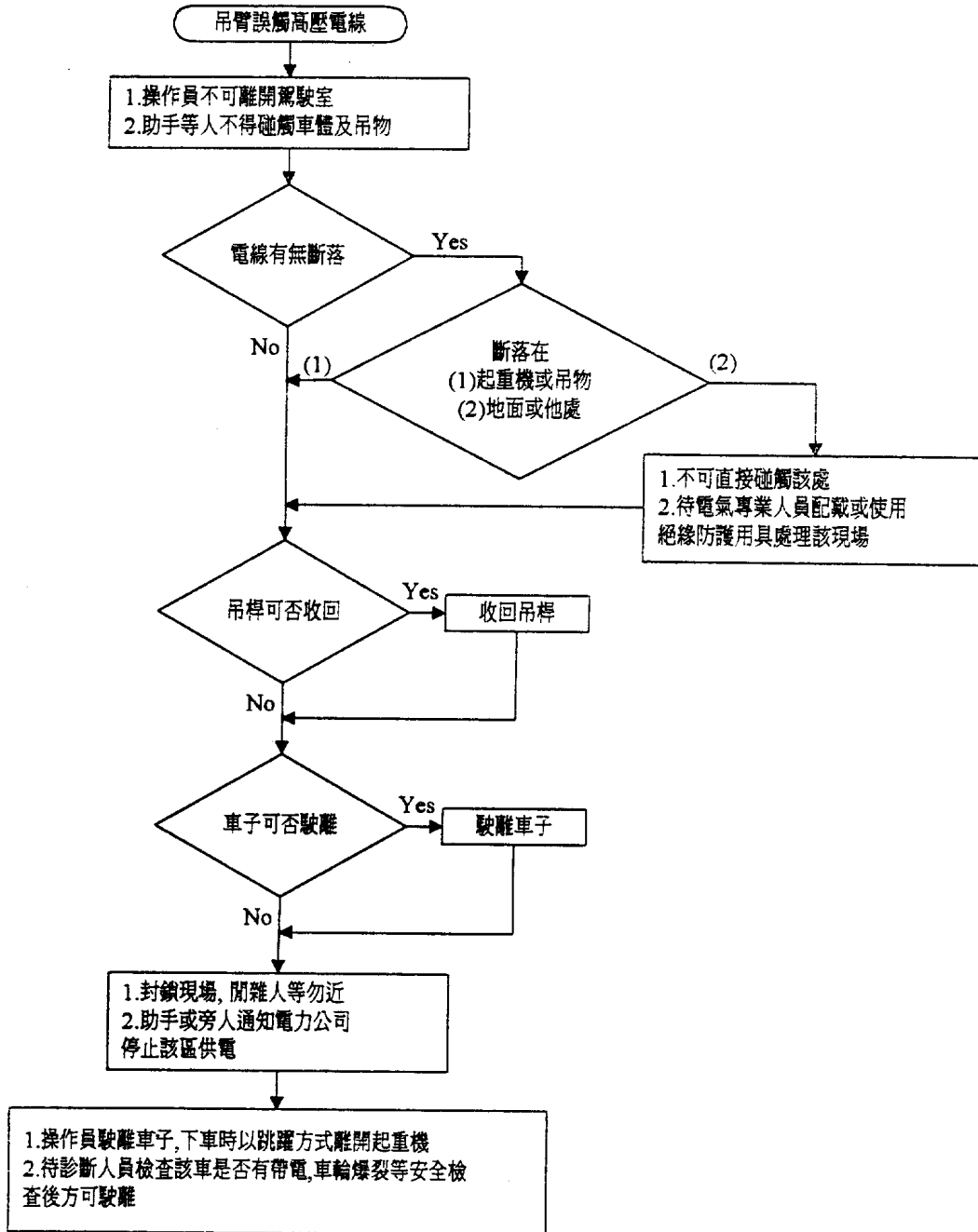


圖 4 事故發生時的安全處理流程圖

有被覆架空高壓線防止感電的探討

在實際的工作環境中，雖然操作員能儘可能注意，起重機仍有誤觸高壓線的可能。今若在裸電線的外圍包上一層可耐衝撞，不易劣化的被覆或絕緣套管護具，當起重機在工作中，即使誤觸到該高壓電線，至少在短短的幾秒內被覆線或絕緣套管不會破壞，那麼便可以利用這段時間縮回吊桿或吊索，離開高壓線，便能減少了感電事故的發生，降低人員的傷亡。

本節針對使用絕緣材料作為被覆的架空電線，當加以高電壓測試後，其材質的破壞電壓為若干，及可否符合耐電壓試驗的要求。本項試驗所選用的電線係為 15kV 的 XLPE 被覆風雨電線，試驗電路如圖 5。

首先進行耐電壓試驗，由於 CNS 規定該電壓等級電纜須在 5 分鐘內於 33kV 下，不致發生閃絡或破壞。台電架空高壓電線 11.4kV 對地電壓則為 6.9kV，異常時對地電壓則為 11.4kV。在此考量下參考 CNS 耐壓值而取新 XLPE 風雨線 15m 長（無末端處理）加入上述試驗電壓值，於 5 分鐘內觀察該

電線並無閃絡，嘶聲或破壞等異常現象出現。此試驗在某一工廠及在台灣工業技術學院進行。

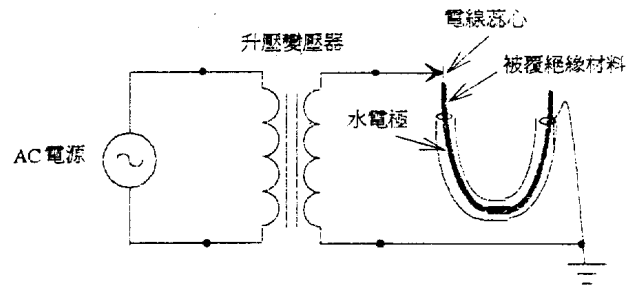


圖 5 XLPE 風雨電線破壞試驗的電路示意圖

接著進行破壞電壓試驗，接線方式仍如圖 5 所示（未加末端處理）。此試驗也在某一工廠及在臺灣工業技術學院進行，對其每段加壓值、觀察加壓時的電線現象，分別記錄於表 1 中。

表 1 中，在某工廠進行試驗，直至 80kV 方會跳脫，此時於水電極與空氣接觸處之電線皮因被打穿，造成絕緣破壞。而在本校試驗時於電壓為 40kV 左右便會跳脫，仔細觀察該試驗電纜並無發生破壞，造成跳脫的原因是設備的保護電驛設定值較小所致，無法得其真正破壞電壓值的大小。

表 1 電線加壓電壓及現象

電壓 (kV)		每階段各維持1分鐘												
		25	30	33	36	40	45	50	55	60	65	70	75	80
現象	於工廠 24.5°C	無異常狀況	有些許聲音	有些許暈光	暈光有拉長	聲音漸增，暈光長度漸長				臭味	味濃、音大，暈光長且亮			跳脫
	於本校 27.0°C	狀況	聲音	暈光	拉長	跳脫								

註：工廠的試驗變壓器容量為AC300kV/125kVA
本校的試驗變壓器容量為AC200kV/100kVA

進行完耐電壓試驗與破壞電壓試驗後，將該使用於 11.4kV 等級的電線加入 2 倍的高電壓，即 30kV（11.4kV 等級的風雨線規格係設計在額定為 15kV），以觀察該試驗電壓下的異常情形。在加入 30kV 後，該電線初有異常聲音間斷出現，而後由銅線的接地端沿電線表面有些許閃光，其後聲音持續一陣子閃光長度方略明顯；爾後這些現象延續到 30 分鐘，該 30kV 仍未打穿電線。因此對 11.4kV 等級風雨線而言，當通入 2 倍的高壓後，至少可維持 30 分鐘，不會發生絕緣破壞。

經由以上的試驗可論證，架空高壓電線選用有被覆的風雨線時，可耐高壓配電電壓的 4.5 倍至少有 30 分鐘之久，而不會被打穿。選用被覆電線作為架空線使用，起重機亦不會在太靠近的距離下，而發生閃絡現象或誤觸以致導電。因此，除前述安全操作的預防方法外，建議電力公司改採用絕緣被覆風雨線作為架空高壓配電線，以減少工作於活線下人員的誤觸感電事故。

起重機誤觸架空高壓線時變電所自動切離電力的檢討

目前台電採用三相四線多重接地配電系統，優點是只要以 6.6kV 絕緣等級之電力設備即可提供 11.4kV 之三相電力，但相對亦有許多缺點。三相四線多重接地系統的缺點是高阻抗接地故障的偵測非常困難。由於起重機誤觸架空配電線所造成之故障也常是屬於高阻抗接地故障，尤其是線對地故障，因此以後

之討論皆只針對線對地故障。

由於配電系統為多點接地，而饋線所供應的負載並不平衡且常含有許多非線性負載（如電力電子設備），因此中性線上常有不平衡基頻電流及諧波電流。當配電系統發生高阻抗接地故障時因故障電流不大，與中性線電流混合在一起時，設在變電所端的過電流或接地保護電驛很難偵測到故障的發生。圖 6 為故障發生時之電流分佈情形，當故障發生時故障電流會分別經由各接地點流入中性線，或直接經由大地流回變電所的變壓器中性點。同樣的負載電流之零序成份除經由中性線流回變電所外，亦會經由各接地點流回大地再流至變壓器中性點。

由於變電所變壓器通常與數條饋線連接，圖 6 中之 I_G 含有從別條饋線來之零序電流 I_{GL}^* 。而在變電所量測到的中性線電流 I_N 中便含有來自負載零序電流之 I_{GL} 及來自故障電流之 I_{GF} 。圖 6 中所顯示的電驛接線為傳統的過電流保護方式，其中 51N 電驛所偵測到的信號 $3I_0$ 為負載及故障電流的零序成份總合。

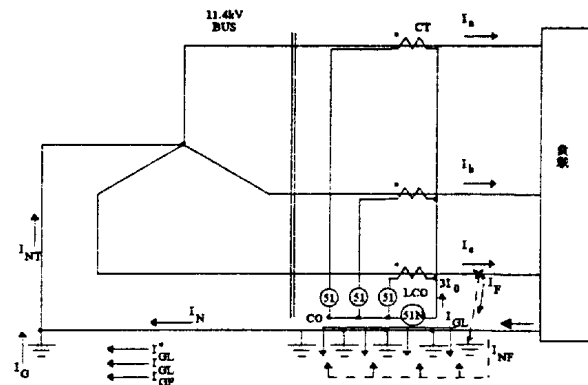


圖 6 負載零序電流及故障電流分佈圖

雖然起重機有不少的種類，但其與配電線接觸後所造成的故障電流大約可分成三種等級，第一種為如圖 7 所示之 A 起重機，因使用膠輪，如絕緣完好，則幾乎沒有故障電流。此種故障無法以電驛加以偵測出。第二種如圖 7 中之 B 起重機，雖然其金屬部份與大地接觸，但大地之表面阻抗較高（如水泥，碎石等），雖然有故障電流但小於電驛所能偵測之範圍。第三種一樣是 B 起重機，但接觸的地表導電性較佳（如溼地、草地等），因故障電流較大有可能使 LCO 動作並快速的排除。在此三種類型中，提升故障偵測電驛能力可偵察出第二類故障以避免感電事故。

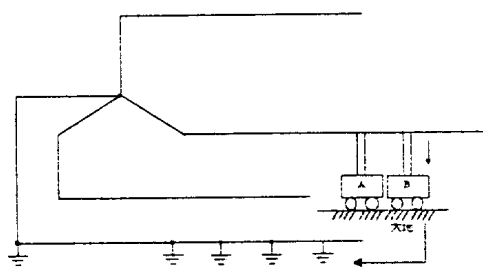


圖 7 起重機感電類型

目前最常見的接地故障保護電驛接線方式如圖 8 所示，LCO 電驛測量三相電流瞬時值之和 $3I_0$ 。由於 $3I_0$ 中含有負載電流之零序成份 (I_L)，且此成份會隨時間而變化，因此 LCO 之最小跳脫電流皆設定大於可能之最大負載零序電流值。通常台電將 LCO 之跳脫水準設定在正常負載約 40% 的位置 [3]。當接地故障發生時 $3I_0$ 為故障電流 I_F 與負載零序電流之相量和。

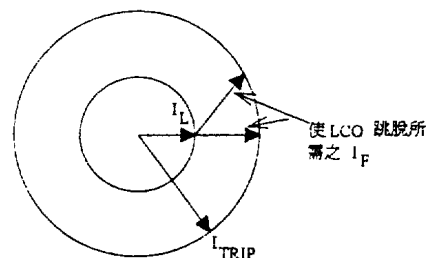


圖 8 LCO 靈敏度相依於 I_L 與 I_F 之夾角與 I_L 之大小

國內的成功大學曾將已商業化之產品接地比值電驛 (CGRS) 實際在台電之 11.4kV 配電饋線上測試。CGRS 與 51N 一起在輕、重載饋線上利用人工故障測試且加以比較。現將其結果列於表 2 及表 3 [5,6]，表 2 之結果得自於 1985 年 8 月台南市山頂變電所 2k71 饋線，而表 3 為 1986 年 7 月於淡水變電所 22 號饋線之測試結果。

在台南市測試時地下較濕，於淡水測試時土地較乾。表中 F_1 ， F_2 ， F_3 代表同一饋線上不同的測試點，由表 2 中可知當導體接觸的是磚塊、樹木及碎石時，雖然會有火花及跳動，但因電流太小，因此 CGRS 及 51N 皆不動作。導體接觸乾、濕柏油產生的電流在 60A 以下，雖然 51N 不會動作，但 CGRS 皆有動作。當導體以石塊壓住時在柏油及草地上之故障電流皆大於 100A。由表 3 可看出當負載較重時 CGRS 的偵測能力會降低。

由於電磁機械式的電驛仍無法有效的偵測故障電流較小的高阻抗接地，因此利用故障電流的隨機性、非對稱性及

表 2 在輕載饋線以人工故障測試電驛之結果 [5,6]

故障點	故障處	電驛動作		故障現象		故障電流 (A)
		CGRS	5IN	電弧	電線跳動	
F1	1. 乾柏油	跳脫	跳脫	Yes	No*	110
	2. 草坪	跳脫	跳脫	Yes	No*	220
	3. 草坪	跳脫	跳脫	Yes	No*	300
	4. 乾柏油	----	----	Yes	No*	100
	5. 乾柏油	跳脫	跳脫	Yes	No*	150
F2	1. 碎石柏油路	跳脫	移動	Yes	Yes	60-100
	2. 草坪	跳脫	移動	Yes	Yes	210
	3. 碎石柏油路 +	移動	No	Yes	Yes	30-50
F3	1. 乾柏油	移動	No	Yes	Yes	15
	2. 草坪	移動	No	Yes	Yes	30
	3. 磚牆	No	No	Yes	Yes	甚小
	4. 樹	No	No	Yes	Yes	甚小
	5. 碎石	No	No	Yes	Yes	甚小
	6. 濕柏油	跳脫	No	Yes	Yes	60

* 導線以石頭壓住

+ 末端有 5 公分裸露的 PE 被覆導線

表 3 在重載饋線以人工故障測試電驛之結果 [5,6]

故障點	故障處	電弧故障	最大故障電流 (A)	電驛動作	
				CGRS	5IN
F1	1. 乾柏油	No	---- ^b	No	No
	2. 濕柏油	Yes	16.8	No	No
	3. 碎石柏油路 (I)	Yes	44.0	No	No
	4. 碎石柏油路 (II)	Yes	56.0	No	No
	5. 乾草坪	Yes	40.0	No	No
	6. 濕草坪	Yes	72.0	No	移動
	7. 單相開路	No	20.0 ^c	No	No
F2	1. 乾柏油	No	0.0	No	No
	2. 濕柏油	Yes	2.0	No	No
	3. 乾草坪 (I)	Yes	40.0	No	No
	4. 乾草坪 (II)	Yes	48.0	No	No
	5. 濕草坪	Yes	110.0	跳脫	移動
	6. 水溝	Yes	156.0	跳脫	跳脫
F3	1. 濕農地	Yes	136.0	跳脫	跳脫
	2. 石頭 (I) ^a	No	0.0	No	No
	3. 石頭 (II) ^a	No	0.0	No	No

^a XLPE 被覆的導體

^b CT 的二次側短路

^c 由負載切離造成電流變化

I, II : 在同一故障情況下, 故障測試數目的編號

諧波成份之研究也一直持續著。國內成功大學、及清華大學亦曾提出偵測二次諧波之變異數做為判斷是否故障之依據，當利用人工故障所得之波形測試其提出的方法時，有相當高的偵測率[6,7]。雖然各種利用諧波分析偵測高阻抗接地的方法目前尚未成熟，且要實際應用所須之成本較高，但如能研究提高其可靠度並能融入配電自動化中，應是解決高阻抗接地問題的可行方法。由以上的分析可知，起重機誤觸架空配電線所造成的故障電流可能很小，因此變電所的保護電驛並不一定會動作，也就是說不一定會即時切離電源。因此為保護起重機操作員與一般人民的安全，在配電線系統上應有如下措施：

- (1) 架空線由裸線改為絕緣被覆風雨線，或於必要時、必要地點加裝絕緣防護套管，應可以減少觸電時的感電事故。
- (2) 繼續研究電驛的高阻抗接地故障之檢測技術，以及提高電驛的可靠度。

結論

本文針對移動式起重機誤觸架空高壓電線的感電事故，說明事故發生的原因，事故發生時的處理流程。並以被覆電線的耐電壓對時間的性能測試，建議使用被覆電線取代架空裸線後，可避免誤觸的感電事故發生。另外並分析在事故發生時，變電所的電力並未能自動切離的原因。根據研究的目的，本文以下

述三項方式，提出此類事故的解決方案，以減少此類型勞工傷亡的情形。

在短期措施中，可透過教育的方式，教導勞工感電的危險，灌輸電氣安全知識，要求操作員取得起重機操作的資格。另外在向電力公司申請絕緣防護套管的使用上，應加強宣導，以俾利用之，減低起重機直接碰觸架空裸線的機會。

在中期措施中，儘可能將架空裸線改為被覆電線，但由於被覆電線在安置後，面臨支撐上的問題，以及電力公司在裝設、維修，以及劣化等成本上的估算，均應進一步探討。因此將目前架空配電線改為被覆電線，雖可確實地降低事故的發生，但仍應考慮電力公司的配合以及改裝所需的時間。當然在都會區使用地下化配電線，亦可大大減少感電事故。

在長期措施中，開發高性能的電驛，對於高阻抗接地的故障發生，要能確實地動作，使起重機誤觸高壓線時，保護電驛能有效地切離電力。

誌謝

本計畫承行政院勞工委員會勞工安全衛生研究所經費資助及行政支援，計畫編號 IOSH84-S141，內容並經勞委會安衛所吳世雄組長、成功大學黃慶連教授、元智工學院陳興義教授、台電張文英先生、台北技術學院李清吟教授等熱心指教，謹此誌謝。

參考文獻

- [1] 中華民國工業安全衛生協會，1994；"移動式起重機操作人員訓練教材"。
- [2] 行政院勞工委員會，1994；"勞工安全衛生設施規則"，行政院勞工委員會。
- [3] 連宇、鄧志淦、陳士麟、張志聲、沈弘彥、林財明，1994；"高阻抗故障偵測方法與人工故障測試"，第15屆電力工程研討會，台南；798-803。
- [4] Carr, J., 1981; "Detection of High Impedance Faults on Multi-Grounded Primary Distribution Systems", *IEEE Trans. on Power Apparatus and Systems*, Vol. PAS-100, No. 4: 2008-2016.
- [5] Huang, C.L., Chu, H.Y., and Chen, M.T., 1988; "Algorithm Comparison for High Impedance Fault Detection Based on Staged Fault Test", *IEEE Trans. on Power Delivery*, Vol. 3, No. 4: 1427-1435.
- [6] Chen, M.T., Chu, H.Y., Huang, C.L., and Wu, F.R., 1990; "Performance Evaluation of High Impedance Fault Detection Algorithms Based on Staged Fault Tests", *Electric Power Systems Research*, vol.20: 75-82.
- [7] Chu, H.Y., Chen, M.T., Huang, C.L., Chen, S.H., and Yen, S.H., 1990; "High Impedance Fault Tests on the Taipower Primary Distribution System", *Electric Power Systems Research*, Vol.20: 105-114.

A Study on Methods for Preventing Electric Shock Accidents about Mobile Cranes Touching High Voltage Power Lines

Chi-Jui Wu¹ Shih-Shong Yen¹ Wen-Yuan Su² Chang-Fa Yang¹
San-Yi Lee¹ Woei-Min Duh² Shun-Hsin Chiang¹ Jia-Haur Gu¹

¹ Department of Electrical Engineering, National Taiwan Institute of Technology

² Institute of Occupational Safety and Health, Council of Labor Affairs, Executive Yuan

Abstract

This paper examines the causes of electric shock events when mobile cranes accidentally touch high-voltage power lines, the methods for handling the accidents, and the strategies for avoiding those shocks. During the accident, it is ensured that the people in the cranes could not be electrically shocked, and this is proved by the Faraday Cage experiment. By test results of the coated wires, it is concluded that these wires can reduce electric shock events. When cranes touch power lines, it is hard to detect the fault current by the protection system in the substation. So the substation could not switch off power lines automatically. In order to prevent the electric shock events about mobile cranes touching high-voltage power lines, in the short term, operators should have operation qualification and emphasized electric safety training, and insulation tubes should be used. In the intermediate term, coated wires are suggested to replace naked wires. In the long term, the relays that can detect high impedance line-ground faults are required.

Key Words : electric shock event, mobile crane, preventing method, high voltage power line