



台電公司輸配 電系統三相不 平衡案 調查報告

監察委員：田秋堃、趙永清

簡報大綱

- 一、調查緣起、重點
- 二、調查作為
- 三、調查意見與理由

調查緣起

- 105.5.16** ● 核二廠2號機發生事故，陳謨星教授指出與三相不平衡有關。
- 106.6.5** ● 陳謨星教授於台電「電力系統不平衡改善小組」指出輸配電系統三相不平衡情形。
- 109.10** ● 台電提出「配電系統三相不平衡分析及諧波影響研究」委託研究報告
- 109.12** ● 台電提出「燈力併供變壓器對配電系統及用戶影響研究」委託研究報告。
- 110.4.9** ● 審計部將「三相不平衡」納入109年度中央政府總決算審核報告。
- 110.9.28** ● 本院立案調查。
- 111.8.16** ● 本院履勘台電公司臺北西區營業處配電調度中心(DDCC)、臺北供電區營運處化成配電變電所。

調查重點

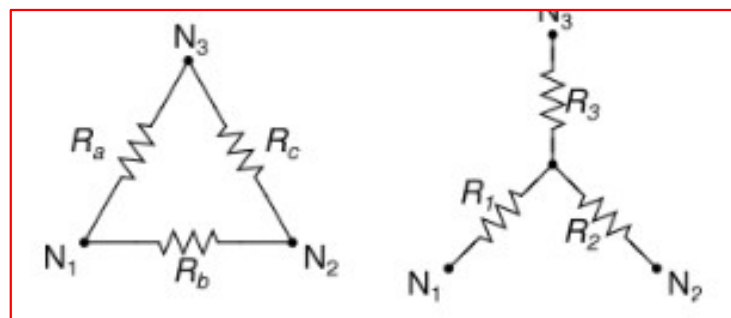
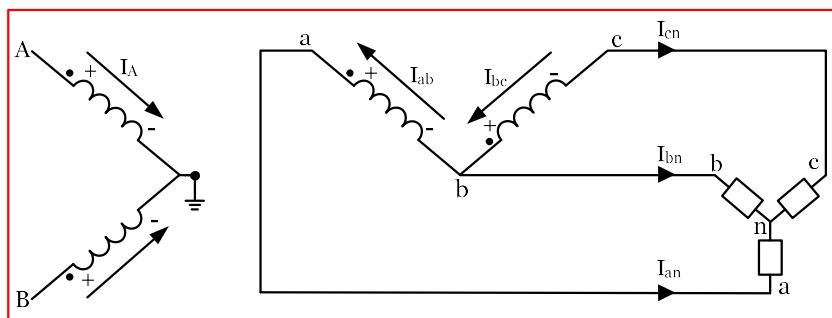
審計部109年度中央政府總決算審核報告：台電公司近三年(107~109)每年平均線路損失約為92.97億元。

- 三相不平衡是什麼？
- 三相不平衡會對用戶或電力系統造成什麼影響？
- 台電公司掌握不平衡情形
- 台電公司改善規劃



三相不平衡是什麼？

- 電力由發電機產出時即為A、B、C三相（相位互相差 120° ）的交流電。
- 電力由變壓器進入用戶，一般有三種接法，即V-V接、Y接、DELTA接
 - V-V接屬於較為克難的接法，使用兩具單相變壓器供電三相負載，較不平衡，但省空間。
 - Y接及DELTA接三相較平衡，但占空間(3座變壓器)
- 台電早期用電戶數及用電量較少，負載密度低，為節省變壓器投資及稠密地區節省空間，大量採用V-V接線。



電力系統三相示意圖

V-V接

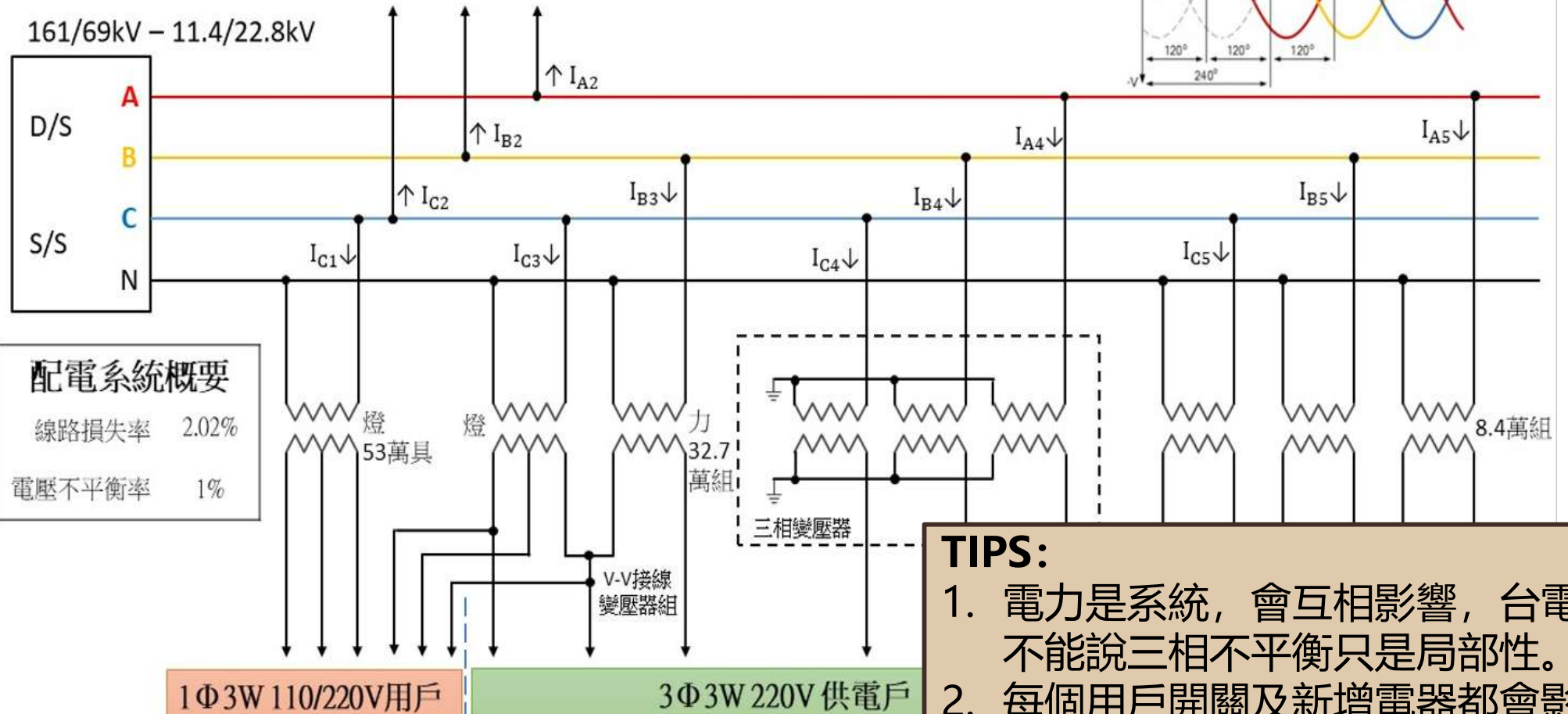
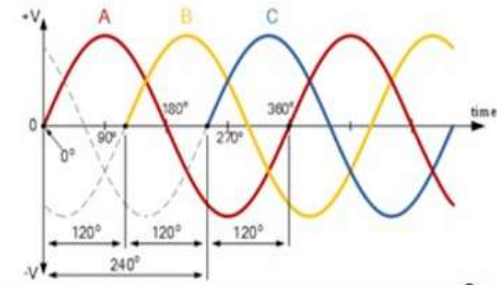
DELTA接

Y接

貳、電力系統單線圖

特高壓用戶：626戶
負載占比：32.4%

11.4/22.8kV 高壓用戶：25,453戶
負載占比：28.8%



TIPS:

1. 電力是系統，會互相影響，台電不能說三相不平衡只是局部性。
2. 每個用戶開關及新增電器都會影響三相不平衡率，台電不能說「三相本來就不可能平衡」，因為透過分析和模擬可達相對平衡。

三相不平衡會對用戶或電力系統造成什麼影響？

- 降低配電變壓器出力。
- 引起以負序分量為起動元件的多種保護發生誤動作，對電網安全運行有嚴重威脅。
- 變壓器絕緣過熱，嚴重時可能會出現燒毀的情況。
- 產生低電壓問題，無法保證用電安全。
- 電流不平衡度越大，線損增量也越大。
- 負序電流和零序電流的嚴重影響，引起旋轉電機的附加發熱和振動，危及安全運行和正常出力。
- 電動機中逆扭矩增加，震動加劇，電動機的溫度上升，能耗增加，元件老化。
- 通信系統會增大干擾，影響正常通信品質等。

調查作為

一、函詢

台電公司、中鋼公司

二、諮詢會議

111年2月8日請林惠民教授、林嘉宏教授、陳在相教授及陳朝順教授。

三、座談

- 111年7月28日

經濟部曾文生次長(確診視訊)、國營會與台電公司王耀庭總經理等，與林嘉宏教授、陳在相教授及陳朝順教授進行座談。

- 111年8月10日

台電公司王耀庭總經理等，與陳謨星教授、陳朝順教授及林嘉宏教授座談。

四、履勘

台電公司臺北西區營業處配電調度中心(DDCC)、臺北供電區營運處化成配電變電所，並與陳朝順教授及林嘉宏教授座談

調查意見與理由



監察院
REPUBLIC OF
CHINA
(TAIWAN)
THE CONTROL YUAN

調查發現：

- 一. 台電建置有「配電圖資管理系統」，然而委託研究並抽樣18座配電室，發現圖資和實際配接只有40%相別相符。
- 二. 過去台電沒有規定配接相別必須按圖操作，施工時均任意配接，因此相別混亂是全國性的。
- 三. 將影響智慧電網的監測效能及調度彈性。
- 四. 相別不符，可以透過「相別量測裝備」加以重新配接換相校正，本院調查前台電對於換相作業較為消極，調查後，台電已積極購置裝備進行換相。
- 五. 基於校正作業需停電，台電為避免頻繁影響用戶，規劃待例行停電、檢修、施工時附帶進行校正作業，無法預測何時可以完成全國校正。

調查意見一



結論：

台電公司過去配電作業未確實登載相別，配電圖資管理系統(DMMS)相別資料紊亂，相別量測設備數量亦有不足，粗估圖資正確率未達四成，致使配電施作時隨意配接相別而加劇三相不平衡，並使換相改善作業事倍功半，並嚴重影響未來智慧電網之推動，確有違失；台電公司雖已於110年6月將圖資正確性納入「台電公司配電系統饋線三相不平衡改善執行措施」，並於111年上半年採購相別量測裝置達43台，開始正視圖資正確性議題，然台電公司為供電穩定，須待饋線施工時方能進行換相作業，進度難以預期，亦難整體規劃，惟為因應強化電網韌性及再生能源併網等迫切需求，仍須積極進行圖資校正並訂定具體改善目標

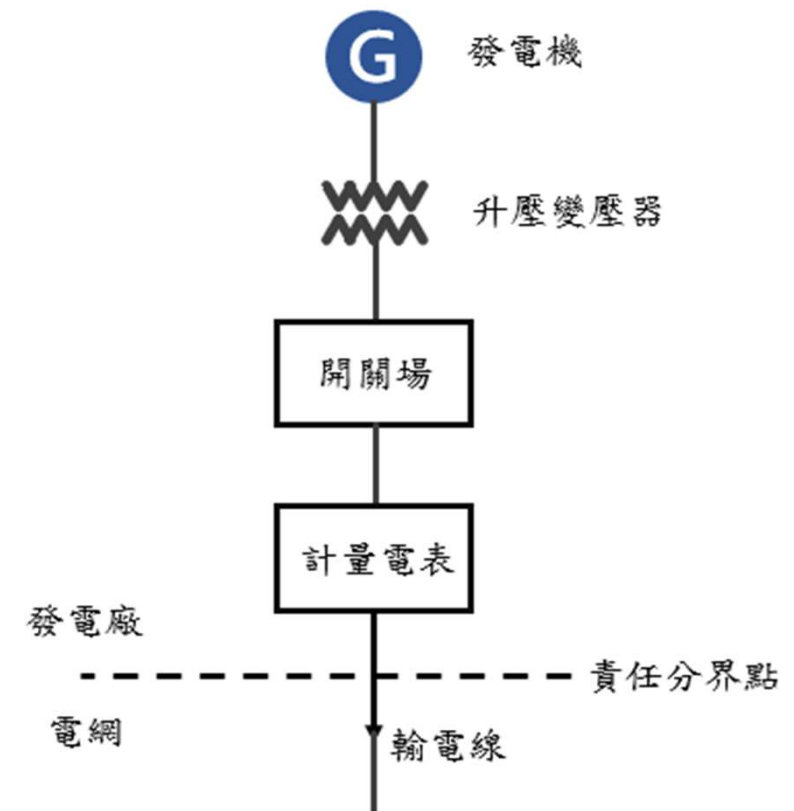
調查發現：

一. 台電計算我國電力的線路損失僅有4%不到，居於世界之首，真的嗎？

1. 林惠民教授：只要經過變壓就會有能量耗損，我國用那麼多變壓器，變壓那麼多層，哪有可能4%，又不是用超導體。
2. 我國特高壓及高壓用戶占用電量約6成，該等用戶電錶後之升降壓損失台電並未計算；換言之，台電僅以4成用戶的計算結果概括全國，線損勢必有所低估。
3. 發電廠升壓變壓器之損耗沒有被納入損耗計算，也是低估的原因之一。

二. 台電向審計部報告國內線損金額達92.97億元，卻並未說明計算方式的「馬腳」，有誤導決策之虞。

發電廠計量電表位置示意圖



第一次避重就輕

調查意見二

台電公司106-110年「電業年報」公布之線路損失率均小於4%，績效居世界前茅，稽其計算方式，係以淨發購電量減售電量、抽蓄負載、公司用電量、廠用電量(本廠其他機組供應)而來，惟由於高壓以上用戶之電表設於責任分界點用戶側，且發電廠淨發電量不含升壓主變壓器損失，故台電公司所稱全系統線路損失績效居世界前茅，並未包括特高壓、高壓以上用戶(占用電量6成以上)內線及電廠升壓主變壓器之損失，此般算法，未能真實呈現全系統線路損失，導致審計部因此低估線路平均損失金額（92.97億元），台電公司嚴重誤導決策，核有違失。



調查發現：

- 一. 台電：「我國三相不平衡率沒有超過3%」，真的嗎？
 - 一. 面對審計部詢問，台電僅以委託研究案的6個樣本數據說明沒有超過3%，而非全國性之統計或推估數據。
 - 二. 面對本院要求全國數據，台電說「24區處饋線數(條)總計10,143條，經查各區處變電所主變壓器一次側之三相電壓，無不平衡率大於3%之情形」，事實上台電在二次側及饋線出口的不平衡情形全未掌握。
- 二. 簡言之，台電根本無法掌握不平衡率之全貌，竟多次對外表示「沒有問題」，「很正常」。

第二次避重就輕

調查意見三



依ANSI(American National Standards Institute美國國家標準學會)C84.1規範，美國電氣製造商協會(NEMA)建議三相電壓不平衡率小於3%，然台電公司「配電調度控制系統」(DDCS)僅監控饋線出口之一相電壓，「饋線調度控制系統」(FDSCS)亦僅監控收集三相電流及部分電壓，迄未監控及掌握三相電壓不平衡率之全般情形，卻告知審計部24區處變電所主變壓器一次側之三相電壓饋線無不平衡大於3%情形，後續亦未更正，並於111年7月28日、同年8月16日赴監院約詢之簡報第3頁，載述配電系統電壓不平衡率僅1%績效甚佳，台電公司未確實掌握三相不平衡之嚴重程度，長期造成我國輸配電系統之電力損失，核有違失。

調查意見四：

- 一. 三相不平衡對於用戶馬達有什麼影響？台電說「三相電壓不平衡率1%~2%，對用戶之三相感應電動機損失約增加0.7%~0.86%，影響程度輕微」，卻未考量以下因素
 1. The influence of voltage unbalance on NEMA motor performance：電壓不平衡將產生6至10倍之不平衡電流，導致馬達運轉於更高溫度，線圈溫度不均勻(電壓不平衡5%，線圈溫度將上升50%)。
 2. 中鋼公司在三相馬達前加裝電子式保護電驛(EOCR)，偵測電流不平衡，並於馬達異常前跳脫電源，防止馬達損壞。
- 二. 台電對於三相不平衡的影響只著墨於電動機損失，避談對用戶馬達壽命減損更重要的溫升效應。
- 三. 陳在相教授：三相不平衡不改善，我們再怎麼推節能家電也節不了多少電，家電的馬達在還沒達到設計壽命就壞了，還造成環保問題。

調查意見四

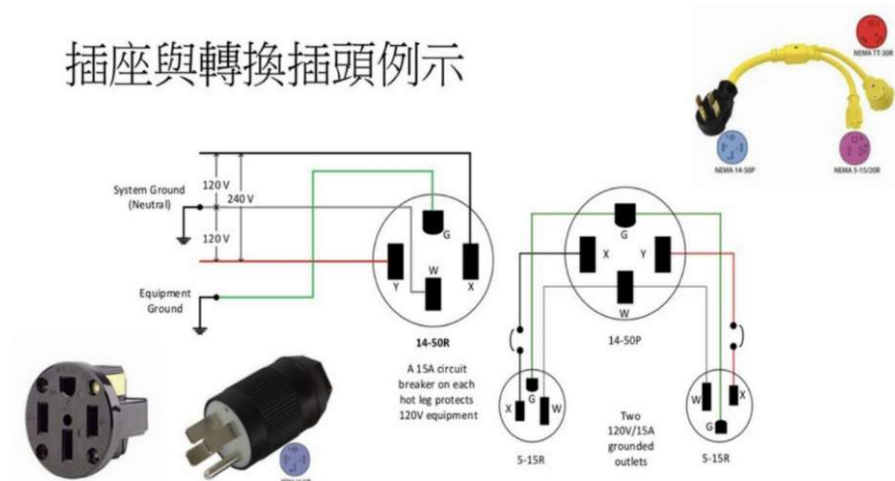


依美國國家電氣製造商協會(NEMA)MG1-2016標準，電壓不平衡將減損馬達之額定，且馬達溫升率為電壓不平衡率平方的2倍，每產生1%的電壓不平衡，就會產生6%至10%的電流不平衡，然本院函請台電公司說明配電系統電壓不平衡程度及影響時，該公司僅依據委託研究案研究內容之負載不平衡模擬結果，說明於電壓不平衡率2.2%下，馬達損失僅增加0.86%，闡述配電系統電壓不平衡程度影響輕微，核其作法，以研究案僅有模擬方式且數據過少卻概括全般情形，且未說明研究案電壓不平衡對馬達線圈溫升及額定減損之影響，考慮層面不夠周延，質言之，台電公司未充分重視電力品質精進，造成用戶設備壽限縮短以及節能商品政策效果不彰，更將於歐盟2023年實施碳邊境稅後遭到溢收，為推動國家永續發展，台電公司允宜積極加以檢討改進。

調查發現：

- 一. 供電系統中大型電廠產生電力後，需升壓至345仟伏特超高壓，即是為了降低傳輸線路損失。(按歐姆定律 $P = i^2 R$)
- 二. 我國一般家庭低壓用電仍採用110V供電，倘改為220V供電，電流減半，則線路損失將降為四分之一，減幅達75%。
- 三. 陳在相教授已有220V轉換方案，其特點
 1. 原有110V規格電器要使用多久都可以
 2. 技術上都沒有問題，今天就可以做
 3. 沒有因為插錯孔而產生危險的問題
- 四. 建議台電在適當配套及宣導下，全面升壓為220V。

插座與轉換插頭例示



調查意見五

按歐姆定律，線路損失與電流平方成正比，適當升壓不失為降低線路損失之有效方法，然我國家庭照明及電器仍使用110V供電，允宜參照韓國作法，在適當配套下，透過全面升壓為220V能降低負載電流，除達成節能目的以外，亦能促成淨零碳排目標儘速達成。



調查發現：

- 一. 三相不平衡定義，主要分為「真定義」(True Definition)、**「NEMA 定義」**及「IEEE 定義」三種。
- 二. 陳在相教授：大家討論不平衡率多少，事實上不平衡率的定義有很多種，**各種不平衡率定義所能表達的物理意義並不相同**，是以在探討不平衡或其產生的問題之前，應先釐清或指明所使用的是哪一種定義。
- 三. 台電在「電業供電電壓及頻率標準」及「配電系統饋線三相不平衡改善執行措施」都沒有對三相不平衡率進行規範或定義，應檢討改善。

定義	公式
真定義	$\% \text{VUF} = \frac{\text{negative sequence voltage component}}{\text{positive sequence voltage component}} \cdot 100.$
NEMA 定義	$\% \text{LVUR} = \frac{\text{max voltage deviation from the avg line voltage}}{\text{avg line voltage}} \cdot 100.$
IEEE 定義	$\% \text{PVUR} = \frac{\text{max voltage deviation from the avg phase voltage}}{\text{avg phase voltage}} \cdot 100.$

調查意見六

結論：

三相電壓不平衡率定義，可分真定義、NEMA(美國國家電氣製造商協會)定義及IEEE(電機電子工程師學會)定義等多種，惟我國「電業供電電壓及頻率標準」及台電公司所訂定「配電系統饋線三相不平衡改善執行措施」，迄未律定三相電壓不平衡率，後者，亦未說闡明降低中性電流對三相電壓不平衡率之改善效果，允宜檢討。



處理辦法

- 一. 調查意見一至三，提案糾正台電公司。
- 二. 調查意見四至六，函請台電公司確實檢討改進見復。
- 三. 調查意見一至六，函請審計部依法處理。

簡報結束
敬請指教



監察院
REPUBLIC OF
CHINA
(TAIWAN)
THE CONTROL YUAN