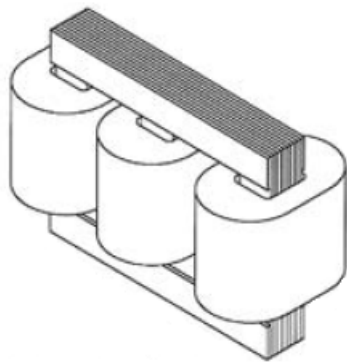


TECHNICAL NOTE

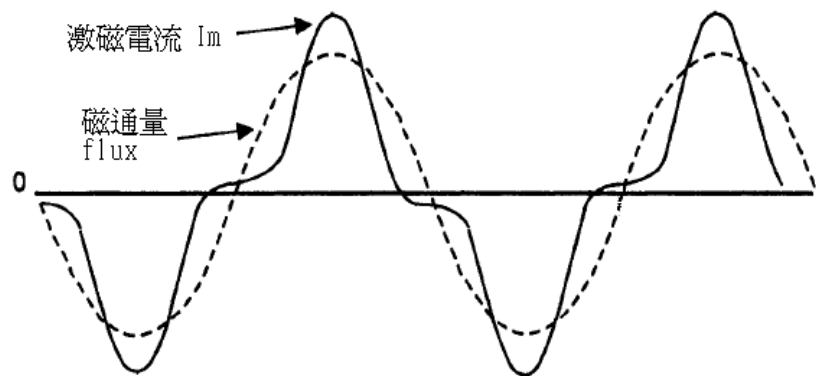
Subject :

三相變壓器接線 Y-Y (Wye-wye connection of Potential Transformer)

比壓器(Potential Transformer)，本文以下簡稱 PT，三相 PT 所使用之接線方式可為 Y-Y，V-V， Δ - Δ ，以上之接線方式主要是為了避免產生相角差，較常使用之接線方式則是 Y-Y，可獲得一次側電壓之正確比例電壓值(三相電壓)，而且相角也能夠確實比例至二次側。但是 Y-Y 並未提供零序阻抗路徑，正確的說法應該是有極高的零序阻抗 (**Zero-Sequence Impedance**)，三相變壓器如果是內鐵式(Core Type)，或者是三個單相變壓器所組成，其零序阻抗都很高，三次諧波無法正常流通，僅能透過空間磁通經過機體外箱形成迴路，一次側電源若為正弦波電壓，變壓器鐵芯在二次側也必須出現等比例之正弦波電壓值，然而變壓器之激磁電流必然含有三次諧波，如下圖：



Core Type Transformer



Sine-waved flux and distorted exciting current

由於三次諧波存在於每一相，而且三次諧波彼此之間並無相角差(0)，必須提供一個低阻抗給三次諧波，此低阻抗可以是磁路(四臂鐵芯或五臂鐵芯)，也可以是電路(變壓器 Y 接線並將中性點接地)，此低阻抗必須足以形成三次諧波之循環迴路(Circulation loop)，可稱為變壓器零序阻抗，歸納出以下兩種情形：

CASE I： 高零序阻抗如 Y-Y 接線，相電壓含有三次諧波約 30%~60%(依照鐵芯飽和曲線而有不同)，線電壓則量不到三次諧波。

CASE II： 低零序阻抗如 Y- Δ 接線，相電壓與線電壓都不含三次諧波電壓，但是三角接繞組(Winding)形成三次諧波環流，其大小值是每相三次諧波電流的三倍。

依據以上說明，在電壓測量時，若 PT 採用三相 Y-Y 接線時，若是電表使用 3 ϕ 4W 之方法，會測量出相電壓之三次諧波電壓，若改用 3 ϕ 3W 之方法則測量不到三次諧波電壓。

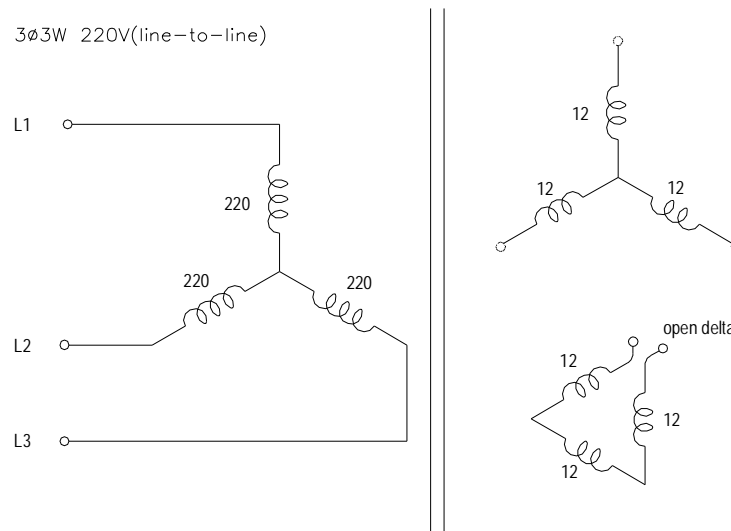
TECHNICAL NOTE

Subject :

三相變壓器接線 Y-Y (Wye-wye connection of Potential Transformer)

實測數據：

以單相三繞組變壓器，一次側 Y 接線不接地，二次側 Y 接線不接地，三次側開三角接線(未構成低零序阻抗)，電源為 3phase 3Wire 220V(L-L)，接線圖如下：



Three winding single phase transformer with turn ratio: N1=220V, N2=12V, N3=12V

電源電壓為 220V 正弦波，三相三線式非接地系統，

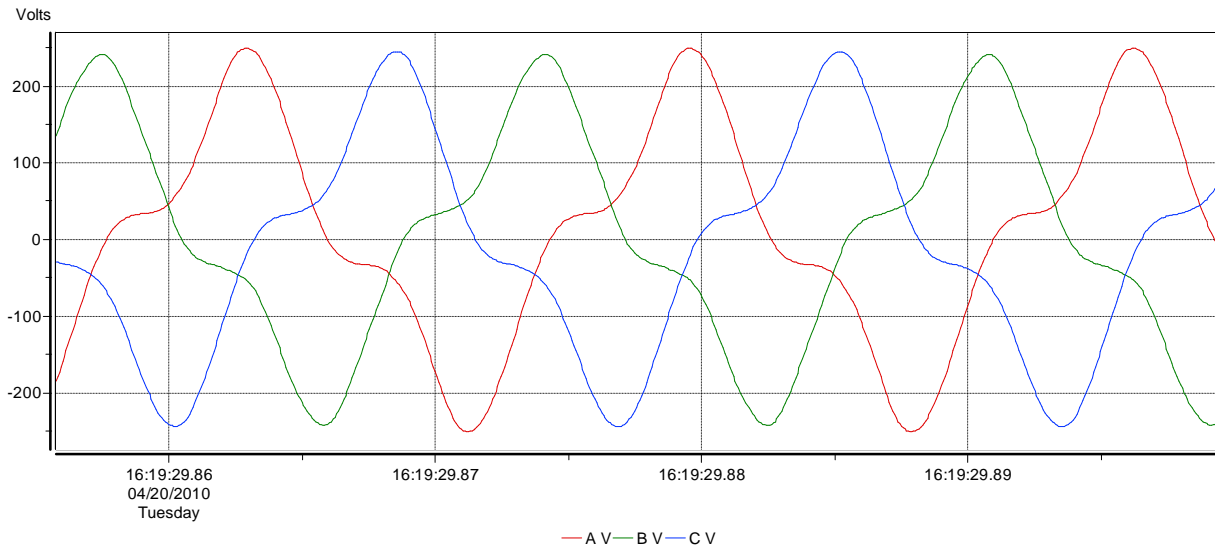
- I 變壓器一次側中性點不接地，二次側中性點也不接地，三次側開三角，如此在一次側相電壓與二次側相電壓皆含有三次諧波，然而一次側與二次側線電壓則無三次諧波。
- I 變壓器一次側中性點不接地，二次側中性點也不接地，三次側則改成三角接(Delta)，如此一來，一次側相電壓與二次側相電壓都沒有三次諧波，同時線電壓也無三次諧波。
- I 三次側作為三角接時，其極性必須注意，如有任一相反接，會產生極大短路電流，通常閉合之前可測量其開路電壓，正確接法其基本波電壓應為 0V，當一次側為星形接法時，檢查開路電壓會有一點麻煩，因為各相三次諧波電壓的總和(3xU_o)出現在開路電壓，必須注意此狀況，若有諧波分析儀就可以輕易判讀開路電壓是否正確。
- I PT 通常不會有第三繞組，因此電表如果使用 4 線式測量時，相電壓可以量到三次諧波，線電壓則無，因而電壓諧波失真比較高，相電壓之三次諧波乃是 PT 激磁電流所引起，三次諧波電壓值依其鐵芯磁滯迴路飽和點而定，將電表設定成三線式測量可正確顯示諧波電壓數值。

TECHNICAL NOTE

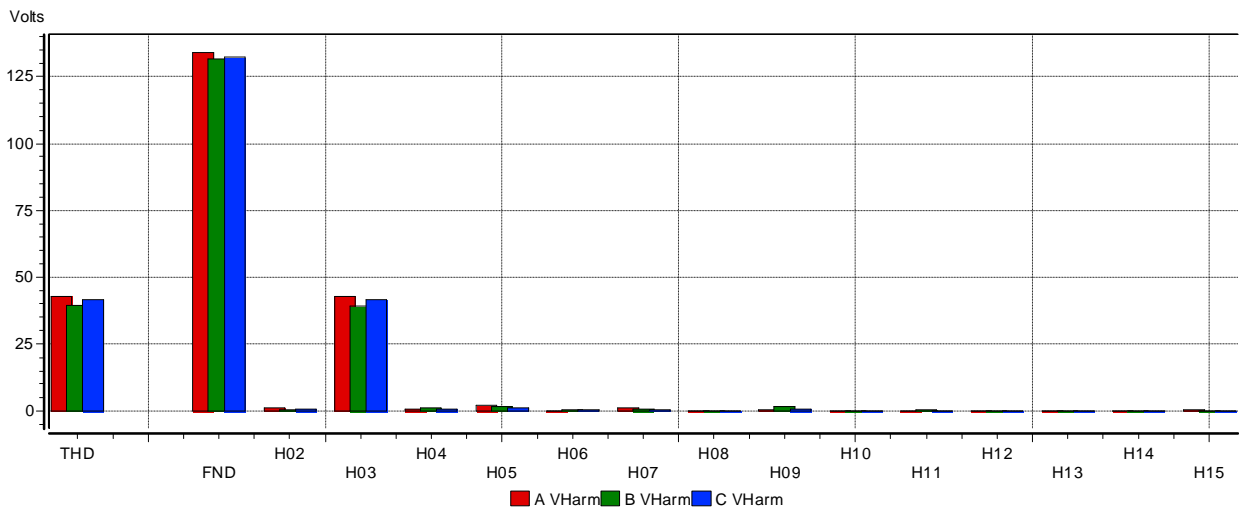
Subject :

三相變壓器接線 Y-Y (Wye-wye connection of Potential Transformer)

變壓器一次側相電壓含有三次諧波電壓 30%，基本波 60Hz 電壓為 134V, 132V, 132V，三次諧波(Hz)電壓分別為 42.9V, 39.3V, 41.5V，電壓波形與其對應之諧波頻譜圖如下：



Waveform harmonics

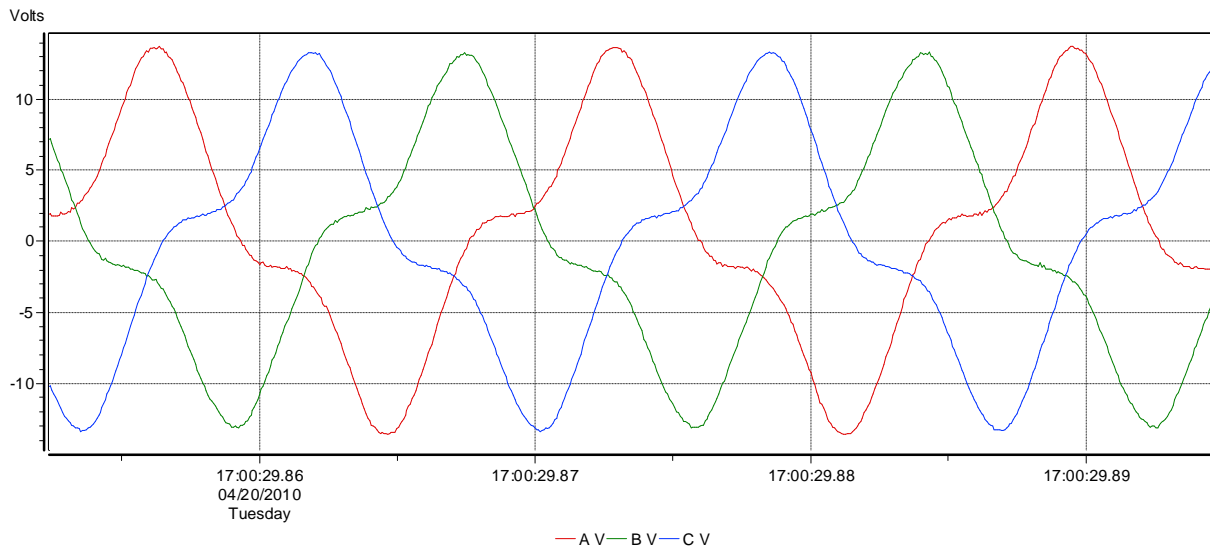


TECHNICAL NOTE

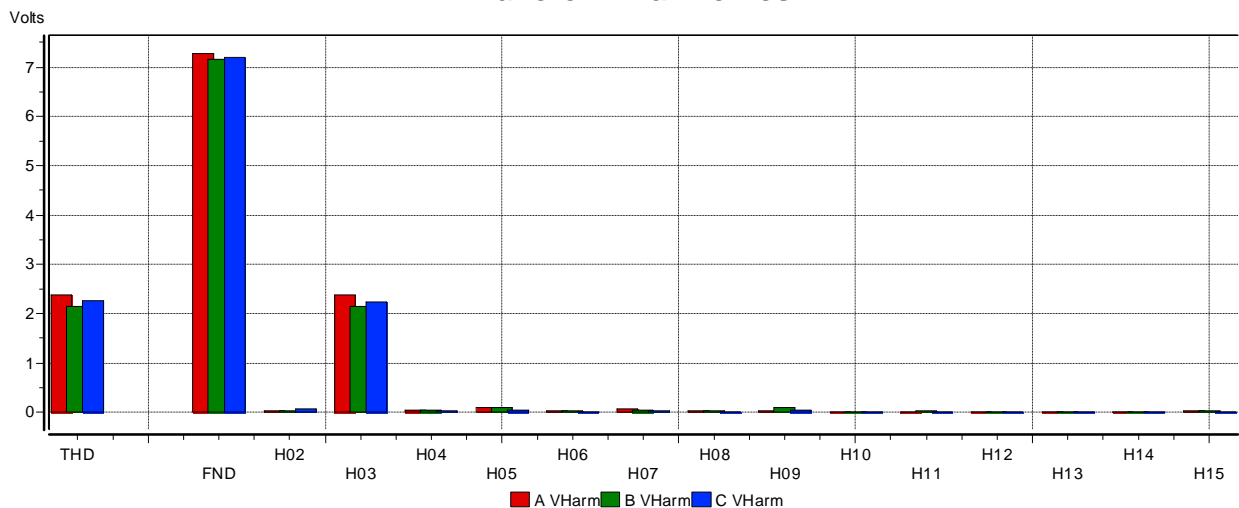
Subject :

三相變壓器接線 Y-Y (Wye-wye connection of Potential Transformer)

變壓器二次側相電壓同樣含有三次諧波 30%，基本波 60Hz 電壓為 7.27V, 7.15V, 7.19V，三次諧波(Hz)電壓分別為 2.38V, 2.14V, 2.24V，電壓波形與其對應之諧波頻譜圖如下：



Waveform harmonics



TECHNICAL NOTE

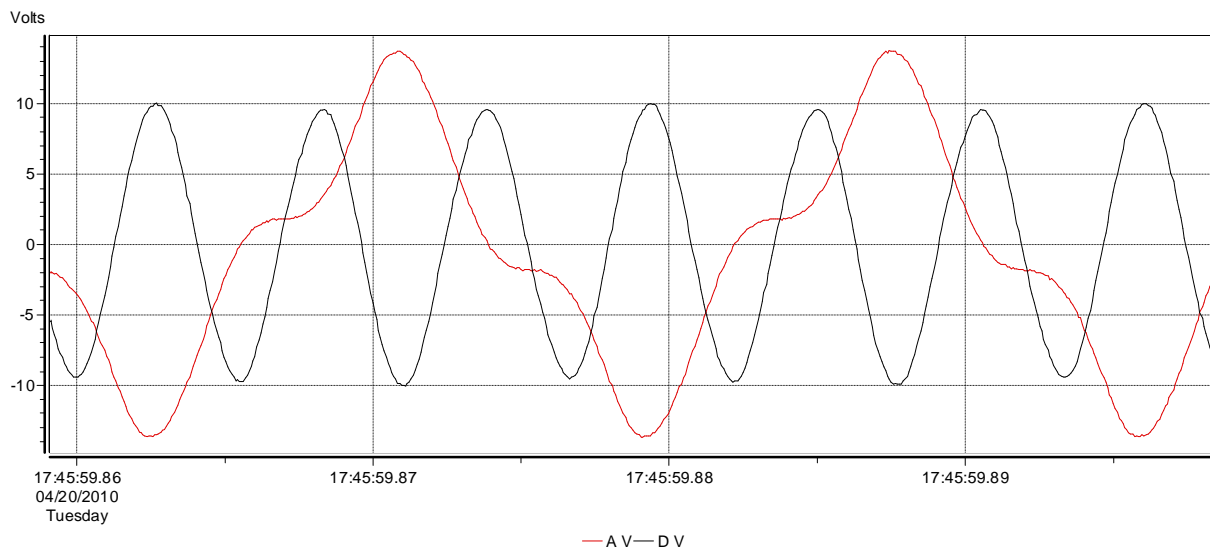
Subject :

三相變壓器接線 Y-Y (Wye-wye connection of Potential Transformer)

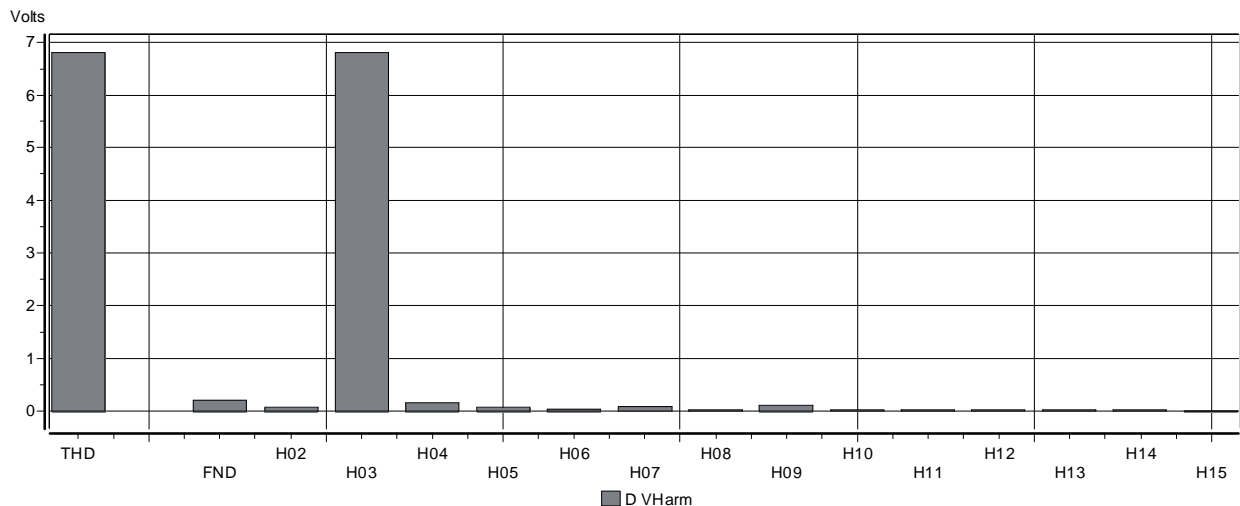
同時測量三次側開三角之開路電壓，基本波 0.2V，三次諧波為 6.80V 。

AV= Phase L1 (加入 phase L1 波形作為頻率之比較)

DV=open delta voltage



Waveform harmonics

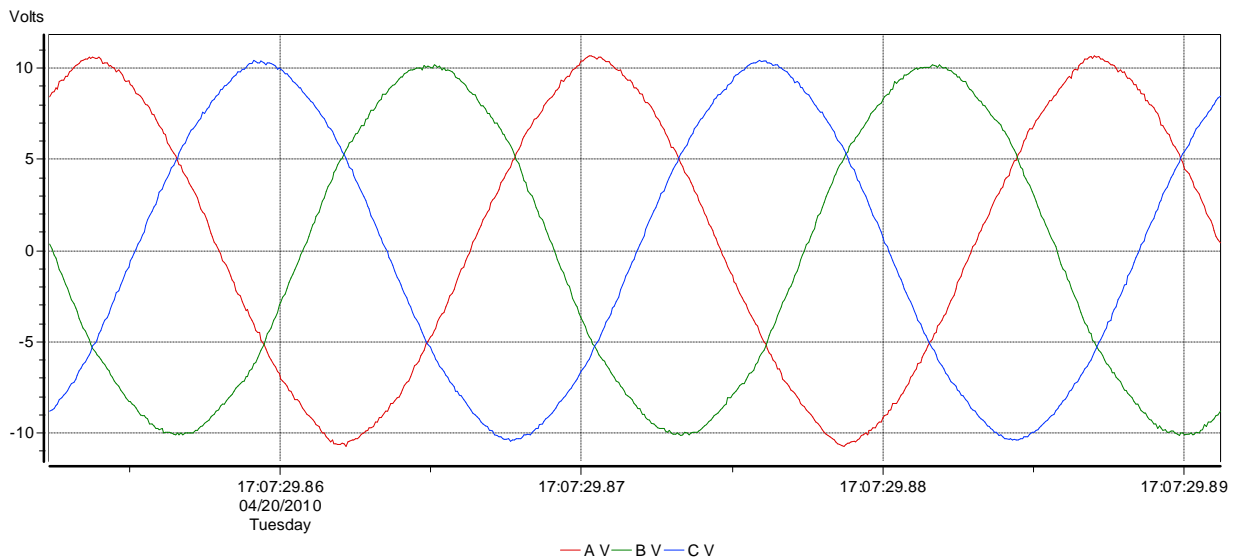


TECHNICAL NOTE

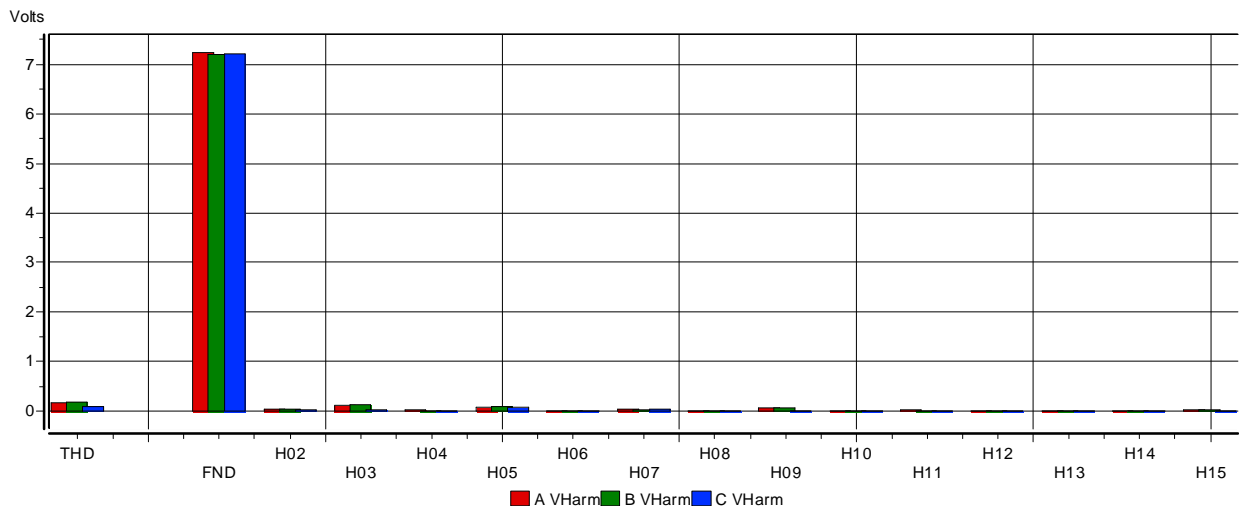
Subject :

三相變壓器接線 Y-Y (Wye-wye connection of Potential Transformer)

若將三次繞組連接成爲三角接線，則形成低零序阻抗，變壓器接線形成 Y-Y- Δ ，三次諧波電流在三次繞組構成迴路，此時再來測量二次側相電壓，發現三相之各相電壓之三次諧波已經下降非常低，總諧波失真率(THDv)也就降低非常多。



Waveform harmonics



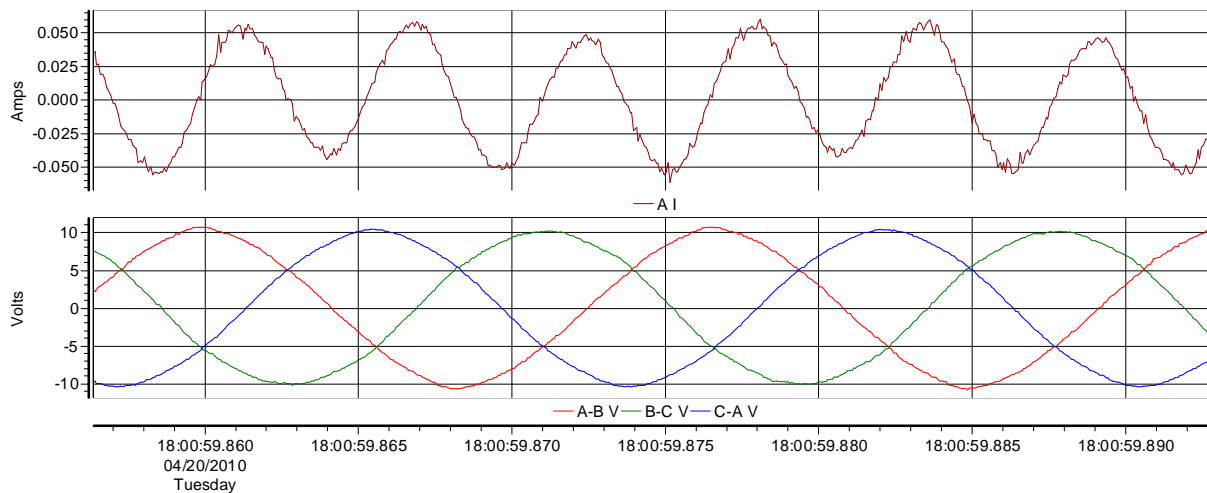
TECHNICAL NOTE

Subject :

三相變壓器接線 Y-Y (Wye-wye connection of Potential Transformer)

觀察三次側(Delta)之電流，僅有三次諧波電流在繞組內循環，此電流於不平衡條件下也具有穩定電壓之作用，故第三繞組通常也稱為安定繞組(stabilized winding)

Event Details/Waveforms



Waveform harmonics

