



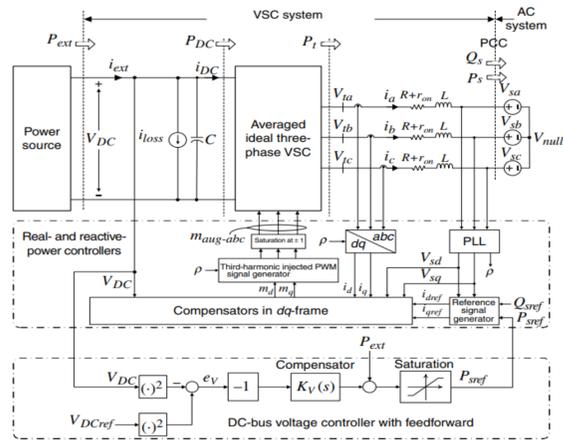
# 併網與離網模式下VSC系統之建構與模擬研究

學生：鄭秉和、吳品逸 指導教授：吳元康 (再生能源與電力系統研究室 540)

## Abstract

隨著太陽能、風能等分散式能源 ( DERs ) 的不斷增長，現代電力系統的穩定性和控制面臨重大挑戰。電壓源轉換器 ( VSC ) 技術作為有效且靈活的能源轉換解決方案，在電網連接或是獨立系統中發揮了重要作用。本專題建構並比較了兩種VSC的運行模式：電網頻率控制的VSC系統 ( Grid-imposed Frequency VSC System ) 與自主頻率控制的VSC系統 ( Controlled Frequency VSC System )。在電網頻率控制的VSC系統中，轉換器依據電網頻率和相位進行同步，該控制適合併網應用；而自主頻率控制的VSC系統則可獨立運行並調節輸出頻率，適合離網或微電網環境。

## Grid-imposed Frequency VSC System



圖一 Schematic diagram of a grid-imposed frequency VSC system.

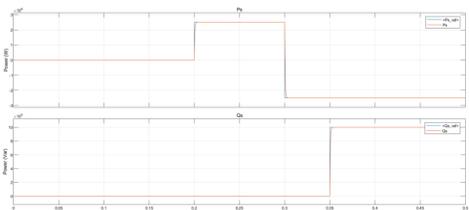
圖一為grid-imposed frequency VSC system之示意圖。在併網模式下透過實功和虛功控制器產生的調變訊號(modulation signals)來控制VSC內部的開關操作，進而調節VSC交流側的輸出電壓 $v_t$ 和電流 $i$ ，達到控制輸出功率的作用。並透過Phase-locked loop (PLL) 追蹤電網電壓的頻率和相位，使VSC輸出的電壓與電網的電壓頻率和相位保持一致。

式(1)描述了VSC交流側電壓 $v_t$ 與調製訊號和直流側電壓 $V_{DC}$ 之間的關係，其中 $m$ 為PWM之調變度。在傳統PWM中調變度的上限為1，本專題改良傳統PWM，透過第三次諧波注入PWM (Third Harmonic Injected PWM)之技術，提高了調變度的上限到1.15，從而提高輸出電壓。

$$v_t = m \frac{V_{DC}}{2} \quad (1)$$

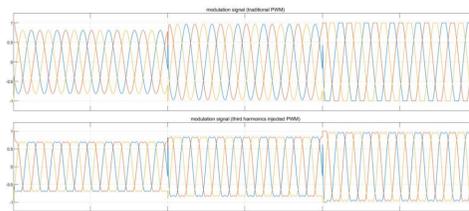
若VSC直流側接的是一般功率源，如太陽能光伏系統或燃料電池，其輸出的電壓和功率可能會隨著外部條件(如日照強度或溫度)的變化而波動。透過DC-bus 電壓控制器可以確保直流側電壓維持穩定。

## Simulation



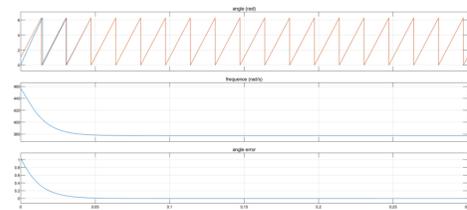
圖二 VSC輸出之實功和虛功

- 實功和虛功控制器可以調節VSC輸出設定的功率。



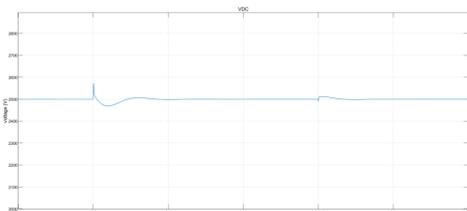
圖四 傳統PWM與第三諧波注入PWM產生的調變信號

- 傳統PWM可能會因為調製度達到飽和而無法輸出理想電壓，第三諧波注入PWM可以改善此情形，提高交流端電壓輸出的上限。



圖三 VSC輸出的頻率和相角

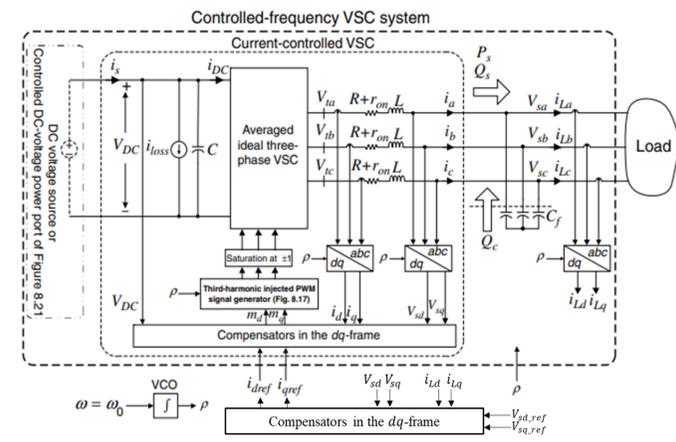
- 透過PLL，可使VSC輸出的電壓與電網頻率和相位保持一致。



圖五 VSC直流端電壓

- 當功率源輸出功率改變時(t=0.1s、t=0.5s)直流端電壓會產生變化，透過DC-bus 電壓控制器可以維持直流端電壓的穩定。

## Controlled Frequency VSC System



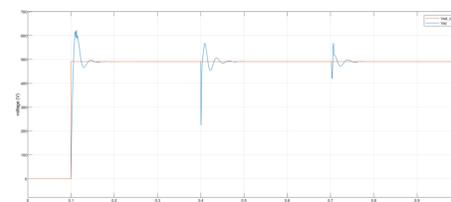
圖六 Schematic diagram of a controlled frequency VSC system.

圖六為controlled frequency VSC system之示意圖。在離網或孤島模式下，少了穩定的電網支持，VSC需自主調節輸出的電壓振幅與頻率。透過voltage controller產生的調變訊號來控制VSC內部的開關操作，進而調節VSC交流側的輸出電壓 $v_t$ 和電流 $i$ ，可達到控制輸出電壓的作用。與併網模式不同的是，VSC輸出電壓之頻率由自身控制系統設定和維持，不受外界電網的影響，可以持續輸出穩定的頻率。

同樣的，我們也可以透過Third Harmonic Injected PWM之技術提高VSC交流端輸出電壓之允許值。以及透過DC-bus 電壓控制器，以維持VSC直流端電壓的穩定。

圖一與圖六架構上最主要的差異在於有無PLL，由於併網模式下VSC輸出之電壓必須與電網端頻率和相位保持一致，故PLL在此模式下扮演非常重要的角色。而在離網模式下，VSC則可以透過自身控制維持輸出的電壓頻率。

## Simulation



圖七 VSC輸出之電壓

- 電壓控制器可以控制VSC輸出預設的電壓，即使當負載發生變化(t=0.4s、t=0.7s)，也可以迅速調節回設定的電壓值。

## Conclusions

本專題成功建構了grid-imposed frequency VSC 和 controlled frequency VSC 系統，並進行多種情境下的模擬分析，結果顯示grid-imposed frequency VSC系統能快速同步電網頻率，適合於大規模電網中的穩定運行。Controlled frequency VSC 系統能夠自主調節頻率與電壓，具備更高的靈活性，適合微電網或孤島模式下的運行。未來研究方向將整合這兩種控制技術，實現更高效的能源轉換與管理，提高電力系統的穩定性以及靈活性。