

離島智慧電網案例報導

義守大學講座教授/陳朝順 健格科技股份有限公司董事長/李坤鍾 健格科技股份有限公司副總經理/林志慶 南臺科技大學教授/許振廷 高雄科技大學教授/林嘉宏 高雄科技大學副教授/辜德典

關鍵字:智慧電網、智慧變流器、能源管理系統、專家系統控制決策、綠能發電平滑 化、削峰填谷

緒論

離島智慧電網主要目標在於導入綠能高 佔比並提升獨立電網之穩定運力,但由於風 力與太陽光電受到風速與日照度等氣候環境 因素的影響,其發電變化相較不穩定,此外 離島電力系統規模較小,其轉動慣量相對 較低,當再生能源佔比逐漸增加時,其間歇 性發電特性將對離島電力系統造成極大的衝 擊,導致系統頻率及電壓變動過大,甚至可 能影響柴油發電機組的運轉安全,如果離島 系統規劃調度不當,更容易造成發電機組跳 脫而造成全島大停電事故[1]。

國內澎湖、金門、馬祖、七美、望安、 綠島等離島獨立電力系統,目前皆以柴油發 電機組為主要供電來源,除了會增加二氧化 碳排放外,由於燃油昂貴,更造成台電嚴重 的營業虧損。因此必須根據離島再生能源發 電潛力與系統運轉條件限制,規劃最佳化再 生能源發電配比,同時考慮綠能發電變動及 可能的系統大型擾動,建置適當容量與具備 先進控制功能的儲能系統,強化柴油發電機 穩定運轉能力,並進一步提升離島再生能源 滲透率。

目前一般離島或偏鄉微電網為降低發電 成本而導入大量再生能源,但必須應用綠能 發電系統之輔助服務功能,於系統正常運轉 時,藉由最大功率追縱控制(MPPT)以充份 利用太陽光電及風能,並能配合電力系統運 轉需求,執行虛功與實功輸出之即時調控輔 助服務功能,而提升再生能源發電系統之可 控性,並利用儲能系統於白天將多餘太陽光 電加以儲存,於晚上尖峰用電時段放電而達 到削峰填谷之目的。針對綠能發電因天候突



然變化造成發電量之突升或突降,由於柴油 發電機配合升降載能力不足,造成系統電壓 頻率供電品質劣化及柴油發電機安全運轉, 藉由儲能系統之慢充慢放而維持綠能發電之 平滑化功能,將可改善柴油發電機之運轉效 能與安全。

當電力系統發生發電機或大型綠能發電 系統故障跳脫時,則必須考慮在線運轉發電 機組、儲能系統及綠能系統之響應能力,藉 由專家系統快速決定儲能系統低頻觸發之放 電功率,甚至須導入反應型需量反應,以確 保離島電網在大型擾動後,系統具備足夠自 我恢復能力(resiliency)而能維持系統電壓 及頻率之穩定。 在台電公司全力配合協助下,科技部能 源國家型計畫已成功建置七美離島綠能高佔 比智慧電網示範系統[2],其中包括大型太陽 光電系統及儲能系統,並導入PV智慧變流 器及開發儲能系統控制器與輔助服務調控功 能,研發綠能高佔比獨立電網先進整合控制 技術,並配合台電完成智慧電網應用功能之 測試與驗証[3,4]。

二、七美島電力系統架構 [3]

澎湖七美島人口3千人,土地面積6.9平 方公里,全年用電量約800萬度,圖1為七美 電力系統架構圖,七美電廠共有4部1,000 kW 柴油發電機,產生電力並升壓為3.2 kV後供



圖 1 七美島電力系統架構





圖 2 七美島夏季日負載曲線圖

電給配電網,由於使用輕柴油發電,每度發 電成本高達13元,導致台電每年營運損失超 過1億元。圖2為七美島及三條饋線供電量之 夏季日負載曲線,晚上8 pm尖峰用電達1,520 kW,離峰用電則約1,100 kW,冬季系統用電 量為700 kW與1,100 kW之間。輕載時段運轉 一部發電機,當負載量超過800 kW時,則啟 動兩部發電機。為降低七美島發電成本,於 七美綠能園區建置355 kW太陽光電系統,全 部採用具備自主調控機制之智慧變流器,當 併接點電壓超過1.05 pu時智慧變流器會自動 調整功因而吸收虛功以降低電壓,當功因已 調降至0.9且電壓超過1.09 pu時,則採自動降 載以避免變流器因過電壓保護而跳脫。另外 PV變流器亦具備過頻降載功能,當頻率超過 設定值60.4 Hz時,每超過1 Hz則調降PV系統 發電量40%,圖3為變流器過頻降載於七美實 測結果。為避免綠能併網對七美電力系統之 衝擊,並提升系統自我防禦能力,科技部分 二期建置儲能系統,#1儲能系統可同時支援 快速放電與慢速放電功能,其最大功率輸出 限制在300 kW(1C),#2儲能系統則採慢充 慢放模式運轉,藉由D/D限制其最大放電功 率為180 kW(0.6C)。此二套儲能系統共用一 套容量為500 kW之PCS與電網併聯作交直流 功率轉換,其容量可達500 kW。本文則研發 PCS控制器,內建低頻快速放電以強化系統 暫態穩定度,並配合系統淨負載曲線,作儲 能系統慢充慢放功能,達成削峰填谷與緣能 發電平滑化功能。





圖 3 智慧變流器過頻降載測試

三、七美能源管理系統(EMS)[5-8]

為強化七美電力系統運轉能力及維持良 好之供電品質,本研究團隊於七美電廠內建 置一套離島智慧電網主站系統。除收集柴油 發電機運轉資料與饋線供電量,並可透過光 纖通訊網路與台電綠能園區連線,收集PV案 場及儲能系統之運轉資訊,同時可配合系統 運轉情境,執行各種應用功能及調控決策之 推導並下載至PV案場智慧變流器及儲能系統 PCS控制器。另外根據系統負載量及綠能發 電量預測值所產生之系統淨負載曲線,決定 每小時之儲能系統儲存電能量(SOC)與對 應之充電量與放電量,達成削峰填谷以提升 系統負載因數及經濟調度而降低柴油發電機 之發電成本。

七美能源管理系統整體架構圖如圖4所 示,其中七美發電廠之柴油發電機、PV系 統與儲能系統,則透過光纖通訊環路與EMS 主站連線,以執行SCADA及系統應用控制 功能。主站系統包括工作站及資料伺服器主 機,柴油發電機及配電饋線之電力參數則藉 由DTU端末單元加以收集,並以Ethernet網路 回報EMS主站儲存於資料庫。七美台電綠能 園區之太陽光電、風力發電及儲能系統之運 轉狀態,亦回報給EMS控制主站,EMS控制 主站內建各種系統調度運算軟體,可根據電 網架構、負載及綠能發電系統運轉狀態之變 化,推導系統控制決策,支援發電機負載頻





圖 4 七美能源管理系統(EMS)架構圖



圖 5 七美電網光纖通訊系統架構圖

系統光纖通訊系統架構圖,EMS主站藉由光 纖環路與主要電力系統元件之資料端末單元

率控制(LFC)、儲能系統充放電控制與綠能 智慧變流器之功因與實功調控。圖5為EMS



(DTU) 作連結。

EMS控制主站執行應用軟體、資料儲存、編輯及其他各種介面軟體,電力系統、 綠能發電與柴油發電機整合調度控制,另外 EMS系統支援儲能系統最佳化充放電應用功 能,並配合綠能發電運轉之情境,執行綠能 發電平穩化,系統頻率穩定控制、經濟調度 控制、儲能系統最佳充放電控制、總能發電 輔助服務控制及因應大型擾動之特殊防禦系 統,以確保綠能充份應用及提升離島供電品 質。圖6所示為EMS系統所顯示之系統運轉電 腦畫面。

四、七美電網暫態穩定度分析 [9]

離島電網因規模及慣量相對較小,大型 事故擾動如發電機、PV案場跳脫或線路故 障,容易造成系統頻率快速下降全島大停 電。本文利用柴油發電機與調器及激磁控制 系統等效數學模型,並考慮儲能系統反應速 度與控制系統,執行七美電力系統暫態穩定 度分析,以推導最佳化系統整合系統控制 策略。

(一) 柴油發電機控制系統模型參數

七美發電系統主要由七美電廠四部柴油 引擎發電機並聯發電所組成,發電機之激磁 系統與調速系統數學模型分別如圖7與圖8 所示,其中調速機型式為Woodward UG10 與UG8。由於雙湖饋線RB02在裝設355 kWp 太陽光電系統後,有時會發生逆送電力的現 象,但考慮系統日負載曲線,柴油發電機組 之電力輸出仍可維持在最低發電量限制值 以上。



圖 6 七美微電網 EMS 監控系統





圖 7 激磁機控制模型圖



圖 8 調速機 (Droop) 控制模型圖

(二)七美儲能系統(BESS)及控制系統 參數。

儲能系統由於利用電力電子為基礎之 PCS作為電池充放電模式與功率輸出之控 制,相較於傳統旋轉發電機藉由負載頻率控 制(LFC),儲能系統執行實功與虛功之調 控[10-15]。七美儲能系統分兩期建置,第一 期BESS(300 kWh)兼作慢充慢放及快速放 電控制,而第二期BESS(300 kWh)則採慢 充慢放控制,此種混合式架構除滿足最大放 電功率需求外,亦能延長電池之使用壽命。 七美儲能系統之控制方塊圖與參數分別如圖 9與表1所示。儲能系統使用兩個控制模式, 分別為頻率控制與定功率控制,定功率控制 主要執行儲能系統慢充慢放功能,達成綠能





圖 9 儲能系統控制方塊圖

(sec)	0.065
K _p	100
K _I	15
P _{min} (pu)	-1
P _{max} (pu)	1
Δf_{min} (pu)	0.992
Δf_{max} (pu)	1.003

表1 參數電池儲能系統控制模型參數設定值

平滑化及系統淨負載曲線之削峰填谷而提升 系統負載因數化。頻率控制主要執行儲能系 統低頻觸發緊急放電功能,以維持電力系統 在大型擾動後回復穩定運轉之能力,於頻率 控制模式中設定系統頻率變化Dead-Band, 當系統頻率在59.5 Hz與60.2 Hz之間變動時, BESS將不執行輸出功率之調控,以延長電池 使用壽命,並藉由PI控制器確保系統在進入 穩態時可以達到頻率零穩態誤差。

為驗證柴油發電機的數學模型和BESS的 充放電控制響應,本文進行七美儲能系統充 放電現場測試,藉由改變BESS充放電模式, 量測系統頻率變化,並應用柴油發電機模型,調整控制系統參數,確保模擬結果和七 美電網在上述擾動時之系統頻率一致。圖10 顯示儲能系統於0.5秒時從原先60 kW放電切 換成60 kW充電模式,隨著BESS功率輸出突 然變化120 kW,系統頻率快速降低,並在1.0 秒降至最低值59.1 Hz,BESS從放電到充電 的轉換過程僅需要0.2秒,其輸出功率響應遠 較一般旋轉發電機更為快速,因此儲能系統 之實功調控對於離島電網之穩定運轉極為重 要。本文同時為利用七美柴油發電機參數及 控制方塊圖,進行電腦模擬與實測之系統頻 率響應作比較,充份分析儲能系統充放電模 式變化所造成之系統頻率並驗証柴油發電機 參數之準確性。

五、PV 系統故障跳脫之系統暫態分析

本文考慮七美電力系統在夏季尖峰時段 有兩部柴油發電機投入運轉且應用儲能系統 作緊急放電控制,探討PV系統突然故障之系 統暫態穩定度分析,以檢視綠能系統跳脫對 七美電力系統之衝擊。故障發生前系統負載





圖 10 儲能系統之充放電響應模擬對照圖



圖 11 頻率響應曲線圖

量為1530 kW, PV發電量為284 kW, 系統低 頻卸載設定為57.3 Hz。 圖11為電力系統發生故障擾動之頻率響應,圖12為柴油發電機組之機械功率響應曲









圖 13 儲能系統輸出功率響應曲線圖

線圖,圖13為儲能系統之輸出功率。藉由於 儲能系統瞬間放電225 kW,系統頻率最低 只跌至59.04 Hz,儲能系統因頻率逐漸回升 而減少其放電量,雖然導致系統頻率回升較 慢,但藉由發電機調速器作發電功率之調控 而使系統頻率回復至60 Hz。由於PV系統跳 脫,發電機G1的機械功率由557 kW上升至 704 kW,發電機G2的機械功率由550 kW上 升至最後的696.5 kW,以彌補PV系統故障切 離所造成之發電量缺口。

六、儲能系統低頻觸發快速放電決策

由於離島電力系統規模小,當其中一部 發電機跳脫或線路故障時,其故障臨界清除 時間可能低於1秒,若藉由EMS推導儲能系 統之調控決策再下指令給PCS,其反應速度 將嚴重不足。本文配合儲能系統之在地控制 模式,針對綠能發電量與系統負載量不同組 合情境,模擬七美電網突然跳脫一部柴油發 電機時,執行電力系統暫態穩定度分析以決 定儲能系統的最低快速放電功率,以確保電 力系統於擾動過程其最低頻率不致低於低頻 卸載之設定值57.3 Hz。圖14為儲能系統低 頻觸發快速放電控制決策專家系統,首先須 根據系統暫態穩定度分析結果,建立專家系 統控制決策訓練資料集。圖15為儲能系統放 電量與系統淨負載量與之關係曲線圖,可發 現儲能系統快速放電功率與電力系統淨負載 量幾乎成正比關係。根據能源管理系統收集



圖 14 儲能系統快速放電控制專家系統





圖 15 儲能系統低頻觸發最低放電量決策

之電力系統運轉資訊,執行各種大型擾動情 境之暫態穩定度分析、建立儲能系統最低放 電量、PV系統發電量、系統負載量及事故 擾動後之頻率下降率之資料庫,經由類神經 網路訓練而建立儲能系統放電控制決策規則 庫。當系統發生大型擾動並低頻觸發儲能系 統PCS快速放電控制系統時,可藉由內建專 家系統規則庫迅速決定儲能系統快速放電功 率,以避免系統低頻卸載及柴油發電機跳脫 而提升七美電力系統之穩定度。

七、儲能系統控制策略

儲能系統之功率輸出調控模式分別為 (A)低頻觸發之緊急放電採在地local控制 模式,當頻率突然下降至低頻設定值時作儲 能系統之快速放電。(B)在地local控制模 式,PCS控制器根據綠能發電功率變化作儲 能系統平滑化控制。(C)EMS能源管理系 統根據系統淨負載曲線推導儲能系統每小時 充放電量及電池(SOC)值,執行儲能系統 削峰填谷控制。

(一)緊急放電模式

儲能系統緊急放電模式主要利用PCS控 制器偵測每cycle之系統頻率,當其低於低頻 觸發設定值59 Hz時,根據儲能系統快速放電 專家系統,決定儲能系統之放電功率,並將 指令傳送至PCS執行儲能系統快速放電控制 以維持系統頻率,待系統頻率回升至59.5 Hz 後,儲能系統則以-10%/sec的斜率遞減其放 電量,最後藉由發電機調速整合控制而恢復 系統頻率。當頻率達60 Hz時再利用慢充控制 使電池SOC值能回復至故障前儲能系統之儲 存電能。

當電力系統發生大型擾動柴油發電機或 PV系統突然跳脫時導致發電量與負載量失去 平衡時,系統頻率之變化可以搖擺方程式表 示如式(1)。

$$P_G - P_L = \frac{H}{\pi f_0} * \frac{\mathrm{df}}{\mathrm{dt}} \tag{1}$$

由於系統轉動慣量H值相對較小,將導 致系統頻率快速下降而影響供電安全。本文 針對2018/08/01七美電網發生柴油發電機G1 因轉速傳感器故障,導致調速機控制器執行 降載,最後造成保護電驛動作而跳脫之實際 系統事故模擬分析,於故障發生前,G1及 G2之發電量分別為530 kW及510 kW,故障 發生後系統頻率急速下降,G2 調速機隨著

系統頻率之降低而調整實功輸出從510 kW增 加至810 kW,但由於G2升載反應速度不足, 最後藉由雙湖RB02饋線之低頻卸載保護電 驛之動作(頻率設定57 Hz,延遲0.2秒), 切離該饋線負載量273 kW。在執行低頻卸載 後,系統頻率下降至最低值57.4 Hz後再恢復 系統頻率,根據模擬分析結果發現,若不採 用低頻卸載且無儲能系統提供快速放電功能 時,系統頻率會跌至50.8 Hz並造成G2低頻 跳脫而導致全島大停電。若藉由儲能系統緊 急放電控制執行快速放電300 kW時,則系統 頻率最低僅下降至57.6 Hz,同時藉由儲能快 速放電及G2調速機之調控增加其輸出功率, 系統頻率將逐漸回升而避免饋線低頻卸載及 D2跳脫,當頻率回復至60 Hz時執行儲能系 統30 kW充電量,有效回補電池於放電過程 中所消耗之電能。圖16為儲能系統放電及充 雷響應。



圖 16 儲能系統充放電響應圖



(二) 綠能發電平滑控制模式 [11, 12]

為改善因雲層變化造成PV系統發電量 突然降低或增加,影響供電品質及柴油發 電機之穩定運轉,儲能系統PCS控制器根據 PV系統發電量,執行功率補償達成PV系統 發電量平滑化。由於七美島土地面積較小, 雲層之突然變化導致PV系統發電量變化可 高達(50%/秒)以上,本文利用移動平均 法(Moving Average)作為儲能系統配合 PV發電變化量執行充放電控制,PCS控制 器會收集每秒PV系統之發電量,並和過去 10秒發電量平均值作比較,若其差值超過控 制deadband時,則進行儲能系統之充放電控 制。圖17為2018/6/23當日的PV系統發電量 與儲能系統充放電調控,顯示PV系統發電量 變動經由儲能系統作充放電加以補償後變得 相當平滑。圖18顯示儲能系統執行平滑化調 控功能後,355 kWp PV系統發電量每分鐘變 動率從121.1 kW/min(15.1%)降至2.36 kW/ min(0.29%),太陽能輸出功率的平均擾動 也從8 kW/min 降至 1.7 kW/min。

(三)削峰填谷模式 [13]

根據七美系統日負載曲線與PV系統全日 發電變化,並考慮電池SOC運轉限制條件, 推導儲能系統每小時之充放電功率控制,達 成削減尖峰時段用電量,並於離峰時段進行 儲能系統之充電,而提升七美電力系統之負 載因數。本文應用最短路徑演算法[7,8]推導 儲能系統最佳化充放電量調度決策。為滿足



圖 17 儲能系統平滑化控制之 PV 系統升載率變化





圖 18 儲能系統與太陽能系統輸出變化圖

每小時系統負載需求,七美電廠總發電量扣除PV系統發電量求得系統淨負載曲線,其中 和分別為系統負載量與太陽光電發電量,淨 負載則可表示為式(2)

$$P_{net}(t) = P_L(t) - P_{PV}(t)$$
⁽²⁾

若和分別為儲能電池之充電功率與放電 功率如圖19所示,其中紅線θ為理想目標值, 則其目標函數如式(3)所示

$$minP_{bat}^{ch}(t), \theta \left\| P_{bat}^{ch}(t) - P_{bat}^{dh}(t) + P_{net}(t) - \theta \right\|$$
(3)

儲能容量模型方程式則以式(4)所示

$$E_{bal}(t + \Delta t) = E_{bal}(t) + \eta \cdot \Delta t \cdot m_{ch}(t) \cdot P_{bal}^{ch}(t) - \frac{1}{\eta} \cdot \Delta t \cdot m_{dh}(t) \cdot P_{bal}^{dh}(t)$$
(4)

其中

 $E_{\rm hat}(t)$:儲能可利用容量。

η:儲能充放電效率。

Δt:為充放電時間。

若假設電池系統總容量為900 kWh,且 其SOC必須維持在(30%-80%)範圍,則每 天可供充放電之電能量為450 kWh,圖20為 經由最短路徑演算法調控儲能前後之日負載 曲線。於9時-16時太陽光電充足時段進行儲 能系統充電,於19時-24時系統尖峰用電時段 則進行儲能系統放電控制,其中最大充電量 為11時之142.5 kW,最大放電量則為22時之 118 kW,透過調控後七美系統之負載因數由 原先之0.64提高為0.73。

八、結論

為降低離島發電成本,並提升系統供電





圖 19 儲能系統削峰填谷控制最佳化說明圖







品質,本研究團隊在科技部及台電全力支援 下,整合國內智慧電網產業,建置綠能高佔 比七美智慧電網,導入PV系統智慧變流器及 儲能系統,並研發綠能及儲能系統輔助服務 調控策略與儲能PCS控制系統,建立儲能系 統低頻觸發快速放電控制專家系統,確保大 型擾動事故後七美獨立電網之暫態穩定度, 應用移動平均法推導綠能發電平滑化功能, 以降低天候因素造成綠能發電變化對系統運 轉之衝擊,最後以最佳化理論,根據系統負 載與綠能發電預測值推導儲能系統削峰填谷 控制。經七美智慧電網系統之模擬分析與各 種應用功能之實測,成功驗証藉由儲能系統 及綠能發電系統柴油發電機作整合控制,方 能有效維持綠能高佔比離島電網之電力品質 與穩定運轉。未來七美將輔助服務功能,配 合進一步建置風力發電系統及擴增PV系統容 量,以提升綠能發電滲透率,同時將整合我 國智慧電網產業,發展離島智慧電網前瞻控 制技術,七美建設成能夠永續經營之真正低 碳島,以作為我國其他離島建立智慧電網之 推廣模型,並期能提升我國離島智慧電網之 技術能力,以協助國內產業爭取國際智慧電 網商機。

參考文獻

- C. C. Yeh, C. S. Chen, T. T. Ku, C. H. Lin, C. T. Hsu, Y. R. Chang and Y. D. Lee, "Design of Special Protection System for an Offshore Island with High PV Penetration," IEEE Trans. on Industry Applications, Vol. 53, No.2, pp.947-952, March/April 2017
- 科技部能源國家型計畫智慧電網示範系統建置,106-108年
- 楊子弘,「七美離島電網儲能系統緊急調度策略」碩 士論文,國立中山大學,中華民國107年7月。
- 4. 陳朝順、陳彥豪、李奕德,「七美與望安島微電網 系統暫態穩定度分析研究」,核能研究所,106年 3月。
- 5. J. Wu, X. Xing, X. Liu, J. M. Guerrero, Z.Chen, "Energy Management Strategy for Grid-Tied

Microgrids Considering the Energy Storage Efficiency," IEEE Trans. On Industrial Electronics, vol. 65, no. 12, pp. 9539-9549, Dec. 2018.

- R. Zamora, A. K. Srivastava, "Energy management and control algorithms for integration of energy storage within microgrid," IEEE 23rd International Symposium on Industrial Electronics (ISIE), pp.1805-1810, 2014.
- 7. D. Reid, "EMS control of reduced energy storage capacity for ramp rate support to improve frequency regulation in islanded microgrid," SoutheastCon, pp.1-7, 2016.
- K. Thirugnanam, S. K. Kerk, C. Yuen, N. Liu, M. Zhang,, "Energy Management for Renewable Microgrid in Reducing Diesel Generators Usage With Multiple Types of Battery," IEEE Trans. Industrial Electronics, vol. 65, no. 8, pp. 6772-6786, Aug. 2018.
- IEEE Recommended Practice for Excitation System Models for Power System Stability Studies, IEEE Std. 421.5, 1992.
- Yoash Levron and Doron Shmilovitz, "Power Systems' Optimal Peak-shaving Applying Secondary Storage," Electric Power Systems Research, vol. 89, pp. 80-84, 2012.
- Yichen Zhang, Alexander Melin, Mohammed Olama, Seddik Djouadi, Jin Dong and Kevin Tomsovic, "Battery Energy Storage Scheduling for Optimal Load Variance Minimization," Proc. IEEE PES Innovative Smart Grid Technologies Conference, Washington D.C., USA, 2018.
- A. Ellis, D. Schoenwald, J. Hawkins, S. Willard, "PV output smoothing with energy storage," 2012 38th IEEE Photovoltaic Specialists Conference, June 2012.
- A. Luna, N. Diaz, M. Savaghebi, et al., "Optimal power scheduling for a grid-connected hybrid PVwind-battery microgrid system," IEEE Applied Power Electronics Conference and Exposition (APEC), pp.1227-1234, 2016.
- 14. Y. Zhang, A. Melin, M. Olama, S. Djouadi, J. Dong, K. Tomsovic, "Battery energy storage scheduling for optimal load variance minimization," 2018 IEEE Power & Energy Society Innovative Smart Grid Technologies Conference (ISGT), Feb 2018.
- M. Mahmoodi, P. Shamsi, B. Fahimi, "Economic dispatch of a hybrid microgrid with distributed energy storage", IEEE Trans. Smart Grid, 6, (6), pp. 2607-2614, 2015.