
2017년 한일 심포지움 참석을 위한

공무 국외출장 결과보고

2017. 11.

작성자 : 계통기술팀 차장 김상민 (☎8628)

국외출장 결과 요약 보고

□ OCCTO 기관 방문(11.9)

- 기관의 운영현황 및 역할
 - 지역 연계선로의 수급상황 감시 및 조정(2016년부터 실시간 감시)
 - 전력수급기본계획 수립, 지역간 연계 송전망 계획, 그리드코드 개발
- OCCTO 네트워크 감시실 관람
 - 일본 전역의 수급상황 및 지역간 연계선로 감시 및 조정
 - 수급불안에 따라 OCCTO가 직접 조정하는 사례는 연 1~2회로 낮음

□ 2017년 한일 심포지움 본행사 참석(11.10)

- 한일 심포지움은 전력산업의 이슈사항을 공유하고 기술 발전방향을 논의하기 위해 산학연 공동으로 구성된 자발적 협의체임
- 2년에 1번 정기모임을 개최하여 한일 산학연간의 기술적 경험 공유
 - ☞ 차기회의는 2019년 경상대에서 개최할 예정
- 4개 세션 및 특별세션에서 주제 발표 및 논의
- 심포지움 주요 발표 내용(일본측)
 - 신재생전원 확대에 따른 전력산업 이슈(와세다대)
 - 신재생전원 확대와 WAMS 운영 방향(CRIEPI)
 - 후쿠시마 원전의 현 상황 진단(TEPCO)
 - 수요반응자원의 활용(와세다대)
 - 전력계통에서의 ESS 활용방안(TEPCO)

□ 시사점

- OCCTO의 전력산업에서의 주 역할은 송발전설비 계획 및 그리드 코드 개발에 집중되어 있으며, 실계통운영에 대한 개입은 제한적
- 일본에서도 신재생발전기 확대에 따라 수요자원, 용량시장, ESS 등 다양한 측면에서 대응책이 마련되고 있음

I. 출장 개요

1. 출장목적

- 2017년 한일 심포지엄 참석을 통해 해외 전력계통 유관기관과 실질적 협력 및 기술공유 관계를 형성
- 신재생전원 확대 정책기조에 따라 향후 전력계통 운영측면의 도전과제를 공휴하고, 대응방향을 함께 모색

2. 출장내역

- 출 장 자 : 계통운영처장 김우선, 계통기술팀장 주준영, 차장 김상민
- 출장기간 : '17.11.8(수) ~ 11(토) [3박 4일]
- 출 장 지 : 일본 도쿄
- 주요일정

일 시	내 용	비 고
11.8.(수)	출 국	김포→일본 하네다
11.9.(목)	테크니컬 투어	OCCTO 기관 방문
11.10.(금)	심포지움 참석	TEPCO 전기박물관
11.11.(토)	귀 국 및 국내이동	도쿄→김포→나주

3. 주요 접촉인물

- OCCTO(11/9)

이 름	전 문 분 야
Junichi Naito	Executive Vice President
Takao Shinji	General Manager / General Planning Dept
Kazuhiko Ogata	Deputy General Manager / Cross-regional Operation Center
Hajime Hirano	Manager / General Planning Dept

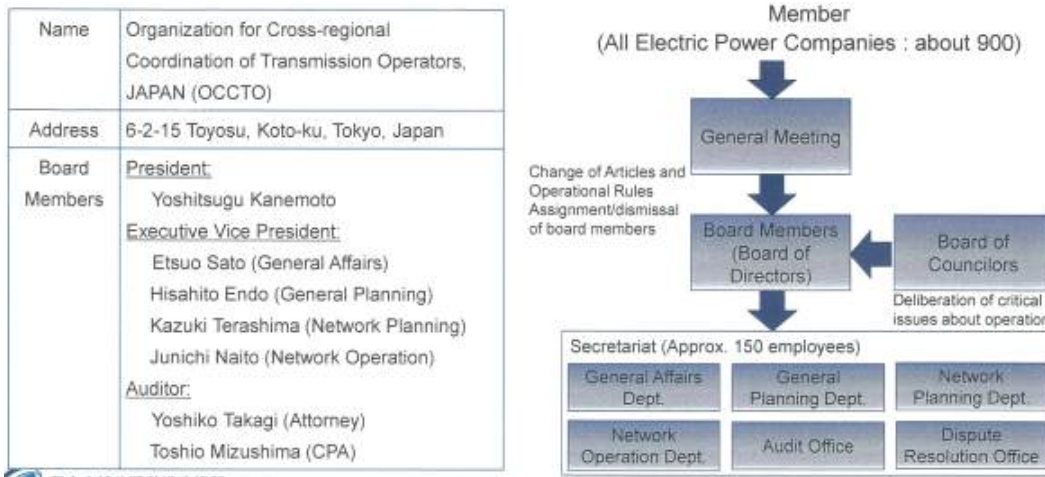
II. 출장 수행내용

1. OCCTO 방문

○ 기관현황

- 기관명은 전력광역적 운영추진기관(Organization for Cross- Regional Coordination of Transmission Operators) 또는 약어로 OCCTO 사용
- 제3단계로 시행되는 전력체제개혁의 제1단계에 해당하는 발·송전설비의 계획 및 전국 수급조정기능 감시·강화를 목적으로 2015년 4월 설립
- 이전 중립기관으로써 역할을 하였던 전력계통이용협의회(ESCJ)의 기능이 OCCTO로 이관됨에 따라 ESCJ는 소멸
- 기관의 규모는 6개 부서, 150명 규모로 구성되어 있으며 이 중 약 90%는 타 기관에서 파견근무 형태로 인력이 운영되고 있음

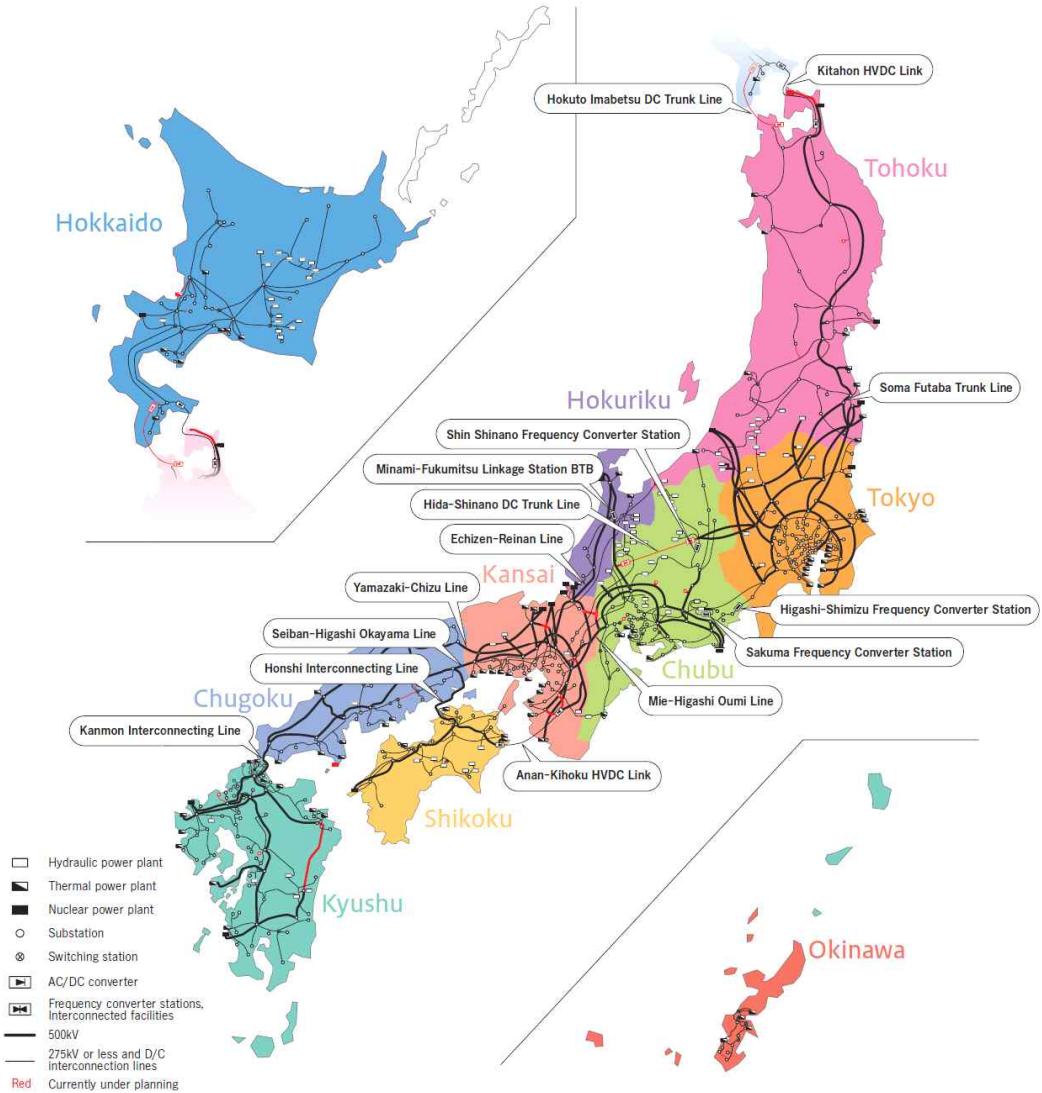
[OCCTO 조직구성도]



○ 광역계통운영

- 현재 홋카이도전력, 토호쿠전력, 도쿄전력 등 10개 전력회사가 운영 중이며, 안정적 계통운영이라는 관점에서는 상호 협력관계 유지
- 각 지역간 연계는 아래의 그림에서 보는 바와 같이 교류송전선로 또는 직류 해저케이블로 연계 운영하며 OCCTO에서 연계선로 실시간 감시

[일본 광역 계통도]



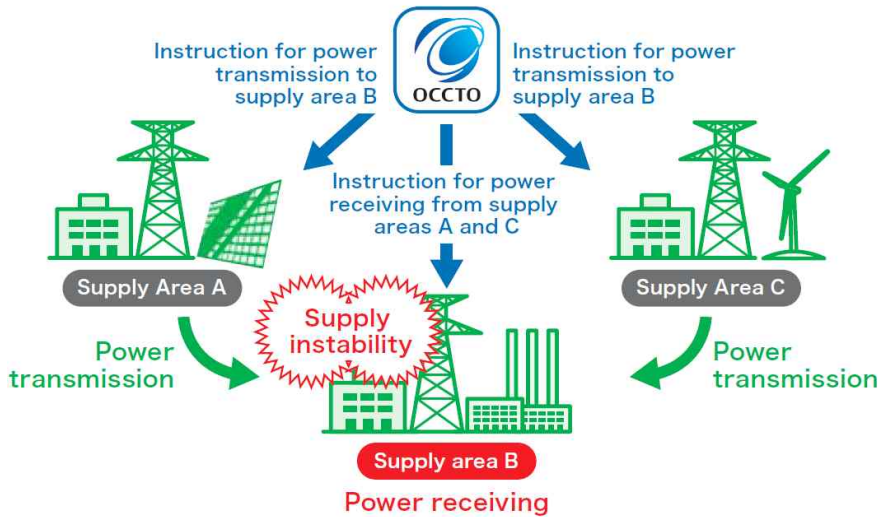
○ OCCTO 역무

① 지역간 연계선로 융통전력량 관리

- 기존에는 수급관리를 지역별 전력회사가 실시하였으나, OCCTO 설립 이후, OCCTO가 지역 수급상황 및 연계 융통전력량 관리
- OCCTO가 전국 수급상황을 모니터링하고, 전력부족 지역을 파악하여, 전력여유가 있는 전력 회사에 송전 지시를 함으로써 전력 부족 문제를 신속히 해결할 수 있도록 함

[수급비상시 OCCTO 업무]

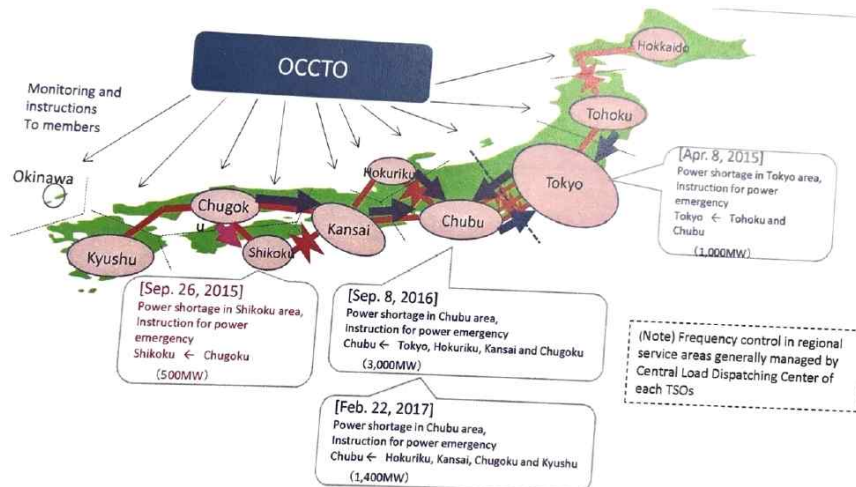
Image of Instructions In Case of Power Instability



- ☞ 실제 수급상황에 OCCTO가 관여한 사례는 연 1~2회로 낮은 수준이며, 이 모든 행위가 자동으로 이뤄지는게 아니라 전화를 통한 매뉴얼 지시 동작으로 이뤄짐

[OCCTO의 지역간 수급밸런스 조정 실적]

일시	대상	전력부족 지역	조정량[MM]
2015.4.8	Tokyo ⇔ Tohoku and Chubu	Tokyo	1,000
2015.9.26	Shikoku ⇔ Chugoku	Shikoku	500
2016.9.8	Chubu ⇔ Tokyo, Hokuriku, Kansai and Chugoku	Chubu	3,000
2017.2.22	Chubu ⇔ Hokuriku, Kansai, Chugoku, Kyushu	Chubu	1,400



[네트워크 감시실 운영]

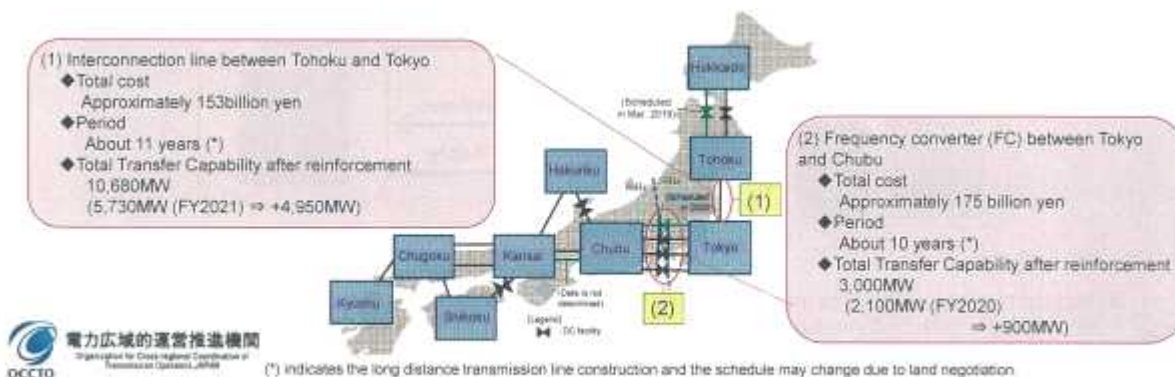


- ☞ 이를 위해 네트워크 감시실을 365일 24시간 운영하며, 주요감시 대상은 지역별 연계선로 계획대비 실적편차, 지역별 수급상황, 주파수 등 전력수급에 크게 집중하여 운영 중이며, 안정도 평가감시는 없음
- ☞ 근무는 5인 1부 형태로 부장 1명, 부원 4명으로 구성

② 발·송전 전력설비 계획 관리

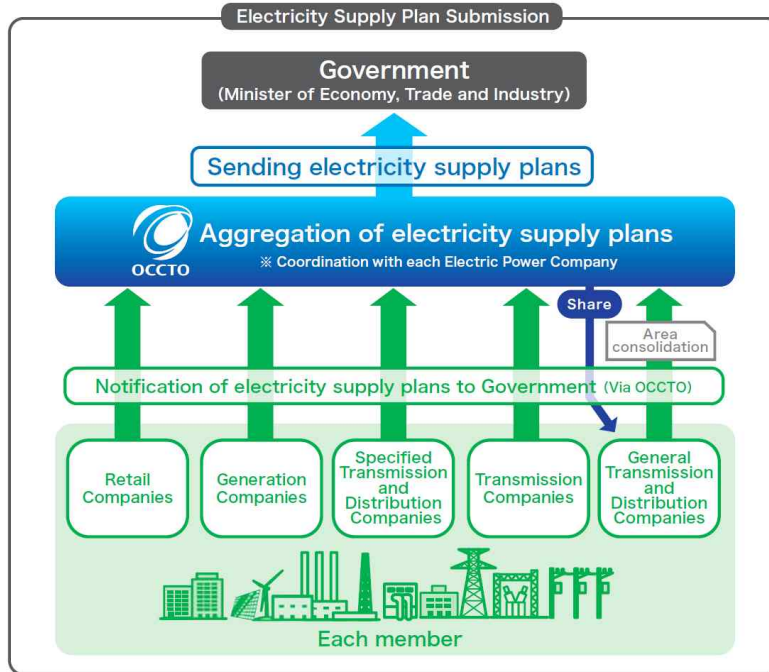
- 기존에는 전력회사가 각 지역의 발전소와 송전선 설비계획을 수립하였지만, OCCTO 설립 이후 OCCTO에서 담당
- 도쿄와 토호쿠 지역간 2021년까지 송정망 보강을 통해서 현재의 5.7GW수준에서 10.7GW수준까지 송전능력을 증가시킬 예정
- 동서에서 충분히 전력교환을 할 수 있도록 주파수 변환 시설을 강화할 계획인데, 현재 약 1GW인 변환 용량을 2020년까지 2.1GW로 올리고, 그 이후에는 가능한 한 빠른 시일 내에 3GW까지 높일 예정

[지역간 송전설비 보강 계획]



- ☞ 지역의 수급밸런스에 기여할 수 있는 지역간 연계선로 보강에 집중

[전력수급계획 업무 절차도]



☞ 전력수급계획에서 향후 10년 동안의 예측수요에 기반, 발·송전계획 수립

③ 규칙 개발

- 그리드코드 개발 분야는 크게 운영규칙(Operational Rules)과 네트워크 코드(Network Codes)가 있음
- 운영규칙은 ① 송전망 보강(장기수급계획, 송전망 접속 등), ② 송전망 운영(단기수급계획, 지역간 연계망 관리 등), ③ 송전망 운영실적 공개로 구성
- 네트워크 코드는 ① 송배전망 보강 ② 송전망 접속규정 및 영향검토 분야를 포함

Articles of Organization	Operational Rules	Network Codes
<p>Basic Rules of OCCTO</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Items related to members ● Items related to general meetings ● Items related to Directors ● Items related to Board of Councilors ● Items related to membership fee ● Items related to finance and accounts etc. <p>(Ref.) Article 28-18 Electricity Business Act</p>	<p>Rules on operations and executions of OCCTO</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Network planning <ul style="list-style-type: none"> ✓ Assessment of long-term supply-demand balance ✓ Facility development plan ✓ Network access ● Network operation <ul style="list-style-type: none"> ✓ Monitoring short-term supply-demand balance ✓ Operation and management of interconnection lines between regions. ● Network information disclosure etc. <p>(Ref.) Article 29-41 Electricity Business Act</p>	<p>Items that Members and other Electric Power Suppliers must abide by in Transmission/Distribution businesses</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Reinforcement of transmission and distribution facilities owned by Vertically Integrated Power Companies ● Network access and system impact study etc. <p>(Ref.) Article 28-45 Electricity Business Act</p>

2. 2017년 한일 심포지엄 발표별 주요내용

가. Issues for the Era of Large Penetration of Renewable Energy in Japan

- 발표자 : Prof.Shinichi Iwamoto(와세다대)
- 내용 : 신재생 발전력 증가에 따른 이슈사항
 - 일본의 신재생 발전력 증가 현황
 - 신재생 발전력 증가에 따른 지역적(Local) 또는 광역적(Global)으로 나타나는 문제점
 - 지역적 : 송배전망의 이용률 증가
 - 광역적 : 수요과 공급의 미스매치에 따른 주파수 안정도 저하
 - 주파수 안정도 확보의 취약점 및 사례분석 내용
 - 지역간 연계선로 강화 방안
 - Hokkaido-Tohoku : 1개 루트 신설, DC(2019년 준공)
 - Tohoku-Tokyo : 1개 루트 신설, AC(계획단계)
 - Tokyo-Chubu : DC 업그레이드, 2,100MW(2020년 준공)
 - Chugoku-Kyushu : 1개 루트 신설(검토 단계)
 - 주파수 안정도 확보를 위한 신재생 발전력 차단(Curtailment)

나. Spatial Prediction of Renewable Resources for reinforcing and expanding Power grid

- 발표자 : 김현진 차장(한전)
- 내용 : 신재생전원의 실효용량을 고려한 전력망 보강
 - 신재생전원의 실효용량 적용
 - 필요성 : ① 불확실성과 변동성, ② 설비용량 대비 낮은 출력량
 - 실효용량 산출을 위한 CF(Capacity Factor) 산출 절차
 - 모델링 기법 및 분석법
 - 지역별 CF 산출결과
 - 풍력 : 최고 45.883%(동해안), 최저 30.922%(서울)

- 태양광 : 최고 40.649%(동해안), 최저 35.939%(경남)
- 신재생전원의 CF 적용을 통한 실효용량 산출 및 활용방안
 - 풍력과 태양광은 CF 분석결과를 통해서 최대치를 적용할 예정
 - 해상풍력은 40~45% 적용예정

다. Wide-Area Monitoring, Protection and Control(WAMPAC) System and its Communication Network to Cope with High Penetration of Renewable Energy

- 발표자 : Dr.Yoshizumi Serizawa(CRIEPI)
- 내용 : 신재생전원 확대와 WAMS 운영 방향
 - WAMPAC의 적용분야
 - ①Wide-Area Disturbance Monitoring, ②Fault Clearance, ③Wide-Area Emergency Control

[WAMPAC 적용분야 상세내용]

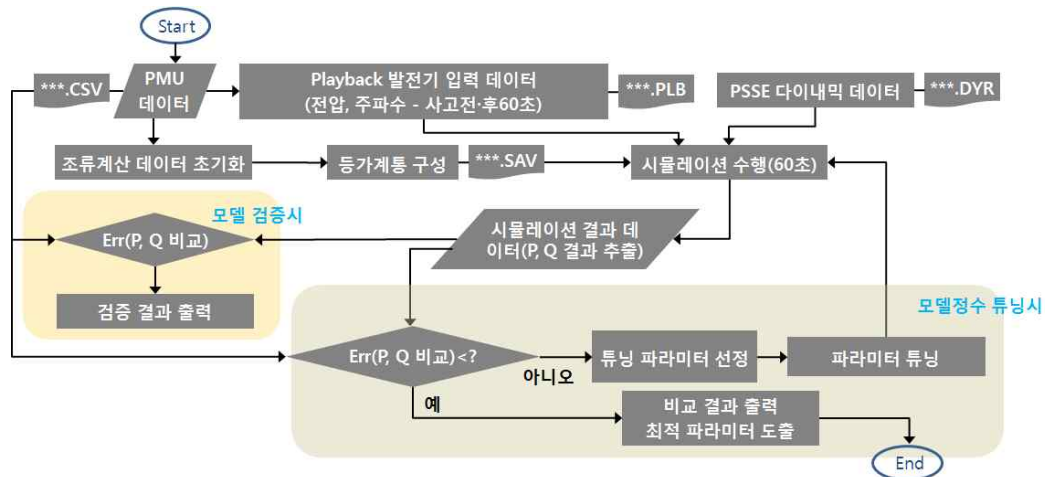
Type	Contents
Wide-area Disturbance Monitoring	a) Security monitoring with respect to such as busbar voltage phasors throughout power system b) Fault and outage monitoring with respect to such as CB and relay operations and oscillograms c) Steady state operation margins monitoring with respect to such as active and reactive power flows, voltages, frequencies and harmonics
Fault Clearance	a) Primary protection such as instantaneous value or phasor-based current differential protection b) Wide-area current differential backup protection
Wide-area Emergency Control	Special protection such as out-of-step, voltage/frequency anomaly and overload protection

- WAMPAC 시스템 구성 및 적용방식
- WAMPAC 데이터 통신 적정성 평가
 - Time Synchronization errors 측정방법 소개
 - Double redundant configuration 설명
 - End to End 시지연 계산결과
- WAMPAC 퍼포먼스 평가 방법

라. A Validation of Generator Parameters and Control System Based on PMU Measurement

- 발표자 : 서상수 박사(한국전기연구원)
- 내용 : PMU를 활용한 발전기 모델파라미터 검증
 - 대형발전기 탈락시 주파수 변동 분석 결과
 - PMU 데이터를 이용한 모델 검증 및 튜닝 절차

[PMU 데이터를 이용한 모델검증 순서도]



- 모델 검증용 등가계통 구성 및 입력데이터 준비
- 시뮬레이션과 PMU 데이터 비교 검증
- 당진화력 실제 모델 튜닝 사례 소개
 - K, T5(조속기 모델), Ks1(PSS) 파라미터 튜닝 수행
 - 튜닝 결과 유효전력 및 무효전력 RMSE 값 감소
- ☞ PMU 외란 데이터를 이용한 발전기 모델 데이터 검증
- ☞ 정밀한 해석모델이 검증되면 PMU 데이터를 사용하여, 설비의 오동작 감지, 고장예측, 유지보수 개선이 가능(설비손상 방지와 안전성 유지)
- 향후 활용방안
 - 예비력 확보방안 개선을 위한 터빈-조속기의 주파수 반응 특성 모델링 향상
 - 발전기 터빈-조속기의 실제 성능을 파악하여 효과적인 주파수 안정도 대책 방안 수립 가능

마. Resource Aggregation and Demand Response

- 발표자 : Prof.Hideo Ishii(와세다대)
- 내용 : 수요반응자원의 활용
 - Smart House and Building Standardization Committee 소개
 - 목적 : DR 자원들의 통신 인터페이스 규격 표준화, DR 관련 규칙 제정
 - 구성 : 약 300명의 회원이 참여 중이며, 전자기기 제조사, 가스·전기 유틸리티 업체, 통신 사업자 등으로 구성
 - 와세다대 DR 프로젝트
 - DR을 위한 통신규격 표준화
 - EMS 신쥬쿠 데모센터 개요, 기능, 역할
 - 인센티브 방안 및 운영실적
 - Promotion of VPP
 - Energy Resource Aggregaion Business Committee를 구성하여 통신 프로토콜 정의 및 사이버 보안 확보 등과 관련된 기술적 논의
 - VPP 활성화를 위해서 정부 보조금은 30M USD 지원
 - 시스템 아키텍처와 통신 인터페이스

바. Non-Intrusive Load Monitoring and Event Identification Technique

- 발표자 : 주성관 교수(고려대)
- 내용 : Non-intrusive 부하의 감시와 이벤트 인지 기술
 - 에너지 피드백 접근법
 - 에너지 사용자에게 개별화된 에너지 사용 정보를 가지고 피드백을 제공
 - 에너지 사용 모니터링 방법에는 ①Distributed Direct Sensing 방법과 ② Non-Intrusive Load Monitoring 방법 두 가지가 있음
 - NILM(Non-intrusive load monitoring) 개요
 - 개별 가정에 에너지 사용 모니터링을 하기 위해 넓게 적용되고 있는 방식
 - 특히, the appliance load disaggregation method는 smart home energy

- management systems에 응용가능
- NILM 처리절차
 - 데이터 취득(전압·전류값 취득)→특성 추출 및 훈련→전기 이벤트 식별 및 분류
- 데이터 취득(Load Data Acquisition)
 - 전력 및 EMI(Electromagnetic interference)의 노이즈 특성은 가전기기의 ON/OFF 동작 특성을 파악하는데 활용 가능
 - 데이터 취득 모듈은 유효/무효전력과 전압 시그널을 측정하고, 전기 이벤트 감지장치에 해당 정보를 저장
- 특성 추출(Feature Extraction)
 - 파워시그널의 주기 또는 최대값 분석을 통해서 가전기기의 동작특성을 추출
- 전기 이벤트 식별 및 분류(Classification of Load Appliances)
 - K-NN방법(K-nearest neighbors) 방법을 상용하여 개별 전기기기의 전력과 전압 시그널을 추출하여 분류 가능
- ☞ NILM 싱글포인트 센서 활용은 에너지사용자에게 사용정보를 제공하는 수준까지 적용 가능

사. National Demonstrations Projects of Batteries for Power System in Japan

- 발표자 : Ph.D. Shuichi Ashidate(TEPCO)
- 내용 : 전력계통에서의 ESS 활용방안
 - Tohoku 지역의 ESS 실증사업
 - Nishi-Sendai Project(FY2013~2017)
 - Minami-Soma Project(FY2015~2016)
 - 대단위 ESS 설치를 통해서 수급밸런스 개선 실증사업
 - 제어불가능한 수요 변동을 가만하여 수급밸런스 개선 효과가 있는지 검증
 - HEPCO의 ESS 실증사업(FY2013~2018)
 - 대형 풍력발전단지 앞에 설치하여, 신재생 전원의 출력변동성을 완화하기 위한 목적으로 설치운영

- 단기 변동성에 대응하기 위해서 ①풍력 또는 태양광 출력 변동성 완화모드, ②가버너프리 운전모드, ③주파수 컨트롤 운전모드 가 있음
- 장기 변동성에 대응하기 위해서 신재생 전원의 출력을 예측치를 고려하여, ESS 활용

3. 시사점

가. OCCTO 방문

- OCCTO가 규제기관으로써 역할은 수행하고 있지만, 네트워크 실시간 감시 역무는 단순 모니터링에 그치는 수준이며, 수급밸런스 문제 발생시 관제원 조치도 매뉴얼(전화)로 진행하는 등 적극적인 개입보다는 제한적인 감시 수준으로 판단됨
- 향후 OCCTO는 정부의 정책사항을 고려하여 발·송전설비 계획을 총괄 및 네트워크 그리드를 제안하는 코디네이터로서의 역할에 집중할 것으로 예상됨

나. 한일심포지엄 참석

- 신재생 관련 이슈사항은 일본의 경우도 신재생전원 확대에 의해 한국과 대동소이한 이슈들에 대해서 고민하는 것을 공감
- PMU 데이터를 활용하여 발전기 동적 파라미터 값 검증 주제발표에 대해서 한일간 많은 논의를 보였음. 일본측에서는 이유나 구체적인 활용방법 등에 대해 질문이 있었음
- ESS의 활용은 한국에서는 주파수 조정자원으로 활용하는 반면에 일본에서는 대부분 신재생 전원의 출력변동성 완화하는 용도로 사용하고 있어 큰 차이를 보였으며, 아직 실용화 단계까지는 시간이 소요될 것으로 판단됨

Ⅲ. 출장 주요 성과

- OCCTO를 방문하여 기관의 역할 및 각 직무별 세부 추진 현황에 대한 정보를 수집
- 광역계통에서의 신뢰도 확보를 위한 OCCTO에서의 운영대책들에 대해 살펴보고, 향후 개선대응책에 대한 논의
- 일본 전력산업에서의 OCCTO의 포지션과 국내와 비교했을 때 향후 우리 기관의 발전방향에 대한 국내·외 참석자들과 논의
- 한일 심포지움 참석을 통해 일본 전력산업 기술의 현재 이슈사항들에 대해 살펴보고, 도전과제 관한 최신 동향 파악
- 해외 전력계통 유관기관과 실질적 협력 및 기술공유 관계를 형성