
CIGRE Symposium 2025

해외 출장 결과 보고

2025. 06.



1. 출장목적

- CIGRE Study Committees 및 Member Meeting 참석을 통한 글로벌 전력산업 동향 파악 및 의견 공유
 - C2(Power System Operation and Control) 한국 대표 : 송태용 팀장
- CIGRE Symposium 논문 발표를 통한 국내 전력 계통운영 현황 및 기술 공유
 - 주제 : The Various Constraint Relief Strategies of South Korea's Massive Generation Surplus Areas
 - 발표자 : 주원 차장

2. 출장개요

- 출장기간 : '25. 05. 10(토) ~ '24. 05. 16(금) (6박 7일)
- 출장자 : 계통기술팀 팀장 송태용, 차장 주원
- 출장지 : 노르웨이 트론하임
- 주요일정 및 수행업무

일 시	내 용	비고
5.10.(토)	□국내 이동(나주 → 인천) □출국(인천 21:50 → 트론하임 09:30+1일)	
5.11.(일)	□CIGRE Symposium 장소 이동	
5.12(월)	□Tutorials & Workshops (C2/B4 Tutorial, C4/C2 Tutorial) 참석	
5.13(화)	□Tutorials & Workshops(Joint SC C2 / C4 session) 참석	
5.14(수)	□Tutorials & Workshops(SC C2 session #1~4) 참석 □Study Committee C2 논문 발표(주원 차장)	
5.15(목)	□귀국(트론하임 09:00 → 인천11:20+1일)	
5.16(금)	□복귀(인천 → 나주)	

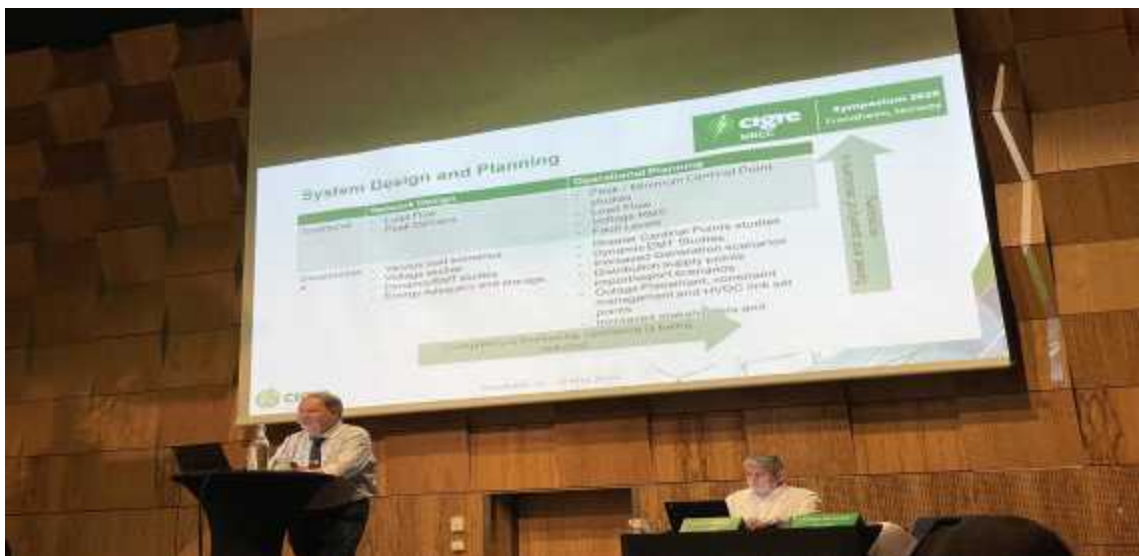
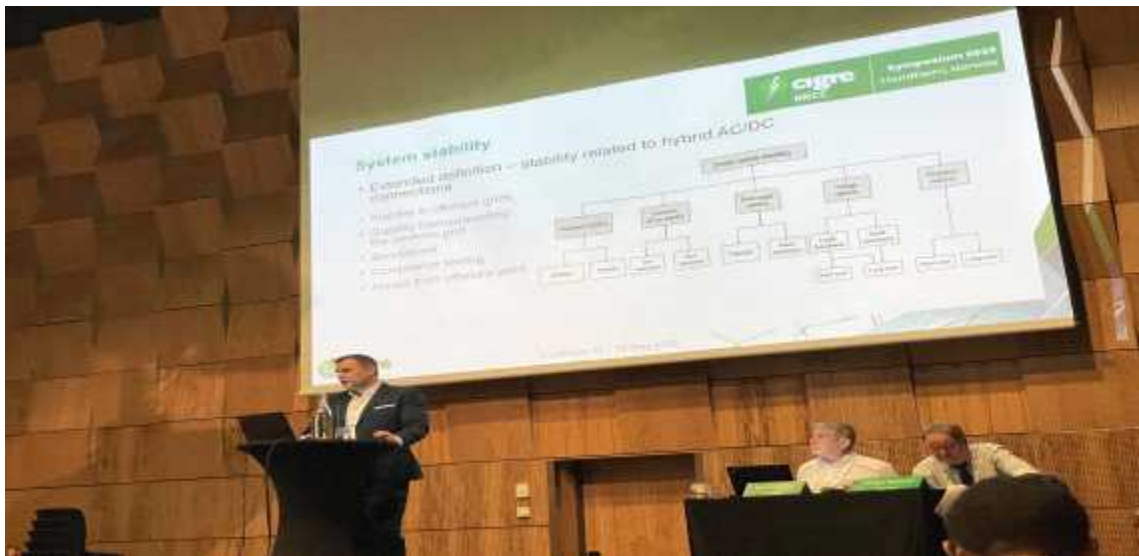
3. 출장결과

가. Tutorials & Workshops 참석



- Monday 12th of May : Tutorials & Workshops
 - C2/B4 Tutorial : The Impact of Offshore Wind Power hybrid AC/DC Connections on System Operations and System Design

No	Content
1	Intro to CIGRE JWG C2/B4.43, ToR, members & organizational, planning & time scheduling
2	Market and Regulatory subjects
3	TSO roles, System Operator view in general linked to Connecting onland - Supplier side perspectives
4	System design - Supplier side perspectives
5	Power system subject, like System stabilities, Voltage control
6	Operational training and training in general

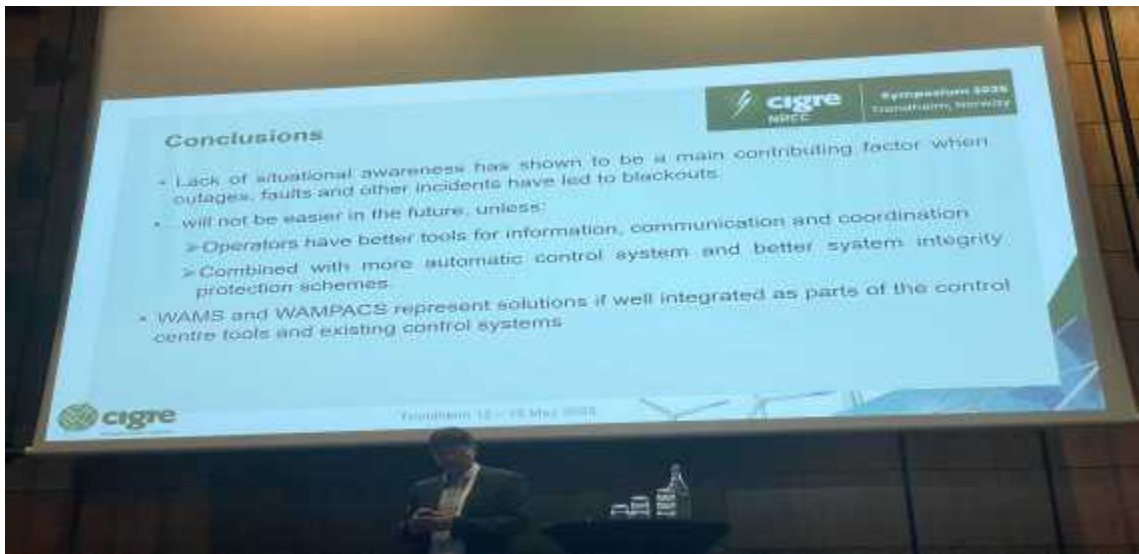


○ C4/C2 Tutorial : Recent Advancements in Technology and Applications of Synchrophasor Measurements

No	Content
1	Introduction to synchrophasor technology and wide-area monitoring
2	Improved coordination between transmission system operators through Wide Area Monitoring (WAMS)
3	System Inertia Monitoring Using PMU Data

- 기존 SCADA와 PMU 기술 비교 및 소개, 모니터링 활용 방안
- 계통에 대한 더 많은 정보를 제공 자동화 및 배터리 시스템과 통합하여 운영 전략으로 사용 가능
- WAMS(Wide Area Monitoring) 등이 대표적이 사례이며 기존의 제어 자동화 시스템과 연계하여 사용 가능
- PMU 데이터를 활용한 계통의 관성 감시 시스템 적용 기술 및 사례 소개



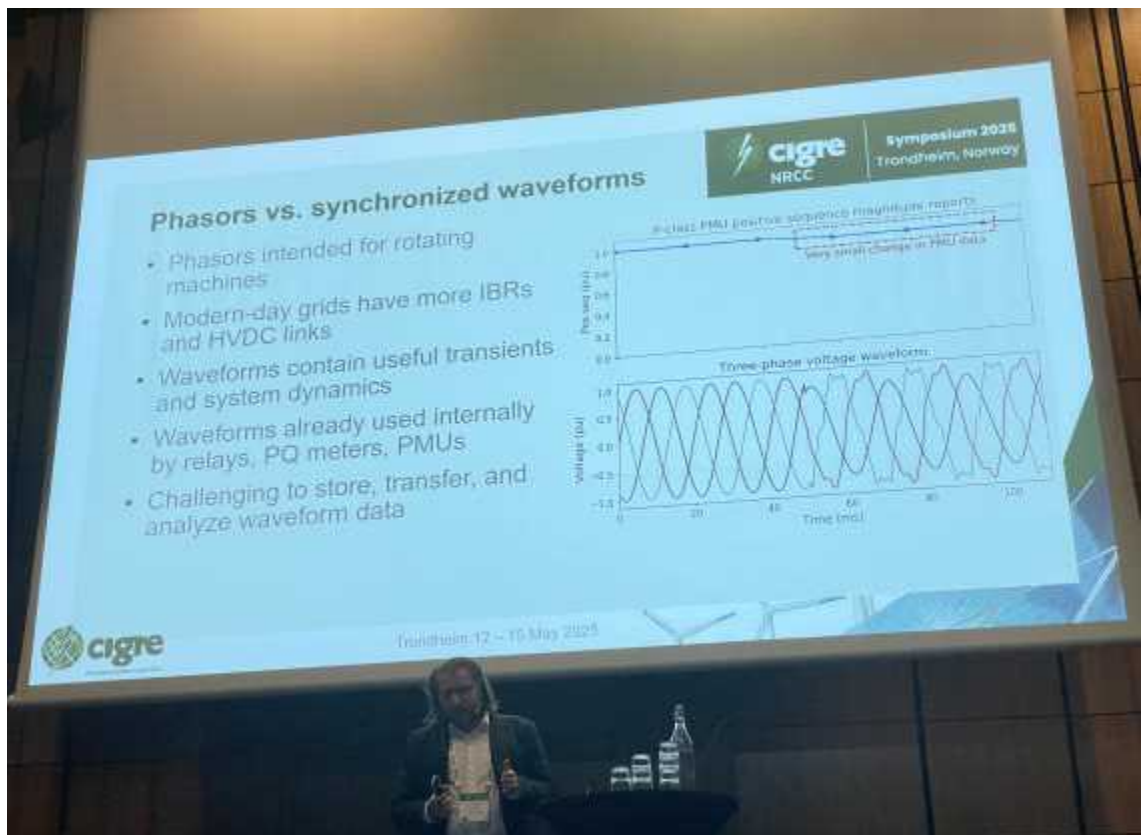


□ Tuesday 13th of May: Technical Paper Sessions (i)

- Joint SC C2/C4 session : Power System Stability in IBR Dominated Grids

No	Paper
1	Transient stability behavior in the north-south/southeast transmission corridor in Brazil under critical contingency scenarios and online global inertia monitoring
2	Integrating Stability Criteria into Power System Scheduling with High Penetration of Converter-Based Generation
3	Grid Stability Challenges with the Integration of Large Quantum of VRE in Close Proximity in the Indian Power System
4	Dynamic Security Assessment (DSA) application in Vietnamese power system to increase the power transfer limit and operate power system stably with a high share of renewable energy sources
5	Coordination and arbitrage related to the insertion of Renewable Energy Sources
6	Transfer Capability Increase with TCSC in the German Transmission System
7	Substation reliability when connecting large wind farms
8	Optimizing Transmission for Renewable Integration - Indian Perspective
9	A pioneer approach towards installation of Grid Scale STATCOM enhancing reliability and Security of Renewable Energy network





- o SC C4 session #1 : Instability and Oscillations in Inverter Dominated Power Systems

No	Paper
1	Mitigation of Low-Frequency Inter-Area Oscillations Using Grid-Forming Inverters
2	Dogger Bank wind farm - HVDC converter control interaction studies
3	Use of Inherent Damping Capability of Thyristor Controlled Series Compensators to Mitigate Wind Sub-Synchronous Controller Interactions in Heavily Series Compensated Networks
4	Managing Stability in the Future Converter-Dominated Swedish Power System
5	Suitable Classification of Power System Stability Phenomena
6	Process for Diagnosis of Observed Oscillations in IBR-dominant Systems



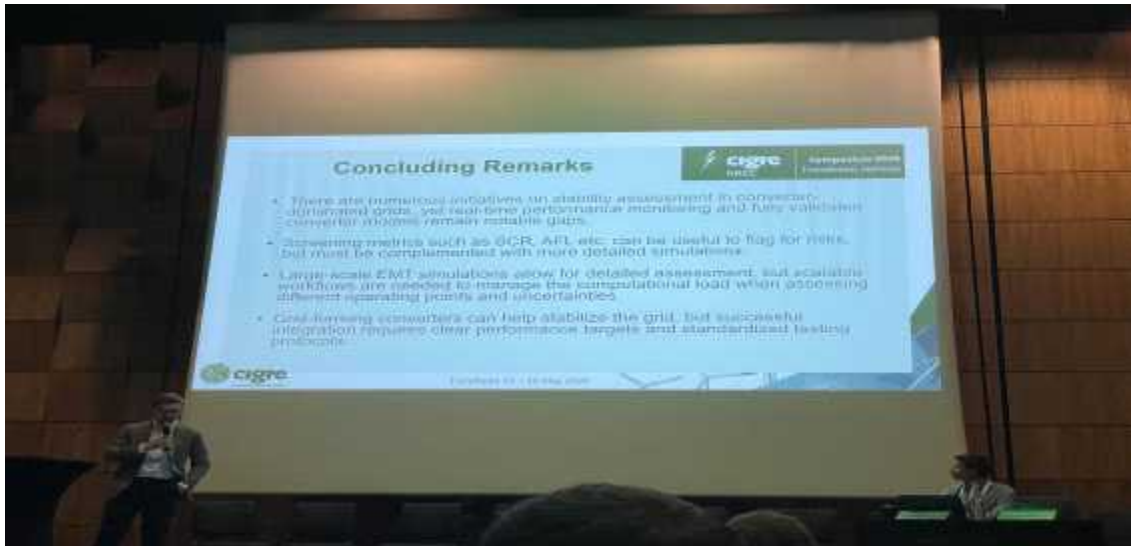
- 인버터가 포함된 전력 계통에서는 안정성과 관련된 새로운 도전뿐만 아니라 새로운 기회를 제공
 - converter-driven or resonance stability 같은 새로운 현상 발생
 - 인버터 제어 능력으로 계통의 동적 동작을 개선할 새로운 기회
 - 인버터 자원이 세계적으로 증가 추세이며 이와 관련된 발표 진행
- SC C4 session #2 : Dynamic Performance of Power Systems in the Energy Transition

No	Paper
1	Challenges faced by TSO to specify, test and integrate EMT models of IBRs to support grid stability
2	Enhancing Power System Simulation Interoperability: Application of Functional Mock-up Interface for Model Exchange
3	Large-scale Electromagnetic Transient Simulation of the French grid: Challenges and Solutions
4	Centralized Network Model in a Colombian DSO Company for Enhanced Planning and Operation
5	A Study on the Impact of EV Chargers on Transient Stability and Root-mean-square Model
6	Overhead line modeling for wide area EMT grid simulations
7	Modeling Market Participation of Energy Storages in a Renewable Power System Through Loop Block Orders
8	Development of Distribution System and Market Operations in South Africa

9	Value of demand-side flexibility by reducing grid loss costs
10	Sector integration including hydrogen, EV, energy hubs, DER
11	Enabling adoption of offshore wind coupled with Green Hydrogen innovation
12	A Convex MPC Approach for the Optimal Management of BESS, Hydrogen Production and Economic Dispatch of RES within Active Distribution Systems
13	Leveraging AI techniques to deploy ACOPF as a routine operational practice in the distribution network: A state-of-the-art analysis
14	Smart Energy Meters: a tool for near Real-Time Monitoring of Voltage Stability in Low Voltage Grid with Distributed Energy Resources







□ Wednesday 14th of May: Technical Paper Sessions (ii)

- SC C2 session #1 : System Operational Challenges and Experiences with Integration of Renewables

No	Paper
1	21 GW offshore wind power in Norwegian waters by 2040. System effects of demand elasticity and grid topology.
2	Understanding the Correlation Between Wind and Solar Forecast Errors and Demand Forecast Errors in Southern Regional Grid in India
3	Virtual multi-camera sky images for regional solar irradiation forecasts
4	Experience from the Nordic Market for Balancing Capacity
5	Analysis of Economic Incentives and Historical Frequency Deviations in the Nordic Power System

6	Multi-year Evolution of the Energy Balance to Optimize the Integration and Operation of Renewable Energy Sources
7	Solutions for calculating and monitoring minimum operational configuration of thermal power sources on planning software and real-time SCADA/EMS systems in the context of high renewable penetration
8	Transmission Expansion in Energy System Optimization Models - a Comparative Study



- 재생에너지 통합의 운전 경험과 도전에 관련된 주제로 발표
- 전통적인 단방향의 전력 전송의 시스템을 넘어 계통의 확장, 계통 구성 송전선로 용량의 최적화 등의 고려가 필요함
- 날씨에 의존하는 재생e 변동성을 관리하기 위해 전력 계통에서의 새로운 방식이 설비와 서비스가 필요함
- 운영자가 모든 것을 예측하고 관리 할 수 있는 Tool의 개발이 필요하며 전통적인 산업 밖의 아이디어도 필요함

- SC C2 session #2 : Tools and Methods for Congestion Management and Operational Planning

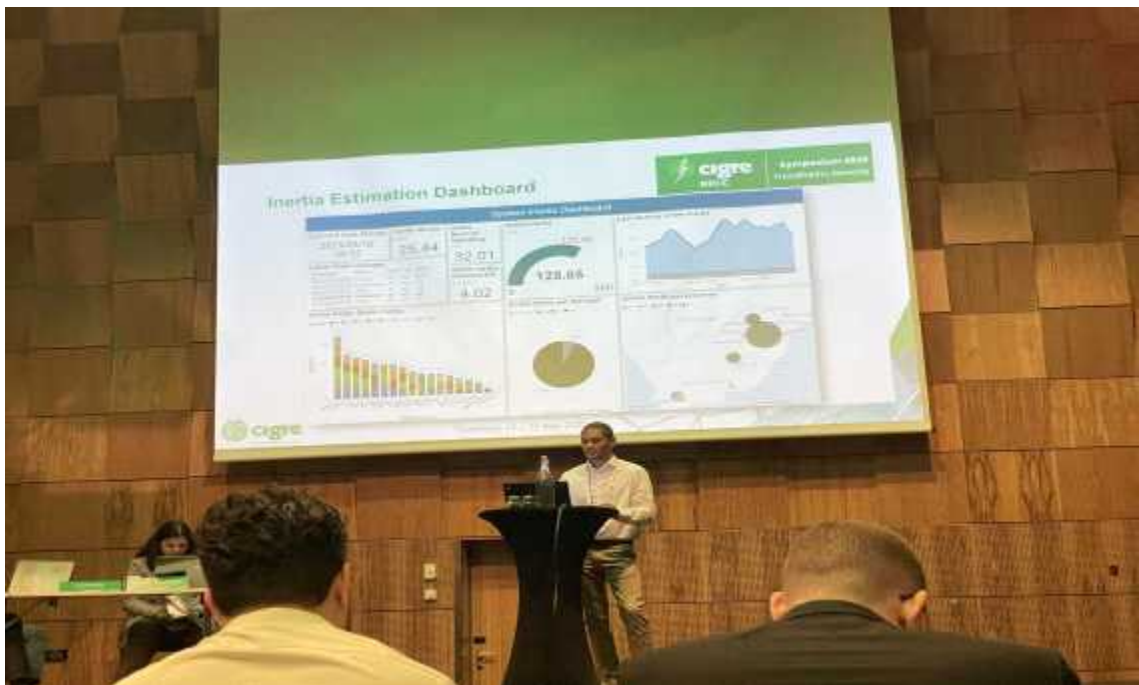
No	Paper
1	Evaluation of DLR for each span of transmission lines using wind condition estimation results - Consideration on the necessity of comprehensive wind condition assessment in DLR -
2	Leveraging Thermal Reserves of HVDC Underground Cables in Curative System Operation - A Scenario-based Approach
3	Evaluation of TATL Potentials Based on Line Loading and Reaction Time
4	DYNLAST - Dynamic line rating
5	A Comprehensive Solution Framework for Multi-node Optimal Power Generation Planning of Vietnam Power System to resolve Regional Grid Congestion Problem
6	The Various Constraint Relief Strategies of South Korea's Massive Generation Surplus Areas
7	Robustness indicators for the Nordic power system
8	Outage planning in a converter dominated grid - A Finnish case study and lessons learned
9	Demand Simulator of energy transition variables for the Spanish electric power system



- 에너지 전환의 재생e의 증가와 계통 보강 사이의 불일치는 보완이 필요
- 가공송전선로의 DLR은 좋은 전략이며, 각 지점에서의 측정보다 날씨로 추정하는 방법이 도움 될 수 있음
- 연구 및 기술개발로 선로 열용량 증대 시 보수 비용 절감에 도움
- HVDC 프로젝트의 증가는 열용량 여유에 더 많은 기회를 줄 것임
- 전력 계통에서 인버터 설비의 중요성이 증대되며, 운영을 위한 연구 및 IT 설비가 필요함

- SC C2 session #3 : Inertia Monitoring, DSA and other Tools for Enabling System Operations with Increasing IBR

No	Paper
1	A tool built-in web platform and exchanging data with SCADA/EMS system for automatic assessment of voltage regulation in power plants
2	Inertia in the Dutch Power Grid: Trends and Implications
3	Inertia Estimation with Increasing Inverter-based Generation on the Grid
4	A global grid frequency measurement technique for operational planning studies
5	Real-time calculation and visualization of corrective actions for N-1 secured Nordic system operation
6	Development and Operation of a novel tool for real-time monitoring & intraday forecasting of reactive power demand & reserve in Vietnam power system
7	Modelling of distributed generation in the EMS/SCADA system
8	Strengthening SCADA and EMS Systems for a Sustainable Energy Transition: Experience in Vietnam
9	Manage Grid Uncertainties using Cloud Technologies



- 전력전자 설비가 증가하는 계통에서의 주파수 및 관성 추정은 안정성 문제를 사전에 예측할 수 있음
- 전압 제어에 관련된 Tool과 계통의 불확실성에 대한 보정은 계통 운영자에게 매우 유용함

○ SC C2 session #4 : Ancillary Services and Control in Power Electronics Dominated Power Systems

No	Paper
1	Optimal and Coordinated Voltage Control: Case Study on a 132kV Norwegian Grid Subsystem
2	A New Vision for HVDC Control
3	Automatic Frequency Response Evaluation System
4	Unlocking DSO services through Centralised and Distributed Control
5	Methodology for valuing the flexibility attribute performed by BESS in the Brazilian Electric System
6	Nordic perspective on System Integrity Protection Schemes in relation to capacity allocation
7	Prediction of Positive/Negative Error Sign of A Day-ahead Forecast of Aggregated PV Power Output
8	A new Data-Driven application for Secondary Voltage Regulation on Transmission Network based on Model Predictive Control for offset-free tracking

- 전력전자 설비가 증가한 전력 계통에서는 보조서비스와 제어에 대한 새로운 도전과 기회를 제시함
- 전압과 빠른 주파수 자원에 대한 요구 발생
- 인버터 제어를 통한 새로운 서비스 기회를 제공

- 인버터 기반의 자원은 전 세계적으로 증가하고 있으며, 논문 발표에서 이에 대한 많은 예시를 제공함



나. SC C2 session 논문 발표

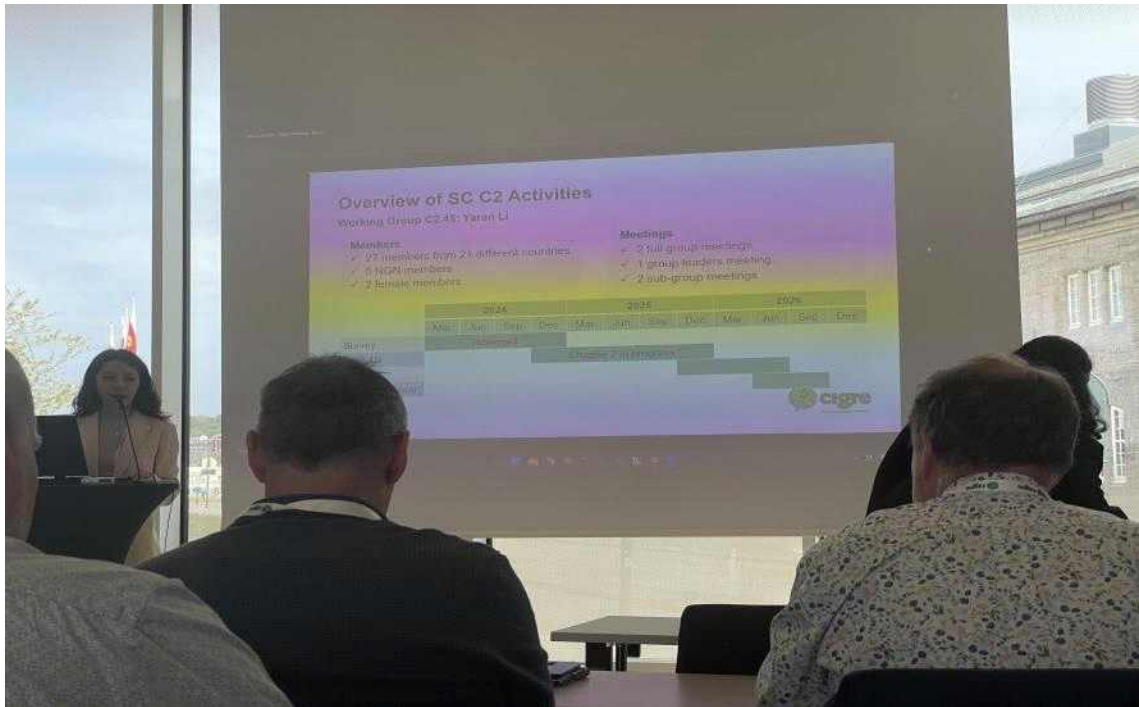
- 주제 : The Various Constraint Relief Strategies of South Korea's Massive Generation Surplus Areas
- 발표자 : 주원 차장



다. CIGRE Study Committees 및 Member Meeting

- C2(Power System Operation and Control) 한국 대표 : 송태용 팀장





□ C2 산하 워킹그룹 활동 및 실적 발표

- Data Center 활용 워킹그룹 : Data Center 증가 및 이를 계통 운영에 활용할 수 있는 방법 연구
- 인버터 전원 확대에 따른 안정운영 워킹그룹 : DC 전원 점유율이 압도적일 경우 계통 안정운영 방안 연구 등

□ 2026년 파리 세션에서 토의할 주제 선정

- 워킹그룹 활동 결과 중 '26년도 파리세션에서 발표 가능한 주제 선정 및 진행 상황과약

□ 전력계통 운영의 미래에 대한 의견 공유

- 계통운영자 훈련의 중요성 증대
- AI를 활용한 계통운영
- 결정론적 상정고장 vs. 확률론적 상정고장
- 계통운영의 자동화 및 최적화 가속화
- 산업의 전기화 영향(난방, 운송 등)

라. 출장 소감

- 인버터 설비 및 재생e 증가에 따른 계통운영의 어려움 및 문제 해소 방안에 대한 다양한 논의가 이루어지고 있음
 - 전 세계적으로 재생e 증가와 국가 간 HVDC 연계로 기존 발전기의 운전 대수가 적어지며, 이에 따라 관성이 감소함
 - 이에 따라 적절한 관성을 유지하기 위해 관성을 모니터링을 하며, 계통에서 고장 발생 시 주파수 하락 등의 광역정전 방지를 위해 노력하고 있음
- 많은 나라에서 전력계통을 감시하기 위해 PMU를 설치하여 다양한 계통 감시 시스템을 개발하여 사용하고 있음
 - PMU 데이터를 통하여 동작 특성이 빠른 인버터 기반 발전설비의 진동을 감시하며 안정도 문제를 해소하고자 함
 - 특히 브라질의 경우 계통운영자에게 제출된 재생e 특성 자료와 실제 재생e 발전기 특성 차이에 의한 광역 정전 이후, 모든 송전급 재생e 발전기에 PMU를 설치하여 모니터링하고 있음
- 유럽 계통에서 관성을 감시하기 위한 시스템에 대한 발표와 사례 연구가 많았으며 이는 현재 유럽 계통의 현상과 관련 있음
 - 재생E 증가에 따라 동기발전기 정지로 인해 관성 감시의 중요성이 더욱 부각되고 있는 것으로 보임. 향후 이에 대한 추가 연구가 필요할 것을 판단됨

라. 시사점

- 국내에도 재생e 및 인버터 기반 설비 증가에 따라 다양한 문제가 발생할 수 있으며 PMU 등의 전력계통을 감시하기 위한 설비의 설치가 필요함
- 또한 재생e 보급에 따른 증가에 따른 관성을 감시하기 위한 시스템이 필요하며, 관성 감시를 통해 사전에 발생할 수 있는 전력계통 불안정 문제에 대해 예측 및 대응이 필요함

- 국내의 경우 아직까지 관성 저하의 문제점이 크게 드러나지는 않았으나, 재생E 확대가 지속될 것을 고려하면 지금부터 계통 관성 감시를 위한 연구 및 실시간 계통관성 감시시스템 구축 필요
- CIGRE 심포지움, Study Committees, Member Meeting 등에 정기적인 참석으로 해외 전력계통 운영의 다양한 사례를 공유하고, 이를 통해 우리나라 전력계통 운영에 기여할 필요가 있음

붙임. 접촉 인물. 끝.

붙임**접속 인물**

성명	국적	소속	담당
Trevor D. Hines	United States	MISO	C2 Secretary
CHATTERJEE Renuka	United States	MISO	C2 Secretary Assistance
Adrian Kelly	Ireland	EPRI	Chair the C2 Session #2
Giannuzzi Giorgio	Italy	TERNA	Chair the C2 Session #2
MENDONÇA S. DE OLIVEIRA Adel	Brazil	ONS	C2 Regular Member
JACOBS Jens	Germany	Amprion	C2 Regular Member