

그린에너지 네트워크 온라인 안정도 분석 시스템

조운성 | 대구가톨릭대학교 부교수
 권혁일 | 대구가톨릭대학교 석사과정
 허진 | 상명대학교 전기공학과 조교수
 백자현 | 한국전력공사 전력연구원 일반연구원
 최영도 | 한국전력공사 전력연구원 선임연구원
 박상호 | 한국전력공사 전력연구원 책임연구원
 윤기갑 | 한국전력공사 전력연구원 책임연구원

1. 서론

재생에너지 3020 정책에 따라 30년경 약 58GW 규모의 재생발전 용량이 예상된다.[1]. 아래 표에서 보는 바와 같이 신재생에너지 확대에 따른 계통 안정성 확보를 위해 신재생에너지 감시 및 분석 시스템 구축은 필수적 요소이다.

신재생에너지 감시 및 분석 시스템은 EMS와 연계하여 운영된다. 그림 1은 EMS 기반의 신재생 동적안정도 시스템 구성도에 대해 나타내고 있다. 그림 1에서 보는 바와 같이 SCADA 시스템으로부터 취득된 온라인 데이터를 기반으로 상태추정 수행되며, 추정된 데이터(전압, 전력 등) 및 신재생 예측 정보를 바탕으로 신재생 동적안정도 시스템이 수행된다. 일반적인 EMS 기반의 동적안정도 시스템과의 차이점은 다음과 같다.

- 신재생 정보 취득 : 송전급에 연계된 신재생 정보 및 배전급에 연계된 신재생 정보로 구분
- 배전급 신재생 정보는 송전급 EMS에서는 부하에 포함되어 있으며, 이를 신재생에너지 모델링 반영하여 데이터 처리시 반영 필요
- 신재생에너지 모델링 : 다수 신재생에너지를 등가 발전기 형태로 모델링(Aggregation 수행)
- 신재생에너지 다이나믹 모델 : 재생에너지에 대한 안정도 평가를 위해 정밀한 다이나믹 모델 및 파라미터 필요 (신재생에너지에 대한 다이나믹 정보 미취득시 Generic 모델 사용)

표 1. 30년 신재생에너지 용량[1]

구분	태양광	수력	수력	기타
정격용량(MW)	33,530	17,674	2,105	5,152
실효용량(MW)	5,231	336	591	2,615

표 2. 신재생 발전량 및 설비비중[1]

구분	22년	26년	30년	31년
발전량 (TWh)	58.3 (9.6%)	89.5 (14.4%)	125.8 (20.0%)	126 (19.9%)
설비 (GW)	23.3 (16.4%)	38.8 (25.4%)	58.5 (33.7%)	58.6 (33.6%)

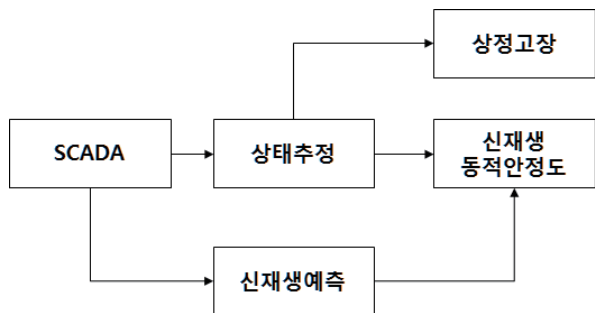


그림 1. EMS 기반 신재생 동적안정도 시스템 구성도

본 원고에서는 Eirgrid에서 운영하는 온라인 신재생 안정도 시스템에 대해 소개한다.

2. 신재생 에너지 연계에 따른 온라인 계통운영시스템 현황

신재생 에너지 연계에 따른 계통 안정성 유지를 위해 EirGrid는 다음과 같은 온라인 안정도 해석 시스템을 구축하여 운영한다.

- Wind Dispatch Tool

WDT(Wind Dispatch Tool)는 아일랜드 내 두 개 EMS에 도입된 핵심 기능 중 하나이다. 해당 기능을 사용하여 계통운영자가 다양한 안전도 값에 따라 풍력발전기를 동적 제어하여 안전한 수준으로 유지할 수 있다. WDT는 EMS에서 송전/배전에 연결된 모든 풍력 발전기에 제어를 전송할 수 있다.

Eirgrid는 신재생연계 비율에 관한 지료를 개발하여 이를

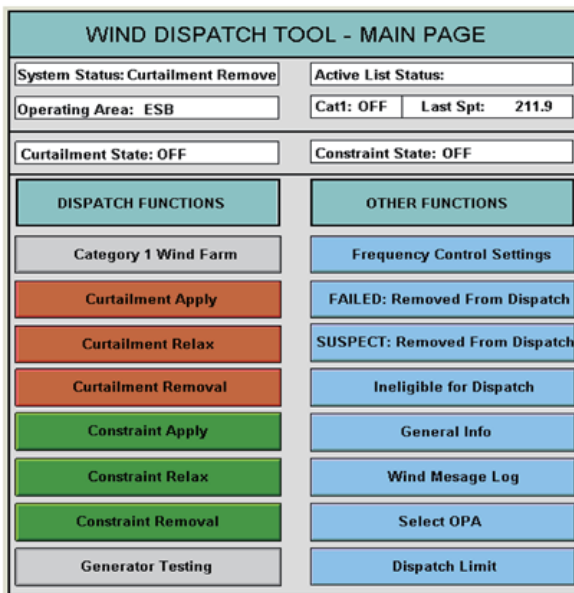


그림 2. Wind Dispatch Tool의 사용자 - 발전기 인터페이스 메인 페이지[출처:Cigre][2]

활용하여 신재생 에너지 차단에 활용한다. SNSP는 다음 식을 통하여 같이 계산된다[2].

$$SNSP(\%) = \frac{Nonsynchronous\ Generation(MW) - NetHVDCInterconnector\ Imports(MW)}{Demand(MW) - NetHVDCInterconnector\ Exports(MW)} \times 100\%$$

기존의 최대 SNSP 한계는 60%로 설정된다. 이를 초과시 신재생 전원의 차단(Curtailment)에 의해 유지된다.

- Online Short Circuit Tool

아일랜드 송전계통의 고장전류를 지속적으로 모니터링 할 수 있도록 Short Circuit Tool (SCT)을 개발했다. SCT는 계통의 사전 정의된 모선에 대해 3상 단락고장 전류를 계산한다. 계산된 고장전류를 차단기 용량과 검토하여 단락 전류가 차단기 용량 초과 또는 한계에 근접 할 때 알람이 발생한다.

- 주파수 변화율 (RoCoF)

주파수 변화율 (RoCoF)은 발전기 또는 외부 연계 시스템의 갑작스런 단락고장 이후 시간 경과에 따른 주파수의 측정값이다. 주로 RoCoF가 한계를 초과하는 가장 취약한 시기는 사건 발생 초기이다. 아래의 식은 RoCoF를 계산하여 주파수 변화를 모니터링 할 수 있다[2].

$$RoCoF = \frac{Nominal\ frequency(Hz) \times Change\ in\ system\ power(MW)}{2(System\ inertia(MWs) - Change\ in\ system\ inertia(MWs))}$$

3. 온라인 신재생 동적안정도 시스템 구축 현황

온라인 신재생 동적안정도 시스템은 EMS와 연계되어 구축된다. 온라인 신재생 동적안정도 시스템은 Powertech사 온라인 DSA를 기반으로 구성할 수 있다.

DSA 시스템은 H/W와 S/W로 구성되어 있다. DSA H/W는 연산용 서버 컴퓨터

RMS AC BREAK - Single Phase									
Substation	Voltage	Breaker	Fault Id	Type	X/R ratio	RMS AC Break Current (kA)	RMS AC Break Rating (kA)	Fault level (% of CB rating)	
CRKBNE S	220	CRK2G151CBK	CRKBNE S220A1_1	L-G	3.599	24.140	26.20	92.138	
CRKBNE S	220	CRK2D15H1CBK	CRKBNE S220A2_1	L-G	3.599	24.140	26.20	92.138	
INCHCOR	220	INCK2K1_2CBK	INCHCOR220B1_1	L-G	6.967	26.301	31.50	83.494	
INCHCOR	220	INCK2K1_2CBK	INCHCOR220B2_1	L-G	6.967	26.301	31.50	83.494	
INCHCOR	220	INCK2H1CBK	INCHCOR220B4_1	L-G	6.967	26.301	31.50	83.494	

그림 3. 온라인 단락 고장 계산 Tool[출처:Cigre][2]

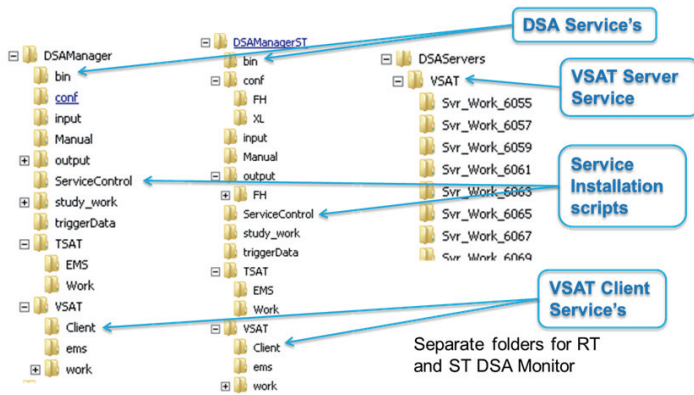


그림 7. DSA S/W 설치시 생성 폴더[출처:Powertech][3]

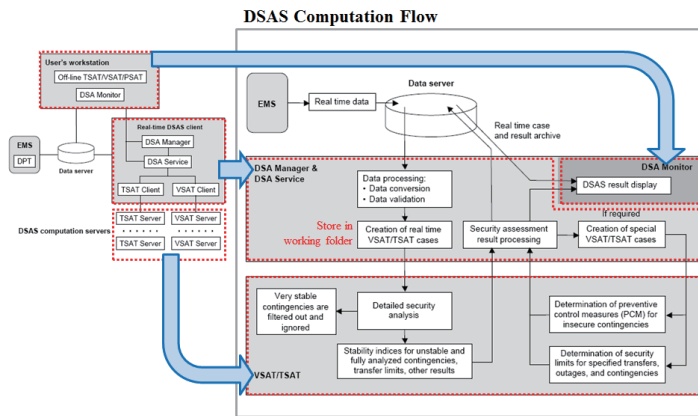


그림 8. DSA 연산 과정[출처:Powertech][3]

◆ 모션 데이터													
3	DOUGLAS	345.00	1	0.00	0.00	1	1	1.0032	-7.135	1	DOUGLAS	345	10
6	DOUGLAS	22.00	2	0.00	0.00	1	1	1.0348	-4.627	1	DOUGLAS	22	600
모션 고유 명													
◆ 발전 데이터													
6	01	330.85	218.98	347.054	-178.821	1.0032	4	800.00	0.0	6.4	0.0	0.0	1.0
100.0	700.00	50.00	1	1.00	0	0	0	DOUGLAS	62	DOUGLAS	22	600	
설비 고유 명 발전기 모션 고유 명													
◆ 선로 데이터													
3	46	01	0.001800	0.019500	0.30400	227	675	675	0.00	0.0	0.0	0.0	1
1.00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
T538 1, DOUGLAS 345 10, HANOVER 345 51													
설비 고유 명 선로 승전모션 고유 명 선로 수전모션 고유 명													

그림 9. DSA 연산을 위한 입력데이터[출처:Powertech][3]

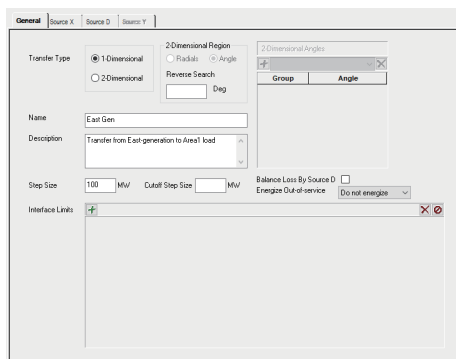


그림 10. Transfer data view[출처:Powertech][3]

수행된다. EMS 내 상태추정 수행 후 DSA 입력데이터를 생성하여 해당 파일을 DSA에 전송한다. 다수 입력데이터 중 네트워크 데이터는 PTI 양식 중 Raw 파일 형태로 구성된다. 그러나 DSA는 온라인 상에서 변화하는 모선구조와 상정고장 목록 등 오프라인 요소간의 데이터 연결을 위해 Raw 데이터에 모선 고유한 설비명을 추가하여 구성한다. 그림 8은 설비 고유명이 추가된 Raw 데이터를 나타낸다.

신재생에너지 수용성 한계량은 DSA내 Transfer 해석을 통해 산정된다. Transfer 해석의 주요 기능은 다음과 같다.

- Source 또는 Sink에 대한 설정후 발전/부하 조정됨
- Load scale: MW 부하는 dispatch 단계에서 필요한 양만큼 증가 또는 감소되고 MVAR부하는 지정된 Scale Load 명령에 따라 조정
- Generation scale. MW발전량은 dispatch 단계에서 필요한 양만큼 증가 또는 감소되고 발전기가 출력 한계점에 도달하면 다른 발전기가 그 점유율을 가짐

WSAT은 풍력연계에 따른 온라인 동적안정도 평가 시스템이다. WSAT은 Powertech사의 DSATools를 기반으로 풍력발전원의 전력계통 안전도를 평가하는 특성화된 S/W이다. Powertech과 EirGrid가 2년의 기간에 걸쳐 공동 연구 및 시험을 통해 개발하였고, 2010년 9월 EirGrid National Control Center에서부터 운영되고 있다. 전력계통의 전압 및 전력조류 측정은 SCADA 또는 WAMS을 통하여

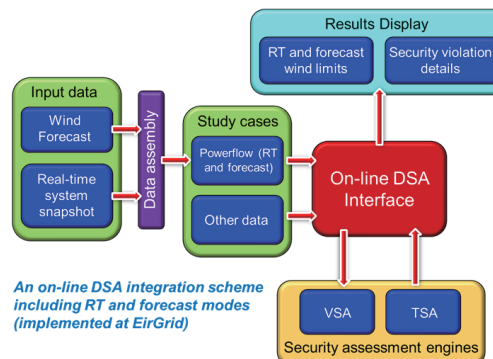


그림 11. WSAT시스템 기능 구조도[출처:Powertech][3]

표 1. 온라인 DSA 주요 입력데이터[출처:Powertech][3]

Data Name	사용처	필수/선택	온라인/오프라인
Powerflow	VSAT, TSAT	필수	온라인
Node bus mapping	DSA Manager	선택	온라인
VSAT 및 TSAT Contingency	VSAT, TSAT	필수	오프라인
Contingency screening parameters	VSAT	필수	오프라인
EMS contingency group	DSA Manager	선택	오프라인
Transfer	VSAT, TSAT	필수	오프라인
Interface	VSAT, TSAT	선택	오프라인
VSAT 및 TSAT monitor	VSAT, TSAT	선택	오프라인
VSAT 및 TSAT SPS	VSAT, TSAT	선택	오프라인
GCC, AGC, Branch rating, CCPP Load conversion, ULTC control mode Governor response, Modal analysis, Climate, Criteria, Margin	VSAT(대부분)	선택	오프라인
VSAT 및 TSAT parameters	VSAT, TSAT	필수	오프라인
VSAT 및 TSAT scenario definition	DSA Manager	필수	오프라인
Dynamic	TSAT	필수	오프라인

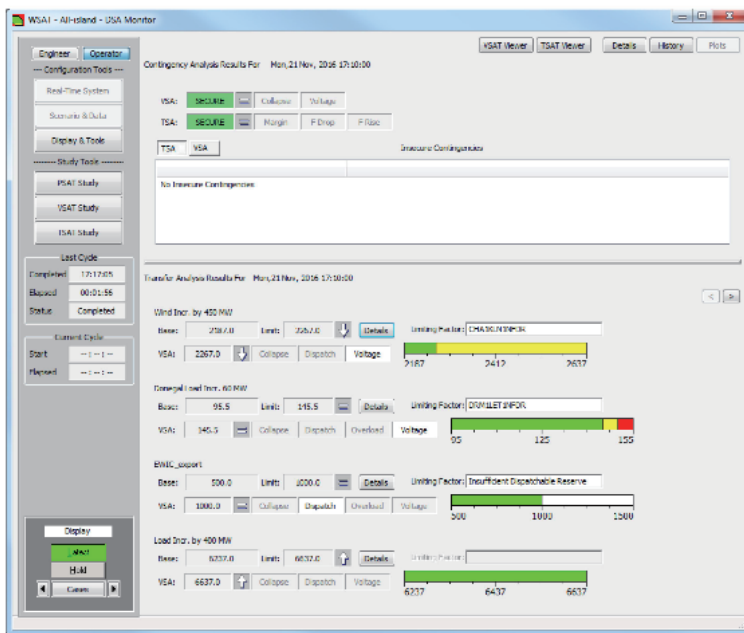


그림 12. DSAT 기반 안정도 출력화면[출처:Cigre][2]

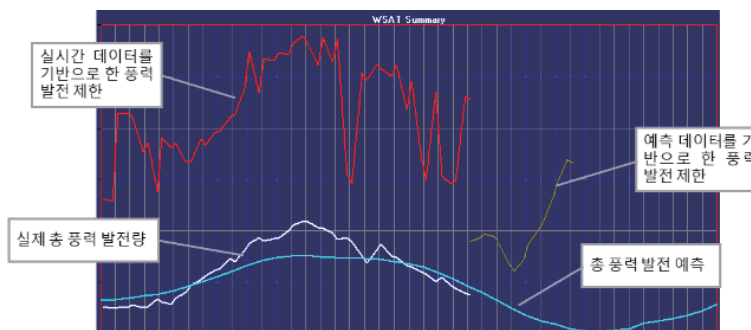



그림 13. WSAT시스템 출력 화면[출처:Powertech][4]

측정하고 나머지 데이터(예: 바람예보, 신재생 예측 정보)도 온라인으로 취득한다. 현재 아일랜드의 TSO인 EirGrid에서 구현하여 운영 중에 있다. WSAT시스템 기능 구조도는 아래의 그림과 같다.

- WSAT 기능
 - 실시간 시스템 조건에 대한 안전도 평가
 - DSATools에서 지원하는 모든 안전도의 기준을 사용할 수 있다.
 - 전압, 주파수 및 열 안전도와 같은 과도 응답에 대한 운영안전도 구성요소들을 5 분마다 실행하고 매일 450만 번 이상의 테스트를 수행한다; 시간별 스케줄링에 사용된다.
 - 예측 시스템 조건에 대한 안전도 평가
 - 최대 12 시간까지의 시간별 스냅 샷을 이용.
 - 모델링
 - 바람에 대한 세부 모델링
 - 보호 시스템 모델링(과전압, 저전압, 주파수차단)
 - SPS 모델링
 - 스터디 모드

- 출력데이터
- 다음 조건에 대한 최대허용 가능한 풍력
- 온라인 모드
 - 예측 모드
 - 스터디 모드: 다양한 운영 시나리오
- 안전도를 허용범위를 넘어서는 세부사항을 제한

4. 결 론

신재생 연계 확대에 따른 온라인 신재생 감시 분석 및 제어 시스템 구성에 대해 소개되었다. Eirgrid는 온라인 신재생 감시 분석 시스템 기반의 운영시스템 내에 풍력 재배분, 고장전류, 관성, Curtailment, WSAT 등의 기능을 탑재하였다. 탑재된 기능을 이용하여 계통 운영에 활용하고 있다. 향후 국내에도 재생에너지 확대에 따라 온라인 신재생 에너지 감시 분석 시스템 기반의 계통 운영이 필요하다. 

참고문헌

- [1] 산업통상자원부, 제 8차 전력수급기본계획, 12. 2017
- [2] Ivan Dudurych, Michael Burke, Louis Fisher, Martin Eager, Kieran Kelly, Operational security challenges and tools for a synchronous power system with high penetration of non-conventional sources, Cigre 2017.2
- [3] Powertech Labs Inc. Surrey, British Columbia, Canada, DSAUser Manual
- [4] Lei Wang, On-Line Dynamic Security Assessment: Its Role and Challenges for Smart Control Centers, Powertech