

## 한국형 EMS용 온라인 전력계통해석 프로그램 개발

**이옥화\***, 조운성, 윤상윤, 이 진, 허성일\*\*, 김선구\*\*, 이효상\*\*  
 LS산전(주) 전력연구소, 한국전력거래소\*\*

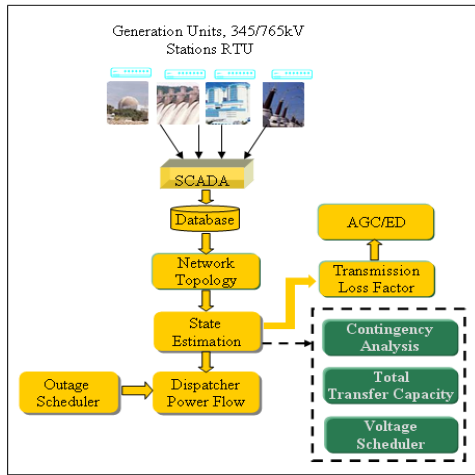
### THE DEVELOPMENT OF POWER SYSTEM ANALYSIS ONLINE PROGRAMS FOR THE KOREAN EMS

UK-HWA LEE\*, Y.S. CHO, S.Y. YUN, J. LEE, S.I. HUR\*\*, S.G. KIM\*\*, H.S\*\*. LEE\*\*  
 LS Industrial Systems, KOREA POWER EXCHANGE\*\*

**Abstract** - 전력IT 국책과제로 진행되는 한국형 EMS용 계통해석 프로그램 개발의 1단계 성과로는 온라인 토폴로지 프로세서, 상태추정, 휴전계획 등이며 스테디로 급전원 조류계산 등이다. 2년간에 걸친 개발 과정을 거치고 지난 '08년1월~'08년4월까지 목천 한국전력거래소 후비센터에서 온라인 계통 데이터를 이용하여 다양한 실증시험, 특히 한국전력거래소의 급전원 입회시험까지 완료된 상태이다. 1단계로 개발된 프로그램 중 토폴로지, 상태추정, 휴전계획 등 프로그램 및 실증시험 결과를 중심으로 기술하고 있다.

#### 1. 서 론

전력IT 국책과제로 진행되는 한국형 EMS용 계통해석 프로그램 개발의 1단계 성과로 온라인 토폴로지 프로세서[TP], 상태추정[SE], 휴전계획(OS), 송전손실(TLF) 등이다. 2년간에 걸친 개발 과정을 거치고 지난 '08년1월~'08년4월까지 목천 한국전력거래소 후비센터에서 온라인 실계통 데이터를 이용하여 다양한 실증시험, 특히 한국전력거래소의 급전원 입회시험까지 완료된 상태이다. 그림1에는 현재 개발된 해석 프로그램들을 보이고 있다. 점선안의 프로그램은 2단계에서 구축될 프로그램이다. 본 논문에서는 지금까지 개발된 온라인 해석프로그램 중 토폴로지, 상태추정, 송전손실 등과 실증시험 결과를 중심으로 기술하고 있다.



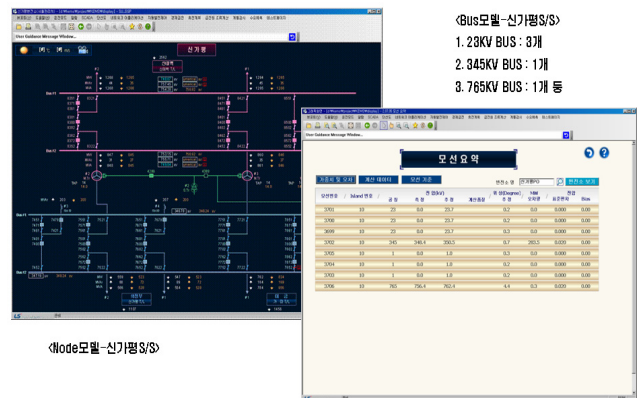
〈그림 1〉 한국형 EMS 계통해석 프로그램 개요

#### 2. 본 론

##### 2.1 온라인 네트워크 토폴로지 프로세서

본 논문에서 개발된 토폴로지 프로세서는 크게 3가지의 기능으로 구성되어 있다. 첫 번째로 온라인으로 SCADA로부터 모든 측정치 및 디지털 정보(차단기 상태 정보 등)를 취득하여 응용 프로그램 데이터베이스에 저장하는 데이터 준비 기능(Data preparation)이 있다. 이것은 EMS에서 계통해석을 시작하는 단계로서 계통해석에 사용될 데이터를 준비하는 단계이다. 즉, SCADA는 2초마다 데이터가 들어오지만 계통해석은 최소 1분마다 수행이 가능하므로 특정시점에 일치된 데이터를 스냅샷으로 구성할 필요가 있는 것이다. 두 번째로 취득된 온라인 차단기 및 단로기 정보를 근거로 노드 모델(node model)을 모선 모델(bus model)로 변경하는 기능을 가지고 있다. EMS의 모든 계통모델은 노드 모델로 구성되어 있다. 여기서 노드 모델이란 모든 설비의 네트워크 정

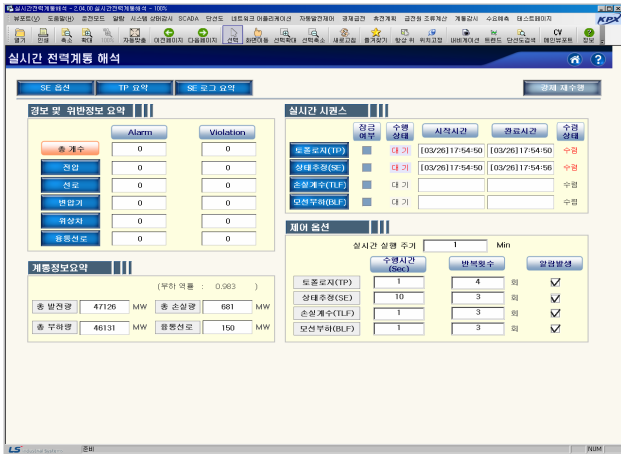
보가 노드 단위로 구성되어 있다는 것이다. 그림 2는 노드 모델로 구성된 765kV 신가평변전소 형태를 765kV 모선 1개, 345kV 모선 1개, 23kV 모선 3개의 전기적 모선(BUS)으로 구축된 것을 보이고 있다. 이후의 모든 계통해석은 토폴로지 프로세서가 구축한 모선 모델을 이용하여 수행된다. 특히 실증시험 단계에서는 목천의 한국전력거래소 후비센터에서 시험하면서 현재 운영중인 NEMS의 모선 처리 결과와 비교하여 동일한 토폴로지를 구축함을 확인하였다. 구축된 토폴로지 프로세서의 처리 속도는 현재 한국전력 실계통의 경우 600개 이상의 변전소로 구축되어 있는데 실증시험 결과 토폴로지 처리는 1초미만으로 수행되는 것으로 확인되었다.[1] 세 번째 기능으로 계통의 고압계통 유무와 계통에서 분리된 설비(발전기, 변압기 등)의 결과를 출력하는 기능으로 되어 있다. 즉, 주기적으로 현재 계통이 몇 개의 고압계통(ISLAND)로 구성되어 있는지 계통에서 분리된 설비가 어느 변전소에 얼마큼 있는지 등의 정보를 온라인으로 제곱함으로 급전원으로 하여금 계통 운영에 다양한 정보를 제공하고 있다.



〈그림 2〉 모선 모델로 구축된 변전소 예

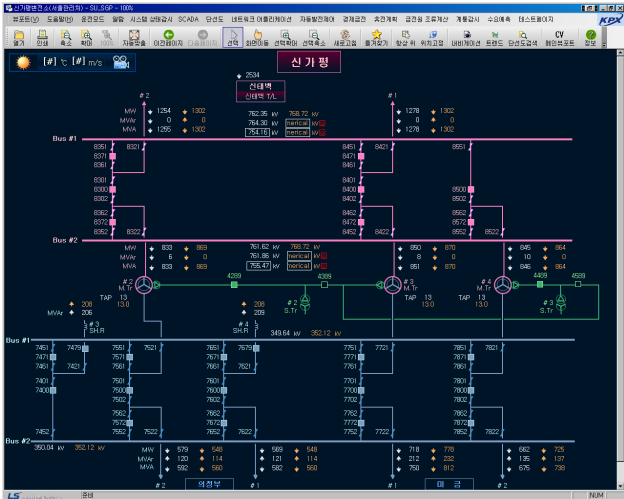
##### 2.2 온라인 상태추정 프로그램

본 연구에서 개발된 상태추정 프로그램은 TP가 구축한 모선 모델 데이터[네트워크 및 측정데이터]를 DB로부터 1분 단위로 주기적으로 읽어와서 상태추정을 수행하여 각 모선별 전압크기와 위상을 계산하고, 이를 이용하여 각 선로의 조류(유효전력, 무효전력) 등을 계산한다. 상태추정 알고리즘은 대규모 계통에 적합하고 신뢰도 및 고속연산에 적합한 고속 분할 기법을 적용한 최소자승법(Fast decoupled WLS)을 사용하였다. 이 알고리즘은 대규모 모선 처리에 적합하도록 적은 메모리를 사용하며 고정된 이득행렬을 사용함으로써 연산속도를 크게 함으로써 실제 부피의 많은 전력회사에서 적용하고 있는 알고리즘이다. 이외에도 제한치를 위배하는 선로 조류량 및 설비별 과부하 등을 계산하며 온라인 알람 및 위반 정보를 제공한다. 그림 3은 온라인 계통해석 메인 화면을 나타내고 있다. 온라인으로 한국전계통 데이터를 읽어 상태추정을 수행하는데 7~8초 정도에 수행하는 것으로 보이고 있다. 이는 기존 상태추정은 10초 이상 걸리는 것에 비하면 상당히 수렴 시간을 앞당겼다. 그리고 사용된 수렴 조건은  $\Delta V$ ,  $\Delta \theta$  각각 0.001[PU], 0.001[Radian] 이내에 들어오도록 설정되어 있다. 메인화면에서 상태추정의 결과 중 전계통의 총발전량, 총부하량, 손실 등을 온라인으로 출력함으로써 현재 계통상태를 직관적으로 관측할 수 있도록 출력하였고 부하 역률도 출력하여 관측하도록 하였다.

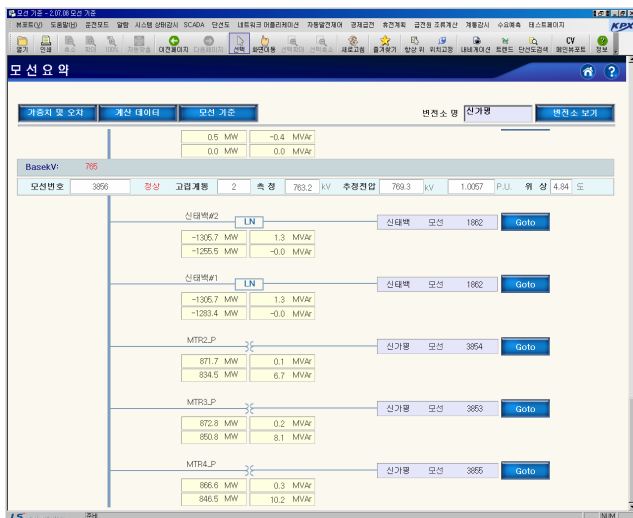


〈그림 3〉 온라인 계통해석 메인 화면

그림 4은 신가평 변전소 SCADA화면에 상태추정값을 출력하여 비교 가능하도록 전압 크기, 선로 조류[MW 및 MVAR], 변압기 탭 추정, 등을 측정값과 같이 보이고 있다. 또한 동일 결과를 단선도(Single line diagram)에서도 볼 수 있도록 하였다. 그림 5은 신가평 변전소에 대한 단선도를 보이고 있다. 모선 번호, SCADA측정값, 상태추정값, 선로 조류등을 보이고 있어 온라인 계통해석에 사용될 수 있다.



〈그림 4〉 SCADA 측정치 & 상태추정 결과 출력



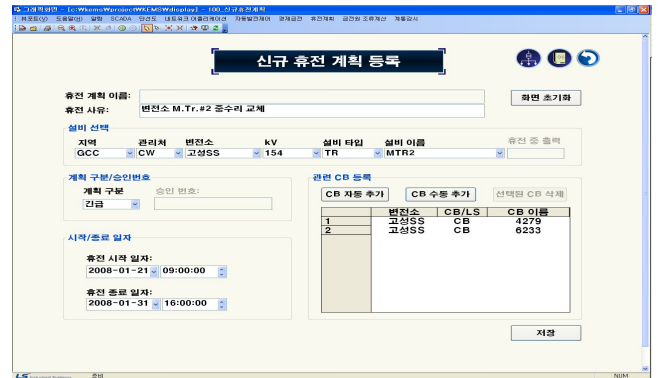
〈그림 5〉 단선도 화면에 상태추정 결과 출력

2.3 온라인 휴전계획 프로그램 개발

개발된 휴전계획(Outage Scheduler: OS) 프로그램의 기능은 다

음과 같다.

- 1) 휴전계획 프로그램은 계통 설비의 미래 휴전을 계획하기 위한 급전원 지원이 가능해야만 한다.
- 2) 급전원은 휴전 설비명, 시작 및 종료 날짜 및 시간, 휴전중 설비 상태 등을 지정할 수 있어야만 한다.
- 3) 휴전계획은 스위칭 설비(차단기/단로기), 송전선, 변압기, 이상기(phase shifter), 직/병렬 캐패시터/리액터, 동기 조상기 및 발전기 중 1개 이상의 관련 설비의 조합을 포함한다.
- 4) 휴전설비의 식별은 설비가 위치한 변전소 명과 설비명의 조합으로 구성되어야 하며 다음의 상태(state)를 포함해야만 한다. 위상각을 이용하여 각 선로의 송전 손실 계수를 계산하며 이 결과를 ED에 보내주는 것이 목적이다. 그림 6은 신규 휴전계획 데이터를 입력/설정하는 화면이다.



〈그림 6〉 신규 휴전계획 데이터 등록 화면

2.4 온라인 송전손실계수 계산 프로그램 개발

본 프로그램은 상태추정 결과를 이용하여 송전손실 계수를 계산하고 이를 DB에 다시 저장하는 기능을 가지고 있다. 이를 활용하여 경제급전(ED) 등이 활용된다. 실행 주기는 최소 1분 마다 진행이 되며, 먼저 상태추정값과 선로 데이터를 입력으로 받아들이고 이를 이용하여 Y-BUS 행렬과 H-Matrix를 구성하여 계산한다. 이후 H-Matrix의 역행렬을 구성한 후 이를 이용하여 온라인으로 송전손실 계수(Transmission loss factor)를 계산하게 된다. 그림 7은 결과 출력 화면이다.

변전소명	발전기명	식별명	전압(kV)	손실 계수
합천#4	GEN1	GENC	13.2	0.0000
		GENC	13.2	0.0000
와동TP	GEN1	GENC	22	0.00992
		GENC	22	0.00992
와동TP	GEN3	GENC	22	0.00992
		GENC	22	0.00992
와동TP	GEN4	GENC	22	0.00990
		GENC	22	0.00990
와동TP	GEN5	GENC	22	0.00992
		GENC	22	0.00992
상평TP	GEN1	GENC	18	0.00000
		GENC	18	0.00000
상평TP	GEN2	GENC	18	0.00000
		GENC	18	0.00000
상평TP	GEN1	GENC	22	0.00003
		GENC	22	0.00003
상평TP	GEN2	GENC	22	0.00003
		GENC	22	0.00003
상평TP	GEN4	GENC	22	0.00000
		GENC	22	0.00000
상평TP	GEN5	GENC	22	0.00003
		GENC	22	0.00003
상평TP	GEN6	GENC	22	0.00003
		GENC	22	0.00003
산동연대선	GEN1	GENC	11	-0.0127
		GENC	11	-0.0127

〈그림 7〉 송전손실 계수 계산 결과 화면

3. 결론

전력IT 국책과제로 진행되는 한국형 EMS용 계통해석 프로그램 개발의 1단계 성과로 온라인 토폴로지 프로세서[TP], 상태추정[SE], 휴전계획(OS), 송전손실(TLF) 등이다. 2년만에 걸친 개발 과정을 거치고 지난 '08년1월~'08년4월까지 목천 한국전력거래소 후비센타에서 온라인 실계통 데이터를 이용하여 다양한 실증시험 결과, 성능과 기능면에서 양호한 결과를 얻었다. 향후 2단계 연구과정을 거쳐 상용화에 대한 기대가 높은 상태이다.

본 논문은 지식경제부에서 시행한 전력산업 연구개발사업(과제번호 : R-2005-1-398-004)으로 수행되었습니다. 관계자분들께 감사드립니다.

[참고 문헌]

- [1] 이육화, 김선구 외, "한국형 EMS NA 실증시험 결과보고서", 2008년 4월.