

중앙급전소 설계 시 요구사항

이윤기, 김광호, 최영민, 최봉수
한국전력거래소

Central Control Center design requirements

Yun-Ki Lee, Kwang-Ho Kim, Young-Min Choi, Bong-Soo Choi
Korea Power Exchange

Abstract - 2003년 8월 북미 북동부지역 광역정전에 이어 영국과 말레이시아, 이태리에서도 대규모 정전이 발생하여 지진, 태풍에 버금가는 사회적인 혼란과 경제적인 피해를 초래했다. 이러한 광역정전사고는 국내 전력산업계에도 상당한 충격과 시사점을 제공했고, 정부와 전력거래소 주도하에 대정전의 원인과 이를 방지하기 위한 권고치에 대한 다각적인 검토와 보완이 이루어지고 있다. 이 보완사항에는 대규모 정전을 막기 위해 필수적인 대규모 발전소 및 변전소에 계통안정화장치의 설치, 통신규격의 표준화, 원격 취득자료의 정확도를 유지하기 위한 전력시장운영규칙의 개정 등의 제도적인 지원뿐만 아니라 급전원에 대한 주기적인 교육을 통해 상황대처능력을 향상시키기 위한 노력 등 대정전을 예방하기위해 전력산업 전반에 걸쳐 다양한 개선과 노력이 이루어지고 있다.

이에 대한 노력과 함께 전력거래소는 후비급전소를 천안으로 이설 중에 있고, 공공기관 지방이전 시에 신규로 중앙급전소를 설치할 예정이다.

본 논문은 위에서 언급한 광역정전을 예방하고, 전력계통을 안전하고 효율적으로 운영하기 위한 중앙급전소를 설계할 때 고려해야 할 사항에 대해 논하고자 한다.

1. 서 론

중앙급전소는 전력계통 운영에 있어 중추신경으로 계통의 운영 상태를 감시하고 적절히 제어하여 전력계통을 안정적으로 운영하는 기능을 담당하고 있다. 우리나라의 경우 1979년 ALD(Automatic Load Dispatch) 시스템을 시작으로 1988년 Toshiba EMS가 도입되었고, 2002년도에는 AREVA EMS로 교체 되었다.

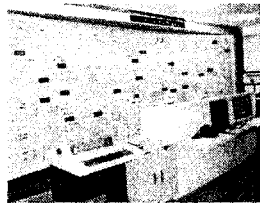


그림 1 ALD 시스템

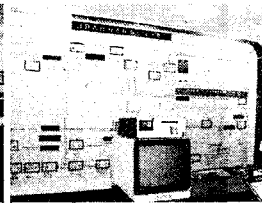


그림 2 Toshiba EMS

AREVA EMS는 Toshiba EMS의 기능을 한층 업그레이드 시켰고 특히 사용자 인터페이스는 Full Graphic을 지원하도록 하여 사용자 편의성을 대폭 향상 시켰으며, 계통해석 기능을 활용하여 긴급유전검토를 할 수 있다. 급전원훈련 시뮬레이터는 계통 상정고장 시나리오 등 급전원에 대한 교육을 실시하고, 프로그램 튜닝용으로 활용하는 등 EMS의 기능을 활용하여 업무활용성을 크게 증진시켰다.



그림 3 AREVA의 EMS 시스템

정보통신기술의 비약적인 발전에도 불구하고, 중앙급전소에 사용된 기술은 이전부터 사용하던 기술을 답습하고 새로운 기술의 이점을 충분히 반영하지 못하고 있었다. 90년대 중반에 전력산업의 민영화가 시작되면서 중앙급전소의 요구사항들은 근본적으로 바뀌기 시작했고, 그동안의 취약점이 드러나게 되었다. 현재의 관점에서 볼 때 종래의 중앙급전소는 너무 집약적, 독립적, 폐쇄적이고 유연하지 못한 시스템이었다. 지난 2003년 북미의 대규모 정전을 계기로 더욱 신뢰성 있고 효율적인 계통운영을 위해 중앙급전소에 최신 정보통신기술의 적용을 촉진하게 되었다. 전력거래소는 현재 주 중앙급전소와 후비 중앙급전소를 운영 중에 있고 2012년 주 중앙급전소를 새로 설치할 예정이다. 우리나라의 전력계통 규모는 세계 10위권으로 성장하였고 계통은 날이 갈수록 복잡해져서 급전원의 운영능력만으로는 광역정전과 같은 재난을 막는데 한계가 있다. 본 논문에서는 주문자의 목적에 부합하는 급전소를 구축하기 위한 프로젝트 진행방법, 급전소의 위치 및 내부배치, 데이터교환 요구사항 등 급전원의 계통운영능력을 극대화할 수 있는 중앙급전소의 요구조건에 대해 살펴보고자 하겠다.

2. 설계 시 요구사항

2.1 프로젝트 진행방법

전력계통에서의 컴퓨터 시스템은 크게 SCADA, EMS, BMS(Business Managements System)로 나뉜다. SCADA는 전력계통의 상태를 감시하고 제어하는 기능을 하고, EMS는 이벤트와 현재의 상태, 그리고/또는 계획된 제어 행위의 결과를 분석하기 위해 고급수학적인 알고리즘을 기반으로 하고 있다. BMS는 전력거래를 지원한다. 이러한 시스템은 일반적으로 복잡한 실시간 데이터 처리를 필요로 하고, 운전시 안전을 최우선으로 해야 하고 실시간으로 수정이 가능해야 하며, 대량의 신호 입·출력을 처리해야 한다. 이러한 시스템은 많은 부분을 주문 제작한 시스템에서 완성도 높고 대량 생산된 상용기성품(COTS(Commercial Off-The Shelf))으로 변화되어온 특징을 가지고 있다. COTS와 주문제작한 소프트웨어를 혼합해서 사용하기 위해서 제작사는 주문자의 요구를 정확히 파악해야 한다. 주문자가 직접 개발한 제품은 품질이

낮거나 공기지연, 유지보수비용의 증가와 같은 위험을 증가시키는 단점이 있는 반면에 제품의 기능을 최대한 활용할 수 있다는 장점을 가지고 있다.

2.1.1 전통적인 컴퓨터 시스템의 도입 방식

전력산업에 컴퓨터 시스템 도입 시 적용된 전통적인 요구사항(RS: Requirements Specification)은 기술 지향적이다. 이 접근방식은 두 가지 위험을 가지고 있는데 하나는 주문자의 실제 요구가 최신기술로 대체되었다는 것과 제작자가 그들의 COTS를 변경해야 한다는 것이다. 많은 급전소 도입실패 사례의 원인은 위의 두 가지 때문이었다. 따라서 주문자의 실제 요구를 이해하고 COTS 소프트웨어를 최대한 활용하는 요구사항을 개발하는 것이 필요하다.

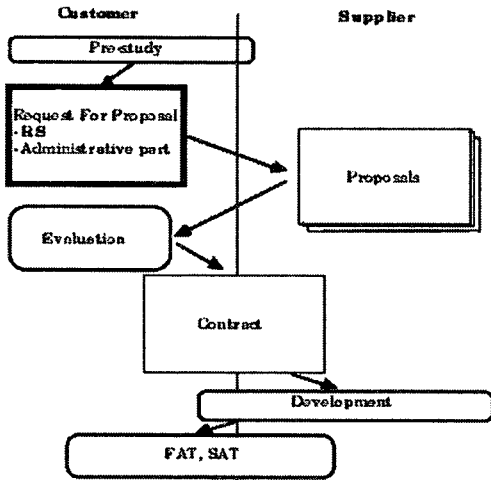


그림 4 전통적인 컴퓨터 지원시스템의 도입

2.1.2 KTH 방식의 도입 필요성

KTH(Kungliga Tekniska högskolan [Royal Institute of Technology]) 방식은 전 프로젝트 기간동안 요구공학(RE: Requirements Engineering) 프로세스를 지원한다. 요구사항(RS: Requirements Specification)은 시스템반응에 관련된 모든 측면을 포함해야 한다.

2.1.3 KTH 방식의 구조와 프로세스

그림5는 KTH 방식으로 작성된 사업계획 예이다. 먼저 SOTP(State Of The Practice) 기능으로 생각하는 기능을 명확히 정의하고, 사용자 편의성, 성능, 유연성 측면에서 이러한 기능을 평가해서 기초를 만든다. 요구조건의 구조는 의무사항과 선택사항으로 구분된다. 의무사항은 구분자, 목표, 우선순위, 안정성이고, 선택사항은 다른 구조조건과의 연관관계, 평가기준, 주석이다. RE 프로세스는 비즈니스 분석, 요구조건 설명, 개별 요구조건의 품질검사, 요구조건의 순위, RS 제검토 순으로 진행된다.

0.	SOTP Function 1
	Description
	Evaluation criteria
	SOTP Function 2
	SOTP Function n
1.	Business activity 1
	Description of activity
	Goals of activity
	Roles
	Sub activities
	Input to activity
	Output from activity
	Support system goals
	Requirement 1.1
	Requirement 1.2
2.	Business activity 2
	...
n.	Business activity n
n+1.	Non functional aspect 1
	...
n-k.	Non functional aspect k

그림 5 Swedish Power Grid 프로젝트에 사용된 사업계획

2.2 중앙급전소의 내부배치 및 위치 설계

정보통신기술의 발달로 감시 및 제어 기능이 중앙으로 집중화된 중앙급전소가 설치되었고, 이에 따라 급전원의 실수는 커다란 결과를 초래하게 되었다. 급전원의 부적절한 행동의 결과는 위험을 내포하고 있다. 따라서 인간의 실수를 없애거나 최소화하고 업무 효율을 향상시킬 수 있는 방향으로 중앙급전소를 설계하기 위해 인간공학이 자주 응용되고 있다. ISO 11064(Ergonomic Design of Control Centres)와 같은 인체공학에 관한 표준화된 가이드라인이 제정되어 운영되는 등 인간공학 기술을 이용한 내부시설물 배치와 작업자, 설비의 위치 설계 시에 효율적인 지침을 제공해 주고 있다.

2.2.1 필요공간 및 이격거리

중앙급전소는 다음과 같은 특성이 고려되어야 한다. 하루 24시간, 주 7일, 연 365일 중단 없이 운영해야 하기 때문에 급전원을 위한 훈련센터, 비상대책센터, 소프트웨어의 설계·테스트·유지보수를 담당하는 제어 어플리케이션 개발센터 등이 필요하다. 또한, 회의실, 기기실, 사무실, 유지보수실, 휴게실, 체력단련실, 경계경보 회복실, 식당 및 부엌, 탈의실, 관련 매뉴얼 자료실, 도면실, 방문자 갤러리 등이 설치되어야 한다. 모든 설비는 작업자가 작업하기에 충분한 이격거리를 확보해야 하고 급전원이 근무하기에 편안한 이격거리를 확보해야 한다.(작업면 위로 최대 73.66cm, 아래로 최저 67.31cm, 다리를 뻗을 수 있는 공간 최소 폭 76.2cm 길이 40.64cm, 자주 사용되는 기기들은 반경 40.64cm 내에 배치, 자주 사용되지 않는 기기들은 반경 71.12cm 내에 배치)

2.2.2 가독성 확보

글자를 인지할 수 있도록 일정한 거리를 유지해야 한다. 예를 들어 문자의 크기가 3.6mm일 경우 모니터와의 거리는 63.5-81.28cm가 적당하고 거리를 이보다 더 늘리고자 하면 글자의 크기를 키워야 한다. 글자의 높이(단위 mm)는 거리(단위 mm)에 0.0058을 곱해서 구할 수 있다. 모니터/스크린의 시야 공간 내 수직 높이는 15-50도, 앉은 자세에서 콘솔/워크스테이션의 최대 높이는 46인치, 시야각(머리와 눈을 좌, 우로 완전히 들렸을 때)은 190도를 넘지 말아야 하고, 모니터의 개수는 최대 4개로 제한해야 하고 상하로 길게 배치된 스크린은 권장 시야각을 넘어서기 때문에 권장하지 않는다.

2.2.3 건물 건축 시 고려사항

중앙급전소는 확장이 가능하도록 여유 공간을 확보해야 하고, 가능하면 외부 전경이 보이도록 시설하고 이렇게 할 수 없을 때는 눈의 피로를 풀어주기 위해 풍경그림을 배치한다. 정보전달을 방해받지 않게 하기 위해 소음은 55dB 이내로 유지해야 한다. 육각형이나 원형구조의 급전소는 소음을 증폭시키므로 이러한 구조를 피하고 불가피하게 이러한 구조로 설계된 경우 소음감쇄 장치를 시설해야 한다. 급전원 1인당 10.03㎡-14.95㎡ 정도의 면적을 확보해야 한다. 급전소는 공간사용을 최대화하고 시각적 방해물 막기 위해 기둥과 같은 장애물을 없애야 한다. 관람실을 설계할 때는 급전원이 타인에게 구경거리가 되고 있다고 느끼지 않게 설계해야 한다.

2.2.4 콘솔 배치

공기 배관은 급전원에게 직접 영향을 미치지 않도록 해야 하고 온도는 20-26℃, 습도는 40-60%를 유지해야 한다. 1인당 7리터의 신선한 공기가 공급되어야 하고 풍속은 0.5% 이내로 유지되어야 한다. 콘솔은 긴급 상황 시 필요한 물품이나 서류를 쉽게 이동할 수 있도록 배치해야 한다. 급전소 내에는 필요한 자료를 보관할 수 있는 공간을 확보해야 한다.

2.3 선진전력사의 급전소 및 데이터교환 요구사항 : 미국 PJM 사례를 중심으로

미국 동부에서 전력계통 및 전력시장을 운영하는 PJM에서는 급전소 및 데이터교환에 대한 조건을 제정하여 관리하고 있다.

2.3.1 급전소 요구사항

급전소는 지역급전소, 시장운영 센터, 부하서비스 센터, 마케팅센터의 4가지를 포함하고 있다. 데이터교환은 지역 송전사업자-지역급전소, 발전사업자-시장운영센터, 부하제공사업자-부하제공센터, 시장참여자-마케팅센터 간의 데이터 교환을 의미한다.

컴퓨터 시스템의 요구조건은 다음과 같다. ①송전설비에 대한 감시기능을 갖추어야 한다. 송전선 소유자는 송전선, 주변지역 부하, 전압, 계약 위반사항을 감시해야 하고, 정확한 상태를 감시할 수 있는 상태추정 소프트웨어와 상정사고를 분석할 수 있는 안전도 향상 소프트웨어를 갖추어야 한다. ②급전소를 안정적이고도 정확하게 운영하기 위해서는 하드웨어, 소프트웨어를 종합적으로 보았을 때, 99.95%의 가용성을 확보해야 한다. 이러한 가용성을 확보하기 위해서 시스템에 문제가 발생했을 경우 자동 또는 수동으로 Failover를 수행할 수 있도록 구성되어야 한다. ③급전소를 의도하지 않는 방향으로 운영되는 것을 방지하기 위해서 엄격한 컴퓨터시스템 보안규정이 필요하고 내부사용자의 암호관리, 온라인 바이러스 보안, 급전소 컴퓨터시스템의 통신망에는 허가받지 않은 외부 사용자의 접근을 막기 위해 방화벽을 설치해야 한다. ④하드웨어, 소프트웨어 및 네트워크는 용량 증가를 수용할 수 있도록 확장할 수 있어야 한다. ⑤중앙급전소에서 전력계통을 적절하게 운영할 수 있도록 정확한 데이터를 제공해야 하고 신규회원 및 기존회원은 서버간 데이터 전송을 위한 통신시험을 해야 한다. 음성 및 데이터 통신회선은 정기적으로 온라인 시험을 실시해야 하고 예비회선도 점검해야 한다. ⑥급전소, 전산실 및 통신실에는 UPS(무정전 전원공급장치)에서 전력을 공급해야 하고, 고조파 영향을 완화하기 위해 K-급 변압기를 사용해야 하며, UPS의 정전시 비상발전기가 정상적으로 전력을 공급하기 전까지 부하를 감당할 수 있도록 충분한 용량의 배터리를 설치해야 한다. 비상발전기는 주기적으로 테스트가 이루어져야 하고, 발전기용 연료는 5일간 사용할 수 있도록 확보해야 한다. ⑦출입통제구역에 대한 접근통제를 위해 CCTV, 암호키 등을 설치하여 운영해야 한다.

2.3.2 데이터교환 요구조건

PJM은 회원사와 전력계통의 감시, 발전기의 제어, 발전입찰, 보고서 등을 위해 데이터를 교환하고 있다. 급전소 간에는 ICCP(Inter Control Center Protocol)을 표준 프로토콜을 사용하고 RTU(Remote Terminal Unit)와 급전소 간에는 DNP(Distributed Network Protocol)가 사용된다. 회원사는 PJM으로 아래와 같이 데이터를 전송해야 한다. ①PJM 제어 프로그램에 필요한 데이터, ②발전·송전·전력거래에 필요한 데이터, ③ACE 계산에 사용되는 데이터와 주파수제어를 위해 필요한 발전기 출력은 약 2초 정도의 빠른 주기로 EMS로 데이터를 전송하고 급전지시값, 안전도 감시 등에 사용하는 데이터는 약 10초 정도의 느린 주기로 EMS로 데이터를 전송한다. ④전력량 데이터는 1시간에 한 번씩 전송한다. ⑤회원사는 제공한 데이터에 대한 정확도를 유지할 책임이 있다. 데이터의 종합 정확도는 2% 이내로 유지해야 한다.

회원사는 통신망에 발생 시에도 아래와 같은 중요한 데이터를 수동으로 반드시 갱신해 주어야 한다.

주요 발전기나 송전선로에 사고가 발생한 후 또는 500kV 이상 선로의 유효전력이 100MW 이상 변경되거나 345kV 이하 선로는 50MW 이상 변경될 경우, 500kV 이상의 선로 및 모든 연계선로의 유효전력과 500kV 이상의 발전소 모션전압을 반드시 수동으로 변경해 주어야 한다.

계통 안전도의 실시간 분석을 위해서 ①34kV 이상의 모션전압, 송전계통에 직접 연결되어 있는 1MW를 초과하는 기력, 원자력, 수력, 가스터빈 발전기의 유효·무효전력, ②지정된 69kV 이상 송전선 양단의 유효·무효전력(단상단 측정될 경우 B상 선로), ③변압기의 탭, ④동기콘덴서의 무효전력, ⑤34kV 이상의 모션에 주입되는 무효전력, ⑥지정된 변압기의 주파수 등의 아날로그 데이터는 10초 이내로 취득되어야 한다.

69kV 이상의 차단기, 모델링된 차단기 및 단로기, 무부하 탭조정 변압기의 탭 설정과 같은 상태 데이터는 변동되는 즉시 전송되어야 한다.

2.3.3 음성통신 요구조건

급전전화 시스템은 PJM과 회원사 간에 최우선으로 확보해야 한다. 급전전화는 다음과 같은 기능을 제공해야 한다. ①전체 호출기능 : PJM 급전원이 지역급전소, 시장운영센터, 부하제공센터 등과 72개까지 동시에 통화할 수 있도록 구성, ②RD 회로, ③수동다이얼, ④팩시밀리 : 발전계획, 정산, 급전지시, 계통복구 등에 사용

PJM 회원사는 급전전화의 기능이 지정된 경우를 대비해 ①일반 업무용 전화, ②휴대전화, ③위성전화(500MW 이상의 발전소 의무 구비)와 같은 대체통신수단을 확보해야 한다.

2.3.4 측정 요구조건

주 측정 변압기의 정확도는 주파수 변환기 0.001Hz, 계기용 변성기 0.3%, 계기용 변류기 0.3%, 유효·무효전력 및 전압 변환기 0.25%, RTU의 A/D(Analog Digital) 컨버터 0.25%를 확보해야 한다.

3. 결 론

우리나라의 전력계통의 규모는 67,000MW를 넘어선 단일계통규모로 세계 10위권의 대전력계통을 보유하고 있다. 이러한 대규모 전력계통을 효율적이고도 안정적으로 제어하기 위해서는 여러 가지 조건을 만족해야 하겠으나, 그 중에서도 중앙급전소를 최적의 조건으로 설치하는 것이 가장 중요한 과제라 하겠다. 최적의 중앙급전소는 위에서 언급한 사용자의 요구조건을 최대한 반영하는 프로젝트 도입방식, 건물의 건축 및 입지조건, 급전원의 인적실수를 최소화할 수 있는 급전소 내부배치 및 프로그램, 안정적인 전원의 확보, 컴퓨터 설비의 성능, 현장 데이터의 정확성 확보 등 수많은 조건을 만족해야 가능한 복잡한 프로젝트이다.

향후 전력거래소는 중앙급전소 신설 및 기존 중앙급전소의 기능 개선 시 위에 언급한 여러 조건을 참고하여 업무효율성을 극대화할 수 있는 중앙급전소 설계기준을 작성하고 이를 기준으로 실제, 시공하여 전력을 안정적이고도 낮은 비용으로 공급할 수 있도록 최선의 노력을 다 할 것이다.

[참고 문헌]

- [1] Felix F.Wu; Khosrow Mostehi; Anjan Bose., "Power System Control Center: Past, Present, and Future" Proceedings of the IEEE, Vol. 93, No. 11, November 2005: 1890-1908
- [2] ABS Technical Papers 2004, "Control Center: Layout and Location Design", Presented in the Proceedings of IBC's 14th event in the Series on Safe and Reliable Control Rooms: Operation and Design London, England, June 17-18, 2004
- [3] PJM Operation Division, "Control Center and Data Exchange Requirements", PJM Manual 01, May 15 2007
- [4] Patrik Forsgren; Arnis Daugulis; , "Requirements Engineering in Control Center Procurement Project", Practical Experiences from Power Industry