



EMS 및 SCADA와 電力系統運用

김 영 한* · 이 효 상**

(*한국전력공사 발전처 급전운용부장, **동 과장)

1. 序 論

그동안 우리나라는 괄목할만한 경제성장과 기술혁신으로 전력사업도 크게 성장하여 2010년대의 전력 수요는 현재의 약 3배가 되는 4천만kW 정도가 되리라 여겨진다. 특히, 산업 및 경제 구조도 종전의 重厚大形化에서 반도체등의 첨단기술을 바탕으로 하는 尖銳小形化시대로 옮겨지면서 전기에 의존하는 비중이 더욱 높아졌을 뿐만 아니라 안정된 양질의 전기에 대한 욕구가 증대됨에 따라 전력계통 운용기술에 대한 비중과 책임은 더욱 고조되고 있는 추세에 있다고 하겠다.

한편, 전원설비도 전력수요의 신장에 따라 계속적으로 대용량 발전소가 건설될 예정이며 따라서 전원설비의 구성은 더욱더 사용 연료가 多樣化되고 설비의 규모가 大容量化 된 형태로 구성될 것이므로 운전 여건의 제약은 더욱 심화되리라 여겨진다. 송전계통도 부하 중심지까지 大電力의 수송을 위하여 345KV 초고압계통의 추가건설 또는 격상된 전압계층의 등장이 예상되는 등 전력계통 설비의 규모면에서 거대한 변동이 예측되고 있다.

또한, 국민 생활수준 향상에 따른 주, 야간 수요율의 격차가 심화됨으로써 대형 화력기의 일별, 주간 기동정지와 양수발전기의 운용등 복잡한 발전기의 선정 및 원자력 발전소의 기저부하 감당과 여기에 연료 및 안전운용 제약조건등을 고려할 때 앞

으로의 계통운용 기술은 가일층 高度化, 專門化된 기술수준을 요구하고 있다.

이같은 미래 전력경영상의 어려운 과제를 해결하고 발전, 송전설비의 효율적인 운용을 위하여 한국 전력공사에서는 지난 1988.10월 중앙급전지령소에 급전종합자동화시스템(EMS: Energy Management System)을 설치, 운용에 들어갔다.

2. EMS 및 SCADA의 導入現況

대전력계통을 운용하는 전력회사에서는 방대한 계통을 효율적으로 운용하기 위하여 각각의 지역특성이나 전압레벨, 경제적이고 사회적인 여건등을 고려하면서 신뢰성있는 운용이 가능하도록 운용체제를 분할해 운영하고 있으며 이에 따라 전력감시 제어시스템을 中央制御所(NCC: National Control Center)와 여러개의 地域制御所(RCC: Regional Control Center) 그리고 더 나아가서 配電制御所(DCC: Distribution Control Center)에 각각 설치하여 分散制御를 수행하는 추세에 있다.

이와 같은 자동화와 정보화의 물결에 따라 한국전력공사에서도 미래 고도 情報化社會의 일원으로서 전력계통 자동화 사업이 꾸준히 전개되어 가고 있다.

1979.6월 中央給電所에 설치된 AGC/SCADA시스템(Automatic Generation Control/Supervisory Control And Data Acquisition system)의 운전을 시작으

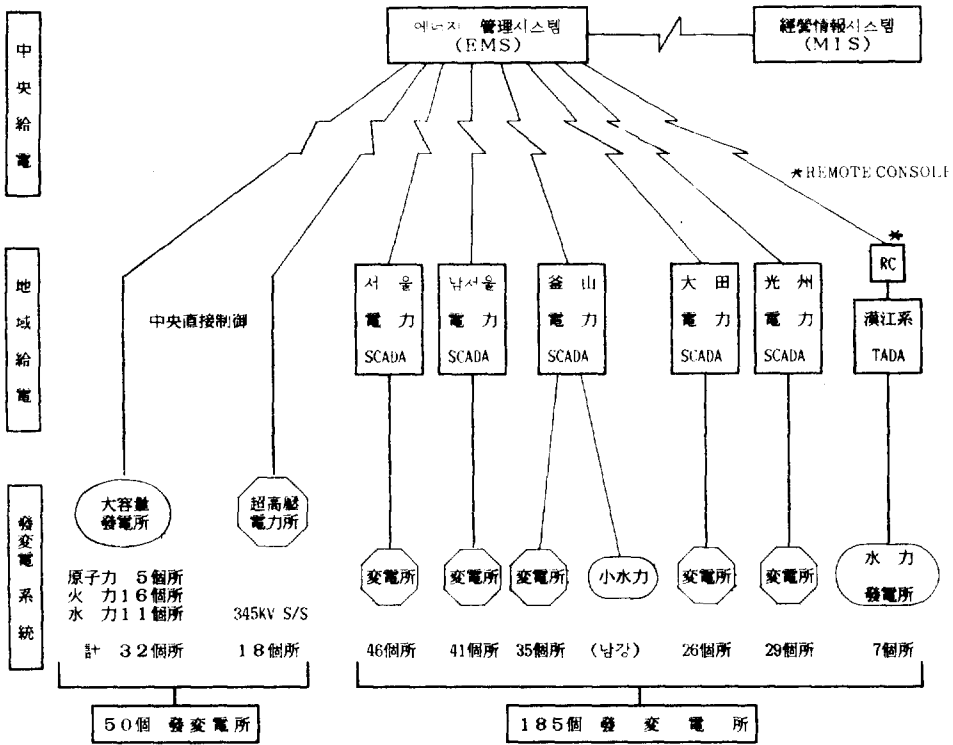


그림 1. 韓電EMS 階層制御 構成圖

로, 1981년부터 전국의 전력관리처별로 5개의 地域 給電所에 SCADA시스템을 도입, 설치하여 운영함으로써 전력설비 규모에 따른 자동화시스템 구성의 기반을 구축하였다.

한편, 하절기 전력수급의 효율화와 홍수기의 댐 관리등 전력계통 운용에 있어서 주요요소인 한강계 수력발전소를 총괄하여 감시, 제어할 수 있는 한강수계 자동화시스템(TADA: Telemetry And Data Acquisition system)이 1985년 말에 준공됨으로써 전력계통운용의 자동화사업은 전분야로 확산되어갔다.

그러나, 지속적인 경제성장과 국민생활 수준향상 및 고도 정보화기기의 개발 사용등으로 인하여 전력계통은 더욱 복잡 다양화되어 갔고 국민들의 욕구 또한 풍부한 전력공급에서 안정된 양질의 전력공급으로 변천되어 감에 따라, 종래의 자동급전시스템인 ALD(Automatic Load Dispatching)시스템을 EMS로 대체 설치하게 되었으며, 분산제어 체제하에서의 전체 전력계통에 대한 安全度를 평가하기 위해서는 기간계통의 자료뿐만 아니라 지역제어소로 부터의 루프(loop)계통에 대한 많은 양의 실시간 데이터를 필요로 하게 됨으로써 각계층간의 자동화시스템을

연계 운용해 전체 전력계통을 단일계층에 의한 분산 제어방식에서 多階層化(Hierarchical Configuration)로 구성해 중앙의 EMS에서 총괄감시, 제어할 수 있도록 계층제어시스템을 1988.10월에 구축 운용하게 되었다. 이같은 계층제어시스템의 구성으로 인하여 전체 전력계통의 안정된 운전은 물론 유사시 사고에 대처할 수 있는 급전운용 기술의 고도화를 추구할 수 있게 되었다.

3. 電力系統 運用方式의 革新

韓電의 급전업무는 1963년에 서울화력발전소의 발전기출력과 154KV 수색변전소의 주변압기 부하 및 부평변전소의 수색-부평간 서울연락선 전력조류를 원격측정하기 위한 遠隔測定裝置(Telemetering equipment)가 설치될 때까지 周波數記錄計와 給電專用電話에 의존하여 왔다.

1966년에 계통주파수 조절을 위하여 중앙급전제어소에 自動周波數制御裝置(Automatic Frequency Control equipment)를 설치하여 화천 수력발전소의 발전기 2대(27MW×2)를 제어했으며, 1970년에 증

표 1. 韓電 電力系統 制御設備의 革新過程

年度	制御設備	發電設備容量(MW)
手動制御(Manual Control)		
1961	專用電話 및 記錄計	367
1963	遠隔測定 裝置	465
1966	自動周波數制御 裝置	769
1970	増分燃料費 計算尺	2,508
電算機制御(Computerized Control)		
1979	自動給電(ALD) 시스템	8,032
1981	서울電力 SCADA 시스템	9,835
1983	南서울電力 SCADA 시스템	13,115
1985	釜山電力 SCADA 시스템 漢江水系 TADA 시스템	16,136
階層制御(Hierarchical Control)		
1988	에너지管理시스템(EMS) * SCADA와 資料連繫 大田電力 SCADA 시스템	19,994
1989	光州電力 SCADA 시스템	20,044

분연료비 계산을 위한 계산적을 개발하여 경제급전을 위한 발전기 제어에 이용하였다.

1975년에 전력수요의 급격한 상승과 함께 여수화력발전소와 신옥천변전소를 연결하는 154KV송전선이 345KV송전선으로 승압되면서 발·송전설비는 더욱 복잡해져 갔으며 전력 계통을 제어하는 급전설비나 기술 역시 기존의 전화나 기록계만으로는 안정하게 계통운용이 불가능하게 되었으며 컴퓨터를 이용한 자동화시스템으로의 변경이 필요하게 되었다. 따라서 1979.7월에 양질의 전력을 경제적으로 공급하기 위하여 ALD시스템이라고 불리는 이종의 LN5400 AGC/SCADA시스템을 설치해 50개소의 발·변전소(수력 10개소, 화력 14개소, 원자력 2개소, 345KV변전소 9개소 그리고 154KV변전소 15개소)에 대한 감시, 제어업무를 원방으로 수행함으로써 우리나라 전력계통에 대한 자동給電의 효시를 이루었다.

이 ALD시스템의 설치로 계통주파수와 전압 및 발전소 열효율이 종전보다 크게 개선되었는데, ALD 설치 이전인 1978년과 설치후인 1982년을 비교하여 볼때, 계통주파수는 60±0.2Hz의 유지범위에서 유지율이 79.1%에서 97.7%로 개선되었고, 154KV계통전압도 100±5%의 유지범위에 대해 유지율이 87.5%이었던 것이 99.4%로 크게 개선되었으며 또한, 발전소 열효율도 33.8%에서 36.73%로 개선되었다.

이와 같은 전력계통 제어설비와 給電技術의 변천 내용 중에서 주요사항을 정리해보면 다음의 표1과 같다.

4. 電力系統 運用技術의 高度化

일반적으로 전력계통 운용은 다음과 같은 제반 문제와 관련하여 그 운용기술이 점차 진보되어 고도화되고 있는 추세에 있다.

- 전원 종류의 다양화와 단위용량의 대형화
- 전력계통의 확대 및 복잡화에 따른 안전도
- 경제적인 최적화 방법의 다양화와 복잡화
- 계통주파수, 전압, 공급신뢰도등에 따른 전력 품질 개선
- 전력계통의 운용체계 및 운용 방침

그동안 우리는 이러한 여러가지 문제중에서도 발전 비용을 최소로 하기 위한 경제적인 측면만을 주로 고려해 왔으나 점차 전력계통이 복잡, 다양하게 대형화되어감은 물론 정밀산업의 발달과 국민문화생활의 향상등으로 高品質의 전력공급에 대한 요청이 더욱더 높아짐에 따라 계통의 安全度가 유지되도록 하는 것이 중요한 요소가 되고 있다. 따라서 전력계통의 安全度評價(Security Assessment)와 관련

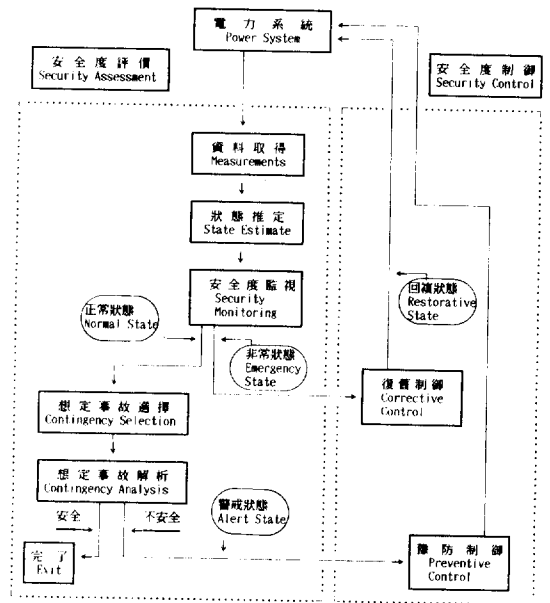


그림 2. 安全度給電 機能의 概略圖

된 여러가지 진보된 응용 소프트웨어가 개발되어 이들 기능들이 최신기술의 전력계통 감시제어시스템인 에너지관리 시스템(EMS)에서 수행되고 있으며 아울러 이 기능들의 실행시간 단축과 효용성을 높이기 위한 폭넓고 다각적인 연구가 진행되고 있다.

전력계통의 안전도 급전은 여러가지 관련된 응용 기능에 의해 온라인 실시간에서 주기적으로 수행되게 되는데 그 구성도를 나타내면 그림2와 같다.

5. 安定된 良質의 電力供給

전력에너지의 생산, 수송 및 소비과정을 총괄 제어하는 분야인 전력계통 운용은, 고속의 대용량 컴퓨터를 중추로 한 전력계통 운용제어 설비 중 가장 진보된, EMS를 도입 운용함으로써 다가오는 2000년대의 전력에너지 관리문제를 해결하는데 일익을 도모함은 물론 전력에너지의 고품질화와 안정적인 공급 및 에너지 생산의 경제성을 추구할 수 있는 종합적인 에너지 管理體制를 갖추게 되었다.

5.1 經濟給電 效果向上

2초 주기의 출력량 취득과 4초 주기의 제어방식을 채택 운용함으로써 이전의 自動發電制御機能의 속용성을 향상시킴은 물론 매 2초마다의 지역 소요량 파악에 의한 경제적인 자동발전제어기능 수행이 가능해짐으로써 보다 신뢰성 있는 경제급전효과를 기대하게 되었다.

5.2 周波數維持率 改善

전기의 품질과 곧바로 연결되는 系統周波數는 과거 $60 \pm 0.2\text{Hz}$ 를 유지범위로 설정하였으나 자동화시스템이 도입된 이후 유지율이 향상되고 있으며, 그 유지범위가 $60 \pm 0.1\text{Hz}$ 로 상향 조정되었음에도 불구하고 EMS의 도입, 운용과 더불어 자동발전제어의 신속성으로 인한 주파수 유지율의 정도와 제어능력은 크게 호전되어 가는 중이다. 앞으로는 발전기의 부하추종성과 발전계획의 합리화 및 정확성 그리고 설비운용의 자동화등 각종 最新技法의 도입으로 주파수 제어능력을 보다 크게 향상시킴으로써 장기적으로는 $60 \pm 0.05\text{Hz}$ 까지 주파수 維持範圍를 개선시

켜 나갈 예정이다.

5.3 電壓維持率 改善

EMS가 SCADA시스템과 컴퓨터간 자료교환이 이루어짐으로써 중앙급전에서 154KV 계통에 대한 전압감시가 용이해 졌을뿐만 아니라 취약 개소에 대한 전압 감시, 제어를 중점적으로 관리 감독함으로써 전압 유지율의 정도 향상에 큰 성과를 나타내고 있으며, 그 유지 목표를 $100 \pm 5\%$ 에서 $100 \pm 2.5\%$ 로 상향 조정하고 있다. 특히 시간대별 통계분석이 즉석에서 이루어지고 각종 응용프로그램을 이용해 현재 상태에서의 조상설비 운용 및 무효전력 배분에 획기적인 판단 자료를 지령원에게 제공함으로써 전압 급변동시의 제어가 용이하게 되었다.

5.4 信賴度 改善

최근 컴퓨터 기술과 프로그램 제작기법의 급속한 발전으로 인하여 과거 기술 계산용 대형컴퓨터에서 오프-라인으로 계산되었던 각종 전력계통 해석용 프로그램들이, EMS의 운용과 더불어 실시간 데이터를 이용한 온-라인 계산이 이루어짐으로써 해서 전력계통 운용의 효율화를 기함은 물론 시시각각 변동하는 수요와 계통 상황에 대한 분석이 순간적으로 용이하게 이루어질 수 있게 되었을 뿐만 아니라 계통 신뢰도 향상을 위한 즉응성 향상에 크게 기여하고 있다.

특히, 狀態推定(SE: State Estimator)기능의 적용으로 실시간 데이터 중 불량 데이터를 검출하여 유실을 방지하고 계통해석의 정도를 향상시킬뿐 아니라 불량 데이터를 보정하여 주므로 계통의 신뢰도를 향상시킬 수 있으며, 想定事故解析(SA: Security Analysis)기능에 의한 발전기나 선로 사고 발생시의 과부하, 저전압등 발생 가능한 각종사고를 예측, 해석함으로써 전력계통의 사고 확대 예방과 안전도 향상에 기여함은 물론 계통 동요와 선로사고 발생시 給電員潮流計算(DPF: Dispatcher Power Flow)을 이용한 계통분석으로 과급사고의 방지, 정확한 사고복구가 이루어질 수 있도록 필요한 각종 데이터를 제공하고 있다.

6. 結 論

대전력계통운용에서 EMS 및 SCADA시스템은 이제 없어서는 안될 필수 불가결한 도구가 되고 있다. 우리나라에서는 전력계통 규모의 확대와 전력계통 운용기술의 발달에 발맞추어 전력계통 제어시스템에 대한 여러단계의 현대화 과정을 통하여 아시아에서는 물론 세계적으로 진보된 에너지관리시스템을 설치하였으며, SCADA와의 계층제어체제를 수립하고 또한 현재 가능한 모든 신기술의 응용소프트웨어를 갖추으로써 고품질의 전력을 안정되게 공급하는데 이 시스템이 크게 기여하리라 생각된다.

그러나, 전력계통은 점차 더 복잡 다양하게 확대 되어갈 것이고 수용가는 더욱더 고품질의 전력에 대한 안정적 공급의 요구가 증대되리라 여겨짐에 따라 전력계통 제어시스템도 전기 품질을 개선할 수 있는 응용기능 즉, 전압안전도를 고려한 상정사고해석, 신속한 사고복구를 위한 인공지능 복구제어 그리고 예방제어를 위한 신기술등을 보강해 나가야함은 물론 설비 측면에서도 전기 품질에 직접 영향을 주는 기상에 관한 신속, 정확한 예측정보를 얻을 수 있도록

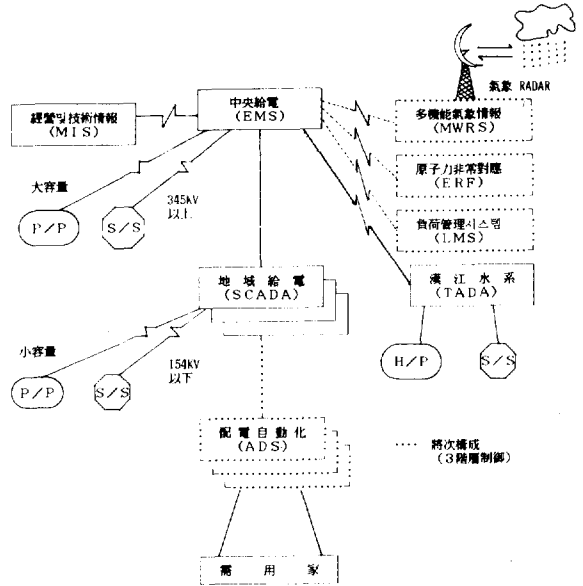


그림 3. 韓電 電力系統制御시스템의 將次 構成計劃

록 전력계통 기상정보시스템을 도입해야 할 것이다. 여기서 참고로 한전의 전력계통 제어시스템에 대한 장차 계획을 나타내면 그림3과 같다.