

# 2000년대 전력계통 운용

李暉宰 · 金昌茂  
(韓國電力公社 發電處)

## 차 례

1. 서론
2. 종합 계통운용 시스템
  - 2.1 에너지 이상배분
  - 2.2 에너지 품질 개선
  - 2.3 에너지 안정 공급
  - 2.4 급전운용의 종합 자동화
3. 결론

## 1. 서 론

에너지는 산업의 원동력이며 국민복지 생활에 필수 불가결한 것으로 그중에서도 깨끗하고 편리한 전력에너지가 중추적인 역할을 담당하고 있다. 전력계통운용은 이와 같은 전력에너지를 신뢰도 높게 고품질을 유지시키며 경제적으로 생산 배분하는데 그 목적이 있다.

우리나라의 전력사업은 두차례에 걸친 에너지 파동의 심각한 국면에서도 설비의 확충과 운용 면에서는 괄목할만한 성장을 실현하여 왔으며 다가올 2000년대의 전력수요는 31,000MW로 예상되고 있어 현재 수요의 약3배가 되리라 보고 있다. 특히 전원설비는 탈석유의 방향을 모색하여 그 결과 원자력과 석탄을 주력 자원으로 하고 양수 및 가스화력(LNG)을 보조전원으로 하는 설비구성을 지향하게 되었으며, 지금까지 축적된 원자력 기술을 바탕으로 2000년대를 향한 에너지외국 의존도 감소는 물론 전력생산의 경제성이 향상될 전망이다.

최근 전자설비를 바탕으로 한 고도 정밀산업의 발달과 국민 생활수준 향상은 전력의 고품질화와 고신뢰성을 절실히 요구하고 있다. 즉, 전력이라는 에너지를 수용가에게 공급하는 것으로 그치지 않고 전력의 품질(주파수와 전압을 규정값 이내로 유지)에 엄격한 제한을 두어야 함은 물론 공급의 신뢰성, 즉 중단없는 전력 공급이 요구되고 있다.

이러한 미래의 전력 경영상의 어려운 과제를 해결하기 위하여 지금까지 이용되어 왔던 자동급전시스템(ALD:Automatic Load Dispatching)을 최신 기술이 집약된 급전종합자동화시스템(EMS : Energy Management System)으로 교체 운용할 계획이다. 지금까지의 분산 설치 운용되어 왔던 지역급전 시스템(SCADA)과 한강수계 제어시스템을 EMS시스템과 연계하여 운용함으로써 전력계통을 종합 감시 제어하게 될 것이다.

## 2. 종합 계통운용 시스템

### 2.1 에너지 이상배분

전력계통의 경제운용은 발전기들의 조합 및 부하 배분을 적절히 실시해서 발전 연료비를 최소화 하는데 있다. 전력계통의 경제운용은 대부분의 에너지를 수입에 의존하는 우리나라에서는 전력회사 뿐 아니라 국가적으로도 매우 중요한 의미를 갖는다.

최근 전력수요의 급증에 따라 전력계통은 더욱더 거대화 복잡화 되었으며 이로 인한 많은 제약 조건(출수경향, 탄소비, 공해방지, LNG 사용, 열병합등)과 수시로 변동하는 유가, 탄가 등에 대응하여 최적 연료 수급대책이 수립되어져야 한다. 특히, 에너지 자립을 위한 원자력 발전 점유율 증대는, 과거의 기저부하용 대용량 기로써 활약하던 250~400MW급 화력발전기들을 일일 또는 주말 기동 정지 대상이 되게 하였다. 최근의 전력 수요는 기저 부하와 최대 부하간의 격차를 심화시켰고, 이로 인하여 부하곡선 형태에 따른 양수와 내연발전기들을 최적 조합 상태로 운용할 필요가 있게 되었다.

※ 현재의 등중분 연료비법에 의한 부하배분 및 자동발전제어를 앞으로는 발전기 연료비 특성곡선의 데이터 베이스를 개선하고 Piece Wise 기법으로 계산 속도와 경제급전 정도를 향상시킨다.

※ 전력 수요 예측에 온라인(On-Line) 데이터를 활용하여 순시 예측을 실시 하고 이를 바탕으로 선형 급전제어를 수행 함으로써 급변하는 수요 변동에서도 최적 경제 상태가 되게 한다.

※ 송전손실을 온라인(On-Line)데이터를 이용하여 계산함으로써 정도 높은경제 배분 수행한다.

※ 각 발전소의 사고 정지, 수요의 변동 및 수력 출수 변동에 대응하여 발전소 정기 보수 계획의 조정을 연료비 최소화를 위한 동적계획법(DP : Dynamic Programming)으로 처리한다.

※ 수력 유입량의 정확한 예측으로 수자원의 최대 활용 기준을 찾아내고 화력과의 협조 운용으로 연료비 최소화를 유도한다.

※ 에너지 전략에 따라 다변화된 발전연료의

공해 및 소비계약 조건(예 : LNG 최소소비량, 무연탄 책임소비등)을 고려하여 합리적인 발전 계획을 수립하고 연간 연료 수급계획에 반영한다.

### 2.2 에너지 품질개선

컴퓨터, 공정제어, 전자통신등 첨단 기술산업의 비약적인 발달과 국민생활수준 향상은 고품질의 전력에너지를 요구하고 있다. 전기의 품질을 표시하는 것으로는 주파수, 전압 및 정전의 3가지 요소가 있다. 전력통운용 측면에서는 주파수 및 계통전압 운전기준과 목표를 단계적으로 상향 조정하고 이를 달성하기 위하여 체계적이고 지속적인 방안을 수립 실시하여야 한다.

주파수 유지율을 개선하기 위하여서는 설비 운용의 자동화와 현대화는 물론 신기술을 과감하게 도입 적용 한다.

※ 화력발전기의 동특성을 향상시켜 자동발전 제어 출력 범위를 확대하고 조속기의 속도 조절 및 불감대를 개선하여 수시로 변하는 수급 불평형을 즉시 흡수하도록 한다.

※ 양수발전기에 가변속 장치를 설치하여심야 양수시에 주파수 조정 기능을 갖게한다.

※ 원자력발전기의 일 또는 주간 부하조정 운전으로 전력계통의 주파수 조정 능력을 향상시킨다.

※ 연료전지, 태양열발전등 분산 발전 방식에 의한 출력—주파수 제어와 초전도 에너지 저장 싸이리스터(Thyristor)변환 장치로 출력—무효전력을 동시에 제어하여 주파수 및 전압을 제어한다.

계통전압 유지율을 향상 시키지 위하여서는

※ 온라인(On-Line)전압—무효전력 제어 소프트웨어를 개발하여 이용함으로써 계통전압을 향상시킨다.

※ 계통의 각 모선별 부하—모선 특성을 조사 분석하여 전압 조정설비의 최적 설치 운용이 되게하고 발·변전소의 전압 감시 및 제어를 자동화한다.

### 2.3 에너지 안정 공급

첨단 산업의 발달과 국민 생활 수준 향상은 전력공급의 안정화를 강력히 요구하고 있으며

수요의 증가와 더불어 전원 설비의 대용량화 및 수송 과정의 복잡한 구성은 전력계통 사고의 대형화, 고속 파급 확대 우려가 있어 계통안정 운용이 매우 중요한 단계에 이르게 되었다.

전력의 안정된 공급을 위하여서는

● 상정사고 선택 및 상정사고 해석 프로그램에 의해 주요 상정사고들을 정밀하게 해석하여 계통의 안정성을 평가한다. 온라인(On-Line)상태하에서 주기적으로 또는 실계통에서 설비 과부하나 계통 구성이 변경될 때 자동으로 실행되게 하여 각 모선, 변압기, 발전기 및 선로등 설비에 대하여 과부하 또는 저전압등을 표시하게 하여 계통안정 운용을 위한 정보를 제공하게 한다.

● 계통 동요시 계통의 안정성 분석을 온라인으로 고속 처리되게 하므로써 대형 사고의 방지 및 계통 안정운용이 되게 한다.

● 동적 시뮬레이터(Simulator)를 이용하여 각종 사례 분석 계산 및 복구 방안에 대한 급전원의 판단, 조치 훈련을 실시함으로써

전력계통의 안정운용 방안 및 대책수립과 계통사고 예방 및 파급을 억제하고 전력계통에발생된 사고를 신속하고 정확하게 복구하게 한다.

차를 검출하여 발전기 출력을 제어하는 설비로서 화천수력발전기 2대에 제어 신호를 전송하여 운영하였다. 1979년에는 컴퓨터를 이용한 자동급전시스템(ALD)이 설치됨으로써 본격적인 계통운용의 자동화 시대를 맞이하였으며 뒤 이어 각 지역별 SCADA설비 및 한강수력 발전 제어 설비등이 설치 운용되어 왔다. 그러나 현재와 같은 자동급전시스템은 지역급전 SCADA 설비 또는 한강수계자동화 설비와 자료 연계 없

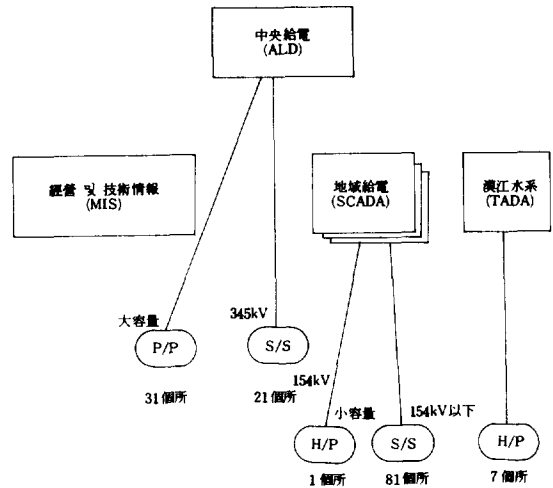


그림 2-1. 현재 자동급전 시스템

## 2.4 급전운용의 종합 자동화

전력계통 운용의 자동화는 1960년대 초의 릴레이나 기계적 설비를 이용한 간단한 원방제어로부터 시작되어 1960년대말 컴퓨터를 이용한 광범위 원방감시제어 및 자료취득(SCADA), 1970년대초 경제급전 및 자동발전제어(ED/AGC), 1980년대에 이르러 대용량 컴퓨터를 이용한 On-Line안정도 해석 및 에너지 종합관리시스템(EMS)으로 비약적인 발전을 계속하고 있다.

우리나라의 전력계통운용 자동화는 1963년 Telemetry 설비를 설치 운전하여 일부분의 전력계통 운전 상태를 감시하였다. 1966년에는 중앙급전지령소에 아날로그 자동발전제어(AFC:Automatic Frequency Control)장치가 설치되었다. 이는 계통 주파수와 기준 주파수와의 편

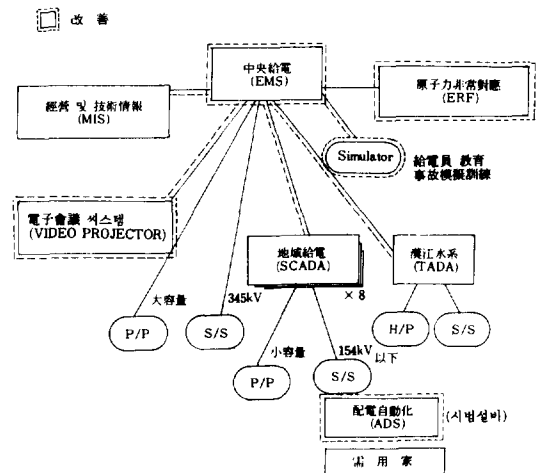


그림 2-2. 계층제어시스템

이 별도로 운전되고 있어 시시각각으로 변하는 계통운전 상태를 충분히 효율적으로 감시 제어 하는데 한계를 갖게 되어 1987년을 목표로 계층 제어시스템을 구축할 수 있는 EMS시스템을 설치중에 있다.

### 3. 결론

1979년 우리나라에 처음으로 자동급전시스템 (ALD:Automatic Load Dispatching)이 도입 운전 개시 되면서 주파수나 전압 개선에 많은 실효를 거두었고 전력생산의 경제력 이득도 상

표 2-1. 계통운용의 단계별 발전 구상

- 5 年 段階別 推進 -

目 標	A 1979~1986年 ALD 運用段階	B 1987~1991年 EMES 技術定差段階	C 1992~1996年 新技術 適用段階	D 1997~2001年 技術의 先進化	最終段階
I Energy 最適配分 企業性 提高	1. 自動經濟給電 適用 2. 週間 經濟運用 Unit Commitment 3. 短期負荷豫測 電算化 4. 送電損失 프로그램 適用	1. 年間補修計劃 電算化 2. 年間發電計劃 電算化 3. 水系 運用 最適化 4. LNG 最適配分 電算化	1. 燃料 需給 最適化 2. 燃料 多邊化 및 環境制約을 考慮한 經濟運用	1. 分散型 發電 2. Energy 貯藏技術을 併用한 經濟運用	Energy 理想的配分
II Energy 品質改善 良質의 電力	1. 自動發電制御 60±0.2Hz 2. On-Line 電壓監視 157kV±5%	1. 水力機-揚水機 制御改善 60±0.1Hz 2. On-Line Database 電壓 潮流計算 160kV±5%	1. 原子力負荷追從制御 60±0.05Hz 2. 自動電壓制御 160kV±3%	1. 超電導 貯藏裝置 活用 周波數-電壓制御 2. 分散型 發電設備 適用 周波數-電壓制御	
III Energy 安定供給 社會的 責任 具現	1. Off-Line故障 計算 2. Off-Line安定度 計算 3. 有効接地系 構成 4. 事故防止對策 樹立	1. On-Line Base 故障計算 2. On-Line Base 安定度 計算 3. On-Line Base 想定事故分析 및 對策樹立	1. 豫防制御運用 2. 安定度 高速計算 프로그램 開發	1. 自動復舊 制御	Energy 供給安定
IV Energy 綜合管理 EMS SYSTEM 構成					完全 階層制御 시스템構成
	1. 自動發電制御 (ELD+AFC) 2. 遠方監視制御 (SCADA)	+ 安定 制御 (On-Line) + 模擬訓練 機能 (想定事故解析)	+ 豫防 制御 + 自動 復舊 制御 + 自動 電壓 制御	+ 負荷管理 ○ 尖頭負荷調節 ○ 自動檢計 + 電力貯藏 併用 分散發電	負荷의 平準化

당한 수준(경제치 편차 0.5%에서 0.022%로 감소)에 이르게되었다. 그러나, 1987년 부터는 전력계통의 감시 및 제어 대상의 규모 확대, 복잡화로 인하여 고신뢰도를 갖는 대용량 다중계산기 시스템(Multi Computer System)을 주축으로한 에너지 종합관리시스템(EMS)이 필요하게 되었다. 이 시스템은 고도화된 신기법의 응용소프트웨어를 처리하는 중앙처리장치(Application CPU)와 실시간제어를 수행하는 중앙처리장치(Real Time CPU)로 기능이 분담 처리되게 되어 있으며 각 발전소, 변전소 및 지역 SCADA 단말 장치도 처리능력이 고도화되어 운전자료를 상호 교환하는 시스템으로 구성된다.

앞으로는 발전과 배전시스템까지 완벽한 계층이 구성되어 온라인(On-Line)부하 관리까지가 실현 되어야 할 것이다. 이러한 계통운동설비의 미래상은 체계화된 계획에 따라 단계별로 추진되어야 하며 이들은

- 전력계통 구성, 규모, 특수성
- 전력계통의 지역적 특성
- 전력 기업체의 조직, 책임 분담
- 설비 투자의 목적, 예산 규모
- 정보 전송 기능의 방식, 능력
- 기존 설비와 그 이용 방식등을 고려해야 할 것이다.

전력설비의 효율적 운용과 안전 운용은 전

력사업체에 부과된 기본 명제이고 발전소 및 변전소의 자동화 추세에 따라 전력계통운용의 자동화는 그의 운용기술 수준을 향상시켜 추진 되어야 할 것이다.

미래에 실현될 자동화 기능으로서는 전력계통에 발생된 사고를 신속하고 정확하게 복구하여 안정된 전력공급이 이루어질 수 있게하는 계통고장의 자동복구기능, 온라인 계통 시뮬레이션(Simulation)에 의한 최적 전력계통 구성 결정기능, GIS나 대형 변합기와 같은 전력설비의 고장 예방 진단기능, 보호계전기 동작과 사고의 종류등을 분석 조사할수 있는 사고 진단 기록기능 및 다가능 기상 정보시스템(Multi Function Weather Radar System)에 의한 뇌운, 홍수, 염해등의 예방조치와 수자원의 최대 활용 및 각 사업소 사전 통보를 통한 예방제어 기능등이 등장할 것이다.

이같은 응용분야를 실현하기 위해서는 이론의 확립은 물론 전자계산기의 소프트웨어와 하드웨어의 기술이 정립되어야 하고 이에 따라 급전업무, 발·변전소 및 배전업무에 필요한 정보가 신속 정확히 교환되어야한다. 또, 이들간의 유기적인 연계가 이루어짐으로써 에너지 생산 관리 에서부터 소비관리(부하관리)에 이르기 까지 효율적으로 운용될 수 있는 종합관리시스템으로 발전될 것이다.