# 발전소 제어 시스템 유지보수 방향

이 종 희 하 달 규
대영전자기술연구소

# MAINTENANCE AND REPAIR OF POWER PLANT CONTROL SYSTEM

JONG HEE LEE DAL KYU HA
DAEYOUNG ELECTRONICS IND. CO., LTD.

Abstract

Technology associated with power plant control system has been heavily rely on foreign technology. The main reason is that the system has to-maintain stringent reliability and stability. Localization of this system can be started from localization of modules necessary for maintenance and repair in hydraulic and thermal power plant. Gradually and eventually system engineering capability can be built up to design and develop nuclear power plant control system through technology accumulation. Methods are presented to achieve this goal.

## 1. 서 론

2000년대를 향한 국가발전의 장기목표는 선진사회의 실현이며 이러한 선진사회는 기술수준이 높은 사회와 같은 뜻으로 혼용할 수 있다.(1) 산업구조 또한 기계기술과 고도의 전자기술이 복합된 메카트로닉스산업, 컴퓨터나 통신기술이 일체화된 정보산업등이 기간산업으로 등장할 것이고 이를 뒷받침하는 에너지 관련기술 또한 커다란 발전이 기대된다.

특히나 에너지분야의 근간을 이루는 전력분야의 기술혁신은 선진사회를 이루는 중요한 위치를 차지한다. 이러한 전력분야에 국내외 학계 및 관련 연구기관의 참여하에 산업계의 참여는 신기술을 정착하는데 그 의의가 있다. 이중에서도 전력계통의 제어분야는 대부분 외국의 기술에 의존되어 왔던것이 사실이고 외국기술에 의존함에 따라 가격이 고가임은 물론 시스템 자체도 시스템의 발전과정을 따라 초기의 아날로그 장비의 노후성을 면치못할 때가 많았다. 발전소의 제어 시스템은 고장시 제어 시스템 자체에 미치는 영향은 물론 그보다 엄청나게 큰 파급효과를 일으켜 전 시스템의 동작정지를 일으킬 수 있다. 따라서 제어 시스템의 신뢰성과 안정성의 중요도는 더욱더 강조되고 있다.

발전제어 시스템의 신뢰도의 개선은 고장의 예방과 고장발생시 그 영향을 최소로 줄이는 방법으로 나눌 수 있다. 고장 발생시 그 영향을 최소로 줄이는 방법중 FAULT TOLERANCE 방법은 최근 연구 발표된바 있다.(2)

본 논문에서는 고장 예방을 위해 발전제어 기술의 발전에 따라 신뢰도를 예측하고 신뢰도가 높아질 수 있는 방안을 모색하였다. 제2장에서는 산업공정 제어의 변천과정을 기술하고, 제3장에서는 우리나라에서 일반적으로 사용되는 발전제어 방식을 기술하고, 제4장에서는 발전제어 분야의 신뢰성 향상과 단계별 국산화 방향을 제시하였다.

제5장에서는 한전을 중심으로 발전제어 분야에 있어서 산학의 추후 연구방향과 결론을 제시하였다.

## 2. 산업 공정제어의 변천 과정

산업 공정제어의 변천과정을 살펴보면 다음과 같다. 1930년대 개발된 압축공기식 아날로그 PID 제어기 (PEUMATIC ANALOG PID CONTROLLER)가 공정 제어에 처음 사용되기 시작하여 1950년 후반까지 사용되어 오다가 반도체 소자등 사용한 전자식 아날로그 PID 제어기 (ELECTRONIC ANALOG PID CONTROLLER)가 등장하였다. 그후 디지탈 컴퓨터를 공정 제어에 적용하는 기술이 개발되어 디지탈 제어 (DIGITAL CONTROL) 개념이 처음 대두되었다. 1960년 초 공정 컴퓨터 (PROCESS COMPUTER)가 공정제어에 사용되었으며 산업공정 제어를 위한 디지탈 제어 시스템과 디지탈 제어 알고리즘에 대한 연구가 활발히 진행되었다. 1960년 중반 발전소, 석유화학 공장, 제지공장등 대규모 산업공정에 대형 컴퓨터 혹은 중형 컴퓨터인 공정 컴퓨터로 디지탈 제어가 수행되었다. 1970년 대 들어오면서 반도체 기술의 발달로 성능이 좋은 LSI 칩과 마이크로프로세서 (MICROPROCESSOR)가 등장하여 이들을 이용한 단일 루우프 프로그램머블 디지탈 제어기 (SINGLE LOOP PROGRAMAMMABLE DIGITAL CONTROLLER)가 산업공정제어에 사용되면서 마이크로프로세서를 이용한 산업공정의 디지탈 제어에 관심이 높아졌으며 공정제어에 이용될 수 있는 방안이 활발히 연구되었다. 최근 들어서는 제어성능을 향상시키기 위해 현대 제어이론을 도입하여 마이크로프로세서로 실현, 공정제어에 적용하는 방안이 연구되고 있다. 전력산업은 에너지 변환제어 및 분배에 주요 과정이 있으므로 에너지 자원의 사용의 효율을 개선하기 위하여 컴퓨터 제어가 점차적으로 동력산업에 응용되고 있다. 최소한의 소비방출을 위한 동력장치의 제어는 날로 중요한 문제로 대두되고 있다. 수백 메가와트 (MEGAWATT)를 넘는 현대의 PLANT는 과정변수 및 최적정 동력발생과의 관계를 계산할 자동제어 시스템을 요구한다. 대형 BOILER-GENERATOR 시스템의 몇개의 중요한 제어변수를 아래 그림1과 같이 간략하게 도식하였다. 이것은 제어계산을 하도록 컴푸터에 DATA 입력, 자료제공을 위하여 입력, 산소와 같은 많은 변수들을 측정하기 위한 예이다. 컴퓨터 제어 시스템의 흐름선도는 그림2와 같다. 전력산업의 제어공학의 현대적인 면을 중요시하므로 흥미있는 응용분야이다. 그러므로 현대적인 측면에서 산업시스템에 대한 제어이론의 적용은 현저히 증가하여 날로 발전될것으로 생각된다.

그림1 보일러 제너레이터를 위한 통합 제어 시스템

FIG1. CONTROL SYSTEM MODEL OF BOILER GENERATOR

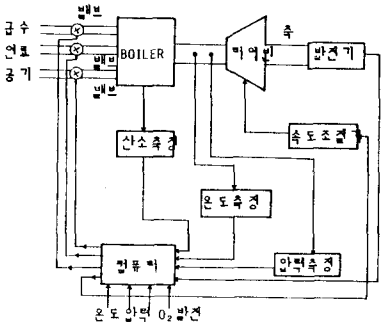
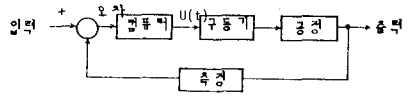



그림2 컴퓨터 제어 시스템

FIG2. COMPUTER CONTROLLED SYSTEM




70년도 제2차 경제개발 계획에 의거 국가적인 중화학 공업육성 및 수출지향 정책에 힘입어 국내산업 전반에 걸쳐 기술축적과 향상을 이룩해온 우리 산업계는 첨단 산업분야의 과감한 기술도입과 지원으로 상당한 실효를 거두었다. 그러나 여타 산업기술의 발전에 비하여 상대적으로 취약하고 또한 해외 의존도가 높은 것으로 알려진 제어 시스템 분야는 부가가치와 국가적 전략의 측면에서 유망한 업종임에도 불구하고 신뢰도의 보장에 대한 연구 및 기술부족 SYSTEM ENGINEERING의 낙후등으로 인하여 선진제국의 기술에 예속되어 온

밖으로 관련 시장 전체가 해외 의존성을 면치못하고 오늘에 이르고 있다. 이제 한전의 발전제어 방식을 비교하여보고 설계 단계에서 부터 신뢰도를 보장하며 점진적으로 국산화 할 수 있는 방향을 모색하여 보고자 한다.

### 3. 우리나라의 기존 발전제어 방식

발전제어 시스템은 첨단 산업분야로 매우 해외 의존도가 높은 산업으로 앞으로 산업계에서 시급히 참여하여 국산화 하여야 할 분야이고 또한 축적된 기술을 해외 시장에 널리 쓰일 수 있는 기술분야이다.

발전소의 신경계통인 제어 시스템의 정비 및 보수에 외국의 시대에 뒤떨어진 모듈을 구하는데는 점차 많은 문제점이 있을것으로 생각되며 기존 수화력 발전소의 제어 시스템을 점차적으로 국산화를 추진하는 방안을 모색해야 한다. 우리나라는 70년대 이후부터 반도체 및 컴퓨터 산업의 급속한 발전과 더불어 기능이 다양한 아날로그 및 디지탈 모듈을 생산 중이므로 국산화 개발을 지금부터 추진하여도 별 어려움이 없을것으로 생각된다. 예컨데 한국전력 공사 산하 각 발전소에 가장 많이 채택되고 있는 BAILEY CONTROL SYSTEM의 모듈은 대부분 아날로그방식이며 노후화하여 부품이 이미 생산중지된 것이 많으며 정비, 유지보수에 문제점이 항상 잠재되고 있다.

그러므로 하루속히 아날로그 모듈을 디지탈 모듈로 개발 교체하므로 발전소 가동율 제고 및 효율향상으로 인한 발전원가 절감과 유지보수의 신속성 부여 및 국가적으로는 기술축적과 외화절약에 상당한 효과가 기대된다.

제어 시스템을 공기식, 아날로그 전자식, 디지탈 전자식, 마이크로세서 제어 전자식등의 제어방식에 따라 발전과정을 1950년 이후부터 오늘까지 비교하여보면 다음 표1과 같다.

현재 한전에서 사용하고 있는 기존 수화력 발전소의 설치된 제어 시스템의 현황은 표2와 같다.

표2. 제어설비현황

Table 2. Status of Power Plant Control System

| 발 전 소 | 제어 방식 | SYS.명 및 제작사 | 설치 년도 (준공일기준) |
|---|---|---|---|
| 울산 1,2,3 | 전자 | TELEPERM | '70.12~ '73.7 |
| 울산 4,5,6 | 전자 | HB-30RC | '79.11~ '80.7 |
| 평택1,2 3,4 | 전자 | HIACS-1000 | '80.3-4 '83.9-12 |
| 인천1,2 | 공기 | BAILEY 500 | '70.5 '74.12 |
| 인천3,4 | 전자 | BAILEY 9020 | '78.5 '78.12 |
| 서울4,5 | 공기 | BAILEY 500 | '71.4 '69.4 |
| 호남1,2 | 전자 | BAILEY 720 | '73.4 |
| 여수1 | 전자 | HB-II | '75.3 |
| 여수2 | 전자 | BAILETRO-III | '77.6 |
| 부산1, 2,3,4 | 공기 전자 | BAILEY 500 TELEPERM | '64.8 '69.6 |
| 영남 1 | 공기 | BAILEY 500 | '73.2 |
| 영남2 | 전자 | HB-RC | '70.12 |
| 영동1 | 공기 | BAILEY 500 | '73.5 |
| 영동2 | 전자 | BAILEY 820 | '79.10 |
| 삼천포 1,2 | 전자 | BAILEY 820 | '82.11 '83.5 |
| 서해1,2 | 전자 | BAILEY 820 | '82.12 '83.6 |
| 보령1,2 | 전자 | BAILEY 820 | '83.8 '84.6 |

### 4. 단계별 국산화 방안

전력산업의 발달에 있어서 각종 기자재의 개발은 국내 관련사업의 취약과 국내 기술축적의 미비 및 기술의 미흡으로 재품의 성능이 보장되지 못하는 경우가 많아 외국의 기술을 도입 소화하는 형태로 발전되었다.

각종 기자재의 개발은 직접 기자재를 외국에서 구입하는 단계를 거쳐 국내업체가 외국업체의 도면을 도입하여 국내에서 조립생산하거나 기술을 제휴하여 외국업체의

디자인 기술을 전수 설계 생산하는 형태등이 추진 되었다.

발전제어 시스템의 경우를 보면,고객이 직접 기자재를 외국에서 구입하는 단계에서 국내업체의 생산 납품단계로의 변화 가능성을 타진하는 과정이라 할 수 있다.

발전제어 시스템의 국산화가 다소 지연되는 주 이유는 첫째 신뢰성의 문제를 들 수 있겠고 그다음으로 다양한 기종의 보유로 인한 단위수량이 적어 개발 및 생산 측면에서 사업성이 결여되는 등의 문제를 들 수 있다.

### 4.1 발전제어 시스템의 신뢰성

신뢰성은 발전제어 시스템의 유지보수와 발전설비의 연속동작에 주된 영향을 준다.

이러한 제어 시스템 신뢰도를 예측할 수 있는 방법을 찾아내어 표준화하면 산업체는 예측방법에 따라서 설계 생산하고 전력회사는 예측방법에 의하여 시스템을 평가 및 구매할 수 있을 것이다.

현재의 쓰이는 대부분의 제어 시스템의 신뢰도 문제는 아날로그 또는 디지탈 HARDWARE에서 생기는 DEVICE FAILURE이므로 이 부분에 대하여만 고려하기로 한다.

신뢰성의 정도는 사용자의 필요성에 의해 사용자가 결정하여야 한다.

우선 어떠한 상태가 고장인지를 정하여야하고 이러한 고장 범위의 결정은 신뢰도를 예측하는 중요한 PARAMETER가 된다. 또한 사용자는 환경조건이나 시스템의 동작조건을 결정할 수 있어야 한다.

이러한 사용자의 조건이 결정되면 업체는 부품 LEVEL에서 시스템 LEVEL까지 FIELD 데이타, 실험 데이타, MIL-HDBK-217D 데이타 (3), 기술자의 분석등을 통하여 신뢰성 예측방법과 예측치를 사용자에게 제시할 수 있어야 한다.

신뢰성의 예측은 MIL-HDBD-217D의 방법에 의거 부품계산 (PARTS COUNT) 방법, 부품계산과 LAB TEST를 혼용하여 통계치를 구하는 방법, FIELD TRACKING 데이타의 통계치를 구하는 방법등이 주로 쓰이나 이곳에서는 부품계산 방법만 소개하고자 한다.

부품계산방법(4)은 모듈의 고장률을 그 모듈 각 부품의 고장률의 합과 같다고 가정하는 방법이다.

물론 자세한 부품계산 방법에는 운용조건이나 부품의 품질규격, INFANT MORTALITY등의 변수를 고려하여야 한다.

### 4.2 발전제어 시스템의 기능별 MODULARITY

지금까지의 발전소의 건설에서 제어시스템을 도입시 발전소 전체 건설의 일부분이였고 국내 기술축적이 미흡한 상태에서 발전소간의 발전제어 시스템의 상호 호환성이나 MODULARITY의 측면은 고려하기 힘들었다.

그러한 상황에서 표2와 같이 한전의 발전제어 시스템 분포가 각급 외국업체의 호환성이 없는 기종의 박람회가 됨은 당연한 일이나 결과적으로 발전제어 시스템 유지 보수가 개발업체나 생산업체로 보아서는 다품종 소량의 경제성이 없는 사업으로 전락하게 되었고 국산화가 지지부진 한 요인이 되었다. 추후의 국산화는 물론 신기종을 도입할 때에도 시스템 모듈간의 호환성 모듈의 기능등을 고려하여야 할 것이다.

### 4.3 단계별 국산화 방안

상기 표1,표2와 같이 기존 발전제어 시스템의 제어 방식이 공기식과 아날로그 방식으로 설치되어 있으므로 단계별 추진방향을 표3과같이 제시하며 첫단계로 모듈 국산화 개발추진은 기존 채택된 제어방식이 대부분 아날로그 모듈이므로 국산화 개발은 업체의 기술축적으로 신뢰성 및 성능면에서 별어려움 없이 개발 가능할것으로 판단되며 아날로그 모듈을 디지탈 모듈로 교체방안도 병행추진 을 모색할 것이다.

한국전력공사의 해당 국산화 부서는 모듈 단위의 외자구매를 제한하여 국산화 기술개발에 투자와 상응하는 보호가 있어야 할것이다.

표1. 발전제어 시스템의 변천 과정

Table 1. History of Power Plant Control System

| 년 대 / 제어방식 | 50 | 60 | 70 | 80 | 90 |
|---|---|---|---|---|---|
| 공 기 식 | | | | | |
| 전 자 식 (ANALOG) | | | 진 공 관 | 트랜지스터 | IC |
| 전 자 식 (DIGITAL) | | | | | 대집적회로 LSI |
| 컴퓨터 식 (DIGITAL) | | | DATA 관리 | 전 자 계산기 | DIGITAL 제 어 |
| 시스템 운용 | LOCAL PANEL | | OPERATOR CONSOLE | CRT DISPLAY | |

표3. 단계별 추진 방향

Table 3. Localization Plan for Power Control System

| 년도별 / 단계별 | 88 | 88 | 89 | 90 | 91 | 92 | 대 책 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| MODULE 개발단계 (ANALOG / DIGITAL) | | | | | | | 1. MODULE 단위 외자구입제한<br>2. MODULE 단위 국산개발 정책 추진<br>3. 참여업체 지원 (자금, 기술) |
| SYSTEM 개조 (점차 개발) | | | 시스템별 자료수집/분석<br>시스템 설계 | 개발 | | | 1. 학계, 업체 한전 공동 TEAM 구성<br>2. 기존 시스템별 자료수집/분석/정리<br>3. 참여업체 선정<br>4. 한전측 PROJECT 수행 예산지원 (학계, 업체)<br>5. 기존 수화력 발전소 교체시 2단계 개조 사업 권장 |
| SYSTEM 전체 개발 | 자료수집 준비 | 팀구성 | TDP수집 분석/정리 | 시스템 설계 | 개발 | 채택 | 1. 기존 발전소 기타 외국 선발업체의 관련 자료 수집/분석/정리<br>2. 순수 모델 제작 준비<br>3. 팀 편성은 가능한 88년 이내에 구성 |

모듈 국산화 개발계획의 추진은 이러한 첫단계의 발전소 정비보수에 신속한 대처를 할 수 있으며 제어 시스템 개발을 위한 중요한 시점이 될 지지 기반구축과 기틀을 가져올 수 있는 중요한 단계 이다.

둘째단계인 제어 시스템 개조사업은 기존 수화력 발전소 교체시 수행하는 단계로 시스템의 신뢰성과 호환성을 최대한 고려하여 시스템의 국산화율을 점차적으로 늘려가면서 추진하는 방안이다.

이 단계는 모듈 국산화 개발추진으로 인한 축적된 기술과 점차적으로 개발부분을 늘려가면서 수행하는 사업이므로 기존 수화력 발전소의 제어 시스템별 자료수집과 분석,정리를 위한 한전,학계 산업체의 공동 TEAM 편성을 시급히 해야될것으로 생각된다.

이 단계의 추진방향 및 일정은 표3에 나타나있다.

세째단계로 제어 시스템 순수모델 개발사업은 모듈 국산화 개발과 제어 시스템 개조사업 추진으로 인해 축적된 기술과 경험으로 앞으로 건설될 신규 수화력 발전소 나아가 원자력 발전소에 채택토록 하는 방안이다. 그러나 이 단계는 최소한 TEAM 편성후 4-5년 주기로 수행하는 사업이므로 관련기관은 둘째단계의 기존 발전제어 시스템의 개조와 병행하며 추진할 수 있도록 신속히 산학합동으로 효율적인 업무수행을 할 수 있는 TEAM 편성을 해야될것으로 생각되며 효율적인 업무수행을 위해 한국전력공사 내에 발전소 제어 시스템 개발 자문기관을 상설로 설치하여 중,장기 개발계획과 실질적인 업무수행을 할 수 있는 방안 모색이 시급하며 또 자문기관에서 개발업체 선정하여 87년부터 제어 시스템 개발 (모듈 개발, 개조개발 사업, 순수모델개발사업)을 착수하도록 한국전력공사의 구체적인 국산화 모듈개발 계획이 설정되어야 할 것이다. 즉 첫단계, 둘째단계, 셋째단계 추진으로 인해 경제적 측면 (외화절약) 기술적 측면(기술축적) 발전소 가동율 향상으로 인한 원가절감, 양질의 전력을 공급하므로 인한 시장성 향상 및 관련 산업에 미치는 영향은 매우 클것으로 기대된다.

## 5. 추후방향 및 결론

발전제어 시스템은 핵심 기술분야임에도 불구하고 해외 의존도가 높은 분야이다. 그러한 주요인은 신뢰성과 안정도가 고도로 유지되어야 하기 때문이다.

이러한 신뢰성 및 안정도를 고려하면서 경제적인 국산화 방법을 찾을 필요가 있게 되었다. 이러한 발전제어 시스템을 국산화함에 있어 기존 수화력 발전소의 정비 보수분야의 모듈부터 국산화를 시작하고 점차로 확대하여 수화력 발전소의 제어 시스템 설계 개발은 물론 궁극적으로는 원자력 발전소의 제어 시스템도 설계 개발할 수 있는 능력을 갖도록 하는 점진적이고 단계적인 방법을 제시하였다.

발전제어 시스템의 유지보수 및 해외의존도를 근본적으로 해결키 위해서는 아래같이 몇가지 방안들이 구체화 되어야 할것이다.

- ㅇ 제어시스템의 중장기 개발계획 수립 (산학협조하에 수립요망)
- ㅇ 노후 기력 발전설비의 개조시기 및 방안제시 수립 (산학협조 체제)
- ㅇ 국산개발 참여업체 지원 대책 수립 (재정지원, 특정 개발업체지정, 보호, 육성)

6. 이 논문을 만드는데 여러자료를 제공하여 주신 한전의 허성광, 박익수,남호기님께 감사드립니다.

## 참 고 문 헌

1. 2000년을 향한 국가장기 발전 구상 - 총괄보고서, 한국개발연구원, 1985년 9월
2. 김지홍, 조현용, 정명진, 변증남, "발전소의 보일러 제어기에 적용한 Fault Tolerant Control System의 연구," 전자공학회지 제24권 제1호, PP28-34, 1987년 1월
3. Reliability Prediction of Electronic Equipment, Military Handbook, MIL-HDBK-217D, Jan, 1982.
4. Reliability Prediction Procedure For Electronic Equipment, Bellcore TA 000-23620-84-01, July, 1984.