

# 電力設備에서 엔지니어링의 役割



洪 淳 庚

〈Electrical Supervising Engineer,  
美 Bechtel Power Corp.〉

## 1. 序 論

공업의 사명은 최소의 경비로써 소기의 목적물을 될수있는 한 다량으로 생산하는데 있다. 기술자는 이와같은 사명을 다 하는것을 임무로 하는 것이므로 그 착안점을 기술적인 것은 물론 경제적인 제 원칙상에도 두어 판단의 잘못이 없도록 노력하여야 하는 것이 중요하다. 기술자와 예술가의 相異點은 여기에 있으며, 공업에 경제적 고찰이 동반하지 않는 것은 하등의 의의가 없다. 또 전력사업은 모두가 장기간 동안 계속되는 것이므로 電力設備의 계획에 있어서도 장기간에 걸쳐 각종의 조건 즉, 電力需給의 현재 및 장래의 예상, 금융상태, 국내외의 에너지자원상태 기타 등등을 고려하여 가장 유리한 해결을 구하여야 한다. 여기서 가장 유리한 해결이란 반드시 최소의 경비를 의미하는 것은 아니고, 경비를 절감하고 전력원가를 저하시키는 것도 중요하지만, 동시에 기술적으로 안전·확실하고 높은 효율이 요구된다. 그러나 이와 같은 경제적인 요구와 기술적인 요구가 양립하지 않는 경우도 많으므로 여하히 이것을 조화시키는가가 Engineering의 어렵고 해결해야 할 점이다.

전력설비에서 Engineering의 역할은 각종 기계기구를 충분히 그의 특성을 대하여 연구하고 검토하여 장단점을 명확히 하여, 이들을 가장 경제적이며 또한 안전·확실하게 最高의 效率를 발휘하도록 연결 통합하여 1) 효율을 높일것, 2) 안전·확실하게 신뢰도가 높으며 무정전 송배전을 확보할것, 3) 건설비를 저하시킬것, 4) 환경의 오염을 방지할것, 5) 유지 및 운전비를 최소로함으로써 양질의 전력을 풍부하고 저렴하게 공급할것.

즉 고품질·저가격의 안정된 전력을 지속적으로 공급하도록 하여 社會的的使命을 다하는데 있다고 요약할 수 있다.

이를 달성키 위하여 연구하고, 검토하고, 지식화 되어야 할 여러사항에 대하여 간단히 소개하고자 한다.

## 2. 諸般 安全規程

역사를 통하여 서구인에게 가장 중요한 규정은 십계명에 포함된 내용이다. 어떤 사람의 산출에 의하면 모세가 십계명을 발표한 이래 32,600,000개의 법이 만들어 졌다고 한다. 安全規定은 오늘날 우리사회에 없어서는 아니될 매우

중요한 사항으로 되어가고 있다. 2년전에 미국 機械學會(ASME)는 첫번째 Boiler Code의 100주년 기념행사를 가졌다.

전력설비의 Engineering에 있어서 중요하게 고려하여야 할 점은 전기의 사용으로 부터 일어나는 위험으로 부터 인명과 재산을 보호하여야 하는 것이다. 이를 위하여 改正된 제반 사전을 규정, 연구하고 계속적으로 검토하며 또한 미비점이 있으면 개정을 건의하여 오늘날 빠른 속도로 변혁되고 있는 과학기술에 적합한 규정으로 수정보완 하는데 적극 협력하여야 한다.

전력설비 설계에 먼저 생각되어야 할 Code는 National Fire Protection Association (NFPA)의 여러개의 Code이다. 이 NFPA Code는 다음 여러 규정으로 되어 있다.

NFPA 20 Centrifugal Fire Pumps : NFPA 30 Flammable Liquids : NFPA 37 Installation and Use of Stationary Combustion Engines and Gas Turbine : NFPA 54 National Fuel Gas Code : NFPA 58 Liquid Petroleum Gas Storage : NFPA 70 National Electric Code : NFPA 99 Health Care Facilities : NFPA 101 Life Safety Code : NFPA 110 Emergency and Stand By Power Supplies.

이중 National Electric Code는 NFPA 70으로 표현되며 1897년에 처음 제정되었고, 4년마다 개정판이 발행되고 있으며 미국의 모든 주 정부 및 시에서 법으로 채택하고 있다.

National Electric Code Committee 밑에 23개의 Panel이 있고 각 Panel에는 10~15명의 전력회사, 설계회사, 제작회사 등의 기술자로 구성되어 있으며 위 규정의 각 Articles 별로 업무가 분담되어 있으며 각 방면에서 야기되는 문의점, 문제점 등을 검토분석하여 매 4년마다 수정·보완을 하고 있다. 전기설비의 안전은 ANSI-C 2로 표현되며, 처음년에 처음 제정되었고, 발간처는 Institute of Electrical and

Electronics Engineers Incorporation으로서 American National Standards Institute에서 승인되어 ANSI Standard로 되어 있다. 이것도 역시 Standards Committee 밑에 8개의 Subcommittee가 있으며 보안을 위한 건의, 지적사항 등을 검토하고 있으며 문의사항에 대한 해석에 응하고 수년마다 개정판을 발행하고 있다.

原子力發電所 設計 및 建設에는 Federal Code인 10 CFR 50과 Nuclear Regulatory Commission의 Regulatory Guides를 추가로 적용하여야 하며, 또한 Federal Occupational Safety and Health Act의 안전에 관한 규정인 OSHA도 전기설비 설계에 적용하여야 하는 중요한 규정중의 하나이다. 이외에도 기계, 배관 건물공해방지 등등을 위한 법과 규정이 제정되어 적용되고 있다.

Engineering과정에서 발견되는 미비점, 개선점 등을 모두 관계되는 곳에 통보하여, 비약 발전하는 과학기술에 대응하는 규정이 되도록 협력하여야 한다.

### 3. 標準仕様書 및 設計標準

전력설비의 건설은 막대한 초기투자가 소요되는 사업으로서, 전력회사들이 新規發電所 건설에 따르는 재정적 어려움을 담당하기를 원치 않는 현상중에서, 설계비 및 건설비의 감소를 위하여 표준 사양서, 설계표준 및 설계지침서를 작성하여 설계관리의 개선을 도모하여야 한다.

Bechtel社의 예를들면, 전기분야에만도 80여개의 표준 사양서가 작성되어 있으며 30여개의 설계표준 및 설계지침서가 작성되어 있다. 사양서 작성에 있어 많은 시간을 절약할 수 있으며 사양의 표준화에도 크게 기여하고 있다. 설계표준 및 설계지침서는 전력설비를 설계하는데 있어 필요한 각종 규정 및 참고문헌, 설계순서, 계산방법, 기기선택, 세부설계 등에 대

하여 자세히 설명되어 있어 설계과정에서 많은 도움을 주고 있다. 미국에서 전기관계의 기기 사양서를 작성하고 또한 설계를 수행하면서 항상 참고로 하고 있는 規定 및 標準을 여기에 소개한다.

- 1) NEC : National Electrical Code
- 2) NESC : National Electrical Safety Code
- 3) ANSI : American National Standards Institute
- 4) IEEE : Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc.
- 5) NEMA : National Electrical Manufactures Association
- 6) ASTM : American Society for Testing and Materials
- 7) ASME : American Society of Mechanical Engineers
- 8) UL : Underwriters Laboratories, Inc.
- 9) ICEA : Insulated Cable Engineers Association
- 10) NACE : National Association of Corrosion Engineers
- 11) AFBMA : Anti-Friction Bearing Manufacture Association
- 12) CMAA : Crane Manufacture Association of American Inc.
- 13) MIL : Military Specifications
- 14) FEDERALSPEC : Federal Specifications
- 15) Code of Federal Regulation
- 16) NRC Regulatory Guides.

위에 기술한 제반 규정 표준 및 참고문헌 이외에도 각종 기기 제작회사에서 발행하는 기기 및 기구에 대한 설명서, 지침서 등도 사양서의 작성 및 설계와 건설단계에서 없어서는 안될 참

고서가 되고 있음을 여기에 부언한다.

안전한 전력설비의 설계 및 건설비를 절감할 수 있도록 계속해서 표준사양서, 설계표준 및 설계지침서를 더욱 완전한 것으로 개발하고 수정 보완하는데 노력을 아끼지 말아야 할 것이다.

#### 4. 設計·建設 및 運轉上의 問題點

既存 發電所에서 발생된 여러가지 우발적 고장으로 발전기를 정지시킨 시간을 분석하면 운전 및 보수 불량에 기인된 것도 있지만 또한 부적절한 설계 및 Engineering에 기인된 것도 많은 비중을 차지하고 있음이 나타나고 있다.

따라서 부적절한 설계로 인하여 발생된 문제점이나, 또는 기존 발전소에서 발생한 운전상의 문제점이나, 기기의 결함 및 파손 등을 次期 發電所設計에 반영하여 같은 문제점의 재발을 방지키 위해 자료를 수집, 검토하고 정리하여 관계되는 모든 부서에 통보하여야 한다. 또한 새로운 전력설비의 설계를 진행하면서 야기된 문제의 해결을 위해 장기간 소요된 것 또는 건설중에 현장에서 설계의 잘못으로 많은 비용과 시간을 소모한 설계변경사항, 시운전중에 나타난 부적절한 설계사항 등도 모두 표준화하여 정리, 문서화해서 같은 문제가 반복되지 않도록 관계되는 부서 및 관련되는 사람들에게 통보하고 기술잡지 등에도 발표하여 널리 알려야 한다. 이러한 여러가지 개선점은 全 會社內의 공동으로 갖는 재산으로 만들어야 한다.

물론 이와같이 되려면 사회제도가 정책면에서 발전, 개선되어야 할 점이 적지 않다고 하겠다. 기술문제에 대한 책임추궁, 처벌위주로는 위와 같은 소기의 목적을 달성할 수가 없다. 소중한 경험을 살려 반복해서 발생하지 않도록 조치를 취하는 것이 技術革新을 위해 가장 적절한 방법이라고 본다.

## 5. 關聯部署間的 協調

전력설비의 Engineering은 複合技術의 集合體로서 고도의 안전성을 신뢰성이 요구되는 綜合技術分野이다. 그래서 각 기술분야가 균형있게 그리고 조화를 이루면서 발전하여야 하나의 완성된 플랜트가 된다는데 또한 특징이 있다.

오늘날의 과학기술이 그 어떤 첨단부문 하나만으로 홀로 발전할 수 없음을 잊어서는 안된다. 기술개발에 있어서 정보의 중요성은 재론할 필요가 없지만 전문분야의 정보를 가까운 곳에서 쉽게 얻을 수 있도록 정보수집 및 보급채널의 多元化와 이를 위한 제도적개선과 보완이 있어야 할 것이다. 정부, 전력회사, 설계회사, 개선회사, 제작회사 및 연구기관 사이에 유기적인 협조체제의 강화가 이루어져야 할 것이다.

이중 Engineering의 역할은 기본설계, 품질개선, 건설공기관리 등을 담당하고 나아가서 크고 작은 技術革新을 일으켜 추진해야하며 국산기자재 사용촉진을 통해 국내 기술개발을 촉진해야 하는데 있다.

## 6. 安 全 性

전력설비의 Engineering에 있어 가장 중요한 고려사항은 安全이다. 전기설비로 인한 인명손실과 재산피해를 방지하는데 우선 순위를 두어야 함을 재 강조한다. 어떠한 이상이 생겨 기기의 운전을 계속하는 것이 적당하지 않을 경우 또는 기기에 고장이 생겼을 때는 그 영향이 미치는 범위를 極小化시켜 건전한 타기의 운전 에 지장을 주지 않기 위해 신속히 차단하여 기기를 보호하여야 적은 기기라도 계통에 중요한 영향을 주는 것은 동작상태를 늘 감시할 수 있도록하여 사고의 대형화를 방지하여야 한다.

1979년 3월 28일 새벽 TMI원자력발전소 2호기가 Second Loop's Emergency Feedwater

Valve가 Close된 상태로 900MW의 전출력으로 운전되고 있는 중에 Main Feed Water Pump가 Trip되어 발전기가 정지되고 3초후에 Pressurizer's Relief Valve가 Open되고 8초후에 Reactor가 Shutdown 되었다. Open된 상기 Valve가 2시간 18분동안 Open된 상태로 있어 사고는 확대되고 원자력발전소 가동 이래 가장 엄청난 사고로 확대되어 막대한 재산의 손실과 더불어 원자력발전소 건설에 큰 영향을 주게 되었다. 만일 사고후 1시간 40분 이내에 상기 Valve가 Open된 상태로 있는 것을 발견했으면, Core는 과열되지 않고 수습되었을 것이라고 한다.

전체에 비해 적은 부분이라고 할 수 있는 Relief Valve로 인해 큰 손실을 가져온 것을 볼 때 Engineering과정에서 안전에 얼마나 세밀한 배려를 해야 한다는 것을 새삼 느끼게 된다.

전기설비 Engineering에 있어 중요한 큰 기기의 안전에 대하여는 많은 신경을 쓰지만 작은 기기에 대하여는 소홀히 할 염려가 많다. 그러나 오늘날까지 발전소의 큰 사고의 원인을 분석하면, 대부분이 작은 부분에서 일어나 큰 사고로 확대되었음을 감안할때 설계시 Engineer들은 기기보호 및 계통의 안전을 위하여 작은 기기부터 시작하여야 함을 재 강조한다.

## 7. 經 濟 性

전력설비의 특징은 막대한 투자비가 필요한 것이다. 따라서 Engineering과정에서 設計費, 建設費의 절감에 각별한 노력을 경주하여 전력회사의 재정적 위험을 감소시켜야 한다. 설계회사는 물가상승을 고려한 합리적인 범위내에서 보상을 받아야지 Project를 거듭할수록 Man-Hour도 같이 상승하는 경향은 특별한 경우를 제외하고는 지양하도록 노력하여야 한다.

발전소에 있어서 기기배치 여하에 따라 발전

소 건물의 크기에 큰 영향을 미치게 되며 건설비도 크게 좌우된다. 기기의 배치가 적절치 않으면 필요이상으로 투자비가 증가될뿐 아니라 운전 또는 기기보수시에도 지장을 초래하는 수가 많다. 따라서 설계시에 건설비 및 운전비를 최소로 하도록 해야 할 뿐 아니라 보수공사의 애로점도 없도록 배려하여야 한다.

기기선정에 있어서도 信賴度가 높은 기기가 요구되는 중요지역과 그렇지 않은 지역을 구별하여 이용율에 영향을 주지 않는 범위내에서 투자비를 감소시킬 수 있도록 하여야 하며, 건설관리를 더욱 연구 발전시켜 공기지연을 최대한 억제하고 새로운 공법을 개발, 공기단축을 통해 건설비 절감을 도모하여야 한다.

Engineering과정에서 설계실수를, 건설공사시 현장에서 설계변경으로 수정하는 것이 오늘날 건설관리의 보편적 방법으로 되어 있다. 가까운 시일내에 준공될 원자력발전소를 예로 들면 약 700개의 Design Change Notice (DCN)가 발행되었다.

물론 이것이 전부가 설계실수로 인한 것은 아니지만, 부득이한 경우를 제외하고는, 이 설계변경을 최소한으로 감소시킬 수 있도록 노력하여야 한다.

최근에 준공된 미국의 Belle River 화력발전소 1,300MW(St. Clair, Michigan)는 예정된 공기보다 앞당겨 준공됨으로써 무려 1억 4천만 불 이상을 절약할 수 있었음을 감안할 때 설계 및 공사 관리의 개선으로 막대한 건설비를 절감할 수 있음을 입증하고 있다.

## 8. 信賴性 및 利用率

발전소의 이용율은 미국의 예를 들면 석탄발전소에서 64%, 원자력발전소에서 58%까지 떨어졌던 발전소가 있으며, 일본에서도 원자력발전소가 1977년에 44%까지 떨어졌었다. 여기에

TMI 2호기 사고 등 불리한 여건으로 발전소에 대한 사회적 신뢰도는 더욱 저하되었다. 발전소의 안전성과 안정된 전력공급체제를 보장하기 위한 발전소의 신뢰성을 향상시키기 위해 설계회사는 설계관리의 개선 및 건설단계에서의 품질보증활동 강화를 효과적으로 수행해야 할 것이다.

기존발전소에서 발생된 돌발적인 운전정지중 설계불량으로 기인된 것은 차기 발전소설계에 적극 반영하여 재발을 방지하여야 한다. 발전소 기기 선택에 있어 새로 발명·개발된 새로운 기기를 사용하는 것도 좋으나 발전소로서는 장기간 운전에서 그 특성이 우수한 것이 가장 중요하다. 가령 공장시험에서 여하히 높은 효율을 나타내고 있어도 사용후 점차로 효율이 저하되고 또한 운전특성이 떨어지는 것은 선택하지 않는 것이 현명하다.

Engineering 회사는 전력설비의 기기공급자의 품질보증활동을 검토하고 품질관리체제를 강화하도록 하여야 하며 중요한 계통은 장치를 2중으로 또는 이에 대치되는 설비를 설치하여 전력공급의 신뢰도를 높여야 한다. 발전소의 신뢰성을 높이는 한편, 대형발전소의 정지로 인한 경제적 손실이 하루에 막대한 금액인 것을 감안할때 이용율 향상이 전력설비 설계시 중요하게 고려되어야 할 요소중의 하나임을 여기서 강조한다. 운전중의 발전소의 자료수집 및 분석, 정지요인규명, 계통분석 등으로 얻어진 이용율 향상을 위한 최적방안을 결정하여 설계에 반영하도록 하여야 한다.

미국의 Public Service Electric & Gas 전력회사의 1,136MW PWR형 Salem 원자력발전소 1호기는 1985년 12월 16일을 기해 277일 연속 운전으로 8,969,747MWH를 발전함으로써 American Electric Power 전력회사의 1,300MW 석탄발전소 Moutaineer 1호기에서 세웠던 기록을 갱신했다. 또한 동 원전은 이미 1985년 12월 13일에 8,892,300MWH를 발전하였을때 1979

년 Philadelphia 전력의 1,098MW BWR형인 Peach Bottom 2호기가 수립하였던 기록을 돌파한 바 있다. 한편, Salem 1호기는 85년11월 중에 94%의 높은 가동율을 기록한 바 있다.

미국의 전력회사들은 1985년 1월부터 9월까지의 원자력발전소의 자동비상정지 횟수를 호기당 1984년 동 기간의 4회, 1983년의 4.1회에서 3.7회로 줄였으며 1987년까지 3회, 1990년까지는 2.0회로 그 목표를 정하였다.

이렇게 이용율을 높임으로써 발전소의 이용율을 향상시키는 것은 설계 뿐이 아니고 신뢰성이 높은 기기, 훈련된 능력있는 운전원, 적절한 보수계획 및 숙련된 보수요원 등 여러가지 요인을 들 수 있으나 Engineering과정에서도 이용율을 향상시키고 최적화시키기 위한 설계개선 방안을 수립하여 적용시켜 나가야 할 것이다.

## 9. 公害防止

오늘날 모든 전력설비 Project는 Environmental Impact의 고려 없이는 진행할 수가 없게 되었다. 미국의 EPA(Environmental Protection Agency)가 설립된후 15년간 환경보호 문제가 사회의 중요문제로 대두되고 있다.

EPA는 최근 1년에 약 3,000개의 규정을 수정하고 있으며 주 정부 역시 약 4,000개의 규정을 수정하고 있어 환경보호관리가 Engineering과정에서 매우 복잡하며 투자비의 증가요인이 되고 있어 경제적이며 효과적인 방법을 연구하여 환경보호관리를 수행하여야 한다.

1985년 7월 9일에 상업운전을 시작한 Belle River Coal Power Plant 1호기, 2호기(1,300 MW)을 예를들면, 약 4억불이 환경보호시설에 사용되었다. 산림지대에 야생동물물 보호하기 위한 은신처(Shelter), 전기집진기, 먼지를 관리하기 위한 년중가동 Water Spray System, 폐수처리시설, 취수구에 물고기가 걸리지 않도록

설계된 구조물, 복수기의 순환수가 신속히 찬물과 혼합하여 강물의 열영향을 감소시키는 시설 등이 설치되었다.

보일러의 연료로서 High-Sulfur Coal을 사용하는 발전소에는 Clean Air Act에 의한 emission limits를 지키기 위해 Stack gas로부터 SO<sub>2</sub>를 제거하기 위한 시설을 추가로 설치하여야 한다. SO<sub>2</sub> Scrubber는 많은 전력이 소요되므로 발전소 所內電力이 증가하며 또한 건설비 및 운전단가도 높아지므로 발전소 건설계획시 여러가지 타당성 검토를 거친후 연료의 종류를 결정하여야 한다.

개발도상국가에서 경제성장과 더불어 토지, 공기, 물, 기타 자원의 보호는 제일 우선순위를 전력설비의 Engineering에 있어서도 잊어서는 안된다. 더구나 장차 세계15위내지 10위권의 경제 또는 기술선진국의 자리에 오르기 위한 한국의 科學技術計劃은 환경보호기술개발에도 高級技術人力의 양성과 研究開發投資를 최대한 확대하여야 할 것이다.

## 10. 結 論

전력설비의 Engineering은 수식적으로 표현할 수 없는 많은 요인에 좌우되므로 일률적으로 설계 및 건설방법을 말할 수는 없다. 개개의 문제에 대하여는 앞에서 설명한 것에 의해 종합적으로 장단점을 연구, 검토, 판단하여 최선의 해결을 찾아야 한다. 전력설비의 각 부분은 서로 유기적인 관계를 가지고 있어 각각을 개별적으로 타와 무관하게 설계할 수는 없다.

電力設備에서 Engineering의 역할은 설계비 및 건설비를 절감하고 공사기간을 단축하여 투자비를 최소로 함과 동시에 기술적으로 안전하고 더욱 信賴度가 높은 전력설비를 설계 및 건설함으로써 사회에 봉사하고 더 나아가 國家發展에 기여하는데 있다고 요약할 수 있다.