

工場自動化에 따른 電氣設備의 效率的인 運轉, 維持, 補修에 關한 調查研究

(2)

劉 錫 九

漢陽大學校 教授

다. 금속처리 공정에서의 연속공정 제어 기술

생산성 향상을 통한 국제 경쟁력 강화 및 다양한 시장의 요구에 대처하기 위하여 산업 공정은 단위 기계 자동화를 추진하고 있다. 특히 1970년대 초반부터 출현된 마이크로 프로세서 기술의 발달은 자동화를 위한 제어 장치의 혁신적인 변화를 초래하였는 바, 이를 기반으로 화학 공정 및 제조 공정 등과 같은 대규모 공정 제어분야에서도 디지털 컴퓨터를 이용한 자동화가 전면적으로 시도되고 있다. 실제로 일본, 미국 등의 선진 외국에서는 1950년대부터 자동화의 필요성이 인식되어 현재 많은 산업 공정에서 자동 생산 시스템을 구성하고자 시도하고 있다. 특히 부존자원이 부족한 우리나라의 실정을 감안할 때 석판 공정, 제지공정, 강관공정, 전선공정, 압연공정 등 고부가가치 제조 산업의 자동화는 선결 되어야 한다.

자동화(Automation)의 개념은 여러가지 책이나 논문들에 저술되어 있어 간단히 정의하기 어려우나 한마디로 요약한다면 무인화

라 할 수 있다. 즉 Automation=Automatic+Operation의 준말로써 “생산 및 사무관리의 과정을 분석하고 이를 자동적이고 연속적인 것으로 조직, 제어하여 기계, 원료, 정보 및 인간과의 가장 효과적인 결합 관계를 실현하는 것”이라 할 수 있으며 ① 제품의 품질 향상 ② 원가절감 ③ 생산량의 증대 ④ 납기의 단축 ⑤ 안전성 확립 등의 효과가 있어야 한다.

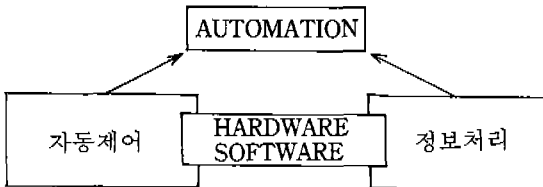
Automation은 흔히 표 2-5와 같이 종합 분류되나 본고에서 다루고자 하는 금속처리 공장에서 특히 도금라인과 같은 “연속공정의 자동화”는 “설비 혹은 공정에 계기 또는 자동제어 장치를 설치함으로써 생산 라인의 제어나 운전을 자동화하여, 진행되는 재료(철판, Strip)의 질이나 양을 설정되어진 수량이나 품질로 만들기 위한, 직접 작업재의 숙련 또는 인적요소가 관여되는 정도 등을 현저하게 감소시키는 기능”이라고 정의될 수 있다. 특히, 금속 공업에서 열간 및 냉간 압연기, 연속 표면 처리 설비 등의 자동화에는 취급 물질이 액체, 기체 및 고체(철판, Strip) 등 다양하며, 철판의 장력제어나 권취기의 Torque제어가 품질에 지대한 영향을 주므로, 연

속공정 자동화의 분야는 표 2-5의 분류에 따르면 Process+Mechanical=Line Automation의 개념으로 취급되어야 한다. 따라서 라인 자동화를 이루기 위해서는 자동제어 기술과 정보처리 기술이 그림 2-4와 같이 상관관계를 유지하여야 한다.

그러나 현재 국내에서는 단위 요소기술 개발 능력뿐 아니라 특히 시스템 총합 기술 개발 능력의 부족으로 대부분 외국에서 개발된 자동화 시스템을 그대로 도입하여 사용하고 있다. 더욱이 자동화 시스템에 대한 충분한 이해없이 도입 응용하고 있어 생산 라인의 변경 및 기존 라인과 유사한 공정에 응용하는 경우에도 막대한 로열티를 지불하고 있으며 보수유지 또한 외국 기술에 의존하고 있는 실정이다.

(1) 연속공정의 특성 및 예

금속처리 공장등의 연속공정에서는 일반적으로 다수의 전동기가 여러 응용 목적으로 사용되고 있고 이들 전동기들은 개별적인 제어 뿐만 아니라 전공정의 생산 스케줄에 맞춰서 연동제어되고 있다. 이러한 공정들



<그림 2-4> 자동화와 이를 유지하는 기술

의 특성을 살펴보면 다음과 같다.

- ① 구동장치로서는 AC전동기, DC전동기, Brushless DC전동기 등을 사용한다.
 - ② 전동기의 제어 목적은 위치 제어, 속도 제어, Torque 및 장력제어기능이 요구된다.
 - ③ 다수의 전동기가 연동되어 사용된다.
 - ④ 간단한 Start/Stop Sequence제어기능 뿐 아니라 복잡한 연산이 요구되는 제어 변수를 갖는다.
 - ⑤ 원료, 제품 생산량 등이 수시로 변하는 공정이다.
 - ⑥ 공정 변수간에 상호 작용이 있다.
 - ⑦ 많은 센서 및 I/O 신호를 처리하여야 한다.
 - ⑧ 전 공정을 효과적으로 관리 감독하여야 한다.
- 위와 같은 특징을 가지는 대표적인 몇가지 공정의 공정과 필요한 기능을 표 2-6에 나타내었다.

(2) 연속공정자동화시스템의 국내외 현황

(가) 시스템의 일반적인 구성

제철공장의 냉간, 열간 압연공정이나 강관 공정, 제지공장의 초지공정, 금속공장의 도금 공정 등 제품의 흐름이 연속적인 연속공정 자동화 시스템은 다수의 전동기에 대한 속도제어 및 Torque제어, 제품의 장력제어 및 위치제어 등 복합적인 기계자동화기능을 중심으로 세척, 도금, 탈수, 회석 등의 제장 제어 기능이 가미된 독특한 형태를 취한다. 즉, 연

<표 2-5> 자동화의 분야

Automation 분야	산업분야	취급물질	취급변수	대표적 산업
Process Automation	장치공업	액체, 기체	온도, 압력, 유량, 수위	석유정제, 화학, 제철전력, 제지, 시멘트 등
Mechanical Automation	기계공업	고체	위치, 각도, 속도, Torque	기계제조, 가전, 자동차 등
Business Automation	사무분야	사무기기	데이터	사무, 관리전반

〈표 2-6〉 연속 공정의 공업분야와 필요기능

공업분야	대표적 응용	대표적 기능
금속공업	냉간압연기 각종 Process Line(Coating, Leveling etc.) 봉제압연기, 관재압연기	Cascade식 속도제어, 강력압연, 축권식 권출/ 권취, 위치제어, 절단길이제어, 생산보고
제지공업	Sectional식 제지기계 축권형 Winder와 Reel표면형 Drum Winder Cutter and Sheeter Coating Line	Cascade식 속도제어, 속도 및 Draw표시, 축권 식 권출/권취, 피드길이 카운터, 전후 Drum 부하비 제어, 절단길이제어, 생산보고
유리공업	Flat Glass, Float Line, Fiber Glass Line	Shaft 위치동기, 설정치제어 Cascade식 속도제어, 속도 및 Draw표시, 절단 길이제어, 생산보고
타이어 및 고무공업	Thread Line, Hot Stretch Line	Shaft위치 동기, 설정치제어, Cascade식 속도 제어, 절단 길이제어, 생산보고
자동차공업	조립 Conveyor 엔진 동력제	Multi-Drive의 부하분담, Multi-Section의 위치동기, 제품위치의Tracking, 속도, 위치 및 부하의 정밀제어, 생산보고

〈표 2-7〉 연속공정 자동화 시스템의 계층별 분류

계층	명 칭	기능 분야	적용 Computer	구성제어시스템
4	총괄제어	경영관리 사무관리	Business Computer	MIS
3	공장제어	생산관리, 최적화 보고	Mini-Computer	SCC
2	생산라인제어	설정치제어, 계장제어, 감시, 경보	Micro-Computer	DDC, DCS, OIU
1	단일기계제어	직접제어, 자동순차제어	Micro-Computer	PLC, EPC

속공정 자동화 시스템은 다수 전동기들의 연동을 조절하는 전동기 Group Controller와, 기계 가공 공정이나 자동차 조립 및 용접 공정 등에 사용되던 PLC(Programmable Logic Controller) 및 지금까지 화학 공정 및 전력 플랜트 등 응답특성이 비교적 느린 공정에 적용되어 왔으나 MMI(Man-Machine Interface)가 우수한 DCS(Distributed Control System)등과 총체적으로 결합되어 있는 대규모의 종합제어 시스템이다. 따라서 연속공정 자동화 시스템은 신뢰성, 확장성, 고응답성, 설계와 구현 및 보수의 편의성 등을 고려하여 표 2-7과 같이 제어시스템 단위들을 계층

구조로 분산 배치한 형태를 취한다. 표 2-7에서 나타난 계층별로 연속공정 자동화 시스템의 구성 및 기능을 살펴보면 다음과 같다.

① 계층 1 : 단일기계제어

연속공정의 경우 Process Line에는 구동기로 전동기가 많이 쓰이고, 이러한 다수의 전동기들이 정해진 시퀀스에 따라 가변속 제어되거나 제품의 장력제어를 위하여 Torque 제어된다. 단일기계 제어 계층은 이러한 가변속 및 Torque의 설정치에 맞추어 전동기를 Feedback제어해 주는 여러대의 EPC(Electric Power Controller)와 전동기 구동의 시퀀스 제어를 담당하는 다수의 중대형 PLC(Progra-

mmable Logic Controller)로 구성된다.

② 계층 2 : 생산라인제어

이 계층은 연속 공정의 조업 방안에 따라 전체 공정의 생산계획 데이터와 기계의 가동 조건 및 기기의 운전 모드 등을 고려하여 정해진 시간에 정확한 단위 기계들의 설정치를 EPC로 내려주거나 하위의 PLC들에 대한 데이터를 저장 또는 교환하는 기능을 갖는 통상 DDC(Direct Digital Controller)로 불리워지는 라인제어기를 중심으로 하여, 공정의 특성에 따라 적당한 화학공정 제어 및 유량 제어 등을 담당하는 계장제어기 DCS(Distributed System)와 Operator Guidance를 제공하는 OIU(Operator Interface Unit) 등으로 구성된다. 특히 라인 제어기는 방대한 양의 공정 데이터 베이스를 수집, 관리하고, 약 10 ms 정도의 샘플주기로 장력제어 및 가변속 설정치 제어를 다수의 전동기에 대하여 수행하며, 작업 Scheduling을 위한 Sequence 제어와 Operator Interface 기능도 동시에 제공해주어야 하므로, 통상 다중 마이크로 프로세서 구조와 Multitasking 기능을 갖는 마이크로 컴퓨터 시스템으로 구현되며, 하위계층과는 고신뢰도의 실시간 데이터 링크로 연결되어 있다.

③ 계층 3, 4 : 공장제어 및 총괄제어

보통 중형 이상의 컴퓨터 시스템으로 구성되고 하위계층과는 Ethernet이나 MAP(Manufacturing Automation Protocol) 등의 LAN(Local Area Network)으로 연결되어 있다. 공장제어 계층의 SCC(Supervisory Control Computer)는 생산계획, 제품추적보고, 생산품의 특성 데이터 입력 및 수정, 시스템 Setup, 공정의 모델링과 모사 등 제품의 생산관리 및 최적화 기능을 담당하며, LAN을 통해 하위계층의 라인 제어기나 계장 제어기로 적당한 Preset값들을 넘겨주고 공정 데이터들을 Feedback 받는다. 최근에 와서는 공장제어 계층 이하의 생산 자동화시스템에 기업의 경영 관리 및 사무관리용 Business Computer인 MIS(Management Information System)가 연결되는 총괄제어시스템의 개념이 점차 도입되고 있다.

(나) 국내외 기술 현황

전술한 바와 같이 연속공정의 자동화 기술은 다수 전동기들의 연동을 위한 전동기 Group Control 기술을 핵심으로 하여, 연속공정의 제반 조건 및 흐름을 조절하는 Sequence 제어 기술 및 이동 메카니즘에 대하여 열처리 및 화학처리 등을 수행하는 계장 제어 기술이 총체적으로 결합된 종합제어 기술이다. 따라서, 연속공정 자동화 시스템의 구축을 위해서는 전동기의 Drive 및 제어기, PLC, DCS, MMI, 고속 데이터 링크 등에 대한 하드웨어와 소프트웨어의 설계 및 제작 등 요소 기술을 기반으로 하여 다양한 공정에 대한 제어 알고리즘의 설계 및 적용 기술과 전체 시스템의 통합 Commissioning 기술 등 응용 기술이 요구된다.

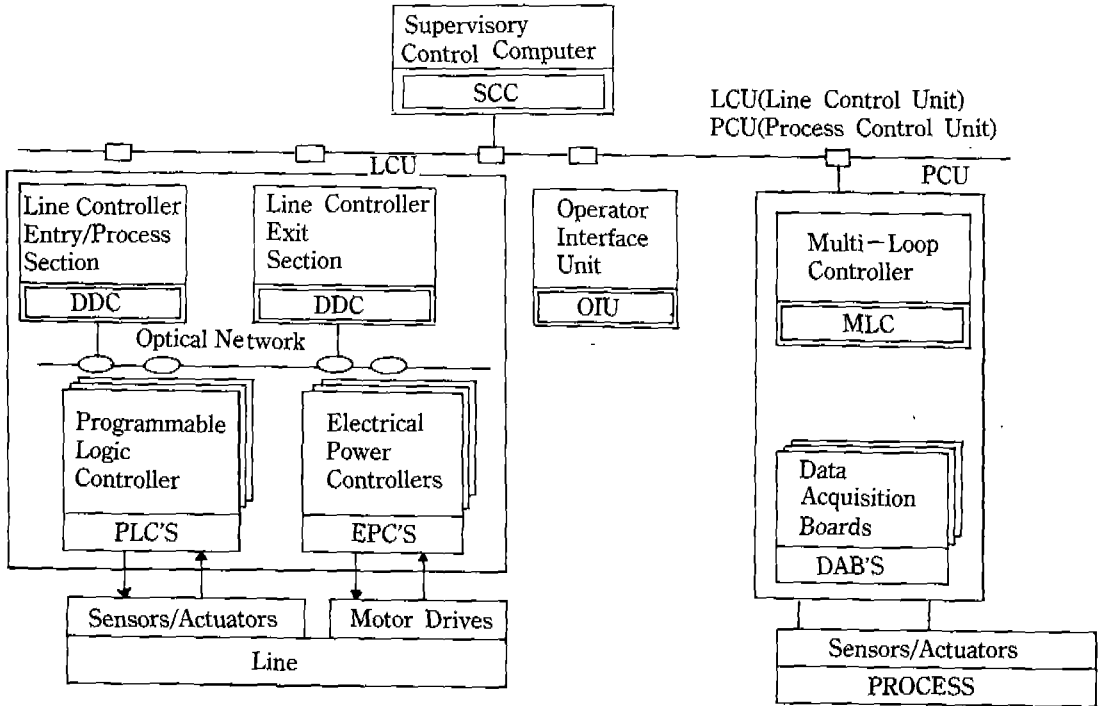
현재 국내의 공장자동화 기술은 요소 기술로 PLC나 Power Drive Unit 등 몇몇 단위 자동화 기기의 설계 및 제작에 주력하고 있으나 대부분 선진 외국업체들과의 기술 제휴로 완전한 기술 자립을 이룩하지 못하는 실정이며, 특히 응용 기술의 부재로 대규모 공정 자동화 시스템은 거의 다양한 선진국 제품들의 종합 전시장인 되어 있다. 대부분 Turn-key Base로 공급된 국내의 연속 공정 자동화 시스템을 통해 몇몇 생산업체를 살펴보면, 일본의 Mitsubishi와 Hitachi, 미국의 Reliance, 프랑스의 Jeumont Schneider, 스웨덴의 ABB 등이 있으나 서로 거의 비슷한 개념으로 설계, 적용되어 있다.

(3) 연속공정자동화를 위한 전동기 Group Control 기술

(가) 시스템 구조

그림 2-5의 석도금 라인 자동화 시스템에서 LCU(Line Control Unit)는 다른 한편으로 보면 다수 전동기들의 Group Control Unit(GCU)으로 간주할 수 있다.

석도금 라인을 포함한 많은 금속 처리 공장의 연속 공정에서 가변속 및 Torque 제어용 전동기들은 현재 값은 비싸나 제어가 쉬운 D.C Motor를 많이 사용하고 있고, 최근 A.C



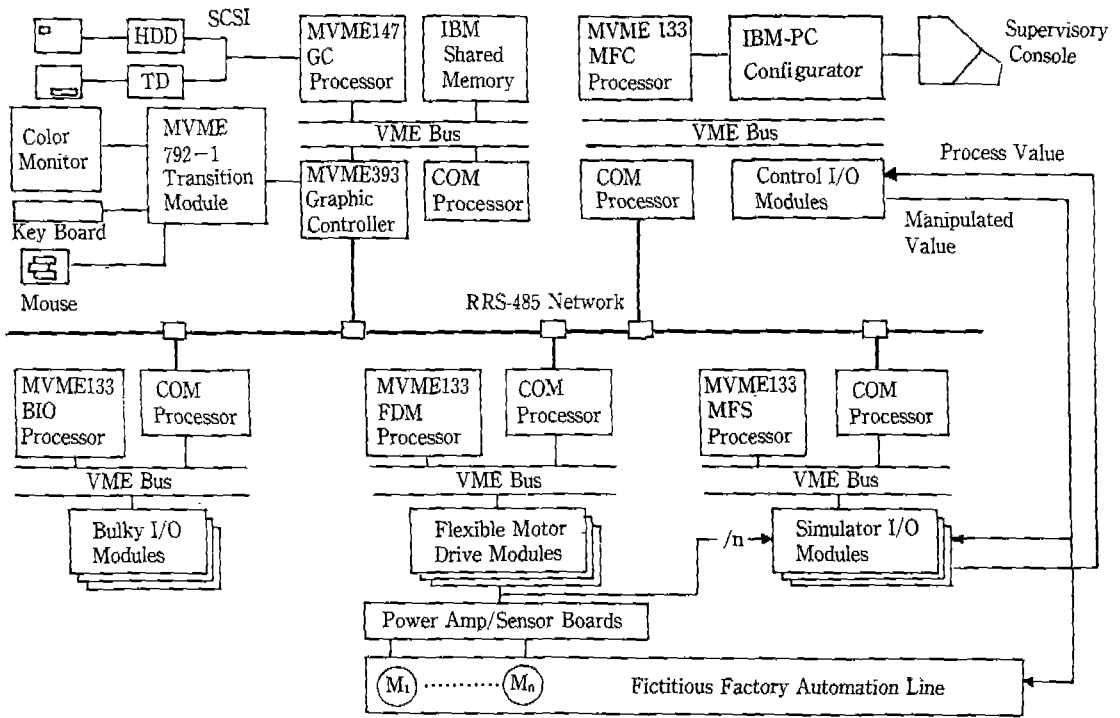
〈그림 2-5〉 석도금 라인의 연속공정 자동화 시스템

전동기 제어기술의 발달로 필요에 따라 현재의 D.C 전동기들을 비용이 싼 A.C 전동기로 대체하는 것이 가능하다. 이러한 관점에서 본고에서는 다양한 제어목적에 따라 다양한 종류의 전동기를 사용하면서 연속 공정의 라인 제어가 가능하도록 그림 2-6과 같이 구성되는 전동기 Group Control Unit를 제안한다.

즉, 그림 2-6의 전동기 GCU에서는 생산라인 자동화 시스템을 크게 기능별로 분류하여 Multi-Function Control(MFC), Flexible Motor Drive(FMD), Bulky Input/Output (BIO), Graphic Console(GC), Multi-Function Simulation(MFS)등 5종류의 Subsystem으로 분산시키고, 각 Subsystem들 간에는 RS-485의 전기적 특성을 갖는 Field Bus를 연결하여 상호 데이터 통신이 가능하게 한다. 그림 2-6에서 제안된 전동기 GCU의 Prototype에서 GC Subsystem을 제외한 모든 Subsystem들은 MC68020 CPU 및 MC68881 Floating Point Co-

Processor를 내장하고 VME Bus를 외부 인터페이스로 갖는 MVME133A-20 SBC(Single Board Computer)를 중심으로 하여 기능에 따라 필요한 I/O 모듈들을 갖고 있으며, Subsystem들 간의 통신은 전담 프로세서 모듈 COM을 통해 이루어진다. GC Subsystem은 MC 68030을 CPU로 갖는 MVME 147 SBC와 Hard/Floppy Disk등의 Mass Storage Device 및 컬러그래픽 전용의 MVME393 Graphic Controller 모듈을 사용하고 있으며, Man-machine Interface 수단으로 19" Color Monitor와 Mouse 및 Key Board를 제공한다.

현재 단위기계 자동화의 수준에 있는 국내 기술 기반으로의 연속 공정 자동화 시스템을 국산화 구축할 수 없으므로 현재 대부분의 연속 공정에서는 자동화 시스템 전체를 턴키 베이스로 도입 운용 중에 있는 실정에 있다. 이러한 국내 현실에 비추어 볼 때, 본고에서 다룬 금속처리 공장의 연속 공정 자동화 기술에 관한 소개가 선진국의 기술 독점하에



〈그림 2-6〉 전동기 Group Control Unit의 하드웨어 구성도

있는 대규모 공정 제어 시스템에 대한 국산 화개발 촉진에 도움이 되었으면 한다.

3. 電氣設備의 標準化^{(4), (6)}

電氣設備를 신설할 경우에는 공장의 규모와 용도, 제품의 생산량, 설비의 중요도등을 충분히 검토하여, 경제적이고 안전한 전기설비를 시설하여야 한다.

전기설비를 시설함에 있어서 중요한 검토사항은 다음과 같다.

- 설비의 용량 및 최대 수요전력
- 수변전설
- 주회로의 결선방식
- 주회로의 단락용량

가. 설비용량 및 최대수용전력

전력수요의 대부분은 대용량전동기, 전기로, 정류기 및 조명설비 등으로 설치시에 내

용을 알 수 있고, 그들의 용량 및 운전상태로부터 수요전력을 추정한다.

두개 이상의 부하를 동시에 운전할 경우에는 不等率(個個의 最大需用電力의 合[kW]/合成最大需用電力[kW])을 고려함으로써 수전설비의 용량이 과대해지지 않도록 해야 한다.

최대 수용전력 p [kW]는 電力量單位(單位生産當의 所要電力量)과 負荷率로부터 다음과 같이 구할 수 있다.

$$P = \frac{\alpha N}{T} \times \frac{100}{L}$$

여기서 N: 1個月동안의 계획생산량

L: 日負荷率

α : 電力의 原單位 전력량(kWh)

T: 1個月동안의 조업시간

한편, 공장의 수요전력을 결정하려면 生産系統에 접속되어 있는 부하에, 需用率(最大需要電力[kW]/負荷의 設備容量 [kW] × 100 [%])을 곱하여 各系統의 수요전력을 구하고,

各系統의 需要電力의 合을 不等率로 나누면 全設備의 合成最大需要電力이 구해진다.

나. 受變電室

전술한 바와 같이 공장의 종합最大需要電力이 구해지면, 이를 기초로하여 변압기, 차단기, 단로기, MOF 등의 容量을 결정한다.

이와 같이 공장의 사용기기가 결정되면 이들을 수변전실에 어떻게 배치할 것인가를 정하여 受變電室의 바닥면적과 높이를 산출한다. 기기의 배치를 검토할 경우에는 설비의 보수나 점검에 불편하지 않고, 설비의 안전 조작에 필요한 공간과 대형기기의 반출입 통로, 장래 증설기기의 설치장소 등을 충분히 고려해야 한다.

工場의 용도, 규모 및 生産設備의 배치 등을 알면, 부하의 분포상태가 결정되므로, 이를 검토하고 또 전력의 인입위치와 방향을 고려하여 수전장소나 수변전실의 위치를 결정한다.

受變電室의 위치를 선정할 때는 일반적으로 다음과 같은 점을 고려할 필요가 있다. 즉

- 가급적 부하 중심에 가까운 위치
- 전력 인입선과 고압구내 배전선 또는 저압간선을 인출하는데 지장이 없는 장소
- 습기, 먼지, 부식성가스가 발생하는 장소, 폭발물이나 가연성 물질의 저장소에 가까운 장소, 또는 지반이 약한 장소는 피할 것.
- 기기의 소음이나 진동이 문제가 되는 장소를 피할 것.

변전소 건물이나 수변전실의 넓이는 사용 전압, 설비 또는 기기의 형식, 설비용량 및 주회로구성, 自家發電設備의 有無等에 따라서 어느 정도 광범위하게 변하므로, 수전전압이나 설비용량만으로 결정되는 경우가 많다.

受變電室은 반드시 屋内外 모두 耐火構造로 할 必要가 있다.

다. 主回路의 結線方式

受變電回路에서 主回路는 설비의 골격에 상당하며, 회로의 구성방법은 설비운전에 매

우 중요하므로 충분히 검토되어야 한다.

主回路의 결선을 결정함에 있어서 일반적으로 고려할 점은 다음과 같다.

- 운전이 지장이 없고, 신뢰도가 떨어지지 않는 범위내에서 가급적 간단한 회로일 것.
- 무정전 수배전이 가능한 것으로, 고장시 파급범위의 최소화가 가능할 것.
- 고장복구가 간단, 용이하고, 조작이 안전하여 오조작의 염려가 적은 회로일 것.
- 장래증설이나 이설이 용이할 것.
- 경제적인 것.

受電回路方式은 일반적으로 그림 3-1의 (a), (b), (c), (d)와 같은 4가지 방식이 있다.

신뢰도가 가장 높은 受電方式으로 Spot Network方式이 있으며, 이는 超高層빌딩이나 대규모빌딩과 같이 사용전력밀도가 높고, 고신뢰도 및 경제성이 요구되는 설비에는 가장 효과적인 수전방식으로 그림 3-2와 같다.

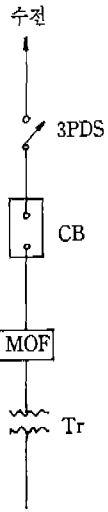
特高受電의 경우 受電電壓 20~60kV級 수 변압기용량 500~10,000kVA 범위의 설비에 적용할 수 있는 표준적인 主回路의 결선은 그림 3-3, 3-4와 같다.

그림 3-3 은 20~60kV, 1回線受電 1또는 2뱅크(bank)이상의 경우, 그림 3-4 는 20~60kV, 2回線受電, 2뱅크이상의 경우로 그림 (a)는 각 뱅크가 병렬운전을 하지 않은 경우, 그림 (b)는 병렬운전의 경우, 그림 (c)는 수전 2차 3~6kV 모선에 切換母線式을 채용한 경우, 그림 (d)는 자가발전설비를 설치한 경우, 그림 (e)는 배전방식 380V, 3상4선식을 채용한 경우이다.

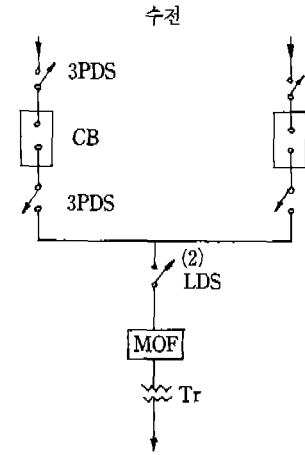
라. 주회로의 차단용량

수전용 차단기의 차단전류는 수변전설비에 전력을 공급하고 있는 배전선의 단락전류로 결정되므로, 그 수치는 수전측 설비에 관계가 없고, 공급측(전원측)의 설비 및 상태에 의하여 결정된다. 따라서, 특고나 고압수전 모두 수전점에서의 단락전류는 전력회사와 상의해서 결정할 필요가 있다.

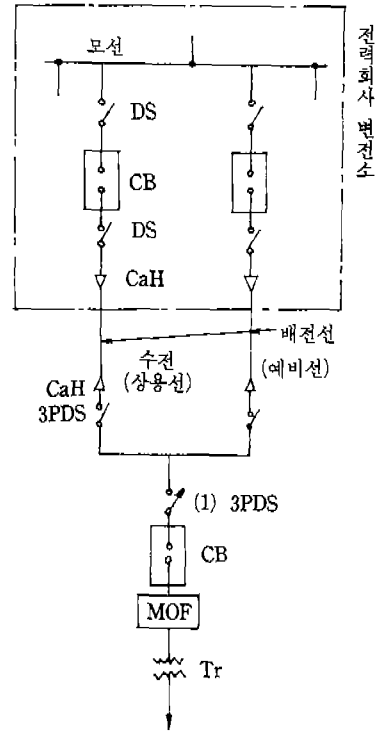
이경우 장래 전원측의 전력계통이 확충되



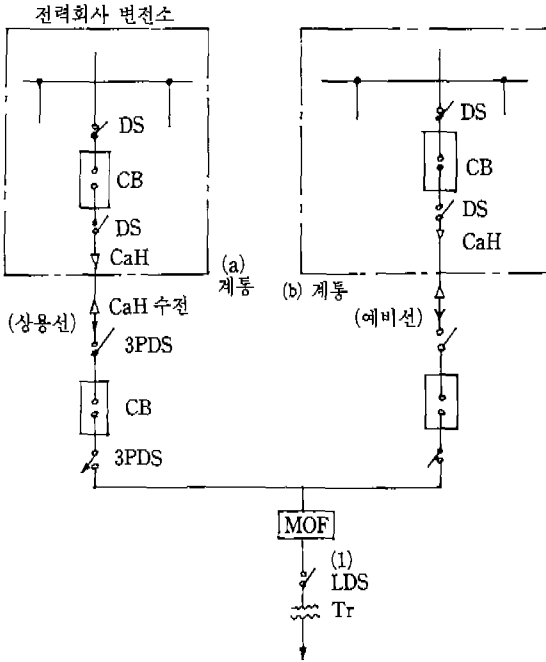
(a) 1회선 수전방식



(c) Cable 수전방식



(b) 평행 2회선 수전방식



(d) 다른계통 2회선 수전방식

CB : 차단기
 3PDS : 3극 단로기
 Tr : 변압기
 DS : 단로기
 LDS : 부하개폐기
 CaH : Cable Head

주) (1)은 설치되지 않은 경우이다.(그림 b, d)
 (2)는 부하개폐기와 차단기를 설치한 경우이다.(그림 c)

<그림 3-1> 수 전 방 식

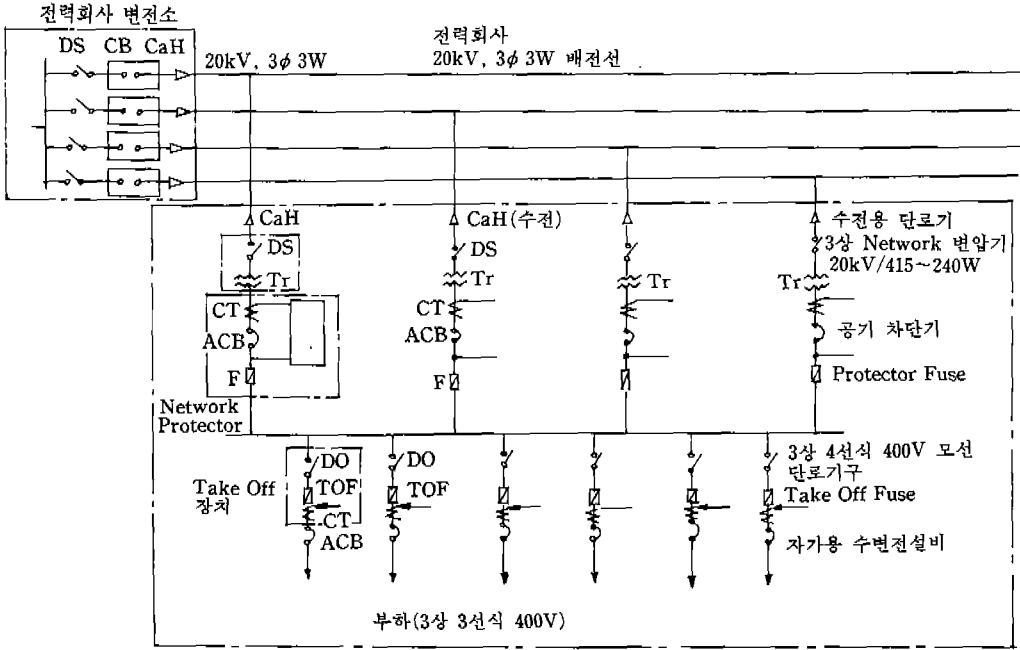
면 단락전류는 증가되어, 차단기의 정격차단 전류를 크게 할 필요가 있으므로 미리 이점을 고려하여 차단기용량을 계산치보다 약간 여유가 있는 것으로 채용 하는 것이 바람직하다.

수전점의 단락용량이 결정되면 차단전류의 표준정격 중에서 계산치와 가까운 상위수치를 선정하여, 이를 수전용 차단기의 차단전류로 결정한다.

특고수전의 경우 수전 2차 3~6kV회로와 그 이하의 단락전류는 수용가 측에서 산정할 필요가 있다.

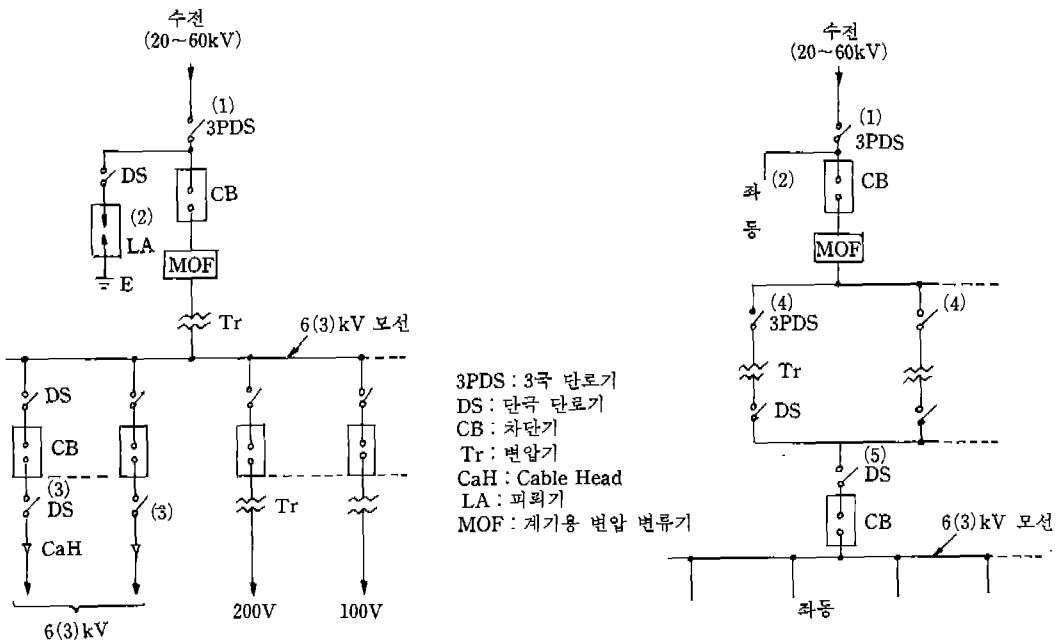
일반적으로 차단기 출구(부하측단자)에서의 3相短絡故障는 %임피던스법에 의하며 근사적으로 구한다.

주변압기의 2차 회로에서는 주변압기의 리액턴스만이 단락전류를 제한하는 것으로 간주하므로, 변압기의 %임피던스를 $Z_r(\%)$ 라 하면 변압기 2차 회로의 단락전류 $I_s(A)$ 는



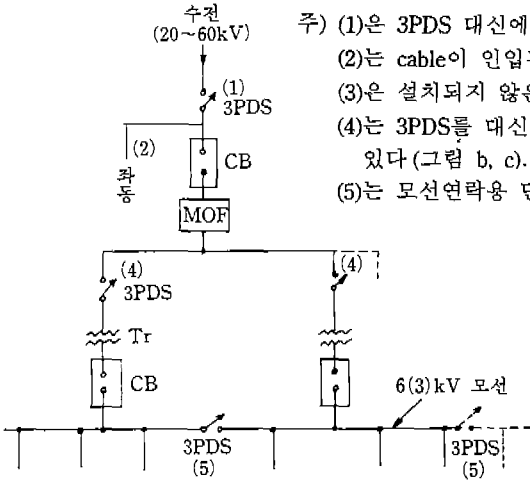
F : Protector Fuse TOF : Take Off Fus Tr : 변압기
 DO : 단로기 CT : 변류기 CaH : Cable Head
 DS : 단로기 CB : 차단기 ACB : 공기 차단기

〈그림 3-2〉 Spot Network



(a) 변압기 1 Bank

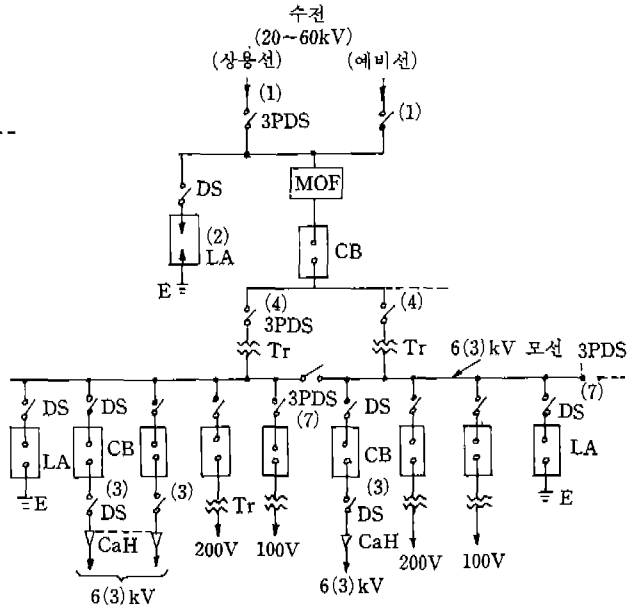
(b) 변압기 2 Bank 이상에서 병렬운전



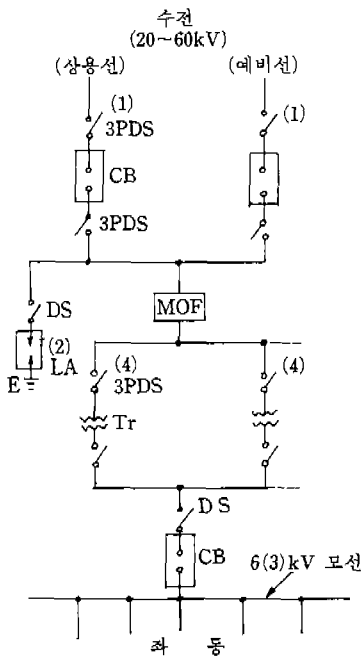
(C) 변압기 2 Bank 이상에서
각 Bank는 단독운전

〈그림 3-3〉 표준결선 (20-60kV
1회선수전, 1 또는 2 Bank 이상)

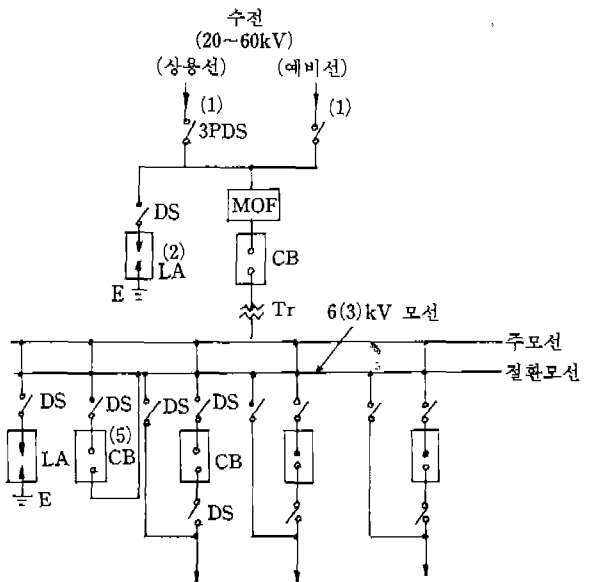
- 주) (1)은 3PDS 대신에 단극단로기를 사용한 경우이다(그림 a, b, c).
 (2)는 cable이 인입된 경우에 생략하는 경우도 있다(그림 a, b, c).
 (3)은 설치되지 않은 경우이다(그림 a).
 (4)는 3PDS를 대신해서 부하개폐기 또는 차단기를 설치한 경우도 있다(그림 b, c).
 (5)는 모선연락용 단로기(상시 개방)(그림 b, c)



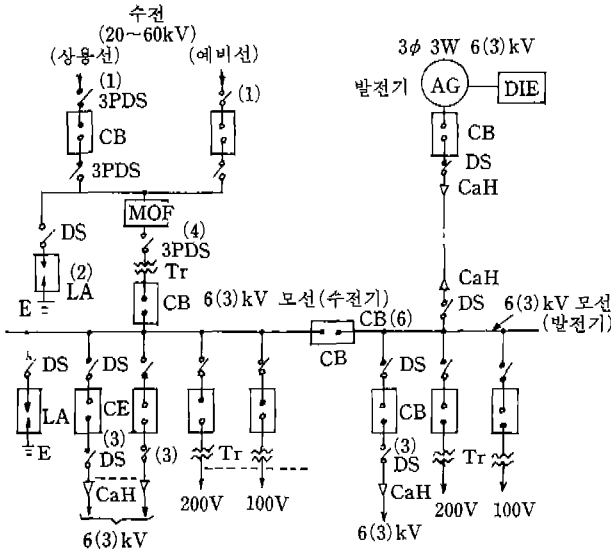
(a) 변압기 2 Bank 이상에서 Bank 단독운전



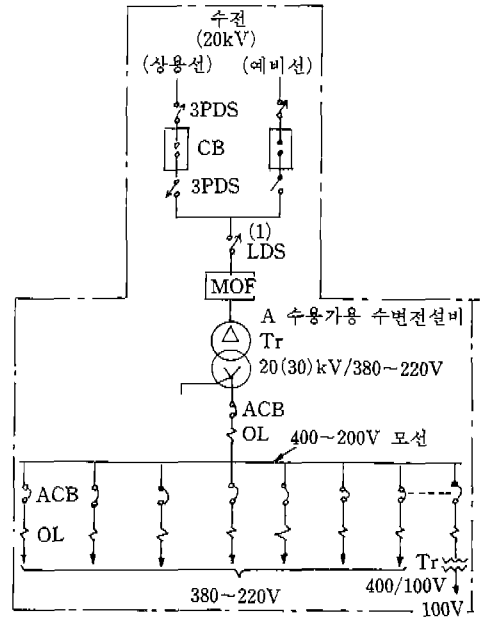
(b) 변압기 2 Bank 이상에서 병렬운전



(c) 변압기 1 Bank에서 절환모선식(수전 2차)



(d) 변압기 1Bank에서 발전기를 설치



(e) 3상 4선식 배전방식

- 주) (1)은 3PDS 대신에 단극단로기를 사용한 경우이다.(그림 a-d)
 (2)는 cable인입된 경우에는 생략하는 것도 있다.(그림 a-d)
 (3)은 설치되지 않은 경우이다.(그림 a, d)
 (4)는 3PDS를 대신해서 부하개폐기 또는 차단기를 설치한 경우도 있다.(그림 a, b, d)
 (5)는 모선연락용 차단기(주모선 및 절환모선용) (그림 C)
 (6)은 모선연락용 차단기(수전측 모선 및 발전측 모선요) (그림 d)
 (7)은 모선연락용 단로기(그림 a)
 (8) LDS 차단기를 설치한 경우도 있지만 그림과 같은 경우가 일반적이다(그림 e).
 기호·약호는 <그림 3-1> 및 <3-2>에 준한다.

<그림 3-4> 표준결선(20-60kV, 2회선수전, 1 또는 2 Bank 이상)

근사적으로 다음과 같이 산출한다.

$$I_s = \frac{100}{\%Z_T} \times I_N$$

여기서 I_N : 주변압기의 정격전류(A)에 따라 수전 2차 3~6kV 회로에 접속되는 차단기의 차단전류는 위와 같이 산출된 단락전류를 고려하고, 변압기 증설계획이 있을 경우에는 이를 감안하여 표준정격을 선정하는 것이 바람직하다. 수전 2차 주회로나 고압분기회로의 차단기는 특히 긴 구내배전선의 말단에 설치되는 차단기를 제외하고, 일반적으로 선로 임피던스를 무시할 수 있으므로 수전 2차 주회로의 차단기나 고압분기 회로의 차단기

는 차단전류가 같은 것으로 사용해도 무방하다.

주변압기의 2차 모선에 대형전동기 또는 발전기(수전과 병렬운전인 경우) 등이 접속되어 있을 때는 고장시 이들로부터 단락전류가 공급되므로 2차모선의 단락용량은 증가한다.

따라서 전동기, 발전기등의 용량이 크고, 발전작용에 의한 영향을 무시할 수 없을 경우에는 이들로부터 공급되는 단락전류분도 고려하여, 차단기의 차단전류를 결정할 필요가 있다.

☛ 다음 호에 계속