

# 전력전자 기술

辛大承\*, 金堯喜\*\*

(正 會 員)

韓國電氣研究所 前任研究部長\*, 電力電子研究部長\*\*

## I. 序 言

電氣에너지는 국민생활 및 산업활동에 없어서는 안 될 에너지로서 多種多樣한 형태로 이용되고 있으며 그 수요도 착실하게 증대되고 있다. 이러한 전기에너지를 效率的으로 이용하기 위해서는 발생된 電氣의 原形을 制御, 變換等的 加工過程을 거치게 되며 加工過程은 發達된 電子技術의 應用體인 電子裝置를 利用하게 되므로 이러한 分野를 電力電子(power electronics) 技術分野라고 한다.

電子裝置는 弱電에서 使用되는 回路方式이나 部品들이 應用될 수 있는데 초기에는 大容量 디바이스(device)를 利用한 電力變換, 制御 등의 극히 제한된 분야에 한정되었다. 그러나 電子技術과 이를 應用綜合하는 要素 技術들이 비약적인 발전을 거듭함에 따라 지금은 전기의 생산과정에서부터 수송, 소비에 이르기까지 전기환경의 모든 전자장치 응용기술을 포함하게 되었다.

최근의 전력전자기술 분야는 컴퓨터, 마이크로 프로세서, 정보통신 등을 이용해서 전력계통의 보호나 계측제어 시스템, 산업설비의 전원구동장치나 자동화 시스템 등에 폭 넓게 적용되고 있으며 점차 자동화 시스템 구축으로 발전되어 가는 추세에 있다.

여기서는 이러한 電力電子의 發達過程과 關聯 工學分野의 要素技術을 언급하며 현재 적용되고 있거나 예상되고 있는 電力 또는 産業分野에서의 技術動向을 소개한다.

## II. 電力電子技術의 개념

電力電子技術의 실질적인 출발점은 電力用 半導體素子の 開發로부터 찾을 수 있다. 종래 使用되어온 다이오드 技術을 바탕으로 한 PNP 접합素子が 1957年 G. E.社에서 SCR(silicon controlled rectifier)이란 상품명으로 등장하므로써 注目を 받기 시작한 이 電力用

半導體素子は 初期에는 使用電壓이 수백 볼트 電流容量이 수십 암페어 정도이었으나 電力用 半導體素子の 高速 小形 輕量등의 長點이 부각됨에 따라 그 定格이 점차 증대되어 왔으며 현재는 8 (KV), 1,500 (A) 정도의 SCR이 開發되었고 그 種類도 SSS(silicon symmetrical switch), TRIAC(triode AC switch) 등 다양하게 生産되었다. 그림 1은 SCR 용량의 증가 추세를 나타낸다. 또 새로운 電力用 半導體素子로서 自己消弧素子인 GTO(gate turn off), GTR(giant transistor) 등이 開發 實用化되고 있으며 最近에는 기존 電力用 半導體素子들의 난점인 switching 周波數 限界를 한층 發展시킨 FET(field effect transistor), SIT(static induction thyristor) 素子들과 高電壓 回路에 적용이 용이한 光 SCR素子들이 電力用 半導體素子로서 적용되고 있다. 이러한 電力用 半導體素子들의 눈부신 發展에 의해 종래 기계식 개폐기로서는 상상하기 어려운 裝置들의 開發이 가능하게 되었으며 특히 變換裝置

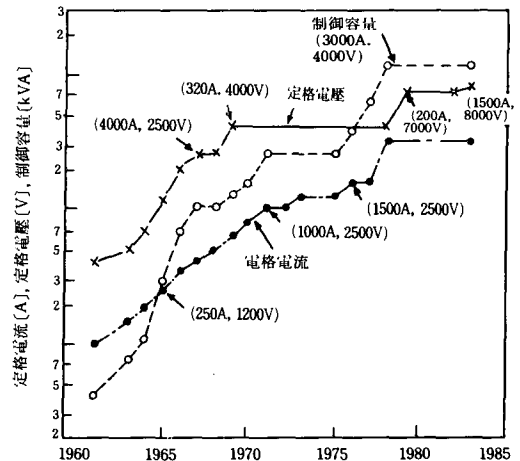


그림 1. SCR 용량 증가

기기류에 가장 활발히 적용이 되었다. 그림 2는 電力用 半導體 素子類의 적용주파수 범위를 나타낸다. I.C, 半導體, 컴퓨터技術 등이 급속히 진보함에 따라 電力用 半導體 素子를 制御하는 制御裝置가 소형, 고성능화 되었으며 이것이 電力用 半導體 素子를 응용한 裝置類의 확산을 더욱 加速化시켰으며 電力電子라는 分野가 형성되었다. 電力電子의 定義를 한마디로 하기는 어렵지만 美國의 Dr. Newell은 그 개념을 그림 3과 같이 說明하고 있다. 즉 電力, 電子, 制御分野의 集合인 技術로서 定義를 내리고 있다. 이와 같이 電力電子技術은 電氣에너지의 發生, 輸送으로부터 電氣에너지를 使用

하는 裝置類에 이르기까지, 좀더 넓게 본다면 電氣가 存在하는 技術分野에서 電氣技術과 電氣에너지를 처리하기 위한 要素技術인 電子, 制御, 通信등의 技術이 結合되어 目的을 달성하는 技術을 의미한다. 현대문명에서 電氣의 存在는 필수적이므로 電力電子技術의 응용대상은 그 잠재된 分野가 매우 크다고 하겠다.

電力電子技術 추세를 電力用 半導體 技術面에서 살펴보면 종래의 電力用 半導體 容量, 적용 周波數 등이 개량된 高周波用 電力用 半導體 素子가 開發되어 電力變換 技術이 한층 發展되었으며 점차 高周波 應用裝置의 성능향상 및 새로운 裝置들이 發表되고 있다.

制御裝置 技術面에서 살펴보면 마이크로 프로세서 應用技術, software 産業의 發展에 따라 全體 制御裝置對象을 system化시키는 方向으로 接近하고 있다. 이처럼 電力電子 要素技術들이 發展하고 따라서 電力電子 技術이 한층 高度化됨에 따라 初期에 주로 電力分野를 주요 目標로 하던 電力電子技術은 그 영역을 점차 他分野로 확산되고 있다. 이러한 電力電子技術은 産業分野에서 널리 응용되고 그 비중도 커지지만 電力電子技術에 의한 여러가지 問題點들로 나타나고 있다. 이 중 代表的인 것이 高調波 發生 問題로서 現在 여러가지 研究 및 그 대책이 검토되고 있다. 高調波는 電氣機器 뿐만 아니라 O.A기기류, 通信기기류에 영향을 주고 노이즈 發生 등의 問題를 야기시키며 電力電子技術을 응용한 機器類가 늘어날수록 더욱 심해지므로 高調波를 포함한 電氣의 환경문제에 급무 활발히 研究가 될 것으로 판단된다.

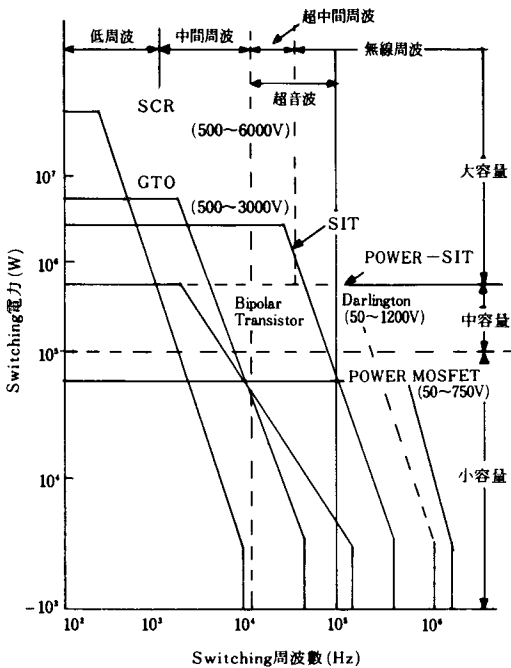


그림 2. 電力用 半導體 素子類의 適用範圍

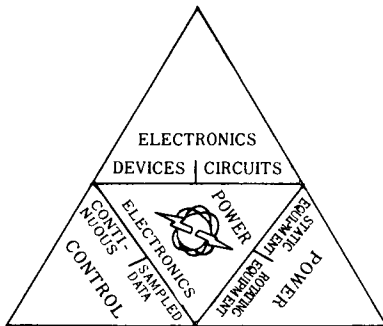


그림 3. 三大分野가 融合된 電力電子

### III. 電力電子의 要素技術

#### 1. 電氣技術 分野

電氣分野에서의 電力電子技術은 주로 變換技術이라고 할 정도로 變換技術은 중요한 位置를 點하고 있다. 電力用 半導體 素子 發達과 같이 진보되고 있는 變換技術은 電力電子技術의 核心을 이루고 있으며 그 형태가 매우 다양하기 때문에 應用범위를 명쾌히 나누어 說明하기는 곤란하다. 그러나 현재 電氣分野에서 확립되었거나 注目을 받고 있는 分野에 대해 나누어 본다면 크게 電動機 驅動 技術分野와 電源처리 技術分野로 언급할 수 있다.

電動機 驅動 技術分野는 變換技術中 많은 研究가 行해진 分野이며 여러 制御方式들이 알려져 있다. AC 電動機 驅動技術로서는 초보적인 驅動方式인 位相制御方式에서부터 인버터 驅動方式, 大容量 電動機에 적합한 사이클로 콘버터 驅動方式 등이 있으며 各 방식에 적

용되는 電力用 半導體 素子, 出力波形, 制御方式에 따라 여러가지 方式이 있다. DC 電動機 驅動技術도 電動機 인가전압을 可變시키는 方式에 따라 초퍼驅動方式 등으로 分類된다. 또 더욱 精밀하게 制御를 하기 위한 특수 電動機 驅動技術로서 AC, DC servo 電動機, BL (brush less) 電動機 驅動技術 등도 있다.

이러한 電動機 驅動技術은 制御技術 및 制御裝置의 성능향상에 따라 계속 개량되고 있으며 驅動裝置의 소형화, 고성능화를 추구하고 있다. 특히 制御裝置에 마이크로 프로세서 應用技術이 積極的으로 적용되므로서 複數 驅動裝置의 연계운전등 공정자동화의 기반구축 내지는 system化가 이루어지고 있다. 그림 4는 전력용 트랜지스터를 利用한 3相 誘導 電動機의 PWM (pulse width modulation)方式 驅動裝置의 回路圖를 나타낸다.

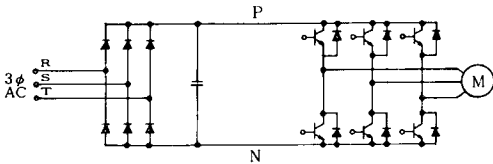


그림 4. 3相 誘導 電動機 PWM 驅動方式의 回路圖

전원처리기술을 응용한 裝置로서는 컴퓨터 電源裝置인 switching regulator, UPS (uninterruptable power supply), 電子式 安定器, 放電加工機用 電源裝置, 의료기기용 전원장치를 비롯하여 電力系統에 사용되는 SVC (static VAR compensator), HVDC (high voltage D.C transmission) 등이 있는데 電力系統 應用裝置類는 變換, switching 技術을 바탕으로 하고 있으나 그의 裝置類는 switching 技術이 주종을 이루고 있다.

Switching 技術은 小容量의 電源裝置에 적용되어 왔으나 高電壓, 大電流 容量의 高周波用 電力用 半導體 素子 開發과 回路技術의 향상에 의해 점차 大容量 電源裝置에 應用이 되고 있다. 특히 高壓 switching 電源技術의 특징은 고효율, 소형, 경량, 응답속도가 빠르다는 등의 이점이 있으므로 高壓를 使用하는 機器인 의료기기, 복사기, 靜電塗裝機, 半導體 製造裝置등 그 應用分野가 매우 넓으며 새로운 半導體 素子 開發, 제어회로의 IC化, 構成裝置의 표준화 등에 의해 低價格이 實現되는 경우 적용속도는 더욱 빨라질 것이다.

2. 電子技術 分野

일렉트로닉스라고 불리는 電子工學, 電子技術 또는 電子科學은 電氣工學 分野의 총괄적인 호칭으로서, 2차

세계대전 이후 그 응용기술의 범위가 급속히 확대되어 현재는 반도체, 컴퓨터, 통신기술 등으로 세분되어 가고 있다.

전력전자는 앞서서도 서술된 바와 같이 전력의 효율적인 運用과 使用를 위해 전자장치를 사용하게 되는데 이러한 전자장치는 전자공학 기술의 응용체이다.

이러한 전자공학 기술이 필요한 특징은 다음 몇가지로 요약된다.

○ 高速性

마이크로파 통신장치나 컴퓨터 등은 전자기술의 최고 수준의 완성체로서 대표할만 하다. 이는 情報의 處理나 傳送이 고속으로 수행되는 점이다. 최근의 슈퍼컴퓨터는 가감승 계산은 10억회/초로 실행할 수 있으며 1960년대의 50회/초의 연산속도에 비하면 계산이나 제어의 신속화에 기여한 바가 크다.

최신의 반도체 技術이 집적화 고속화 되고 있기 때문에 종래에는 실현 불가능한 감시제에 체계가 다양한 대상을 수용 가능하게 하여 신기능 창출이 계속되고 있으며 또한 시스템의 구성방식도 分散處理 시스템으로 발전해 가는 추세에 있기 때문에 장치구성의 효율화를 도모하고 있다.

○ 小形化

트랜지스터가 발명된 지 겨우 4년 후에 제안된 집적회로는 IC에서 MSI, LSI, VLSI로 발전하면서 高集積化, 大規模化가 가속적으로 진행되고 있으며 경쟁적으로 각종 전자 장치에 수용되고 있다. 결과적으로 반도체 집적기술로 인하여 초기의 전자장치는 점차 해를 거듭할 수록 소형화 저전력 소비형으로 개선되어 컴팩트화 되고 있다.

○ 高信賴性

전자장치의 사용목적 중에서 가장 비중이 되고 있는 것은 信賴性 保障이다.

전자부품 특히 能動部品은 진공관에서 트랜지스터로 특히 固體 電子化로 발전해서 수명이 반영구적으로 되고 평균고장 간격이 진공관에 비해 10배 이상 상승되었다. 따라서 오동작율도 10<sup>-6</sup>이하의 신뢰도를 보장하게 되었다.

특히 전자부품의 소형화 등으로 인해 용장성 구성이 가능하므로 시스템 전체의 고신뢰성 추구가 용이하다.

3. 制御技術 分野

制御技術은 그 응용범위가 매우 넓으므로 여기에서는 電力電子技術의 目標달성을 위한 要素技術로서 요구되는 制御技術에 대해 간단히 언급코져 한다. 初期에

주로 아나로그 技術로서 制御裝置들이 구성되어 왔으나 아나로그 方式에서 나타나고 있던 溫度의 영향, 制御시스템 변경, 조정 인터페이스 등의 問題해결을 디지털 技術에서 찾게 되었다.

디지털 技術의 진보에 따라 마이크로 프로세서의 一般化가 實現되자 기존 制御裝置의 소형화, 고성능화, 다기능화 등이 추진되었고 또 정보, 통신技術을 이용하여 여러개의 獨立的인 制御裝置들의 데이터링크를 통한 시스템화가 구성되게 되었다. 이와 같이 制御裝置에서 마이크로프로세서의 등장은 制御裝置 構成에 새로운 次元을 가져왔으며 I.C 技術이 發展됨에 따라 더욱 강력한 機能을 갖는 마이크로프로세서가 계속 레벨업 되고 따라서 制御裝置들의 시스템화 對象도 점차 커지게 되었다. 결국 制御裝置의 發展은 시스템화 技術로 接近되는데 그 주요 對象은 BAS (building automation system), 發變電, 送配電 등에 필요한 計裝設備 시스템 등을 들 수 있다. 이러한 制御 및 시스템技術은 소프트웨어가 주도가 되어 이끌어 가고 있는데 컴퓨터, 情報産業이 강력히 백업됨에 따라 發變電所 無人化 등도 검토되고 있는 실정이다. 특히 여러 裝置의 토탈(total) 制御를 위한 소프트웨어 處理方法으로서 中央集中型이 적용되었으나 裝置의 대형화에 따른 경제성 문제 해결, 각 단말裝置의 intelligent 機能 보유에 따른 고장범위 축소, 처리속도의 향상을 목적으로 한 分散制御技術이 要求된다. 이러한 分散制御技術의 요구는 計裝制御 分野에서 많이 應用되는데 그 배경을 살펴보면 다음과 같다.

初期의 計裝制御 시스템構成은 電子式 아나로그 制御시스템으로서 構成되다가 1950년대 末부터 開發된 監視制御(supervisory control) 시스템과 直接數値制御(direct digital control) 시스템을 시작으로 급격한 發展이 이루어졌다. 주로 中央集中式 컴퓨터가 모든 기능을 수행하였으며 신뢰성 확보를 위해서는 여분의 컴퓨터나 電子式 調節器 등이 필요하였다. 여기에서 아나로그 신호처리가 디지털 處理로 發展하였고 LSI를 사용한 컴퓨터 주변장치, 단말기, 데이터 링크 技術 등이 진보함으로써 分散制御시스템 탄생의 환경이 마련되었다. 이러한 分散制御 개념은 1980년대 들어 마이크로프로세서를 利用한 分散制御裝置로서 플랫폼制御 시스템 등에서 상당히 빠른 속도로 보급되고 있다.

分散制御裝置의 長點은 cabling 코스트 절감, 信賴性 향상, 信號의 精巧性, 運轉의 安定性 및 效率性, 制御 시스템의 縮小化 및 擴張性 등이다.

이와 같이 電力電子技術에서 요구하는 要素技術로서

制御技術은 制御裝置의 컴팩트化, 多機能化, 最適化, 시스템화로 接近하고 있으며 마이프로세서나 컴퓨터를 이용한 소프트웨어 處理技術에 많은 注力을 할 것으로 판단된다.

#### 4. 通信技術 分野

전력사용은 인간에게 유익한 에너지원이지만 사용환경은 항상 전자장치나 인간에게 危害한 要素를 갖게 한다. 따라서 전력설비의 감시제어는 원격에서 통신수단에 의존하게 된다. 이러한 전력환경에서의 통신수단은 電力裝置에서 발생하는 誘導問題 등으로 인해 신뢰성을 보장받기가 어렵게 된다.

현재 전력용 통신수단으로서 사용되고 있는 방식은 電力線 自體에 캐리어(carrier)를 실는 전력선 반송통신, 전력환경에서의 특수한 차폐능력을 갖는 전력용 증차케 케이블 반송통신, 중단거리 무선통신, 무유도성 광섬유 통신 등이다.

이중에서 최근 가장 각광을 받고 있는 전력용 통신매체로서 광섬유는 일반적인 電氣通信에서 이룰 수 없는 電力用 通信 수단으로서 대표할 만하므로 이러한 광통신 방식의 특징을 요약한다.

##### ○低損失 傳送

일반적으로 원방에 있는 신호를 전송하는 도중에 전송로에서는 감쇄된 신호를 원래의 레벨로 올리기 위해 일정한격의 中繼器(repeater)를 설치하는데 광섬유는 손실이 낮기 때문에 같은 조건에서 중계기가 적게 필요하며 대부분 10km 이내의 통신요구가 많은 전기환경 내의 통신수단으로서 잇점이 있다.

##### ○廣帶域 傳送

전기통신방식의 전송특성이 우수한 동축케이블의 경우 수 100MBps의 전송속도를 갖는데 비해 광섬유의 경우 수 100MBps의 데이터 전송이 가능하므로 넓은 대역을 필요로 하는 화상정보 등의 傳送에 이용될 수 있다.

##### ○細芯

광섬유는 직경이 125 $\mu$ m 정도로 아주 얇아 일반 도선보다 케이블의 多芯化가 용이하다. 이 때문에 기설관의 증가없이 한정된 스페이스에 보다 많은 정보증가에 대처할 수 있다.

##### ○電氣的 絶緣性

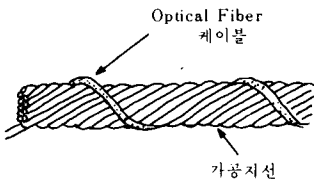
광섬유는 석영으로 만들기 때문에 絶緣特性이 우수하다. 유도되에 의한 기기의 손상등의 영향을 받지 않는다. 따라서 電力裝置의 어떠한 환경, 장소에 구애받지 않고 설치할 수 있다. 현재 전력소나 고압고전류를

사용하는 공장구내에서 전송매체로서 활발히 응용되고 있으며 또 設置方法도 기존 電力線과 함께 설치하는 복합가공 광케이블 등이 실용화 되고 있다.

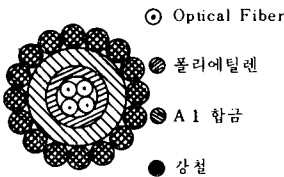
○ 디지털 통신

광섬유통신은 1954년 이래 광섬유 개발과 광원소자인 반도체 레이저의 등장에 따라 본격적인 실용화가 추진되어 왔다. 이것은 빛의 원형상태를 2가지 형태로 사용되기 때문에 “1”과 “0”로 표현되는 각종 디지털 정보처리 장치와의 호환성이 양호하다.

이것은 종래의 通信裝置가 모뎀 등의 부가장치가 필요없이 장치의 간략화가 용이하다.



(a) 권부형



(b) 복합형

그림 5. 복합가공 광섬유

5. 電氣環境 分野

전기설비에서의 전자장치의 신뢰성 보장을 위해서는 전기적 잡음의 발생원 색출과 근원적 제거대책이 필요하다. 특히 전기설비에서는 기기 자체의 접촉이나 放電에 의한 잡음과 과도적인 잡음이 있게 된다. 이것은 전기기기의 대용량성화와 電力用 半導體인 싸이리스터 소자의 活用에 따른 영향으로 전력공급 도체로 역과 급되거나 공간 방사되어 최근의 제어기기의 主種을 이루는 디지털 장치에 심각한 에러유발의 원인이 되고 있다.

이러한 현상은 전기에너지의 EMI(electro magnetic interference) 현상이라 하며 전기 사용의 오염체로 등장되고 있어 서로 상호 영향적인 대상들의 규제방안이 요구되고 있다.

따라서 EMI 현상제거 대책을 위해서는 전송경로에

서 억제하는 방법과 製品이나 기기 자신의 배제성을 높이는 설계방법이 연구되고 있다.

이러한 전력전자장치에 필요한 전기환경성 보존대책을 열거하면 다음과 같다.

○ 기기내부 전원방해방지

기기의 배제능력을 크게하고 安定化 電源을 사용하며 전원트랜스 계통의 정전 차폐대책과 잡음에 강한 차등 증폭회로의 이용이 필요하다.

○ 전원선의 필터채용

스위칭 소자, 개폐기, 모터 등 잡음 發生源의 차단필터와 비선형 소자인 바리스터나 유도코일의 방전관으로 하여금 임펄스서지 흡수를 유도한다.

○ 회로부품 및 연결

디지털 신호인 경우 광대역 스펙트럼을 포함함에 따라 예측 불가능한 잡음방사가 회로기판 사이에 일어나므로 기판 설계시나 단자기구 등에 필터나 차폐(shield) 또는 접지 대책을 필요로 한다.

IV. 電力電子技術의 現況

1. 産業設備 分野

産業設備에서 電力電子 應用分野는 매우 넓으며 계속 확대되고 있기 때문에 여기서 확실히 區分하기는 어렵지만 대략 一般 産業分野, 電力分野, 電源裝置分野, 新에너지 開發分野, 交通輸送分野 등으로 나누어 살펴볼 수 있으며 주로 電力變換技術 내지 switching 技術을 基本으로 하고 있다. 電力電子技術이 電氣分野에서 電子裝置 應用이란 應用技術 개념으로부터 出發하고 있으므로 모든 産業分野에 應用되고 있는 형편이고 最近 産業界 一部에서는 産業電子라는 用語가 使用되고 있는데 이는 産業設備에서 存在하는 電子應用技術을 重點으로 하는 의미로 해석될 수 있으며 廣義의 電力電子技術에 포함시켜도 무방하다고 볼 수 있다.

○ 電力變換技術

靜止形 電力變換裝置, 즉 定電壓 定周波 인버터 및 可變電壓 可變周波數 인버터 등은 종래의 回轉機器의 電源裝置에 대하여 無保守化, 低騒音化, 輕量化, 高効率化, 高精度化 등의 長點으로 인하여 半導體 電力變換裝置가 實用化되어 그 수요가 강력하였으나 價格문제 등으로 일부에서만 적용되어 왔다. 1965년경에 thyristor의 高速化에 따라 컴퓨터에 UPS, mill用 驅動電源 등이 應用되고 석유과등으로 인한 에너지절약 運轉을 目的으로 交流電動機의 速度制御用 인버터의 시장이 급격히 확대되었고 1970년대 후반부터 thyristor, 다이오드 등의 電力用 半導體素子에 따른 電力變換裝

置 技術은 성숙기에 접어들고 새로운 적용분야에 대해 高度의 機能을 갖는 裝置의 開發에 많은 노력을 기울이게 되었다. 이러한 技術의 全般의인 指向目標은 에너지節約, 資源節約, 省力化와 高度制御技術의 導入, 耐環境性 등이다.

電力變換裝置 技術에서 에너지節約을 달성하려면 變換裝置의 效率, 力率의 개선, 變換回路素子の 損失伯減, 負荷에너지의 電源으로의 回生, 始動, 制御時 損失減少 그리고 各 時點에서 負荷에서 실제로 필요로 하는 有效電力 공급을 可能하게 하는 制御方式 등이 필요로 한다. 電氣에너지의 有效한 輸送을 위한 無効電力과 高調波를 變換裝置로 補償하는 것도 고려되어야 한다. 資源節約의 측면에서 裝置의 輕量, 小形化를 實現하기 위한 高調波로서 變換動作을 行하고 部品數를 줄이기 위한 回路方式, 素子の 複合化, 大型화가 요구되고, 이러한 요구에 의한 여러가지 형태의 變換裝置類가 開發적용되고 있는데 그 應用分野를 보면 다음과 같다.

○一般 産業分野

電力應用 영역에는 交流機의 인버터에 의한 始動, 可變速驅動力이 폭 넓게 사용되고 있다. 交流電動機의 벡터제어 기술의 확립에 따라 直流驅動力이 사용되어 오던 分野에 交流驅動力方式 적용이 채택되고 있다. 産業用 robotics 등에 상징적으로 되어 있는 mechatronics의 영역에 servo系 利用도 확대되고 이의 制御電源으로서 비교적 소용량, 고속제어 특성을 갖는 變換裝置가 환영을 받고 있다. 各種 電源裝置에서도 더욱 에너지節約에 기여하는 형태의 것이 요구되고 있는데 집진기 등의 정전기 응용장치, 전자선 照射裝置 등 高周波, 大出力의 switching 電源의 응용범위도 확대되고 있다.

○電力分野

電力系統의 복잡화 負荷이용율 저감에 따라 有效하게 系統을 運用하기 위한 系統內의 無効電力潮流를 補償하는 裝置가 開發되었으며 系統內에 에너지 축적장치를 設置하는 것도 研究되고 있다. 前者는 負荷端에 負荷變動에 기인하는 電壓變動의 防止裝置를 利用하고 있다. 無効電力 補償裝置는 電源轉流式 變換裝置도 實現 可能하나 速應性을 증가시키기 위한 自動轉流方式도 바람직스럽다. 텔레비전 등의 家電製品과 工場에서 使用하는 機器로부터 發生하는 高調波 증가는 運用上의 問題가 되므로 이 規制가 논란이 되고 있는데 인버터를 利用하여 系統에 積極的으로 高調波 電流를 注入하여 高調波를 補償시키는 能動필터의 研究도 進行되고 있다. 이외에 현재 AC 送電容量의 증가를 目的으로

하는 DC 送電裝置, 기존 電力用 開閉器의 無接點化를 실현하기 위한 電力用 半導體 素子를 利用한 電力用 無接點 開閉器, 半導體 relay 技術등도 활발히 研究가 되고 있다. 그림 6은 DC 送電의 交直變換系統의 基本 回路이다.

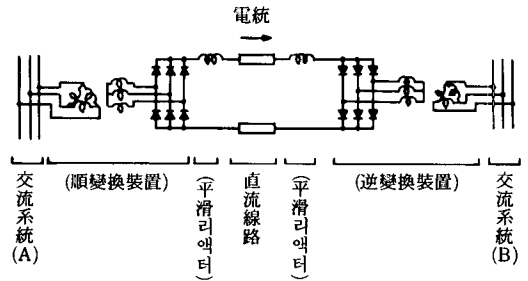


그림 6. 交直變換系統의 基本回路

○電源裝置 分野

情報通信 system의 普及에 따라 그 電源의 수요도 증가하고 있다. 특히 産業用 設備에서 요구하는 電源은 安定性, 信賴性이 요구되므로 電壓變動率, 周波數變動 등이 거의없는 高品質 電源이어야 한다. 이러한 요구에 따라 CVCF(constant voltage constant frequency), VPS, 高周波 switching 電源裝置등이 實用化되어 있다. 특히 switching 裝置類는 금속표면처리장치, 半導體 製造設備用 電源裝置로서 使用되며 新素材 開發分野의 電源裝置로서 많은 應用이 기대된다.

○新 에너지 開發分野

太陽, 風力등의 自然에너지 開發分野에는 發生電力이 直流인 경우가 大部分이다. 系統, 負荷에 接續時에는 電力變換裝置가 필요하게 된다. 發生에너지 量은 氣象條件에 따라 變動이 심하고, 發生 絶대량이 小量이며 低電壓 大電流形의 電源이므로 變換裝置에서는 高度의 制御性이 요구된다. 또 低損失이면서 高速으로 動作하는 回路素子가 적합하다. 核融合爐에서 磁界發生이나 에너지注入을 위해 電源도 大容量의 펄스電源으로서 動作하는 變換裝置群을 필요로 한다. 系統으로부터 공급되는 電力變動이 系統에 影響을 주지않도록 고려하여 構成되어야 한다.

○交通 輸送分野

電氣를 에너지源으로 하는 새로운 交通機關은 低速 分野에서는 電氣自動車 등 新交通시스템으로서 自動車 交通을 대체하는 目的으로 高速分野에서는 高速, 超高速 浮上式鐵道로서 般空輸送을 대체하려는 目的으로 세

계적으로 開發이 추진되고 있다. 에너지의 有効利用을 目標로 한 운전제어에서는 電力變換裝置가 필수불가결이다. 높은 신뢰성을 갖고, 차량의 경량화, 고성능 交流驅動方式 實用化는 地下鐵 交通으로부터 長距離 列車에 이르기까지 광범위하게 영향을 주고 있다. 直流電鐵, 電氣自動車에는 直流 制御裝置의 利用이 활발하다. 磁氣浮上式 鐵道에는 非接觸 推進을 實現하기 위해서는 交流驅動이 불가결이고 이의 開發에 있어서는 大容量으로 多様な 形式의 電力變換裝置가 要求되어 진다.

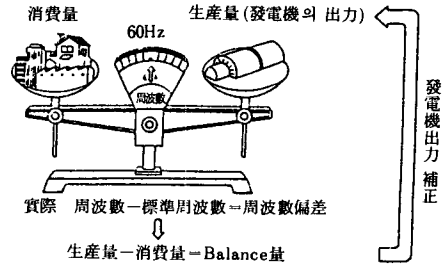


그림 7. 周波數 制御方法

2. 電力産業 分野

근간 社會가 高度化되어 각종 전기에너지 이용기기의 사용이 많아짐에 따라 電力系統을 잘 관리하여 良質의 電氣를 供給하는 것이 電力産業에서의 큰 과제로 되어 있다.

周波數나 電壓의 變動이 적고 停電이 없는 良質의 電氣를 供給하려면 電力系統의 周波數나, 電壓, 信賴度를 適正하게 유지해야만 하므로 發電, 送變電 配電設備등에 效率의이고 信賴性이 높은 최신 制御技術이나 保護 및 計測技術들이 활발히 적용되고 있다.

특히 전력계통은 그 설비들이 광범위하게 分散되어 있고 系統等級이나 技能에 따라 適正한 階層制御시스템을 지향하고 있기 때문에 互換성이나 장래 확장성등이 좋은 디지털 컴퓨터를 중심으로 한 원방감시제어 시스템의 채택과 이러한 시스템에 필요로 하는 통신기술이 매우 중요하다.

따라서 이러한 電力系統에서의 主要 電子應用技術의 총체이며 綜合制御機能을 갖는 電力系統制御 시스템과 이런 시스템들이 원격에 위치한 장치들과 통신을 위한 情報傳送시스템, 그리고 系統別 設備의 計測制御와 保護를 위한 시스템들의 현황과 동향에 대해서 고찰한다.

(1) 電力系統 制御시스템

電力系統의 制御 要素는 周波數와 電壓 그리고 事故豫防이나 復舊를 위한 信賴度 制御로 분류된다.

이러한 制御要素가 의미하고 있는 裝置나 性分을 살펴보면 다음과 같다.

○周波數制御

電力系統에서 운전되고 있는 發電機나 同期電動機는 全體의으로 일정한 리듬을 가지고 회전하고 있다. 이것을 동기회전이라하며 주파수를 결정하게 되는데 이러한 주파수를 제어하기 위해서는 系統의 有效電力을 監視制御할 필요가 있다(그림7).

○電壓制御

直流回路과 달리 交流回路에서는 變壓器의 タップ을 測定하므로써 電壓을 變壓시킬 수도 있으나 불연속조정, 조정범위의 제한등으로 인해 한정적으로 사용된다. 실제로 電力系統에서는 유도성 부하등에 의해 발생된 무효전력이 전력계통 전압변동에 큰 영향을 미치므로 각 계통마다 역할을 분담해서 전력용콘덴서, reactor 등을 제어하여 무효전력을 조정한다. 이것을 無效電力制御에 의한 電壓測定方法이라 한다(그림8).

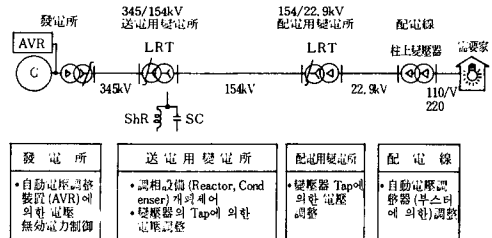


그림 8. 電力系統의 電壓制御

○信賴度制御

電力系統의 送電線이나 배전선등은 자연환경하에 놓여 있다. 눈이나 태풍낙뢰에 따른 자연계의 영향을 받는 것이 많다. 또 전력계통을 구성하는 발전기등의 전력설비도 고장을 일으킬 수 있다. 이러한 요인에 의한 전력계통의 停電現象을 극소화하기 위해서는 각 양의 제어나 보호가 필요하다. 이를 信賴度制御라고 하며 주요 계통설비별로 보호계전시스템의 설치되어 고장파급을 방지하고 전진구간 송전을 계속하기 위한 개폐기 제어등이 포함된다(그림9).

○電力系統 制御形態

이러한 전력계통의 制御對象 設備는 지역적으로 분산되어 있어서 機能이나 系統別로 그 역할을 分擔시켜 分散制御 概念을 갖는 階層制御 構造로 電力系統을 全般

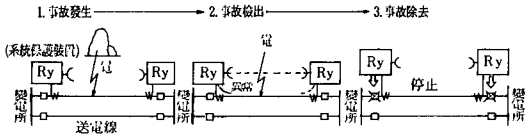


그림 9. 전력계통의 신뢰도 제어 예

의으로 制御하게 된다. 그림10은 電力系統의 階層制御를 보인 例이다.

여기서 각 시스템은 情報處理의 速度나 量에서 효율적인 計算機 制御方式이 도입되고 있다.

○ 제어용 계산기시스템

계층구성된 급전소등에는 그림11과 같은 디지털 계산기로 시스템이 설치되는데 하드웨어 장치의 구성이 2중화 되어 있고 계통 운전원과의 對話裝置로서 人間機械 連絡裝置 (man machine interface)가 필수적이다.

이러한 계산기시스템이 처리할 수 있는 기능은 아래와 같다.

- 자동감시, 표시기능
- 論理判斷機能
- 自動制御機能
- 情報處理 및 交換機能

監視制御 對象에 있어서도 지금까지는 다수 직접제어 방식인 集中制御方式이 주로 추진되어 왔으나 국소적인 전력설비들의 보호제어나 계층방법이 점차 디지털화 되어가고 있어서 증가되는 정보의 처리능력에 한계

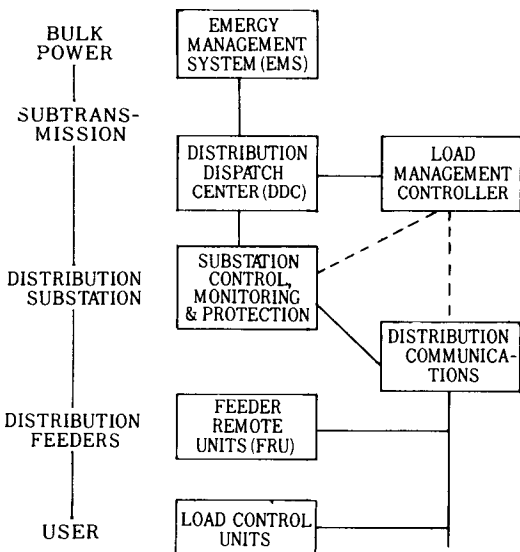


그림10. 電力系統의 階層 制御 形態

표 1. 계층 전력제어 시스템별 기능분담

계층제어소	시스템과 설치장소	기능	비고
중앙급전지령소	총괄지령센터 (EMS)	○수급운용 (각발전력의 수급조정) ○전계통의 계통운영 (주파수, 전압, 조류 감시제어)	○기간초고압계통 ○발전전소 출력 조정과 조성설비 제어
계통급전소	주요계통분할 특수계소	○관할지역 계통운영 ○관할수력계 수급운용	○계통규모가 큰 지역에서 일부계통 분리 운영
지역급전소	지방을 몇개 계통으로 분할 (DDC, SCADA)	○관할변전소의 직접 감시제어 ○관할계통의 부하수급 운용	○부하계 중변전계 ○전압과 신뢰도 제어
지사 및 지점	지역의 배전계통 관할계소 (ADS)	○배전계통 설비의 운영보수	○배전계통 개폐기 감시제어 ○부하관리

註) EMS : Energy Management System  
DDC : Distribution Dispatch Center  
ADS : Automated Distribution System

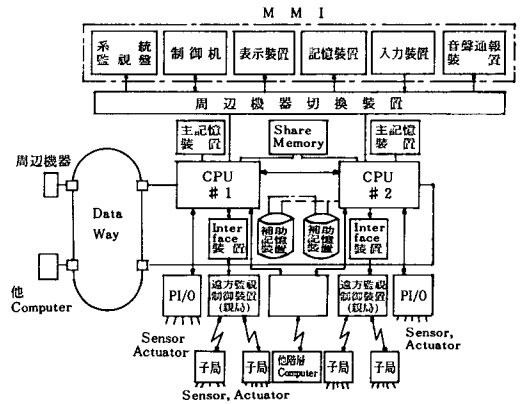


그림11. 디지털 계산기 제어시스템 구성 예

가 있게 된다. 따라서 장차 마이크로프로세서를 적극 응용한 電力主要設備의 個別制御機能을 채택해서 원격 집중제어시스템과는 필요 정보만의 교환전송을 행해 電力系統의 運用의 省力化와 綜合 自動化를 도모하고 있다.

(2) 電力情報 傳送시스템

電力系統은 各 階層시스템간이나 電力設備內에 설치되는 구동장치나 계층선서용 단말기 사이의 情報傳送 시스템이 필요하게 된다.



특히 이러한 情報傳送시스템은 거대한 전력계통에서 神經界역활을 담당하고 있어 시스템 전체의 신뢰성 보장에 큰 영향을 미치므로 발달된 각종 통신기술의 응용이 활발하다.

○制御시스템과 情報傳送網

電力系統에 의한 情報傳送은 각부, 각 계층의 정보를 제어시스템으로 전달하는 역활로서 network화 된 것을 정보전송망이라 하고 정보네트웍을 통신로라고 하는 버스로 연결될 때 버스의 집합체를 傳送路라 한다. 이것을 총칭해서 정보전송 시스템이라 하며 전력계통에서의 정보전송 시스템과 제어시스템과의 관계를 표2에 보였다.

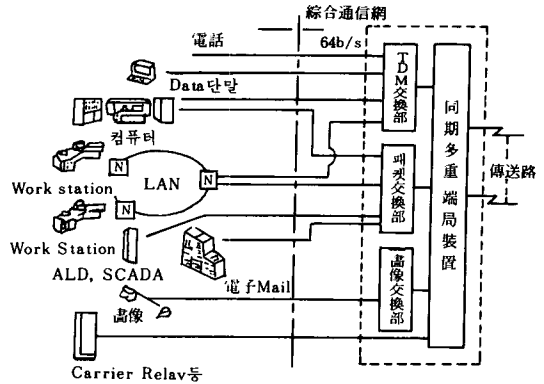


그림12. 豫想되는 電力綜合通信網의 形態

표 2. 제어와 정보전송 시스템과의 관계

제어방법		인간에 의한 제어	데이터에 의한 자동제어
제어의 목적			
주파수 제어		<ul style="list-style-type: none"> <li>• 급전용 일제지령전화망</li> <li>• 이동무선전화망</li> <li>• 급전용 팩시밀리망</li> <li>• 기상정보망</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 주파수 제어장치, 경제급전 제어전송망</li> <li>• 자동무효전력제어전송망</li> </ul>
전압제어			
신뢰도 제어	예방제어	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 급전용 정보전송망</li> <li>• 발변전소 원방감시 제어전송망</li> <li>• 계통보호 전송망</li> </ul>	
	진급제어 복구제어		

○情報傳送方式

전화기나 텔레미터등의 단말기등에 다양한 정보를 다량으로 고속전송하기 위해서는 多重化方式을 채택하여야 한다. 多重化방식으로는 周波數分割 多重化(FDM)과 時分割 多重化方式이 주로 사용되고 있으며 주로 전력계통에서 채택되는 多重化方式은 FDM에서는 4KHz(CH), 48KHz(G), 240KHz(SG)의 주파수 대역폭이 대표적이고 TDM에서는 64K/S나 1.5, 6.32 MB/S의 전송속도가 표준이다. 또 개개의 정보전송망들은 多重化를 반복해서 6.5GHz나 7.5GHz등의 무선 주파수 또는 0.8이나 1.3μm의 광으로서 대기중이나 광섬유대로 송출한다.

이러한 電力情報通信方式은 그림 12 아날로그 전송방식과 디지털 전송방식이 겸용되고 있으나 전력계통의 제어나 보호시스템들이 디지털화 되어가고 있는 추세이며 또 전력용 업무단말기들이 자동화로 진행됨에 따라 電力用的 사실 전용통신망이 일반공중망의 추세와 같이 디지털 종합 통신망으로 추진되고 있다.

(3) 電力系統의 保護繼電과 計測시스템

전력계통에서는 예측할 수 없는 설비사고 등의 긴급

계통변화에 대처하기 위한 수단으로 보호계전기(relay)가 設置되어 있다. 그러나 電力系統의 대규모화, 대전력 장거리 송전의 필요성, 초고압케이블 계통의 설치증가 추세로 기존의 방법으로는 장치의 복잡하나 신뢰성 보장의 어려움이 있게 된다.

따라서 이러한 문제를 해결하기 위해서는 디지털 기술을 적용한 전자장치의 채택이 필수적이다.

○디지털 계전시스템

디지털기술은 종래의 아날로그 입력신호에 의해 판단 처리되던 電力系統의 계전개념을 샘플링에 의해 디지털 연산처리하므로써 電力系統의 보호에 필요한 전류, 전압신호의 신호치, 복소임피던스, 電力周波數 등을 구하여 사고계통의 선택차단, 계통제어지령등을 행하는데 있어 신뢰도를 높일 수 있다.

특히 마이크로프로세서에 의한 시스템 구현으로 종래의 보호시스템보다 데이터기록, 시분할다중처리, 데이터공용등의 기능을 용이하게 할 수 있어 새로운 기능의 창출이나 디지털 장치의 통합화 광역 계통보호 시스템으로 發展시킬 수 있다.

또한 給電制御를 위한 電力系統의 원방감시제어시스템의 원격소단말로서의 기능분담과 국소적인 개별제어 기능을 디지털화 하므로써 電力系統의 종합자동화 시스템을 구현할 수 있다(표3).

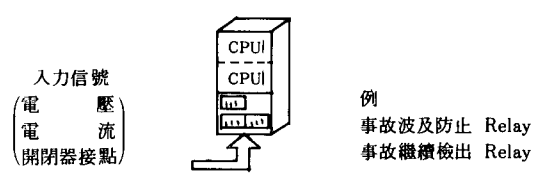
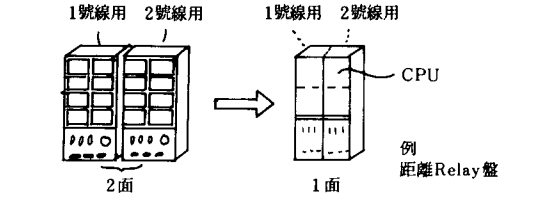
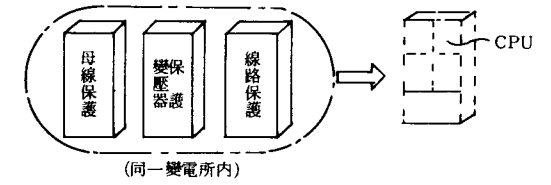
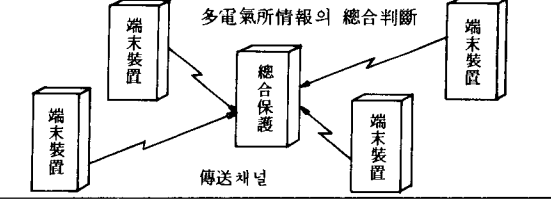
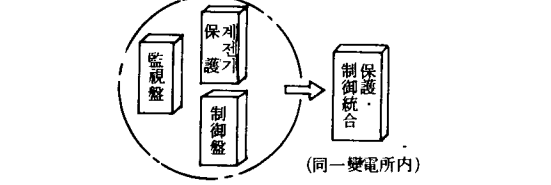
○光計測制御시스템

광기술은 저손실전송과 電氣絶緣性, 무유도성 안전방폭성, 경량성등의 특징이 있기 때문에, 전기환경에서 광범위하게 실용화가 추후되고 있다.

이미 電力用 情報通信으로서 국내에서도 기간전송망에 점차 도입 설치되고 있는 추세이다.

전력용 보호제어 시스템들이 점차 디지털화 되어가고

표 3. 디지털 보호계전 시스템의 적용형태

No.	適用形態	特 徵	構 成 概 要
1	新機能創出	新分野對應 高性能化	<p>入力信號 (電壓, 電流, 開閉器接點)</p>  <p>例 事故波及防止 Relay 事故繼續檢出 Relay</p>
2	裝置統合化 同種裝置의 統合	高性能化 保守的省力化 小形化 高信頼度化	<p>1號線用 2號線用</p>  <p>例 距離Relay盤</p>
	異種裝置의 統合		 <p>(同一變電所內)</p>
3	廣域系統保護系統	高性能化 新機能付加 制御的質的向上	<p>多電氣所情報の 總合判斷</p>  <p>傳送채널</p>
4	變電所全 디지털保護·制御系統	전체기능의 자동화 追 求	 <p>(同一變電所內)</p>

CPU : 演算處理部

있는 추세는 電力用 情報傳送 뿐만 아니라 계측센서 단말의 직접적인 디지털 정보계측에도 우수한 광기술의 적용이 가능하다는 점에서 電氣的 絶緣이나 저소비 전력계측센서를 구상하는 광 PT, CT등의 實用化가 연구진행중이다.

이러한 광계측용 시스템들의 주변기술이 광전자기술의 발달로 발광, 수광소자나 광섬유등이 실용성 있게 開發되고 있는 추세이나 이를 이용한 계측제어 시스템은 일부 온도특성이나 경제성을 이유로 實用化가 지연되고 있다.

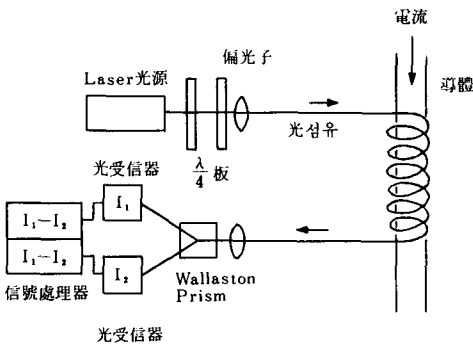
그러나 전기의 대용량 공급등의 추세로 인한 기존 방식들의 한계성을 해결기 위한 광계측제어 시스템들이 활발히 연구되고 있다.

○ 光應用計測 센서

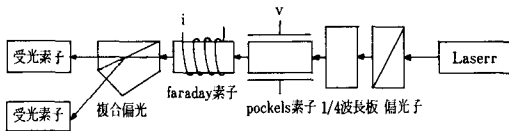
음압, 온도, 자계, 각속도 등의 물리량을 순광학적으로 계측하는 광섬유는 電力系統, 각종 공업플랜트, 산업용 로봇, 군용기기, 의용기기, 항공기등 높은 신뢰성과 安全性이 요구되는 計測制御 센서로서의 활용이 기대하고 있는 광응용센서는 광섬유내를 전파하는 광의 속성(강도, 위상 편광주파수등)이 피측정 물리량에 의

해 변조되는 것을 이용하는 것으로 다음의 2 가지 방식으로 대별된다.

광섬유 자신의 傳送特性이 피측정 물리량에 따라 변화를 받아 광섬유 자신이 센서기능을 갖는 방식과 광섬유 이외의 재료 또는 광학적 기구의 광센서로 강도변조된 신호를 광섬유 전송로로 이용하는 방식 등이 있으나 전자의 방식은 안정성에서 우수하지만 후자의 방식이 고감도이기 때문에 후자의 방향으로 研究가 진행되고 있다.



(a) 광섬유 應用電流센서 構成圖



(b) 광학기구를 이용한 전류전압 센서구성도

그림 13. 電力用 光計測센서

○ 電力用 光計測시스템

電力設備에 사용되는 전자장치는 고절연성이나 高電壓하의 영향에서 신뢰도를 유지하여야 하며 또한 電力機器 내부등의 협소한 장소에서 이용되어야 한다.

일부 外國에서 활용된 사례를 보면 變電所의 가스절연 개폐기의 가스압력이나 부분방전, 지락점 검출등에 BSO나 BGO 소자를 이용한 光直接 變換 計測과 각종 옥외형 대형 CT, PT를 광센서화된 광 CT, PT화 시킨 예가 있다.

또한 送電設備 사고표정등을 위해서 雷관측과 과형 분석에 광센서 및 광파이버 정보전송 시스템을 사용하여 실용화 시험을 진행중에 있다.

이러한 電力用 光計測 시스템은 전력설비의 전압, 전류뿐만 아니라 온도, 풍속, 유량 등의 측정에도 점차 研究 실용화가 확장되고 있다(그림14).

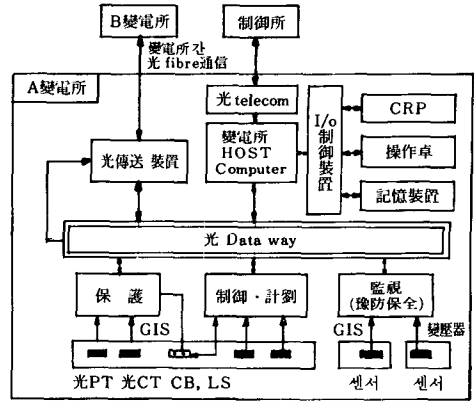


그림 14. Optoelectronics 變電所 시스템 例

V. 結 論

電力電子技術은 電力用 半導體素子를 利用한 電力의 變換에서 출발하였으며 그 應用分野는 急激히 發展하여 着實히 成長되고 있으며 계속 새로운 應用分野가 開拓되리라 생각된다. 특히 大學 또는 學會 등에서 이 分野에 對한 關心이 더욱 커지고 있음은 매우 鼓舞的인 일이다.

最近 半導體素子 電動機驅動, 變換器制御, 回路解析, HVDC, 力率改善, 高調波抑制등에 對한 論文과 이를 利用한 電力機器, 制御機器, 自動化 機器 등의 新製品이 많이 나오고 있음은 이를 立證해주고 있다. 현시점에서 앞으로 이 分野의 촉진을 위해서는

- 高電壓, 高速 半導體素子의 性能向上과 價格의 低廉化
- 可變速 驅動技術의 發展
- 電力의 効率的 運轉과 制御
- 高調波等 環境對策技術
- 에너지 節約技術
- 마이크로-프로세서의 應用 等

이 分野에 對한 技術發展이 더욱 要望되고 있다.

參 考 文 獻

[1] 甲木 莞爾 외 다수 “電力節減のための ハワエレクトロニクス 應用技術” 電氣書院  
 [2] 地福順人 외 다수 “電力變換裝置における 自己消弧形素子應用的技術動向” 電氣學會 技術報告 (II 部) 第 162 號  
 [3] 衣笠弘德 외 다수 “最先端의 電源機器” 技術調查會  
 [4] J. Zyboriski et al, “Thyristor Circuit

- Breaker Over Current Protection of Industrial D.C Power Installation” Int. Electr. Eng. Proc. Power vol.123, no. 7, pp.685-688, 1976.
- [5] David Finney, “The Power Thyristor and its Application.”
- [6] D.J. DAMSKER “Control Data Network for Power and Industrial Plants,” IEEE Tutorial course, 1986.
- [7] J.B. Bunch, “Reliability Consideration for Distribution Automation Equipment,” IEEE PAS 101, 1983.
- [8] 藤本純 “電力系統のテ”ィジタル制御保護” 電氣書院 1986. 12.
- [9] 野田權祐 “電力系統の制御” 電氣書院, 1986. 12.
- [10] 田村康男外 “發變電所 計算機制御” 제35권 1호 1976. 6月.
- [11] 原田則雄外, “테”ィジタル솔러” 제41권 4호 1986. 1. \*

♣ 用語解説 ♣

**光 分波器(Optical Multiplexer and Demultiplexer)**

파장이 다른 복수의 광선을 한가닥 섬유에 입력하는 것이 합波器이며, 반대로 파장이 다른 광선으로 분리하는 것이 分波器인데, 같은 것을 분파와 합파에 쓰는 것이 있어 양자를 총칭해서 光 分波器라 부른다.

**Contour Analysis(등고분석)**

광학 문자인식(OCR)에서 빛의 이동을 추적하여 문자의 윤곽을 판독하는 기법. 표준화 되지 않은 입력인 필기체의 문자를 판별하는데 사용되며, 입력된 문자가 어떤 것인지는 라이브러리에 준비된 완전한 문자들과 비교해서 알 수 있다.

**Crash(붕괴)**

시스템을 작동 못하게 하거나, 순환계 내에서 벗어나지 못하게 하거나, 봉쇄되게 하는 사건으로서 주로 하드웨어의 고장이나 소프트웨어의 잘못으로 일어난다. 예를 들면, 디스크 시스템에서는 헤드의 파손은 입출력 헤드가 디스크 표면상에서 돌발적인 충격을 일으킬 때 생겨나는데, 각 주변 기기마다 고유의 붕괴형태가 존재한다.

**Criterion(기준)**

검사, 비교 또는 판단의 근거가 되는 값, 즉 상태가 양 혹은 음, 참 혹은 거짓인지를 결정하는데 쓰이며, 컴퓨터나 인간이 의사결정을 위한 법칙이나 검사를 행하는 데도 쓰인다.

**Data Signalling Rate(자료 신호율)**

신호 구성요소의 하나 혹은 그 이상의 비트는 송수신되는 속도를 결정하기 위하여 통신에서 사용된다. 자료 신호율은 초당 비트의 수(bps) 혹은 (baud)로 나타내는 것이 일반적이다.

**Dead Time(무효시간)**

① 혼란을 초래하는 중복을 피하기 위해 혹은 특별히 다른 사건을 허용하기 위해 연관된 2개 행위 사이의 고의적으로 넣은 한정된 지연, ② 시간의 단위로 측정되는 2개의 연관된 행위 사이의 효율적 연구를 위한 지연

**Demount(디마운트)**

테이프 장치나 디스크 등의 데이터 저장 매체를 구동기로 부터 꺼내어 시스템에 연결되지 않은 상태로 만드는 것.