

# 電力分野의 制御 保護에 대한 Fiber Optics의 適用과 동향

임 주일\* · 유 명호\*\* · 한 민구\*\*\*

(\*한국전력기술연구원 계통연구실장)

(\*\*한국전력기술연구원 선임연구원)

(\*\*\*서울대 공대 전기공학과 조교수)

## 차 례

1. 서 론
2. 電力分野에의 導入背景
3. 광섬유 기술현황
4. 電力分野에 適用時의 考慮事項
5. 電力分野에서의 Fiber Optics 적용 예
6. 結 語

## 1. 序 論

근래 電力系統은 점점 巨大化, 複雜化하는 한편 운영 면에서는 급속한 自動化가 진행되고 있다.

이에 따른 전력계통의 監視制御 및 保護에 필요한 정보량은 비약적으로 증대하고 있어 종래의 정보전송 시스템만으로는 대처하기 곤란한 경우가 많이 있다. 또한 直通送電이나 앞으로 계획될 次期超高壓 送전시스템에 대한 차단기, PT, CT 등과 制御, 保護계통간의 절연에 대해서도 검토가 이루어져야 할 필요가 있다. 이와같은 배경을 기초로 고속 대용량의 情報傳送이 가능하고 또 絶緣性이 완벽한 Fiber optics 가 급속하게 전력계통분야에 계속 도입되어지고 있다.

본고는 최근 급성장하고 있는 光纖維技術을 電力分野의 여러가지 制御 및 保護에 適用가능한 측면을 살펴보고 특히 實用化되고 있는 Digital Relay 와 변전소 주변 기기에서의 관련이용분야를 기술한 것이다.

## 2. 전력분야에의 도입背景

광섬유의 특징으로는

- (i) 전송대역이 넓기 때문에 고속으로 大容量의 정보전송이 가능하고 장래에 확장성이 높다.
- (ii) 無誘導 때문에 Surge, Noise 등의 영향을 받지 않고 신뢰성 높은 전송로가 실현된다.
- (iii) 광섬유는 본질적으로 高絶緣 高耐壓性이기 때문에 고전압부와의 信號送受信에 적합하다.
- (iv) 가볍고 작기 때문에 전송로가 간소화 된다.
- (v) 저손실 광섬유의 출현에 의해 長距離 전송이 가능하다.
- (vi) 신호량이 전기량이 아닌 광으로서 스파크나 폭발의 위험이 없다.
- (vii) 유리재료의 資源이 풍부할뿐 아니라 고열과 화학적 특성이 강하다.

등으로 열거할 수 있으며 특히 保護繼電器가 Digital 화될때 또는 전압, 전류 등 계측장치가 광 C.T P.T로 개발되어 시스템을 이룰때 변환기가 생략되어 Cost 절감을 이룰 수 있고 신호 감쇄 및 noise 를 줄일 수 있다. 광섬유를 전력 분야에 적용하는데는 빛의 고속 대용량성을 이용한 정보전송에의 응용과 빛의 절연성을 이용

한 고전압 기기에의 응용으로 나눌수 있다.

현재의 전력용 통신시스템을 마이크로파 회선, 電力線 搬送回線, 통신케이블등을 조합, 구성하여 고신뢰성의 전력시스템 維持에 힘쓰고 있다.

그러나 마이크로파 회선은 대도시나 그 근교에서는 고층건조물에 의한 전파통로 장애와 전체 송전선로 회선에 대한 마이크로파 設備費의 과다때문에 사용이 한정 되는 경우가 많다.

또한 통신케이블 방식도 전력용케이블의 地中布設로 인해 유도장애를 많이 받아 잠음과 내압의 문제가 발생한다. 이 대책으로서 동축케이블에 엄격한 설드를 실시하면 되지만 많은 설비비와 대규모 공사로 되는 결점이 있다.

또한 전력계통의 대용량화 고전압화에 따른 전력기와 제어 보호계통을 접속하는데 종래의 방식에서는 절연설계나 안정성확보 때문에 설비가 대형화되거나 생산 자체가 어려웠다.

그 때문에 경량소형(輕量小形)으로 절연성, 無誘導性이 뛰어난 광섬유응용으로 전류, 전압센스 즉 광 CT, 광 PT 의 개발이 시도되고 있다. 이것은 고전압전위점에 있어서 전기, 자기 광학효과를 이용하여 고전위점과 비접촉의 상태에서 정보를 검출하는 것이다.

또 직류송전에 의한 싸리스터 밸브에 있어서도 고내압화, 소형화, 고신뢰도화를 위한 光直接點弧 싸리스터 밸브의 개발이 급속도로 진행되어 지고 있다. 더욱이 운전상태의 發電機, 變壓器, GIS 등의 대형전력기기의 내부온도나 振動의 원격측정에는 이들 광섬유 응용센스의 도입이 가장적합하여 가까운 장래, 이것들을 이용한 전력기기의 이상진단, 품질관리, 설계 최적화등이 이루어 질 것이다.

### 3. 광섬유 技術현황

70년대부터 급속하게 발전해 온 광섬유 전송을 주제로 하는 광섬유 기술은 80년대 실용화 시기에 들어와서 部品裝置도 시스템 수준으로 제품의 표준화가 진행되어 왔다. 여기에서는 실용단계에 이른 기본적인 광섬유와 센서 및 광파변조에 대해서 간략히 알아본다.

#### 3.1 Optical Fibers

가. 발달 경로

1954년 John Tyndal이 자유낙하하는 물줄기 속에서 빛이 빠져 나가지 않고 진행되는 “내부반사 원리”를 증명했었던 것이 광섬유의 시발점으로 볼 수 있다.

그 후 별다른 진전이 없다가 20세기초 광섬유는 출현했지만, 손실이 무려 1000 dB/km에 달하여 장거리 사용은 전혀 불가능하였다.

그러나, 1960년부터 Laser 의 출현으로 통신시그널을 전달할 수 있는 / 광유도매체의 필요성 증대와 함께 66년에 광섬유의 손실메카니즘이 불순물 성분배에 의한다는 결론에 이르러 광섬유의 감쇄계수를 20dB/km 이하로 낮추게 되었고, 이어 각국에서 연구를 거듭한 결과 최근 광섬유 손실을 0.2dB/km까지 줄일 수 있게 되었다.

나. 광섬유 전송로

광섬유는 Core라고 불리는 섬유 중심부분과 Cladding 이라고 불리는 바깥층, 그리고 외부 피복으로 구성되는데 빛의 전송은 중앙부분인 코아에서만 제한되는 일종의 도파관이다.

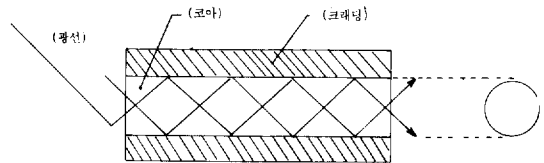


그림 1. 光纖維 構造圖

코아는 굴절율이 크래딩에 비해 커서 그 경계면에서 광을 전반사시켜 코아 부분에 가두어 傳送시키게 되며 보통 코아의 직경은 수  $\mu\text{m}$ 에서 수십  $\mu\text{m}$  이고 외측 크래딩부의 直徑은 100-200 $\mu\text{m}$  정도이다.

#### 1) Step Index Fibers (계단형 굴절율 광섬유)

이 광섬유는 코아의 굴절율이 일정하기 때문에 코아로 입사한 광은 코아와 크래딩의 도달하기까지 直進하게 된다. 그 빛은 경계면에서 반사되어 아래쪽 경계면으로 다시 직진하면서 진행하여 신호를 전달하게 되는 것이다.

다양한 형태의 재질로 제작될 수 있는데다가 코아의 직경이 50 $\mu\text{m}$ 에서 1000 $\mu\text{m}$ 까지 만들 수 있는 장점이 있지만 한가지 단점은 밴드폭이 제한되는 것인데 이것은 여러각도로 입사한 빛이 각각의 경로차에 따라 전달 시간차가 생기고, 따라서 전달신호가 歪曲되는 원인과 광원의 noncoherent 한 성질 때문에 발생하는 속도차에 의해 신호가 왜곡되는 원인 때문이다. 이와 같은 단점으로 Step Index Fibers 는 짧은 거리에서 또는 저속시스

템에서 사용하게 된다. 그러나 큰 장점은 입력각이 크기 때문에 광원과 커넥터의 價格이 비싸지 않다는 점이다.

2) Graded Index Fibers (언덕형 굴절율 광섬유)

Step Index Fibers의 단점을 보완하기 위해 개발된 광섬유로 코어가 실리카층으로 되어 있으며 굴절율이 점차적으로 변하는 특성을 갖고 있다. 이것은 광빔의 방향을 점진적으로 변화시키므로 여러각도에서의 입사광을 집속하여 효과적으로 밴드폭을 증가시킬 수 있다.

Graded Index Fibers는 비교적 장거리와 고속시스템 전송에 적합하고 현재까지 tele-communication에 월등이 사용되고 있다.

3) Single Mode Fibers

Graded Index Fibers의 주된 問題點의 하나가 빛이 광섬유의 시작에서 끝까지 진행하는 동안 빛의 여러가지 서로 다른 과장으로 인한 시간차 때문에 Pulse가 확산하는 것이다. 이 문제를 경감시키기 위하여 코어를 매우 작게 해서 하나의 모드만을 전할 수 있게하는 광섬유가 개발되게 되었다. 이것은 대역폭이 아주 작지만 매우 많은 양의 Data를 보낼 수 있는 光纖維이다.

Single Mode Fiber는 코어가 매우 작으므로 접속이 어려운 단점이 있고 또 가격면에서 좀 불리한 레이저 다이오드를 써야 한다는 것이다.

3.2 Optical Sensors 및 변조기술

가. Optical Soure (광원)

광신호 전송에 대한 質을 결정하는 중요한 요소인 광원은 전기적신호를 변환시키는 장치이다. 대표적인 光源으로는 Light Emiting Diodes (LED)와 Laser Diode가 있는데 LED는 아주 간단한 장치로서 가격은 싸지만 광출력과 변조율이 좀 낮은게 흠이다. Laser Diode는 좀 복잡한 장치로서 가격이 높은 대신 出力도 높고 변조율이 가능하다.

그림 2에서 전형적인 LED의 P/I 특성(P: 광출력 I: 입력전류)을 볼 수 있는데 이 곡선에서 알 수 있듯이 LED는 완전한 선형특성은 아니다.

그러나 레이저 다이오드는 그림 3에서 보는바와 같이 저전류 레벨 즉 La-sing Threshold 값에 도달하기까지는 LED와 비슷하게 동작하다가 이점을 지나면 작은 人力變化에도 出力이 아주크게 변하는 영역으로 LED보다 넓은 광출력을 선형적으로 얻을 수 있다.

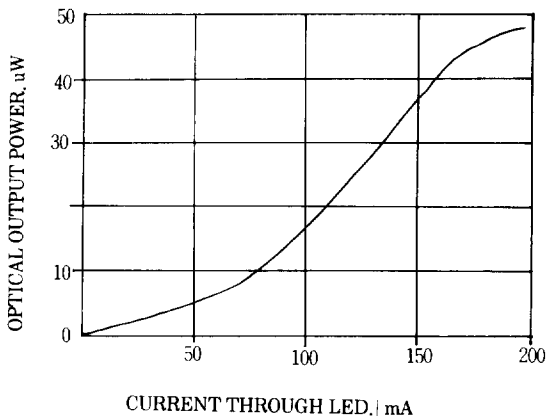


그림 2. LED의 광출력 특성곡선

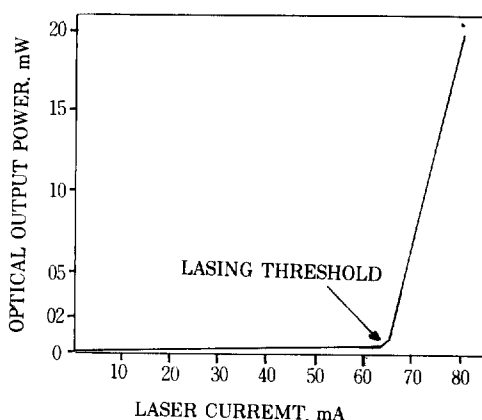


그림 3. 레이저 다이오드의 광출력 특성곡선

나. Photo Detectors (광검출기)

광검출기에는 APD(Avalanche Photo Diode)와 PIN (Positive Intrinsic Negative) diode가 있는데 둘다 검출된 광자를 전자로 변환하는 장치이다. PIN Diode는 설치가 간단하고 선형성이 좋으며 APD보다 noise가 적다. APD는 설치하는 좀 복잡하지만 Avalanche 효과(케이어 증가)에 따라 감도가 아주 좋다.

3.3 Light Wave Modulation Technique(광파 변조기술)

가. Analog Modulation (아나로그 변조)

가장 간단한 변조방식으로 그림 4와 같이 전송신호를 가진 광신호를 직접 광세기 변조(Intensity Moduation)하는 것이다. 이 방식은 간단하고 가격이 저렴한 점이 있으나 광원의 비선형성 때문에 시스템條件(전송거리,

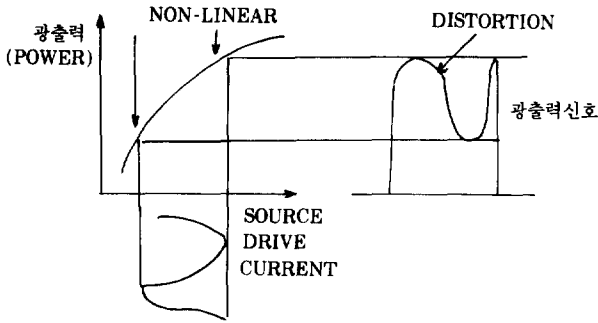


그림 4. LED의 아나로그 변조에서의 왜형

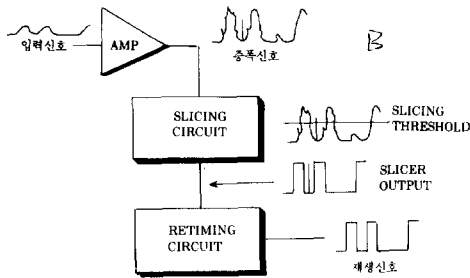


그림 5. 디지털 信號의 再生

noise)이 制限을 받게된다. 광세기 변조를 할때 보편적인 방식은 비선형성의 영향을 피할 수 있는 FM (Frequency Modulation) 또는 PFM (Pulse Frequency Modulation) 방식을 사용한다.

#### 나. Digital Modulation (디지털 변조)

디지털 變調技術은 장치가 간단하고 신호파의 감쇄없이 장거리를 전송할 수 있는 방식이다. 그중에서도 PCM (Pulse Code Modulation) 변조신호를 광신호로 직접 광세기 변조하는 방식은 전송되는 정보가 펄스의 ON, OFF 신호이기 때문에 시스템의 비선형성의 영향이 별로 없다. PCM 변조방식은 입력신호를 증폭하여 그것을 분할하고 다시 Retiming을 거쳐 수신기에서 재생하는 방식으로 그림 5와 같이 전송신호가 가지는 저잡음을 제거할 수 있으며 신호파의 질을 바꾸지 않고 재생이 가능한 방식이다.

#### 다. 未來 변조기술

디지털신호에 의한 광신호의 광세기 변조방식은 변조한계가 수 Giga Hertz( $10^9$  HZ)로 제한된다. 때문에 빛이 약 200,000 Giga Hertz의 주파수를 갖는 전자파라는 점을 고려하면 광세기 변조는 높은 캐리어주파수를 효과적으로 이용하지 못하게 된다. 따라서 변조율을 높이

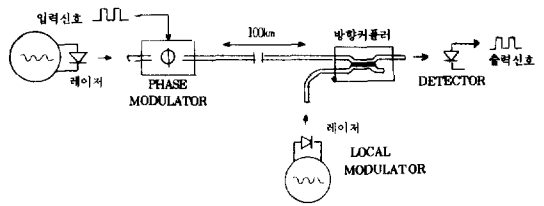


그림 6. Coherent 변조 방식

기 위해서는 새로운 타입의 變調方式이 고려되어야 하는데 이것이 Coherent Modulation이다. Coherent 변조는 광세기보다는 광시그널의 위상을 변조하는 것이다. 레이저광원은 일정한 크기에서 동작하고 레이저와 별도로 광변조기는 신호파에 비례해서 광신호의 위상을 쉬프트한다.

그림 6은 Coherent 변조의 시스템 구성도이다. 송신기는 안정한 단일 모드레이저와 위상변조기로 구성되어 있고 수신기는 송신레이저와 맞물리는 파장의 레이저와 수신기의 레이저신호를 수신된 광신호와 결합하는 방향커플러, 그리고 광검출기로 구성된다. Coherent 시스템이 실용화되기 위해서는 상당히 어려운 技術的側面이 많이 있다. 즉 레이저의 좁은 스펙트럼 폭을 사용해야 되며 광신호의 위상안정이 유지되어야 하며 단일모드 광섬유같은 경우 광신호가 진행할 때 광신호의 위상이 변하는 문제이다. 또한 수신기 레이저는 수신광신호와 위상이 잘 맞아 돌아가야 한다는 점이다. 그러나 Coherent 변조기술은 많은 情報傳達과 시스템이득의 잇점때문에 더욱 발전될 것이다.

## 4. 전력 분야에 適用시의 考慮事項

전력계통 특히 계통운용에 직결되는 保護制御 시스템이나 給電制御 시스템에서는 정보의 연속성과 신뢰성이 필요하고 특히 시스템 Hardware의 신뢰성은 유사시의 장애 발생에 대해서도 시스템의 안전을 확보하는 設計의 고품질이 요구된다. 이들의 기술을 전력계통에 적용하거나, 종래 전자회로로 구성되어 있는 부분의 광섬유화는 특히 環境의 가혹한 條件에 있어서 충분한 고려가 필요하다.

#### 가. 장기 信賴性的의 확인

전력계통 설비는 장기간의 내용(耐用) 연수를 요구하고 있기 때문에 이들 설비에 직접 구성요소로서 사용하

거나 보호, 제어 시스템으로 사용하는 Fiber Optics 부품은 종래의 전기부품 이상의 장수명 고신뢰도가 있어야 한다. 제조 공장에 있어서 부품의 長期 Ageing 확인과 시스템에 구성된 상태로의 통전시험 내압시험 등의 상세한 확인이 필요하다. 더욱 계통에 있어서 장기 Field test는 발, 변전소 특유의 여러가지 環境하에 신뢰성 문제이므로 새로운 분야의 적용에 있어서는 필요 조건이다.

나. 환경성 Date의 축적

광섬유 기술은 고절연성 無誘導性的의 이유때문에 특히 고전압, 대전류 부위의 기기등에 적용될 가능성이 높다.

또한 이와같은 부분은 옥외이거나, 機器制御時에 진동을 받거나, 환경적으로는 종래의 배전반 설비에 비해서 가혹한 조건의 사용 가능성이 높기 때문에 부품 자체의 열에 의한 변형, 광학적 특성의 열화, 振動에 의한 이득의 변화, 케이블 부분의 표면절연저항의 저하, 더욱더 공기중의 유기가스나 염분에 대한 영향등 환경성 Date의 축적이 필요하다.

다. 고신뢰도 설계

부품 자체의 고신뢰화를 위한 노력과 병행하여 광부품의 수명, 고장율이 정확하게 파악되어야하고, 특히 고장이 발생한 경우 영향을 파악하여 시스템에 요구된 최적 신뢰도의 추구가 필요하다.

라. 규격화

광섬유가 각종 장소에 사용될수 있도록 特性의 標準化는 물론 처음부터 신뢰성 수준, 사용환경기준 등의 조기정비를 실시해 가는 것이 필요하다.

5. 전력분야에서의 Fiber Optics 적용 예

5.1 Digital 보호계전장치의 적용

가. 送電線 보호장치 적용 예

송전선의 고장을 고속으로 확실하게 檢出하고 고장 구간을 분리하기 위하여 송전선 보호장치에는 그림 7에서와 송전선 양단의 변전소에서 전류정보를 서로 전송하며, 사고의 유무를 판정하는 電流差動方式이 많이 사용되어지고 있다

종래는 전력선반송, Pilotwire 거리계전방식 등을 사용하여 송전선의 사고를 검출하여 왔으나 계통의 대용량에 따른 송전선 고장 전류의 증대, 다양한 고장상태로 인한 誤動作등으로 통신시스템 및 보호장치등의 대책이 필요하였고, 이것을 해결하기위한 무유도의 광섬유를 사용한 전류차동보호 시스템이 개발되어 실용화 되고 있다.

그림 7은 電流差動方式의 Digital 보호계전 장치에 Fiber Optics를 적용한 구성도이다.

그 구성은 6.3Mb/s PCM 광통신 장치와 전류차동 중계장치 및 상대단의 제어 지령을 전송하는 전송차단 장치로 되어 있다.

일반적으로 PCM 통신의 다중화는 그림 8에 나타내는 것처럼 음성단말 24ch를 가진 PCM을 기본으로 하고 이 출력을 PCM 일차군 신호라고 한다. 일차군신호 PCM 4개 시스템을 PCM 이차군으로 또 이차군 5개 시스템을 PCM 삼차군으로 계층화 하고 있다.

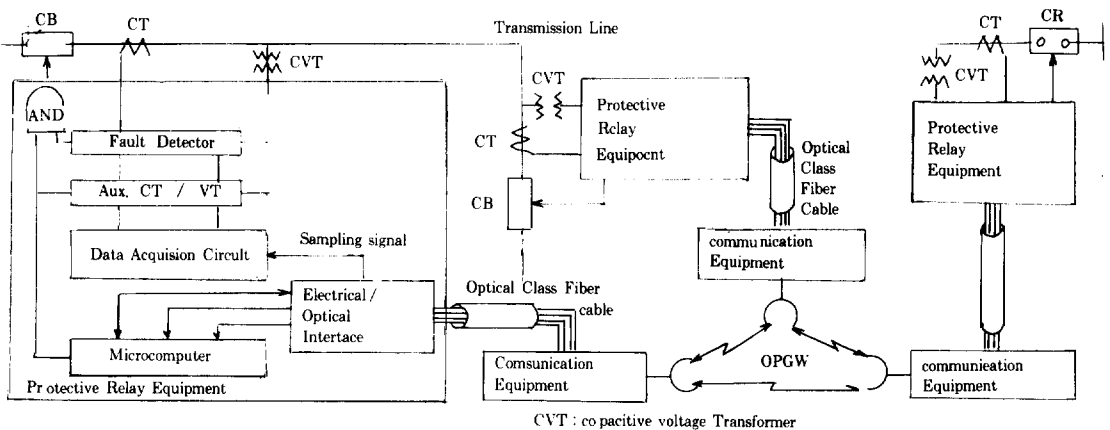


그림 7. 광섬유 케이블 전송 電流差動보호 시스템의 구성도.

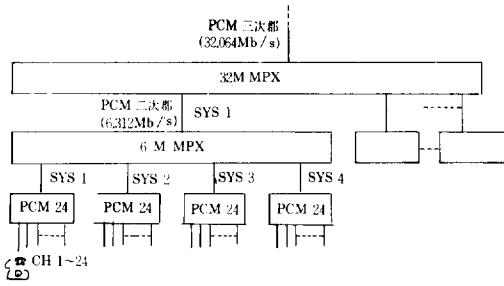


그림 8. PCM 通信의 多重化階層圖

본 장치는 전류차동 리레이 장치와의 송수신 전송속도, 1,544Mb/s의 PCM-일차군 신호로 행해지고 이것의 3시스템분(3회선분)과 PCM 24 전화 단국부 1시스템분을 내장하고 다중화에 의해 PCM 이차군 신호를 Laser diode 로서 전기-광 변환하고 있다. 수신부는 광-전기 변환 Avalanche Photo Diode 에 의해 행하고 일차군 4 시스템에 分離해서 3 시스템은 리레이용에 직접 출력하고 1 시스템은 PCM 24 에 의해 음성신호로서 출력한다.

PCM 24는 전송차단 신호의 Telemeter, 전화 등의 용도가 부가되어 있다. 보호 장치에서는 입력 전류파형의 순간치를 각주기마다 30포인트씩 Sampling하여 A-D 변환회로에서 PCM 신호로 變換하지만 전류파형을 전송하는 도중, 잡음의 침입이나 회로동작의 이상이 있다면 수신측에 복조파가 혼란이 일어나거나 필요하지 않는 誤動作의 가능성이 있다. 따라서 그곳에서 전송 Formats 에 인접위상 반전부호나 Parity부호를 부가해서 수신측으로의 전송 실패를 검출하고 순간적으로 보호 동작의 Lock를 하도록 되어 있다.

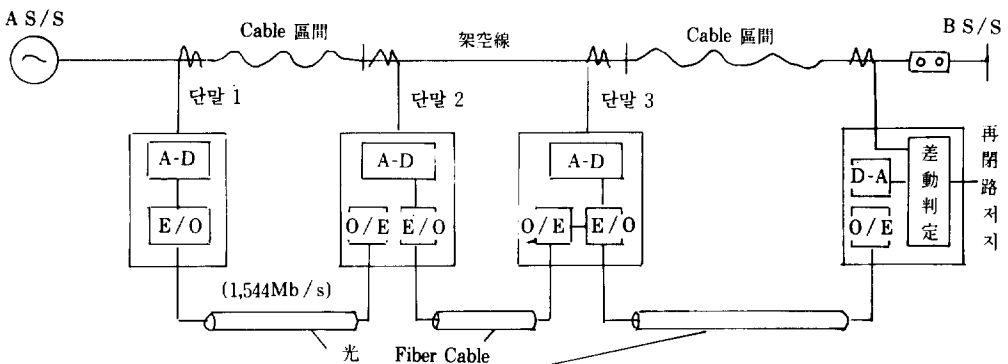


그림 9. 故障區間判定裝置 System 構成圖例

### 나. Fault Locator 적용 예

본 장치는 케이블 구간을 포함한 송전선에 적용하는 것으로 케이블 구간의 고장검출시 再閉路 動作을 저지하는 방식이다.

동작원리는 앞에서 설명한 보호장치와 같은 것이지만 옥외 설치를 고려한 내 환경성의 Cubicle Type 이 다르다.

본 시스템 구성은 그림 9 에 보여지는 것과 같은 복수 케이블 구간 송전선에도 적용이 가능하다.

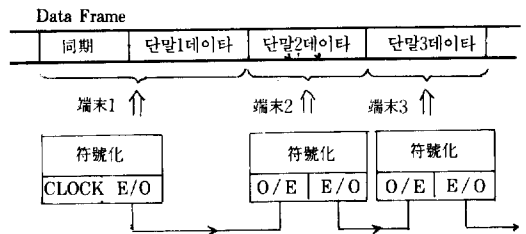


그림 10. 多端末 情報直列傳送方式

전송방식은 그림 10에 보여지는 것처럼 多端末의 정보를 端末 1에서 전송한 Data Frame 중에 端末 2, 端末 3을 순차적으로 중첩해 가는 직렬 전송방식을 채용하고 있다.

이 시스템은 정보전송에 통신 케이블을 사용한 경우의 유도전압의 문제를 해소하고 보수성의 향상을 도모하며 더욱 설비설치 비용이 적게들기 때문에 옥외 Cubicle Type 로 하고 있다.

### 다. 雷波型 觀測測리 시스템의 적용예

본 시스템은 변전소, 발전소에 送電線 경유로 침입하

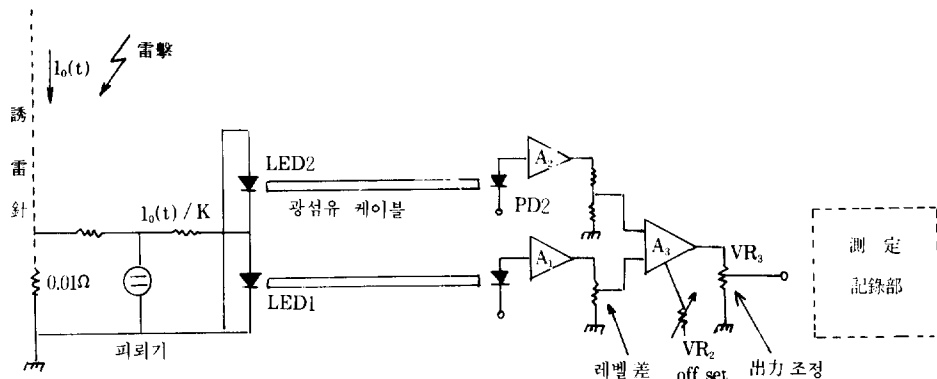


그림 11. 쇠파형 측정시스템 개략도 (LED : 發光素子, PD : 受光素子)

는 뇌의 실태를 파악하기 위해 뇌파형의 정확한 조사, 재생처리를 목적으로 하고 있다.

종래 이와 같은 관측에는 저항분압기 또는 용량성 분압기를 사용하고 리레이용의 Oscillo scope에 따른 觀測 방법을 취하였지만 이 경우 뇌발생에 의한 정전유도, 전자유도의 영향을 받기 때문에 정확한 파형기록이 곤란하다. 그래서 광섬유를 사용하고 옥외의 電壓檢出 장치와 옥외 관측처리 장치를 광섬유로 절연하여 유도문제를 해결했다. 시스템의 구성을 그림 11에 나타낸다.

뇌파형은 분압 안테나에 의해 입력되고 발광 다이오드에 의해 직접 광회로 변환된 아나로그 신호로서 옥내부에 전송된다.

광직접 변조(變調)의 특징은 회로가 대단히 간단함으로서 소형화하는 점이 있지만 발광 다이오드의 작은 전류대역으로 비직선성에 문제가 있다.

그러나 뇌파형처럼 단시간 입력인 경우에는 대전류역을 사용해도 파괴되는 일이 없기 때문에 직선성은 대폭적으로 개선된다. 옥외 수신측에서는 광섬유 신호를 수광소자에 의해 전압으로 변환하고 Recorder 를 경유해서 測定記錄부에 데이터로 저장된다.

### 5.2 光點弧 싸리스터에 적용

고전압 직류전류를 제어하는데 대단히 중요한 소자가 Thyristor 이다. 대개 초고압 이상의 직류변환 장치를 실현하는 경우 싸리스터 벨브의 점호장치로서는 광섬유로 절연한 광접호 방식이 가장 적절하다.

광점호 방식에는 빛을 수광소자로 받은후 큰 전기적 신호에 의해 싸리스터를 점호하는 光間接点弧 방식과

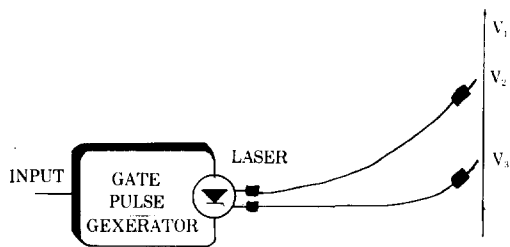


그림 12. Thyristor 의 광직접 점호방식

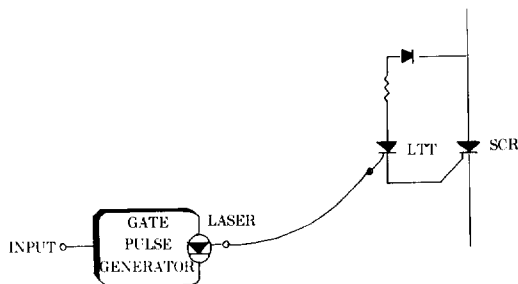


그림 13. Light Triggered Thyristor

빛으로 직접 점호하는 광 직접점호 방식이다.

광 직접점호 방식은 대개 그림 12와 같이 광섬유를 하나는 트리거 제어에 또 하나는, 싸리스터 동작의 감시용으로 사용하는데 결점으로써 한정된 거리, 광 케이블의 가격, 케넥터와 접합의 문제가 있었다. 그래서 오늘날은 그림 13과 같은 light Triggered Thyristor (LTT) 의 새로운 연구가 진행되고 있다.

### 5.3 電力機器에의 도입

가. 광 CT : 광 CT의 원리는 자계의 세기에 따라

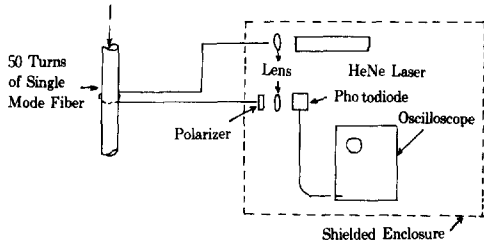


그림 14. Optical Fiber Sensor System 구성도

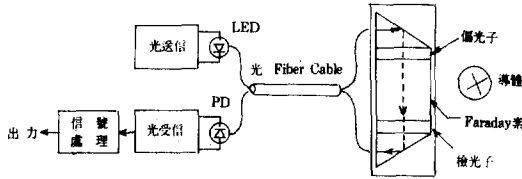


그림 15. 光 CT 의 構成(Faraday 소자)

직선편광의 편광방향이 변화하는 현상을 Faraday 효과라 하는데 이 Faraday 효과 (자기광학효과) 를 잘 나타내는 물질 즉 납유리등의 물질에 직선편광파를 통할때 외부자계 즉 전류의 크기에 따라 변하는 편광방향의 회전각을 측정하는 방법이다.

시스템을 구성하는데는 여러가지 방법이 있으나 대개 그림 14와 같이 Optical Fiber 를 직접센서로 이용하는 방법과 그림 15와 같이 파라데이 소자를 이용하는 방법이 대표적이다.

그림 15의 구성은 편광자, Faraday 소자, 검광자로 이루어지고 도체의 전류에 따라 자계가 발생되고 이 磁界의 크기에 따라 편광면의 회전을 검광자의 출력강도에 따라 검출하여 전기적으로 信號處理로 전류를 판정하는 방법이다.

나. 광 PT : 광 PT Pockels 효과나 Kerr효과를 이용하는데 대부분 다양성으로 인하여 Pockels 소자를 많이 쓴다. Pockels, 소자 양단에 전압이 걸리면 전체의 크기에 따라 이 소자를 통과하는 편광된 빛은 원편광 위상차를 갖게 되는데 이 위상차를 검출하여 전압을 측정하는 방법이다.

그림 16은 시스템구성의 일례로 편광소자, Pockels 소자, 1/4 파장판 검광자로 이루어지고 전체에 따라 원편광 변환된 빛은 1/4 파장판들 사이에 끼워 검광자로 광강도에 따라 변환되고 전기적 신호에 의해 전압을 검출하는 것이다.

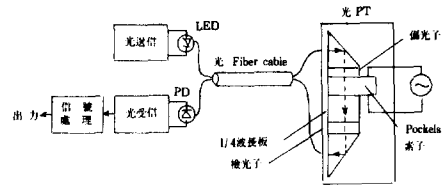


그림 16. 光 PT 의 構成

다. 전력기기 감시에서의 적용

광센서로는 먼저 서술한 光 CT, PT 의 주파수, 속도, 온도, 압력, 진동 등의 검출이 가능하다. 이들 센서와 광섬유를 적용하는 것으로 전력기기의 감시설비가 輕量小形으로 절연성이 완벽한 것이 된다.

발, 변전소의 전력기기의 온도, 속도, 압력, 진동등의 정보는 결코 소홀히 다룰 수 없는 것이지만 지금까지는 그 양이 방대하고 유도에 의한 신호전송이 어려웠었다.

그림 17은 中央監視盤(배전반)에 연결된 光纖維應用 變電所 監視시스템의 연결도이다.

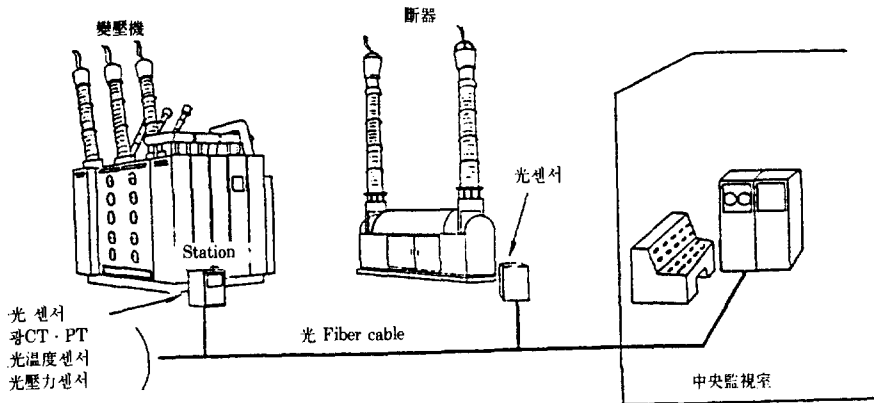


그림 17. 광섬유 응용 변전소 감시시스템 연결도.



또한 변압기의 부분방전 감시시스템, 변압기의 내부 단락검출, 케이블의 절연노화 상시 감시시스템등, 적용 분야는 점점 더 확산될 것이며 발, 변전소 전체가 Fiber Optics에 의해 연결되어 한시스템을 이룰것이다.

### 5.4 發, 變電所 全體 시스템의 適用

앞절에서는 이용되는 전력기기 단위별 이용방법에서 알아보았다. 이제 光纖維 전송방식의 잇점을 이용하여 發, 變電所 전체 보호제어 시스템에 확장하여 이용하는 방법을 알아보려고 한다.

발, 변전소 계통의 제어 보호분야는 단순한 ON, OFF 接點뿐만 아니라, 전압, 전류, 유효 무효전력의 크기, 주파수, 온도등 Data가 다양하여 이들 다른 특성의 Analog 양을 전반적으로 Digital 화 하는데 센서, 샘플링등 복합적인 문제가 발생할 뿐더러 전력용 차단기등의 제어에서도 비교적 큰 Signal이 요구된다. 따라서 구역별 Local Unit가 형성되어 Data의 傳送, 受信, 制御의 실행등 자체기능이 부여되어야 하고 또한 중앙 Station Computer와의 System에 맞게 放射狀 또는 환상, 또는 복합 Link

방식의 채택여부가 制御可能 범위에서 부터 經濟性까지 검토가 이루어져야 한다.

기존 發, 變電所의 遮斷器등을 제어하기 위한 제어 케이블은 엄청난 양이 케이블 덕트, 맨홀, 지류선등에 설치되어 있는데 반하여 光纖維 케이블은 설치공간의 축소, 무게에서의 가벼운 잇점으로 설치가 용이하고 직접 물은 수도 있어서 앞으로 계속 증가가 예상된다. 그러나 이 광통신 기술이 얼마나 경제적인 가격을 형성하느냐 하는 것이 문제이다.

그림 18은 변전소내에서 광역 보호제어 시스템의 구조를 보인 것이다. 이 시스템은 변전소에 다중 마이크로 프로세서와 光纖維 케이블을 복합구성하여 원방 구역별 감독 制御기능과 保護기능을 수행하는 집약 시스템이다.

DAU(Data Acquisition Unit) 는 발, 변전소 전지역에 걸쳐있는 Data 수집지점에 위치하여 Analog Input Data 를 수집 저장하며, Digital신호로 변환하고 P.C(Protection Cluster)로 전송하여 다시 수신된 트립시그널을 電力機器에 전달한다. 光纖維를 통하여 P.C 에 수송된 Data 는 다시 광섬유를 통하여 Trip Signal로 DAU 에 전하거나 直例 Data Highway와 연결되어 Station-Computer

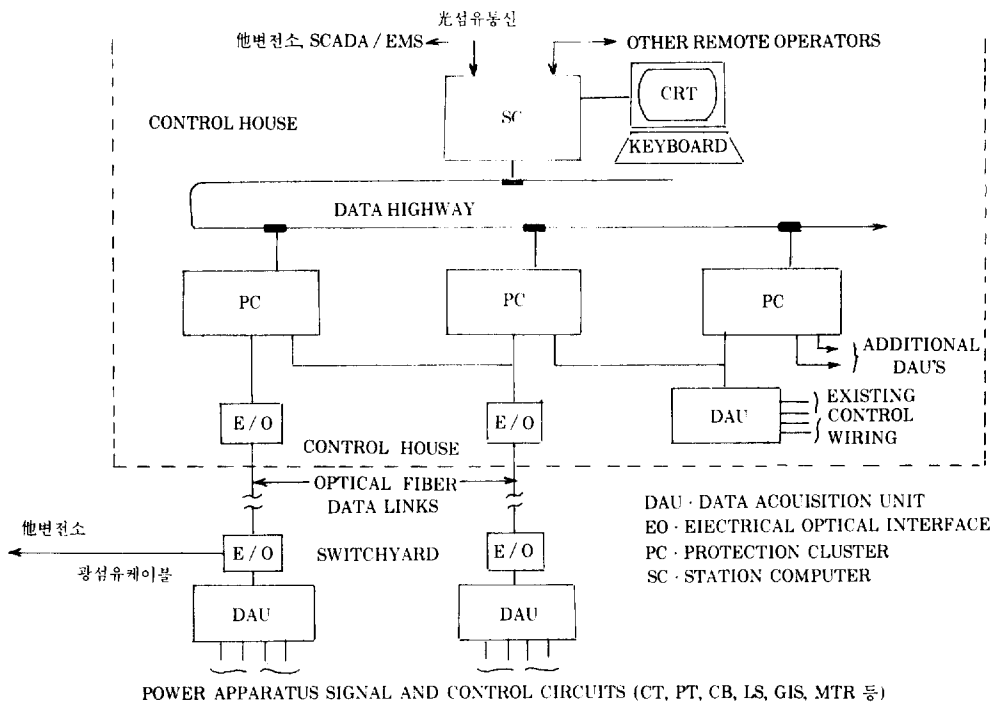


그림 18. 변전소 광역 보호 제어 시스템 구조도.

로 링크되어 있다. 이때 P.C 에서 電壓, 電流의 Monitor 와 사고 및 이상유무의 판단이 동시에 이루어지게 된다.

Data highway는 모뎀을 가진 直列構成으로 이루어지는데 Station-Computer에 전 정보를 전달하게 되고 S. C 에서는 정보의 저장 및 제어의 협조 판단을 SCADA / EMS 또는 다른 Operator와의 연결이 가능하게 된다.

## 6. 結 言

광섬유가 여러분야 중에서도 전력분야 즉 發, 變電所의 保護·制御분야에 확산되어지는 방법에 대해서는 사용자의 인식, 메이커의 관심, 연구성과등, 여러가지 돌파구가 필요할지 모르지만 광섬유와 그 관련기술의 획기적인 장점 만으로도 앞으로 전력분야에 지대한 역할을 할 것으로 믿어진다.

또한 Laser 장치의 가격저하로 인하여 광섬유 주변기술이 더욱 발전할 수 있는 기틀이 되고 있으며 光 C.T, P.T, 광섬유, Digital Control System등의 연관관계가 하나의 광역시스템으로 電力事業에 응용될 것이다.

그러나, 전력분야는 특히 높은 신뢰성을 요구하기 때문에 광섬유, 광소자의 개발이나 실용화에는 장기 신뢰도, 내후환경성, 장거리전송등 적용조건을 충분히 배려할 필요가 있다.

## 참 고 문 헌

- 1). A. B Sharma, S. J Hanlme, M. M Butusov.  
"Optical Fiher Systems and Their Components"  
Springer Series in Optical Sciences V 24 1981
- 2). Y. Suematsu  
"Optical Devices & Fibers" 1985
- 3). Emery. I. Moore, O. Glenn, Ramer  
"Fiber Optic and Laser Sensors II"  
The International Society for Optical Engineering,  
Arlington, Virginia, May 1984.
- 4). Peter. K. Cheo  
"Fiber Optics Devices and System" Prentice-Hall  
Inc 1985.
- 5). David. J. Morris "Pulse Code Formats for Fiber  
Optical Data Communication" Marcel Dekker,  
Inc 1983.
- 6). IEEE Tutorial Course  
"Fiber Optic Applications In Electrical Power  
System" EH 0225-3-PWR. IEEE Power System  
Communication Committee, 1984.
- 7). IEEE "Fiber Optic Applications In Electrical  
Utilities" 84TH0119-8 PWR. IEEE Transmis-  
sion and Distribution Conference and Exposition  
(TDCE) Report May 1984.
- 8). 吉田 茂, 畑田 稔  
"電力系統の 制御·保護 にあけを オプトエレク  
ヌの適用と動向  
電氣學會雜誌 104 卷 4 號
- 9). IEEE Power System Communications committee  
"Fiber Optics Applications In Electrical Substa-  
tions"83 TH0104-0 PWR 1983
- 10). Walter. L. Hinman  
"A New Current Differential Line Protection  
System Using Fiber Optics"  
Electric Council Of New England Protective  
Relaying Committee Meeting Oct, 1984
- 11). D. C. Erickson "The Use Of Fiber Optics For  
Communications Measurement And Control  
Within High Voltage Substation" IEEE PAS  
Vol Pas-99 NO.3 May / June 1980
- 12). 韓 民九, 韋 相燦, 金 堯喜.  
"Laser CT 및 PT 의 원리와 현황"  
電氣學會誌 第35卷 7號 1986年 7月