

# 우리나라 전기산업계의 레이저 광기술 수용전략

(4)

姜 玟 鎬

韓國電氣通信公社 研究開發團長

## (사) 배전계통에의 응용

배전 계통에의 광기술의 응용은 사고구간 검출 및 설비의 감시에 검토중이거나 일부 시험이 진행중이다.

이 중에서 전압, 전류 측정용 BSO 및 BGO 결정등을 이용한 광섬유 전압, 전류센서는 거의 실용화 단계에 와 있다.

그림 2-21에서 분압기를 애자 내에 설치한 고압 배전선용 전압 측정 센서의 외관을, 그림 2-22에서는 원형 코어를 사용한 고압계의 전류 측정센서의 외관을 나타내었다.

## (아) 광섬유 전압계의 보수기술의 응용

광섬유 전압계는 다음과 같은 특징을 가진다.

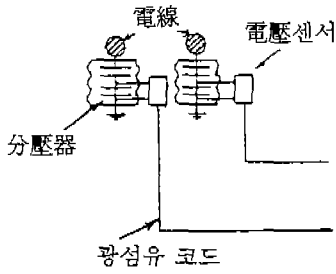
- i) 센서부는 무전원으로 동작한다.
  - ii) 센서부는 고입력 임피던스이다.
  - iii) 전송로로 광섬유를 이용함으로써 센서부와 처리부 간의 전기적 절연이 된다. 따라서 안전, 무유도, 고정도의 측정이 가능하다.
  - iv) 온도 안정성이 우수하다.
- 이러한 특징을 가지고 있으므로 송전선의 보

수기술에 응용하는데 유리하다. 응용되는 분야로서는 보조전극을 이용한 송전선 아래의 전계를 측정하거나 가공송전의 충·정전 상태의 전계강도를 측정하여 그 상태를 감시하는 시스템에 이용되고 있다.

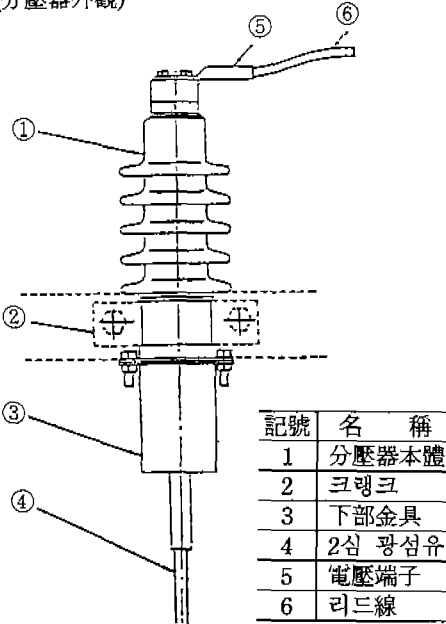
또한 애자의 분담전압을 측정하여 불량애자를 검지하는 장치로서 출지어 있는 현수애자에서 애자가 정상일 때 각각의 애자 전압 분담률 분포는 고압측에서 높은 U자 곡선이고, 애자의 일부가 열화되면 절연저항이 저하되고, 열화된 애자에는 전압이 분담되지 않는다. 따라서 애자의 분담전압 분포를 광섬유 전압센서로 측정하여 애자의 절연상태를 감시할 수 있으며 그림 2-23은 154kV급 10개의 연속 현수애자의 전압 분담률을 광섬유 전압센서를 이용하여 측정하는 예이다.

## 나. 전력회사의 광통신 활용<sup>(2,7,10,11)</sup>

전력회사에서는 고품질의 전력을 안정하게 공급하기 위하여 발전에서부터 송전, 변전, 배전에 이르기까지의 전력공급 설비에 대하여 전력 계통 시스템으로서 각종 제어를 행하고 있다. 여기서 필요한 정보의 전송에는 신속하



(分壓器外觀)

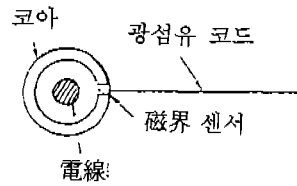


<그림 2-21> 고압배전선용 광 PT

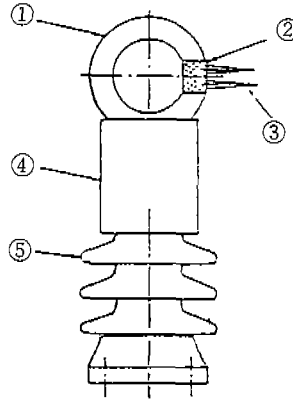
고 높은 신뢰성이 요구되므로 마이크로파 무선회선에 의한 전송로를 이중으로 하는 등의 주의가 필요하다. 한편, 광섬유 통신은 전기 사고의 서지나 전력설비로부터의 전자유도를 전혀 받지 않으며 더구나 대용량으로 장거리 무중계 전송이 가능하다.

광 통신 시스템의 용도는 전화나 감시·제어 정보 또는 사무기계화를 위한 정보가 주체인데 마이크로파 무선회선의 구성을 할 수 없는 도심부의 초고압계나 154kV계 이하의 전력계통 보호 정보의 전송 혹은 화상 감시 등에도 이용된다. 또 전력회사에서의 광통신 시스템을 광섬유 케이블의 시설 형태로 분류하면

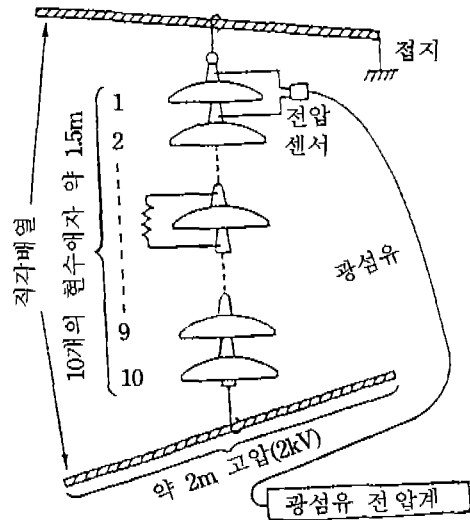
- i) 전력구 판로 등의 지중포설



(電流測定용 코어外觀)



<그림 2-22> 고압배전선용 광 CT



<그림 2-23> 광응용 전압센서에 의한 10개의 애자 분담전압 측정

ii) 배전주

iii) 광섬유 복합 가공지선

의 3가지가 있다.

전력구, 관로등이 정비된 도시부에는 지중 광케이블이 적합하며 고신뢰도와 대용량 회선의 확보가 가능하고 일반의 신호 케이블과 동상이고 비교적 용이하게 회선 구성이 가능하나 자연재해나 배전주 이전 설치등의 영향을 받기가 쉽다. 광섬유 복합 가공지선(OPGW)은 전력회사 특유의 것으로 송전 철탑의 최상부에 송전선과 병행하여 가설된 지선(차폐용 어스선)을 이용하여 그 내부에 광섬유를 수용하는 것이다. 또한 증대하는 전력 수요를 조달하기 위하여 전원 입지의 확보에 노력을 하고 있으나 그 입지장소는 소비지인 도시로부터 원거리인 관계로 장거리 전송의 어려움이 따른다. 따라서 장거리 고효율 송전을 하기 위하여 UHV(100만볼트) 송전을 할 필요가 있다. 이때 전력회사는 수요자에게 저렴한 단가로 전력을 공급하며 돌발적인 전력 수요나 전력계통 고장시에 대응하기 위하여 긴급하게 전력을 유통하여야 한다.

또 사회의 고도화, 정보화에 따라 전력회사의 서비스가 한층 고도화, 신속화하는 것이 필요해지고 있다. 전력회사의 통신망은 이러한 요구에 대응하기 위하여 보다 대용량의 정보를 고속, 고신뢰성으로 전송할 필요가 있으며 전송 정보도 아날로그 정보로부터 디지털 정보로 크게 변화되고 있다. 따라서 전력통신망 역시 디지털 망으로 변화되고 있으며, 그 가운데 광통신은 마이크로파 무선회선의 구성이 곤란한 지점이나 화상 전송 또는 대용량 전송을 필요로 하는 지점 등에 도입되고 있고 특히 UHV 송전선에는 광섬유를 내장한 가공지선(OPGW)를 사용한 초장거리 전송회선이 필요하다. 따라서 UHV송전선의 보호 시스템 혹은 마이크로파 회선의 다른 자연계에서의 영향을 받기 어려운 광통신을 이용한 전송 시스템이 이용되고 있다. 발전소, 변전소 등의 전력설비의 원방감시는 화상감시가 필수불가결하며 이런 역할을 광섬유 통신이 담당할 수가 있으며 그외에 OA(Office automation)에서 대량 고속 데이터 전송을 하거나 마이크로파

통신회선과 더불어 광통신의 이용은 비약적으로 확대되어 갈 것이다.

### (1) 광통신의 특징

넓은 의미에서의 광통신은 광섬유를 전송로로 하는 광섬유 통신방식과 광을 공간전송하는 광공간 통신 방식으로 분류된다. 이것은 전기 통신에서의 유선 통신 및 무선 통신방식과 대응되지만 광통신의 경우는 광섬유 통신의 방법이 더 많이 이용되고 있다. 통신 시스템의 목적은 정보를 어떤 한 곳에서 다른 장소로 양호한 효율로 전달하는데 있다. 그러므로 전달하고자 하는 정보를 전송매체에 적합하게 변환하는 것이 중요하다. 광통신은 전송과로서 “광”을 이용하는 것이다. 광은 그림 2-24에서 VHF 마이크로파보다 파장이 훨씬 짧은, 즉 주파수가 높은 전자파이다. 따라서 광을 이용한 통신방식은 다른 방식에 비해 전송 가능한 주파수, 즉 정보량이 훨씬 많다는 이점을 가지고 있다.

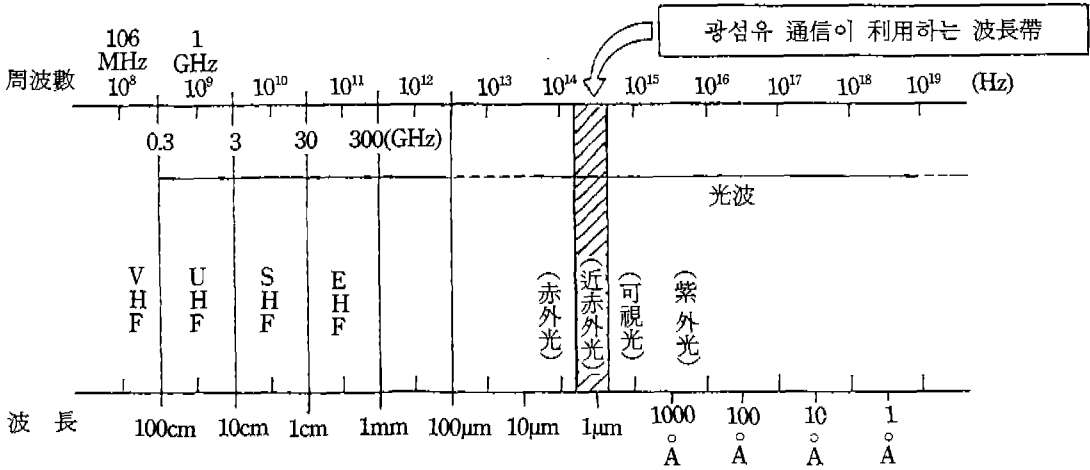
#### (가) 광섬유 통신의 특징

광섬유 통신은 현재 사용중인 시스템에서 전기통신(특히 유선통신)에서는 얻을 수 없는 여러가지 특징을 기대할 수 있다. 광섬유 통신 분야에서의 주된 특징으로서 다음 5가지를 들 수 있다.

##### - 저 전송 손실

일반적인 원거리 신호전송을 할 경우 도중의 전송로에 따라 감쇠하는 신호레벨을 본래의 레벨로 올리기 위하여 일정한 간격으로 증폭기, 즉 중계기를 삽입하여 전송하는 방식을 이용하고 있다. 광섬유 통신은 전기통신에 비해 전송손실이 적으므로 같은 전송거리에는 도중에 삽입하는 중계기가 적게 필요하며, 여기서 중계기를 다단으로 접속했을 때 일어나는 지터(Jitter)가 신호오차의 원인으로 위상의 반전 문제를 피할 수 있는 이점이 있다.

또 중계거리가 짧은 약 10km정도의 거리에서는 중계기가 필요치 않으며 중계기의 급전을 위한 특별한 설비가 불필요한 이점도



<그림 24>

있다. 국제 통신에서의 해저 케이블 통신과 같은 초장거리의 전송일 경우는 특히 광섬유의 전송손실이 적다는 것이 중요하다.

— 광대역 전송

광통신은 앞에서 설명한 바와 같이 광대역의 특징을 기본적으로 가지고 있으나 전송매체로서 광섬유가 갖는 제한을 고려할 필요가 있다. 광섬유는 전기통신에서의 기존 동 케이블 가운데 가장 전송특성이 우수한 동축 케이블과 비교하여도 수십에서 수백배 넓은만큼 하나의 케이블로서 전송할 수 있는 정보량도 그만큼 많다. 동축케이블의 전송대역은 고작 수 100Mbps가 최대이지만 광섬유는 수 Gbps로서 보다 장거리 전송이 가능하다. 따라서 보다 넓은 대역을 필요로 하는 TV신호 등의 광대역 신호를 전송할 경우에 특히 적합하다.

— 소직경

광섬유는 그것 자체의 직경(core)은 125μm 정도로 매우 가늘고 금속 케이블에 비해 다심화가 용이하다. 그래서 이미 설치된 관로에서의 증설 등 제한된 공간에서 보다 많은 정보를 전송할 경우에 그 특징이 더욱 뚜렷하다. 기존의 전주나 철탑을 증설할 때 매터링 케

이블에 비해 중량의 제한이 작아서 공사성도 향상된다.

— 전기적 절연성

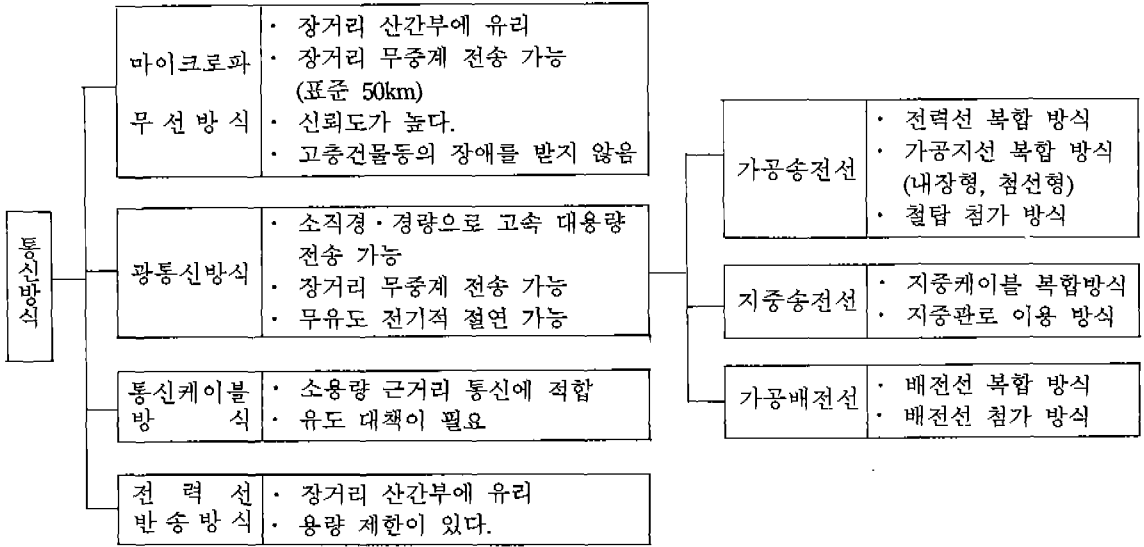
광섬유는 유리(glass)로 절연물이며 전기통신에서의 전자유도에 의한 잡음의 영향, 이러한 유도뇌 등에 의한 기기의 손상을 받지 않는다. 그래서 전력회사 등에서는 전력선과 병행하여 통신로를 설치하고 있으며, 고압·대전류를 사용하는 공장구내에서도 쉽게 사용할 수가 있다. 이러한 점에서 모든 환경 조건에서도 전송매체로서 훌륭하다.

— 디지털 통신

광소자로서의 레이저 다이오드는 정보가 “1” 혹은 “0”으로 표현되는 디지털 통신에 적합하여 통신장치가 간략화되는 이점이 있다.

(2) 전력용 광통신 시스템의 개요 및 응용

전기 사업에서의 광섬유 통신의 적용영역은 대단히 광범위하지만 여기서는 변전소 상호간이나 변전소 구내의 각종 통신 및 배전계통의 자동제어 등에 이용되는 광섬유 통신 시스템에 대해서 구체적인 예를 들어 설명하



〈그림 2-25〉 통신방식의 비교

겠다.

(가) 광통신 시스템의 개요

광섬유 전송은 전자장애의 영향이 없어, 화상을 포함한 대량의 정보를 무중계로 장거리 전송할 수가 있으므로 전력용 통신에는 최적의 방식으로 종래의 계통보호, 제어, 감시 정보 전송의 신뢰도를 향상시키는 것은 말할 것도 없이 발·변전소의 무인중계 제어나 송전 설비의 감시등의 전력계통운용의 종합자동화에, 또 사무기계화를 실현하는 수단으로서 기대된다.

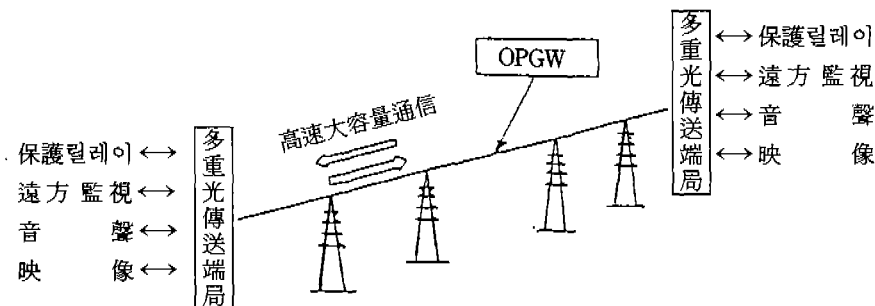
그림 2-25에 전력용으로서 이용되는 각

종 통신 방식의 비교를 나타내었다.

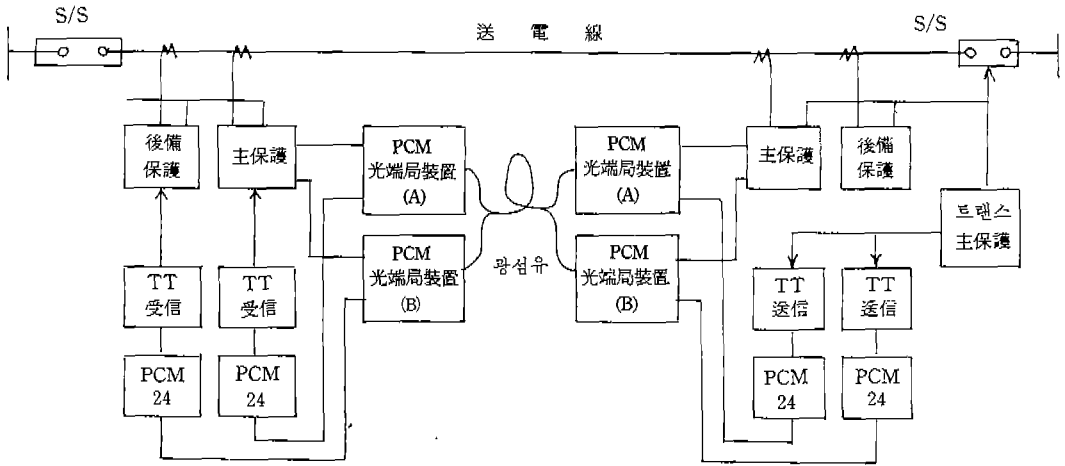
(나) 변전소간 광통신 시스템

— 변전소간 광통신 시스템

광전송 시스템의 대표적인 것에는 광섬유 복합 가공지선(OPGW)를 이용한 시스템이 있으며 그림 2-26에 나타낸 바와 같이 주로 발·변전소나 제어소간의 송전계통의 보호, 제어나 급전지령, 발·변전설비의 감시 등의 정보전송용 간선으로 이용되고 있다. 전송되는 정보는 원방 감시용의 아날로그, 디지털 신호, 컴퓨터와 단말간의 전송신호, 보호 릴



〈그림 2-26〉OPGW를 이용한 광통신 시스템 개요



〈그림 2-27〉 대표적인 계통보호 시스템

레이용의 신호 및 음성, 영상 등이 있으며, 이러한 것을 다중화하여 전송한다.

#### － 변전소간 다중통신 시스템

전력계통에서의 정보에는 보호릴레이 신호, 발·변전 설비의 상태를 감시하기 위한 아날로그 및 접점신호와 ITV의 영상신호, 또 소급 연락용의 음성신호, 보다 고도의 계통 제어를 위한 컴퓨터 신호 등이 있으며 이러한 신호를 다중화하여 변전소간에서 광전송한다.

종래의 마이크로파 통신 등에서는 주파수 분할다중 (FDM) 전송 방식이 채택되었으며 기존의 시스템과의 접속을 용이하게 하기 위해 연구가 되어 왔지만, 디지털 릴레이의 채용이나 컴퓨터에 의한 보다 고도의 제어가 도입됨으로써, 화상을 포함한 대량의 정보를 전송할 필요가 있으며, 그것을 위한 광 PCM 통신이 표준이 되고 있다. 그림 2-27에 실용되고 있는 대표적인 계통보호 시스템의 예를 나타내었다.

#### (다) 변전소내 광통신 시스템

발·변전소에서는 설비의 운전상태의 감시·제어보호 등에서 필요한 데이터를 현장 기기나 구내의 송전선, 모선 등으로부터 주로 수집하고 있다. 이 데이터 전송에는 낙뢰나

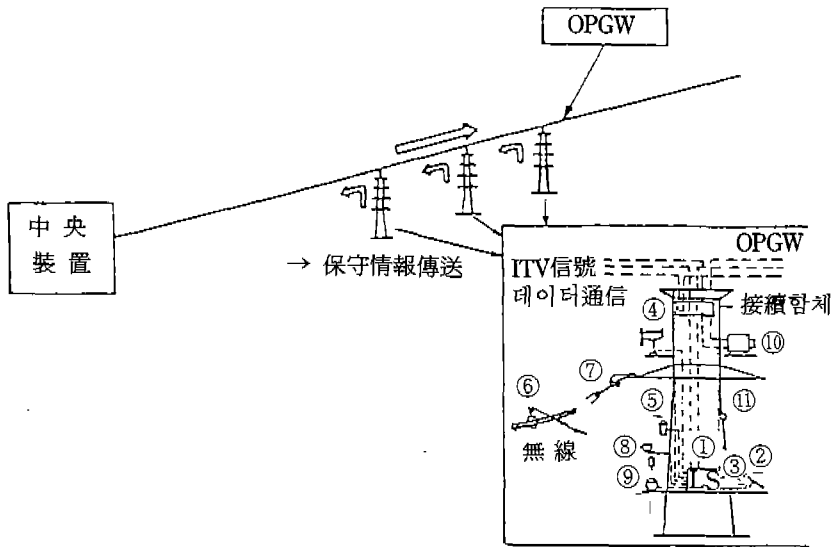
서지잡음, 전자유도 등의방해가 있더라도 정보 전송이 두절되지 않는 신뢰도가 높은 전송설계를 할 필요가 있다. 이때 직접 접지의 초고압 변전소에서는 계통 사고시의 대지 전위 상승은 매우 커서 변전소내의 2점간의 전위차도 커짐으로 인한 절연파괴의 문제도 있다. 또 케이블의 포설장소가 우천시에 수몰되는 일이 많아 케이블 피트 (Cable pit) 등, 엄격한 내환경성이 요구된다.

#### － 발·변전소에서의 광통신 시스템

발·변전소 등의 구내 광통신 시스템은 다른 분야의 광통신 시스템에 비해 더욱 엄격한 내잡음성, 내환경성과 고신뢰성을 동시에 요구한다. 초고압 변전소에서는 광섬유가 가지는 절연성과 내 전자 장애성에 의해 이미 광전송 시스템의 채용이 검토되었고, 실증시험을 통해 실용화되고 있다. 또 원자력이나 화력, 수력 발전소에서도 디지털 제어기기의 도입에 의한 운전, 감시의 자동화에 따른, 현장에 설치된 기기와 중앙제어실에 설치된 제어장치와의 데이터 전송에 광섬유 통신 방식의 이용이 검토되고 있다.

#### (라) 가공 송전 설비 감시 시스템

근래 송전설비의 신뢰성 향상과 함께 보수의



- |           |         |     |   |           |
|-----------|---------|-----|---|-----------|
| ① 光傳送端末裝置 | ④ 風向風速計 | ⑦ 張 | 力 | ⑩ ITV 카메라 |
| ② 太陽電池    | ⑤ 氣溫    | ⑧ 着 | 氷 | ⑪ 事故電流    |
| ③ 알칼리 蓄電池 | ⑥ 線     | ⑨ 雨 | 量 |           |

〈그림 2-28〉 송전선 감시 시스템

근대화, 콤팩트화가 요망되고 있다. 즉, 사고 시의 정보를 신속하고 정확하게 파악하여 처리함으로써 설비의 상황을 변전소에서 직접 감시하여 그 정보를 수집 해결하여 보수에 반영하는 것이다.

#### — OPGW를 이용한 송전선 감시 시스템

그림2-28에 OPGW를 이용한 광통신 시스템의 개요를 나타내었다.

OPGW는 주로 송전 계통의 보호, 제어나 급전 지령, 발·변전설비의 감시 등 변전소간 통신에 이용되고 있으나, 송전선 감시용에는 OPGW에 내장되어 있는 광섬유 1~2개를 할당한다.

철탑에는 보수에 필요한 각종 센서와 각각의 센서의 신호를 모아서 OPGW를 이용 광신호로 전송하는 광전송 단말장치를 설치한다. 또, 송전 철탑근방에는 각 센서나 광전송 단말 장치의 전원을 얻는 것이 곤란하여 태양전지를 사용하여 얻는다. 따라서 전자회로를 저 소비 전력화하여 태양전지 및 축전지를 소형화할 필요가 있다. 이 시스템에는 여러가지 송전선

특유의 보수용 정보를 필요로 함으로써 그러한 정보를 집중 감시 센터로서 유효하게 활용하기 위한 데이터 수집 처리 장치가 설치되어 있다.

#### — 송전선 감시 시스템 장래 전망

광전자 기술의 진보와 OPGW의 개발로 인한 송전선 감시 시스템이 실현 가능한 환경이 되고 있다. 이 시스템이 보급되려면 OPGW의 공사를 포함한 가격 저하와 센서 및 광전송 기기의 고신뢰성이 요구된다.

- a) 뇌해 등에 의한 송전선의 사고구간의 표정 시스템 및 가공 송전선과의 사고 구분 검출 시스템, 이것은 개발 완료된 철탑 기별 판정 방식의 가격 저감을 위한 것이다.
- b) 다설지대의 설해를 방지하기 위한 송전선에의 착빙설 유무의 감시와 눈제거 시스템
- c) 송전시설에의 습뇌 정보나 지진 발생시의 송전설비의 현황 파악 등의 광역 감시 시스템

☞ 다음 호에 계속