

전력정보 전송기술

辛建學*, 禹熙坤**, 曹洪根***, 金暢冀****

(正 會 員)

韓國電力公社 技術研究院 電子應用研究室 室長*,
責任研究員**, 先任研究員***

韓國電力公社 電子通信處 電子通信部長****

I. 서 론

전력사업은 전기의 생산, 수송, 판매에 관한 국가 기간산업으로서 시시각각으로 변하는 수요에 따라 안정되고 경제적으로 전력을 공급해야 하는 공익사업이다.

이와같이 저장, 보관할 수도 없는 전기에너지를 대상으로 하여, 전국적으로 산재한 각종 전력설비(발전, 송, 변, 배전설비등)와 이들의 시스템을 효율적으로 운용하고 경영능률을 높이기 위해서는 각종 전자·통신기술을 이용하지 않을 수가 없다.

이때 전력계통의 운용이나 전력사업에 관련된 각종 정보를 "전력정보"라고 부르고 이러한 전력정보의 원활한 전달을 위해 필요한 기술을 "전력정보 전송기술"이라고 본다. 따라서 "전력정보"란 전력회사내의 일반 업무수행을 위한 음성, data, fax, video 등을 포함하여 전력계통 운용 및 전력설비 운전 유지보수에 관련된 원방 감시제어 측정처리용 on-line realtime 정보를 의미한다.

또한 "전력정보 전송기술"이란 전송되어지는 정보의 특성 및 환경 또는 요구에 따라 독특한 전송기술을 사용하기도 한다. 따라서 전력정보 전송기술에 대한 소개는 전력사업체(한전)내의 정보통신 시스템으로 한정시킬 수 있고, 그 중에서도 일반 사설통신이나 공중통신설비의 전송시스템과 상이한 부분에 대해서만 설명하기로 한다.

II. 전력 정보통신 시스템 개요

최근 각종 자동화시스템의 도입과 업무전산화에 부응하여 데이터 전송처리를 위주한 정보통신망이 구축되어지고 있다.

이러한 전력사업체의 신경계통으로서 그 역할을 담당하고 있는 정보통신망은 전력회사 고유의 정보연락과 데이터전송 및 처리를 위해 다종 다양한 전자, 통신, 컴퓨터 설비들로 구성되어 있다.

따라서 전력정보 통신설비는 한국전력공사내의 전자, 통신, 컴퓨터 및 이들이 복합된 자동화시스템들을 말하는데, 이에 대한 개요를 소개하고자 한다.

1. 교환설비

교환설비는 수동식 교환기에서 자동식 교환기로 변천해 왔으며, 현재에는 디지털 전전자식 교환기로 발전해 오고 있다. 교환기술의 개발속도와 병행하여 EMD나 크로스바(X-Bar)등의 기계식 교환기가 주로 시설되었으나 급속한 전자통신 기술의 발달로 80년대부터는 디지털교환기로 대체되어 가는 과정에 있다.

디지털 시분할 교환방식은 다른 각종 통신방식의 다원화에 적응성이 높아 디지털 통합망의 구성실현이 가능하여 미래 ISDN 구축에 필수 불가결한 중추적 역할을 담당할 것이다.

2. 통신케이블

통신케이블은 전력회사라는 특수성 때문에 몇가지 장점과 단점을 갖고 있다. 가장 큰 장점으로는 시공시 케이블의 지지물 설치가 불필요한 점이다. 이미 전국 방방곡곡에는 배전주가 시설되어 있는 상태이므로 통신케이블 포설시 공사비의 거의 절반을 차지하는 지지물 비용이 절감됨으로서 값싸게 시설할 수 있는 것이다. 그러나 이러한 통신 케이블은 특고압선에 첨가되어 있기 때문에 정전유도 및 전자유도의 영향을 끊임없이 받고 있으며, 이러한 유도잡음에 대해 통화품질을 향상시키기 위한 많은 연구와 노력이 이루어지고 있다.

3. 무선설비

한전내의 장거리 통신망의 구축을 이루고 있는 다중무선설비(M/W, UHF)는 비교적 양호한 전송특성에 신뢰도도 높으나 통신보안의 취약성에 따른 보완대책이 필요하다. M/W는 국가 통신망 종합계획에 따라 현재 단말국만을 운용하고 있으며 앞으로는 보안성이

우수한 광통신 디지털망으로 대체될 전망이다. UHF 무선장치는 SS-PM 변조 방식을 이용하여 최대 24회선을 수용할 수 있다.

본사를 중심으로 한 중부 이북지방과 호남지방 그리고 영남지방이 자기 loop 망을 이루고 있어 비상시 우회로 구성이 용이하므로 계통의 높은 신뢰도를 유지할 수 있게 되어 있다.

VHF 무전기는 전국 읍급 출장소에 이르기까지 시설되어 송변전 및 배전보수의 필수 장비로 이용되고 있다.

4. 반송설비

일반적으로 반송설비란 음성이나 데이터 신호를 반송(carrier)신호에 실어 먼거리까지 통신을 원활히 하고, 전송로를 절약하기 위하여 신호를 다중화시켜 송신하는 일종의 통신 시스템이다.

한전의 반송설비는 주로 케이블 반송과 전력선 반송장치로 나누어지며 케이블 반송장치는 케이블을 전송로로 사용하고, 전력선 반송장치는 전력선을 전송로로 사용한다.

현재 한전에서는 케이블 반송장치에 12CH을, 전력선 반송장치는 1~16CH을 다중화시킨 설비를 설치 운영하고 있으며, 이런 반송장치는 컴퓨터 on-line, 전력설비의 원격감시, 원격 제어는 물론 발·변전소간 급전 및 업무연락용 회선으로 사용되고 있다.

전력선 반송장치는 전국에 걸쳐 망형태로 구성되어 있는 송전선을 정보전송로로 이용하므로 몇가지 장점을 가지고 있다. 첫째로 통신로를 따로 설치할 필요가 없다는 점과, 둘째로 송전선은 천체지면이나 기타 장애물에 일반 케이블 전송로 보다 강하다는 점이다.

그러나 고압의 60Hz 전기가 흐르는 전력선에 음성이나 데이터 신호를 결합시키고 분리해 내기 위하여 옥의 장치(wave trap, coupling capacitor, coupling filter 등)를 설치해야 하는 단점이 있다.

5. 광통신 설비

광섬유가 가지는 각종의 우수한 특성을 이용하여 최근 다방면에 있어서 광기술 응용 시스템의 실용화가 추진되고 있는데, 특히 발·변전소나 송·배전 선로등이 많아 전자기적으로 통신에 불리한 조건을 갖는 전력회사에 있어서는, 광섬유가 갖는 여러가지 특징중에서도 무유도 특성이 장점으로 부각되어 그 도입이 적극적으로 행하여 지고 있다.

전력회사에서 사용하는 광통신 전송로는 전력공급을 위하여 설치되어 있는 송·배전 선로를 지지물로 이용하면 별도의 관로구성이나 지지물 설치가 필요없기 때문에 건설비용과 공기를 대폭 줄일 수 있어 경제

적이다.

1980년도 부터 국산 광케이블에 의한 현장시험에 성공한 이래 송전선을 이용한 광섬유 복합가공지선, 전력선 권부형 광케이블등을 포설해가고 있으며, 그 용도 및 설치 구간에 따라 단파장 또는 장파장의 광섬유가 사용되고 있다.

또한 전력설비가 밀집해 있는 발·변전소 구내의 계측·제어 시스템에는 광통신 기술을 응용하는 것이 바람직하다. 발·변전소 구내 계측·제어의 광 total system화의 1 단계로 광 데이터 전송 시스템을 제작 SCADA(supervisory control and data acquisition)에 연결하여 사용하고 있다. 이 시스템은 광섬유를 전송매체로 하여 차단기의 상태 데이터 취득 및 제어정보를 전송하므로 전송로상의 전자기 간섭 및 써어지 등에 의한 영향을 받지 않기 때문에 신뢰도가 향상되어 고품질의 데이터전송이 가능하고, 전력 설비의 운용에 관한 정보를 다중화하여 전송할 수 있어 개개의 설비에 소요되는 감시·제어용 케이블을 절약할 수 있어 경제성도 기대되며 유지보수 및 신·증설이 용이한 이점이 있다.

6. 전산 및 OA설비

우리 공사의 전산 주설비로서는 자재, 인사, 재무, 회계, 기타 특수업무의 전산처리를 위하여 본소 및 전산지원실의 IBM 호스트 컴퓨터를 중심으로 하여 광주, 대전, 대구, 부산, 강릉등의 전산지소와 각 사업소간에 전력정보통신망이 구성되어 있다.

또한 teletex, fax, CATV, 워크스테이션 등 다종 다양한 OA기기가 설치되고 있다.

7. 자동화 설비

전력계통이 복잡하고 대용량화 됨에 따라 종래의 수동방식으로는 전력설비운용이 불가능하게 되어 컴퓨터 기술이 응용된 각종 자동화시스템들을 도입 운용하게 되었다.

현재 한전의 각 분야에서 운용되는 자동화 시스템들을 분류하여 보면 대략 다음과 같다.

(1) 발전소 자동제어시스템

(2) 전력계통운용 자동화시스템

- 중앙급전자동화시스템 (ALD : automatic load dispatch system)
- 변전소 원방감시제어시스템 (SCADA : supervisory control and data acquisition system)
- 지중배전계통 SCADA시스템
- 한강계수력 자동화시스템 (TADA : telecontrol and data acquisition system)

(3) 빌딩자동화시스템 (BAS : building automatic system)

이상과 같은 자동화시스템 이외에 기존 ALD시스템을 종합자동화시스템인 EMS (energy management system)로 대체하여 운용할 예정이며 또한 배전자동화시스템 (ADS : automated distribution system)도 현장 실증 시험용으로 설치중에 있다.

배전자동화시스템의 이용률과 부가 가치를 높이기 위해 선로개폐기의 원방감시 제어 기능 (feeder automation) 이외에 선로전압 및 부하전류를 원격계측하는 기능 (telemetry)도 시험할 예정이다. 특히 최근에 관심이 집중되고 있는 자동원방점침시스템 (AMR : automatic meter reading)과 선진 외국에서는 이미 오래전부터 운용하고 있는 부하관리시스템 (DLC : direct load control)도 동시에 실증시험을 추진하여 처음부터 배전계통의 종합자동화시스템이 될 수 있도록 하는 연구를 추진중에 있다.

8. 전력선 반송보호 계전단국장치 (carrier protection relaying set)

154KV 송전선계통이 직접 접지방식으로 변환됨에 따라 사고시에 순간사고 전류가 과대하게 흐르게 되어 계통사고시 사고구간의 고속차단 및 사고의 파급효과를 극소로 억제하여야 하게 되었다.

그리하여 154KV 송전선계통의 완벽한 보호를 위하여 전력계통 보호 정보의 상호교환에 의한 방향비교방식인 전력선반송 보호계전기 시스템을 채택하게 되었다.

345KV 송전선 가압운전과 함께 우리나라도 초고압 송전시대가 도래하여 방향비교방식을 제 1 보호로 하고 전송차단방식을 제 2 보호로 하여 2중보호를 하게 되었다. 전송차단 방식이란 평상시 가드 (guard) 신호를 송출하나 송전선에 고장이 발생할 경우 트립 (trip) 신호로 전환되어 송출함으로써 확실하게 계통보호를 수행할 수 있는 방식이고, 방향비교방식은 방향성을 가진 계전기 및 고장검출 계전기등에 의해 얻어진 정보를 반송신호로 전달함으로써 송전계통 사고의 파급을 방지하는 전력정보 전송장치이다.

9. 송전선 고장점 표정장치 (fault locator)

송전선 계통의 사고에 의한 장시간의 정전으로 수용가에 끼치는 불편을 다소나마 해소하기 위해서는 송전선고장의 복구가 신속히 수행되어야 하므로, 송전선로 사고시 사고지점을 신속히 파악할 수 있는 송전선 고장점 표정장치의 설치가 필요하게 되었다.

그리하여 설치운용하고 있는 서어지 수신방식인 P형

fault-locator는 송전선로의 사고시 발생하는 서어지를 양단국에서 수신하여 각 도착 시간차에 의한 표정거리를 주장치에서 계산 표정하는 방식으로 주요 송전계통에 설치운용 중이다.

최근에 디지털 전자회로와 마이크로 프로세서가 광범위하게 응용됨에 따라, 송전선로 사고시 보호용 CT 및 PT에서 입력되는 전압과 전류를 이용하여 마이크로 프로세서에서 고장거리를 계산하는 새로운 표정방식인 임피던스 측정방식 fault-locator가 시험 운용중에 있다.

III. 전력정보전송기술

한전내의 정보통신설비는 앞에서 기술한 바와 같이 교환기에서부터 특수전자장비 (fault locator)에 이르기까지 수많은 종류가 있으며, 이러한 전자, 통신 컴퓨터기기의 역할과 중요성에 대한 인식은 매우 높아지고 있다. 한편, 이러한 설비중 전력사업체내에서만 사용되고 있는 특수 정보전송설비인 전력선 반송장치와 광전력 복합선로에 대해서 간단히 소개한다.

1. 전력선 반송설비

(1) 개요

전력선 반송설비는 정보 전송로로서 전력선을 이용하므로 전력사업체만이 가질 수 있는 특유의 정보 전송 설비로서 널리 사용되고 있다.

그러나 전력선은 어디까지나 전력의 수송을 목적으로 건설되었기 때문에 고주파 전송용으로 사용하기 위해서는 일반의 반송 전화에서 볼 수 없는 부가 장치가 필요하나 그 밖에는 일반 통신선 반송장치와 비슷하다.

전력반송회선의 잡음으로 특히 고려해야 할 것은 전력선의 고장이나 차단기 개폐서지에 의한 잡음이다.

이들의 잡음은 충격성잡음으로서 보호계전장치나 고장점표정 장치, 자동화설비 등과 같은 경우 데이터 전송시 고장이 발생하면 극히 짧은시간의 장애라도 중대한 영향을 주므로 출력을 올리든가 점유주파대역을 좁힌다든가 혹은 변조 방식을 잡음이 강한 방식으로 한다든가 복잡한 신호방식등으로 해서 지장을 가능한 한 적게 받도록 하고 있다.

(2) 전력선 반송의 회로구성

1) 결합장치

반송단국장치의 고주파 세력을 전력선에 결합하여 증척시키거나 상용 주파수 60Hz를 저지하고 반송파 세력만을 수신하는 장치를 결합장치라 하는데 두 중

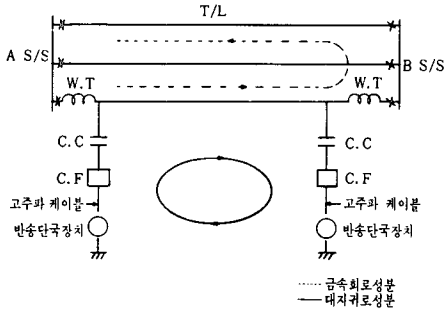


그림 1. 전력선 반송회로 구성도

류의 결합 방식이 있다.

결합방식 { 안테나 결합방식
 축전기 결합방식 } 동조형
 필터형

상기 두가지 방식중 안테나 결합 방식은 결합상 여러가지 제약을 받고 결합능률이 나쁘므로 우리공사에서는 사용하지 않고 축전기 결합방식을 채택하고 있으며 이 방식은 동조형과 필터형이 있으나 동조형은 복잡한 송전제통과 회선 다중화에 따른 광대역 주파수 배치의 경우에는 동조시키기가 어려워 필터형 결합 방식을 사용하고 있다.

결합 방식은 C. C와 변성기형 band filter로 구성되어 반송파를 결합시키는 방식이다.

○ 결합축전기 (coupling capacitor)

결합 축전지는 송전선의 특고압이 직접 C. C에 걸리므로 절연 강도는 송전전압에 충분히 견딜 수 있음은 물론 전송 손실이 적고 정확한 정전용량을 가져야 한다.

○ 결합여파기 (coupling filter)

희망하는 주파수만을 통과시키어 타계통으로 부터 누화나 간섭을 방지하는 한편 선로와 기기측의 임피던스를 정합시키는 역할을 한다.

통과주파수 대역은 50~450KHz내에서 지정한 주파수로 하고, drain coil, 방전갭 (gap)이 있는 switch box 내에 설치된다.

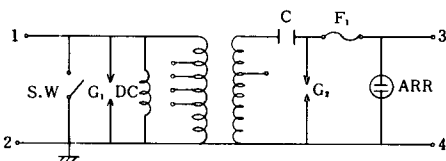


그림 2. 결합장치 회로도

2) 고주파 섀류 선류 (wave trap)

고주파 섀류 선류는 전력선에 직렬로 삽입되어 상용 전원 주파수는 무손실로 전송하고 반송파 전류가 모선으로 유입하지 못하도록 하기 위한 유도성 권선으로 나연동연선 (ACSW)이나 알미늄전선 (Al)을 사용하며 내부에는 충격전압에 대한 보호용 피뢰기 및 동조장치를 내장시켜 병렬 동조의 기능을 갖고 있다. 주선류에 내장되는 모든 금속은 자력선에 의한 열 발생을 막기 위하여 비자성체로 되어 있다.

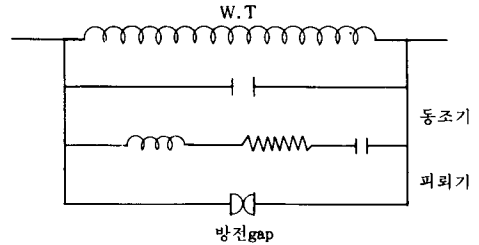


그림 3. 고주파 섀류 선류

(3) 전력선 반송의 용도

- 1) 발·변전소 및 관련 사업소간의 전화(업무 및 급전연락)
- 2) Fax, teletex, TTY 등의 데이터 전송
- 3) 전력계통용 자동화 시스템의 정보 전송
- 4) 전력계통 보호 관련정보의 전송
- 5) 송전선로 고장점 표정 관련 정보 전송

이와 같이 전력회사내의 각종 정보 전송로로서 그 역할을 다하고 있다. 특히 공중 전기통신망이 미흡한 산간벽지에 위치한 전력사업소(발·변전소)간의 업무 연락이나 데이터 전송에 큰 기여를 하고 있으며 송전선로가 있는 곳에는 어디든지 결합장치를 부가하여 정보 전송로를 구성할 수 있는 장점이 있다.

그러나 사용주파수의 한계나 전송용량 및 품질보증 등의 문제점도 가지고 있다.

2. 광·전력 복합전송기술

전력선 반송은 전력선로에 고주파 신호를 중첩시켜 보냄으로서 정보 통신에 사용하기 위한 것이었다. 그러나 광·전력 복합전송기술은 송전선로 자체를 광섬유 케이블의 지지물로 이용하려는 특수공법이다.

이것은 광섬유의 특성중 세경, 경량 및 무유도성을 전력사업체에서 최대한 활용하여 고속정보 전송로를 확보할 수 있는 획기적인 방안이다. 따라서 전선로 유

지보수 운용에 관한 원격감시, 제측제어는 물론 전력 설비의 효율적인 운전과 전력계통보호의 신뢰도를 더욱 향상시킬 수 있다.

또한 발·변전소를 중심으로 구성되어 있으므로 각 사업소간의 전력정보 전송로 확보에 매우 편리하다.

(1) 광섬유 복합 가공지선 (composite overhead ground wire with optical fiber)

1) 개요

광섬유 케이블을 전력선로와 복합 제조하여 설치비를 줄이고 전력전송과 정보전송을 한가닥의 선로로 제공할 수 있는 기술이 실용화되고 있다.

이때 광섬유 유니트를 송전선이나 배전선로 어느것에 복합해도 기술상 문제점은 없으나 경제적 효과와 신뢰도를 향상시키기 위해서는 아무래도 송전선로의 가공지선에 복합하는 것이 실용적으로 가장 유리한 것으로 평가되어 국내 제조품으로 실용화 되었다.

가공지선은 송전 선로를 낙뢰로부터 보호하기 위해 송전선로 위에 설치되는 접지선이다.

따라서 이 가공지선 내부에 그림 4 와 같이 내열성이 높은 광섬유 케이블을 복합하여 장거리 고속 디지털 전송망을 구성할 수 있다.

2) 구성

가공지선에 광섬유를 복합하는 방법은 여러가지 형태로 생각할 수 있으나 기존 가공지선의 외형이나 물리적 특성을 변화시키지 않고 광섬유를 보호할 수 있는 내장복합형 (built-in type) 이 권장되고 있다.

이외에도 광섬유 케이블을 송전선이나 가공지선에 매다는 방법도 생각할 수 있으나 이것은 항장력의 보장과 광섬유의 손상 문제가 있어서 잘 사용하지 않는다.

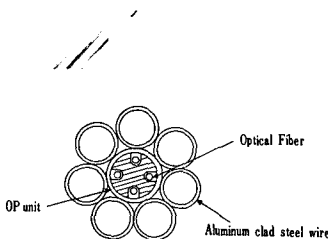


그림 4. 광복합 가공지선 외관 및 단면도

그리하여 가공지선의 중심부에 경 알루미늄 파이프를 두고 그 안에 광섬유 유니트를 내장시킨다. 이 경우에도 파이프내의 광섬유 수용방법에 따라 광섬유만을 교체할 수 있는 인입형과 광섬유를 파이프내에 고정시키는 고정형이 있다.

한전의 광섬유 케이블은 도심지내의 지중포설외에 고정형 광섬유 복합 가공지선(OPGW)이 널리 포설되고 있다.

3) 용도

가) 발·변전소간의 정보 통신용

① 전력계통과 설비의 동작조건 관측, 제어 및 보호

② 무인 변전소의 원격 제어신호등

나) 송전선로에 대한 각종 정보 파악

① 전선의 장력 및 온도 검출

② 풍향, 풍속, 습도 및 적설량 등 주변환경변화

③ 낙뢰정보(철탑위치 및 상태)

④ 전송설비의 결합 검출(선로 단선 지점, 애자결합 및 오염상태등)

⑤ 선로 유지 보수를 위한 전화, 비디오 신호 전송

⑥ 무인 변전소 상태 감시

⑦ 철탑에 부착된 항공장애등 고장상태 정보

등을 전송하는 전력정보 기간 전송망이 될 것이다. 그리하여 전력회사내에서도 디지털 종합서비스 통신망이 구축될 전망이다.

(2) 권부형 광케이블 (helicly wrapping fiber optic cable)

1) 개요

권부형 광케이블은 기존의 가공지선이나 송전선의 상도체(phase conductor)에 광섬유 케이블을 나선형으로 감아서 포설하는 새로운 방식이다. 이때 송전선은 전력전송을 위한 도체와 광섬유 케이블을 위한 지지선로로 겸용된다. 따라서 권부형 광케이블은 기존 전력선에 그대로 설치할 수 있다.

2) 구성

권부형 광케이블은 그림 6 과 같이 내압, 내열, 항장력등이 우수한 nontracking 재질로 피복한 특수 광섬유 케이블로서 송전선로에 권부(wrapping)시켜 충분한 신뢰도를 확보할 수 있도록 설계 제조되었다.



그림 5. 가공전력선에 권부형 광 케이블을 감은 형태

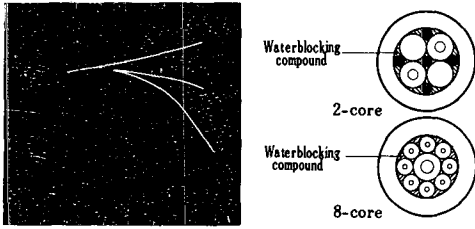


그림 6. 권부형 광 케이블 외관 및 단면도

광케이블이 송전 선로를 감싸면서 나선형으로 감기 게 되므로 인하여 생기는 송전선로 표면적 증가분은 총면적에 비하여 미미한 정도이므로, 전체적인 풍압하 중에는 큰 영향을 미치지 않고, 오히려 광케이블에 의한 스파이럴(spiral)이 송전선로의 진동이나 소음, 착빙설 등을 감소시키는 작용을 한다.

3) 용 도

권부형 광케이블도 OPGW와 같이 전력정보 종합서 비스 통신망을 구축할 수 있는 고속 디지털 전송로로 사용될 수 있다.

단지, OPGW에 비해 국내 기술축적이 미흡하여 지속적인 연구시험이 필요하다. 또한, 권부형 광케이블은 송전선로, 가공지선, 배전선로를 막론하고 필요한 구간에 정보전송로를 구성할 수 있는 장점이 있어 장래에는 OPGW와 더불어 전력정보 전송로로서 크게 기여하리라 본다.

IV. 맺 음 말

전력의 비저장성과 수요공급의 동시성 및 복잡 다양한 설비의 분산성등으로 전력정보통신의 역할은 전력 제통 못지않게 중요하고, 그 범위도 넓다.

전력의 수급조절, 품질감시, 사고예방과 조기수습 및 효율적인 경영활동을 위해 종합전력정보통신망을 구축 하고 전력제통운용 종합자동화시스템과 사무자동화를 선도해가야 한다. 그러기 위해서는 한전내의 基幹통신 망의 디지털화, 설비운전자동화 및 전산설비의 확충, 광통신 및 광전자 응용기술의 축적, 정보통신 뉴-미 디어의 조기정착, 신기술 도입 및 연구개발에 중점적 인 투자를 하여야 할 것이다.

지금까지 소개한 전력정보 통신시스템과 특수 전송 설비에 대한 내용은 시스템 자체의 규모나 구성에 비 해 매우 간결하였다.

전력회사내에서는 그밖에도 수많은 전자, 통신컴퓨터 설비등이 이용되고 각 단말 기기간의 정보전송량이 폭발적으로 늘어가고 있다.

따라서 전력정보 전송에 대한 산학계의 적극적인 지원이 기대된다.

參 考 文 獻

- [1] 이원빈, 우희곤, “전력정보통신 개요,” 전기학회지, pp. 387-394, 1987. 6.
- [2] 전자통신처, “전자통신 업무편람,” 한국전력공사.
- [3] 윤용석, “전력산업에서의 에너지 관리 시스템 구축,” 대한전기학회 하계학술회의, pp. 35-40, 1986. 7.
- [4] 이용해, “계층제어 방식의 전력정보통신 시스템,” pp. 280-291, 한국통신학회지 제 4 권 제 3 호, 1987.
- [5] 신건학, 우희곤, “電力通信用 複合 케이블,” 대한전기협회지, pp. 35-40, 1987. 12.
- [6] 신건학, 이원빈, 조흥근, “전력회사에서의 광통신 이용방안 연구,” 한전기술연구원, 1984. 12.
- [7] 조흥근, “전력회사에서의 광통신 이용방안 연구,” 한전연구발표 논문집, pp. 503-527, 1986.
- [8] Richard D. Sperduto and Mike K. Mitchell, “Installation experience with a fiber optic cable helically wrapped around a RG & E cooperation 115KV phase conductor”
- [9] K. Yoshida, T. Ikeya, Y. Kamata, Y. Miyajima, “Winding of optical fiber cable onto existing ground wire” 472 International Wire and Cable Symposium Proceeding 1986.
- [10] J.C. Baker and S. Clift, “The strain budget in the rayfos system” 1984. 4
- [11] Technical paper, “Improvements in non-tracking materials” 7th IEEE/PES Conference and Exposition on Transmission and Distribution, April 1979.
- [12] R.J.T Clabburn, L.J. Allen, R.J. Grimood, “Extending and upgrading communications capabilities whitin utilities using fiber optics and the existing distribution network”.*