

OPNW를 이용한 배전선로 원격화상 감시시스템 구축

오면택, 이승배
한국전력공사

Establish the remote portrait supervisory system of distribution line using OPNW

Myon-Taek Oh, Seung-Bae Lee
KEPCO

Abstract - OPNW, which takes charge of the outer neutral wire role and the inner optical network role, was developed at the first time among nation and substituted the neutral wire of distribution line between electric power substation and neighboring station. This paper refers to results about its optical character measured periodically, and examines closely whether the unique matter will be occurred or not about the role of neutral wire during more than one year.

Also, established OPNW became a new chance to distribution facility's working by establishing remote portrait supervisory system and doing remote supervisory about essential equipment of distribution line.

1. 서 론

배전IT 기술의 발달과 더불어 전력통신망의 수요는 폭발적으로 증가하고 있으며, 통신망의 품질도 지속적인 향상이 요구되고 있다. 그러나 자체 배전용 통신망을 확보할 수 없는 상황에서 지속적으로 통신회선 임차비용이 증가하고 있으며, 통신망에서 발생하는 고장의 대부분이 임차회선의 장애로 인한 고장으로 고품질 전력통신망의 운영에 커다란 장애로 대두되고 있다.

또한 배전선로에 시설된 공개선로의 사회 환경 문제가 대두됨에 따라 배전설비를 가장 친환경적으로 미려(美麗)하게 구축하라는 요구가 증가 될 뿐만 아니라 고품질의 전력통신망의 확보 필요성은 점점 증대되고 있다. 이러한 시대적인 요구에 부응하여 광섬유 복합가공 중성선을 국내 최초로 개발하고 현장에 시범 적용하여 광케이블에 대한 특성 시험과 중성선의 역할 수행에 따른 이상 발생 여부를 면밀히 검토하였으며, 원격화상 감시시스템의 다양한 시험운용을 통해 효과적으로 배전설비를 운영할 수 있는 활용 가능성을 확인하였다.

2. 광섬유 복합가공 중성선

2.1 개발배경

전력사업에서는 다양한 형태의 정보통신망 구축에 대한 요구가 증대되고 있으며, 이러한 요구에 부응하기 위하여 송전선에는 20년 전부터 OPGW(광섬유 복합 가공지선)를 개발·구축하여 전력통신, 계통보호 및 송변전 자동화(SCADA)망에 유용하게 사용하여 왔다. 반면 최근 배전설비의 IT화로 통신망을 기반으로 하는 기술이 증가하고 있으나 자체 통신망 미확보로 임차회선이 증가함에 따라 배전설비의 안정적 운영을 위한 고속화된 광대역 전력 자가통신망 확보에 대한 필요성이 대두되고

있다.

이와 관련된 사업의 일환으로 '95년경부터 배전주에 CATV망을 부가 시설하여 사용하였으나 통신사업 구조 조정으로 통신 자회사에 모두 현물출자 되었다가 매각되었다. 따라서 현재 배전자동화에 필요한 전력통신망을 임차하여 운영함으로써 수백억원의 회선사용료를 통신사업자에게 지불하고 있으며, 매년 배전설비의 증가 및 기술의 발달로 임차비용이 급격히 증가하고 있다. 또한, 임차회선으로 인한 설비의 고장률이 높아짐에 따라 첨단 배전IT기술 운영에 적합한 신뢰도를 갖춘 배전 자가망의 구축이 절실히 요구되고 있는 실정이다.

뿐만 아니라, 생활환경 개선의 일환으로 배전선로의 지중화가 지자체의 핵심사업으로 점차 확대되고 있는 시기에 배전선로에 시설된 공가는 주변 환경에 악영향을 미치고 있어 공개문제를 근본적으로 해결할 수 있는 방안이 요구되고 있다.

OPNW는 배전선로를 이용하여 시설하는 타 광케이블에 비해 중성선을 대체하여 시설함으로써 배전설비를 가장 미려(美麗)하게 친환경적으로 구축할 수 있을 뿐만 아니라 경제적이고 효과적인 전력통신망을 구축할 수 있을 것으로 사료되어 본 OPNW를 국내 최초로 개발하고 현장 시험 적용하였으며 전국적인 확대 시설이 기대된다.

2.2 OPNW의 구조

배전선의 가공지선과 중성선은 전력을 공급하는데 필수적인 전력설비로서 이를 개선하여 고부가가치화하기 위한 독자적인 기술개발이 활발히 진행되고 있다. OPNW는 전력설비의 고유기능을 담당하며 통신기능도 가능하도록 개발한 전력설비의 고부가가치화를 위한 개선방안이다. OPNW는 가공지선에 광케이블을 내장하는 방법과 다중점지 중성선에 광케이블을 내장하는 방법이 있는데 여기서 개발한 방법은 중성선의 내부에 광케이블을 내장한 방법으로 이를 OPNW라고 부르며, 기존의 중성선과 OPNW의 내부 단면도는 그림1과 같다.

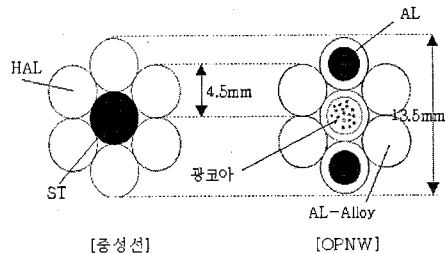


그림1. 중성선과 OPNW의 내부 단면도

OPNW는 기존 중성선의 중심 스틸 대신에 24코어의 광케이블이 내장된 튜브를 중심에 두고 기존 중성선의 전기적 및 기계적인 특성을 확보하기 위하여 외곽 6개의 알루미늄합금 중 2개를 알루미늄으로 피복된 스틸로 대체하는 구조로 구성되었다.

광케이블 수요가 많은 구간에서는 48코어의 광케이블이 내장할 수 있도록 설계되어 있어 향후 적절한 활용이 기대된다.

전주의 고압선 밑으로 시설된 접속함과 접속함체 아래쪽으로 보호용 광색판 속에 시설된 OPNW와 샘플 사진은 그림2와 같다.



그림2. 배전선로에 설치된 OPNW

2.3 OPNW의 특성

OPNW를 개발하는데 있어 가장 중요한 사항은 기존의 중성선의 전기적 및 기계적인 특성을 가지고 있어 전력공급에 어떠한 영향도 주지 않도록 설계되고 개발되어야 한다는 것이다. 따라서 OPNW의 외경, 최소인장하중, 최대도체저항 등의 규격은 기존의 중성선의 규격이상으로 설계되었으며, 개발된 OPNW와 중성선의 전기적 및 기계적인 특성에 대한 규격서는 표1과 같다.

표1. OPNW와 중성선 규격서

항목	기존 중성선	OPNW
품명 및 규격	ACSR/AW 95mm ²	Al-covered SSLT OPGW 32 /64-24C
구성	1/45 20%AW + 6/45 HAL	1/45 Op-unit+2/45 40% AW 4/45 52.5% AL-ALLOY
계산단면적	AW : 15.9mm ² , HAL : 95.4mm ²	AW : 31.8mm ² , AL-ALLOY : 63.6mm ²
광섬유 규격 및 심수	-	ITU-T G652C or D, 24C
외경	13.5mm	13.5mm
중량	365 kg/km	367 kg/km
최소인장 하중(RTS)	3,180 kgf	3,840 kgf
탄성계수	7,657 kg/mm ²	7,120 kg/mm ²
선팽창계수	19.9 x 10E-06/°C	19.7 x 10E-06/°C
최대 도체저항 (20°C)	0.285 ohm/km	0.349 ohm/km
최대 단락전류	7.85 kA. 1sec	9.66 kA. 1sec
이도-장력 (*)	0.18m (안전율 : 5.0)	0.18m (안전율 : 6.03)

광섬유 복합가공 중성선은 24코어의 광섬유를 보호용 튜브에 내장하여 전력용 광통신망에 활용되도록 되어 있으며 이들 단일모드 광섬유의 광학적 특성은 표2와 같다.

표2. OPNW단일모드 광섬유심선의 광학적 특성(SMF)

항목	단위	규격치	비고		
손실 계 수	1310nm	dB/km	0.36 이하		
	1383nm		1310nm 기준치 이하		
	1550nm		0.22 이하		
손실균일성			dB	0.05 이하	
파장별 손실차	1310nm	dB/nm	0.05	- 1310nm 기준	
	1550nm		0.03	- 최대값과 최소값의 차 기준	
색 분 산	ps/nm	최대2.8이하	- 파장범위 : 1310nm		
영분산 파장	nm	1300~1322			
편광모드분산 (PMD)	ps/√nm	0.4 이하	- 동일드럼 평균치		
차단파장 (acc)	nm	1260 이하			
차단파장 (acc)	nm	1260 이하			
모드필드직경	μm	9.2± 0.3	- 측정중심파장:1310nm		
모드필드 중심오차	μm	0.8 이하			
클래딩 직경	μm	125± 1			
클래딩 비원율	%	1 이하			
코팅 외경	1차	μm	245± 15		
	2차		900± 100		

3. 원격화상 감시시스템 구축

3.1 시스템 구성도

원격화상 감시시스템은 화상감시카메라, 감시정보표시 장치 및 광전송 장치로 구성되어 있다.

화상감시카메라는 배전선로의 중요개소 및 취약개소를 원격으로 감시하는 화상 촬영장치로써 감시가 용이하도록 광섬유 복합가공 중성선이 설치된 전주의 적당한 높이에 설치된다.

감시정보표시장치는 산업용PC와 PDP로 구성되어 있으며, 설비운영부서의 운영실에 설치되어 원격화상 표시와 제어를 실행하며, 특히 원격조작과 화상정보저장이 가능하다.

광 전송장치는 광영상송수신기로 화상정보를 광섬유 복합가공 중성선을 이용하여 전송하는 역할을 담당하고 있다.

현장에 적용된 중성선을 이용한 배전선로 원격화상 감시 시스템의 구성도는 그림3과 같다.

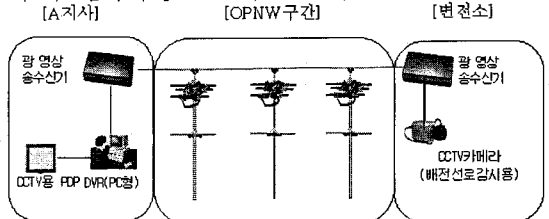


그림3. 원격화상 감시시스템의 구성도

3.2 광영상 송·수신기

광영상 송·수신기는 광섬유 케이블을 이용하여 카메라에서 촬영한 영상신호를 장거리 전송함과 동시에 카메라를 제어하기 위한 데이터 신호를 광케이블 1코어를 이용하여 양방향으로 전송할 수 있도록 되어있다. 광영상 송·수신기의 광학적 및 전기적인 사양은 표3과 같다.

표3. 광영상 송·수신기 사양

분류	항목	특성
광학사양	◇사용 광파장	1310nm(주방향), 1550nm(역방향)
	◇사용 광코어수	1Core
	◇사용 광섬유	Single Mode
	◇최대 광수신감도	-32dBm
전기적 사양 (비디오)	◇전송 대역폭	>6MHz
	◇변조신호	PFM(Pulse Frequency Modulation)
	◇신호크기	1Vp-p
	◇임피던스	75 ohm
	◇DG, DP	<2%, <2
	◇신호대 잡음비	>60dBm
	◇콘넥터	BNC
전기적 사양 (데이터)	◇전송 속도	>100Kbps
	◇신호형식	RS-232, RS-422, RS-485, Current Loop
	◇변조방식	FSK(Frequency Shift Keying)
	◇데이터 오류율	<10 ⁻⁹
	◇콘넥터	D-SUB 15Pin Male

3.3 CCTV용 카메라 및 모니터

배전설비의 전주에 설치된 CCTV용 카메라는 41만 화소로 360° 회전하면서 감시할 수 있고 디지털 줌 기능을 채택할 경우 240배줌까지 가능하며 설비감시 업무에 다양하게 활용이 가능하다. 현장에 설치된 카메라와 감시실에 설치되어 배전주요설비를 감시하는 모니터는 그림4와 같으며, 카메라의 특성은 표4와 같다.

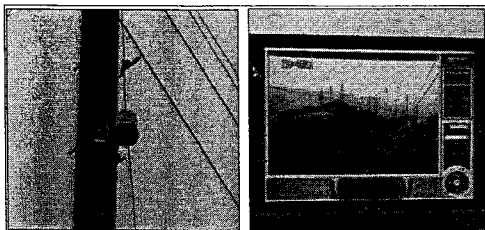


그림 4. 카메라 및 감시모니터

표4. 카메라의 특성

항목	특성
촬영소자	Diagonal 4.5mm(1/4") Color vertical double density interline CCD, 41만화소
총 화소수	811(H) × 508(V)[유효 화소수 : 768(H) × 494(V)]
촬영방식	2:1 Interlace [촬영 주파수 : 15.734KHz(H), 59.94Hz(V)]
영상출력	VBS : 1.0Vp-p, 75Ω composite
S/N비(AGC OFF)	50db (AGC off, Weight on)
통신사양	RS-232C, RS-422/485
디지털 줌	2배~8배 연속줌(Total 240배줌)
초점거리	3.3mm(Wide)~99mm(Tele), 30배
Pan/Tilt각도(속도)	360° (240°/sec)/0° ~ 90° (240°/sec)

4. 현장 적용시험

4.1 OPNW 시설현황

OPNW의 시범적용 구간의 선정은 중장기 배전분야의 광대역 전력통신망 확보전략을 반영하여 영업소와 변전소와의 구간이 비교적 근거리에 위치하고 영업소의 통신망 요구량이 비교적 클 것으로 기대되는 구간을 선정하였다. 이러한 원칙에 따라 시범적용은 3개 구간으로 영업소와 인근 변전소와의 최단 거리를 지나는 배전선로로써 다양한 시험을 실시하기 좋은 장소에 OPNW 5.59km, 비금속 광케이블 2.20km 총 7.79km를 시설하였으며, 총12개소에 접속함을 설치하였다. 구간별 광케이블의 시설현황은 표5와 같다.

표5. 구간별 광케이블 시설현황

구간	단위	광케이블 공장			접속합수
		OPNW	비금속	누계	
A지사-S변전소	Km	1.72	0.51	2.23	4
B지점-Y변전소	Km	1.26	0.8	2.06	3
C지점-T변전소	Km	2.61	0.89	3.50	5
합계	Km	5.59	2.20	7.79	

OPNW를 시설하면서 접속함의 인근 OPNW의 여장을 남기지 않은 것은 자연 친화적으로 시설하기 위한 것으로 배전선로의 공가문제가 사회 문제화 됨에 따른 개선 조치이다.

OPNW는 송전선에 시설되는 OPGW와는 설치환경이 달라 비교적 단거리인 578~704m 마다 접속함을 두어 배전설비의 다양한 환경에 적절히 대응하도록 하였다.

4.2 OPNW 광학적 특성 측정

광섬유 케이블은 외부의 온도변화 및 지락 전압의 발생 등의 주위환경 변화에 광학적 특성을 얼마나 잘 유지하는지가 가장 중요한 사항으로 OPNW의 광학적 특성을 검증하기 위해 1년여 동안 광손실의 변화를 주기적으로 측정한 후 OPNW의 광학적 특성을 분석하여 검증해 보았다.

OPNW를 국내최초로 제조하고 공장에서 다양한 광학 특성을 측정할 결과, 우리의 설계기준을 만족하였다. OPNW의 광손실을 측정하기 위한 계측기로는 Anritsu사의 MW9060A 광시험기(OTDR)를 사용하였고, 측정장비는 그림5와 같다.

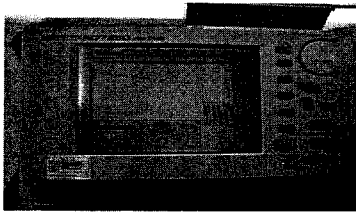
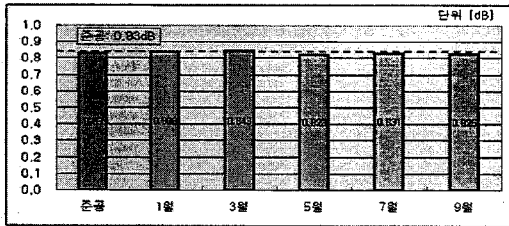


그림5. 광 손실 측정 장비

4.3 OPNW 측정결과 및 분석

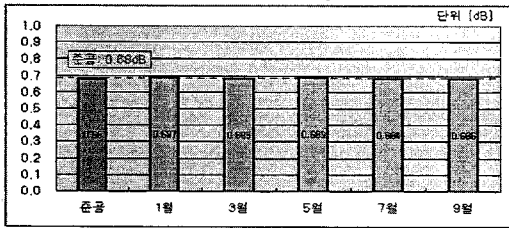
OPNW를 국내 최초로 개발하여 배전선로의 3개 구간에 설치하고 구간별 준공시험('07.12.19~12.21 3일간 초기시험)후 2달에 한번씩 광케이블 손실 측정을 실시하였으며, A지사와 S변전소 간 광케이블의 손실 측정 결과는 표6과 같다.

표6. A지사-S변전소 월별 손실측정 결과



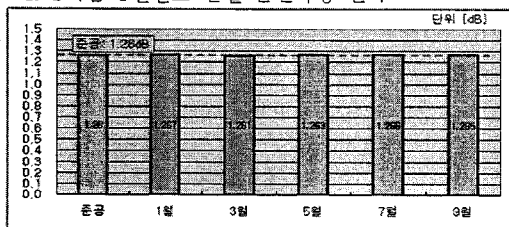
A지사와 S변전소간 설치를 완료하고 초기 설치시 광 손실 측정값은 0.83dB이었고, 격월로 측정한 결과 최대 0.843dB와 최소 0.823dB로 변동사항이 거의 발생하지 않았으며 측정치의 -0.007 ~ 0.013dB 차이는 측정시 발생한 오차로 사료된다. B지점과 Y변전소 간 측정한 광케이블의 손실값의 측정 결과는 표7과 같다.

표7. B지점-Y변전소 월별 손실측정 결과



B지점과 Y변전소간 OPNW를 시설을 완료한 후 초기 설치시 광케이블의 손실 측정치는 0.68dB이었고, 격월로 측정한 결과 최대 0.689dB와 최소 0.684dB로 거의 변동이 발생하지 않았으며, 0.004~0.009dB의 측정 차이는 측정시 발생한 광손실의 오차로 사료된다. C지점과 T변전소 간 광케이블의 광손실의 측정 결과는 표8과 같다.

표8. C지점-T변전소 월별 손실측정 결과



C지점과 T변전소간 OPNW를 준공하고 초기 설치시 광손실의 측정치는 1.26dB이었고, 격월로 측정한 결과 최대 1.267dB와 최소 1.261dB로 거의 손실의 변동은 발생하지 않았으며, 0.001~0.007 dB의 차이는 측정시 발생한 오차로 사료된다.

4.4 시스템 운용 결과

OPNW를 운용중인 배전선로의 3개 구간에 적용하고 '07. 12월부터 현재까지 실 운용결과 전력공급에 필수적인 중성선의 역할에 특이사항은 전혀 발견되지 않았으며, 특히 OPNW가 시설된 장소에 대한 정밀 순시를 실시한 결과 OPNW의 외부에 지락전압 등에 의한 이상도 전혀 발견되지 않았다.

또한 광케이블을 중성선의 중심 보호용 튜브에 넣어 외관상으로 기존 중성선과 동일하게 구성함으로써 주변 환경에 가장 친화적으로 광통신망을 확보할 수 있게 되어 공가의 사회문제를 효과적으로 해결할 수 있을 것으로 보여 전국 사업소에 확대 시설이 기대된다.

원격화상 감시시스템은 3개 영업소 감시실에 각각 설치되어 1년여 기간 동안 주요 배전설비를 원격에서 제어하면서 감시하였다. 특히, 카메라의 360°회전과 줌기능 등 시스템의 다양한 기능을 이용하여 배전설비를 원격에서 신속 정확하게 감시할 수 있어 효율적인 배전설비 운용에 새로운 계기를 마련하였다. 이번 감시시스템의 시험운용을 통해서 주요 배전설비 및 취약설비에 대한 원격화상 감시설비 도입이 효과적임을 확인하였다.

5. 결 론

OPNW를 국내 최초로 개발하여 배전선로에 시설하고 광섬유케이블의 광학적인 특성을 주기적으로 1년여 기간 동안 측정하였다. 측정 결과 07. 12월부터 08. 9월 까지 사계절 동안 손실변화는 거의 발생하지 않았으며 배전자동화 등 설비 자동화용 고품질 통신망으로 활용하는데 문제가 전혀 없음을 확인하였다.

또한, 광섬유 케이블을 이용하여 원격화상 감시시스템을 구축하고 배전선로의 중요시설에 대한 감시와 제어 등을 통해서 다양하게 운용하여 보았다.

이러한 현장 적용시험을 통해서 OPNW가 배전선로의 중성선의 역할을 수행하면서 고품질의 전력통신망을 효과적으로 제공할 수 있음을 확인하였다.

따라서 배전 IT기술의 발달과 함께 폭발적으로 증가하고 있는 전력통신망의 수요에 효과적인 대처방안 개발로 임차회선 통신비를 대폭 감소시킬 수 있을 뿐만 아니라 전력계통 운영에 필요한 안정적인 통신망 구축방안을 제시함으로써 최고 품질의 전력을 공급하는데 크게 기여할 것으로 기대된다.

또한 배전선로를 자연 친화적이고 미려하게 구축할 수 있는 기반기술을 확보함으로써 국가문제 해결에도 크게 기여할 것으로 기대된다.

[참 고 문 헌]

- [1] 이승배, "중성선을 이용한 전력IT용 정보통신망 구축시행", 한전 충북지사 보고서, 2007.11
- [2] 배전계획처, "배전설비 시공기준(가공)", 한국전력공사, 2007.11
- [3] 중앙교육원, "신입사원입문반 배전분야", 한국전력공사, 2007.11
- [4] 박금서 "OPNW 시험성적서", LS전선, 2007.10