

## Development of Integrated Composite Suspension wire with Optical Fiber

손영철<sup>†</sup> · 최현범<sup>\*</sup> · 김병직<sup>\*\*</sup> · 김영택<sup>\*\*\*</sup> · 윤경진<sup>§</sup>

(Young-cher Sone · Hyun-beom Choi · Byung-Jik Kim · Young-Tak Kim · Kyoung-Jin Yun)

**Abstract** - The thesis here by shows that the extant suspension wire, which is stretched between electric poles to support a variety of communication wires, can be replaced by specially-redesigned cables called OPSW(Composite Suspension Wire with Optical Fiber) which have been devised for the first time in the world so that the functions of both communication and support can be united into one cable which is sure to be successfully installed on site, hence leading to outstanding effects that it can sharply reduce the load applied to electric poles as well as the cost of forthcoming constructions and that it can accordingly make a great contribution to the building of Smart Grid network.

**Key Words** : AS wire, OPSW, OPGW, OPNW, Smart grid

### 1. 서론

최근 정부는 저탄소 녹색성장(CO<sub>2</sub> 배출 감축) 및 신 성장동력 창출하기 위하여 기존 전력망에 IT를 접목하여, 전력공급자와 소비자가 양방향으로 실시간 정보를 교환함으로써, 에너지 효율을 최적화하는 Smart Grid 사업을 적극적으로 추진하고 있다. 이 사업이 성공적으로 수행되기 위해서는 스마트 시스템 구현과 더불어 고품질, 저비용, 보안성이 뛰어난 지능형 통신망 확충이 매우 중요하다. 특히 전력망과 소비자간 통신망 구축에 필수적인 배전전주는 이미 기간통신사업자 광케이블로 포화 시설 되어 있는 상태이며, 이로 인해 도시미관이 심히 저해됨과 동시에 자가 전력 통신망도 추가 시설할 수 없는 상태이다. 이러한 상황을 개선하고자 한국전력(KEPCO)에서 2005년 이후로 배전선로의 가공지선을 활용한 통신망(OPGW), 중성선을 활용한 통신망(OPNW), 통신조가선을 활용한 통신망(OPSW)을 개발하여 시범적용 해온 바 있다.

본 논문은 전주와 전주사이에 설치되어 다양한 통신선의 지지기능을 수행하는 기존의 조가선을 세계 최초로 광섬유복합 조가선(OPSW, Composite Suspension Wire with Optical Fiber)형태로 재고안함으로써 통신기능과 지지기능을 일체화 하여 현장에 성공적으로 시공함으로써 향후 건설비용 절감 뿐만 아니라 전주에 부가되는 하중을 획기적으로 감소시켜 Smart Grid 통신망과 배전분야 자동화 구축에 큰

기여를 할 수 있게 되었다.

### 2. 통신조가선

#### 2.1 배전전주 통신조가선

조가선이란 그림 1과 같이 지지물(전주) 공간에 통신케이블을 지지하기 위하여 설치하는 아연도 강연선(규격: 7/2.6mm 이상)이다.

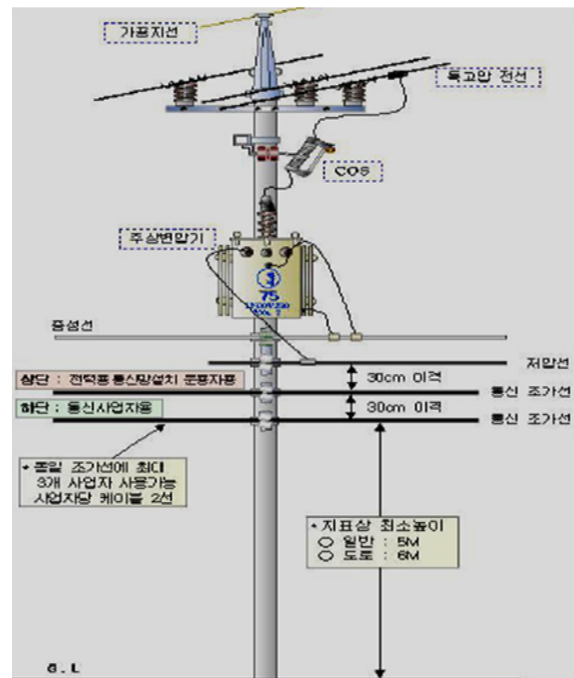


그림 1 배전전주 통신조가선 구성도

Fig. 1 A schematic presentation of communication suspension cables on an electric pole

<sup>†</sup> 교신저자, 정회원 : 한국전력공사 제천건설소 통신차장

E-mail : gosend@kepc.co.kr

\* 비회원 : 폰시스템(주) 대표이사

\*\* 비회원 : 카베온(주) 대표이사

\*\*\* 비회원 : 대한전선(주) 통신공장장

§ 비회원 : 한국전력공사 인천본부 배전차장

접수일자 : 2011년 1월 31일

최종완료 : 2011년 5월 17일

설치는 배전 전주의 저압선 하단에 30 cm 간격으로 2조로 시설하고 암타이밴드, 지선밴드로 고정한다. 이때 배전전주 경간 50 m 기준으로 0.4 m 이도 유지한다. 시설기준에 따르면 동일 조가선에 최대 3개 사업자가 사업자당 케이블 2선까지 사용이 가능하다. 이때 전주안전율을 고려하여 조가선당 통신케이블 6선(상,하 12선)까지 최대로 시설할 수 있도록 규정하고 있다.

**2.2 기존 통신조가선의 문제점**

현 조가선에는 통신사업자용 광케이블이 포화되어 있어 전력자동화 통신망 구축이 불가능한 문제가 있다. 이로 인해 당면 현황인 Smart Grid 시스템 구축이 어렵고, 또한 통신사업자의 부적합 공가 통신시설이 60만기에 이르는 등 도시미관 저해 또한 심각하다.

**표 1** 배전전주 공가 증가 현황

**Table 1** A table showing annual number of electric poles used for overhead cables.

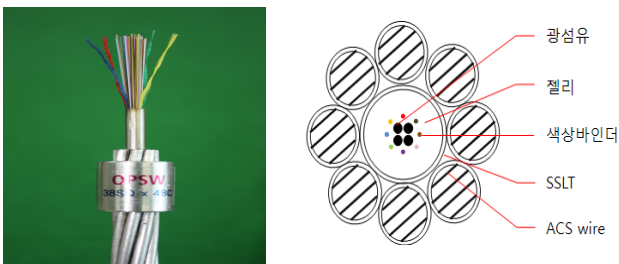
단위 : 만기

구 분	'06년	'07년	'08년	'09년	'10년
가공전주	570	789	805	821	834

또한 통신사업자는 통신케이블 시설 및 유지관리를 영세 통신업체에 다시 맡김으로써 관리가 부실해 지고 일부업체는 야간 또는 휴일에 무단 시설함으로써 허용기준을 초과하는 부적합 공가 통신케이블이 발생하고 있다. 실제 피해 발생 사례로는 조가선 허용장력 초과로 인한 전주 파손이 있다. 또한 전력통신망 부재로 인해 조가선에 무단 공가 작업시 원격에서 실시간 감시할 수 없고, 전력설비에 차량 충돌 등으로 도괴가 발생할 경우 사전 감지 및 확인이 불가능하다. 이를 위해서는 일반 광통신케이블(OFC)이 아닌 진동시 감시할 수 있는 전용 광케이블 시설이 필요하며, 전선도난, 전력설비 피해상태를 원격에서 감시할 수 있는 시스템 구축이 필요하다.

**3. OPSW 개발**

그림 2는 세계 최초로 개발된 배전전주 공가용 OPSW 구조도이다. 이 구조는 통신케이블 지지용 조가선속에 광코어가 내장되어 있어 조가선과 광통신 역할을 동시에 수행할 수 있으며, 통신케이블이 포화상태인 배전전주에 추가로 광케



**그림 2** 개발한 통신조가선 구조  
**Fig. 2** The make-up of OPSW newly developed

이블을 시설하지 않고도 통신망 확보가 가능한 방식이다. 개발한 OPSW의 공칭단면적은 38 mm<sup>2</sup>이며 최대 100 Core(Single Mode)까지 광파이버 내장이 가능하며, 새로이 제작한 규격은 아래 표 2와 같다.

**표 2** 개발한 OPSW의 표준화

**Table 2** Specification of the developed standard OPSW

구 분	신규규격(OPSW)	기존규격(조가선)
규격번호	PS 121 - 400 ~ 401	KS
품 명	AL_Covered SSLT OPSW 48C	아연도강연선
구 성	1/4.0 Optic-SSLT + 8/2.45 ACS_wire	1/2.6ST + 6/2.6ZCSW
계산단면적	SSLT : 12.56mm <sup>2</sup> ACS_wire : 37.7mm <sup>2</sup>	ZCSW_wire 37.2mm <sup>2</sup>
광섬유규격	ITU-T G. 652 D or G655 24/48C(최대 100 코어)	
외경/중량	8.9mm/280kg/km	7.8mm/294kg/km
인장하중	4,500kgf 이상	4,280kgf 이상

출하전 시험으로는 광파이버의 광학적 특성검사, 알루미늄 튜브의 외관 및 외경 검사 등이 있으며, 알루미늄 강심은 외관, 구조검사, 인장강도, 신장율, 직류저항(도전율), 열회시험, 권부회수, 압축, 굽힘 등의 시험을 한다.

OPSW케이블을 개발하여 현재까지 배전전주에 시범적용한 곳은 표 3으로 2010. 6월 KEPCO(한전)에서 OPSW 시범적용 평가회 개최하여 객관적인 평가 시행 및 확대 적용시 기준 마련하였다.

**표 3** 배전전주에 OPSW 시범적용 현황

**Table 3** A table showing the model application of OPSW to the existing electric poles

시설지역	거리(km)	시설년도	시설목적
신안군 사옥도	2	2007.11	개발제안
제천 도심지역	8	2009.12	DTSS시연
조치원 도심지역	3	2009.12	평가시범
신안 도서지역	12	2010. 3	평가시범

**4. OPSW 시설**

**4.1 시공 FLOW**

OPSW의 가선(이하 “연선”으로 한다.)작업은 조가선시설과 동일한 방식으로 이루어 지고 있으나 OPSW의 연선 작업은 광파이버에 손상을 주지 않아야 하므로 조가선 시설과는 차이점이 있다. 연선 공법은 일발공법 및 보조장치공법 두 가지로 분류되며 전체적인 OPSW 시설 공정을 살펴보면 다음과 같다.



그림 3 OPSW시공공정 순서  
Fig. 3 the order of the installment procedures of OPSW

4.2 설계

4.2.1 제한요소

OPSW 제한요소로는 첫째 연선최대장력 : 500Kgf 이하 (전주 안전을 고려한 장력)이어야 하고, 회전수는 5회 이내 /100m당 이어야 하며, 구부림은 외경의 20배 이상(곡률반경 최소 0.5m)이어야 한다.

4.2.2 드럼장 기준

표준드럼 조장을 도심 배전주 경간(40m기준) 1km 기준하여 내외로 산출하여 정하고 배전주 25분을 넘지 않도록 하고 연선 최대장력 이하가 되도록 설계한다. 또한 사전 경과지 실사하여 전주 안전률 검토 및 전주 상태, 굴곡 및 횡단도로, 장거리 경간 개소의 배전주 한계장력을 고려한다. 배전선로명이 바뀌거나, 배전자동화로 회선수요가 많은 개소에 접속함체를 시설한다. 배전경간에 OPSW조장 3% 할증(전주당 슬랙 포함)을 주고 각 드럼별 양끝 추가여장은 설치인장(당김길이) 6m + 접속여장 4m = (합 10m) 여장을 추가한다.

4.2.3 경과지 선정기준

향후 스마트그리드를 구축할 수 있는 다양한 환경을 구비한 중요경로 및 병목구간이 해소되는 곳으로 회선사용 능력이 크고 긴요한 구간을 선정한다. 6차선 이상 도로 횡단은 금지하고 지중 또는 타 경과지를 선정한다.

4.3 연선

4.3.1 시설위치

신설구간은 상단 조가선에 OPSW 설치하고, 저압선↔조가선↔조가선간 간격은 각 30cm 이격한다. 하단 조가선 기준

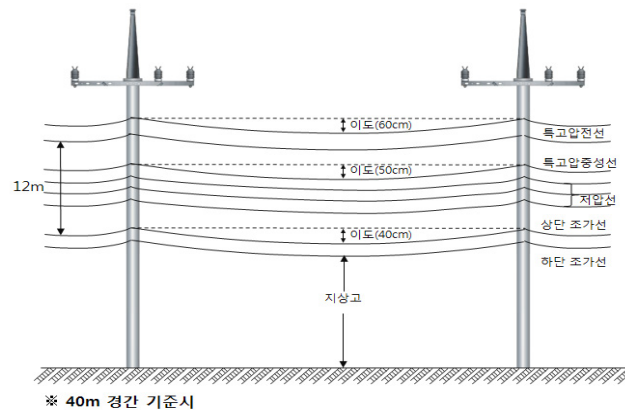


그림 4 배전전주에 통신조가선 시설위치  
Fig. 4 Locations of OPSW installed on electric poles

하여 지상고는 일반 5m, 도로횡단 6m이상 확보하며 기설구간은 상단 또는 하단 조가선을 교체 설치하며 2조로 정비하여 도시미관 개선한다. OPSW 시설은 지장전주 이설시 용이하도록 중성선과 일치되도록 설치한다. 단, 기설 공가케이블이 인도측에 위치한 경우는 인도측으로 시설한다.

4.3.2 시설공법

case1) 인발공법 1

OPSW 연선작업은 다음사항을 준수하여 순서대로 시설한다. 포설 시작점에 OPSW 드럼장과 포설 끝점에 OPSW 엔진장을 적정위치에 설치한다. 엔진장과 드럼장간 통신수단 확보, 장력계 부착된 장치 사용하고 양측에 안전을 위해 접지를 시행한다. 시작점과 끝점 사이에 메신저로프를 포설한다. A장주(직선구간)에는 암타이밴드와 B,C(곡선구간)장주에는 지선밴드를 취부한다. 각 배전주 위치쪽으로 연선로라(활차)를 취부하고 포설한 메신저로프를 건다. 메신저로프와 OPSW 양단에 포설용 인망을 씌운다. 포설된 메신저로프와 OPSW를 슈벨로 상호 연결한다. 연결 상태를 확인 후 엔진 윈치를 사용하여 메신저로프를 정격장력(500kgf 이하)으로 당겨 포설한다. 연선시 OPSW의 적색 일직선 페인트띠 비틀림을 확인한다.

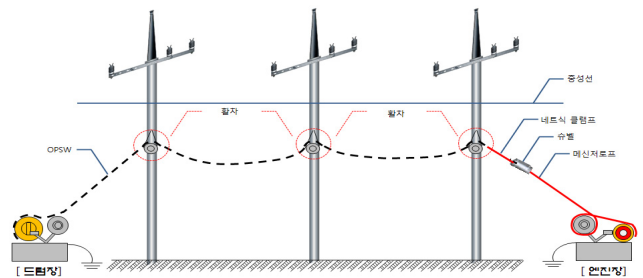


그림 5 공가 케이블이 없는 전주에 설치  
Fig. 5 A schematic presentation showing OPSW installed on electric poles without overhead cables

case2) 인발공법 2

조가선 1조 시설구간 OPSW 시설시 다음사항을 준수한다. 상단조가선 위치에 공가관리 기준에 맞게 설치한다. 기

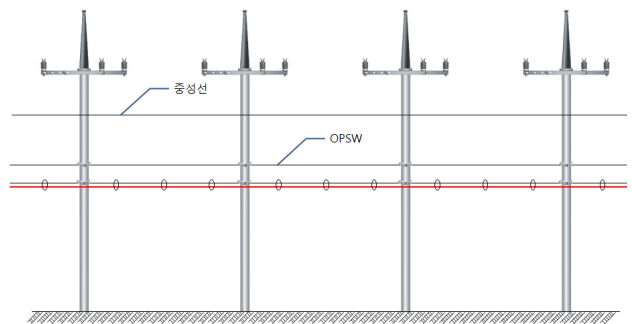


그림 6 공가 1조 시설된 전주에 설치  
Fig. 6 Installment of OPSW on electric poles with one set of overhead cables

설 조가선이 상단 위치를 점유한 경우 하단으로 조정한다. 단, 하단 통신케이블에 장애가 예상될 경우 통신사업자와 협의 시행한다. 기설 조가선 공가케이블을 이용하여 메신저로프를 포설한다. 포설방법은 신설 OPSW 인발공법에 준하여 시설한다.

case3) 보조장치 공법

조가선 2조 이상 시설 구간의 OPSW 시설시 다음사항을 준수하여 순서대로 시설한다. 상단 또는 하단 조가선 어느것을 선택하여 교체할 것인가를 설계한다. 단, 시설 원칙은 상단조가선을 기준으로 3조 이상 시설된 구간은 공가정비하기 용이한 조가선 선택한다. 기설 조가선에 카라비너(보조장치)를 걸고 바인드 또는 행거를 해체한다. 기존 공가케이블을 전주 금구류에 고정하고 조가선은 분리한다. B, C 장주의 분리된 조가선은 인망을 이용하여 서로 연결한다. 조가선을 반전시켜 견인선으로 이용 OPSW를 포설한다. 교체된 OPSW에 기존 공가케이블을 행거취부 한다. 이때 미사용 공가케이블, 조가선 3조 이상 공가케이블은 2조로 재정비 한다. 기존 공가통신케이블의 장애 방지를 위해 통신사업자와 협의시행할 필요가 있다.

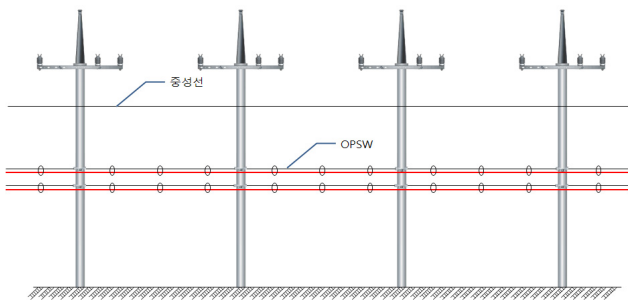


그림 7 공가 2조 이상 시설된 전주에 설치  
Fig. 7 Installment of OPSW on electric poles with more than two sets of overhead cables

4.4 긴선

OPSW 긴선작업은 캄아롱과 레버블럭을 이용하여 중성선과 수평이 되도록 OPSW를 고정한다. 단, 허용장력 500kgf 이내 유지한다. 암타이밴드에는 OPSW용 아마로드와 조선인류크랩프를 사용하여 고정한다. 지선밴드에는 지선용 그림을 사용하여 배전주에 고정한다. 연속 6번째 A장주는 지선밴드와 지선용 그림을 사용한다 전주 슬랙은 B, C장주마다 15cm 준다.(A장주는 직선으로 슬랙이 없다) A장주라도 5개 연속일 경우 6번째 전주는 슬랙을 주어야 한다. 매 500m 마다 ESA 124-364 또는 4.0mm이상의 연동선(KSC3101)과 접지선 서비스 콘넥터를 이용하여 제3종 접지(100Ω 이하)를 하여야 한다.

4.5 접속

OPSW 접속함체(IJP)는 OPSW에서 하단으로 1.5m 위치에 취부한다. 3분기되는 곳은 개량된 IJP박스 1개를 사용하여 취부한다. 서비스콘넥터를 이용하여 OPSW 양단간을 접지와 연결시킨다. 기타사항은 OPGW 접속 방법과 동일한 작업 순서로 시설한다.

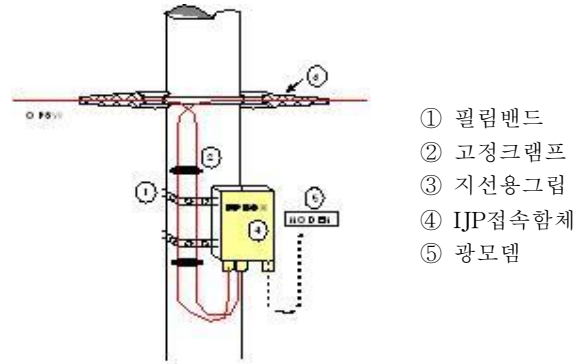


그림 8 OPSW 접속함체 설치도면  
Fig. 8 Installment of IJP box for OPSW

- ① 필립밴드
- ② 고정크랩프
- ③ 지선용그림
- ④ IJP접속함체
- ⑤ 광모뎀

4.6 공가 통신케이블 정비 및 마무리

OPSW 접속후 공가정비시 공가관리 규정에 맞도록 상단, 하단 6조 이내 되도록 정비한다. 미사용 공가케이블 철거시 통신사업자 확인과 사전협의하며 배전 NDIS와 공가케이블 일치여부 확인하여 정리한다.

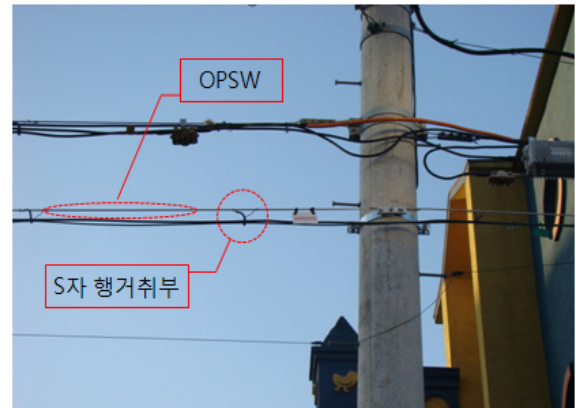


그림 9 OPSW 공가정비 후 사진  
Fig. 9 a photograph taken after OPSW maintenance

4.7 OPSW 시설용 주요 기자재 개발



그림 10 카라비너

- OPSW 보조장치공법시 기존 조가선과 공가케이블이 흔들리지 않도록 하는 역할
- 케이블 행거의 보조 기능



그림 11 레버블럭

- OPSW긴선할 때 사용
- 기선시 장력유지 기능
- 장력 가변 기능 있음



그림 12 장력계

- 최대장력 40ton
- 연선 긴선시 장력측정
- 순간 최대장력 이력 표시



그림 13 지선용그립

- 지선밴드 긴선 금구류
- 긴선시 일정장력 유지
- 최대하중 : 41.8kgf 이상

### 5. OPSW 기대효과 및 부가서비스

시범구간의 기존 조가선을 OPSW로 대체함으로써 KEPCO(한전)의 경제적 기대효과는 연간 약 2억원 회선입차료가 절감되었고, 또한 이로 인하여 매년 누적수익이 발생하게 되었다. 시설공사비는 OFC 시설공사 대비 약 7천만원을 절감하였다. 투자비 회수기간은 약 5년 소요되며 이후부터 매년 2억원 이상 누적 이익이 발생하게 된다. OPSW의 사용년수를 30년으로 적용시 약 7천억원 이상 절감을 예상할 수 있다. 부대효과로는 부적합한 공가설비 정비하여 깨끗한 전주 환경개선으로 도시미관을 개선하고 OPSW를 활용하여 다양한 배전 전력설비를 관리할 수 있는 부가서비스가 가능하나 이중 몇가지만 소개하고자 한다.

5.1 도서지역에 OPSW를 이용한 카메라 설치로 전선도난, 설비 피해상태, 차량충돌, 까치집, 화재 등을 원격으로 감시하게 되었다.

5.2 전력 생산자와 소비자간 발전 - 송변전(OPGW) - 배전(OPSW) - 수용가를 잇는 스마트그리드 백본망을 구축하게 되었다.

5.3 OPSW 공법 적용을 통한 배전전주 공가설비 정비로 도시미관에 기여 할 뿐 아니라 저렴한 시설비로 자동검침, 배전자동화등을 값싼 스마트그리드 구현이 가능하게 되었다.

5.4 OPSW 광화이버의 온도 및 변형 감시를 통한 공가관리시스템(DTSS Distributed Temperature Strain System)의 구축이 가능하다.

DTSS Test Concept(Anyang Factory)

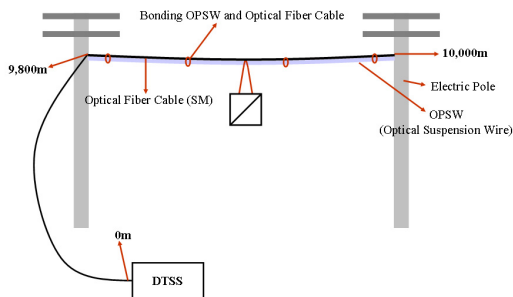


그림 14 DTSS구성도  
Fig. 14 Configuration of DTSS

### 6. 결 론

송변전은 OPGW 전력IT 고속도로가 있다. 그러나 배전은 보안이 취약한 기간통신사업자 회선을 임차하고 있어 향후 스마트미터등 스마트그리드 구현에 막대한 회선비용이 매달 발생되며 이는 고스란히 고객에게 부담이 된다. OPSW는 배전 전력IT 고속도로이다. OPSW를 개발적용 하므로 발전에서 소비에 이르는 전력IT 고속도로가 완성되었다. OPSW는 시공비 절감은 물론 향후 약간의 유지보수비용만 들어가는 저렴한 스마트그리드 백본망을 구축할 수 있게 되어 향후 우리 국가가 이 분야에서 세계시장을 석권할 기반과 발판을 마련하는 계기가 되었다. OPSW시설공법은 배전설비 특성에 맞는 신설공법 수립과 함께 기존에 포화된 공가케이블을 추가시설 없이 조가선만 대체하여 교체할 수 있도록 보조장치공법등 시공 기준을 정하게 되었다. OPSW는 광섬유를 전송매체로 하므로 전송로 상의 전자기 간섭 및 썬어지 등에 의한 영향을 받지 않기 때문에 신뢰도가 향상되어 고품질의 대용량 데이터 전송이 가능할 뿐만 아니라 스마트그리드 운영에 관한 정보를 다중화하여 전송할 수 있다. 또한 OPSW에 대한 다양한 부가서비스가 개발되어 한국형 스마트그리드를 한단계 업그레이드될 것으로 예견된다. 낡은 관점으로는 진정 새로운 것을 찾을 수 없다. 한국형 스마트그리드에는 OPSW의 정보 고속도로가 건설되어야 한다.

### 참 고 문 헌

- [1] 김홍희 “765kV OPGW실무”, 한국전력공사 전력계통건설처, Vol. 1, pp. 9-13, 118-140 1999.
- [2] 한국스마트그리드사업단:KOTRA “주요국 Smart Grid 정책/시장조사”, 한국스마트그리드사업단:KOTRA, pp. 13-44, 2010.
- [3] 조지길더, “텔레코즘 TELECOSM”, 청림출판, pp87-48, 451 2004.
- [4] M. Roshan Fekr “Application of ADINA to stress analysis of an optical ground wire” Computers and Structures 72. pp301-316, 1999

### 저 자 소 개



#### 손 영 철 (孫 榮 哲)

1956년 8월 2일생  
1984-현재 한국전력공사 제천건설소 통신차장. OPSW 발명자  
E-mail : gosend@kepcoco.kr



**최현범 (崔賢凡)**

1967년 1월 26일생  
2004-현재 폰시스템 대표이사  
E-mail : chb@fonssystem.co.kr



**김병직 (金秉稷)**

1968년 12월 17일생  
2004-현재 삼성전자 선임연구원 카베온  
연구소장, 대표이사  
E-mail : bjkim@kabeon.com



**김영택 (金泳澤)**

1962년 2월 22일생  
2000-현재 대한전선 통신공장장  
E-mail : ytkim@taihan.com



**윤경진 (尹卿鎭)**

1960년 12월 13일생  
1984.10-현재 한국전력공사 인천본부 배  
전차장  
E-mail : lbafax@kepcoco.kr