'96 대한전기학회 하계학술대회 논문집 (1996. 7. 22~24)

광복합 고압지중전력케이블의 개발에 관한 연구

*류재규 *, 유성종 *, 전승익 *, 최봉남 **, 이영익 **
LG전선(주) 전력연구소 *, 대한전선(주) **

A Study on the development of optical fiber incorporated high-voltage underground power cable

Jae-Kyu Ryu, Sung-Jong Yoo*, Seung-Ik Jeon*, Bong-Nam Choi**, Young-Ik Lee**
LG Cable Co., Ltd. High Power Technology Center * , Taihan Electric Wire Co., Ltd. **

Abstract

In this study, We developed the optical fiber incorporated high-voltage underground power cable which is combined optical fibers with conventional high-voltage underground power cable. Optical-Unit that optical fiber is inserted in stainless tube is tested, and we got good results enough to safe optical fibers. Also we put the optical fiber incorporated high-voltage underground power cable to the test of electrical characteristics and optical characteristics, we knew that the electrical characteristics were the same characteristics as conventional high-voltage underground power cable and the transmission loss change was almost zero.

1. 서 론

사회가 발전하고 산업화되어감에 따라 최근 전력수요가 급격히 증가하여 송배전 선로의 초고압화, 대용량화가 이루어지고 있는 상황에서 전력사고를 미연에 방지하기 위하여 지중선의 상태를 감시하는 노력이 많이 이루어지고 있다.

본 연구에서는 케이블의 기능을 다양하게 하여 고압지중전력케이블의 감시기능을 강화하기 위하여 고압지중전력케이블의 내부에 광섬유를 삽입한 구조를 갖는 광복합 고압지중전력케이블을[1-2] 개발하였다. 먼저, 광섬유를 스테인리스관의 내부에 넣어 광유니트를 제작하였다. 이 광유니트를 22.9 kV CN/CV 전력케이블의 중성선 사이에 위치하도록 중성선과 함께 횡권공정을 거쳐 제작하였다.

본 연구에서는 광유니트의 설계와 제조특성을 검토하고, 광유니트의 기계적특성을 시험하였다. 또, 광복합 고압지중전력케이블에 대해서 전기적, 광학적 특성시험을 실시하였다.

2. 광유니트의 설계 및 제조

광유니트는 고압지중전력케이블의 내부에서 지하전력구의 제어·감시목적의 통신용, 센서신호의 전송용으로 사용될 수 있다. 이때 광통신의 장점인 전·자계에 의한 노이즈가 없어서 고압환경하에서도 양질의 통신이 가능하다. 또한, 향후 FTR (Fiber Optic Temperature Laser Rader) 온도감시 시스템과 연계시 광유니트는 온도센서의 역할을 하게 된다.[5] 온도센서로서 광유니트가 사용될 때에는 고압지중전력케이블내부에서 광유니트의 위치가 가능한 한 도체 또는 절연체에 가까울수록 좋고 온도전도성이 좋아야 한다. 이와 같은 이유로 광유니트를 고압지중전력케이블과 일체화시키기 위하여 그림 1과 같이 그 구조를 설계하였다.

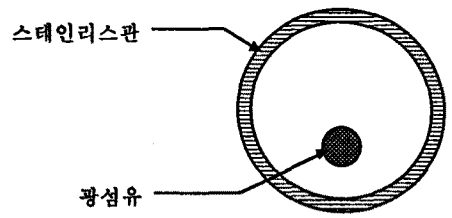

그림 1. 광유니트 구조(단면도)

스테인리스관의 크기는 복합케이블의 제조측면을 고려하여 외경 1.2㎜, 내경 0.8㎜ 로 하였다. 광섬유는 종류에 구애없이 요구기능에 따라 다양한 종류가 사용가능하다. 광유니트는 광섬유를 스테인리스관 속으로 삽입하여 제조된다. 스테인리스관에 진동을 주면서 압축공기를 관속으로 불어 넣어 광섬유를 삽입한다.[3-4] 이때, 연속적으로 삽입가능한 길이는 수 백m 이상이다.

3. 광복합 고압지중전력케이블의 제조

22.9 kV 급 광복합 고압지중전력케이블의 구조는 현재 한국 전력 공사의 지중 배전 선로에 사용되고 있는 22.9 kV CN/CV 케이블의 중성선 차폐층에 광유니트를 넣은 구조로서 그 구조를 그림 2에 나타내었다.

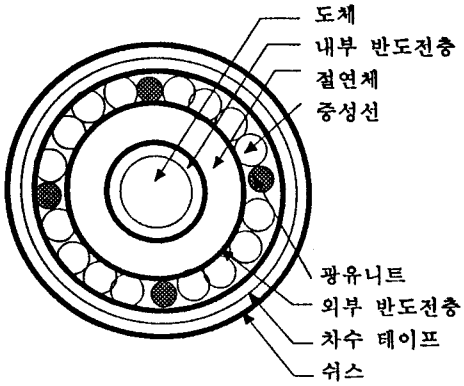

그림 2. 22.9kV급 광복합 고압지중전력케이블의 구조

광유니트는 외부 반도전층위에 중성선과 함께 네 가닥이 90° 간격으로 위치한다. 광유니트 삽입에 따른 광복합 고압지중전력케이블의 전기적특성에는 전혀 변화가 없을 것으로 예상되고 시험을 통해서 그 사실을 증명하였다.

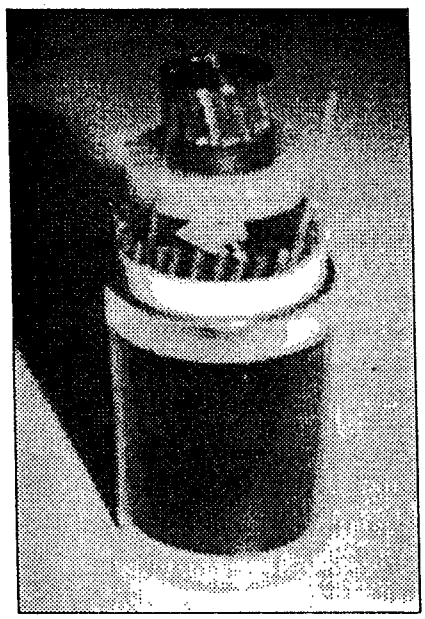

그림 3. 광복합 고압지중전력케이블의 시제품

4. 평가 시험

스테인리스관의 기계적 특성시험을 하여 표 1과 같은 결과를 얻었다.

표 1. 스테인리스관의 기계적 특성시험 결과

시험 항목	시험 결과
인장 시험	인장강도 95kgf/㎟ 이상
측압 시험	300kgf/50㎜까지 변형무
굴곡 시험	곡율반경 15㎜까지 변형무

표 1에서 인장강도는 케이블 제조과정에서 요구되는 인장력을 충분히 견딜 수 있는 값이고, 측압력은 케이블이 받을 것으로 예상되는 값 50kgf/50㎜ 의 8배가 넘는 우수한 특성이다. 곡율반경 또한 광섬유의 전송특성에 영향을 미치지 않을 만큼의 충분한 값이다.

표 2에 광복합 고압지중전력케이블의 전기적 특성 시험 결과를 나타내었다.

표 2. 광복합 고압지중전력케이블의 전기적 특성 시험 결과

시험 항목	규격치	시험 결과 (파괴치)	
		복합 케이블	종래 케이블
교류 내전압	160 kV /5분이상	290kV/4분 케이블 파괴	260~410 kV
고온 충격 내전압	±190 kV / 3회	710kV/1회 외부 섬락	590~670 kV
상온 충격 내전압	±240 kV / 3회	1080kV/1회 외부 섬락	880~1200 kV
시스 내전압	-40 kV / 3회	110kV/1회 케이블 파괴	90~130 kV

표 2의 시험결과에서 알 수 있듯이 광복합 고압지중전력케이블은 일반적인 고압지중전력케이블과 동일한 초기 절연 성능을 가지고 있으며, 광유니트의 삽입으로 인해 절연 성능에 아무런 영향을 미치지 않음을 확인할 수 있었다.

광복합 고압지중전력케이블의 기계적 특성시험에서 인장 시험의 요구 특성치는 22.9 kV 전력 케이블의 허용 인장 하중으로부터 결정하였는데, 케이블 설계시 이용하는 동의 인장 강도가 7 kg/㎟ 이므로, 도체 단면적 325 ㎟ 인 동 도체 케이블의 경우 허용 인장하중은 7 kg/㎟ × 325 ㎟ = 2.275 ton 이 되므로 복합 케이블의 인장 시험값을 2.5 ton으로 하였다. 측압 시험의 요구 특성치는 케이블의 허용 측압으로부터 결정하였는데, 일반적으로 케이블 설계시 허용 측압을 300 kg/m의 값을 사용하나, 최대로

500 kg/m의 값을 적용하는 경우도 있어 500 kg/m 값을 기준으로하고, 여기에 안전율을 고려하여 결정하였다. 굴곡 시험의 요구 특성치 역시 케이블의 허용 곡율 반경인 10D (D : 케이블 외경)로 행하는 것으로 하였다. 온도 사이클 시험 조건은 전력 케이블의 장기 과통전 노화 시험 조건으로 선정하였는데, 도체 온도가 130℃로 되는 통전 조건은 케이블의 상시 최고 허용 온도가 90℃, 단시간 최고 허용 온도가 105℃인 것에 비하면 상당히 엄격한 조건이 된다.

표 3에 광복합 고압지중전력케이블의 기계적특성 시험 결과를 나타내었다.

표 3. 광복합 고압지중전력케이블의 기계적특성 시험 결과

시험 항목	시험 조건	시험 결과
전송 손실	제조전후 측정	제조전후 변화 무
인장 시험	인장하중 2.5 t	손실증가 무
측압 시험	50kgf/50㎜	손실증가 무
굴곡 시험	10D의 반경으로 5회 굴곡	손실증가 무
온도사이클 시험	도체130℃전류 8hr ON/16hr OFF 14 Cycle	손실증가 무

제조 전후에 광섬유의 전송손실을 측정하여 손실 증가가 없었음을 확인하였고, 제조된 광복합 고압지중전력케이블에 대해서 인장시험, 측압시험, 굴곡시험을 시행한 결과 표 3의 요구 특성에서 지정한 조건에서 광섬유의 손실증가가 거의 없음을 알았다..

5. 결 론

본 논문에서는 고압지중전력케이블의 내부에 광유니트를 삽입한 특수한 구조의 케이블로써 전력과 광신호를 동시에 전송함으로서 설치 공간의 감소, 전송 노이즈 감소, 포설 공사비 절감 등을 도모한 새로운 개념의 광복합 고압지중전력케이블을 개발하여, 광학적, 전기적 특성시험을 하여 우수한 결과를 얻었다. 광유니트는 고압지중전력케이블과 광섬유를 일체화 시키는데 아주 유리한 구조이고, 케이블이 받을 수 있는 외부환경으로부터 광특성을 그대로 유지할 수 있다는 것을 시험을 통해서 확인할 수 있었다. 이러한 광복합 고압지중전력케이블은 선진국에서는 이미 상당수준 상용화 또는 개발중에 있으며, 광신호의 전송, 케이블 시스템의 온도 감시 등에 적극 활용하여 전력 계통의 부하 조절 및 사고 예방을 실현하고 있다. 국내에서도 본 연구를 시작으로 많은 연구가 있을 것으로 기대된다. 본 논문에서 개발된 광복합 고압지중전력케이블은 광섬유를 광온도 센서로 응용한 광섬유온도측정시스템 (FTR) 으로의 응용도 기대된다.

참고문헌

[1] 寺澤弘文 外, "北陸電力(株) 向 66 kV 光複合 ヶーブル", 古河電力時報 第84號, pp. 31-38, 平成元年 7月

[2] S. Ogata, K. Fujii and I. Nishino, "Development of Optical Fibers Incorporated Single-Core Submarine Power Cable", Sumitomo Electric Technical Review, No. 37, pp. 48-59, January 1994

[3] H. Sano, K. Hayashi and Y. Terasawa, "Developmwnt of Optical Fiber Units for Air Blown Fiber (ABF) Cabling Systems", International Wire & Cable Symposium Proceedings, pp. 69-75, 1989

[4] H. Sano, S. Takaoka and S. Tanaka, "Performance of improved air blown fiber system", International Wire & Cable Symposium Proceedings, pp. 570-577, 1993

[5] M. Asakawa, Y. Yoshida and Y. Ozawa, "Temperature monitoring system using optical fiber sessors for underground power cables", International Wire & Cable Symposium Proceedings, pp. 155-162, 1993

본 연구 결과는 한국전력공사 지원자금으로 시행한기술개발 사업의 결과입니다.
(협약번호 : 생기 95-10)