

S-Z 중성선 전력 케이블의 개발

■ 김종원 ■ 백용수 ■ 최영훈
 ■ 대한전선 주식회사

■ 최명규 ■ 김선국 ■ 김종찬
 ■ LG 전선 주식회사

DEVELOPMENT OF S-Z STRANDED NEUTRAL POWER CABLE

■ J. W. KIM ■ H. S. PACK ■ Y. H. CHOI
 ■ Taihan Electric Wire Co. Ltd.,

■ M. K. CHOI ■ S. K. KIM ■ J. C. KIM
 ■ LG CABLE CO., LTD.

ABSTRACT

This paper presents the power cable with the concentric neutral wires of S-Z stranding. This type Cables, 22.9KV CN/CV Cables used in the distribution systems have been developed in order to improve bend, bend after torsion and tension characteristics. We have designed and made S-Z stranding machine, testing equipment etc., and have established the manufacturing technology of the equipment and the testing technology.

소선구성, 단면적 및 전기적 특성을 가지면서 기계적인 특성을 획기적으로 향상시킨 것으로 연동선을 꼬는(Stranding) 방법에 있어 한층 진보된 기술이라 할 수 있다. S-Z 중성선의 구조는 그림 1과 같으며 그림에서 보는 바와 같이 일정피치를 가진 사인파 현상을 가지는것이 특징이다.

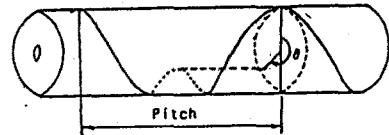


그림 1.

1. 서론

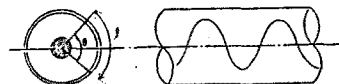
최근 도심지역에서의 건물의 고층화와 더불어 전력수요의 증가 및 전력공급의 신뢰도를 향상시키기 위하여 22.9KV CN/CV 케이블을 사용한 지중배전선로가 증가하고 있는 추세이다. 지중선로 및 고층건물내에 케이블을 포설시, 극도의 굽곡 또는 비틀림힘이 케이블에 가해져 이로 인한 케이블의 구조변형 및 중성선의 비틀리고 꼬이는 현상 등의 시공불량이 다발하고 있는 상황이다. 따라서, 케이블 시공 환경의 변화 즉, 수직입상부 및 굽곡 지점에서의 케이블의 시공 필요성 증가에 대응하는 케이블의 구조 특허, 굽곡 및 비틀림 특성에 취약한 현재의 단일 방향으로된 중성선의 구조보완이 요구되어 이를 특성이 양호한 S-Z 꼬임 중성선 구조를 검토하게 되었다. 한국전력공사의 기술개발 사업자금을 지원받아 제조 및 시험 설비등을 자체 설계 및 제작하여 개발한 동심 S-Z 중성선 전력 케이블에 대하여 논하고자 한다.

2) 반전각 및 피치

S-Z 중성선의 기계적 특성 및 생산 효율적 측면에서 볼때, 적정 반전각 및 피치를 설정하는 것이 가장 중요하다. 여기서, 반전각이란 중성선이 선심의 표면에 접해 일정 피치를 가지고 꼬이다가 그 꼬임 방향이 전환되는 점까지를 케이블 단면상에서 본 각 θ 를 말한다.

$$\theta = \frac{L}{\pi \times D} \times 360$$

단, D: 중성선 중심경
 L: S-Z 산과 골간의 원호길이



2. S-Z 중성선 케이블의 설계

2-1 케이블

1) 개요

S-Z 중성선은 기본적으로 단일방향(Z) 중성선과 동일한

반전각은 180°를 기준으로 하여 설비의 허용 능력을 감안 하여 60°~250°까지 검토하였으며, 피치는 중성선총 외경 2.5~10배까지 설정하여 모의 시험한 결과, 반전각은 180°~250°, 피치는 중성선총의 6~8배 사이에서 가장

양호한 것으로 확인되었다.

2-2 S-Z 케이블의 제조

1) 개요

유럽에서 사용되고 있는 서로 다른 세가지 타입의 S-Z Stranding기술의 장단점을 비교 분석하여 Tube accumulator type으로 결정하였다. 그러나, 유럽에서 실용되고 있는 Tube accumulator type의 Stranding 가능한 와이어는 직경이 1.8mm 이하이나 한천 규격의 와이어 직경은 2.3mm로서 실용화된 설비능력을 벗어나, 설비 개발상 해결해야 할 가장 어려운 요소로 작용하였다.

2) 설비 능력

항 목	대표능력	최대능력
중성선 전의경	40mm	50mm
중성선 - 재질 - 소선경 - 소선수	연동선 2.3mm 26본	연동선 3.0mm 48본
반전각	180°	360°
피 치	400mm	500mm

2-3 S-Z 케이블의 시험

1) 시험조건

① 케이블의 굴곡경

국내의 규격별로 케이블의 굴곡시험에 적용하는 굴곡경은 다음과 같으나, S-Z 중성선 케이블은 수직입상 분기부, 건물내와 지중선로에서의 케이블 포설시 극도의 굴곡 또는 비틀림에 견딜수 있도록 이것들의 굴곡비보다 훨씬 가혹한 S-Z 중성선 중심경의 10배로 결정하였다.

규 격 명	케이블의 굴곡경	비 고
IEC 502	20(D+d)	d: 도체의경 D: 케이블의경
EDF HN 33-S-23	17(D+d)	
ICEA S-66-524	16D	

② Heating Cycle

시험 조건을 실사용 케이블의 조건에 유사하게 하기 위하여 케이블의 도체에 부하전류 인가용 변류기(Loading current transformer)를 사용하여 케이블의 정격 사용온도인 도체온도 90℃로 6시간 ON한 후, 18시간 동안 OFF하는 것을 1 heating Cycle로 결정하였다. 부하전류 인가용 변류기 용량은 IEC 287 및 JCS 168D에 의해 계산되었으며, 그 결과는 다음과 같다.

도체단면적 (mm ²)	60	200	325	600
부하 전류 (A)	430	910	1230	1780

※ 시료 30m 기준

2) 굴곡 및 비틀림 굴곡 시험

- 약 10m의 시료를 360° 비틀어 중성선 중심경의 10배의 지름을 가진 원통의 원호를 따라 180° 구부렸다가 직선 상태로 되돌려서 비튼것도 원상태로 풀어준다.
- 시료를 반대방향으로 360° 구부렸다가 풀어주는 조작을 3회 실시하여 케이블에 이상이 없어야 한다.

3) 수직 포설 시험

케이블이 입상부에 설치된 경우를 모의한 시험으로 케이블을 약 10m높이에 설치하고 heating cycle를 20회 실시하여 케이블의 이동량이 10mm이하이어야 한다.

4) 인장시험

케이블이 건물내 수직입상 및 경사지에 설치된 경우를 모의한 시험으로 heating cycle시 부하전류 인가용 변류기를 OFF한 경우에만 케이블에 1500kg의 하중을 인가하여 heating cycle를 20회 실시하여 케이블의 이동량이 10mm 이하이어야 한다.

3. S-Z 중성선 케이블의 제조

Tube accumulator 방식의 S-Z Stranding 설비를 파이롯트로 제작하여, 22.9KV CN/CV 325mm² × 1Core 케이블의 시작업 결과는 다음과 같다.

항 목	작업 조건	작업 결과
중성선 수밀층	반도전성 부풀음테프 0.5t x 60w	양 호
중성선 - 소선경 x 소선수 - 피 치 (mm) - 반전각 (°)	φ 2.3 × 26EA 276 ~ 460 150 ~ 360	φ 2.3 × 26EA 280 254
중성선 수밀층	비도전성 부풀음테프 0.4t x 60w	양 호

4. S-Z 중성선 케이블의 시험결과

한천 표준 규격 ESB 126-640~647에 따라 시험한 결과, 천 항목에 대하여 양호한 결과를 얻었으며, S-Z 중성선의 특성시험 결과는 다음과 같다.

1) 굴곡 및 비틀림 굴곡 시험

항 목	규 격 치	시험 결과
1. 시스 1) 균열 2) 결모양	없을것 양호할것	없음 양호함
2. 중성선 1) 비틀림 2) 격임 3) 구조	없을것 없을것 풀어지지말것	없음 없음 양호함
3. 기타 1) 결모양	양호할것	양호함

2) 수직포설 및 인장 시험

항 목	규 격 치	수직포설시험결과	인장시험결과
1. 시스템 1) 단열 2) 절모양	없을 것 양호할 것	없음 양호함	없음 양호함
2. 중성선 1) 뒤플림 2) 구조	없을 것 흔들어 지지할 것	없음 양호함	없음 양호함
3. 기타 1) 절모양	양호할 것	양호함	양호함
4. 이동량	10mm 이하일 것	2mm	5mm

5. 결론

S-Z 중성선 전력 케이블을 자체기술로 개발 완료 하였으며 그 내용은 다음과 같다.

- 1) 중성선 전력케이블의 기계적 특성을 향상시켰다.
 - ① 굽곡 및 비플림 굽곡특성의 향상.
 - ② 수직포설 특성의 향상.
 - ③ 내인장 특성의 향상.
- 2) 제조설비의 국내제작 및 제조기술을 확립하였다.
- 3) 시험기술을 확립하였다.

< 참고문헌 >

1. IEC 502/1983 ; Extruded solid dielectric insulated power Cables for rated voltage from 1KV up to 30KV.
2. EDF HN 33-S-23 ; 12/20KV XLPE insulated Cables.
3. ICEA S-66-524/1988 ; Cross-linked thermosetting polyethylend insulated wire and Cable for the transmission and distribution of electrical energy.
4. IEC 287/1982 ; Calculation of the continuous current rating of Cables.
5. JCS 168D/1980 ; 전력케이블의 허용전류
6. 한전 표준규격 ESB 126-6404~647/1992 ; 22.9KV 동심 중성선 전력 케이블.
7. 배전용 CN-CV 케이블과 접속재의 열화사고 방지대책에 관한 연구(III), 한국전력공사 기술연구원 1992. 11.
8. 지중배전기술 세미나, 한국전력공사 기술연구원 1992. 9.
9. 전력 케이블 기술 핸드북, 전기서원 1989.