

## CIP 도체 압축기술에 따른 구리도체 저항변화

정 승, 양훈철, 최아름  
LS전선

### Variation of Electric Resistance under the CIP process of Stretched Copper Conductors

Seung Jeong, Hoon-Chul Yang, Ah-Reum Choi  
LS Cable & System

**Abstract** - This paper variation of stranded cable conductor with CIP(Cold Isostatic Press) technology. Conductor as cable material takes majority costs. Thus many experiments have been done on conductor compaction. The core technology is to maintain the resistance of circular stranded conductor after compaction process, while reducing the weight of conductor diameter, but by increasing filling factor. Testing by varying the compaction ratio using 300SQ conductor, conductor after CIP process shows lower resistance rather than conductor before CIP process.

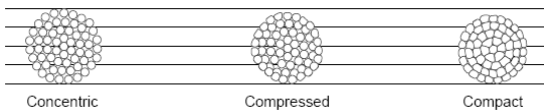
#### 1. 서 론

Compaction of stranded conductor is to reduce its cross-sectional area in size and to increase lamination factor. And it becomes more condensed and presents smaller external diameter comparing with the equivalent circular stranded conductor. However, its ohmic resistance limits will be maintained within required specifications. The compaction degree depends on the physical and mechanical properties of each material. Cable conductors are compacted in order to diminish their costs by reducing the weight of insulating material and all the protecting materials(bedding, filling, screening, amoring and sheathing) as well as the quantity of conductor in the cable.

#### 2. 본 론

##### 2.1 Technical Background

일반적으로 Concentric strand에서 Compact strand로 바뀔 경우 점적율이 올라감에 따라 같은 저항의 도체사이즈는 줄어든다.



<그림 1> comparative sizes and shapes of conductors

<표 1> 도체 압축방법에 따른 Diameter와 이론 점적률

	원형연선 (Concentric)	다이소압축 (Compressed)	Sector 도체 (Compact)	Rod (Solid Type)
Diameter	1.13	1.1	1.04	1
이론 점적률	84~86%	88~92%	96~98%	100%

이렇게 도체 점적률을 높일 경우 도체의 size를 줄일 수 있어서 케이 블 원가의 70~80%를 차지하는 동재료비를 줄일 수 있고, 또한 도체의 external diameter가 줄어들어 따라 insulation 및 Protecting 재료비를 줄일 수 있다. 이는 또한 ASTM B3, B496, ICEA S-66-524등 규격에도 명시하고 있다.

##### 2.2. 실험방법 및 개요

Cold Isostatic Press(CIP)를 이용하여 절연까지 제작된 37연선 (1+6+12+18구조) 300SQ 샘플을 2000bar의 압력으로 압축하였다. 그 후 연선 전기저항을 측정하여 전기적 물성을 확인하였고, 그 물성의 원인을 규명하기 위해, 점적률 및 반복굽힘 test, 그리고 인장test를 각 layer별로 test 하였다.

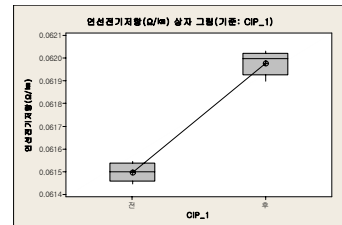
##### 2.2.1 도체의 면적 및 점적률

Image Analyzer를 활용하여 CIP 압축 전과 압축 후를 비교한 결과 CIP 압축 전 도체 단면적의 경우 329.14mm<sup>2</sup>이었는데 CIP 압축 후 도체면적은 322.78mm<sup>2</sup>으로 2% 줄어들었다.

도체 점적률은 도체 면적이 줄어든 것에 반비례하여 CIP 점적률은 96%에서 97%로 1% 상승하였다.

##### 2.2.2 도체 저항측정

도체의 저항측정은 Nano voltmeter와 Power supply를 연결한 4단자 법으로 측정하였다. 도체의 저항 측정 샘플의 길이는 IEC60228에서 명시한 1m 시료를 사용하여 측정하였다. 그 결과는 그림 2에 나타내었다.



<그림 2> CIP 압축 전후의 연선전기저항

이 결과 값을 보면 점적률이 올라갔음에도 불구하고 CIP 압축 후에 도체 저항이 나빠졌음을 알 수 있다. 이 원인을 분석하기 위해 소선의 반복굽힘강도를 실험하였다.

##### 2.2.3 반복굽힘강도

연선 Layer별 반복 굽힘강도를 test한 결과 중심도체에 가까운 layer 1st, 2nd는 CIP 압축 전후의 차이가 없으나 제일 외곽인 3rd layer만 반복 굽힘강도의 차이가 나타났다. 이는 연선 후 CIP압축시 1st, 2nd layer의 경우는 영향을 안받았지만 3rd layer의 경우 압축과정에서 가공 경화가 발생한 것으로 해석된다.

<표 2>연선 Layer별 반복굽힘강도

샘플		layer			N
		1	2	3	
CIP전	avg	10.4	9.6	18.4	5
	St.Dev	0.89	1.82	1.52	
CIP후	avg	11.6	10.2	14.6	5
	St.Dev	1.34	2.28	2.61	

#### 3. 결 론

본 논문은 압축률증가에 따른 점적률 향상과 이때 도체의 전기 저항 변화를 확인하였다. 일반적으로는 도체 압축 후 점적률이 올라가면 도체 저항은 떨어진다고 알려져 있다. 그러나 이번 실험을 통해서 점적률이 올라가더라도 도체 압축이 일정수준을 넘어섰을 경우 도체저항은 낮아지지 않고 오히려 압축부분의 가공경화로 인해서 도체 저항이 오히려 올라갈 수도 있다는 결론을 얻었다. 단순히 점적률과 도체저항은 반비례 관계가 아니라 이때 도체 압축에 따른 도체 표면의 가공변화 정도에 따라 점적률과 도체저항이 같이 상승할 수 있다는 것을 본 논문은 검증하였다.

### [참 고 문 헌]

- [1] ANIXTER, Wire and Cable Technical Information Handbook, 7-10p, 2008
- [2] William A.Thue, Electrical Power Cable Engineering, ISBN, 2005
- [3] Eng, Balafutas Sotirios, Power Cables Theory and Their Manufacturing Procedures, Athens, 192-195p, 2008