

## ACNR가공송전선의 개발(II) - 전기적 특성

김상수, 김병걸, 이희웅, 박주환\*  
한국전기연구원 신소재응용연구그룹, 고려상사(주)\*

### The Development of ACNR Conductor(II) - Electric Properties

Shang-Shu Kim, Byung-Geol Kim, Hee-Woong Lee and Joo-Hwan Park\*  
KERI, KOS\*

#### Abstract

ACSR(Aluminum Conductor Steel Reinforced)가공송전선은 교류전류의 흐름에 의하여 코어(Core)부에 자기장이 발생되어 전력손실을 발생시킨다. 이로 인한 전력손실을 최소화 하는 방법으로는 코어의 재질을 자성체인 고탄소강선 대신에 비자성강으로 교체하는 방법이 있다. 본 연구에서는 기존의 고탄소강선 대신에 고강도 비자성강을 코어(Core)에 적용한 ACNR(Aluminum Conductor Nonmagnetic Steel Reinforced) 가공송전선을 개발하였다. ACNR 가공송전선의 전기적 특성시험에서 약 9%정도의 손실저감효과를 나타내었다.

**Key Words** : ACNR, 비자성강, 전선부식, 교류손실, ACSR, 지지선

#### 1. 서론

전력이 생산되어 송전 및 배전 과정에서 발생하는 전력손실을 감소시키기 위한 연구는 여러 방면으로 진행되고 있다. ACSR송전선에 사용되고 있는 탄소강 코어(Core)를 비자성강으로 대체하여 자기장 발생으로 인한 전력손실을 저감시키는 방법이 있다. 본 연구에서는 기존의 ACSR가공송전선의 코어(Core)인 고탄소강선 대신에 비자성인 고강도인 새로운 강선을 코어재료로 채택한 ACNR(Aluminum Conductor Nonmagnetic Steel Reinforced)가공송전선을 개발하여 적용하고자 한다. 현재 사용되고 있는 가공송전선(ACSR)을 기본으로 하여 알루미늄도체는 기존의 소재와 형상을 그대로 사용 하였다. 개발된 가공송전선(ACNR)의 부식특성과 전기적특성에 대하여 조사하고자 한다.

#### 2. 실험

##### 2.1 실험방법

가공송전선의 지지선으로 사용하기 위한 제조공정은 초기 약 7~8φ의 선재로부터 흡집제거, 고용화 열처리, 산세 피막생성 및 신선과정을 거쳐 목표 직경까지 신선하였다. 이 후 목적에 따라 알루미늄을 피복하는 알루미늄크래딩(Al cladding) 공정과 신선공정을 거쳐 최종적으로 3.0φ, 3.5φ 직경으로 제조하였다. 각 소선 7가닥을 연선하는 연선공정을 통해 7/3.5 연선재를 제조하였다. 크래딩공정은 용도가 다른 이종 소재를 복합적으로 이용하기 위하여 용점이하의 온도 500~600℃에서 압력을 가하여 이종 소재를 접합시키는 공정이다. 알루미늄두께는 최대 0.9mm까지 조절하였다.

#### 3. 결과 및 고찰

##### 3.1 교류손실(투자율)

그림 1은 개발된 ACNR 전선의 지지선으로 개발된 NM

강선(그림 1 a)과 기존의 ACSR 전선용 지지선으로 사용되고 있는 고탄소강선(HC, 그림 1b))의 자속밀도-자화강도 곡선을 나타낸 것이다.

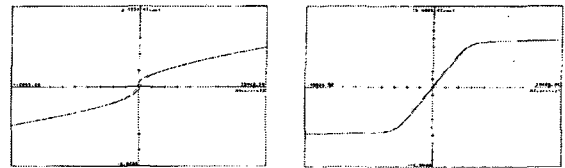


그림 1 a) NM강선      그림 1 b). HC강선  
그림 1 자화밀도-자화강도 곡선.

그림 1 b)의 HC 강선의 경우, 자속밀도(H)가 증가할수록 초기에는 자화강도가 직선적으로 증가하지만 일정자속밀도 이후에는 자화 강도값이 포화되는 강자성체의 특성을 나타내었다. 강자성체인 HC 강선을 지지선으로 사용하고 있는 ACSR전선의 경우 교류전류에 의해 와전류손이 발생하게 되어 송전손실이 발생하게 된다.

그림 1 a)의 NM 강선의 경우, 자속밀도가 증가하여도 자화강도는 포화되지 않고 계속 증가하는 비자성의 특성을 나타내었다. 즉 NM 강선의 투자율은 거의 1임을 알 수 있다. 따라서 NM강선을 지지선으로 사용하는 ACNR 전선의 경우 지지선에 의한 자기장으로 발생하는 송전손실은 없다.

##### 3.2 전기적 특성

###### 3.2.1 알루미늄 크래딩강선(NM/AW)

그림 2는 알루미늄 크래딩(Al cladding)두께에 따른 인장강도와 도전율과의 관계를 나타낸 것으로 초기 NM강선의 인장강도는 약 190kgf/mm<sup>2</sup>이며 도전율은 약 3%ACS로 나타났다. 알루미늄 크래딩 두께에 따라 도전율은 증가하지만 인장강도는 직선적으로 감소하였다.

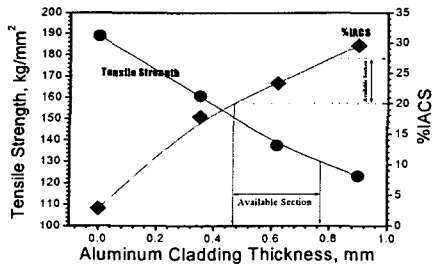


그림 2. Al cladding 두께에 따른 인장강도와 도전율의 관계.

지지선으로 사용되기 위한 인장강도와 도전율은 각각 130kg/mm<sup>2</sup>와 20%IACS를 상회하여야 한다. 위 조건을 만족하는 알루미늄 클래딩 두께는 0.47mm ~ 0.78mm으로 도전율은 최대 27 %IACS로 ACSR/AW전선용 지지선에 비해 약 7 %IACS정도의 도전율 향상을 꾀할 수 있다. 도전율 특성이 1% 향상되면 전체 송전손실의 약 1.5%를 향상시킬 수 있으므로 약 0.78mm 알루미늄 클래딩두께의 NM강선은 최대 10.5%의 송전손실을 저감하는 효과를 가진다고 할 수 있다.

### 3.3.2 ACNR/AW 전선

그림 3에 본 연구를 통하여 제작된 ACNR 410mm<sup>2</sup> 가공송전선을 나타내었다.

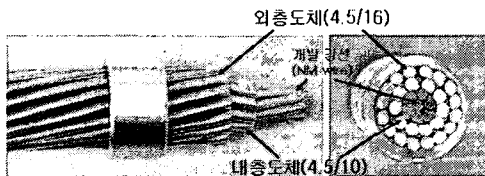


그림 3. ACNR/AW 410mm<sup>2</sup> 가공송전선.

전선의 도체 단면적은 410mm<sup>2</sup>이고 기존의 전선구조와 동일하게 내층과 외층에 각각 4.5/10, 4.5/16로 구성되어 있다. 그러나 ACNR 전선에는 기존의 고탄소강선 대신에 본 연구에서 개발된 강선인 NM 강선을 연선하여 제작한 연선재(3.5/7)를 사용하였다. NM강선의 알루미늄 클래딩 두께는 약 0.65mm이며 인장강도는 약 140kgf/mm<sup>2</sup>이다.

그림 4는 ACSR 410mm<sup>2</sup> 전선과 ACNR/AW 410mm<sup>2</sup> 전선의 직류저항을 나타낸 것으로 온도 증가에 따라 전선 모두 선형적으로 저항은 증가하였다. 기존의 ACSR 전선에 비해 개발된 ACNR/AW 전선의 전기 저항이 낮게 나타났다. ACNR/AW 410mm<sup>2</sup> 전선이 기존의 ACSR 410mm<sup>2</sup> 전선에 비해 8 ~ 9%정도의 손실저감 효과를 확인할 수 있었다. 이는 그림 5의 소선에서 알루미늄 클래딩두께에 따른 손실저감효과와 거의 일치한다.

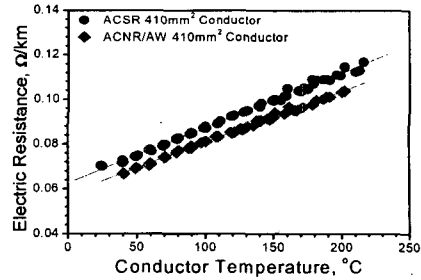


그림 4. ACNR/AW과 ACSR의 직류손실

그림 5는 ACSR 410mm<sup>2</sup> 전선과 ACNR/AW 410mm<sup>2</sup> 전선의 교류저항을 나타낸 것이다. ACNR/AW 전선에서 알루미늄 클래딩두께를 약 0.63mm로 하였다. 온도 증가에 따라 교류저항(Z)은 직류저항(R)에서와 같이 선형적으로 증가하였다. 두 전선간의 손실특성을 비교한 결과 ACNR 전선이 ACSR전선에 비해 약 19 ~ 20% 정도의 손실저감효과를 나타내었다. 직류의 8 ~ 9%에 비하여 약 10% 이상의 높은 것으로, 비성강을 전선의 지지선으로 적용함으로 인하여 코어에서 자기장발생으로 인한 손실이 발생되지 않기 때문에 직류에 비해 교류에서 더욱 우수한 특성을 나타내었다.

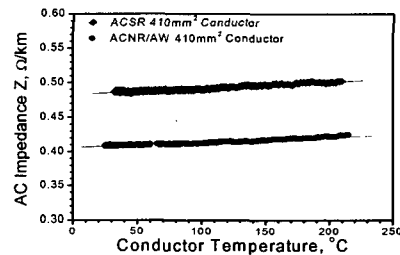


그림 5. ACNR/AW과 ACSR의 교류손실

## 4. 결 과

- 고강도 비자성강(NM강선)의 자화밀도와 자화강도 곡선에서 자화강도는 포화되지 않는 비자성인 투자율 1을 나타내었다. ACNR 전선은 지지선에 의한 송전손실은 없다.
- 알루미늄 클래딩두께와 인장강도 및 도전율과의 관계에서 최소인장강도 130kgf/mm<sup>2</sup>에서 클래딩두께는 약 0.78mm이며 도전율은 약 27%로 기존의 20%에 비해 7%의 도전율이 향상되었다.
- 고강도 비자성강을 지지선으로 적용한 ACNR전선의 전기적 손실저감효과는 직류에서 8 ~ 9%를 나타내었으며, 교류에서 19 ~ 20%를 나타내었다. 직류에 비하여 교류에서 손실저감효과가 우수하게 나타났다.