

### 345kV 초고압 현수애자 210KN 개발 연구

서형권, 전경우, 신용갑, 박영창, 명근식, 이기탁  
 \*고려애자공업(주), \*\*한국전기연구소, \*\*\*한국전력공사

### A Study on Development of 345kV Class High-Voltage Suspension Insulators(210KN)

H.K. Suh, K.W. Chon, Y.G. Shin, Y.C. Park, K.S. Mung, G.T. Lee  
 \*KRI, \*\*KERI, \*\*\*KEPCO

**Abstract** - 345kV급 210KN 초고압 현수애자의 개발 시험 결과, 과전파괴하중시험에서 품질관리지수가 3.0 이상인 11.2였으며, 유중파괴전압시험에서는 기준치보다 40% 정도 높은 값을 보였다. 그리고 72kA·Cycle±10% 조건의 power arc시험에 파괴없이 만족하였으며, 경년변화시험 후의 확인시험에서도 품질관리지수가 11.47로 높게 나타났다. 애자련의 피로시험 및 진동피로시험 후의 하중확인시험에서도 기준치보다 10% 이상의 값을 보였다. 전체적인 시험조건에서 경년 변화시험의 조건이 가장 가혹한 것으로 나타났다.

#### 1. 서 론

한국전력의 송전용 현수애자의 설치량 약 626만개중 국산애자는 43%, 외국산 수입애자는 57% 정도 되고 있다. 송전용 애자의 경우 83년 이전에는 전량 수입하여 사용하였으나, 83년부터 국산 개발되어 공급되고 있으며, 345kV급 이상에서는 전량 수입에 의존하고 있는 실정이다[1,2].

따라서, 345kV급 이상의 초고압 현수애자의 개발은 수입대체효과와 함께 국산 자기애자의 기술발전과 더불어 전기 품질의 향상을 통한 국가경쟁력 향상을 위한 필수 요소이다.

본 논문은 345kV급 210KN 초고압 현수애자의 개발 시험의 결과를 분석하여 고품질 애자를 실현하고자 한다.

#### 2. 본 론

##### 2.1 210KN 초고압 현수애자의 규격

210KN 초고압 현수애자의 특성 및 규격을 표 1에 나타내었다.

표 1. 210KN 초고압 볼소켓형 현수애자의 특성 및 규격

적용규격	PS 131-570
기호	S-3-1(일반용)
규격(적경×높이)	280×170mm
상용주파전조설락전압(KV)	80
상용주파전조내전압(KV)	75
상용주파주수설락전압(KV)	47
상용주파주수내전압(KV)	45
자기부색	회색
과전파괴하중(Kg)	21,000
누설거리(mm)	370 이상
개당중량(Kg)	9.5 이하

##### 2.2 과전파괴하중시험(ES 131의 9항)

과전파괴하중시험은 상용주파전압(60kV)을 인가한 상태에서 파괴(puncture) 없이 규정된 과전파괴하중(21 ton)에 도달해야 하며, 품질관리지수(Qs) 3.0 이상의 값을 만족해야 한다. 품질관리지수의 계산은 다음과 같다.

$$Q_s = \frac{\bar{R} - R_s}{S} \geq K$$

여기서, Qs는 품질관리지수,  $\bar{R}$ 는 측정품의 평균치 ( $\frac{R_1 + R_2 + \dots + R_N}{N}$ )이며, Rs는 규정의 과전파괴하중이고,

S는 표준편차( $\sqrt{\frac{(R_1 - \bar{R})^2 + (R_2 - \bar{R})^2 + \dots + (R_N - \bar{R})^2}{N-1}}$ ), 그리고

K는 허용정수로 3.0 이상이어야 한다.

그림 1은 과전파괴하중시험의 결과로 규정치보다 높으며, 품질관리지수(Qs)도 3.0 이상인 11.2로 높게 나타났다.

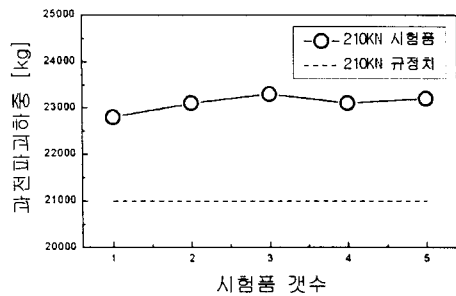


그림 1. 과전파괴하중시험의 결과

##### 2.3 상용주파 유중파괴전압시험(ES 131의 6.4항)

시험주파수 60Hz, 125kV 이상의 조건에서 상용주파 유중파괴전압시험의 결과를 그림 2에 나타내었다.

210KN 시험품의 평균 유중파괴전압은 평균 174kV로 기준치보다 약 40% 정도 높은 우수한 특성을 보였다. 유중파괴전압은 밀도 및 누설거리와 관계가 있으며,

이 때의 밀도는  $2.49\text{g}/\text{cm}^3$ 이었다.

## 2.4 내아크시험(Power Arc Test)(ES 131의 6.15항)

210KN 시험품 3개를 1련으로 수직상태로 설치하여 14KN의 장력을 인가 유지한 후, 시험전류는 45~65Hz의 단상교류 전류로서 초기 비대칭분은 30%를 초과해서는 안되고, 아크전류와 지속시간은 12kA(rms) 0.1초 또는 6kA(rms) 0.2초로서 아크전류와 지속시간의 곱이  $72\text{kA} \cdot \text{cycle} \pm 10\%$ 가 되도록 하였다.

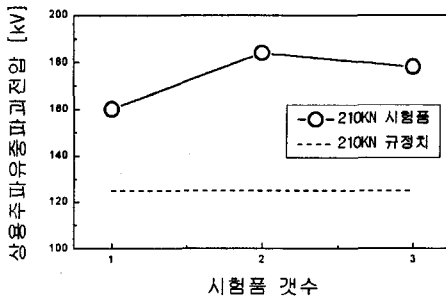


그림 2. 유중파괴전압 시험의 결과

그림 3은 Power Arc 시험 장면과 Power Arc 시험한 시험품의 결과 사진이다.

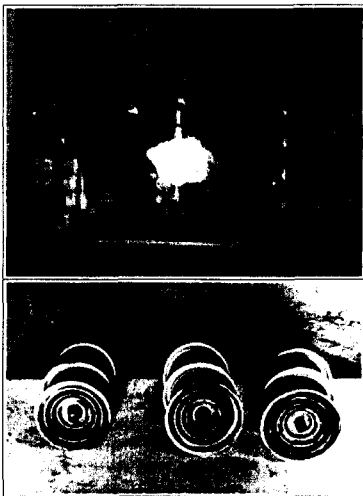


그림 3.  $72\text{kA} \cdot \text{cycle}$ 의 Power Arc 시험

## 2.5 경년변화시험(ES 131의 13항)

경년변화시험에서 인장하중은 과전파괴하중치의 60% 즉, 12,600kg에서 저온  $-30 \pm 5^\circ\text{C}$ 와 고온  $40 \pm 5^\circ\text{C}$ 의 조건으로 온도유지시간은 4시간 이상이며, 냉, 열 순으로 24시간을 1주기로 4주기를 시험하였다. 확인시험은

ES 131의 9항에 의해서 과전파괴하중시험을 행하였다.

그림 4는 경년변화시험 후의 과전파괴하중 확인시험 결과로, 평균값에 대한 차이가 2% 이내로 균일한 결과를 보였고, 기준치보다는 10% 정도 높은 결과를 보였다. 또한 품질관리지수( $Q_s$ )가 11.47로 높게 나타났다.

그림 5는 경년변화시험의 시험 장면이다.

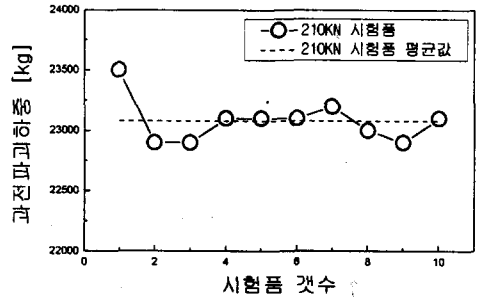


그림 4. 경년변화시험 후 과전파괴하중 결과

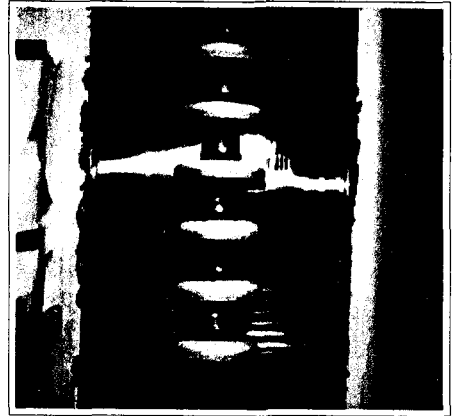


그림 5. 경년변화시험 장면

## 2.6 애자런 피로시험(PS 131-570의 6.1.2 (1)항)(3)

과전파괴하중치의 1/5(4.2ton)과 1/3(7.0ton)의 하중에서 5~7Hz 주기의 정현파로 200만회 반복 시험하였고, 그 시험 장면과 파괴하중 확인시험의 결과를 그림 6, 7에 나타내었다.

210KN 시험품의 경우 1주기의 하중차이는 2.8ton이지만, 4.2ton과 7.0ton의 반복시험으로 인해 실제 시험품은 매우 가혹한 조건이었다. 하중확인시험의 결과 평균 파괴하중은 23377.78kg으로 기준치보다 11% 높은 양호한 결과를 보였다.

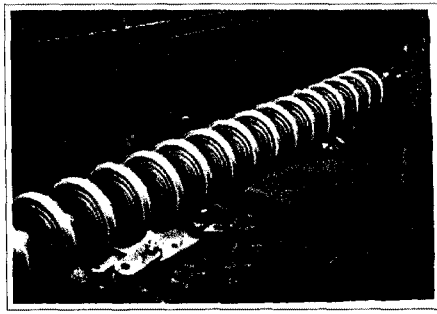


그림 6. 애자런 피로시험 장면

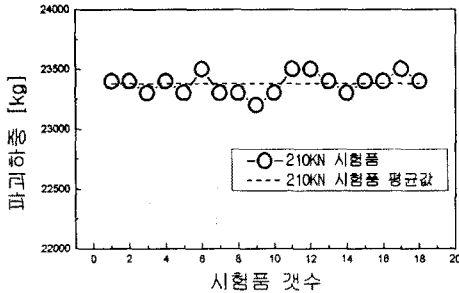


그림 7. 애자런 피로시험 후 파괴하중시험 결과

### 2.7 애자런 진동피로시험(PS 131-570의 6.1.2 (2)항)

진동피로시험기에서 210kN 시험품의 경우 과전파괴하중치의 1/5(4.2ton)의 하중에서 50~70Hz의 진동 주파수, 진동폭  $\pm 2.25\text{mm}$ 로 500만회 반복 시험하였다.

하중확인시험 결과 평균 23,500kg으로 기준치의 12%정도 높은 결과를 보였으며, 시험 완료 후 하중확인시험에서 평균 파괴하중치의 편차 또한 1% 이내로 나타났으며, 그 결과는 그림 8에 나타내었다.

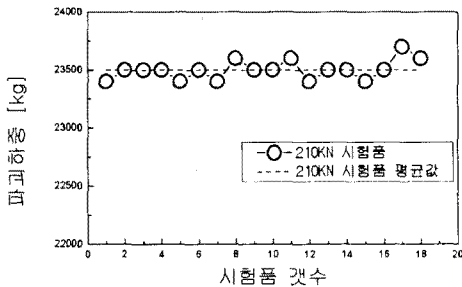


그림 8. 애자런 진동피로시험 후의 파괴하중시험 결과

그림 9는 과전파괴하중과 경년변화시험 후 과전파괴하중, 피로시험 후의 파괴하중, 그리고 진동피로시험 후

의 파괴하중의 결과를 나타내었다. 시료수의 차이는 있으나, 전체적인 경향으로는 진동 피로시험 후의 확인시험조건이 가장 우수하였으며, 경년변화시험의 조건이 가장 낮은 값을 나타낸 것으로 보아서 경년변화시험의 조건이 가장 가혹한 것으로 보여진다.

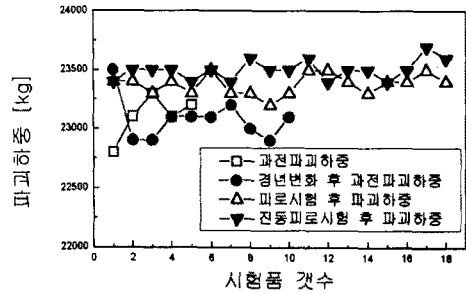


그림 9. 파괴하중시험 결과

### 3. 결 론

345kV급 210kN 초고압 현수애자의 개발 시험의 결과는 아래와 같다.

1. 과전파괴하중시험에서 품질관리지수( $Q_s$ )가 3.0 이상인 11.2로 나타났다.
2. 유중파괴전압시험은 기준치보다 40% 정도 높게 나타났다.
3.  $72\text{kA} \cdot \text{cycle} \pm 10\%$  조건의 power arc시험에서 파괴없이 기준에 만족하였다.
4. 경년변화시험 후의 확인시험에서도 품질관리지수( $Q_s$ )가 11.47로 나타났다.
5. 애자런의 피로시험 및 진동피로시험 후의 하중 확인시험에서 기준치보다 10% 정도 높은 결과를 보였다.
6. 전체적인 시험조건에서 경년변화시험의 조건이 가장 가혹한 것으로 나타났다.

### [참 고 문 헌]

[1] 오경영, 장성도, "국내 특고압 送配電線 絶緣碼子の 現況", 요업기술, Vol. 11, No. 4, pp.257-265, 1996  
 [2] 김진철, 김태영, "국내·외 현수애자의 적용동향 및 기술 개발", 전기학회지, 48권 12호, pp.22-26, 1999  
 [3] PS 131-570