

초고압 지중 케이블 단락전력을 감안한 케이블 클리트의 모의 인장 시험

김화중, 남정세, **송재혁**
대한전선(주) 전력기기 공장

TENSILE STRENGTH TEST OF CABLE CLEAT SIMULATED ELECTROMAGNETIC FORCE UNDER MAXIMUM FAULT CONDITION OF EHV UNDERGROUND CABLE

H. J. Kim, J. S. Nam, J. H. Song

Taihan Electric Wire. co., Ltd. EHV Acc'y Engineering Team

Abstract - 지중 케이블의 고정 및 케이블 축력을 지지하는 목적으로 사용하는 케이블용 클리트는 실제로 여러 종류의 외력을 받으며, 이중 케이블 단락 사고시 발생하는 전자력이 가장 큰 영향을 미친다. 본 논문에서는 케이블 단락 사고시 발생 전자력을 계산하고 이 계산치를 바탕으로 클리트의 외력으로 모의하고, 이를 외력방향에 따라 인장시험을 통해 클리트 설계의 적절성을 확인하고자 한다.

싸이클의 단락전류를 기준으로 계산 적용하였다.

1. 서 론

지중 케이블용 클리트로는 케이블 고정받침, 케이블 이동받침 및 접속함 이동받침 등으로 대별된다. 케이블 고정받침 중 삼상삼각용은 케이블 스테이크 변곡점 및 단부에 설치하여 스테이크 형상을 유지하고 케이블을 고정하는 목적으로 사용되며, 단상용은 접속부 및 수직구 등에서 케이블을 구속 고정하는데 사용된다. 케이블 고정받침 중 삼상수평용은 삼상삼각용과 사용목적의 유사하나 케이블 삼상을 나란히 포설하게 된다. 이중 단락사고 발생시 케이블 고정받침 중 삼상삼각용 및 단상 고정용에 작용하는 전자력을 모의하여 이를 전자력 방향에 따라 인장시험을 실시하였으며, 본 시험의 목적은 각 사양별 케이블 클리트의 안정성을 확보하고 향후 클리트의 컴팩트화의 기초자료로 사용하기 위하여 본 시험을 실시하였다.

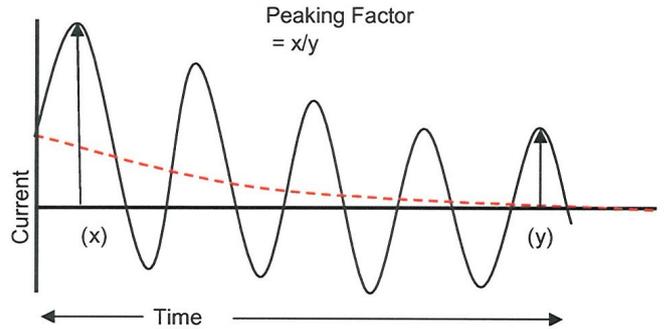


그림2. 과도시 단락전류의 파동 추이

2. 본 론

2.1 단락전력의 계산

2.1.1 단상 고정용

단상 고정용의 경우 수직배열, 수평배열 구조로 장착되며 본 검토에서는 수직배열을 기준으로 단락전자력을 계산하였다.

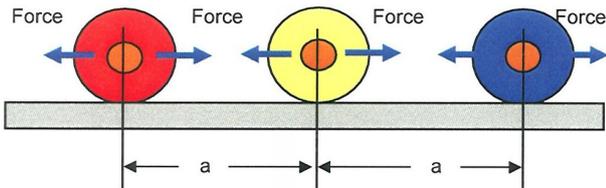


그림1. 단상고정형 클리트의 수평 배열시 작용력

그림1.에서 보는 바와 같이 단상고정형을 수평으로 일렬 배치할 경우 단락전류의 방향이 동일하다는 가정하에 반발력이 작용하여 수평방향으로 힘을 받게 된다. 이때 발생하는 단락전자력을 계산하면

$$F = \frac{17.75 \times L \times I_1 \times I_2}{a}$$

F : Newton [N]

L : Length between cleats [m] (1.5m)

I₁ & I₂ : Fault current First Cycle [kA]

a : Distance between conductor's axis [cm]

이번 시험에 적용한 케이블은 132kV 및 220kV급으로, 단락전류는 최대 40kA를 적용하였다. 또한 아래의 그림과 같이 제 1싸이클의 고장전류의 경우 공칭 고장전류의 약 1.8배(Peaking factor)로 단락전자력 계산시 제 1

표1. 단상 고정용 클리트의 단락전자력 계산치

전압	도체규격 [mm ²]	단락전류 [kA]	상간거리 [cm]	전자력 [N]
220kV	2000	40	15	9201
132kV	1000	40	15	9201
132kV	630	40	15	9201

2.1.2 삼상 삼각용

삼상 삼각용 클리트는 아래 그림2.와 같이 작용력의 방향이 각 축의 중심에서 뻗어나가는 것으로 확인되며, 이때 케이블간의 반발력의 구속으로 인해 클리트 자체에 회전력도 발생하게 된다. 이때의 단락전자력은 다음과 같다.

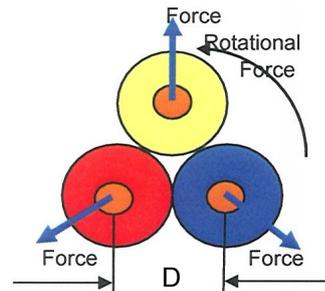


그림3. 삼상삼각형 클리트에 작용하는 전자력

$$F = \frac{17.75 \times L \times I_1 \times I_2}{D}$$

D : 케이블 외경

표2. 삼상 삼각용 클리트의 단락전자력 계산치

전압	도체규격 [mm ²]	단락전류 [kA]	케이블 외경 [cm]	전자력 [N]
220kV	2000	40	13.3	10377
132kV	1000	40	10.1	13666
132kV	630	40	9.1	15168

2.2 모의 인장시험

2.1항에서 검토한 단락전자력 중 132kV XLPE 630mm² 케이블을 삼상으로 배치한 경우의 단락전자력이 가장 크게 작용하는 것으로 확인되었다. 이 계산치를 바탕으로 단상 고정용 및 삼상 삼각용에 작용하는 힘의 방향을 감안하여 인장시험을 실시하였다.

여기에서, 실제로 작용하는 단락전자력은 0.1초 내에 순간적으로 작용하는데, 이를 모의하여 인장시험을 실시하는데 단계가 예상된다. 이에 계산치보다 높은 단락전자력을 적용하면서, 일정 인장력에서 약 5분간씩 유지하는 방법으로 대체 실시하였다.

2.2.1 단상 고정용

단상 고정용의 경우 그림1.에서 보는 바와 같이 수평 배열의 경우 클리트의 상하 방향보다는 측면 방향으로 전자력이 발생하고 있다. 이를 모의하기 위해 아래와 같이 인장시험 지그를 제작하여 시험에 적용하였다.

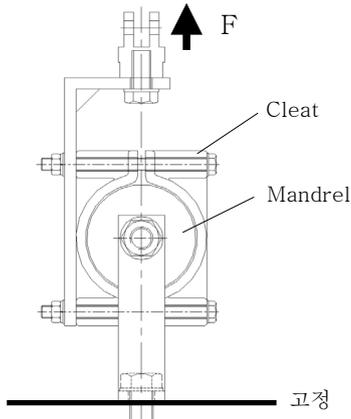


그림4. 단상고정용 클리트의 인장시험 지그 개략도

그 시험 사진 및 시험 결과는 아래 그림 5와 그림6 과 같다.



그림5. 단상고정용 클리트 인장시험

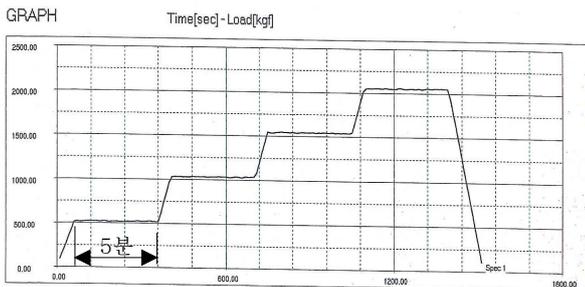


그림6. 단상고정용 클리트 인장시험 결과

상기 시험시 500kg, 1000kg, 1500kg, 2000kg에서 각각 5분간 인가하였으며, 시험 후 클리트에 크랙, 찢어짐 등 어떠한 이상현상이 발견되지 않았다.

2.2.2 삼상 삼각용

삼상 삼각용은 상부 작용력 및 하부 작용력의 합력이 상호 작용하는 것으로 가정하여 인장시험 지그를 제작하여 시험을 실시하였다. 그 개략도는 아래 그림7 과 같으며, 그 시험사진 및 결과는 그림8, 그림9에 나타내었다.

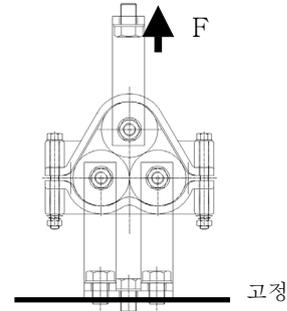


그림7. 삼상 삼각용 클리트 인장시험 지그 개략도



그림8. 삼상 삼각용 클리트 인장시험

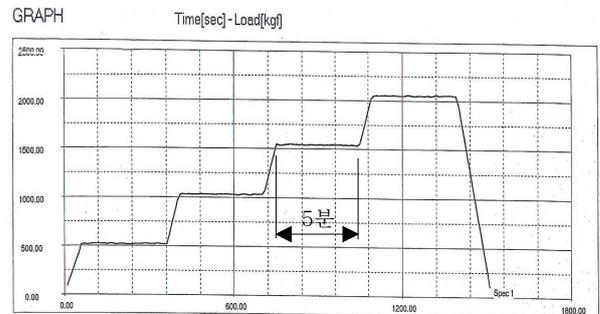


그림9. 삼상 삼각용 클리트 인장시험 결과

3. 결 론

현재 케이블용 클리트의 특성에 대한 연구가 부족한 실정이며, 이에 따라 클리트의 설계시 구조에 대한 이론적 배경이나, 사용 목적에 따른 구조 개선 등의 기초 자료가 부족하여 불필요하게 크게 설계하거나 과도한 보강대 설치 등의 문제가 발생하고 있다. 이번 시험을 통하여 단상 클리트의 경우 직접 작용하는 전자력보다 크기는 4배이상의 인장강도에 견디는 것을 보아 단상 클리트의 컴팩트 설계에 활용할 수 있으리라 사료된다.

[참 고 문 헌]

- [1] Calculation result of forces on the cable and cable cleat under maximum fault condition for 345kV XLPE cable : J-Power Systems
- [2] Calculation result of forces on the cable and cable cleat due to thermo-mechanic behavior for 345kV XLPE cable : J-Power Systems