

<https://doi.org/10.7236/IIBC.2017.17.3.189>

IIBC 2017-3-23

발전소에서 운전 중인 활선 6 kV CV 단심 cable의 도체온도에 따른 피복 표면온도 및 부하전류 특성 분석

Analysis of Sheath Temperatures and Load Currents Dependent on Conductor Temperatures in Live 6kV CV Cables Operating at a Power Station

엄기홍*

Kee-Hong Um*

요 약 발전소의 발전기에서 생산된 전기를 외부 단자로 공급하기 위하여 유일하게 사용되는 수단은 6 kV CV 단심 cable이다. 발전소에서 발생하는 여러 종류의 사고들 중에서 cable의 열화로 인한 화재 사고는 막대한 사회 경제적 손실을 초래한다. 설계부터 시공 및 관리를 더욱 철저히 해야 한다. 설치환경 및 사용 조건 부하량 등에 따라 차이가 있겠지만, 증설과정, 부적절한 설계 등으로 인하여 cable의 단면적이 부족할 경우가 발생하며, 운전 전류에 의하여 초과된 허용온도는 cable의 열화 상태를 초래한다. 우리는 cable의 사고를 체계적으로 감시 및 예방하기 위한 측정 장비를 개발, 한국서부발전 주식회사(Korea Western Power Co., Ltd.)에 설치하여 활선 cable을 진단하였다. 이 논문에서 우리는 cable이 설치되어 있는 주위환경 특히, 주위 온도에 따라 변동하는 cable의 피복표면의 온도를 측정하고 이에 따른 부하 전류를 검토한 결과를 제시한다. 실제 예로서 주위 온도가 40 °C ~ 10 °C의 경우에 피복의 표면 온도와 부하전류의 특성을 연구한 결과를 제시한다.

Abstract The only method used in the power stations in order to deliver generated electric power is 6 kV XLPE (or CV) single core cables. Among many kinds of accidents happening in the power stations, the outbreak of fire due to the deterioration of live cables causes enormous socioeconomic losses. From the installation of the cables, the management and diagnose should be thoroughly made. Even though it differs depending on the installations and usage conditions, the cross-sectional area of cables is in shortage. The excessive allowable temperature caused from the current causes the deterioration of cables. In order to prevent an unexpected breakdown of live cables, we have invented a device to monitor and diagnose the status of cables. We have installed our device in the Korea Western Power Co., Ltd.. In this paper, we present our research results in situ that we have obtained by measuring the temperature of sheath, changing with the surrounding circumstances, especially ambient temperatures. We also show our study results of characteristics for temperature of sheath surface and load current at the ambient temperatures of 40 °C - 10 °C.

Key Words : XLPE (or CV) cable, Ampacity, Breakdown, Ambient temperature, IEC 60287

*정회원, 한세대학교 IT학부 교수

접수일자 2017년 3월 8일, 수정완료 2017년 5월 18일

게재확정일자 2017년 6월 9일

Received: 8 March, 2017 / Revised: 18 May, 2017 /

Accepted: 9 June, 2017

*Corresponding Author: um@hansei.ac.kr

Dept. of Information Technology, Hansei University, Korea

I. 서 론

전력공급을 안정되게 하기 위해서는 발전소의 모든 장비들은 신뢰성 있게 동작해야 한다. 전력 전달의 수단으로서 cable에서, 도체에 전류가 흐르면 도체, 절연체, 금속차폐층 등에서 열이 발생한다. 이때 발생하는 도체 손 및 유전체 손에 의한 열은 외부의 주변 공간으로 이동하게 된다. 발생한 열은 cable의 기계적 및 전기적인 특성을 변화시킨다. 온도증가에 의하여 재료의 분자들은 운동 에너지가 증가하고 분자 구조 내부의 화학반응을 일으키고, 재료의 분자 구조를 변형시켜서 노화를 가져온다. 노화 반응이 계속 진행되면, cable의 열화가 심화 진행되어 결국 사고가 발생한다^[1]. 최근 우리나라의 1년간 평균 전력소모량은 8,092 kWh로서 1980년의 전력소모량에 비교하여 9배 만큼 증가한 바와 같이 전력 수요의 증가로 인하여 전력을 공급하기 위한 여건이 계속 악화되고 있는 추세이다^[2]. 우리는 이 논문에서 충남 태안에 소재한 화력 발전소인 한국서부발전(주)에서 운전 중인 활선 6 kV CV 단심 cable의 도체온도에 따른 피복 표면온도 및 부하전류의 특성을 분석하여 연구한 결과를 제시한다.

II. 전력 Cable 의 허용전류 계산 검토

국제전기표준회의(International Electrotechnical Commission) IEC 60287-1-3-2009 에 의한 “cable의 연속적인 허용전류 계산”은 cable의 허용전류를 결정하기 위하여 사용하는 절치와 방정식을 정의하는 국제표준이다^[3]. 전류가 cable 시스템을 흐를 경우, 통전도체에 의하여 도체자체, 절연체, 금속차폐층 등에서 열이 발생한다. 이 열은 cable 내부에서 밖으로 빠져나가며 전체적으로 안정된 균형 즉 열평형상태 (thermal equilibrium) 를 이루게 된다. 케이블에서의 열평형 상태는 두 물질간의 열이 이동 가능한 경로가 형성되어 있더라도 열이동이 발생하지 않는 상태이다. 열평형 상태는 열역학 제 영(0)법칙(zeroth law of thermodynamics)을 따른다. 시스템 내부의 온도가 공간적 및 온도적으로 균일할 경우 그 시스템은 열평형상태에 놓여있다고 한다^[4]. 이때 절연체가 그 특성을 유지할 수 있는 온도 이하가 되는 전류를 허용전류 (current carrying capacity, ampacity, current-rating, allowable current)라고 한다. 단위는 암페어(A)이다. 이

경우 cable의 상시허용 전류는 IEC 60287 에 의하여 다음 식 으로 계산한다^[5,6,7].

$$I = \sqrt{\frac{\Delta\theta - W_d [0.5 T_1 + n(T_1 + T_3 + T_4)]}{R[T_1 + n(1 + \lambda_1)T_2 + n(1 + \lambda_1 + \lambda_2)(T_2 + T_4)]}} \quad (1)$$

식 (1)의 의미는 reference [1]에 언급되어 있다.

III. 전력 Cable의 비금속층의 열저항

플라스틱 등 cable 내에 있는 비금속층의 열저항은 다음과 같이 구한다. 비금속 재료는 플라스틱, 열가소성 엘라스트로머(thermoplastic elastomer, TPE), 윤활제, 폴리머, 섬유, 접착제, 자기재료 (ceramic material)등과 같은 금속 이외의 재료이다^[8,9].

케이블 도체는 비금속성 피복(sheath)의 보호막으로 뒤덮혀 있다(covering by nonmetallic materials). 피복은 금속제 외피의 피위에 외부 연향으로 부터 케이블을 보호하기위하여 뒤덮는 비금속 재료이다. 외부 피복은 KS C IEC 60092-359에서 정의된 재료이다^[10]. 전력 cable의 비금속 층의 열저항에 관하여 여러 가지 참고 자료가 있으나, reference [10]이 자세하고 알기 쉽게 설명하고 있다고 판단되어, 편의상 아래와 같이 인용 또는 그대로 차용한다.

가. 절연체 열저항

절연체의 열저항을 계산하기위하여 단심(single core cable, 單心) cable)과 다심 (multicore, multiconductor, 多心)케이블로 구별하여 적용하는 경우를 제시하면 다음과 같다.

(1) 단심cable

단심 도체를 갖는 케이블의 열저항은 다음과 같다.

$$T_1 = \left(\frac{\rho}{2\pi}\right) \cdot \ln\left(1 + 2 \cdot \frac{t_1}{d_c}\right) \quad (2)$$

식 (2)에서

ρ = 절연재료의 고유열저항 (K-m/W)

d_c = 도체의외경,

d_1 = 절연두께(내외도 포함)

이다.

(2) 다심cable

심선의 수가 2개 이상인 케이블의 경우 심선 사이에는 서로 절연되어 있고, 그 배열은 동심원 모양으로는 되어 있지 않다.

$$T_2 = \left(\frac{\rho}{2\pi}\right) \cdot G \quad (3)$$

식 (3)에서

G = cable 형상에 따른 계수이다.

아래 표 1은 비금속재료의 고유 열저항을 나타낸다.

표 1. 비금속재료의 고유열저항
 Table 1. Intrinsic thermal resistance of nonmetallic materials

절연재료	XLPE	PE	PVC	EPR	섬유	종이
고유열저항	3.5	3.5	6.0	5.0	6.0	6.0

나. 피복층의 열저항

일정한 전압강하가 발생하고, 전류가 흐르는 플라스틱 피복전선과 플라스틱 피복 집축면의 온도가 상승한다. T_2, T_3 등의 피복층의 열저항도 절연체의 경우와 같은 방법으로 다음과 같이 계산한다.

$$T_3 = \left(\frac{\rho}{2\pi}\right) \cdot \ln\left(1 + 2 \cdot \frac{t_3}{d_c}\right) \quad (4)$$

식 (4)에서

ρ = 절연재료의 고유 열저항 (K-m/W),
 d_c = 도체의
 이다.

다. 통풍이 되는 공기의 열저항

Cable이 직접 태양 빛에 노출되어 있지 않은 경우

$$T_4 = \frac{1}{\pi \cdot D_e \cdot h \cdot (\Delta\theta_s^{(1/4)})} \quad (5)$$

식 (5)에서

D_e = cable의 외경(mm),

h = IEC 287에 의한 열손실계수(thermal dissipation coefficient),

$\Delta\theta_s$ = cable 표면온도-20 °C 이다.

만약 cable이 햇빛에 노출되어 있다면 IEC 287에 있는 다른 방법으로 계산하여야 한다.

라. 직매 cable의 토양 열저항

전력 cable을 토양에 매설할 때, 토양에 의한 열저항이 증가한다. 이 경우, 허용전류(current carrying capacity)를 계산하기 위하여 JCS-168D 및 IEC-287 기준

$$T_4 = \left(\frac{\rho}{2\pi}\right) \cdot \ln(\mu + \sqrt{\mu^2 - 1}) \quad (6)$$

을 적용한다. 식 (6)에서

ρ = 토양 열저항

$\mu = 2L/D_e$

L = 지표면과 cable 축간의 거리(매설 깊이)

D_e = cable의 외경

이다. 토양 열저항은 나라마다, 설치환경마다 다르다. 아래 표 2는 몇 나라의 예를 나타낸다.

표 2. 국가별 토양열저항의 예
 Table 2. Soil thermal resistivity of several countries

국가명	대기온도 (°C)	토양온도 (°C)	토양열저항 (K-m/W)	매설깊이 (mm)
한국	40	25	1.2	-
일본	40	25	1.0	-
미국	40	20	0.9	900
프랑스	30	20	1.2	-
호주	40	25	2.0	500

마. 관로 cable의 토양 열저항

$$T_4 = T_{41} + T_{42} + T_{43} \quad (7)$$

식 (7)에서 각각의 온도 다음과 같다.

1. Cable 표면-관로간 열저항

$$T_{41} = \frac{U}{1 + 0.1 \cdot (V + Y + \theta_m) \cdot D_e} \quad (8)$$

식 (8)에서

$U, V, Y =$ IEC 287에 의한 상수,

$D_e =$ cable 외경,

$\theta_m =$ 공기층의 평균온도(°C)

이다.

2. 관로의 열저항

$$T_{42} = \left(\frac{\rho}{2\pi}\right) \cdot \text{Ln}\left(\frac{D_0}{D_i}\right) \quad (9)$$

식 (9)에서

$D_e =$ 관로의 외경

$D_i =$ 관로의 내경

$\rho =$ 관로 재질에 따른 고유열저항
이다.

표 3. 관로재질에 따른 고유열저항

Table 3. Thermal resistivity of duct line

관로재료	콘크리트	FRP	PE	PVC	석면	토관
고유열저항	1.0	4.8	3.5	7.0	2.0	1.2

3. 토양 열저항

$T_{43} =$ 직매cable의 경우와 같이 계산한다.

단, cable 외경대신 관로의 외경을 사용한다.

IV. 주위온도에 따른 피복표면온도 및 부하전류 예측검토

우리가 한국서부발전(주)에서 연구 대상으로 선택한 cable들은 6kV CV 100 SQ 1C 이다. 이 논문에서는 이러한 cable들의 주위 온도에 따른 피복 표면 온도 및 부하전류를 예측 및 실측한 결과를 제시한다. 실험의 결과 6kV CV 100 SQ, 1C cable 의 경우 다음의 특성을 가짐을 확인하였다.

- (1) S=2D 포설과 트레이 포설과 주위온도40°C 조건에서 사용할 수 있는 최대 허용전류는 약 350 A 정도이다.

도이다.

- (2) S=D포설조건과 주위온도30°C 조건에서도 최대 허용전류는 약 330 A 정도 이다.
- (3) 다른 포설 및 사용조건이 변경되고 안전율을 고려한 최대 약조건이라고 하여도 200 A 이상 사용하는 데는 문제가 없을 것이다.
- (4) 한국서부발전(주)의 연구대상 cable에서는 현재 사용하고 있는 최대 운전부하전류는 60 A 정도이다.

따라서, cable에 흐르는 운전 부하전류는 10 A ~ 100 A 에서 사용하는 조건으로, cable이 포설된 주위온도는 10°C ~ 40°C 조건으로 부하전류 및 주위온도 변화에 따른 cable 도체온도와 cable 피복표면온도를 예측하여 보았다.

1. 주위 온도 40°C의 경우

표 4 는 주위온도 $T_a = 40^\circ\text{C}$ 에서의 도체온도에 따른 부하전류 및 표면온도를 계산결과이다.

표 4. 주위온도 $T_a = 40^\circ\text{C}$ 에서의 cable 도체온도에 따른 부하전류와 표면온도 계산결과
Table 4. Temperatures of cable sheath at the ambient temperature of $T_a = 40^\circ\text{C}$

도체온도(T_c) (°C)	90	80	70	60	50
부하 전류(I_L) (A)	345	306	262	209	140
표면 온도 (T_s)	81.5	73.2	64.9	56.6	48.3
온도차 1($T_c - T_s$)	8.5	6.8	5.1	3.4	1.7
온도차 2($T_c - T_a$)	50	40	30	20	10
온도차 3($T_s - T_a$)	41.5	33.2	24.9	16.6	8.3

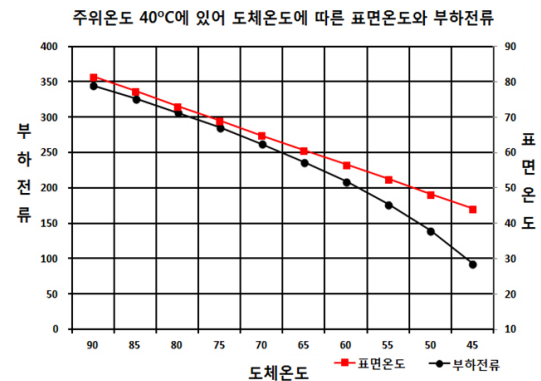


그림 1. 주위온도 40°C 시, 도체온도에 따른 표면온도 및 부하전류의 그래프

Fig. 1. Surface temperatures and load currents depending on the conductor temperatures at the ambient temperature of 40°C

그림 1은 주위온도 $T_a=40^\circ\text{C}$ 에서의 도체온도에 따른 부하전류 및 표면온도를 계산한 결과를 나타낸 그래프이다.

표 4와 그림 1의 data를 보면 6kV CV 1C, 100 SQ cable을 주위온도 $T_a=40^\circ\text{C}$ 의 조건에서 cable 도체온도를 $90^\circ\text{C}\sim 45^\circ\text{C}$ 까지 변화하였을 때에 cable에 흘릴 수 있는 전류값과 cable의 피복표면온도값을 나타낸 것으로, XLPE절연체 cable이 동도체 최고 사용온도인 90°C 에서 전류를 흐릴 수 있는 값은 약 345 A이고 cable 피복표면온도는 약 81.5°C 이었다. 이때 도체온도와 cable 피복표면온도의 차이는 약 8.5°C 이었다.

주위온도가 $T_a=40^\circ\text{C}$ 일 때, 6kV 100 SQ 단심 CV cable을 안전하게 사용하기 위해 도체온도를 90°C 에서 30°C 낮추어 60°C 의 조건에서는 cable에는 전류 약 200 A의 부하에 전기를 공급하는 데 문제가 없을 것으로 판단되며, 이때의 cable의 피복표면온도는 약 56°C 이다.

2. 주위 온도 30°C 의 경우

표 5는 주위온도 $T_a=30^\circ\text{C}$ 에서의 도체온도에 따른 부하전류 및 표면온도를 계산결과이다.

표 5. 주위온도 $T_a=30^\circ\text{C}$ 에서의 cable 도체온도에 따른 부하전류와 표면온도 계산결과

Table 5. Temperatures of cable sheath at the ambient temperature of $T_a=30^\circ\text{C}$

도체온도(T_c) ($^\circ\text{C}$)	90	80	70	60	50
부하 전류(I_L) (A)	384	350	311	266	212
표면 온도 (T_s)	79.8	71.5	63.2	54.9	46.6
온도차 1($T_c - T_s$)	10.2	8.5	6.8	5.1	3.4
온도차 2($T_c - T_a$)	60	50	40	30	20
온도차 3($T_s - T_a$)	49.8	41.5	33.2	24.9	16.6

그림 2는 주위온도 $T_a=30^\circ\text{C}$ 에서의 도체온도에 따른 부하전류 및 표면온도를 계산한 결과를 나타낸 그래프이다.

표 5와 그림 2의 data를 보면 6kV CV 1C, 100 SQ 케이블을 주위온도 $T_a=30^\circ\text{C}$ 의 조건에서 케이블 도체온도를 $90^\circ\text{C}\sim 35^\circ\text{C}$ 까지 변화하였을 때에 케이블에 흘릴 수 있는 전류값과 케이블의 피복표면온도값을 나타낸 것으로, XLPE절연체 케이블이 동도체최고사용온도인 90°C 에서 전류를 흐릴 수 있는 값은 약 380 A이고 케이블 피복표면온도는 약 79.8°C 이었다. 이때 도

체온도와 케이블 피복표면온도의 차이는 약 10.2°C 이었다. 주위온도가 30°C 일 때, 6kV 100 SQ 단심 CV 케이블을 안전하게 사용하기 위해 도체온도를 90°C 에서 30°C 낮추어 60°C 의 조건에서는 케이블에는 전류 약 260 A의 부하에 전력을 공급하는 데 문제가 없을 것으로 판단되며, 이때의 케이블의 피복표면온도는 약 55°C 이다.

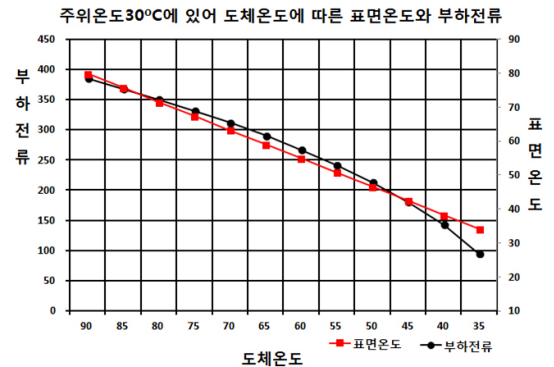


그림 2. 주위온도 30°C 시, 도체온도에 따른 표면온도 및 부하전류의 그래프

Fig. 2. Surface temperatures and load currents depending on the conductor temperatures at the ambient temperature of 30°C

3. 주위 온도 20°C 의 경우

표 6은 주위온도 $T_a=20^\circ\text{C}$ 에서의 도체온도에 따른 부하전류 및 표면온도를 계산결과이다.

표 6. 주위온도 $T_a=20^\circ\text{C}$ 에서의 cable 도체온도에 따른 부하전류/온도표면의 계산결과

Table 6. Temperatures of cable sheath at the ambient temperature of $T_a=20^\circ\text{C}$

도체온도(T_c) ($^\circ\text{C}$)	90	80	70	60	50
부하 전류(I_L) (A)	421	390	356	316	271
표면 온도 (T_s)	78.1	69.8	61.5	53.2	44.9
온도차 1($T_c - T_s$)	11.9	10.2	8.5	6.8	5.1
온도차 2($T_c - T_a$)	70	60	50	40	30
온도차 3($T_s - T_a$)	58.1	49.8	41.5	33.2	24.9

그림 3은 주위온도 $T_a=20^\circ\text{C}$ 에서의 도체온도에 따른 부하전류 및 표면온도를 계산한 결과를 나타낸 그래프이다.

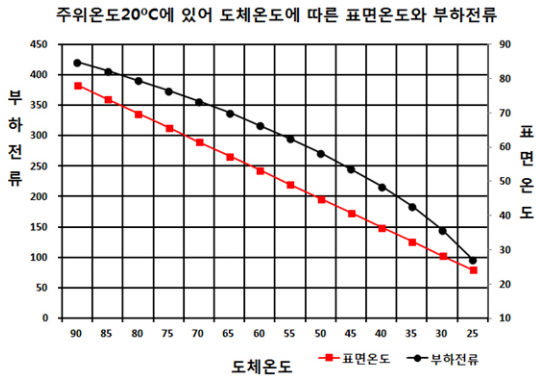


그림 3. 주위온도 20°C 시, 도체온도에 따른 표면온도 및 부하전류의 그래프

Fig. 3. Surface temperatures and load currents depending on the conductor temperatures at the ambient temperature of 20°C

표 6과 그림 3의 data를 보면 6kV CV 1C, 100 SQ cable을 주위온도 20°C의 조건에서 cable 도체온도를 90°C ~ 25°C 까지 변화하였을 때에 cable에 흘릴 수 있는 전류값과 cable의 피복 표면온도값을 나타낸 것으로, XLPE 절연체 cable이 동도체 최고 사용온도인 90°C에서 전류를 흐릴 수 있는 값은 약 421 A 이고 cable 피복 표면온도는 약 78.1°C이었다. 이때 도체온도와 cable 피복 표면온도의 차이는 약 11.9°C이었다. 주위온도가 20°C일 때, 6kV 100 SQ 단심 CV cable을 안전하게 사용하기 위해 도체온도를 90°C에서 30°C 낮추어 60°C의 조건에서는 cable에는 전류 약 310 A의 부하에 전기를 공급하는 데 문제가 없을 것으로 판단되며, 이때의 cable의 피복 표면온도는 약 53°C이다.

4. 주위 온도 10°C의 경우

표 7. 주위온도 $T_a=10^\circ\text{C}$ 에서의 도체온도에 따른 부하전류/온도표면의 계산결과

Table 7. Temperatures of cable sheath at the ambient temperature of $T_a=10^\circ\text{C}$

도체온도(T_c) (°C)	90	80	70	60	50
부하 전류(I_L) (A)	456	428	396	362	322
표면 온도 (T_s)	76.4	68.1	59.8	51.5	43.2
온도차 1($T_c - T_s$)	13.6	11.9	10.2	8.5	6.8
온도차 2($T_c - T_a$)	80	70	60	50	40
온도차 3($T_s - T_a$)	66.4	58.1	49.8	41.5	33.2

표 7은 주위온도 $T_a=10^\circ\text{C}$ 에서의 도체 온도에 따른 부하전류 및 표면온도를 계산한 결과이다.

그림 4는 주위온도 $T_a=10^\circ\text{C}$ 에서의 도체온도에 따른 부하전류 및 표면온도를 계산한 결과를 나타낸 그래프이다.

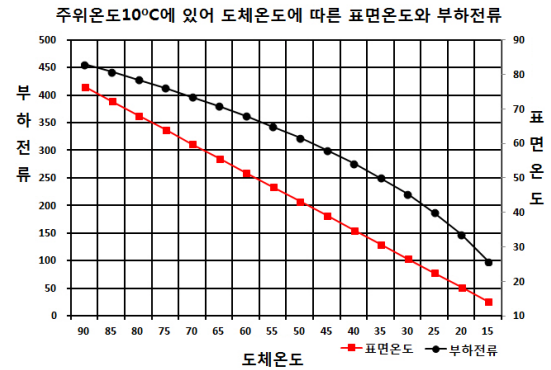


그림 4. 주위온도 10°C 시, 도체온도에 따른 표면온도 및 부하전류의 그래프

Fig. 4. Surface temperatures and load currents depending on the conductor temperatures at the ambient temperature of 10°C

표 7과 그림 4의 data를 보면 6kV CV 1C, 100 SQ 케이블을 주위온도 $T_a=20^\circ\text{C}$ 의 조건에서 케이블 도체온도를 90°C ~ 15°C 까지 변화하였을 때에 케이블에 흘릴 수 있는 전류값과 케이블의 피복 표면온도값을 나타낸 것으로, XLPE 절연체 케이블이 동도체 최고 사용온도인 90°C에서 전류를 흐릴 수 있는 값은 약 456 A 이고 케이블 피복 표면온도는 약 76.4°C이었다. 이때 도체온도와 케이블 피복 표면온도의 차이는 약 13.6°C이었다. 주위온도가 10°C일 때, 6kV 100 SQ 단심 CV 케이블을 안전하게 사용하기 위해 도체온도를 90°C에서 30°C 낮추어 60°C의 조건에서는 케이블에는 전류 약 360 A의 부하에 전기를 공급하는 데 문제가 없을 것으로 판단되며, 이때의 케이블의 피복 표면온도는 약 52°C이다.

상기의 표의 data를 보면 연구대상의

Cable 6kV CV 100 SQ, 1C,

에 대하여 다음 사실을 확인할 수 있다.

- (1) 케이블이 포설된 주위온도를 10°C 하강시키면 사용할 수 있는 허용전류는 약 10% 증가한다.
- (2) 케이블 외피 피복표면온도와 도체온도와의 차는 $8.5^{\circ}\text{C} \sim 13.6^{\circ}\text{C}$ 범위 내에 있었다.
- (3) 케이블 포설환경 주위온도와 케이블 외피 피복표면온도와의 차는 $41.5^{\circ}\text{C} \sim 66.4^{\circ}\text{C}$ 범위 내에 있었다.
- (4) 케이블 운전상태에서 케이블 외피피복 표면온도를 측정하면 측정된 케이블 외피 피복표면온도에 최대 15°C 를 더하면 케이블 도체온도를 대략적으로 추정할 수 있을 것이다.

V. 결론

우리는 동작 중인 고전력 cable의 상태를 체계적으로 점검하고 열화 정도를 확인함으로써 불의의 사고를 미연에 예방하기 위한 장비를 개발하였다. 이 논문에서 한국서부발전 주식회사(Korea Western Power Co. Ltd.)에 설치하여 운영 중에 있는 cable에 대하여, 우리가 개발한 장비를 활용하여 주위 온도에 따라 변동하는 피복표면의 온도를 측정하고 이에 따른 부하 전류를 검토하였다. 실제 예로서 주위 온도가 $40^{\circ}\text{C} \sim 10^{\circ}\text{C}$ 의 온도에 따른 피복의 표면 온도와 부하전류의 특성을 연구한 결과를 제시하였으며, 케이블 외피 피복표면온도를 측정하게 되면 대략적으로 케이블 도체온도를 예측할 수 있었다.

Acknowledgement

The author wishes to express his thanks to Professor Dae-Hee Park(Won Kwang University) and President Bo-Kyeong Kim(Osung Mega Power Co., Ltd.).

Without their help and guidance, this work would have been impossible to complete.

References

- [1] K. H. Um, "Examination of Conductor and Sheath Temperatures Dependent on the Load Currents

through High-Power Live Cables at a Power Station," The Journal of the The Institute of Internet, Broadcasting and Communication, vol.17, no. 1, pp. 213-218, Feb. 2017.

DOI: <https://doi.org/10.7236/JIIBC.2017.17.1.213>

- [2] J. S. Kim, K. H. Kim, J. S. Lee, "The Study on the Variable Orifice Spray of the Steam Power Plant Desuperheater," Journal of the Korea Academia-Industrial Cooperation Society(JKAIS), Vol. 14, No. 1, pp. 63-68, 2013.
- [3] Electrical Installation Guide According to IEC 60287-1-3-2009
- [4] Lieb, E.H., Yngvason, J. (1999). The physics and mathematics of the second law of thermodynamics, Physics Reports, 314: 1 - 96, p. 55 - 56.
- [5] Chesapeake, I. E. C.; WECA (2012-01-08). Electrical Pre-Apprenticeship and Workforce Development Manual. Cengage Learning. ISBN 1133710751.
- [6] Electrical Construction and Maintenance Magazine, Branch Circuits, Part 2, http://ecmweb.com/nec/code-basics/electric_branch_circuits_part_2/index.html
- [7] IEC 60287-1-1, 2nd Ed. "Electric cables-/ Calculation of the current rating-/Part 1-1 :current rating equations (100 % load factor) and calculation of losses General", pp20-21, 2006-12
- [8] <https://www.sti.nasa.gov/sscg/27.html>
- [9] <http://blog.naver.com/jspark916/220173294440>
- [10] <http://cafe.naver.com/shipelectrical/34944>

저자 소개

엄기홍(정회원)

• 제 17권 2호 참조