

케이블 열회로의 전기적 등가회로 변환을 이용한 케이블 허용전류 검토 방법

A Review Method of Calculation Results on Cable Ampacity using the Transformation to Electric Equivalent Circuit from Cable Thermal Circuit

강 연 옥* · 김 민 주* · 장 태 인* · 박 진 우* · 박 흥 석* · 강 지 원*

(Yeon-Woog Kang · Min-Ju Kim · Tae-In Jang · Jin-Woo Park · Hung-Sok Park · Ji-Won Kang)

Abstract - Current rating of a power cable can be calculated by the maximum allowable temperature in an insulating material considering the heat transfer from cable conductor. Therefore, it is very important to calculate the current rating using electrical equivalent circuit by calculated cable thermal circuit parameters but, it has not been fully investigated yet. In this paper, in order to determine the current rating of power cable, conventional calculation method has been reviewed considering the conductor resistance, loss factor of sheath, dielectric losses and thermal resistances based on the maximum allowable temperature of 345 kV 2500 mm² XLPE cable. To confirm the calculation result of the current rating, the conductor temperature should be examined whether it reaches the maximum allowable temperature by the thermal equivalent circuit of the cable. Then, utilizing EMTP (Electro-Magnetic Transient Program) which is a conventional program for electrical circuit, the thermal equivalent circuit was transformed to an electric equivalent circuit using an analogous relationship between thermal circuit and electrical circuit, and temperature condition including cable conductor, sheath, cable jacket could be calculated by the current rating of 345 kV 2500 mm² XLPE cable.

Key Words : Cable, Thermal circuit, Electrical equivalent circuit, Ampacity

1. 서 론

케이블 허용전류는 케이블에 전류를 흘렸을 때 발생하는 손실 및 도체 온도 등에 의해 케이블 절연체의 수명을 단축시키지 않고 연속하여 흘릴 수 있는 전류이다. 전력 케이블 시스템의 궁극적인 목적은 원하는 전력을 전송하는 것이므로, 허용전류의 정확한 계산 및 예측은 안정적인 전력공급의 핵심 요소라고 볼 수 있다.

케이블 허용전류 계산은 1957년에 J. H. Neher와 M. H. McGrath에 의해 발표된 논문에 기초하여 도체 온도가 절연체 온도 상승 제한값에 도달 하는 경우를 가정하여 케이블 도체 손실, 유전체 손실, 시스 손실을 계산하여 케이블 열회로에 의해 산출된 허용전류 계산식을 이용하여 계산하는 방식으로 정립되어 있다 [1]. 이후, 케이블 구조에 따라 케이블 허용전류를 단계적으로 계산할 수 있는 절차를 표준화한 IEC 60287 및 IEC 60853이 제정되었다[2],[3]. 일본에서는 평생 10년에 일본지역의 토양열저항 및 케이블 재료의 특성을 고려한 케이블 허용전류 계산 방법을 정립하여 전기협동연구 제53권 3호에 발표하였다. 또한 미국 EPRI

에서도 케이블 허용전류 계산 방법을 제시하였다[4].

그러나 케이블 허용전류를 계산하기 위한 방법이 복잡하기 때문에 계산 과정에서 오류가 발생하는 경우, 오류를 인식하거나 검증하는 것이 쉽지 않다. 따라서 본 논문에서는 허용전류 계산을 위해 산출된 케이블 열회로 파라미터를 전기적 등가회로로 변환하여 케이블 상시 허용전류 계산 결과를 검토할 수 있는 방법을 제시하고자 한다.

2. 케이블 허용전류 계산

케이블 도체에 발생하는 도체손실, 유전체에 발생하는 유전체 손실, 금속시스에 발생하는 시스손실은 열로서 케이블 표면에 전도되어 주위에 열을 방출한다.

그림 1의 케이블 열회로는 전력구에 케이블이 포설된 경우로서 전력구 내부의 공기온도가 기저온도가 된다. 정상상태에서는 도체온도와 기저온도의 차가 발생손실에 비례하므로, 이 열회로에 따라 도체 온도 및 기저온도, 케이블 및 주변 열저항, 손실(도체손실, 유전체 손실, 시스 손실)을 구한 경우에 케이블 허용전류는 식 (1)에 의해 구할 수 있다.

$$I_1 = \eta_0 \sqrt{\frac{T_1 - T_2 - T_d}{nrR_{th}}} \quad (1)$$

* Corresponding Author : Dept. of Power Transmission Laboratory, KEPRI, Korea.

E-mail: ywkagn@kepco.co.kr

* Dept. of Power Transmission Laboratory, KEPRI, Korea.

Received : May 29, 2015; Accepted : April 17, 2016

- 여기서, I_1 : 상시 허용전류[A]
- T_1 : 상시 허용온도[°C]
- T_2 : 기저온도[°C]
- T_d : 유전체 손실에 의한 상승온도[°C]
- n : 케이블 선심수
- r : 상시 허용온도에서 교류 도체저항[Ω]
- R_{th} : 전체 열저항[°C·m/W]
- η_0 : 다조 포설의 경우 저감율

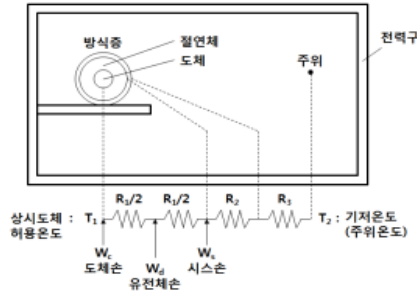


그림 1 전력구 케이블 열회로
Fig. 1 Cable thermal circuit in underground tunnel

2.1 검토 대상 케이블

케이블의 허용전류를 계산하고, 케이블 열회로를 전기적 등가 회로로 변환하여 허용전류 계산결과 오류를 확인하는 방법을 검증하기 위하여, 그림 2와 같이 전력구에 345kV 2500mm² XLPE 케이블이 3각 배열 형태로 1회선 포설되었을 경우를 가정하여 허용전류를 계산하고자 한다.

검토 대상 케이블의 구조는 그림 3과 같으며, 검토 조건은 표 1과 같다.

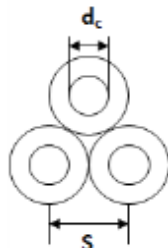


그림 2 검토 대상 케이블의 포설 형태
Fig. 2 The cable spacing of XLPE cable under consideration

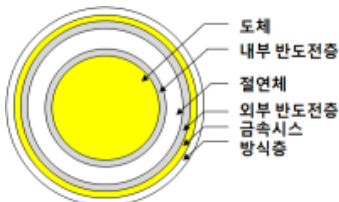


그림 3 345kV 2500mm² XLPE 케이블의 구조
Fig. 3 The structure of 345kV 2500mm² XLPE cable

표 1 검토 조건

Table 1 Examination condition

계산 조건	값
상시 허용온도(T_1)	90[°C]
기저온도(T_2)	40[°C]
케이블 간격(s)	165[mm]
접지방식	크로스본드(1:1.2:1.3)

2.2 허용전류 계산 파라미터

2.2.1 교류 도체저항

상시 도체 허용온도에서 단위 길이당 교류 도체저항은 식 (2)와 같다.

$$r = r'(1 + y_s + y_p) \tag{2}$$

- 여기서, r : 상시 허용온도에서 교류 도체저항[Ω/m]
- r' : 90°C에서 직류 도체 저항[Ω/m]
- y_s : 표피효과 계수
- y_p : 근접효과 계수

상시 도체 허용온도에서 도체 직류저항은 일반적으로 상온 20°C에서의 값보다 크며 식 (3)과 같이 구할 수 있다.

$$r' = r_0 [1 + \alpha_{20}(\theta - 20)] \tag{3}$$

- 여기서, r' : 90°C에서 직류 도체저항[Ω/m]
- r_0 : 20°C에서 직류 도체저항[Ω/m]
- α_{20} : 20°C에서 저항 온도계수[1/K]

표피효과 계수 및 근접효과 계수는 일반적으로 Bessel 함수에 의해 식 (4) 및 식 (5)에 의해 계산하는데 x_s 와 y_s 가 2.8을 초과하지 않으면 오차가 0.1% 이하가 되므로 이 식들을 적용하여도 실용상 문제가 없다.

$$y_s = \frac{x_s^4}{192 + 0.8x_s^4} \tag{4}$$

$$y_p = \frac{x_p^4}{192 + 0.8x_p^4} \left(\frac{d_c}{s} \right)^2 \left[0.312 \left(\frac{d_c}{s} \right)^2 + \frac{1.18}{\frac{x_p^4}{192 + 0.8x_p^4} + 0.27} \right] \tag{5}$$

여기서, $x_s^2 = \frac{8\pi f}{r'} 10^{-7} k_s$

$$x_p^2 = \frac{8\pi f}{r'} 10^{-7} k_p$$

f : 상용주파수[Hz]

k_s : 표피효과 상수

k_p : 근접효과 상수

d_c : 도체 외경[mm]

s : 도체 중심간격[mm]

2.2.2 유전체 손실

유전체에 교류 전계를 가하는 경우에 분극에 의해 발생하는 손실을 유전체 손실이라고 하며, 각 상의 단위 길이당 유전체 손실은 식 (6)과 같다.

$$W_d = 2\pi f C U_0^2 \tan\delta \quad (6)$$

여기서, W_d : 유전체 손실[W/m]
 C : 정전용량[F/m]
 U_0 : 상-대지간 전압[V]
 $\tan\delta$: 유전체 손실각

2.2.3 시스 손실률

시스 손실은 식 (7)과 같이 도체 전류에 의한 자속에 의해 시스와 대지에 순환전류가 흐르는 것에 의해 발생하는 손실과 도체 전류에 의한 자속에 의해 케이블 시스 내부에 발생하는 와전류 손실로 구성된다.

$$\lambda_1 = \lambda_1' + \lambda_1'' \quad (7)$$

여기서, λ_1 : 시스 손실률
 λ_1' : 순환전류에 의한 손실률
 λ_1'' : 와전류에 의한 손실률

시스의 운전 온도는 식 (8)과 같이 상시 허용전류의 함수이므로 반복적인 방법에 의해 시스 운전온도를 계산하고, 이 운전온도에서의 시스 저항을 식 (9)에 따라 구한다.

$$T_{sc} = T_1 - (I_1^2 r + 0.5 W_d) R_1 \quad (8)$$

$$r_s = r_{so} [1 + \alpha_{20} (T_{sc} - 20)] \quad (9)$$

여기서, T_{sc} : 상시 도체허용온도에서 시스 운전온도[°C]
 r_s : 시스 운전온도에서 시스저항[Ω/m]
 r_{so} : 20°C에서 시스저항[Ω/m]
 R_1 : 절연체 열저항[°C·m/W]

삼각배열의 양단접지인 경우에 순환전류에 의한 손실률은 식 (10)과 같으며, 시스가 그림 4와 같이 크로스본딩 접지인 경우에는 마이너 구간의 불평형율을 고려한 식 (11)을 식 (10)에 곱한 값이 순환전류에 의한 손실률이 된다.

$$\lambda_1' = \frac{r_s}{r} \frac{1}{1 + \left(\frac{r_s}{X}\right)^2} \quad (10)$$

$$Q' = \frac{p^2 + q^2 + 1 - p - pq - q}{(p + q + 1)^2} \quad (11)$$

여기서, $X = 4\pi f \ln\left(\frac{2s}{d}\right) 10^{-7}$
 p, q : 마이너구간 길이 비율

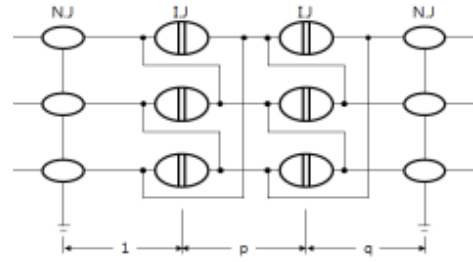


그림 4 크로스본드 메이저 구간내의 마이너 구간
 Fig. 4 Minor section of cross-bond in major section

크로스본드된 단심 케이블에서 와전류 손실률은 식 (12)과 같으며, 손실 계산을 위한 파라미터는 표 2와 같다.

$$\lambda_1'' = \frac{r_s}{r} \left[g_s \lambda_0 (1 + \Delta_1 + \Delta_2) + \frac{(\beta_1 t_s)^4}{12 \times 10^{12}} \right] \quad (12)$$

여기서, $g_s = 1 + \left(\frac{t_s}{D_s}\right)^{1.74} (\beta_1 D_s 10^{-3} - 1.6)$

$$\beta_1 = \sqrt{\frac{4\pi\omega}{10^7 \rho_s}}$$

ρ_s : 시스 운전온도에서의 전기저항률[Ω·m]
 D_s : 시스 외경[mm]
 t_s : 시스 두께[mm]

표 2 삼각배열시 와전류 손실을 계산하기 위한 파라미터
 Table 2 Parameter for eddy current loss calculation

계산 식	비고
$\lambda_0 = 3 \left(\frac{m^2}{1+m^2} \right) \left(\frac{d}{2s} \right)^2$	$m = \frac{\omega}{R_s} 10^{-7}$ $m \leq 0.1$ 일 때 Δ_1, Δ_2 는 무시
$\Delta_1 = (1.14m^{2.45} + 0.33) \left(\frac{d}{2s} \right)^{(0.92m + 1.66)}$	
$\Delta_2 = 0$	

2.2.4 케이블 열저항

케이블의 열저항은 절연체 열저항, 방식층 열저항 및 케이블 표면방산 열저항으로 구성되며 식 (13)에 따라 구할 수 있다.

$$R_1 = \frac{\rho_1}{2\pi} \ln\left(\frac{d_2}{d_1}\right)$$

$$R_2 = \frac{\rho_2}{2\pi} \ln\left(\frac{d_4}{d_3}\right) \quad (13)$$

$$R_3 = \frac{\rho_s}{\pi d_s}$$

여기서, R_1 : 절연체 열저항[°C·m/W]
 R_2 : 방식층 열저항[°C·m/W]
 R_3 : 케이블 표면방산 열저항[°C·m/W]

- ρ_1 : 절연체 고유 열저항[$^{\circ}\text{C}\cdot\text{m}/\text{W}$]
- ρ_2 : 방식층 고유 열저항[$^{\circ}\text{C}\cdot\text{m}/\text{W}$]
- ρ_3 : 케이블 표면방산 고유 열저항[$^{\circ}\text{C}\cdot\text{m}/\text{W}$]
- d_1 : 도체 외경[mm]
- d_2 : 외부 반도체층 외경[mm]
- d_3 : 방식층 외경[mm]
- d_4 : 방식층 외경[mm]
- d_5 : 케이블 외경[mm]

2.3 허용전류 계산 결과

본 논문에서 검토중인 345kV 2500mm² XLPE 케이블을 2.1항에서 제시한 것과 같이 3각 배열 형태로 전력구에 포설되었을 경우에 허용전류를 구하였다.

허용전류 계산에 필요한 전기적 파라미터인 교류 도체저항, 유전체 손실 및 시스 손실을 구한 결과는 표 3~5와 같다. 또한 케이블의 열저항 계산 결과는 표 6과 같다.

표 3 교류 도체저항

Table 3 Alternating conduct resistance

계산 조건	값
20 $^{\circ}\text{C}$ 에서 직류 도체 저항(r_0)	$7.5 \times 10^{-6} [\Omega/\text{m}]$
90 $^{\circ}\text{C}$ 에서 직류 도체 저항(r')	$9.5 \times 10^{-6} [\Omega/\text{m}]$
표피효과 계수(y_s)	0.207
근접효과 계수(y_p)	0.051
90 $^{\circ}\text{C}$ 에서 교류 도체 저항(r)	$12.0 \times 10^{-6} [\Omega/\text{m}]$

표 4 유전체 손실

Table 4 Dielectric loss

계산 조건	값
케이블 정전용량(C)	$0.22 [\mu\text{F}/\text{km}]$
상-대진간 전압(U_0)	$360.7 [\text{kV}]$
유전체 손실각($\tan\delta$)	0.001
유전체 손실(W_d)	$3.6 [\text{W}/\text{m}]$

표 5 시스 손실률

Table 5 Sheath loss

계산 조건	값
순환전류에 의한 손실률(λ_1')	0.011
와전류에 의한 손실률(λ_1'')	0.095
시스 손실률(λ_1)	0.106

표 6 케이블 열저항

Table 6 Thermal resistance of cable

계산 조건	값
절연체 열저항(R_1)	$0.422 [^{\circ}\text{Cm}/\text{W}]$
방식층 열저항(R_2)	$0.220 [^{\circ}\text{Cm}/\text{W}]$
케이블 표면방산 열저항(R_3)	$0.174 [^{\circ}\text{Cm}/\text{W}]$

케이블이 전력구에 포설된 경우의 유전체 손실에 의한 온도상승과 전체 열저항을 식 (14) 및 식 (15)에 따라 구할 수 있으며, 상시 허용전류는 식 (1)에 의해 2133.8[A]이 된다. 계산에 적용된 파라미터를 정리하면 표 7과 같다.

$$T_d = W_d \left(\frac{1}{2} R_1 + R_2 + R_3 \right) \tag{14}$$

$$R_{th} = R_1 + (1 + \lambda_1)(R_2 + R_3) \tag{15}$$

표 7 345kV 2500mm² XLPE 허용전류 계산결과

Table 7 Ampacity results on 345kV 2500mm² XLPE cable

계산 결과	값
상시 허용온도(T_1)	90[$^{\circ}\text{C}$]
기저온도(T_2)	40[$^{\circ}\text{C}$]
유전체 손실에 의한 상승온도(T_d)	2.21[$^{\circ}\text{C}$]
케이블 선심수(n)	1
상시허용온도에서 교류 도체저항(r)	$12.0 \times 10^{-6} [\Omega/\text{m}]$
전체 열저항(R_{th})	$0.877 [^{\circ}\text{Cm}/\text{W}]$
상시 허용전류(I_1)	2133.8[A]

3. 전기적 등가회로를 이용한 허용전류 계산결과 검증

3.1 열회로와 전기회로의 등가성

그림 5와 같이 두께 $\Delta x(x_2 - x_1)$ 와 단면적 A 를 갖는 물질에서 물질의 한쪽 면의 온도는 T_1 , 다른 면의 온도가 T_2 로서 일정하게 유지되는 경우를 가정하면, 평형상태에서 물질에는 일정한 온도 차가 존재하며 열은 뜨거운 쪽에서 차가운 쪽으로 전도에 의해 정상적으로 전달된다. 이와 같은 전도에 의한 열전달은 식 (16)과 같이 표현할 수 있으며, 이 관계식을 푸리에 열전도 법칙이라 한다.

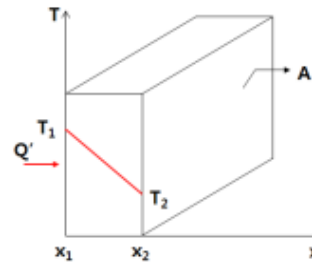


그림 5 전도에 의한 1차원 열전도

Fig. 5 One-dimensional heat transfer by conduction

$$Q = kA \frac{\Delta T}{\Delta x} \tag{16}$$

- 여기서, Q : 열류 또는 열전달[W]
- k : 열전도도[W/m·K]
- A : 물체의 단면적[m²]

ΔT : 온도차[K]
 Δx : 물체의 두께[m]

식 (16)을 재정렬하면 식 (17)과 같이 나타낼 수 있다.

$$Q = \frac{\Delta T}{\frac{\Delta x}{kA}} \quad (17)$$

식 (17)은 전기전도에 관한 옴의 법칙을 나타내는 식 (18)과 유사하다.

$$I = \frac{\Delta V}{r} \quad (18)$$

여기서, I : 전류[A]
 ΔV : 전위차[V]
 r : 저항[Ω]

푸리에 법칙에서는 저항 r 과 유사한 것을 열저항 R 이라 부르고 식 (19)와 같이 정의한다.

$$R = \frac{\Delta x}{kA} \quad (19)$$

여기서, R : 열저항[K/W]

정상상태에서 케이블의 도체온도와 기저온도의 차는 발생손실에 비례하고, 이러한 열의 흐름은 전기회로의 옴의 법칙과 같은 형태로 표현할 수 있다. 따라서 열회로를 등가의 전기회로로 변환하여 상용 프로그램을 이용한 시뮬레이션으로 문제를 해결하는 것이 가능하며, 열회로와 전기회로의 등가성을 요약하면 다음과 같다.

- 열은 전류와 대응한다.
- 열저항은 전기저항과 대응한다.
- 온도차는 전압차와 대응한다.

3.2 열회로의 전기적 등가회로 변환

앞에서 계산한 345kV 2500mm² XLPE의 상시 허용전류 계산에 적용된 파라미터를 이용하여 그림 1의 열회로를 구성하면 그림 6과 같다.

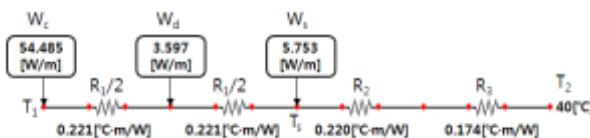


그림 6 345kV 2500mm² XLPE의 열회로
 Fig. 6. Thermal circuit of 345kV 2500mm² XLPE cable

즉, 정상상태에서 도체 상시 허용온도 T_1 이 90[°C]에 이르는 상태로 케이블에 흘릴 수 있는 상시 허용전류는 2133.8[A]이고,

이때 도체 손실은 54.5[W/m], 유전체 손실은 3.6[W/m], 시스 손실은 5.8[W/m]가 됨을 알 수 있다.

그림 6의 열회로를 전기적 등가회로로 변환하기 위하여, 열회로의 파라미터를 전기적 파라미터로 표현하면 열회로와 전기회로의 등가성에 의해 표 8과 같이 되고, 이 값을 적용하여 전기적 등가회로를 구성하면 그림 7과 같다.

표 8 열회로 파라미터의 전기회로 파라미터로의 변환

Table 8 Transformation of parameters from thermal circuit to electrical circuit

파라미터	열회로 값	전기회로 값
도체 손실(W_c)	54.5[W/m]	54.5[A]
유전체 손실(W_d)	3.6[W/m]	3.6[A]
시스 손실(W_s)	5.6[W/m]	5.6[A]
절연체 열저항(R_1)	0.422[°Cm/W]	0.422[Ω]
방식층 열저항(R_2)	0.220[°Cm/W]	0.220[Ω]
표면방산 열저항(R_3)	0.174[°Cm/W]	0.174[Ω]
기저온도(T_2)	40[°C]	40[V]



그림 7 전기적 등가회로로 변환한 열회로
 Fig. 7 Equivalent electrical circuit of thermal circuit

3.3 전기적 등가회로를 이용한 시뮬레이션

앞에서 설명한 것과 같이 케이블 손실은 전류로, 케이블 열저항은 전기저항으로, 온도는 전압으로 변환하면, 그림 6의 열회로는 그림 7의 전기적 등가회로로 변환이 가능하다. 이 전기회로를 풀기 위하여 전기회로를 시뮬레이션 할 수 있는 프로그램중에서 전자기적인 과도현상을 해석하는데 우수한 성능을 보이는 EMTP (Electro-Magnetic Transient Program)을 사용하여 그림 6의 도체 온도 T_1 과 등가인 그림 7의 절점전압 V_1 을 구하기 위하여 그림 8과 같이 EMTP 프로그램을 위한 시뮬레이션 회로를 구성하였다. 그림 8의 회로에서는 전류원과 저항사이에 스위치를 추가하고 50초에 스위치가 투입되는 것으로 가정하였다.

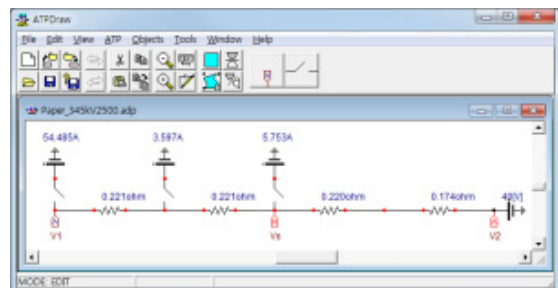


그림 8 전기적 등가회로의 EMTP 시뮬레이션 모델
 Fig. 8 EMTP simulation model of electrical equivalent circuit

검토 대상 케이블인 345kV 2500mm² XLPE 케이블이 전력구에 3각 배열 형태로 1회선 포설되었을 경우의 열회로를 전기적 등가회로로 변환하고 EMTP 프로그램을 이용한 시뮬레이션 결과는 그림 9와 같다.

그림 9에서 알 수 있는 것과 같이 열회로의 T_1 온도와 등가인 전압 V_1 이 90[V]이므로, 상시 허용전류 2133.8[A]는 상시 허용 온도인 90[°C]에서의 상시 허용전류 계산값으로 타당함을 확인할 수 있다.

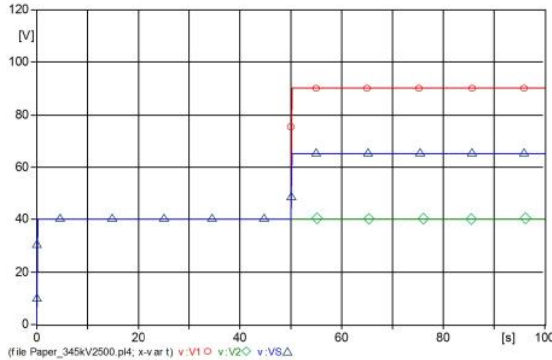


그림 9 전기적 등가회로의 EMTP 시뮬레이션 결과
 Fig. 9 The results of electrical equivalent circuit

EMTP 시뮬레이션에서 각각의 전류원과 저항사이에 스위치를 연결하고 50초에 스위치가 투입되는 것으로 가정하였으므로 0초에서 50초까지의 V_1 , V_s , V_2 의 전압은 모두 40[V]이므로, 이와 등가인 도체온도 T_1 와 시스온도 T_s 및 기저온도 T_2 가 모두 40[°C]임을 알 수 있다. 이것은 케이블에 부하전류가 흐르지 않는 상태의 온도를 나타낸다.

스위치가 투입된 50초 이후의 V_1 은 90[V], V_s 는 65.1[V], V_2 는 40[V]이므로, 이와 등가인 도체온도 T_1 은 90[°C], 시스온도 T_s 는 65.1[°C], 기저온도 T_2 는 40[°C]임을 알 수 있는데, 이 결과는 케이블에 허용전류가 흐를 때 나타나는 정상상태의 온도를 의미한다.

본 시뮬레이션에서는 정상상태에서의 케이블 온도에 관하여 검토하였으므로 케이블 열용량을 고려하지 않았다. 케이블의 단시간 허용전류와 같이 부하변동에 따른 케이블 운전 조건을 검토하기 위해서는 케이블 도체 온도가 기준온도까지 상승하는데 소요시간을 구하여야 하므로 케이블 열용량을 고려한 해석 모델의 개발이 필요하다.

4. 결 론

케이블 상시 허용전류를 계산하기 위해서는 많은 파라미터를 구해야 하며, 계산절차 또한 복잡하다. 이러한 복잡한 과정을 통해 수 계산한 결과의 타당성을 검토하는 것은 쉽지 않은 작업이다.

케이블의 열회로와 전기회로는 등가성이 있으므로, 본 논문에서는 상시 허용전류를 구하기 위해 계산된 파라미터를 이용하여 열회로를 구성하고, 구성된 열회로를 전기적 등가회로로 변환함으로써 EMTP와 같이 전기회로를 해석할 수 있는 상용 프로그램을 이용하여 허용전류 계산 결과의 타당성을 쉽게 검증할 수 있음을 확인하였다.

향후 케이블에 단시간 허용전류가 흐르는 경우의 운전조건 검토를 위해서는 부하전류가 변동에 따른 도체 온도 변화의 과도상태 해석이 필요하며, 이를 위한 모델 개발이 요구된다. 개발된 모델은 본 논문에서 설명한 것과 같이 열회로를 전기적 등가회로로 변환하여 EMTP와 같은 상용 프로그램으로 시뮬레이션하면 온도 변화의 과도 상태 해석도 쉽게 할 수 있을 것으로 판단된다.

References

- [1] Neher, J. H., and M. H. McGrath. 1957. "The Calculation of Temperature Rise and Load Capability of Cable systems". AIEE Transactions on Power Apparatus and Systems. Vol. 76. October.
- [2] IEC 60287, "Electric cables - Calculation of the current rating", 2006.
- [3] IEC 60853, "Calculation of the cyclic and emergency current rating of cables", 2006.
- [4] EPRI Underground Transmission Systems Reference Book, 2006 Edition, EPRI

저 자 소 개



강 연 욱 (Yeon-Woog Kang)

1988년 충남대학교 전기공학과 졸업, 1990년 동 대학원 전기공학과 졸업(석사). 1993년~현재 한전 전력연구원 차세대 송변전연구소 책임 연구원



김 민 주 (Min-Ju Kim)

2008년 전북대 전기공학과 졸업. 2010년 동 대학원 전기공학과 졸업(석사). 2010년 ~ 현재 한전 전력연구원 차세대 송변전 연구소 선임연구원



장 태 인 (Tae-In Jang)

1990년 한양대 전기공학과 졸업(학사), 1994년 한양대 대학원 전기공학과 졸업(석사). 1994년~1996년 삼성SDS 근무. 1996년~현재 한전 전력연구원 전략사업실 책임연구원



박 진 우 (Jin-Woo Park)

2005 창원대 공대 전기공학과 졸업. 2011년 충남대 대학원 전기공학과 졸업(석사). 2005년 한전 입사. 2007년~현재 한전 전력연구원 차세대송변전연구소 선임연구원



박 흥 석 (Hung-Sok Park)

2003년 충남대 공대 전기공학과 졸업. 2005년 동 대학원 전기공학과 졸업(석사). 2011년 동 대학원 전기공학과 졸업(공박). 2004~현재 한전 전력연구원 차세대송변전연구소 일반연구원



강 지 원 (JI-Won Kang)

1987년 한양대 공대 전기공학과 졸업. 1993년 동 대학원 전기공학과 졸업(석사). 2003년 동대학원 기전공학과 졸업(공박). 1993년~현재 한전 전력연구원 차세대송변전연구소 수석연구원