

# 손실율을 이용한 전력구내 온도특성 해석

## A Study on the Temperature Characteristics Analysis in Tunnel using Loss Factor

이 상 근<sup>\*</sup>  
(Sang-Keun Lee)

**Abstract** - To cope with the ever increasing electric power demands in metropolitan areas, a greater underground cable transmission capacity is required. In general, it must be determined whether the temperature in the tunnel maintains the maximum allowable temperature. In order to improve this point, it is used to the loss factor. But, for economic cooling, it is problem to use such loss factor in this country. In this study, based on the load factor in this country, technique for calculating the loss factor has been presents. The suggested method has been tested in a sample section using the computer and the results have shown the usefulness of the suggested method.

**Key Words** : Loss factor, Load factor, Forced cooling, Thermal resistance, Cable temperature

### 1. 서 론

최근 전력수요의 증대 및 설비형성의 효율화가 요구됨에 따라 전력용기가 대용량화되고 있다. 특히, 가공송전선과 비교하여 송전용량이 적은 전력용케이블도 고전압, 대전류화하기 위해 외부에서 직접 또는 간접적으로 냉각하여 대용량화하는 케이블 냉각기술이 널리 연구 및 실용화되고 있다 [1-5]. 지중케이블 냉각은 도심지에서 초고압 지중송전선의 송전용량 향상을 위한 방법으로서 냉각방식의 선정에는 계통의 신뢰도, 유지보수, 작업성 및 경제성을 충분히 검토한 후 선정하여야 한다. 이와 같이 선정된 냉각방식중 선진외국에서 널리 연구 및 실용화되고 있는 트라후 간접수냉은 전력구내의 화재시 케이블의 방제를 위해 설치된 트라후내에 냉각관을 설치하여 냉각수를 강제순환시킴으로서 트라후 및 전력구내의 온도를 낮추어 케이블에서 발생된 열을 간접적으로 냉각시키는 방법이다. 이 냉각방식은 다른 냉각방식보다 긴 냉각구간 및 기존 사용선로에 쉽게 설치할 수 있으며, 냉각설비고장등에 의한 냉각능력 상실시에도 케이블 온도가 천천히 변화하여 지중송전계통 운용에 여유가 있는 반면에 냉각설비 설치비용이 고가인 점이 문제로 되고 있다.

이러한 문제점을 개선하기 위해서는 지중케이블 냉각설비의 운전시점을 최적으로 결정해야 되는데, 이는 전력구내의 온도가 최대허용온도를 유지하는지의 여부에 따라 결정된다. 최근에 이런 냉각설비의 경제적인 설계를 위해 전력구내 온도상승에 중요한 영향을 주는 인자들인 토양의 고유열저항 측정 및 선로 손실율 산정에 대한 연구가 많이 시도되고 있는데 [6,7], 이러한 연구들은 선로손실율을 특정부하조건으로부터 선정된 결과를 이용하고 있어 우리나라 전력

구내 온도산정에는 적합하지 않다[8-10].

따라서, 본 연구에서는 이런 냉각설비를 경제적으로 설계하기 위해서 전력구내의 온도에 중요한 영향을 주는 선로 손실율을 연중 부하소비가 가장 심한 하계 일간 부하곡선을 토대로 부하율을 산정한 후, 이로부터 손실율을 산정하였고, 이를 단계별 표본구간에 적용하여 케이블의 각종 손실, 열해석 조건 및 발열량을 정확히 산정한 후, 기존의 경험적인 손실율을 고려한 경우와 제시한 기법에 의해 산정된 손실율을 적용한 경우에 대해 전력구내의 온도 및 트라후내의 간접 수냉을 실시한 경우의 도체온도특성을 비교함으로써 제시한 기법의 효용성을 입증하였다.

### 2. 전력구내 케이블 손실 및 온도

그림 1은 전력구내의 케이블배치를 나타낸 것으로서 트라후내에 345kV, 2차계 케이블로서 154kV 케이블, 22.9kV 케이블등으로 포설된 경우를 나타낸 것이다.

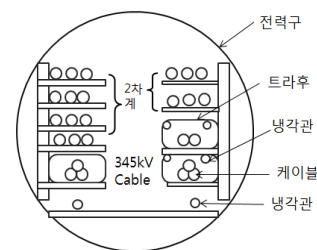


그림 1 전력구내 케이블배치  
Fig. 1 Cable Layout in Tunnel

케이블의 손실은 저항손, 유전체손 및 시이스손등으로 나눌 수 있고, 각각의 산정식을 고려한 회선당 총 손실은 다음과 같다[11, 12].

$$W_t = (1 + P_s) W_c L_f + W_d \quad [W/cm \cdot ct] \quad (1)$$

\* 교신저자, 정회원 : 강릉원주대학교 전기공학과 교수

E-mail : sklee61@gwnu.ac.kr

접수일자 : 2014년 1월 23일

수정일자 : 2014년 4월 8일

최종완료 : 2014년 4월 18일

여기서,  $W_c(\text{저항손}) = I^2 r [W/cm]$

$$W_d(\text{유전체손실}) = 2\pi f c n \frac{E^2}{2} \tan\delta \times 10^{-5} [W/cm]$$

$$P_s(\text{시이스손실}) = P_1 + P_2$$

$I$ : 도체전류,  $r$ : 도체저항,  $f$ : 주파수

$C$ : 정전용량,  $E$ : 선간전압[kV]

$n$ : 선심수,  $\tan\delta$ : 유전정점

$P_1$ : 시이스 회로손실(0.02),  $L_f$ : 손실을

$P_2$ : 시이스 와전류손실[참고문헌12]

전력구내에 N조의 케이블이 포설되어 있는 경우의 전력구내의 온도를 비환기, 비냉각인 경우에 대해서 나타내면 다음과 같이 된다.

$$T_a = R_0 \sum_{i=0}^N [(1+P_i)L_{fi}W_{ci} + W_{di}] + T_0 \quad (2)$$

여기서,  $N$ : 케이블수,  $P$ : 시이스손,  $L_f$ : 손실을,

$W_c$ : 도체손,  $W_d$ : 유전체손

$T_0$ : 기저온도,  $R_0$ : 전력구열저항

### 3. 케이블 강제냉각 이론

케이블의 강제냉각은 증기, 물 또는 기름등의 냉매의 현열에 의해 케이블의 발생열량의 일부를 길이 방향으로 제거하여 전류용량을 증가시키는 것을 의미한다.

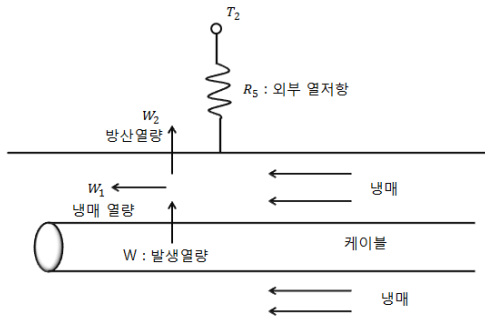


그림 2 강제냉각 회로도

Fig. 2 Basic Circuit of Forced Cooling

그림 2는 이와 같은 케이블 강제냉각이론을 다루기 위한 회로도를 나타낸 것으로서, 다음의 열평형방정식이 성립하고, 이 미분방정식에서 X지점의 냉매온도  $T_x$ 를 구하면 다음과 같다[12].

$$W_1 = W - \frac{T_x - T_2}{R_5} = CQ_v \frac{dT_x}{dx} \quad (3)$$

$$T_x = (WR_5 + T_2 - T_{f1})(1 - e^{-\frac{x}{CQ_v R_5}}) + T_{f1} \quad (4)$$

여기서,  $W_1$ : 냉매가 흡수한 열량

$W$ : 케이블 총 발생열량

$T_x$ : x지점에서의 냉매온도,  $T_2$ : 기저온도

$R_5$ : 냉매의 외부 열저항,  $C$ : 냉매의 비열

$Q_v$ : 냉매의 유량

$T_{f1}$ : 냉매입구에서의 매온도( $T_2 + WR_5 + A$ )

$A$ : 적분상수( $T_{f1} - (T_2 + WR_5)$ )

케이블의 도체온도를 구하면 다음 식과 같다

$$T_{ex} = T_x + W_c[R_1 + (1+P_s)(R_2 + R_3)] + W_d(\frac{1}{2}R_1 + R_2 + R_3) \quad (5)$$

여기서,  $T_{ex}$ : x지점에서의 도체온도

$W_c$ : 도체손실,  $W_d$ : 유전체손실

$P_s$ : 시이스손실,  $R_1$ : 절연체의 열저항

$R_2$ : 케이블 외자의 열저항

$R_3$ : 표면 방산 열저항

강제냉각방식에서 이용하는 냉각계산의 기본으로 되는 일 반식은

$$\begin{bmatrix} T_1 - T_0 \\ T_2 - T_0 \\ \vdots \\ T_n - T_0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} R_{11} & R_{12} & \dots & R_{1n} \\ R_{21} & R_{22} & \dots & R_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ R_{n1} & R_{n2} & \dots & R_{nn} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} W_1 \\ W_2 \\ \vdots \\ W_n \end{bmatrix} \quad (6)$$

와 같이 되고, 이 식을 간단히 Matrix 형태로 나타내면 식 (7)과 같이 된다.

$$[T_i - T_0] = [R_{ij}] [W_j] \quad (7)$$

여기서,  $T_i$ : 냉각매체 온도

$R_{ij}$ : 냉각관의 자기 및 상호 열저항

$W_j$ : 냉각관에서 대지로 방산되는 열량

### 4. 손실을 산정

케이블의 부하는 항상 일정하지 않고 시간, 부하 및 선로의 상태에 따라 변동하므로 전력구내 온도 산정시 손실율을 적용하여 부하변동을 보정한다. 따라서 본 연구에서는 부하 변동을 보정하는데 중요한 역할을 하는 손실율을 부하율을 이용하여 계산하는 방법을 제시한다.

그림 3은 1차측 선로에 가변부하가 연결되어 있고, 그림 4는 이상적인 부하곡선이라고 가정한 후, 그림 3과 4로부터 비첨두 손실은 비첨두 부하  $P_1$ 에서  $P_{LS1}$ , 첨두손실은 첨두 부하  $P_2$ 에서  $P_{LS2}$  라고 가정할 때 부하율은 다음 식과 같이 나타낼 수 있다.

$$F_{LD} = \frac{P_{ave}}{P_{max}} = \frac{P_{ave}}{P_2} = \frac{P_2 \times t + P_1 \times (T-t)}{P_2 \times T} \quad (8)$$

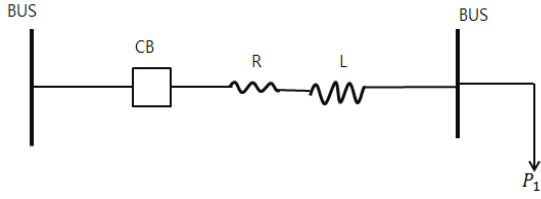


그림 3 가변부하가 연결된 모델계통  
Fig. 3 Model System Connected Variable Load

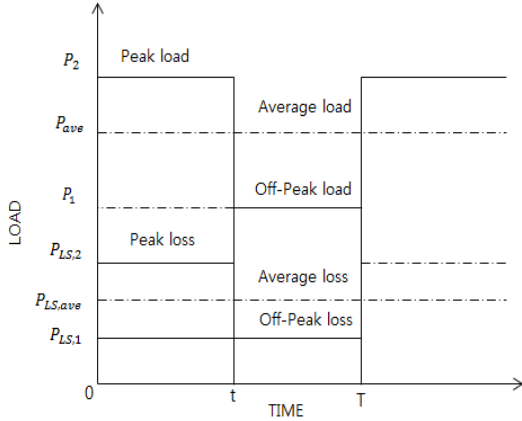


그림 4 이상적인 부하곡선  
Fig. 4 Idealized Load Curve

또한, 그림 4로부터 평균부하는 평균손실에 대응되고, 최대부하는 최대손실로 대응되므로 손실율  $F_{LS}$ 와 평균손실  $P_{LS,AVE}$ 는 각각 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$F_{LS} = \frac{P_{LS,ave}}{P_{LS,MAX}} = \frac{P_{LS,ave}}{P_{LS,2}} = \frac{P_{LS,2} \times t + P_{LS,1} \times (T-t)}{P_{LS,2} \times T} \quad (9)$$

- 여기서,  $P_{LS,ave}$  : 평균전력손실
- $P_{LS,MAX}$  : 최대전력손실
- $P_{LS,1}$  : 비첨두부하시의 손실
- $P_{LS,2}$  : 첨두부하시의 손실
- $t$  : 첨두부하 지속시간,  $T$  : 최대시간
- $T-t$  : 비첨두부하 지속시간

동 손실은 관련 부하에 대한 함수이기 때문에 비첨두 손실 및 첨두 손실은 각각 다음식과 같이 나타낼 수 있다.

$$P_{LS,1} = K \times P_1^2, \quad P_{LS,2} = K \times P_2^2 \quad (10)$$

여기서, K는 상수

따라서, 손실율은 식 (10)을 식 (9)에 대입하여 정리하면 다음 식과 같이 된다.

$$F_{LS} = \frac{(K \times P_2^2) \times t + (K \times P_1^2) \times (T-t)}{(K \times P_2^2) \times T} \quad (11)$$

$$= \frac{t}{T} \times \left(\frac{P_1}{P_2}\right)^2 \times \frac{T-t}{T}$$

식 (8)과 (11)을 이용함으로써, 부하율은 다음의 3가지 경우에 대해서 손실율과 상관관계가 있음을 알 수 있다.

경우 1. Off peak Load is Zero

비첨두손실  $P_{LS,1}$  와 비첨두부하  $P_1$ 는 영이 되므로 식 (8)과 (11)로 부터 다음과 같이 된다.

$$F_{LS} = F_{LS} = \frac{t}{T} \quad (12)$$

경우 2. Very Short Lasting Peak

첨두부하 지속시간  $t$ 는 영으로 접근하므로, 식(8)과 (11)로부터

$$\frac{T-t}{T} \rightarrow 1.0 \quad (13)$$

와 같이 되며, 부하율과 손실율과의 관계는 다음과 같이 된다.

$$F_{LS} \rightarrow F_{LD}^2 \quad (14)$$

경우 3. Load is Steady

첨두부하 지속시간은 최대시간에 대응하므로  $t \rightarrow T$  와 같이 되고, 첨두부하와 비첨두부하 오차는 무시할 수 있으므로 식 (8)과 (11)로 부터 다음과 같이 손실율이 부하율로 접근함을 알 수 있다.

$$F_{LS} \rightarrow F_{LD} \quad (15)$$

따라서, 위의 세가지 경우를 종합해 볼 때 손실율의 값은 다음과 같이 부하율과 부하율의 제곱인 값 사이에 존재함을 알 수 있다.

$$F_{LD}^2 < F_{LS} < F_{LD} \quad (16)$$

이러한 관계를 이용하여 Buller와 Woodrow가 제시한 근사식을 토대로 손실율을 정식화하면 다음과 같이 된다[8].

$$F_{LS} = AF_{LD} + BF_{LD}^2 \quad (17)$$

식 (17)에서 사용한 계수 A와 B의 값으로 Buller와 Woodrow는 0.3과 0.7를 이용하였고, Daniel 등은 0.15와 0.85를 제시하였다. 본 연구에서는 최근에 제시한 후자의 값을 이용하여 손실율을 산정하였다. 지금까지 제시한 전력구내 온도특성 해석을 위한 흐름도를 나타내면 그림 5와 같다.

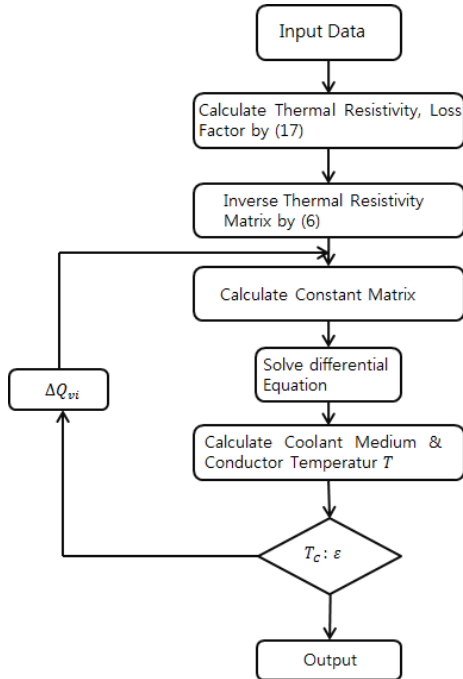


그림 5 흐름도  
Fig. 5 Flow Chart

## 5. 사례연구

### 5.1 산정조건

본 연구에서 제시한 기법의 효율성을 입증하기 위해서 사용한 케이블 제원은 표 1과 같고, 345kV OF 케이블은 3조 표적 단도체를 사용하였고, 케이블의 도체 및 전력구의 최대 허용온도는 각각 85°C 와 40°C를 기준으로 하였다. 그리고 토양의 고유저항 및 주위의 토양온도는 각각 100°Ccm /w 와 20°C를 적용하였다.

표 1 케이블 제원  
Table 1 Cable Spec.

	22.9kV CN/CV CABLE	154kV XLPE CABLE	345kV OF CABLE
공칭단면적 $mm^2$	325	2000	2000
회선당용량 $MVA$	10	180	750
도체 내경 $mm$			18
도체 외경 $mm$		53.8	58.8
절연체 두께 $mm$		23.0	20.0
시스 종류		CAZV	OFAZV
시스 두께 $mm$		2.9	2.8
케이블 외경 $mm$		139.8	130.0
저항 $\Omega/cm$		$0.00933 \times 10^{-5}$	$0.009 \times 10^{-5}$
정전용량 $\mu F/km$		0.26	0.36
자켓 두께 $mm$			4.5

## 5.2 검토기준 및 결과분석

### 5.2.1 검토기준

전력구내의 온도특성해석을 위한 표본구간의 길이는 표 2와 같고, 각 단계별 구분은 345kV 변전소의 주변압기 운전대수를 기준으로 하여, 이 용량을 345kV OF 케이블 2회선으로 송전하는 것으로 하고, 부하현황은 표 3과 같다.

표 2 표본 구간길이  
Table 2 Distance of Sample Sec

	1 구간	2 구간	3 구간	4 구간	5 구간	6 구간
구간장 $km$	0.5	0.24	1.5	4.86	5.7	3.7
단면적 $m^2$	$2.3 \times 2.5$	$2.3 \times 3.85$	$2.3 \times 2.8$	$2.3 \times 3.05$	$2.3 \times 2.85$	$2.3 \times 2.05$

표 3 부하현황  
Table 3 Load State

	구간	회선	용량 MVA
345kV 케이블	1-6	2	1000
	1-3	2	360
154kV 케이블	1-5	2	360
	2	2	360
22.9kV 케이블	2-5	4	40
	2	4	40
	4	4	40

냉각설비의 상세 검토기준은 다음과 같다.

- 1) 냉각관
  - 트라후 크기 : 600 x 340mm
  - 냉각관 : 내경(82mm), 두께(mm),  
재질(폴리에틸렌), 수량(2본/트라후)
- 2) 냉각수 유량 : 2l/sec/pipe
- 3) 냉각수의 입구온도 : 32°C 및 10-15°C

### 5.2.2 손실율 산정

우리나라의 하계 일간부하곡선을 나타내면 그림 6과 같

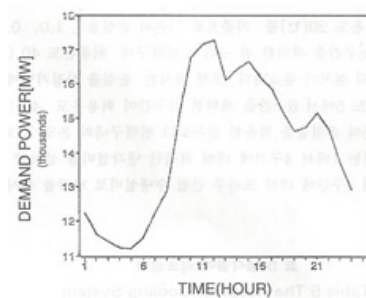


그림 6 일간부하곡선  
Fig. 6 Daily Load Curve

고, 이로부터 일간 최대부하는 17,264MW이고, 평균부하는 14,283MW이므로 부하율은 0.82임을 알 수 있다. 따라서, 제시한 손실율 산정기법으로부터 손실율을 산정하면 0.71임을 알 수 있는데, 이는 기존에 적용해 온 손실율인 0.6에서 0.8 내에 존재함을 알 수 있다.

5.2.3 결과분석

검토기준에 따라 각 구간별 표본구간에 대한 전력구내의 온도특성을 해석한 결과, 각 구간에 대해 기존의 경험적인 손실율을 고려한 경우와 제시한 손실율을 적용한 경우의 전력구내의 온도를 나타내면 표 4와 같다.

표 4 각 구간의 전력구내 온도

Table 4 Temperature in Tunnel at Each Section

	$F_{LS}=1.0$	$F_{LS}=0.8$	$F_{LS}=0.71$	전력구 열저항
1 구간	46.77	44.86	43.90	11.2
2 구간	53.80	51.12	49.78	10.5
3 구간	47.32	45.04	44.49	11.0
4 구간	47.89	46.02	45.09	10.9
5 구간	39.88	38.50	37.82	8.1
6 구간	34.43	33.80	33.62	9.2

표 4에서 보면 주위온도 20℃를 기준으로 기존의 손실율인 1.0과 0.8을 적용한 경우는 5에서 6구간을 제외한 전 구간이 전력구의 허용온도 40℃를 유지하지 못함으로 냉각설비의 설치가 필요하다. 또한 제시한 손실율 적용한 경우도 5에서 6구간을 제외한 전구간이 허용온도 40℃를 유지하지 못하고 있으나 기존의 손실율을 적용한 경우보다 전력구내의 온도가 약 2℃정도 낮음을 알 수 있고, 이는 1에서 4구간에 대해 최적의 냉각설비를 설치할 수 있음을 알 수 있다.

따라서 1에서 4구간에 대해 트라후 간접 수냉설비로 냉각을 실시한 결과를 나타내면 표 5와 같다.

표 5 냉각설비 검토결과

Table 5 The Result of Cooling System

	제 1, 2, 3 구간		제 4 구간	
	$F_{LS}=1.0$	$F_{LS}=0.71$	$F_{LS}=1.0$	$F_{LS}=0.71$
유속 l/s	2	2	2	2
전력구 온도 ℃	33.70	32.72	32.91	31.78
도체온도 ℃	54.82	48.20	50.05	46.20

표 5로부터 손실율 1.0을 고려한 경우의 제 1,2,3 구간의 전력구 온도 및 도체온도는 33.70℃ 및 54.82℃를 유지하고 있고, 제시한 손실율 0.71을 고려한 경우의 전력구 온도 및 도체온도는 32.72℃ 및 48.2℃를 나타냄으로서 제시한 손실율을 적용한 경우가 동일한 전류용량에서 기존의 손실율인 1.0을 고려한 경우보다 전력구 온도 및 도체온도가 1[℃] 및 6[℃]가 낮게 유지되어 케이블의 전류용량을 증대할 수 있음

을 알 수 있고, 제 4구간도 제시한 손실율을 고려한 경우가 기존의 손실율을 고려한 경우보다 전력구 온도 및 도체온도가 1℃ 및 4℃가 낮게 유지되어 케이블의 전류용량을 증대할 수 있음을 알 수 있다. 냉각을 실시한 경우의 제 4구간의 도체온도 및 냉매온도 특성을 나타내면 그림 7, 8과 같다.

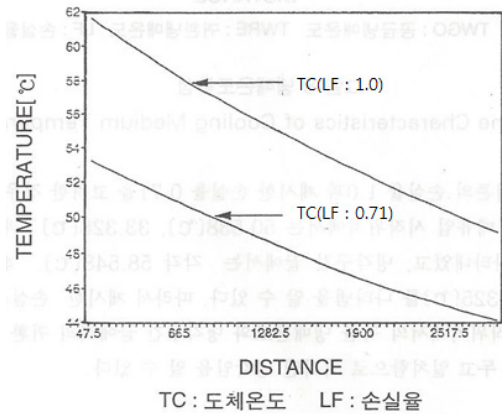


그림 7 도체온도특성

Fig. 7 The Characteristics of Conductor Temperature

위의 그림으로부터 기존의 손실율 1.0을 고려한 경우의 도체온도는 냉매유입 시작위치에서는 61.759℃를 나타내었고, 냉각구간 끝에서의 도체온도는 49.137℃를 나타냄을 알 수 있고, 제시한 손실율 0.71을 고려한 경우의 냉매유입 시작위치 및 끝에서의 도체온도는 53.385℃ 및 44.086℃를 나타냄을 알 수 있다. 따라서 제시한 손실율을 고려한 경우가 기존의 손실율을 고려한 경우보다 도체온도가 8℃에서 9℃ 정도 낮게 유지되어 냉각구간을 길게 할 수 있고, 케이블 전류용량을 증대할 수 있음을 알 수 있다.

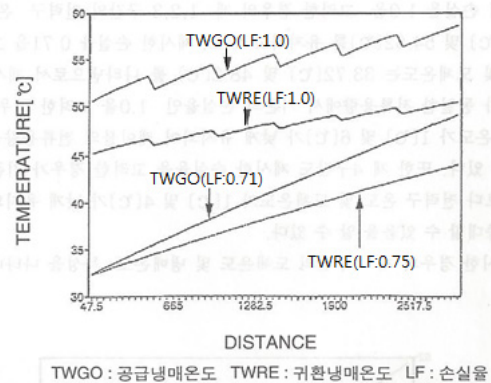


그림 8 냉매온도특성

Fig. 8 The Characteristics of Cooling Medium Temperature

그림 8로부터 기존의 손실율 1.0과 제시한 손실율 0.71을 고려한 경우의 공급냉매와 귀환냉매온도는 냉매유입 시작위치에서는 50.538℃, 33.328℃ 과 45.164℃, 32.2333℃를 나타내었고, 냉각구간 끝에서는 각각 58.548℃, 49.052℃ 및 50.395℃, 48.325℃를 나타냄을 알 수 있고, 제시한 손실율을 고려한 경우의 냉매유입 시작위치에서의 귀환 냉매온도와

냉각구간 끝에서의 귀환 냉매온도가 각각 1℃정도차를 두고 일치함으로 최적인 냉각임을 알 수 있다.

### 6. 결 론

이상에서 제시한 손실을 이용하여 전력구내의 온도특성을 해석한 결과 아래와 같은 결론을 얻었다.

1) 우리나라 하계 일간부하를 토대로 제시한 손실을 기존의 손실율과 비교함으로써 제시한 기법의 효용성을 입증하였다.

2) 제시한 손실율을 적용한 경우가 기존의 손실율을 적용한 경우보다 전력구내 온도특성이 개선됨으로서 최적인 냉각설비계통을 설치할 수 있음을 알 수 있었다.

3) 전력구 트라후내에 케이블이 포설된 경우의 각부의 열 해석 조건을 정확히 산정하여 케이블의 강제냉각을 실시한 결과 기존의 손실율을 고려한 결과보다 케이블의 전류용량을 증대할 수 있음을 알 수 있었다.

앞으로, 지중케이블 해당지역의 정확한 부하율을 토대로 손실율을 산정하여 전력구내 온도특성을 해석한 후의 냉각설비계통의 설계가 기대된다.

### References

[1] M. Hayashi, et al, "Development of Water Cooling System for Power Cables in Tunnels", IEEE Trans. on Power Delivery, Vol. 4, No. 2, 1989

[2] KOPEC, "The Construction of Tunnels of 345kV Substation between East Seoul and Wangsibri", Technical Design Report, 1987

[3] P. HARJES, et al, "Testing a 100kV Low Pressure Oil Filled Cable with a Water Cooled Conductor in Berlin(West)",Cigre, 1982

[4] IEEJ, "The Latest Underground Transmission Technique", Technical Report of IEEJ, 1972

[5] D.E.Williams et all, "Natural And Forced-Cooling of HV Underground Cables : UK Practice", IEE Proc,Vol. 129, 1982

[6] Daniel B.Olpe, et al, "Optimization of Ampacities for Unequally Loaded Underground Power Cables", IEEE, PAS-101, 1982

[7] H. M. Long et all, "Economic Analysis of A Generalized Design For A Forced Cooled Cable", IEEE SUMMER MEETING, 1970

[8] John A.Hitchcock et all, "The Cooling of Underground EHV Transmission Cables", IEEE, PAS-87, 1968

[9] Dainel B, Olpe, et al, "Heat Tranfer Measurements on Unequally Loaded Underground Power Power Cables with Constant and Cyclic Currents", IEEE,

PAS-103, 1984

[10] J. V. Schmill, "Variable Soil Thermal Resistivity : Steady-State Analysis", IEEE, PAS-86, 1967

[11] IEEJ, "The Handbook of Power Cables Technique", Technical Report of IEEJ, 1989

[12] JCS, "The Ampacity of Power Cables", JCS, No. 169, D, 1980

## 저 자 소 개



### 이 상 근 (李尙根)

1961년 4월 13일생. 1986년 한양대학교 전기공학과 졸업. 1988년 한양대 대학원 전기공학과 졸업(석사). 1994년 한양대 대학원 전기공학과 졸업(공학박). 1989년 - 1995년 (주)한국전력기술 전기기술처 근무. 1995년 - 현재 강릉원주대학교 전기공학과 교수