

지중배전선로의 공급전력 확보를 위한 이격거리 검토 사례

정연하, 이재봉
한국전력 전력연구원

A Case Study on Duct Separation for Ensuring Supply Power of Underground Distribution Line

Yeon-Ha Jung, Jae-Bong Lee
Korea Electric Power Research Institute

Abstract - 배전설계기준에 따르면 관로를 포설할 때 9공 초과시 도로 양측으로 시공하거나 전력구를 시공하게 되어 있으나 현장의 각종 지하 매설물 및 공사 예산 등 여러 가지 문제들로 인해 다회로 공법에 대한 검토가 필요한 실정이다. 본 논문에서는 A지점의 사례를 통해 케이블 허용전류 계산 프로그램(CYMCAP)을 이용하여 관로 이격거리에 따른 허용전류 값을 비교 검토하였다. 향후 전력수요 증가에 따른 대용량 배전선로의 안정적인 전력 확보를 위해서 다회로 공법 개발과 동시에 국내 지역적 환경 특성과 케이블 특성 등을 고려한 파라메타를 정립하여 정확한 허용용량을 산정하는 것이 중요하다.

1. 서 론

현재 한국전력 배전설계기준에 의하면 배전관로 공사는 편측 9공까지이며 9공을 초과시에는 도로 양측으로 시공하여야 한다. 하지만 국민생활 향상에 따른 Nimby 현상으로 변전소 부지확보 및 송전선로 건설이 어려워 변전소 위치가 부하중심인 시내에서 번두리로 밀려나 건설되고 있는 실정이며 점점 심화되어 가고 있다. 변전소가 부하 중심에서 멀어짐에 따라 배전선로 구성시 대용량 다회로를 부하중심까지 연계시켜야 하나 각종 지하 매설물들이 선접하고 있어 전력구 및 도로 양측에 선로 구성이 어렵고 양측 굴착에 따른 각종 자재비 및 공사비가 과다하게 발생된다. 본 논문에서는 한국전력 A지점의 88MW 공급전력 확보를 위한 허용용량 검토 사례를 통해 관로 사이의 이격거리가 허용용량에 미치는 영향을 검토하고자 한다.

2. 본 론

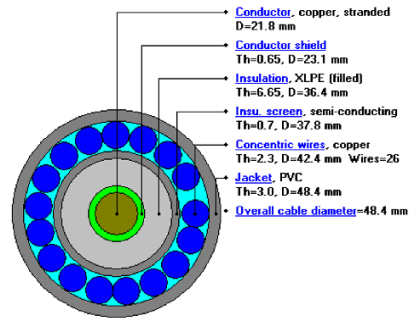
2.1 개요

A지점이 설계하고자 하는 전력공급량 88MW를 확보하기 위하여 6공 단일 시공, 6공 병렬 시공, 12공 시공 등 3가지 경우로 나누어 모델링하고 발열상태와 허용전류의 결과값을 비교 검토하였다. 지중배전케이블 시공과 관련하여 발생할 수 있는 온도상승과 허용전류를 계산은 CYMCAP 4.6 Rev.2(Canada)를 사용하였으며 이 프로그램은 CEA(Canadian Electricity Association)의 후원 하에 Ontario Hydro, McMaster University, CYME International이 공동으로 개발하고 Neher-McGrath 및 IEC 60287 방법을 기초로 허용전류뿐만 아니라 주변 열전달 특성에 의한 온도분포까지 계산할 수 있어 국제적으로 신뢰성이 높은 것으로 평가받고 있다^[1].

2.2 케이블 및 관로 모델링

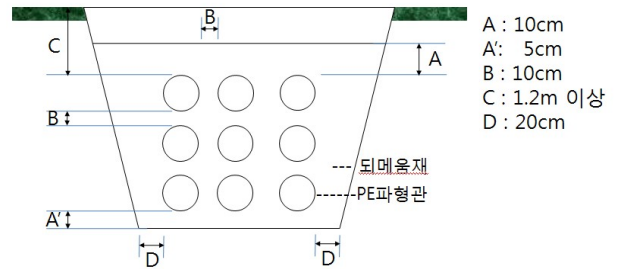
케이블 모델링에 사용된 케이블은 22.9kV TR CNCV-W 325SQ로 그림 1과 같은 형태를 가지고 있으며 각 구조에 대한 제질 및 치수 등에 관한 규격은 한전표준구매시방서^[2]를 참조하였다. 아래는 허용전류 계산시 필요한 설정 파라메타들이다.

- 정상상태 케이블 최대 운전온도 : 90℃
- TR XLPE 유전손실요소
- Tandelta= 0.005 and 유전율(ε)= 3.0
- Power factor : 1.0 and 0.9
- 주변온도 : 20℃ and 25℃^[3]
- 관로의 열저항률 : 0.51 ℃ · m/W(함수비 10% 강모래의 열저항률)
- 토양의 열저항률 : 2.5 ℃ · m/W^[3]
(모든 지역에 적용 가능. 다소 가혹한 상태 모의)



<그림 1> 케이블 규격

관로의 경우 재질은 PE(Polyethylene)이며 파형관 규격 및 관로내 위치는 KS규정^[4]과 한전 배전설계기준^[5]을 따라 모의하였다.(그림 2)



<그림 2> 관로 설계기준

2.3 시뮬레이션 결과

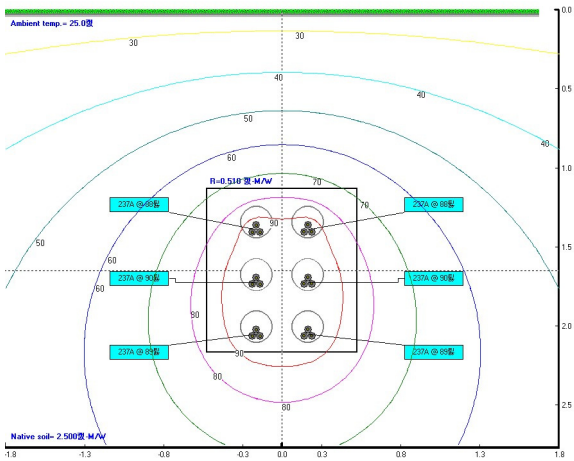
2.3.1 3단 2열 6공 관로 단일 설계시

3단2열 6공 관로를 단일 설계했을 때 각 조건에 따른 허용전류는 표 1과 같이 계산되었으며 주위온도와 역률이 결과에 영향을 미치는 것을 알 수 있다. A지점에서 88MW의 전력을 확보하기 위해서는 전력 계산식 $P = \sqrt{3} \cdot V \cdot I \cdot \cos\theta$ 에 의해 허용전류는 2,220A 이상이어야 한다.(주위온도 25℃, 역률 1일 때) 일반적으로 3단 2열 6공을 병렬 설계한다고 가정하고 허용전류값^[6]을 단일 구간의 두 배로 계산했을 때 동일조건에서 2,840A로 2,220A를 초과하는 결과를 얻을 수 있다. 그림 3은 6공 단일 설계시 온도분포 및 허용전류값을 보여준다.

<표 1> 3단 2열 6공 관로 허용전류 결과

단위:[A]

계산 조건	허용전류(A)	3x2 Duct bank	(3x2 Duct bank) x 2구간
주위온도 25℃, 역률 1.0		1,420	2,840
주위온도 20℃, 역률 1.0		1,475	2,950
주위온도 20℃, 역률 0.9		1,600	3,200



〈그림 3〉 6공 설계시 온도분포 및 허용전류

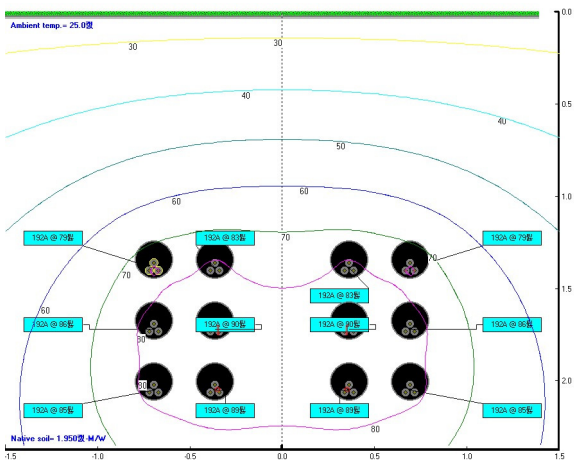
2.3.2 3단 2열 6공 관로 병렬 설계시

3단2열 6공 관로를 병렬 시공할 때 6공 사이의 이격거리에 따른 허용전류 계산 결과는 표 2와 같다. 프로그램의 한계로 인해 6공을 각각 관로로 모델링 하는 것이 불가하여 직매로 설계하고 주변 토양의 열저항률은 $1.95^{\circ}\text{C} \cdot \text{m}/\text{W}$ 로 평균값을 적용하였다. 주위온도 25°C, 역률 1 조건에서 6공 관로 설치시 허용전류를 2배 한 전류의 90%가 허용되는 거리는 1.9m, 95%가 허용되는 거리는 3.5m, 상호 발열에 의한 영향이 소멸되는 거리는 10m로 계산되었다. 또한 A지점의 전력공급량은 6공 관로 사이를 50cm 이격하면 확보할 수 있으며 이때 온도분포는 그림 4에서 확인할 수 있다.

하지만 허용전류를 증가시키고자 관로사이를 이격하고 주위온도 및 토양의 열저항률을 변경하여도 각 회선간의 열간섭이 완전히 소멸되지 않아 허용전류 증가량이 점차 감소하는 것을 알 수 있다.

〈표 2〉 3단 2열 6공 관로사이의 이격거리에 따른 허용전류 단위:[A]

구분 \ 관로간 이격(cm)	10	50	90	110	210	310	410	510	1000
허용전류 (A)	2,160	2,299	2,401	2,443	2,591	2,676	2,728	2,760	2,819
(3x2) x 2 개에 대한 허용전류 비율 (%)	75.9	80.8	84.4	85.8	91.0	94.0	95.9	97.0	99.1



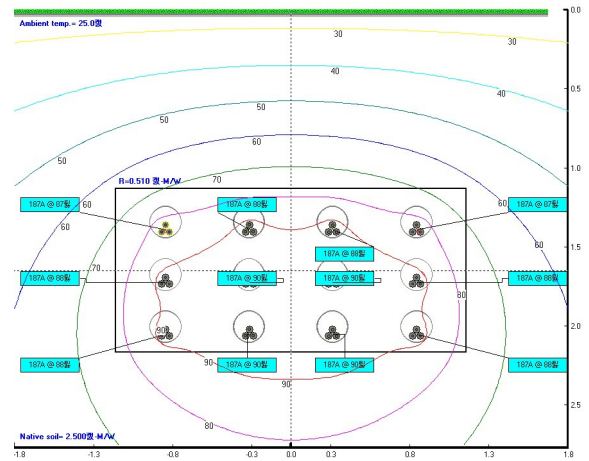
〈그림 4〉 6공(3x2) 관로간 50cm 이격시 온도분포 및 허용전류

2.3.3 3단 4열 12공 관로 설계시

표 3은 3단 4열 12공 관로를 파형관 사이를 균일하게 이격했을 때 허용전류 계산 결과이며 주위온도 25°C, 역률 1 조건에서 이격거리가 30cm 이상이면 A지점의 전력공급량을 확보할 수 있는 것으로 나타났다. 또한 6공 단일 설계시와 마찬가지로 주위온도와 역률이 허용전류 계산결과에 영향을 많이 준다는 것을 알 수 있다.

〈표 3〉 3단 4열 12공 관로폭 균일 이격에 따른 허용전류 단위:[A]

계산 조건 \ 관로폭 (cm)	10	20	30	40	50
주위온도 25°C, 역률 1.0	2,160	2,205	2,241	2,269	2,292
주위온도 20°C, 역률 1.0	2,245	2,292	2,329	2,359	2,382
주위온도 20°C, 역률 0.9	2,442	2,494	2,534	2,565	2,589



〈그림 5〉 12공(3x4) 30cm 균일이격시 온도분포 및 허용전류

3. 결 론

본 검토사례는 9공 이상 대용량 지중배전선로 설계시 관로 사이의 이격거리 조정을 통해 기존의 포설 방법과 유사하게 전력을 공급할 수 있고 주위 온도나 역률을 감소시키면 허용전류가 증가한다는 것을 확인할 수 있었다. 하지만 현재 설정된 토양의 열저항률이나 주변 온도 등은 국외의 기준으로 일반적으로 적용할 수 있는 가혹한 상태를 모의한 값이므로 A지점의 지역 환경 등을 고려한 정확한 값으로 정의하기에는 한계가 있다.

또한 지중배전설계 편람^[7]에 수록된 관로공수별 허용전류 검토 내용은 계산 결과에 대한 검토 자료 부재로 인해 신뢰도가 떨어지므로 허용전류 계산에 영향을 주는 케이블 특성과 관로 포설 지역의 토양 특성 및 주변 환경 등 주요 파라메타들에 대한 기준을 정립하는 것이 우선적으로 필요하다.

[참 고 문 헌]

- [1] J. H. Neher and M.H. McGrath, 'The Calculation of the Temperature Rise and Load Capability of Cable System', AIEE Transactions Part III-Power Apparatus and Systems, Vol. 76. October 1957, pp. 752-772
- [2] 한전표준준거매시방서 ES 126-650~664, "22.9kV 동심중성선 전력케이블", 2003
- [3] KS C IEC 60364-5-52 부속서 A.52.2~3항
- [4] KS C 8455, "합성수지 파형관", 2005
- [5] 한전 배전설계기준 DS-5200, "관로", 2007
- [6] 한전 배전설계기준 DS-5901, "전력케이블의 허용전류 계산", 1996
- [7] 지중배전설계 편람 해설, 1999