

# 154kV XLPE 600mm<sup>2</sup> 지중관로 수평배열 형태별 허용전류용량 산정에 관한 연구

(A Study on the Calculation of Transmission Current-Carrying Capacity by Horizontal Arrangement Type in the Installation Methods of 154kV XLPE 600mm<sup>2</sup> Power Cable Buried Ducts in Ground)

김세동\* · 유상봉

(Se-Dong Kim · Sang-Bong Yoo)

## Abstract

The underground transmission lines which have been built to expand the supplying facilities will be continuously accompanying with high growth of the increase of power demand in the metropolitan area in recent years. So, it is necessary to maximize the ability and reliability of power supply with the current-carrying capability of the underground transmission lines. Design criteria of KEPCO is to be presented and used frequently. But it has to be studied about the installation methods of power cable buried in ground.

In this study, we used the program for calculating the current-carrying capability of underground transmission power cables. We estimated the maximum permissible current values by the horizontal arrangement in the installation methods of power cable(154kV XLPE 600mm<sup>2</sup>) buried ducts in ground.

To see the general tendency of the analysis, we researched a statistical analysis with such parameters as the maximum permissible current values. Through the regression analysis, we analyze the most highly values of the maximum permissible current on the Ra type duct arrangement.

Key Words : Buried Duct, CV Underground Cable, Current-Carrying Capacity,  
The Program for Determining the Ampacity of Underground Transmission Cables

## 1. 서 론

지중설비는 케이블을 비롯하여 중간접속재, 인입 및 인출접속재, 개폐기, 변압기 등 지중으로 전력을 공급하기 위해 필요한 각종 설비를 말한다. 1980년대 이후에 신도시 건설, 신공단 건설, 관광단지 조성 등 가공

\* Main author : Professor, Department of Electrical Engineering, Doowon Technical University  
Tel : 031-8056-7167, Fax : 031-8056-7161  
E-mail : kimse@doowon.ac.kr  
Received : 2015. 10. 28.  
Accepted : 2015. 11. 25.

배전선로로 전력을 공급하기에는 어려움을 겪는 지역들이 급증함에 따라 지중배전선로는 급격히 증대하게 되었다.

특히 근래에 들어 경제성장과 함께 대도시의 전력수요가 증가함에 따라 지중 송전선로의 건설이 계속 증가하고 있는 추세에 있다. 지중 송전선로 건설시 건설부지 확보 곤란과 건설비용의 과다 등 많은 제약을 받고 있는 실정이기 때문에 지중 송전선로의 전력공급 능력을 증대시키는 방안을 모색할 필요가 있다. 즉 전력수요의 증대 및 과밀화에 대처하기 위해서는 지중 송전망의 확대 뿐만 아니라 선로 자체의 송전용량 증대가 요구되고 있으며, 지중 전력케이블의 대용량화에 따른 지중 케이블의 매설 깊이와 배열방식, 관로 간격을 최적화하여 시공하여야 한다[1-8].

지중케이블 포설방식에는 직매식, 관로식, 전력구식이 있으며, 본 연구에서는 관로식 포설방식을 대상으로 하였다. 관로식은 도로를 장시간 굴착한 상태로 유지할 수 없는 도심지의 교통량이 많은 장소 등에서 적용되고 있다.

근래에 들어 대도시 개발 등으로 2회선 관로부설 방식이 적용되고 있으나, 관로의 배열은 허용전류, 현장여건, 공사비 및 공사기간 등 전반적인 시공성을 고려하여 산정하여야 하며, 배열방식 및 관로 간격에 대한 송전용량 산정 자료가 미흡한 실정이다[9].

본 연구에서는 지중 케이블의 154kV XLPE 600mm<sup>2</sup> 관로 부설 배열방식 중에서 수평배열(2단4열) 4가지 형식에 대하여 매설깊이를 기준하여 다양한 관 간격(W, H)별로 허용전류용량을 산정하였고, 산정된 자료는 엑셀에서 지원하는 회귀분석이론에 근거하여 산점도 모형을 분석하고자 한다.

## 2. 본 론

### 2.1 분석 조건

본 연구에서는 ‘송전케이블의 허용전류 산정프로그램(10)’을 적용하여 아래와 같은 조건을 고려한다.

- 1) 지중 송전케이블의 154kV XLPE 600mm<sup>2</sup>(절연체 17mm, 방식층 PE), 포설 조건은 콘크리트 FRP 관을 적용한다.
- 2) 주변온도 25℃, 대기온도 40℃, 토양 열특성(열저항률 0.9K.m/W, 열 확산율 0.5 10<sup>-6</sup> m<sup>2</sup>/s)을 설정한다.
- 3) 구간은 300m, 접지는 크로스본드 방식을 적용한다.
- 5) 관로부설 방식은 수평배열(2단4열) 4가지 방식을 선정한다.
- 6) 매설깊이는 한전 설계기준 DS-5001(지중배전)에서 정하고 있는 차도 및 중량물의 영향을 받는 장소의 설치 등을 고려하여 1000mm, 1200mm로 정한다[11-12].

### 2.2 수평배열 방식의 종류

지중 케이블의 관로 부설 배열방식은 수평배열(2단 4열, 2개 회선)에서 회선배치를 조정하여 그림 1에서 보는 바와 같이 4가지 형태에 대해서 비교 적용하였다[9].

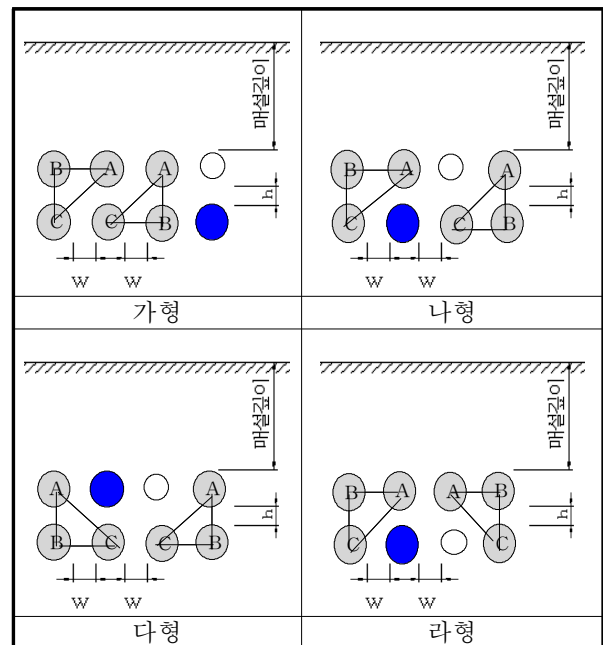


Fig. 1. Four kinds of horizontal arrangement

### 2.3 수평배열 방식별 허용전류용량 산정

#### 2.3.1 가형 수평배열

가형 수평배열에서 매설깊이 1000mm 기준으로 관로 간격(W, H)을 100mm부터 800mm까지 조정하여 산정하였으며, 그림 2는 1회선 및 2회선 기준으로 허용전류용량의 변화율 분석결과를 나타낸 것이다.

1회선의 경우는 2회선의 경우보다 67A부터 31A까지 높게 산정되었고, 1회선의 경우 관로 간격의 조정에 비하여 허용전류용량의 증가폭이 매우 낮았다. 2회선의 경우 허용전류는 관 간격이 커질수록  $\Delta 11A \sim \Delta 1A$ 로 증가폭이 낮아졌고, 관 간격 400mm부터 증가율이  $\Delta 3A$ 보다 낮게 산정되어 허용전류 용량의 증가폭에 비하여 경제성이 낮은 것으로 분석된다.

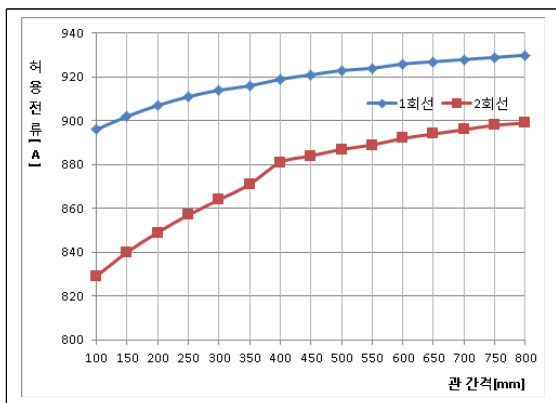


Fig. 2. Scatter plot of the maximum permissible current values

그림 3은 2회선 기준 매설깊이 1000mm, 1200mm 기준, 관 간격(W, H)를 100mm부터 800mm까지 조정하여 허용전류용량의 변화율 분석결과를 나타낸 것이다.

분석결과, 매설깊이 1000mm일 때가 1200mm일 때보다 관 간격별로 높은 허용전류용량 값을 갖는 것으로 산정되었으며, 매설깊이가 깊어질수록 경제성이 낮은 것으로 분석된다.

#### 2.3.2 나형 수평배열

나형 수평배열에서 매설깊이 1000mm 기준으로 관로 간격(W, H)을 100mm부터 800mm까지 조정하여

산정하였으며, 그림 4는 1회선 및 2회선 기준으로 허용전류용량의 변화율 분석결과를 나타낸 것이다.

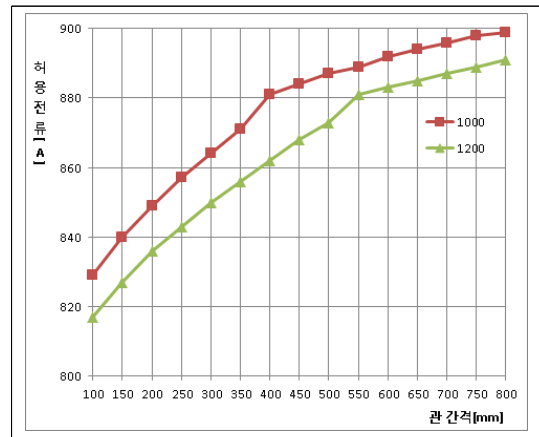


Fig. 3. Scatter plot of the maximum permissible current values by buried depth

1회선의 경우는 2회선의 경우보다 39A부터 15A까지 높게 산정되었고, 1회선의 경우 관로 간격의 조정에 비하여 허용전류용량의 증가폭이 매우 낮았다. 2회선의 경우 허용전류는 관 간격이 커질수록  $\Delta 10A \sim \Delta 2A$ 로 증가폭이 낮아졌고, 관 간격 400mm부터 증가율이  $\Delta 3A$ 보다 낮게 산정되어 송전용량의 증가폭에 비하여 경제성이 낮은 것으로 분석된다.

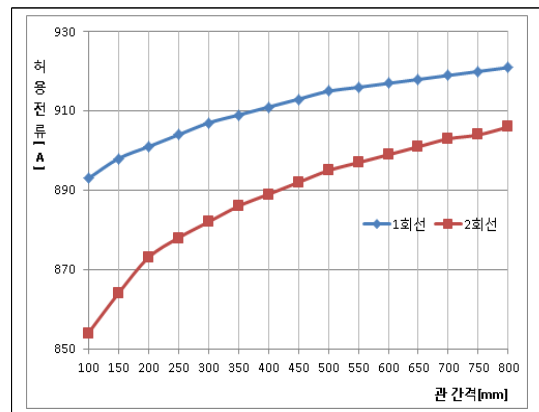


Fig. 4. Scatter plot of the maximum permissible current values

그림 5는 2회선 기준 매설깊이 1000mm, 1200mm 기준, 관 간격(W, H)를 100mm부터 800mm까지 조

정하여 허용전류용량의 변화율 분석결과를 나타낸 것이다.

분석결과, 매설깊이 1000mm일 때가 1200mm일 때보다 관 간격별로 높은 허용전류용량 값을 갖는 것으로 산정되었으며, 매설깊이가 깊어질수록 경제성이 낮은 것으로 분석된다.

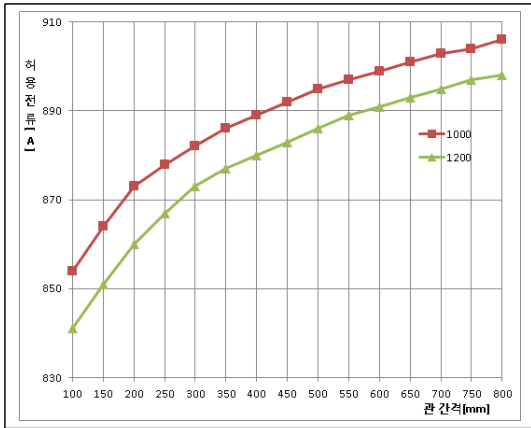


Fig. 5. Scatter plot of the maximum permissible current values by buried depth

### 2.3.3 다형 수평배열

다형 수평배열에서 매설깊이 1000mm 기준으로 관로 간격(W, H)을 100mm부터 800mm까지 조정하여 산정하였으며, 그림 6은 1회선 및 2회선 기준으로 허용전류용량의 변화율 분석결과를 나타낸 것이다.

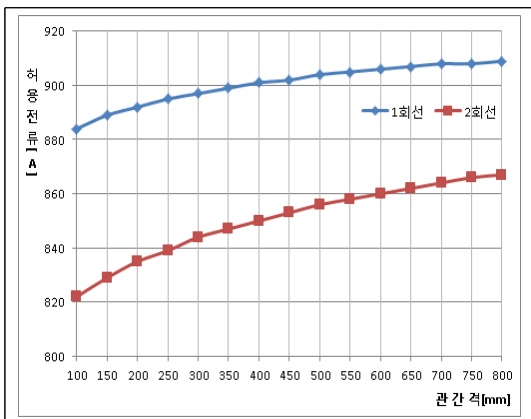


Fig. 6. Scatter plot of the maximum permissible current values

1회선의 경우는 2회선의 경우보다 62A부터 42A까지 높게 산정되었고, 1회선의 경우 관로 간격의 조정에 비하여 허용전류용량의 증가폭이 매우 낮았다. 2회선의 경우 허용전류는 관 간격이 커질수록  $\Delta 7A \sim \Delta 1A$ 로 증가폭이 낮아졌고, 관 간격 300mm부터 증가율이  $\Delta 3A$ 보다 낮게 산정되어 송전용량의 증가폭에 비하여 경제성이 낮은 것으로 분석된다.

그림 7은 2회선 기준 매설깊이 1000mm, 1200mm 기준, 관 간격(W, H)을 100mm부터 800mm까지 조정하여 허용전류용량의 변화율 분석결과를 나타낸 것이다.

분석결과, 매설깊이 1000mm일 때가 1200mm일 때보다 관 간격별로 높은 허용전류용량 값을 갖는 것으로 산정되었으며, 매설깊이가 깊어질수록 경제성이 낮은 것으로 분석된다.

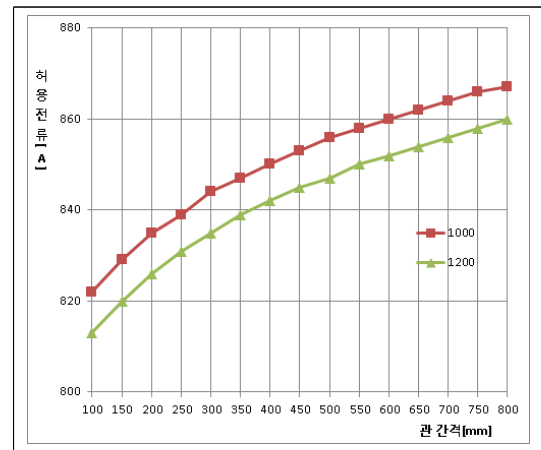


Fig. 7. Scatter plot of the maximum permissible current values by buried depth

### 2.3.4 라형 수평배열

라형 수평배열에서 매설깊이 1000mm 기준으로 관로 간격(W, H)을 100mm부터 800mm까지 조정하여 산정하였으며, 그림 8은 1회선 및 2회선 기준으로 허용전류용량의 변화율 분석결과를 나타낸 것이다.

1회선의 경우는 2회선의 경우보다 59A부터 26A까지 높게 산정되었고, 1회선의 경우 관로 간격의 조정에 비하여 허용전류용량의 증가폭이 매우 낮았다. 2회선의 경우 허용전류는 관 간격이 커질수록  $\Delta 9A \sim \Delta 2A$ 로 증가폭이 낮아졌고, 관 간격 450mm부터 증가

율이  $\Delta 3A$ 보다 낮게 산정되어 송전용량의 증가폭에 비하여 경제성이 낮은 것으로 분석된다.

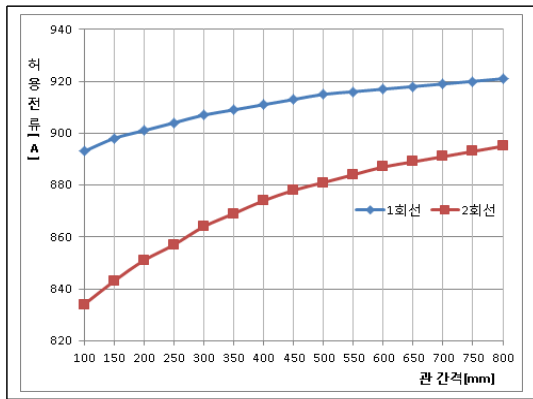


Fig. 8. Scatter plot of the maximum permissible current values

그림 9는 2회선 기준 매설깊이 1000mm, 1200mm 기준, 관 간격(W, H)를 100mm부터 800mm까지 조정하여 허용전류용량의 변화를 분석결과를 나타낸 것이다.

분석결과, 매설깊이 1000mm일 때가 1200mm일 때보다 관 간격별로 높은 허용전류용량 값을 갖는 것으로 산정되었으며, 매설깊이가 깊어질수록 경제성이 낮은 것으로 분석된다.

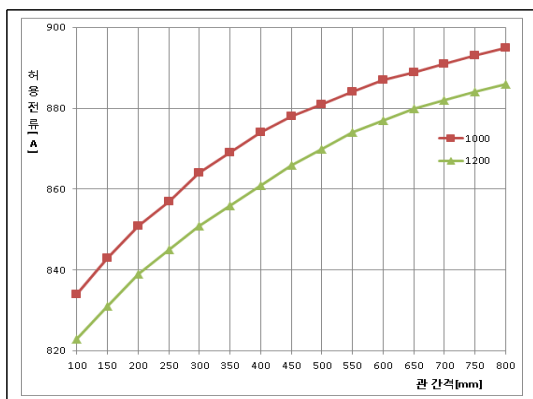


Fig. 9. Scatter plot of the maximum permissible current values by buried depth

## 2.4 허용전류용량 산정결과 고찰

수평배열(매설깊이 1000mm 및 2회선 기준) 가, 나,

다, 라형의 4가지 형태에 대해서 허용전류용량의 변화율을 산정, 비교 분석한 결과를 그림 10에 나타내었으며, 요약하면 다음과 같다.

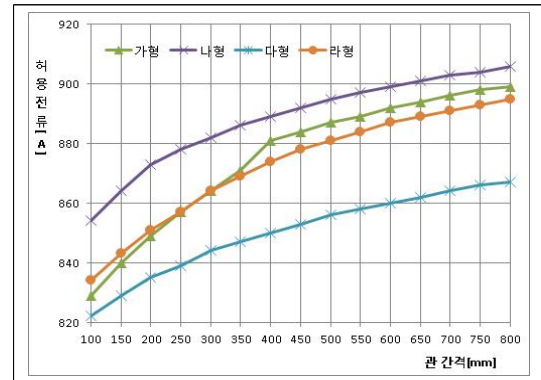


Fig. 10. Scatter plot of the maximum permissible current values by the arrangement type

- ① 수평배열 4가지 방식 중에서 관로 설치간격 W : 800mm, H : 800mm까지는 나형 배열방식의 허용전류용량 값이 가장 높게 산정되었다. 그리고, 다형 배열방식이 가장 낮게 산정되었다.
- ② 관로 간격 350mm까지는 가형보다 라형이 높게 산정되다가 400mm부터는 라형보다 가형이 높게 산정되는 결과를 보여주고 있다.
- ③ 가, 나, 다, 라형 배열방식은 관로 설치간격이 증가하면서 허용전류 증가폭도 거의 같은 증가폭을 갖는 것으로 나타났다.

## 3. 결론

본 연구에서는 지중 송전케이블의 154kV XLPE 600mm<sup>2</sup> 관로 부설 배열방식 중에서 수평배열(2단4열) 4가지 형태에 대하여 매설깊이를 기준하여 다양한 관 간격(W, H)별로 허용전류용량 값의 변화율을 산정하였고, 산정된 자료는 엑셀에서 지원하는 회귀분석을 통한 선형적인 방법으로 그 경향을 분석하여 자료를 데이터베이스화하였다.

본 연구에서 도출한 수평배열(2단4열) 방식의 매설 깊이, 관로 간격을 고려한 허용전류용량 및 경제성 검토를 통한 최적화 시공에 도움이 될 것으로 분석된다.

## References

- [1] 'Development fo Backfill Materials for the Increase of Power Transmission Capacity of Underground Cables', KEPCO, 2003.12.
- [2] KS C 3140(Installation Methods of Power Cables Buried in Ground), 2014.
- [3] KEPCO Design Criteria, DS-6210 (Undergroun Transmission Cable), 2009.
- [4] KEPCO Design Criteria, DS-5200(Ducts), 2009.
- [5] KEPCO Recommended Practice for Design Criteria of Distribution-Underground, 2009.
- [6] KEPCO Design Criteria, DS-5901(The Maximum Permissible Current Calculation of Underground Cable), 2009.
- [7] KEPCO Standard Works Procedure, Underground Transmission Ducts, 2009.
- [8] KEPCO Supervision Service Performance Criteria of Distribution Works, 2015.
- [9] A study of Criteria Arrangement in the Duct Works of 154kV XLPE 2,500mm<sup>2</sup> Cable, 2015.
- [10] 'The Development of Program for Determining the Ampacity of Underground Transmission Cables', KEPCO, 2001.12.
- [11] KEPCO Design Criteria, DS-5001(Generals), 2009.
- [12] Electrical Installation Technology Criteria, Article 136(Works of Underground Power Cable), 2015.

## ◇ 저자소개 ◇



### 김세동 (金世東)

1956년 3월 3일생. 1981년 한양대학교 전기공학과 졸업. 1986년 동대학원 졸업(석사). 2000년 서울시립대 전기전자공학부 대학원 졸업(박사). 1979~1983년 한국전력공사 근무. 1984년~1997년 2월 한국건설기술연구원 수석연구원 역임.

2009년~2010년 건축전기설비기술사회장 역임. 1997년~현재 두원공과대학교 전기공학과 교수. 본 학회 부회장.

관심분야 : 전력설비 진단 및 DSP, 전기 BIM, EES, 마이크로그리드



### 유상봉 (庾相鳳)

1954년 10월 26일생. 1980년 부산대학교 전기공학과 졸업. 1999년 한양대학교 대학원 전기공학과 졸업(박사). 1979~1997년 쌍용양회공업(주) 및 쌍용엔지니어링(주) 근무. 1993~1996년 기술사(건축전기설비, 발송배전, 전기응용, 전기

안전, 소방). 1998년~현재 용인송담대학교 전기조명과 교수. 현재 한국전기기술인협회 회장. 본 학회 최고자문위원.

관심분야 : 조명 · 전기설비 설계, 전력설비 진단