

기상모델에 의한 가공선 동적허용전류 추정

강지원\*, 홍동석, 장태인, 이동일, 최한열, 오창효  
한국전력공사

A Study on Estimation of Dynamic Line Rating Using the Weather Model

J.W.Kang\*, D.S.Hong, T.I.Jang, D.I.Lee, H.Y.Choi, C.H.Oh  
KEPCO

**Abstract** - 도체의 허용전류를 추정하기 위하여 기상모델을 적용할 경우 기온 및 풍속 등은 지역에 따라 불규칙하게 변화되므로 DLR 추정 및 운용에는 모니터링 위치의 선정 및 측정 개소의 증감 등 여러 가지 고려해야 할 점들이 존재하게 된다. 측정된 기상요소의 추세들은 DLR 결과에 그대로 반영되므로, 각 기상 요소에 대한 유형을 정확하게 추정할 수 있으면 이 특성을 정량화하여 DLR 계산에 이용할 수 있을 것이다. 본 논문에서는 2001년 1년 동안 대전지방기상청에서 측정된 기상데이터를 사용하여 기상 모델의 각 요소와 DLR 추정 결과 사이의 특성을 비교 및 검토하였다.

1. 서 론

도체의 허용전류를 추정하는 가장 간단한 방법이 기상요소를 모니터링하여 허용전류를 구하는 것이다. 기상모델의 적용은 기온만 고려하는 간단한 방식으로부터 풍속과 풍향, 일사량 측정치를 사용하는 방식도 있다[1-6]. 이러한 방식 중 기온 및 풍속 등은 지역에 따라 불규칙하게 변화되므로 모니터링의 위치 선정이나 개수 증감 등 동적허용전류(DLR)를 실제로 추정 운영하는 데에는 여러 가지 고려해야 할 문제들이 존재하게 된다. 특히 우리나라의 기상요소는 계절적 요인뿐만 아니라 해안과 산악 지형으로 인하여 허용전류 결정에 민감한 영향을 미치는 풍속과 풍향 특성이 동일한 지역이라도 그 변화가 크다. 그렇지만 이러한 기상요소들의 추세들이 DLR 결과에 그대로 반영되므로, 측정요소에 대한 유형을 정확하게 추정할 수 있으면 이 특성을 정량화하여 DLR 계산에 이용할 수 있을 것이다. 따라서 본 논문에서는 2001년 1년 동안 대전지방 기상청에서 측정된 기상데이터[7,8]를 사용하여 기상요소와 DLR의 유형을 분석하였으며, 이를 바탕으로 8월의 일일 또는 1주간의 기상요소로 계산한 DLR 특성을 검토하였다.

2. 본 론

2.1 기상요소와 DLR 유형 분석

그림 1은 측정된 기온과 풍속에 대한 연 평균값을 일일 시간대로 나타낸 것이다. 우선, 기온 특성을 보면 아침 6시 정도에서 기온이 가장 낮으며 13시 경이 가장 높은 경향을 나타낸다. 풍속의 평균값도 기온과 유사한 경향을 나타내고 있지만 그 평균값이 기온에 비하여 약 1시간 정도 지연됨을 볼 수 있다. 이와 같은 사실은 특히, 주간에 기온이 풍속의 영향을 받기보다는 오히려 풍속 크기가 기온 특성으로 인하여 선도된다는 사실이다. 다시 말해서, 아침에 기온이 증가되기 시작하면 일정한 시간 뒤에 기온의 증가율과 유사하게 풍속이 증가된다는 사실이다. 일반적으로 도체의 온도에 미치는 영향은 기온보다 풍속이 더 크다. 따라서, DLR은 도체의 열 시정수 때문에 풍속 특성보다 지연된 특성을 보일 것이다.

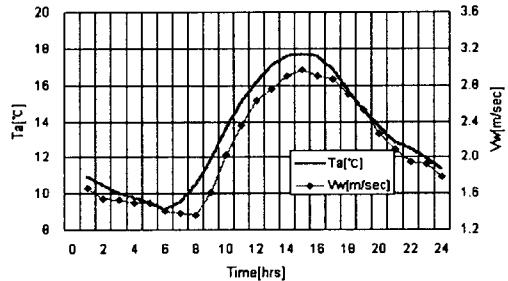


그림 1. 기온과 풍속의 유형

그림 2와 그림 3은 측정기온, 풍속 및 일사량의 연 평균치로 계산된 DLR 특성을 나타낸다. 도체의 허용전류는 도체의 열용량으로 인하여 보통 기온보다는 약 1시간 지연된 경향을 보이지만 풍속과는 거의 동일한 특성을 나타낸다. 특히, DLR은 아침 8시 경에 최하로 나타나는 데 이것은 이 시간대의 기온과 풍속이 일일 중 가장 낮기 때문이다. 그렇지만 침두부하 관리시간인 오후 2-3시에 오히려 DLR 값이 크게 나타나므로 침두부하 관리나 전력공급의 측면에서 안전율은 오히려 이른 아침보다는 증가된 경향을 나타낸다.

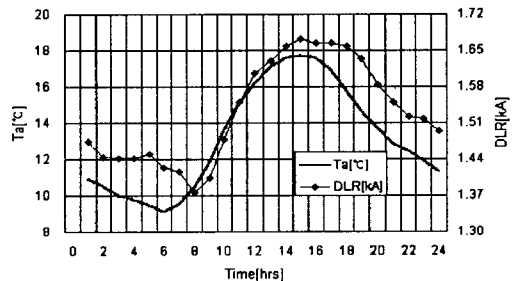


그림 2. 기온과 DLR의 유형

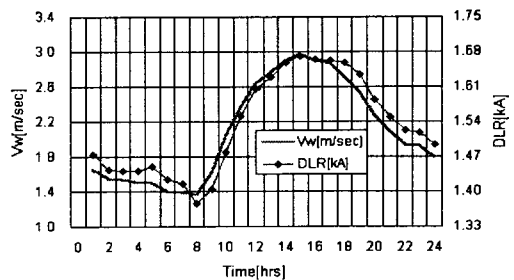


그림 3. 풍속과 DLR의 유형

한편, 겨울철인 1월과 여름철인 8월 평균기온, 풍속과 일사량 특성을 각각 그림 4, 5 및 6에 나타낸다. 기온은 예측한 것처럼 두 경우 모두 유사한 패턴으로 일조시간과 관계되어 나타난다. 특히, 평균풍속은 1월과 8월 모두 SLR 계산조건인  $V_w=0.5[m/sec]$ 보다 훨씬 큰 영역에서 측정된다. 그러나, 저녁시간대인 18시부터 다음날 오전 8시 사이의 풍속은 1월과 8월 모두 유사한 풍속 값을 보이고 있으나 8-15시 사이에는 겨울철이 여름철 풍속보다 대체적으로 낮은 것을 볼 수 있다. 따라서 첨두부하철인 여름철에도 낮 동안의 풍속이 크므로 DLR 값을 증가시킬 수 있다는 것을 암시한다.

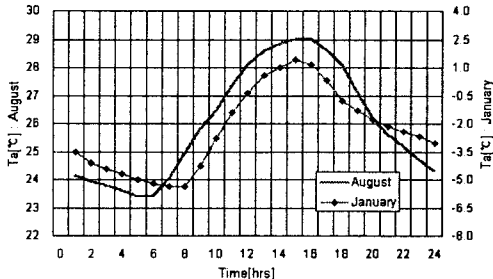


그림 4. 1월과 8월의 기온 유형

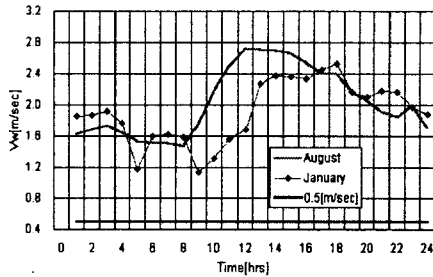


그림 5. 1월과 8월의 풍속 유형

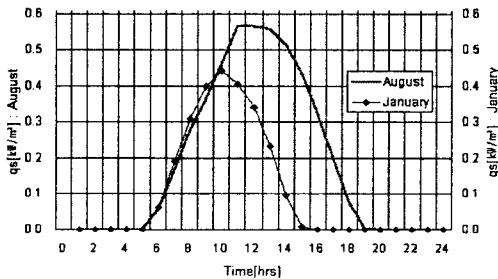


그림 6. 1월과 8월의 일사량의 유형

주목할 것은 일사량의 측정치는 오전에는 1월이나 8월의 특성이 유사하지만 1월에는 최대치가 아침 10시 즈음에 발생하고 있다는 사실이다. SLR의 계산조건에서 12시의 전류는 858[A]이고 야간에서의 전류는 940[A] 정도로 일사량에 의해 대략 9.6[%]의 전류 변화가 발생한다. 따라서, 연중 SLR을 계산할 때에 KEPCO의 설계기준[9]에서처럼 태양시각을 13시로 선택하는 문제나 계절별 정격을 적용한다고 가정할 때 하계 및 동계의 태양시각에 대한 설계값은 좀더 신중히 검토해야 할 것으로 생각된다.

## 2.2 8월의 DLR 추정

이 절에서는 주어진 측정데이터 중 8월의 일일 또는 1주간의 기상요소로 계산한 DLR 특성을 검토하였다. 그림 7은 8월 1일 및 2일에 측정된 기온과 풍속으로

그림 1의 평균치 유형과 비슷한 특성을 보인다. 측정치는 1시간 간격으로 측정되었으므로 분석에는 1시간 동안 그 값이 변하지 않는 것으로 가정하였다. 그림 8은 일사량 측정치로 1일에는 2일에 비하여 일사량이 1/2 정도로 나타나고 있다. 이들 측정치를 사용하여 계산된 DLR 특성을 그림 9에 나타내었다.

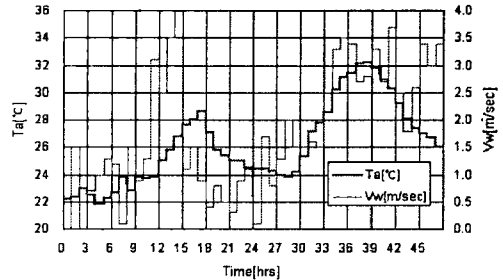


그림 7. 2일간의 기온 및 풍속 측정치

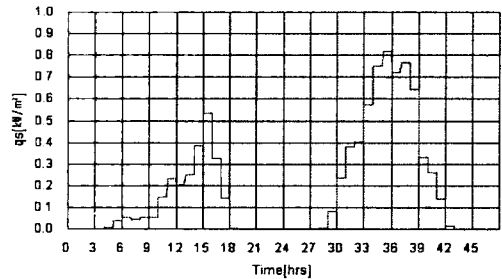


그림 8. 2일간의 일사량 측정치

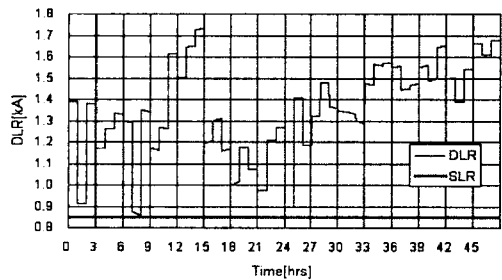


그림 9. DLR 추정값

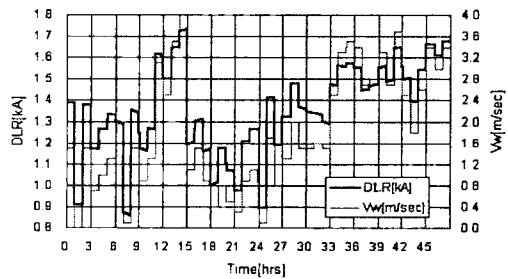


그림 10. 2일간의 풍속과 DLR 특성

그림 9의 DLR 추정치에서 보면 1일의 7, 8시에서는 전류 계산값이 거의 SLR에 근접한다. 따라서 이 시간에 선로에 공급하는 전류는 작은 값으로 제한을 받게 된다. 그렇지만, 이 결과는 도체의 열용량에 의한 시정수를 고려하지 않은 것으로 실제로 이 시간대에 이보다 큰 전류를 공급하더라도 도체는 즉시  $T_c=90[°C]$ 에 도달하지는 않는다. 특히, 풍속의 급변하는 특성으로 인한 저 전류

특성이 장시간 지속되지 않으면 도체전류는 결코 계산조건인 최대허용온도 90[°C]를 초과하지 않는다. 그림 10은 추정된 DLR과 측정 풍속으로 앞에서 기술한 바와 같이 거의 유사한 유형을 나타내고 있다.

한편, 도체의 온도특성을 검토하기 위하여 1) 도체에 전류가 공급되지 않는 경우( $I_c=0[A]$ )와 2) 도체에 일정한 전류를 흘리는 경우를 가정하여 도체온도 특성을 살펴보았다. 일반적으로 도체는 전류가 흐르지 않더라도 주간에는 일사량에 의해 일정한 온도로 상승한다. 물론, 이 경우에는 풍속의 크기가 도체의 냉각 속도에 영향을 준다. 먼저, 무부하 도체가 일사량에 의해 상승되는 온도 특성을 보면 그림 11과 같다. 주어진 조건에서 1일 및 2일에 일사량에 의한 온도 상승은 각각 2.28 및 2.94[°C] 정도이다. 이 때 상승 폭은 그림 11에서와 같이 일사량에 직접 비례하는 특성을 나타낸다. 이 결과에서 온도 편차가 완만한 특성을 나타내지 않은 것은 시간 당 측정치를 1분 간격으로 시간 변화를 고려했기 때문이다.

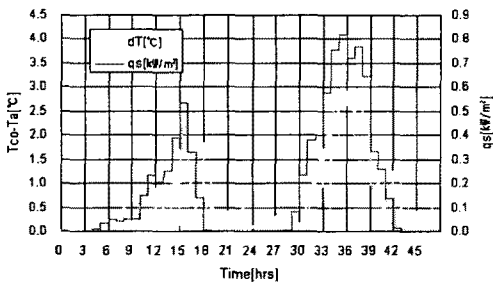


그림 11. 무부하 도체의 온도 상승과 일사량의 관계

다음은 도체에 전류를 1일은 1500[A]를, 2일은 750[A]를 흘린다고 가정하여 도체온도를 추정하여 그 특성을 살펴보았다. 그 결과는 그림 12와 같이 나타난다.

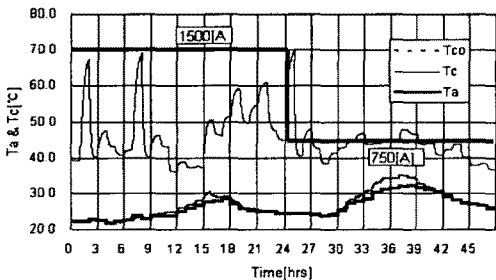


그림 12. 전류 변화에 따른 도체온도 추정

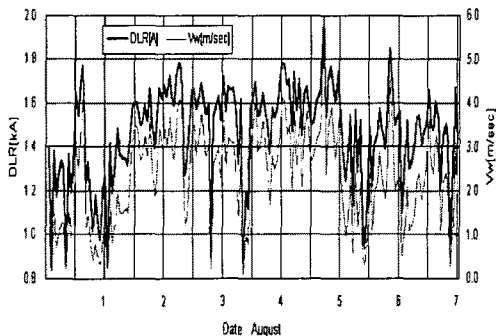


그림 13. 1주간의 측정 풍속과 추정 DLR

그림 12를 분석해 보면, 1일은 높은 전류를 공급하였으나 풍속의 변화로 인하여 매우 변동이 심한 온도가 나타나는 반면, 2일의 도체온도는 풍속 및 기온이 거의 평

상 특성을 나타내므로 비교적 완만한 특성을 보인다. 특히, 1일에 공급된 전류 1500[A]는 추정된 DLR 보다 높은 값이지만 도체의 온도는 90[°C]를 초과하는 경우는 발생하지 않는다. 여기서 도체의 온도는 실측된 값이 아니므로 이 결과에 대한 타당성은 실증 시험을 통하여 입증해야 한다. 참고로 8월 1주일간의 풍속 측정치와 추정 DLR 특성을 그림 13에 나타내었다. 이 결과에서도 역시 DLR과 풍속 사이에는 매우 밀접한 상관성이 존재함을 확인할 수 있다.

### 3. 결 론

본 논문에서는 2001년 1년 동안 대전지방 기상청에서 측정된 기상데이터를 사용하여 기상요소와 DLR의 유형을 분석하였으며, 이를 바탕으로 8월의 1일 또는 1주간의 기상요소로 계산한 DLR 특성을 검토하였다. 그 결과를 요약하면 다음과 같다.

1) 측정기온, 풍속 및 일사량의 연 평균치로 계산된 DLR 특성의 경우, 도체의 열 시정수로 인하여 기온보다는 약 1시간 지연된 경향을 보였고 풍속과는 거의 동일한 특성을 나타내었다. 특히 일사량의 경우 형태는 유사하지만 최대치가 발생하는 시간이 다르게 나타남으로서 연중 SLR을 계산할 때 태양시각에 대한 설계값은 좀더 신중히 검토해야 할 것으로 사료된다.

2) 8월의 DLR을 추정한 결과도 연 평균치로 계산된 값과 거의 유사한 유형을 나타내었으며, 도체의 온도 특성에서는 도체의 최고허용온도인 90[°C]를 초과하는 경우는 발생하지 않았다. 특히 8월의 경우는 1년 중 기온과 전력수요가 가장 크게 나타나는 시기이므로 좀더 다양한 측정 자료와 실험을 통한 8월의 기상과 DLR사이의 특성분석은 전력수요 관리에 직접적인 방안을 제시할 수 있을 것이라 사료된다.

이 연구는 산업자원부 “전력산업기술개발사업”의 연구비 지원에 의하여 수행 되었습니다.

### [참 고 문 헌]

- [1] J. Raniga and R.K. Rayudu, "Stretching transmission line capabilities - A Transpower Investigation", Transpower, New Zealand, 2001.
- [2] IEEE Standard for calculating the current-temperature relationship for bare overhead conductors, IEEE Standard 738, 1993.
- [3] Draft standard for calculating the current-temperature relationship for bare overhead conductors, IEEE Standard P738, 1999.
- [4] The thermal behavior of overhead conductor, CIGRE WG22-12, Electra, No. 144, 1992.
- [5] Overhead electrical conductors calculation methods for stranded bare conductors, IEC-1957 First Edition Technical Report-Type 3, 1995.
- [6] 가공송전의 전류용량, 일본 전기학회기술보고, 제660호, 1997.
- [7] 2001년 기상연보, 기상청, 2002.
- [8] 2001년 기상관측소 및 AWS 기상관측 DB 자료.
- [9] 송전 설계기준 제·개정 및 보완 연구, 한국전력공사 전력연구원, TR00PJ09J2001.319, 2001.5.