

A Study on Utilization Ratio and Operation of Transmission Lines

金東珉* · 裴引洙** · 金鎮吾[†] · 趙鍾萬***
 (Dong-Min Kim · In-Su Bae · Jin-O Kim · Jong-Man Cho)

Abstract - This paper describes the concepts of Static Line Rating (SLR) and Dynamic Line Rating (DLR) and the computational methods to demonstrate them. Calculation of the line capacity needs the heat balance equation which is also used for computing the reduced tension in terms of line aging. SLR is calculated with the data from the worst condition of weather throughout the year. Even now, the utilization ratio is obtained from this SLR data in Korea.

DLR is the improved method compared to SLR. A process for DLR reveals not only improved line ratings but also more accurate allowed line ratings based on line aging and real time conditions of weather. In order to reflect overhead transmission line aging in DLR, this paper proposes the method that considers the amount of decreased tension since the lines have been installed. Therefore, the continuous allowed temperature for remaining life time is newly acquired.

In order to forecast DLR, this paper uses weather forecast models, and applies the concept of Thermal Overload Risk Probability (TORP). Then, the new concept of Dynamic Utilization Ratio (DUR) is defined, replacing Static Utilization Ratio (SUR).

For the case study, the two main transmission lines which are responsible for the north bound power flow in the Seoul metropolitan area are chosen for computing line rating and utilization ratio. And then line rating and utilization ratio are analyzed for each transmission line, so that comparison of the present and estimated utilization ratios becomes available. Finally, this paper proves the validity of predictive DUR as the objective index, with simulations of emergency state caused by system outages, overload and so on.

Key Words : Static Line Rating, Dynamic Line Rating, Aging, Forecast Rating, Utilization Ratio

1. 서 론

과거 발전 및 송변전 설비를 단일주체가 관리하는 수직 통합 체제에서는 어느 한 부분의 과도한 투자나 저조한 이용률이 전체적인 관점에서 단일 주체에 의해 흡수되고 노출되지 않았으나, 시장개념의 도입에 따라 발전과 송변전설비가 분리되어 운영될 경우 이로 인한 손해가 소비자에게 전가될 수밖에 없게 되므로 시장도입에 따라 계통운영의 변화가 필요한 시기에 이르렀다. 특히, 장치산업인 발전 및 송변전설비의 경우 최초 설치 시 또는 설계상의 용량이 경년열화 및 기상상황에 따라 그 성능에 큰 변화를 가져오는데, 발전설비의 경우 매년도 계획 예방정비 후 종합적인 성능시험을 통해 초기의 발전용량과 달리 변화된 발전능력을 적용하는 반면 송변전설비의 경우 경년열화를 점검하기가 수월하지 않고 동적으로 송전용량을 갱신하기 어렵다는 이유만으로 최초 설치시의 상태와 지역이나 계절에 관계없는 하나

의 송전용량을 지속적으로 사용하고 있다[1].

송변전설비의 실제적인 이용률을 고려하지 않고 현재와 같이 송변전설비의 건설계획을 수립할 경우 투자비용 전부가 송전망 이용료로 환산되어 소비자에게 전가되고, 이용률에 대한 정확한 정보 부재로 송전혼잡이 지속되며 최적의 발전소 건설 장소에 대한 부정확한 정보 제공으로 송변전설비의 재투자가 발생하는 등 문제의 소지가 있다[2-4].

따라서 송변전설비의 수명과 실제 기상상황을 고려하여 최적의 설비 용량한계를 결정하고 이에 따라 계통을 안정적이고 경제적으로 운영 할 수 있도록 하는 연구는 자유롭고 신뢰성 있는 전력거래를 위해 매우 중요한 당면과제라 할 수 있다. 가령 주기적으로 개개 송전선로의 신뢰성을 확보한 허용용량을 산정하고 이를 기준으로 각 선로의 한계치를 설정 운영한다면, 송전선로의 이용률 향상 및 용량한계 설정의 투명성과 공정성 확보를 통해 경제성 있는 송변전설비의 최적 운영과 투자의 적정성을 확보할 수 있을 것이며, 향후 직거래 고객 등에 적용될 송전망 이용료 산정의 객관성과 공정성에 대한 기준을 제시하는데 기반 연구로서 활용이 가능할 것이다.

이에 본 논문에서는 계통운영자에게 미리 정해진 정적송전용량이 아닌 계통의 현 상황에 따른 동적송전용량을 제공할 수 있는 이용률 산출기법을 제시하고, 과거 기상데이터를 이용하여 통계학적 분석을 통해 국내 계통상황을 고려한 송전용량의 동적 이용률을 새로이 추정하고자 한다.

[†] 교신저자, 正會員 : 漢陽大 工大 電氣工學科 正教授 · 工博
 E-mail : jokim@hanyang.ac.kr

* 學生會員 : 漢陽大 工大 電氣工學科 碩士課程

** 正會員 : 漢陽大 工大 電氣工學科 博士課程

*** 正會員 : 電力去來所 系統運營處 部長 · 工博

接受日字 : 2006年 7月 31日

最終完了 : 2006年 9月 5日

2. 열평형 방정식과 송전 용량

IEEE STD.748에서 제공하는 열평형 방정식은 다음과 같다[5].

$$I^2 R(\theta) + Q_s = Q_r(\theta, \theta_a) + Q_c(\theta, \theta_a, V) \quad (1)$$

여기서 θ, θ_a, V 는 각각 선로의 온도, 기온, 풍속을 의미하며, Q_s, Q_r, Q_c 는 각각 태양복사의 열 이득, 태양복사의 열 손실, 대류에 의한 열 손실을 나타낸다. 이 방정식은 주로 송전열용량(I)의 산정을 위해 식 (2)과 같이 활용될 수 있다.

$$I = \sqrt{\frac{Q_r(\theta, \theta_a) + Q_c(\theta, \theta_a, V) - Q_s}{R(\theta)}} \quad (2)$$

마찬가지로, 식 (1)은 결정된 I 와 다른 요소를 입력 변수로 계산하면 그 결과로서 선로온도(θ)를 계산할 수 있다. 그렇지만 식 (1)을 θ 에 대해 정리하면 단순한 다항식의 형태가 아니기 때문에, 직접 선로온도를 계산하기는 어려우며, 반복적인 수치해석기법을 적용해야 한다. 이와 같은 방법으로 선로온도이력을 누적하면 해당 선로의 현재까지의 인장력 감소량을 계산할 수 있다[6].

열평형 방정식을 이용하여 송전용량을 산출하기 위해서는 변수로 활용되는 기상조건 외에 해당 선로마다 단일 값을 갖는 선로 파라미터와 모션정보가 필요하다. 본 논문에서는 각종 파라미터의 상세한 계산방법은 IEEE STD.748에서 제공하므로 구체적으로 상술하지 않는다. 다음 그림은 열평형 방정식을 이용하여 송전용량 및 인장력 감소분을 계산하는 흐름도이다.

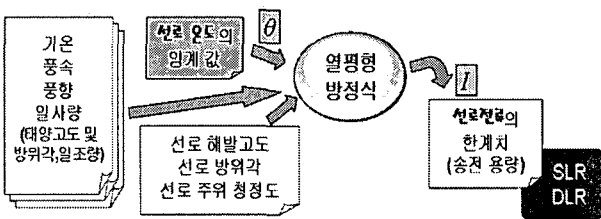


그림 1 송전용량의 계산
Fig. 1 Calculation of the line rating

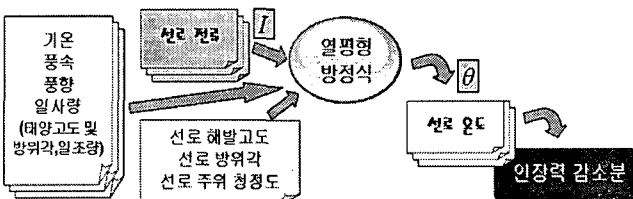


그림 2 경년열화로 인한 송전선로 인장력 감소분의 계산
Fig. 2 Calculation of the reduced tension of transmission line in terms of aging

2.1 정적 송전용량 (SLR)

SLR은 선로가 설치된 지역의 연간 최고 기온, 최저 풍속 등을 가정하고 태양열이 최고인 여름철의 기상 데이터를 토대로 설계되며, 국내외 각국에서는 연중 단일 정적 SLR을 산정하기 위한 기상조건 및 각종 파라미터를 표 1과 같이 규정하고 있다[2,5,7,8].

표 1 SLR 계산을 위한 기상조건 및 파라미터

Table 1 Conditions for calculating SLR

		KEPCO	JCS	IEEE
기상 조건	최고기온[°C]	40	40	40
	풍속[m/sec]	0.5	0.5	0.61
	풍향각[degree]	90	45	45
	일사량[W/m ²]	-	1000	1020
선로 및 모션 정보	해발고도[m]	500	0	지역별
	방사 및 흡수계수	0.5	0.9	0.5
	방위각[degree]	90	90	지역별
	위도[°]	35	36	지역별
기타 파라미터	연일수[일]	161	161	161
	태양시간[시]	13	12	지역별
	대기상태	청정	공해	지역별
선로의 연속허용온도 [°C]		90	90	90

본 논문에서는 과거 기상이력을 통해 매 월마다 최악의 기상조건을 선정하고, 월별 SLR을 새롭게 정의한다. 이는 실시간 기상 데이터 습득이 어려운 경우 DLR의 대안으로서 사용할 수 있으며, 사례연구에서 연중 단일 정적인 SLR과 실시간 DLR과 함께 비교하였다.

2.2 동적 송전용량 (DLR)

2.2.1 DLR의 개념 및 필요성

SLR은 최악의 기상조건에서 견딜 수 있는 선로의 허용 온도로부터 계산된 것으로 이러한 기상조건이 실제 가공 송전선로에 나타날 확률은 희박하다. 따라서 SLR을 전제로 운영되는 선로는 실제 열 정격에 의한 송전용량보다 항상 작은 부하에서 운영된다. 송전용량을 증대시키기 위해서는 먼저 현재 선로가 수용할 수 있는 용량을 정확하게 평가할 필요가 있다. 그 중 한 방안이 DLR을 채용하는 방식이다. DLR은 SLR에 대한 상대적인 개념으로, 모니터링 되고 있는 현재 측정 데이터들로부터 실시간으로 산출되는 것으로 선로의 연속허용온도에 도달할 수 있는 최대 정상상태 전류를 의미한다[3]. 연속허용온도가 SLR과 DLR 모두에서 일정 할지라도 각 시간대별로 기상상황이 다르기 때문에 동일한 허용온도에 도달하도록 하는 전류 값은 각각 다르게 계산된다. 실제로 선로가 설치된 지역의 기온이나 일사량 등은 SLR을 결정할 때 사용하는 기상조건 규정 값보다 작고 풍속은 일반적으로 큰 값이므로 식 (2)에서 계산된 DLR은 일반적으로 SLR보다 큰 값이 된다.

2.2.2. 인장력 계산을 통한 연속 허용온도의 재설정

우리나라의 ACSR 전선의 한계수명은 청정지역 48년, 공해지역 42년, 염해지역 36년으로 규정하고 있으며[9,10], 일본 전기학회기술보고서에 의하면 연속허용전류란 상시사용에 있어서 전선의 연속허용온도에 해당하는 전류를 말하고, 연속허용온도는 36년간 연속 가열하여 10%의 인장강도 저하에 도달하는 온도로 말한다[2]. 따라서 ACSR 전선의 연속허용온도인 90도에서 36년간 사용을 적용하여 현재까지의 인장력 감소분을 계산할 수 있다면, 남은 수명동안 어떤 온도로 운전될 경우 인장력 감소 10%에 도달할 수 있는지를 계산할 수 있다. 다음은 본 논문에서 제안하는 연속허용온도 재설정을 설명하는 개념도이다.

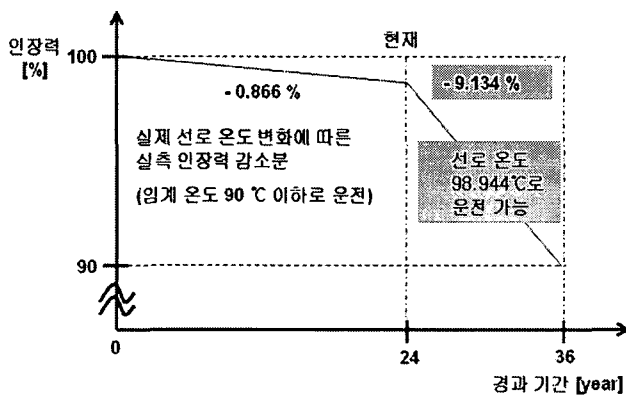


그림 3 인장력 감소분을 통한 선로 연속허용온도의 재설정
Fig. 3 The re-definition of line temperature limit using the quantity of reduced tension

그림 3과 같이 24년 경과된 임의의 송전선로의 인장력 감소가 0.866%이라면, 남은 수명 12년 동안은 약 98.944°C의 연속허용온도로 운전하여도 인장력 감소 10%에 도달하여 예상 수명만큼 사용하는 것이 가능하다.

물론 연속허용온도로 계속 운전하는 선로는 존재할 수 없으며 일반적으로는 연속허용온도보다 훨씬 낮은 선로온도 상태로 운전하므로, 36년간 사용해도 인장력 감소가 10%에 도달하지는 않을 것이다. 따라서 수명에 따라 새롭게 갱신되는 허용온도는 기존에 사용하던 연속허용온도 90°C에 비해 높은 값을 갖게 된다. 본 논문에서는 DLR의 산출 과정에서 선로의 수명을 고려한, 즉 인장력 감소분의 계산을 통해 새로이 설정된 연속허용온도를 적용한다. 이를 통해 연속허용온도를 주기적으로 갱신하여 DLR을 산출함으로써 SLR에 비해 송전 용량을 좀 더 확보할 수 있다.

2.2.3. 예측 동적송전용량 (FDLR)

DLR 기법을 사용하면, 현재 선로의 허용 전류를 실시간으로 계산하여 운용자에게 선로의 전력수급에 필요한 정보를 제공함으로써, 선로 운영자는 선로의 이용률을 기존의 방법에 비해 상당히 높일 수 있다. 또한, 피크 부하의 시기나 비상 상태의 경우 전력수급 조절을 위해 이 DLR 값을 실시간 감시의 기준으로 활용할 수 있다. 따라서 여기서 한

단계 발전하여 다음 시간의 DLR 값을 예측할 수 있다면, 선로 운영자가 대응하여 예비동작을 취하는 시간을 확보해 줌으로써 후자의 목적을 좀 더 보완할 수 있을 것이다.

본 논문은 예측동적송전용량(Forecasted Dynamic Line Rating ; FDLR)을 산정하기 위해 시계열 기상모델을 이용한 열적과부하위험확률(Thermal Overload Risk Probability ; TORP) 기반 알고리즘을 적용한다[11]. FDLR은 다음과 같은 4단계를 수행하여 결정한다.

- Step 1. 현재 기상요소를 이용하여 현재의 DLR값을 계산하고 기상요소의 예측 모델을 완성한다.
- Step 2. 앞 단계에서 구한 현재의 DLR값과 기상예측 모델을 이용하여 몬테카를로 모의 (MCS) 과정을 통해 선로온도의 예측분포를 계산한다.
- Step 3. 선로온도의 예측분포로부터 계산된 TORP가 기준 값과 일치한다면 그 값을 예측 DLR로 결정한다.
- Step 4. 결과치가 기준 TORP에 맞지 않다면, MCS 과정에 입력이 되는 I 값 (초기 값 : 현재의 DLR) 을 보정하여 Step 2, 3을 반복한다.

앞서 설명한 FDLR 산정 알고리즘은 그림 4와 같다.

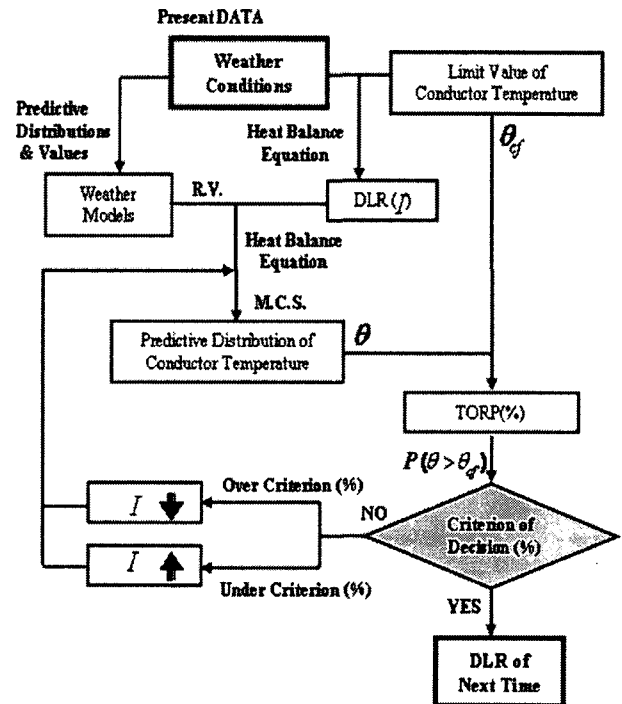


그림 4 다음 시간의 DLR을 예측하는 과정
Fig. 4 Process to Determine Next Time's DLR.

3. 선로 이용률

본 논문에서는 선로 이용률 (Utilization Ratio : UR)을 송전 전류 한계치와 현재 전류량의 비로 정의한다.

3.1 선로 이용률의 정의

연중 최악의 기상상황에서의 연속허용전류 SLR을 이용하여 표현한 것을 정적이용률(Static Utilization Ratio : SUR)라하고, 실시간 계산된 허용전류 DLR을 적용하여 산출한 것을 동적이용률(Dynamic Utilization Ratio : DUR), 그리고 다음시간의 DLR을 예측한 FDLR을 적용하여 산출한 것을 예측 동적이용률(Forcasted Dynamic Utilization Ratio : FDUR)로 분류하여 다음과 같이 정의한다.

$$UR = \frac{I}{Line\ Rating} \times 100 [\%]$$

$$\left(\begin{array}{l} SUR = \frac{I}{SLR} \times 100 [\%] \\ DUR = \frac{I}{DLR} \times 100 [\%] \\ FDUR = \frac{I}{FDLR} \times 100 [\%] \end{array} \right) \quad (3)$$

여기서 I 는 현재 송전 선로의 실제 전류량을 나타내며, Line Rating은 열적 송전 전류 용량으로, 경우에 따라 필요한 전류 한계치(SLR, DLR, FDLR)를 대입하여 사용할 수 있다.

3.2 선로 이용률의 활용

계통운영자는 선로 이용률을 계산함으로써 선로의 현재 이용률을 파악하여 허용전류를 증가시킬 수 있는 최대 허용범위를 결정할 수 있다. 선로 이용률은 그 활용 - 현재 이용률 상황 판단, 다음 시간의 선로 운영 계획을 위한 기준 -에 따라 적용되는 선로이용률의 종류(SUR, DUR, FDUR)가 결정된다.

3.2.1 계통의 현재 상황을 판단하는 지표

단지 현재 상태의 실제 이용률을 살펴보고자 하는 경우에는 현재 기상상황을 실시간으로 이용한 현재 DLR을 통해 계산된 실측 DUR 또는 경우에 따라 극한의 기상상황을 기준으로 계산한 실측 SUR을 산출하여 확인한다. 즉 UR은 상정사고를 고려한 선로 이용률 50%를 기준으로 계통상황을 판단하는 지표로 활용될 수 있다.

3.2.1 다음시간 계통운영의 기준

계통운영 모의의 과정은 그림5와 같으며, 표시한 50%는 선택한 방법으로 계산된 선로이용률로서 계통운영의 기준이 된다. 본 논문에서 제안하는 FDUR을 이용한 운영 방법은 굵은 선으로 표현하였다.

다음 그림은 그림5의 알고리즘을 통해 7시에 비상 상황이 발생했을 경우를 가정하여 모의 선로를 운영하고 비교한 예제이다. 각 경우의 실측 DUR을 비교해보면, FDLR을 기준으로 운영한 위의 경우가 현재 DLR을 기준으로 운영한 아래의 경우에 비해 선로운영의 목표인 50%에 가깝게 유지할 수 있음을 보여준다.

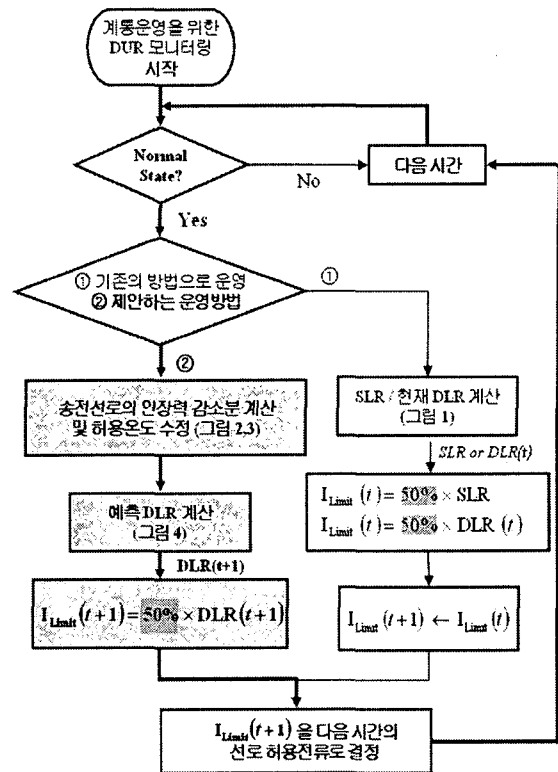


그림 5 선로 이용률을 이용한 계통운영의 알고리즘
Fig. 5 Algorithms for operating T/L using UR

비상상황 발생

시간[hour]	5시	6시	7시	8시	9시
실제 전류[A]	316	316	319	310	315
기준-예측 DLR[A]	1645	1886	1666	1903	1910
모의 전류[A]	-	-	833	952	955
현재 DLR[A]	1692	1915	1726	1984	2046
실측 DUR[%]	18.7	16.5	48.3	48.0	46.7

모의 전류[A]	-	-	958	863	992
기준-현재 DLR[A]	1692	1915	1726	1984	2046
실측 DUR[%]	18.7	16.5	55.5	43.5	48.5

그림 6 비상상황 모의 예제
Fig. 6 Examples of Emergency Simulation

따라서 계통운영자의 입장에서는 FDLR을 산출하고 이를 현재 선로전류와 비교하는 것이 더 정확도를 높일 수 있으므로, 선로 운영 시에는 FDLR은 해당 가공 송전선로가 다음시간의 허용하는 최대 전류의 기준이 되며 이 기준 내에서 계통조류를 변화시켜야만 계통운영의 안정성을 보장받을 수 있다. 이는 사례연구에서 실 계통에 비상상황을 모의함으로써 자세히 분석하도록 한다.

4. 사례 연구

본 절에서는 사례 연구를 통해, 제안한 방법의 결과를 기존의 방법과 비교, 분석하고 그 유용성을 확인한다.

4.1 모의 선로 정보 및 기상 데이터

본 논문에서는 사례연구를 위해 수도권 지역과 비수도권 지역 간의 주요 북상선로 중 765kV 신안성 T/L과 345kV 아산T/L을 선정하여 모의하였다. 모의 선로 및 양단 모선의 정보는 다음과 같다. 여기서 각 선로는 복도체로 구성되어 있지만, 1도체에 대한 값을 기준으로 각 허용전류(SLR, DLR, FDLR)를 표기하였다.

표 2 모의 선로의 파라미터

Table 2 Parameters of transmission lines

선로명	공칭전압 [kV]	SLR [A/1B]	모선 이름		방위각 [degree]	기상위치 [%]
			from	to		
아산	345	917	화성	아산	150	50
신안성	765	917	신안성	신서산	60	30

표 3 각 선로 양단의 모선 파라미터

Table 3 Parameters for buses at both ends of the each transmission lines

선로명	모선 이름	기상 관측소	북위	동경	해발고도 [m]
아산	화성	수원	37° 16'	126° 59'	33.6
	아산	천안	36° 47'	127° 07'	24.9
신안성	신안성	이천	37° 16'	127° 29'	77.8
	신서산	서산	36° 46'	126° 30'	25.9

표 2에서 방위각은 남북방향을 0도 기준으로 시계방향으로 degree 단위로 표현한 값으로 선로 양단 두 모선의 위치를 고려하여 산출한 값이다. 기상위치는 백분율로 표현하였으며, 기상위치 값의 의미는 from 모선부터 모선 데이터의 기상 관측소를 벗어나는 지역까지가 총 선로길이 중에서 차지하는 비율을 나타낸다.

기상데이터는 1992년부터 2005년까지 14년간 기상청의 데이터를 사용하였으며, 원본 데이터의 기온은 0.1[°C], 풍속은 0.1[m/sec], 풍향은 10[degree] 단위이고, Null 데이터가 있는 시간의 기상데이터는 바로 앞 시간대의 값과 동일하다고 가정하였다.

4.2. 인장력 감소의 계산 및 연속허용전류의 재설정

모의 선로의 전류데이터와 해당되는 기상관측소 데이터의 이력을 이용하여 계산한 선로온도의 확률분포는 아래 그림과 같다[6].

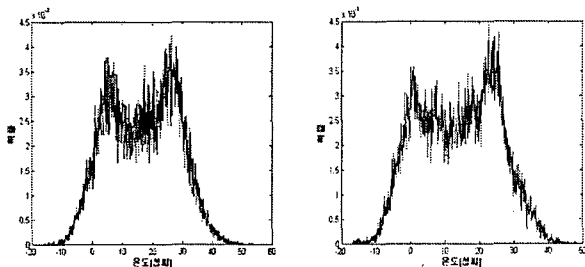


그림 7 아산 T/L과 신안성 T/L의 선로온도 확률분포
Fig. 7 PDF of conductor temp. in Asan and Sinansung T/L

이 결과를 이용하여, 총 사용기간 동안의 인장력 감소를 선로온도 순서대로 누적하여 인장력 감소분을 계산하고 그 결과를 정리하면 표 4와 같다.

표 4 인장력 감소분과 수정된 선로허용온도

Table 4 The reduced tension, and the corrected value of limit temperature

선로명	설치시기	인장력 감소 [%]	수정된 허용온도 [°C]
아산	1993. 12.	0.7219	93.30
신안성	2001. 06.	0.4943	91.09

가공 송전선로의 수명 36년, 즉 인장력 감소 10%를 기준으로 남은 수명기간 동안 허용되는 인장력 감소 백분율을 알 수 있으며, 이를 통해 남은 수명기간 동안의 연속허용온도를 표 4의 오른쪽 허용온도 부분과 같이 구할 수 있다. 수정된 허용온도는 DLR을 계산하는데 적용된다.

4.3. 송전 용량의 비교

본 논문에서 제시하는 송전용량의 계산 결과를 비교하기 위해 겨울철 대표일로 2002년 1월 8일을 선정하고 여름철 대표일로 2002년 8월 8일을 선정하여 24시간 동안의 실제 DLR을 계산하였다. 다음의 그림은, 현재 국내에서 사용하고 있는 연간 SLR을 기준으로 본 논문에서 제안한 월별 SLR과 실시간으로 기상을 고려한 DLR을 비교한 그래프이다.

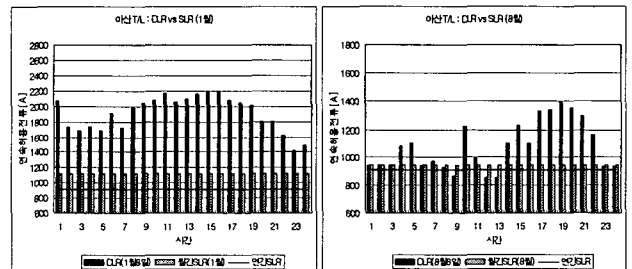


그림 8 송전용량의 비교 (아산 T/L)
Fig. 8 Comparison of Line Ratings (Asan T/L)

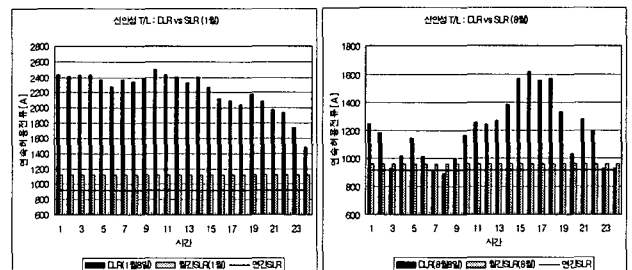


그림 9 송전용량의 비교 (신안성 T/L)
Fig. 9 Comparison of Line Ratings (Sinansung T/L)

겨울철 대표일을 보면, 두 모의 송전선로에서 연간 SLR에 비해 월별 SLR이 높아졌으며, DLR은 월별 SLR보다 거의 모든 시간대에서 월등히 높은 값을 보이고 있다. 따라서

송전 용량으로서 DLR을 사용하는 것이 전력 계통운영의 경제성 측면에서 바람직하다.

반면 여름철 대표일의 실적을 비교 분석하면 모든 선로에서 연간 SLR보다 월별 SLR이 약간 높게 나타나고 있지만, DLR을 보면 일부 시간대에는 현재 적용하고 있는 연간 SLR이나 월별 SLR보다 DLR이 낮은 시간대가 존재한다. 이는 SLR이 DLR보다 높은 값으로 운전되는 정확하지 못한 송전용량 산출을 초래하며, 전력계통의 안정운전을 위협하는 요소로 작용할 수 있다. 따라서 실 계통에서도 실시간으로 변화하는 기상자료를 이용하여 매시간 변화하는 DLR을 적용하는 것은 전력계통 운영의 경제성뿐만 아니라 안정성 면에서 유용하다.

4.4. 선로 이용률을 이용한 비상상황모의

본 절에서는 앞서 설명한 그림 6과 같은 방법으로 모의 선로에 대해 현재 시간에 실측한 DLR을 통해 계통을 운영하는 경우와, 예측 DLR을 이용하여 계통을 운영하는 경우를 모의하여 그 결과를 비교한다. 비상상태를 모의 하기 위해, 전력계통 고장이나 예방정비로 인한 상황을 가정하여 오전 7시 사이에 해당 선로에 과부하가 발생하여 오후 19시에 과부하가 해소될 때까지의 상황을 모의하였다. 오전 7시부터 오후 18시까지 12시간 동안 계통운영자는 추가적인 사고에 대비하여 DUR 50%를 유지하고자 하며, 이를 위해 해당 선로의 전류를 조절하도록 한다. 즉, 계통운영자는 주위 과부하를 해결하기 위해 해당 선로전류를 증가시키지만, DUR이 50%를 넘지 않는 수준의 전류까지만 허용한다.

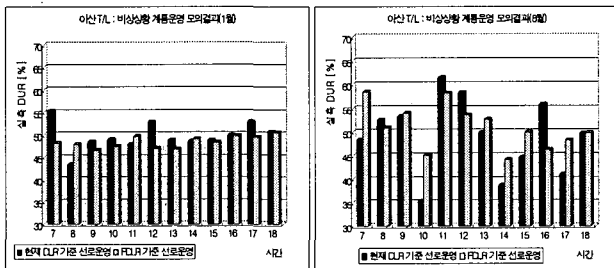


그림 10 계통운영 결과 비교 (아산 T/L)
Fig. 10 Comparison of Line Operation Results (Asan T/L)

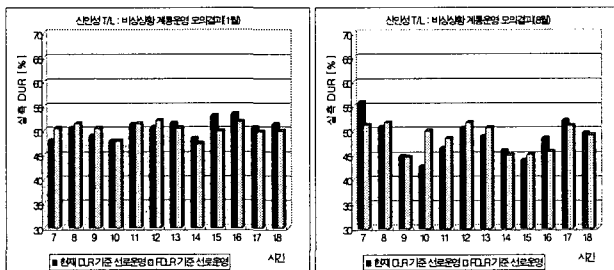


그림 11 계통운영 결과 비교 (신안성 T/L)
Fig. 11 Comparison of Line Operation Results (Sinansung T/L)

그림 10, 11은 두 가지 다른 기준으로 계통을 운영한 결과를 비교한 것이다. 계통운영의 두 가지 방식 모두 겨울철

에 비해 여름철에 그 오차가 크게 나타나고 있다. 이는 겨울철의 DLR이 여름철에 비해 대략 2배 가까이 크기 때문에, 겨울철에는 DLR의 변동이나 예측오차가 미치는 영향이 여름철에 비해 영향을 적게 미친다고 해석할 수 있다. UR 50%를 기준으로 두 가지 방식의 실측 DUR 결과 값을 비교하여 오차율로 표현하면 아래 표와 같다.

표 5 두 가지 계통운영 방식의 오차율의 비교

Table 5 Relative errors of two methods for operating the transmission lines

	아산 T/L		신안성 T/L		평균
	1월 8일	8월 8일	1월 8일	8월 8일	
DUR 운영	2.237 %	6.118 %	1.591 %	3.182 %	3.282 %
FDUR 운영	1.585 %	3.678 %	1.121 %	2.340 %	2.181 %

본 사례연구는 FDUR을 이용하여 계통을 운영하는 것이 모든 경우에서 계통운영자의 목적에 더 부합되는 결과를 보여주고 있다. 물론 몇몇 특정 날짜에서는 현재 DUR을 이용하는 계통운영의 결과가 더 좋게 나타날 수도 있다. 앞에서 언급한 바와 같이 현재 DLR을 기준으로 운영할 경우에는 매시간 DLR의 변화에 따라 계통운영자가 원하는 방향과는 다른 계통 상태에 도달하게 되며, FDUR 기준 즉, FDUR을 이용할 경우에는 DLR 예측이 빗나가는 정도에 따라 계통상태가 변하게 된다. 매시간 변하는 DLR은 불가항력적이므로 계통운영자가 간섭할 수 없는 영역이지만, 기상요소에 대한 예측, 특히 풍속이나 풍향에 대한 예측은 현재 많은 연구가 진행되고 있는 분야이다[11]. 예측이 정확할수록 계통운영자가 원하는 수준의 계통 상태를 유지할 수 있는 FDUR의 운영은, 차후 예측기법 등의 발달에 따라 그 유효성을 더욱 보장받을 수 있는 방식이라 사료된다.

5. 결 론

전력시장의 경쟁체제에서는 전력 사용량이 증가함에 따라 새로운 선로를 추가로 건설하기보다는 기존 송전선로의 이용현황에 따라 전류량을 증가시키는 것이 경제적인 관점에서 유용할 수 있다. 그렇지만 계통의 안전을 도모하고 과다한 설비사용으로 인한 송전설비 수명 단축을 방지하기 위해서는, 기존 송전선로의 이용률을 정확히 파악하고 어느 수준까지 이용률을 높이는 것이 가능할지 결정해야 한다.

가공 송전선로의 이용률을 계산하기 위한 기존의 SLR을 이용한 기법은 최악의 상황을 가정하는 방식이다. 이에 비해 기존, 풍속, 풍향과 같은 파라미터를 재평가하여 실측 DLR을 이용하면 정해진 선로의 이용률을 다소 증가시키는 것이 가능하다. 또한 기존에 설치되어 운영 중인 선로의 인장력 감소 현황을 알 수 있다면, 현재 시점에서 선로수명이 다할 때까지 이용률을 더욱 증가시켜도 선로의 기계적 제약 조건을 위반하지 않는다는 것을 확인하였다.

본 논문은 사례연구를 통해 SLR의 단점을 개선한 월별 SLR 및 DLR을 실 계통에 적용하여 계산하였고 그 유용성을 논하였다. 또한 새로운 선로 이용률 개념인 DUR과 FDUR을 제안하였고 그 결과를 비교, 분석하였다. 제안하는

DUR 평가 기법은 경제성과 안정성이 고려된 보다 신뢰성 높은 전력계통의 판단 기준이 될 것이며, FDUR 운영 기법은 선로운영자에게 보다 정확한 정보를 제공하는 지표로 활용될 수 있을 것이다.

감사의 글

본 연구는 2005년 한국과학재단의 지원에 의하여 이루어진 연구로서, (R01-2005-000-11214-0) 관계 부처에 감사드립니다.

참 고 문 헌

- [1] A. Chakrabarti and A.K. Mukhopadhyay "Operating problems in longitudinal power supply systems", TENCON '89. Fourth IEEE Region 10 International Conference, Vol. 22-24, pp. 932-935, 1989.
- [2] 송전설계기준 제개정 및 보완연구(최종보고서), 한전 전력연구원, pp.207, 2001.5.
- [3] D.A. Douglass and A.A Edris "Real-time monitoring and dynamic thermal rating of power transmission circuits", IEEE Transaction on Power Delivery, Vol. 11, No. 3, pp. 1407-1418, 1996.
- [4] T.O. Seppa, "Increasing transmission capacity by real time monitoring", 2002 IEEE Power Engineering Society Winter Meeting, Vol. 2, pp. 1208-1211, 2002.
- [5] "IEEE Standard for Calculating the Current-Temperature Relationship of Bare Overhead Conductors", IEEE Std 738, 1993.
- [6] 조종만, 배인수, 김동민, 김진오 : "확률적 기법을 이용한 가공 송전선로 도체의 장력감소 계산", 대한전기학회 추계 학술대회 논문집, 대한전기학회, 전남대학교, 2005. 11.18-19, pp. 226-229.
- [7] 가공송전의 전류용량, 일본전기학회 기술보고, 제 660호, 1997.
- [8] N.P. Schnidt "Comparison between IEEE and CIGRE ampacity standards", IEEE Transaction on Power Delivery, vol. 14, No. 4, pp1555-1559, 1999.
- [9] ACSR 전선수명 예측시스템 개발, 한전 전력연구원, pp.18, 2000.1.
- [10] 가공송전운영업무기준, 한전, pp.110, 2006.5.
- [11] 김동민, 배인수, 조종만, 김진오, 장경 "시계열 기상모델을 이용한 열적 위험확률 기반 동적 송전용량의 예측", 전기학회논문지 제 55권 7호 pp. 273 - 280, 2006.

저 자 소 개



김 동 민 (金 東 珉)

1978년 9월 24일생. 2004년 한양대 전자전기공학부 졸업. 2005년~현재 동 대학원 전기공학과 석박사 통합과정.

Tel : 02-2220-0347

E-mail : rlaehdals@hanyang.ac.kr



배 인 수 (裴 引 洙)

1975년 2월 14일생. 1998년 한양대 전기공학과 졸업. 2003년 동 대학원 전기공학과 졸업. 2003년~현재 동 대학원 전기공학과 박사과정.

Tel : 02-2220-0347

E-mail : bis@hanyang.ac.kr



김 진 오 (金 鎭 吾)

1956년 1월 17일생. 1980년 서울대 전기공학과 졸업. 1982년 동 대학원 전기공학과 졸업. 1991년 Texas A&M Univ. 전기공학과 졸업 (공박). 현재 한양대 전기공학과 정교수

Tel : 02-2220-0347

E-mail : jokim@hanyang.ac.kr



조 종 만 (趙 鍾 萬)

1959년 7월 27일생. 1986년 서울산업대 전기공학과 졸업. 1999년 경상대 대학원 전기공학과 졸업. 2006년 한양대 전기공학과 졸업 (공박). 현재 전력거래소 계통운영처 부장.

Tel : 02-3456-6811

E-mail : jongman@kpx.or.kr