날씨효과를 고려한 전력계통의 상정사고 순위 결정

論 文
53A-9-2

A Determining Contingency Ranking Using the Weather Effects of the Power System

金 炅 永* · 李 丞 爀** · 金 鎭 吾† · 金 泰 均*** · 田 東 勳*** · 車 乘 台§
(Kyoung-Young Kim · Seung-Hyuk Lee · Jin-O Kim · Tae-Kyun Kim · Dong-Hoon Jeon · Seung-Tae Cha)

Abstract - The electric power industry throughout the world is undergoing considerable changes from the vertically integrated utility structure to the deregulated market. However, the deregulated electricity market is operated with respect to theory of economical efficiency, and therefore, the system operator requires data with fast contingency ranking for security of the bulk power system. This paper compares the weather dependant probabilistic risk index(PRI) with the system performance index for power flow in the IEEE-RTS. The system performance index for power flow presents the power system stability. This paper presents fast calculation method for determining contingency ranking using the weather dependant probabilistic risk index(PRI). The probabilistic risk index can be classified into the case of normal and adverse weather. This paper proposes calculation method using the probabilistic risk index in determining contingency ranking required for security under the deregulated electricity market.

Key Words : Contingency, Ranking, Power System Security, Risk Index, System Performance Index for power flow.

1. 서 론

전력산업의 규제가 완화됨에 따라, 계통의 운영방식이 크게 바뀌고 있다. 기존의 수직 통합체제에서 하나의 주체에 의해 계통의 발전과 급전이 이루어지던 구조에서 시장에 참여하여 서로 경쟁하게 되는 다수의 의사결정 주체들에 의해 운영되는 구조로 변모하고 있는 것이다.

우리나라는 한국전력공사에 의해 송전, 배전, 발전이 수직 통합된 전력시장의 구조였으나, 최근에 송전, 배전, 발전이 경쟁적인 전력시장 구조로 변화하는 추세이다. 이러한 전력시장구조는 경제성의 원리로 운영되므로, 계통의 안전성(Security) 확보를 위해 계통 운영자는 빠른 상정사고 순위에 대한 데이터를 요구하게 된다.

따라서, 본 논문에서는 전력계통 상정사고 순위결정(Ranking)에 대한 빠른 계산과 잠재적 사고 확률을 고려한 지수(PRI : Probabilistic Risk Index)를 이용한 방법을 제안하고 있다. 확률적 위험 지수(PRI) 사용에 있어 날씨영향에 대한 고장을 고려하기 위해 평상날씨(Normal Weather), 가혹날씨(Adverse Weather) 2가지로 구분하였다.

평상날씨(Normal Weater)와 가혹날씨(Adverse Weater)로 확률적 위험 지수(PRI)에 의해 상정사고 순위(Ranking) 산정된 결과와 계통에 흐르는 조류량을 이용한 상정사고 알고리즘을 이용하여 계통의 상정사고 순위(Ranking)을 결정하였다. 확률적 위험 지수(PRI)를 이용한 상정사고 순위 결정은 결정론적 지수 방법 보다 빠른 계산속도와 송전선로 고장율을 고려하기 때문에 보다 정확함을 사례연구를 통해 확인하였다.

본 논문에서는 경쟁적 전력시장구조 하에서 전력계통 안전성(Security) 확보를 위해 계통운영자가 필요로 하는 상정사고 순위결정(Ranking)에 있어 확률적 위험 지수(PRI)를 이용한 시간대별 계산방법을 채택하였다.

* 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
† 교신저자, 正會員 : 漢陽大 工大 電氣工學科 副教授
E-mail : jokim@hanyang.ac.kr
*** 正 會 員 : 電力硏究員 先任硏究員
§ 正 會 員 : 電力硏究員 硏究員
接受日字 : 2003年 12月 10日
最終完了 : 2004年 4月 19日

2. 확률적 모델링

2.1 고장율과 수리시간

고장율(Failure rate)은 일년 중에서 계통에 사고가 발생한 횟수를 나타내는 비율이다. 선로길이, 선로용량, 선로종류 등은 고장율에 영향을 주고 있다.

수리시간(Repair time)은 일년 중에 사고가 발생한 횟수에 대한 수리시간으로 표현되며 송전전압에 따라 다르게 나타난다. 또한, 지중케이블은 가공송전선로보다 높은 수리시간을 요구한다.

2.2 날씨조건을 고려한 고장율

본 논문에서는 고장율과 수리시간을 시변함수로 표현하였다. 날씨에 의한 영향을 고려하기 위해 그림 1처럼 평상날씨(Normal Weather), 가혹날씨(Adverse Weather) 두 가지

로 구분하였다.

각 날씨에서의 파라미터 평균값은 상수로 가정하였다. 또한 1년을 총 8760시간으로 나누어 1시간동안의 고장율과 그에 대한 수리시간을 시간대별로 구하기 위하여 매 시간당으로 계산하였다[3][5].

시변(Time-varying) 고장율 $\lambda(t)$는 다음 식과 같이 평상날씨 상태에서의 평균 고장율에 날씨에 의한 가중치를 부여하였다. 평상날씨(Normal Weather)는 가혹날씨(Adverse Weather)를 제외한 모든 날씨로 고려하였고, 가혹날씨(Adverse Weather)는 태풍, 뇌우, 강풍과 같은 자연재해로 구분하였다.

$$\lambda(t) = \frac{1}{8760} \times f_{\lambda w}(t) \times \lambda_n \tag{1}$$

$f_{\lambda w}(t)$: 매 시간에 따른 고장율-날씨 가중치

λ_n : 날씨에 따른 고장율

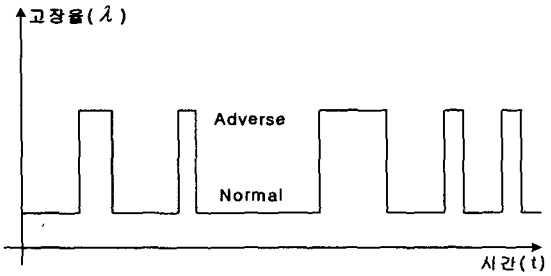

그림 1. 연간 날씨 변화

Fig 1. Chronological variation of weather

과거 날씨데이터를 이용하여 평균 고장율을 산정하였다. 날씨가중치 $f_{\lambda w}(t)$는 각각의 날씨조건에 따라 가중치를 부여하였다.

시변 수리시간(Repair time) $r(t)$는 날씨뿐만 아니라 고장이 발생한 시간대에 따라 다른 값을 가진다. 즉, 어느 시간에 고장이 발생하는지에 따라 수리에 이용할 수 있는 인적, 물적자원이 달라지고 수리과정, 절차에도 영향을 미치게 된다. 이런 가중치는 모두 과거의 고장수리 경험을 통해 구한다.

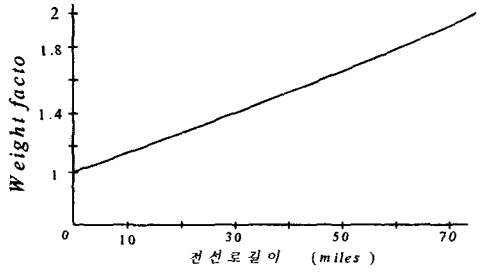

그림 2. 수리시간-선로길이 가중치

Fig 2. Restoration time-line length weighting factor

그림 2은 본 논문에서 사용하는 수리시간-송전선로길이 가중치 그래프이다. 여기서, 송전선로의 길이가 길수록 수리시간은 1차 함수적으로 증가하게 된다.

결국, 매시간 t에서 선로마다 날씨의 영향을 고려한 가중치는 식 (2)처럼 표현된다.

$$U_{ij}(w,t) = \lambda(t) \times r_{ij}(t) \times l_{ij} \tag{2}$$

$U_{ij}(w,t)$: 날씨의 영향과 시간에 대한 상정사고가 발생한 i-j 선로에서의 가중치

λ : 고장율

$r_{ij}(t)$: 매 시간대에 대한 i-j 선로에서 수리시간

l_{ij} : 송전선로길이에 대한 가중치

여기서, 송전선로길이 가중치(l_{ij})는 그림 2의 함수로 고려하였다. 그리고, 그림 3은 본 논문에서 사용한 수리시간(Repair time)에 대한 가중치 함수이다. 그림 3에서 근무시간에 대해서는 가중치를 낮게 고려하고, 근무시간외에는 수리시간이 지연될 것을 예상하여 상대적으로 가중치를 높게 설정하였다.

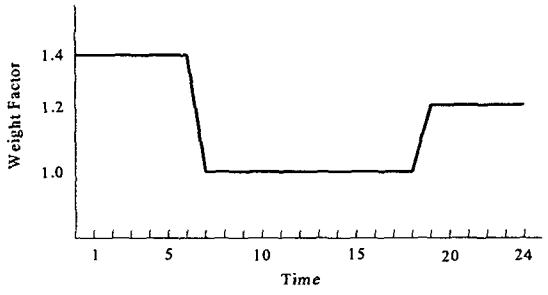

그림 3. 수리시간에 대한 가중치

Fig 3. Restoration time weighting factor

2.3 날씨조건을 고려한 확률적 위험 지수

전력시장구조가 개방된 구조로 변화하면서, 계통운영자는 계통에 대한 빠르고 정확한 정보가 필요하게 되었다. 정확한 정보를 토대로 계통운영자는 계통사고를 미연에 방지하고 계통을 안전하게 운전하는 것이 선행되어야 한다. 따라서, 계통사고 해석에 있어 빠르고 정확한 계산을 위해서 본 논문은 전압과 유효전력에 대한 제한위반을 부여하여 확률적 위험 지수(PRI : Probabilistic Risk Index)를 개발하였다.

운영중인 계통에 대한 지수를 계산하기 위해서, 확률적 위험 지수(PRI)를 식 (3)처럼 정의하였다. 가중치는 유효전력과 전압의 운영제한 위반을 이용하여 결정하였다[1].

식 (3)은 시간대 별 송전선로의 확률적 위험 지수(PRI)를 표현하고 있다.

$$I_{risk}(t) = U_{ij}(w,t) \cdot \left[\sum_k K_{Pk}^{ij} \left(\frac{\triangle P_k^{ij}}{P_N} \right)^2 + \sum_k K_{Vk}^{ij} \left(\frac{\triangle V_k^{ij}}{V_N} \right)^2 \right] \tag{3}$$

$i,\ j$: i-j 선로

$U_{ij}(w,t)$: 날씨의 영향과 시간에 대한 상정사고가 i-j 선로에서 발생할 때 가중치

k : 제한위반 범위

K_{Pk}^{ij} : 유효전력 위반에 대한 가중치

K_{Vk}^{ij} : 전압위반에 대한 가중치

$\triangle P_k^{ij}$: 각 선로에 선로용량 위반량

$\triangle V_k^{ij}$: 정격전압 위반량

P_N : 각 선로에 선로용량

V_N : 정격전압

결국, 식 (3)의 확률적 위험 지수(PRI)는 유효전력과 전압 동작 제한 위반에 대한 가중치를 부여한 이차함수 형태로 표현된다.

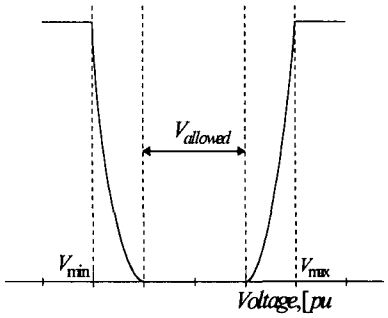

그림 4. 전압 위반 가중치 함수
Fig. 4 Voltage violation penalty function

그림 4과 5는 확률적 지수(PRI)로 전압 위반과 유효전력 위반 가중치로 나타낸 함수이다. 그림 4에서 전압 위반 가중치 함수는 저전압(V_{min})과 과전압(V_{max})을 고려하였다. 각각의 모선은 그림 4와 같이 고려하였다.

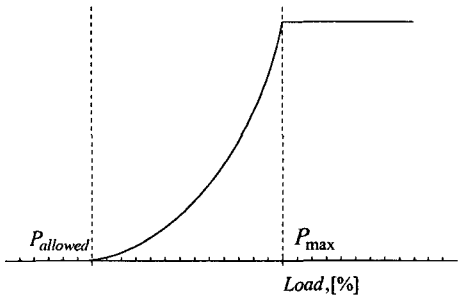

그림 5. 유효전력위반 가중치
Fig 5. Loading violation penalty function

그림 5는 상정사고로 인한 각 선로의 유효전력 위반에 대한 가중치를 보여준다. 그림 5에서 보여준 $P_{allowed}$는 상정사고시 송전선로용량까지는 가중치를 부여하지 않았으며, 상정사고시 송전선로용량이 초과하였을 경우 P_{max}까지의 유효전력에 대하여 가중치를 부과하였다. 그림 5의 유효전력 위반 가중치에서 하한구간이 없는 이유는 송전선로의 정격유효전력 보다 낮은 유효전력은 문제가 되지 않기 때문이다.

각각의 가중치(K_{Pk}^{ij}와 K_{Vk}^{ij})는 선로, 변압기, 전압레벨에 대해 각각 다른 함수로 계산하였다.

3. 계통 안전 지수

상정사고에 대한 기준은 사고 후 과도정상상태에 대해서 전력조류를 운영하는 것이다. 사고 중에서 몇몇 사고는 송전선로의 과부하와 일반적인 제한범위 밖의 부하 모선 전압과 같은 계통제한위반에 의해 야기된다.

일반적으로 모선에서 전압제한은 고전압과 저전압 제한에 의해 표현한다. 고전압 제한은 계통의 최대 전압값에 의해 부여되며, 저전압제한은 부하가 더 이상 공급할 수 없을 정도의 낮은 값에서 제한된다. 송전선로에서 전력조류는 일반적으로 유효전력제한에 의한 제한이 이루어지며, 때때로 장거리 송전선로에서는 안전도를 고려하여 제한한다[2].

3.1 전압에 대한 계통 안전 지수

식 (4)는 계통에 대한 전압 안전을 나타낸 지수이다.

$$PI_V = \sum_{i=1}^{NB} \frac{W_{V_i}}{2n} \left(\frac{|V_i| - |V_i^{sp}|}{\triangle V_i^{\mathrm{Lim}}} \right)^{2n} \tag{4}$$

$|V_i|$: 모선 i에서 전압크기

$|V_i^{sp}|$: 모선 i에서 정격전압

$\triangle V_i^{\mathrm{Lim}}$: 전압 편차 제한

n : 가중치 함수의 멱급수(n=1)

NB : 계통의 모선 수

W_{V_i} : 전압 가중치 함수

전압에 대한 계통 안전 지수에서 모선전압의 전압편차 ($\triangle V_i^{\mathrm{Lim}}$)는 고전압과 저전압의 경계를 나타내며, 전압편차 ($\triangle V_i^{\mathrm{Lim}}$)는 하나의 상수값으로 모든 모선에 동일한 값을 가진다. 전압 가중치 함수(W_{V_i})는 전압제한 범위 밖에서는 PI_V가 높은 값을 갖으며, 반면에 전압 가중치 함수(W_{V_i})의 전압제한 범위 내에 있는 경우 PI_V는 매우 작은 값을 가진다. 모선전압은 주로 발전기의 무효전력에 크게 의존한다.

가중치 함수의 멱급수(n)는 전력계통에 대한 상정사고의 순위(Ranking)을 결정하였을 경우 멱급수의 지수가 n=1일 때 가장 좋은 결과를 나타냈다.

3.2 전력조류에 대한 계통 안전 지수

송전선로 과부하지수는 유효전력 안전지수에 의해 정의할 수 있다.

$$PI_{MW} = \sum_{l=1}^{NL} \frac{W_l}{2n} \left(\frac{P_l}{P_l^{\mathrm{Lim}}}\right)^{2n} \quad (5)$$

P_l : 송전선로 l의 조류량

P_l^{Lim} : 송전선로 l의 정격용량

NL : 송전선로 수

n : 가중치 함수의 멱지수(n=1)

W_l : 송전선로 가중치 함수

식 (5)는 송전선로의 과부하로 인한 상정사고시 계통의 안전에 영향을 미치는 경우를 나타낸 안전 지수이다. 일반화된 전력조류는 지수가 짝수로 증가하기 때문에 전력조류의 절대값의 사용을 피할 수 있었다. 안전 지수(PI_{MW})가 전력조류의 제한범위 내에 있다면 매우 작은 값을 가지며, 만약에 송전선로에 과부하가 발생하면 안전지수(PI_{MW})는 매우 높은 값을 가진다. 안전지수(PI_{MW})는 계통상태에 대한 송전선로 과부하의 심각성을 나타내는 좋은 지수이다.

송전선로 가중치 함수(W_l)는 상정사고시 송전선로용량까지는 가중치를 부여하지 않았으며, 상정사고시 송전선로용량이 초과하였을 경우 유효전력에 대하여 가중치를 부여하였다. 상정사고시 각 선로의 과부하를 고려하였기 때문에 계통 안전 저수(PI_{MW})는 사고시 모든선로를 합한 결과로 표현된다.

상정사고시 계통의 안전을 나타내는 지수로 전압에 대한 계통 안전 지수(PI_V)와 전력조류에 대한 계통 안전 지수(PI_{MW})로 표현하였다.

전압에 대한 계통 안전 지수(PI_V)는 발전기 사고에 대해 고려하는 경우 좋은 지수이며, 전력조류에 대한 계통 안전 지수(PI_{MW})는 선로 사고에 대해 고려할 때 좋은 지수이다.

4. 사례연구

본 논문에서 제안하는 확률적 지수(PRI)에 대한 상정사고 순위 결정방법은 IEEE-RTS 24 모선을 이용하여 평상날씨와 가혹날씨의 경우에 대해서 계통의 상정사고 순위를 결정하였다. 그림 6는 변압기 5대, 지중케이블 2개, 가공선로 27개로 구성된 IEEE-RTS 계통도를 보여주고 있다[4].

전력조류에 대한 계통 안전 지수을 IEEE-RTS 계통에 대하여 시뮬레이션한 결과를 표 1에서 보여주고 있다. 전력조류에 대한 계통 안전 지수에서 가중치 함수(W_l)에 대하여 일반적인 경우를 고려하기 위해 W_l=1인 경우와 그림 5의 유효전력 가중치 함수에 대한 결과를 표 1에 표현하였다.

가중치를 고려하지 않았을 경우와 유효전력 가중치로 고려하였을 경우 IEEE-RTS 계통에 대해 6순위까지는 변화가 없었으나, 7순위 부터는 순위에 변동이 발생하였다.

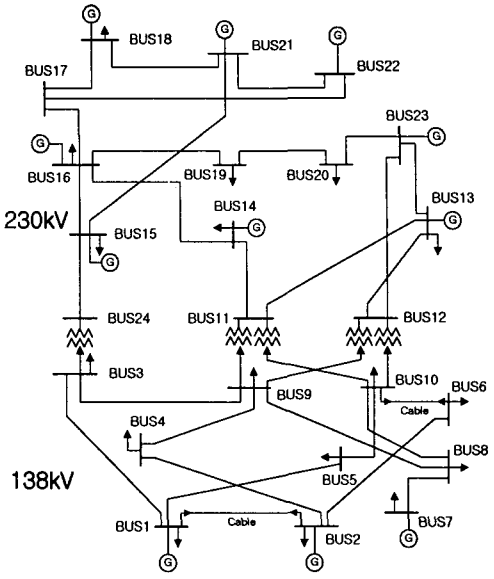

그림 6. IEEE RTS 계통도

Fig 6. IEEE RTS system

6-17, 19-20, 11-14, 15-24, 3-9선로에서 가중치를 고려하지 않았을 경우와 유효전력 가중치로 고려하였을 경우 순위의 변동이 크게 발생했다. 7순위부터 순위의 변동에 커다란 영향을 준 요인은 송전선로의 과부하에 의해 가중치 함수에 의해 순위의 변동을 알 수 있었다.

표 1. 전력조류에 대한 안전지수에서 가중치를 고려

Table 1. Consideration of weighting function in the system performance index for power flow

rank	branch	PI_{MW} (Load funciton)	branch	PI_{MW} (W_l = 1)
1	6-10	0.959	6-10	0.90715
2	15-21	0.85715	15-21	0.70985
3	2-6	0.480615	2-6	0.6617
4	13-23	0.47802	13-23	0.5525
5	12-23	0.477335	12-23	0.54145
6	7-8	0.369455	7-8	0.54025
7	16-17	0.36652	16-19	0.5355
8	16-19	0.35641	19-20	0.51835
9	15-16	0.331945	15-24	0.5067
10	19-20	0.307075	15-16	0.48771
11	11-14	0.306125	16-17	0.47917
12	15-24	0.266725	20-23	0.476885
13	21-22	0.253655	1-5	0.47375
14	3-9	0.24048	2-4	0.473215
15	20-23	0.239465	11-14	0.470415

확률적 위험 지수(PRI)와 전력조류에 대한 계통 안전 지수(PI_{MW})에 대한 시뮬레이션 결과가 표 2와 같이 같은 순위를 나타내고 있다. 표 2에서 확률적 위험지수(PRI)와 전력

조류에 대한 계통 안전지수(PI_{MW})에 대한 순위가 6순위까지 변화가 없었으나, 7순위부터 순위가 변동하였다. 8-10, 1-3, 21-22, 12-13선로에서 순위가 변화하였다.

표 2. 확률적 위험 지수와 전력조류에 대한 계통 안전 지수 비교

Table2. Comparison of the probabilistic risk index with system performance index for power flow

rank	branch	probabilistic risk index(PRI)	branch	PI_{MW}
1	6-10	0.0001162	6-10	0.959
2	15-21	0.0000685	15-21	0.85715
3	2-6	0.0000572	2-6	0.480615
4	13-23	0.0000558	13-23	0.47802
5	12-23	0.0000499	12-23	0.477335
6	8-10	0.0000477	7-8	0.369455
7	16-17	0.0000472	16-17	0.36652
8	1-3	0.0000464	16-19	0.35641
9	17-22	0.0000457	15-16	0.331945
10	19-20	0.0000454	19-20	0.307075
11	21-22	0.0000447	11-14	0.306125
12	12-13	0.0000443	15-24	0.266725
13	8-9	0.0000443	21-22	0.253655
14	11-13	0.0000419	3-9	0.24048
15	15-16	0.0000410	20-23	0.239465

확률적 위험 지수에서 높은 순위를 나타낸 선로가 전력조류에 대한 계통 안전지수에서 낮은 순위로 변동하는 것을 알 수 있다. 확률적 위험 지수에서는 송전선로의 과부하와 부하모선의 전압에 대한 제한위반을 고려하였기 때문에 전력조류에 대한 계통 안전 지수보다 높은 순위를 나타내는 선로들이 있었다.

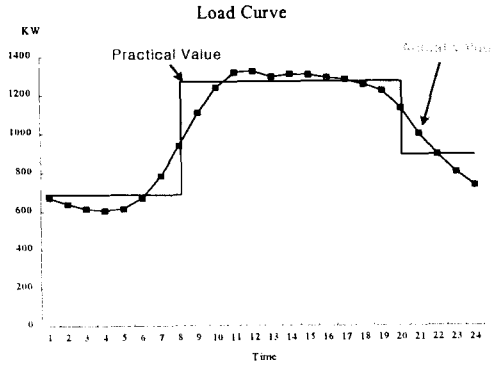

그림 7. 일일 부하 곡선

Fig 7. Daily Load Curve

평상날씨와 가혹날씨, 두 경우에 대해서 시뮬레이션 하였다. 평상날씨의 경우는 유효전력 제한위반과 전압 제한위반 및 고장율, 수리시간에 대해 고려하였고, 가혹날씨의 경우는 평상날씨의 계산방법에 상정사고가 발생했을 경우 송전선로 길이에 따른 수리시간 가중치를 더 부가하여 그림 6의 계통을 사례연구 하였다.

본 논문에서는 시간대별 부하형태를 이용하여 매 시간별 상정사고 순위를 평상날씨와 가혹날씨에 대해서 시뮬레이션을 하였다. 시간대별 부하형태는 그림 7처럼 일일부하곡선을 이용하여 부하의 변동을 고려하였다. 이 그림에서 실제 부하곡선을 본 논문에서는 계단식으로 근사화하여 사용하였다.

평상날씨와 가혹날씨에서 변압기를 나타내는 3-24, 9-11, 9-12, 10-11, 10-12 선로에서는 평상날씨나 가혹날씨와 관계없이 일정한 상정사고 순위를 나타낸다. 그 이유는 고장율은 낮지만 매우 큰 수리시간 때문이다.

표 3. IEEE-RTS 계통의 변압기 순위

Table 3. Transformer ranking of the IEEE-RTS system

rank	branch	normal	branch	adverse
1	10-12	0.00011807	10-12	0.581280
2	10-11	0.00011792	10-11	0.580560
3	9-12	0.00009305	9-12	0.458110
4	9-11	0.00009299	9-11	0.457790
5	3-24	0.00008787	3-24	0.432580

그림 6에서 지중케이블은 1-2와 6-10 선로이다. 지중케이블은 날씨에 영향을 받지 않으나, 사고가 발생했을 경우 지중에 매설되어 있기 때문에 사고를 복구하는데 가공송전선로보다 복구시간이 길다. 그 결과 6-10 선로는 길이가 동일한 가공송전선로보다 수리시간이 오래 소요됨을 알 수 있다.

표 4. IEEE-RTS 24 모선에 대한 5시에서의 상정사고 순위

Table 4. Contingency ranking for 5 o'clock in the IEEE-RTS 24

rank	branch	normal weather	branch	adverse weather
1	6-10	0.0001711	6-10	0.074037
2	15-21	0.0001425	15-21	0.04316
3	13-23	0.0001227	13-23	0.042489
4	12-23	0.0001216	12-23	0.04209
5	16-19	0.0001087	17-22	0.041566
6	2-6	0.0001075	2-6	0.037207
7	17-22	0.0001067	1-3	0.031637
8	8-10	0.0000994	8-10	0.030129
9	21-22	0.0000955	21-22	0.028924
10	19-20	0.0000954	16-19	0.028221
11	16-17	0.0000952	11-13	0.025027
12	14-16	0.0000916	19-20	0.024778
13	1-3	0.0000914	12-13	0.024749
14	15-16	0.0000907	16-17	0.024729
15	20-23	0.0000841	8-9	0.24455

1-2 선로의 경우는 6-10 선로와 동일한 지중케이블이나 케이블의 길이가 상당히 작기 때문에 날씨에 영향이 있는 경우라도 수리하는 시간이 적게 소요되기 때문에 상정사고순위가 낮게 나타남을 알 수 있었다. 표 4과 표 5에서 평상날

씨와 가혹날씨에 대한 시간대별(5, 14시) 상정사고 순위 결과를 보여주고 있다. 전체 계통의 순위는 29위까지이지만 본 논문에서는 15위까지만 나타내었다.

표 4과 표 5에서 알 수 있듯이 평상날씨 조건에서 상정사고 순위가 변동함을 알 수 있다. 시간대별로 부하가 변동하기 때문에 매 시간대별 상정사고 순위가 부하변화에 따라 변동함을 알 수 있다. 표 4의 경우에 10위 이내 중요한 순위 중 16-19, 17-22 선로(진한 부분)가 평상날씨에 5순위와 7순위였으나 가혹날씨의 경우 10순위, 5순위로 변화하였다.

표 5. IEEE-RTS 24 모선에 대한 14시에서의 상정사고순위

Table5. Contingency ranking for 14 o'clock in the IEEE-RTS 24

rank	branch	normal weather	branch	adverse weather
1	6-10	0.00007715	6-10	0.083475
2	15-21	0.00004859	15-21	0.036802
3	17-22	0.00003703	17-22	0.03606
4	12-23	0.00003566	12-23	0.030867
5	13-23	0.00003361	13-23	0.029091
6	2-6	0.00003132	2-6	0.027115
[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
11	8-9	0.00002742	8-9	0.020767
12	12-13	0.00002741	12-13	0.020763
13	11-13	0.00002740	11-13	0.020752
[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]

평상날씨에서 전압 제한위반, 유효전력 제한위반, 고장율에 따라 높은 순위를 나타내지만, 가혹날씨 상태에서는 평상날씨에서 일정하게 고려하였던 송전선로길이에 대한 수리시간에 가중치를 부가했을 경우, 평상날씨에서 높은 순위였던 송전선로가 가혹날씨에서는 낮은 순위로 변동하였고, 또한 평상날씨에서 낮은 순위였던 송전선로가 가혹날씨에서 높은 순위로 변동되었음을 알 수 있다.

평상날씨에서 상정사고 발생시 부하변동, 고장율과 수리시간에 의해서 상정사고 순위가 변동한 것을 알 수 있으나, 가혹날씨의 경우에는 평상날씨의 2가지 순위결정 변동요인과 더불어 송전선로길이에 따라 상정사고 순위가 변동함을 알 수 있다.

결국, 상정사고 순위를 결정한 표 4과 표 5는 경제원리로 운영되는 개방된 전력시장구조에서 계통운영자로 하여금 계통의 안전도(Security) 감시(Monitoring)를 위한 정보를 매 시간마다 부여함으로써 계통의 신뢰도 향상을 도모하게 된다.

5. 결 론

본 논문은 확률적 위험 지수(PRI)를 이용하여 시간대별, 날씨별로 상정사고 순위 결정방법을 제안하였다. 이러한 확률적 위험 지수(PRI)를 이용하여 개방된 전력시장 내에서 계통운영자에게 매 시간대별 상정사고 순위에 대한 데이터를 빠르고 정확히 제공하게 된다. 또한, 날씨의 영향을 고려하지 않은 계통 안전 지수에 의한 상정사고 순위결정보다 잠재적인 사고 확률을 고려한 상정사고 해석방법은 상정사고 순위 결정에 있어 보다 실계통에 가까운 분석이 가능하다. 계통운영자는 계통에 대한 시간대별, 선로상태, 선로길이 및 기상조건 등 수집된 데이터를 이용하여 사고를 미연에 방지할 수 있는 대비책을 마련할 수 있을 것이다.

감사의 글

본 연구는 산업자원부지원 전력산업기술개발사업에 의한 한전전력연구원 지원으로 연구된 결과의 일부임.

참 고 문 헌

[1] K. Uhlen and B. H. Bakkn, "Implementation of a probabilistic security assessment tool for determination of power transfer limits", Cigre, 2002.

[2] G. C. Ejebe and B. F. Wollenberg, "Automatic Contingency Selection", IEEE Trans. Power Apparatus, vol. PAS-98, pp. 97-103, 1979.

[3] Peng Wang and R. Billinton, "Reliability cost/worth assessment of distribution systems incorporating time-varying weather conditions and restoration resources", IEEE Trans. Power System, vol. 17, pp. 260-256, 2002.

[4] A. A. Chowdhury and D. O. Koval, "Deregulated Transmission System Reliability Planning Criteria Based on Historical Equipment Performance Data", IEEE Trans, vol. 37, No 1, pp. 204-211, 2001.

[5] R. Billinton and R. N. Allan, "Reliability Evaluation of Engineering Systems Concepts and Techniques".

[6] T. A. M. Sharaf and G. J. Berg, "Loadability in composite generation/transmission power-system reli- ability evaluation", IEEE Trans. Power system, vol. 42, pp. 393-400, 1993.

[7] 한국전력공사, "계약종별·산업별 부하곡선 자료집 (Analysis of Load Profile)"

저 자 소 개

김 경 영 (金 炅 永)

1975년 12월 18일생. 2002년 2월 호남대 전기공학과 졸업. 현재 한양대학교 대학원 전기공학과 석사과정.

E-mail : kkyoung75@ihanyang.ac.kr

이 승 혁 (李 丞 爀)

1974년 8월 3일생. 2001년 세명대 전기공학과 졸업. 2003년 한양대 대학원 전기공학과 공학석사. 2003년~현재 동 대학원 박사과정.

E-mail : leesh93@ihanyang.ac.kr

김 진 오 (金 眞 吾)

1956년 1월 17일생. 1980년 서울대 전기공학과 졸업. 1983년 동 대학원 전기공학과 공학석사. 1990년 Texas A&M University 전기공학과 공학박사. 1987년~현재 한양대 전기공학과 부교수

E-mail : jokim@hanyang.ac.kr

김 태 균 (金 泰 均)

1964년 11월 17일생. 1986년 한양대 전기공학과 졸업. 1989년 동 대학원 전기공학과 공학석사. 1993년 동 대학원 전기공학과 공학박사. 1993년~현재 한국전력공사 전력연구원 선임연구원

E-mail : tkkim@kepri.re.kr

전 동 훈 (田 東 勳)

1967년 1월 20일생. 1991년 홍익대 전기공학과 졸업. 1993년 홍익대 대학원 전기공학과 공학석사. 2001년 충남대 대학원 전기공학과 공학박사. 1994년~현재 한국전력공사 전력연구원 선임연구원

E-mail : dhjeon@kepri.re.kr

차 승 태 (車 乘 台)

1970년 2월19일생. 1992년 Illinois Institute of Technology 전기공학과 졸업. 1997년 연세대학교 전기공학과 공학석사. 현재 한국전력공사 전력연구원 선임보연구원

E-mail : stcha@kepri.re.kr