

우리나라 전력설비의 비가용률과 중장기 공급지장전력 추이 분석

이조련, 조강욱, 류현수, 김광진
한국전력거래소 계통계획팀

Unavailability of electric equipments and analysis of long term unsupplied energy in Korea power system

Jo-Lyeon Lee, Kang-Wook Cho, Heon-Su Ryu, Kwang-Jin Kim
Power System Planning Team, Korea Power Exchange

Abstract - 중장기 전력계통의 신뢰도는 공급지장 에너지를 분석함으로써 평가할 수 있는데 이를 위해서는 발전설비와 송전설비의 정확한 비가용률 산정이 필수적이다. 본 논문에서는 우리나라의 발전기 비가용률과 송전선로 비가용률을 산정하고 이를 이용하여 중장기 전력계통의 공급지장 에너지의 추이를 분석한다.

같은 원리로 송전선로의 분기별 비가용률 K_i 은 송전선로 고장비가용률 FOR_i 에 휴전작업 예상일수 D_{mi} 을 분기별로 적용하여 식 (1)을 변형하여 다음과 같이 표현할 수 있다.

$$K_i = 1 - (1 - FOR_i)(1 - MOR_i) \dots\dots\dots(4)$$

$$MOR_i = \frac{D_{mi} \times \text{휴전작업 예상일수 분기별 분담비율}}{\text{분기별 일수}} \dots\dots\dots(5)$$

1. 서 론

전력 수요가 증가하고 전력 계통의 규모가 점점 커짐에 따라 전력계통의 구성이 점점 복잡해지고 있다. 이에 따라 중장기 전력계통의 신뢰도를 평가와 합리적인 설비계획의 중요성도 점점 커지고 있다. 중장기 전력계통의 신뢰도는 공급지장에너지를 분석함으로써 평가할 수 있는데 이를 위해서는 발전설비와 송전설비의 정확한 비가용률 산정이 필수적이다.

본 논문에서는 과거 우리나라의 발전기 고장정지, 예방 보수정지, 송전망 휴전실적 등을 이용하여 전력설비별 비가용률을 산정하고 이를 MEXICO 프로그램에 적용하여 우리나라 중장기 전력계통의 공급지장에너지를 계산하고 추이를 분석하여 중장기 전력계통 계획의 신뢰도 평가하였다.

2. 본 론

2.1 비가용률 산정 방법

전력설비의 비가용률은 설비별 사고정지에 의한 비가용률 FOR (Forced Outage Rate)과 보수정지에 의한 비가용률 MOR (Maintenance Outage Rate)로 나눌 수 있으며 설비의 전체 비가용률 K 는 다음과 같이 나타낸다.

$$K = 1 - (1 - FOR)(1 - MOR) \dots\dots\dots(1)$$

설비의 비가용률을 산정하는 방법으로는 ①보수일수를 고려하지 않고 사고율을 비가용률로 하는 방법, ②보수일수를 연간 균일하게 비가용률에 적용하는 방법, ③보수일수를 분기별로 균일하게 비가용률에 적용하는 방법, ④보수일수를 발전기별로 분기별로 산출하여 비가용률에 적용하는 방법의 4가지 방법이 있다.[1] 본 논문에서는 이 4가지 방법 중 비교적 합리적이고 MOR 산출에도 쉽게 적용할 수 있는 ③의 보수일수를 분기별로 비가용률에 균일하게 적용하는 방법을 적용하였다.

발전기의 분기별 비가용률 K_g 는 발전기 고장비가용률 FOR_g 에 발전기 연간 보수정지일수 D_{mg} 를 분기별로 적용하여 식 (1)을 변형하여 다음과 같이 표현할 수 있다.

$$K_g = 1 - (1 - FOR_g)(1 - MOR_g) \dots\dots\dots(2)$$

$$MOR_g = \frac{D_{mg} \times \text{보수정지일수 분기별 분담비율}}{\text{분기별 일수}} \dots\dots\dots(3)$$

2.2 발전기 비가용률 산정

발전설비의 FOR_g 은 1998년부터 2004년까지의 실적을 분석하여 발전원별로 <표1>과 같이 산정하였다.

<표1> 발전원별 FOR_g

발전원	FOR_g (%)	FOR_g 가중평균(%)
원자력	0.77~1.00	0.90
유연탄	0.18~0.47	0.35
국내탄	0.42~0.89	0.45
유류	0.59~2.46	1.60
LNG	0.18~0.64	0.45
복합	0.20~2.70	1.36

발전설비의 MOR_g 산정에 필요한 발전기별 보수일수 D_{mg} 는 제3차 전력수급계획 적용 기초자료를 활용하였으며 신규설비는 용량단위에 따라 원자력 37~45일, 유연탄 29~34일, 복합발전기 32~36일을 적용하여 <표2>와 같이 산정하였다.

<표2> 발전원별 보수일수

발전원	기존설비	신규설비
원자력	33~42	1000MW급:37 1400MW급:45
유연탄	26~36	500MW급:29 800MW급:34
국내탄	24~48	-
유류	27~40	-
LNG	25~37	-
복합	23~38	500MW급:32 700MW급:36

발전설비 보수정지일수의 분기별 분담비율을 구하기 위해 2000년부터 2007년까지의 발전기의 예방보수 실적을 분기별로 검토한 결과 분기별 점유율을 <표3>과 같이 구하였으며 편의상 MOR_g 를 구하기 위한 분기별 분담비율은 적용값으로 계산하였다.

<표3> 발전기 보수 분기별 분담비율

	1/4분기 (90일)	2/4분기 (91일)	3/4분기 (92일)	4/4분기 (92일)
평균	22.4	37.9	12.3	27.4
적용값	20.0	40.0	10.0	30.0

위에서 구한 FOR_g , D_{mg} 와 분기별 분담비율을 이용하여 <표4>와 같이 발전기별/분기별 비가용률을 산정하였다.

<표4> 발전기별/분기별 비가용률

	1/4분기	2/4분기	3/4분기	4/4분기
서울#4	0.0750	0.1466	0.0376	0.1092
서울#5	0.0817	0.1598	0.0409	0.1190
일산#1GT	0.0730	0.1424	0.0367	0.1061
일산#2GT	0.0730	0.1424	0.0367	0.1061
-	-	-	-	-
영흥#1	0.0790	0.1524	0.0403	0.1140
영흥#2	0.0790	0.1524	0.0403	0.1140
-	-	-	-	-
영광#1	0.0921	0.1740	0.0494	0.1313
영광#2	0.0899	0.1697	0.0483	0.1280
-	-	-	-	-
하동#5	0.0617	0.1203	0.0311	0.0897
하동#6	0.0617	0.1203	0.0311	0.0897

2.3 송전선로 비가용률 산정

송전선로의 고장정지 비가용률 FOR_L 은 과거 고장자료의 축적이 미비하여 최근 연구보고서에서 인용한 수치인 0.0002772를 적용하였다.[2]

송전선로의 MOR_L 의 산정에 필요한 D_{ml} 을 구하기 위해 2003년부터 2007년까지의 휴전작업 실적을 분석한 결과 기준전압에 따른 단위공장당 비가용률을 <표5>와 같은 결과를 얻었으며 D_{ml} 는 송전선로의 공장에 <표5>의 값을 곱하고 그 값에 365일을 곱하여 산출한다.

<표5> 송전선로 단위 공장당 휴전작업 비가용률 평균

	765kV	345kV
평균값	0.0000808	0.0003588

송전선로 휴전예상 일수의 분기별 분담비율을 구하기 위해 2000년부터 2007년까지의 송전선로의 분기별 휴전작업 점유율을 분석한 결과 <표6>과 같은 결과를 얻었으며 편의상 MOR_L 를 구하기 위한 분기별 분담비율은 적용값으로 계산하였다.

<표6> 송전선로 휴전 분기별 분담비율

	1/4분기 (90일)	2/4분기 (91일)	3/4분기 (92일)	4/4분기 (92일)
평균	14.1	34.7	11.8	39.3
적용값	15.0	35.0	10.0	40.0

위에서 구한 FOR_L , D_{ml} 과 분기별 분담비율을 이용하여 <표7>과 같이 송전선로 분기별 비가용률을 산정하였다.

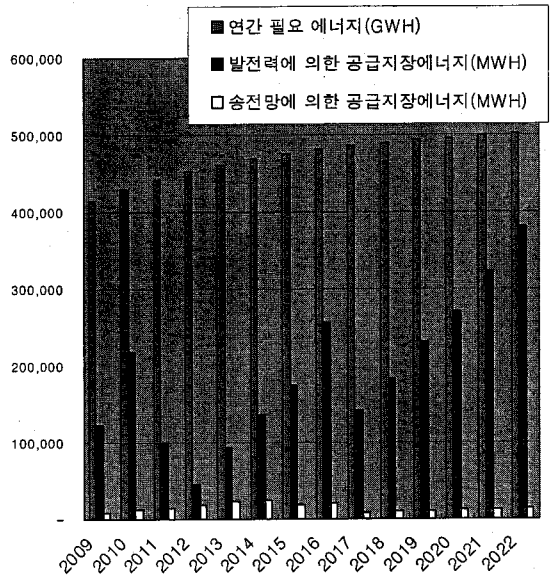
<표7> 송전선로별 비가용률

선로명	1/4분기	2/4분기	3/4분기	4/4분기
신태백#1	0.0079	0.0178	0.0052	0.0201
신태백#2	0.0079	0.0178	0.0052	0.0201
-	-	-	-	-
동서울#1	0.0057	0.0127	0.0038	0.0143

동서울#2	0.0057	0.0127	0.0038	0.0143
-	-	-	-	-
아산#1	0.0106	0.0240	0.0070	0.0271
아산#2	0.0106	0.0240	0.0070	0.0271
-	-	-	-	-
고령#1	0.0081	0.0183	0.0054	0.0207
고령#2	0.0081	0.0183	0.0054	0.0207

2.3 공급지장 에너지 추이 분석

앞서 산정한 발전기와 송전선로의 비가용률을 이용하여 2009년부터 2020년까지의 분기별 공급지장에너지를 연도별로 합산하여 계산한 결과를 <그림1>에 나타내었다. 연도별 발전설비와 송변전설비들은 제3차 전력수급계획을 적용하여 계산하였으며 모의에 적용한 주요 발전기들을 <표8>에 나타내었다. 전산모형으로 프랑스전력공사(EDF)의 MEXCIO 프로그램을 사용하여 모의하였다.



<그림1> 연도별 공급지장 에너지

<표8>모의에 적용된 주요 발전기 진입 시나리오

연도	적용	발전기(용량 MW)
2010	신규	영월복합#1,2(900), 포스코복합#2(1000), 신고리#1(1000)
2011	신규	부곡복합#3,4(1000), 신월성#1(1000), 신고리#2(1000)
	폐지	평택화력#1,2(700)
2012	신규	송도복합#1(1000), 신월성#2(1000)
	폐지	서울#4,5(388), 인천화력#1,2(500)
2013	신규	신고리#3(1400), 당진화력#9(1000), 영남화력#1,2(400), 평택화력#3,4(700)
	폐지	
2014	신규	영흥화력#5,6(1740), 신고리#4(1400), 당진화력#10(1000),
	폐지	울산화력#1,2,3(600), 서천화력#1,2(400)
2015	신규	신울진#1(1400)
	폐지	보령화력#1,2(1000)
2016	신규	신울진#2(1400)

공급지장 에너지를 구한 결과를 보면 전체 에너지 수요는 매년 증가함을 알 수 있고 발전기에 의한 공급지장 에너지가 송전선로에 의한 공급지장 에너지보다 큼을 알 수 있다.

일반적으로 전체 에너지 수요가 증가하면 공급지장에너지도 증가하지만 2010년에서 2012년까지 발전기에 의한 공급지장에너지는 감소하는데 이것은 <표8>에 나와 있는 것과 같이 이 기간 동안 신고리#1,2, 신월성#1의 원자력 발전기와 영월복합#1,2, 부곡복합#3,4와 같은 복합발전기들이 건설될 것으로 적용했기 때문이다. 2013년에서 2016년까지는 신월성#2, 신고리#3,4와 같은 원자력 발전기와 당진화력#9,10, 영흥화력#6과 같은 대용량 발전기들이 건설될 것으로 적용하였으나 인천화력#1,2, 영남화력#1,2, 평택화력#3,4, 울산화력#1,2,3 보령화력#1,2 등의 발전기가 폐지될 것으로 적용했기 때문에 공급지장에너지가 증가하는 것으로 분석할 수 있다. 2017년에 발전기에 따른 공급지장에너지가 줄어든 것은 2016년에 건설될 것으로 적용한 신울진#2의 영향인 것으로 보인다.

3. 결 론

본 논문에서는 과거의 발전기와 송전선로 운영 실적을 이용하여 발전설비와 송전설비의 비가용률을 구하고 이를 이용하여 우리나라 중장기 전력계통의 공급지장 에너지를 분석하였다. 이를 활용하여 공급지장 에너지의 추이를 분석하여 중장기 전력계통의 신뢰도를 평가하고 합리적인 전력설비의 우선순위를 결정할 수 있을 것으로 예상된다. 이를 위해서는 비가용률에 대한 체계적인 관리와 공급지장 에너지 지수에 대한 관리가 필요할 것이다.

[참 고 문 헌]

- [1] 한전 기술연구원, “대전력계통 공급신뢰도평가방안 및 DB 구축연구 별책2”, 102p-109p, 1992
- [2] 전력연구원, “우리나라 전력계통의 확률론적 공급신뢰도 평가”, 전기의 세계, 2007년 10월호, 2007
- [3] 산업자원부, “제3차 전력수급기본계획”, 2006.12월
- [4] 한국전력공사, “장기 송변전 설비계획”, 2007.1월