

# 우리나라 계통의 주파수응답특성에 의한 발전기정수 산정에 관한 연구

논문

58-4-5

## Assessment of the Generators Constant from Frequency Response Properties of Korean Power System

정 봉 상\* · 진 영 환† · 김 일 동\*\* · 양 정 재\*\*\*

(Bong-Sang Jeong · Yeong-Han Chun · Il-Dong Kim · Jeong-Jae Yang)

**Abstract** - The response characteristics of power system frequency are determined by generator droop characteristics and load damping properties. The characteristics of governor droops are termed by generators constant, while those of load damping by load constant. In this paper, the generator constant and the load constant are assessed by measured data at the event of generator trips.

**Key Words** : Frequency response, Generators constant, Governor droop, Load damping

### 1. 서 론

현재 우리나라는  $\pm 0.2\text{Hz}$ 의 주파수 유지 기준을 가지고 운전하고 있다. 사고에 의한 발전기의 탈락이나 부하가 급격한 변동에 의해 주파수에 편차가 발생하면, 발전기 단의 조속기(Governor)의 발전량 제어를 통해 주파수를 제어하게 된다. 이 때, 발전 출력이나 부하의 변동이 매우 커서 계통 붕괴의 위험을 초래할 정도의 주파수 편차가 발생할 우려가 있는 경우에는 UFR(Under Frequency Relay)을 이용하여 적정 부하를 차단하여 주파수를 회복시키며, 작은 오차 범위의 주파수는 AGC(Automatic Generator control)의해 정확하게 적정 주파수로 유지하고 있다.

발전기 탈락이나 부하의 변동에 의한 주파수의 제어 특성에 영향을 미치는 것이 발전기의 속도를 제어하는 조속기와 부하의 주파수에 대한 출력변화 특성인데, 이러한 특성을 각각 발전기 정수, 부하정수라고 정의하며 이 두 특성을 합해서 계통정수라고 정의한다. 이러한 정수는 계통의 주파수 특성을 한 대의 발전기로 모델링한 경우의 속도조정률과 부하의 댐핑 특성에 해당하며, 다기 계통의 특성을 일의적으로 해석하는데 많은 도움을 준다. 특히, 주파수의 제어 특성은 전압과 달리 한 대의 발전기로 모델링 하더라도 큰 오차 없이 다기 계통의 특성을 나타낼 수 있기 때문에 발전기 개개의 특성이 아닌 계통 전체의 특성을 알면 광역 계통의 주파수 특성을 쉽게 해석할 수 있다.

계통정수는 부하의 주파수에 대한 출력특성을 나타내는 부하정수와 조속기에 의한 주파수 제어 특성을 나타내는 발전기정수로 이루어지므로, 같은 계통이라고 하더라도 당시의 부하의 종류 및 동기화되어서 운전되고 있는 발전기의 조속기특성에 따라 항상 다르게 나타난다. 특히 우리나라의 경우에는 원자력 발전기의 운전 비율이 높기 때문에 발전기 정수는 그 값이 작게 나타나게 될 것을 예측할 수 있다.

### 2. 본 론

#### 2.1 계통정수

계통정수는 발전량과 부하량의 차이에 의해서 주파수가 감소, 이후 회복될 때 정상 상태에서의 회복 주파수에 영향을 미치게 된다. 이 값은 크게 두 가지의 성분에 의해서 결정된다. 하나는 발전기단의 발전기정수( $K_G$ )에 의해 결정된다. 이때, 이 발전기정수( $K_G$ )는 다기 계통에서 발전기의 조속기(Governor)의 속도조정률에 의해서 결정된다. 다른 하나의 성분은 부하의 주파수에 의한 출력특성인 부하정수( $K_L$ )에 의하여 결정된다.[2]

#### 2.1.1 부하정수

주파수에 따른 부하량의 변화( $\Delta P_{L(freq)}$ )는 수식으로 표현하면 식(1)와 같다.[1]

$$\Delta P_{elec} = \Delta P_{L(freq)} = D \Delta w \quad (1)$$

$D$  : 부하정수(= $K_L$ ) [ PU ]

부하정수( $K_L$ )와 주파수 민감부하량( $\Delta P_{L(freq)}$ )과의 관계는 다음 그림 1와 같다.

† 교신저자, 정회원 : 홍익대학교 전자전기공학부 교수  
E-mail : yhchun@hongik.ac.kr

\* 준 회원 : 홍익대학교 전기정보제어공학과 석사과정

\*\* 정 회원 : 두원공과대학 전기과 교수

\*\*\* 정 회원 : 한국전력거래소

접수일자 : 2009년 1월 20일

최종완료 : 2009년 2월 7일

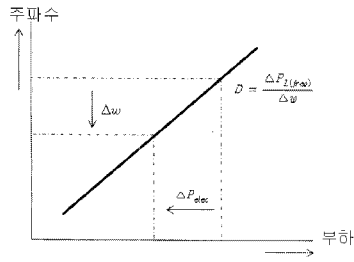


그림 1 주파수 변화와 부하정수와의 관계  
 Fig. 1 Relation between Frequency change and Load constant

계통에서 부하의 변화는 전기적 출력의 변화로 나타내며 발전기의 입력의 변화는 기계적인 입력의 변화로 나타낸다. 그림 2와 같이 주파수의 변화는  $\Delta P_a = \Delta P_{mech} - \Delta P_{elec}$  만큼의 가속력( $\Delta P_a$ )이 관성정수(M)를 가진 발전기를 가속시키는 것으로 설명할 수 있다.



그림 2 관성정수와 부하정수의 모델링  
 Fig. 2 Block diagram of Rotating mass and Load constant

발전기 탈락 및 부하의 증가에 의해 주파수가 감소할 경우, 부하정수가 없을 경우는 부하량과 발전량의 차이가 일정하게 유지되어 어떤 각속도만큼의 비율로 주파수가 지속적으로 감소하게 되고 주파수는 붕괴된다. 하지만 부하정수를 고려할 경우 주파수에 의해서 부하량 또한 부하정수만큼의 비율로 감소되며 발전량과 부하량이 같아지는 시점에서 그림 3와 같이 주파수는 더 이상 감소되지 않는다.

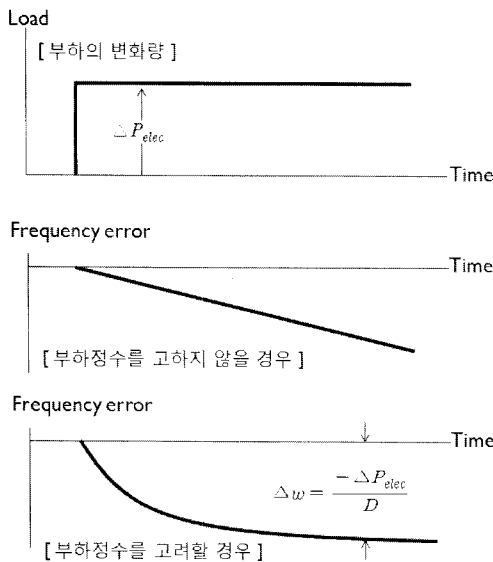


그림 3 부하 변화에 따른 주파수 응답  
 Fig. 3 Frequency response to Load change

### 2.1.2 계통정수

계통정수(K)는 식(2)와 같이 발전기정수( $K_G$ )와 부하정수( $K_L$ )의 합으로 정의된다.[2]

$$K = K_G + K_L = \frac{\Delta P_{mech}}{\Delta w} = \frac{\Delta P_G + \Delta P_{L(freq)}}{\Delta w} = \frac{1}{R} + D \quad (2)$$

$K_G$  : 발전기 정수[ PU ]

R : 속도 조정률

$\Delta P_G$  : 발전기의 출력 변화량

$\Delta P_{mech}$  : 계통의 발전력 외란

$\Delta P_{L(freq)}$  : 주파수에 따른 부하 변화량

부하에 대한 주파수 편차와 계통정수와의 관계는 그림 4와 같이 모델링 할 수 있으며 부하량과 발전량의 변화가 계단함수(Step Function)로 나타내어 정상상태에서 주파수 편차를 식(3)와 같이 구할 수 있다.

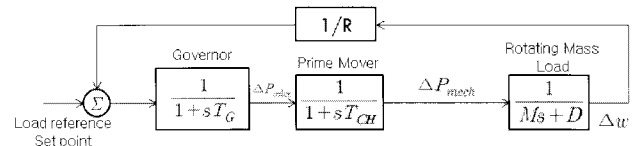


그림 4 조속기, 원동기, 관성정수를 고려한 모델링  
 Fig. 4 Block Diagram of governor, prime mover and rotating mass

$$\Delta w(t \rightarrow \infty) = \lim_{s \rightarrow 0} \left[ \frac{1}{Ms+D} \times \left( 1 + \frac{1}{R} \left( \frac{1}{1+sT_G} \right) \left( \frac{1}{1+sT_{CH}} \right) \left( \frac{1}{Ms+D} \right) \right) \right] \times (\Delta P_{mech}) \frac{1}{s} \quad (3)$$

$$= \frac{\Delta P_G + \Delta P_{L(freq)}}{K_G + K_L} = \frac{\Delta P_G + \Delta P_{L(freq)}}{K}$$

$\Delta P_{mech}$  : 계통의 발전력 외란

$\Delta P_{L(freq)}$  : 주파수에 따른 부하 변화량

계통정수는 부하정수와 발전기정수를 모두 고려하여 그림 5와 같이 자체적으로 조속기(Governor)에 의하여 주파수 감소를 감지하고 밸브를 열어 발전량을 증가시켜 주파수를 올리고 있다. 그 결과 주파수 응답은 정상 상태에서의 주파수 편차(Frequency error)가 발전기정수의 역수만큼 감소하였다. 이 의미는 계통에 상정사고나 기타 사고에 의해서 발전량과 부하량의 수급이 맞지 않아 주파수가 감소하여도 계통정수에 의해서 자체적으로 주파수를 회복하는 기능을 타내고 있다. 이후 주파수 편차를 보정하기 위해 추가의 발전력 분배는 AGC가 담당한다.

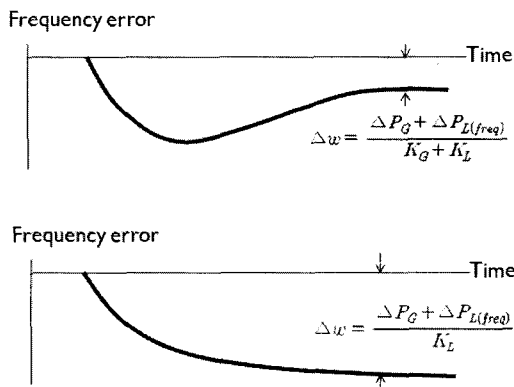


그림 5 부하 변화에 따른 주파수 응답  
Fig. 5 Frequency response to Load change

2.1.3 발전기 정수

다기 계통에서는 조속기가 있는 모든 발전기들을 속도조정률(R : Droop)제어를 통해 주파수 제어를 한다. 조속기의 속도조정률(R)은 주파수 변화에 대한 발전기 출력의 변화를 나타내며 발전기정수( $K_G$ )와는 식(4)와 같은 관계를 가진다.[1]

$$K_G = \frac{\Delta P_G}{\Delta w} = \frac{1}{R} \quad [PU] \quad (4)$$

- $\Delta P_G$  : 발전기 출력 변화량
- $\Delta w$  : 주파수 변화량
- R : 속도 조정률

다기 계통에서는 여러 발전기마다 각각의 개별 속도조정률을 가지고 있다. 속도조정률은 주파수의 민감도와 관련이 있는 정수이다. 만약, 발전량이 부족하여 주파수가 감소할 경우 속도조정률(R)이 작은 발전기가 부족한 부하량을 많이 분담하고 속도조정률(R)이 큰 발전기가 부족한 부하량을 적게 분담한다. 우리나라는 하나의 단일 계통이며 단일 계통일 경우에는 어떠한 장소이든 주파수는 항상 동일하다. 주파수가 동일하다는 의미는 하나의 발전기정수( $K_G$ )로 표현이 가능하다는 말이다. 따라서 여러 대의 발전기들의 속도조정률(R)을 통하여 하나의 발전기정수로 표현하면 식(5)와 같으며 이때 개별 속도조정률(R)의 베이스(Base)는 계통의 베이스(System Base)로 통일 시켜 표현한다.[1]

$$K_G = \frac{1}{1/R_1 + \dots + 1/R_n} \quad (5)$$

$R_i$  : i번째 발전기의 속도 조정률

2.2 계통정수의 산정방법

발전량과 부하량의 차이가 발생하면 최저 주파수로 감소하게 되며, 조속기(Governor)의 속도 조정률에 의해 주파수를 감지하여 발전단의 출력을 회복발전량만큼 상승 시킨다. 이후 회복발전량에 의해 주파수는 회복주파수만큼 상승하는 주파수 응답을 나타낸다.

발전량과 부하량의 차이가 발생하는 경우는 부하량이 급격하게 증가하였을 경우와 발전량이 급격하게 감소하였을 경우이다. 부하량은 급격이 증가하여도 EMS에서 안전하게 계통을 운영하기 때문에 계통정수를 구하기 위한 주파수 응답을 구하기 힘들다. 다른 경우로는 발전량이 급격하게 감소할 경우인데 이 경우는 계통에서 발전기의 고장 및 사고에 의한 발전기 탈락을 들 수 있다.

본 논문은 계통정수를 구하기 위해 우리나라의 발전기 탈락 이벤트가 일어났을 경우 주파수응답을 이용하여 구하였다. 이벤트는 [6]2004년 이후 2008년 2월까지의 KPX의 EMS기록 자료로부터 데이터를 추출하였다.

2.2.1 주파수 응답을 통한 계통정수 산정방법

본 논문에서 주파수응답 및 계통의 발전량을 보고 계통정수를 산정하였다.

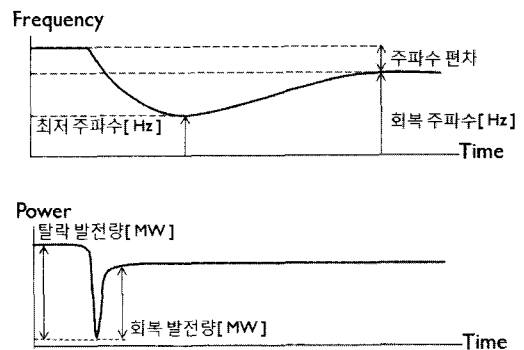


그림 6 발전량과 주파수의 관계  
Fig. 6 Relation between Frequency and Active Power

그림 6은 발전기의 탈락에 의한 계통은 발전량 및 주파수 응답을 나타낸 것이다. 발전기의 탈락 이벤트에 의해 주파수가 감소 이후 회복 주파수로 회복될 경우는 60초 내외로 본다. 이유는 60초 이후의 주파수응답은 조속기(Governor)에 의한 회복 주파수가 아니라 계통의 변화 및 AGC에 의해 움직이는 주파수 범위로 보이기 때문이다.

$$\Delta P_{G1,pu} = \frac{\Delta P_{G1}}{S_{base}} \quad [PU] \quad (6)$$

$$\Delta P_{G2,pu} = \frac{\Delta P_{G2}}{S_{base}} \quad [PU]$$

$\Delta P_{G1}$  : 탈락발전량 [MW]

$\Delta P_{G2}$  : 회복발전량 [MW]

$S_{base}$  : 계통 탈락이전 전 계통 발전량

$$\Delta w_{pu} = \frac{\Delta w [Hz]}{w_{BASE} [Hz]} \quad [PU] \quad (7)$$

$\Delta w$  : 주파수 편차 [Hz]

이때 사용한 SYSTEM BASE는 탈락 이전의 전 계통의 전 발전량이다. 계통정수를 계산하기 위해 식(8)을 유도 하

였다. 식(8)의 첫 번째 수식은 식(4)의 발전기 출력 변화량 ( $\Delta P_G$ )을 회복발전량( $\Delta P_{G2,pu}$ )으로 보고 구한 것이며, 식(3)의 두 번째 수식 또한 식(2)의 " $\Delta P_G + \Delta P_{L(freq)}$ "을 탈락발전량( $\Delta P_{G1,pu}$ )으로 보고 구한 수식이다.

유도한 식(8)에 나타나듯이 단위를 [PU]로 환산한 주파수 편차와 탈락발전량을 이용하여 계통정수( $K$ )를 구하였다. 그리고 회복발전량과 주파수를 편차를 이용하여 발전기정수( $K_G$ )를 구하였으며 식(2)에서 나와 있듯이 계통정수와 발전기정수의 차를 이용하여 부하정수( $K_L$ )를 구하였다. 이때, 이렇게 구한 정수들의 값의 단위는 [PU]가 된다.

$$K_G = \frac{\Delta P_{G2,pu}}{\Delta w_{pu}} [PU] \quad (8)$$

$$K = \frac{\Delta P_{G1,pu}}{\Delta w_{pu}} [PU]$$

- $K_G$  : 발전기정수
- $K$  : 계통정수

### 2.2.2 시뮬레이션을 이용한 계통정수의 산정 방법

시뮬레이션을 이용한 계통정수의 산정 방법은 발전기 탈락 당시에 참여한 발전기들의 발전량, 각 발전기들에 조속기의 속도조절률, 발전기의 관성정수 등이 들어가 있는 PSS/E의 다이나믹 데이터를 이용한 발전량 탈락에 대한 주파수 응답 시뮬레이션 하여 보고, 각 발전기의 속도조절률을 이용하여 기대치 발전기정수( $K_{Gexp}$ )를 구한다. 그러나 시뮬레이션한 주파수응답이 계통의 주파수 응답과 다를 경우는 계통의 발전기정수를 임의대로 수정하여 발전기 탈락 당시에 계통의 주파수 편차와 같게 나오는 경우의 발전기정수를 시뮬레이션 발전기정수( $K_{Gsim}$ )를 산정하였다.

이 방법으로 각 발전소에서 신고한 기대치의 발전기정수를 구하여 보고 실제로 계통에서 돌아가는 발전기정수를 구하여 봄으로서 실제로는 신고한 기대치와 어떤 관계를 가지는 지 분석하였다.

### 3. 사례 연구

앞에서 언급한 계통정수의 산정방법을 우리나라에서 [6] 최근 5년 동안에 일어난 48건의 발전기 탈락 이벤트 때의 주파수 응답을 이용하여 구하였다. 이때, 각 날짜별로 구한 계통정수의 데이터들을 표 1에 정리 하였다.

표 1 날짜별 계통정수 산정

Table 1 Description of Case by Case System Constant

날짜	발전기정수 $K_G$ [ PU ]	부하정수 $K_L$ [ PU ]	계통정수 $K$ [ PU ]
2004-05-04	1.4506	5.0692	6.5198
2004-05-05	2.8944	4.6330	7.5274
2004-06-03	1.7320	13.7871	15.5191
2004-06-05	5.0025	5.1878	10.1903
2004-06-06	3.9172	2.2532	6.1704

2004-06-13	5.5392	5.9789	11.5181
2004-06-18	3.3892	1.3765	4.7657
2004-06-19	2.7918	16.6050	19.3968
2004-06-29	3.6703	3.2207	6.8910
2004-06-30	0.9464	3.5556	4.5020
2004-07-01	0.9821	5.4536	6.4357
2004-07-13	3.2691	3.0578	6.3269
2004-07-15	5.1988	2.2236	7.4224
2004-07-25	6.9029	8.3771	15.2801
2004-07-26	7.1754	6.5553	13.7308
2004-08-05	7.2191	6.0124	13.2315
2004-09-01	6.3005	5.7703	12.0707
2004-09-10	3.5105	2.5088	6.0192
2004-09-17	4.7992	2.8953	7.6944
2004-10-01	4.1829	5.6792	9.8621
2004-11-22	3.2707	5.7097	8.9804
2004-11-30	5.7975	5.4092	11.2067
2005-01-06	3.2154	3.4424	6.6577
2005-02-22	4.6472	3.1200	7.7672
2005-02-23	4.9145	3.8755	8.7900
2005-03-14	5.7077	1.5887	7.2964
2005-03-15	2.1288	4.4848	6.6135
오전 11시 30분 16초에 탈락 이벤트가 일어남			
2005-03-15	2.2936	3.9453	6.2389
오후 2시 26분 34초에 탈락 이벤트가 일어남			
2006-02-23	2.5770	2.2583	4.8353
2006-07-18	4.2855	1.3836	5.6690
2006-09-26	2.9034	2.3300	5.2335
2006-09-27	9.4137	5.1482	14.5619
2006-10-04	6.2965	0.0637	6.3603
2006-11-02	3.9162	1.4753	5.3915
2006-12-25	3.5408	1.5184	5.0591
2007-02-18	9.4201	-0.2633	9.1568
2007-03-05	3.6692	1.1718	4.8409
2007-04-12	1.6148	1.7190	3.3338
2007-05-16	1.8220	3.3961	5.2181
2007-05-30	1.9150	1.7401	3.6552
2007-06-21	3.7138	2.0457	5.7595
오후 4시 20분 10초에 탈락 이벤트가 일어남			
2007-06-21	3.4162	1.0733	4.4895
오후 4시 56분 18초에 탈락 이벤트가 일어남			
2007-07-29	5.0488	1.6468	6.6956
2007-11-28	2.8125	1.2817	4.0942
2007-12-25	3.5182	0.8167	4.3349
2008-01-25	3.4352	0.8452	4.2803
2008-02-04	4.0574	0.5525	4.6099
2008-02-29	3.9661	1.3593	5.3254
평균	4.0457	3.6112	7.6569

48건의 탈락이벤트를 이용하여 구하여 본 결과 우리나라의 평균 발전기정수는 4.0457[PU]가 나왔으며 부하정수는 3.6112 [PU]가 나왔다. 하지만 일부분의 탈락 이벤트를 보면 심하게 발전기정수가 떨어진다거나 심하게 부하정수가 올라가는 경우가 보인다. [4]미국 NERC문헌에 의하면 전력계통 부하정수에 대한 대표적인 값이 2.0[P.U.](3.33[%]에 해당)인데 비하여 볼 때에도 앞에서 조사한 한국계통의 값은 상당히 높은 값을 알 수 있다.

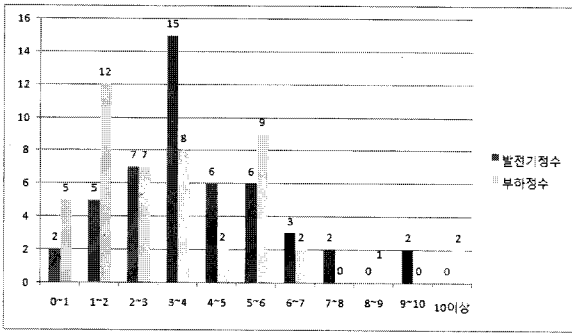


그림 6 정수 별 이벤트 횟수  
Fig. 6 The event number of each constant

그림 6에서 나와 있듯이 발전기정수는 3~4[PU]이며 부하정수는 1~2[PU]에서 가장 높은 확률의 분포표로 나오는 것을 볼 수 있다. 여기서 부하정수가 너무 큰 이벤트는 조속기(Governor)외의 부하의 변화 및 외부 요소에 의해 계통정수를 구하는데 불합리하다고 생각하여, 부하정수가 큰 이벤트는 제외하고 구한 계통정수는 표 2와 같다.

표 2  $K_L \geq 10[PU]$ 인 경우를 제외한 계통정수  
Table 2 System Constant except for the case of  $K_L \geq 10[PU]$

-	발전기정수	부하정수	계통정수
	$K_G [PU]$	$K_L [PU]$	$K [PU]$
평균	4.1232	3.1075	7.2307
1. 2004년 6월 3일 이벤트 제거			
2. 2004년 6월 19일 이벤트 제거			

계절별 계통정수는 그림 7와 같은 특징을 보인다. 부하정수는 우리나라의 부하특성에 영향을 받는다. 겨울과 여름에 증가하는 특수 부하에 의해 영향을 받아 부하정수가 증가하게 된다. 그리고 이에 따라 운전하는 발전기도 증가할 것이므로 발전기정수 또한 향상되는 것을 알 수 있다. 계통정수로 보게 되면 같은 특징인 여름과 겨울인 8월과 1월에 급격하게 증가하며 봄과 가을인 4월과 11월에 감소하는 것을 볼 수 있다.

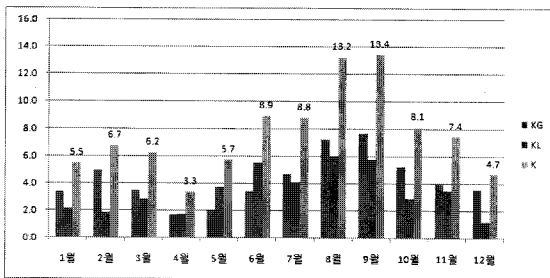


그림 7 월별 계통정수  
Fig. 7 The System Constant of each month

2007년도의 발전기탈락당시의 PSS/E의 다이내믹 데이터를 이용하여 당시에 참가한 발전기 속도조정률을 이용하여 기대치 발전기정수( $K_{Gexp}$ )를 구하였으며 발전기 탈락량 및

주파수 응답에 의하여 구한 발전기정수( $K_G$ ) 표 1, 시뮬레이션에 의해 계통 탈락 이벤트와 유사한 주파수 응답이 나오는 발전기정수( $K_{Gsim}$ )를 구해본 결과 값은 표 3과 같다.

표 3 2007년 날짜별 발전기정수  
Table 3 Description of Case by Case Generator Constant in 2007 year

날짜	발전기정수 (속도조정률)	발전기정수 (시뮬레이션)	발전기정수 (발전기 탈락량)
	$K_{Gexp} [PU]$	$K_{Gsim} [PU]$	$K_G [PU]$
2007-02-18	12	3.2	9.4201
2007-03-05	5.35	4.2	3.6692
2007-04-12	6.55	1	1.6148
2007-05-16	9.69	1.32	1.8220
2007-05-30	8.3	None	1.9150
2007-06-21 (16:20:10)	10.53	5	3.7138
2007-06-21 (16:56:18)	10.41	1.56	3.4162
2007-07-29	12.11	6.2	5.0488
2007-11-28	11.84	3	2.8125
2007-12-25	7.09	2	3.5182

- $K_{Gexp}$  : 발전기들의 속도조정률을 이용해 구한 정수
- $K_{Gsim}$  : 주파수 응답 시뮬레이션을 통해 구한 정수
- $K_G$  : 표 1에서 구한 정수

표 3과 같이 실제로 탈락 이벤트에 참가한 발전사들의 신고한 발전기 속도조정률로 구한 발전기정수( $K_{Gexp}$ )는 일부 이벤트를 제외하고 시뮬레이션으로부터 실제 시스템에서 측정된 주파수 응답과 근접한 응답을 보이는 발전기정수( $K_{Gsim}$ )와 약 2배의 차이를 보이고 있다.

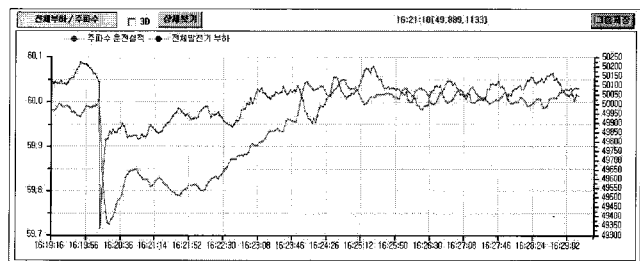


그림 7 2007-6-21 발전기 탈락 이벤트  
Fig. 7 2007-6-21 Generator Fault Event

예를 들어 보면 그림 7은 표 3의 2007-06-21(16:20:10) 이벤트의 계통의 발전량 및 주파수응답을 나타낸 그래프이다. 계통에서 발전기 하나가 탈락 이후에 주파수 또한 감소하게 되고 조속기의 속도조정률에 의해 회복발전량만큼 증가하게 되어 주파수 또한 향상된 것으로 나타난다. 이때, 발전기 탈락량은 779MW, 회복 발전량 398.29MW, 최저주파수 59.73Hz, 회복주파수 59.84Hz의 데이터를 가지고 시뮬레이션 한 결과는 그림 8과 같다. 발전기 탈락 이벤트와 비슷한 주파수응답을 보이는 발전기정수는 표 3과 같이 5[PU]이다.

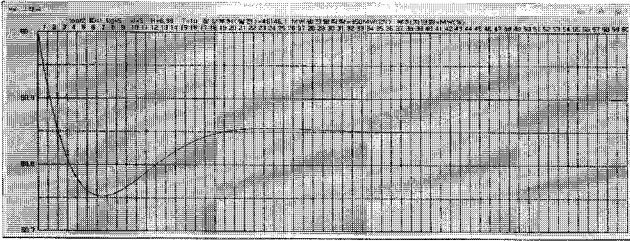


그림 8 2007-6-21 주파수 시뮬레이션 ( $K_{Gsim}=5[PU]$ )  
 Fig. 8 2007-6-21 Frequency Simulation ( $K_{Gsim}=5[PU]$ )

#### 4. 결론 및 향후방안

본 논문에서는 최근 5년간 발전기 탈락이벤트에 대한 계통의 주파수 응답을 보고 발전기정수 및 부하정수를 산정하고 분석해 보았다. 결과 우리나라의 부하정수는 3.1[PU]이며 발전기정수는 4.12[PU]에서 가장 큰 확률로 나타났다. 미국 문헌에 따른 부하정수는 2[PU]이었으며[4], 비교해 볼 때 우리나라의 부하정수가 상당히 크게 나타난다는 것을 알 수 있다. 이는 우리나라 산업의 유도전동기 부하 비율이 미국 산업의 유도전동기 부하 비율보다 높다고 추측할 수 있다.

발전기 속도조정률을 이용해서 구한 발전기정수( $K_{Gexp}$ )는 5.3 ~ 12[PU]값으로 나타난다. 하지만 실제로 탈락 이벤트 당시의 주파수 궤적과 발전기 출력의 변동값을 이용하여 구한 발전기정수( $K_G$ )는 3 ~ 5[PU]의 값을 보이고 있다. 이는 실제로 발전기 응답 특성이 신고된 발전기 속도조정률만큼 이루어지고 있지 않다는 것을 뜻한다. 따라서, 우리나라 계통의 발전기정수를 높이기 위해서는 각 발전기의 주파수 응답특성을 개선할 필요가 있다.

정확한 발전기정수 및 부하정수를 구하기 위해서는 각 지역별 주파수 편화에 대한 부량의 변화를 계측기를 달아 정확한 부하정수를 구하는 방법과 계통정수를 적용할 시 우리나라처럼 계절별 부하 패턴이 변화는 계통에서는 시간별 및 계절별 계통정수를 따로 구할 필요가 있을 것이다.

#### 감사의 글

본 연구는 한국전력거래소 지원(저주파계전기에 의한 적정부하 차단 방식에 관한 연구)에 의하여 홍익대학교 산학협력단 위탁으로 수행된 과제임

#### 참 고 문 헌

- [1] Allen J. Wood, Bruce F. Wollenberg "Power Generation, Operation, And Control \_ Second edition"
- [2] 송영길 저 "신편 전력계통공학"
- [3] 일본 전기학회 기술보고 제 869호, "전력계통의 상시 및 비상시 부하주파수 제어" pp. 19 ~ 23
- [4] NERC, "Training Document Understanding and Calculation Frequency Response" NERC Training

- Resources Working Group, Feb. 20, 2003 pp. 4 ~ 5
- [5] 한국전력공사, "전력계통운용자료집" 1996 계통운영처 p. 170
- [6] KPX EMS 기록 자료 2004년 ~ 2008년
- [7] Norman S. NISE "Control Systems Engineering" pp.396 ~ 399

### 저 자 소 개



#### 정 봉 상 (鄭 倅 祥)

1986년 2월 2일생. 2008년 홍익대 공대 전자전기공학부 졸업. 2009년 동 대학원 전기정보제어공학과 석사과정 재학  
 Tel : 010-4543-2378  
 Fax : 02-320-1193  
 E-mail : arorina@korea.com



#### 전 영 환 (全 瑩 煥)

1961년 2월 8일생. 1983년 서울대 공대 전기공학과. 1985년 서울대 공대 전기공학과 졸업(석사). 1985~1994년 한국전기연구소 근무. 1997년~1998년 동경대 조수 역임. 1998년~2002년 한국전기연구원 그룹장. 2002년~현재 홍익대 전자전기공학부 교수  
 Tel : 02-320-1620  
 Fax : 02-320-1110  
 E-mail : yhchun@hongik.ac.kr



#### 김 일 동 (金 一 東)

1949년 6월 23일생. 서울 대학교 공대 전기과 졸업. 한국 전력계통보호분야 25년 근무. 현 두원공과대학 교수(11년)  
 Tel : 031-670-7168  
 Fax : 031-670-7161  
 E-mail : idkim0623@hanmail.net



#### 양 정 재 (梁 正 宰)

1967년 2월 21일생. 1989년 건국대학교 전기공학과 졸업. 현재 한국전력거래소 계통운영처 계통 보호팀 과장  
 Tel : 02-3467-6752  
 Fax : 02-3456-6759  
 E-mail : jjyang@kpx.or.kr