

계통 안전성을 고려한 원자력발전의 부하추종 요건연구

A Study on Requirement of Nuclear Power Plant Load Following Operation Condition Considering Power System Security

이 현 철* · 백 영 식** · 이 근 준†
(Hyun-Chul Lee · Young-Sik Baek · Geun-Joon Lee)

Abstract - Nuclear power generation is increasing domestic power supply ratio by lower CO2 emission and fuel prices. Currently, nuclear power generator has been operated with maximum power output. Therefore, nuclear power generator could be no effect to managing the reactive power reserve on power system. The reactive power reserve is calculated to the difference between maximum facility and operation generation capacity of the power system. This paper was proposed that load following of nuclear power is control by using 15-bus power system model. In the simulation result, power system is shown to safety state by operating load following of nuclear power generator. This method has be improved the supplied reliability through economic and efficient operation.

Key Words : Load following, Nuclear power generator, Power system

1. 서 론

최근 급격한 전력수요의 증가로 인하여 계통안정적인 공급에 필요한 예비력 확보가 원활히 되고 있지 않다. 전력수요의 증가요인으로는 안정적인 전기가격으로 인한 전력소비의 증가와 국내의 기온상승 및 태풍으로 인한 갑작스러운 기상변화로 해석된다. 또한, 기상요인에 의해 발전전력량이 변화하는 풍력 및 태양광 등의 신재생에너지가 전력계통에 연계되어 전력계통의 안정적인 전력공급이 어려워지고 있다. 이로 인하여 국내의 전력설비의 유연성이 낮아지고, 전력수급여건이 갈수록 악화되고 있는 실정이다[1].

원자력발전의 국내의 현황을 살펴보면 운전 중인 발전기는 432기로서 전 세계 전력생산의 15%정도를 차지하고 있으며 또한, 140기가 건설 및 계획 중에 있다. 원자력발전은 출력조절이 불가능한 현재 운전방식인 지속운전으로 운영되고 있으나, 부하추종운전은 수요의 변동에 대응하여 발전량을 조정하는 출력변동 운전을 할 수 있다. 이러한 운전은 계통 운영비용 절감 및 에너지 효율 극대화할 수 있다. 특히, 부하추종운전은 프랑스에서는 원자력발전이 전 발전량의 70%를 넘고 있기 때문에 부하추종운전을 하고 있고, 독일의 원전은 3기만이 부하추종 운전을 하고 있다. 그 외의 대부분의 국가에서 부하추종운전은 주로 원자력 이외의 전력으로 행하고 있다[2-4]. 부하추종을 위한 원전의 출력변동방식은 느린 변동(12-3-6-3), 중정도 변동(출력저하 및 상승속도는 정격출력의 2%/분), 그리고 빠른 변동(출력저하 및 상승

속도는 정격출력의 5%/분)으로 운전하고 있다.

현재 국내의 원자력발전은 최대발전 출력을 하고 있다. 국내의 원자력발전의 비율이 증가함에 따라 전력공급조정과 주파수제어에서 원자력발전의 출력도 조정하는 것이 필요하게 되었다. 원자력발전의 부하추종을 위해서는 원전의 안전도 및 계통의 신뢰도를 검토해야 한다. 본 논문에서는 원자력발전의 부하추종시 원자력발전의 안전도와 전력계통의 신뢰도를 확보하기 위한 운전 요건을 연구하였다. 원전의 발전출력제어는 원자로에 의한 1차계통, 발전설비에 의한 2차계통을 제어하는 방법이 있다. 원자력발전의 안전도를 고려하여 전력계통의 부하의 변화에 따른 원전의 발전출력을 제어하여 계통의 신뢰도를 높이는데 있다.

2. 본 론

2.1 원자력발전의 부하추종 요건

전력계통의 기저발전(원자력발전, 대용량 화력발전)의 증가, 부하변동, 또는 신재생전원(태양광, 풍력 등)의 출력변화에 따라 계통 예비력이 부족한 경우가 발생한다. 이러한 대책으로 원자력발전의 부하추종은 전력계통의 운용에 부담을 줄일 수 있다. 그러나, 부하추종을 위해 원자력 발전출력을 제어에 따라 경우 연료봉의 출력의 급상승에 따라 원전의 안전성에 문제가 발생할 수 있다. 부하추종을 위해 전력계통의 제어상의 angle stability, frequency security 유지조건 및 안전성저하에 대해 생각해야 한다.

원전의 부하추종을 위해 응답속도에 따른 제어방법을 나타내었다. 1차 제어는 가장 빠른제어로 일반발전기의 화력과 비슷한 특성을 가지고 출력을 제어하도록 한다. 2차 제어는 중정도의 제어로 주파수오차에 대한 양을 보정하기 위한 제어이다. Load Following은 계통의 상태에 따른 스케줄링에 의한 제어로서 최대/최소출력으로 제어한다.

발전출력의 제어응답속도는 전력계통의 안정성을 위해 필

* 정 회 원 : 경북대 IT대학 전자전기컴퓨터공학과 박사과정

** 펠로우회원 : 경북대 IT대학 전자전기컴퓨터공학과 교수

† 교신저자, 시니어회원 : 충북도립대학 에너지시스템과 교수

E-mail : oneye@knu.ac.kr

접수일자 : 2012년 6월 26일

최종완료 : 2012년 10월 7일

요하다. 원자력발전이 전력계통의 부하추종의 참여를 위해 원자력 발전의 출력변화에 대한 응답속도를 검토할 필요가 있다. 다음 표 2는 원자력발전의 운전모드에 따른 운전한계를 나타낸 것이다. 여기서, Mode A와 Mode G는 유럽에서 사용되는 원자력발전의 발전출력의 제어한계를 나타낸 것이다[5]. 한국의 원자력발전에서 가장 빠른 제어특성을 가진 주파수제어는 0.5%/sec의 속도로 최대 ±2.5%이 제어 가능하므로, 최대 5sec이내에 최대출력이 가능하다. 순동예비력은 2%/min의 속도로 최대 10%으로 제어 가능하다. 그러므로, 최대 5분 이내에 순동예비력의 출력이 가능하다. 가장 느린 제어특성으로 부하추종으로 최대 2시간에서 발전출력을 50%에서 100%으로 변동가능하다.

표 1 원자력발전의 제어속도에 따른 운전한계

Table 1 Operation limit by control speed of Nuclear Power Generator

계통의 요구사항		Mode A	Mode G	한국
부하 추종	전력범위 (정격출력의 %)	30~100%	좌동	50~100%, 2시간
	변동율 (%정격출력/분)	0.3%/min	2[%/min 일간]까지	3~5%
순동 예비력	출력증가의 크기와 비율	+15~20% 5%/min	5%/min	2%/min
주파수 제어	자동(지역)주파수 제어; 전력범위	±3%	좌동	10%
	부하조정 (원격주파수제어)	±3%	±5%	±2.5%
	전력범위	1%/min	좌동	0.5%/sec

표 2 전력계통의 예비력제어에 따른 안정성 영향

Table 2 Security effect by reserve control of power system

	전력계통의 안정성	
	영향	한계값
Pri. Control Angle Stability (GFC)	시스템 관성정수	제어기의 특성 (속응성, $R = \Delta f / \Delta P$)
Sec. Control Freq. security (AGC)	- 주파수 변동에 따른 기기특성상 운전한계 영향 - 발전기 및 민감부하 탈락	- 정상시(±0.2Hz) - 저주파계전기 운용(±59.0Hz)

2.1.1 전력계통에서의 외란종류

전력계통에서 발전출력에 영향을 가장 크게 미치는 외란은 발전기 및 선로의 탈락과 부하의 급격한 증가이다. 그림 1은 전력계통에서 발전기 및 선로의 탈락에 의해 전력계통

의 변화와 주파수의 변화에 대해 개념을 나타낸 것이다. 발전기 및 선로의 탈락에 의해 발전출력의 급격한 감소를 통해 상대적으로 부하의 용량이 급격히 증가되어 전력계통의 주파수의 변화가 나타난다. 발전기 및 선로의 탈락에 대한 전력계통에서 대책으로 발전기의 예비력을 산정한다. 그림 1에서 상정사고로 인하여 전력계통의 주파수가 유지하지 못하고 변경된다. 이를 복구하기 위해서는 전력계통의 주파수 조정으로 GFC(조속기제어; Governor Free Control)와 AGC(자동발전제어; Automation Generator Control)에 의한 속도 제어를 통해 계통전력과 주파수를 안정화시키는 것이다.

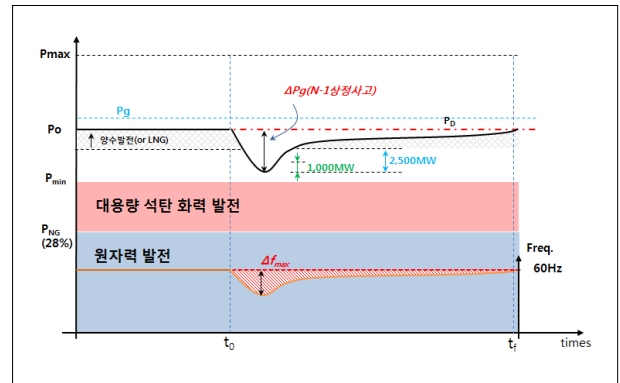


그림 1 전력계통의 상정사고(발전기탈락)
Fig. 1 Contingency of power system(Generator trip)

그림 2는 전력계통에서 부하의 증가에 의한 발전출력과 예비력을 나타낸 것이다. 전력계통에서 수요의 증가에 따라 예비력을 제어하는 것으로 부하추종을 나타낸 것이다. 계통의 수요가 주파수조정능력 이상의 발전용량이 필요할 경우 계통의 운영예비력과 대체예비력으로 공급하여 전력계통을 안정화시키도록 한다. 그러나, 계통에서 발전예비력의 증가 속도보다 수요가 증가하여 계통에 문제가 발생한다.

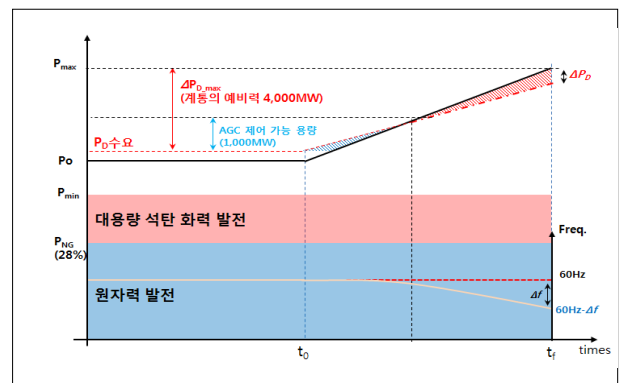


그림 2 전력계통의 수요(부하)의 증가
Fig. 2 Demand(load) growth of power system

2.2 전력계통에서의 안정성 평가

전력계통의 안정성을 위한 예비력은 발전기의 GFC, AGC, 그리고 공급용량예비력이 있다. 계통의 문제발생시 대응 응답 특성을 가진 주파수응답특성(FRC; Frequency Response Characteristic)은 부하변동에 대응하여 계통의 주파수를 안

정하게 유지하기 위한 특성으로 GFC와 AGC운전에 따라 순시에 자동으로 응답할 수 있는 예비력이다. 전력계통이 정상 운영되는 상태에서 부하변동에 의하여 주파수가 변하게 되는데 이때 주파수 유지목표를 2가지로 나눌 수 있다 [6-7]. 첫째, 전력계통 정상운전시 주파수 운전목표는 60±0.2 Hz로서 국내의 전기사업법령으로 규정하고 있다. 둘째, 터빈발전기의 수명관점에서 본 주파수 유지범위로 ANSI/IEEE에서 규정한 발전소를 위한 비정상주파수 보호지침에 따르면 60±0.5Hz가 터빈발전기 수명에 영향이 없는 연속 운전범위이다. 전력계통에서 부하변화, 즉 발전과 수요 간의 불균형 정도에 따라 계통주파수가 변하게 된다. 전력계통의 주파수응동특성은 발전기의 조속기 응답특성, 부하특성 등에 따라서 주어진다. 전력계통의 응동특성은 다음과 같이 표현된다[8-10].

$$FRC = k \left(\frac{dP}{P_o} \right) \frac{1}{dF} [\%/Hz] \quad (1)$$

여기서, k : 계통정수 $(k_G + k_L = \frac{\Delta P/P_s}{\Delta f/f_s})$

dP : 부족발전력[MW]

dF : 발전력부족에 따른 주파수오차[Hz]

Po : 전력계통 부하[MW]

계통의 GFC와 AGC의 공급예비력으로 부하변동에 추종을 하지 못하면 계통의 주파수저하 지속될 것이다. 계통의 외란에 대한 평가는 주파수의 변동 폭을 검출하여 기준주파수의 범위 초과여부 확인 후 GFC와 AGC의 추가량 산출하며, GFC의 R(droop)및 AGC의 Ramp Rate를 재 배분한다. 이때, 수력, 화력, 원자력의 R(droop)의 재 배분 검토가 필요하다. 표 4는 원전의 부하추종을 위한 운전전략을 나타낸 것이다. 본 연구에서는 비원전의 기존의 R(droop)은 변경하지 않는다. 원자력발전이 부하추종에 참여할 경우 출력제어를 위한 조속기의 기울기(R)을 조정은 발전력의 변화에 따른 발전비용의 변화와 안정도 프로그램을 이용한 계통의 주파수 변화를 확인하여 최대주파수 변동폭 범위를 판정한다.

표 4 원전부하추종을 위한 운전전략

Table 4 Operation strategy for Nuclear power load following

	GF예비력 확보를 위한 R(droop)	
	부하추종(X)	부하추종(O)
원자력발전	∞	dC/dP_{NG}
화력발전	5~8%	Constant
수력발전	10%	

2.1.1 원자력발전의 부하추종을 위한 예비력 산정

원자력발전의 부하추종을 위해서는 계통에서 요구되는 예비력을 확인하여야 한다. 그림 3은 예비력의 종류에 따른 발전기의 출력특성을 나타낸 것이다. 전력계통에서 부하변동 또는 선로고장에 따른 부하추종을 위해 응답속도에 따른 예비력에 대해 한계특성을 검토한다. GF예비력은 발전기의

응답특성 중 가장 빠른 응답특성으로 speed droop을 이용하여 발전기용량의 한계값 이내에서 운영된다. AGC예비력은 GF제어의 출력오차를 보정하기 위한 예비력으로 주파수 누적편차에 대한 오차를 줄이기 위한 예비력이다. 10분예비력과 20분예비력은 양수발전기와 기동정지의 발전기를 20분 안에 계통에 투입할 수 있는 대기운용시간에 대한 예비력이다.

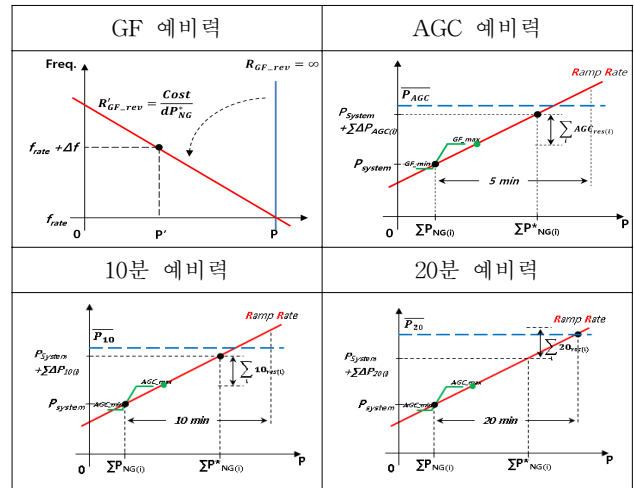


그림 3 예비력특성에 따른 발전기의 출력특성

Fig. 3 Output characteristic of Generator reserve

표 5는 계통의 안정을 위한 예비력 산정식을 나타내었다. 전력계통에서 원자력발전의 부하추종을 하기 위해서는 원자력발전의 신뢰도(안전)에 의한 발전출력의 변경비용과 각 비원전의 발전기 운용에 따른 계통의 신뢰도(안전)비용을 산정/비교하여 계통의 예비력을 산정한다.

표 5 원전의 안전과 계통의 안정을 위한 예비력 산정식

Table 5 Reserve calculation for Nuclear power security and power system stability

예비력 종류	계통예비력 산정식	원자력발전의 신뢰도와 운용비용
GF 예비력	$\sum_i^n \max [\min (RA - MW, GF_q), 0]_{(i)}$	$\frac{dC_{power}}{dP_{GF_{rev}}} = \frac{dC_{NG_{security}}}{dP_{NG}} \Big _{GF_{rev}}$
AGC 예비력	$\sum_i^n \max [\min (LFC_{max} - (MW + GF_{rev}), RR \times 5), 0]_{(i)}$	$\frac{dC_{power}}{dP_{AGC_{rev}}} = \frac{dC_{NG_{security}}}{dP_{NG}} \Big _{AGC_{rev}}$
운영예비	$\sum_i^n \max [\min (RA - (MW + GF_{rev} + AGC_{rev}), RR \times 10), 0]_{(i)}$	$\frac{dC_{power}}{dP_{10_{rev}}} = \frac{dC_{NG_{security}}}{dP_{NG}} \Big _{10_{rev_{min}}}$
비예비	$\sum_i^n \max [RA - (MW + GF_{rev} + AGC_{rev} + 10_{res}), 0]_{(i)}$	$\frac{dC_{power}}{dP_{20_{rev}}} = \frac{dC_{NG_{security}}}{dP_{NG}} \Big _{20_{rev_{min}}}$
대체예비력	$\sum_i^n RA_{120s(i)}$	

* 여기서, RA:최대발전용량, MW:현재출력용량, dC : 신뢰도 비용

2.3 원자력 발전의 부하추종 제어알고리즘

그림 4는 전력계통의 부하변동에 따른 발전력 및 부하차단에 대한 알고리즘을 나타낸 것이다. 전력계통의 부하패턴을 분석하여 발전력의 응답속도(초/분/시간단위)에 따라 필요한 예비력의 기준에 따라 계통에서 필요한 예비력 (ΔP_{accum})을 계산한다. 계통의 주파수(f)가 설정오차(ϵ_1)를 초과하지 않을 경우에는 원전의 부하추종을 하지 않는다. 또한, 발전기의 보호를 위한 주파수오차(ϵ_2)를 초과하였을 경우에는 저주파계전기를 이용하여 부하의 차단을 하도록 한다. 그러나, 발전기보호를 위한 주파수오차를 초과하지 않았을 경우 필요한 계통의 예비력을 계산하게 된다. 가장빠른 응답특성을 가진 GF예비력, AGC예비력, 그리고 Load Following예비력으로 가능한 예비력과 조정시 원자력발전의 안전성과 계통의 안정성비용을 계산하여 예비력을 설정한다.

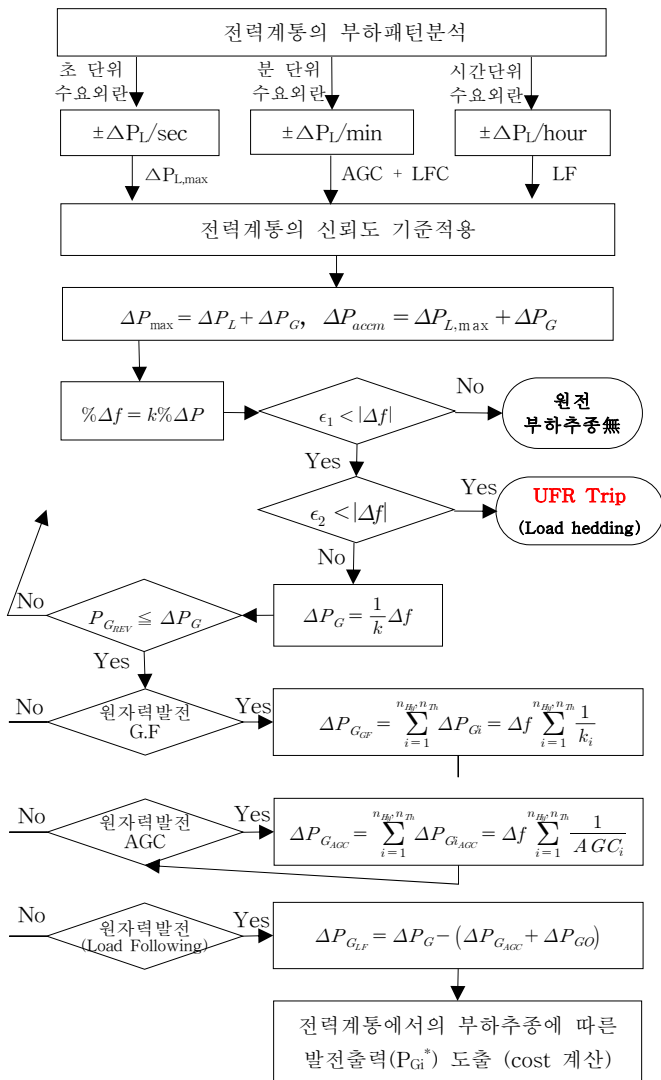


그림 4 전력계통의 정상상태에서의 원자력발전의 부하추종에 대한 알고리즘

Fig. 4 Load following algorithm of Nuclear Power Generator on steady state

2.4 사례연구

다음 표 6은 실제계의 전력시스템 data를 PSS/E를 이용하여 첨두부하(Peak)와 경부하(Off peak)에 대한 조류계산 결과를 나타낸 것이다. 모의계통의 총 운용설비용량은 105,407(MW)이고, 조류계산시 발전출력 및 부하를 계산하였다.

표 6 PSS/E 실제계통 data의 조류계산 결과
Table 6 Flow calculation result by using PSS/E program

부하	P _{Gen} (MW)	P _{Load} (MW)
peak (100%)	93,617	91,977
off peak (60%)	57,806	56,658

다음 표 7은 PSS/E의 조류계산을 통한 실제계통data에 대한 발전기들의 발전기를 검토하여 계통의 공급예비율을 검토하였다.

표 7 부하량에 따른 발전기의 용량 및 이용대수
Table 7 Capacity and used plant by load capacity of Generator

부하량 (MW)	P _{Gen} /P _{max} (MW)	이용발전기 수 / 최대발전기 수	기동정지량(MW) (발전기수)	공급예비력(MW)
peak (91,997)	93,617 / 98,159	282 / 411	15,473 (129)	4,542
off peak (56,658)	57,806 / 59,569	85 / 411	59,872 (326)	1,763

2.4.1 사례연구를 위한 모형계통

계통해석은 PSS/E를 이용하여 모의실험하였다. LOLP (Loss of Load Probability)기준에 대한 부하공급은 불가능한 것을 상정하여 공급대상 부하peak를 산정하였다. 연간 보수계획은 발전기 보수계획을 적용하고, 설비용량에서 제외되는 발전력을 산정하였다. 보수계획수립은 기동정지 프로그램(UC; Unit Commitment)를 이용하였다. 경제급전을 위한 발전력 배분하여 조류계산 수행하였다.

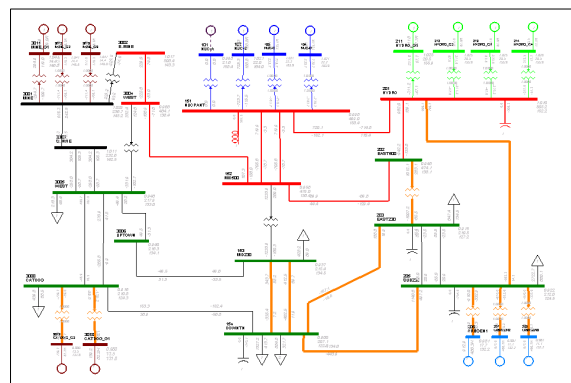


그림 5 사례연구를 위한 모의 전력계통
Fig. 5 Power system Model for case study

모의계통에서 부하패턴은 첨두부하, 중부하, 경부하, 발전 종류는 원자력, 화력, 수력으로 구분하였다. 부하패턴과 발전 종류에 따른 용량설정은 제5차 수급계획을 참조하였다.

표 8 모의실험에 사용된 설비구성 및 설비용량

Table 8 Equipment capacity and configurations to use simulation

발전종류	단위용량	대수	용량	구성비
1 원자력	800	4	3,200	39%
2 화력	600	6	3,900	47%
	150	2		
3 수력	600	2	1,200	14%
합계		14	8,300	100%

모의계통의 평가를 위해 설비용량(8,300[MW])에 따른 부하공급가능성을 검토하고, 예비력 산정을 하였다. 다음 표는 발전기의 보수정지(U.C.)에 의해 계통에 발전용량이 공급되지 않을 경우 부하의 규모(경/중/첨두부하)에 따른 수요공급가능성을 검토하였다.

표 9 설비용량에 대한 부하공급 가능성검토

Table 9 Possibility study by load supply

보수정지 발전기(N-1)	총 발전출력	경부하	중부하	첨두부하
원자력	7,500	o	o	X
화력 1	7,700	o	o	△
화력 2	8,150	o	o	o
수력 1	7,700	o	o	△

정상상태에서의 모의계통의 평가는 발전설비의 예비율을 검토하였다. 발전설비의 예비율은 전력수급기본계획에 따라 기준 수요대비 2013년까지 3.7~5.0%수준, 2014년 이후로는 13.9~20.4%수준 전력수급을 유지목표하고 있다. 본 연구에서 이용한 모의계통의 설비 예비율은 20%(1,660MW)으로 하였다.

표 10 설비용량에 따른 예비력산정

Table 10 Reserve calculation by Equipment capacity

예비력	예비력(MW)	비고	
총 예비력	1,660	총설비용량의 10%	
주파수 조정예비력	GF 예비력	415	운영예비력의 25%
	AGC예비력	207.5	운영예비력의 12.5%
운영예비력	10분 예비력	207.5	운영예비력의 12.5%
	20분 예비력	207.5	운영예비력의 12.5%
대기예비력	120분 예비력	622.5	운영예비력의 37.5%

3. 결 론

발전기의 예비력은 계통내의 전체 발전기가 갖는 무효전력 한계에서 현재 발전기가 출력되고 있는 전력량을 제외하여 계산된다. 그러나 무효전력은 주파수와 달리 국지적인 특성을 가지므로 모든 발전기가 계통의 전압제어에 동일한 영향을 미치지 않는다는 점이다. 그러므로 계통의 주요개소의 전압 유지에 영향력이 큰 발전기에 대한 가중치를 적용하여 무효전력 가치를 계량화하는 새로운 효율 무효전력예비력의 산출이 필요하다. 또한, 원전 부하추종의 경제성 여부는 발전력의 경제성 곡선이(원자력발전은 발전출력(PNG)이 일정하나 부하추종에 참여가정) 안전성으로 인해 상수가 기존 발전기와는 크게 달라질 것으로 예상된다. 부하변동에 대한 실시간 부하요금은 부하반응을 위한 요금정책이 필요한 부하용량보다 작은 경우로 주어질 경우와 비용에 대한 부하반응의 경제성이 큰 경우에 의한 추종 속도의 경제성이 큰 경우를 합산하여 보고, 원전의 부하추종 비용이 적게 드는 경우가 경제성이 있다고 판단한다.

본 연구에서는 앞으로 전력수요의 증대에 따라 계통에서 원자력발전의 비율이 증가함에 따라 계통에 미치는 영향이 커짐에 따라, 원자력발전의 부하추종에 대한 계통의 안정성에 대하여 검토하였다. 이를 이용하여 계통에서 필요한 예비력의 종류와 원자력발전의 신뢰도에 따른 부하추종에 대한 기본적인 연구로서 앞으로 전력계통에서 원자력발전의 운영과 최적 공급신뢰도의 수준을 결정하는 연구가 지속되어야 할 것으로 사료된다.

감사의 글

본 연구는 2012년도 지식경제부의 지원에 의하여 수행한 전력산업융합원천기술개발사업 연구결과입니다. 이에 감사드립니다.

참 고 문 헌

- [1] "The fifth power system plan about supply and demand", Ministry of Knowledge economy, pp.1-96, 2010.12
- [2] "The world nuclear power generation industry present condition and prospect", The Korea Bank, pp.1-18, 2011.04.
- [3] Mycle Schneider, Antony Froggatt, Steve Thomas, "Nuclear Power in a Post-Fukushima World", The World Nuclear Industry Status Report 2010-2011, pp.1-85, April 2011.
- [4] "2011 electricity yearbook", The Korean Institute of Electrical Engineers.
- [5] Laurent POURET, William J. NUTTALL, "Can Nuclear Power Be Flexible?" EPRG Draft Working.
- [6] Dae-Hoon Ahn, Seok-Kee Kwon, Haeng-Ro Joo, Eun-Jae Choi, "A Research of Optimum Supply Reserve Levels for Stability of Power system", KIEE, Vol.22, No.9, pp.55-61, Sep. 2008.

[7] Chang-Soo Oh, Kang-Wan Lee, "A Study on an Estimate of Frequency Regulating Reserve", KIEE, pp.264-266, July, 2005.

[8] L.N. Hannett, "Combustion Turbine Dynamic Model Validation from Tests", IEEE Trans. on Power System, Vol.8, No.1, Feb. 1993.

[9] YonugChang Kim, KwangIn Kim, JongBae Park, Sae II Oh, "A Study on the Determination of Reliability criteria in Generation Expansion Planning through LOLP Sensitivity Analysis", Energy Engg. J, Vol.4, No.2, pp.197~202, Oct. 1995.

[10] Sangsoo Seo, Daejeong Kim, Yoon-Hyuk choi, Byongjun Lee, "Calculation of generator Reactive Reserve Considering Network Configuration", KIEE, Vol.60. No.4, pp.711-716, Apr. 2011.



백 영 식 (白 榮 植)

1950년 7월 8일생. 1974년 서울대 전기공학과 졸업. 1977년 동대학원 전기공학과 졸업(석사). 1984년 동대학원 전기공학과 졸업(박사). 1977년 명지대 전기공학과 조교수. 현재 경북대 전자전기컴퓨터공학부 교수
Tel : 053-950-5602
E-mail : ysbaek@mail.knu.ac.kr

저 자 소 개



이 현 철 (李 賢 哲)

1979년 12월 13일생. 2002년 원광대 전기공학과 졸업. 2004년 동대학원 전기공학과 졸업(석사). 2004년~2005년(주)네스랩 연구원, 2007년~2009년 (주)그린넷파워 연구원. 2009~현재 경북대학교 박사과정
Tel : 043-731-7448
Fax : 043-731-7433
E-mail : oneye@knu.ac.kr



이 근 준 (李 根 準)

1981년 울산공대 전기공학과 졸업. 1985년 서울대학교 대학원 전기공학과(석사). 1996년 울산대 전기공학과(박사). 1976~1998년 한전전력연구원 선임연구원. 1988~1989년 미국 University of Texas at Arlington Energy System Reserch Center 연구원, 2001~2002년 미국 Arizona State University PSERC 교환교수. IEEE Senior Member, 발송배전 기술사. 현재 충북도립대학 전기과 교수.
Tel : 043-731-7448
Fax : 043-731-7433
E-mail : gjlee@cpu.ac.kr