

적정 공급 및 운영예비력 확보기준 개발에 관한 연구

변성현, 신중선, 안대훈, 여현근
한국전력거래소

A research of requirement criteria for reasonable supply reserve and operation reserve

Sung-Hyun Byun, Jung-Sun Shin, Dae-Hoon An, Hyeon-Keun Rju
Korean Power eXchange

Abstract - 전력산업은 국가경제 및 국민생활의 기반이 되는 기간산업으로서 그 역할이 중대하므로 계통운영자는 적정 예비력을 확보하여 양질의 전기를 안정적이고 효율적으로 공급해야 한다. 그러나, 계통규모의 지속적인 증가와 전력수급의 지역적 편중 가속화로 국내 여건은 갈수록 악화되고 있는 실정이다. 또한, 현행 예비력 기준은 계통규모와는 상관없이 정량적으로 확보하게 되어 있으며 예비력 소진시 재확보해야 할 기준도 마련되어 있지 않다. 따라서, 본 논문에서는 지역적 계통특성을 반영하고 항목별 예비력 기준을 세분화하여 보다 체계적인 예비력 운영기준을 제시하고자 한다.

1. 서 론

전력산업에 경쟁이 도입되면서 시장측면의 효율성이 강조되고 있는 것이 세계적인 추세이나 이는 전력계통의 안정성이 확보되어 있다는 전제하에서 성립되는 것이다. 특히, 단독계통으로서 대규모 전력수송이 불가피한 우리 계통은 더욱 그러하다.[1][2] 따라서, 전기품질 및 계통안정성을 유지하기 위하여 적정 예비력을 확보하는 것은 무엇보다도 중요한 계통운영자의 역할이 되고 있다.

2. 본 론

2.1 예비력 현황

2.1.1 예비력 확보기준

실시간 급접운영에 적용되고 있는 운영예비력은 순시 부하변동, 상정 고장 및 수요예측 오차 등을 대비하여 운전상태 출력여유분 1500MW와 정지상태 가용능력 2500MW를 합하여 최소 4,000MW 이상을 확보하게 되어있다. 운전예비력은 미소수요변동에 대한 주파수 조절을 목적으로 급전자동화설비(EMS)와 발전기 조속기에 의해 순시 자동응동 할 수 있는 예비력이며 정지예비력은 계통에 상정사고가 발생하거나 수요예측의 편차가 발생할 경우, 사전에 지정된 발전기를 기동함으로써 확보할 수 있는 예비력이다. 정지상태 발전기에 대한 예비력의 지정조건은 발전기 열간 기동시간과 연료비에 따르고 있으나, 연료계약이 발생하지않는 복합 및 기력발전기를 우선 지정토록 하고 있다. 아래 표1은 국내계통에 적용되고 있는 예비력 종류와 확보량이다.[3]

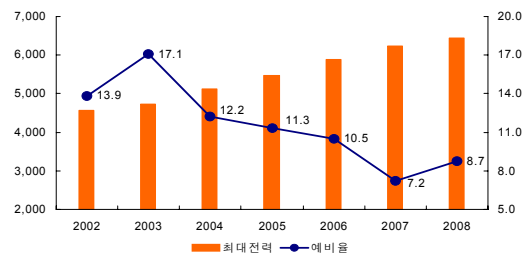
〈표 1〉 예비력 종류 및 확보기준

종류		확보시간	적용	확보량
주파수 조정	GF	순시	미소수요변화	500
	AGC	1분	주파수조정	500
대기	운전상태	10분	발전기 불시정지	500
	정지상태	20분	수요예측 오차	1,000
대체	정지상태	120분	발전소 정지	1,500
			송전설비 고장	
계				4,000

2.1.2 기준개선 필요성

2000년 이후 계통수요는 년 평균 6.2% 증가하면서 순시 부하변동량도 급증하고 있는 추세이며 계통구성이 복잡해짐에 따라 계통안정화장치(SPS)에 의한 발전력 또는 부하 차단량도 증가하고 있다. 그러나, 현행 예비력 확보량은 수치화되어 있어 계통변화에 대한 대응성이 저하되고 있으며 상정사고 발생후에는 예비력이 현저하게 저하되에도 불구하고 재확보 기준이 마련되어 있지 않다. 또한, 월간 단위 발전기 정비계획 및 휴전계획 수립시 계통상황 변동에 대비한 추가적인 예비력 확보기준이 마련되어 있지 않다. 따라서, 계통상황 변화에 유연하게 대응할 수 있는 예비력 확보 및 재확보 기준이 필요하다. 아래 그림1은 최근 6년간 전력수급 실적과 2008년 전망치이다. 전력수요가 증가하는데 반하여 상대적

으로 예비율은 하락하고 있는 추세이다.



〈그림 1〉 연도별 최대전력 및 예비율 추이

〈표 2〉 연도별 전력수급 실적

연도	설비용량	공급능력	최대전력	예비력	예비율
2002	5,280	5,211	4,577	634	13.9
2003	5,608	5,549	4,739	810	17.1
2004	5,913	5,753	5,126	627	12.2
2005	6,174	6,082	5,463	619	11.3
2006	6,478	6,518	5,899	619	10.5
2007	6,720	6,678	6,229	449	7.2
2008	7,019	7,012	6,449	563	8.7

2.3 예비력 운영기준 제안

실계통에서 예비력 운영의 신뢰성을 높이기 위해서는 예비력에 대한 적용 목적, 확보량, 성능기준 등이 명확히 정의되어야 한다.[4] 현행 예비력 기준은 2000년도 초에 작성된 기준으로서 다음과 같은 항목으로 세분화하여 보다 구체적인 예비력 운영기준을 제안한다.

2.3.1 예비력 적용기준

예비력 적용기준은 항목별 예비력의 사용목적을 정의하는 부분으로서 예비력 확보량을 결정하는 근거가 된다. 이번에 신규로 추가되는 보완예비력은 년월간단위 발전기 정비계획 및 휴전계획수립후 발생할 수 있는 계통상황 변동을 고려하여 추가적으로 확보해야할 예비력이다. 각 항목별 예비력 적용기준은 아래 표3과 같다.

〈표 3〉 예비력 적용기준

항목	적용기준	비고
주파수조정예비력 (GF, AGC)	순시 수요변화에 대한 주파수 조정 상정사고 발생시 주파수 회복	
대기예비력 (10분, 20분)	발전기 정지 및 수요예측 오차 대비 단일 최대상정사고 발생 후 재확보	
대체예비력	발전소 및 송전선로 고장 대비 단일 최대상정사고 발생 후 재확보	
보완예비력	동하절기 이상기온 발생 대비 년월간 발전기 정지계획 수립시 적용	신설

2.3.2 예비력 확보기준

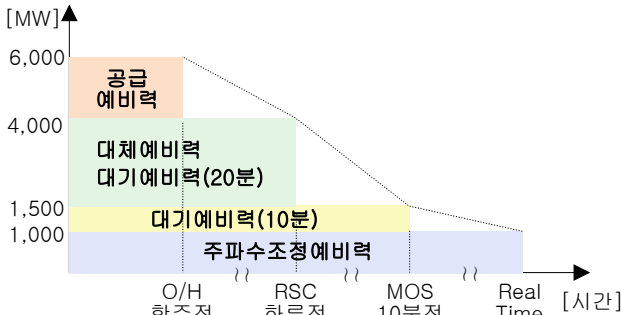
주파수조정예비력은 미소 부하변동에 대비한 예비력이나 최대단일용량 발전기 상정사고에 대비할 수 있는 예비력을 확보하도록 정의하였다. 이는 상정사고에 대비한 예비력이 순시 수요변화에 필요한 예비력보다 충분히 크고 예비력 확보량을 정확하게 결정할 수 있기 때문이다. 또한, 계통상태가 변경되어도 적정 수준의 대체 및 보완예비력을 확보할 수

있도록 결정조건을 세분화하였다. 예비력 확보기준은 아래 표4와 같다.

〈표 4〉 예비력 확보기준

항목	확보기준	비고
GF AGC	단일 최대상정사고 대비 50% 이상 확보 단일 최대상정사고 대비 50% 이상 확보	실시간
10분 20분	단일 최대 상정사고 대비 50% 이상 확보 단일 최대 상정사고 대비 100% 이상 확보	하루전 하루전
대체	① 단일 최대 상정사고 대비 100% 이상 ② 계통이상시 발생 가능한 발전소 탈락용량 ③ 대기예비력의 재확보 가능 용량 이상	하루전 (①,②,③ 중 큰값)
보완	① 정상기온 대비 2℃ 편차에 따른 수요증가량 ② 단일 최대 상정사고 2기 동시 탈락량 ③ 주·월간 단기 전력수요예측 대비 증가량	한달전 (①,②,③ 중 큰값)

주파수조정예비력은 사전에 정의된 발전기 GF 응답량과 1분 출력증감발량을 기준으로 실시간으로 확보하고 시장운영시스템(MOS) 급전주기마다 10분 대기예비력을 추가로 확보하며 하루전 발전기 기동정지계획 수립시 20분 대기 및 대체예비력을 추가로 확보해야 한다. 또, 월간 계통운영계획 수립시에는 보완예비력을 추가로 확보하여 운영예비력 부족을 방지해야 한다. 예비력 확보시점과 확보량은 아래 그림 2와 같다.



〈그림 2〉 예비력 확보량 및 확보시점

2.3.3 예비력 성능기준

예비력 성능기준은 설비특성과 계통요구 성능을 고려하여 합리적으로 결정해야 할 사항이므로 아래 표5에서 제시한 기준은 향후 심층적인 검토가 요구된다.

〈표 5〉 예비력 성능기준

항목	성능기준
GF AGC	주파수가 불감대 이상 변동하는 경우 즉시 응답 고유시정수(63.2%) 및 출력증감발률에 따라 응답
10분 대기 20분 대기	10분 이내 예비력을 제공 및 최소운전시간 이상 유지 20분 이내 예비력을 제공 및 최소운전시간 이상 유지
대체예비력	120분 이내 예비력을 제공 및 최소운전시간 이상 유지

2.3.4 예비력 재확보 기준

전력수급의 불균형이 발생하여 확보된 예비력을 사용할 경우, 해당상태를 정상상태로 정의하고 예비력을 재확보하여 계통신뢰도를 증진시켜야 한다. 운전예비력과 정지예비력은 일간 단위로 확보해야 할 예비력이므로 각각 60분 및 4시간 이내 재확보해야 할 필요성이 있으나 보완예비력은 월간단위 확보량이므로 재확보하지 않는다.

〈표 6〉 예비력 재확보 기준

항목	재확보 기준	비고
운전예비력	상정고장발생 후 60분 이내	재확보 기간내 추가 고장발생시 시간제한 없음
정지예비력	상정고장발생 후 4시간 이내	
보완예비력	재확보 하지 않음	

2.4 지역별 예비력 도입

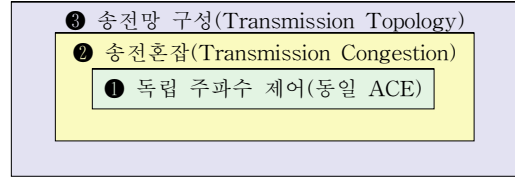
2.4.1 지역 구분의 필요성

국내 계통은 HVDC로 연결된 제주계통과 대규모 북상전력을 수송하고 있는 수도권 등 지역적 수급여건이 상이하다. 이는 외관상 보여지는 전체적인 예비력은 적절한 수준이나 지역별로는 예비력이 부족해질 수 있음을 의미한다. 즉, 수도권에 있는 발전기 정지시 북상전력 제약으로 해당지역의 발전기가 기동해야하나 예비력으로 지정된 발전기는 비수도

권에 있을 가능성이 있다. 따라서, 지역적 수급특성을 반영하여 예비력을 확보할 필요성이 있다.

2.4.2 지역 구분 방법

지역구분에 관한 일반적인 방법은 그림 3과 같이 전기적으로 독립된 주파수제어 지역에 의한 구분, 계통취약성을 고려한 송전혼잡에 의한 구분 및 물리적인 설비구성에 의한 송전망 구성에 의한 구분방법이 있다.



〈그림 3〉 지역구분 방법

상기 방법으로 국내 계통을 구분하면 표7과 같다. 이 중 북상전력과 HVDC 제약을 고려한 송전혼잡 구분방법은 계통안정도를 개선시킬 수 있으므로 국내 계통에 가장 적합한 방법이다.

〈표 7〉 예비력 재확보 기준

구분방법	지역수	세부 지역
① 독립 주파수 제어	2	육지, 제주계통
② 송전혼잡	3	수도권, 비수도권, 제주권
③ 송전망 구성	6	수도권, 중부권, 호남권, 영남권, 영동권, 제주권

2.4.3 지역별 예비력 확보

송전혼잡으로 구분한 3개 지역에 본 논문에서 제시한 예비력 기준을 적용하면 표 8과 같이 예비력 필요량을 산출할 수 있다. 여기서, 각 지역의 최대용량발전기는 영흥화력, 울진원자력, 남제주기력을 적용하였다.

〈표 8〉 지역별 예비력 필요량

예비력 항목	수도권	비수도권	제주
GF	400	500	40
AGC	400	500	40
10분 대기	400	500	40
20분 대기	800	1000	80
대체	1200	1500	120
보완	1600	2000	160
계	4800	6000	480

2.4.4 지역별 예비력 확보의 한계

지역구분에 따른 전체 예비력은 기존 6000MW에서 11280MW로 2배 정도 증가하여 시장측면의 효율성이 급격하게 저하됨을 보여주고 있다. 이를 해소하기 위한 근본적인 방법은 전력수급계획 차원에서 수요인근에 전원을 구성하거나 송전제약을 발생하지 않도록 송전선로를 보장하는 것이다. 그러나, 설비를 보장하는 방법은 예비력을 확보하여 운영하는 것보다 더 많은 비용과 시간이 필요하므로 장기적인 차원에서 전원 구성 및 설비보강에 대한 신호로 작용할 수 있어야 할 것이다.

3. 결 론

전력시장의 효율성과 계통운영의 안정성을 동시에 만족시키기 위해서는 계통상황에 맞는 적정 예비력을 확보하는 것이 중요하다. 본 논문에서는 계통변화에 유연하게 대응할 수 있도록 정량적으로 정의되어 있는 예비력 기준을 적용, 확보, 성능 및 재확보 기준으로 세분화하여 제시하였다. 또한, 송전제약으로 지역을 구분하고 지역별 예비력 필요량을 산출하여 장기적인 측면에서 전원계획의 나아갈 방향도 제시하였다. 향후에는 계통운영 실적을 고려하여 탄력적으로 예비력을 확보할 수 있는 방법에 대한 연구가 병행되어야 할 것이다.

[참 고 문 헌]

- [1] 대화기술단, 울산대학교, "적정 운영예비력 확보기준 및 확보량 산정에 관한 연구", 2002. 10
- [2] 안대훈 외 3명, "전력계통 안정을 위한 공급예비력 적정수준에 대한 연구", 대한전기학회, 2008. 3
- [3] 전력시장운영규칙, 한국전력거래소, 2008. 1
- [4] PJM, "Emergency operation", 2008