

도매경쟁시장에서의 자동발전제어 필요량 산정에 관한 연구

이창근*, 황봉환, 배주천
한국전력거래소

A Study on Assessment of AGC Requirements for Two Way Bidding Pool

Chang-Gun Lee, Bong-Hwan Hwang, Joo-Cheon Bae
KPX

Abstract - 2001년 전력산업의 구조개편에 따라 우리나라는 현재 발전경쟁시장(CBP)을 운영하고 있으며, 이어서 도매경쟁시장(TWBP)의 개설을 준비하고 있다. 도매경쟁시장에서의 계통운영 보조서비스는 전력거래소와 발전사업자간의 계약에 의하여 제공되며, 전력거래소는 전력계통 신뢰도 및 전기품질 유지기준을 만족시킬 수 있도록 보조서비스 필요량을 정하여 운영하게 된다. 본 논문은 도매경쟁시장에서 적용할 주파수제어보조서비스 중 정상상태의 주파수 제어에 사용되는 자동발전제어(AGC)에 대하여 실제 운영 실적자료 분석을 통한 AGC 필요량 산정방안을 제안하고, 적정필요량을 검토하였다.

보조서비스(Network Control Ancillary Service) 그리고 전 계통 혹은 지역계통 정전 시 계통 복구를 위한 정전계통 복구서비스(Black Start Ancillary Service)가 있다.[2,3]

이들 중 주파수 제어보조서비스는 정상상태에서 주파수를 유지하기 위해 주파수 조정 서비스(Regulation Reserve Services)를 운영할 계획이며, 서비스를 구현하기 위한 메커니즘으로 발전기의 조속기 자동응답(GF) 서비스와 자동발전제어(AGC) 서비스가 있다.

표 1 도매경쟁시장의 계통운영보조서비스

분류	항목
주파수제어 보조서비스(FCAS)	주파수 조정(RR) 주파수 응답(FCR) 10분 대기예비력(SR10) 30분 대기예비력(SR30)
전력망제어 보조서비스(NCAS)	전압제어(VCAS) 전력망 조류제어(NLCS)
정전계통 복구보조서비스(BSAS)	정전계통복구(BS)

1. 서 론

전력계통을 안정적으로 유지하고 원활한 도매경쟁시장의 운영을 위하여 계통 주파수, 전압 및 선로조류는 "전력계통 신뢰도 및 전기품질 유지기준"[1]에서 정한 범위 내에서 유지되어야 한다. 이는 일차적으로 에너지 시장의 수급균형을 통하여 자발적으로 이루어져야 하지만, 에너지 급전이 연속된 시간동안 이루어지지 않는 다는 점과 계통 사고 시 시장의 가격신호에 대응하는 발전원의 자체기동 시간이 늦은 특성으로 인해 전력계통의 안정운영을 위협하게 된다.[2] 계통운영 보조서비스는 이와 같은 시장한계를 보완하여 전력계통의 안정운영을 도모함으로써 전력시장을 원활히 운영할 수 있도록 한다.

도매경쟁시장에서 정상시 주파수 유지를 위한 보조서비스는 자동발전제어(AGC)에 의한 서비스와 조속기 자동응답(GF) 서비스가 운영될 예정이다.[2,3] 이들 서비스 중 자동발전제어 서비스의 필요량은 주로 계통운영 실적자료에 근거한 경험적 방법에 따라 산정하고 있다.[4,5,6,7,8]

한편, 우리나라의 CBP시장에서는 GF와 AGC 용동량을 묶어 1,000[MW] 이상 확보하여 운영하고 있으나, 향후 도매경쟁시장에서는 보조서비스 항목별로 필요량을 정하고, 에너지와 보조서비스를 최적화하여 운영하게 된다. 본 논문은 도매경쟁시장에서 적용할 수 있는 자동발전제어 서비스의 필요량을 산정하기 위하여 별도의 산정 시스템을 개발하고, 계통운영 실적자료를 이용하여 적정량을 검토하였다.

2. 본 론

2.1 도매경쟁시장의 계통운영보조서비스

도매경쟁시장의 개설에 대비한 계통운영 보조서비스는 표 1과 같이, 정상상태에서 주파수를 유지하고 고장 시 주파수를 정상 주파수로 회복시키기 위한 주파수 제어 보조서비스(Frequency Control Ancillary Service), 정상상태 및 고장 후 선로조류를 제한치 이내로 유지하여 전력계통을 안정적으로 유지하기 위한 전력망제어

2.2 자동발전제어 보조서비스

발전기 1기에 의한 자동발전제어(AGC) 공급량은 중앙급전실의 제어신호에 의해 해당 발전기가 1분 이내에 증발 혹은 감발할 수 있는 양으로 규정하고 있다.

정상상태의 전력계통에서 급전주기 이내에서 발생하는 주파수의 변동은 수요예측오차[그림 1a] 및 급전 지시 값에 대한 각 발전기들의 응답편차[그림 1b] 그리고 급전주기 이내의 수요패턴 예측오차[그림 1c] 등에 의해 발생한다.[8] 실제계통에서는 이들 요소들이 복합적으로 작용하고 있으며, 자동발전제어 보조서비스는 이와 같은 원인들에 의한 주파수 변동을 최소화 하여, 계통 주파수를 기준범위 이내에서 유지되도록 하는데 있다.

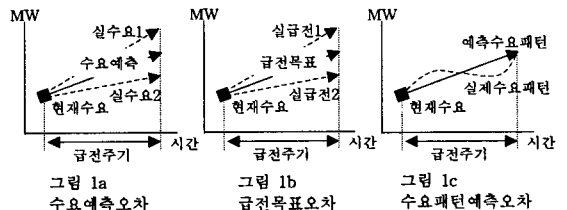


그림 1 정상상태 주파수 변동 원인

2.3 AGC 필요량 산정절차

자동발전제어 보조서비스 필요량은 주로 실적자료를 토대로 한 경험적 방법에 의해 결정하며, 본 연구에서 적용한 필요량 산정 절차를 그림 2에 나타내었다.

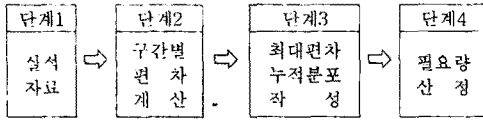


그림 2 자동발전제어 필요량 산정절차

단계 1 : 실적자료

자동발전제어 필요량을 산정하기 위해선 과거 AGC 보조서비스 운영 경험에 의해 취득한 AGC 운영 실적자료가 적합하다.[6,8] 하지만 우리나라는 전력시장의 초기 단계로서 이들 실적자료가 확보되지 않았으므로 계통 수요 실적자료를 이용하여 필요량을 산정할 수 있다.[7] 본 논문은 계통수요를 파악하기 위하여 2초 마다 중압 급전실의 에너지관리시스템(Energy Management System)에 저장되는 총 발전량과 해당시간의 계통 주파수를 이용하여 실시간 계통수요를 식 (1)에 따라 계산하였다.

$$D_{ct} = G_{mt} + 10B(f_r - f_{at}) \quad (1)$$

- D_{ct} : t 시간의 계통수요 [MW]
- G_{mt} : t 시간의 총 발전량 [MW]
- B_f : 주파수 바이어스 [MW/0.1Hz]
- f_r : 기준 주파수 [Hz]
- f_{at} : t 시간의 계통 주파수 [Hz]

식 (1)은 ACE(Area Control Error) 계산시 사용되는 식으로써, 주파수 바이어스(B_f)는 465.87[MW/0.1Hz]를 적용하였다. 이 값은 2002년 1월부터 2003년 3월까지 국내 전력계통에서 발생한 고장실적 자료를 이용하여 산출한 값이다.

한편, 주파수 바이어스는 일반적으로 최대수요의 1% 이상을 적용하고 있다.[9] 2002년 우리나라의 최대수요는 45,773[MW]이고, 1%는 457.73[MW]가 된다. 이 값으로부터 앞서 고장실적 자료를 사용한 계산 결과를 적정한 것으로 판단하였다.

단계 2 : 구간별 편차계산

AGC 보조서비스는 정상상태의 주파수 조정을 목적으로 하고 매 급전주기 이내의 수요 변동량을 보완하는 역할을 한다. 현재 도매경쟁시장의 급전주기는 5분으로 설

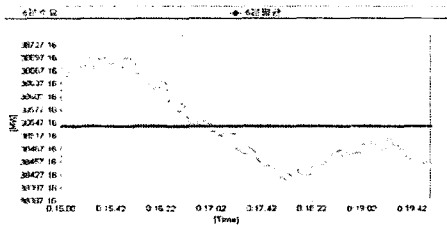


그림 3a 구간별 평균편차

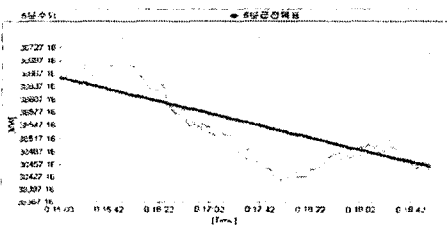


그림 3b 구간별 급전편차

계되었으므로, 계산구간을 5분으로 설정하였다. 발전기 1기에 대한 AGC량은 해당 발전기의 분당 출력 증감발률[MW/Min]과 관련되어 1분간 응답할 수 있는 양으로 규정하고, 전체 전력계통 운영의 측면에서 도매경쟁시장의 AGC 보조서비스는 해당 발전기가 5분 동안 공급가능한 양으로 계약을 체결할 수 있다.

그림 2와 같이, 구간별 AGC 필요량을 산정하기 위해 매 구간별 평균수요에 대한 상향 및 하향편차와 급전 목표값을 고려한 상향 및 하향편차를 각각 계산하였다. 급전목표를 고려한 편차의 계산에서 각 구간의 시작점은 이전구간에서의 급전 목표값이고, 종료점은 수요예측을 반영한 5분 급전 목표값으로 가정하였다.

단계 3 : 최대편차 누적분포 작성

구간별로 계산된 최대 상향 및 하향편차에 대하여 각각의 누적분포를 그림 4과 같이 계산하였다. 계산 결과, 급전편차에 의한 누적분포 결과는 평균편차에 의한 누적분포 결과에 비하여 AGC 필요 요구량이 다소 낮게 나타났다으며, 이는 도매경쟁시장의 개설 후, 5분 급전운영이 정착하면 AGC 필요량을 감소시킬 수 있음을 보여주고 있다.

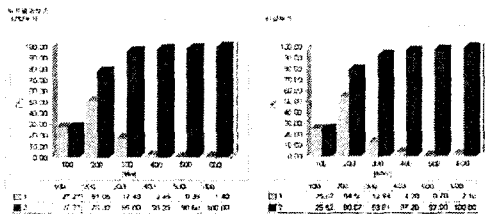


그림 4a 평균편차누적

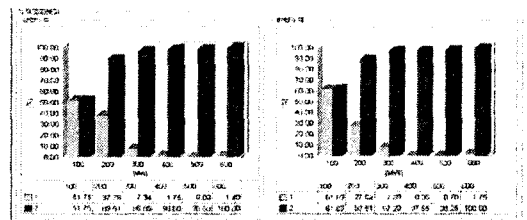


그림 4b 급전편차누적

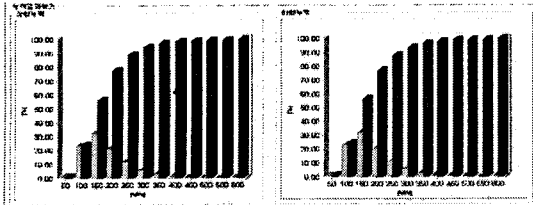
단계 4 : 필요량 산정

이전 단계로부터 일일 288개 구간에 대한 구간별 최대 상향 및 하향편차를 얻을 수 있고, 이들 자료를 종합하여 전체 조사대상 기간에 대한 평균편차 및 급전편차 누적 자료를 구축하였다. 본 연구는 2003년 4월부터 40일 동안의 실적자료를 이용하였다.

2.4 AGC 필요량 산정 결과

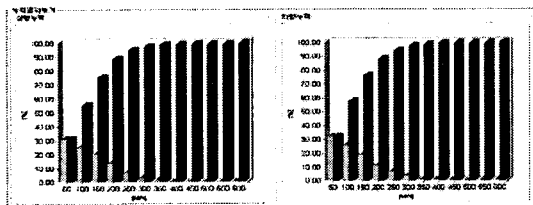
AGC 필요량은 “AGC 필요량 산정시스템”을 이용하여 계산하였으며, 그 결과를 그림 5에 나타내었다.

평균편차를 고려한 AGC 필요량 산정결과(그림 5a)로부터 AGC 증발 및 감발 필요량은, 본 결과가 비정상적인 계통수요의 변동이 포함된 점을 고려하여, 전체조사대상 기간의 98.8[%]를 만족시키고 있는 450[MW]를 각각 확보하는 것이 적절함을 보여주고 있다. 급전지시를 고려한 AGC 필요량 산정결과(그림 5b)는 전체 조사대상 기간에서 상향 98.6[%]와 하향 98.7[%]를 만족시킬 수 있는 증발 및 감발 필요량이 각각 350[MW]임을 보여주고 있다.



누적편차[MW]		50	100	150	200	250	300	350	400	450	500	550	600
상향 [%]	개별	1.0	23.3	32.1	20.9	11.4	5.7	2.7	1.2	0.7	0.3	0.2	0.7
	누적	1.0	24.3	56.3	77.2	88.6	94.2	97.0	98.1	98.8	99.1	99.3	100
하향 [%]	개별	1.4	23.3	32.2	20.2	11.0	5.6	2.9	1.5	0.7	0.3	0.1	0.8
	누적	1.4	24.7	56.9	77.1	88.1	93.7	96.5	98.1	98.8	99.1	99.2	100

그림 5a 자동발전제어 필요량 산정결과 - 평균편차



누적편차[MW]		50	100	150	200	250	300	350	400	450	500	550	600
상향 [%]	개별	30.7	24.4	20.2	13.1	6.3	2.7	1.2	0.5	0.2	0.1	0.1	0.5
	누적	30.7	55.2	75.3	88.4	94.7	97.4	98.6	99.1	99.3	99.4	99.5	100
하향 [%]	개별	31.8	25.5	18.9	11.5	6.5	3.4	1.0	0.7	0.3	0.1	0.0	0.2
	누적	31.8	57.4	76.3	87.8	94.3	97.7	98.7	99.4	99.7	99.8	99.8	100

그림 5b 자동발전제어 필요량 산정결과 - 급전편차

위의 두 결과는 수요예측오차의 발생에 따른 영향과 개별 발전기의 급전지시 응답편차에 따른 영향이 고려되지 않았다. 이들은 도매경쟁시장 개설에 대비한 모의운영을 통하여 각각의 영향 분석과 기여 정도를 파악하여 AGC 필요량 결정시 고려하여야 한다.

3. 결 론

도매경쟁시장에서의 자동발전제어 보조서비스는 정상상태의 주파수를 유지하는 역할을 하며, 필요량은 주로 실적자료를 토대로 한 경험적 방법을 통하여 결정한다.

본 논문은 우리나라 전력계통의 정상상태 주파수를 유지하기 위한 AGC 필요량을 결정하기 위해 (1) 실적자료를 이용하여 과거에 비하여 보다 체계적인 접근방법을 도입하였고, (2) 결과의 신뢰성을 높이기 위해 계통수요 계산시 실제 계통의 고장사태를 분석한 주파수 바이어스(Bf) 값을 적용하고, (3) 각 구간별 평균 및 급전 목표 값에 대한 편차를 이용하여 각각 필요량을 비교, 검토하였으며, (4) "AGC 필요량 산정시스템"을 개발하여 검토 시간 및 정확성을 향상시켰다.

본 연구를 통하여 검토된 AGC 필요량을 실제 도매전력시장에 적용하기 위해선, AGC 보조서비스 계약발전기의 실시간 운영환경 변화가능성과 우리나라의 전력시장이 초기단계인 점을 고려하여야 한다. 더욱이 AGC 필요량의 결정이 시장비용과 밀접한 관련이 있으므로 관련 기관 및 사업자 간의 심층적인 협의와 논의를 거쳐 적정 필요량을 결정할 필요가 있다.

향후 과제로서, (1) 지속적인 실적자료의 축적 및 (2) 다양한 분석방법의 개발, (3) AGC 필요량 결정시 적정 누적분포 수준 결정 등을 들 수 있다. 아울러 정상상태 및 사고 발생시 계통주파수 유지의 또 하나의 메커니즘

인 (4) 조속기 자동응답(GF) 서비스의 적정 필요량을 산정하기 위한 연구도 이루어 질 계획이다.

[참 고 문 헌]

- [1] 산업자원부, "전력계통 신뢰도 및 전기품질 유지기준", 2003. 4
- [2] 한국전력거래소, "Ancillary Service Commercial Framework", 2002. 2
- [3] 한국전력거래소, "Ancillary Service Technical Framework", 2002. 2
- [4] Eric Hirst and Brendand Kirby, "Ancillary-Service Details: Operating Reserves", OAK RIDGE NATIONAL LABORATORY, 1997. 11
- [5] Eric Hirst and Brendand Kirby, "What Is The Correct Time-Averaging Period For The Regulation Ancillary Service?", OAK RIDGE NATIONAL LABORATORY, 2000. 4
- [6] ERCOT, "2003 ERCOT Methodologies for Determining Ancillary Service Requirements", 2002. 11
- [7] ERCOT, "2002 ERCOT Methodologies for Determining Ancillary Service Requirements", 2001. 4
- [8] NEMMCO, "Optimisation of Regulation and Delayed FCAS", 2002. 10
- [9] NERC, "NERC Operating Manual", 2003