

계통보조서비스에서 부하자원의 활용방안에 대한 고찰

김성철*, 유성영*, 김형준**, 김형중***, 박종배****, 신중린****
 임진전기(주)*, LG산전**, 에너지관리공단***, 건국대학교****

A Study of Demand Response Resource in Ancillary Service

S.C. Kim*, S.Y. Yoo*, H.J. Kim**, H.J. Kim***, J.B. Park****, J.R. Sin****
 ILJIN Electric*, LG Industrial**, KEMCO***, Konkuk University****

Abstract - There are some demand response program which is Direct Load Control and so on in Korea. These are used to manage lack of power stability or shift peak time for shading load. It is very important not only using stability power system but controlling and scheduling power system on the whole. Interruptible loads are essential resources to solve lack of energy and limit of constructing generator. On recently days, Demand Response Program's reliability is recognized as ancillary or reserve service in many country. This paper presents a necessity to apply demand resource to our ancillary program. For this reason, it is introduce overseas ancillary program using load resource.

1. 서 론

부하자원을 활용하는 보조서비스를 고찰하기 위해 우선 보조서비스의 개요와 우리나라 부하자원의 현실에 대해 설명하고자 한다.

1.1 계통운영보조서비스 개요

계통운영보조서비스라 함은 전력계통의 안정성 및 신뢰성을 유지하기 위하여 이루어지는 주파수조정, 적정 예비력의 확보, 무효전력의 수급, 자체 기동발전등의 행위를 말하며 발전사업자가 공급하는 서비스를 말한다.

이는 전력계통을 구성하고 있는 발전기 및 송전계통의 특성에 따라 요구되는 정도가 달라지게 된다. 계통운영보조서비스는 2001년 4월 2일부터 시작된 우리나라의 발전경쟁시장(Cost Based Pool)에서도 2002년 5월 1일부로 계통운영보조서비스에 대한 정산을 시행중에 있다.

1.2 우리나라 부하관리제도

국내에서는 에너지이용을 합리적으로 사용하고, 전력 수요의 사용을 효율적으로 장려하기 위하여 여러가지 수요관리 프로그램을 개발하여 운영하여 왔다.

아래에 설명되는 프로그램들은 지금도 지속되고 있으며 하계 부하관리에 많은 도움을 주고 있다. 또한 에너지 사용자들이 한가지 프로그램 뿐 아니라 여러 가지 프로그램에 참여할 수 있도록 되어 있다. 이를 통해 우리나라 부하자원은 오래전부터 발굴되어 여러모로 활용되고 있었다.

표 1. 우리나라 수요관리제도의 연혁

구분	도입년도
휴가보수기간 조정지원제도(하계 시행)	1985년
자율절전지원제도(하계 시행)	1995년
부하이전지원제도(수급비상시 시행)	1990년
직접부하제어지원제도(수급비상시 시행)	2001년
비상절전제도(수급비상시 시행)	2003년

그 중 현재 활성화되어 운영되고 있는 직접부하제어 프로그램은 제1차 전력수급기본계획(2002년~2015년)에 의거 전력수요 증대에 따른 수급안정화 대책의 일환 시작되었다.

- 2001.3: 2000년 수요관리계획에 60억반영(한전)
- 2001. 12: 직접부하제어 주관기관 선정
- 2002. 5: 에너지관리공단 부하관리사업자 공모
- 2002. 7: 부하관리시범사업자 예비등록
- 2002. 8~2004. 5: 부하용량 확보

-에너지관리공단은 다음과 같이 확보하였다.

표 2. 에너지관리공단 직접부하제어 부하확보 결과

년도	2002	2003	2004	계
용량[MW]	290	370	400	1,060
수용가	298	119	133	550

-한국전력은 다음과 같이 확보하였다.

표 3. 한국전력 직접부하제어 부하확보 결과

년도	2001	2002	2003	2004	계
용량[MW]	110	280	370	380	1,140
수용가	35	86	125	130	376

위와 같은 부하들은 차단가능 부하들이며 90% 이상 이 3시간 이내 긴급제어에 참여하겠다고 약정하였다.

2. 본 론

현행 보조서비스의 각 항목을 살펴보면 그에 따른 부하자원의 적용가능 여부를 살펴본다. 또한 해외에 적용되고 있는 사례를 살펴본다.

2.1 보조서비스 항목

보조서비스는 전력시장 운영규칙에 다음과 같이 언급되어 있다.

표 4. 현행 예비력 분류기준

예비력 항목	세부항목	용량	응답시간
주파수조정예비력	GFC	500MW	-
	AGC	500MW	30초 이내
대기예비력	운전상태	500MW	10분 이내
	정지상태	1000MW	20분 이내
대체예비력	-	1500MW	120분 이내

표 4에서 주파수조정 예비력은 조속기응답(GFR)과 자동발전제어(AGC)와 같이 긴급하게 투입될 수 있는 발전력으로 구성된다. 대기 및 대체예비력은 각각 차이는 있지만 비교적 대응할 시간적 여유가 있는 발전력으로 구성된다.

2.2. 부하가 참여가능한 보조서비스

계통을 안정성과 신뢰성을 유지하기 위한 보조서비스를 충족하는 자원은 현재 발전기들로부터만 구성되어 있다. 그러나 차단가능 부하들이 발굴 및 검증되면서 이제는 발전 자원만이 아닌 우리나라 전역에 위치하고 있는 공장, 건물의 부하자원이 참여할 수 있다.

위에 언급된 계통운영보조서비스의 정의와 특성을 살펴보고 그에 따른 부하자원의 참여 가능성과 참여 형태를 보고자 한다.

2.2.1 주파수조정예비력

주파수제어예비력은 계통에 병입하여 운전하는 발전기의 자동발전제어(AGC) 또는 주파수추종(Governor Free) 운전에 따라 순시에 자동으로 응답할 수 있는 예비력으로 미소수요변화 및 원활한 계통 주파수 조정을 위한 적정량을 확보 운영한다.

해외의 경우는 응답이 즉각적인 부하를 활용하여 연구 및 적용하는 경우도 있는 원칙적으로 접근이 가능한 경우이나 국내의 경우는 보다 추가적인 연구이후 적용하는 것이 바람직하다고 생각한다.

2.2.2 대기예비력

대기예비력은 발전설비 불시정지 및 수요예측 오차 등에 대비하여 단시간(10~20분)이내 확보 가능한 예비력으로 운전상태와 정지상태로 구분되며, 운전상태 대기예비력은 계통에 병입되어 운전중인 발전기의 출력 여유분(주파수조정 예비력 초과 발전력)의 10분 이내 이용가능 예비력으로 단기 수요예측오차를 고려하여 확보하고, 정지상태 대기예비력은 상시기동이 가능한 대기상태의 발전기(수력, 양수, 가스터빈 발전기 등)의 20분 이내 이용가능 예비력으로 발전기 단위가 최대용량을 고려하여 확보한다.

대기예비력의 정지상태는 현재 부하로 충분히 접근이 가능하다. 인터넷으로 통합 계측 및 제어가 가능하기에 20분내에 사전통보하고 제어할 수 있으므로 대기 예비력의 정지상태의 부하적용은 바람직하다.

2.2.3 대체예비력

대체예비력은 발전소 및 송전설비 고장정지 등에 대비하여 발전력 및 부하로부터 120분 이내 이용가능한 예비력으로 대단위 전원단지용량, 송전설비 고장용량 등의 발생 가능한 고장용량을 고려하여 확보한다.

- 이상과 같은 계통운영보조서비스 참여 예상 용량
- 현재 전력시장 운용에 필요한 주파수조정예비력은 1,000 MW, 대기예비력은 1,500MW, 대체예비력 1,500MW임.
- 우선, 대기예비력 관련 필요용량 중 초반기 부하에 게 10% 정도 할당하여 검증과정을 거친 후, 장기적으로 발전기와 부하에 각각 50%를 할당하는 과정이 필요함.
- 향후 부하자원의 실효성과 신뢰성이 확인될 경우 수요측 자원의 우대정책방향을 감안 상향조정 검토

2.3 부하의 유형

직접부하제어 수용가중의 90% 이상이 3시간 이내 차단 가능한 부하이다. 생산활동이 주 업무인 전력사용자가 자신의 전력을 차단한다는 것에 대한 인식이 매우 부족하였다. 그러나 실제적으로 차단가능한 부하를 엔지니어링해보며, 또한 생산일정 조절의 가능성을 찾아 보았을 때 의외로 차단가능한 부하가 많음을 알 수 있었다. 실제로 3시간 이내로 직접부하 긴급제어 계약을 하였으나, 더 짧은 시간 안에 제어가 가능한 부하도 많이 있었다. 일례로 대규모 냉동부하, 전기로, 제지공장, 중소규모 조립공장 등은 보조서비스에 상시 대응할 수 있는 부하임을 확인하였다. 이에 대한 세부적 분류가 진행되고 있다.

표 5. 현재 부하자원이 참여가능한 보조서비스

예비력 항목	세부항목	참여가능 자원
주파수조정예비력	GFC	발전기, (부하)
	AGC	발전기, (부하)
대기예비력	운전상태	발전기, (부하)
	정지상태	발전기, 부하
대체예비력	-	발전기, 부하

2.4 해외사례

2.4.1 해외 ISO의 부하자원 보조서비스

(1) CAISO

캘리포니아 ISO의 보조서비스 프로그램은 다음과 같으며 몇 가지 부분에서 부하자원을 활용하고 있다.

- Participating Load Program
- 입찰가격 기초 (인터넷 기반 및 시장연동형)
- 예비력 7%이상인 정상상태(Normal Operation)에서 활용
- 비순동예비력 및 대체예비력을 하루전 경매시장에 참여하여 낙찰된 경우에는 시장에서 용량금액을 지급 받는다. 또한, 낙찰된 부하들에게 실제의 부하차단이 발생하는 경우에는(즉, 실시간으로 급전된 경우에는) 에너지금액이 지급된다.
- 보조에너지시장의 경우, 특정부하가 급전된 경우에 한하여 에너지금액이 지급된다.

부하자원의 참여는 FERC에서 승인받은 참여부하약정(PLA, Participating Load Agreement)에 의해 가능하다. 비순동예비력이나 대체예비력 보조시장의 참여부하는 연속적으로 ISO EMS에게 원격계량값을 제공해야 한다.

비순동예비력, 대체예비력 : (1) 1분 이내 응답 (2) 10분, 60분 이내에 차단할 수 있는 부하량 (3) 적어도 2시간 동안은 오프라인 상태 유지할 능력을 요구하였으며 가능 여부에 따라 부하자원이 이용되었다. 발전자원의 응답시간과 같은 개념으로 차단까지 소요되는 시간 제시해야 한다.

참여부하의 크기 : 1MW 이상(이보다 작은 규모의

부하는 이 조건을 충족하기 위해 부하 군을 형성할 수 있다.)

(2) NYISO

뉴욕 ISO의 10분, 30분 동기에비력 보조서비스에서 공급자가 발전사업자인 경우와 부하자원인 경우를 비교하면 다음과 같다.

- 공급자(발전사업자) : 10분, 30분 동기에비력의 요구시에 언제라도 계획된 전력을 공급할 수 있어야 하며 뉴욕내에 위치하고 있어야 한다. 또한 신뢰도 기준에 위배되지 않게끔 전력을 공급할 수 있어야 하며, 최소한 30분간 전력을 공급할 수 있어야 한다.

- 공급자(부하자원 보유자) : 10분, 30분 동기에비력의 요구시에 언제라도 계획된 만큼 전력의 사용을 줄일 수 있어야 한다. 또한 신뢰도 기준에 위배되지 않게끔 전력의 사용을 줄일 수 있어야 하며, 최소한 30분간 전력을 공급할 수 있어야 한다.

2.4.2 해외 부하자원의 활용 사례

미국 ISO의 보조서비스 중 Spinning Reserve의 경우를 예로 부하자원의 활용사례를 제시하고자 한다. Spinning Reserve는 부하가 참여하는 보조서비스 중 통신과 기술력이 필수적으로 요구되는 부분이다. 다음의 그림과 같이 원격에서 에어컨 부하를 즉각적으로 제어하므로 발전소와 순동하여 부족이 발생하는 발전력을 보충하여 준다.

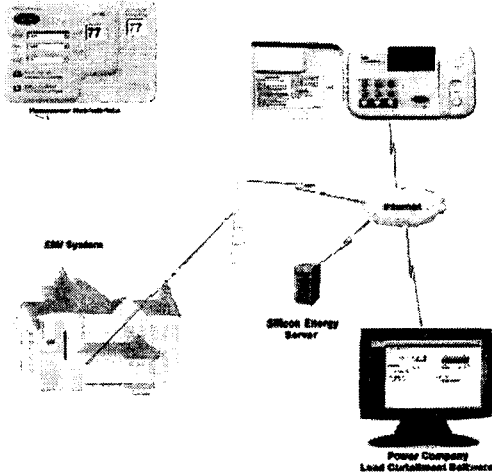


그림 1. 보조서비스를 제공하기 위한 네트워크

이러한 부하자원은 Spinning reserve의 응답속도에 견줄 수 있다. 뿐만 아니라 부하자원에는 응답할 수 있는 확률적 신뢰성이 있다. 만약에 100MW 발전소 6개의 예비력이 있고, 500kW 부하자원 1,200개가 있다고 보자. 계통에 문제가 발생하여 즉각적인 예비력 자원이 투입되어야 한다고 했을 때, 발전자원은 500MW까지는 응답할 수 있는 신뢰성이 95%가 된다. 그에 비해 600MW자원이 응답할 가능성은 74%로 급격히 떨어진다.

그러나 부하자원은 500kW의 작은 자원이 많이 있기 때문에 520MW까지 100% 신뢰성을 갖는다. 540MW의 부하자원을 활용할 수 있는 신뢰성은 90%이다. 이에 대한 비교는 그림 2에 잘 나타나 있다.

표 6. 4개 유틸리티들의 부하자원 활용 시범사례

	Units	Demand reduction	Spinning reserve
LIPA	23,400	25MW	75MW
ConEd	10,000	10MW	30MW
SCE	5,000	5MW	15MW
SDG&E	5,000	5MW	15MW

위의 표는 실제 2002년 여름에 가정용 에어컨과 일반용 냉방장치를 대상으로 Peak부하 제어를 통해 보조서비스 테스트를 한 데이터이다. 이를 관찰해 볼 때 냉방 부하자원 절감을 통해 부하자원이 Spinning reserve에 활용될 수 있는 가를 볼 수 있다.

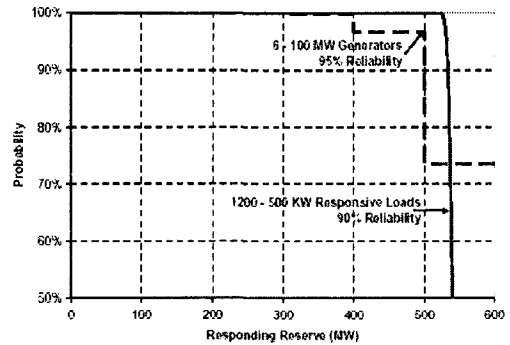


그림 2. 부하자원과 발전자원의 응답 신뢰성

3. 결 론

이상과 같이 보조서비스의 국내 기술적 규격이나 사양을 살펴보고, 부하자원의 적용여부와 해외사례를 살펴 보았다. 이를 통해 현재 부하자원의 보조서비스 참여는 국내에서도 충분히 적용가능함을 알 수 있다.

전력산업구조개편과 별개로 부하의 보조서비스 참여는 타당할 뿐 아니라 이에 관한 연구 및 시범사업이 필요하다고 할 수 있다. 이는 적정효율자원을 활용하여 고유가 시대에 에너지 절약뿐 아니라 계통 안정화, 국가적 비용 절감에 큰 역할을 할 것으로 기대되기 때문이다. 이를 위해서는 부하자원의 세부 분류화 및 부하자원 검증에 관한 절차가 요구된다.

[참 고 문 헌]

- [1] 한국전력공사 전력거래소, "전력시장운영규칙", 2000. 3
- [2] 한국전력공사 전력거래소, "급전운영규칙", 2000. 3
- [3] 한국전력거래소, "적정 운영예비력 확보기준 및 확보량 산정에 관한 연구(최종 보고서)", 2002. 10
- [4] 한국전력거래소 설계처, "CBP단계 보조서비스 비용지불 및 차기 경쟁시장(PBP 및 TWBP)대비 보조서비스 준비에 대한 연구(최종보고서)", 2001. 6
- [5] Kankar Bhattacharya, "Operation of Restructure Power System.", 2001.
- [6] Steven Stoft, "Power System Economics.", 2002.
- [7] Brendan Kirby, "Spinning Reserves from Responsive Loads.", 2003. 3