

수요측 자원의 예비력으로서의 활용에 대한 해외사례보고

한태경 김진호 전영환 홍준희
 서울대학교 경원대학교 홍익대학교 경원대학교

Foreign Experience of Deploying Demand-Side Resources as Reserve

Hahn, Tae-Kyung Kim, Jin-Ho Chun, Young-Hwan Hong, Jun-Hee
 Seoul Nat'l Univ. Kyungwon Univ. Hongik Univ. Kyungwon Univ.

Abstract - 전력수급에 있어서 공급측 자원을 대체하는 자원으로써 수요측 자원을 주목하는 가운데 그 활용분야로 수요측 자원을 예비력자원으로의 활용이 것이 연구되고 있다. 본 논문에서는 캘리포니아의 최대부하관리를 위한 에어컨 순환운전 프로그램을 수정하여 예비력자원으로 사용하려는 시도에 대해서 소개한다. 시연결과 부하측 자원은 반응속도와 신뢰성에 있어서 장점이 있지만 실제로 활용되기 위해서는 제도적인 뒷받침과 실제 운영경험이 필요하다.

순동예비력은 이미 시스템에 동기되어 운전되고 있어서 주파수를 조절하기 위해 수동 혹은 자동으로 즉시 반응할 수 있기 때문에 가장 중요한 상정 예비력이다. 순동예비력이 활성화되면 발전기는 출력을 즉시 출력을 변화시켜 10분안에 순동예비력 규정을 맞추어야 한다. CAISO는 전일시장이나 한 시간 전 시장의 경쟁적 입찰을 통해서 순동예비력을 얻는다.

부하측 자원을 순동예비력으로 사용하는 것은 시스템 운영자가 쓸 수 있는 전체 상정예비력을 늘이므로 순동예비력을 제공하는 발전기가 부족하여 순환정전을 하는 것을 방지한다. 순동예비력을 필요로 하는 상정사고는 드물게 발생하지만(한달에 한두번 정도) 발생을 예측하기 어려우므로 시스템운영자는 미리 가용한 예비력의 양을 항상 확보해야 한다. 예비력이 부족할 경우 순환정전을 실시해야 하므로 항상 예비력을 확보해야 한다. 의도적인 부하차단은 이러한 상황에 반하는 것 같지만 그렇게 함으로써 제한된 상정예비력으로 망의 신뢰도를 유지할 수 있다.

1. 서 론

전력에 대한 수요가 꾸준히 증가하는 가운데 전력공급을 위하여 신규발전소 건설같은 공급측 자원을 늘이거나 송배전설비를 확충하는 것은 유가상승, 환경에 대한 영향, 건설지연 등의 문제로 한계가 있다. 따라서 부하측 자원으로써 전력수급을 맞추는 것에 대한 연구가 활발히 진행되고 있으며 단순한 부하의 효율향상을 넘어서 다양한 연구 시행되고 있다.[1]

본 논문에서 소개하는 부하반응(Demand Response, DR)순동예비력 프로젝트는 CAISO(California Independent System Operator)와 SCE(Southern California Edison)의 주도로 이루어진 전력회사의 부하관리자원을 시스템의 신뢰도에 중요한 요소인 순동예비력으로 사용하는 것에 대한 새로운 시도이다.[2] 연구자들은 해당 부하측 자원들을 포함하여 예비력을 제공함으로써 CAISO와 SCE의 망운영자들은 시스템의 신뢰도를 높이고, 순환정전을 피하고, 시스템의 운영비용을 낮출 수 있을 것으로 예상하였다.

2.2 예비력으로서의 가능성

본 논문에서 소개하는 프로그램은 에어컨 순환운전 프로그램으로 기반으로 하는데 그 이유는 에어컨의 부하반응능력이 순동예비력의 특성과 유사하기 때문이다. 순동예비력의 작동기간은 일반적으로 짧은데 에어컨 순환은 고객들이 차단 사실을 인지하기 어려울 정도로 짧은 기간동안 차단될 수도 있다.

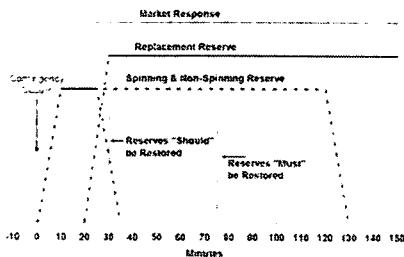
<표 2.1> 각 ISO 예비력 활용횟수 및 기간

	횟수	시간(분)	간격(일)
NYISO(2002)	239	11	1.5
ISO-NE(2005)	19	11	19
CAISO(2005)	26	9	14

2. 본 론

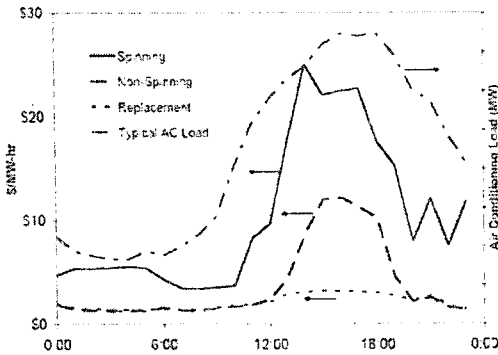
2.1 예비력

예비력을 활용하는 것은 갑작스러운 발전설비나 주요선로의 탈락에 대해서 시스템의 신뢰도를 유지하기 위한 우선적인 선택이다. 상정사고시 예비력을 통해서 발전과 소비를 균형을 맞추어 신뢰도를 유지한다.



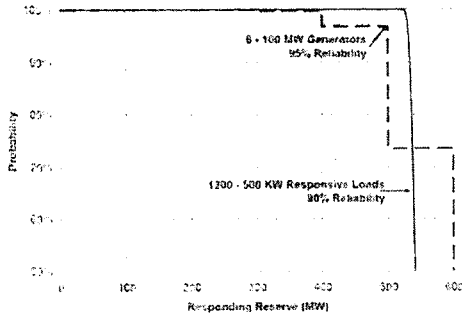
<그림 2.1> 상정사고시 예비력의 활용

또한 순동예비력의 작동은 상대적으로 드물고 피크 감소값이 매일 필요한 것이 아니라 상정사고시에만 필요하다. <그림 2.2>에서 보이듯이 부하가 낮을 때에는 공급측을 포함한 예비력자원이 풍부하므로 가격이 낮지만 최대부하시에는 발전기들은 부하공급을 위해 사용되므로 예비력이 최소화되지만 에어컨 부하의 경우 최대부하부하시에 그 양이 늘어나기 때문에 항상 가용하고 그 양도 충분하다. 이 때 예비력 가격도 높기 때문에 공급측 자원을 대체했을 때 시스템의 이득도 크다.



〈그림 2.2〉 예비력가격과 에어컨 부하

또한 에어컨반응은 신뢰할 수 있고 안정적이다. 대형 발전기가 반응에 실패할 경우 신뢰도에 큰 문제가 생기는 것과는 달리 주요 반응이 수천 개의 작은 기기들에 분산되어 있으므로 소수기가 반응에 실패하더라도 시스템 전체의 신뢰도에 문제가 되지 않는다.



〈그림 2.3〉 대용량 발전기와 소규모부하 비교

〈그림 2.3〉에서 95%의 신뢰도를 가지는 100MW발전기 6대와 90%의 신뢰도를 가지는 500kW부하 1200개를 사용하는 경우를 비교하였다. 발전기의 경우 6대 모두 가용할 확률이 74%로 5개가 반응할 확률 97%보다 매우 낮고 부하의 경우 520MW의 까지는 거의 100% 반응한다. 따라서 부하를 예비력으로 활용할 경우 보다 정확한 가용량을 예측할 수 있고 실제 활용할 수 있는 양도 크다.

2.3 예비력으로써 고유한 장점

부하측 자원을 순동예비력으로 사용하는 것이 기술적으로 가능하고, 부하측 자원의 특성으로 공급측 자원보다 유리한 점도 있다. 발전의 경우 반응이 끝나기 까지 10분이 주어지지만 부하측 자원의 경우 거의 순간적인 반응이 달성된다. 또한 발전의 경우 예비력 계약된 일부 발전기에서만 제공가능한 지역적 제한이 있지만 부하측 자원의 경우 전력회사의 서비스 지역의 어디에서든지 부하가 있는 곳이라면 제공이 가능하다.

〈표 2.2〉 부하측 자원의 반응속도의 예시

Test Initiated	2:00:01	2:58:30	3:59:45	4:59:29
Signal Sent	2:01:10	3:01:10	4:01:10	5:01:10
Units Responded	All Powersight Values +/- 2 Seconds			
Powersight 1	2:01:29	3:01:25	4:01:25	5:01:25
Powersight 3	2:01:29	3:01:25	4:01:25	5:01:25
Powersight 4	2:01:27	3:01:27	4:01:27	5:01:27
Avg Response Delay (sec)	18.33	15.67	15.67	15.67

2.4 예비력으로 활용의 문제점

부하측 자원을 포함한 순동예비력 사용에 문제가 되는 세가지 주요 구조적 이슈들은 다음과 같다.

1) 현행의 Western Electric Coordinating Council (WECC) 신뢰도 기준은 부하측 자원의 순동예비력제공을 막고 있다. 명시적으로 배제시킨 것은 아니지만 이전에 수요측 자원의 이러한 활용을 고려하지 않았기 때문에 공급측 자원을 대상으로 한다.

2) 이런 이유로 시스템 운영자는 부하측 자원을 순동예비력으로 활용하는 것에 대한 경험을 가지고 있지 못하다. 규정의 개정뿐만 아니라 시스템 운영자가 부하측 자원이 공급측 자원만큼 안정적이고 효과적이라고 확신해야 한다.

3) 셋째로 집합, 측정, 검증, 정산에 대한 시장규칙이 검토되고 적절히 개정되어 집합적 부하측 자원이 CAISO의 도매시장에서 경쟁적인 순동예비력 제공에 참가할 수 있어야 한다.

2.5 현장시험의 실행과 결과

2.5.1 현장시험 참가대상 선정

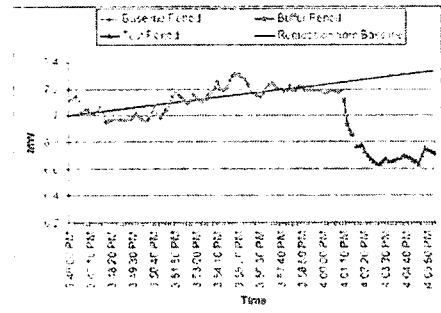
현장시험의 대상이 되는 배전단은 더운 기후의 Inland Empire(Los Angeles와 San Bernardino 사이)를 선택했다. 이 지역은 비교적 새 건물들이 있다. 기상측정소는 8마일 떨어진 Mira Loma를 선택했다. 대상프로그램은 SCE의 Summer Discount Plan을 선택하였다. 해당 프로그램은 1983년부터 시행되어져 온 에어컨의 순환운전프로그램이다. 에어컨 차단을 예비력처럼 사용하기 위해서 해당 요금제와 활용시간 및 실비에 대한 규정을 수정하였고 2004년의 부하데이터를 통하여 대상을 선정하고 대규모 집중마켓팅을 통하여 참여자를 늘였다. 실제 현장시험을 2006년 9월 중순부터 11월 초순까지 시행하였고 그 결과를 다음 절에 설명하였다.

2.5.2 현장시험 결과

해당 기간동안 총 37번의 부하차단이 일어났고 그중 의미가 있는 30개의 데이터를 선정하여 분석하였다. 차단량은 추세선과 실제 부하사이의 차이로 추정한다.

〈표 2.3〉 현장시험 결과

주	횟수
2006년 9월 셋째주	1
2006년 9월 넷째주	4
2006년 9월 다섯째주	4
2006년 10월 첫째주	2
2006년 10월 둘째주	0
2006년 10월 셋째주	3
2006년 10월 넷째주	10
2006년 10월 다섯째주	0
2006년 11월 첫째주	6



〈그림 2.4〉 차단량의 추정

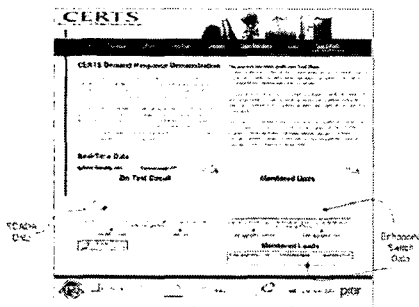
현재까지의 결과로부터 다음과 같은 프로그램 설계 및 기술적인 측면의 중요한 결과를 얻을 수 있었다.

1) 단일배전단 고객에 대한 에어컨 순환프로그램 마케팅은 성공적으로 보인다. SCE는 대상고객의 상당수(약 1/3)를 시행에 참가시켰다. 이전의 부하순환 프로그램에 대한 대량 마케팅의 경우 1~2%정도 반응했던 것에 비하면 상당한 것이다.

2) 대모를 위해서 전화 및 직접방문, 공공기관참여, 지역행사에서 모집 등을 포함한 대규모 마케팅 기법이 사용되었다. 향후에 목표된 마케팅 접근법을 다듬어서 고객부하반응 프로그램에서 추가적인 특징장소(location-specific)이득을 얻는데 사용할 수 있다.

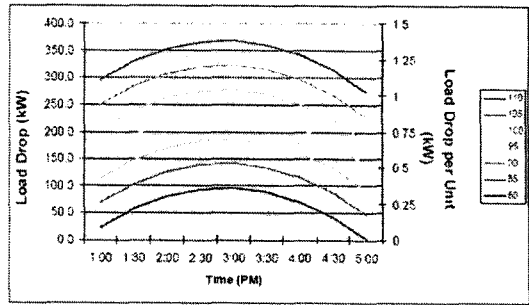
3) 이 고객들의 에어컨을 예비력을 활용하듯이 차단하는 것은 사용자의 불만을 일으키지 않을 것이다. SCE는 남부 캘리포니아의 후반기 냉방기간에 해당고객의 에어컨을 5~20분간 37번 차단하였지만 어느 고객도 불만을 제기하지 않았다. 기존의 Summer Discount Plan에서는 CAISO가 2단계 위급상황을 발령하거나 지역 SCE의 송전위험시 한시간에서 4시간사이 동안 부하차단이 이루어지는데, 실제 이러한 차단이 발생하면 SCE는 보통 수백건의 프로그램 탈퇴요청을 받는다. 하지만 순동예비력 시험 중 발생한 부하차단에 대해서는 불만이 제기되지 않았다.

4) 공개적이고 보안성 있는 웹사이트를 통하여 부하차단의 실시간 관측이 가능하다. 프로젝트 팀은 실시간으로 외부(망운영자)에서 부하차단을 관측할 수 있는 유연하고, 공개적이지만 보안성 있는 데이터 통합, 집합, 전시 플랫폼을 제공했다. 동일 배전반 하의 집합적 부하 제어량과 비교측정장치가 달린 발전기의 성능을 바로 비교할 수 있게 하였다. 앞으로 본 프로젝트에서 보인 것 같은 유연하고 공개된 플랫폼에 채택한다면 운영자가 집합적인 부하에 대한 실시간 정보를 확보하고 실시간으로 프로그램의 성능을 검증하는 데 드는 비용을 줄일 수 있을 것이다.



〈그림 2.5〉 데이터 공개 웹사이트의 예

5) 본 프로젝트에서 개발된 방법들을 사용하여 앞으로 날씨와 시간의 함수로 부하차단의 크기를 예측할 수 있을 것이다. 부하차단이 일어나지 않았을 때의 부하를 추정할 수 있는 통계적인 방법과 이것을 실제 삭감되어 나타나는 부하와 비교할 수 있는 수단들을 개발했다. 부하차단량과 기상조건과의 관계에 대해서 확인하는 작업이 이루어졌고 시간에 대한 관련성도 어느 정도 확인하였다. 모든 방법들은 배전단의 부하의 사후검토를 기반으로 한다. 궁극적으로 시간과 기후조건 함수로 부하차단량을 예측하는 것이 가능할 것이다. 이러한 분석에는 광범위한 기상조건에 따른 개별기기의 행동에 대한 정보가 필요하다.



〈그림 2.6〉 온도와 시간의 함수로 표현한 부하감소량

6) 부하차단은 화력발전이 제공하는 예비력보다 빠르게 이루어 질 수 있다. 20초 안에 최대한 부하반응을 할 수 있고 기술적으로 더 빠를 수 있음을 알아냈다. 이 반응은 10분 안에 최대한 출력을 내야하는 화력의 순동에 비해반응보다 10배정도 빠르고 기술적으로 부하차단과정을 간결화 할 수 있으므로 거의 즉각적인 반응이 가능하다. California Energy Commission의 Public Interest Energy Research (PIER) 프로젝트는 이와 같은 빠른 순동예비력자원이 CAISO에서 가지는 가치에 대해서 확인하기 시작했다.

3. 결 론

집합적인 부하측자원을 순동예비력으로 활용하는 것은 캘리포니아의 신뢰도를 개선하고 순환정전을 방지하고, 시스템 운용비용을 줄이는 새롭고 유용한 방법이다. 본 연구에서는 그 방법의 실현을 위한 현장시험을 하였으며 그 결과 충분한 가능성이 있음을 보였다. 이와 함께 과거의 전력회사의 부하관리자산이 어떻게 신뢰도 서비스를 위한 도매시장에서 가치가 정해지는 경쟁적 자산으로 새롭게 위치할 수 있는지를 제시한다. 오랜 기간 감가상각이 이루어진 자산이라도 전력회사가 시스템의 신뢰도를 높이고 신뢰도 서비스를 확고히 하는 비용을 낮추는데 활용함으로써 그 가치를 높일 수 있는 가능성이 있다. 이 경우 전력회사는 자체적인 순동예비력요구에 사용하거나 직접 CAISO의 경쟁적 예비력시장에서 판매할 수 있다.

[참 고 문 헌]

- [1] "Roadmap for Demand Response in the Australian National Electricity Market", The Australian Team International Energy Agency Demand Side Management Task XIII(Demand ResponseResources), DEC 2006
- [2] Demand Response Spinning Reserve Demonstration, ERNEST ORLANDO LAWRENCE BERKELEY NATIONAL LABORATORY, LBNL-62761, 2007