

## 부하차단 메카니즘에 관한 연구

신호성, 문종필, 김재철, 송경빈

숭실대학교

### A Study on Mechanism of Load Shedding

HO-Sung Shin, Jong-Fil Moon, Jae-Chul Kim, Kyung-Bin Song  
Soongsil University

**Abstract** - Electrical power peak demand of Republic of Korea is annually growing and the peak demand has occurred in the summer. It is difficult that we handle with constructing power plants and increasing generation capacity to cope with a suddenly increased demand due to the cost problem, difficulty to find the new plant site, and the spread of the NIMBY. The alternative of the above problem is to efficiently manage demand of electrical power. Accordingly, load shedding of a section of demand side management is investigated. First we surveyed a trend of research in the domestic and overseas, for load curtailment and demand response program. After reviewing several demand response programs, the future research direction for load shedding in emergency and normal operation is introduced.

## 1. 서 론

양질의 전력을 공급하려면 적정 예비율 및 전력품질을 유지해야 한다. 하지만 늘어나는 전력수요에 따라 공급 예비율 저하가 예상되고, 전력설비를 신·증설 하는 데는 넘비현상, 지가상승, 시민단체 및 환경단체 등 민간이해 당사자의 참여 확대 등으로 인해 막대한 자금 및 시간이 필요하다. 일정 부분에 대해서는 전력수요를 합리적으로 조정함으로써 전력공급을 위한 과도한 투자를 억제 또는 지연시켜 최소의 비용으로 전력수요 증가에 대응하는 것이 국가적 차원에서 경제적이다. 또한 전력계통 붕괴 시 손실이 적은 부하를 우선적으로 차단함으로써 사회적 피해를 최소화할 수 있으며, 기존의 발전설비 및 에너지 자원을 최대한 활용하는 최적의 전력공급 및 소비 시스템구축이 가능하게 된다[3].

소비자의 입장에서 보면 발전담합 등에 의한 전력가격 폭등을 방지 할 수 있고, 부하관리 프로그램 참여에 따른 인센티브 수입을 얻을 수 있다. 그리고 무상 설치되는 제어기기를 활용하여 자체적으로 최적의 전력부하관리 시스템 구축이 가능하게 된다. 또한 Black Out 가능성으로 국제 경쟁력 악화를 방지할 수 있으며, 수급 비상시 손실이 적은 부하가 우선 차단됨으로써 피해를 줄일 수 있다[1,2].

미국의 경우 직접부하제어를 DR(Demand Response)라 하며 에너지부 전력기술국의 DR 잠재성 조사 결과를 보면 고객들이 부하를 줄일 수 있는 역량을 보이며 상업용 부하의 적극성이 보인다. 또한 정전예방 목적인 경우 긍정적인 참여 의사률 보인다는 특징을 보

인다[2].

본 논문에서는 직접부하제어를 정의하고 국내외 부하차단관련 동향을 조사하고 향후 부하차단 메카니즘의 효율적인 수립을 위한 방향을 제시하고자 한다.

## 2. 직접부하제어의 국내외 동향

### 2.1 직접부하제어의 정의

직접부하제어는 비상시 직접부하제어와 상시부하제어로 크게 구분되며 다음과 같다. 비상시 직접부하제어(협의의 정의)는 전력수급 불안정시 정부의 정책적인 판단에 따라 시행되며, 이 때 직접부하제어 주관기관 및 부하관리사업자는 수용가의 직접부하제어장치를 이용하여 부하를 제한하도록 한다[5]. 상시 직접부하제어(광의의 정의)는 향후 도매경쟁시장에서 수용가가 능동적으로 전력시장에 참여하여 부하를 제어하는 모든 형태의 부하참여 프로그램을 의미하며, 이러한 부하참여 프로그램에는 수요측 입찰, 보조서비스 제공, 혼잡처리 등이 포함된다[5].

EIA(Energy Information Administration)에서 정의한 내용을 비교해 보면, 먼저, 직접부하제어는 연중피크밸생시점에 전력회사의 시스템 운영자가 직접 수용가기기의 전력공급을 차단하여 수용가 부하를 관리하는 부하제어 방법으로, 주로 주택용 수용가를 대상으로 한다. 차단가능부하(Interruptible load)는 계절적인 피크부하가 발생하는 시기에 시스템운영자는 사전에 체결된 계약조건에 의해 수용가의 부하를 직접 제어하거나, 수용가가 직접부하를 차단하도록 요청하는 부하제어방법으로서, 주로 산업체나 상업용 건물에 적용한다[4].

또한 IEEE의 정의는 다음과 같다. 직접부하제어란 첨두부기간이나 기타 시간대에 필요에 의하여 선택된 수용가들의 수요를 제한하는 일련의 행위를 말한다. 상기 기간 동안 수용가 구내에 있는 제어장치를 동작시키기 위하여 일방향 또는 양방향 통신시스템이 사용된다. 그런데 이 정의는 국가별, 또는 시행 주체별로 상이하며, 향후 우리나라로 경쟁적 전력시장의 도입에 따라 이를 재 정의할 필요성이 있을 것으로 판단된다[3].

### 2.2 직접부하제어의 국내현황

원격제어에어컨 보급지원사업을 1999년 7월 시작으로, 2001년 5월에는 한전주관으로 직접부하제도를 실시하였으며, 2002년 1월에는 에너지관리공단도 주관기관으로

선정하여 활발하게 직접부하제어사업을 추진하고 있다. 현재 우리나라는 직접부하제어 프로그램의 시범사업을 한전과 에너지관리공단으로 이원화하여 운영하고 있다. 한전에서 운영중인 직접부하제어 프로그램은 정부주도형으로, 경쟁적 전력시장에서 전력계통 및 전력시장의 안정화를 위해 사전에 결정된 정부의 정책적 판단기준에 따라 계통운용자 및 시장운영자인 한국전력거래소가 원격제어 시스템을 이용하여 제어 가능한 부하를 원격으로 차단하는 새로운 부하제어 방식을 취하고 있다. 한편, 에너지관리공단에서 운영중인 직접부하제어 프로그램은 시장주도형으로써, 비상시 부하제어 뿐만 아니라, 배전회사 및 판매회사가 최적의 수요측 입찰을 시행할 수 있도록 하는 전력 IT 인프라 구축을 목적으로 하고 있다. 또한 보조서비스 입찰 및 계약 지원 인프라 및 혼잡처리 지원 인프라 구축도 준비하고 있다[6].

현재 우리나라의 직접부하제어 핵심내용을 살펴보면, 직접부하제어 대상설비를 보유한 수용가와 직접부하제어 주관기관이 직접부하제어 협약을 맺는 것이다. 또 주관기관은 대상설비에 대해 제어 및 통신시스템을 설치하고, 참여 수용가는 협약을 맺음으로써 7월~8월 2개월간에 걸쳐 제어대상용량(kV)에 대해 기본지원금을 제공받는다. 전력수급이 불안한 경우 주관기관은 전력거래소와 협의하여 부하제어를 실시하며, 이 경우 제어에 따른 지원금이 지급된다. [3],[6]

### 2.3 직접부하제어의 해외현황

해외의 직접부하제어의 현황은 PJM전력시장과 NYISO의 전력시장과 캘리포니아의 전력시장을 중심으로 정리한다.

#### 2.3.1 PJM 전력시장

PJM 전력시장은 비상시 부하반응 프로그램과 경제적 부하반응 프로그램을 갖고 있다. 비상시 부하반응 프로그램(Emergency Load Response Program)은 비상시 소비자의 자발적인 참여에 의한 부하 삭감을 수행한 최종 소비자에게 보상하는 제도로 참가 자격요건은 다음과 같다.

- On-Site Generators

- 프로그램 적용대상자는 계통에 동기될 수 있거나 비동기 될 수 있는 발전기를 소유한 수용가

- Load Reductions

- EDC(Economic Distribution Company)에서 측정된 부하 중 측정 가능한 부하량을 차단 할 수 있는 수용가

비상시 부하삭감 프로그램에 참여하기 위해서는 100[kW] 이상의 부하를 줄일 수 있는 능력이 있어야 하며, 비상시 PJM의 통보를 받을 수 있어야 한다[7,8].

실시간 경제적 부하반응 프로그램(Economic Load Response Program-Real Time)은 시장가격이 높게 형성되었을 때 부하관리사업자 (LSE : Load Serving Entity) 또는 CSP (Curtailment Service Provider)가 수용가에게 부하를 실시간으로 차단하도록 유도하는 프로그램이 설계되어 있으며, 부하절감량에 대해서는 LMP에 따라 정산하게 되어 있다. 이 부하삭감 프로그램은 자발적인 참여를 권장하여 프로그램 불이행에 대한 페널티를 주지 않았으며, 또한 상대적으로 간단하고 전력회사는 참여할

수 없었기 때문에 프로그램 실행에 따른 확실한 잠재이익이 보장되었다. 그러나 이 프로그램은 전력소비 계량에 있어서의 불확실성과 부하절감통보 방법에서의 문제점이 존재한다[7,9,10].

#### 2.3.2 NYISO 전력시장

이 프로그램의 가장 큰 특징은 소비전력을 절감하는 것 자체로 발생하는 요금절감만으로는 고객에게 부하절감의 충분한 인센티브가 될 수 없다는 판단에서 절감부하를 공급력으로 보고 발전전력과 동등한 금액을 고객에게 보상으로 지불하는 것이다. 2001년 5월 두 종류의 DR 프로그램을 도입하였다.

##### ○ 전일 수요반응 프로그램(DADRP:Day-Ahead Demand Response Program)

수용가도 NYISO가 운영하고 있는 전일시장에 부하절감입찰을 할 수 있으며, 부하절감입찰이 낙찰된 경우에는 부하절감입찰과 수요입찰의 쌍방에 결제한다. 우선 부하절감입찰에 대해서 CSP(Curtailment Service Provider)가 소속하는 지역의 전일 시장 결제가격이 NYISO로부터 CSP로 지불된다. 시장결제 가격은 지역별 한계가격(LBMP : Locational-Based Marginal Price)으로 송전계약에 의한 재급전 비용 등이 반영된 가격이다. 부하에 의한 절감일 경우에는 만약 운전당일 스케줄이 되어있는 데도 부하절감을 하지 않으면 CSP는 전일 LBMP 또는 실시간 LBMP 중 높은 쪽의 110%에 상당하는 가격을 위약금으로 지불하게 된다[7,10,13].

##### ○ 비상시 수요반응 프로그램(EDRP:Emergency Demand Response Program)

비상시 수요반응 프로그램(EDRP)은 실시간 계통운영에 규정된 양의 운영예비력을 확보할 수 없을 경우에 EDRP를 발동한다. NYISO는 CSP에 프로그램개시 시간과 예상지속시간을 최저 2시간 전에 각 CSP에 통지한다. 통지를 받은 CSP는 스스로 부하절감을 개시한다. 부하절감은 어디까지나 CSP의 자율적 결정에 근거한 것이며 부하절감 불이행에 따른 벌칙은 없다. 결제방법은 EDRP를 4시간 이상 계속한 경우 \$500/MWh 또는 CSP가 소속하는 지역의 실시간 LBMP 중 높은 쪽이 적용된다. 4시간 미만인 경우는 4시간 발동한 것으로 결제한다. 즉 4시간분의 수입이 CSP에 보증되는 것이다[7,10,13].

#### 2.3.3 캘리포니아 전력시장

비상시 캘리포니아 전력감독국(CAISO)의 부하 삭감 프로그램 (Load Reduction Programs)은 적절한 예비력을 유지하기 위한 이용 가능한 자원이 부족하거나, 송전선로의 과부하나 시스템이 저전압 상태로 떨어질 때 실행된다. 캘리포니아 전력감독국(CAISO)의 부하 삭감 프로그램에는 두 종류의 프로그램이 있다.

##### ○ 자발적인 부하 삭감 프로그램 (Voluntary Load Curtailment Program)

자발적인 부하 삭감 프로그램은 전력 시스템의 수요감소의 수준을 추가적으로 공급하거나 STAGE 1 Emergency(예비력이 7%이하가 예상될 때)가 발령된 후 실시간으로 실행 될 수 있게 고안된 CAISO 프로그램이다. 이 프로그램은 자발적인 프로그램이며 참여에 대한 인센티브는 없으며, 정해진 양 만큼의 수요를 줄이기 위해 프로그램 참여자들에게 강제성을 부여 할 수 없다

[12].

○ 배전 센터의 부하 차단 프로그램 (Utility Distribution Center Interruptible Service Program)

배전 센터의 부하 차단 프로그램은 CPUC(California Public Utilities Commission)의 권한 내의 특별한 UDC의 요금규정 내에서 최종소비자와의 협정을 통해서 발전되었다. 이 프로그램은 STAGE 2 Emergency(예비력이 5%이하가 예상될 때)가 발령된 후 실시간으로 요청 될 수 있다[12].

### 3. 향후 전망

직접부하제어는 전력계통의 안정도 향상을 위해 적용될 수 있다. 상정사고로 인하여 전력계통의 비상상태시 직접부하제어를 통하여 부하를 차단 할 수 있는데 그 절차와 부하차단에 대한 효과적인 메카니즘의 개발이 필요하다. 효과적인 메카니즘 개발을 위해 직접부하제어 약정부하에 대한 부하 특성을 분석하고, 부하곡선을 분석하여 이후 최적화된 부하배분 알고리즘을 개발하여야 하며, 약정부하에 대한 시나리오에 따른 차단시험을 수행함으로써 각각의 시나리오에 따른 부하차단이 전력계통에 미치는 영향을 평가하여야 한다. 부하제어량은 해당 시간의 전력계통상태에 따라 결정되어야 하나 소비자 입장에서는 자신의 부하사용량을 차단하는 것은 환영하지 않을 수도 있다. 그러므로 최적의 부하제어량 배분 알고리즘은 직접제어 대상부하가 전력계통 안정도에 미치는 영향을 고려해야 할 뿐만 아니라 모든 소비자의 전력소비행위에 대한 왜곡을 최소화하여, 수용가의 만족도를 최대로 달성할 수 있도록 하여야 한다. 또한 프로그램 참여시 적정한 인센티브가 제공되어야 한다. 부하제어 프로그램 참여자에게 보상을 제공하기 위해서는 체계적이고 합리적인 정산 알고리즘을 개발할 필요가 있다.

향후 경쟁적 전력시장에서의 직접부하제어 프로그램은 기존의 공급예비력 확보 및 설비투자 지연을 목적 뿐만 아니라 공급자 시장지배력 대응, 합리적인 전력소비(Price Response), 판매사업자 Risk Hedging 및 전력시장 안정화의 목적으로도 운영되어야 하며, 다양한 상시부하제어 프로그램을 제시함으로써, 직접부하제어 프로그램을 소비자의 경제적 전력소비 전략의 일환으로 활용할 수 있는 방안을 모색해야 한다. 향후에는 우리나라로 해외 시장처럼 공급위주의 정책보다는 수요위주의 정책이 더욱 큰 비중을 차지할 것으로 전망되며, 상시부하제어를 위해 수요반응프로그램(Demand Response Program)과 수요측 입찰(Demand Side Bidding) 등이 도입되어야 한다. 시장기반의 DR을 시행하기 위해서는 현재 시행하고 있는 소극적인 방식의 수요관리에서 벗어나 해외 ISO들이 시행하고 있는 DR 프로그램을 보다 상세히 분석하고, DR 프로그램의 설계원칙, 규제방안 등을 면밀히 검토할 필요가 있다. 또한, 직접부하관리를 위해 전력부하관리 센터에 연결되는 부하제어기의 표준화와 다양한 참여자가 쉽게 부하삭감 프로그램에 참여할 수 있는 IT인프라의 구축이 필요하다. 또한 대형 수용가의 가격에 대한 부하변동 모델을 수립하여 부하 삭감 프로그램의 보상을 체계적으로 수립 할 필요가 있다. 자발적인 참여자에 의한 부하삭감은 사회 공공의 재화를 지키는 의미에서 캠페인 성격으로 발전시키는 계획을 검토 할 필요가 있다.

### 4. 결 론

본 논문은 직접부하제어에 대하여 정의하고 국내외의 부하차단 관련 연구 동향과 부하차단 기법, 부하차단 시스템에 대하여 조사하였다. 현재 한국전력거래소의 에너지관리시스템에서 부하관리센터와 배전센터를 통하여 수용가의 부하제어설비를 비상시에 부하차단 메카니즘의 효과적인 절차 개발 방향을 제시하고, 최적의 부하제어량 배분알고리즘의 필요성을 제안하였다. 향후 전력시장에서의 부하제어를 위해 가격탄력성을 고려한 부하모델 개발의 필요성을 제안하고, 상시 부하제어 방안의 고안을 주장한다. 일련의 부하삭감 노력이 전력계통의 안정과 전력품질의 개선에 이바지 할 것으로 기대된다.

본 연구는 산업자원부의 지원에 의하여 한국전력공사(과제번호:R-2004-0-071) 주관으로 수행된 과제임.

### 【참고문헌】

- [1] 한국전력공사, “전력부하관리시스템”, <http://www.ebiz.KEPCO.co.kr/load>
- [2] 한국전력거래소, <http://www.kpx.or.kr>
- [3] 에너지관리공단, “전력직접부하제어”, <http://www.kemco.or.kr/dlc>
- [4] 박종진, 이창호, 이근대, “직접부하제어 프로그램의 효율적 추진방안”, 대한전기학회 하계학술대회 논문집, 2003년
- [5] 대한전기학회 전력경제연구회 외, “양방향전력시장을 대비한 직접부하제어 Workshop”, 2002년
- [6] 정구형, 김진호, 김발호, “부하관리사업자의 비상시 부하제어량 배분 알고리즘 개발”, 대한전기학회 하계학술대회 논문집, 2003년
- [7] 에너지관리공단, “직접부하제어의 효율적 활성화 방안”, 2002년
- [8] PJM Emergency Load Response Program, [www.pjm.com](http://www.pjm.com), 2002
- [9] PJM Economic Load Response Program, [www.pjm.com](http://www.pjm.com), 2002
- [10] 이찬주, 김진호, 박종배, 신중린, 김창섭, “직접부하제어프로그램의 활성화 위한 해외사례별 연구”, 대한전기학회 하계학술대회 논문집, 2003
- [11] 한국전력거래소, “해외 계통운영기관의 수요응답 프로그램”, 2003년
- [12] Load Reduction programs, <http://www.caiso.com>, 2004
- [13] David J. Lawrence, “2001 Performance of New York ISO Demand Response Programs”, IEEE, 2002