

직접부하자원의 시간대별 부하배분 전략

정상윤* 박종배* 신종린* 김형중** 채명석***
*건국대학교 **에너지관리공단 ***군장대학

An Hourly Operating Strategy for Direct Load Control Resources

Sang-Yun Jeong* Hyeong-Jung Kim** Jong-Bae Park* Joong-Rin Shin* Myung-Suk Chae***
*Konkuk University **The Korea Energy Management Corporation ***Kunjang College

Abstract - In this paper, we have developed an hourly operating strategy for Direct load control (DLC) considering the efficiency of DLC program and increasing the utility of DLC resource. According to the operating code for DLC, the DLC center should curtail the load for 4 hours when the control notification has been enforced. Since the above strategy may limit the participation of entities, who intend to take part in the DLC program, the new strategy to mitigate the above limitation is required. In this paper, we have developed the operating strategy of DLC program and the mechanism to apply the proposed strategy in the DLC center. The proposed strategy makes the important role from the view of guaranteeing the effective alternative raising the participation and avoiding the penalty of the entities.

에 따라 무조건적인 제어를 실시하게끔 되어 있으나, 부하특성을 고려한 부하배분계획 수립 및 시행을 통하여 참여자의 불편 및 피해를 최소화하여야 한다.

기존 국내 직접부하제어 부하자원의 배분계획에 대한 연구를 살펴보면, 직접부하제어 부하차단 우선순위를 고려한 차단량을 결정하는 방법[1]과 부하특성을 고려한 부하차단량을 결정하는 방법[1]이 있다. 부하는 생산능력과 밀접한 관계를 가지고 있어 시간대별로 그 상황에 따라 부하제어를 실시해야 한다. 국내 직접부하제어의 실행을 위한 연구실적은 위와 같이 부하배분계획은 부하우선순위, 지원금을 고려한 부하배분전략, 부하운전특성을 고려한 배분전략 3가지 방법으로 볼 수 있다. 이러한 연구는 요청된 부하제어량을 부하제어 시작시점에서 종료시점까지 동일하게 부하를 제어해야 하는 한계성을 내포하고 있다. 본 논문에서는 부하의 제어지속시간을 고려한 시간대별 부하배분전략에 대해 제안하고자 한다.

1. 서 론

우리나라의 전력수요는 매년 약 4% 수준의 증가세를 유지할 것으로 예상하고 있다. 이 수요를 충족시키기 위해 발전자원의 설비증설이 이루어져야한다. 그러나 발전자원의 건설은 전원입지 확보의 어려움, 환경문제의 사회적 공론화 등의 이유로 인하여 많은 어려움을 겪고 있다. 따라서, 이러한 주변 환경에 대응하고 국가적으로 에너지 자원을 효율적으로 관리하기 위한 전략의 일환으로 수요관리 프로그램이 전세계적으로 적극적으로 추진되어 왔다. 우리나라의 경우, 1980년대부터 수요관리를 적극적으로 추진하여 왔으며, 이러한 수요관리 프로그램은 대부분 자율절전 요금제도, 심야전력 요금제도 등과 같은 요금혜택에 기반을 둔 간접부하관리 프로그램에 역점을 두어왔다. 그러나, 2001년부터 시행되어 오고 있는 직접부하제어 프로그램은 간접부하관리 프로그램에 비하여 부하관리 자원의 이용가능성을 상대적으로 높이고, 수용가 부하차단의 불확실성을 낮출 수 있으며, 전력계통의 신뢰도를 향상시킬 수 있는 프로그램으로 정착되고 있다.

부하차단 우선순위에 따른 직접부하제어량 배분 알고리즘이 적용되어[1], 부하제어 우선순위에 각 소비자의 부하제어에 대한 효용이 반영되어 있다고 보고, 소비자의 EMD에 연결되어 있는 각 부하제어단장치의 제어 우선순위에 따라 부하제어량을 배분하는 것을 기본으로 한다. 또한 부하차단 우선순위와 지원금의 차등지급 조건을 함께 고려한 배분전략이 필요하다.

본 논문에서는 부하자원의 효율적인 관리를 위한 시간대별 부하배분 알고리즘을 개발하고자 한다. 이 알고리즘은 기존 4시간단위의 제어만이 가능했던 부하배분을 시간대별로 제어함으로써 보다 효과적인 부하관리 프로그램 참여자의 선택폭을 넓히고 참여율을 제고할 수 있고, 참여자의 계약 불이행에 따른 페널티를 회피할 수 있는 효과적인 대안을 확보하게 된다.

2. 직접부하제어 배분 알고리즘

2.1 기존 부하배분 알고리즘

직접부하제어자원의 배분은 자원의 활용성 측면에서 다양한 접근방식에 의해 검토 및 적용되어왔다. 특히 직접부하제어는 각국의 실정이나 상황에 맞게끔 추진되어 오고 있으므로, 국내에 발표된 논문을 중심으로 살펴보면 4가지 정도의 실적이 있는 것으로 나타났다.

먼저 에너지관리공단에 적용된 부하배분 알고리즘은 4가지 부하배분 알고리즘을 채용하여 운영 중에 있다[2]. 부

하제어 우선순위에 의한 부하배분방법(Option1)은 각 수용가의 부하에 차단 우선순위를 설정하여 효용이 낮은 순서대로 순차적으로 부하제어를 수행하는 방법이다. 부하제어 지원금을 반영한 부하배분방법(Option2)은 수용가의 부하 중에 지원금 단가가 낮은 것부터 순차적으로 부하제어를 수행한다. 혼합제어방법(Option3)은 수용가 부하제어에 대한 효용을 판단하기 위해 Option1과 Option2의 방법을 모두 고려한 것으로 부하제어량 배분 시, 우선순위와 지원금 수준을 동등하게 고려하는 것이 아니라 어느 하나의 기준을 우선 적용한 다음 이 기준으로 부하제어 순서를 결정하는 방법을 사용하고 있다. 퍼지기반 제어방법(Option4)은 Option1과 Option2를 동시에 고려하기 위해 퍼지이론을 적용한 것으로, 부하제어 우선순위와 지원금 단가 수준을 각각 high, medium, low로 재분류하여 이와 같이 재분류된 부하제어 우선순위와 지원금 수준을 조합하여 얻은 순서를 기초로 각 LCU의 부하제어량을 할당하는 방법이다.

다음으로는 부하의 다양한 특성을 최대한 활용한 부하관리사업자의 부하배분전략이 있는데, 이 방법에서는 부하특성을 균등분포, 구형분포, 삼각분포부하로 규정하여 부하배분 계획을 제안하였다[3].

이 후 부하관리사업자의 비상시 부하제어량 배분알고리즘이 발표되었는데[1], 이 방법은 에너지관리공단의 Option1에 해당하는 것으로 부하자원 운전자로부터 할당받은 부하제어량에 대하여 부하관리사업자가 부하제어 우선순위에 의한 부하배분방법을 사용하여 간단한 사례를 통해 알고리즘을 검증하였다.

마지막으로 퍼지기반 제어방법을 적용한 부하배분 방법으로 에너지관리공단에 적용되어 있는 Option4를 소개한 것으로 부하제어 우선순위와 지원금 수준을 고려하여 퍼지이론을 적용하여 사례연구를 통해 알고리즘의 유용성을 검증하였다[4,5].

2.2 시간대별 부하배분 알고리즘

2.2.1 신규 알고리즘 개발배경

현재 직접부하제어의 운영기준은 최대 4시간까지 제어가 가능하도록 되어 있어, 직접부하제어에 필요한 부하량 및 부하제어지속시간은 확정적으로 운영되고 있으며, 기존 연구결과도 최적 부하차단량 결정에 대한 연구가 주로 시행되었다. 그러나, 수용가의 부하운전 패턴 및 운전특상 상 중공업 산업체는 장시간(4-12시간) 부하를 차단하는 것이 오히려 경공업 및 일반용 건물과 같이 잠시 부하를 제어하는 것보다는 바람직한 경우가 있을 수 있다. 이는 수용가의 부하운전 특성을 반영을 하는 제어절차가 필요함을 알 수 있다.

이에 시간대별 제어알고리즘을 적용함에 따라 부하제어 지속율을 고려하여 부하배분이 가능하여 직접부하제어시스템의 사회적 효용을 증대시킬 수 있으며, 소비자 패널티 감소로 인한 프로그램 참여율이 향상되어, 소비자 참여의 폭을 확대할 수 있을 것으로 기대된다.

제어 가능 시간대별 부하 배분은 LCU의 부하 제어 가능 시간과 부하 대상 우선순위를 기준으로 최대 4시간

동안의 부하 배분 할당 알고리즘이다. 부하 배분 할당 시 할당량은 매 시간대의 총 부하 실행량을 초과 할 수 없지만 부하 제어 가능 시간이 1시간인 경우 RESIDUAL이 적용되므로 할당량을 초과 할 수 있다.

7000Kw				K(우선순위4)
6000Kw	H(우선순위1)		G(우선순위3)	
5000Kw	E(우선순위1)		F(우선순위2)	
4000Kw	D(우선순위2)		J(우선순위3)	
3000Kw	C(우선순위1)		K(우선순위2)	
2000Kw	B(우선순위2)			
1000Kw	A(우선순위1)			
	1시	2시	3시	4시

명칭	제어가능시간	제어량	우선순위
A LCU	4	1000Kw	1
B LCU	4	1000Kw	2
C LCU	3	1000Kw	1
D LCU	3	1000Kw	2
E LCU	2	1000Kw	1
F LCU	2	1000Kw	2
G LCU	2	1000Kw	3
H LCU	1	1000Kw	1
I LCU	1	1000Kw	2
J LCU	1	1000Kw	3
K LCU	1	1000Kw	4

<그림 1> LA 사업자의 부하배분알고리즘 (부하 제어가능 시간대별 배분 알고리즘 할당 예제 그림)

부하 제어 가능 시간대별 배분 알고리즘 예제<그림 1> 그림은 다음과 같은 과정에 따라 각 LCU의 부하제어량을 배분한다.

2.2.2 시간대별 부하배분 알고리즘

A. 부하 제어량 할당 시 부하 가능 시간이 4시간이고 부하 우선순위가 높은 LCU가 가장 먼저 할당되므로 A LCU, B LCU 순으로 할당된다.

(*) 부하 가능 시간이 4시간인 LCU는 모두 할당되었음.

B. 다음으로 부하가능시간 3시간이고 부하 우선순위가 높은 LCU가 할당되므로 C LCU, D LCU가 할당된다.

(*) 부하 가능 시간이 3시간인 LCU는 모두 할당되었음.

C. 다음으로 부하 가능 시간 3시간이고 부하 우선순위가 높은 LCU가 할당되므로 E LCU가 할당된다.

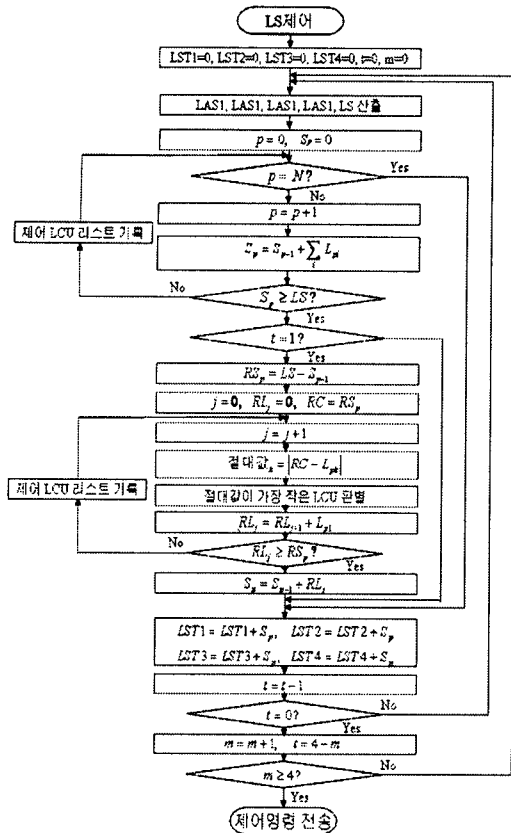
다음으로 할당 시간대 3시, 4시에 부하 가능 시간 2시간인 LCU를 할당할 수 있으므로 F LCU, G LCU를 할당한다.

(*) 부하 가능 시간이 2시간인 LCU는 모두 할당되었음.

D. 다음으로 할당량이 남은 할당 시간대는 1시, 4시가 남아있다. 따라서 1시 할당시간대에 H LCU를 할당한다.

다음으로 4시 할당 시간대에 부하 우선순위에 따라 I LCU, J LCU, K LCU를 할당한다.

<그림 2>는 이 알고리즘을 flow chart로 나타낸 것이다.

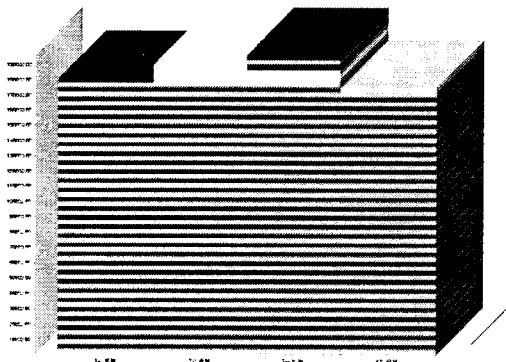


<그림 2> 시간대별 부하배분의 수행절차

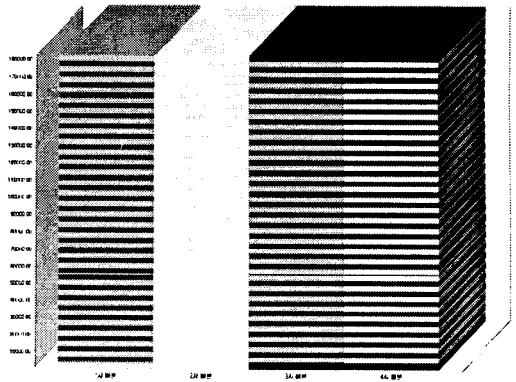
3. 사례 분석

3.1 기존알고리즘과의 비교

에너지관리공단이 확보한 부하자원을 이용한, 기존의 부하 우선순위에 따른 제어와 비교하여 시간대별 부하제어 알고리즘을 사용함으로써 보다 많은 LCU의 투입이 가능해짐으로써 직접부하제어 프로그램 참여율의 향상을 얻을 수 있다. <그림3>과 <그림4>를 보면 첫 번째 시간대별 부하제어 결과는 68개의 LCU가 참여하게 되고, 두 번째 기존 부하제어 결과는 63개의 LCU가 참여하게 된다. 기존 알고리즘과 비교하여 참여하게 되는 LCU가 증가함을 알 수 있다. 이로써 직접부하제어사업의 효율성을 증대시키고, 참여자의 불이익이 더욱 감소하게 됨을 알 수 있다.



<그림 3> 시간대별 부하제어 결과



<그림 4> 부하 우선순위에 따른 제어결과

4. 결론

사례분석을 통해서도 알 수 있듯이 새로 개발된 시간대별 직접부하 제어 알고리즘은 프로그램의 참여자의 선택의 폭을 넓게 함으로써, 직접부하제어사업 참여율의 향상을 도모하게 된다. 더불어 참여자의 계약 불이행에 따른 페널티를 회피할 수 있는 효과적인 대안이 될 수 있다. 이 방법으로 인해 기하급수적으로 늘어나는 전력 수요를 충족시키기에는 환경문제 등의 여러 가지 제약이 많은 현재 상황에서 에너지 자원의 보다 효율적인 사용을 가져올 수 있다.

감사의 글

이 논문은 산업자원부에서 시행한 전력산업 인프라 구축지원 사업으로 수행된 논문입니다.

[참고 문헌]

- [1] 정구형, 김진호, 김발호 "Development of the Load Curtailment Allocation Algorithm for Load Aggregator in Emergency Demand Response", Trans. KIEE. Vol. 54A, No.8, pp.466-471, 2004
- [2] 에너지관리공단, 2004년 에너지관리공단 직접부하제어 운영 기준 및 수송가 직접부하제어시스템 기술규격서, 2004
- [3] Hyeong-Jung Kim, Hag-Sik Son, Sang-Yun Joung, Jong-Bae Park, Joong Rin Shin, Seong-Cheol Kim, "A Review of System Architecture and Data Process for Internet Based Direct Load Control", *International Conference on Advanced Power Automation and Protection*, Jeju, Korea, Oct. 25-28, 2004, pp. 467-472.
- [4] Cho Ki-Seon, Kim Hoi-Cheol, Lee Chan-Joo, Park Jong-Bae, Shin Joong-Rin, "Electrical Behavior Basis of Operation Strategies for Interruptible Loads in Electricity Markets". ICEE in Japan, 2004
- [5] Kun-Yuan Huang, Yann-Chan Huang, "Integrating Direct Load Control With Interruptible Load Management to Provide Instantaneous Reserves for Ancillary Services", IEEE Trans. ON POWER System, Vol. 19, No.3, pp1626-1634, 2004