

지역별 직접부하제어 잠재량을 고려한 부하차단 확보량 결정에 관한 연구

심건보\* 김정훈\* 황성욱\* 이창호\*\* 조인승\*\*  
 \*홍익대학교 \*\*한국전기연구원

A Study on the Determination of Minimum Local Load Shedding Considering the Regional DLC Potentials

K. B. Shim\*, J. H. Kim\*, S. W. Hwang\*, C. H. Lee\*\*, I. S. Cho\*\*  
 \* Hong-ik University, \*\* KERI

**Abstract** - This paper proposes a process using the load shedding scenario method that determines the minimum local load shedding quantity considering the local DLC(Direct Load Control) potentials. So this method is applied to Kyung-In area and determined the load shedding of this area with comparison to its DLC potentials.

1. 서 론

최근에 전력산업의 구조개편에 따라 시장 환경이 만들어져 입찰에 의하여 전력 공급량과 수요가 결정되게 된다. 만약에 돌발적 상황에 의하여 수급이 불안해지면 우선 공급 예비력에 의하여 수급을 안정시키게 되나 그것도 여의치 않은 경우에는 공급지장이 발생할 수밖에 없다. 이때 도입될 수 있는 방법이 직접부하제어(Direct Load Control: DLC)에 의한 부하차단으로서 계통의 안정화를 도모할 수 있게 된다. 따라서, 직접부하제어는 전력수급을 맞출 수 있는 하나의 효율적인 수단으로 현재 관심이 높아지고 있는 분야이다. 우리 나라에서는 이 차단가능 부하를 확보하기 위하여 강력한 요구를 통하여 기업들을 참여시키고 있는 상황인데, 이러한 상황은 체계적인 DLC 프로그램의 추진과 기술적인 접근 방법 등을 필요로 하고 있다. 이러한 정보들 중의 하나가 지역별 확보하여야 할 부하 차단량으로, 이것은 상시 자원과 비상시 자원, 두 가지로 나눌 수 있다. 상시 DLC 자원을 하나의 전력시장 자원으로 발전설비 및 에너지 절약을 도모할 수 있는 것인 반면, 비상시 DLC 자원은 예고하지 못한 경우에 도입되는 것으로 계통을 안정하게 유지하기 위하여 도입하는 것이다. 우리 나라는 부하의 편중 현상이 심하여 복상 조류량이 커져 계통운영이 어려워져 765kV 송전선로의 도입을 시도하고 있다. 그러나, 765kV 송전선로를 전국망으로 건설하는 데에는 상당한 시간이 소요되므로 그 동안은 부하차단에 의한 안정화 대책을 갖추어야 한다. 송전계통 안전성을 위한 대책을 수립하는 연구는 유야기적 상태로 최근 시도되고 있으며[1], 부하차단 시나리오법[2]에 의하여 최소 부하 차단량으로 계통 운영을 가능하게 하는 알고리즘이 발표되고 있으나 실용성에서는 아직 문제를 갖고 있다.

본 연구에서는 발전력이 풍부한 지역의 경우와 그렇지 못한 지역의 경우에서의 직접부하제어에 의한 부하 차단량을 확보하여야 하는 크기가 같을 수 없다는 것에 착안하여, 지역 부하 중 차단이 가능한 부하량을 부하 구성 요소에 따라 추정하고 계통적 상태에서 지역에서 필요한 부하 차단량을 상호 비교하여 확보하여야 할 부하차단 적정량 결정을 위한 방안을 제시한다.

2. 부하차단 확보량 결정 절차

계통의 고장 등에 의한 비상시에 계통을 안정화하기 위한 하나의 방법으로 부하차단을 고려할 수 있는데, 이때 요구되는 부하 차단량과 직접부하제어에 의하여 차단할 수 있는 자원을 상호 비교하여 차단 가능한 DLC 자원의 최대값을 산정하는 방법을 다음과 같이 제안한다.

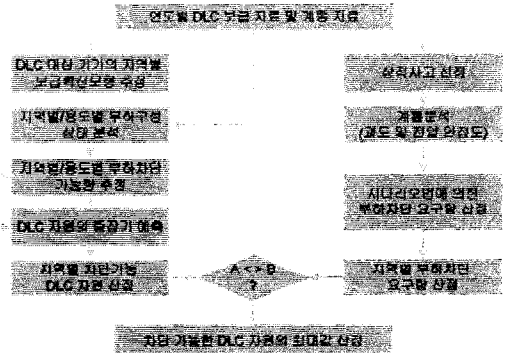


그림 1 부하차단 확보량 결정 절차

그림 1은 차단 가능 DLC 자원의 최대값을 산정하기 위한 절차를 나타내고 있다. 먼저, 보급확산모형[4]을 통하여 지역별로 보급되어 있는 DLC 대상기기의 현황을 파악할 수 있고, 이와 함께 지역별/용도별 부하구성 상태를 분석하여 지역별/용도별 부하차단 가능량을 추정하게 된다. 더 나아가 보급확산모형을 적용하여 DLC 자원의 증감기 예측함으로써 지역별 차단가능 DLC 자원을 산정할 수 있게 된다. 한편, 전력계통 자료를 바탕으로 상정사고 선정, 계통 분석(과도 및 전압 안정도 해석), 발전력 재배분을 통하여 지역별로 부하차단 요구량을 산정한다. 이때 적용하는 부하차단 시나리오법에 의하여 DLC 자원의 최대값을 산정하게 된다.

3. 직접부하제어 잠재량 추정

3.1 직접부하제어의 정의

전력수요관리(DSM)의 한 방법으로서 직접부하제어(DLC)는 나라마다 상황에 따라 다르게 그 의미를 적용하고 있는데, 우리 나라에서는 일반적으로 다음과 같이 크게 정부주도형과 시장주도형으로 나눌 수 있다. 정부주도형은 직접부하제어의 좁은 의미로서 전력수급 불안정시 정부의 정책적인 판단에 따라 시행되며, 이때 직접부하제어 주관기관 및 부하관리 사업자는 수용가의 직접부하제어장치를 이용하여 부하를 제한하도록 한다.

즉, 이는 "비상시 직접부하제어"라고 할 수 있다. 반면에 시장주도형은 직접부하제어의 넓은 의미로서 향후 도매 경쟁시장에서 수용가가 능동적으로 전력시장에 참여하여 부하를 제어하는 모든 형태의 부하참여 프로그램을 말하며, 이러한 부하참여 프로그램에는 수요측 입찰, 보조 서비스 제공, 혼잡처리 등이 포함된다[3].

### 3.2 지역별 직접부하제어 잠재량 추정

가장 최근 국내에서 열렸던 직접부하제어 워크샵[3] (2001년 5월)에서 DLC의 적용 대상에 대하여 다음과 같이 정의하고 있다.

- 계약전력 5000kW 이상 일반용 및 산업용 수용가
- 최대수요전력을 10[%] 이상 줄일 수 있고, 감소전력이 300kW 이상인 수용가
- 최대수요전력 감소량이 500kW 이상인 경우에는, 10[%] 미만일 경우에도 가능

이상의 정의에 따르면, 최소의 차단가능 부하는 수용가당 300kW임을 알 수 있다. 본 연구에서는 경인지역의 산업용 수용가만을 대상으로 하므로, 경인지역 산업용 수용가 중에 DLC 잠재량을 추정하여 부하차단 확보량을 결정할 수 있게 된다. 현재까지는, DLC 잠재량이 별도의 통계자료로서 확보되어 있지 않기 때문에, 앞에서 정의된 DLC 적용 대상인 계약전력 5000kW 이상의 수용가를 대상으로 그 잠재량을 추정한다. 앞의 정의에 따라 수용가별 최소 DLC 잠재량을 300kW로 가정한다.

2004년 산업용 부하의 전국 및 경인지역의 전력량 예측 값은 각각 151,122[GWh]와 44,521[GWh]이다 [4][5]. 부하율을 75.5%(2001년도)로 가정하여, 최대전력을 각각 22,849[MW]와 6,732[MW]로 추정할 수 있다. 따라서, 경인지역 산업용 부하는 전국 산업용 부하 대비 29.5%를 차지함을 알 수 있다.

한편, 산업용 수용가의 호수는 기존의 실적자료[5]를 바탕으로 선형 추세를 반영하여 2004년도 값을 추정하였다. 전국의 5000kW 이상 수용가는 총 1,483호이며, 경인지역은 437호이다.

이상의 통계자료 추정을 표 1에 정리하였으며, 이를 바탕으로 경인지역 산업용 부하의 DLC 잠재량은 최소 131[MW](300kW × 437호)가 됨을 알 수 있다.

〈표 1〉 2004년 경인지역의 산업용 부하의 DLC 잠재량 추정

항목	전국	경인	비고
전력량[GWh]①	151,122	44,521	-
평균전력[MW]②	17,251	5,082	① ÷ 8760시간 × 1000
최대전력[MW]	22,849	6,732	② × 부하율(75.5%)
구성비[%]	100	29.5	6,732 ÷ 22,849
5000kW 이상 수용가 호수③	1,483	437	1,483 × 29.5%
DLC 잠재량[MW]	445	131	③ × 300kW

## 4. 시나리오법에 의한 부하차단 요구량 산정

### 4.1 부하차단 시나리오법

765kV 송전선로의 1루트 상정사고에 대한 대책으로 고려할 수 있는 부하 차단 방법이다. 부하의 밀집지역에 대한 차단량을 변화시키고 다른 지역의 발전량을 변화된 부하에 맞추어 재배분하면서 계통의 기준에 따라 상정사고 시에 최소의 부하 차단량을 찾는 방법이 부하 차단 시나리오법[2]으로서, 본 연구에서는 상정사고 시에 최소 부하 차단량을 결정하기 위하여 우리 나라의 2004년도 전력계통을 대상으로 하였다. 우리 나라의 전력계통을 경인, 중부, 영동, 호남 및 영남의 5개 지역으로 구분하였으며, 이 때 부하 밀집 지역은 전체 부하의 약 42.6%를 차지하는 경인 지역으로 지정하여 상정사고 시에 부하차단 대상지역으로 하였다. 표 2는 우리 나라 2004년의 전력계통 개요를 요약한 것이다.

〈표 2〉 우리 나라 전력계통의 개요

항목	내 용	비 고
발전설비	57,413[MW]	
최대부하	49,261[MW]	
모선수	765[kV] : 5 345[kV] : 89 154[kV] : 608	702
발전기모선수	765[kV] : 1 345[kV] : 24 154[kV] : 47	72

### 4.2 시나리오법에 의한 최소 부하 차단 요구량

지역별 부하차단 요구량을 산정하기 위하여 전력계통에서 부하 밀집지역인 경인지역의 부하를 공급하기 위한 발전 밀집지역과 연결되어 중요한 역할을 담당하고 있는 765kV 송전선로인 신서산-신안성, 신태백-신가평 선로의 상정사고에 대하여 검토하였다. 상정사고는 1루트 사고를 대상으로 하여 신서산-신안성 선로사고(사고1), 신태백-신가평 선로사고(사고2) 및 두 765kV 송전선로가 동시에 일어나는 경우(사고3) 등의 3가지 경우를 고려하였다. 각각의 상정 사고시에 계통은 불안정한 상태에 이르게 되므로, 이때 부하 밀집지역인 경인지역의 부하를 0.5%씩 부하차단을 증가시키면서 계통이 안정한 상태가 될 때까지 반복하여 안정한 상태가 되는 부하 차단량을 최소 부하 차단 요구량으로 결정하였다. 표 3은 각각의 상정사고에 대한 최소 부하차단 요구량을 정리한 것이다.

〈표 3〉 최소 부하차단 요구량

	정상상태	사고 1	사고 2	사고 3
경인지역 부하[MW]	20982.4	20877.5	20457.9	20143.2
부상조류 [MW]	7926.4	7877.9	7307.8	7009.6
부하차단량 [MW]	0.0	0.0	524.6	839.2

표에서 보는 바와 같이 상정사고에 따라 계통을 안정화하기 위한 최소의 부하 차단량이 다른 것을 알 수 있는데, 신서산-신안성 765kV 송전선로의 1루트 사고에서는 765kV 송전선로 외에도 다른 대체 송전선로가 송전 용량을 충분히 담당할 수 있어서 경인 지역의 부하를 차단하지 않아도 안정된 운전을 지속할 수 있는 것으로 나타났으며, 신태백-신가평 765kV 송전선로의 상정사

고에서는 계통의 안정화를 위하여 다른 대체 송전선로가 부족하여 524.6[MW]의 경인지역을 차단하면 안정화된 다. 이에 대한 과도해석 결과는 PSS/E를 통하여 확인하였다. 또한, 두 개의 765kV 송전선로가 모두 사고가 발생하는 경우에는 그 만큼 765kV 송전선로의 중요성이 크기 때문에 839.2[MW]의 부하 차단이 있어야만 계통의 안전성을 확보할 수 있는 것으로 판단할 수 있다.

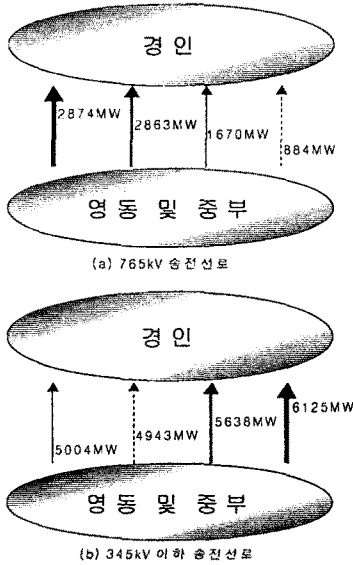


그림 2 송전선로별 조류 흐름 상태

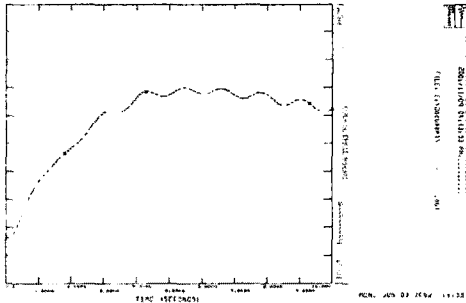


그림 3 상정사고 2의 과도안정도 해석 결과

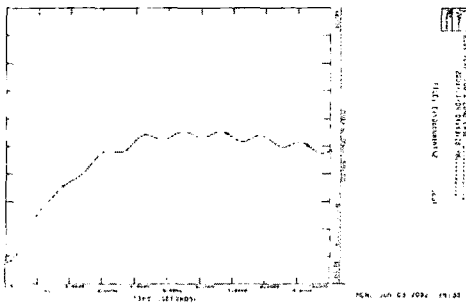


그림 4 상정사고 3의 과도안정도 해석 결과

송전선로별 각 상정사고의 조류흐름을 정상상태와 비교하여 다음 그림 2와 같이 나타내었다. 그림 (a), (b)의 화살표는 왼쪽부터 각각 정상상태, 상정사고1, 상정사고2, 상정사고3을 나타내고, 조류의 양에 따라 화살표의 굵기를 다르게 표현하였다.

그림 3과 4는 각각 상정사고 2와 3에 대한 PSS/E를 통한 과도안정도 해석 결과(발전기 최대 상차각)를 보인 것으로서 모두 안정함을 알 수 있다.

### 5. 부하차단 확보량의 산정

현재 직접부하제어를 실행하는 부문이 산업용으로만 제한하고 있는 상황으로, 이에 따라 추정된 경인지역의 최소 DLC 잠재량 131[MW]는 비상시에 부하 차단을 할 수 있도록 확보되어 있는 값이라 할 수 있다. 한편, 시나리오법에 의하여 결정된 최소 부하차단량은 현재 계통 계획 및 운용 기준에 의하면 신태백-신가평 선로의 1루트 사고시에 안정하여야 하나, 조류계산이 수렴이 안되어 부하차단량 524.6 [MW]가 되었을 때야 비로소 계통 안정화를 도모할 수가 있다. 따라서, 우리나라에서 확보하여야 할 경인지역 부하차단량은 현재 확보가능한 양인 131 [MW]를 393.6 [MW]나 초과하는 524.6 [MW]의 차단가능 부하가 필요함을 알 수 있다. 최근에 주요 다중사고에 대하여도 선진국 등은 관심을 갖고 있는 바, 이에 대한 계통 안정화 대책을 가져야 하는데, 765kV 송전선로 2루트가 모두 사고난 경우에 부하차단량은 839.2 [MW]로 경인지역 부하의 4%에 해당되는 값이다.

### 6. 결 론

비상시 최소 부하차단 확보를 위한 절차를 개발하여 계통의 안정 운전을 위한 방법론을 제안하여 구조개편에서 최종 자원인 부하를 활용할 때 정책적 고려를 가능하도록 하였다. 직접부하제어에 의한 부하차단 잠재량이 계통의 최소 필요량보다 작게 추정되고 있는 바 현재 산업용으로 국한되어 있는 DLC자원을 산업용까지 확대하여 좀더 많은 직접부하제어 대상 부하를 증가시켜야 할 것이다. 또한, 계통의 안정화 측면에서 신태백-신가평 765kV 송전선로의 1루트 상정사고시 대규모 발전기 1기에 해당하는 부하차단을 필요로 한다는 이 결과는 이에 대비한 효과적인 대책 수립이 필요함을 보여주고 있다. 향후에는 발전력 배분을 보다 정교하게 하는 방법과 최소 부하차단을 전체적으로 고려할 수 있는 알고리즘의 개발이 요청된다.

### [참 고 문 헌]

- [1] Enrico De Tuglie, et. al., "A Corrective Control for Angle and Voltage Stability Enhancement on the Transient Time-Scale", IEEE Transactions on Power System, pp. 1345-1353, Vol. 15, No. 4, Nov 2000
- [2] 심건보, 황성욱, 김정운 외, "부하차단 시나리오에 의한 유통전력 변화에 대한 연구", 대한전기학회 전력계통연구회 춘계학술대회 연구집, pp. 154-156, 2002. 5
- [3] 대한전기학회 전력계통연구회 외, "양방향전력시장을 대비한 직접부하제어 Workshop", 2002. 5
- [4] 산업자원부, "DSM 잠재량 평가와 모니터링을 위한 기법 개발 및 활용방안 연구에 관한 최종보고서", 1998. 10
- [5] 산업정보망 홈페이지 <http://www.inn.co.kr>