

# 전력계통 신뢰도 기준 분석을 통한 765kV 선로사고에 대한 부하차단 적정량 산정에 관한 연구

## Determination of Reasonable Amounts of Under-Voltage Load Shedding for 765kV T/L According to the Power System Reliability Standards

유 제 호\* · 허 진\* · 차 준 민\*\* · 김 태 균\*\*\* · 강 부 일\*\*\* · 조 수 환†  
(Je-Ho Yoo · Jin Hur · Jun-Min Cha · Tae-Gyun Kim · Bu-Il Kang · Soo-Hwan Cho)

**Abstract** – Load shedding is a last measure to avoid nationwide cascading collapses of power system by removing the pre-determined amount of loads from the main grid. In Korea, SPS(Special Protection System) is prepared to keep the power system stability from the extreme contingency of the critical transmission line losses. Among them, we need to pay attention to 765kV T/L's because they have great influence on the total system stability. According to the present SPS operating guide, the total loads of 1,500MW should be removed through 2 step under-voltage load shedding(UVLS) scheme in case of 765kV T/L's contingencies. However, it is not clear to defined how to determine the typical load reduction amounts for each case. This paper proposes a method to estimate appropriate amounts of load shed for 765kV T/L's contingencies by analyzing the relevant national and international standards.

**Key Words** : Load shedding, UVLS(Under-Voltage Load Shedding), Contingencies, SPS(Special Protection System), Reliability

### 1. 서 론

우리나라의 전력계통은 지속적인 수요증가와 주요 부하지의 집중화 현상, 계절별 기상상황의 급변 등 다양한 변수를 지니고 있으며 이로 인한 단기 전력수급 불안정의 가능성이 점차적으로 증대되고 있다. 이러한 상황에서 선로사고 혹은 발전기 탈락과 같은 예상치 못한 고장이 발생하는 경우, 순간적인 수급불안정으로 인해 일시적, 국부적인 정전사고가 발생하고 나아가 인근 계통으로 전파되어 결국에는 대규모 정전 및 계통붕괴를 야기하기도 한다. 이러한 고장의 파급을 방지하고 계통의 안정성을 회복하기 위한 방안 중에서 특정 부하를 계통으로부터 탈락시킴으로써 계통주파수를 회복시키는 방안을 부하차단(Load Shedding)이라 한다. 부하차단 방식에는 저주파수 부하차단(UFLS, Under Frequency Load Shedding)과 저전압 부하차단(UVLS, Under Voltage Load Shedding), 원격부하차단(RLS, Remote Load Shedding) 그리고 계통분리 등이 있다. 그 중에서 저주파수 부하

차단(UFLS)은 NERC(북미 전력계통 신뢰도기구)의 의무사항으로서 계통 내 사고에 의해 대용량 발전력이 탈락되거나 전기적으로 독립계통이 구성되는 경우 발전력과 수요 간의 균형을 맞춰 계통 내 주파수를 안정화시키기 위해 충분한 양의 부하를 차단하는 방식이다. 반면 저전압 부하차단(UVLS)은 모선의 저전압을 감지(저전압의 크기와 지속시간)하여 부하를 차단하는 방식으로 NERC의 의무사항은 아니지만 전압붕괴를 방지하는 데에 비용대비 효율이 높은 것으로 알려져 있으며 미국의 WECC(Western Electricity Coordinating Council) 회원사들에 의해 주도적으로 연구되고 있다[1].

우리나라의 전력계통 특성과 매우 유사한 대만에서도 최근 UVLS에 관한 연구가 수행되고 있는 상황이다. 대만의 지형적인 특성은 남북으로 긴 모양이며 지역별 전력수요 역시 북부가 전체 수요의 40% 이상을 차지하고 대규모 발전원이 주로 남부에 위치하여 북상조류의 특징을 보인다. 이러한 특징을 지닌 대만에서는 WECC의 UVLS 가이드라인을 기준으로 부하차단 한계량을 산정하고 있으며, 부하차단을 시행하기 위한 구체적인 프로그램은 Hydro-Quebec의 방법을 참고하고 있다[2]. 우리나라의 경우 저주파수 계전기에 의한 저주파수 부하차단이 시행 중이며 주요 유통선로 및 취약 계통사고에 대해서 계통을 안정하게 유지하기 위하여 발전기차단, 부하차단, 동시차단, 분로리액터 차단 그리고 모선통합/분리 등의 고장파급방지시스템(Special Protection System, 이하 SPS)을 운영하고 있다. 하지만 부하차단량이 260~1,500MW로 매우 광범위하게 설정되어 있으며, 특히 765kV 선

† Corresponding Author : Dept. of Energy Grid, Sangmyung University, Korea.

E-mail: shcho@smu.ac.kr

\* Dept. of Energy Grid, Sangmyung University, Korea.

\*\* Dept. of Electrical Engineering, Daejin University, Korea.

\*\*\* Korea Power Exchange, Korea.

Received : February 03, 2015; Accepted : May 07, 2015

로 2회선 고장에 대해 1,500MW로 설정되어 있다. 이는 설비고장에 따른 부하차단량 산정에 대한 체계적인 규정 및 절차가 마련되어 있지 않아 계통운영 계획 수립 시 부하차단량을 비효율적으로 과도하게 설정하는 경향이 있기 때문이다. 따라서 해당 부하차단량이 과연 해외 기준과 대비하여 적절한 수준인지 혹은 적절한 수준이라면 명확한 부하차단량 산정을 위한 기준이 마련되어 있는지 검토할 필요가 있다.

본 논문에서는 국내의 전력계통 신뢰도 기준을 분석하여 과도하게 설정되어 있는 현 부하차단량 산정절차에 해외 기준에 소개된 내용을 적용하여 적절한계량을 산정하는 방안을 제안하고자 한다. 또한 부하차단량은 분석하고자 하는 대상설비 및 상정사고의 조건에 따라 그 결과가 달라지기 때문에 현행 SPS운영 중 부하차단량이 가장 크게 설정된 765kV 선로 사고에 대한 부하차단량 산정 방안을 수립하는 데에 집중할 것이다. UVLS 운영프로그램과 관련된 부분, 즉, 선로고장에 대한 감시모션의 선정 및 저전압 판단기준 그리고 부하차단모션의 선정 등은 기존의 연구결과를 그대로 적용하기로 한다[3].

논문의 구성은 다음과 같다. 다음 장에서는 UVLS적용을 위한 국내 신뢰도 고시를 분석하고, 3장에서는 765kV 선로 고장에 따른 부하차단한계량을 결정하기 위한 현행과 WECC 방법론을 비교분석한다. 4장에서는 다양한 모의 조건에 따른 부하차단량 산정결과를 보인 후 마지막으로 연구의 결론을 제시할 것이다.

## 2. 부하차단 모의를 위한 국내 신뢰도 고시 분석

국내 계통에 적용가능한 UVLS 방안을 수립하기 위해서 현재 KPX에서 운영 중인 SPS 운영현황 및 「전력계통 신뢰도 및 전기품질 유지기준」에서 관련 내용들을 분석하였다[4].

### 2.1 765kV 선로사고에 대한 SPS 운영현황 분석

현재 KPX에서 운영 중인 SPS 운영계획은 발전단지와 부하지역으로 구분되며 2014년 현재 발전기 차단 35개소, 부하차단 7개소, 발전기 및 부하차단 5개소 그리고 기타 설비조작 14개소 등 총 63개소의 SPS 운영계획을 수립하고 있다. 이 중에서 수도권 765kV 신태백-신가평 T/L과 신서산-신안성 T/L 고장에 대해 가장 큰 차단량이 설정되어 있는 상황이다. 먼저 신서산-신안성 765kV 2회선 선로 고장 시, 선로 양단의 변전소에 위치한 분로리액터를 전량 차단하고 감시모션인 서서울S/S에서 저전압(340kV 이하, 0.5초 지속)이 감지되면 상시 1,000MW를 차단하고 비상용으로 추가 500MW의 부하차단을 실시한다. 신태백-신가평 765kV 선로에 대해서도 마찬가지로 2단계에 걸쳐 총 1,500MW의 부하차단을 실시하도록 하고 있다.

### 2.2 국내 신뢰도 고시 분석

「전력계통 신뢰도 및 전기품질 유지기준」의 제3장-제1절-제9조 안정성 유지 기준에 따르면 765kV 계통에 대해 '단일고장 시 공급지장, 과도한 과부하 또는 저전압이 발생하지 않도록 하여야 한다. 이중고장이 발생하더라도 발전기 동기탈조, 대규모 공

급지장, 고장파급 확대, 과도한 계통동요 증가로 인한 계통분리 또는 전압 불안정이 발생하지 않아야 하며, 필요 시 고장파급방지장치 설치 및 발전력 조정 등의 운영대책을 수립하여야 한다'고 명시되어 있다. 따라서 UVLS 방안 수립 시 345kV 간선계통과 765kV계통은 2회선 사고(이중고장)를 고려해야 하고, 이에 따라 전압불안정이 발생하지 않도록 부하차단을 시행해야 한다.

하지만 전압불안정의 정의가 명확하지 않다. 관점에 따라 전압유지범위 내로 유지하지 못하는 경우와 계통이 불안정한 경우(즉, 조류계산이 수립하지 않는 경우)로 해석될 수 있다. 참고문헌 [3]에 따르면 전압조정목표와 전압유지범위에 대해 아래와 같이 설명되어 있다.

- 전압조정목표 : 정상 운전 시 전기사업자 및 전력거래소가 전력계통에서 유지하여야 하는 전압목표치
- 전압유지범위 : 명확한 정의없이, 다만 전기사업자와 전력거래소는 765kV, 345kV 및 154kV 계통의 최대, 최소전압을 다음의 각 호와 같이 유지해야 한다고만 나와 있다.

전압유지범위의 각 호의 내용에서 345kV와 765kV 계통은 0.95~1.05p.u. 그리고 154kV 계통은 0.90~1.10p.u.에 해당하는 것으로 보아 전압유지범위가 곧 저전압과 과전압의 기준인 것으로 추정된다. 추후 신뢰도 고시 개정 시 저전압과 전압불안정에 대한 정의가 반드시 명시되어야 할 것이다.

## 3. 부하차단량 결정을 위한 방법론 비교

어떤 상정사고를 가정하느냐에 따라 부하차단량이 달라지기 때문에 UVLS 부하차단량 산정 시 상정사고를 어떻게 결정하느냐는 매우 중요한 요소이다. 현행 SPS운영현황에 따른 부하차단량 산정에는 용통전력을 우선적으로 고려하고 있다. 다시 말해서 가장 심각한 상황을 가정하기 위해 먼저 과거 전력수요 이력 데이터 중에서 최대 수요 데이터를 활용하고 이 상황에서 발전력 조절을 통해 용통조류의 한계 상황(아산-화성 345kV 2회선 고장 시 계통 안정화 조건)을 모의한다. 이러한 조건에서 765kV 2회선 사고가 발생하더라도 계통이 안정하도록 부하차단을 시행한다[3].

그림 1은 용통조류 한계상황에서 부하차단을 시행하지 않는 경우에 대한 용통조류(F, interface flow) 대 모선전압(V) 해석 결과를 보여준다. 맨 위의 곡선은 2014년 하계피크부하 데이터를 기준으로 용통선로 사고 전의 F-V 해석 결과이며 중간의 곡선은 아산-화성 345kV T/L 2회선 사고 시 F-V 해석 결과이다. 그림의 A지점은 위에서 언급한 바와 같이 아산-화성 345kV T/L 2회선 고장에도 계통이 안정하도록 하는 운전한계점을 의미한다. 만일 운전한계점 인근에서 운전 중 신안성-신서산 765kV T/L 2회선 고장이 발생하는 경우 맨 아래 곡선과 같이 계통은 운전점을 찾지 못하고 발산하게 된다. 따라서 이러한 계통 불안정을 해소하기 위해 부하차단을 시행한다.

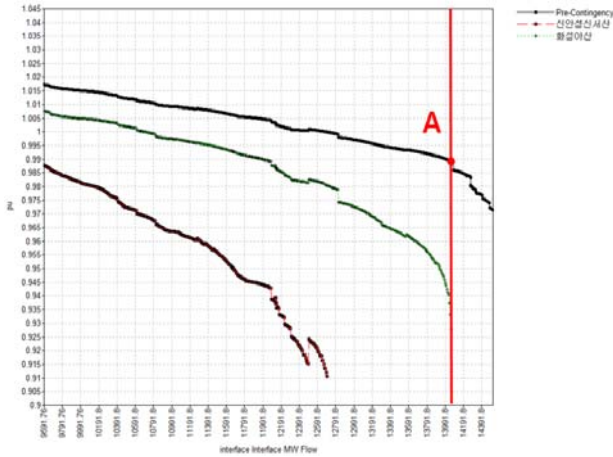


그림 1 부하차단 없는 경우 F-V해석 결과(신안성-신서산 765kV)  
 Fig. 1 F(Interface flow)-V analysis result without load shedding (Sinansung-Sinseosan 765kV T/L)

3.1 부하차단량 산정을 위한 시나리오 분석 I : 현행

시나리오 분석을 위해 고려하고자 하는 설비고장은 신서산-신안성 765kV 2회선 고장이다. 부하차단량 산정을 위한 PSSE 모의과정을 정리하면 아래와 같다.

- STEP 1 : 아산-화성 345kV 2회선 사고에 대한 융통전력 한계 모의(Base case)
- STEP 2 : 신서산-신안성 765kV 2회선 사고 모의
- STEP 3 : 현 SPS운영현황에 따른 발전기 차단 시행
- STEP 4 : 수도권 부하차단을 통해 조류계산 수렴여부를 확인하여 조류계산 수렴한계점에서 부하차단한계량 산정

3.2 부하차단량 산정을 위한 시나리오 분석 II : 전압제약(저전압 조건, 0.95p.u.) 고려 시

우리나라 신뢰도 고시에 따라 저전압 추정기준(0.95p.u.)를 확보하기 위한 부하차단량 산정 모의과정은 아래와 같다.

- STEP 1 : 아산-화성 345kV 2회선 사고에 대한 융통전력 한계 모의(Base case)
- STEP 2 : 신서산-신안성 765kV 2회선 사고 모의
- STEP 3 : 현 SPS운영현황에 따른 발전기 차단 시행
- STEP 4 : 수도권 부하차단을 통해 화성모선의 전압을 확인하여 전압제약 한계점에서 부하차단한계량 산정

3.3 부하차단량 산정을 위한 시나리오 분석 III : WECC[5]

WECC 가이드라인에 따른 UVLS 부하차단량 산정과정은 아래와 같다.

- STEP 1 : 전기적 거리를 감안한 부하차단 후보지역(Local

Area) 결정

- STEP 2 : 차단후보 지역 내에서 주요계통 모선(Critical System Bus) 결정
- STEP 3 : 심각한 단일상정사고에 대한 최소 운전전압 결정
- STEP 4 : 심각한 단일상정사고에 대한 최소 무효전력 여유량 결정
- STEP 5 : 최소 운전전압을 유지하도록 부하차단량 결정
- STEP 6 : 무효전력 여유량 확인

WECC 가이드라인에서 STEP 1과 STEP 2는 계통조건에 따라 달라지며 우리나라의 경우 융통전력을 감안하여 운전점이 결정되기 때문에 고려할 사항이 아니다.

STEP 3~5에서 확인할 수 있듯이 WECC 가이드라인에서 부하차단 조건은 부하차단을 통해 최소운전전압을 확보해야 한다는 것이다. WECC의 전압안정도 기준에는 심각한 단일상정사고(N-1)에 대한 최소운전전압을 결정하는 방법을 두 가지로 제안하고 있다.

- (1) 심각한 단일상정사고 이후에 발생한 주요 단일상정사고(N-1-1)에 대해서 전압붕괴가 발생하지 않도록 최소운전전압을 선정
- (2) 심각한 단일상정사고에 대한 P-V 곡선의 nose point로부터 5% 만큼의 여유를 갖는 지점에서의 전압을 최소운전전압으로 선정

이후 WECC 가이드라인에 따른 부하차단량 산정 시나리오 분석 시에는 (2)에 해당하는 5% 여유를 감안한 최소운전전압을 사용하기로 한다.

4. 시나리오에 따른 부하차단량 산정 모의 결과 비교

앞에서 설명한 바와 같이 KPX의 SPS 운영 현황에 따르면 신서산-신안성 765kV T/L 2회선 고장 시 선로 양단에 위치한 S/S의 분로리액터를 전량 차단하고 감시모선인 서서울 S/S에서 저전압이 관찰되면 상시 1,000MW를 차단하고 비상 시 추가적으로 500MW를 차단한다. 따라서 본 절에서는 상시 1,000MW 차단량의 적절성을 확인해보고자 한다. 각 검토조건을 만족시키는 차단량을 찾기 위해 부하차단량을 달리하여 반복적인 모의를 수행하였다.

4.1 현행 조건에 따른 부하차단량 산정 모의 결과

해당 검토조건은 아래와 같다.

- 검토데이터: 2014년 하계 피크 데이터
- 융통조류 한계 상황: 아산-화성 345kV 2회선 고장 시 조류계산이 수렴하는 한계 조건
- 부하차단량 산정: 신안성-신서산 765kV 2회선 고장 시 조류계산이 수렴하는 한계 조건

그림 2와 표 1은 그림 1과 같은 상황에서 현행대로 1,000MW 부하차단을 실시하는 경우에 대한 F-V 해석결과를 보여준다. 해석결과에 따르면 1,000MW 부하차단 시 계통이 안정화됨을 확인할 수 있으며 동일 조건에 대한 PSSE 부하차단 모의 결과 약 1,070MW로 유사한 결과를 얻을 수 있었다.

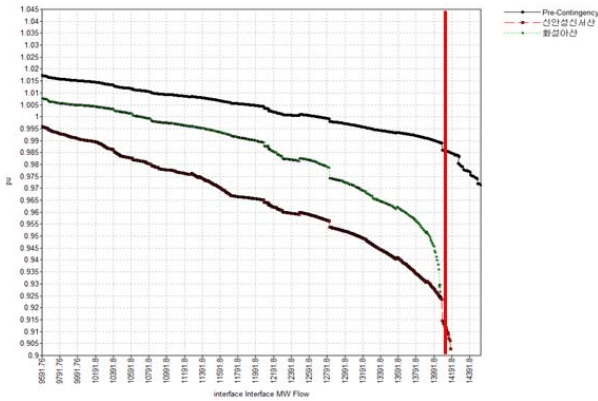


그림 2 1,000MW 부하차단 시 F-V해석 결과(신안성-신서산 765kV)  
 Fig. 2 F(Interface flow)-V analysis result with 1,000MW load shedding(Sinansung-Sinseosan 765kV T/L)

표 1 조류계산 수렴 조건 시 부하차단량

Table 1 Amounts of Load Shedding under the Power Flow Convergence

시뮬레이션 톨	부하차단량(MW)	비고
VSAT	1,000	화성모선전압: 0.915p.u.
PSSE	1,070	화성모선전압: 0.91p.u.

4.2 전압제약(0.95p.u.) 조건에 따른 부하차단량 산정 모의 결과

해당 검토조건은 아래와 같다.

- 검토데이터: 2014년 하계 피크 데이터
- 용통조류 한계 상황: 아산-화성 345kV 2회선 고장 시 화성 모선 전압이 전압제약을 만족하는 한계 조건
- 부하차단량 산정: 신안성-신서산 765kV 2회선 고장 시 화성모선 전압이 전압제약을 만족하는 한계 조건

해당 조건을 만족시키는 부하차단량은 약 1,600MW로 모의되었으며 그림 3과 표 2가 그 결과를 보여주고 있다. 운전한계점에서 신안성-신서산 765kV 2회선 고장 시 1,600MW의 부하차단을 시행하는 경우 화성모선의 전압이 0.95p.u로 회복됨을 확인할 수 있다. 동일 조건에서 PSSE 모의 결과는 1,598MW로 유사한 결과를 보여준다.

4.3 WECC 가이드라인에 따른 부하차단량 산정 모의 결과

해당 검토조건은 아래와 같다.

- 검토데이터: 2014년 하계 피크 데이터
- 주요 모선: 신안산, 화성, 서서울, 신용인

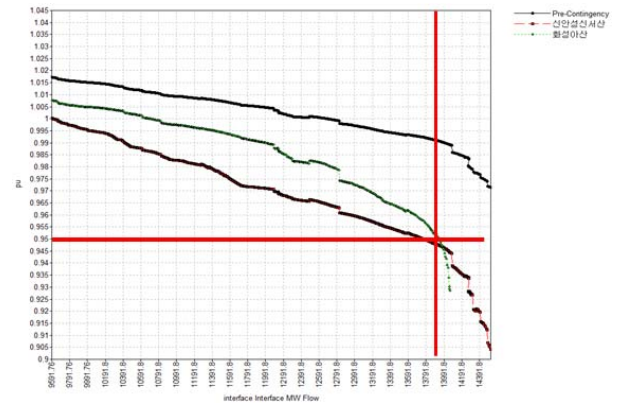


그림 3 1,600MW 부하차단 시 F-V해석 결과(신안성-신서산 765kV)  
 Fig. 3 F(Interface flow)-V analysis result with 1,600MW load shedding(Sinansung-Sinseosan 765kV T/L)

표 2 전압제약 조건 시 부하차단량

Table 2 Amounts of Load Shedding under the Voltage Requirement

시뮬레이션 톨	부하차단량(MW)	비고
VSAT	1,600	화성모선전압: 0.95p.u.
PSSE	1,598	화성모선전압: 0.953p.u.

먼저 주요 모선에서의 최소 운전전압은 용통조류를 고려한 운전한계점에서 5% 여유를 지닌 점으로 결정하였다. 모의에 의해 결정된 용통조류한계지점은 14,058MW이며 5% 여유를 감안한 한계지점은 13,355MW이다. 이는 우리나라의 과거 운전이력데이터와 비교해 보아도 매우 타당한 접근 방법이라 여겨진다. 실제 2014년 시간대별 용통한계와 용통전력량의 편차를 비교해본 결과 용통한계지점까지의 여유가 10% 이내로 운전된 경우는 전체의 약 14% 정도이며 5% 이내로 운전된 경우는 1.5%로 실제로 용통한계, 즉, 운전한계점까지의 여유량이 5% 이내로 운전된 경우는 매우 드문 것으로 확인되었다. 이 때 주요모선에서의 최소 운전전압은 신안산, 화성, 서서울의 경우 약 0.965p.u.이며 신용인의 경우 약 0.975p.u.이었다.

WECC 가이드라인에 따르면 최소 운전전압을 결정한 후 상정 사고에 대한 최소 무효전력 여유량(Q<sub>margin</sub>)을 계산해야 한다. 최소 무효전력 여유량이란 단일 상정사고의 근접지역 중 가장 취약한 모선이 유지해야 하는 최소한의 무효전력 여유량을 의미하

며 아래의 Q1와 Q2의 차로써 결정된다.

- Q1 : Base case에서 아산-화성 345kV 2회선 고장에 대한 Q-V 해석 결과
- Q2 : Base case에서 부하수준을 5% 증가시킨 후 아산-화성 345kV 2회선 고장에 대한 Q-V 해석 결과

아산-화성 345kV 2회선 고장에 대한 주요 모선에서의 Q-V 해석결과는 아래의 그림 4와 표 3과 같다.

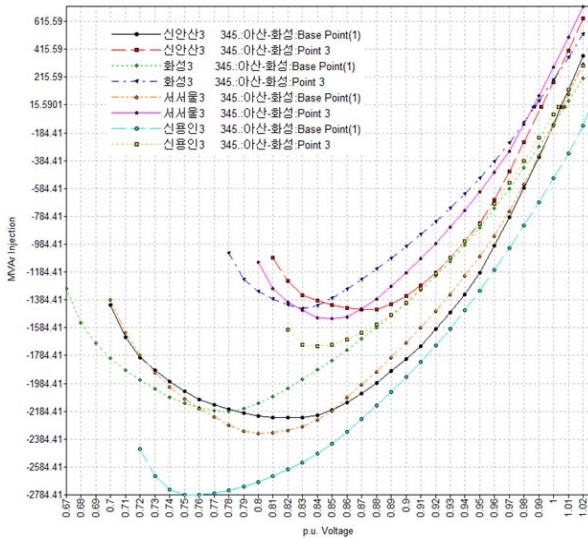


그림 4 주요 모선에서 아산-화성 345kV T/L 사고에 대한 Q-V 해석 결과

Fig. 4 Q-V Analysis results for Asan-Hwasung 345kV T/L contingency at the critical Buses

표 3 주요 모선에서 최소 무효전력 여유량 결정

Table 3 Determining the minimum Q-margin at the critical buses

모선	Q1 (MVar)	Q2 (MVar)	최소 무효전력 여유량(MVar)
신안산	2,231	1,454	777
화성	2,188	1,446	742
서서울	2,341	1,520	821
신용인	2,784	1,719	1,065

이전 단계에서 결정한 최소 운전전압을 만족하도록 부하차단량을 결정한 결과, 표 4와 같이 1,700MW의 부하차단을 수행해야 화성모선이 최소 운전전압을 만족하는 것으로 분석되었다.

최종 단계로 1,700MW의 부하차단 모의 후 각 주요 모선에서의 무효전력 여유량을 계산하여 부하차단 후 무효전력 여유량이

최소 무효전력 여유량 이상인지를 확인해야 한다. 만일 최소 무효전력 여유량 이하인 경우에는 부하차단량을 최소 무효전력 여유량을 만족하는 수준까지 증가시켜야 한다.

그림 5와 표 5는 최종적으로 최소 무효전력 여유량 확인을 위한 Q-V 해석 결과를 보여준다.

결과적으로 각 시나리오별 부하차단량 산정 결과, WECC 가이드라인에 따른 부하차단량이 1,700MW로 가장 크게 결정되었으며 이는 계통안정화 조건(0.915p.u.)과 저전압조건(0.95p.u.) 이상의 최소운전전압(0.965p.u.)을 만족시키기 위해 더 많은 부하차단량이 요구되기 때문이다.

표 4 최소 운전전압 만족 여부 확인

Table 4 Checking the minimum operating voltage level

모선	최소 운전전압 (kV)	1,700MW 부하차단시 모선전압 (kV)
신안산	333 (0.965p.u.)	339 (0.983p.u.)
화성	333 (0.965p.u.)	333(0.965p.u.)
서서울	333 (0.965p.u.)	336 (0.974p.u.)
신용인	336 (0.975p.u.)	353 (1.023p.u.)

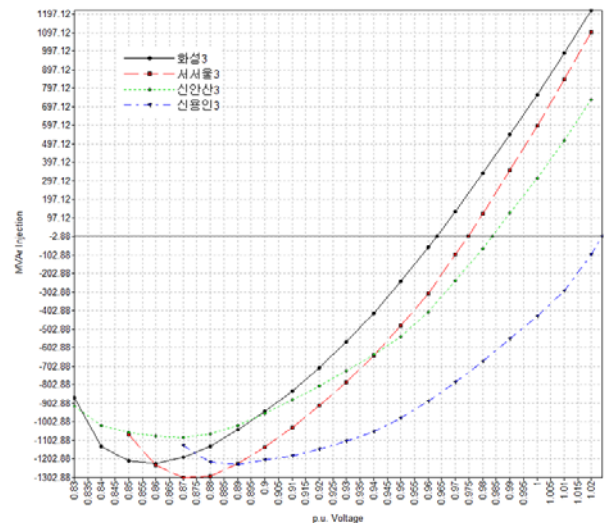


그림 5 최소 무효전력 여유량 확인을 위한 Q-V 해석 결과

Fig. 5 Q-V Analysis results to check the minimum Q-margin

표 5 최소 무효전력 여유량 만족 여부 확인

Table 5 Checking the minimum Q-margin

모선	최소 무효전력 여유량(MVar)	1,700MW 부하차단 후 무효전력 여유량(MVar)
신안산	777	1,087
화성	742	1,229
서서울	821	1,303
신용인	1,065	1,233



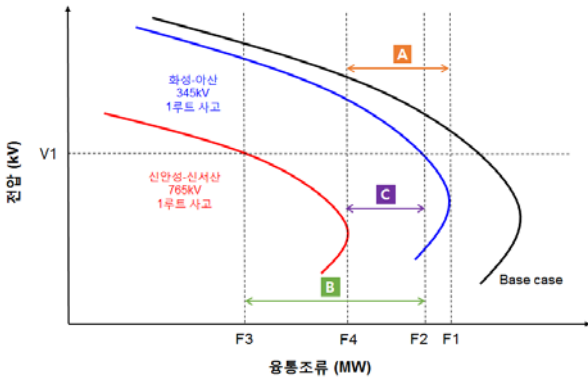


그림 6 시나리오에 따른 부하차단량 산정 결과  
 Fig. 6 Amounts of load shedding in accordance with different scenarios

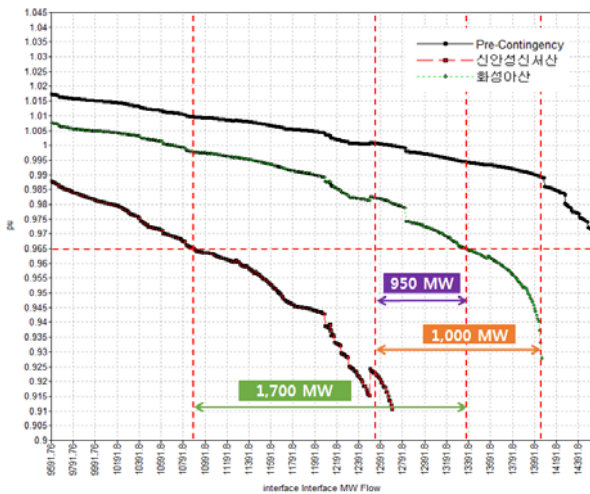


그림 7 부하차단량 산정 결과 비교 (신안성-신서산)  
 Fig. 7 Comparison among Determined Amounts of load shedding in accordance with different scenarios

4.4 부하차단 적정량 산정 방법

상기의 모의 결과와 같이 각 조건별 부하차단량이 다르게 산정된 것을 확인할 수 있다. 아래의 그림 6은 위에서 감안한 시나리오에 따라 부하차단량이 달리 설정됨을 보여주고 있다. F1은 용통조류 한계점에서 결정된 전력계통 운전 한계점을 의미하며 F2는 용통조류 한계점에서 5% 여유를 지닌 지점으로 위에서 언급한 바와 같이 실제 운전데이터를 바탕으로 F1을 대신하여 F2를 실질적인 운전 한계점으로 설정하는 것이 타당할 것으로 사료된다. F3는 신안성-신서산 765kV 2회선 고장 시 최소운전전압 ( $V1=0.965p.u.$ )을 만족시키기 위한 용통조류량을 의미하고 F4는 신안성-신서산 765kV 2회선 고장 시 계통 안정 한계점을 의미한다. 아래 그림에서 A, B, C는 해당 용통조류 조건을 만족시키

기 위한 부하차단량을 뜻하며 용통조류의 차이를 의미하는 것이 아님에 유의해야 한다. 결과적으로 현행 부하차단량은 A와 같이 결정되고 있다. 즉, 계통 운전한계점에서 신안성-신서산 765kV 2회선 고장이 나더라도 조류계산이 수렴하기 위한 부하차단량으로 약 1,000MW에 해당한다. B는 WECC 가이드라인에 따른 부하차단량으로 약 1,700MW로 모의되었으며 5% 용통조류 여유한계지점에서 신안성-신서산 765kV 2회선 고장 시 주요모선들이 최소 운전전압을 회복하기 위한 부하차단량을 의미한다. 결국 과도하게 산정된 부하차단량을 최소화하면서 WECC에서 권고하는 운전한계지점을 새로 적용하면 C가 결정되며, 모의 결과 약 950MW로 결정되었다. 그림 7은 위의 결과를 최종적으로 정리하여 보여주고 있다.

결론적으로 현재 운영 중인 SPS의 부하차단량을 과도하게 선정하지 않기 위해서는 첫 번째, 상정사고 해석 시 조류계산 수렴(즉, 안정화) 조건을 사용해야 하며 두 번째, 계통운전 한계점 결정 시 5% 용통조류 여유량을 감안해야 한다.

5. 결 론

본 논문에서는 765kV 선로사고에 대한 부하차단 적정량을 산정하기 위해 현행 전력계통 신뢰도 기준을 분석하였고, 다양한 부하차단 시나리오에 따른 모의 결과를 비교해 보았다. 이를 통해 특정 설비에 대한 부하차단량은 사고 해석을 위한 시나리오에 따라 각기 다른 결론에 이르게 됨을 확인할 수 있었다. 또한 현행의 「전력계통 신뢰도 및 전기품질 유지기준」에 명시된 '전압 불안정'의 정의가 명확하지 않으므로 이를 각각 '조류계산이 수렴하지 않는 경우'와 '전압유지기준을 만족하지 못하는 경우'로 해석하여, 조류계산이 수렴하는 조건과 전압유지기준을 만족하는 조건에 대하여 각각 모의하였고, 그 결과 조류계산이 수렴하는 조건으로 해석한 경우가 전압유지기준을 만족하는 경우에 비해 부하차단량이 최소화됨을 확인하였다. 마지막으로 WECC 기준을 참고하여 운전한계점으로부터 5% 용통조류 여유량을 감안한 운전점을 새로운 운전한계점으로 정하고 조류계산이 수렴하는 조건을 적용하여 최적의 부하차단량을 산정할 수 있었다. 실제 계통 운영데이터에 의하면, 운전한계점으로부터 5%내에서 운전된 경우가 거의 없었기 때문에 WECC 기준의 국내 전력계통에 대한 적용가능성은 충분하다고 판단된다.

향후 본 연구를 통해 얻은 부하차단량 산정 결과를 활용하여 효과적인 UVLS 부하차단 운영 프로그램을 수립하고 이를 뒷받침하기 위한 신뢰도 고시의 개정에 관한 연구를 수행할 계획이다.

감사의 글

본 연구는 한국전력거래소의 연구비 지원(연구과제명 : 설비고장에 의한 부하차단 한계량 설정에 관한 연구)을 받아 수행되었습니다.

References

- [1] Mozina, Charles. "Undervoltage Load Shedding - Parts 1 and 2," Electric Energy T&D Magazine. 2006. 05.
- [2] D. Lefebvre, S. Bernard and T. Van Cutsem, "Undervoltage Load Shedding Scheme for Hydro-Quebec System," 2004 IEEE Power Engineering Society General Meeting, 2004. 06.
- [3] T. G. Kim, B. J. Lee, H. C. Song, B. I. Kang and J. M. Cho, "Calculation of the Optimal Load Shedding Amount and Location Considering Interface Flow Limit," 2009 KIEE summer conference, 2009. 7.
- [4] Ministry of Trade, Industry & Energy, "Standard on Maintaining Power System Reliability and Power Quality," 2012. 12.
- [5] UVLSTF, WSCC, "Undervoltage Load shedding Guidelines," 1999. 6.

저 자 소 개



**유 제 호(Je-Ho Yoo)**

1991년 11월 08일생. 2014년 상명대 에너지 그리드학과 졸업. 2014년~현재 동 대학원 에너지그리드학과 재학(석사).  
E-mail : yjh9614@sangmyung.kr



**허 진(Jin Hur)**

1973년 4월 27일생. 1997년 고려대 전기공학과 졸업. 1999년 동 대학원 전기공학과 졸업(석사). 2012년 University of Texas(Austin) 졸업(공학박). 1999년~2006년 한국전기연구원 선임연구원. 2013년~현재 상명대 에너지그리드학과 조교수.  
Tel : 02-781-7576  
E-mail : jinhur@smu.ac.kr



**차 준 민(Jun-Min Cha)**

1964년 5월 9일생. 1989년 고려대 전기공학과 졸업. 1991년 동 대학원 전기공학과 졸업(석사). 1996년 동 대학원 전기공학과 졸업(공학박). 1996년~현재 대진대 전기공학과 교수.  
Tel : 031-539-1915  
E-mail : chamin@daejin.ac.kr



**김 태 균(Tae-Gyun Kim)**

1978년 5월 6일생. 2005년 고려대 전기전자전과공학과 졸업. 2007년 동 대학원 전기공학과 졸업(석사). 2012년 동 대학원 전자전기공학과 졸업(공학박). 현재 전력거래소 근무.  
Tel : 061-330-8862  
E-mail : tgkim@kpx.or.kr



**강 부 일(Bu-Il Kang)**

1971년 6월 1일생. 1994년 전남대 전기공학과 졸업. 1996년~2001년 한국전력공사 근무. 2013년 University of Colorado Denver(UCD) 졸업(석사). 2001년~현재 전력거래소 근무.  
Tel : 061-330-8853  
E-mail : bikang@kpx.or.kr



**조 수 환(Soo-Hwan Cho)**

1976년 10월 28일생. 2002년 고려대 전기공학과 졸업. 2002년~2004년 삼성전자 무선사업부 근무. 2009년 동 대학원 전기공학과 졸업(공학박). 2009년~2011년 한국원자력연구원 선임연구원. 2011년~현재 상명대 에너지그리드학과 조교수.  
Tel : 02-781-7503  
E-mail : shcho@smu.ac.kr