

# 순간전압강하 가혹지역에 기반한 사고예방 대책 수립

## Establishment of Preventive Measures against Faults Based on the Area of Severity to Voltage Sags

박 창 현\* · 이 계 병\*\* · 이 한 상\*\*\* · 윤 동 희†  
(Chang-Hyun Park · Kyebyung Lee · Hansang Lee · Dong-Hee Yoon)

**Abstract** - This paper presents an effective approach for establishing countermeasures against voltage sags based on the concept of area of severity. In order to apply preventive measures against faults such as lightning arrester, overhead earth wires and so on, it is important to find optimal points for installing the preventive measures. The optimal points can be determined by the calculation of the area of severity(AOS) to voltage sags and the expected sag frequency per unit length of line. In this paper, an effective method to find optimal points to apply countermeasures against voltage sags is addressed with case studies.

**Key Words** : Area of severity(AOS), Area of vulnerability(AOV), Power quality, Voltage sags, Voltage sag mitigation

### 1. 서 론

순간전압강하는 전압변동에 민감한 부하를 사용하는 산업단지를 중심으로 매우 중요한 전력품질 문제로 인식되고 있다. 짧은 시간동안의 전압감소 현상인 순간전압강하는 민감 부하의 오동작 또는 탈락 등의 문제를 야기한다[1, 2]. 특히 정밀 제어 기반의 자동화 공정을 포함하고 있는 산업 시설에서는 특정 기기의 오동작으로 인해 전체 공정이 중단될 수 있으며 이는 막대한 경제적 손실을 유발하게 된다[2, 3]. 수용가에서의 순간전압강하에 대한 대책은 민감 부하단을 중심으로 전압 보상설비를 설치하여 운용하는 것이 일반적이다. 에너지 저장장치를 포함하는 전압보상 설비들은 비교적 고가이기 때문에 모든 산업 수용가에서 설치 운용하기는 현실적으로 어렵다. 반면 전력 공급 계통에서 적용할 수 있는 순간전압강하 저감 대책들도 몇몇 소개되어 있다[2]. 순간전압강하의 주요 원인이 계통에서의 사고이므로 사고 발생을 줄이기 위한 근본적인 대책과 함께 민감 부하단 근처의 발전원 연계 및 모선 분리를 포함한 계통 구성 변경 등이 있다[3, 4]. 공급 계통측면에서의 대책들은 개별 수용가에서의 전압 보상설비를 설치하는 것에 비해 일반적으로 더 큰 대책 비용이 발생하지

만, 계통 전체적으로 광범위한 효과를 얻을 수 있는 장점도 있다. 따라서, 공급 계통 측면에서의 효과적인 대책 수립을 위해서는 계통내 최적의 대책 적용 지점에 대한 탐색과 적용에 따른 순간전압강하 저감효과에 대한 평가 등이 이루어져야 한다. 그러나 공급계통측면에서의 순간전압강하 대책 수립을 위한 효과적인 방법론이나 절차에 대한 연구는 아직 전무한 실정이다.

본 논문은 순간전압강하 저감을 위한 사고예방 대책 적용개소 선정 방법을 제안한다. 계통내 다수의 민감 부하를 고려한 순간전압강하 가혹지역(area of severity(AOS))으로부터 사고 발생으로 가장 큰 피해를 야기할 것으로 예상되는 계통 선로 및 영역을 도출한다.

### 2. 공급 계통 측면에서의 대책

민감 수용가에 큰 피해를 입히는 순간전압강하는 대부분 계통에서의 사고로 기인한다. 사고로 인해 발생하는 순간전압강하는 비교적 전압강하 폭이 크고 계통내 넓은 지역에 영향을 미친다. 따라서 순간전압강하 발생을 원천적으로 줄이기 위해서 사고예방 대책들의 적용을 고려할 수 있다. 계통에서의 사고 예방 대책으로는 수목 제거, 애자 청소(insulator washing), 피뢰기(surge arrester) 설치, 동물 접근을 막기 위한 보호대 설치, 장마철 대비 사전 유지보수 등이 있다. 이러한 사고예방 대책 외에 전력공급 계통에서의 적용 가능 대책으로는 보호 계전 시스템의 변경, 민감 부하단 부근의 발전원 연계, 계통 구성 변경 등이 있다. 계통 보호 시스템 변경의 경우는 사고로 발생하는 순간전압강하의 지속시간을 줄이는 효과를 얻을 수 있다. 계통에서의 보호 계전 설비들의 성능 개선과 민감 부하를 중심으로 한 보호 계전 방식의 적절한 변경으로 순간전압강하로 인한 피해를 줄일 수 있다. 민

† Corresponding Author : Depart. of New and Renewable Energy, Kyungil University, Korea

E-mail : dhyoon@kiu.ac.kr

\* Depart. of Electrical Engineering, Pukyong National University, Korea

\*\* School of Electrical Engineering, Korea University, Korea

\*\*\* School of Electrical & Railway Engineering, Kyungil University, Korea

Received : September 19, 2015; Accepted : October 27, 2015

감 수용가 부근에 발전원을 추가하는 것도 순간전압강하 대책으로 알려져 있다. 일반적으로 발전원과 가까운 위치에 있는 수용가에서 큰 효과를 볼 수 있다[2]. 그리고 모선의 분할과 공급 계통의 다회선화와 같은 계통 구성 변경을 통한 대책도 알려져 있다. 이러한 대책들을 적용함으로써 순간전압강하에 대한 취약지역(area of vulnerability(AOV))이 줄어들게 되어 저감효과를 얻을 수 있다. 하나의 모선에 여러 선로가 연결되어 있는 경우, 인접 선로에서의 사고에 의해 순간전압강하를 경험할 확률이 더 높아지게 되며 상위 계통에서의 외란영향이 하위 선로에 연결된 수용가에 그대로 미치게 된다. 특정 민감 수용가에 2개 이상의 독립된 변전소로부터 전력을 공급하여 다회선화하고 반주기 이내의 고속도 스위칭을 통해 하나의 공급 계통에서 외란 발생시 신속히 다른 공급 계통으로 전환하여 순간전압강하 발생을 저감할 수 있다. 다만 큰 효과를 얻기 위해서는 2개의 독립 변전소가 전기적으로 가능한 멀리 떨어져 있을 필요가 있다. 그리고 모선 분리의 경우는 민감 수용가를 가능한 별도의 공급 선로로 구성하는 것으로 인접 피더에서의 사고로 인한 영향을 줄이는 대책이라 할 수 있다. 이와 같은 계통 구성 변경은 계통 전반적으로 순간전압강하에 대한 AOV를 줄여주는 효과가 있지만, 계통의 공급 신뢰도도 함께 고려되어 결정되어야 한다. 공급계통 측면에서의 순간전압강하 대책들은 개별 부하단에서 적용 가능한 대책들에 비해 비교적 고비용이 소요된다. 그러나 대책 적용에 따른 효과는 광범위하게 미치게 되므로 계통내 다수의 민감 부하가 존재할 경우 비용대비 큰 효과를 얻을 수 있다. 계통측면에서의 대책 수립을 위한 효과적인 절차 및 방법 모색이 필요하다.

### 3. 가혹지역(AOS)의 계산과 대책 수립

#### 3.1 순간전압강하 취약지역(AOV)과 가혹지역(AOS)

공급 계통 측면에서의 대책들은 비교적 큰 대책 비용이 발생하고 계통내 다수의 민감 부하들에 영향을 미치므로 대책 적용에 따른 효과에 대한 분석과 최적 대책 적용 위치를 결정하는 것이 매우 중요하다. 가령 계통에서 낙뢰 등의 서지로 인한 주요 설비 보호를 위해 피뢰기를 설치하고 있다. 또한 낙뢰로 인한 사고 발생 예방을 위해 가공지선 등을 설치하기도 한다. 계통에서의 낙뢰로 인해 지락사고가 발생할 수 있고 이는 순간전압강하 발생으로 이어진다. 따라서 피뢰기 및 가공지선 등을 설치할 때 순간전압강하 저감을 위한 최적의 위치를 찾을 수 있다면 보다 효과적인 운용이 가능할 것이다. 사고 예방 대책을 적용하고자 하는 경우 순간전압강하 저감효과가 가장 큰 계통내 적용 위치를 찾을 수 있는 체계적인 방법이 필요하다.

본 논문에서 제안하는 방법은 계통내 다수의 민감 부하단에 대한 순간전압강하 AOS를 이용하는 방법이다. AOS를 찾기 위해서는 먼저 각 부하단에 대한 순간전압강하 AOV의 계산이 필요하다. AOV란 계통내 특정 지점에 주어진 한계전압 이하의 전압 강하를 야기하는 계통내 사고 위치들의 집합으로 정의할 수 있다 [5]. 그림 1은 민감 부하에 대한 AOV의 예이다. 민감 부하를 중심으로 어두운 영역의 AOV에서 사고가 발생하게 되면 해당 민

감 부하에 순간전압강하가 발생하여 피해를 입게 됨을 나타낸다. 계통내 특정 부하단에서 특정 한계전압에 대한 AOV를 계산하는 방법은 참고문헌 [5]에 소개되어 있다. 기본적으로 계통내 모든 선로에서 특정 한계 전압에 대한 임계점(critical point; CP)을 찾고 그 임계점들을 영역화하여 AOV를 결정하게 된다. AOV와 계통내 사고율 데이터를 이용하여 특정 부하단에서의 연평균 순간전압강하 발생 횟수의 추산도 가능하다[6-8]. 계통에는 다수의 민감 부하가 존재할 수 있으며 각각에 대해 AOV를 계산할 수 있다. 민감 부하들의 계통내 위치에 따라 각각의 AOV는 서로 중첩되는 영역이 발생하게 된다. 이를 AOS라 정의한다[9]. 그림 2는 3개의 민감 부하에 대한 AOS의 예이다. 계통내 A, B, C의 서로 다른 위치에 민감 수용가가 존재하고 각 수용가에 대한 AOV가 그림과 같다고 할 때 3개의 AOV가 중첩되는 부분이 존재하게 된다. 3개의 AOV가 모두 겹쳐지는 부분, 2개가 겹쳐지는 부분, 전혀 겹쳐지지 않는 부분이 존재한다. 3개의 AOV가 모두 겹쳐지는 부분에 사고가 발생하게 되면 A, B, C 민감 수용가에 동시

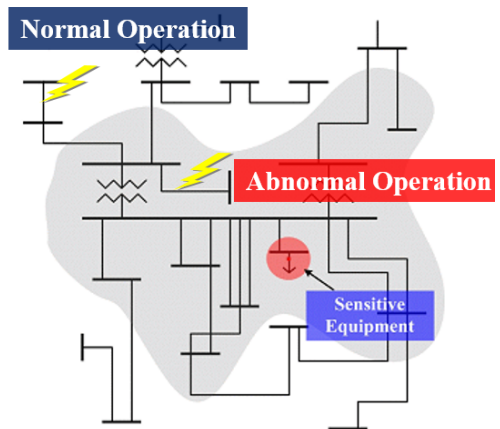


그림 1 순간전압강하에 대한 취약지역(AOV)  
Fig. 1 AOV to voltage sag

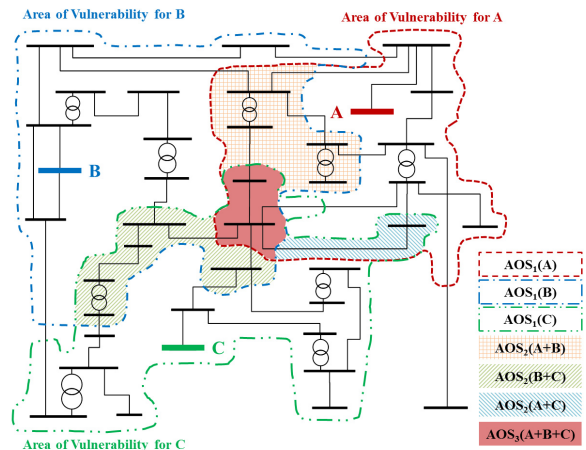


그림 2 순간전압강하에 대한 가혹지역(AOS)  
Fig. 2 AOS to voltage sags

에 순간전압강하가 발생하여 피해를 입게 됨을 나타낸다. 2개가 겹쳐지는 부분은 3곳의 수용가 중 2군데에서 동시에 순간전압강하가 발생할 수 있는 사고 영역임을 나타낸다.

### 3.2 AOS 계산 방법

AOV로부터 AOS를 계산하는 기본 절차는 다음과 같다. 2개의 관심 모선, A, B에 대한 AOV로부터 AOS를 계산하는 방법을 설명한다. 모선 F-T 사이를 연결하는 선로에 대한 AOV 영역의 데이터 포맷은 다음과 같이 표현된다.

[From bus, To bus, line length, CP11, CP12, CP21, CP22]

예를들어, AOV 영역 데이터가 [1, 2, 10, 0, 0.3, 0.7, 1.0]로 표현되면, 1번 모선에서 2번 모선을 연결하는 선로는 0-3km와 7-10km 영역이 AOV 영역에 포함되는 것을 의미한다. 관심 모선 A와 B에 대한 AOV 영역 데이터가 동일한 특정 선로에서 중첩된다면, 각 관심모선의 CP에 대한 해당 선로의 AOS는 다음과 같이 결정된다.

(i) 특정 선로의 AOV 영역 데이터는 식 (1), (2)와 같이 주어진다.

$$CP_A(AOV) = [CP_{A11}, CP_{A12}, CP_{A21}, CP_{A22}] \quad (1)$$

$$CP_B(AOV) = [CP_{B11}, CP_{B12}, CP_{B21}, CP_{B22}] \quad (2)$$

(ii) 식 (3)을 이용하여 서로 중첩되는 영역을 식 (4)와 같이 찾는다. 이 중첩 영역의 CP는 N개 관심 모선에 대한 AOS 수준에 따라 최대 N+1개 까지 나타날 수 있다.

$$CP_{AB}(AOV) = CP_A(AOV) \cap CP_B(AOV) \quad (3)$$

$$CP_{AB}(AOV) = [CP_{AB11}, CP_{AB12}, CP_{AB21}, CP_{AB22}, CP_{AB31}, CP_{AB32}] \quad (4)$$

(iii) 가장 상위 수준 AOS의 CP는 식 (5)와 같이 AOV 결과를 그대로 가진다.

$$CP_{AB}(AOS) = CP_{AB}(AOV) \quad (5)$$

iv) 식 (5)에서 구한 AOS 영역을 하위 수준의 AOV에서 제거하여 하위 수준의 AOS를 식 (6), (7)과 같이 계산한다.

$$CP_A(AOS) = CP_A(AOV) - CP_{AB}(AOV) \quad (6)$$

$$CP_B(AOS) = CP_B(AOV) - CP_{AB}(AOV) \quad (7)$$

N개의 관심 모선에 대한 n 수준의 AOS 영역은 다음과 같이 표현될 수 있다.

$$CP^N(AOS) = CP_A(AOV) \cap CP_B(AOV) \cap \dots \cap CP_N(AOV) \quad (8)$$

$$CP^n(AOS) = CP^n(AOV) - \sum_{k=n+1}^N CP^k(AOS) \quad (9)$$

AOV 영역 데이터가 식 (1), (2)와 같이 주어진다면, 식 (3)의 중첩 영역은 다음과 같이 코딩될 수 있다.

```
min_CP_A = min(CP_A_11, CP_A_12)
min_CP_B = min(CP_B_11, CP_B_12)
max_CP_A = max(CP_A_11, CP_A_12)
max_CP_B = max(CP_B_11, CP_B_12)
CP_AB_11_AOV = max(min_CP_A, min_CP_B)
CP_AB_12_AOV = min(max_CP_A, max_CP_B)
```

위에서, 2 수준의 AOS가 가장 상위 수준의 AOS라면, CP\_AB\_AOV는 CP\_AB\_AOS가 된다. 다음 하위 수준의 AOS를 구하기 위하여, 식 (6)과 (7)에서와 같이 상위 수준의 AOS영역을 제거하는 것은 다음과 같이 코딩될 수 있다.

```
if (CP_AB_11_AOS == CP_A_11)
  if (CP_AB_12_AOS != CP_A_12)
    CP_A_11_AOS = CP_AB_12_AOS
    CP_A_12_AOS = CP_A_12
  else
    CP_A_11_AOS = 0
    CP_A_12_AOS = 0
  end
else
  if (CP_AB_11_AOS == CP_A_11)
    CP_A_11_AOS = 0
    CP_A_12_AOS = 0
  else
    CP_A_11_AOS = CP_A_11
    CP_A_12_AOS = CP_AB_11_AOS
  end
end
```

여기서 제시된 코드는 2 수준의 AOS 계산 방법을 나타낸 것이다. n 수준의 AOS 계산에서는 제시된 코드와 같은 방법으로, 해당 수준의 AOV 중첩 영역에서 모든 상위 수준의 AOS 영역들을 제거하면 된다.

### 3.3 가혹지역(AOS) 분석을 통한 대책 수립 절차

계통내 사고 발생 저감 대책을 적용할 때 AOS에 우선하여 적용하게 되면 보다 효과적인 순간전압강하 대책이 될 수 있다. AOS로부터 순간전압강하 평가를 실시하여 단일 사고로 인해 가장 많은 피해를 입일 것으로 예상되는 선로 구간, 상대적으로 적은 피해를 입일 것으로 예상되는 선로 구간을 찾는 것로부터 대책 적용 우선순위를 결정할 수 있다. 그림 3은 대책 적용 최적 위치를 결정하는 절차를 나타낸 것이다. 먼저 대책 수립이 필요

한 계통내 민감 부하들을 선정한다. 다음으로 각 민감 부하단의 한계전압에 대한 AOV를 계산한다. AOV는 평형 및 불평형 사고 모두에 대해 계산한다. AOS 계산 방법을 이용하여 각 민감 부하에 대한 AOV들의 중첩영역으로부터 순간전압강하 AOS를 결정한다. 다음으로 식 (10)을 이용하여 해당선로에서의 불평형 사고로 인한 순간전압강하 발생 횟수를 계산하고 식(11)을 통해 3상 평형 사고로 인한 예상횟수를 계산한다. 각 상에서의 사고발생 확률을 동일하다고 할 때 하나의 상에 대한 순간전압강하 발생 횟수는 식 (12)을 이용하여 추산할 수 있다. 다음으로 식 (13)을 통해 각 선로의 단위 길이당 횟수를 산정하여 대책적용 우선순위를 결정하게 된다. 민감 부하들에 대해 단위길이당의 순간전압강하 발생 횟수가 높은 선로구간을 중심으로 사고저감 대책을 우선 적용하는 것이 효과적이다. 즉 사고예방 대책 비용을 고려할 때 우선순위가 높을수록 적은 대책 비용으로 큰 효과를 얻을 수 있다고 할 수 있다.

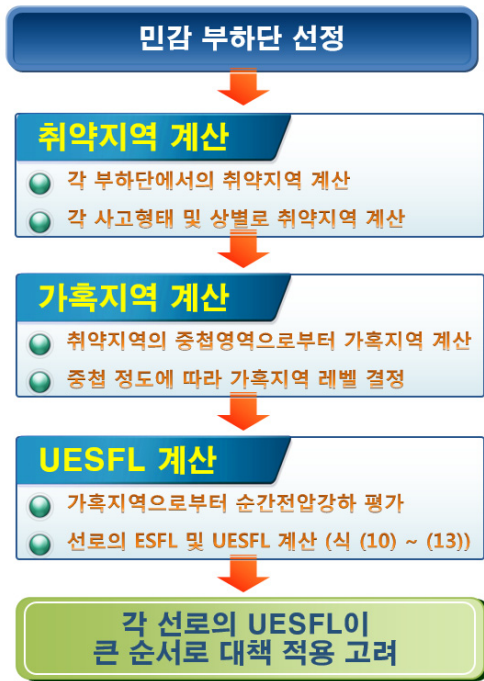


그림 3 AOS 분석을 통한 대책수립 절차  
 Fig. 3 Process for establishing countermeasures based on AOS

$$ESFL(L)_{UF} = \sum_{i=1}^3 \sum_{s=1}^3 \sum_{j=1}^N I_{Sij} \times LL_{Sij} \times LFR_i \quad (10)$$

$$ESFL(L)_{BF} = \sum_{s=1}^N I_{Ss1} \times LL_{Ss1} \times LFR_4 \quad (11)$$

$$ESFL(L) = \frac{ESFL(L)_{UF}}{3} + ESFL(L)_{BF} \quad (12)$$

$$UESFL(L) = \frac{ESFL(L)}{LL} \quad (13)$$

여기서,  
 ESFL(L) : 선로 L에서의 사고로 인한 순간전압강하 예상 발생횟수

UF와 BF : 불평형 사고 및 평형 사고  
 i : 사고형태 (1:SLGF, 2:LLF, 3:DLGF, 4:3PF)  
 j : 각 상 (1:a상, 2:b상, 3:c상)  
 S : 민감 부하  
 N : 전체 민감 부하의 수  
 LL<sub>Sij</sub> : S 부하에 대한 AOS에 포함된 선로 L의 길이  
 I<sub>Sij</sub> : 선로 L이 부하 S의 AOS에 포함되어 있으면 1, 아니면 0의 조건부  
 LFR<sub>i</sub> : 사고종류 i의 연평균 선로 사고율  
 UESFL(L): 선로 L의 단위길이당 순간전압강하 예상 발생횟수  
 LL : 해당 선로 L의 전체 길이

## 4. 사례 연구

### 4.1 모의 계통

그림 4의 IEEE-57모선 계통에 대해 제안하는 방법에 따라 시뮬레이션을 수행하였다[10]. 해당 계통은 57개의 모선과 64개의 선로, 7기의 발전기, 16기의 변압기로 구성되어 있다. 본 사례 연구에서는 민감 부하가 15, 24, 54번 모선에 연결되어 있다

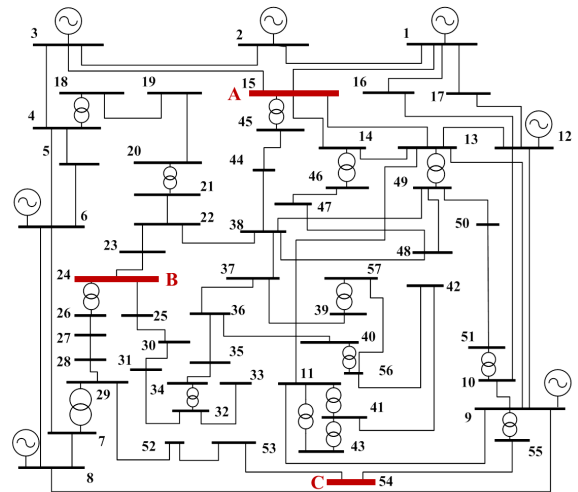


그림 4 IEEE-57 테스트 모선 계통  
 Fig. 4 IEEE-57 test bus system

표 1 사고율 데이터

Table 1 Fault rate

사고형태	선로사고율 [faults/year-100km]
SLGF	3.360
LLF	0.210
DLGF	0.462
3PF	0.168

고 가정하였으며 민감 부하들의 한계전압은 0.6 [p.u.]로 모두 동일하다고 가정하였다. 순간전압강하 평가에 필요한 1선 지락사고 (SLGF), 선간 단락사고(LLF), 2선 지락사고(DLGF), 3상사고 (3PF)의 선로의 사고율은 표 1과 같다.

4.2 부하단에 대한 가혹지역(AOS) 계산 결과

3개의 각 민감 부하단에 대한 AOV의 중첩 영역으로부터 AOS를 계산하였다. 그림 5는 1선 지락사고 a상에 대한 AOS를 나타

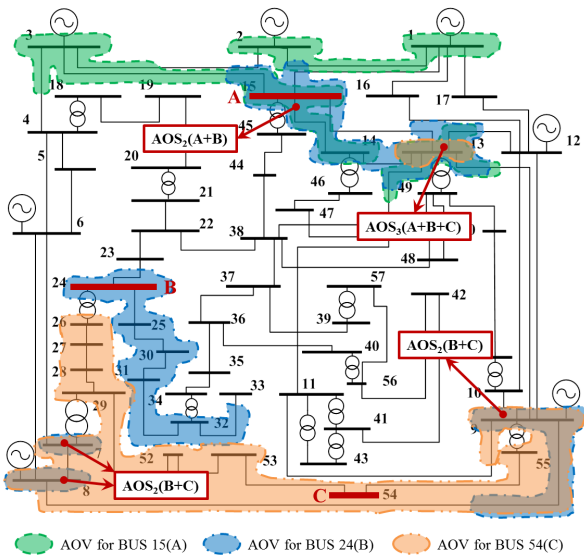


그림 5 민감 부하에 대한 1선 지락 사고의 가혹지역(AOS)  
Fig. 5 AOS due to SLGF

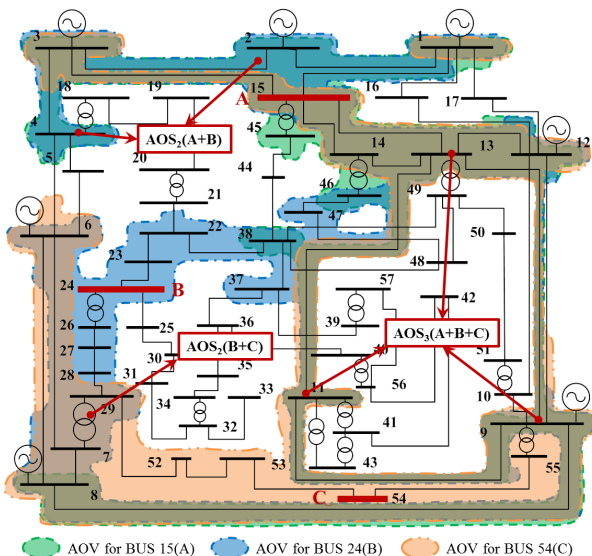


그림 6 민감 부하에 대한 3상 사고의 가혹지역(AOS)  
Fig. 6 AOS due to 3PF

표 2 각 선로에 대한 UESFL 결과

Table 2 UESFL for each line

Line		UESFL (event/year-km)	Line		UESFL (event/year-km)
1	2	0.030	24	25	0.017
1	15	0.042	25	30	0.017
1	16	0.003	26	27	0.015
1	17	0.005	27	28	0.014
2	3	0.018	28	29	0.020
3	4	0.029	29	52	0.017
3	15	0.061	30	31	0.017
4	5	0.001	31	32	0.016
4	6	0.002	32	33	0.013
5	6	0.002	34	35	0.003
6	7	0.012	35	36	0.003
6	8	0.007	36	37	0.005
7	8	0.032	36	40	0.003
8	9	0.061	37	38	0.006
9	10	0.011	37	39	0.004
9	11	0.036	38	44	0.006
9	12	0.009	38	48	0.008
9	13	0.040	38	49	0.005
10	12	0.008	41	42	0.000
11	13	0.049	41	43	0.000
12	13	0.076	41	56	0.000
12	16	0.010	42	56	0.000
12	17	0.005	44	45	0.004
13	14	0.095	46	47	0.009
13	15	0.069	47	48	0.009
14	15	0.084	48	49	0.004
18	19	0.000	49	50	0.001
19	20	0.000	50	51	0.000
21	22	0.004	52	53	0.017
22	23	0.006	53	54	0.017
22	38	0.006	54	55	0.017
23	24	0.016	56	57	0.000

낸 것이고, 그림 6은 3상 사고에 대한 AOS를 나타낸 것이다. AOS 계산 결과 3개의 민감 부하 모두에 순간전압강하를 야기하는 AOS는 13번 모선과 그 주변에 존재하는 것을 확인할 수 있다. 식 (1)-(4)와 표 1의 사고율로부터 각 선로에 단위 길이에 대한 순간전압강하 예상 발생횟수를 계산하여 표 2에 정리하였다. 그림 7은 표 2의 결과를 그래프로 나타내어 각 선로별로 대책 적용 우선순위를 표기한 것이다.

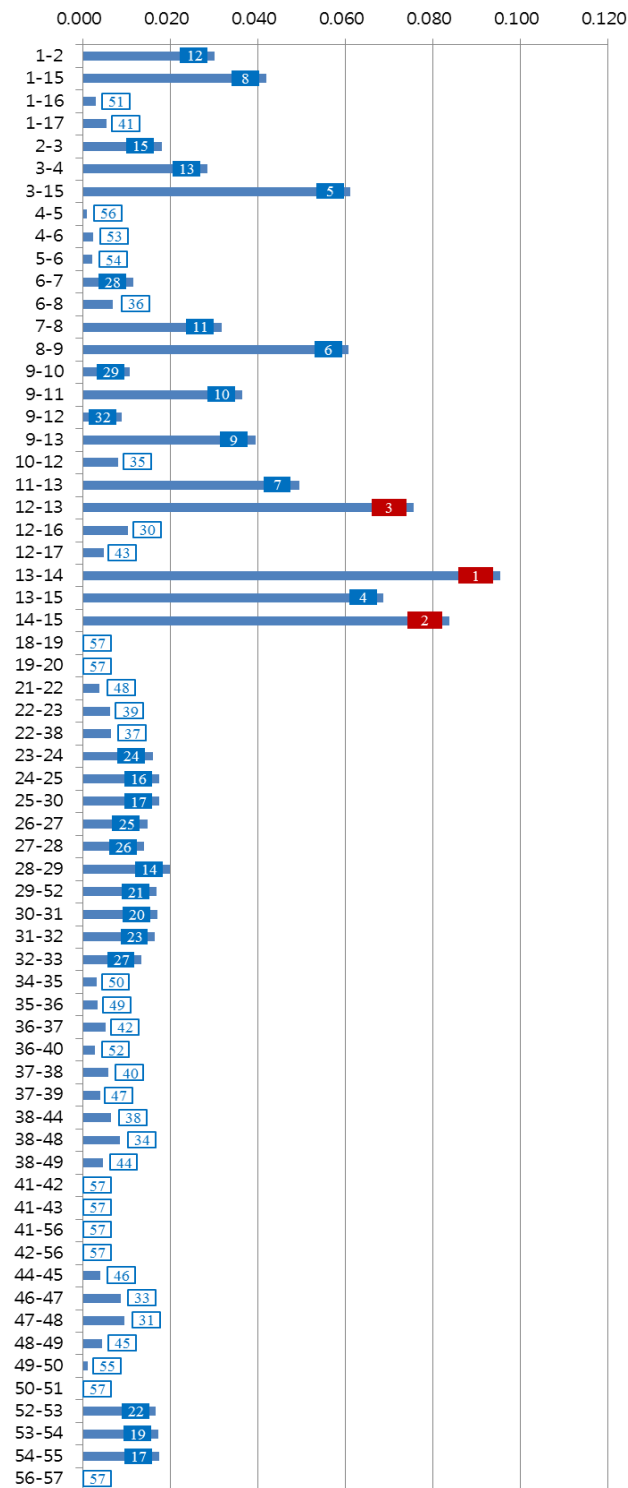


그림 7 각 선로별 대책 적용 우선순위  
 Fig. 7 Priority ranking of lines for applying the countermeasures

### 4.3 UESFL 평가 결과 및 분석

기본적으로 AOS를 중심으로 사고 예방 대책을 적용하게 되면 다수의 민감 부하를 고려한 효과적인 순간전압강하 저감 대책이 될 수 있다. 보다 정확하게는 각 선로에 대한 순간전압강하 평가 결과를 바탕으로 가장 많은 피해를 야기할 것으로 예상되는 선로 및 모선에 대해 다양한 사고저감 대책을 추가 적용하여 큰 효과를 얻을 수 있다.

UESFL 결과에 따르면 선로 13-14의 값이 가장 크게 나타났으며, 이어서 선로 14-15, 선로 12-13의 순으로 나타났다. 선로 단위길이당의 순간전압강하 발생횟수가 가장 큰 것은 선로 13-14로 단위 길이당의 사고 예방 대책 적용시 가장 큰 효과를 얻을 수 있다는 것을 알 수 있다. 선로 13-14에서 1[km]에 대해 사고예방 대책 적용시 0.095회의 순간전압강하 저감효과를 얻을 수 있음을 의미한다. 사고예방 대책 비용은 선로의 길이에 따라 증가하게 되는 만큼 단위 길이당 순간전압강하 발생 횟수가 가장 큰 선로가 최적의 대책 적용 개소라 할 수 있다. 본 사례연구에서는 계통 선로에서의 사고 발생 확률은 동일하다는 가정 하에 수행되었다. 그러나 계통 각 선로별 지역별 사고율에 대한 정보를 도출할 수 있다면 동일한 절차에 따라 보다 실제적인 결과를 얻을 수 있다. 순간전압강하 저감을 위한 사고예방 대책을 적용함에 있어 보다 효과적인 대책 적용 위치 및 영역을 확인할 수 있다.

### 5. 결 론

본 논문은 AOS 개념을 이용한 순간전압강하 대책 수립방안을 소개하였다. 개별 민감 부하단에서는 순간전압강하에 대한 대책으로 적절한 용량을 전압보상설비를 설치 운용하는 것이 일반적이다. 반면 전력공급계통에서는 계통에서의 사고발생을 줄이기 위한 대책과 발전원 연계 및 계통 구성 변경 등의 대책을 고려할 수 있다. 그러나 대책 적용 효과를 극대화하기 위해서는 여러 민감 부하단을 고려한 가장 효과적인 대책 적용 지점을 찾을 수 있어야 한다. 제안하는 방법에서는 다수의 민감 부하단에 대한 AOV 및 AOS를 계산하고 평가를 수행하여 선로 단위길이당 순간전압강하 피해를 가장 크게 야기할 것으로 예상되는 선로들을 도출한다. 이러한 선로 및 영역을 중심으로 대책을 적용하게 되면 대책 적용의 효율성을 높이고 대책의 중복 및 과투자 등을 방지할 수 있다.

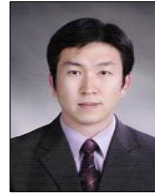
### 감사의 글

본 연구는 2013년 산업통상자원부의 재원으로 한국에너지기술연구원(KETEP)의 지원을 받아 수행한 연구과제입니다. (No. 20131020000100)

## References

- [1] IEEE Std 1159-1995, IEEE Recommended Practice for Monitoring Electric Power Quality(ANSI).
- [2] M. H. J. Bollen, Understanding Power Quality Problems: Voltage Sags and Interruptions, Piscataway, NJ, 2000 IEEE Power Engineering Series.
- [3] R. C. Dugan, M. F. McGranaghan, S. Santoso, and H. W. Beaty, Electrical Power Systems Quality. New York: McGraw-Hill, 2002, ch.3.
- [4] A. K. Goswami, C. P. Gupta, and G. K. Singh., "Voltage Sag Assessment in a Large Chemical Industry", IEEE Trans. Ind. Appl., Vol. 48, No. 5, pp. 1739-1746, 2012.
- [5] C. H. Park and G. Jang, "Stochastic Estimation of Voltage Sags in a Large Meshed Network," IEEE Trans. Power Del., Vol. 22, No. 3, pp. 1655-1664, 2007.
- [6] M. R. Qader, M. H. J. Bollen, and R. N. Allan, "Stochastic Prediction of Voltage sags in a Large Transmission System," IEEE Trans. Ind. Appl., Vol. 35, No. 1, pp. 152-162, 1999.
- [7] M. H. J. Bollen, "Fast Assessment Methods for Voltage Sags in Distribution Systems," IEEE Trans. Ind. Appl., vol. 32, no. 6, pp. 1414 - 1423, 1996.
- [8] L. Conrad, K. Little, and C. Grigg, "Predicting and Preventing Problems Associated with Remote Fault-clearing Voltage Dips". IEEE Trans. Ind. Appl., Vol. 27 No.1, pp.167 - 172, 1991.
- [9] C. H. Park, J. H. Hong, and G. Jang, "Assessment of system voltage sag performance based on the concept of area of severity", IET Gener. Transm. Distrib., Vol. 4, No.6, pp. 683 - 693, 2010.
- [10] IEEE 57-Bus Test Case, [Online]. Available: [http://www.ee.washington.edu/research/pstca/pf57/pg\\_tc\\_a57bus.htm](http://www.ee.washington.edu/research/pstca/pf57/pg_tc_a57bus.htm).

## 저 자 소 개

**박 창 현 (Chang-Hyun Park)**

1974년 12월 25일생. 2007년 고려대학교 대학원 전기공학과 졸업(공학). 2008년~현재 부경대학교 전기공학과 부교수

E-mail : spch@pknu.ac.kr

**이 계 병 (Kyebyung Lee)**

1979년 12월 8일생. 2006년 동의대 전기공학과 졸업. 2008년 동 대학원 전기공학과 졸업(석사). 2008년~현재 고려대 대학원 전자전기공학과 박사과정.

E-mail : kyebyung@korea.ac.kr

**이 한 상 (Hansang Lee)**

1980년 1월 17일생. 2003년 고려대학교 전기전자전파공학부 졸업. 2005년 동 대학원 전기공학과 졸업(공학석사). 2010년 동 대학원 전기공학과 졸업(공학박사). 2012년~현재 경일대학교 전기·철도공학부 조교수

E-mail : hslee80@kiu.ac.kr

**윤 동 희 (Dong-Hee Yoon)**

1981년 4월 14일생. 2004년 고려대학교 전기전자전파공학부 졸업. 2011년 동 대학원 전기공학과 졸업(공학박사). 2012년~현재 경일대학교 신재생에너지학과 조교수

E-mail : dhyoon@kiu.ac.kr