배전계통에서의 순시 전압변동

글/강원구, 김운환, 박중신/한국전력공사 중앙교육원
김재철/숭실대학교 전기공학과 교수

최근들어 급속히 보급된 전자 및 정밀기기의 보편적 이용은 전력품질(power quality)에 관한 수용가의 인식을 점차적으로 고조시키고 있다. 무엇보다도 전압 크기의 품질은 수용가 측에 직접적인 영향을 줄 수 있는 가장 중요한 전력품질 문제이다. 그러나, 전력품질 부분에 대한 전력기술인들의 인식은 수년전에 비해 크게 향상되지 못하고 있는 것 또한 현실이다.

여기에서는, 대표적인 전압크기의 품질문제인 순시 전압변동의 특성을 분석하고, 이에 의한 수용가 영향의 IEEE 표준 형태인 CBEMA(Computer Business Equipment MAnufacturer Association)곡선을 소개하며, 실증실험을 통한 국내 민감부하에 대한 영향을 소개하였다

1. 순시 전압변동 발생 메커니즘

배전계통에서 순시전압변동이 발생하는 원인은 여러가지 있으나 사고제거를 위한 보호시스템의 동작에 의한 것이 가장 일반적이다.

그림 1(a)의 가공배전선로에서 사고가 발생하면 계전기가 사고를 감지하여 피더 시작점의 차단기가 사고를 차단하며 국내의 경우, 1회 내지 2회의 재폐로 및 차단동작을 거쳐 사고가 영구사고일 경우 로크아웃(Lock-Out) 상태를 유지하게 된다.

영구사고 발생시의 사고선로 및 인근선로의 전압파형을 그림 1(b)에 나타내었다. 재폐로 횟수가 증가할수록 사고선로 및 인근선로상에 순간 정전 및 순간 전압강하 발생횟수도 증가하며 수초의 시간간격을 두고 연속적인 순시 전압변동이 발생함을 알 수 있다.

2. 순시 전압변동의 크기, 지속시간

순간정전의 경우 크기는 고정되어 있으므로 보호계전기 동작특성을 파악하고 있다면 그 지속시간 또한 비교적 정확히 예측할 수 있다.

그러나 순간 전압강하는 사고위치, 사고점저항 및 사고형태에 따라 그 크기가 다르기 때문에 정확히 예측한다는 것은 어려우며 일반적으로 사고해석을 통해 예측하는 방식과 통계적 조사를 통해 그 분포를 분석하는 것이 일반적이다.

사고해석을 통해 그 크기를 예측하기 위해서는 기본적으로 사고지점 및 계통내의 각 부분의 임피던스값이 요구된다.

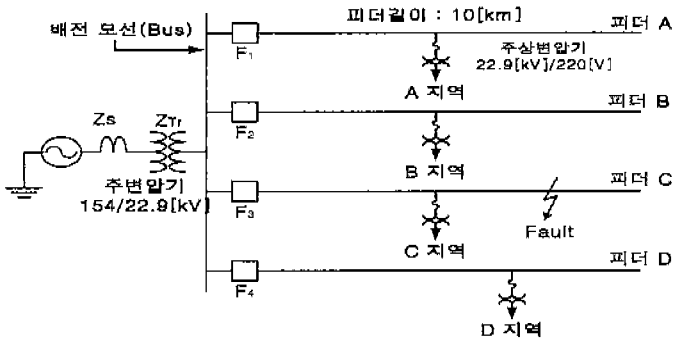
그림 1(a)의 모델계통의 경우와 같이 피더 C의 사고지점에서 3상 사고가 발생했을 경우의 임피던스 회로도는 그림 2와 같이 단선도로 표시할 수 있다.

이 사고시 배전 모선에서의 전압크기는 사고 인근피더에서의 전압크기와 거의 동일하므로 결국 인근선로에서의 순간전압강하의 크기를 예측하는 것은 배전모선의 전압을 구하는 것과 같다.

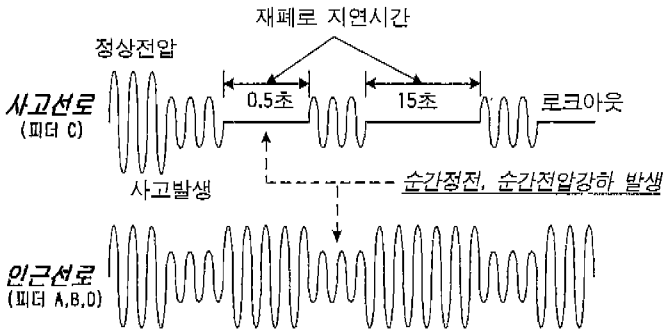
배전모선의 전압은 전압분배에 의해 다음 식과 같다.

$$V_{sag} = \frac{Z_L}{Z_S + Z_{Tr} + Z_L}$$

여기서, Z_S: 전원의 정상분 임피던스
Z_{Tr}: 주 변압기의 정상분 임피던스
Z_L: 선로의 정상분 임피던스



(a) 모델 배전계통



(b) 영구사고 발생시 재폐로에 의한 전압파형

그림 1 자동재폐로에 의한 순시 전압변동 발생

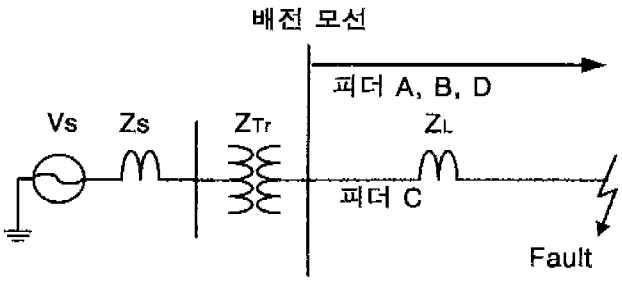


그림 2 모델계통의 임피던스 구성도

3. 수용가 여론조사

실수용가에서 느끼는 순간정전에 의한 영향을 분석하기 위해 한국전력공사와 숭실대학교에서는 '96년 9월부터 '97년 3월까지 "전력품질에 관한 여론조사"를 실시하였으며 그 결과는 그림 3에서 그림 6까지 도시하였다. 그림의 좌측에는 해당 문항에 대해 응답한 수용가 수를 기재하였고, 각 막대 구분마다 차지한 백분율 값을 표시하였다.

그림 3은 최근 1년간의 정전경험 횟수를 조사한 것으로 수전전압에 관계없이 95% 정도의 수용가에서 정전을 경험했으며 22.9kV급 수용가의 경우가 154kV급 수용가의 경우에 비해 상대적으로 많은 횟수의 정전을 경험한 것으로 나타났다.

그림 4는 경험한 정전중 순간정전의 비율을 조사한 것으로서 수전전압에 관계없이 대부분이 순간정전인 것으로 응답하였으며, 22.9kV급 수용가의 경우가 상대적으로 그 빈도가 높은 것으로 조사되었다. 정전관리 및 전압관리에 대해 22.9kV급 수용가의 약 65%, 154kV급 수용가의 약 85%가 관리하고 있다고 응답하였으며, 그림 5에 이러한 전압 및 정전관리의 실태를 나타내었다.

응답의 대부분은 기록관리 및 감시, 부분적인 UPS설치, 비상발전기 설치, 계전기 설치 등으로 조사되었다.

그림 6은 순간정전에 대한 대책을 수립하는데 있어서의 장애요인을 국내와 일본의 조사결과를 비교한 것으로 수전전압에 관

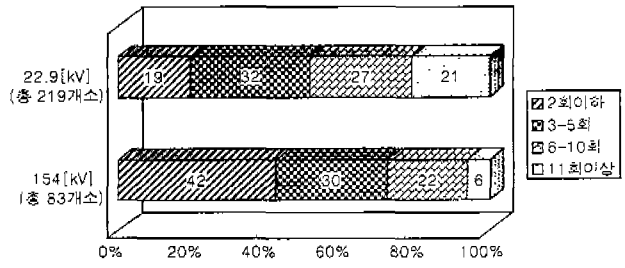


그림 3 최근 1년간 정전경험

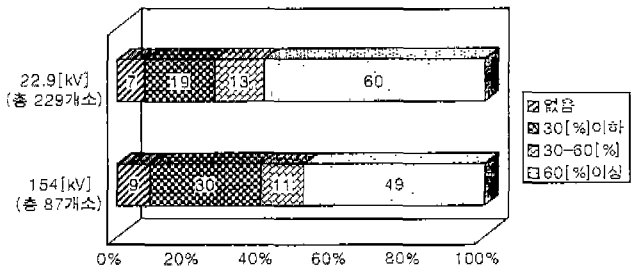


그림 4 순간정전 비율

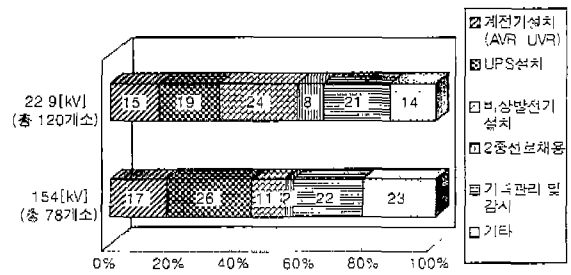


그림 5 정전 및 전압관리 실태

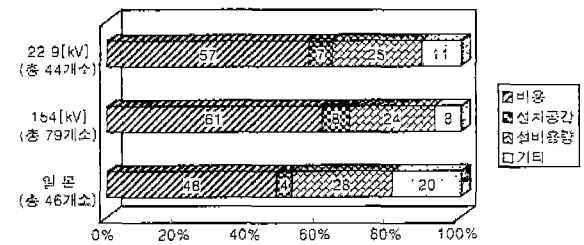


그림 6 대책수립의 장애요인

계없이 비용이 가장 큰 방해요인(약 60%)으로 작용하고 있는 것으로 조사되었으며 따라서 경제성이 뒷받침되는 대책수립이 절실한 것으로 나타났다.

4. 수용가 설비의 순시전압변동 영향 고찰

순시 전압변동에 의한 국내 수용가 설비의 영향을 분석하기 위해 수용가설비에 대한 실증실험을 실시하여 그 결과를 IEEE Standard 446(1987)의 표준 형태인 CBEMA (Computer Business Equipment Manufacturer Association) 곡선 형태로 도시하였다.

가. CBEMA 곡선

CBEMA 곡선은 미국의 컴퓨터 설비 제조연합(Computer Business Equipment Manufacturers Association : CBEMA)에 의해 제안된 것으로서 초기에는 컴퓨터의 전압외란에 대한 견딤정도를 나타내는 수단으로 이용되었으며, 이후 전압변동에 대한 설비영향을 분석하기 위한 데이터의 표현에 가장 많이 사용되고 있는 형식으로 그림 7에 나타내었다.

그림 7은 CBEMA 곡선의 전형적인 모습으로 아래쪽 곡선은 전압강하에 대한 설비의 가동정지 유무를 나타내고 위쪽 곡선은 전압상승에 의한 설비의 가동정지 유무를 나타내고 있다.

나. 실험 결과

각 설비별로 각기 제작업체가 다른 여러 실험대상 설비들이 이

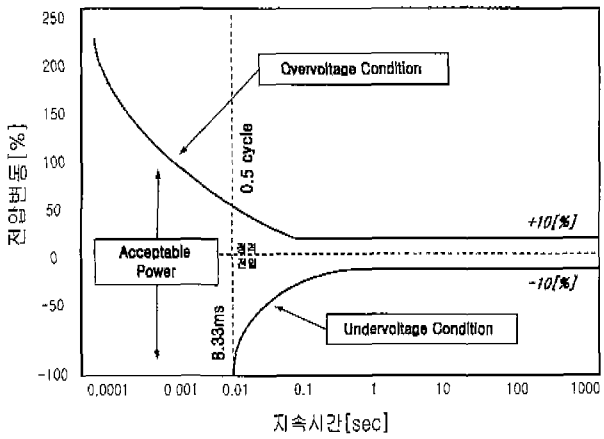


그림 7 전형적인 CBEMA

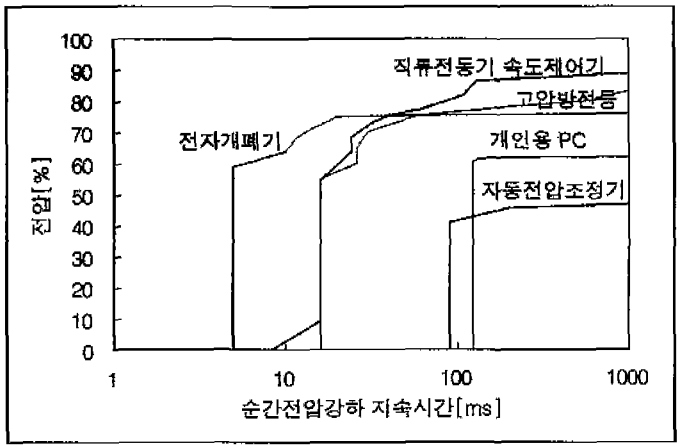


그림 8 실험결과(CBEMA 곡선)

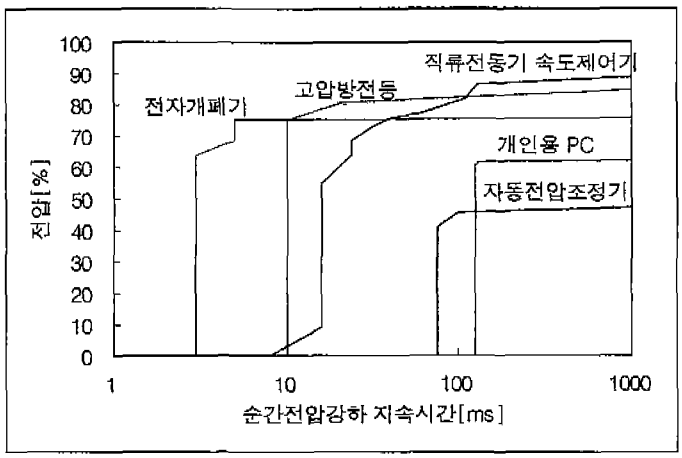


그림 9 누적 CBEMA 곡선(0.5초 간격)

용되었으며 반복 5회 이상의 실험결과를 평균하여 도시하였다.

그림 8과 9는 실험결과를 나타내었다.

그림 8은 1회의 순간전압변동에 의한 CBEMA 곡선 도출 실험의 결과이며 그림 9는 현행 국내 배전선로의 재폐로 시간과 같은 0.5초의 시간간격을 두고 연속적으로 발생하는 순간전압강하에 대한 부하별 누적 CBEMA 곡선을 도출한 것이다.

수용가 설비에 대한 실증실험 결과 대부분의 부하들은 매우 짧은 지속시간과 전압강하율을 가지는 순간전압강하에도 충분히 가동정지 될 수 있음을 알 수 있었다.

또한 재폐로 등에 의한 연속적인 순간전압강하는 일부 민감부하에 대해서는 직접적인 충격의 누적 현상을 나타내는 것을 볼 수 있다.