

배전계통의 순시전압변동에 의한 수용가측 영향의 현황 분석

(Present State Analysis of Customers' Effect in Power Distribution System
by Momentary Voltage Variation)

김재철* · 윤상윤** · 오정환** · 임성정***

(Jae-Chul Kim · Sang-Yun Yun · Jung-Hwan Oh · Seong-Jeong Rim)

요 약

본 논문에서는 배전계통에서의 순시전압변동에 의한 수용가측 영향의 현황을 분석하였다. 전력품질에 관한 수용가의 인식은 점차적으로 증대하고 있으며 무엇보다도 전압크기의 품질은 수용가측에 직접적인 영향을 줄 수 있으므로 가장 중요한 전력품질 문제이다. 특히, 자동화공정이 발달함에 따라 순시전압변동은 전자장비, 컴퓨터, 전자개폐기 등의 민감부하를 가동정지 시키는 심각한 결과를 초래하고 있다. 본 논문에서는 순시전압변동에 의한 수용가측 설비의 정지율을 분석하기 위해 전기적 외란에 민감한 부하에 대한 실험을 통해 부하별 CBEMA 곡선과 부하별 누적 CBEMA 곡선을 제시하였다. 또한 수용가측 인식실태를 파악하기 위해 "전력품질에 관한 여론조사"를 실시하였으며 그 결과를 수록하였다.

Abstract

This paper analyzes the present state of customers' effect in distribution system by momentary voltage variation. Customers are becoming increasingly concerned about the quality of electric power. Most of all, the voltage magnitude quality is very important because it can have a direct effect on customers. Especially, according to the development of automatic process, momentary voltage variations result in the shutdown of sensitive loads such as electronic equipment, computer and magnetic contactor, and so on. To analyze the shutdown rate of customers' equipments by the momentary voltage variation, we present the CBEMA curve and the cumulative CBEMA curve of each load type through the experiment for the customers' sensitive equipments. Also, we have surveyed customers' opinion by the questionnaire as "Survey of Power Quality" and then the results are reported.

1. 서 론

최근들어 급격히 증가한 자동화 공정으로 인해 마이크로프로세서 및 전력전자 소자를 포함한 외란에

민감한 부하설비의 이용이 증가되고 있으며 수용가들의 전력품질에 대한 인식 및 기대 또한 증대되고 있다. 그러나 지금까지 국내에서는 이러한 전력품질 문제를 체계적으로 분석하고 수용가에 미치는 영향을 파악하기 위한 시도가 거의 없었으며 특히 연구논문의 경우 거의 시도되지 않았던 실정이다.

전력공급계통은 단지 전압품질을 제어할 수 있으며 전압의 크기를 어떤 제한점 이내로 유지하는 것에

* 정회원 : 숭실대학교 전기공학과 교수
** 정회원 : 숭실대학교 전기공학과 박사과정
*** 정회원 : 숭실대학교 생산기술연구소 연구원
접수일자 : 1998. 5. 4.

전력품질이 달려있다[1]. 따라서, 본 논문에서는 전력 품질 문제를 전압크기의 품질(voltage magnitude quality) 문제로 제한하였다. 또한 수용가 설비의 가동정지 및 오동작을 일으키는 등 직접적인 영향을 줄 수 있는 가장 대표적인 전압크기의 품질문제로 순간정전(momentary interruption)과 순간전압강하(voltage sag)를 들 수 있으므로 본 논문에서 언급하는 순시전압변동의 범위는 순간정전과 순간전압강하에 국한하였다.

전압품질 문제에 대해 이미 구미 각국에서는 그 중요성을 인식하고 수용가 및 수용가 부하에 미치는 순시전압변동에 대한 연구를 통해 자국내의 전압품질의 현황을 분석하기 위한 시도를 해왔다. 지금까지의 국내외의 전압품질에 대한 선행연구들은 크게 실험적 접근방식(experimental approach methods)과 개념적 접근방식(conceptual approach methods)을 이용한 두가지 부류로 구분할 수 있다. 실험적 접근방식은 전압품질 문제를 시뮬레이션이나 실험 및 여론조사 등에 의해 해석하는 것으로 대표적인 연구로는 다음과 같다. J.Ward[2] 등은 전압외란에 의한 수용기측 각 부하에 대한 영향 및 대책에 대해 다루었으며 Y.Sekine[3] 등은 일본에서의 순간전압강하의 피해현황과 컴퓨터 장비에 대한 그 대책을 제시하였다. J.Lamoree[4] 등은 수용가 장비에 대한 여러 가지 순간전압강하 조사결과를 요약하였다. 1990년대 들어 순간정전 및 순간전압강하의 특성을 분석하고 영향을 정량적으로 평가하기 위한 수식을 개발하는데 주력하는 개념적 접근방식을 이용한 많은 논문들이 발표되었다. L.Conrad[5] 등과 Math H.J.Bollen[6]은 순간전압강하의 크기 및 지속시간 등을 예측하는 기법을 소개하였으며, R.E.Brown[7] 등과 R.C.Dugan[8] 등은 각각 순간정전과 순간전압강하의 영향을 평가하기 위한 수식을 제시하였다. 그러나 이러한 개념적 접근방식의 경우, 기존의 신뢰도 관점에 순간정전이나 순간전압강하 등의 경우를 추가하였을 뿐 여전히 전력회사 측면의 영향평가 방식을 고수함으로써 실제적인 수용가 영향을 분석하기에는 미흡한 실정이다. 또한 실험적 접근방식은 각기 자국내의 계통에 적합한 현황조사 및 대책을 제시하고 부하설비에 대한 영향평가의 경우 자국내에서 유통되는 설비를 평

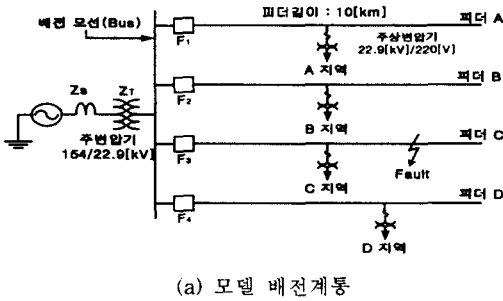
가함으로써 그 결과를 그대로 국내계통의 경우에 적용하기에는 무리가 있다. 또한 광범위한 전압변동 문제를 발생시키는 대표적인 보호계전 방식인 자동재폐로의 경우와 같은 연속적인 순시전압변동에 의한 영향고찰은 하지 못했다.

본 논문에서는 국내상황에 맞는 전압품질 현황을 파악하고 연속적인 순시전압변동에 대한 수용가 설비의 영향평가를 위해 기본적으로 실험적 접근 방식을 사용하였다. 이를 위해 한국전력공사 관할의 경인지역 J변전소의 사고파형을 분석함으로써 순간전압강하의 크기 분포를 분류하였다. 실제 수용가들이 느끼는 순간정전의 영향 및 현황을 파악하기 위해 국내에서는 최초로 한국전력공사와의 계약전력 5천 [kW] 이상의 수용가에 대한 전국규모의 수용가 여론 조사를 실시하여 그 결과를 제시하였다. 또한 순시전압변동에 의한 수용가 부하의 실제적인 영향을 분석하기 위해 전압외란에 민감한 부하에 대한 실증실험을 통해 설비의 전압품질을 판단하는 기준으로 구미 각국에서 널리 쓰이는 CBEMA 곡선을 제시하였다. 광범위한 영역에 연속적인 전압외란을 발생시키는 대표적인 보호계전 방식인 자동재폐로에 의한 수용가 부하영향을 평가하기 위해 새롭게 누적 CBEMA 곡선을 제시하였다. 본 논문의 결과는 전압품질의 정량적 영향분석을 위한 참고자료로 이용할 수 있을 것이다.

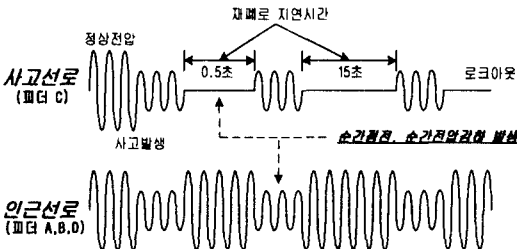
2. 순시전압변동 발생

2.1 순시전압변동 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 1회 내지 2회의 재폐로 및 차단동작을 거쳐 사고가 영구 사고일 경우 로크아웃 상태를 유지하게 된다. 이러한 영구사고 발생시의 사고선로 및 인근선로의 전압파형을 그림 1(b)에 나타내었다. 재폐로 횟수가 증가할수록 사고선로 및 인근선로상에 순간정전 및 순간전압강하 발생횟수도 증가하며 수초의 시간간격을 두고 연속적인 순시전압변동이 발생함을 알 수 있다.



(a) 모델 배전계통



(b) 영구사고 발생시 재폐로에 의한 전압파형

그림 1. 자동재폐로에 의한 순시전압변동 발생
Fig. 1. Occurrence of the momentary voltage variation caused by automatic reclosing

2.2 순간전압강하의 분포

순간정전의 경우는 크기는 고정되어 있으므로 계전기 동작특성을 파악하고 있다면 그 지속시간 또한 비교적 정확히 예측할 수 있다. 그러나 순간전압강하는 사고위치 및 사고형태에 따라 그 크기가 다르기 때문에 정확히 예측한다는 것은 어려우며 일반적으로 사고해석을 통해 예측[5,6]하는 방식과 통계적 조사를 통해 그 분포를 분석[1]하는 것이 일반적이다.

사고해석을 통해 그 크기를 예측하기 위해서는 기본적으로 사고지점 및 계통내의 각 부분의 임피던스 값이 요구된다. 그림 1(a)의 모델계통의 경우와 같이 피더 C의 사고지점에서 3상사고가 발생했을 경우의 임피던스 회로도에는 그림 2와 같이 단선도로 표시할 수 있다.

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 식 (1)과 같다.

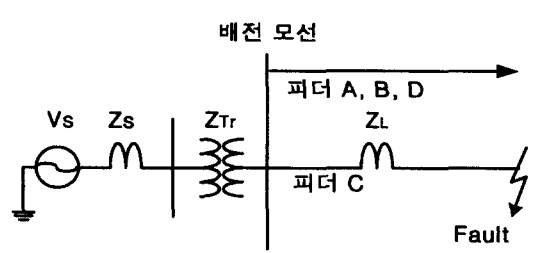


그림 2. 모델계통의 임피던스 구성도
Fig. 2. The impedance diagram of model system

$$V_{\text{sag}} = \frac{Z_L}{Z_S + Z_{Tr} + Z_L} \quad (1)$$

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

식 (1)의 경우는 3상사고일 경우에만 해당하며, 1상사고(single-phase fault)일 경우는, 정상 및 영상, 역상 임피던스 회로로 나누어 해석하여 그 합을 구함으로써 계산할 수 있으며 선간사고(phase-to-phase fault)의 경우는 정상분 및 역상분 회로로 나누어 해석하여 그 합을 구함으로써 계산된다. 표 1은 그림 1(a)의 배전계통에 대해 각 사고를 과도해석 프로그램인 EMTP를 이용하여 모의한 결과와 동일한 계통에 대해 사고해석을 통해 예측한 결과를 비교한 것이다.

그러나 사고해석을 통한 예측의 경우 계통의 구성(topology)에 따른 각 사고위치별 순간전압강하 크기를 평가하는데는 효과적이지만 해석자체가 모두 독립적이므로 전체적인 수용가 영향평가를 위해서는 통계적 조사방법을 통하는 것이 더욱 효과적이다. 따라서 본 논문에서는 한국전력 관할 J변전소의 주변압기 2차측에 ERDAC 1601 고장기록계를 설치하여 91년에서 93년까지의 고장발생에 의한 순간전압강하 발생을 기록하여 전반적인 순간전압강하 크기를 통계적으로 평가하였다. 그림 3은 91년 발생한 1선지락 사고파형으로 가로축은 시간축으로써 샘플링 데이터 개수가 600까지는 1개당 25[μs] 단위로, 601-800까지는 1개당 250[μs] 단위로, 801부터는 1개당 4000[μs] 단위로 샘플링된 것이며 세로축은 전류 및 전압의 크기이다.

표 1. 순간전압강하 크기 예측
Table 1. Prediction of voltage sag magnitude (사고해석을 통한 예측 [%] / 시뮬레이션 [%])

배전모선으로 부터의 사고위치	사고종류		
	1φ 사고	φ-φ 사고	3φ 사고
1[km]	33/34	58/57	20/20
2[km]	50/49	64/62	34/34
3[km]	60/58	69/67	44/44
4[km]	67/65	73/71	51/51
5[km]	72/69	76/74	57/57
6[km]	76/73	79/77	61/62
7[km]	78/76	80/79	65/65
8[km]	81/79	82/80	68/68
9[km]	82/81	83/82	71/71
10[km]	84/82	84/83	73/73

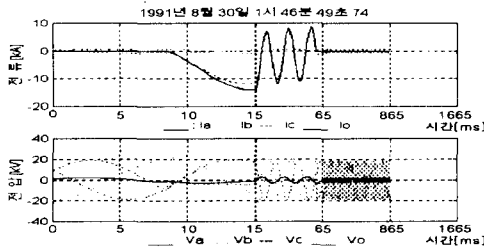
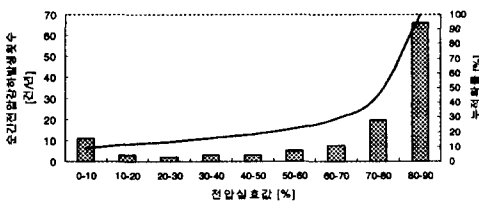
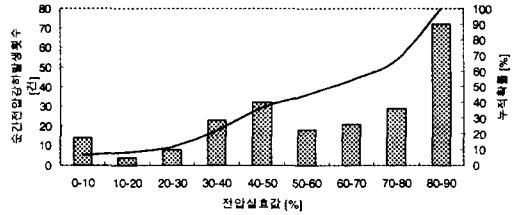


그림 3. 고장기록기에 의해 취득된 파형
Fig. 3. A waveform acquired by fault recorder

그림 4는 순간전압강하의 발생횟수 및 크기에 대한 통계를 나타내었다. 그림 4(a)는 EPRI에서 조사한 미국전역의 순간전압강하 분포 조사결과[1]이며, 그림 4(b)는 앞서 언급한 J변전소에서 3년간 취득된 사고파형 분석을 통해 산출한 결과이다[9]. 그림에서 보는 바와 같이 순간전압강하 크기가 작은 경우가 큰 경우에 비해 훨씬 많이 발생함을 알 수 있으며 국내외의 조사결과 모두 유사한 특성을 나타냄을 알 수 있다.



(a) EPRI의 조사결과



(b) 국내 J변전소에서의 경우

그림 4. 순간전압강하의 분포
Fig. 4. Distribution of voltage sag

3. 수용가 여론조사

실수용가에서 느끼는 순간정전에 의한 영향을 분석하기 위해 한국전력공사의 협조를 얻어 96년 9월부터 97년 3월까지 “전력품질에 관한 여론조사”를 실시하여 그 결과를 제시하였다.

3.1 표본수용가 선정

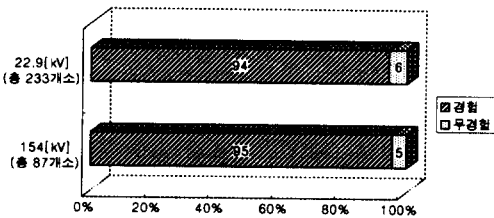
조사결과의 정확성과 공정성을 기하기 위해 조사모집단의 추출범위를 한국전력공사에서 제공한 계약전력 5,000[kW] 이상급의 수용가전체를 대상으로 하였으며 5,000~10,000[kW] 급의 수용가와 10,000[kW] 이상급의 수용가로 나누어 조사하였다. 5,000~10,000[kW] 급 수용가의 경우 총 711개 수용가에 대해 여론조사를 실시하여 이중 196개소에서 응답(응답율 27%)하였으며 10,000[kW] 이상급 수용가의 경우 총 422개 수용가에 대해 여론조사를 실시하여 이중 134개소에서 응답(응답율 32%)하였다.

3.2 여론조사 결과

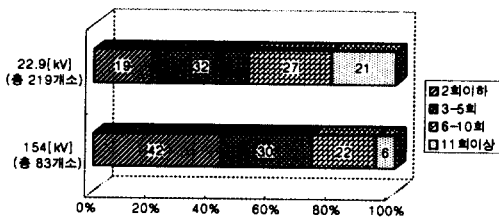
수용가의 수전전압별 인식도를 비교분석하기 위해 응답업체의 대부분(약 98%)을 차지하고 있는 154[kV] 및 22.9[kV] 수전 수용가에 대해 조사결과를 비교하였다. 총 323개 수용가중 22.9[kV]급 수용가가 235개소이며 154[kV]급 수용가는 88개소이다. 그림 5에서 그림 9까지는 조사결과를 도시한 것으로 그림의 좌측에는 해당 문항에 대해 응답한 수용가 수를 기재하였고, 각 막대 구분마다 차지한 백분율 값을 표시하였다.

그림 5는 최근 1년간의 정전경험 유무 및 횟수를 조사한 것으로 수전전압에 관계없이 95[%] 정도의 수용가에서 정전을 경험했으며 22.9[kV]급 수용가의 경우가 154[kV]급 수용가의 경우에 비해 상대적으로 많은 횟수의 정전을 경험한 것으로 나타났다. 그림 6은 경험한 정전중 순간정전의 비율을 조사한 것으로서 수전전압에 관계없이 대부분이 순간정전인 것으로 응답하였으며 22.9[kV]급 수용가의 경우가 상대적으로 그 빈도가 높은 것으로 조사되었다. 정전관리 및 전압관리에 대해 22.9[kV]급 수용가의 약 65[%], 154[kV]급 수용가의 약 85[%]가 관리하고 있다고 응답하였으며 그림 7에 이러한 전압 및 정전관리의 실태를 나타내었다. 응답의 대부분은 기록관리 및 감시, 부분적인 UPS설치, 비상발전기 설치, 계전기 설치 등으로 조사되었다.

그림 8(a)는 순간정전에 대한 대책수립의 필요성을 조사한 것으로 수전전압에 관계없이 거의 모든 수용가에서 필요성을 공감하고 있는 것으로 나타났으며, 그림 8(b)에서 보는 바와 같이 사정이 허락한다면 대부분의 수용가에서 이에 대한 설비보완 의향이 있는 것으로 조사되었다.



(a) 정전경험 유무



(b) 정전경험 횟수

그림 5. 최근 1년간 정전경험
Fig. 5. Outage experience for recent one year

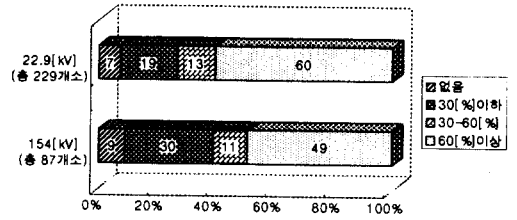


그림 6. 순간정전 비율
Fig. 6. The ratio of momentary interruption

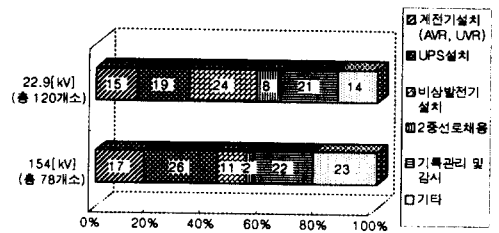
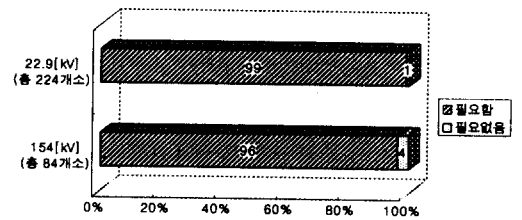
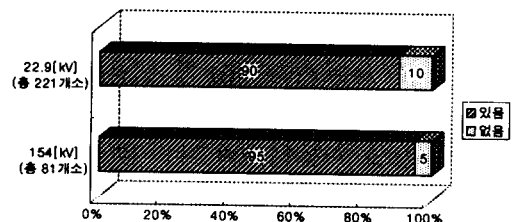


그림 7. 정전 및 전압관리 실태
Fig. 7. The actual state of outage and voltage management



(a) 대책수립의 필요성



(b) 설비보완 의향

그림 8. 순간정전으로 인한 피해에 대한 대책수립 의향
Fig. 8. The intention of countermeasure for reducing interference caused by momentary interruption

배전계통의 순시전압변동에 의한 수용가측 영향의 현황 분석

그림 9는 순간정전에 대한 대책을 수립하는데 있어서의 장애요인을 국내와 일본의 조사결과[2]를 비교한 것으로 수전전압에 관계없이 비용이 가장 큰 방해요인(약 60%)으로 작용하고 있는 것으로 조사되었으며 따라서 경제성이 뒷받침되는 대책수립이 절실한 것으로 나타났다.

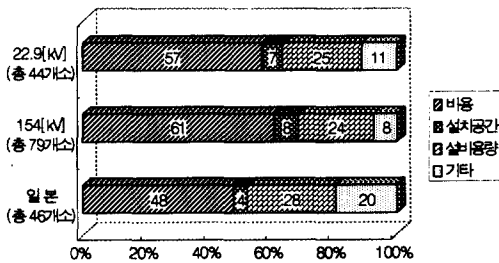


그림 9. 대책수립의 장애요인
Fig. 9. Interference element of countermeasure establishment

하는 지속시간의 전압강하 또는 전압상승의 외란이 발생할 경우 설비의 가동정지를 초래할 수 있다는 것을 나타낸다. 본 논문에서는 순간정전 및 순간전압강하와 관련된 아래쪽 곡선만을 다루었다.

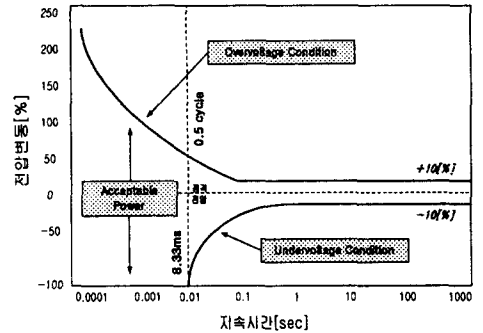


그림 10. 전형적인 CBEMA 곡선
Fig. 10. Typical CBEMA curve

4. 수용가 설비의 순시전압변동 영향 고찰

순시전압변동에 의한 국내 수용가 설비의 영향을 분석하기 위해 수용가설비에 대한 실증실험을 실시하여 그 결과를 제시하였다. 실험자체의 신뢰도 향상을 위해 한국전기연구소의 시험설비인 전원시뮬레이터(SS-C2400 source simulator)를 사용하였다.

4.1 CBEMA 곡선

CBEMA 곡선은 미국의 컴퓨터설비 제조연합회(Computer Business Equipment Manufacturers Association : CBEMA)에 의해 제안[1]된 것으로서 초기에는 컴퓨터의 전압외란에 대한 견뎌정도를 나타내는 수단으로 이용되었으며 이후 전압변동에 대한 설비영향을 분석하기 위한 데이터의 표현에 가장 많이 사용되고 있는 형식으로 그림 10에 나타내었다. 그림 10은 CBEMA 곡선의 전형적인 모습으로 아래쪽 곡선은 전압강하에 대한 설비의 가동정지 유무를 나타내고 위쪽 곡선은 전압상승에 의한 설비의 가동정지 유무를 나타내고 있다. 각 곡선의 내부에 해당

4.2 실험 대상부하의 선정

수용가설비에 대한 실증실험은 직접적이며 명확한 결과의 도출면에서는 효과적이나 모든설비 각각에 대해 실시한다는 것은 거의 불가능하므로 대상설비의 선정과 선정된 설비의 대표성에 의해 그 결과의 신뢰도 여부가 결정될 수 있다. 본 논문에서는 수용가측 설비중 전압강하에 민감한 대표적인 부하설비를 다음과 같은 5가지로 구분하였으며 각각의 설비에 대해 국내에서 주로 이용되는 정격전압 220[V]급의 대부분의 설비를 실험하였다. 다음은 실험에 이용된 대상부하를 나타내었다.

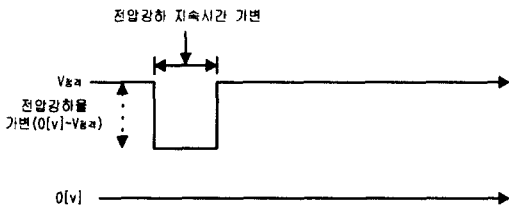
- 전자개폐기 - 산업용 전동기의 전원스위치
- 전원 안정공급장치 - 미소 전력설비에 정전압을 공급, AVR 사용
- 고압방전등 - 산업체 수용가의 옥내의 조명, 고압나트륨등과 메탈할라이드등 사용
- 컴퓨터 및 컴퓨터 주변기기 - 공정제어 및 프로그램 입출력, 개인용 컴퓨터 사용
- 전동기 속도제어기 - SCR 소자를 이용한 전동기 속도제어기 사용

4.3 실험구성

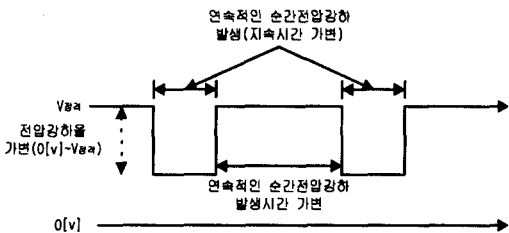
- 실험은 크게 다음의 두가지로 나누어 실시되었다.
- Case 1) 단독의 순간정전 및 순간전압강하에 의한 CBEMA 곡선 도출실험
 - Case 2) 연속적인 순간정전 및 순간전압강하에 의한 누적 CBEMA 곡선 도출실험

그림 11(a)는 Case 1의 실험진행도로써 지속시간과 전압강하율이 가변되는 1회의 순간전압강하를 인가하여 단독적인 전압외란에 대한 부하의 견딤능력을 측정하기 위한 것이며 그림 11(b)는 Case 2의 경우로써 지속시간과 전압강하율 및 연속적인 전압 변동이 가해지는 시간간격이 가변되는 2회의 순간전압강하를 인가하여 이때의 부하 영향정도를 측정하기 위한 것으로 국내 배전계통의 자동재폐로 방식에서 채택하고 있는 0.5초의 재폐로시간에 대한 충격의 누적을 조사하였고 점차로 무전압시간을 증가시키며 충격의 누적이 해소되는 시간을 조사하였다.

본 논문에서는 Case 1의 실험결과는 CBEMA 곡선으로 Case 2의 실험결과는 누적 CBEMA 곡선으로 표기하였다.



(a) Case 1



(b) Case 2

그림 11. 실험 진행
Fig. 11. Experiment process

본 논문에서 실험에 이용한 전원시뮬레이터(SS-C 2400 source simulator)는 순간전압강하의 크기, 지속 시간, 투입위상각 등을 가변하여 GPIB 인터페이스를 이용하여 제어하였다[10,11]. 그림 12는 전원시뮬레이터의 순간전압강하 발생기능인 DIP mode 기능을 나타낸다. 그림 13은 실험의 구성도를 나타내었다. GPIB를 이용한 제측 자동화 시스템을 구축하였으며 전원시뮬레이터에서 실험용 시료로 순간전압강하를 발생시켜 시료의 오동작 여부를 측정하였다.

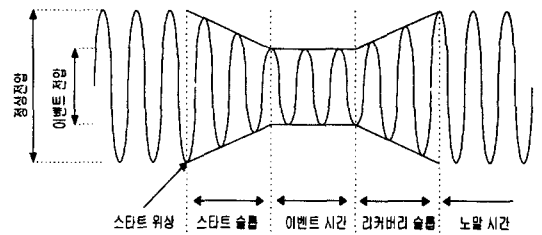


그림 12. 전원시뮬레이터의 DIP mode 기능
Fig. 12. DIP mode function of the source simulator

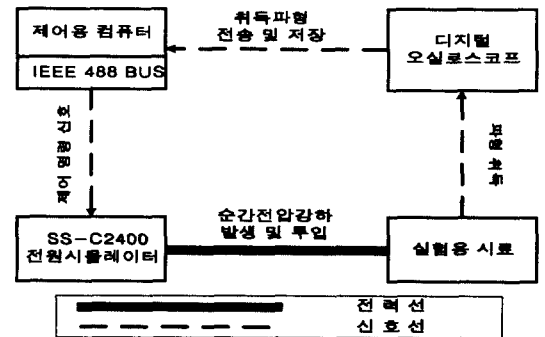


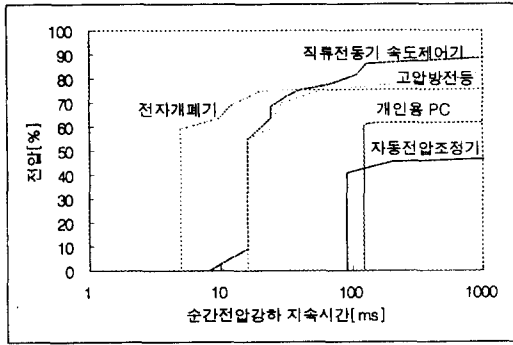
그림 13. 실험 구성도
Fig. 13. Configuration of the experimental system

4.4 실험 결과

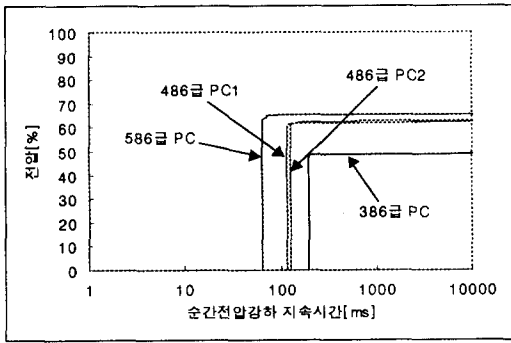
각 설비별로 각기 제작업체가 다른 여러 시료들이 이용되었으며 반복 5회 이상의 실험결과를 평균하여 도시하였다. 그림 14는 실험결과를 나타내었다.

그림 14(a)는 Case 1에 대한 전체부하의 실험결과이며 그림 14(b)는 컴퓨터 부하에 대한 실험결과이다. 그림 15(a)에서 15(c)는 Case 2의 실험결과로써 현행 국내 배전선로의 재폐로 시간과 같은 0.5초의

시간간격을 두고 연속적으로 발생하는 순간전압강하에 대한 부하별 누적 CBEMA 곡선을 도출한 것이다.



(a) Case 1(CBEMA 곡선(전체부하))

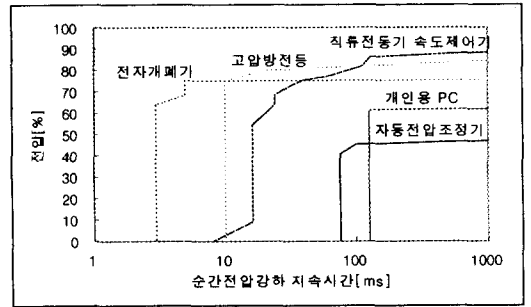


(b) Case 1(CBEMA 곡선(컴퓨터))

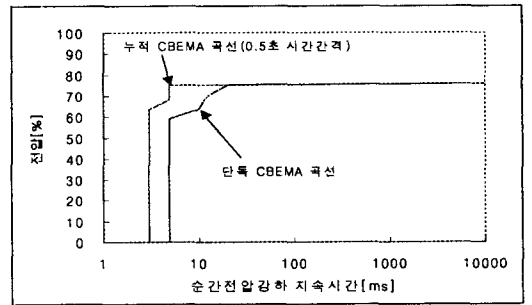
그림 14. 실험결과(단독 CBEMA 곡선)
Fig. 14. The results of the experiment(individual CBEMA curve)

그림 15(a)는 전체부하에 대한 실험결과이며 15(b)와 15(c)는 각각 전자개폐기와 고압방전등에 대한 누적 특성을 보인 것으로 전자개폐기, 고압방전등, 자동전압조정기 등의 부하에서 연속적인 순간전압강하에 대해 충격이 누적되었다.

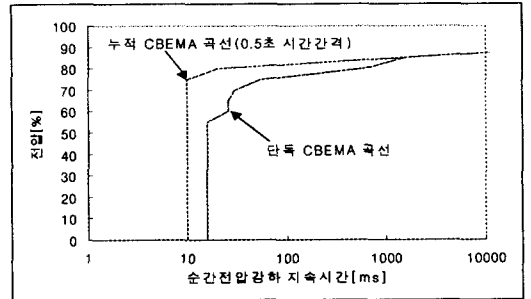
Case 2의 누적 CBEMA 곡선 도출실험의 경우 0.5 초의 시간간격을 점차로 늘려가다 모든 부하들에서 누적현상이 나타나지 않는 시간을 측정해 보았다. 약 2.0초 정도의 시간간격이면 연속적인 순간전압강하에 의한 누적이 해소되는 것으로 나타났다. 그림 15(d)는 2.0초의 시간간격에 의한 누적 CBEMA 곡선 도출실험 결과를 나타낸다.



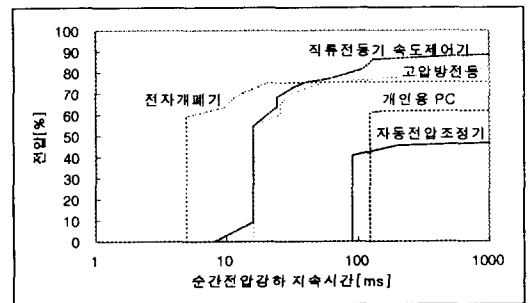
(a) Case 2(누적 CBEMA 곡선(0.5초 간격))



(b) Case 2(전자개폐기(0.5초 시간간격))



(c) Case 2(고압방전등(0.5초 시간간격))



(d) Case 2(누적 CBEMA 곡선(2.0초 간격))

그림 15. 실험결과(cumulative CBEMA curve)
Fig. 15. The results of the experiment (cumulative CBEMA curve)

직류전동기 속도제어기는 그림 15(a)에서 보는 바와 같이 표면적으로는 연속적인 전압강하에 대해 누적특성이 없으므로 CBEMA 곡선의 이동은 없는 것으로 나타났다. 그림 16은 직류전동기 속도제어기의 가동정지구간인 지속시간 15[ms]와 16[ms]의 순간정전(전압강하율 100[%])을 0.5초 시간간격에 대해 인가하고 이 시간을 점차늘려 2.0초의 시간간격에 대해 인가해본 결과를 보여준다. 실험은 직류발전기의 출력과형으로 제어가능 여부를 판단하였다. 출력그림의 그리드 1칸은 시간간격 2.0초이다. 그림 15에서와 같이 똑같이 15, 16[ms] 지속시간의 순간정전에 전동기의 가동정지를 일으키나 0.5초 시간간격을 두고 발생한 연속적인 순간전압강하는 첫 번째 충격이 해소되기 전에 두 번째 충격이 연속적으로 인가하여 충격을 가중시키는 반면 2.0초의 시간간격의 경우 첫 번째 충격이 해소된 후 두 번째 충격이 인가되어 상대적으로 설비에 훨씬 적은 충격을 가하게 된다. 따라서 누적 CBEMA 곡선상에는 나타나지 않으나 0.5초의 시간간격에 대한 연속적인 순간전압강하는 거의 모든 민감부하에 내부적으로는 충격의 누적이 발생된다고 볼 수 있다.

표 2에는 설비 종류별로 실험결과를 요약하였다.

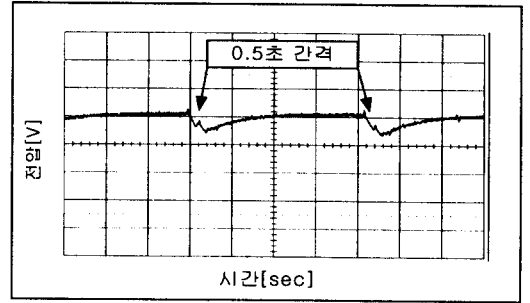
표 2. 실험결과의 요약

Table 2. The summary of the experiment result

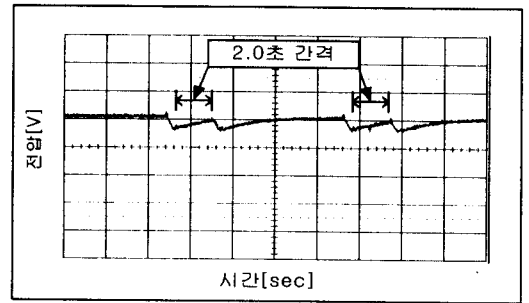
설비종류	제조업체	최소동작시간 [ms]	최소동작전압 (정격의 [%])	평균 (동작시간[ms]/ 동작전압[%])	충격의 누적 여부
전자개폐기	시료#1/ #2/ #3/ #4	3/15/5/8	75/73/75/75	8/75	누적효과있음
개인용 컴퓨터	IBM 호환기종 386/486#1/486#2/586	194/124/115/64	49/62/62/65	125/60	표면적으로는 없으나 내부적으로는 충격누적
고압방전등	시료#1/ #2/ #3	16/12/16	75/80/75	15/77	누적효과있음
자동전압조정기	시료#1/ #2/ #3	90/90/90	45/55/55	90/52	누적효과있음
속도제어기	시료#1/ #2	8/8	85/83	8/84	표면적으로는 없으나 내부적으로는 충격누적

5. 결 론

본 논문에서는 최근 외란에 민감한 부하의 증대에 따라 심각한 문제가 되는 순시전압변동 중 순간정전



(a) 0.5초 시간간격



(b) 2.0초 시간간격

그림 16. 전동기 속도 제어기에 대한 누적충격
Fig. 16. Cumulative impact for motor speed-controller

및 순간전압강하에 의한 수용가측 영향의 현황을 분석하였다. 본 논문에서 얻어진 결론은 다음과 같다.

- (1) 경인지역 J변전소의 순간전압강하 분포를 분석한 결과 전압강하의 크기가 작은 경우가 큰 경우

에 비해 자주 발생하며 국내외에 있어서 모두 거의 비슷한 분포를 이룸을 알 수 있다.

(2) 수용가에 대한 여론조사결과 수전전압에 관계 없이 대부분 수용가에서 정전을 경험했으며 경험정전 중 순간정전의 경험빈도가 높은 것으로 나타났다. 또한 상당수의 수용가들이 순간정전에 대한 관리 및 대책수립을 하지 못하는 것으로 조사되었다. 순간정전으로 인한 피해에 대한 대책수립의 필요성을 느끼며 설비보완 의향이 있으나 비용문제로 인한 장애를 느끼고 있는 것으로 조사되었다.

(3) 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 나타내며 설비에 따라 표면에 드러나는 충격 누적효과는 없으나 내부적으로 충격을 누적시키는 것으로 나타났다.

참 고 문 헌

[1] R.C.Dugan, Mark F.McGranaghan and H.Wayne Beaty, *Electrical Power Systems Quality*, McGraw-Hill, pp.9-80, 1996.
 [2] J.Ward et al., "Power Quality Two Different Perspectives," *IEEE Transaction on Power Delivery*, Vol.5, No.3, pp.1501-1513, July 1990.
 [3] Y.Sekine et al., "Present State of Momentary Voltage Dip Interferences and the Countermeasures in Japan," *CIGRE* 36-206, September 1992.
 [4] J.Lamoree et al., "Voltage Sag Analysis Case Studies," *IEEE Transactions on Industry Applications*, Vol.30, No.4, pp.1083-1089, July/August 1994.
 [5] L.Contrad, K.Little, and C.Grigg, "Predicting and Preventing Problems Associated with Remote Fault-clearing Voltage Dips," *IEEE Transactions on Industry Applications*, Vol.27, No.1, pp.167-172, January 1991.
 [6] Math H.J.Bollen, "Fast Assessment Methods for Voltage sags in Distribution Systems," *IEEE Transaction on*

Industry Applications, Vol.32, No.6, pp.1413-1423, November/ December 1996.
 [7] R.E.Brown et al., "Distribution System Reliability Assessment Momentary Interruptions and Storms," *IEEE PES Proceedings* 96 SM, pp.1-6, 1996.
 [8] R.C.Dugan et al., "Indices for Assessing Utility distribution System RMS Variation Performance," *IEEE Transaction on Power Delivery*, Vol.13, No.1, pp.254-259, January 1998.
 [9] 김재철 외, 송배전선로 재폐로 방식의 최적화 연구(중간보고서), 한국전력공사 전력연구원, pp.424-441, 1996년 10월.
 [10] 도서출판 세운 편집부, CP-IB 인터페이스의 사용법, Chap.3, 1993년.
 [11] SS-C2400 manual, pp.55-60, 1995년.

◇ 저자소개 ◇

김 재 철 (金載哲)

1955년 7월 12일생. 1979년 숭실대학교 전기공학과 졸업. 1983년 서울대학원 전기공학과 졸업(석사). 1987년 동대학원 전기공학과 졸업(박사). 현재 숭실대 전기공학과 교수.
 주관심분야 : 보호계전, 분산형 전원, 전력기기 예방진단

윤 상 윤 (尹尙潤)

1970년 8월 28일생. 1996년 숭실대학교 전기공학과 졸업. 1998년 숭실대학교 대학원 전기공학과 졸업(석사). 현재 동대학원 박사과정.
 주관심분야 : 전력품질, 배전신뢰도

오 정 환 (吳正桓)

1971년 1월 17일생. 1994년 서울산업대학교 전기공학과 졸업. 1996년 숭실대학교 대학원 전기공학과 졸업(석사). 현재 동대학원 박사과정.
 주관심분야 : 보호계전, 적응재폐로

임 성 정 (林成正)

1967년 6월 4일생. 1991년 서울산업대학교 전기공학과 졸업. 1993년 숭실대학교 대학원 전기공학과 졸업(석사). 1998년 동대학원 전기공학과 졸업(박사). 현재 숭실대학교 부설 생산기술연구소 연구원.
 주관심분야 : 적응재폐로, 전력품질

1998. 5. 21.