

한전 실 배전계통에서의 고장 시 순시전압강하 분석

임경섭\*, 성노규\*, 서훈철\*\*, 김철환\*  
 성균관대학교\*, 기초전력연구원\*\*

Analysis of Voltage Sag by Fault in KEPCO's Distribution System

Kyong-Sub Lim\*, No-Kyu Seong\*, Hun-Chul Seo\*\*, Chul-Hwan Kim\*  
 Sungkyunkwan University\*, KESRI\*\*

**Abstract** - 전력품질에 대한 관심이 증가함에 따라 고객의 요구를 충족시키기 위하여 전력품질에 영향을 미치는 요소에 대한 분석 및 효율적인 대책 마련이 요구되고 있다. 따라서, 본 논문에서는 전력품질의 주 문제중의 하나인 sag에 대하여 분석하였다. EMTP를 이용하여 한전의 실 배전계통을 모델링하여 고장으로 인한 sag를 모의하였다. 다양한 고장발생 조건에 대하여 모의하여, 고장으로 인한 sag 발생 시 배전계통에서 상하단 상호간에 미치는 영향에 대하여 분석하였다. 그 결과 평형 및 불평형 고장에 따라 그 영향이 달리 나타남을 확인할 수 있었다.

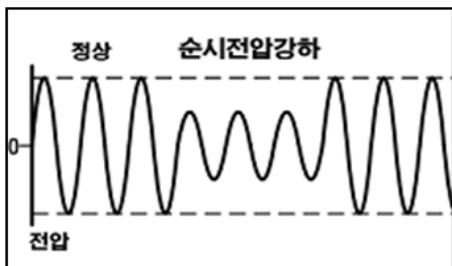
1. 서 론

전력품질에 대한 문제는 최근 들어 전력 시스템에서 중요한 문제로 대두되고 있다. "Clean Power"에 대한 요구가 지난 수 년 동안 급격하게 증가하고 있는데, 이는 가정이나 사무실, 혹은 산업체에서 사용이 급증하고 있는 컴퓨터, 통신 기기 등 전력의 외란에 민감한 전자 부품 또는 전력전자장비가 증가하고 있기 때문이다. 이러한 제품들의 대부분은 전압과형에 대단히 민감하다. 예를 들어, 순간적인 전력 공급의 중단이나 수 ms의 지속시간을 갖는 순시전압강하는 컴퓨터 데이터의 손실과 컴퓨터 에러 등을 일으킬 수 있다. 따라서 설비회사 혹은 수용가에서 이러한 전자장비의 사용이 증대되어감에 따라 고품질 전력공급에 대한 요구는 앞으로 증가할 것이다. 따라서, 전력품질에 대한 분석 및 대책마련이 필요한 상황이다.

본 논문에서는 현재 가장 널리 사용되는 전자기 과도해석 프로그램인 EMTP를 사용하여 전력계통에서 발생하는 고장으로 인한 순시전압강하를 모의하였다[1]. 2단장주로 구성된 한전의 실 배전계통을 이용하여 순시전압강하로 인한 서로의 영향에 대하여 분석하였다[2]. 순시전압강하를 모의하기 위하여 본 논문에서는 고장발생각과 고장종류, 고장거리등을 변화시켜 고장을 발생시켰다. 모의결과를 바탕으로, 2단장주 구간에서 상하단에 상호간에 미치는 영향에 대하여 분석하였다.

2. 순시전압강하[3]

IEEE에서는 순시전압강하를 0.5Cycle을 넘거나 1초를 넘지 않는 시간 동안 전력계통에서 0.1~0.9[p.u.]의 RMS전압 값으로 감소하는 현상이라고 정의하고 있다. 그러나 예외적으로 유도전동에 의한 Sag는 고장에 의한 Sag보다 더 길고 보통 수초에서 수십초까지 나타날 수 있다. 순시전압강하의 주된 원인으로는 대형모터의 기동이나 대형부하의 갑작스런 투입, 계통에서의 고장을 꼽을 수 있다. 순시전압강하는 고장거리에 따른 임피던스에 따라 달라진다. 일반적으로 순시전압강하는 고장거리 길어질수록 모선으로부터 고장발생점까지의 임피던스는 커지게 되어 모선에서의 순시전압강하 정도는 작아지는 특성을 가진다. 다음 전형적인 순시전압강하의 파형은 다음 그림 1과 같다.

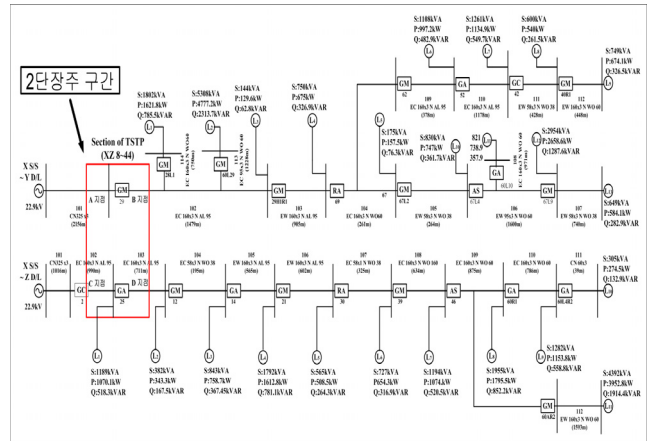


<그림 1> 전형적인 순시전압강하 파형

3. 모의 및 결과

3.1. 계통모델

본 논문에서 EMTP를 이용하여 모델링한 실계통 모델은 다음 그림 2와 같다. 모의한 실 계통 모델은 시작 구간에 약 1.5[km] 길이의 2단 장주로 구성되어 있고, 2단 장주 구간을 지난 후 각각 1단장주로 분기되는 형태이다. 상단의 13개소 부하와 하단의 11개소 부하가 있으며, 총 유효부하는 28.6[MW], 총 무효부하는 13.9[MVAR]이다[2]. 전체 선로길이는 병렬 연결된 선로를 제외한 직렬 연결된 선로로, 상단의 경우는 전원부터 끝까지 5.965km, 하단의 경우는 6.799km이다. 중성선의 물리적 구역을 위하여 ATPDraw의 LCC(Line Constant Cable) 소자를 이용하여 모델링하였다.



<그림 2> 실 계통 모델

3.2. 모의 조건

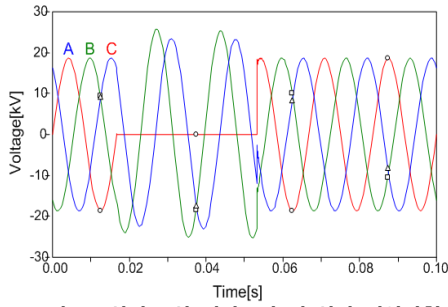
고장 종류에 따른 모의를 위하여 1선 지락고장(불 평형고장) 및 3상고장(평형고장)을 모의 하였고, 각 고장 종류에 따라 고장 발생각에 따른 변화를 분석하기 위하여 0°와 90°로 변화를 주어 고장을 모의하였다. 또한 고장거리에 따른 순시전압강하를 분석하기 위하여 각 고장종류에 따라 상단에서는 총 선로길이의 10%, 40%, 70%지점을, 하단에서는 총 선로길이의 30%, 50%, 70%지점에서 고장을 발생시켜 결과를 분석하였다. 다음 표 1은 모의한 고장조건에 대하여 정리한 표이다.

<표 1> 고장 모의조건

고장위치	고장종류	고장 발생각	고장거리	
			상단	하단
상단	A상 지락고장	0°, 90°	10%	30%
			40%	50%
하단	3상고장		70%	70%

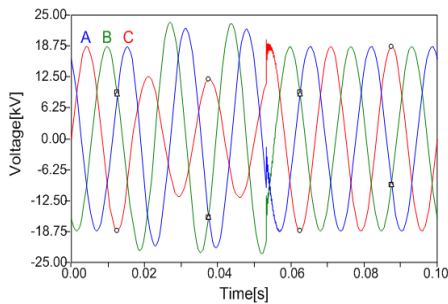
3.3. 시뮬레이션

다음 그림 3은 상단 A상 0°, 10%지점 고장 시 상단의 전압파형을 나타낸다. 고장 발생 시점부터 A상의 전압이 0이 되는 것을 관찰할 수 있다. 다른 조건의 지락사고 발생 시에도 그림 3과 유사하게 고장 시 자단의 고장상의 전압은 0이 되었다.



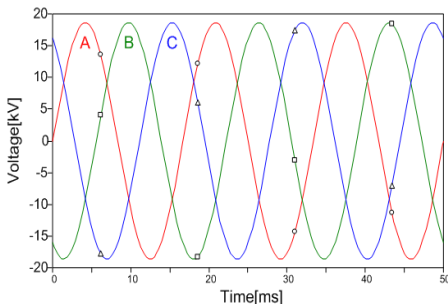
〈그림 3〉 상단 A상 지락고장 시 상단 전압파형

다음 그림 4는 상단고장 시 하단의 전압파형을 나타낸다. 상단의 A상 고장 발생으로 인하여 중성선에 큰 전류가 흐르게 되어 중성선을 공유하고 있는 하단 A상에 영향을 끼치게 된다. 따라서 그림 4와 같이 순시전압강하가 발생하였다. 또한 1선지락고장 시 다른 조건(고장발생각 및 고장거리)의 고장이 발생할 때에도 그림 4와 유사하게 하단의 고장상과 동일한 상대단의 상에 순시전압강하가 발생하였다.



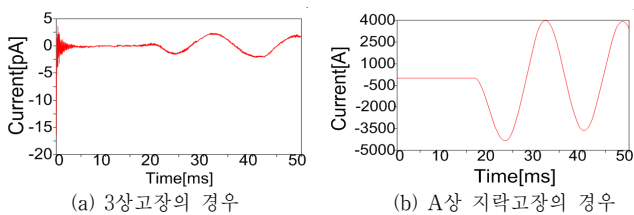
〈그림 4〉 상단 A상 지락고장 시 하단 전압파형

다음 그림 5는 상단에서 3상 지락고장, 고장 각 0°, 10%지점에서 고장이 발생했을 때, 하단에서 측정된 전압파형을 나타낸다. 위의 그림 4에서 보인 A상 지락고장의 경우와는 달리 하단에서 순시전압강하가 일어나지 않음을 관찰할 수 있다. 이것은 A상 지락고장과 달리 3상 지락고장은 고장이 일어났음에도 3상이 평형을 유지하기 때문에 중성선 전류가 흐르지 않아 상단과 하단 상호간에 영향을 주지 않기 때문이다.



〈그림 5〉 상단3상 지락고장 시 하단 전압파형

다음 그림 6은 평형고장(3상 지락고장) 및 불평형고장(1상 지락고장)인 경우에 대하여 중성선 전류를 비교한 결과이다. 그림 6(b)와 같이 A상 지락고장으로 인한 중성선 전류는 4000[A]에 가까운 최대전류가 흐르는 반면, 그림 6(a)와 같이 3상 지락 고장으로 인한 중성선 전류의 값은 중성선을 공유하고있는 2단장주 구간에서는 0[A]에 가깝다. 이러한 중성선 전류의 차이로 인하여 상대단 계통에 미치는 영향이 다르게 나타나는 것이다.



〈그림 6〉 고장 시 중성선 전류파형

다음 표 3은 1선지락고장 시 고장조건에 따른 상단 혹은 하단장주에서 상대단에서의 순시전압강하를 나타낸다. 3상고장에서는 상대단에 영향이 없으므로 표 3에서 생략하였다. 전압 값은 p.u.값으로 나타내었고, p.u.를 계산하기 위한 Base는 전원의 RMS값으로 13223[V]를 사용하였다. 고장거리에 길어짐에 따라 순시전압강하의 정도가 작아지는 것을 확인할 수 있다. 고장거리가 멀어질수록 선로임피던스가 커져 그에 따라 전압강하도 작아져 하단의 70%지점 고장인 경우 순시전압강하의 발생 범위인 0.9[p.u.]이하를 만족하지 않는 경우가 발생하였다. 또한, 고장 발생각에 따른 순시전압강하의 영향은 0°고장일 때보다 90°고장일 때의 전압강하의 정도가 큰 것을 확인하였다.

〈표 3〉 고장조건에 따른 고장전압[p.u.]

	고장거리	고장 발생각[p.u.]	
		0°	90°
상단 고장	10%	0.635	0.629
	40%	0.815	0.811
	70%	0.897	0.894
하단 고장	30%	0.865	0.850
	50%	0.874	0.867
	70%	0.919	0.914

### 3.4 모의결과 분석

모의 결과에 대하여 결과를 요약하면 다음과 같다.

- ① 평형고장 발생 시 중성선 전류가 0이므로 상대단 계통에 대하여 미치는 영향이 없다.
- ② 불 평형고장 발생 시, 고장발생 부분 외의 상대단 계통에도 순시전압강하가 발생한다. 이는 불 평형으로 인하여 중성선 전류가 흐르게 되어 서로 간에 영향을 미치기 때문이다.
- ③ 상, 하단 모두에서 2단장주 구간으로부터 고장거리가 멀어질수록 순시전압강하의 정도는 작아진다.
- ④ 상, 하단 모두에서 고장 발생 각이 0°인 경우가 90°인 경우보다 순시전압강하가 적게 발생한다.

## 4. 결 론

본 논문에서는 2단장주로 구성된 실 계통에서 고장의 발생에 따른 순시전압강하를 분석하였다. 2단장주 구간 내에서 고장종류, 고장 발생각, 고장거리에 따라 다양하게 모의하여, 상대단에 미치는 영향을 분석하였다. 분석결과 평형고장(3상고장) 시에는 중성선 전류가 0이므로 상대단에 미치는 영향이 적은 것을 확인하였고, 1선 지락고장과 같은 불 평형고장 시 큰 중성선 전류가 발생하므로 고장이 발생한 자단뿐만 아니라 발생하지 않은 상대단 부분에서도 순시전압강하가 발생한 것을 확인할 수 있다.

이러한 분석결과는 배전계통에서 전력품질 향상 및 보호 대책 수립에 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

### 감사의 글

본 연구는 산업자원부의 지원에 의하여 기초전력연구원 (R-2007-2-055)주관으로 수행된 과제임

### 참 고 문 헌

- [1] 박성원, “전력품질 향상을 위한 Wavelet Transform을 이용한 고조파 제거기법에 관한 연구”, 성균관대학교 석사학위논문, 1997.12.
- [2] 성노규, 이명희, 이유진, 박건우, 이상봉, 김철환. “EMTP를 이용한 3상 converter의 점호각 변화에 따른 실 계통 영향 분석”, 대한전기학회 추계학술대회논문집, 1호, pp142-144, 2007.11.
- [3] Understanding Power Quality Problems, Bollen. pp148-149.