

국내 부하특성을 고려한 전력품질 향상기 동특성 분석

전영수, 곽노홍, 박상호, 윤종수, 김수열, 송인준
한국전력공사 전력연구원

Dynamic analysis of power quality device considering domestic load

Y.S Jeon, N.H Kwak, S.H Park, J.S Yoon, S.Y Kim, I.J Song
KEPRI

Abstract - 전력품질 향상기인 DVR, D-STATCOM의 동작특성 분석을 위해서 미리 선정된 부하에 대한 PSDM(Power System Fault and Disturbance Recorder) 데이터를 근거로 ZIP모델을 구성하고 EMTDC 프로그램을 이용하여 이를 분석하였다.

하의 전류는 증가하며, 정전력 부하의 전류는 감소하며, 정전류 부하는 전압의 변동과 무관하다.

1. 서 론

정보화시대를 맞이하여 수용가측의 전력품질에 대한 관심이 나날이 높아지고 있고, 특히 공장자동화 및 컴퓨터의 보급 확산으로 배전계통에 비선형 부하의 사용이 늘어나고 있다. 공장제어기 및 인버터 마이크로프로세서와 같은 기기들은 전력품질에 매우 민감하므로, 이들 기기를 보호하기 위해 전력품질 보상기기인 DVR, D-STATCOM과 같은 전력품질 향상기기가 개발되어 사용되고 있다. 이들 기기의 정확한 동작특성 분석을 위해서는 설치 개소의 부하특성이 반영되어야 한다. 부하특성을 반영하기 위해서 국내의 대표적인 주거지역, 상업지역, 산업지역을 선정하고 각 지역에 대한 정전력 부하, 정임피던스 부하, 정전류 부하의 구성비를 반영하여 각각의 부하에 대하여 전력품질 향상기기 설치 시 동작특성을 EMTDC 프로그램을 이용하여 분석하였다

2. 본 론

2.1 ZIP 모델.....

부하특성은 전력계통의 안정성에 영향을 미치며, 실제 부하의 구성은 수많은 조명기구, 전열기, 모터, 아크로 등이 복합되어 이루어지므로 부하 모델링도 복잡하게 된다. 1960년대에는 전력계통의 부하를 단순히 정임피던스(Constant Impedance) 형태의 부하로 가정하여 계통 해석을 하였으나 부하의 종류가 다양해지고 계통연계가 확대됨에 따라 정임피던스만으로 구현된 부하모델을 이용해서 정확하게 계통의 과도현상을 해석하기는 어려우므로 다양한 부하특성을 나타낼 수 있는 부하모델링이 필요하게 되었으며, 계통의 부하 특성을 정확하게 표현하기 위해 ZIP 모델이 제안되었다. ZIP 모델은 계통의 부하가 정임피던스 형태의 부하와 정전류(Constant Current) 부하, 정전력(Constant Power) 부하로 구성되어 있다고 가정하였으며, 이들 부하를 수식으로 표현하면 아래와 같으며, a, b, c는 상수이다

- 정임피던스(CZ)모델 : $P = aV^2$
- 정전류(CI)모델 : $P = bV$
- 정전력(CP)모델 : $P = c$
- 복합(ZIP)모델 : $P = aV^2 + bV + c$

ZIP모델을 구성하는 정임피던스 부하와 정전류 부하, 정전력 부하는 전압이 변화됨에 따라 전류는 그림1에서와 같이 변화된다. 전압이 상승됨에 따라 정임피던스 부

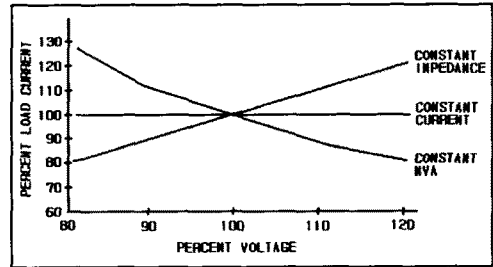


그림 1 ZIP모델의 전압-부하전류의 관계

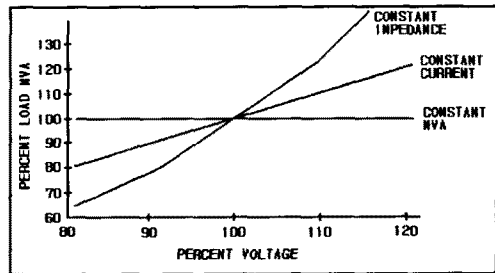


그림 2 ZIP모델의 전압-전력(MVA)의 관계

정임피던스 부하는 ZIP 모델 성분 중 전압의 제곱에 비례하는 항으로 계통의 전압진동을 감소시키는 경향을 가지며 저항기, 전열기, 조명, 리액터, 역률보상 축전기, 소용량 전동기 등이 해당된다. 정전류 부하는 전압에 비례하는 항으로 모든 전압조건에 대하여 일정한 전류를 유지한다. 또한 정전력 부하는 전압에 관계없이 일정한 전력을 소비하는 부하로써 계통의 전압진동을 증가시키는 경향이 있으며, 유도형 모터, 단위 역률 동기전동기 등이 해당된다. 상기와 같이 정임피던스 부하, 정전류 부하, 정전력 부하는 전압이 변화됨에 따라 각각 전류, 전력의 변동이 상이하므로 전력품질 향상기기 적용효과 분석을 위한 시뮬레이션을 수행하려면 부하특성이 정확히 반영되어야 한다.

2.2. 순간전압 변동현상 데이터 취득

국내 전력계통 특성을 분석하기 위해 2002년 2월부터 2003년 9월까지 PSDM 기기를 청주, 광주, 의성, 강진, 제주에 설치하여 Sag 및 순간정전 데이터를 취득하였다. 단상지락사고에 의해 Sag 발생시 취득된 의성변전소의 PSDM 데이터에 의한 분석 예는 그림 3과 같다.

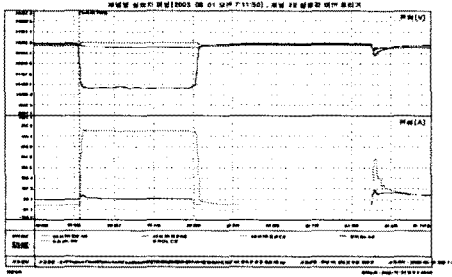


그림 3 의성 S/S 단상지락사고 시 실효전압

위의 분석 사례와 같이 PSDM을 이용하여 설치장소 별로 취득된 Sag 및 순간정전 데이터를 다음과 같이 기준 전압과 Sag 전압 그리고 Sag 지속시간의 항목으로 분석하였다.

2.2.1 SAG 지속시간별 분석

표 1 지속시간별 Sag 분류

	50ms이하	50~100ms (순간정전)	100~200ms (순간정전)	200~300ms	300ms이상 (순간정전)
Sag 발생회수	4	48(3)	4(1)	1	5(2)

표1은 PSDM을 이용하여 설치장소 별로 취득된 전압 강하 데이터를 지속시간에 따라 분류한 것이다. 표1에서와 같이 50 ~ 100ms의 지속시간에 해당되는 전압강하가 가장 많고 300ms이상의 전압강하도 5건 취득되었다.

2.2.2 SAG 발생크기별 분석

표 2 발생크기별 Sag 분류

	20% 이하	20~30%	30~40%	40~50%	50%이상
Sag 발생회수	29	28	8	6	16

표2는 PSDM을 이용하여 설치장소 별로 취득된 전압 강하 데이터를 발생크기의 비로 분류한 것이다. 일반적으로 알려진 바와 같이 전압강하의 정도가 20%이내인 데이터가 29건으로 가장 많았으며, 20~30%인 데이터가 28건으로 이 두 가지 경우가 전체의 65%정도를 차지하고 있는 것을 알 수 있다.

2.2.3 SAG 발생유형별 분석

표 3 발생유형별 Sag 분류

	1상 Sag	2상 Sag	3상 Sag	순간정전
Sag 발생회수	41	16	5	6

표3은 PSDM을 이용하여 설치장소 별로 취득된 전압 강하 데이터를 발생크기의 비로 분류한 것이다. 표에서와 같이 1상 전압강하가 전체 전압강하의 약 60% 정도를 차지하는 것을 알 수 있다.

2.3 부하모델 시물레이션

국내 부하모델 특성을 파악하기 위해서 대표적인 농업 부하, 주거부하, 산업부하를 선정해서 PSDM을 이용하여 데이터를 취득하였으며, 이를 이용하여 EMTDC에서 부하모델 시물레이션을 수행하였다. EMTDC에서는 ZIP 모델 구현을 위하여 Fixed model을 제공하고 있으며 메뉴구성을 통하여 정전력, 정전류, 정임피던스 부하를 구현할 수 있게 되어 있다. 선정된 장소는 다음과 같다.

농업용 부하 : 의성
 산업용 부하 : 창원
 주거용 부하 : 대전

2.3.1 농업용 부하모델 시물레이션

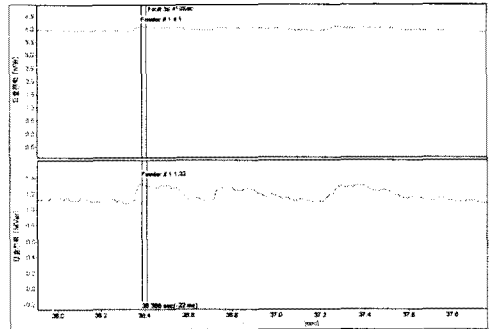


그림 5 의성 D/L PSDM의 P,Q 파형

그림5는 농업부하로 선정된 의성 S/S에서 2003년 7월 19일 19시 53분에 PSDM으로 취득한 P, Q파형이다. 34.5초에 P, Q파형을 보면 의성 D/L의 유효전력은 약 4.1[MW] 그리고 무효전력은 약 1.32[MVar] 정도인 것을 알 수 있다.

표 4 의성 D/L ZIP 구성비

		04시		15시		19시				
		정전력	정전류	정전력	정전류	정전력	정전류			
의 성	P	47.9	1.7	50.4	47.2	0.1	52.7	45.5	5.3	49.2
8490	Q	4.7	40.1	55.2	4.6	40.0	55.4	4.6	40.0	55.4

표4는 의성 D/L에서 여름의 ZIP 구성비를 나타낸 것이다. PSDM에서 취득된 데이터가 19시 53분이므로 ZIP 모델 구성비 표에서 19시의 것을 이용하여 이를 PSDM 취득 데이터에 적용하면 다음과 같다.

의성 S/S 정전력 부하(P) : $0.455 * 4.1 = 1.8655$
 의성 S/S 정전력 부하(Q) : $0.046 * 1.32 = 0.0607$

의성 S/S 정전류 부하(P) : $0.053 * 4.1 = 0.2173$
 의성 S/S 정전류 부하(Q) : $0.4 * 1.32 = 0.528$

의성 S/S 정임피던스 부하(P) : $0.492 * 4.1 = 2.0172$
 의성 S/S 정임피던스 부하(Q) : $0.554 * 1.32 = 0.7312$

위의 결과를 적용하여 의성 D/L의 정전력, 정전류, 정임피던스 부하를 모의계통에서 만들어서 이에 따른 부하의 특성을 살펴 보았다. 이를 위해서 그림 6과 같이 모의회로를 구성하였으며, 구성방식은 고창실중 시험장 과

같이 전원부와 모의사고 발생장치, 전력품질 향상기기, 실제 계통 데이터를 적용한 ZIP 모델 부하로 구성하였다.

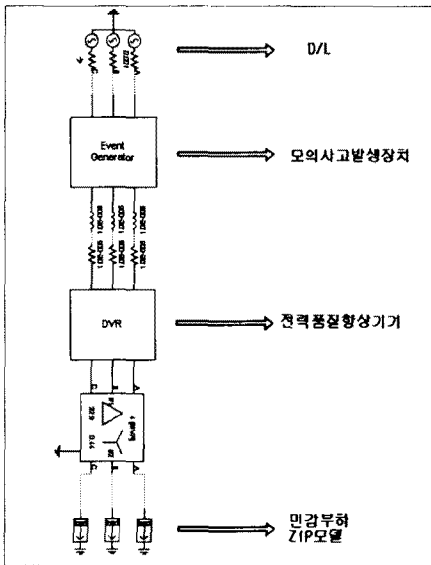


그림 6 ZIP모델을 이용한 EMTDC 시뮬레이션 구성도

그림7은 사고모의 장치에서 40%의 3상 Sag를 발생시켰을 경우 의성 D/L 모선단 전압파형이며 그림 8에서는 40% 3상 Sag 발생시 전력품질 향상기기(DVR)에서 전압을 보상하여 부하단에서 전압이 보상된 것을 알 수 있다.

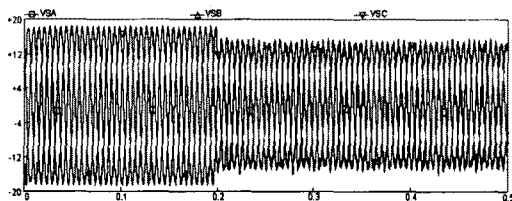


그림 7 40% Sag 발생시 의성 D/L 모선단 전압파형

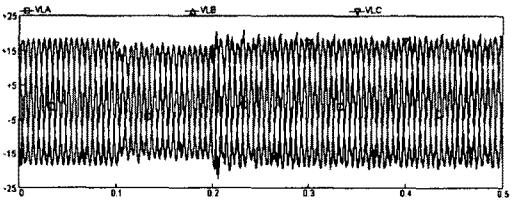


그림 8 40% Sag 발생시 의성 D/L 부하단 전압파형

그림 9는 사고 모의장치에서 40%의 3상 Swell을 발생시켰을 경우 의성 D/L 모선단 파형이며, 그림10은 40% 3상 Swell 발생시 전력품질 향상기기(DVR)에서 전압을 보상하여 부하단에서 전압이 보상된 것을 알 수 있다.

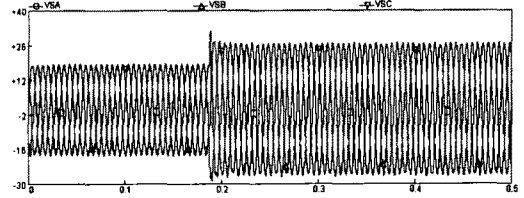


그림 9 40% Swell 발생시 의성 D/L 모선단 전압파형

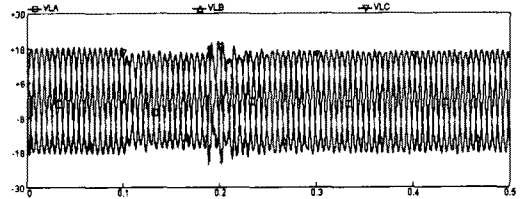


그림 10 40% Swell 발생시 의성 D/L 부하단 전압파형

3. 결 론

본 논문에서는 “국내 전력계통 특성을 고려한 전력품질 향상기기 실증시험 기술개발” 과제에서 설치하고 있는 DVR, D-STATCOM과 같은 전력품질 향상기기의 정확한 동작특성 분석을 위해서 국내의 대표적인 주거지역, 상업지역, 산업지역을 선정하고 PSDM을 설치하여 취득된 데이터를 비교 분석하였다. 또한 취득된 데이터를 각 지역에 대한 정전력 부하, 정임피던스 부하, 정전류 부하의 구성비를 반영하여 전력품질 향상기기의 동작 특성을 살펴보았다.

본 논문에서는 전력품질 향상기기 중에서 대표적으로 DVR에 관해서만 기술하였지만 D-STATCOM, APF, SSTS와 같은 다른 전력품질 향상기기에 관해서도 향후 시뮬레이션을 실행할 예정이다.

[참 고 문 헌]

- [1] Melhorn, C.J., McGranaghan, M.F , “Interpretation and analysis of power quality measurements”, Textile, Fiber and Film Industry Technical Conference IEEE 1995 pp. 1 -9
- [2] Dabbs, B, Lamoree, J, Zavadii, B, Samotyj, M “The Power Quality Database: a software tool for utility engineers to solve problems” Industrial Electronics, 1995. ISIE , Proceedings of the IEEE International Symposium on , Volume: 1 pp. 72 -79
- [3] Gunther, E, “Power quality monitoring” Power Engineering Society Summer Meeting, 1999. IEEE vol1 , pp. 325
- [4] Dong-Jun Won, Il-Yop Chung, Joong-Moon Kim, Seung-II Moon “Development of power quality monitoring system with central processing scheme” Power Engineering Society Summer Meeting, 2002 IEEE Vol 2 , pp. 915 -919
- [5] 김기동, 박시우, 추진부, 김정부, “전력계통 안정도 정밀 해석을 위한 적정 부하모델에 대한 연구” 최종보고서 2001. 3 pp. 7 -13
- [6] 추진부, 장병훈, 전영수, 윤종수 “국내 전력계통 특성을 고려한 전력품질 향상기기 실증시험 기술개발” 상세보고서 2002. 11 pp. 77