

## EMTDC를 이용한 D-STATCOM의 전압제어 효과분석

전영수 \*, 박상호, 김수열, 이재욱, 곽노홍, 추진부  
한국전력공사 전력연구원

### Analysis of D-STATCOM Voltage Regulation using EMTDC

Y.S. Jeon \*, S.H. Park, S.Y. Kim, J.W. Lee, N.H. Kwak, J.B Choo  
KEPRI KEPCO

#### ABSTRACT

고도화 정보화시대의 도래로 수용가측의 전력품질에 대한 관심이 나날이 높아지고 있고, 전원 품질에 의한 경제적 피해가 늘어나면서 중요 부하 및 계통을 보호하기 위한 전력품질 보상기기 개발에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. 대표적인 전력품질 향상기기로는 D-STATCOM, DVR, SSTS 등이 있다.

#### 1. 서 론

전력품질 향상기기를 이용한 실증시험 기술분야 연구는 주로 미국과 일본을 중심으로 연구되고 있다. 미국의 경우 Custom Power 및 FACTS등 대용량 전력전자 기술을 바탕으로 하여 각종 전력품질 보상장치를 연구 개발하여 실용화하고 있다. 특히 EPRI, AEP, SIEMENS 공동으로 Premium Power Park(PPP) 연구 수행을 하고 있는데 산업/상업 단지 환경에서 Premium Power를 수용가에게 공급하기 위한 개념 정립, 단지 환경에서 배전급 전력 품질향상을 위한 설계 방법 개발, 다양한 배전급 PQ 기기 통합 운영, 전력품질 향상 및 수용가 만족도 분석등을 목표로 하고 있다.

일본의 경우도 고유연, 고신뢰 배전계통(FRIENDS) 구성 및 운용에 관한 연구를 수행하고 있다. 향후 배전계통에 도입이 예상되는 여러 장치를 이용하여 유연하게 계통구성을 바꾸면서 높은 신뢰성의 전력을 효율적으로 수송하도록 하는 한편, 규제완화 후에 수용가가 요구할 수 있는 여러 사항에 대해서도 신속하게 대응할 수 있는 시스템에 대한 연구를 수행 중이다.

현재 국내에서 추진중인 전력품질 관련 연구는 학계와 연구소를 중심으로 주로 이론적인 연구를 수행중이며, 실제 개발하는 H/W도 소용량으로 배전계통에 적용하기는 어려운 실정이므로, 실제 배전계통에 적용할 수 있는 용량의 전력품질 향상기기에 대한 적용연구 및 운전경험 습득이 절실히 요구되고 있다. 전력연구원과 LG산전, 충

북대가 22.9kV 배전계통에 적용 가능한 전력품질 향상기기인 SSTS, DVR, D-STATCOM과 부하설비를 실제 설치하여, 이들 기기의 성능 검증과 복수의 기기에 대한 통합운영기술 등 전력품질 향상기기의 실증기술 습득을 위한 시험장을 구축 중에 있다.

본 논문에서는 전력품질 향상기기 중 D-STATCOM의 설치효과 분석 및 최적용량산정을 위하여 EMTDC 시뮬레이션을 실시하고 이를 설치된 D-STATCOM의 실제 측정데이터와 비교 분석하였다.<sup>[1]</sup>

#### 2. 본 론

##### 2.1 전력품질 향상기기 실증시험장 구성

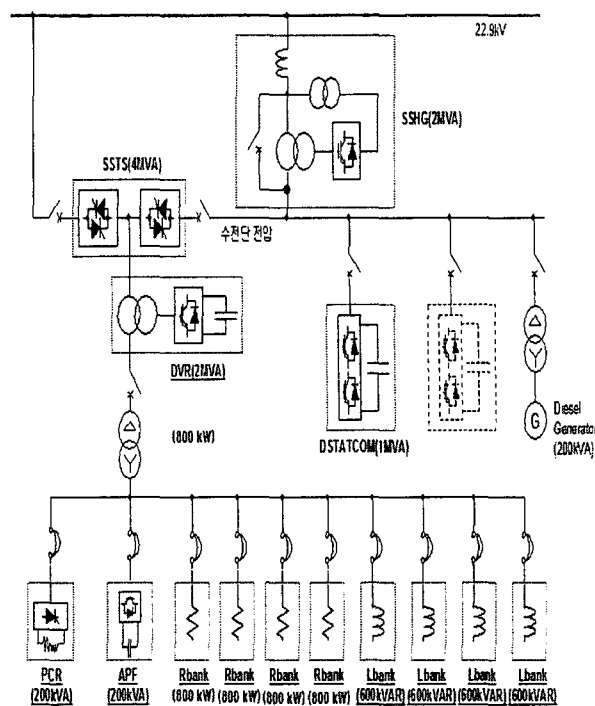
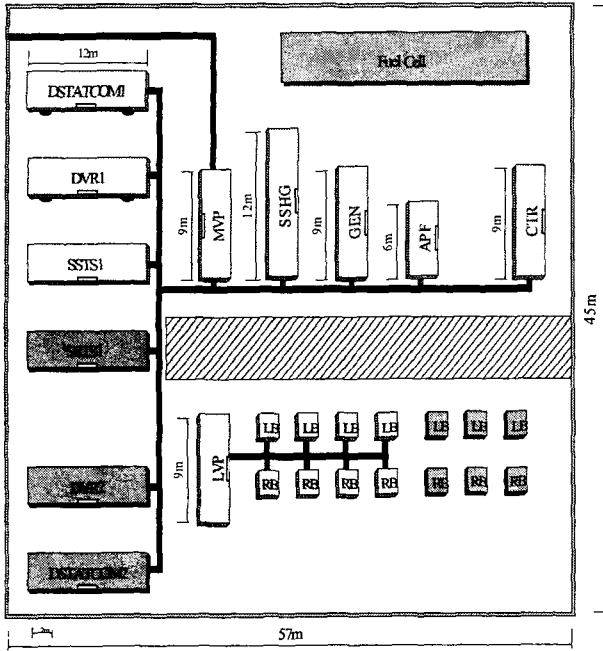


그림 1. 전력품질 향상기기 실증시험장 구성도



설치년도 :  2003-2004,  2004 이후

그림 2 전력품질 향상기기 실증시험장 기기 배치도

전력품질 향상기기 실증시험장의 크기는 45m X 57m이며 고압측과 저압측으로 구분하여 기기들이 배치되고, 고압배전반, 저압배전반, DSTATCOM, DVR, SSTS, 디젤발전기, SSHG, 고조파 필터, 부하(저항부하와 리액터 부하)로 구성된다. 전력품질 향상기기 실증시험장의 구성과 실제 기기배치도는 그림 1, 그림 2와 같다.

### 2.2 D-STATCOM의 동작원리

배전용 STATCOM(Distribution STATCOM)은 공냉식 전압원 인버터로 구성된 DC/AC 스위칭 파워 컨버터 이다. 기본적으로 D-STATCOM은 계통내 모든 전압과 동상(in-phase)으로 전압을 인가하여 전압변동을 억제하고 무효전력을 조정한다.



그림 3 D-STATCOM

D-STATCOM은 동기파형을 생성하므로 최대정격까지 연속적으로 가변 유도성 및 용량성 병렬 보상이 가능하다.

D-STATCOM과 교류전력계통 사이에서 유무효전력의 상호교환은 D-STATCOM의 출력전압과 연결점의 모선전압과의 위상차를 조절함으로써 제어가 가능하다. 만일, D-STATCOM의 출력전압  $V_I$ 가 모선의 단자전압  $V_T$ 와 동상이고,  $V_I > V_T$  이면 D-STATCOM은 무효전력을 계통에 공급하며,  $V_I < V_T$  이면 D-STATCOM은 계통에서 무효전력을 흡수한다. 이상적으로는  $V_T$ 와  $V_I$ 의 위상이 동상이나 실제로는 변압기의 권선과 인버터의 손실이 있어 이 손실을 보상하기 위해 약간의 유효전력을 공급해야 하므로 D-STATCOM의 출력전압은 단자전압과 약간의 위상차를 갖는다.

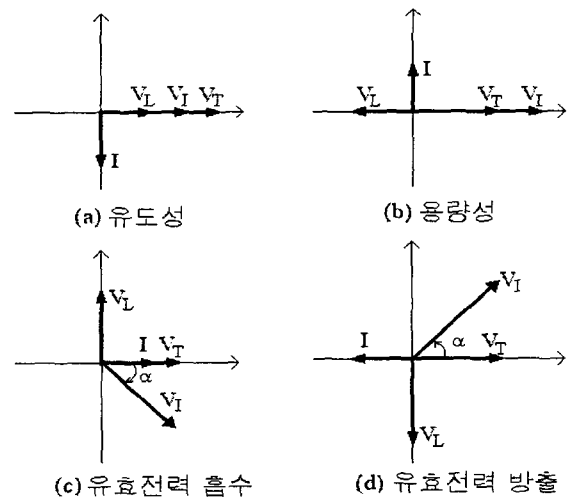


그림 4 D-STATCOM 위상도

그림 4는 D-STATCOM의 벡터선도로 인버터 전압  $V_I$ , 계통전압  $V_T$ , 리액터전압  $V_L$ , 그리고 선로의 전류  $I$ 를 위상각  $\alpha$ 에 대한 크기와 위상의 상호관계를 나타낸 것이다. 그림 a, b는 인버터 전압  $V_I$ , 계통전압  $V_T$ 가 동상으로 크기에 따라 유도성과 용량성 무효전력을 생성하는 것을 보이고 있다. 그림 c, d는 인버터 전압  $V_I$ , 계통전압  $V_T$ 가 위상각  $\pm\alpha$ 를 갖고 유효전력을 계통으로부터 흡수 또는 공급하는 것을 보이고 있다.

### 2.3 EMTDC 시뮬레이션

D-STATCOM의 동작특성 분석을 위하여 EMTDC/PSCAD를 이용한 시뮬레이션을 수행하였다. 시뮬레이션 모델은 그림 5와 같다.

시뮬레이션 모델은 사고발생장치, D-STATCOM, 4MVA R/L 부하로 구성되어 있으며, EMTDC 시뮬레

이전 및 고창실증시험장 시험에서는 1MVA 부하로 시험하였다.

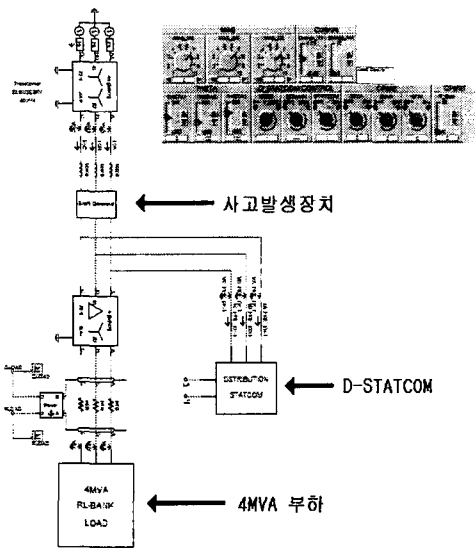


그림 5 D-STATCOM 시뮬레이션 모델

그림 6은 전압보상과 고조파 보상을 구현하기 위한 제어블럭도를 나타낸 것이다. 제어기의 구성은 PCC점의 전압을 검출하여 동기회전좌표 변환을 통해 PCC점의 전압보상을 위한 기준전류를 연산하게 된다. 또한 이 기준전류에 선로의 고조파전류 보상을 위해 5차 7차의 선택적 고조파를 추가하였다.

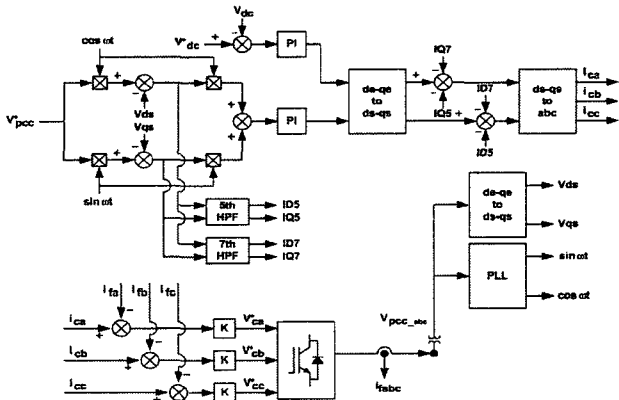


그림 6 전압안정도개선 및 고조파보상을 위한 제어블럭도

그림7은 EMTDC 시뮬레이션 모델에서 Sag를 발생시켰을 경우 D-STATCOM의 동작을 나타내고 있다.

사고발생장치(Sag Swell Generator)에서 5%의 Sag를 발생시킨 뒤 D-STATCOM을 투입한 결과 5%의 Sag가 보상되었다.

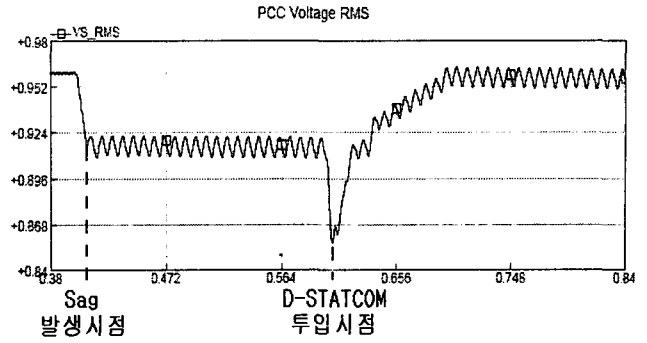


그림 7 5% Sag 발생시 D-STATCOM의 전압보상파형 (EMTDC)

EMTDC 시뮬레이션 모델에서의 시뮬레이션 결과를 고창실증시험장에 설치된 D-STATCOM에서 확인해 보았다. 그림 8에서와 같이 7%의 Sag 발생시 D-STATCOM이 5% 보상동작을 하는 것을 확인할 수 있다.

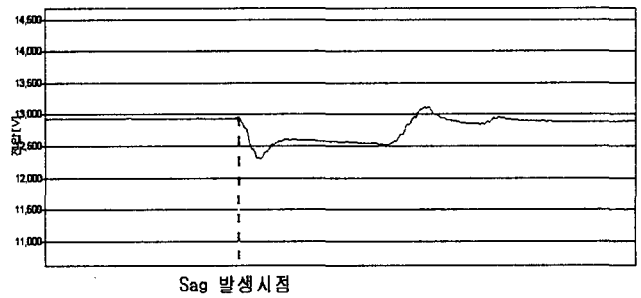


그림 8 5% Sag 발생시 D-STATCOM 전압보상파형 (고창실증시험장)

그림 9는 EMTDC 시뮬레이션에서 5% Sag 보상시 D-STATCOM 연결점의 전압과 주입전류 파형이다. D-STATCOM 투입으로 인해 모션전압과 D-STATCOM 연결점의 전압이 거의 같은 것을 확인할 수 있다.

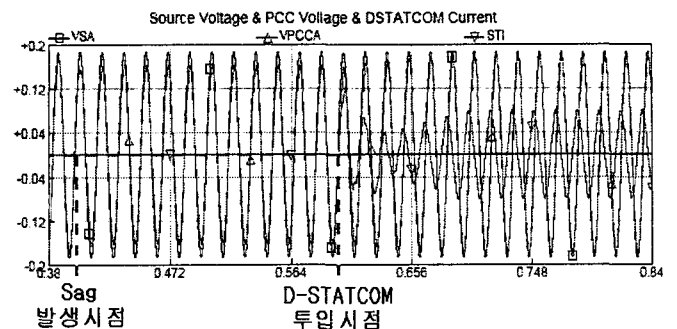


그림 9 모션, PCC 전압, D-STATCOM 주입전류 (EMTDC)

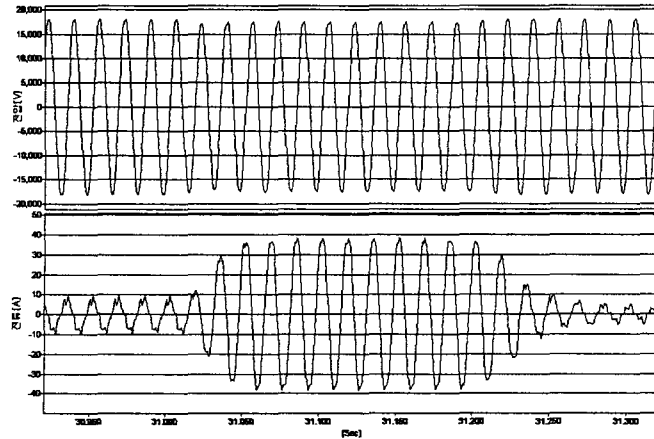


그림 10 PCC 전압 , D-STATCOM 주입전류  
(고장실증시험장)

그림 10은 고장실증시험장 D-STATCOM의 5% Sag 발생시 전압보상 측정 파형이다. 그림에서와 같이 D-STATCOM의 투입으로 인해 전압이 보상되는 것을 확인 할 수 있다.

### 3. 결 론

한국전력공사 전력연구원은 LG산전, 충북대와 공동으로 “국내전력계통 특성을 고려한 전력품질 향상기기 실증시험 기술개발” 과제를 수행하고 있으며, 현재 고장에 전력품질 향상기기 실증시험장을 구축 중에 있다.

전력품질 향상기기 중 D-STATCOM은 배전계통에서 전압변동을 억제하고 무효전력을 조정하는 역할을 한다. 이의 동작특성 분석을 위하여 EMTDC 시뮬레이션을 실시하고 결과분석을 위하여 설치된 D-STATCOM의 동작을 시뮬레이션 결과와 비교 분석하였다. 이로 인해 설치효과 분석 및 최적용량 산정에 기여할 것으로 보인다.

### 참 고 문 헌

- [1] 국내 전력계통특성을 고려한 전력품질향상기기 실증시험기  
술개발 연구, 중간보고서, 2002
- [2] FACTS 기기개발 1단계 연구, 최종보고서, 1999
- [3] Narain G. Hingorani and, Laszlo Gyugyi, Understanding  
FACTS, 2000
- [4] Koichi Nara and Hasegawa Jun, "A New Flexible,  
Reliable, and Intelligent Electrical Energy Delivery  
System", 일본전기학회지B, 117권, 1호, 1997