

**전력품질 향상기기 실증시험 기술 개발**

전영수, 박상호, 곽노홍  
한전 전력연구원

**Development of Validation Testing Technology for the Custom Power Device**

Y.S. Jeon, S.H. Park, N.H. Kwak

**Abstract** - 고도화, 정보화시대를 맞이하여 대형인버터, 컴퓨터 등 전력품질을 저하시키는 비선형 부하의 보급이 확대되고 있으며, 이들 비선형부하에 의한 전력품질 저하시 공정제어기, 마이크로프로세서 등과 같이 전력품질에 매우 민감한 기기의 오동작 등으로 경제적 피해가 증대되고 있다. 따라서 중요부하 및 계통을 보호하기 위한 전력전자 기술을 응용한 전력품질 보상기기 적용이 필요하다.

이에 본 연구에서는 전력품질 향상기기 성능평가 및 실증기술 개발을 위한 전력품질 실증시험장 구축 및 전력품질 향상기기 설계용 직용시 효과분석을 위한 해석기법을 확보하고자 하였다. DSTATCOM, DVR, SSTS 등 전력품질 향상기기의 성능평가를 위해서 설계용에서 발생하는 외란을 모의할 수 있는 외란발생장치 등 시험설비와 전력품질 향상기기 및 실증시험설비를 제어하는 S/W와 시험결과를 분석하기 위한 전력품질 측정 및 분석시스템을 구축하였다. 순간전압강하, 순간전압 상승 파형을 외란발생장치로 구현하고 전력품질 향상기기의 보상효과를 분석하였다. 또한 전력품질 향상기기(DVR, DSTATCOM, SSTS)와 부하 등 시험설비에 대하여 EMTDC 프로그램용 모델 및 해석기법을 개발하였다.

다. 전력품질 향상기기 실증시험장 단선도는 그림 1과 같으며, 각 구성요소의 주요기능은 아래와 같다.

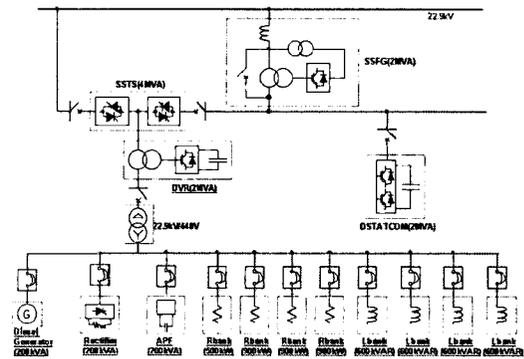


그림 1. 전력품질 실증시험장 단선도

**1. 서 론**

전력품질 향상기기를 이용한 실증시험 기술분야 연구는 주로 미국과 일본을 중심으로 연구되고 있다. 미국의 경우 Custom Power Device(전력품질 향상기기) 및 FACTS등 대용량 전력전자 기술을 바탕으로 하여 각종 전력품질 보상장치를 연구 개발하여 실용화하고 있으며, 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 고유전, 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.

**2. 본 론**

**2.1 전력품질 실증시험장 구성**

전력품질 향상기기 실증시험장의 크기는 45m X 57m 이며 고압측과 저압측으로 구분하여 기기들을 배치하였

DSTATCOM(Distribution Static Compensator) : 배전계통에 병렬로 설치되며, 인버터를 이용하여 진상과 지상의 무효전력을 연속적으로 보상할 수 있으며, 또한 계통의 임피던스에 의한 전압강하 보상과 계통의 비선형 부하에 의한 플리커 저감을 위한 기기.

○ DVR(Dynamic Voltage Restorer) : 배전계통에 직렬로 설치하여 계통의 비선형 부하 등 전원 외란에 의한 순간전압강하, 순간전압상승 발생시 적절한 위상의 전압을 계통에 주입하여 민감부하에 일정한 전압을 계속 공급할 수 있는 기기

○ SSTS(Solid State Transfer Switch) : 2회선 배전계통이나 비상용 전원을 보유하고 있는 중요 부하에서 계통 사고로 인한 순간정전이 발생하거나 전원 품질 문제가 발생하면 초고속으로 정전없이 건전한 계통으로 자동절체할 수 있는 반도체 스위칭 소자를 이용한 기기.

○ PCR(Phase Control Rectifier) : 위상제어 정류기로 계통의 고조파 발생 부하를 모의하기 위한 기기

○ APF(Active Power Filter) : 회로에 병렬로 접속되어 부하에서 발생하는 고조파를 제거하는 기기

○ 디젤 발전기 : 배전계통에 연결된 분산 전원의 영향분석을 위한 기기.

○ SSFG(Sag, Swell & Flicker Generator) 계통에서 발생하는 Sag, Swell, Flicker를 발생시켜 악성 부하를 구현하며, 발생되는 순간전압강하(Sag), 순간전압상승(Swell), 플리커(Flicker)가 전력품질 실증시험장 외부로 영향을 미치지 않도록 구현.

○ 고압배전반 : 전력품질 향상기기 및 부하기기의 인입에 위치하며, 각 기기에 전력을 공급하거나 차단하기 위한 차단기가 설치되어 있으며, 사용 전력량을 계량하기 위한 MOF와 실증시험 설비를 사고로부터 보호하기 위

한 보호회로로 구성되어 있음.

저압배전반 : 변압기를 설치하여 고압을 저압으로 변환한 후 저항부하와 리액터 부하에 전력을 공급.

위와 같은 시험설비에 제어실에 시험장내의 기기를 시험 시나리오에 의해 제어하고, 시험결과를 분석하기 위한 전력품질 측정분석시스템이 설치되어 있으며 구성은 그림 2와 같다.

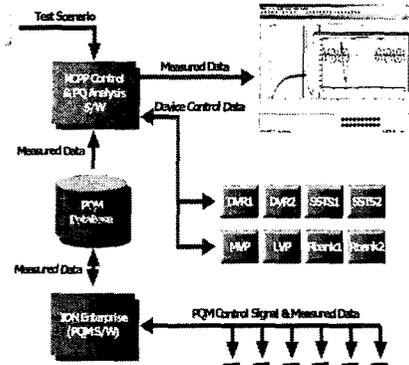


그림 2. 전력품질 측정·분석 S/W

0 전력품질 측정/분석 시스템 : 실증시험장제어 S/W, PQM Database, ION Enterprise S/W, PQ Meter 등으로 구성하였다. 시험 시나리오에 의해 시험장의 설비를 제어하며 시험 결과의 측정 및 분석 기능이 있다.

2.2 전력품질 실증시험장 시험

2.2.1 DSTATCOM의 보상효과

외란발생장치(SSFG)에서 순간전압강하를 발생시키고 DSTATCOM을 운전하지 않을 경우와 운전할 경우 계통의 전압파형은 그림 3과 같다.

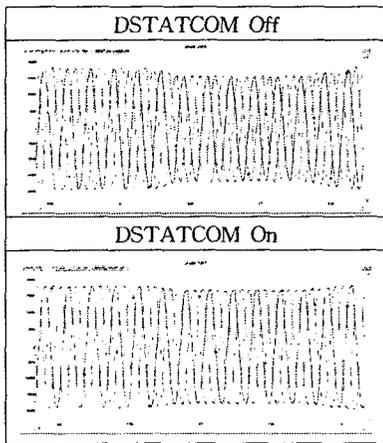


그림 3. 순간전압강하 발생시 DSTATCOM 보상효과

그림 3에서 DSTATCOM을 운전할 경우 외란발생장치에서 발생된 순간전압강하에 대하여 보상을 하지만 DSTATCOM의 제어알고리즘이 순간전압강하 보상이 아닌 계통의 상시전압 변동이나 플리커를 보상하는 목적으로 설계되었으므로 약간의 순간전압강하가 현상이 남아있음을 확인할 수 있다.

외란발생장치에서 플리커를 발생시키고 DSTATCOM을 운전하지 않을 경우와 운전할 경우 계통의 전압파형은 그림 4와 같다.

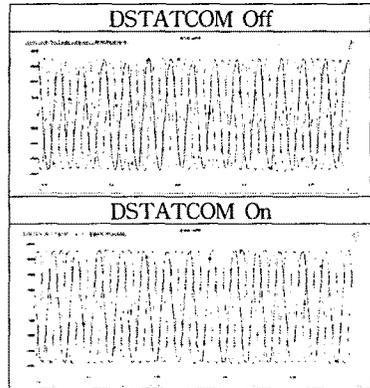


그림 4. Flicker 발생시 DSTATCOM 보상효과

그림 4에서 DSTATCOM을 운전할 경우 외란발생장치에서 발생된 플리커에 대하여 DSTATCOM이 보상을 수행하여 연속적인 전압변동현상이 대부분 감소되었음을 확인할 수 있다.

2.2.2 DVR의 보상효과

외란발생장치(SSFG)에서 순간전압강하, 순간전압상승을 발생시키고 DVR을 운전하지 않을 경우와 운전할 경우 계통의 전압파형은 각각 그림 5, 그림 6과 같다.

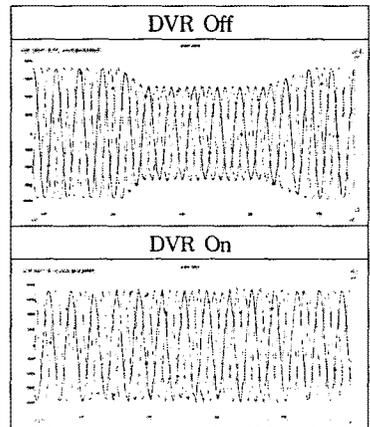


그림 5. 순간전압강하 발생시 DVR 보상효과

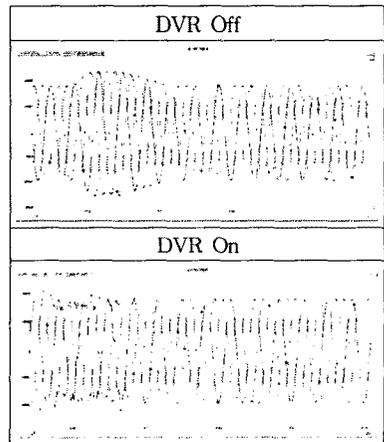


그림 6. 순간전압상승 발생시 DVR 보상효과

그림 5, 그림6에서 DVR의 제어알고리즘이 순간전압강하, 순간전압상승을 보상하도록 설계되었으므로, 그림 3의 DSTATCOM을 시험할 경우보다 전압강하 폭이 큰 순간전압강하에 대해서도 보상이 효과적으로 이루어짐을 알 수 있고, 그림 7과 같이 순간전압상승에 대해서도 DVR의 보상에 의해 부하측에는 영향이 없음을 볼 수 있다.

### 2.3 전력품질 향상기기 해석기술 개발

전력품질 향상기기를 실계통에 설치할 경우 기기종류, 용량, 설치위치를 선정하기 위한 전력품질 향상기기 해석기술을 개발하였다. PSCAD/EMTDC 프로그램을 이용하여 전력품질 실증시험장에 설치한 DVR, SSTS, DSTATCOM, SSFG, APF, PCR, 그리고 부하장치와 동기발전기 등에 대한 모델링을 수행하였다. 개발된 모델을 이용하여 전력품질 향상기기의 동작기능을 시뮬레이션 함으로써 모델링의 타당성을 입증하였으며, 향후 실계통에 전력품질 향상기기 적용시 사전 분석이 가능하게 되었다.

전력품질 실증시험장의 설비에 대한 EMTDC 회로도 및 시뮬레이션 사례는 그림 7과 같다.

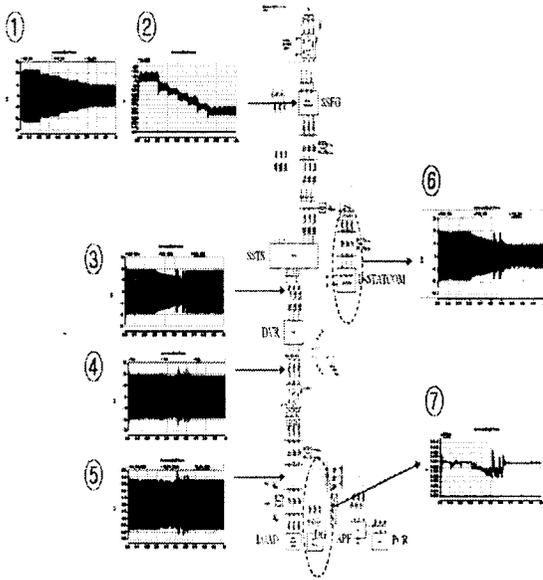


그림 7. 전력품질 실증시험장 EMTDC 회로도 및 시뮬레이션 결과

그림 7에서 외란발생장치(SSFG)에서 ①과 같이 단계적으로 전압강하를 발생시킬 경우 전압강하 발생파형의 실효치는 ②와 같다. 정지형 고속절체스위치(SSTS)는 ③과 같이 전압강하가 30% 이상 발생하게 되면 동작하여 정상상태의 선로로 절체하여 전압강하가 없는 전압을 부하측에 공급하게 된다. DVR은 외란발생장치에 의해 전원측의 전압이 순간적으로 전압이 10% 상승하거나, 30% 강하될 경우 보상을 하여 전원측에서 ④와 같이 전압보상을 수행하여 부하측에서 ⑤와 같이 순간전압강하가 없는 전력을 공급함을 확인할 수 있다.

DSTATCOM은 상시전압변동이나 플리커 보상이 목적이므로 외란발생장치에 의해 순간적으로 전압이 10% 상승하거나, 30% 강하될 경우 ⑥과 같이 약간의 보상은 되지만 DVR만큼 보상하지 못함을 볼 수 있다. 부하측에 설치된 디젤발전기의 경우 외란발생장치에 의해 순간전압변동이 발생하여도 DVR, SSTS 등 전원측의 전력품질 보상기기에 의해 ⑦과 같이 정상적인 동작을 하게 된다.

### 3. 결 론

전력품질 실증시험장은 실계통에서 전력품질 관련 시험을 수행할 수 있도록 외란발생장치, 전력품질 향상기와 저항 및 리액터 부하, 분산전원, 고조파 부하, 고압배전반, 저압배전반 등 설비를 구축하였다. 또한 시험장의 설비제어 및 시험결과 측정·분석을 위하여 전력품질 측정·분석 시스템을 개발하였다. 전력품질 측정·분석시스템은 시험 시나리오에 의해 시험장의 설비를 제어하며, 시험 결과의 측정 및 분석 기능이 있다. 전력품질 실증시험장의 외란발생장치에서 순간전압강하, 플리커를 발생시키고 DSTATCOM을 운전하지 않을 경우와 운전할 경우 보상효과를 비교·분석하였으며, 순간전압강하, 순간전압상승을 발생시키고 DVR의 보상효과를 분석하였다. 향후 전력품질 실증시험장은 전력품질 계측기의 알고리즘 검증 등 전력품질 관련기기의 성능평가와 분산전원의 계통연계 성능평가 등에 활용할 예정이다.

PSCAD/EMTDC 프로그램을 이용하여 전력품질 실증시험장 설비의 모델을 개발하고, 전력품질 향상기기의 보상효과를 시뮬레이션 하여 모델링의 타당성을 검증하였으며, 개발된 시뮬레이션 기술은 실계통에 전력품질 향상기기 적용시 기기선정, 용량 선정 등 사전 분석에 활용될 예정이다.

### [참 고 문 헌]

1. 국내 전력계통특성을 고려한 전력품질향상기기 실증시험기술개발 연구, 최종보고서, 2005
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