

외란공급 전원장치 개발

지평식\* · 이종필\*\* · 임재윤\*\*  
\*충주대학교 · \*\*대덕대학

Development of Disturbance Power Supply

P.S.Ji\* · J.P.Lee\*\* · J.Y.Lim\*\*  
\*Chungju Nat'l Univ. · \*\*Daedok College

**Abstract** - The characteristic responds of load respect to various disturbances which can usually be occurred on actual power system is very important to analyze performance and to improve load with high-technology. The disturbance power supply is designed to provide wide range of power to testing load. This device uses PLC technology to dynamic characteristic experiment and CVVF to change frequency. Also this instrument includes data acquisition system to obtain reliable data from experiment.

1. 서론

송전 및 배전계통에서는 내·외부적인 원인에 의해 발생하는 각종 외란으로 인한 전력의 품질저하로 중요설비의 오동작 및 운전정지, 정보의 손실 등을 야기 시켜 이에 따른 막대한 경제적 손실을 초래하고 있으며, 이러한 계통의 외란은 부하기의 수명저하는 물론 전기기기의 효율도 크게 저하시키는 것으로 보고되고 있다[1-2].

이와 같은 외란의 영향을 정량적으로 분석하기 위해서는 부하기의 응답특성에 대한 자료의 취득이 필요하다. 그러나 부하기의 응답특성은 실 계통에서 외란이 발생한 시점에 있어서 측정, 분석하여야 하지만 실 계통에서 외란의 발생시점은 매우 불규칙적이며 불확실하므로 실 계통에서의 직접측정은 불가능하고, 실험실 등에서 실제의 계통과 유사한 외란을 부하기에 공급하여 부하의 응답특성을 측정하여 분석하는 간접측정이 유용하다. 이와 같이 간접측정을 위해서는 부하기에 대하여 실 계통과 유사한 외란을 공급할 수 있는 장치를 필요로 한다[3-4].

지금까지는 실 계통의 외란을 모의하여 부하기의 특성 자료를 얻기 위한 한가지 방법으로 동기발전기 등을 이용하여 계통에서 발생할 수 있는 외란과 유사한 전압과 주파수를 인위적으로 만들어 그 특성 자료를 측정, 분석하여 사용해 왔으나, 현실적으로 전력계통의 전압의 변화는 상당히 짧은 시간에 이루어지고 있고, 개통 고장시 제페로 제전기의 동작시간도 수 사이클 이내로 동작하고 있어 지금까지의 연구에 사용되어 왔던 동기발전기는 이러한 요구를 충족시키지 못하고 있는 실정이다[5].

또, 현재 연구 개발되어 상용화된 전압과 주파수 가변장치는 세계 각국의 사용전압의 상이로 인하여 수출제품에 대한 제품 개발 및 품질 관리시 사용되고 있으나, 이는 전력전자 스위칭 소자만을 채용하여 일정 전압과 주파수의 공급은 가능하지만 계통에서 발생하는 외란의 공급은 불가능하여 부하기에 대한 특성시험 등 관련 학문 및 기술분야에서 외란의 공급에 의한 부하기의 특성 파악은 불가능하다. 부하기의 특성 파악을 위해 계통에서 발생하는 외란과 유사한 전원의 공급은 물론 수출제품의 개발 및 품질관리시 지정 전원을 공급할 수 있는 통합된 외란공급전원장치의 개발이 시급히 요청되고 있다[6].

따라서 본 연구에서는 전압 및 주파수에 대하여 가변할 수 있는 전원의 공급은 물론 외란의 모의가 가능한 외란공급전원장치를 개발하였다. 단상 220[V], 5[kVA] 급으로 주파수는 55-65[Hz], 전압은 0-250[V]까지 사용자의 사용목적에 따라 임의로 가변시킬 수 있으며, PLC, CVVF, 단권변압기 등을 채용하여 실 계통과 유사한 외란의 모의가 가능하도록 설계, 제작하였으며, 또 전력용변환기를 부가함으로써 실험자료의 취득을 용이하게 하였다.

2. 외란공급 전원장치

개발된 전압제어장치 및 주파수 변환장치에 의한 외란을 주거용 부하기에 공급하여 그 성능을 평가한 후 제품화를 추진하여 추후 연구용 및 교육용 외란공급용 전원장치를 개발토록 하며 장치의 용도 및 구성은 다음과 같다.

2.1 장치의 용도

본 장치는 PLC, CVVF 및 단권변압기 등을 사용하여 사용자의 요구에 따라 적정 전압 및 주파수의 공급이 가능하며 또, 계통에서 발생하는 외란의 모의가 가능하고 또, 측정데이터의 취득을 위한 변환기를 부설하여 실시간으로 자료의 취득이 가능하도록 설계, 제작되었으며 주된 용도는 다음과 같다.

- 전기용품의 연구, 개발을 위한 부하기의 특성시험시 전압, 주파수 가변장치

세계 각국의 전압과 주파수는 서로 다르기 때문에 각각의 설정에 맞는 일정 전압 및 주파수를 설정하여 공급할 수 있고, 전기용품의 연구 및 개발시 필요한 전압 및 주파수를 임의로 설정하여 양질의 전압 및 주파수를 부하기에 공급할 수 있는 전압, 주파수 가변장치로서의 사용이 가능하다.

- 부하모델링을 위한 부하기 특성시험에 따른 외란공급전원장치

본 장치는 계통에서 발생하는 다양한 외란의 모의가 가능하기 때문에 주거용 부하에 대한 정태특성 시험 및 동태특성 시험, 집단부하에 대한 특성시험도 가능하다. 따라서 이를 근거로 부하모델링을 통한 전력계통해석 등에 유용하게 활용될 수 있다.

부하기 특성시험 자료의 취득을 위해 전압 및 전류 변환기, 유효전력 및 무효전력변환기 등을 본 장치에 설치함으로써 실시간으로 데이터를 취득할 수 있도록 하였으므로 연구용 외란공급 전원장치로 사용이 가능할 뿐만 아니라 대학 및 전문대학에서 부하설비의 실험실습과 관련한 데이터의 취득 및 분석을 가능케 함으로서 교육용 실험실습장비로서 사용이 가능하다.

2.2 장치의 구성

부하기 즉, 부하설비의 응답특성을 정확하게 파악하기 위해서는 각각의 부하에 대하여 실제 계통과 유사한 전압과 주파수를 인가해 줄 수 있어야 하고 조작 및 측정이 용이하여야 한다. 따라서 본 장치는 그림 1과 같이 크게 전원부, 조작부, 계측부, 표시부 등으로 구분하여 설계, 제작하였으며, 사용은 도 및 습도, 노이즈, 실험자의 안전 등을 최대한 고려하였고, 사용자의 다양한 측정장비를 고려하여 외부측정 단자 등을 부가하였다.

본 장치의 외형도를 그림 2에 나타내었다.

2.2.1 전원부

전원부에서는 그림 3과 같이 5[kVA] 단권변압기에 제어용 모터를 조합하여 전압의 변화를 제어할 수 있는 전압제어장치와 그림 4와 같은 주파수 제어 오차범위가 0.01[%]인 주파수 변환기로 구성하였으며, 전압 및 주파수를 사용자의 사용목적에 적합하도록 자동 또는 수동으로 제어할 수 있게 구성되어 있다.

2.2.2 조작부

조작부에서는 수출제품의 개발 및 품질관리시 일정 전원의 공급은 물론 각종 부하기기의 특성 실험을 용이하게 할 수 있도록 정태실험 및 동태실험을 하기 위한 선택스위치를 부설하고, 정태실험의 경우 자동/수동용 선택스위치를 부설하여 자동 또는 수동으로 실험할 수 있도록 하였다. 또, 동태실험은 기동/정지스위치에 의해 설정된 시간만큼의 급격한 외란을 공급할 수 있도록 하였다. 즉, 정태실험 및 동태실험, 자동 또는 수동으로 부하기기의 특성실험을 사용자의 요구에 맞추어 조작할 수 있도록 각종 스위치류로 구성되어 있으며, 전압과 주파수, 외란 변화의 정도 즉, 전압 dip의 정도 및 시간 등도 조정할 수 있도록 구성하였다.

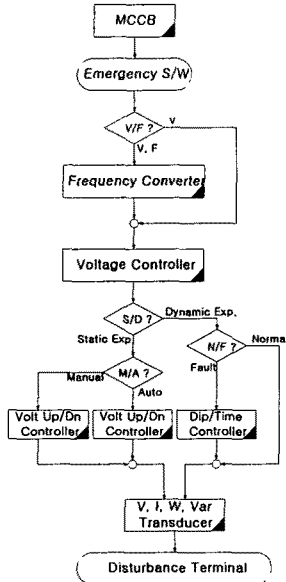


그림 1 외란공급전원장치의 구조 및 동작원리

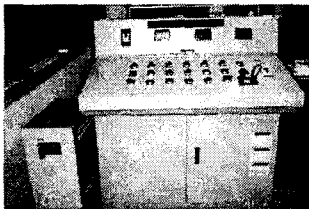


그림 2 장치의 외형도

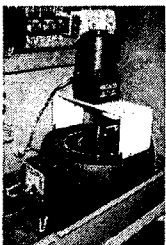


그림 3 전압제어장치

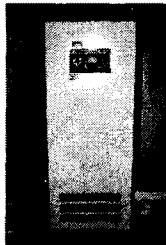


그림 4 주파수변환기

**2.2.3 계측부**  
계측부는 부하 설비의 전압 및 전류, 유효·무효전력, 주파수, 역률 등을 측정할 수 있도록 전력용변환기를 부가하여 RS-232C 통신케이블에 의한 데이터의 취득이 가능하도록 하였으며, 또한 다양한 측정장비 등을 고려하여 본 장비에서 직접 실험하여 그 분석이 가능하도록 측정용 터미널도 부가하였다.

**2.3.4 표시부**

표시부는 현재 운전 중인 전압, 전류, 주파수를 실시간으로 표시할 수 있는 디지털 계측기를 장비의 전면에 설비하였다.

**2.3 장치의 특징**

본 장치는 최근 송·배전 계통에서 많이 발생하는 외란과 유사하게 부하의 특성을 모의할 수 있는 외란공급 전원장치로 상용전원을 이용하여 부하의 정태실험 및 동태실험 등이 용이하고 제품 개발 및 품질관리 등에 필요한 적정한 고품질의 전압 및 주파수를 용이하게 공급할 수 있는 장치로 그 특징은 다음과 같다.

- 출력전압이 정확하고 실 계통과 유사한 외란을 얻을 수 있다.

본 장치는 고효율 인버터 방식에 의한 주파수의 변환에 의하여 상용교류 전원의 전압과 주파수가 안정되어 있어 원하는 주파수를 정확하게 얻을 수 있으며, 또한 시퀀스회로에 의한 단권변압기의 채용으로 정확한 출력을 얻을 수 있다. 또, 실 계통의 재폐로계전기 동작시간과 같은 2~3사이클 정도의 외란 발생도 설정된 Dip 및 타이머에 의해 공급이 가능하다.

- 효율이 우수하다.

본 장치는 고효율 다중인버터 방식에 의한 주파수 변환기를 채용함으로써 주파수의 변환 효율이 극히 우수하며, 주파수 변환 없이 전압 변화분에 의한 외란 공급시와 주파수 및 전압을 동시에 변화분을 모의하기 위한 선택스위치를 부가하는 등 조작용 스위치를 실험별, 용도별로 설계, 제작함으로써 장비 사용의 효율성을 극대화하였다.

- 신뢰성 및 안전성이 우수하다.

본 장치는 출력전압 및 주파수가 정확하고 장치의 효율이 우수하고, 자료의 취득이 용이하고 전원의 THD가 작아 관련 부하기기 연구 및 품질 관리시 유용하게 활용될 수 있다. 또한, 과전류, 과전압, 지락사고 등 이상전압에 대한 보호장치를 부가하였으며, 특성실험 또는 관련 연구시 이상 상태에서부터 전원을 긴급차단 할 수 있는 비상스위치를 부가함으로써 장치의 안전성을 한층 높였다.

- 장비의 사용이 용이하다.

본 장치는 수출제품 개발 및 품질관리, 정태실험 및 동태실험시 실험별, 전압별, 주파수별 실험을 용이하게 하기 위한 조작용 스위치를 장비 전면의 중앙에 집중하여 부설함으로써 조작을 용이하게 하였으며, 특성실험 결과 등의 데이터를 쉽게 취득할 수 있도록 전력용변환기와 측정용 외부단자를 부설함으로써 장치의 사용시 그 편리성을 도모하였다.

- 안정도가 높다.

본 장치는 주파수변환기의 입력으로 상용전원이 사용되며, 주파수변환기는 Multi inverter방식을 채용함으로써 THD가 매우 작고, 주파수변환기의 출력을 전압조정용 단권변압기의 입력으로 하고 있기 때문에 입력전압 변동 및 부하변동에 대하여도 출력전압의 안정도가 매우 좋다. 부하시 전압변동율은 설정전압의 1[%] 미만이다. 이와 같은 특징을 갖고 있는 본 장치의 사양을 표 1에 나타내었다.

표 1 외란 전원공급장치의 사양

항 목	사 양
용 량	5(kVA)
입 력 전압	단상 220(V)±10[%]
입력 주파수	60±0.1[Hz]
출 력 전압	1φ 180~250[V], Variable
출력 주파수	55~65[Hz], Variable
출력전압 변화율	정태시 3[V]/sec, 동태시 0.7[P.U]/sec
출력전압 안정도	설정전압의 1[%] max
주파수 안정도	±0.01[%]이하
냉 각 장 치	강제 풍냉식
보 호 장 치	과전류, 과전압, 지락보호장치, 비상스위치
지 시 계 기	전압계, 전류계, 주파수계 0.1급
소 음 량	50[db] 이하(전, 후, 좌, 우 1m 거리)
사용온도 및 습도	0~40(°C), 10~90[%]
측 정 방 식	RS-232C 통신케이블.

### 3. 성능평가

본 장치는 고품질의 설정전압 공급 및 외란에 의한 부하의 특성실험을 위해 설계, 제작되었으며 앞 절에서 기술한바와 같은 특성을 가지고 있다. 따라서 본 절에서는 이와 같은 장치의 성능을 평가하기 위한 기초실험을 실시하여 그 결과를 제시한다.

#### 3.1 무부하시 출력 전압

무부하시 본 장치에 대한 출력파형을 그림 5에 나타내었으며, 고조파 함유량을 측정하여 그림 7에 나타내었다. 그림에서와 같이 무부하시 본 장치의 출력파형은 사인파를 나타내고 있으며, 종합고조파왜형률(THD)은 한국전력공사 권장치 3[%]보다 훨씬 적은 1[%] 미만으로 출력전원의 상태는 양호한 것으로 나타났다.

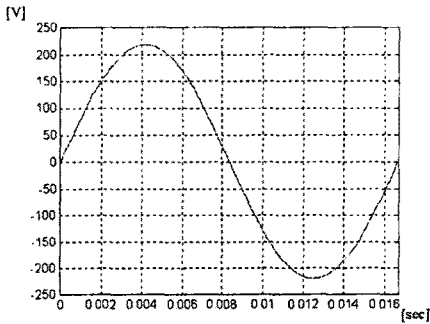


그림 5 장치의 출력파형

#### 3.2 정태실험 결과

전압의 변화는 가전기기의 특성에 따라 정태특성 실험의 경우 전압은 약 0.7[P.U]~1.1[P.U]를 30[s] 동안에 변환하며, 이때의 주파수는 56, 58, 60, 62[Hz]로 고정하고 각각 이때의 전압, 전류 및 유효전력 및 무효전력을 측정하였다. 그림 6은 전동기 부하에 대한 정태실험 결과의 예를 나타낸 것이다. 이와 같은 실험 결과는 부하의 특성을 파악하는데 유용하게 활용될 수 있다.

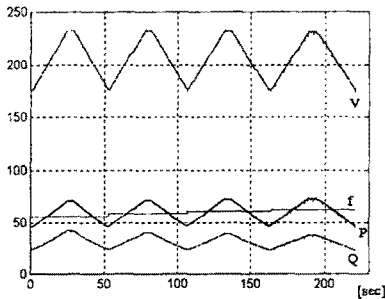


그림 6 전동기 부하의 정태특성실험 결과

#### 3.3 동태실험 결과

또한, 동태특성 실험은 급격한 전압의 변화를 요구하므로 정상상태에서 고장전압까지 급격한 변화를 가하며 이때의 주파수는 증가 또는 감소시키며 다양한 조건에서의 부하의 응답 특성을 측정하였다. 그림 7은 선동기 부하에 대한 동태특성 실험 결과를 나타낸 것이다.

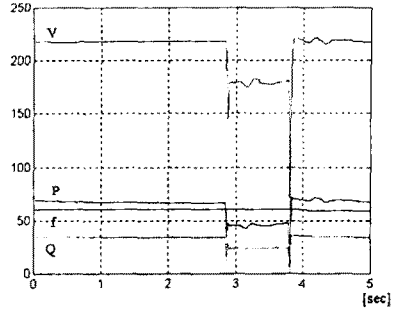


그림 7 선동기 부하의 동태특성 실험 결과

### 4. 결론

본 연구에서는 계통에서 발생되는 각종 외란으로 인한 전력의 품질저하로 막대한 경제적 손실과 부하기기의 수명저하, 전기기기의 효율 등이 크게 저하하기 때문에 이와 같은 외란의 영향을 정량적으로 분석하기 위해서 실 계통과 유사한 외란을 공급할 수 있는 장치를 개발하였다. 본 장치는 출력전압 THD가 약 1[%] 이내이며, 부하시 전압변동률이 설정전압의 1[%]미만으로 출력전압의 특성이 매우 우수하여 전기용품의 연구, 개발을 위한 부하기기의 특성시험시 전압, 주파수 가변 장치로 사용이 가능하며 또, 부하모델링을 위한 부하기기 특성 실험에 따른 외란공급전원장치로의 사용도 가능하다. 즉, 전기용품의 개발 및 대학 및 전문대학에서 부하기기 관련 교과목에서의 부하의 특성을 파악하는데 사용이 가능하며 또, 전력제동에 있어서 지락사고 등에 의한 계통 차단시 제페로계전기 등의 동작에 따른 부하의 특성도 모의할 수 있어 부하와 관련하여 유용하게 활용될 것으로 사료된다.

따라서 이와 같은 외란공급전원장치의 개발로 다양한 조건의 전압 및 주파수에서 부하기기의 실험 및 연구가 가능함으로서 정교한 부하모델링이 가능하며 계통해석을 용이하며 전력품질의 인식제고는 물론 고효율 부하기기 개발동기를 부여할 수 있을 것으로 기대된다.

본 연구는 한국과학재단 목적기초연구(2001-1-30200-009-1) 지원으로 수행 되었음.

#### [참 고 문 헌]

- [1] Balser, S.J., Clark, H.K., "Long-term disturbance monitoring for improved system analysis (power systems)", IEEE Computer Applications in Power, Vol. 2, Issue: 2, pp. 33-36, April 1989
- [2] IEEE Task Force on Load Representation for Dynamic Performance, "Load representation for dynamic performance analysis", IEEE Trans. on Power Systems, Vol. 8, No.2, pp. 472-482, May 1993
- [3] EPRI Report of Project RP849-7, "Load Modelling for Power Flow and Transient Stability Studies", EPRI EL-5003, Prepared by General Electric Company, January 1987
- [4] 한국전력공사 기술연구원 "전력계통 안정도 해석을 위한 적정 부하 모델에 관한 연구" KRC-88S-J02, 1989, 10.
- [5] Peter W. Sauer, M.A. Pai., "Power System Dynamics and Stability", Prentice Hall, Inc. 1998, pp. 89-218.
- [6] 한국전력공사 전력연구원, "전력계통안정도 정밀해석을 위한 적정부하모델에 관한 연구", 한국전력공사 연구보고서, TR 98PJ08.J2001, 107, pp. 84-102, 2001. 3