

전원공급기 점검장치 개발

° 박 종범*, 김 영화**, 이 해규**, 이 낙희*
*한국전력공사 전력연구원 ** (주)송암전자

Development of Power Supply Testing System

° Jong Beom Park*, Young Hwa Kim**, Hae Kyou Lee**, Nak Hee Lee*
*Korea Electric Power Research Institute **Songam Electronics Co., Ltd

Abstract - The Power supplies used commonly in the Nuclear, Thermal and Hydraulic Power Plant are required to test the function and reliabilities. For the better contribution of reliable operation and speedy maintenance of Power Plant, it is necessary to gather and analyze the datum, to print out the result of testing using PC and proper controllers.

Various kinds of power supply shall be tested and examined automatically. By storing the test results in the Database it is possible to find out the changing of characteristics of power supplies. So it is very useful to prevent any problems that may occur in the power supplies.

1. 서 론

발전소에서 사용되는 제어 장치는 발전소의 안전 운영을 위해 정밀한 소자를 사용하고 있으며 최근에는 마이크로프로세서의 일반화에 의해 회로의 집적도가 매우 높은 소자를 사용하고 있다. 이러한 제어 장치를 동작시키기 위한 전원 공급기의 중요성은 더욱 증대되고 있다. 설비가 대형화됨에 따라 설비 고장에 의한 발전 정지 시에 미치는 영향은 막대하며 경제적 손실 또한 발전소에 따라 수억원에서 수천만원대에 이르고 있으나 불시 정지 없이 지속적으로 설비의 신뢰도를 확보하기란 쉬운 일이 아니다. 그래서 선진 각국의 전력회사에서도 불시고장의 예방과 근절을 위한 신기술 개발에 과감한 투자를 아끼지 않고 있으며 고장 예측 진단 기법을 개발하여 설비 운전 상태를 상시 감시합은 물론 예방 정비 시에도 완벽한 정비를 추구하고 있다. 우리나라에서도 이 분야에 많은 투자를 하고 있으나 운전 중에 전원공급기의 상태를 측정·기록하고, 예방 정비 시에도 전원공급기의 제반 특성을 시험하는 장치는 일부 원자력 발전소에서 외주 개발에 의해 사용을 시도하였으나 기능 미비, 유지보수의 어려움 등에 의해 활용하지 못하고 있는 실정이다. 이런 현실로 모든 발전소(원자력, 화력 및 수력)에서는 Multimeter와 Oscilloscope를 이용하여 전원공급기의 특성을 시험하고 있으나 전원공급기의 종류별, 기기별 특성에 대한 비교나 시험의 정확성을 기할 수 없고 개별적인 시험 결과에 따르는 이력관리가 불가능 할 뿐만 아니라 장시간에 걸친 특성 시험이 불가능하여 전원공급기의 고장에 의한 사고를 미연에 방지하거나 전원공급기의 특성변화에 대한 자료를 생성할 수 없었다.

이러한 문제를 해결하기 위해 본 논문에서 개발한 장비를 이용하면 모든 발전소에서 사용하는 전원공급기에 대한 기능 시험, 건전성 확인이 가능하며 PC 및 제어 장치를 통하여 시험 및 점검한 자료를 DB화하여 전원공급기의 특성상대 변화를 분석하고 파악하여 그 결과를 출력하여 설비의 신속한 정비 및 발전소의 안정적 운영에 기여할 수 있을 것으로 기대되며, 예방정비 시에도

전원 공급기의 제반 특성을 적절하게 파악하여 고장 발생 가능성을 배제시킬 수 있는 Off-Line 양/불량 시험 및 Aging 시험을 할 수 있고, 전원공급기 운전 중에도 시험할 수 있는 On-Line 시험 기능까지도 포함하는 개발을 하였다. 본 논문에서는 지면상의 제약으로 개념만 간략하게 논하고자 한다.

2. 전원공급기 종류 및 특성

전원공급기 점검장치를 개발하기 위해서는 우선 전원공급기의 종류와 특성을 파악하여야 한다. 전원공급기의 구성에 있어서 Regulation 방식에 따르는 종류 및 특성을 기술하면 다음과 같다.

2.1 전원공급기 종류

전원공급기의 종류는 직류안정화 방법에 따라 크게 분류하면 드로퍼 방식(Dropper Regulator)와 스위칭 방식(Switching Regulator)으로 나누어진다.

2.1.1 드로퍼 레귤레이터

시리즈(Series) 레귤레이터나 션트(SHUNT) 레귤레이터라 불리는 드로퍼 레귤레이터는 입력 교류 전원을 정류(전파 정류 또는 반파 정류)하여 이를 정전압 제어용 트랜지스터 또는 정전압 I.C로 공급한다. 정류전압과 출력 전압의 차이를 모두 제어 트랜지스터나 정전압 I.C가 담당하고 있다. 그리고 출력 전류가 그대로 제어 트랜지스터의 컬렉터 전류로서 흐른다. 그러므로 출력 전류가 큰 것을 만들려고 하면 트랜지스터나 정전압 I.C에서 큰 전력 손실을 일으키게 된다. 전력 손실은 모두 열로 발산되기 때문에 제어 트랜지스터, 정전압 I.C 또는 다이오드 등의 반도체 종류는 발열에 의해 사용 허용 온도를 초과하지 않도록 큰 면적의 방열기를 설치해야 한다.

교류 60Hz를 그대로 정류하기 때문에 효율이 매우 나쁘다는 단점이 있다. 그러므로 어느 정도 큰 전력이 필요한 경우에는 전원부에서의 전력 손실이 크게 되므로 그다지 사용되지 않는다. 그러나 스위칭 레귤레이터보다 발생하는 잡음이나 리플이 적기 때문에 안정도를 우선으로 할 때에는 드로퍼 방식이 주로 쓰인다.

2.1.2 스위칭 레귤레이터

스위칭 레귤레이터 방식은 입력 교류를 정류하여 직류로 만든 다음 이를 고주파 발전회로에 인가(이를 스위칭 회로라고 함)시킨 후 변환기(Transformer)를 이용하여 고주파 정류회로에 공급한다. 고주파를 정류하게 되므로 약 70% 이상의 변환효율이 얻어지므로 그만큼 드로퍼 레귤레이터보다 방열에 필요한 면적이 작아도 된다. 스위칭 레귤레이터는 스위칭용 발전 주파수를 높게 하기 때문에 트랜스 및 평행용 콘덴서 등도 소형으로 할 수 있다. 또한 스위칭 레귤레이터는 일반적으로 AC 100V를 직접 정류한 직류를 입력 원으로 하기 때문에 전압이 높은 만큼 입력 측의 전류가 적어도 되므로 전류 다이오

드의 손실을 저감할 수 있다.

2.2 전원공급기 특성

전원공급기는 여러 가지의 특성을 갖추고 있으며, 일반적인 성능이나 특성을 수치로서 표현할 수 있으며 또한 특별히 중요한 요소들에 대하여 설명하면 아래와 같다.

(1). 정격 입력 전압

정격입력 전압이란 전원공급기에 공급되는 전원 Source의 기준이 되는 전압으로 전원공급기의 설계 및 평가에 필요한 기준 전압을 의미한다.

(2). 입력 전압 범위

실제로 전원 공급 장치에 공급되는 전원 Source의 입력 전압 범위이며 이 전압 범위 내에서는 전원공급 장치가 제반 모든 특성을 만족하여야 한다. 일반적으로 $\pm 10\%$ 의 범위를 갖는다.

(3). 정격 출력 전압

전원 공급기의 출력 전압 LEVEL을 분류하여 호칭할 때 쓰이며 설계 및 평가에 필요한 전압이다. 각 정격 출력 전압에는 허용하는 오차의 범위가 있으며 범위가 작을수록 고급의 전원공급기로 분류된다. 전원공급기의 종류에 따라 출력의 종류가 1개에서 4개 또는 그 이상의 것도 있다. 개발한 전원공급기 점검장치는 4개의 출력을 갖는 전원공급기의 점검을 동시에 수행 할 수 있도록 전자부하 제어장치를 4개로 구성할 수 있도록 설계되었다.

(4). 효율

정격 입력 전압과 출력 최대 부하 조건에서 입력과 출력의 전력 변환을 효율이라고 한다. 스위칭 레귤레이터에서는 75% 이상이며 효율 계산 공식은 아래와 같고 단상 입력을 받는 전원공급기의 경우 역률을 1로 하여 계산한다.

$$\text{효율}(\%) = \frac{\text{출력전압}(V) \times \text{출력전류}(A)}{\text{입력전압}(V) \times \text{입력전류}(A) \times \text{역률}} \times 100$$

(5). 입력 전압 변동률

부하(LOAD)를 규정된 조건(조건이 없으면 최고부하)에 고정시키고 입력전압을 정격전압에 맞춘 다음 출력전압을 측정하여 이 전압을 기준으로 입력 전압을 가변 시(최대 또는 최소)에 출력 전압의 변화된 백분율을 의미한다.

(6). 부하 전압 변동률

입력 전압을 규정된 조건(조건이 없으면 정격 입력 전압)에 고정시키고 출력 측의 부하를 정격 부하(규정이 없으면 50% 부하)에 맞춘 다음 출력전압을 측정하여 이 전압을 기준으로 부하를 가변(최대 또는 최소)시켜 출력전압이 변화된 백분율을 의미한다.

(7). 절연 저항

전원장치의 입력과 출력간, 입력과 Frame 접지(Ground)간, 출력과 Frame 접지를 절연저항계 DC500V로 측정하였을 때 100M Ω 이상이어야 한다. 이때 입력과 Frame 접지간 측정 시에는 서지 소자를 제거하여 시험한다. 개발한 장비에서는 절연저항을 시험하지 않는다.

(8). 과전류 보호 기능

정격입력 전압으로 입력을 고정시키고 출력 전류를 서서히 증가시켜 출력 전압이 Regulation 범위를 벗어났을 때 출력 전류 값이 규정된 전류의 범위 내인지 확인한다. 일반적으로 스위칭 레귤레이터는 과전류 시 자동적으로 출력을 차단하는 기능이 있으며 이때 출력 부하를 감소시키면 자동복구 되어야 한다.

(9). 출력 잡음 전압

전원 공급기의 Switching Pulse에 의해 발생하는 전압으로 최대치와 최소치의 폭을 말한다. 일반적으로 Oscilloscope로 전원공급기의 출력 측을 측정하여 해석한다. 개발한 장비에서는 잡음분석장치에서 자동적으로

측정하여 정보를 P.C로 전송하여 분석한다.

(10). 출력 리플 전압(RMS 값)

전원 공급기의 출력 단에 포함된 교류성분을 측정하는 것으로 직류 성분을 제거하고 교류 성분을 정류하여 측정한다. 리플전압은 교류 성분이 출력 단에 나타나는 것으로서 출력 단 콘덴서의 경년 변화에 의해 커지며 이는 매우 중요한 요소이다.

(11). 출력 맥동전압(Peak to Peak값)

전원공급기의 출력 단에 나타나는 임펄스성 잡음을 측정하는 것으로 교류 성분을 제거한 후 Sample and Hold 회로를 사용하여 최대 값을 추출하여 측정한다.

(12). 출력유지시간(Hold Up Time)

정격 부하(규정이 없을 경우 최대 부하)에서 전원 공급기의 입력 전압을 제거한 후 출력 전압이 OV로 하강할 때까지의 지연시간을 측정한다. 전원공급기의 오동작에 의해 출력 단에 연결되는 장치에서의 보호 회로 설계 시에 중요한 요인(Factor)이며 또한 출력 단 콘덴서의 노후화를 측정할 수 있다.

(13). 상승 시간(Rising Time)

정격부하(최대부하)에서 입력 전압을 정격으로 인가한 후 전원공급기가 정격 출력 전압으로 도달될 때까지의 지연 시간을 측정한다.

3. 시험의 종류 및 방법

개발된 장비의 전원공급기 시험 방법은 크게 세 가지로 분류된다. 첫째는 Off Line 시험으로 전원공급기를 완전 분리하여 이를 본 점검장치에 연결하여 각종 전원공급기의 특성 시험을 실시하여 Good/Fail을 판정하는 것이고, 둘째는 Aging 시험으로서 정격입력과 최대부하를 인가한 후 24시간 동안 지속적으로 시험을 하는 것이며, 셋째는 On Line 시험으로 전원공급기가 현장에 설치된 상태에서 입력이나 출력을 변화시키지 않고 전압, 전류, 잡음을 장시간 관측하는 것이다.

3.1 Off-Line 시험

전원공급기 제작회사 또는 자재규격서에 명시된 내용과 사양을 시험하는 것이다. 전원 공급기의 교류입력은 자동전압제어장치로부터 제어를 받으며 전자부하에 의해 설정된 부하전류로 제어된다. 시험의 결과는 시험 보고서로 출력되고, 과부하 차단 시험 측정방식을 제외한 모든 시험은 교류전압, 교류전류, 직류전압, 직류전류, 리플, 맥동 및 효율 순으로 측정하며 시험 항목은 다음과 같다.

(1). 최소입력 전압/최소출력전류 시험

입력 교류전압을 전원공급기의 최소 입력으로 설정하고 직류 출력 단의 부하를 최소 부하로 설정한 후 측정.

(2). 최소입력 전압/평균출력전류 시험

입력 교류전압을 전원공급기의 최소 입력으로 설정하고 직류 출력 단의 부하를 허용부하의 중간 값으로 설정한 후 측정.

(3). 최소입력 전압/최대출력전류 시험

입력 교류전압을 전원공급기의 최소 입력으로 설정하고 직류 출력 단의 부하를 허용부하의 최대 값으로 설정한 후 측정.

(4). 최대입력 전압/최소출력전류 시험

입력 교류전압을 전원공급기의 최대 입력으로 설정하고 직류 출력 단의 부하를 허용부하의 최소 값으로 설정한 후 측정.

(5). 최대입력 전압/최대출력전류 시험

입력 교류전압을 전원공급기의 최대 입력으로 설정하고 직류 출력 단의 부하를 허용부하의 최대 값으로 설정한 후 상승시간 및 출력유지시간까지도 측정.

(6). 최대입력 전압/평균출력전류 시험

입력 교류전압을 전원공급기의 최대 입력으로 설정하고 직류 출력 단의 부하를 허용부하의 중간 값으로 설정한

후 측정.

(7). 평균입력 전압/최소출력전류 시험

입력 교류전압을 전원공급기의 평균 입력으로 설정하고 직류 출력 단의 부하를 허용부하의 최소 값으로 설정한 후 측정.

(8). 평균입력 전압/평균출력전류 시험

입력 교류전압을 전원공급기의 평균 입력으로 설정하고 직류 출력 단의 부하를 허용부하의 중간 값으로 설정한 후 측정.

(9). 평균입력 전압/최대출력전류 시험

입력 교류전압을 전원공급기의 평균 입력으로 설정하고 직류 출력 단의 부하를 허용부하의 최대 값으로 설정한 후 측정.

(10). 과부하 차단 시험

입력 교류전압을 전원공급기의 평균 입력으로 설정하고 직류 출력 단의 부하를 허용부하의 최대 값으로 설정한 후 부하를 조정하면서 과전류에 의해 부하가 차단될 때의 전류 값을 측정한다.

3.2 Aging 시험

시험 장치의 구성은 Off-Line 시험과 동일하나 시험 조건, 과정 및 결과 표시가 다르다. 본 시험은 내구성 시험을 위한 것으로 최대 24시간 시험이 가능하며 시험 조건은 정격입력, 최대부하 상태에서 출력 전압, 출력 잡음을 5초 이내의 간격으로 정보를 추출하여 이를 Trend Graph로 표시한다. 정보의 저장은 직전 정보의 5% 이상의 변화가 발생할 경우에만 저장하고 변화가 없을 시에는 화면에만 표시한다. 정보의 저장 가능한 최대 갯수는 100개로서 최대 갯수에 도달하거나 24시간 이 지나면 시험은 자동으로 중지된다.

3.3 On-Line 시험

전원공급기가 현장에 설치된 상태에서 시험하는 것으로 현장 상황에 따라 결선방법이나 시험방법이 다르나 기본적인 사항은 다음과 같다.

- (1). 교류입력과 출력부하를 제어하지 않는다.
- (2). 직류전압, 직류전류 및 잡음을 측정한다.
- (3). Aging 시험에서 표시하는 방식을 따른다.
- (4). 별도로 정보를 저장하지 않는다.

4. 개발장비의 구성

그림-1은 개발장비의 구성도이다. 그 기능은 P.C가

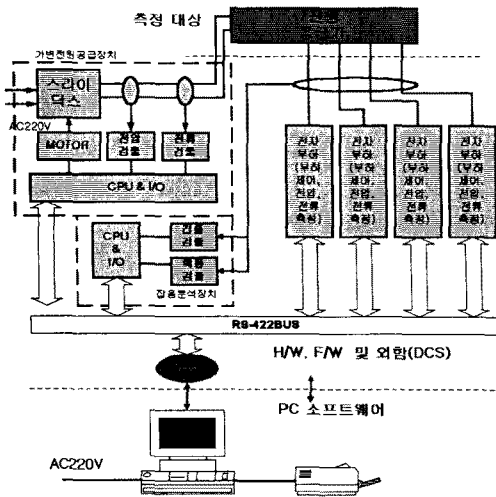


그림 1. 전원공급기 점검장치 구성도

주장치의 역할을 하고 시험 방법, 제어 수준 관리, 정보의 입/출력 처리 및 Database 관리를 하며 자동전압 제어장치는 교류입력을 시험조건에 맞도록 가변 트랜스포머가 모터 및 기어에 의해 조절된다. 잡음 분석 장치는 리플, 맥동 및 온도를 측정하고 On-Line 시험 시에 전압과 전류를 측정한다. 전자부하는 트랜지스터를 병렬로 연결하여 부하 전류를 제어하는 역할과 전원공급기 직류출력부의 전압과 전류를 측정한다.

4.1 자동전압제어장치

220V의 교류 입력 전압을 가변 트랜스포머를 사용하여 시험조건에 맞는 전압으로 조정하는 장치로서 주장치의 제어에 의한 자동제어 동작과 전면에 있는 기능스위치에 의한 수동 제어 두 가지 방법이 있다. 주장치에서 전압 설정 값과 모터 기동명령이 하달되면 주장치는 모터를 기동시키고 현재 슬라이더스 출력 단의 전압을 읽어 모터의 구동방향을 결정한다. 정/역 방향에 따라 모터를 움직이면서 출력 전압 값이 설정 값의 1% 오차 이내에 도달할 때까지 모터를 작동시킨다.

4.2 잡음 분석 장치

잡음 분석 장치는 직류 출력 단에 결합되어 잡음(리플과 맥동)을 측정하고 외부 기온과 피시험 전원공급기의 표면 온도를 측정하며 On-Line 시험 시에는 전압, 전류 및 잡음을 측정한다. 잡음분석 장치는 Off-line test, Aging Test 및 On-line test 의 3개의 시험 모드에 따라 동작 방법이 다르다. Off-line test때에는 리플, 맥동, 온도, 유지시간 및 상승 시간을 측정하고 Aging 시험 때에는 리플, 맥동 및 온도를 측정하며 On-Line 시험 때에는 리플, 맥동, 온도, 전압 및 전류를 측정한다.

4.3 전자부하 제어장치

처음에는 TR과 저항 Matrix를 이용하여 부하제어를 설계하였으나 시험 결과 부하에서 소모되는 전력이 모두 열로 발산하여 저항의 온도 상승이 160°C 이상 상승하며 온도 상승에 따른 저항 값이 감소되어 부하의 선형적인 제어가 불가능한 상태가 되었다. 이를 보완하기 위하여 TR 에서 직접적으로 부하를 제어할 수 있도록 설계하여 선형적인 부하제어를 구현하였다.

5. 결 론

전원공급기를 자동으로 점검하면 결론에 따라 약간씩 차이는 있지만 한 대당 약 20분 정도 소요된다. 보통 발전소 정기점검시 200개 이상의 전원공급기 점검을 수행하며, 이를 개발한 장비를 사용하지 않고 운전원이 직접 수동으로 점검을 수행하면 2배 이상의 시간이 소요된다. 또한 개발한 장비를 사용하여 전원공급기의 구매 설치전 건전성 확인을 통해 고장발생 전원공급의 원인 분석 과 정비를 불필요한 교체방지와 신속한 정비 및 설치로 설비신뢰도 증가와 발전소 안전운영에 기여할 것으로 기대된다.

(참 고 문 헌)

- [1] 박종범 등, 전원공급기 점검장치 개발 최종보고서, 전력연구원, 1999.3.
- [2] Sedra, Smith, "Microelectronic Circuits", 3rd Ed, Oxford.
- [3] M.Morris, Mano "Computer System Architecture", 3rd Ed, Prentice Hall.
- [4] "1996' Power Supply", COSEL Co. Ltd.
- [5] "1998' ARTESYN Power Supply Handbook".
- [6] "스위칭 전원의 설계 및 활용 기술", 월간 전자부품, 1995.6.