

무정전 전원장치의 필요성과 동작원리 및 기술동향

鄭容昊

(新榮電機(株) 中央研究所 研究員)

曹圭亨

(韓國科學技術院 教授)

■ 차례 ■

- 1. 서론
- 2. UPS의 필요성과 적용분야
- 3. UPS의 기본 구성도 및 형태비교
 - 3.1 TYPE 1 : 대기 운전형
 - 3.2 TYPE 2 : 연속 운전형
 - 3.3 TPYE 3 : 병렬 운전형
- 4. UPS의 표준 사양
- 5. UPS의 기술 추세
 - 5.1 대용량 UPS
 - 5.2 소용량 UPS
- 6. 맺는말
참고문헌

1 서론

상용 전원은 동일 송배전 계통으로 다수의 수용가에 전력을 공급하기 때문에 부하 변동, 선로 사고, 또는 부하측의 사고에 따라 시시각각으로 전압이나 주파수가 변동되거나 정전이 발생하고 있다. 또한, 전력 수요가 증가되고 송배전 계통이 복잡해 짐에 따라서 낙뢰 및 부하 사고에 의한 순시 정전 등이 빈발하고 있다.

산업 구조의 자동화와 정보의 On-line화 추세에 의하여 제반의 제어 및 통신수단 등에 전자 장치나 컴퓨터가 이용되고 있는 상황에서, 이와 같이 불안정한 전원 공급은 큰 문제점을 야기시킨다. 이러한 장치에 사용되는 전원으로는 전압 변동, 순시 정전, ripple함유율, noise, 반응 속도등에 대해서 우수한 특성을 갖도록 설계 되어야 하는데 비해서, 내장된 전원 장치 그 자체만으로는 다양한 형태로 상용 전원에 나타나는 전원 교란을 막을 수가 없기 때문에, 통상 상용 전원과 기기에 공급되는 전원 인입선 사이에는 완충 장치를 필요로 하게 된다. 이러한 장

치로써는 자동 전압 조정기(AVR), 무정전 전원장치(UPS or CVCF) 및 절연 변압기 등을 들 수가 있다. 이중에서, 지금 까지는 주로 AVR을 많이 이용해 왔고, 한 순간이라도 정전을 허용할 수 없는 분야에서만 UPS가 이용되어 왔다. 이는 가격면에서 UPS가 AVR보다 훨씬 더 비싸고 부피가 크다는 이유 뿐만 아니라, 양질의 전원 공급에 대한 인식 부족 때문이었다고 생각된다. 본 논고에서는 UPS의 필요성과 동작 원리 및 기술 동향에 대해서 살펴 보기로 한다.

2 UPS의 필요성과 적용 분야

통상 UPS가 이용되는 시스템은 컴퓨터를 제어기기로 사용하고 있거나, 컴퓨터 그 자체로 볼 수가 있다.^{1)~4)} 이러한 시스템에서 예기치 못한 어떤 문제가 발생 하게 되면 보통은 하드웨어나 소프트웨어의 잘못으로 생각하게 되는데, 실제로는 간헐적인 전원 교란에 의해서 발생하게 되는 것이 대부분 이다. 이는 사람의 몸과 비교해 볼 때, 심장이 제대로 작동 되지 못하면 나머지 부분이 아무리 건강하더라도, 제 기능을

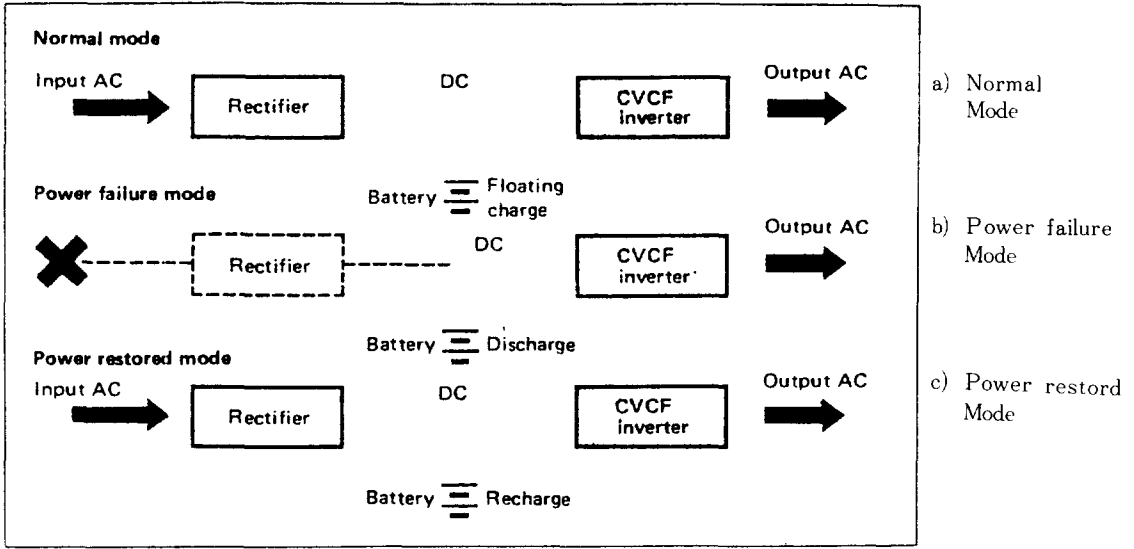


그림1. UPS의 동작도

발휘하지 못하는 것과 같게 된다. 이러한 전원 교란에 해당되는 것은 전압변동, 주파수 변동, 정전, SAG, SURGE, EMI NOISE 등을 들 수가 있는데, 이들중 어느 하나만 발생해도 시스템에 에러를 발생 시키거나, 시스템 자체가 shut-down 되기도 하는데, 실제의 경우 이들이 복합적으로 전원선에 나타나기 때문에 이들로 부터 시스템을 보호할 장치가 반드시 필요하게 된다.

전원 교란으로 부터 시스템을 보호하기 위해서 현재 가장 많이 이용되고 있는 자동 전압조정기는 전압 변동이나 전압파형에 실린 Noise를 제거할 수는 있지만, Common Mode Noise나 정전과 같은 문제점을 해결할 수가 없기 때문에, 한 순간이라도 전원 공급이 중단되면 막대한 인적 물적피해를 입게되는 시스템에는 UPS를 반드시 사용해야만 한다.

현재 UPS가 주로 사용되는 분야는 공장의 계장전원, 위성 통신용 지상국 전원, 금융관계의 온라인 컴퓨터 전원, 공항의 관제탑, 방송국 전원, 교통망 제어 전원, 정수장의 비상전원등 수없이 많이 존재한다. 또한, 최근의 반도체 기술의 발달과 함께 UPS 자체의 가격도 빠른 속도로 내려가고 있기때문에, 사무 자동화용 컴퓨터의 보급과 함께 소용량(보통 3KVA 이하) 11

PS의 시장이 급격하게 증가되리라 생각된다.

③ UPS의 기본 구성도 및 형태비교

무정전 전원장치의 역할은, 첫째로 중요 부하에 무단전 전원공급이고, 둘째로 공급 전원의 안정화에 있다. 공급 전원의 안정화를 위해서는 상용전원의 전력을 입력으로 하되, 이 교류입력의 전압 및 주파수의 변동에 관계없이 일정전압 및 일정 주파수(CVCF)를 가진 양질의 교류전력을 공급하고, 축전지와 충전기를 설치함으로써 완전 무정전의 이상적인 교류전력을 얻을 수 있도록 구성된다.

그림 1의 UPS동작도에서 알 수가 있듯이 가장 기본적인 UPS의 동작 모드는 다음 세가지로 분류될 수가 있다.

첫째로, 교류입력이 존재하는 경우, 그림1(a)처럼 정류기를 거친 입력은 배터리를 충전 시키면서 CVCF인버터를 통해서 부하에 양질의 전원을 공급하는 normal mode가 있고, 둘째로, 정전이 되었을때 그림 1 (b)에서처럼 배터리가 CVCF인버터 입력에 연결되어 순시단절이 없이 출력에 전원을 공급하는 power failure mode가 있다. 셋째로, 교류 입력이 다시 들어오면 그림

1 (c)에서처럼 방전된 배터리를 재충전 시키면서 출력단에 전원을 공급하는 power restored mode가 존재한다.

이와 같은 기본개념을 이용하여 다양한 형태의 제품들이 존재하지만, 대부분 다음 세가지 형태의 변형에 해당된다.

3.1 TYPE1 : 대기 운전형

Normal mode에서 교류입력은 AVR을 거쳐서 부하측에 공급하고 있다가 정전이 발생하게 되면 인버터가 동작되어 계속 전력을 부하측에 공급하는 방식으로, 평상시에 AVR로 동작되기 때문에 효율이 매우 높을 뿐만 아니라 부피도 작은 편이다. 또한, 500 VA이하의 소용량에서는 AVR대신 입력을 출력에 직접 연결시켜 사용하기도 한다. 이 방식에서 사용되는 절환 스위치는 다이리스터나 릴레이와 같은 기계적인 스위치가 채택되는데, 후자의 경우 절환 순간에 10~30ms정도의 순간 정전이 발생하기 때문에 부하의 특성에 따라서 선택해야 한다. 일반적으로 이방식은 절환 순간에 인버터 부분에 급격한 부하가 걸리기 때문에 소용량에 이용된다.

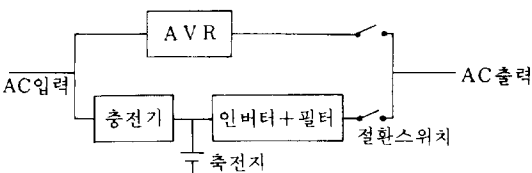


그림2. TYPE 1 ; 대기운전형

3.2 TYPE 2 : 연속 운전형

그림 3에 보여진것 처럼 이형태는 무정전 전원장치의 기본 구성도와 동일하다. 이 방식의 동작은 앞에서 서술한 세가지 모드로 동작되며 다른점이 있다면 Bypass경로의 삽입이다. 그림 3에서 점선으로 그려진 부분이 있는데, 이는 입력전원이나 보조전원을 출력측에 직접연결시킬 때 사용하는 부분이다. 이러한 상황은 부하가 단락되거나, 온도가 너무 높거나, 기타 다른 이유에 의해서 정류기와 인터버로 구성된 부분이 부

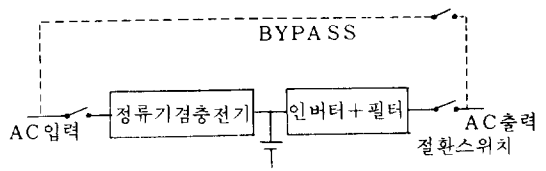


그림3. TYPE 2 ; 연속 운전형

하측에 전력을 공급할 수 없는 상황에 봉착하게 되면, AC출력을 Bypass경로로 절환 시켜서 UPS를 보호하는 방식이다. 따라서, 보통때에는 인버터의 출력은 Bypass입력(보통은 교류입력)에 동기되어 동작 되다가, 절환 필요성이 발생하면, 부하를 Bypass 전원에 연결시키게 된다. 만약에 절환을 초래했던 원인이 제거되면 역절환(Bypass→UPS)을 해야 하는데, 이때 UPS의 출력 전압크기와 위상등을 자동적으로 제어하여 역절환하는 순간에 UPS에 무리가 가지 않도록 해준다. 대부분의 UPS는 이 방식을 채택하고 있으며, 절환 스위치는 다이리스터 방식과 기계적인 스위치 방식이 존재한다.

3.3 TYPE 3 : 병렬 운전형

그림 4에 그려진것 처럼 TYPE2의 UPS를 병렬로 운전시키는 방식으로, 가장 고급의 형태이다. 이 방식의 특징은 UPS1과 UPS2가 master-slave 방식으로 동작하기 때문에, 어느 하나가 부하측에 전원을 공급하고 있는 동안에 나머지 하나는 동작중의 UPS에 동기를 맞추어 Stand-by모드로 동작되고 있다가, 동작중인 UPS에 문제점이 발생하게 되면 부하를 분담해서 동작되거나, 문제가 발생한 모듈을 shut-down시키고 정상 조건을 가진 UPS가 계속해서 전력

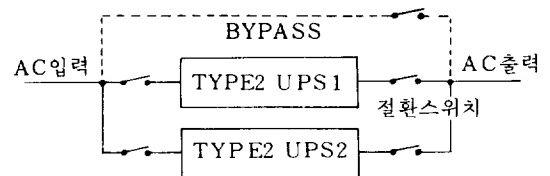


그림4. TYPE 3 ; 병렬 운전형

을 공급하는 방식이다. 그림 4에는 교류 입력이 하나인 것 만을 표시했지만, 더욱 더 신뢰성을 높이기 위해서는 서로 다른 발전소에서 공급 되는 전원선을 각각의 모듈에 연결시켜 제어 하는 방법도 이용되고 있다²⁾

④ UPS의 표준 사양

모든 제품에는 표준 사양이라는 것이 존재한다³⁾ 어떤 기준점에 대해서 다른 제품의 성능을 비교할 수 있게 하기 위함이다. 일반적으로 아래에 제시된 사양에서 크게 벗어나지 않는다면, 사용자가 어떤 제조자의 UPS를 사용해도 지장이 없으리라 생각된다.

(1) 입력 사양

- ① 입력 전압 허용 변동율: 정격 전압 $\pm 10\%$
- ② 입력 주파수 허용 변동율: 정격 주파수 $\pm 5\%$

(2) 출력 사양

- ① 전압 변동율: 정격 전압 $\pm 2\%$
- ② 주파수 변동율: 정격 주파수 $\pm 5.5\%$ 0
- ③ 부하 역율: 0.7~0.9[지상]
- ④ 출력 전압 불평형: 5%이하 (30% 불평형 부하에서)

⑤ 과도기 출력 전압 변동: +10%~-8%

- (i) 입력 전압 $\pm 10\%$ 급변시
- (ii) 부하 $\pm 30\%$ 급변시
- (iii) 정전시 및 복구시

⑥ 과도 응답시간: 100ms 이내

⑦ 왜율 (THD: 3%이하)

(3) 기타 사양

- ① 부하의 inrush current에 견딜 것
- ② 소음: 75dB 이하 (1KHz, 1, 6m)
- ③ 역 전환 가능
- ④ 병렬 운전에서 고장난 모듈이 UPS 출력에 영향을 주지 않고 분리 될 것
- ⑤ 평균 고장시간: 10만시간 이상
- ⑥ 평균 고장 수리시간: 1시간 이하

⑤ UPS의 기술 추세

5.1 대용량 UPS

1960년대에 다이리스터 제어방식의 UPS가 도입되기 이전에는 전동기, 발전기, 및 플라이휠등으로 구성된 회전형 무정전 장치가 이용되어 왔다. 이 방식은 전기 에너지를 기계적 에너지로 변환한 다음, 다시 전기적 에너지로 변환하는 방식이기 때문에 변환 손실이 클 뿐만 아니라, 신뢰성 보장성 위해 막대한 운전비가 소요되는 단점이 있다. 또한 수명과 설치공간등 여러가지 면에서 정지형 무정전 전원 장치에 비해 불리한 입장에 놓여 있기 때문에 지금은 거의 사라져 가고 있다.

초창기에는 Mc Murray-Bedford type의 Commutation회로를 이용하다가, 1970년대에는 Mc Murray type의 current impulse commutation 방식을 사용함으로써 효율과 신뢰성 면에서 상당한 개선을 이룩해 왔다. 1970년대 말에는 대 전력용 트랜지스터가 사용되기 시작하여 UPS자체가 소형, 경량화 되기 시작했다. 이는 Commutation회로가 필요가 없고, 스위칭 주파수 또한 다이리스터 보다 훨씬 높기 때문에 소형, 중형의 UPS는 거의 트랜지스터를 사용하고 있는 실정이다.^{1)-4), 7)}

1980년대 초에 GTO(Gate turn-off)다이리스터가 실용화 되기 시작하여 기존의 다이리스터방식을 대체해 나가고 있는데 이 방식은 효율, 크기, 소음등에서 기존 방식에 비해 우월한 특성을 보여주고 있다. 또한 신뢰성면에서도 다이리스터 방식과 견줄 만한 수준까지 도달했다고 생각된다. 현재 일본의 Toshiba에서는 30KVA~500KVA의 용량을 GTO를 이용하여 상품화 시키는데 성공했고, 100KVA이상에서는 전체 효율을 90% 이상으로 끌어 올리고 있다. 그림 5에서 400KVA용량에서 종래의 방식과 GTO를 사용한 방식과의 효율 및 손실에 대한 그래프가 부하의 함수로 그려져 있다¹⁾ 이 그림으로부터 GTO를 사용한 방식의 효율이 좀 더 우수한 특성을 보임을 알 수가 있다. 그러나, 기존 방식의 UPS 회로에서 단순히 스위칭 소자만을 GTO로 변경

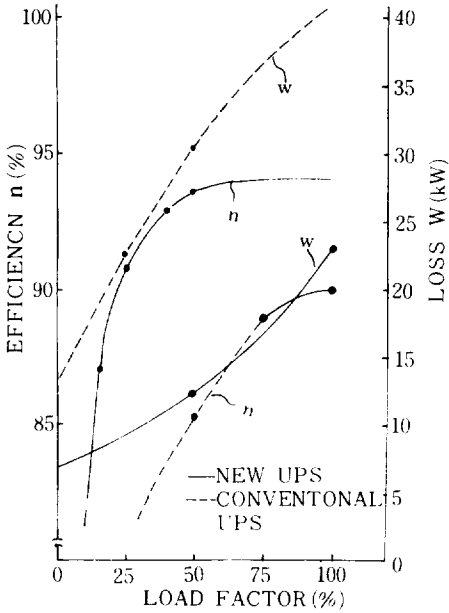


그림5. 400KVA UPS의 경우 효율과 손실비교

시켰다고 해서 이러한 효율이 나타나는 것은 아니고, 회로 자체도 스위칭 소자에 적합하게 변경 되어야 하는 것이다. 그림 5의 경우는, 다이오드로 교류입력을 정류한 후, Boost Converter를 이용해서 DC 전압을 상승시킨 다음, 고정된 스위칭 패턴을 갖는 인버터에 인가했을때의 결과이다. 이렇게 함으로써 동일한 전력을 처리하는 스위칭 소자에 흐르는 전류값을 감소시킬 수 있으며, 스위칭 소자의 가격을 down 시킬뿐 아니라, 전체 적인 효율 또한 개선 시킬 수 있는 것이다.

한편 UPS의 제어면에서 본다면, 종래의 아날로그 방식에서 탈피하여 μ -processor를 이용하는 방식으로 변화되어 가고 있는데, 이로 인하여 고장 진단 및 표시가 쉽게 이루어질 수 있게 되었다. 일부 고급 모델에서는 UPS에 고장이 발생했을 경우 각점의 전압, 전류 및 제어 신호 파형 등을 자동적으로 기억해 두었다가 고장 수리시 정보를 제공함으로써 사고원인을 정확하게 규명할 수 있도록 해주며 따라서 고장 수리시간을 매우 단축시킬 수 있도록 하여 주기도 한다.

5.2 소용량 UPS

최근에 사무자동화 기기의 보급과 공장 자동화 추세에 의해 소용량 컴퓨터, 공장의 프로세서, 팩시밀리 등이 많이 사용되고 있는데, 이러한 장치의 전원에 10~20%이상의 전압강하가 1~2 cycle 이상 지속되면, 메모리 내용이 소실되거나 프로그램이 오동작 되기 쉽고, 오제어, 송수신의 정지등을 초래하기 때문에 양질의 전원을 공급해야 할 필요성이 대두되고 있다.

최근에 널리 보급되고 있는 IBM PC의 경우 입력전압의 변동율을 $\pm 15\%$, 정전 시간은 1 초를 허용하고 있으며, 또한 소비전력도 150VA 정도로 볼 수가 있기 때문에 이러한 시스템에는 Type 1의 대기 운전형 방식에서 AVR을 제거한 형태의 UPS(통상, SPS라 불리운다)를 사용해도 충분한 효과를 낼 수가 있다. 이에 비해서 미니 컴퓨터나 슈퍼 미니 컴퓨터 수준의 응용에서는, 1/4 cycle 정도의 정전과 $+7\% \sim -15\%$ 정도의 전압변동을 허용하기 때문에 Type 1에서의 절환스위치가 다이리스터인 방식을 사용하거나, Type 2를 사용해야 한다.

소용량 UPS의 경우에는 일반적으로 효율이 크게 문제되지 않기 때문에 보통은 높은 carrier 주파수를 이용한 펄스폭 제어방식(PWM)을 많이 채택하고 있다. 그렇게 함으로써 인버터 출력단 필터의 크기를 줄일 수 있으며, 소형 경량화가 가능하게 된다. 최근의 기술 동향은 더욱더 소형화 하기 위하여, 그림 6에서 처럼 60Hz 변압기를 제거함으로써 compact한 모양을 가진 UPS가 출현하고 있다. 이 경우 통상 DC-to-DC 변환기의 스위칭 주파수를 20KHz 이상으로 동작시켜, 종전에 사용해왔던 60Hz 절연 변압기를 대체하고 있다. 이렇게 함으로써 변압기의 가격 및 부피를 감소시킬 수 있으며, 축전지를 제외한 시스템

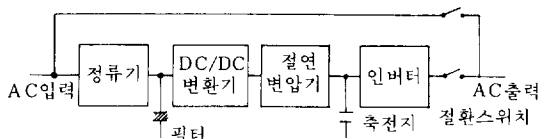


그림6. 고주파 스위칭을 이용한 UPS

의 무게를 한층 더 줄일 수 있을 뿐만 아니라, 인버터에 공급되는 전압의 크기도 증가 시킬 수 있기 때문에, 인버터에 이용되는 스위칭 소자의 전류 용량도 줄게 되므로, 60Hz 변압기를 사용한 방식과 비교해 볼때 상당한 장점을 가지게 된다. 그러나, 스위칭 주파수가 높기 때문에 이에 수반되는 문제점 또한 많이 대두되고 있다. 따라서, 아직까지는 이러한 방식이 Type 1 이나 Type 2 에 비해서 신뢰성이 떨어지지만, 파생되는 문제점들이 앞으로 극복되어 질 수 있으리라 생각되어진다.

6 맺는 말

본고에서는 UPS의 필요성과 그 적용분야 및 세 가지 다른 형태의 UPS 동작특성에 관해서 간단하게 설명하였고, 일반적으로 UPS가 갖는 표준 사양을 열거하였다. 여기에서 이야기한 표준 사양과 UPS 제조업체가 제시하는 사양과는 약간씩 다르기는 하지만, UPS의 특성을 비교하는데는 다소 도움이 되리라 생각된다.

그리고, 마지막으로 대용량과 소용량의 UPS에 대한 기술 추세를 살펴봄으로써 이 분야에 관심을 가지고 계시는 분들에게 다소나마 도움이 되었으면 한다.

참 고 문 헌

- 1) N. Seki, K. Yamasaki and J. Katayman, "New GTO Uninterruptible Power Supplies with Self-diagnosis Functions", in Conf. Rec. PESC, 1983, pp. 183~193.
- 2) H. Yoshida, M. Matsunaga, K. Matsuzaki, Y. Miguchi, "New Uninterruptible Power Supply System for Satellite Communications", in Conf. Rec. INTELEC, 1983, pp. 76~84.
- 3) Phoivos D. Ziogas, Stefanos Manias and Eduardo P. Wiechmann, "Application of Current Source Inverters in UPS Systems", IEEE Trans. Ind. Appli., Vol. IA-20, No. 4, July/August, 1984.
- 4) F. Benvenuto, C. Di Tomaso, L. Fiore Donati, D. Sbragia and A. Valcada, "Digital Control System for Uninterruptible Power Supply", in IFAC Conf. Proc. 1977. pp. 973~979.
- 5) IBM, "Personal Computer XT Hardware Reference"
- 6) "무정전 전원장치 설계기준", 대한전기학회 보고서, KSCP-C-1015, 공업 진흥청, 1978, pp.9~37.
- 7) Toshiba, "Major Features of Tosnic-1000 Series UPS", in UPS Catalog, 1982.