



정지형 전력 변환기의 기술개발

玄 東 石

(漢陽大 工大 教授)

黃 龍 夏

(二和電機工業(株) 開發部長)

■ 차 례 ■

- 1. 서 론
- 2. 최신 기술의 동향
 - 2.1 무정전 전원장치 (UPS)
 - 2.2 고압 대용량 V.V.V.F
- 3. 결론
- 참고문헌

1 서 론

각 국의 전력변환(DC to DC, DC to AC, AC to DC, AC to AC) 기술은 전력용 반도체소자(S CR, GTO, POWER-TR 등)들이 개발됨에 따라 루가 다르게 눈부신 발전을 거듭하고 있다.

미국, 일본등의 전력변환장치 제조회사들의 기술수준은 거의 평준화되어 있으며, 이들 각 국의 관련 회사들의 최근 동향은 최대의 MTBF(Mean Time Between Failure), 최소의 MTTR(Mean Time To Repair), 과도특성을 개선하기 위한 회로 Impedance의 최적치실현, 효율의 극대화, 소형 및 경량화, 그리고 가격의 저렴화를 성취하기 위한 노력을 경주하고 있으며,^{1),2)} 제어회로 역시 제어 효율성 향상 및 제어회로의 단순화를 위해 Microprocessor를 도입한 제어방식으로 실용화되고 있다. 더불어 무인화운전을 꾀하며 Computer와 Interface시켜 전원의 상태를 Monitor로 쉽게 관독할 수 있는 방향으로 진행되고 있는 것이 현재의 세계적인 추세이다.³⁾

이러한 전력변환 기기를 생산하고 있는 국가는 선진 10여 개국 정도이며, 우리나라에서는 '75년부터 UPS(Uninterruptible Power Supply), V.V.

V.F.(Variable Voltage Variable Frequency), 그리고 F/C(Frequency Changer)등 정지형 전력변환 기기 관련제품 개발에 박차를 가하기 시작하여 현재에는 국내 수요의 상당량은 물론 해외 수출을 통해 기술 경쟁력을 강화시켜 나아가고 있다.

본 지에서는 선진국(미국, 일본 등) 및 우리나라에서 최근에 개발되어 상품화 되었거나 연구 진행중에 있는 정지형 전력변환기(UPS, 고압용 V.V.V.F)의 특성 및 구성에 대한 최신기술에 관하여 간략하게 다루어 보았다.^{4),5)}

2 최신기술의 동향

2.1 무정전 전원장치(UPS)

여기서 소개하는 UPS장치는 미국의 세계적인 전력변환기 전문 제조업체에서 최근에 개발된 기술을 당사(이화전기(주))에서 도입하여 국내 및 동남 아시아 각 국에 공급하고 있는 무정전 전원장치이다.

본 장비는 Microprocessor를 이용한 정현파 PWM방식을 채택하고 있으며, Computer와 접속시켜 모든 정보처리를 전산화시킬 수 있는 첨단 제품이다.

(a) 동작 원리

그림 1은 종래의 UPS장치의 구성도이며 그림 2는 근래에 새로 개발된 UPS장치의 구성도이다. 그림 3은 그림 2를 좀더 구체화시킨 구성도이며, 이 UPS는 단일 Transformer로 구성되어 Inverter권선, 출력권선, 그리고 상용입력권선등 3개로 분리된 Transformer를 중심으로 Inverter권선과 출력권선은 전기적으로 밀결합되어 있으며, 상용입력권선은 Magnetic Shunt를 통해 결합되어 있다.

Inverter가 상용입력전원과 동위상으로 동작될 때, 전력의 흐름은 Inverter와 상용전원입력 사이의 위상각에 따라 조절된다. 예를 들어, 위상각이 작을 때는 Inverter가 부하에 전력을 공급하게 되어 Battery는 방전하게 되고, 위상각이 증가하면 Inverter에서의 전력공급은 감소하게 된다. 위상각이 더욱 증가하게 되면 상용입력전원에 의해 부하에 전력을 공급하게 되고, 이 전력은 Inverter로 입력되어 Battery를 충전케됨으로

Inverter와 Charger의 기능을 겸함으로서, 회로가 간단해지고 System의 변환효율이 대단히 높다.

교류 정현파는 Transistor로 구성된 Inverter의 Bridge회로에 의하여 조합된다. 한 주기가 50개의 Pulse로 구성된 Inverter PWM출력단은 Low-Pass PWM Filter를 통해 Inverter권선에 연결되어 이 파형은 교류출력전압과 Inverter 내부에서 발생된 정현파 기준전압을 비교함으로써 제어된다. 또한, 상용입력전원은 AC차단 Switch를 통해 Transformer에 연결되어 있으며, 정상운전의 경우 Inverter는 출력전압만을 정전압으로 제어하며 모든 부하전력은 상용전원에 의해 공급된다. 만일, 상용전원이 정전되거나 전압 또

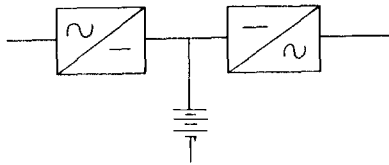


그림 1. 종래 UPS 구성도

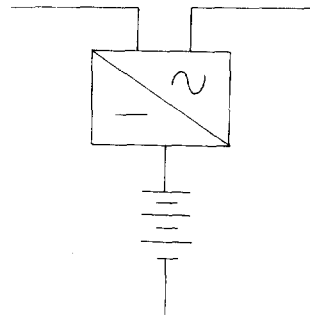


그림 2. 새로운 UPS 구성도

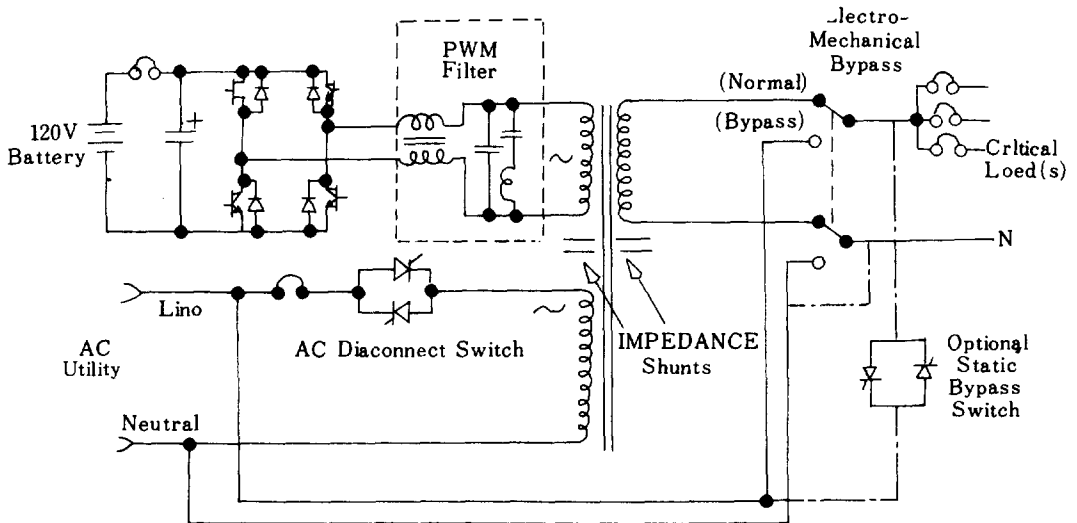


그림 3. 새로운 UPS 세부도

는 주파수가 규정치를 벗어났을 경우 AC Disconnect-Switch가 차단되어 Battery에 충전된 전력을 Inverter를 통해 부하에 공급케 된다.

그림 4는 그림 3의 등가회로로서 부하는 Inverter와 직접 연결되어 Inductor, L_s 를 통해 상용전원에 접속되며, Inverter전압, E_i 는 입력전압의 변위각 β 에 의해 상용전압, E_u 보다 lag한다. 그리고 Inductor전류, I_L 은 Inductor전압, E_L 보다 $\frac{\pi}{2}$ (rad) lag하며 크기는 부하전류 I_o 와 Inverter전류, I_i 의 Vector합이 된다.

그림 5와 같이 β 가 작을 경우에는 입력은 물론 Inductor전류 I_L 역시 작다. Inverter전류 I_i 는 Inverter전압 E_i 와 거의 동상이므로 Inverter는 상용전원에 의해 공급되는 것이 아닌 부하의 전력 요구치를 충족시키기 위한 전력을 공급하게 된다. 이런 경우에 Battery는 방전상태가 된다.

그림 6의 Vector도에서 보여주듯이 β 증가시 Inductor전류 I_L 의 실수부는 부하전류 I_o 와 같게

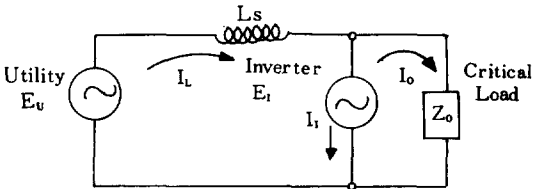


그림 4. 새로운 UPS 등가회로

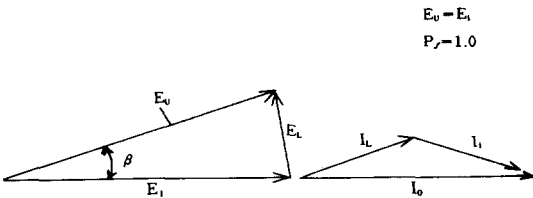


그림 5. Vector도 (β 가 작은 경우)

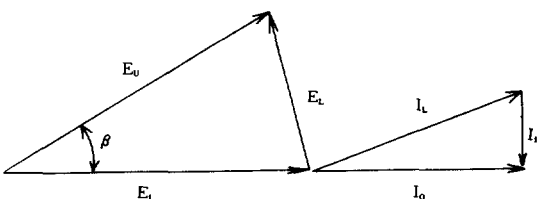


그림 6. Vector도 (β 가 보통인 경우)

되며, 상용입력전원이 부하에 전(全) 전력을 공급하게 된다. Inverter전류 I_i 가 전압 E_i 와 $\frac{\pi}{2}$ (rad) 위상차를 갖게 되면 Inverter로 유입되거나 유출되는 전력이 없으므로 Battery의 전류는 0이 된다. 즉, 임계점 ("Breakeven" Point)에 이르게 된다.

그림 7에서는 입력전압의 변위각이 매우 큰 경우 즉 β 가 상당히 커진 경우 Inverter전류 I_i 의 방향은 Inverter에 전력유입과 Battery가 현재 충전되고 있음을 지시케되며 이 때 상용전원은 부하에 요구치전력을 다시 공급하게 된다.

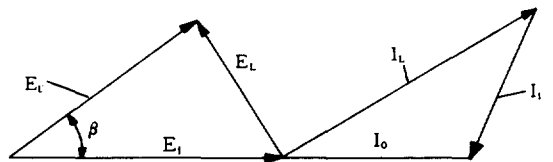


그림 7. Vector선도 (β 가 아주 큰 경우)

(b) 제어 기능

본 장치의 제어기능은 Microprocessor를 사용, 그림 8과 같이 모든 정보처리를 Digital 화하여 상태를 간단히 파악 처리할 수 있도록 구성되었고, Inverter출력파형은 그림 9와 같이 근사 Sine Wave을 얻을 수 있도록 PWM제어를 하며 제47차 이상의 고조파 성분을 제거하기 위한 Filter 회로를 구성, 삽입하여 회로 Impedance를 극소 화함은 물론 과도특성을 개선할 수 있도록 구성 되어 있다.

(c) 특성 비교

선진 몇개국 즉, 미국, 일본, 스웨덴등의 나라 들은 전력변환 기술이 거의 평준화되어 있는 만큼 이들의 신기술 개발을 위한 경쟁은 매우 치열하다고 하겠다.

따라서, 우리는 이들 회사의 종래제품 및 최근에 새로 개발된 제품을 비교 분석함으로써 앞으로의 전력변환 기술이 나아갈 방향을 제시할 수 있을 뿐만이 아니라, 전력변환 기술계에 새로운 장까지도 창출할 수 있는 가능성을 제시해 줄 수도 있으리라 생각된다.

예를 들면, 과거의 전력변환 기기에 대해서 최

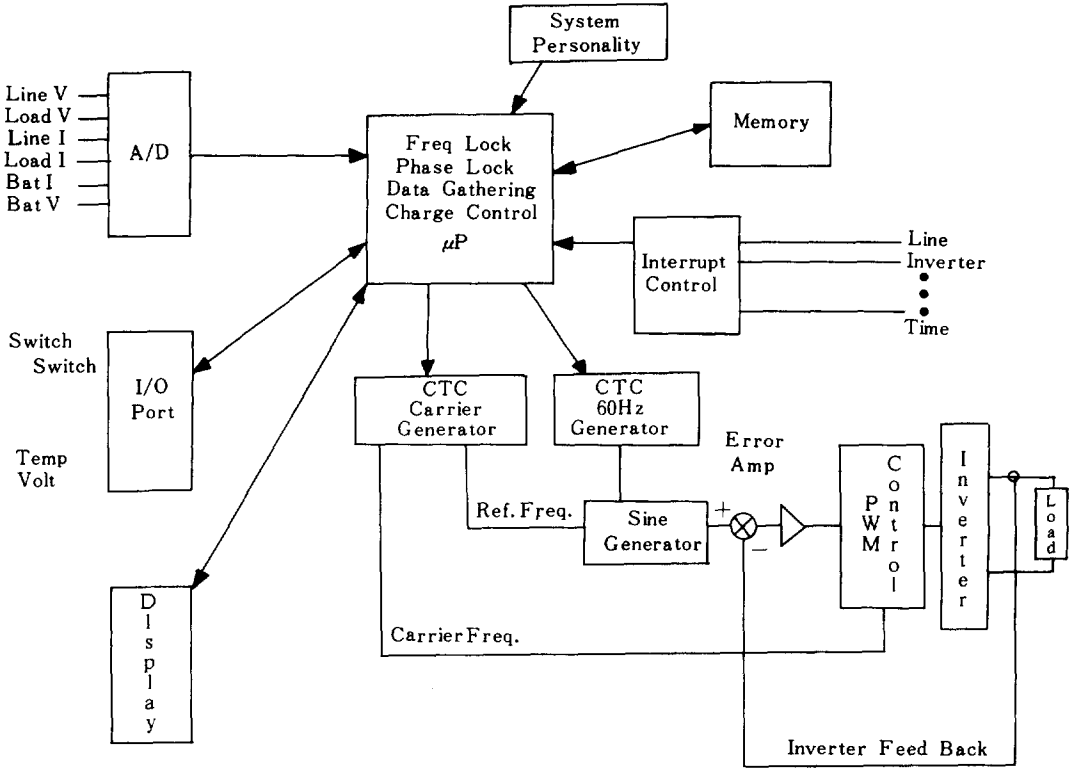


그림 8. 시스템 구성도

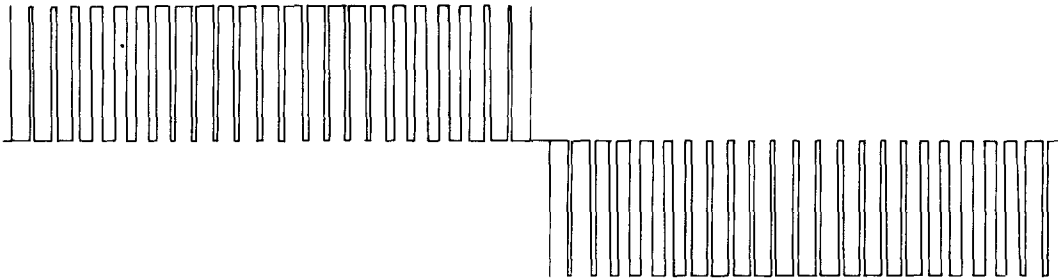


그림 9. Inverter 출력파형

근에 새로 개발된 신제품의 특성을 비교해 볼 때, Analog방식에서 Microprocessor를 이용한 제어방식으로 Lamp 또는 LED (Light Emitting Diode)에 의한 표시 방법에서 Display판넬에 Digital화된 표시 방법으로의 외부적인 변화뿐 만 아니라 제품의 내적특성면에서도 괄목할 만한 향상과 변화가 있었다.

System의 효율이나 입력전압 변동허용 범위

등이 종래의 것에 비하여 상당히 향상 되었으며 입력에 대한 역류 고주파영향, 출력 파형 왜울, 그리고 소음등이 현격하게 감소되었음을 알 수 있다.

이상을 표1, 2로 정리, 제시하여 이해를 돕도록 하였다.

2.2 고압 대응량 V.V.V.F.

여기서 소개하고자 하는 고압 대용량 Motor 가변속 장치는 Motor의 효율적인 운용과 전력 절감을 위해서 현재 우리나라에서도 널리 보급 되기 시작한 V. V. V. F.와 같은 용도의 것으로, 지금까지는 그림10과 같이 입력단과 출력단에 Transformer를 부착하여 전압을 강압, 승압시켜 사용했던 것을 최근에는 그림11에서 보는바와 같이 기존 System의 입력, 출력단에서 Transformer를 제거, 직접 고압 6.6KV/3.3KV급을 제

어할 수 있는 방식이 미국의 Westing House사에서 개발되어 실용화 단계에 이르고 있다.

아래 그림11에서와 같이 입, 출력 Transformer를 사용하지 않게 되면 변압기 자체 내에서의 손실과 고압을 저압으로 하여 제어할 때 발생하는 회로에서의 손실을 줄임으로서 전체 System의 효율을 향상시킬 수 있으며, 입력단과 출력단측의 Transformer에 따른 장치원가를 절감할 수 있으므로, 이로 인해 보다 성능이 우수하고 값

표 1. System 구성 비교

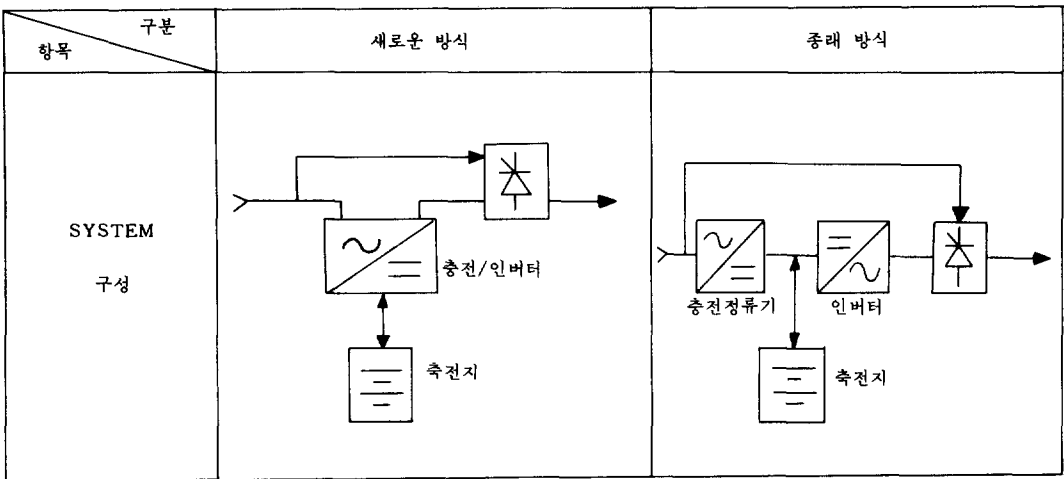


표 2. System특성비교

항목	구분	새로운 방식	종래 방식
제어 방식		MICROPROCESSOR SYNTHESIZED PWM 제어	DIGITAL, ANALOG의 PAM, PWM 제어
상태 및 정보 표시		DISPLAY 패널에 DIGITAL화된 표시	LAMP 또는 LED
효율		90% 이상	70%
입력전압변동허용범위		정격전압 +15%, -20%	정격전압 ±10% 이내
입력역율		0.9Lag	0.7Lag
입력역류고주파		5%	17%
부하역율		0.7Lag부터 0.9Lag	0.8Lag 또는 0.9Lag
출력파형왜율		3% total, 2% Single	5%
소음		55dB	75dB



그림10. 종래방식



그림11. 새로운 방식

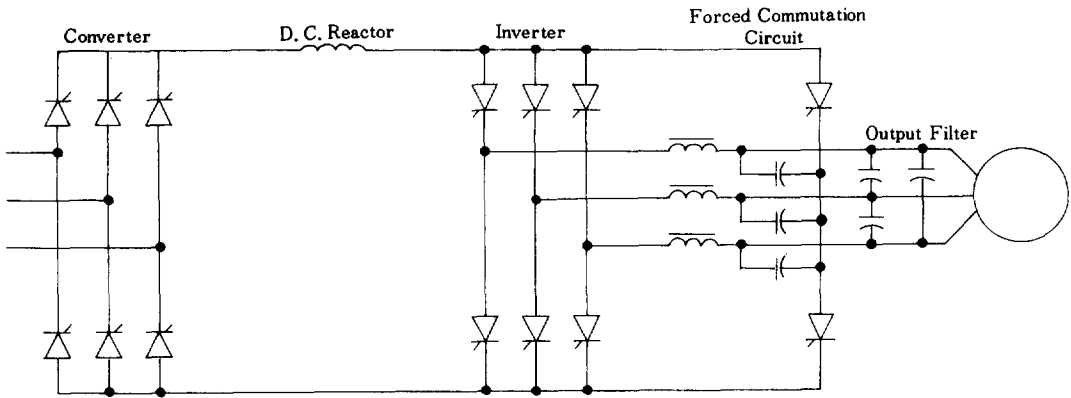


그림12. 고압용 Power Circuit

이 싼 장비를 공급할 수 있다.

이 장비는 Converter, DC Link Reactor, Inverter, Force Commutation Circuit, 그리고 Output Filter 등의 기본 Block으로 구분할 수 있으며, 이에 대한 Power Circuit을 그림12에서 보여주고 있다.

이 회로에서는 내압을 높이기 위하여 여러개의 SCR(Silicon Controlled Rectifier)을 직렬로 연결하여 사용하는 전류형 Inverter방식을 채택하고 있는데, 이 경우에 있어서의 문제점은 SCR turn off 회로가 매우 복잡해지며 고도의 기술을 요구하고 있다는 점이다.

따라서 전력변환 계통에 종사하는 많은 기술자들은 전류형 Inverter의 SCR turn off 회로가 보다 간단하고, 신속, 정확하게 동작할 수 있도록 하기 위하여 많은 연구와 노력을 하고 있다. 여기에서 제시한 고압대용량 V. V. V. F.도 현재 미국 Westing House사에서 연구 시험중에 있으며 당사(이화전기(주))에서도 이미 연구에 착수하여 곧 상품화할 계획이다.

3] 결 론

오늘날 모든 제어 System이 그러하듯이 전력 변환기기 역시 정확성, 속응성, 신뢰성, 안전성, 유연성등이 보다 절실히 현실적으로 대두하게 되었다. 따라서 선진국들은 이에 대한 대처방안

을 강구하기 시작하여 현재 상당한 수준에 와 있으나 아직은 이 많은 요구들을 충족시키기에는 미흡한 실정이다. 그러므로 이에 대하여 선진국(특히 미국, 일본등)은 축적된 기술을 바탕으로 전력을 경주하고 있음은 물론이고 개발도상국까지도 정부차원에서 이 분야를 중점 육성사업으로 지정하여 총력을 기울이고 있다. 우리나라에서도 많은 관심을 가지고 여러기업이 개발연구에 박차를 가하고 있으므로 가까운 장래에 좋은 결과를 가져올 수 있을 것으로 기대되며 이 분야는 특히 여러 기술의 집합체이므로 우수한 두뇌의 합리적 구성이 선행되어야 한다.

참 고 문 헌

- 1) B. R. Pelly, "Thyristor Phase-Controlled Converters and Cycloconverters," John Wiley & Sons, 1971.
- 2) L. Gyugyi & B. R. Pelly, "Static Power Frequency Changers," John Wiley & Sons, 1976.
- 3) J. M. D. Murphy, "Thyristor Control of AC Motors," Pergamon Press, 1973.
- 4) B. Larson, "Power Control Electronics," Prentice Hall, 1983.
- 5) R. L. Pickerall & et. al, "An Inverter/Controller Sub'system Optimized for Photovoltaic Applications," Workshop on Power Conditioning for Alternative Energy Technology, U. S.

- Dept. of Energy, Denver, Colorado, May, 1979
- 6) R. Rando, "AC Triport A New Uninterruptible AC Power Supply," Intelc 78, pp.50-58.
- 7) Z. Noworolski & K. Goszyk, "High Efficiency Uninterruptible Power Supply," 4th International PCI Conference on Power Conversion, Mar. 1982.