

원격 통제형 UPS 개발

(Development of High Performance & Remote controlled UPS)

이왕하* · 박가우 · 이진희 · 김덕규

(Wang-Ha Lee · Ga-Woo Park · Jin-Hee Lee · Duk-Gyu Kim)

Abstract

This paper presented the development trend of UPS and SPS system has focused on large scale system and more convenient system to maintenance and management. In this paper, we proposed low price and high performance SPSs which can de voltage regulation, harmonic reduction, and capable capacity extension in power. These SPSs are composed by two SPSs in their functional structure, one is power control part including voltage regulation and instant voltage compensaton. The others part is web based monitoring and trend management part for more convenient to SPS operator.

1. 서 론

단순 생산 사회에서 복잡한 정보화 사회로 급속하게 변모함에 따라 각종 지원 시스템의 동작에 있어서 높은 신뢰성을 요구하고 있다. 전산 시스템을 포함한 정보망 구축에 사용되는 각종 전자 장치의 동작 신뢰성 확보를 위해서는, 기본이 되는 장치의 설치 환경에 있어서, 전원 안정성까지 총체적인 신뢰성을 요구한다. 또한 정보화와 더불어 자동화, 무인화가 확산되었는데, 전원 환경 및 품질은 단순히 정보망 시스템뿐만 아니라 생산 현장에도 큰 영향을 주고 있다. 생산 현장에 각종 전자 응용 기기가 확대 적용됨에 따라 전원이 있는 모든 장소에서 전원의 안정성이 생산성에 직접적으로 영향을 미치기 때문이다. 근래에 들어, 생산 현장에 적용되는 기기가 디지털화되고, 각종 전력변환 시스템이 대용량화되며, 고주파 스위칭 시스템이 확대 적용되는 추세에서, 정전이 발생하는 경우도 문제지만 계통 전원에 나타나는 각종 노이즈가 주변 시스템에 영향을 주는 경우가 발생되고 있다. 이는 UPS(Uninterruptible Power Supplier : 무정전 전원장치)가 단순히 정전대비뿐 아니라 계통으로부터 시스템에 공급되는 전원의 품질을 유지하도록 요구하고 있다는 것을 말한다.

UPS 제작 업체 동향을 살펴보면 다음과 같다. 주로 소용량(10kVA이하)을 생산하는 국내 소규모 업체는, 1997년경 50여 개로 난립한 상황이었는데,

외국제품의 단순 복제하는 기술 수준이어서, IMF 이후 수요 감소 및 저 가격 출혈 경쟁으로 일부는 도산 처리되고 일부 생존 업체도 경기가 활성화되지 않아 어려운 상황을 겪고 있다. 중견업체로는 이화, 수영, 국제 등 어느 정도 규모 있는 업체들이 있는데, 투자력 미비로 기술수준은 저조한 상태이며, 대용량의 UPS는 기술제휴로 외국에서 수입 판매하는 실정이다. 대기업체의 동향을 살펴보면, 예전에 UPS 품목이 중소기업지정품목에서 제외되면서, LG, 현대, 효성 등의 대기업들은 부가가치가 높은 UPS사업에 참여하였는데, 자체개발 및 외국제품 OEM판매 등의 방법으로 사업 확장을 시도하였으나 기술력 미비 및 시장개척의 한계에 어려움을 겪었다. IMF로 대부분 사업을 포기 또는 이전하고 있는 상황이다. 국내 기술 현황을 살펴보면 다음과 같다. 전력소자는 transistor 또는 IGBT가 주종을 이루고 있고, 일부부 대기업에서 IGBT를 이용한 30KVA급 UPS에 대한 개발완료 단계 있으며, 인버터 방식은 중·대용량에서 1kHz미만의 스위칭으로 고정 패턴에 의한 PWM 방식이 주종이고, 소용량 대부분의 제어회로는 아날로그 제어방식을 사용하고 있다. UPS에 채용된 마이크로 프로세서는 MMI에 국한되어 사용되고 있는 실정이다. 현재, 국내 제작 UPS 내부에, 제어기로 DSP 응용기술이 적용된 경우는 드물고, 일부 업체에서 개발 중인 것으로 알려지고 있다. UPS 관련 국내 기술력은, 정전 대비 장치로서 대응이 가

능하나, 현대 산업화 사회에 대응하는 제품 경쟁력 강화를 위해서는, 전원 품질 관리 측면을 고려한 UPS 신기술 개발이 시급한 상황이다.

국의 선진 기술 현황을 살펴보면 다음과 같다. 산업계에 전자 응용 기기의 보급확대에 따라서 급속한 신장세에 있으며, 이에 따라, 전력 소자는 소용량 MOSFET, transistor에 의한 인버터가 대용량 IGBT로 전환, PWM에 의한 출력 전압 파형 순시 제어 기술이 실용화 단계에 와 있다. 스위칭 주파수의 고주파화에 의하여 UPS의 소형 경량화 추세에 있고, 교류 입력의 순시치 제어에 의한 고역률, 저 고조파도 실용화 단계에 와 있다. 예를 들어 정류부에 PWM converter를 채용하여 단위 역률을 가지며 고조파 함유율이 아주 낮은 UPS가 출시되고 있다. 또한 부가기능으로 Modem 또는 LAN 통신 내장, 자기 진단 기능, 사용자 위주 MMI 기능 등이 선택 사양으로 제공되는 추세이다.

UPS는 기본적으로 정전시 보상 전원장치로 충전부, 배터리, 인버터 및 기타 전장품으로 구성되어 있는데, UPS의 기술은 전력 전자 기술의 종합으로 그 응용범위가 매우 다양하다. 배터리 충방전 제어기술은 전기자동차의 에너지 공급장치 등으로, 인버터 제어 기술은 회전기기 제어 장치 등으로, UPS 전장품 중의 하나인 static switch는 다른 전력제어 시스템의 정지기 분야와 접목된다. 그러므로 고성능 UPS 제작 기술을 확보함으로써 기대되는 기술 파급효과가 아주 크다.

UPS는 산업 사회의 변화에 따라 수요가 급속히 확산되는 추세인데, 가격이 높고, 설치가 복잡하며, 효율이 낮은 경우 자체적이 전력 소모가 커서 수용을 기피하는 경우가 있었다. Chargerless UPS는 성능은 우수하면서 가격은 저렴하게 유지할 수 있는 구조의 UPS로 정전 보상 외에 APF(Active Power Filter) 기능 또는 AVR (Auto Voltage Transformer) 기능을 부가적으로 가진다. 기존 on-line 방식 UPS에 비하여 가격은 낮으면서, 성능은 유지되고 기능이 다양하므로, 경쟁력이 우수하다. Chargerless UPS가 상용화되어 공급되는 경우 다양한 산업분야에 수요 확산을 유도할 것으로 예상된다.

본 연구에서는 기본적인 Chargeless UPS 기능을 더욱 단순화시킨 하드웨어 구조에 원격통제 기능을 갖춘 Off-Line 형 UPS의 개발을 목표로 한다. 본 연구에서는 off 라인 방식을 이용함으로써, 효율을 극대화할 수 있으며 기존의 sps기능에 부

가적인 기능으로써, 저전압 보상을 기능과 전산실과 같이 다수의 전원 시스템을 유지관리 하는 측면에서 보다 효과적으로 유지관리 할 수 있도록 네트워크를 통해서 웹상에서 SPS의 전압,전류를 모니터링 하도록 유지 보수의 효율을 향상하여 부가가치는 높이는 데 연구의 목적을 둔다

2. 본 론

2.1. UPS 원리

UPS의 기본 원리는 교류입력을 정류기를 이용하여 직류로 변환하고 직류부분에 접속된 축전지를 충전하는 동시에 인버터에 직류 전력을 공급한다. 인버터는 직류를 교류로 역변환하고 이를 다시 교류 필터로 파형을 정형하면 일정전압의 교류전압이 발생하게 된다. 순간의 전압 저하 및 정전시에 교류 입력이 정상으로 입력되지 않아도 축전지에서 직류 전력이 인버터를 경유하여 출력된다. 전체적인 시스템의 동작을 설명하면 다음의 두개 동작으로 나눌 수 있다.

① 항상 상용 교류 입력을 정류기에서 직류전원으로 순변환하여 인버터에 공급한다. 인버터는 그 직류전원을 다시 교류 전원으로 역변환한다. 인버터는 교류 출력 주파수를 일정하게 유지하는데, 이것이 UPS의 CF(Constant Frequency)특성이다. 교류 출력전압을 기준전압과 비교하여 피드백제어로 일정전압으로 유지한다. 이것이 UPS의 CV(Constant Voltage)특성이다.

② 정류기는 순변환과 동시에 정전시의 Back-Up 에너지를 포함한 축전지를 충전한다. 그 결과 정류기는 축전지를 충전하기 위하여 정전압 제어기능을 가진다. 상용 교류전원이 정전되고 축전지에 저장된 직류 전원이 자동적으로 인버터에 공급되어 인버터는 거의 무순단으로 출력을 발생시킨다.

2.2. UPS의 종류 및 특성

UPS는 크게 off-line 방식과 on-line 방식으로 구분된다. 통상적인 UPS는 충전부, 배터리, 인버터 및 기타 전장품류로 구성된다. off-line 방식과 on-line 방식 UPS의 구성은 동일하나, 전원이 정상인 경우에 작동하는 상황이 다르다. off-line 방식 UPS는 정상상태에서 입력 라인 전압을 그대로 부하로 공급하고, on-line 방식 UPS는 정상상태에서도 정전시와 마찬가지로 인버터를 동작시켜 부하로 전압을 공급한다. 안정성이나 신뢰성 및 전

원 품질은 on-line 방식이 훨씬 우수하나, 항상 동작하는 컨버터(충전부 포함)와 인버터의 효율이 85% 정도로 낮기에, 자체적인 전력소모가 많다는 문제점을 가지고 있고 가격은 off-line 방식보다 높다. off-line 방식 UPS는 정상상태에서는 배터리의 충전상태만 관리하다가 정전이 감지되면 입력 라인전압을 끊고 인버터를 작동시켜 부하에 연속적인 정상 전압을 공급하는 구조인데, 정전을 감지하고 인버터를 안정적으로 작동하기 까지는 일정한 시간이 소요되는 문제점이 있다. 또한 off-line 방식 UPS는 평상시에 입력 라인 전압을 그대로 부하에 통과시키므로, 정전이 아닌 라인 전압의 문제, 즉, 순시 저전압, 과전압 등의 과도 현상에 무방비하다는 문제점을 갖고 있다. 구조를 살펴보면 충전부와 인버터가 하나의 스택으로 이루어져 있고, 입력 라인에 병렬로 연결되는 구조를 가진다. 일체형 스택이 충전기능과 인버터 기능을 동시에 수행하지는 못하므로 작동 방식은 off-line 방식인데, 고전적인 off-line 방식 UPS와는 달리 항상 전력소자가 스위칭하는 점은 on-line 방식 UPS와 동일한 특성이다. off-line 방식은 평상시에 입력 라인 전압을 그대로 부하측으로 연결하지만 chargerless UPS는 부하에서 발생시키는 전류고조파를 저감시키는 기능을 수행하거나, 입력 라인에서 발생하는 저전압이나 과전압 문제를 해결할 수 있다.

이렇게 chargerless UPS는 off-line 구조인데 성능은 on-line 방식의 UPS를 추종하고, 단순한 구조이므로 off-line 방식 UPS보다 저렴한 가격으로 공급이 가능하다. 한편 본 연구에 사용된 SPS는 Off line 방식의 UPS로 전력변환효율을 향상시킬 수 있으며, 기존의 전압 regulator의 기능은 물론 원격관리가 가능하도록 함으로써, 유지관리가 매우 용이한 것이 특징이다. 한편 용량의 증설도 용이하게 하여 5kVA급 보조도의 증설로 용량을 15kVA로 쉽게 증설이 가능하다

3. Prototype 시스템 제작

3.1 구성

Power Compensated UPS(PC-UPS)시스템의 기본 구조는 그림.2-1과 같다. 전원측에 연결된 QBI전력변환기와,부하측에 연결된 IVC 전력변환기 및 각각의 L-C필터와 배터리로 구성되어 있다.

QBI및 IVC는 전력용 반도체 소자(Insulated

Gate Bipolar Transistor :IGBT)로 H-브리지(H-bridge)를 구성하여 AC/DC 또는 DC/AC의 정 역변환이 가능한 구조이며, QBI 포함된 LC필터의L은 AC/DC 변환시 AC 승압 초과 동작을 위한 직렬 인덕터로

작용하고 DC/AC 동작 시는 구형파PWM 전압 파형으로부터 정현파를 얻기 위한 저역필터로 작용한다. 그리고, 배터리는 컨버터의 AC/DC 변환 시에 전력을 저장하고 상용전원계통의 저 전압, 과전압 등의 전원이상 과 정전 시에 DC/AC변환에 의해 부하측에 전력을 안정되게 공급한다. IVC는 전원 계통과 직렬 변압기를 통하여 결합되어 전원 전압 불균형을 보상하게 된다

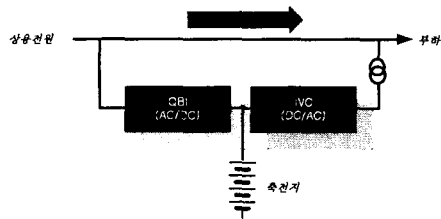


그림 3-1 본 연구의 전력부 기본구조

3.2 동작기능

PC-UPS 전력변환장치의 동작 기능은 다음과 같이 구분된다.

- 1) 전원 정상시 동작: 부하에 공급되는 전력은 전원계통으로부터 공급받게되며 전력변환기에는 변환되는 에너지는 없게된다. 단 방전이 되어있는 battery 의 경우 QBI에 의해 충전되므로 충전 보충에너지만 전원으로 부터 공급받게된다..
- 2) 전원 전압 정전시 동작: 부하에 연속적 교류 전원을 공급하기 위하여 배터리의 충전된 직류 전압원으로부터 QBI가 일정전압과 일정 주파수 형태의 교류로 전력을 변환하기위한 Constant Voltage Constant Frequency (CVCF)-인버터 동작을 수행한다.
- 3) 전원 전압 불균형시 동작: 전원의 불균형 전압을 부하에 안정된 일정 전압을 공급하기 위해 IVC가 출력 전압을 제어한다. 저 전압일 경우 전압을 보충하며, 과 전압이 발생하면 전압을 감쇄시킨다.

3.3 정상동작

교류전원계통이 정상인 경우에는 PC-UPS의

QBI는 컨버터 모드로 동작한다. 즉 부하는 전원 계통으로부터 전력을 공급 받으며 QBI는 battery에 전력을 공급하기 위해 정류동작을 수행한다. 이는 단상 전압형PWM 컨버터 동작에 의해 교류를 직류로 변환하며 Battery에 정전압 및 정전류 모드를 수행하며 충전하게 된다.

또한 비선형 부하 계통에서 발생하는 고조파 및 무효전력이 교류 전원측에 직접 유입되므로 고조파 및 무효전력에 의한 교류 전원측 장애를 억제하기 위하여 주 컨버터에 능동필터 기능을 부여한다. 따라서, 부하전류를 전압과 동상의 유효전류 성분과 고조파 및 무효전력의 발생원인 무효전류 성분으로 분류하고 컨버터의 교류 출력측 전류가 부하의 무효전류 성분과 같도록 제어 함으로써 교류 전원측에는 전압과 동상이고 정현파인 유효전류 성분만 흐르도록 한다.

그림 3-2는 전원 전압 정상시 전력의 흐름을 보여주는데, 컨버터의 안정된 전류제어 동작을 확보하기 위하여 컨버터의 직류측 전압을 일정하게 유지하여야 하므로 컨버터의 충전모드 동작에 의하여 컨버터 배터리의 손실에 기인하는 직류전압 강하를 보상하기 위한 유효전력(B Power)의 공급이 동시에 이루어 진다.

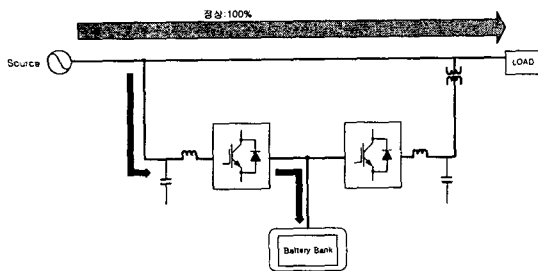


그림 3-2. UPS와 부하와의 관계 구성도

3.4 저전압동작

교류전원계통이 정상인 경우에는 PC-UPS는 컨버터 모드로 동작한다. 본 구간 모드에서는 부하측이 필요로 하는 전력은 교류전원으로부터 직접 공급 받는데, 비선형 부하 계통에서 발생하는 고조파 및 무효전력이 교류 전원측에 직접 유입되므로 고조파 및 무효전력에 의한 교류 전원측 장애를 억제하기 위하여 주 컨버터에 능동필터 기능을 부여한다. 따라서, 부하전류를 전압과 동상의 유효

전류 성분과 고조파 및 무효전력의 발생원인 무효전류 성분으로 분류하고 컨버터의 교류 출력측 전류가 부하의 무효전류 성분과 같도록 제어 함으로써 교류 전원측에는 전압과 동상이고 정현파인 유효전류 성분만 흐르도록 한다.

그림 3-3은 컨버터 모드에서의 전력의 흐름을 보여주는데, 컨버터의 능동필터 기능으로 인하여 부하측에서 요구하는 유효전력(P Power)과 무효전력(Q Power)이 분리되어 교류전원과 컨버터가 각각 독립적으로 공급하고 있음을 알 수 있다. 물론 컨버터의 안정된 전류제어 동작을 확보하기 위하여 컨버터의 직류측 전압을 일정하게 유지하여야 하므로 컨버터의 충전모드 동작에 의하여 컨버터 배터리의 손실에 기인하는 직류전압 강하를 보상하기 위한 유효전력(B Power)의 공급이 동시에 이루어 진다

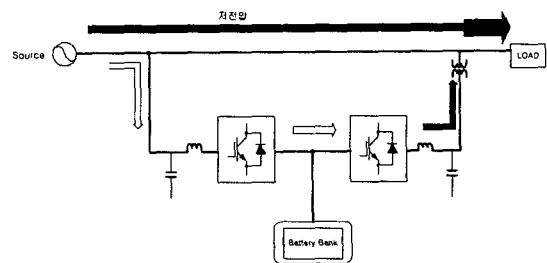


그림 3-3. PC-UPS의 저전압 보상 동작

3.5 과전압 동작

계통전원의 전압 또는 주파수가 불안정하거나 정전시에는 CUPS가 그림 3-4와 같은 전력의 흐름을 갖는 인버터 모드로 동작한다. 본 모드에서는 부하측에 정전압/정주파수의 안정 전압을 공급하기 위하여 컨버터를 CVCF 인버터로 동작시키며 교류 출력측 전압을 제어 한다. 따라서, 부하에서 필요로 하는 전력(P,Q Power)을 배터리가 공급하게 된다. 이 경우에 계통이 정상 조건으로 환원되면 교류 전원측으로 무순단 절체를 행하여야 하며, 절체에 따르는 전압충격을 최소화하기 위하여 교류 전원측 전압 주파수와 동기 되어 인버터가 운전되도록 동기 제어를 수행 한다.

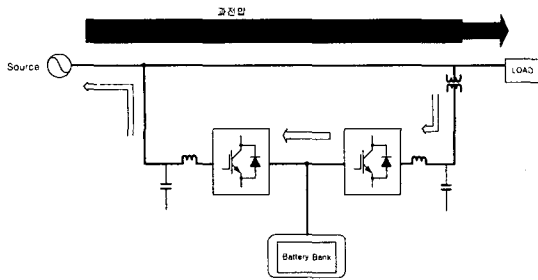


그림 3-4. PC-UPS의 과전압 보상 동작

3.6 정전보상

계통전원의 전압 또는 주파수가 불안정하거나 정전시에는 CUPS가 그림 3-5와 같은 전력의 흐름을 갖는 인버터 모드로 동작한다. 본 모드에서는 부하측에 정전압/정주파수의 안정 전압을 공급하기 위하여 컨버터를 CVCF 인버터로 동작시키며 교류 출력측 전압을 제어 한다. 따라서, 부하에서 필요로 하는 전력(P,Q Power)을 배터리가 공급하게 된다. 이 경우에 계통이 정상 조건으로 환원되면 교류 전원측으로 무순단 절체를 행하여야 하며, 절체에 따르는 전압충격을 최소화하기 위하여 교류 전원측 전압 주파수와 동기 되어 인버터가 운전되도록 동기 제어를 수행 한다.

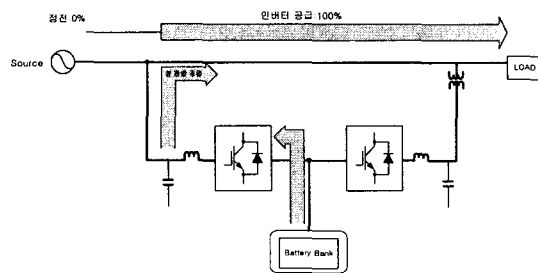


그림 3-5. C-UPS의 BY-PASS 모드 동작

3.7 원격 통신부

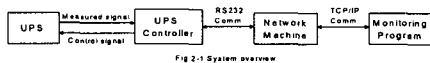


그림 3-6. 통신부

원격 통신부의 전체 시스템은 크게 그림 3-25과 같이 구성되어 있다. 모니터링 프로그램의 목적은 SPS와 SPS 제어기가 주고 받는 신호를 원격지에서 모니터링 하는 것이다. 원격지의 위치를 특

정한 곳으로 한정하는 것을 피하기 위하여 범용적으로 사용될 수 있는 통신 방식이 필요하며 본 시스템에서는 TCP/IP 통신 방식을 채택하였다..

UPS 제어기에는 TCP/IP를 위한 통신 모듈이 없기 때문에 네트워크 머신을 이용하여 모니터링 프로그램과 통신하게 된다. 네트워크 머신은 SPS 제어기와 RS232통신을 하며 모니터링 프로그램과는 TCP/IP통신을 한다. 본 연구는 주로 전력부와 통신부로 나눌수 있는데, 본 논문에서는 통신부문에 적용한 결과만 자세히 언급하며, 전력부는 다음기회에 상세히 기술하기로 한다.

4. 측정결과

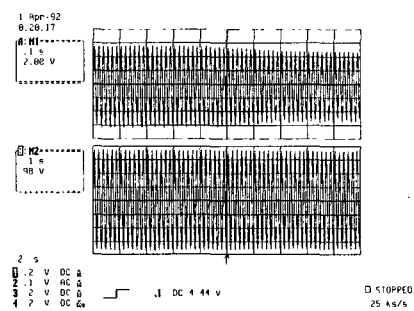


그림 4-1. 입력 전원전압 30% 감소

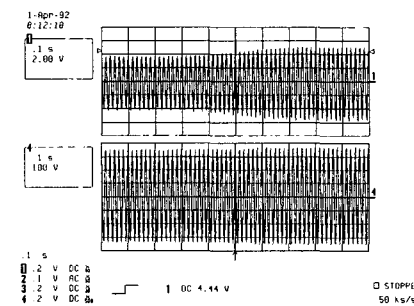


그림 4-2. 입력 전원전압 30% 증가

전력부 실험 결과를 그림 4-1,4-2에 보이고 있는데 그림4-1에서는 정상적인 입력전원을 인위적으로 30% 정도 감소한 결과로 저전압 보상을 실시한 아래그림에서는 일정하게 출력되는 것을 볼 수 있다. 마찬가지로 그림4-2에서는 인위적으로 30% 증가시 아래 그림에서와 같이 같은 출력을 나타내는 것을 볼 수 있다.

통신부 테스트는 실제 UPS 제어기에 RCM2200를 연결하고 임의의 교류 전압을 가하여 테스트하였다. 임의의 교류는 80V, 60Hz에 해당하는 신호이다. 데이터 획득 주기는 1초로 하였으며, Wave의 경우는 획득 주기를 2초로 하였다. 테스트 결과를 그림. 4-3부터 그림.4-5에 나타내었다. 그림. 4-3 부터 그림.4-5에서 볼 수 있듯이 모니터링이 정확히 되고 있음을 알 수 있다

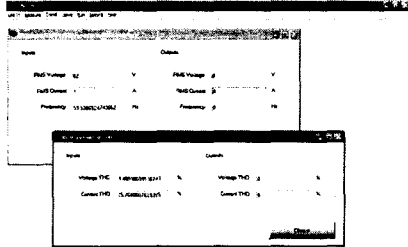


그림. 4-3 Measure window

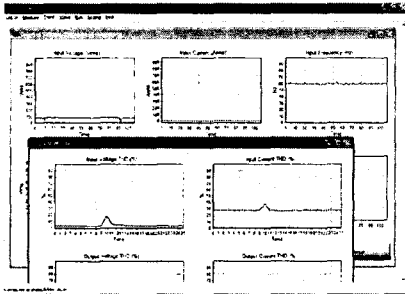


그림 .4-4 Trend window

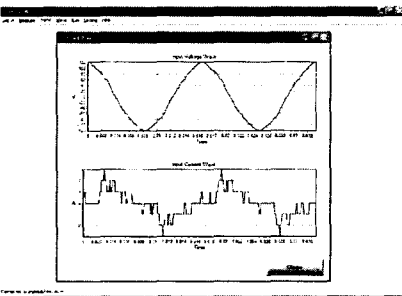


그림 .4-5 Wave window

5. 결론

테스트 결과 인터넷을 이용한 SPS의 상태확인

및 제어가 원활 하게 수행됨을 확인하였으며 동작 또한 안정됨을 보여 주었다. 그러나 다음과 같은 연산오차 및 통신속도에 대한 검토와 보완이 좀더 필요하다.

1) float 형으로 선언된 전역 변수 및 지역 변수를 각각 integer 변수로 선언함으로써 DSP의 계산 속도 증가 및 메모리 할당량을 줄이도록 한다. 따라서 메모리 및 연산 속도로 인한 THD 차수 제한을 50차까지 가능토록 한다.

2) 현재 serial 통신 속도가 19200 bps로 셋팅 되어있는데, 이를 가능한 최대 속도로 셋팅함으로써, 매우 큰 바이트를 전송할 시 빠른 속도로 패킷을 전송하여 데이터 전송으로 인한 시간 지연이 최소화 되도록 한다

본 논문에서는 주로 원격통제형 부분에 관하여 언급하였으며, 향후 전력부에 관한 정리가 완료되면 차후 보고하기로 한다

참고문헌

- [1] 이왕하, 박가우, 이진희, 김말수, “원격 통제형 SPS 개발”, 포스코 신기술연구조합 과제, 2002, 7.
- [2] Mohan,N.,et. Al., Standby power supply with load-current harmonics neutralizer ,in Conf.Rec.,EPE91,pp.3(140)-3(142),1991.
- [3] Eric Persson et. Al., Adaptive Tolerance-band Current of Standby Power Supply Provides Load-Current Harmonics Neutralization ,in Conf. Rec.,PESC92,vol.1,pp.320-326,1992.
- [4] V.B.Bhavaraju et.al., A Fast Active Power Filter to Correct Line Voltage Sags ,IEEE Trans. IE,vol.41,No.3, June pp.333-338,1994.
- [5] Hurng-Liahng,J et. Al., New Parallel Processing UPS With The Performance of Harmonic Suppression and Reactive Power Compensation ,in Conf. Rec.,PESC94,vol.2,pp.1443-1450,1994.
- [6] J.H.Choi and J.H.Kim, A Bi-directional UPS with the Performance of Harmonic and Reactive Power Compensation ,IEEE Power Electronics Specialists Conference Records.,pp.323-328,1997.
- [7] 최재호, 전류제어형 PWM컨버터에 의한 순시무효전력의 보상 ,공학박사 학위논문,pp.894-900,1994.
- [8] TexasInstruments, TMS320C2X/C2XX/C5X Optimizing C Compiler Users Guide ,1999.
- [9] TexasInstruments, TMS320F/C24x DSP Controllers Reference Guide CPU and Instruction Set ,1999.
- [10] TexasInstruments, TMS320F/C24x DSP Controllers Reference Guide Peripheral Library and Specific Devices ,1999.
- [11] 이성희, 이왕하, 박가우“ 고성능 저가격형 Chargerless UPS 개발”, 포스코 신기술연구조합 과제, 2000, 9.