

UPS 인버터의 제어기술

김병진, 최재호
(충북대학교 전기전자공학부)

1. 머리말

최근에 컴퓨터나 전자장비들과 같이 전원환경에 민감한 부하들이 증가하는 추세에 따라서 품질이 우수하고 안정된 전원에 대한 수요가 증대하고 있다. 이들에 대한 대안으로서 UPS(Uninterruptible Power Supply)가 현재로서는 최적의 수단으로 제시되고 있고 이들 기기를 사용함으로써 상용전원의 환경에 상관없이 양질의 전력을 공급받을 수 있다.¹⁾

그림 1은 전원 계통의 사고나 다른 외부 영향으로 인하여 정상전압에 나타나는 전원 왜란 현상들을 보이는데 이들 중에서 정전이나 순시전압강하나 전압상승이 UPS 채택의 주요한 이유가 되며 주파수 변동 등의 문제도 개선할 목적으로 사용될 수 있다.²⁾

UPS는 부하의 종류와 용량에 따라 달라지지만 대개 컨버터부, 인버터부, 배터리부로 구성된다. 컨버터는 배터리에 충전하는 기능을 그리고 인버터는 부하에 전력을 공급하는 기능을 담당하고 있으므로 부하에 공급되는 전력의 질은 대부분 인버터가 책임지고 있다. 인버터는 전력 스위칭 소자를 이용하여 배터리에 충전된 직류를 교류로 변환한다. 최근에는 일정한 전압과 일정한 주파수로 인버터의 출력을 제어하기 위하여 PWM 제어기법이 일반적으로 사용되고 있다. 이는 전력용 반도체 제조 기술의 발달로 대 전력에서도 고속의 스위칭이 가능해져서 전력변환장치의 부피도 줄이고 출력 필터의 용량도 줄일 수 있으며 무엇보다도 전력의 흐름과 출력전압의 조절이 자유로운 장점이 있기 때문이다. 그리고 PWM 인버터는 출력전압의 순시적인 제어가 가능하여 부하변동에 빠르게 대처하고 비선형 부하 조건에서도 우수한 특성을 발휘한다. 예로서 부하가 갑자기 증가하는 경우에 이전 세대의 인버터들은 부하가 요구하는 전류를 빨리 공급하지 못하여 순시적으로 출력 필터 커패시터의 방전이 일어나 출력전압이 정현파를 유지하

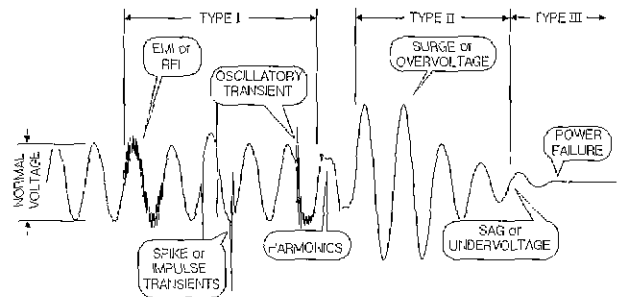


그림 1 전원 불량률의 종류

지 못하고 일그러지게 되고 그 전압을 회복하는 데까지의 시간도 길었다. 그러나 PWM 인버터는 순시적으로 전압의 오차를 검출하여 이를 빨리 보상하므로 부하의 변동에도 불구하고 출력전압이 크게 변동하지 않아서 정현파를 그대로 유지할 수 있다. 본고에서는 UPS 인버터에 응용되는 기존의 PWM 제어기법들을 소개하고 각각의 특성을 검토하고자 한다.

2. UPS 인버터의 제어기술 동향

전원의 품질에 민감한 부하들에게 안정된 전력을 공급하기 위하여 UPS 인버터의 출력전압은 크기와 주파수가 일정하고 파형이 일그러짐이 없이 정현파를 유지하도록 제어되어야 한다. 인버터는 시변·비선형 요소들로 구성되어 있고 알 수 없는 파라미터들과 그리고 부하의 변동들로 인해 특성에 많은 영향을 받으므로 시스템의 해석과 제어에 관한 많은 연구가 수행되어 졌다. 특히 UPS의 대부분의 부하들은 컴퓨터 스위칭 전원과 같이 비선형 부하이므로 이에 기인하여 출력전압 파형이 정현파를 유지하지 못하고 일그러지고 과도상태에서의

제어응답이 늦어서 이를 개선하기 위한 여러 제어기법들이 연구되고 제안되어 왔다

그림 1에 보인 전원환경 왜란 현상을 지속시간에 따라서 다음과 같이 3가지 유형으로 구분할 수 있는데 반주기 안에 발생하는 왜란들은 유형 1로, 여러 주기 동안에 나타나는 왜란들은 유형 2로, 그리고 정전은 유형 3으로 분류된다.²⁾ 이들 왜란 중 고조파의 발생은 반주기내의 현상이지만 매 주기에 걸쳐 반복되므로 3개의 유형에 포함시키지 않았다. UPS는 유형 1과 유형 2의 정전사고와 전압강하나 전압상승 등의 전압 변동에 대한 대책으로서 채택되는데 인버터를 제어함에 있어서 어떤 왜란에 적용할 것인가에 따라서 제어기의 형태와 성능이 결정되어야 한다. 참조로 왜란 지연시간에 따라서 허용되는 전압변동범위를 나타내는데 보편적으로 사용되는 CBEMA(Computer Business Equipment Manufacturer's Association) 커브를 그림 2에 제시하고 특성에 따라서 대응되는 전원왜란의 3가지 유형을 제시하였다.³⁾

일반적으로 UPS는 타입 1에 속하는 왜란에 대한 고려를 중요하게 여길 만큼의 부하들을 가지고 있지 않았다 그러나 최근 기기들이 점점 정밀화 고급화됨에 따라서 전원 환경에 더욱 민감해지고 유형 1에 포함된 전원왜란 등에 대한 대책으로서도 고려되고 있다.

이에 기존에 UPS 인버터의 제어기법으로 사용되는 기술을 소개하고 각각의 특성을 기술하고자 한다.

2.1 평균치 전압 제어와 순시 전압 제어

SPWM(Sinusoidal PWM)을 사용한 평균치 전압 제어 기법은 출력전압을 일정하게 유지시키기 위한 가장 단순한 아

이디어이다.^{2,3)} 출력전압의 신호를 정류한 후 필터를 거치면 출력전압의 평균신호가 얻어진다. 이를 기준신호(상수)와 비교한 후 그 오차가 양의 값이면 그 값에 비례하여 Modulation index를 높여주고, 그 오차가 음의 값이면 Modulation index를 낮게 해준다.(그림 3 (a) 참조) 이러한 원리에 의해 부하가 증가하거나 감소하더라도 출력전압의 RMS는 거의 일정하게 유지된다. 이 방법은 간단하고 구현이 용이하여 아직도 용량의 구분 없이 애용하는 기법이다. 그러나 출력전압신호를 정류하고 필터링 하는 과정에서 제어의 과도시간이 길어지기 때문에 단독으로 사용할 경우 부하의 변동이 생길 때 출력전압의 회복시간이 느릴 뿐만 아니라 파형의 THD가 높다.

한편, 과도 응답 특성을 빠르게 하기 위한 하나의 시도로 순시 전압 제어 기법을 들 수 있다.³⁾ 이 방법은 출력전압을 적당한 크기로 검출한 후 사인파와 순시적으로 비교한다. 그때의 오차 신호를 PI 제어기에 거치면 사인파와 비슷한 신호가 나온다. 이 신호를 모뮬레이션 신호로 삼고 삼각파와 비교하여 PWM을 발생시킨다. (그림 3 (b) 참조) 만일 부하가 급변하면 전압 오차 신호가 바로 발생하여 그 오차를 보상하도록 PI 제어기가 동작한다. 이 방법은 평균치 전압 제어 기법에 비해 과도 특성이 개선되었다. 그러나 기준 신호가 교류이기 때문에 출력전압은 PI제어기의 영향으로 항상 정상상태의 오차를 가지고 있다. 과도 응답이 개선되었다고 하나 단독으로 사용할 경우 파형의 THD가 충분히 낮지 않고 특히 비선형 부하에서 출력전압의 파형이 좋지 않다. 그림 4는 순시 전압 제어에서의 출력전압의 모습이다. 출력전압이 정상상태 오차를 가지고 있음을 보여준다.

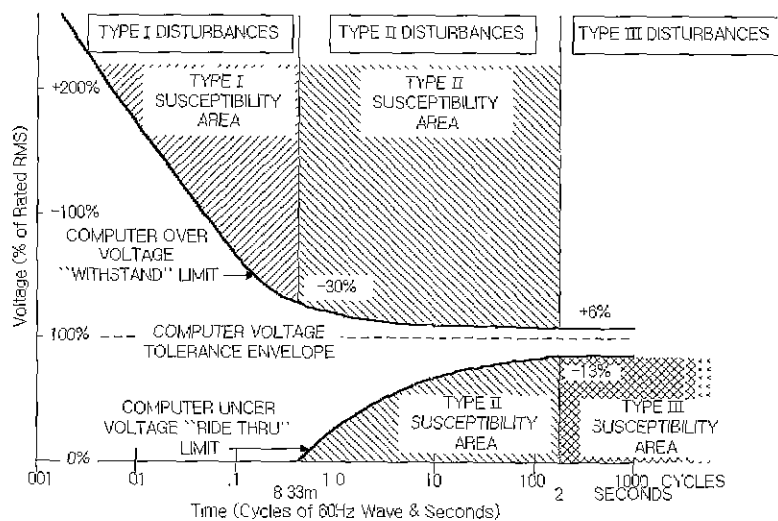


그림 2 CBEMA 커브 위의 전원 불량 종류

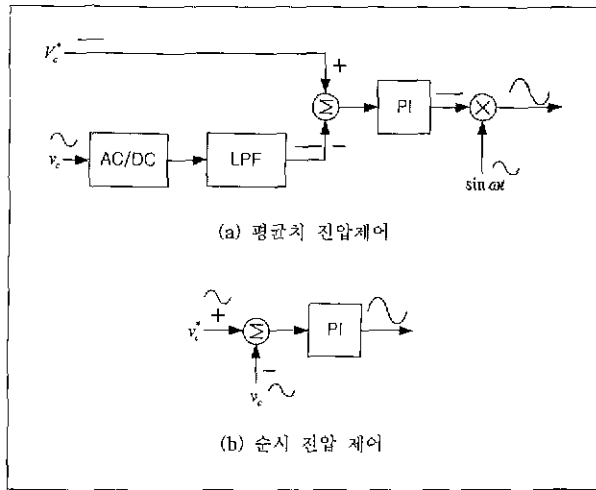


그림 3 평균치 전압 제어 및 순시 전압 제어의 블럭도

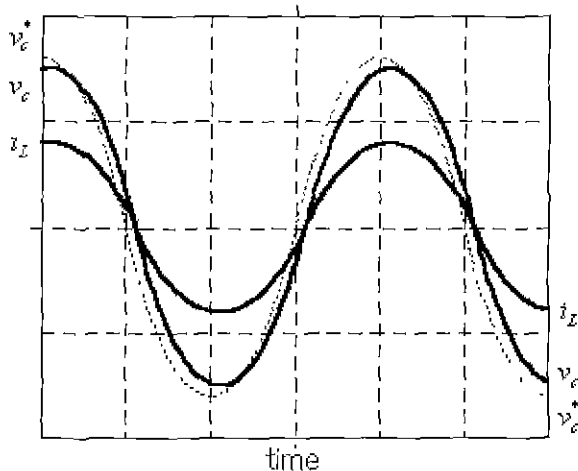


그림 4 순시 전압 제어에서의 출력전압 파형

2.2 기본파 전압 제어

순시 전압 제어기로 PI 제어기가 사용될 경우 전압의 기준 신호가 사인파이기 때문에 출력전압은 정상상태 오차가 있게 마련이다. 이것은 곧 전압 변동률을 의미하므로 이를 개선하기 위해 기본파 전압 제어 기법이 사용된다.^[4] 기본파 전압 제어 기법은 그림 5의 블럭도와 같이 출력전압의 오차 중 기본파 성분만을 크게 증폭하여 이를 제어기의 입력으로 한다. 이 기법은 정상상태에서 출력전압의 크기 및 위상의 오차를 없앤다. 그림 6은 기본파 전압 제어기의 출력전압 파형이다. 기본파의 크기 및 위상의 오차가 시간이 지남에 따라 사라짐을 알 수 있다. 그러나 고조파는 제거되지 않는다

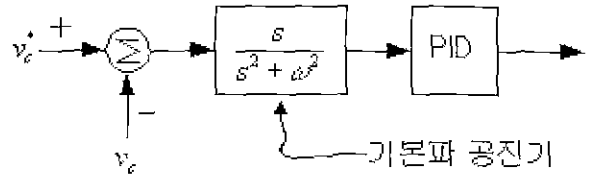


그림 5 기본파 전압 제어의 블럭도

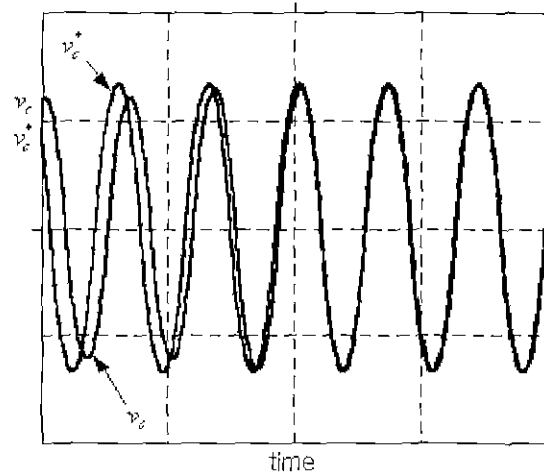


그림 6 기본파 전압제어기의 출력전압 파형

2.3 2중(다중) 제어 구조

이중 제어기법은 출력 전압 파형의 THD를 현저히 개선한다. 이 기법은 전압 제어 루프 안에 전류 제어 루프를 삽입한 것으로 제어의 속응성을 향상시키기 위해 제어기의 차수를 증가시키는 것 보다 효과적이고 안정하다.^[6] LC 필터가 2차의 시스템이나 2개의 1차 시스템의 조합으로 구성되어 있다 할 수 있으므로 전류제어루프는 인덕터 전류를(혹은 커패시터 전류), 전압 제어는 커패시터 전압을 제어하는 2중 제어 구조를 구성할 수 있다. 이렇게 다중 제어기가 낮은 차수의 시스템을 제어하므로 고 차수의 단일 제어구조 보다 훨씬 안정적이면서 좋은 제어성능을 가질 수 있다. 그러한 이유에서 현재 대부분의 인버터 제어기는 전압과 전류를 각각 제어하는 다중 제어구조를 이루고 있다. 단, 이러한 제어기법은 신호 검출회로가 늘어나, 전자 노이즈에 대한 영향이 높아지므로 이에 대한 대책이 요구된다.

2.3.1 병렬 2중 제어 구조

필터의 커패시터의 전압(출력전압)과 그 전류는 위상이 90도이므로 각각의 순시적인 값을 등기로 회전하는 직각 좌표계의 각 축에 대입하면 하나의 벡터를 얻을 수 있는데, 이 벡

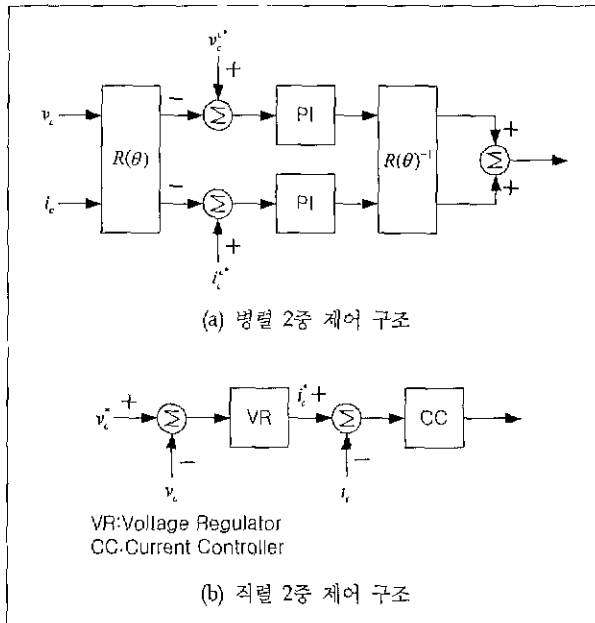


그림 7 2중 제어기의 블록도

터의 크기를 순서적으로 일정하게 유지시킨다면 그것은 곧 출력전압이 변동하지 않는 사인파라는 것을 의미한다. 단상 시스템을 동기 좌표계로 변환하면 출력전압의 기준신호는 직류량이 되므로 일반적인 PI 전압제어기를 사용하여도 정상상태 오차를 없앨 수 있는 장점이 있다. 이 기법은 그림 7 (a)와 같은 병렬 2중 제어 구조를 이룬다⁽⁷⁾ 즉 커패시터 전압과 전류를 동시에 검출하여 좌표 변환한 후 각각 다른 PI제어기를 거쳐 그 제어신호들을 더하는 구조로 되어 있다.

2.3.2 직렬 2중 제어 구조

대부분의 2중 제어 구조는 그림 7(b)와 같은 직렬형을 이룬다. 이 방법은 전압 제어기의 출력 신호를 전류 제어기의 기준신호로 삼아 전류제어기가 전압 제어기의 종속 구조물이 되게 한다.⁽⁸⁾ 만약 전류 제어기가 잘 설계되어 매우 빠른 응답을 갖는다면 전류제어 루프를 1로 놓을 수 있게 되고 그로 인해 전압 제어기의 설계도 매우 간단하게 이루어진다. 이 구조에서 전류제어기는 전체 제어의 과도성능을 결정할 만큼 매우 중요하게 된다. 직렬 2중 제어 구조에서 사용될 수 있는 각각의 제어기의 예는 다음과 같다.

히스테리시스 전류 제어(Hysteresis Current Control) — 과도 성능이 가장 빠른 전류제어기법으로 이 방법을 들 수 있다.⁽⁹⁾ 이 방법은 인덕터 혹은 커패시터 전류의 에러를 일정한 밴드 안으로 제한하는 방법인데, 만일 전류의 에러가 그 범위를 벗어나려 하면 인버터는 스위치를 ON 혹은 OFF시켜 전

류의 방향을 바꾼다. 그 어떤 경우도 전류의 오차는 그 밴드의 범위(3상인 경우 그 범위의 두 배)를 벗어나지 못한다. 그러므로 기본 주파수 대에서 전류와 그 기준신호는 같다고 할 수 있고, 전류제어루프를 1로 놓을 수 있다. 이 방법의 단점은 스위칭 주파수가 일정하지 않고 폭넓게 존재하므로 필터의 설계가 어렵다는 것이다. 이 단점을 보완하기 위해 고정 주파수 hysteresis 기법이 제안되기도 하였다.

삼각파 비교 PI 전류 제어(Ramp comparison PI current controller) — 삼각파 비교 방식의 PWM은 캐리어 주파수가 일정하므로 일정한 스위칭 주파수를 만들 수 있다. 그러나 이 방식의 PWM을 사용하기 위해서는 피드백 제어기가 요구된다 이 제어기가 적어도 0차 이상의 시스템이 되어야 하므로 전류 제어루프가 1이 되게 하기는 매우 어렵다.⁽¹⁰⁾

전류조절형 전압제어기(Current-regulated voltage controller) — 외부의 전압 제어기는 주로 PI제어기로 설계된다. 전압 제어기의 출력이 전류제어기의 기준신호로 사용되고 내부의 전류제어기는 플랜트의 전류를 그 기준신호에 추종하도록 제어하므로 이러한 직렬 2중 제어 구조에서 전압 제어기는 종종 전류조절형 전압제어기라 부른다.⁽¹⁰⁾

2.4 디지털 제어 기법

2.4.1 디지털로 구현된 아날로그 제어기(Digitalized analogue control)

이러한 방법은 매우 빈번하게 사용되는데, 제어기를 아날로그로 설계한 후 샘플링 주기를 아주 짧게 해서 디지털로 구현한다. 이러한 경우 구현된 디지털 제어기가 설계된 아날로그 제어기와 똑같이 동작하기 위해서는 샘플링 주파수가 무한대가 되어야 한다. 적당한 샘플링 주파수로 일반적인 상황에서 잘 동작할 수 있으나, 아주 빈번하게 발생하는 치명적인 경우에는 좋은 방법이 될 수 없다.

2.4.2 Deadbeat control

이 기법은 디지털 제어기법 중 응답이 가장 빠르다. 우선 플랜트는 이산치로 모델링 된다. 그런 다음 deadbeat 제어기가 플랜트의 출력이 그 기준신호를 단 1 샘플링 시간 안에 추종하도록 설계된다. 주어진 플랜트에 데드비트 응답을 만족하는 데드비트 제어기는 그림 8의 블록도와 같이 주어진다. 이러한 방법은 설계 방법에 따라 조금씩 다르겠지만 보편적으로 다음과 같은 문제를 안고 있다. 만일 제어기가 잘 설계되었더라도 시스템은 매우 민감해진다. 특히 파라미터의 변동이나 피드백 노이즈에 민감하게 반응하여 시스템이 쉽게 불안정해진다. 두 번째로, 이 기법은 디지털 제어이므로 연산 지연 요소가 존재하여 제어기 구현을 어렵게 한다 대부분 연산시간이 없다고 하고 deadbeat 제어기를 설계한 후 이를 보상해 주는 방법을 택하고 있다.⁽¹¹⁾

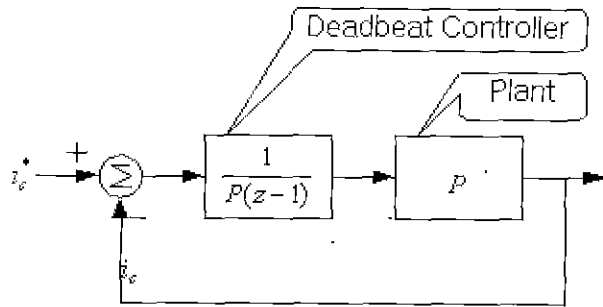


그림 8 Deadbeat 제어기의 블록도

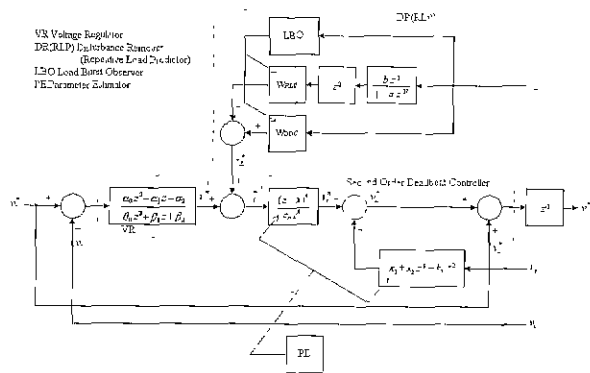


그림 9 Second Order Deadbeat Controller 의 예

Second Order Deadbeat Control — 이 기법은 데드비트 제어 기법에 미치는 연산 시간 지연 문제를 해결한다. 검출된 신호가 처리되어 그 제어량이 플랜트에 인가되기까지는 최대한 샘플링 시간 이내로 된다. 이 시간은 데드비트 제어에 민감하게 영향을 미친다. 이를 해결하기 위해 시간 지연 요소를 플랜트의 고유한 파라미터로 가정하고 이를 바탕으로 데드비트 제어기를 설계할 수 있는데 이렇게 설계된 데드비트 제어기는 차수가 하나 증가하여 2차 데드비트 제어가 된다. 이 제어기의 응답은 그 기준신호를 2샘플링 시간 안에 오차와 오버슈트 없이 일치한다. 데드비트 제어가 실제로 구현되기 어려운 또 다른 이유는 파라미터 변동에 민감하고, 실제로 플랜트에서 무시되었거나 알 수 없는 파라미터들이 존재한다는 사실이다. 그러므로 데드비트 제어기를 설계할 때는 이런 문제들에 대한 충분한 고려와 함께 그 보완장치가 제시되어야만 한다.⁽¹²⁾ 그림 9는 2차 데드비트 전류제어기가 2중 제어루프 안에 설계된 예이다. 이 제어기를 사용한 인버터의 각 부의 파형은 그림 10과 같다. 출력전압은 비선형 부하에서도 매우 깨끗한 파형을 유지하고 있음을 알 수 있다.

Inner Deadbeat Current Control — 데드비트의 파라미

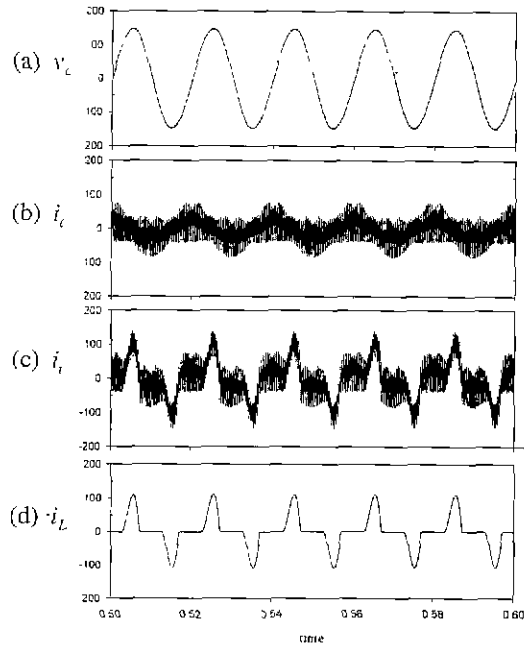


그림 10 Second order deadbeat 제어기의 시스템 각 부 파형. (a) 출력전압, (b) 필터의 커패시터 전류, (c) 필터의 인덕터 전류 (d) 부하전류

터 변동에 대한 민감성을 보완하는 일책으로 데드비트 전류 제어기 외부에 제어 오차를 보상하는 전압 제어기를 두는데 이 전압제어기는 PI 제어기와 같은 비교적 응답 속도가 느리고 파라미터 변동에 강인한 특성을 갖는 것으로 선택된다. 이 경우 전압의 정상상태 오차가 존재할 수 있으나 파형이 개선되는 장점이 있다.

2.4.3 Space Vector Modulation and Control

삼상 인버터의 제어 기법으로 매우 잘 쓰여진다. 이 방법은 삼상 시스템을 동기 회전 좌표계로 변환한 다음 그 좌표계에서 제어기를 설계한다.⁽¹³⁾ 이러한 제어기법의 장점은 제어 기준 신호를 DC로 할 수 있다는 점이다. 그러므로 정상상태에서 크기 및 위상의 오차가 없다. 이 제어기의 단점은 불평형 부하를 위한 제어가 불가능하다는 것이다. 왜냐 하면 삼상 시스템을 동기 회전 좌표계로 변환 할 때 시스템은 삼상 평형 및 대칭이라고 가정하기 때문이다. 그리고 d,q 계로 표현된 삼상전압 및 전류는 불평형에 대한 정보가 유실되어 있다. 그림 11은 SVC의 예이다.

2.4.4 Predictive control

이 방법 역시 전형적인 디지털 제어기법인데, 제어의 성능을 향상시키기 위하여 제안되기도 하였고, 스위칭 횟수를 최소화하기 위해 제안되기도 하였고, 계산시간 지연의 영향을

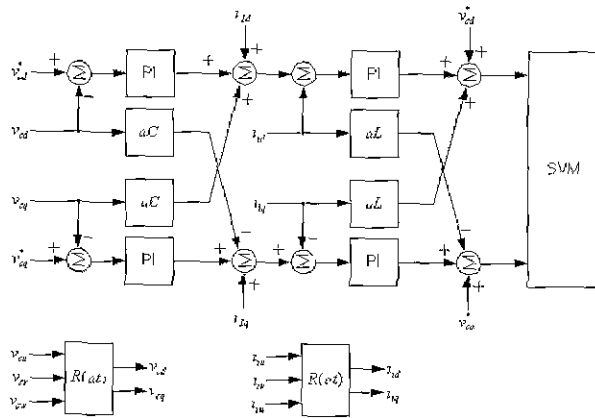


그림 11 SVM을 이용한 Space Vector Control의 블럭도

보상하기 위해 제안되기도 하였다. 이러한 기법은 단독으로 사용되기보다는 다른 제어기와 더불어 보조 제어기처럼 사용된다. 예를 들면 deadbeat 제어기에서 부하 외란의 영향을 보상하기 위하여 한 샘플링 다음의 부하 전류를 feed-forward 하는데 second order prediction 기법이 사용되었고, Kamran은 데드비트 제어기의 취약점을 보완하기 위한 일환으로 ANN(artificial neural net)기법을 이용하여 2스위칭 구간 다음의 전류 기준신호를 예측한다.^[14]

2.4.5 Repetitive control

이 기법은 출력전압에 포함된 하모닉을 제거하기 위하여 제안되어 왔다. 이 기법은 하모닉이 기본주파수의 정수배의 고조파 들어므로 주기적으로 발생하는 외란으로 간주한다. 한 주기 안에서 발생한 전압의 에리(하모닉 성분)는 다음 주기도 똑같이 발생하므로 모델레이션 웨이브를 매 주기마다 하모닉을 없앨 수 있도록 패턴을 바꾸는 방법이다. 이 방법은 플랜트의 파라미터를 정확히 알아야 하고, 구현이 까다롭다는 단점을 가지고 있다. 게다가 응답 속도가 매우 느리므로 응답이 빠른 제어기와 같이 사용되어야 한다.^[15] 그림 12는 반복제어시스템의 블럭도이고 그 출력 전압 파형의 모습은 그림 13과 같다. 시간이 지남에 따라 출력전압 파형에 포함된 고조파가 제거되고 있음을 보인다.

2.4.6 Adaptive control

이 방법은 time varying system 이나 unknown parameter system에서 효과적으로 적용된다. deadbeat 제어기가 파라미터 변동에 민감하다는 단점을 보완하기 위하여 이 제어기가 추가되어 제안되기도 하였다. Tzou는 반복제어기가 플랜트의 정확한 파라미터를 요구하므로 이 제어기를

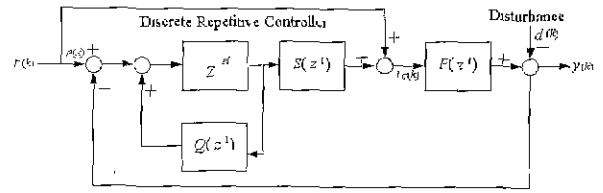


그림 12 Repetitive Controller의 예

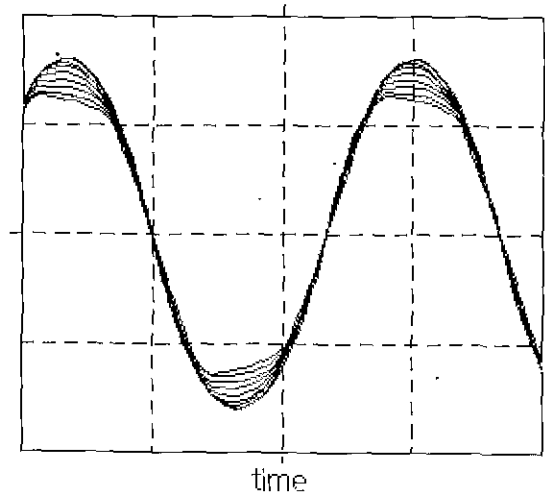


그림 13 반복제어기의 출력전압 파형

응용하였다.^[15]

3. 맺음 말

UPS 인버터 제어기술들로서 지금까지 제안되었던 방식 중에서 대표적인 것들을 일부 소개하였다. 이상의 제어기술들은 UPS의 구성과 스위칭 소자의 종류와 인버터 회로의 구성 등에 따라서 제어기가 달라지므로 소개된 제어기술들이 모든 경우에 최적으로 적용될 수 있다고 볼 수는 없다. 그러나 제어기술들의 발달 순서에 따라서 대표적인 제어기술들을 이해함으로써 현재 관련 기술의 동향과 향후 연구 방향 등에 대하여 참조할 수 있을 것으로 판단된다.

많은 UPS 인버터 제어 알고리즘이 CVCF(Constant Voltage and Constant Frequency)와 깨끗한 정현파 출력 전압의 목표를 달성하기 위해 제시되었다 그러나 일각에선 왜 꼭 정현파이어야만 하는가하는 물음이 제기되었고 정류기 부하에서는 사다리꼴 파형의 출력 전압이 효과적이라는 논문도 제시된 바도 있다.^[6] 따라서, UPS의 출력을 이상적인 전압원으로 취급하지 말고 부하 조건에 따라서 유동적인 특성

을 가지도록 제어하는 것도 바람직할 것이다. ㉑

참고 문헌

[1] D. C. Griffith, Uninterruptible Power supplies : Power Conditioners for Critical Equipment, Marcel Dekker, INC., 1989.

[2] Y. Iwaji and S. Fukuda, "Sinusoidal PWM Control Method using a Single-Chip Microprocessor." IEEE Trans. Power Electronics, vol. 10, pp. 725~732, Nov. 1995.

[3] T. Kagotani, K. Kuroki, J. Shinohara, and A. Misaizu, "A novel UPS using high-frequency switch-mode rectifier and high-frequency PWM inverter," IEEE PESC'89, vol. 1, pp. 53~57, 1989.

[4] B. Kim, Y. Song, M. Ji, J. Lee, and J. Choi, "The Effective Voltage Control Scheme of the Inverter for a Static Power Supply," KIEE ICPE'98, vol. 1, pp. 336~340, 1998.

[5] T. Yoda and S. Fukuda, "Application of Internal-Model-Principle to Current Control for Active Power Filters," IPEC-Tokyo 2000, vol. 1, pp. 39~49, 2000

[6] N. M. Abdel-Rahim and J. E. QuaiCoe, "Analysis and Design of a Multiple Feedback Loop Control Strategy for Single-Phase Voltage-Source UPS Inverters," IEEE Trans. Power Electronics, vol. 1, pp. 531~541, July 1996.

[7] M. J. Ryan and R. D. Lorenz, "A Synchronous-Frame Controller for a single-Phase Sine Wave Inverter," IEEE APEC'97, vol. 2, pp. 813~819, 1997.

[8] B. Kim and J. Choi, "Improved Digital Control Scheme of Three Phase UPS inverter Using Double Control Strategy," IEEE APEC'97, vol. 2, pp. 820~824, 1995.

[9] K. M. Rahman, M. R. Khan, M. A. Choudhury, and M. A. Rahman, "Variable-Band Hysteresis Current Controllers for PWM Voltage-Source Inverters," IEEE Trans. Power Electronics, vol. 12, pp. 964~970, Nov. 1997.

[10] 김 병진, 최 재호, "동특성 개선을 위한 UPS용 인버터의 전 디지털화 이중제어기." 대한전기학회 논문집, vol. 46, pp. 705~711, 1997.

[11] T. Kawabata, Y. Shikano and S. Higashino, "Chargerless UPS Using Multifunctional BIMOS Inverter," IEEE IAS'86, pp. 513~520, 1986.

[12] B. Kim and J. Choi, "Full Digital Control Algorithm for a High Quality CVCF Inverter," IPEC-Tokyo 2000, vol. 1, pp. 50~55, 2000.

[13] J. Choi, et. al., "Double Control Scheme of Three-Phase UPS inverter with Low THD," Trans. on KIEE, vol. 47, No. 8, pp. 1176~1181, Aug 1998.

[14] F. Kamran and T. G. Haberler, "An Improved Deadbeat Rectifier Regulator Using a Neural Net Predictor," IEEE Trans. Power Electronics, vol. 10, pp. 504~510, July 1995.

[15] S. C. Yeh and Y. Y. Tzou, "Adaptive Repetitive Control of a PWM Inverter for AC Voltage Regulation with Low Harmonic Distortion," IEEE PESC'95, vol. 1, pp. 157~163, 1995.

[16] T. Noguchi and Y. Sato, "Trapezoidal-wave Power Distribution System with Uninterruptible Power Supply Function," IPEC-Tokyo 2000, vol. 3, pp. 1513~1518, 2000.

〈 저 자 소 개 〉



김병진

1966년 4월 3일생 1992년 2월 충북대학교 전기공학과 졸업. 1996년 2월 충북대학교 대학원 전기공학과 졸업(석사) 2000년 2월 충북대학교 대학원 전기공학과 졸업(박사) 충북대학교 박사후 연구원



최재호(崔載昊)

1955년 9월 27일생 1979년 서울대 전기공학과 졸업. 1981년 동 대학원 졸업(석사) 1989년 동 대학원 졸업(박사) 1981년~1983년 중경공업전문대학 전자과 전임강사. 1983년~현재 충북대 공대 전기전자공학부 교수 1993년~1994년,

1997년~1998년 Univ. of Toronto(Visiting Prof.), 당 학회 편집이사.