

# 최신 무정전전원장치의 기술동향

황 용 하

(이화전기공업(주) 기술연구소장)

## 1. 서 론

한전 기술개발 자금 지원 3억여원과 회사 자금 3억여원을 투입하여 개발한 본 장치는 최근 산업 발달과 정보화와 더불어 증가하는 특수한 부하 특성(즉, 레이저 BEAM 또는 전자 BEAM을 이용하여 가공하는 반도체 생산장비등)에서도 최고의 성능을 발휘할 수 있도록 개발된 최신의 무정전전원장치이다.

기존의 무정전전원장치는 정류부및 충전부를 SCR을 주 소자로 사용하여 전압 제어를 하는데, 이로 인한 역류 고조 파전류가 크게 발생(12Pulse인 경우 12%, 6Pulse인 경우 33%)하여 주변의 다른 기기에 악영향을 미치게 하여 통신 장애및 정밀기기들에 오동작을 유발하고 있는 실정이며, 입력 역률이 낮아 많은 전력을 낭비하고 있다.

인버터부의 제어 기술은 대부분 SINE WAVE PWM 방식을 사용하여 고조파 함유량을 적게 하여 출력 FILTER부를 간소화할 수 있어 효율과 안정도를 높이고 있으나, 평균치 제어 방식으로 인버터 전압을 제어하므로서 불평형 부하, 전자 BEAM을 이용한 순간적으로 변동하는 정밀 가공 부하및 비선형 부하 등에서 전압 안정도가 나빠지고 출력 파형이 찌그러지는등 적용이 불가하여 특수한 부하 장비인 경우는 설치 조건이나 소음, 구입비면에서 상당히 불리한 회전형 무정전전원장치를 수입하여 사용하였다.

최근, 반도체 생산장비, 의료기기, 레이더 장비등 순간적인 BEAM을 연속적으로 공급하여 결과를 얻는 특수부하 장비들이 다량 공급되기 시작하면서, 기존의 무정전전원장치에서는 이러한 특수 부하의 순간적인 PEAK 전류 발생 시, 전원 장치의 출력 파형이 찌그러져 부하장비 운영이 불가능한 상태가 되므로, 기존의 평균치 제어 방식과는 제어 방식이 크게 다른 DSP(Digital Signal Processing)를 이용한 개별 순시치 제어 방식으로 SINE WAVE PWM파형의 PULSE 폭을 개별로 순시에 제어하여 순간적으로 발생하는 PEAK 전류에 즉시 응답하도록 개발되었다.

당사에서는 본 UPS의 상품명을 GREEN UPS라하고, K.T (Excellent Korea Technology) 마크를 획득하여 현재 시판 중에 있다.

### 1.1 기술개발 내용 및 효과.

본 기술개발은 정류부및 충전부를 고속 스위칭 소자인 IGBT를 주소자로 사용하여, 제어부를 DSP(Digital Signal Processing)를 이용한 PWM CONVERTER 방식으로 구성하여 제어함으로서, 입력 역률이 1.0에 가깝게 되며, 역류되는 고조파전류도 별도의 Filter 없이 2.5% 이내로 제한할 수 있게 되었다.

이로 인한 효과는, 한국 전력의 전력 공급을 늘려 주는 결과를 가져오며, 역류되는 고조파를 최소화함으로서, 전기 공해를 방지하게 되어 통신장애및 정밀기기의 오동작 방지와 전력 설비 보호에도 크게 기여할 것으로 기대된다.

또한, 인버터부의 제어도 역시 DSP를 사용하여 순시치 제어 방식으로 고주파 SINE WAVE PWM 파형 자체의 Pulse 폭 하나 하나를 개별로 순시에 제어하므로서, 순간적으로 발생하는 PEAK 전류나 불평형 부하에 대해 순간적인 대응으로 부하 조건에 무관한 상시최상의 전압을 부하에 공급하므로 일반적인 COMPUTER 부하는 물론 전자 BEAM을 이용하는 부하나 어떠한 비선형 부하까지 전천후한 무정전전원장치로서 손색이 없을 것으로 기대된다.

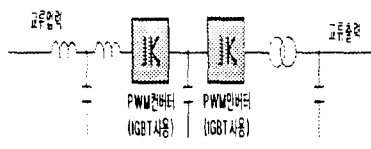
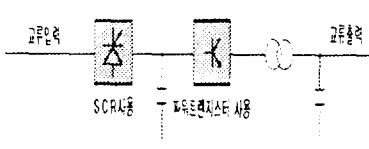
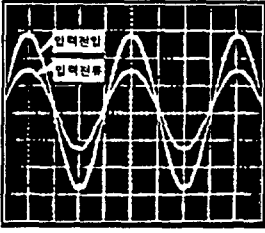
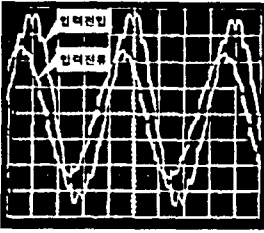
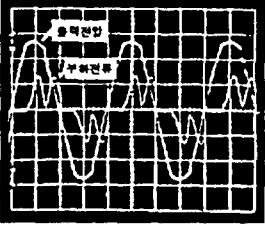
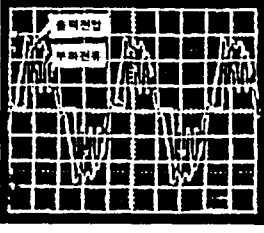
표 1에 종래 UPS와 대비하여 주요특성을 비교하였다.

## 2. PWM CONVERTER의 동작 원리

### 2.1 개요

PWM CONVERTER는 입력 역류 고조파전류 성분을 저감시키는 동시에 역률을 거의 1로 하는 것이 가능한 정류 방식이다. 주회로 구성을 보면, LC의 T형 저역 FILTER와 전압형 CONVERTER로 구성되어 상용 전원이 FILTER 회

표 1. UPS 성능 비교

구분	Green UPS	중전의 UPS	
- 구성도			
- 입력전압·전류파형			
- 정류부하시 출력전압·전류파형			
- 정류 방식	IGBT PWM 제어	SCR 위상 제어	
- 고조파량	3%이내	12% 또는 33%	
- 입력역률	0.97	0.85	
- 입력FILTER	필요없음	필요함	
- 전압 변동 범위	±10%	±10%	
- 인버터 제어 방식	IGBT를 사용한 SINE WAVE PWM 순시치 제어방식	TRANSISTOR를 사용한 PWM평균치 제어방식	
- 전압안정도	±1%	±2%	
- 불평형부하시안정도	100% 불평형부하시 ±2%이내	100%불평형 부하운전 불가 (30% 불평형 부하시 ±5%)	
- 파형왜율	선형부하시	3%이내	5%이내
	비선형부하시	5%이내	12%이내
- 과도응답 속도	100% 부하급변	50msec이내	150msec이내
	50% 부하급변	30msec이내	100msec이내
- 전면조작 및 Display	Digital Display Function Key에 의해 조작 전압,전류 Digital 수치 표시 및 그래픽 기능	Digital Display Function Key Digital 수치 표시	
- 통신 PORT	RS-232C	RS-232C	

로와 IGBT CONVERTER를 거쳐 직류 회로에 접속된다.

### 2.2 동작 원리 1 (역률 1 제어)

그림 1은 PWM CONVERTER 회로의 간이 등가 회로로서,  $V_c$ 를 상용 전압원,  $V_i$ 를 PWM CONVERTER의 교류측 전압,  $L$ 을 FILTER 회로의 INDUCTANCE로 한 간략화된

단상 회로로 설명하기로 한다.

상용 전압원과 PWM CONVERTER간에 INDUCTANCE가 있는 경우, INDUCTANCE  $L$ 에는  $V_c$ 와  $V_i$ 의 차전압  $V_1$ 에 의한 전류  $I_c$ 가 흐른다. 이  $I_c$ 는 PWM CONVERTER의 입력 전류가 된다. 그림 2에 각 전압, 전류의 VECTOR도를 나타내었다. PWM CONVERTER의 동작위상을  $V_c$ 에 대해 약간 지상으로 하면,  $V_1$ 은  $V_c$ 에 대해  $90^\circ$  전상으로 된다.

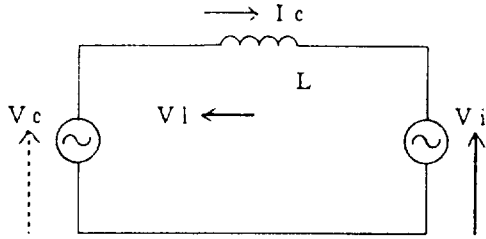


그림 1. PWM Converter의 간이 등가 회로

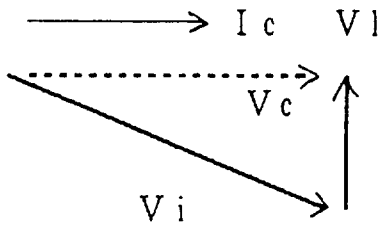


그림 2. 벡터도

그러면 L은 INDUCTANCE이기 때문에  $V_i$ 에 대해  $90^\circ$  지상 전류  $I_c$ 가 흐른다.  $I_c$ 는  $V_c$ 와 동위상이기 때문에 상용 전원에서 보면 입력 전류는 역률 1로 된다.

바꾸어 말하면, 상용 전원은 유효 전력을 PWM CONVERTER에 공급하는 것이 된다. 결과적으로, PWM CONVERTER는 그 유효 전력에 상당하는 직류 전류를 직류 회로에서 출력할 수 있다. 본 원리에 의해 교류 입력 전압 ( $V_c$ ), FILTER INDUCTANCE(L), 필요 유효 전력( $V_c \times I_c$ )에 부합되는 진폭과 위상인  $V_i$ 가 되도록 PWM CONVERTER를 동작시키면 역률 1의 순변환기 동작이 가능하게 된다.

### 2.3 동작 원리 2 (고조파전류의 저감)

2.2의 설명에서는 PWM CONVERTER를 상용 주파수의 이상적인 전원으로 다루었지만, 실제의  $V_i$ 는 INVERTER 회로의 교류 출력이 된다. 그러므로, 이 교류 출력의 고조파 함유율을 줄이는 것이 입력 고조파전류를 저감시키는 것이 된다.

INVERTER 회로의 동작 주파수(CARRIER 주파수)는 7.8KHz로써 교류 출력에 차단 주파수를 900Hz 정도인 저역 통과형 FILTER를 설치하고서 상용 전원 측에서 보면 PWM CONVERTER의 교류 출력 전압의 고조파 함유율(파형 왜율)은 1%정도가 된다(SIMULATION 결과에 의해).

결과적으로, 최대 부하시의 입력 전류의 고조파 함유율을 5%이하로 저감하는 것이 가능하게 된다. 또, 상용전원측과

의 공진 억제를 위해 3~5% IMPEDANCE에 상당하는 REACTOR도 필요하게 된다. 그림 3에 등가 회로를 나타내었다.

### 2.4 동작 범위

앞에서 기술한 PWM CONVERTER는 INVERTER를 사용하고 있는 경우, 동작 범위가 제한이 된다. 그림 2에 나타난 것과 같이 통상의 동작에서는 상용 전압과 거의 동일 진폭의 출력 전압을 INVERTER가 출력하지 않으면 안되기 때문에 직류 전압이 낮은 영역은 특성이 나빠진다. 이것은 IGBT를 제거하고 생각하면, 상용전원에서 본 PWM CONVERTER는 DIODE 정류기인 것을 알 수 있다.

#### \* PWM CONVERTER의 동작 영역

최저직류전압

= 교류입력전압

$\times \sqrt{2}$  / (최대 제어율 $\times$ 전압 이용률)

교류 입력 전압 208V일 경우, 최저 직류 전압은 357V이다. 357V 이하에서는 역률 1 제어가 곤란하다. 실제로는 357V 이하에서의 동작도 가능..(고조파 전류 억제, 역률 1 제어가 곤란)

### 2.5 제어 블록도

PWM CONVERTER의 제어 블록도를 그림 4에 나타냈다. 앞에서 서술한 주회로 동작을 실현하는 제어 계통이 구성되어 있다.

#### 2.5.1. 직류전압제어

보통, 직류 전압은 정전압제어로 동작하고 있다. PWM CONVERTER의 교류 출력 지령치는 교류 입력 전압의 순시치를 기초로 하여 입력 전류값이 합쳐진 PI 조절기 출력에 가산되어 정해진다. PI 조절기에는 직류 전압의 설정치와 검출치의 편차가 입력되고 있다.

#### 2.5.2. 입력 전류 ACR

PWM CONVERTER는 과부하 보호를 위해, 입력 전류 ACR 제어 기능을 갖고 있다. 앞서 서술한 PI 조절기의 입력에 입력 전류 ACR용 PI 조절기의 출력이 합산된다. 이 PI 조절기의 입력에는 입력 전류의 실효치와 입력 전류 ACR 설정치의 편차가 입력된다. 과전류가 흘러 입력 전류가 제한되는 경우, 직류 전압은 정전압 제어에서 벗어나 정전류 제어로 된다.

#### 2.5.3. 충전전류 ACR제어

BATTERY의 회복 충전시 충전기로서 동작시키기 위해, 충전전류 제어 기능을 갖추고 있다. 앞서 서술한 PI 조절기의 입력에 충전전류 ACR용 PI 출력이 합산된다. 이 PI 조

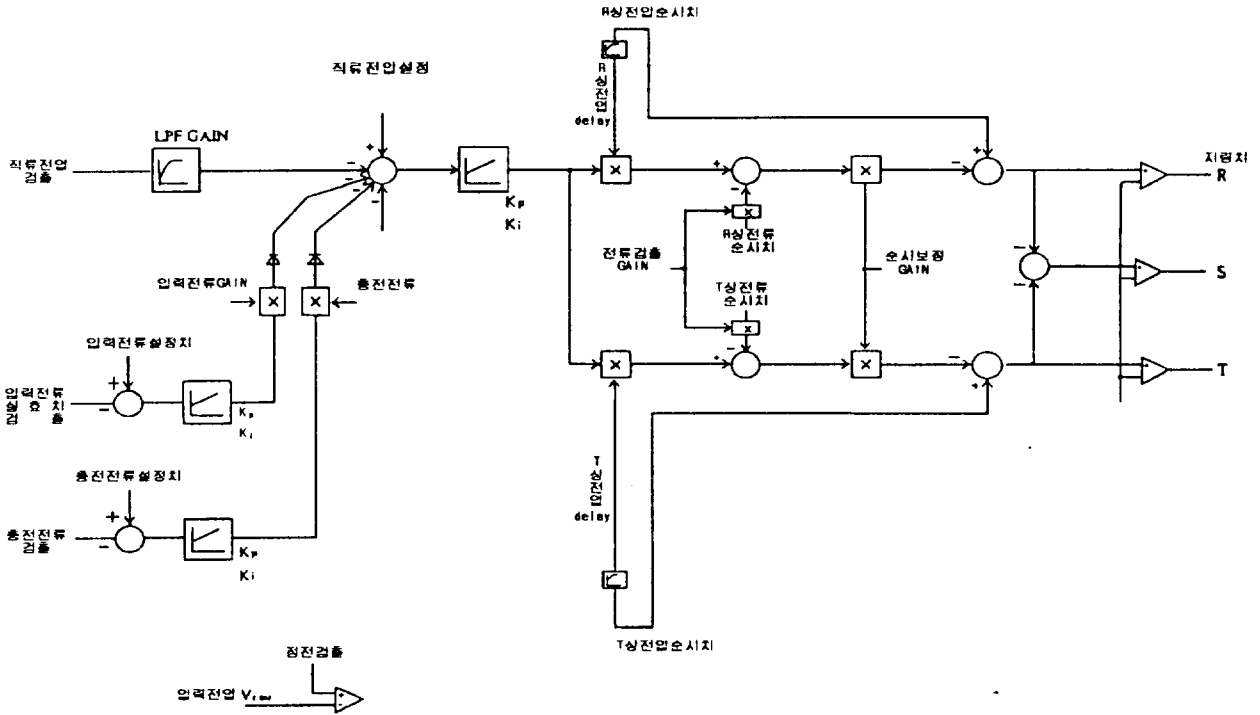


그림 4. PWM Converter 제어 블록도

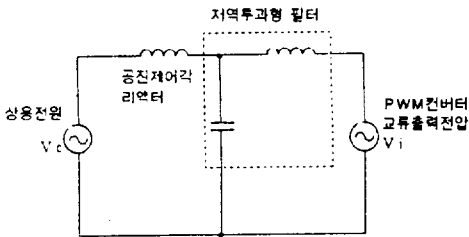


그림 3. PWM Converter의 등가회로

절기의 입력에는 충전전류와 충전전류 ACR 설정치의 편차가 입력된다. 회복 충전시에는 충전전류가 제한되기 위해 직류 전압은 정전압 제어에서 벗어나 충전 정전류 제어가 된다. 통상 BATTERY는 충전 말기에 TRIKLE 충전 상태로 되기 때문에, 정전류 충전에서 벗어나 직류 정전압 제어로 이행한다.

### 3. PWM INVERTER의 동작 원리

#### 3.1 개요

PWM INVERTER는 CVCF INVERTER라 부르며, 정현파화된 정전압·정주파수의 교류 전압을 출력하는 역변환기이다. 주회로 구성은 전압형 INVERTER와 LC+RC의 L형 저역 투과

형 FILTER로 되어 있고, 직류 회로에서 INVERTER, FILTER 회로를 거쳐 교류 출력 단자에 접속된다.

#### 3.2 FILTER 회로 동작 원리

PWM INVERTER는 7.8KHz의 반송파(CARRIER파)에 의해 SUB-HARMONIC 변조로 동작하고 있다.

전압형 INVERTER의 출력 전압은 구형파이지만, LC+RC의 L형 저역 투과형 FILTER에 의해 정현파화되고 있다. 실제의 회로에서는 L은 INVERTER 변압기의 누설 INDUCTANCE를 이용하고 있다. 반송파 주파수가 상용 주파수에 비해 충분히 높은 고주파일 경우, 저차의 고조파 성분 함유율은 낮아지게 되고, 따라서, 차단 주파수가 800Hz 정도인 FILTER 회로에 의하여, 정현화 된다. 또, FILTER 회로에 R·C를 접속하여 제동 계수를 지연시켜 파형 제어를 안정화시키고 있다.

#### 3.3 파형 제어

PWM INVERTER는 비선형 부하 접속시의 파형 왜울 향상을 위해, 3상 개별 순시지 제어를 채용하고 있다. 그림 5는 INVERTER 제어 블록도를 나타내고 있다.

3상의 출력 전압 검출값과 필터 콘덴서 전류 검출에 의해 파형 제어를 하고 있다.

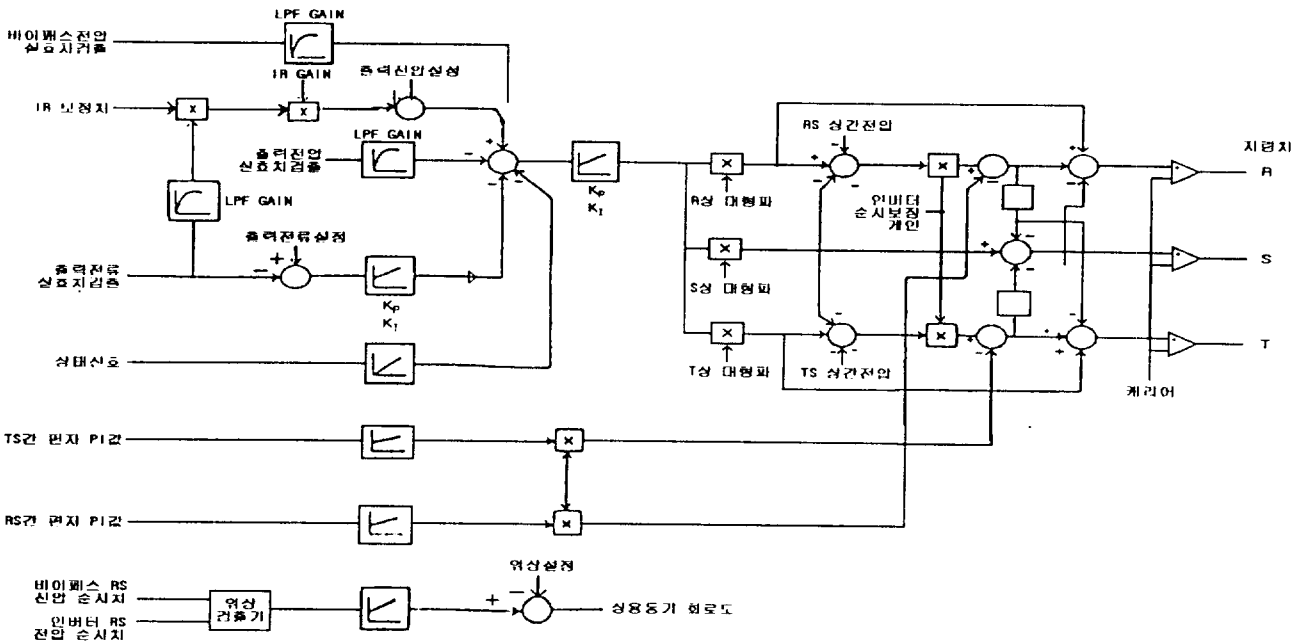


그림 5. PWM인버터 제어 블록도

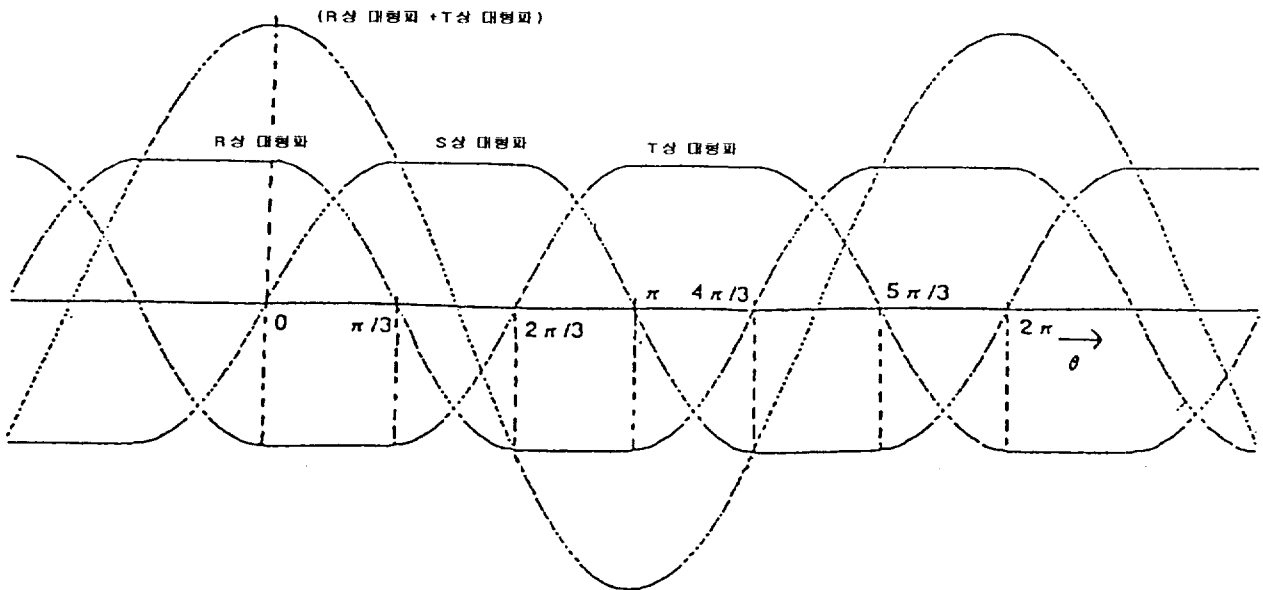


그림 6. 대형파 변조의 원리

### 3.4 대형파 변조

앞서 서술한 이상 파형을 기록한 ROM DATA는 상전압 지령치이지만, INVERTER의 전압 이용률 향상을 위해 대형파로 하고 있다. 따라서 최종 지령치도 대형파이지만, 선간 전압은 정현파로 된다. 이것의 원리도를 그림 6에 보인다.

### 3.5 편자 방지 제어

INVERTER 변압기의 편자를 방지하기 위해 편자방지제어를 채용하고 있다. INVERTER 출력 전압의 직류 성분을 검출하여, 각 선간전압 지령치에 피드백하고 있다. 차단 주파수 5Hz 정도의 저역 통과형 FILTER를 INVERTER 출력에 접속해, 인버터 출력에 함유되어 있는 직류 성분을 검출하고 있다.

### 3.6 상용 동기 제어

보통 INVERTER 출력 전압은 BYPASS 입력 전압과 동기되는 형태로 제어되고 있다. INVERTER 출력과 BYPASS 입력의 동기 신호를 위상 검출기에 입력하여 PI 조절기를 거친 제어량을 이용하여 동기 제어를 실현하고 있다.

### 3.7 ACR 제어

INVERTER 출력 전류가 과부하 내량을 초과하지 않도록, ACR 제어 기능을 준비하고 있다. 출력 전류 실효치 검출과 과전류 설정치의 편차는 ACR용 PI 조절기에 입력되어 출력전류치가 과전류 설정치를 초과하면, ACR용 PI 조절기의 동작으로 출력 전압 지령치를 내리기 위해 전압 제어에서 ACR 제어로 이행한다. 과부하 상태가 해제되면, ACR 제어에서 AVR 제어로 이행된다.

### 3.8 서브 사이클 제어

부하단락 등의 과전류로부터 IGBT 소자를 보호하기 위해, 앞서 서술한 ACR 제어에 순시 과전류 보호기능을 내장하고 있다. INVERTER의 출력 전류를 검출하여 보호 레벨을 초과하는 시점에서 IGBT를 PULSE OFF 시킨다. 순시 과전류 제한을 하기 위한 동작 시정수는  $5\mu\text{sec}$  정도이다.

### 3.9 IR 보상 기능(Line Drop Compensator)

부하 수전단에서의 전압 보상 기능으로서 IR 보상 기능을 갖고 있다. 부하 수전단의 전압을 IR보상으로 조정하면, 부하 전류와 보상량이 비례하도록 출력 전압을 조절하기 위해, CABLE DROP이 자동적으로 보상되어 부하 수전단에서는 정전압으로 된다. IR 보상 설정치에 부하 전류 실효

치를 승산하여 출력 전압 설정치에 더해진 것으로 실현하고 있다. 보상 범위는 5%까지 이다.

## 4. 결 론

간략하지만 최신 기술이 적용된 무정전전원장치에 대해 소개하였다.

전원 장치는 새로운 특성을 요구하는 부하가 지속적으로 출현함에 따라 지속적인 발전이 이루어져야 할 것이며, 고성능화, 고기능화, 저가격화, 소형화, 무소음화 등을 실현하기 위한 전력 전자 기술이 발전할 것이다. 그리고, 사용자의 편의를 위해 원격 감시, 원격 제어 기능은 물론 운전 DATA기록 및 관리 기능이 탑재되어 신뢰성을 극대화할 수 있고, 운용상 애로가 없도록 주변장치의 개발 및 보완 기술이 적용되어야 할 것이다.

## 저 자 소 개



### 황용하(黃龍夏)

1949년 1월 1일생. 1975년 11월 이화전기 입사. 1976년 2월 한양 대학교 전자공학과 졸업. 1991년 4월 대통령 표창(전기 부문). 1993년 11월 기술 대상 수상(전기 학회).

현재 이화전기 기술연구소장 겸 기술 담당 상무이사, 당학회 평의원.