전압형 인버터를 이용한 전압조정에 관한 연구

정 인 택* 이 사 영** 이 훈 구** 이 덕 희*° 김 길 동*

*명지대학교 **충남전문대학

A Study of Voltage Regulation Using Voltage Fed Inverter

Y.T. Chung* S.Y. Lee** H.G. Lee** D.H. Lee*° G.D. Kim*

*MyongJi University **ChungNam Junior College

ABSTRACT

This paper represented constant voltage power source equipment using voltage fed inverter. This system drived syncronizing power source, charged battery connected to DC side, and constantly maintained regardless of power source voltage variation and load variation. Output made good wave with PWM method and we proved stabile constant voltage output when AC power source is failure.

1. 서론

송배전 선로에서의 정전이나 부하변동등에 의한 전압변동은 정전압을 요구하는 컴퓨터나 광범위하게 사용되고있는 정보처리 SYSTEM과 정밀측정을 위한 기기들의 동작에 큰문제를 수반한다.[1].[3].

따라서 이러한 기기들을 위한 정전압 전원장치는 교류위상제어[2] 변압기의 Tap조정 등에 의하여 전압을 제어하고있다. 교류위상제어에의한 전압조정은 전원측과 부하측에 많은 고조파를 포함시키므로 고조파에의한 영향이 우려되고 이를 제거하기위한 Filter가 필요하게 되며, Tap조정에의한 방법은 부하측이 정현파로되는 특징을 가지나 계단적으로 전압제어가되는 단점들을 가지고있다.

또한 정전에 대한 대책으로 사용되는 무정전전원장치(UPS) [1].는 교류전원에서 직류를 얻기위한 정류기와 정전을 대비한 Battery및 충전기등으로 구성되어 장치가 커지고 복잡해지는 문제가있다.

본 논문에서는 전원과 전압형 인버터를 리액턴스에의해 결합하여 전압조정과 정전에 대비한 System으로 PWM 방법에의하여 출력전압을 조정하였고, 위상각 제어로서 Battery를 충전하여 가변부하에 안정된 교류를 공급하는 장치를 전압형 인버터 하나만으로 구현하였다.

2. 전압조정장치

2-1. 고조파 특성

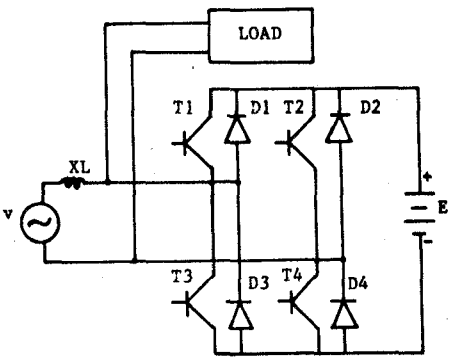

그림 2-1. 전력변환장치
Fig 2-1. Power Conversion Equipment

그림 2-1의 전력변환장치는 PWM전압형 인버어터로 구성되고 인버터의 교류전압의 위상을 제어함으로서 직류측에 충전을하고 부하에 정전압의 전력을 공급하도록 한다.

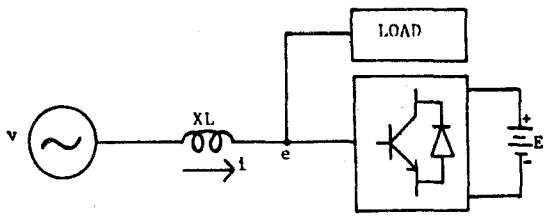

그림 2-2. 등가회로

Fig 2-2. Equivalent Circuit

그림 2-1의 전압 조정기 SYSTEM은 두개의 전압원 (상용 AC전원 v와 인버어터 교류전원 e)과 접속 리액턴스

X_L로 간략화된다. 그림 2-1의 회로의 등가회로를 그림 2-2로 표시하여 회로방정식을 세우면 다음과 같이된다.

$$v-e=X_L \, di/d\theta \qquad (2-1)$$

전원 전류는 (2-1)식의 양변을 적분하여 얻는다.

$$i= 1/X_L \int (v-e)d\theta \qquad (2-2)$$

여기에서 $v=V_P \cos\theta$ 라하고

(2-2)식의 해를 구하면

$$i= 1/X_L \int (V_P \cos\theta - e) \, d\theta$$

$$=V_P /X_L \sin\theta - 1/X_L \int e \, d\theta \qquad (2-3)$$

과 같이되며, 여기에서

$V_P/X_L \sin\theta$:전원전류의 기본파 성분

$1/X_L \int e \, d\theta$:교류측 기본파 성분 + 나머지 고조파 성분

기본파 성분은 전원과 같은 주파수이므로 고조파성분은 식 2-3에서 제 2항만을 고려하면 되어 제2항만 다시 전개하면 고조파 특성을 알 수 있다.

$$1/X_L \int e \, d\theta = 1/X_L \int (e_3 + e_5 + \ldots)d\theta$$

$$=1/X_L \sum_{n=1}^{\infty} \int e_{(2n-1)} \, d\theta$$

여기에서 e는 전압조정기의 교류측 파형으로 PWM파형이 되고 다음으로 표현된다.

$$e_n=e_1+e_3+e_5+e_7 \ldots \qquad (2-4)$$

단 e_n은 n차 고조파 순시값이다.

(2-4)식에서 기본파를 제외한 n차 고조파 계수만을 고려할 경우

$$i_n=e_n/X_L*1/n \qquad (2-6)$$

단 n=3,5,7,9

와 같이되고 v는 전원전압이므로 식(2-4)의 기본파와 같은 주파수의 파형이다. 식(2-2),(2-4)의 관계에서 전원전류의 기본파 실효값은

$$\dot{I}=(\dot{V}-\dot{E})/\dot{X}_L \qquad (2-7)$$

이 되고 n차 고조파는 (2-6)식에 의해 1/n배가되는 특성이 있어 차수가 높아질수록 고조파 함유율이 낮아지는것을 알 수 있다.

2-2. 전압조정의 원리

전원과 전력변환기의 위상이 α일때 전원전력은 그림 2-3으로부터

$$P_{ac}=VI\cos\theta$$

$$=VE/X_L \sin\alpha \qquad (2-8)$$

로 되고 직류측 전력은

$$P_{dc}=E_d I_d \qquad (2-9)$$

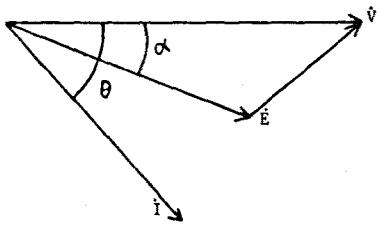

그림 2-3. 교류측의 전원전압, 전류 벡터도

Fig 2-3. Vector Diagram of AC Side Power Source Voltage and Currents.

로 표시할 수 있으며 그림 2-1 또는 2-2에서 식(2-8)과 식(2-9)의 차이에 해당하는 전력이 부하에 공급되므로 식 2-8과 식 2-9의 관계는

$$P_{ac}=P_L + P_{dc}$$

$$P_{dc}=P_{ac} - P_L \qquad (2-10)$$

P_L : 변환기와 병렬로 연결된 부하의 전력

가 된다. 축전지는 정전압 충전이되도록 하면 식 2-9에서의 I_d는 축전지 상태에 의해서 결정된다.

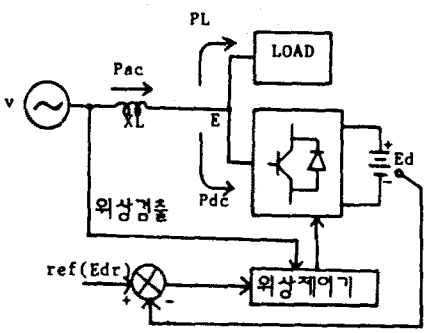

그림 2-4. 제어회로

Fig 2-4. Controll Circuits

그림 2-4와 같은 제어회로는 축전지의 전압이 정전압으로 유지하도록 식 2-8의 α를 결정하여 E_d가 일정하도록 제어하므로 부하 단자전압(E)이 정전압으로 되며 식 2-10에의해서 부하에 전력이 공급된다.

3. PWM 파형의 고조파해석 및 설계

인버어터 구동 장치에서 고조파성분을 감소시키기위해 고조파 제거 PWM 제어기법을 적용시킨 경우, 출력된 전압파형은 펄스형태가 된다.

출력전압 $E(\theta)$는 고조파성분을 포함하고 있으며 이를 푸리에급수 전개하면 $E(\theta)$은 기함수로서 일반적으로 다음 식과 같이 표현한다.

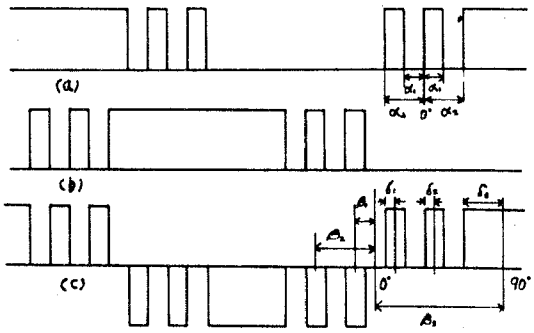

그림3-1. PWM 출력 (a) 트랜지스터 T1 파형
(b) 트랜지스터 T2 파형 (c) 출력파형

Fig3-1. PWM Waveforms (a) Transistor T1 Wave form
(b) Transistor T2 Waveform (c) Output Waveform

$$E(\theta)=\sum_{n=1}^{\infty}(\ bn \sin n\theta) \qquad (3-1)$$

n=1,5,7,11

그림 3-1의 파형에 대한 급수전개는 다음과 같다.

$$b_n = 4E/\pi \int_0^{\pi/2} E(\theta)\sin n\theta d\theta$$

$$|b1| = 4E/\pi\ (1-2\cos\alpha_1+2\cos\alpha_2)$$

$$|b5| = 4E/5\pi(1-2\cos5\alpha_1+2\cos5\alpha_2)$$

$$|b7| = 4E/7\pi(1-2\cos7\alpha_1+2\cos7\alpha_2) \qquad (3-2)$$

그러므로 이 파형에서 고조파 함유율이 적은 출력파형을 얻고자 제5및 7고조파를 제거하려면 식3-2의 b5,b7를 영으로 하면된다.

위의 식은 스위칭각이 2개인 연립방정식으로서 α_1,α_2의 각을 결정한다. 전압조정은 기본파전압의 제어이므로 그림 3-1의 파형에서 기본파전압을 구하면 다음식으로 표시된다.

$$V_1 = 4E/\pi \int_0^{\pi/2} E(\theta)\sin\theta d\theta$$

$$= 4E/\pi\left[\int_{\beta_1-\delta_1}^{\beta_1+\delta_1} \sin\theta d\theta + \int_{\beta_2-\delta_2}^{\beta_2+\delta_2} \sin\theta d\theta + \int_{\beta_3-\delta_3}^{\beta_3+\delta_3} \sin\theta d\theta\right] \qquad (3-3)$$

$$=4E/\pi(2\sin\beta_1\sin\delta_1+2\sin\beta_2\sin\delta_2+\sin\beta_3\sin\delta_3)$$

$$2\sin\beta_1=K_1$$

$$2\sin\beta_2=K_2$$

$$2\sin\beta_3=K_3$$

$$V_1=4E/\pi(K_1\sin\delta_1+K_2\sin\delta_2+K_3\sin\delta_3)$$

$$=4E/\pi\sum_{n=1}^{3} K_n\sin\delta_n \qquad (3-4)$$

본 연구의 System에서는 α_1=15.25° α_2=23.3°로 정하고 정격전압의 ±15% 범위에서 식 3-4의 $\sin\delta_n$을 가변하여 전압이 16단계로 변화하도록 설계하여 전압조정이 되도록 하였다.

4. 전압 조정기의 구성

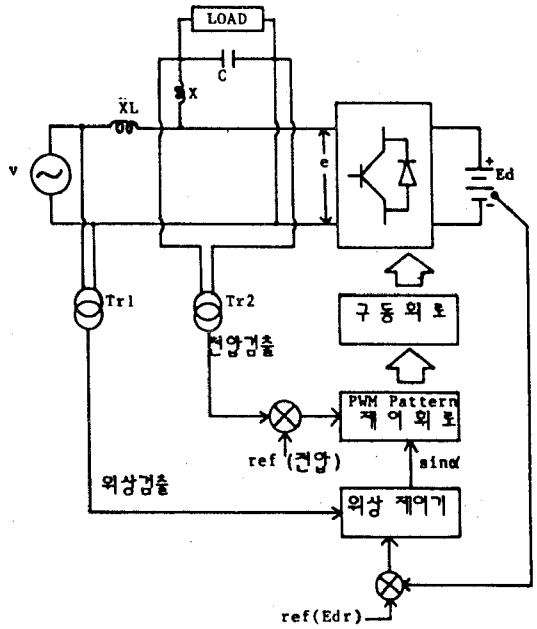

그림 4-1. 주회로 System

Fig 4-1. Main Circuit System

그림 4-1은 전압형 인버터를 사용한 전압조정기로서 축전지 충전전압을 일정하게 유지하도록하여 상용전원의 변동에 따른 전압변동을 없게하고, 16단계의 PWM패턴 제어회로의 신호를 제어함으로서 전원 차단시 부하가변에 따른 출력전압을 일정하게 유지토록하는 System이다.

이 System에서 상용전원 V=100[V], 축전지 Ed=120[V], 2.5[A], 접속 리액턴스 X_L=50[mH], 부하는 전등으로 실험을 하여 부하가 변동했을 경우, 상용전원의 변동과 차단시에대해 실험을하여 부하출력전압이일정함을 보였다.

위상(α)의 범위는 ±30°로서 실험을 하였다.

5. 실험 결과및 고찰

그림 5-1에서 상용 전원을 차단하였을 경우에도 출력전압이 일정함을 알수있고 그림 5-2는 PWM 제어에 의한 축전지의 방전상태를 나타내고 그림 5-3은 전원이 변동을하여도 출력이 일정함을 보이고 그림 5-4는 Filter후의 출력전압의 파형이다.

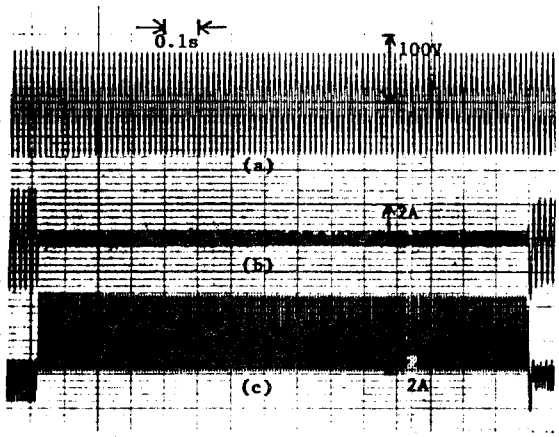

그림 5-1. AC 전원 차단시 (a) 출력전압 (b) AC 입력전류 (c) 직류측 전류

Fig 5-1. Failure of AC Input Power (a) Ouput Voltage 100[V]/DIV, 0.1s/DIV (b) AC Input Current 2[A]/DIV, 0.1s/DIV (c) Current of DC Side 2[A]/DIV, 0.1s/DIV

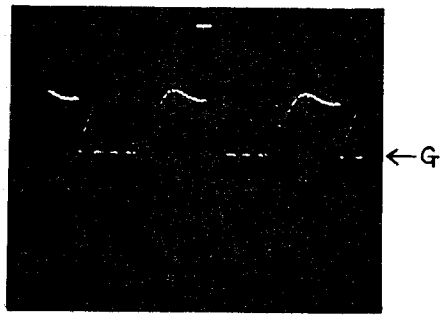

그림 5-2. 직류측 전류방전

FIG 5-2. Discharge of DC Side (BATTERY) Current 2[A]/DIV, 2ms/DIV

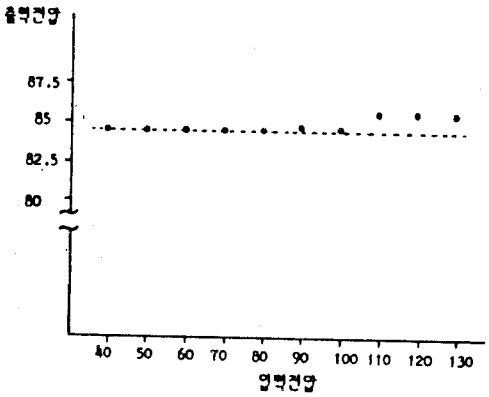

그림 5-3. 전원 변동시 출력전압 관계곡선

Fig 5-3. Relation Curve of Output Voltage at Power Source Variation

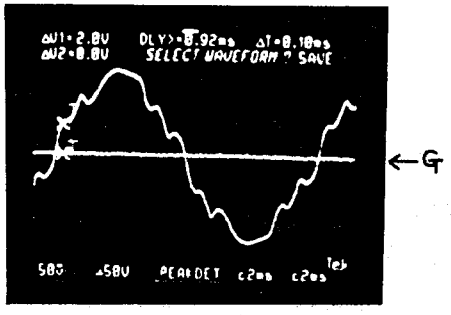

그림 5-4. 출력파형

Fig 5-4. Output Waveform 50[V]/DIV, 2ms/DIV

6. 결 론

본 논문은 전압형 인버터의 PWM 변조를 16단계로 변화시켜 제어하고, 상용 AC 전원과 동기시켜 운전하여 전원의 차단시, 상용 AC전원의 변동과 부하 변동의 경우에 대해서 다음과 같은 결과를 얻었다.

1) 전압형 인버어터의 제어는 변환기 교류측제어도 가능하다.

2) 부하변화및 입력전원 전압변동에 대하여 출력을 정전압으로 유지시킬 수 있었다.

3) 전원차단, 투입시의 과도상태가 적었다.

그러나 실험에 있어서 교류전압검출기의 실효값 검출과 고조파를 억제하기위한 교류전력 filter의 설계가 필요하다.

따라서 이러한 문제점을 해결하면 완전한 전압 조정기로서 광범위하게 응용될수 있다.

REFERENCE

1) PHOIVOS D. ZIOGAS, S.ANIGASM AND P. WIECHMANN, "Application of Current Source Inverter in UPS Systems," IEEE Trans. Ind.,vol. IA-20, PP.742-752, July/August 1984.

2) T. KAWABATA, N. SASHIDA, Y. YAMAMOTO, K. OKASA WARA, Y. YAMSAKI, " Parallel Processing Inverter System,"IPEC-Tokyo,pp.107-114, April 1990.

3) "FA. OA시대의 전원강화," 전기기술, pp.48-52, 10월 1988.

4) 정 인택, 이 사영, "전압형 전력 변환기의 특성에 관한 연구," 대한전기학회, 하계종합학술대회 논문집, PP.612-615, 7월 1989.