

준 랜덤 주파수 캐리어(PRC) 발생기

박진규*, 김종남*, 정영국*, 임영철*
 *전남대 전기공학과, **대불대 컴퓨터정보공학부

A Pseudo Random Frequency Carrier(PRC) Generator

*J.K. Park, *J.N. Kim, **Y.G. Jung, *Y.C. Lim
 *Chonnam National University, **Daebul University

Abstract - 본 연구에서는 고정 주파수의 캐리어 합성만으로 랜덤 주파수의 캐리어를 간단하게 발생하는 방법을 제안하였다. 고정 주파수를 갖는 삼각파 캐리어와 그 역상의 삼각파 캐리어를 랜덤 비트 발생기(PRBS : Pseudo Random Binary Sequence)에 의하여 선택하여 랜덤 주파수 캐리어를 새롭게 합성 할 수 있다. 실험과 시뮬레이션에 의하여 PRBS의 시프트 레지스터의 비트별 고조파 스펙트럼을 비교 고찰하였다.

1. 서 론

전력전자 변환기로서 PWM 인버터는 일반적으로 고정 주파수로 스위칭하고 있으며, 이는 PWM 주파수의 정수배 고조파에 잡음 전력을 집중시켜서 스위칭 소음 등을 유발하고 있다. 이상의 문제점은 인버터의 성능 저하 없이 랜덤 PWM에 의하여 쉽게 해결 가능하다[1]. 랜덤 PWM은 랜덤 펄스 위치 PWM(Random Pulse Position PWM)[2,5,6]과 랜덤 주파수 캐리어 PWM (Random Frequency Carrier PWM)[3,4]으로 구분된다.

일반적으로 랜덤 펄스 위치 PWM은 마이크로 콘트롤러로 구현이 가능하나 PWM 주파수의 정수배 고조파가 잔존하고 이론이 복잡하다. 한편, 랜덤 주파수 캐리어 PWM을 마이크로 콘트롤러로 구현하기 위해서는, 주어진 랜덤 값에서 듀티 시간을 계산하고 이를 펄스로 만드는 고성능 DSP가 필요하다. 랜덤 주파수 캐리어 PWM을 외부 하드웨어 회로로 구현하기 위해서는 랜덤한 주파수를 갖는 캐리어 발생회로가 필요하다. 랜덤 주파수 캐리어 발생회로는 복잡하고 정밀한 아날로그 및 디지털 소자 등이 요구된다.

이상의 문제점을 해결하기 위하여, 본 연구에서는 고정 주파수를 갖는 삼각파 캐리어와 역상의 삼각파 캐리어를 PRBS[5,6]에 의하여 선택한 후, 새롭게 합성된 랜덤 주파수의 캐리어(PRC)를 발생하는 기법을 제안하였다. 이 캐리어와 정현파 기준치를 비교하면 전력전자 변환기를 위한 랜덤 PWM 펄스가 얻어진다. 캐리어의 랜덤한 선택은 시프트 레지스터로 구성된 PRBS의 출력에 의해 이루어지며 이 부분은 2x1 MUX가 담당하고 있다. 본 연구의 타당성은 실험과 시뮬레이션에 의하여 고찰하였으며, 랜덤 비트 발생기로서 동작하는 PRBS의 비트에 따른 제안된 PRC의 고조파 스펙트럼 특성을 비교 검토 하였다.

2. 이 론

그림 1은 본 연구에서 제안된 PRC 발생의 원리를 나타내고 있다. 그림 1에서 보는 바와 같이 고정 주파수의 삼각파 캐리어 C와 역상인 캐리어 \bar{C} 가 2입력 1출력의 MUX에 입력되면, PRBS의 출력비트 P에 따라 C와 \bar{C} 가 랜덤하게 출력 R로 나타난다. 이때 C와 \bar{C} 의 곱결은 랜덤 비트 발생기의 출력 P에 전적으로 의존되며 P가 High인 경우에는

C, Low인 경우에는 \bar{C} 가 선택된다. 시프트 레지스터로 구성된 PRBS 발생기는 N개의 플립플롭을 사용하여 $2^N - 1$ 개의 불규칙 수열을 발생시키는 회로이다.

표 1은 중간 출력 R1과 R0를 도입하여 나타난 MUX 입력 P와 출력 R사이의 진리표를 나타낸다. 중간 출력은 입력에 따라서 2개의 중간 출력중 하나의 출력에만 입력이 출력되고 나머지 출력에는 0이 나오므로, 최종 출력 R은 2개의 중간 출력을 OR 조합하면 얻을 수 있고 이를 논리식으로 나타내면 다음과 같다.

$$R_1 = CP \tag{1}$$

$$R_0 = \bar{C} \bar{P} \tag{2}$$

$$R = R_1 + R_0 \tag{3}$$

따라서 고정 주파수의 C와 \bar{C} 의 합성만으로 결과적인 R이 얻어지며 R은 C의 반주기와 \bar{C} 의 반주기, C의 상승부분과 \bar{C} 의 하강부분이 합성된 삼각파 그리고 각각의 역상이 P의 랜덤 비트와 혼합하여 유사 랜덤 주파수를 갖는 캐리어 형태를 보이게 된다.

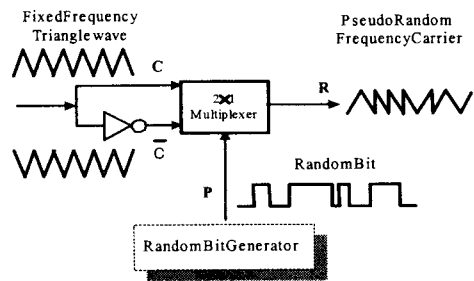


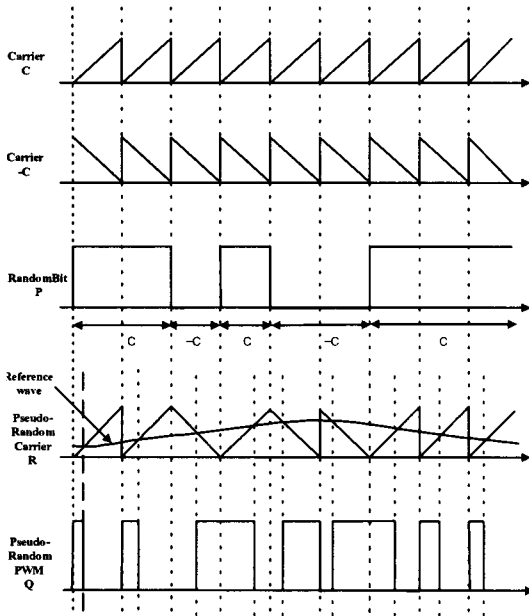
그림 1. 제안된 PRC 발생원리
 Fig.1. Principle of the proposed PRC generation

표 1 MUX의 진리표
 Table 1 Truth Table of Multiplexer

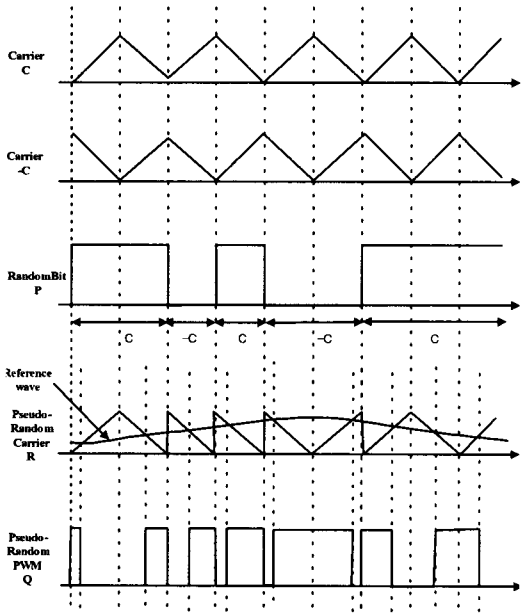
input P	R1	R0	output R
0	0	\bar{C}	\bar{C}
1	C	0	C

그림 2는 그림 1로 나타난 제안된 방법의 입출력 펄스를 구체적으로 나타난 것이다. 랜덤 비트 발생기의 출력

펄스 P는 전통적인 랜덤 lead-lag PWM과 거의 유사하다. 랜덤 lead-lag PWM은 고정 스위칭 주파수를 갖는 펄스들이 샘플링 주기의 전단과 후미부에 랜덤하게 위치하도록 하는 기법이다. 그림 2에서 P가 High인 기간동안은 C가 선택되고 Low인 펄스기간에는 \bar{C} 가 선택되어 준 랜덤 주파수의 캐리어 R이 만들어진다. R은 고정 주파수의 삼각파와 2개를 합성하여 랜덤과 유사한 효과를 내기 때문에 준 랜덤 캐리어라 한다.



(a) Saw tooth method



(b) Triangular method

그림 2 제안된 방법의 파형

Fig.2 The resultant waveforms of the proposed method

3. 하드웨어 구성

그림 3은 본 연구에서 제안된 PRC발생 블록선도이다. EXAR사의 XR2207에 의하여 고정 주파수의 삼각파 캐리어가 발생되며, 랜덤 비트 발생기로서의 PRBS는 시프트 레지스터 74164와 XOR게이트 4030에 의하여 구현하였다. MUX로는 양방향 스위치 4066을 사용하였으며, 이 MUX로 출력되는 준 랜덤 캐리어를 정현파 기준치와 비교하면 전력전자 변환기를 위한 랜덤 PWM펄스가 얻어진다.

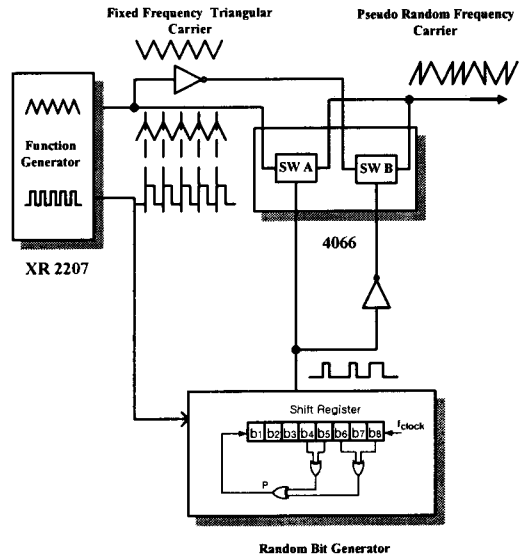


그림 3. 제안된 PRC 발생기

Fig. 3 The proposed PRC generator

4. 실험 결과

그림 4는 고정 주파수 3kHz, 12비트 PRBS를 기반으로 제작한 PRC 발생기의 각 부분에서 측정된 파형을 나타내고 있다. 그림 4의 (1)은 3kHz 고정 주파수의 삼각파 C, (2)는 3kHz 고정 주파수의 역상 삼각파 \bar{C} , (3)은 PRBS의 출력 P 그리고 (4)는 이들의 조합에 의해 발생된 결과적인 랜덤 주파수 캐리어 R이다. 이 결과들은 그림 2(b)에서 이미 나타낸 바와 같이 서로 일치함을 알 수 있다.

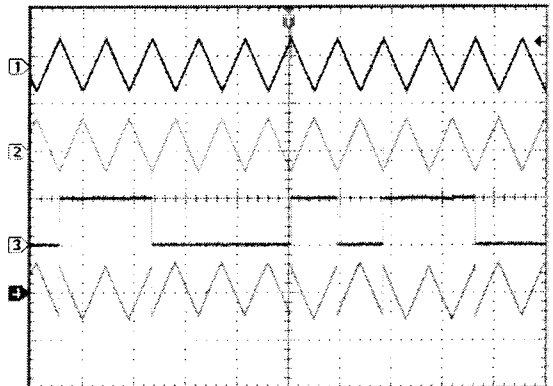


그림 4. 측정된 캐리어의 파형(C=3kHz, P=12 bit)

Fig.4 Measured carrier waveforms (C=3kHz, P=12 bit)

그림 5와 그림 6은 PRBS의 시프트 레지스터의 비트별 출력에 따른 준 랜덤 주파수 캐리어 R의 고조파 스펙트럼을 나타낸 것이다. 그림 5(a)와 그림 6(a)는 3kHz 고정 주파수의 삼각파 캐리어의 고조파 스펙트럼을 나타내고 있으며, 3kHz 주파수에 고조파 스펙트럼이 집중되어져 있다.

그림 5(b)-(d)와 그림 6(c)-(d)는 제안된 방법을 적용한 결과이다. PRBS의 시프트 레지스터를 8비트, 10비트, 12비트로 증가함에 따라서 고조파 스펙트럼의 광대역화 분포는 증가한다. 즉 3kHz를 중심으로 0과 6kHz사이의 고조파 정규 분포도가 증가하게 된다. 본 연구에서는 12비트 시프트 레지스터와 XOR게이트를 PRBS로 채택하였다.

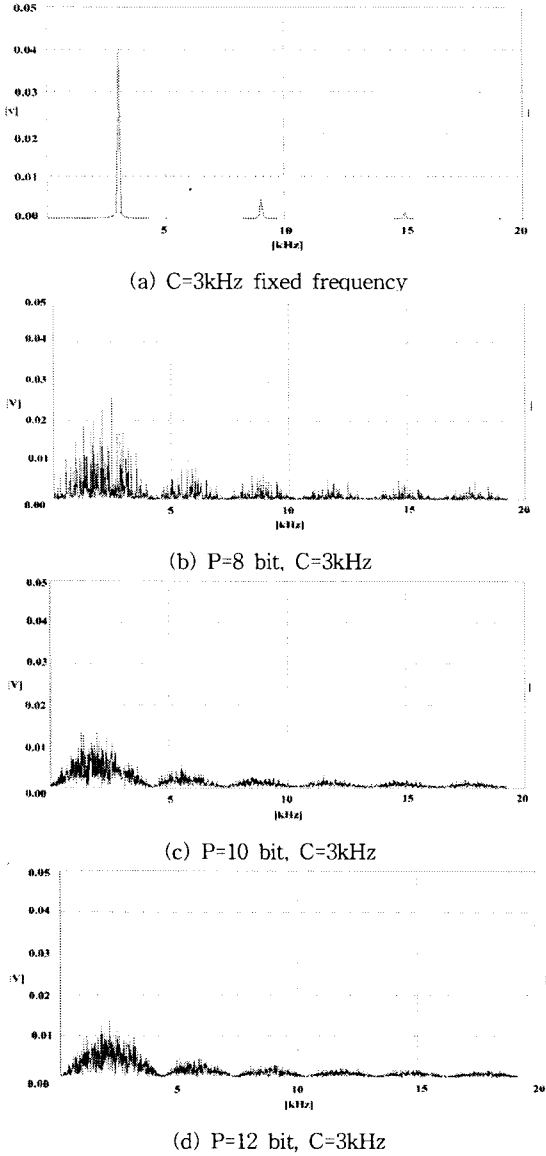
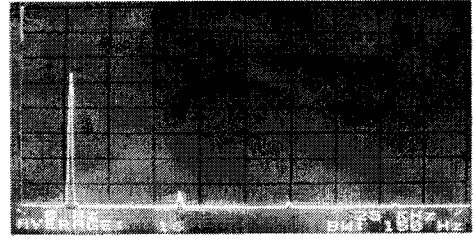
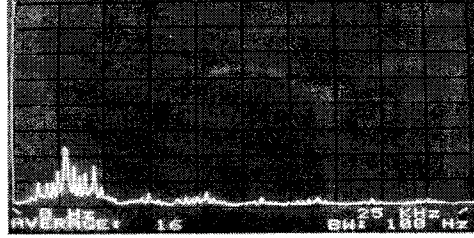


그림 5. 준 랜덤 주파수 캐리어의 고조파 스펙트럼의 시뮬레이션 결과

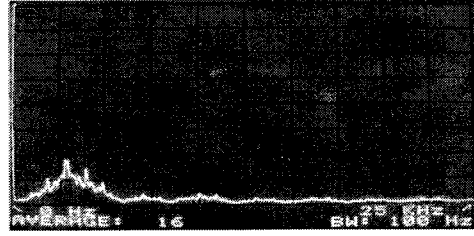
Fig. 5 Simulation results of the harmonics spectra of the pseudo random frequency carrier



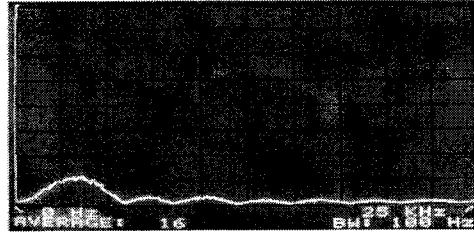
(a) C=3kHz fixed frequency



(b) P=8 bit, C=3kHz



(c) P=10 bit, C=3kHz



(d) P=12 bit, C=3kHz

그림 6. 측정된 준 랜덤 주파수 캐리어의 고조파 스펙트럼 결과

Fig. 6 Measured harmonics spectra of the pseudo random frequency carrier

5. 결 론

본 연구에서는 고정 주파수의 캐리어의 합성에 의한 준 랜덤 주파수 캐리어(PRC)발생기를 제안하였다. 제안된 방법은 고정 주파수 캐리어 발생 전용 칩, 시프트 레지스터, XOR게이트 그리고 MUX등 단순한 회로로 구성 가능하므로 종전의 방법과 비교하여 저가격의 랜덤 캐리어를 구현할 수 있다. 제안된 방법에 의해 발생된 준 랜덤 캐리어의 고조파 스펙트럼을 PRBS의 비트에 따라 비교해 본 결과, 12비트의 경우가 가장 고조파의 광대역화 효과가 우수하였다. 제안된 방법을 모터 구동장치에 적용하여 스위칭 소음 저감 효과를 기대해 볼 수 있으며, 전력변환장치의 PWM발생기에 적용 가능하리라 생각된다.

감사의 글

본 연구는 한국과학재단 지정 '전남대 고품질 전기 전자 부품 및 시스템 연구센터'의 연구비 지원으로 연구되었습니다.

[참 고 문 헌]

- [1] A.M. Trzynadlowski, K. Borisov, Y. Li, and L. Qin, " A novel random PWM technique with minimum computational overhead and constant sampling frequency for high volume , low cost applications", in Proc. IEEE APEC'04, 2004, pp.473-478.
- [2] Y.G. Jung, S.H. Na, Y.C. Lim and S.H. Yang, "Reduction of audible switching noise in induction motor drives using random position space vector PWM", IEE Proc. Electr. Power Appl., vol.149, no.3, May, p.195-200, 2002.
- [3] F. Blaabjerg and J. K. Pedersen, "Digital implemented random modulation strategies for ac and switched reluctance drives", in Conf. Rec. of IEEE IECON'93, pp.676-682. 1993.
- [4] C.M. Liaw and Y.M. Lin, "Random slope PWM inverter using existing system background noise : analysis, design and implementation", IEE Proc. Electr. Power Appl., vol. 147, no.1, pp.45-54, 2000.
- [5] B.R. Lin, "Implementation of non-deterministic pulse width modulation for inverter drives", IEEE Trans. aerospace and electronic system, vol.36, no.2, pp.482-490, 2000.
- [6] B.R. Lin and H.H. Lu, "Three-phase ac/dc/ac/converter with random pulse position PWM", in Conf. Rec. EPE'99, 1999, in CD ROM.
- [7] 김종남, 정영국, 임영철, "단상 5-레벨 캐스캐이드 인버터에 적용한 간단한 유사 랜덤 주파수 캐리어 PWM" 전력전자 학술대회 논문집, 2004, pp.54-58