

---

# 노치폭과 크기 제어가 용이한 새로운 방식의 임의 노치 발생 컨버터

변우열\* · 오경희\*\* · 노의철\* · 김인동\* · 최남섭\*\*\* · 정규범\*\*\*\*

## A Novel Arbitrary Notches Generation Converter with Easy Control of Notch Width and Magnitude

Woo-Yeol Byeon\* · Kyung-Hee Oh\*\* · Eui-Cheol Nho\* · In-Dong Kim  
Nam-Sup Choi\*\*\* · Gyu-Bum Joung\*\*\*\*

### 요 약

본 논문에서는 공통접속점에서 임의의 노치 발생을 가능하게 하는 새로운 방식의 컨버터를 제안하였다. 제안한 방식에서의 노치 크기, 폭, 위치, 극성 등은 임의로 제어가 가능하며 제어회로 또한 매우 간단히 구성된다. 제안 회로는 간단한 구성, 높은 신뢰도, 저렴한 비용, 고효율, 제어의 용이함 등의 장점을 갖는다. 제안한 방식의 컨버터는 전력품질 개선장치로 사용되고 있는 무정전 전원공급장치, DVR, 능동전력필터 등의 성능시험에 유용하게 활용 가능하다. 제안 회로에 대한 동작원리와 특성을 기술하였으며 그 유용성을 시뮬레이션을 통하여 입증하였다.

### ABSTRACT

In this paper a novel power converter for some notches generation in the point of common coupling is described. The magnitude, width, polarity, and position of the notches generated by the proposed scheme can be varied arbitrary with simple control. The scheme has good features of simple structure, high reliability, low cost, high efficiency, and the capability of arbitrary several notches generation. The converter can be used for the test of custom power devices such as UPS, DVR, active power filter, etc. The circuit operation is described and the usefulness of the scheme is verified through simulations.

### 키워드

노치, 공통접속점, 전력품질의란, 고조파 왜곡

### 1. 서 론

전력품질 장애요소는 크게 과도 외란, 실효값 외란(순간정전, Voltage Sag/Swell 등), 정상상태변동(저전압, 과전압, 고조파 왜곡, 전압 플리커)으로

나누어진다. 전력품질을 개선하기 위하여 UPS, DVR, Active Power Filter 등의 Custom Power Devices가 사용되고 있으며 이들의 성능 향상을 위한 연구가 활발히 진행되고 있다[1-6]. 이러한 전력품질 개선장치들의 성능을 시험하기 위한 장치

---

\*부경대학교

\*\*여수대학교

접수일자 : 2004. 8. 28

\*\*동명대학

\*\*\*\*우석대학교

는 일반적으로 매우 고가이고 복잡하여[5,6] 활용하기가 용이하지 않아서 최근 저가이면서 실용적인 방식들이 제시되고 있다[7]. 그러나 [7]에서 제안한 방식은 과도한 유효전력을 필요로 한다는 문제점을 안고 있다.

SCR 위상제어정류기를 사용한 직류전동기제어, 전기도금장치, 배터리충전기 등 교류/직류 전력변환기는 실제 산업계에서 매우 광범위하게 사용되고 있다. 이들 정류기에 의한 공통접속점에서의 노치발생은 정류기 용량이 클수록 심각하게 나타나며 공통접속점에 연결된 다른 전자기에 오동작을 발생시키는 등의 치명적인 문제를 유발할 수 있다. 이러한 문제를 해결하기 위해 전력품질 개선장치를 개발하여 성능을 시험하는 경우 현상과 유사한 노치발생장치가 필요하다.

본 논문에서는 특히 고조파 왜곡에 의한 전력품질 장애를 해결하기 위한 능동필터의 노치제거 성능시험을 위하여 임의의 노치를 발생할 수 있는 장치를 제안한다. 제안한 방식은 대전력 SCR 위상제어 정류기에 의한 공통접속점에서의 노치 발생을 등가적으로 간단히 구현할 수 있다. 따라서 능동필터의 설계 및 성능시험에 효과적으로 활용이 가능할 것으로 기대된다. 제안한 방식에 대한 회로구성과 동작원리를 설명하였으며 시뮬레이션을 통하여 그 타당성을 입증하였다.

## II. 제안한 방식의 노치발생 컨버터

### 2.1 컨버터 회로구성

그림 1은 제안한 방식의 3상 노치발생기 회로를 단상과 3상에 적용한 경우를 나타낸다. 정상적인 전원전압  $v_a, v_b, v_c$ 로부터 노치가 포함된 부하전압  $v_{as}, v_{bs}, v_{cs}$ 를 만들어 내기 위해서 각 전압 사이에 직렬로 전압  $v_{ad}, v_{bd}, v_{cd}$ 가 추가되도록 하였으며  $v_{ad}, v_{bd}, v_{cd}$ 는 각각 직렬변압기  $T_d$ 의 2차측 전압이다. 변압기  $T_d$ 의 1차측 전압은 미끄럼 방식의 단권변압기  $T(T_a - T_c)$ 의 2차측 전압을 스위치 ( $S_{a1}-S_{c2}, S_{Ba1}-S_{Bc2}$ )로 초핑(Chopping)하여 얻는다.

이들 스위치는 온/오프 제어가 가능한 IGBT, IGBT, MOSFET 등으로 구성할 수 있으며 소자의 종류는 용량에 따라 결정된다. 미끄럼 방식의 단권 변압기 2차측 접점이 I-영역에 있으면 출력전압에 포함되는 전압의 노치는 전원전압 보다 감소하는

형태가 되며, II-영역에서는 증가하는 형태가 된다. 스위치들의 온/오프시 발생하는 스파이크 전압을 흡수하기 위하여 역병렬 접속되어 있는 각 스위치 쌍에 병렬로  $R_S - C_S$  스너버 회로를 추가하였다.

### 2.2 컨버터 동작원리

그림 1의 3상 노치발생기에서 각 상의 동작 원리는 동일하므로 a-상을 기준으로 설명한다. 그림 2는 제안한 방식의 동작원리를 설명하기 위하여 부하역률이 1인 경우를 예로 들어 각 부분의 파형을 나타낸 것이다.  $V_s$ 는 전원전압  $v_a, v_b, v_c$ 를 의미하며  $V_o$ 는 출력전압  $v_{as}, v_{bs}, v_{cs}$ 를 의미한다. 3상 각각의 동작이 동일하므로  $S_{Ba1}-S_{Bc2}$ 을 SB1으로 나타내었으며 SB2, S1, S2도 동일한 의미로 사용하였다. 스위치  $S_{Ba1}$ 과  $S_{Bc2}$ 는 각각 반주기씩 교대로 스위칭을 하며 스위칭이 발생하는 반주기 구간은 부하전류의 극성에 의해 결정된다. 즉, 부하전류가 양(+)인 반주기 동안은 직렬변압기  $T_d$ 의 1차측 전류가  $S_{Ba2}$ 를 통해 흐르므로  $S_{Ba2}$ 가 스위칭 된다. 그림 2에서 역률이 1인 경우이므로 부하전류의 위상은 전원전압  $v_a$ 와 동상이다. 따라서  $0 \leq \omega t < \pi$ 인 구간에서는  $S_{Ba2}$ 와  $S_{a1}$ 이 교대로 스위칭을 반복한다.  $t_1$ 에서  $S_{Ba2}$ 를 턴오프 하면 직렬변압기  $T_d$ 의 전류는  $T_d$ 와 병렬 접속된  $R_S - C_S$  회로를 통해 흐르게 된다. 사용소자에 따라서  $1-2\mu s$  후  $t_2$ 에서  $S_{a1}$ 을 턴온하면 T의 2차측 전압이  $T_d$ 의 1차측에 인가된다.  $t_2 \sim t_3$ 구간에서  $T_d$ 의 2차측 전압  $v_{ad}$ 는 다음과 같다.

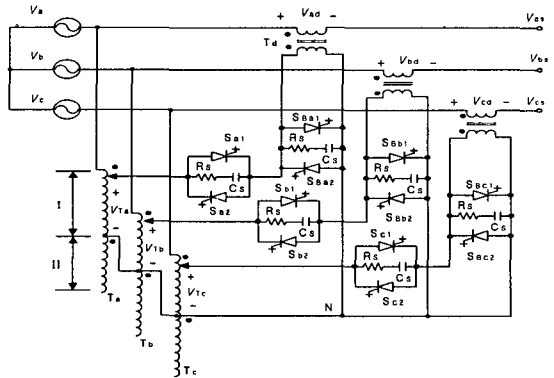


그림 1. 3상 노치발생기  
Fig. 1 3-phase notch generator

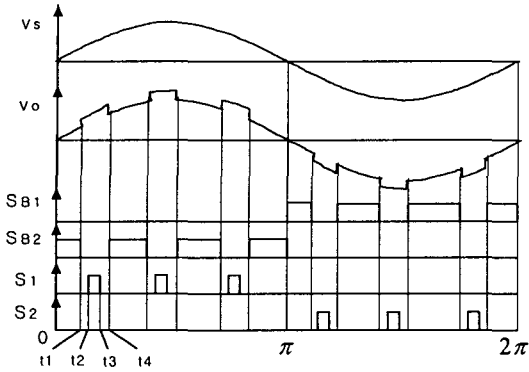


그림 2. 스위칭 상태 및 입출력전압  
Fig. 2 Switching status, input and output voltage

$$v_{ad} = v_{T_a} / n \quad (1)$$

$$v_{T_a} = v_a / n_T \quad (2)$$

여기서  $n$ 과  $n_T$ 는 각각 직렬변압기  $T_a$ 와 단권 변압기 T의 권선비를 나타낸다. 따라서 출력전압  $v_{as}$ 는

$$\begin{aligned} v_{as} &= v_a - v_{ad} \\ &= v_a \left( 1 - \frac{1}{n \cdot n_T} \right) \end{aligned} \quad (3)$$

이며 단권변압기의 접점이 II-영역에 있는 경우는

$$v_{as} = v_a \left( 1 + \frac{1}{n \cdot n_T} \right) \quad (4)$$

이 된다. 따라서 노치의 폭과 크기 및 방향을 임의로 제어할 수 있다.  $t_3$ 에서  $S_{a1}$ 을 턴오프한 후  $t_4$ 에서  $S_{B2}$ 를 다시 턴온하면  $T_a$ 의 1차측이 단락되므로

$$v_{ad} = 0 \quad (5)$$

$$v_{as} = v_a \quad (6)$$

가 된다.

### III. 시뮬레이션 결과

시뮬레이션에서 사용한 시스템 파라미터는 표 1과 같다.

그림 3은 상용전원전압  $v_a$ 와 직렬변압기 전압 및 발생기 출력전압  $v_{as}$ 를 나타낸다. 상용전원 전압과 직렬변압기 2차측 전압이 더해져서 출력단에 노치가 발생하고 있음을 알 수 있다. 그림 4는 역률 0.8 지상부하에서 표 1의 조건으로 시뮬레이션 하였을 때  $v_{as}$ 와  $i_a$  파형을 나타낸다. 노치가 전원 전압에 더해지는 형태이므로 단권변압기의 접점은 II-영역에 있음을 알 수 있다.

표 1. 시스템 파라미터  
Table. 1 System parameters

전원전압 $v_s$	220 V
출력 $P_o$	2.2kW
스너버 저항 $R_S$	10Ω
스너버 커패시터 $C_S$	10μF
직렬변압기 권선비 $n$	1
단권변압기 권선비 $n_T$	0.2

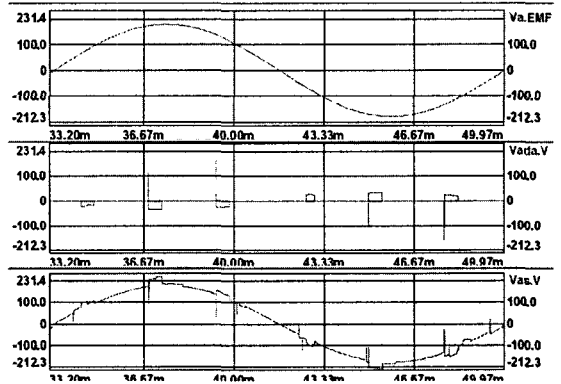


그림 3. 상용전원전압(위), 직렬변압기전압(중간), 발생기 출력전압(아래)

Fig. 3 Utility source voltage(top), series transformer voltage(middle), generator output voltage(bottom)

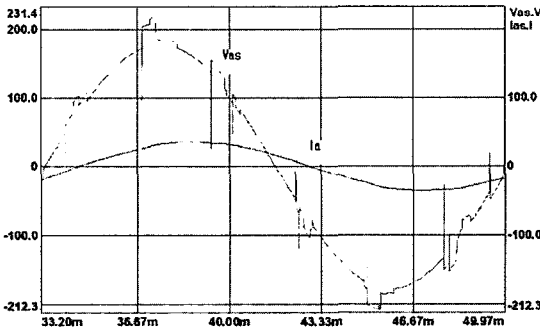


그림 4.  $v_{as}$ 와  $i_a$  파형  
Fig. 4 Waveforms of  $v_{as}$  and  $i_a$

$v_{as}$ 의 노치는 각각  $S_{Ba2}$ 와  $S_{a1}$ 의 스위칭으로 이루어진다. 만일  $i_a$ 가 음(-)인 구간에서 노치가 발생한다면 이때는  $S_{Ba1}$ 과  $S_{a2}$ 의 스위칭으로 노치가 생성된다. 즉 역률에 따라 노치발생을 위한 스위칭상이 결정된다. 그림 5와 6은 각각 3상 출력 상전압 파형과 선간전압 파형을 나타낸다. 이들 전압파형에 대한 총 고조파 왜율은 약 5.5%이다.

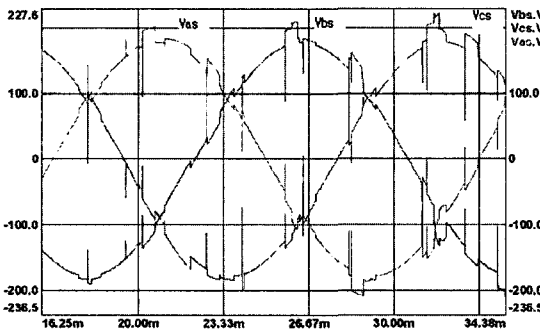


그림 5. 3상 출력 상전압 파형  
Fig. 5 Waveforms of 3-phase output phase voltage

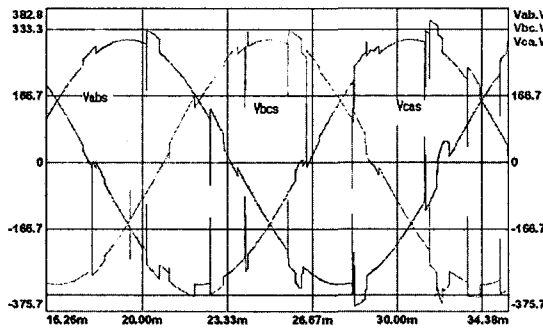


그림 6. 3상 출력 선간전압 파형  
Fig. 6 Waveforms of 3-phase output line-to-line voltage

#### IV. 결 론

본 논문에서는 전력품질 개선을 위한 무정전 전원공급장치, 능동전력필터 등의 성능시험에 용이한 새로운 방식의 노치 발생기를 제안하였다.

제안한 방식은 부하에 무관하게 노치를 발생시킬 수 있으며 노치의 크기와 폭 및 극성을 임의로 제어할 수 있으므로 능동전력필터 등을 임의의 악조건에서 다양하게 테스트할 수 있다. 제안한 방식에 대한 회로해석과 동작원리를 설명하였으며 성능확인을 위하여 컴퓨터 시뮬레이션을 수행하였다. 시뮬레이션 결과 역률에 무관하게 원하는 노치를 발생시킬 수 있다는 것을 확인하였다. 제안한 방식은 시스템 구성이 간단하여 효율이 높고 경제적이며 신뢰도가 높아서 전력품질 개선장치들의 노치에 대한 감쇠 성능 확보를 위한 시험에 효과적으로 적용 가능할 것으로 기대한다.

#### 참고문헌

- [1] S.A.O. Silva, P.F.Donoso-Garcia, P.C. Cortizo, and P.F. Seixas, "A three-phase line interactive UPS system implementation with series-parallel active power-line conditioning capabilities," IEEE Trans. on Ind. Appli., Vol. 38, No. 6, pp. 1581-1590, 2002, Nov./Dec.
- [2] M.C. Jiang, "Analysis and design of a three-phase active power filter," IEEE Trans. on Aerospace and Electronic Systems, Vol. 37, No. 3, pp. 824-831, 2001.
- [3] A. Ghosh and G. Ledwich, "Compensation of distribution system voltage using DVR," IEEE Trans. on Power Delivery, Vol. 17, No. 4, pp. 1030-1036, 2002, Oct.
- [4] Z. Luowei and L. Zicheng, "A novel active power filter based on the least compensation current control method," IEEE Trans. on PE, Vol. 15, No. 4, pp. 655-659, 2000.
- [5] Power Standards Lab. "Industrial Power Corruptors-standard power quality disturbance generators," 2003.

- [6] Elgar electronics Co., "Smartwave Switching amplifier operation manual," 2002.  
 [7] Y.H.Chung, G.H.Kwon, T.B.Park, and G.Y.Lim, "Voltage Sag and Swell generator with thyristor controlled rectifier," IEEE Power Con 2002, Vol. 3, pp. 1933-1937. 2002.

저자소개

변우열(Woo-Yeol Byeon)



1987년 동아대학교 전기공학과 졸업(공학사)  
 1997년 부경대학교 전기공학과 졸업(공학석사)  
 2003년 부경대학원 전기공학과 박사과정 수료

1982년 1월~현재 KT 부산전산국 시스템 운용과  
 ※관심분야 : UPS, 정류기, 전력품질 개선

오경희(Kyung-Hee Oh)

1988년 동아대학교 물리학과(이학사)  
 1993년 동아대학교 전자공학과(공학석사)  
 2001년 부경대학교 음향전동협동과정 박사과정 수료  
 1996년~2000년 동명대학 겸임교수  
 2000~현재 동명대학 전임교원  
 ※관심분야 : 노이즈 분석 및 제거, 신호처리

노의철(Eui-Cheol Nho)



1984년 서울대 공대 전기공학과 졸업(공학사)  
 1986년 한국과학기술원 전기및 전자공학과 졸업(공학석사)  
 1991년 한국과학기술원 전기및 전자공학과 졸업(공학박사)

1997년~1998년 미국 Wisconsin-Madison 주립대학 방문교수  
 1995년~현재 부경대학교 공대 전기제어계측공학부 부교수  
 ※관심분야 : 전력전자, 통신용 정류기 및 UPS, 소프트스위칭 DC/DC 컨버터, 인버터, 전력품질 개선

김인동(In-Dong Kim)



1984년 서울대 공대 전기공학과 졸업(공학사)  
 1987년 한국과학기술원 전기 및 전자공학과 졸업(공학석사)  
 1991년 동 대학원 졸업(공학박사)

1991년~1996년 대우중공업 철도차량연구소 책임연구원  
 1997년~1998년 미국 Univ. of Tennessee 방문교수  
 1996년~현재 부경대학교 공대 전기제어계측공학부 부교수  
 ※관심분야 : 전력전자, 전동기제어, 통신용 정류기 및 UPS, 통신용 DC/DC 컨버터

최남섭(Nam-Sup Choi)



1987년 고려대학교 전기공학과 졸업(공학사)  
 1989년 한국과학기술원 전기및 전자공학과(공학석사)  
 1994년 한국과학기술원 전기및 전자공학과(공학박사)

1995년~현재 여수대학교 전기및반도체공학과 교수  
 1999년 3월~2000년 2월 Wisconsin-Madison 주립대학 방문교수  
 ※관심분야 : 전력전자회로 모델링 및 해석, 멀티레벨 컨버터 설계 및 응용, PWM AC-AC 컨버터, 전력품질 개선

정규범(Gyu-Bum Joung)



1984년 아주대 공대 전자공학과 졸업  
 1986년 한국과학기술원 전기및 전자공학과 졸업(공학석사)  
 1990년 한국과학기술원 전기및 전자공학과 졸업(공학박사)

1990~1991년 미국 Virginia Polytechnic Institute and State University 연구원  
 2002~2003년 미국 Texas A&M University 교환교수  
 1993~1995년 한국항공우주연구원 선임연구원  
 1995~현재 우석대학교 이공대 정보통신공학과 부교수  
 ※관심분야 : 전력전자, 파워컨버터, SMPS, 대체에너지 응용