creative commons

COMMONS DEED

저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:

저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.

비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.

변경금지. 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 이용허락규약(Legal Code)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

Disclaimer

dCollection

[UCI]I804:24011-200000241035

2011년 2월
교육학석사(기술 · 가정교육)학위논문

Simulation Tool을 이용한 위상제어 컨버터의 동작 특성 분석

조선대학교 교육대학원

기술 · 가정교육전공

임 수 연

Simulation Tool을 이용한 위상제어 컨버터의 동작 특성 분석

Operation Characteristics Analysis of Phase Control Convertor using Simulation Tool

2011年 2月 日

조선대학교 교육대학원

기술 · 가정교육전공

임 수 연

Simulation Tool을 이용한 위상제어 컨버터의 동작 특성 분석

지도교수 조 금 배

이 논문을 교육학석사(기술 · 가정교육전공)학위
청구논문으로 제출함.

2010年 10月 日

조선대학교 교육대학원

기술 · 가정교육전공

임 수 연

임수연의 교육학 석사학위 논문을 인준함

심사위원장 조선대학교 교수 오 금 곤 인

심사위원 조선대학교 교수 최 연 옥 인

심사위원 조선대학교 교수 조 금 배 인

2010年 12月 日

조선대학교 교육대학원

목 차

ABSTRACT

I. 서 론 ····· 1

II. 이론적 고찰 ····· 2

A. 단상 교류전압 제어기 ····· 2

B. 3상 교류전압 제어기 ····· 5

1. Y-Y 결선 저항 부하 ····· 5

2. Y-△ 결선 저항 부하 ····· 12

III. 시뮬레이션 ····· 16

A. 단상 교류전압 제어기 ····· 16

B. 3상 교류전압 제어기 ····· 22

1. Y-Y 결선 ····· 22

2. Y-△ 결선 ····· 28

C. 시뮬레이션 결과 검토 ····· 36

IV. 결 론 ····· 37

참고문헌

Figures

그림 2-1 저항 부하를 가진 단상 교류전압 제어기 회로도 ····· 2

그림 2-2 저항부하를 가진 단상 교류전압 제어기 전압 전류 파형 ····· 4

그림 2-3 Y 결선 저항 부하를 가진 3상 교류전압 제어기 ····· 5

그림 2-4 $\alpha = 30^\circ$ 일 때의 부하전압 v_{an} ····· 8

그림 2-5 $\alpha = 30^\circ$ 일 때 3상 저항부하에 대한 부하전압과

스위치전류 ····· 9

그림 2-6 $\alpha = 75^\circ$ 일 때의 부하전압 v_{an} ····· 11

그림 2-7 $\alpha = 120^\circ$ 일 때의 부하전압 v_{an} ····· 11

그림 2-8 △결선 저항부하를 가진 3상 교류 전압 제어기 ····· 12

그림 2-9 $\alpha = 120^\circ$ 인 경우 선전류 파형 ····· 14

그림 2-10 $\alpha = 90^\circ$ 인 경우 선전류 파형 ····· 15

그림 3-1 PSIM을 이용한 단상 위상 제어 컨버터 회로도 ····· 16

그림 3-2 입력전압 V_i 파형 ····· 17

그림 3-3 출력 전압 V_o 파형 ····· 17

그림 3-4 출력 전류 i_o 파형 ····· 18

그림 3-5 스위치 전압 $V_{s1,}$ V_{s2} 파형 ····· 18

그림 3-6 PSpice를 이용한 단상 위상 제어 컨버터 회로도 ····· 19

그림 3-7 입력 전압 V_i 파형 ····· 20

그림 3-8 출력 전압 V_o 파형 ····· 20

그림 3-9 출력 전류 i_o 파형 ····· 21

그림 3-10 스위치 전압 $V_{s1,}$ V_{s2} 파형 ····· 21

그림 3-11 PSIM를 이용한 3상 위상 제어 컨버터

회로도 ($Y-Y$결선) ····· 23

그림 3-12 입력 전압 $V_{a,}$ $V_{b,}$ V_c 파형 ····· 23

그림 3-13 부하 전압 $V_{Ra,}$ $V_{Rb,}$ V_{Rc} 파형 ····· 24

그림 3-14 스위치 전류 $i_{S1,}$ $i_{S2,}$ $i_{S3,}$ $i_{S4,}$ $i_{S5,}$ i_{S6} 파형 ····· 24

그림 3-15 PSpice를 이용한 3상 위상 제어 컨버터

회로도 ($Y-Y$ 결선) ····· 25

그림 3-16 입력 전압 $V_{a,}$ $V_{b,}$ V_c 파형 ····· 26

그림 3-17 부하 전압 $V_{Ra,}$ $V_{Rb,}$ V_{Rc} 파형 ····· 26

그림 3-18 스위치 전류 $i_{S1,}$ $i_{S2,}$ $i_{S3,}$ $i_{S4,}$ $i_{S5,}$ i_{S6} 파형 ····· 27

그림 3-19 PSIM을 이용한 3상 위상 제어 컨버터 ($Y-\triangle$결선) ····· 28

그림 3-20 입력 전압 $V_{a,}$ $V_{b,}$ V_c 파형 ····· 29

그림 3-21 부하전류 i_{ab}, i_{bc}, i_{ca} 파형($\alpha = 120^\circ$) ····· 29

그림 3-22 상전류 i_{Va}, i_{Vb}, i_{Vc} 파형($\alpha = 120^\circ$) ····· 30

그림 3-23 부하전류 i_{ab}, i_{bc}, i_{ca} 파형($\alpha = 90^\circ$) ····· 30

그림 3-24 상전류 i_{Va}, i_{Vb}, i_{Vc} 파형($\alpha = 90^\circ$) ····· 31

그림 3-25 PSpice를 이용한 3상 위상 제어 컨버터 ($Y-\triangle$결선) ····· 32

그림 3-26 입력 전압 V_a, V_b, V_c 파형 ····· 33

그림 3-27 부하전류 i_{ab}, i_{bc}, i_{ca} 파형($\alpha = 120^\circ$) ····· 33

그림 3-28 상전류 i_{Va}, i_{Vb}, i_{Vc} 파형($\alpha = 120^\circ$) ····· 34

그림 3-29 부하전류 i_{ab}, i_{bc}, i_{ca} 파형($\alpha = 90^\circ$) ····· 34

그림 3-30 상전류 i_{Va}, i_{Vb}, i_{Vc} 파형($\alpha = 90^\circ$) ····· 35

Table

표 1. PSIM과 PSpice 비교 ····· 36

ABSTRACT

Operation Characteristics Analysis of Phase Control Convertor using Simulation Tool

By : Su-Yeon Lim
Advisor : Prof. Geum-Bae Cho, Ph.D.
Major in Technology and Home-Economics Education,
Graduate School of Education, Chosun University

Presently, the specific gravity of the used field of the AC-AC phase control converter in which the effective value and frequency have got the output of the other alternating current by approving the alternating current used for the motoring and dimming circuit, and etc. As the development of the dimming circuit, controlling the brightness of the illumination by the expansion of the illumination industry market using LED along with the development of the various product using the electric motor including an air-conditioner, refrigerator, washing machine, and etc. Due to the development of an industry as the driving source and etc. Increases. In using the power offset required in the device connected to the output terminal to the object using the phase control, it is due to be convenient.

The AC-AC phase control converter uses in order to set the power offset of the load in which the part of the input voltage

waveform is not delivered to the load and while a switching occurs for every cycle of the alternating current, that is the input voltage, requiring the power offset which is lower than the input electrode value by lowering the effective value of the output voltage and output current and the power offset taking the load.

In this paper, PSIM program and PSpice program were used. PSIM program is the program which it simulates by using the ideal element. PSpice program is the program which selects and can simulate the actually used device

By using the single phase control converter and three phase control converter (Y-Y wiring) and three phase control converter (Y-△ wiring) PSIM program and PSpice program among the AC-AC phase control converter among the simulation program, this paper enforced a simulation and inquired into the difference of two programs.

I. 서 론

현대 산업의 발달로 인하여 에어컨, 냉장고, 세탁기 등 전동기를 구동원으로 사용하는 다양한 제품의 개발과 조명산업 시장의 확장에 의해 조명의 밝기를 제어하는 조광회로의 발전 등으로 전동기 구동과 조광회로 등에 사용되는 교류전압을 인가하여 실효값과 주파수가 다른 교류전압의 출력 값을 얻어내는 AC-AC 위상 제어 컨버터의 이용하는 분야의 비중이 많아지고 있다. 위상제어를 사용하는 목적으로는 출력 단에 연결한 소자에서 필요로 하는 전력 값을 사용을 하는데 있어 편리하기 때문이다.[1]

AC-AC 위상 제어(phase control) 컨버터는 입력 전압인 교류 전압의 매 사이클(cycle)마다 스위칭(switching)이 일어나면서 입력 전압 파형의 일부가 부하에 전달되지 않아 출력 전압과 출력 전류의 실효값을 낮추어 부하에 걸리는 전력 값을 낮춤으로써 입력 전력 값에 비하여 낮은 전력 값을 필요로 하는 부하의 전력 값을 설정 해 주기 위해 사용한다.[2,3,4]

따라서 본 논문에서는 AC-AC 위상제어의 출력특성을 고찰하기 위하여 전력전자분야에서 널리 사용되고 있는 Simulation Tool인 PSIM과 PSpice을 사용하였다. PSIM은 이상적인 소자를 이용하여 시뮬레이션 Tool이고, PSpice은 실제 사용되는 소자를 선택하여 시뮬레이션을 할 수 있는 프로그램이다.

본 논문은 AC-AC 위상제어 컨버터 중에서 단상 위상 제어 컨버터, 3상 위상 제어 컨버터(Y-Y결선)과 3상 위상 제어 컨버터(Y-△결선)에 관한 이론적 고찰과 시뮬레이션 프로그램 중 PSIM과 PSpice을 이용하여 시뮬레이션을 수행하여 AC-AC 위상제어 특성을 검증하고 두 가지 시뮬레이션 Tool의 장단점을 고찰하였다.

II. 이론적 고찰

A. 단상 교류전압 제어기

교류전압제어기는 부하에 가해지는 교류전압의 크기 또는 실효치를 제어하기 때문에 정·부극성의 반주기에 모두 제어가 가능하여 하며 따라서 부하 전류는 양방향으로 흐른다. 일반적으로 교류전압 제어에는 트라이악과 같은 양방향성 스위칭 소자가 적합하다. 그러나 대부분의 전력용 스위칭소자는 단일 방향 소자이기 때문에 적절한 스위칭 회로를 구성하여야 한다.

그림 2-1은 저항부하를 갖는 단상 교류전압제어기의 회로도를 나타낸다. 그림 2-1에서 S_1과 S_2는 SCR을 나타내며 그림 2-2는 입력전압 v_i에 대한 출력 전압, 출력 전류, 스위치 양단 전압 게이트 펄스를 나타내었다.

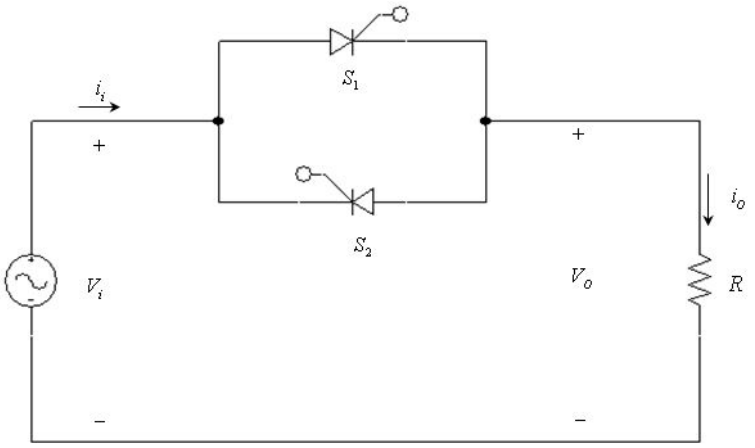


그림 2-1 저항 부하를 가진 단상 교류전압 제어기 회로도

입력전압 v_i의 양(+)의 반주기에서는 SCR S_1의 지연각 α를 가변하여 전력의 흐름을 제어하며 음(-)의 반주기에서는 S_2의 지연각 α를 가변하여 제어한다. 정상상태에서 S_1과 S_2의 게이트 신호는 180°의 위상차를 갖는다.

그림 2-2에서 출력전압 v_o의 실효값 V_o를 구하기 위해 입력전압 v_i를 식 (1) 이라고 하면

$$v_i = \sqrt{2}\, V sin\omega t \qquad (1)$$

실효값 V_o 는 식 (2)와 같다.

$$v_o = \sqrt{\frac{1}{\pi}\int_0^{\pi} v_o d\omega t}$$

$$= \sqrt{\frac{1}{\pi}\int_{\alpha}^{\pi} (\sqrt{2}\, V sin\omega t)^2 d\omega t}$$

$$= V\sqrt{\frac{1}{\pi}(\pi - \alpha + \frac{\sin 2\alpha}{2})} \qquad (2)$$

식 (2)에서 알 수 있듯이 지연각 α를 $0^\circ \sim 180^\circ$까지 가변함에 따라 출력전압의 실효값 V_o는 V에서 0까지 변한다. 따라서 이 방식은 교류출력의 주파수는 일정하게 하고 전압을 가변하고자 하는 경우 유용하게 사용된다.

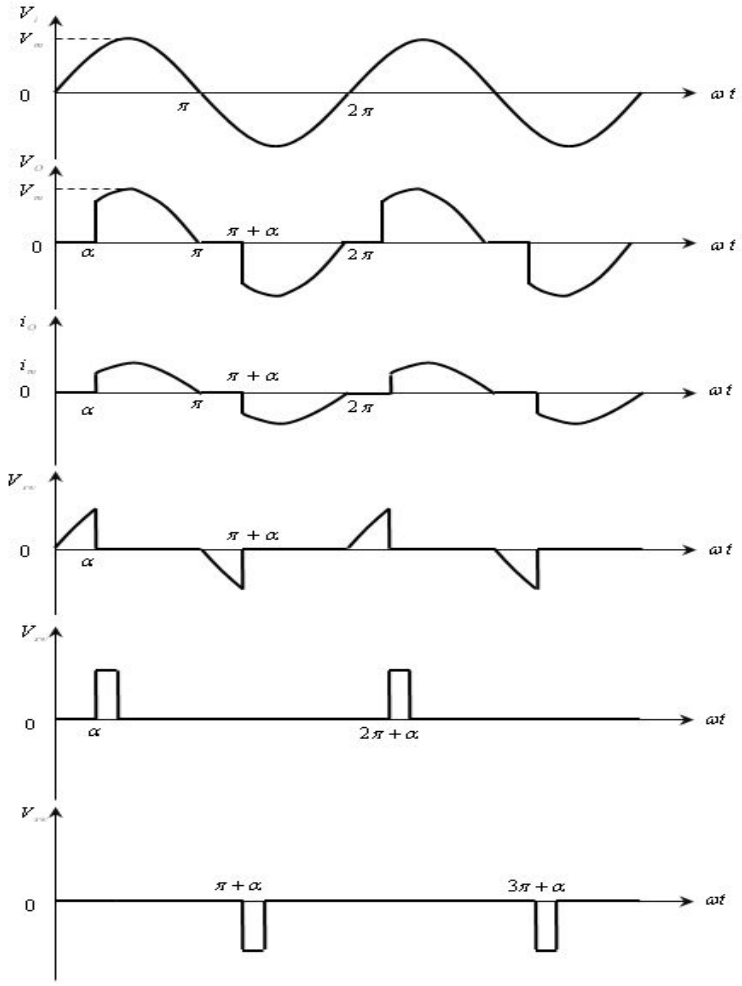


그림 2-2 저항부하를 가진 단상 교류전압 제어기 전압 전류 파형

B. 3상 교류 전압 제어기

1. Y-Y 결선 저항 부하

단상 교류는 출력 전압 파형의 비대칭 특성으로 인해, 단상 교류 전압 제어기보다 3상 교류 전압 제어기가 보편적으로 이용된다. 그림 2-3은 Y 결선된 저항부하를 갖는 3상 전파 제어기의 회로도이다. 전력 반도체 스위치로 사용된 SCR은 $S_1 \rightarrow S_2 \rightarrow S_3 \rightarrow S_4 \rightarrow S_5 \rightarrow S_6$의 순서로 60° 간격으로 턴-온(Turn-on)된다.

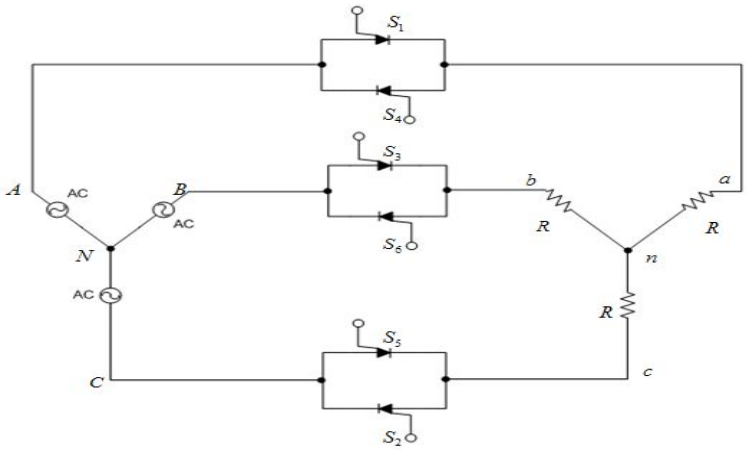


그림 2-3 Y 결선 저항 부하를 가진 3상 교류전압 제어기

그림 2-3의 순시 입력 상전압은 식 (3) 와 같이 정의 된다.

$$v_{AN} = \sqrt{2}\, V_s \sin \omega t$$

$$v_{BN} = \sqrt{2}\, V_s \sin\left(\omega t - \frac{2\pi}{3}\right)$$

$$v_{CN} = \sqrt{2}\, V_s \sin\left(\omega t - \frac{4\pi}{3}\right) \tag{3}$$

식 (3)에 의하여 순시 입력 선전압은 식 (4)와 같이 나타난다.

$$v_{AB} = \sqrt{6}\, V_s \sin\left(\omega t + \frac{\pi}{6}\right)$$

$$v_{BC} = \sqrt{6}\, V_s \sin\left(\omega t - \frac{\pi}{2}\right)$$

$$v_{CA} = \sqrt{6}\, V_s \sin\left(\omega t - \frac{7\pi}{6}\right) \tag{4}$$

그림 2-3에서 부하로 전달되는 전력은 각 SCR에서 지연각 α로 제어한다. 게이트 신호는 가능한 도통각 동안 계속 인가되도록 한다.

부하의 각 상에 걸리는 순시전압은 어느 SCR이 도통중인가에 따라 결정이 된다. 각 순간에 2개 또는 3개의 SCR이 온(on) 상태 이거나 모든 SCR이 오프(off)상태이다. 부하에는 3개의 SCR이 온 상태 이면 상전압이 걸리고 2개의 SCR이 온 상태이면 선간전압의 절반이 걸리며 모든 SCR이 오프상태이면 전압이 걸리지 않는다.

각 상에서 한 개씩 3개의 SCR이 온 상태이면 부하의 상전압이 모두 전원에 접속 되어 대칭 3상전원이 평형 3상 부하에 접속되게 된다. 이 때 부하의 각 상에 걸리는 전압은 해당되는 상전압이다. 예를 들어, S_1/S_2와 S_6가 온 상태이면 $v_{an} = v_{AN},\ v_{bn} = v_{BN},\ v_{cn} = v_{CN}$이다. 2개의 SCR이 온 상태인 경우에는 접속되어 있는 상 사이의 선간전압이 균등 분배되어 해당되는 두 개의 부하저항에 걸린다. 예를 들면, S_1과 S_2만 온 상태

일 경우에는 $v_{an} = v_{AC}/2$, $v_{cn} = v_{CA}/2$이고 $v_{bn} = 0$이 된다. 특정한 순간에 어느 SCR이 도통중인지는 지연각 α와 그 순간의 전원전압으로 판별한다.

α의 범위에 따른 부하전압의 관계는 다음과 같이 나누어 설명 할 수 있다.

(a) $0 < \alpha < 60^\circ$ 인 경우

그림 2-4에서 $\alpha = 30^\circ$ 일 때의 부하 상전압 v_{an}을 나타낸 것으로 α가 $0^\circ < \alpha < 60^\circ$ 사이인 경우에는 어느 한 순간에 도통 SCR은 두 개 또는 세 개다. $\omega t = 0$일 때 S_5와 S_6가 도통중이며, R_a에 전류가 흐르지 않으므로 $v_{an} = 0$이 된다. $\omega t = \pi/6(30^\circ)$일 때 S_1이 게이트 신호를 받아서 도통되기 시작하며 S_5와 S_6은 여전히 온 상태이므로 $v_{an} = v_{AN}$이다.

$\alpha = 60^\circ$ 이면 S_5에 흐르던 전류가 0이 되면서 S_5가 턴오프되며 S_1과 S_6은 여전히 온 상태이므로 $v_{an} = v_{AB}/2$이다. 90° 에서 S_2가 턴온되면서 S_1, S_2, S_6의 세 SCR이 도통 상태이므로 $v_{an} = v_{AN}$ 이다. SCR이 순서대로 점호되면서 어떤 특정 순간에 도통중인 SCR의 수는 두 개 또는 세 개로 바뀐다. 3상 부하에 걸리는 상전압과 각 스위치에 흐르는 전류의 파형은 그림 2-5과 같다. 세 개의 SCR이 온 상태인 구간이 존재하려면 지연각이 60° 미만이어야 한다.

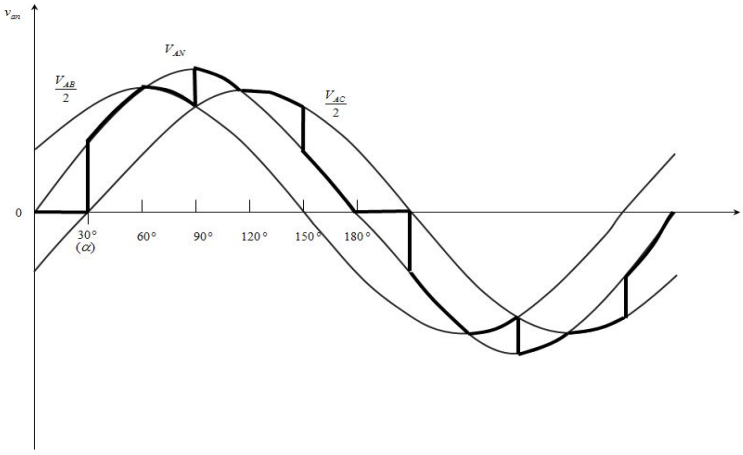
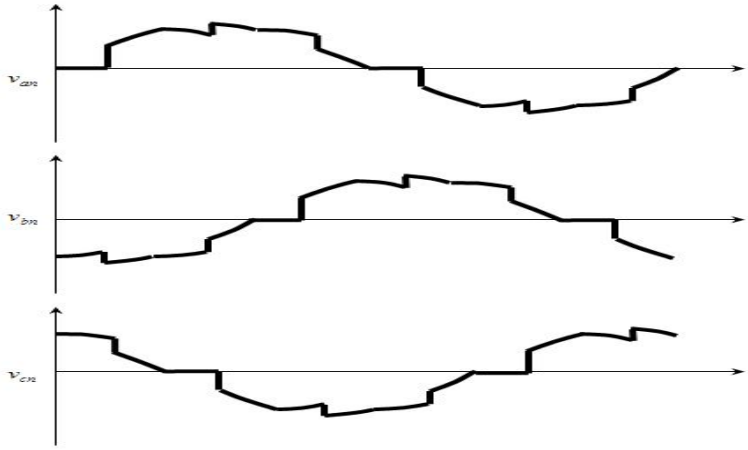
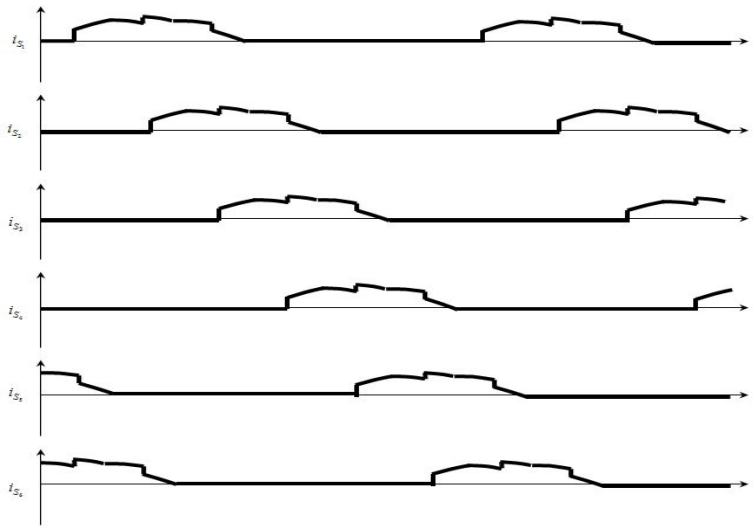


그림 2-4 $\alpha = 30^{\circ}$ 일 때의 부하전압 v_{an}



(a) $\alpha = 30^{\circ}$ 일 때 3상 저항부하에 대한 부하전압



(b) 스위치 전류

그림 2-5 $\alpha = 30^\circ$ 일 때 3상 저항부하에 대한
부하전압과 스위치전류

(b) $60^\circ < \alpha < 90^\circ$

지연각이 $60^\circ < \alpha < 90^\circ$ **인 경우에는 어느 순간이든 두 개의 SCR 만이 도통되며.** $\alpha = 75^\circ$ **인 경우의 부하전압** v_{an}**은 그림 2-6와 같다.** $\omega t = 75^\circ$ **직전에는** S_5 **와** S_6 **가 도통중이어서** $v_{an} = 0$**이고** 75° **에서** S_1**이 턴온되면** S_6 **는 계속 도통되지만** S_5**은** v_{cn} **이 음의 값이므로 턴오프되어야 한다. 따라서** v_{an}**은** $v_{AB}/2$ **가 된다.** $\alpha = 135^\circ$ **에서** S_2**가 턴온되면** S_6**가 턴오프되므로** $v_{an} = v_{AC}/2$**이다.** $\alpha = 195^\circ$ **에서** S_3**가 턴온되면** S_1**이 턴오프되면서** $v_{an} = 0$**이 된다.** α**가 이 범위의 값일 때에는 한 SCR이 턴온되면 이로 인하여 다른 SCR 하나가 항상 턴오프된다. 부하전압의 크기는 선간전압의 절반이거나 0이다.**

(c) $90^\circ < \alpha < 150^\circ$

지연각이 $90^\circ < \alpha < 150^\circ$ 인 경우 두 개의 SCR만이 도통중인 구간과 세 개의 SCR이 모두 도통되지 않는 구간이 존재하며 그림 2-7는 $\alpha = 120^\circ$ 일 때의 부하전압 v_{an}이다. $\omega t = 120^\circ$ 에서 S_1에서 게이트 신호가 가해지는데 이 시점에서 S_6에는 여전히 게이트 신호가 가해지고 있는 상태이다. v_{AB}가 양의 값이므로 두 SCR이 모두 순방향 바이어스되어 도통하기 시작하며 $v_{an} = v_{AB}/2$가 된다. $\alpha = 150^\circ$ 에서 v_{AB}가 음의 값이 되면서 S_1과 S_6는 모두 턴오프된다. 180° 에서 S_2에 게이트 신호가 가해져서 S_2가 턴온되면 S_1이 다시 턴온된다.

(d) $\alpha > 150^\circ$

지연각이 $\alpha > 150^\circ$ 인 경우에는 게이트 신호는 인가되고 있지만 SCR이 순방향 바이어스 상태가 되는 구간이 존재하지 않는다. 따라서 모든 SCR이 오프상태이며 출력 전압이 0 이 되게 된다.[13]

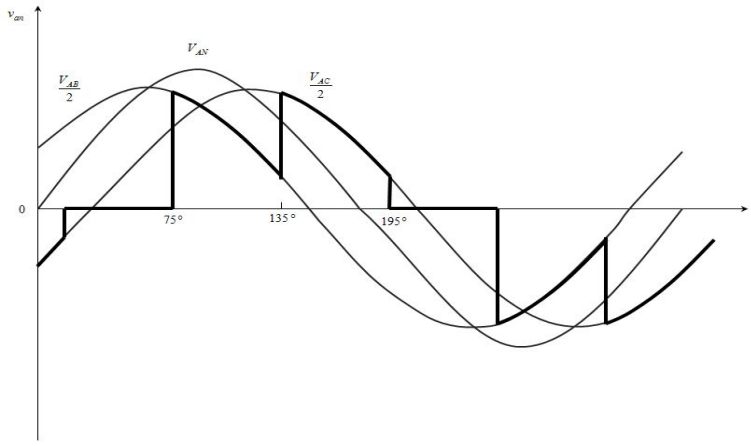


그림 2-6 $\alpha = 75^{\circ}$ 일 때의 부하전압 v_{an}

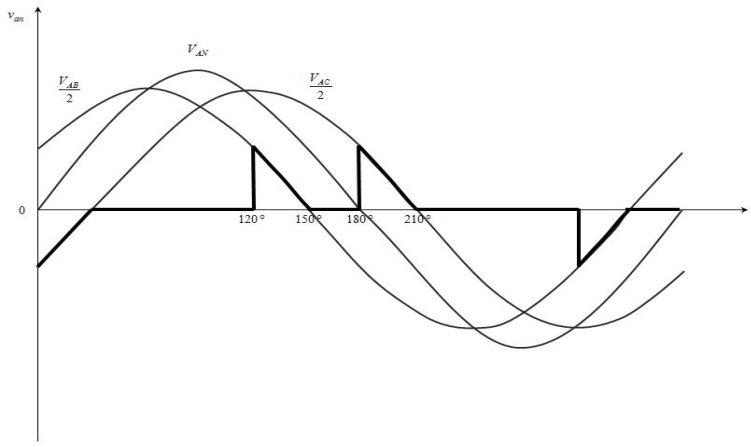


그림 2-7 $\alpha = 120^{\circ}$ 일 때의 부하전압 v_{an}

2. Y-△ 결선 저항 부하

그림 2-8은 Y 결선 교류 전원에 △결선의 저항부하를 연결한 3상 교류전압 제어기 이다. △결선에서 상전류는 선전류의 $1/\sqrt{3}$이기 때문에, SCR의 전류 정격은 SCR가 선상에 위치할 때의 전류 정격보다 작게 된다. 순시 선간 전압을 식 (5)과 같이 가정하였다.

$$v_{AB} = v_{ab} = \sqrt{2}\, V_s \sin\omega t$$

$$v_{BC} = v_{bc} = \sqrt{2}\, V_s \sin\left(\omega t - \frac{2\pi}{3}\right)$$

$$v_{CA} = v_{ca} = \sqrt{2}\, V_s \sin\left(\omega t - \frac{4\pi}{3}\right) \qquad (5)$$

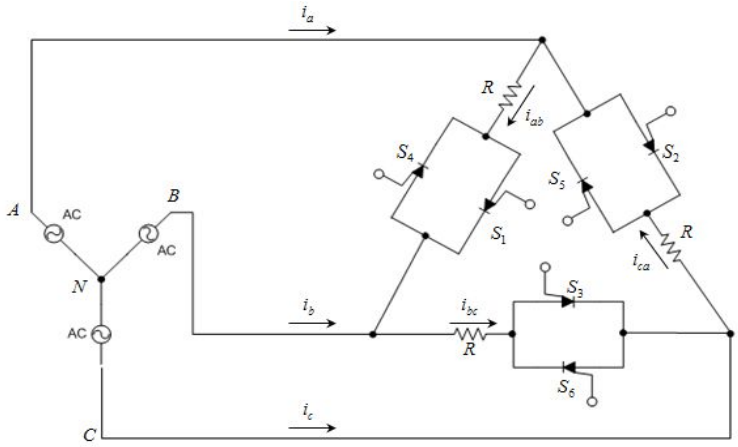


그림 2-8 △결선 저항부하를 가진 3상 교류 전압 제어기

부하저항 양단에 걸리는 전압은 각 상에 있는 SCR이 온상태이면 해당 선간전압이 된다. 지연각의 기준은 선간전압의 영 교차점이다. 그림 2-8에서 SCR은 $S_1 \rightarrow S_2 \rightarrow S_3 \rightarrow S_4 \rightarrow S_5 \rightarrow S_6$의 순서대로 턴온 동작을 한다.

각 상의 선전류는 식 (6)과 같이 나타낸다.

$$i_a = i_{ab} - i_{ca}$$

$$i_b = i_{bc} - i_{ab}$$

$$i_c = i_{ca} - i_{bc} \qquad (6)$$

실효 선전류와 실효 △전류 사이의 관계는 SCR의 도통각에 따라 달라진다. 도통각이 작은 경우(지연각 α가 큰 경우) △전류가 그림 2-9과 같이 중첩되지 않으므로 선전류의 실효값은 식 (7)과 같다.

$$I_{L,rms} = \sqrt{2}\, I_{\triangle,rms} \qquad (7)$$

도통각이 큰 경우 (지연각 α가 작은 경우)에는 △전류가 그림 2-10과 같이 중첩되므로 선전류의 실효값은 $\sqrt{2}\, I_{\triangle,rms}$보다 크다. 경계값 $\gamma = \pi$인 경우에는 $\alpha = 0$이므로 △전류와 선전류가 정현파이다. 이 경우에는 회로가 제어하지 않은 일반적인 3상회로가 되므로 선전류의 실효값은 식 (8)과 같이 나타난다.

$$I_{L,\mathrm{s}} = \sqrt{3}\, I_{\triangle,rms} \qquad (8)$$

따라서 선전류의 실효값은 α에 따라 달라지며 식 (9)의 범위 내에 있다.[14]

$$\sqrt{2}\, I_{\triangle,rms} \le I_{L,rms} \le \sqrt{3}\, I_{\triangle,rms} \tag{9}$$

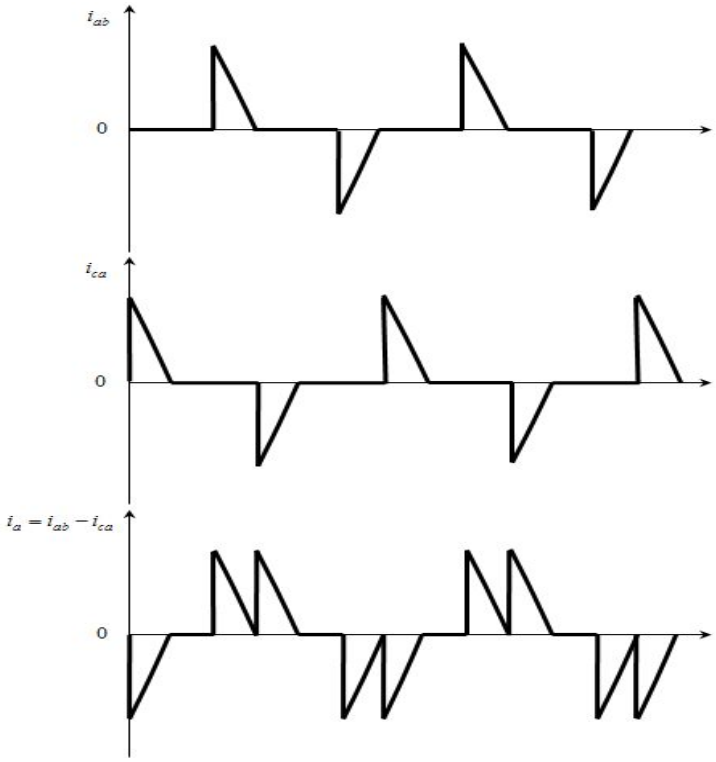


그림 2-9 $\alpha = 120^\circ$ 인 경우 선전류 파형

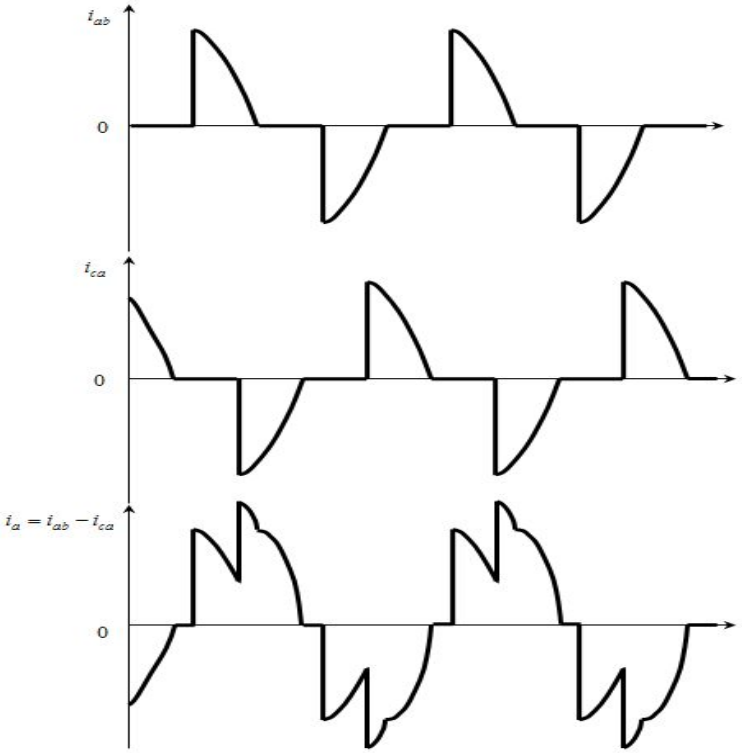


그림 2-10 $\alpha = 90^\circ$ 인 경우 선전류 파형

III. 시뮬레이션

A. 단상 교류전압 제어기

본 논문에서는 입력 전원에 교류 전압을 인가하였을 때 부하 저항을 연결한 단상 위상 제어 컨버터와 부하 저항을 연결한 3상 위상 제어 컨버터의 출력 전압과 출력 전류를 PSIM 프로그램과 PSpice 프로그램을 이용하여 시뮬레이션 하고 두 프로그램을 비교해 보았다.

그림 3-1은 PSIM을 이용한 부하 저항을 연결한 단상 위상 제어 컨버터의 회로도를 보여주고 있다.

입력전압 V_i를 그림 3-2와 같이 $220[V]$의 교류전압을 인가하여 주며 각 게이트에 입력각도를 $V_{g1} = [80^\circ \ 90^\circ]$, $V_{g2} = [260^\circ \ 270^\circ]$로 주어 $40[ms]$동안 시뮬레이션 하였다. 결과로 출력전압 V_o, 출력전류 i_o와 스위치 전압 $V_{s1,}$ V_{s2}를 그림 3-3, 그림 3-4, 그림 3-5로 나타내었다.

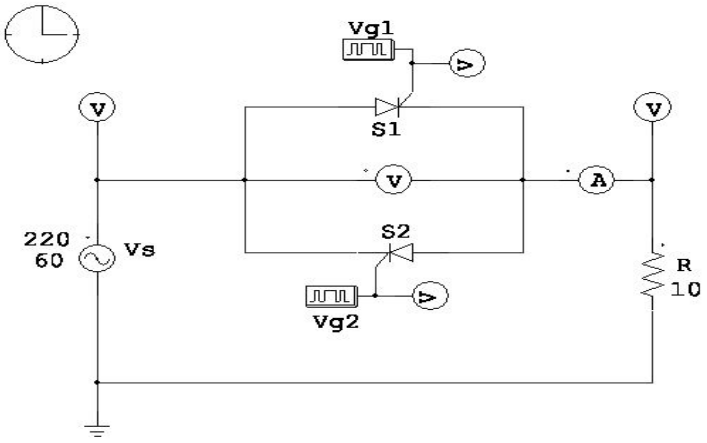


그림 3-1 PSIM을 이용한 단상 위상 제어 컨버터 회로도

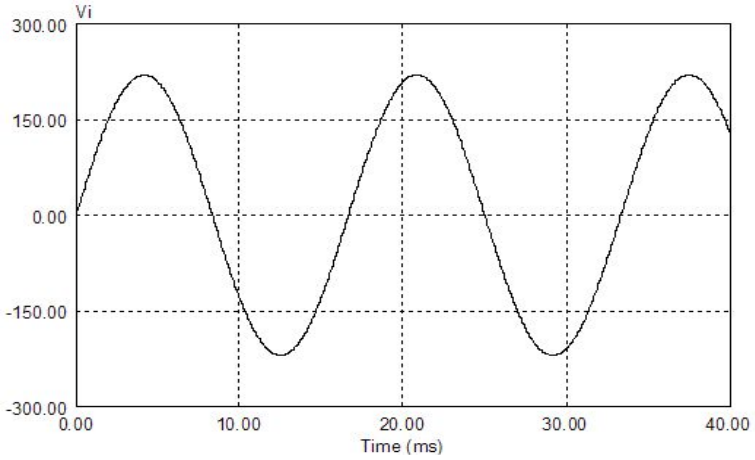


그림 3-2 입력전압 V_i 파형

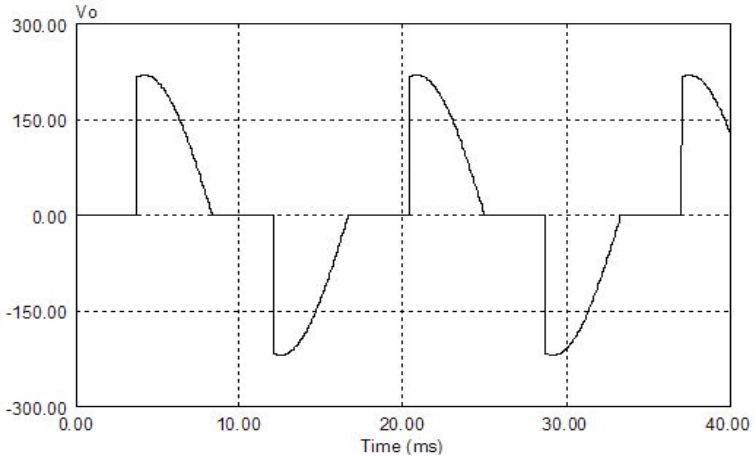


그림 3-3 출력 전압 V_o 파형

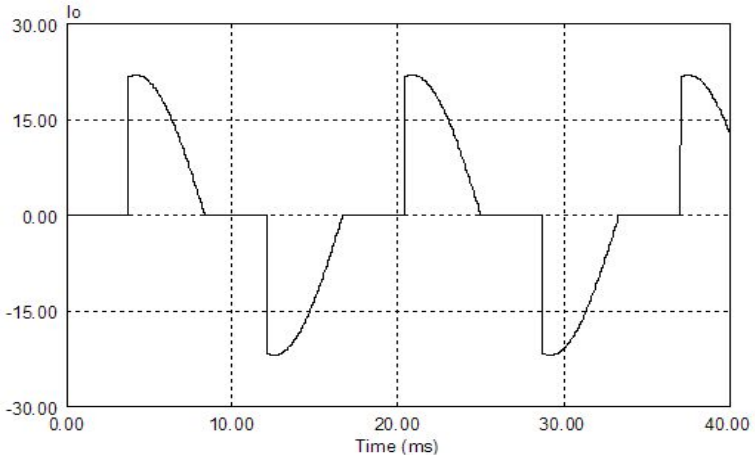


그림 3-4 출력 전류 i_o 파형

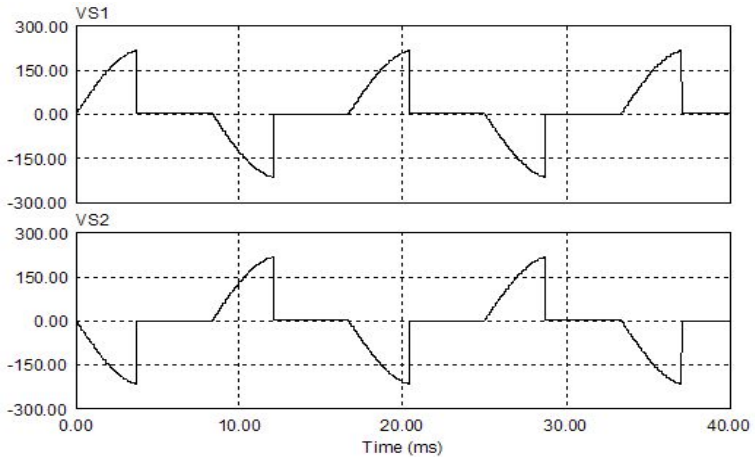


그림 3-5 스위치 전압 $V_{s1,}$ V_{s2} 파형

그림 3-6는 PSpice를 이용한 부하 저항을 연결한 단상 위상 제어 컨버터의 회로도를 보여주고 있다.

각 소자의 값은 앞의 PSIM에서와 같이 입력전압 V_i은 그림 3-7와 같이 $220[V]$을 인가하며 게이트 전압 인가를 위해 게이트 입력 각도에 대한 $360^\circ : 16666.7[\mu s] = x^\circ : t[\mu s]$의 방정식을 이용하여 $x = 90^\circ$와 $x = 270^\circ$를 입력하여 계산한 V_{g1}=4166.7[us], V_{g2}=12500[us]를 입력하고 $40[ms]$동안 시뮬레이션 하고 출력전압 V_o와 출력전류 i_o , 그리고 스위치 전압 $V_{s1,}$ V_{s2} 를 그림 3-8, 그림 3-9, 그림 3-10과 같이 나타내었다.

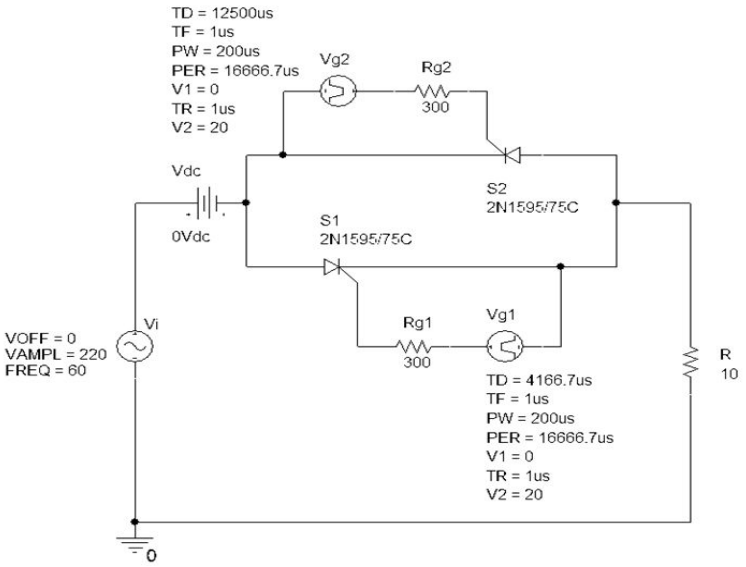


그림 3-6 PSpice를 이용한 단상 위상 제어 컨버터 회로도

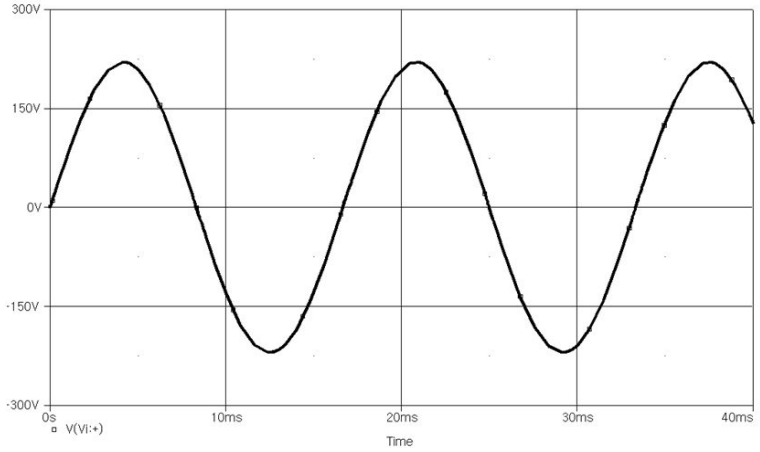


그림 3-7 입력 전압 V_i 파형

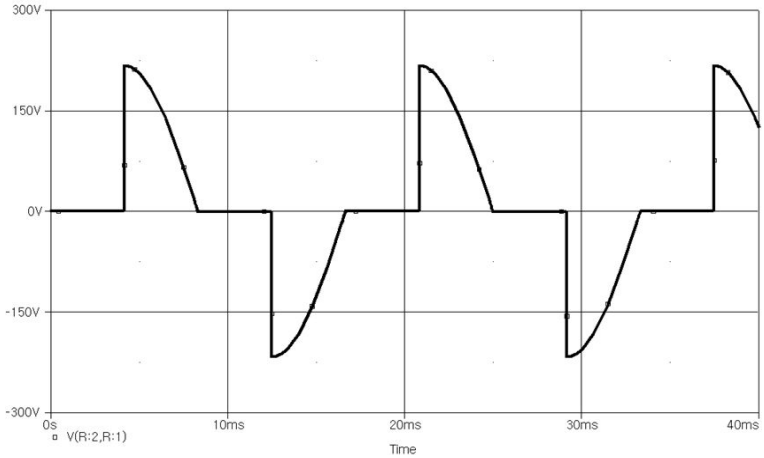


그림 3-8 출력 전압 V_o 파형

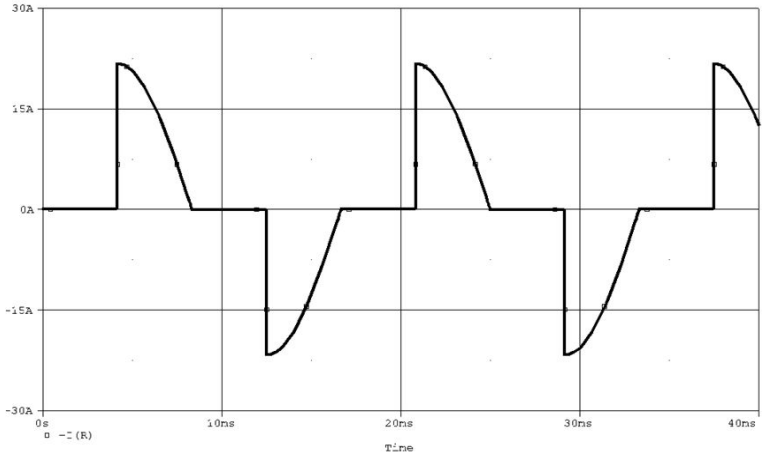


그림 3-9 출력 전류 i_o 파형

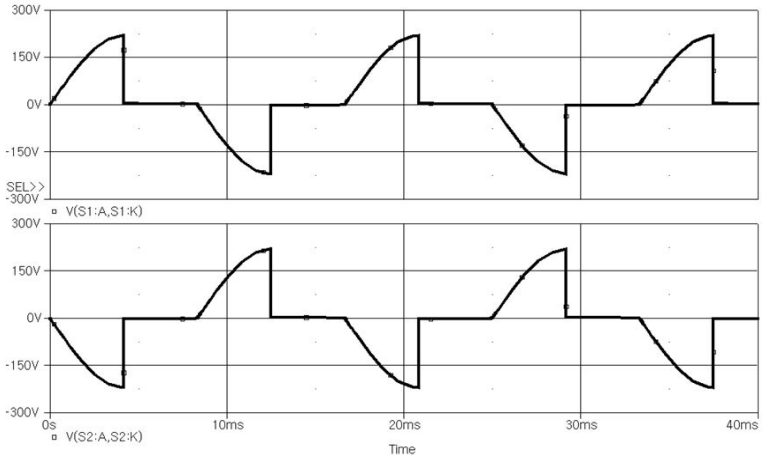


그림 3-10 스위치 전압 $V_{s1,}$ V_{s2} 파형

B. 3상 교류전압 제어기

1. Y-Y 결선

다음은 입력 전압을 각 상마다 위상 차이를 120°로 주고 $220[V]$로 지정한 교류 전압을 인가하고 부하 저항을 Y결선으로 연결한 3상 Y-Y 결선 위상제어 컨버터를 PSIM를 이용하여 그림 3-11와 같이 회로도를 구성하여 시뮬레이션 수행하였다.

입력 전압 V_a, V_b, V_c은 그림 3-12와 같이 $220[V]$와 같이 인가해 주고, 게이트 전압은 V_{g1}=[20° 30° 80° 90°]을 기준으로 각 게이트에 60° 씩 더해주어 입력하여준다. 시뮬레이션 결과로 각 상의 부하 전압 V_{Ra}, V_{Rb}, V_{Rc}과 스위치 SCR에 흐르는 전류인 $i_{S1}, i_{S2}, i_{S3}, i_{S4}, i_{S5}, i_{S6}$를 그림 3-13, 그림 3-14과 같이 나타내었다.

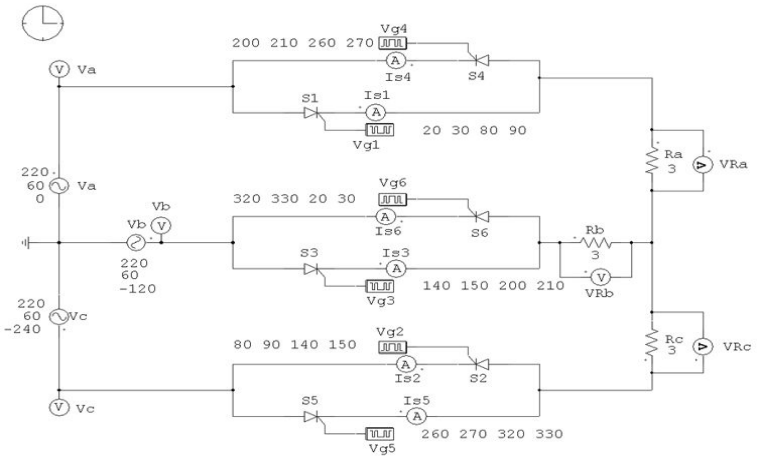


그림 3-11 PSIM를 이용한 3상 위상 제어 컨버터 회로도
($Y-Y$결선)

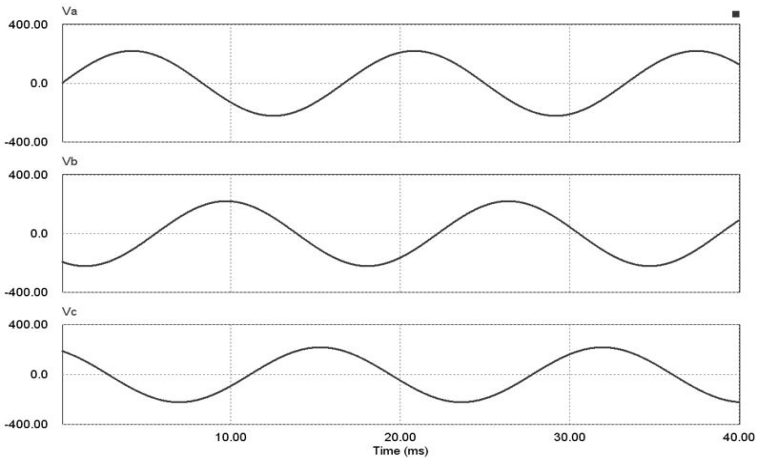


그림 3-12 입력 전압 V_a, V_b, V_c 파형

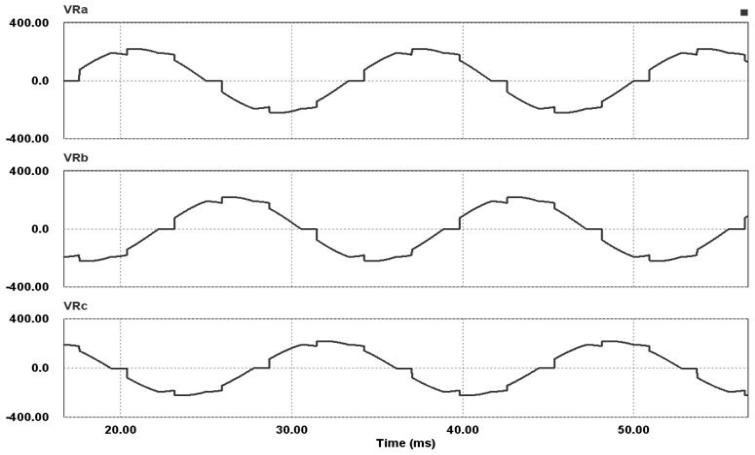


그림 3-13 부하 전압 V_{Ra}, V_{Rb}, V_{Rc} 파형

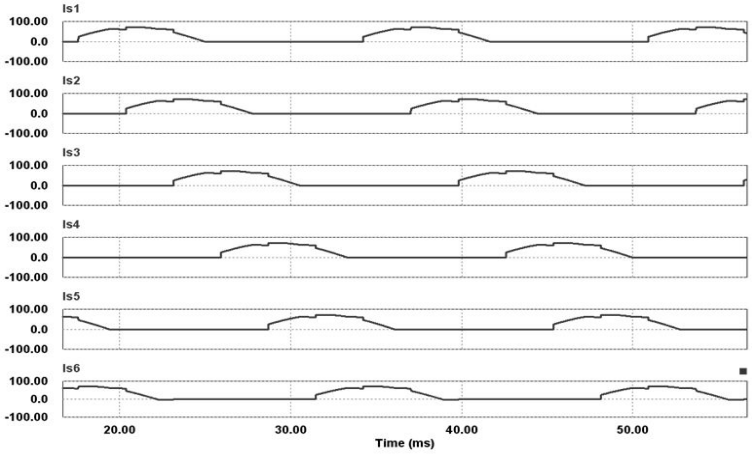


그림 3-14 스위치 전류 $i_{S1}, i_{S2}, i_{S3}, i_{S4}, i_{S5}, i_{S6}$ 파형

그림 3-15는 PSpice를 이용한 부하 저항을 연결한 Y-Y 결선한 3상 위상제어 컨버터 회로도를 보여주고 있다.

앞의 PSIM 프로그램에서와 같이 입력 전압 V_a, V_b, V_c은 그림 3-16와 같이 $220[V]$씩 인가해 주고, 게이트 전압을 계산하여 지연시각을 입력하여 준다. 시뮬레이션 결과로 각 상의 부하 전압 V_{Ra}, V_{Rb}, V_{Rc}과 스위치 전류 $i_{S1}, i_{S2}, i_{S3}, i_{S4}, i_{S5}, i_{S6}$ 를 그림 3-17, 그림 3-18과 같이 나타내었다.

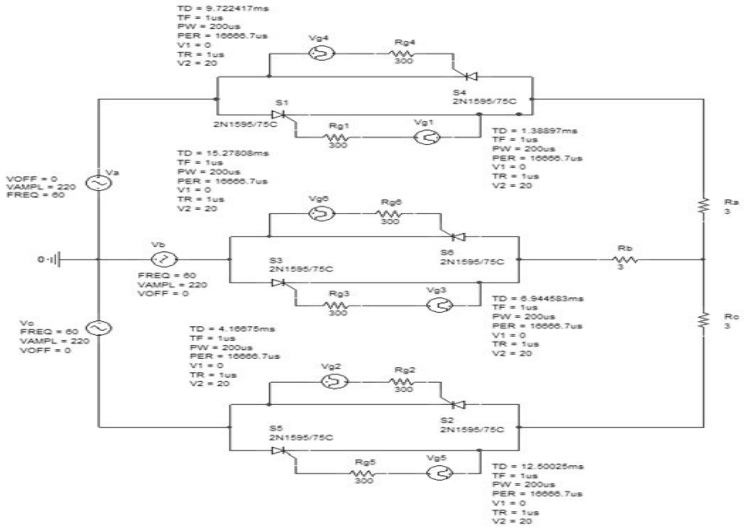


그림 3-15 PSpice를 이용한 3상 위상 제어 컨버터 회로도 ($Y-Y$결선)

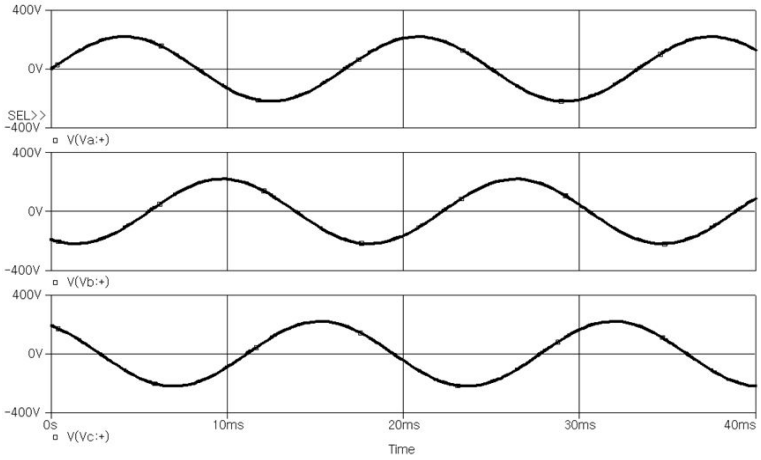


그림 3-16 입력 전압 V_a, V_b, V_c 파형

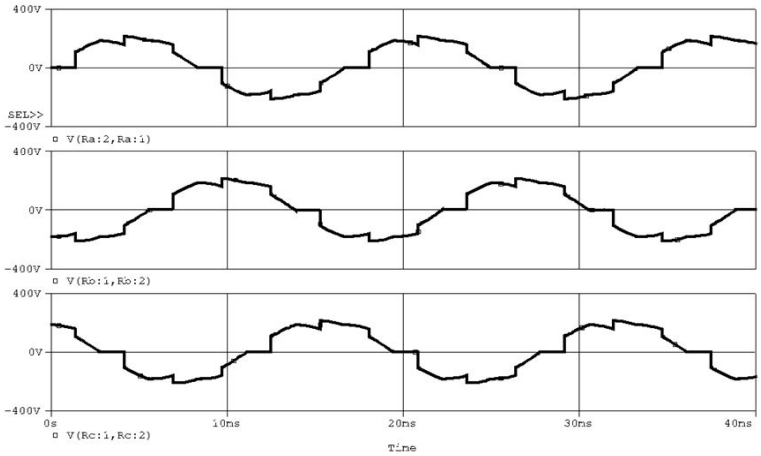


그림 3-17 부하 전압 V_{Ra}, V_{Rb}, V_{Rc} 파형

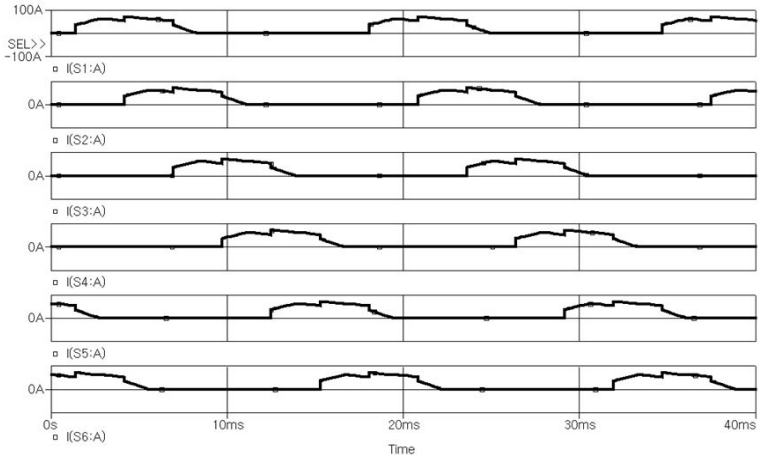


그림 3-18 스위치 전류 $i_{S1}, i_{S2}, i_{S3}, i_{S4}, i_{S5}, i_{S6}$ 파형

2. Y-△ 결선

다음은 입력 전압 을 각 상마다 위상 차이를 120°를 준 각 $141[V]$로 지정한 교류 전압을 인가하고 부하 저항을 △결선으로 연결한 3상 $Y-\triangle$ 위상제어 컨버터를 그림 3-19와 같이 회로도를 구성하여 PSIM을 이용하여 시뮬레이션 한 결과이다.

입력 전압 $V_{a,}\ V_{b,}\ V_{c}$은 그림 3-20 같이 $141[V]$을 인가해 주고, 시뮬레이션 결과로는 지연각을 $\alpha=120^{\circ}$으로 주었을 경우와 지연각을 $\alpha=90^{\circ}$로 주었을 경우 부하 전류 $i_{ab,}\ i_{bc,}\ i_{ca}$와 상전류 $i_{Va,}\ i_{Vb,}\ i_{Vc}$의 파형을 그림 3-21, 그림3-22, 그림 3-23, 그림 3-24 과 같이 나타내었다.

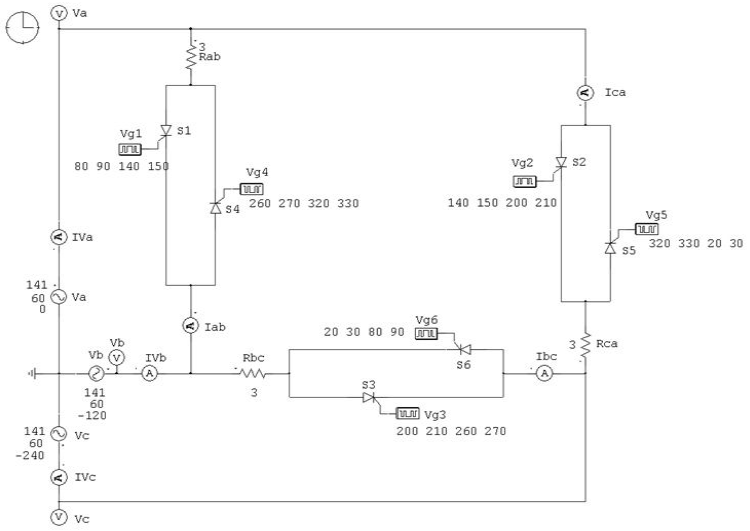


그림 3-19 PSIM을 이용한 3상 위상 제어 컨버터
($Y-\triangle$ 결선)

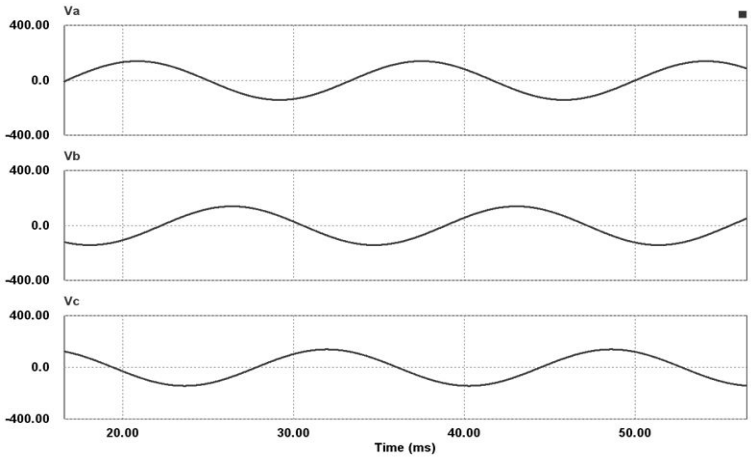


그림 3-20 입력 전압 V_a, V_b, V_c 파형

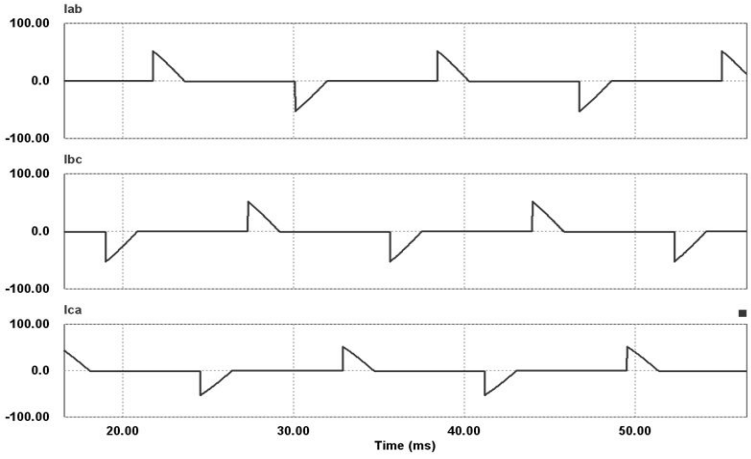


그림 3-21 부하전류 i_{ab}, i_{bc}, i_{ca} 파형($\alpha = 120^\circ$)

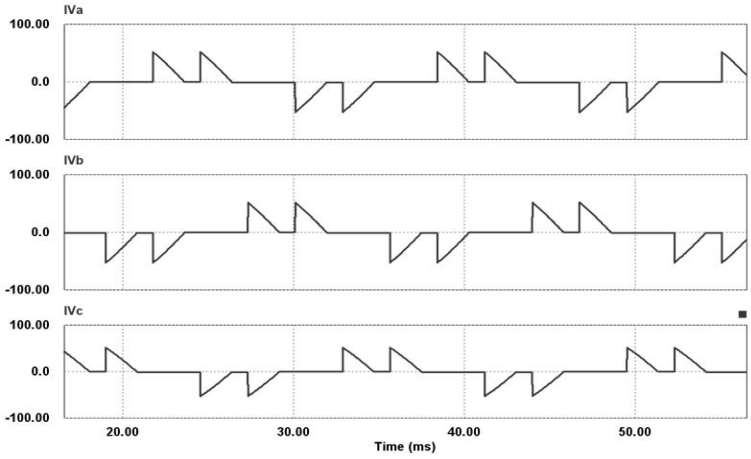


그림 3-22 상전류 i_{Va}, i_{Vb}, i_{Vc} 파형($\alpha = 120^{\circ}$)

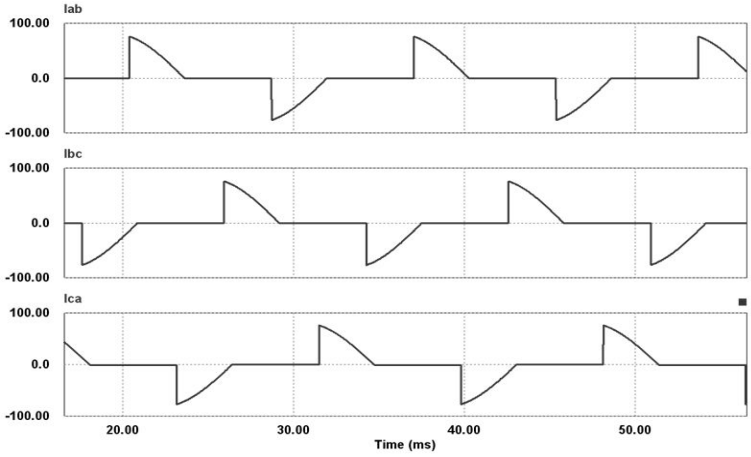


그림 3-23 부하전류 i_{ab}, i_{bc}, i_{ca} 파형($\alpha = 90^{\circ}$)

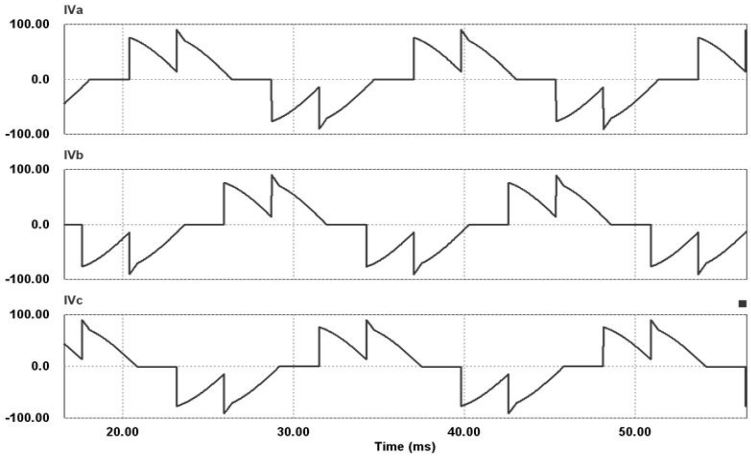


그림 3-24 상전류 i_{Va}, i_{Vb}, i_{Vc} 파형($\alpha = 90^{\circ}$)

그림 3-25는 PSpice를 이용한 부하 저항을 연결한 Y-△ 결선한 3상 위상제어 컨버터 회로도를 보여주고 있다.

입력 전압 $V_{a,}\ V_{b,}\ V_c$은 그림 3-26 같이 $141[V]$와 같이 인가해 주고, 시뮬레이션 결과로는 지연각을 $\alpha = 120^{\circ}$으로 주었을 경우 부하 전류 $i_{ab,}i_{bc,}i_{ca}$와 상전류 $i_{Va,}i_{Vb,}i_{Vc}$을 나타내고, 지연각을 $\alpha = 90^{\circ}$로 주었을 경우 부하 전류 $i_{ab,}i_{bc,}i_{ca}$와 상전류 $i_{Va,}i_{Vb,}i_{Vc}$의 파형을 그림 3-27, 그림3-28, 그림 3-29, 그림 3-30 과 같이 나타내었다.

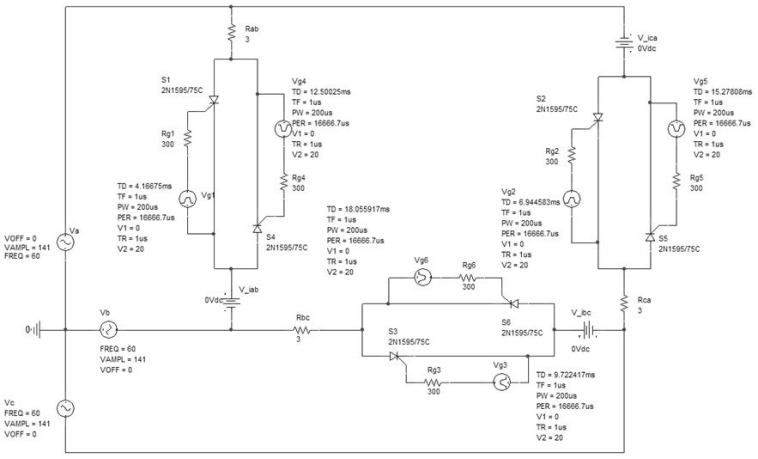


그림 3-25 PSpice를 이용한 3상 위상 제어 컨버터
($Y-\triangle$ 결선)

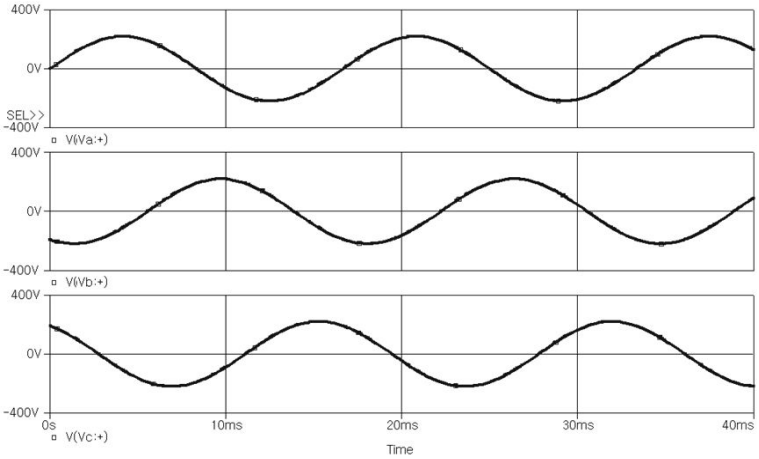


그림 3-26 입력 전압 V_a, V_b, V_c 파형

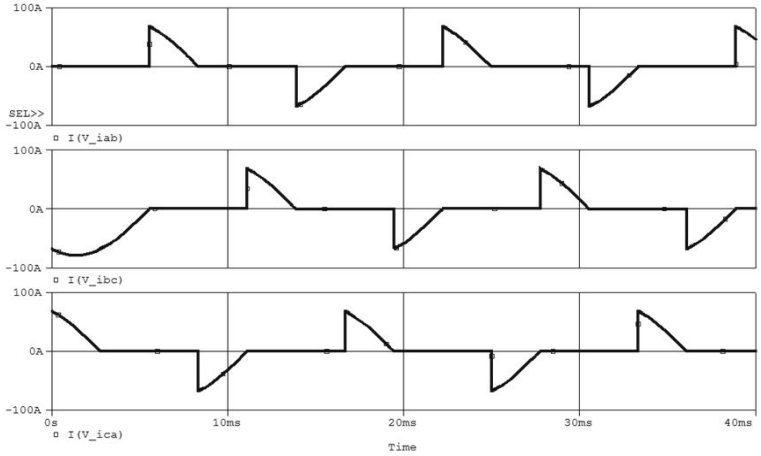


그림 3-27 부하전류 i_{ab}, i_{bc}, i_{ca} 파형($\alpha = 120^\circ$)

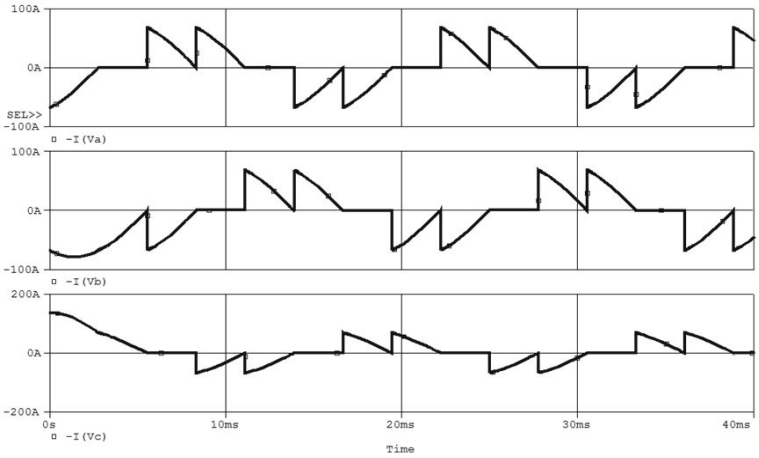


그림 3-28 상전류 i_{Va}, i_{Vb}, i_{Vc} 파형($\alpha = 120^{\circ}$)

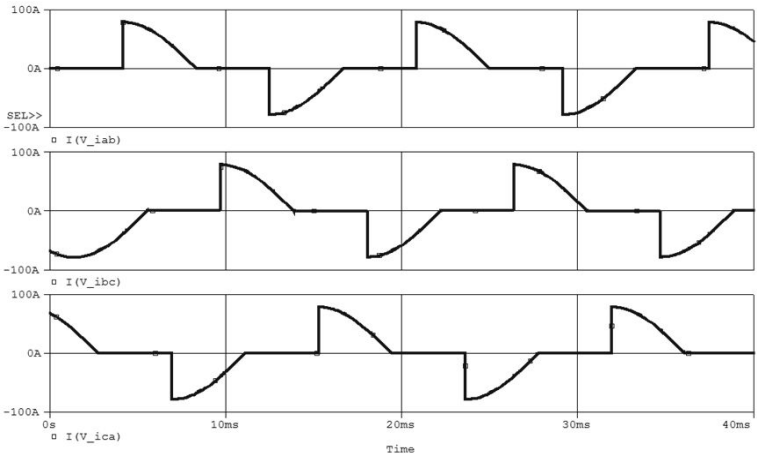


그림 3-29 부하전류 i_{ab}, i_{bc}, i_{ca} 파형($\alpha = 90^{\circ}$)

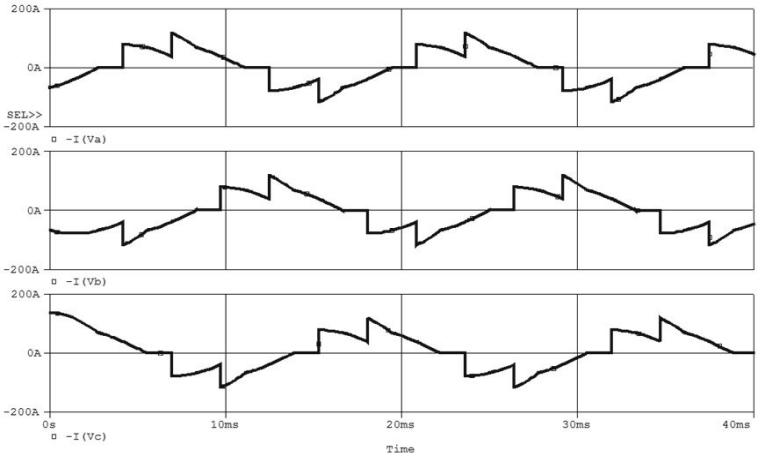


그림 3-30 상전류 i_{Va}, i_{Vb}, i_{Vc} 파형($\alpha = 90^{\circ}$)

C. 시뮬레이션 결과 검토

앞 절에서의 단상 위상제어 컨버터, 3상 Y-Y 결선 위상제어 컨버터 그리고 3상 Y-△결선 위상제어 컨버터를 통하여 PSIM과 PSpice 프로그램을 사용한 시뮬레이션 한 결과 이론적 고찰과 같은 결과 값이 나온다는 것을 알 수 있었다.

또한 표 1은 PSIM과 PSpice 프로그램을 수행한 결과 두 개의 시뮬레이션 특성을 비교한 결과를 나타내었다.

표 1 PSIM과 PSpice 비교

PSIM	PSpice
- 사용자 친화적인 인터페이스가 부족	- 사용자 측면에 있어서 회로도 작성 및 수행이 용이
- 제한된 라이브러리 - 간단화된 소자모델	- 라이브러리 풍부 - 정확한 소자모델 제공
- 간단화된 소자모델로 인한 data의 부정확성이 문제 - 고주파수 동작시 스위칭 소자의 스위칭 효과에 대한 해석이 어려움	- 세부적이고 실제적인 소자의 모델 및 특성을 사용함으로 시뮬레이션 수행에 많은 시간이 소요. - 잦은 Convergence 문제 발생 - 소자 모델의 정확한 이해와 다양한 시행착오가 요구

IV. 결 론

본 논문에서는 전동기를 구동원으로 사용하는 다양한 제품의 개발과 조명산업 시장의 확장에 의해 조광회로의 발전 등으로 전동기 구동과 조광회로 등에 사용되는 AC-AC 위상 제어 컨버터에 대해 고찰하였다.

AC-AC 위상제어인 단상 위상제어 컨버터, 3상 Y-Y 결선 위상제어 컨버터 그리고 3상 $Y-\triangle$결선 위상제어 컨버터에 대해 이론적 서술을 하고 있다. 위상제어(Phase control) 방법은 반도체 소자 스위치인 SCR에 게이트(gate) 전압의 펄스(Pulse) 전압에 따라 출력 전압과 출력 전류가 변화하는 방법으로 입력 전원의 전압과 전류의 크기를 낮추어 부하 저항에서 필요로 하는 전력 값으로 맞출 경우에 사용된다.

이러한 위상 제어(phase control)방법을 이용하여 부하 저항을 연결한 단상 위상 제어 컨버터와 $Y-Y$결선 3상 위상 제어 컨버터, $Y-\triangle$결선 3상 위상 제어 컨버터의 동작설명과 파형을 설명하고 PSIM 프로그램과 PSpice 프로그램을 이용하여 시뮬레이션 해보고 두 프로그램을 비교 검토하였다.

시뮬레이션 결과로 PSIM 프로그램과 PSpice 프로그램의 시뮬레이션 결과는 이론적인 파형과 동일한 파형이 나온다는 것을 알 수 있다.

두 개의 프로그램을 비교하여 보면 PSIM 프로그램은 이상적인 소자를 이용하여 회로도를 구성하여 시뮬레이션 하는 프로그램으로 빠르게 이상적인 동작을 보고자 할 경우 쉽게 사용할 수 있는 프로그램이다. 하지만 이상적인 소자만 사용하여 회로도를 구성하여 시뮬레이션을 하기 때문에 실제 소자를 사용한 회로도를 이용하여 측정한 값과 차이가 나기 때문에 결과 값의 신뢰도가 떨어진다는 단점이 있음을 알 수 있었다.

PSpice 프로그램은 자신이 원하는 소자나 이상적인 소자를 이용하여 회로도를 구성하여 시뮬레이션을 할 수 있는 프로그램으로 원하는 소자를

만들어 사용할 수 있어 PSIM 프로그램보다 더 정확한 결과 파형을 확인할 수 있다는 장점이 있다. 하지만 회로도가 복잡해지면 시뮬레이션 수행에 있어 시간이 필요하다는 단점이 있음을 알 수 있었다.

[참 고 문 헌]

[1] 박수강, "위상제어에 의한 단상유도전동기의 에너지 절감에 관한 연구", 1999, pp. 1~4

[2] Jorge Perez, Victor Cardenas, Homero Miranda, "Using a Single-Phase AC-AC Converter Controlled by a Passivity-based Law to Voltage Sags and Swells Compensation", International Power Electronics Congress, 10th IEEE, 2006, pp. 1~6

[3] Daolian Chen; Jian Liu, "The uni-polarity phase-shifted controlled voltage mode AC-AC converters with high frequency AC link", Power Electronics, IEEE Transactions on, 2006, PP. 899~905

[4] Kyyra, J, Valiviita, S, "Simulation method for phase-shift controlled AC-AC converters based on switching vector", Power Conversion Conference - Nagaoka 1997., Proceedings of the, 1997, pp. 373~378 vol.1

[5] Bingsen Wang, "A series compensator based on AC-AC power converters with virtual quadrature modulation", Power Electronics for Distributed Generation Systems (PEDG), 2010 2nd IEEE International Symposium on, 2010, pp. 438~443

[6] Minh-Khai Nguyen, Young-Gook Jung, Young-Cheol Lim, "Single-Phase AC-AC Converter Based on Quasi-Z-Source Topology", Industrial Electronics, 2009. ISIE 2009. IEEE International Symposium on, 2010, pp. 2200~2210

[7] Minambres V, Milanes M.I, Vinagre B, Romero E, "Comparison of controllers for a three-phase Phase Locked Loop system under distorted conditions", Compatibility and Power Electronics, 2009. CPE '09., 2009, pp. 79~85

[8] 홍순차, 전희종. 백형래, 원충연 공역 "PSpice를 활용한 전력전자공학", 도서출판 인터비젼, 2005, pp. 199~201

[9] Muhammad H. Rashid, "Power Electronics THIRD EDITON", 2010, PEARSON Prentice Hall ,pp. 592~595

[10] Ahmed N.A, El-Zohri E.H, "Power factor improvement of single-phase ac voltage controller employing extinction angle control technique ",Micro-NanoMechatronics and Human Science, 2003 IEEE International Symposium on, 2003, pp. 1075~1080

[11] Srinivasan S, Venkataramanan G, "Design of a versatile three-phase AC line conditioner", Industry Applications Conference, 1995. Thirtieth IAS Annual Meeting, IAS '95., Conference Record of the 1995 IEEE, 1995, pp. 2492~2499 vol.3

[12] Byung-Moon Han, Seung-Taek Baek, Hee-Joong Kim, "New controller for single-phase PWM converter without ac source voltage sensor", Power Engineering Society General Meeting, 2004. IEEE, 2004

[13] Martin J-P, Pierfederici S, Meibody-Tabar F, Davat B, "New fixed frequency AC current controller for a single phase

voltage source inverter", Power Electronics Specialists Conference, 2002. pesc 02. 2002 IEEE 33rd Annual, 2002, pp. 909~914 vol.2

[14] Kazem Alwaeli H.A, Kadhim K.N, Abuazom M.A, "Analysis of a three-phase delta connected inductive load controlled by an ac voltage controllers", Power Electronics and Motion Control Conference, 2004. IPEMC 2004. The 4th International, 2004, 420~424

감사의 글

새로운 각오로 시작한 대학원 공부를 무사히 마치고 이렇게 작은 결실을 맺을 수 있도록 많은 도움 주신 모든 분들께 깊은 감사를 드립니다.

이 논문이 완성될 수 있도록 자상하고 꼼꼼하게 지도를 해 주신 조금배 교수님께 진심으로 감사드립니다. 부족한 부분을 지도해 주신 오금곤 교수님, 최연옥 교수님께도 감사드립니다.

그리고 논문이 완성되기까지 많은 도움을 주신 조선대학교 전기공학과 전력전자연구실에 석사과정 임지혜님, 장인혁님에게 감사의 말씀을 드립니다.

대학원 생활에서 많은 도움과 조언을 해줬던 양정원 선생님, 박선희 선생님, 박정현 선생님, 탁덕기 선생님, 김준엽 선생님, 이헌중 선생님, 송민철 선생님, 최우석 선생님, 강주영 선생님, 한승수 선생님, 김철희 선생님, 한선화 선생님, 김기열 선생님, 김혜영 선생님, 이세연 선생님, 김형진 선생님 그리고 대학원 생활에 물심양면으로 도움을 주신 전력전자연구실 사람들 모두에게 감사의 마음을 전합니다. 내 삶의 새로운 도전을 진심어린 마음으로 응원을 해준 내 주위 소중한 모든 분들께 감사드립니다.

오늘의 제가 있기까지 사랑으로 지켜봐 주시고 모든 뒷바라지를 해주신 부모님께 진심으로 감사의 마음을 전하면서, 이 논문을 드립니다.

앞으로 열심히, 성실하게 생활하며, 좋은 선생님이 되도록 노력하겠습니다.

2011. 2

임수연 올림

저작물 이용 허락서

학 과	기술가정교육	학 번	20088146	과 정	석사
성 명	한글: 임수연 한문 : 林秀妍 영문 : Lim Su Yeon				
주 소	경기도 부천시 소사구 송내동 339-2번지 욱일아파트 A동 502동				
연락처	E-MAIL : youthlim@yahoo.co.kr				
논문제목	한글 : Simulation Tool을 이용한 위상제어 컨버터의 동작 특성 분석 영문 : Operation Characteristics Analysis of Phase Control Convertor using Simulation Tool				

본인이 저작한 위의 저작물에 대하여 다음과 같은 조건아래 조선대학교가 저작물을 이용할 수 있도록 허락하고 동의합니다.

- 다 음 -

1. 저작물의 DB구축 및 인터넷을 포함한 정보통신망에의 공개를 위한 저작물의 복제, 기억장치에의 저장, 전송 등을 허락함
2. 위의 목적을 위하여 필요한 범위 내에서의 편집·형식상의 변경을 허락함. 다만, 저작물의 내용변경은 금지함.
3. 배포·전송된 저작물의 영리적 목적을 위한 복제, 저장, 전송 등은 금지함.
4. 저작물에 대한 이용기간은 5년으로 하고, 기간종료 3개월 이내에 별도의 의사표시가 없을 경우에는 저작물의 이용기간을 계속 연장함.
5. 해당 저작물의 저작권을 타인에게 양도하거나 또는 출판을 허락을 하였을 경우에는 1개월 이내에 대학에 이를 통보함.
6. 조선대학교는 저작물의 이용허락 이후 해당 저작물로 인하여 발생하는 타인에 의한 권리 침해에 대하여 일체의 법적 책임을 지지 않음
7. 소속대학의 협정기관에 저작물의 제공 및 인터넷 등 정보통신망을 이용한 저작물의 전송·출력을 허락함.

동의여부 : 동의(○) 반대( )

2011년 2 월 일

저작자: 임 수 연 (서명 또는 인)

조선대학교 총장 귀하