



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2009-0015581
(43) 공개일자 2009년02월12일

(51) Int. Cl.

H02M 7/12 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2007-0080017

(22) 출원일자 2007년08월09일

심사청구일자 2007년08월09일

(71) 출원인

울산대학교 산학협력단

울산 남구 무거2동 산29

(72) 발명자

이흥희

울산광역시 중구 다운동 590번지 현대아파트 101동 403호

전태원

부산광역시 금정구 구서2동 신동아아파트 101동 403호

(뒷면에 계속)

(74) 대리인

이풍우

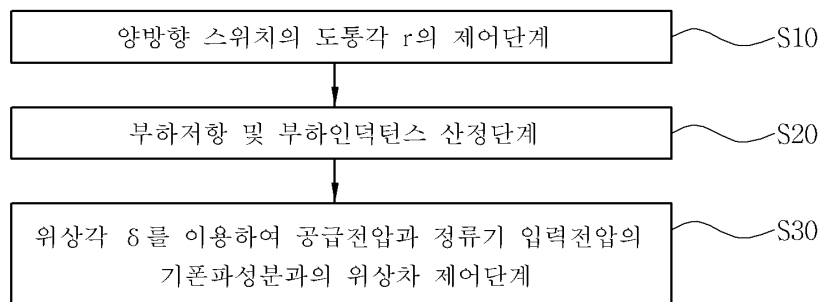
전체 청구항 수 : 총 2 항

(54) 높은 역률을 가지는 3상 정류기 제어방법

(57) 요약

본 발명은 높은 역률을 가지는 3상 정류기 제어방법에 관한 것으로, 3상 다이오드 정류기와 3개의 양방향 스위치로 구성되는 상기 양방향 스위치의 펄스폭을 결정하기 위하여 도통각 r 을 제어하는 제1단계(S10)와; 공급전원에 흐르는 선전류의 기본파성분 I_{a1} 와 공급전압 V_a 및 상기 도통각 r 을 이용하여 부하저항과 부하인덕턴스를 산정하는 제2단계(S20)와; 정류기 출력전류 I_d 와 공급전압 V_a 및 부하저항과 부하인덕턴스를 이용하여 위상각 δ 를 구하고, 상기 위상각 δ 를 이용하여 양방향 스위치의 스위칭 시점을 결정하여 공급전압 V_a 와 선전류 기본파성분 I_{a1} 이 동상이되도록 하여 역률이 1이 되도록 제어하는 제3단계(S30)를 포함한다. 따라서, 본 발명은 양방향 스위치의 펄스폭을 결정하는 도통각 r 과 공급전압과 정류기 입력전압의 기본파성분 사이의 위상각 δ 를 조절하여, 정류기의 특성을 제어하고, 그 결과 입력전압 V_{A0} , V_{B0} , V_{C0} (각상의 전압과 주전원 영점 사이의 전압)는 계단 형태의 파형을 띠게 되고, 입력전류의 파형은 정현파와 입력전압과 비슷한 파형으로 나타나게 되어, 역률을 개선시키는 효과가 있다.

대표도 - 도2



(72) 발명자

관반등

울산광역시 남구 무거동 산29번지 울산대학교 산학
협동관 516호

브로바노브 세르게이

울산광역시 남구 무거동 산29번지 울산대학교 산학
협동관 516호

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 없음

부처명 산업자원부

연구사업명 지역혁신센터

연구과제명 네트워크 기반 자동화연구

주관기관 울산대학교 산학협력단

연구기간 2002년 07월 ~ 2012년 02월

특허청구의 범위

청구항 1

3상 정류기의 제어방법에 있어서,

3상 다이오드 정류기와 3개의 양방향 스위치(S_a , S_b , S_c)로 구성되는 상기 양방향 스위치(S_a , S_b , S_c)의 펄스폭을 결정하기 위하여 도통각 r 을 제어하는 제1단계(S10)와;

공급전원에 흐르는 선전류의 기본파성분 I_{a1} 와 공급전압 V_a 및 상기 도통각 r 을 이용하여 부하저항과 부하인덕턴스를 산정하는 제2단계(S20)와;

정류기 출력전류 I_d 와 공급전압 V_a 및 부하저항과 부하인덕턴스를 이용하여 위상각 δ 를 구하고, 상기 위상각 δ 를 이용하여 양방향 스위치(S_a , S_b , S_c)의 스위칭 시점을 결정하여 공급전압 V_a 와 선전류 기본파성분 I_{a1} 이 동상이되도록 하여 역률이 1이 되도록 제어하는 제3단계(S30)를 포함하는 것을 특징으로 하는 높은 역률을 가지는 3상 정류기 제어방법.

청구항 2

제 1항에 있어서,

상기 양방향 스위치(S_a , S_b , S_c)의 펄스폭을 결정하는 도통각 r 은 0과 1사이의 값으로 제어되고,

$$\delta = \arctan\left(\frac{I_d^*}{k - \frac{I_d^* R}{\omega L}}\right) = \arctan\left(\frac{1}{\frac{k}{I_d^*} - \frac{R}{\omega L}}\right)$$

상기 위상각 δ 는

출력전류이고, $I_n = \frac{V_a}{\omega L}$ 은 일반화를 위한 기본전류인 것을 특징으로 하는 높은 역률을 가지는 3상 정류기 제어방법.

명 세 서

발명의 상세한 설명

기술 분야

- <1> 본 발명은 높은 역률을 가지는 3상 정류기 제어방법에 관한 것으로, 더욱 세부적으로는 3상 정류기의 역률(Power Factor)을 개선하고, 다양한 부하 조건에서 출력전압을 안정화시키는 높은 역률을 가지는 3상 정류기 제어방법에 관한 것이다.

배경 기술

- <2> 도 1은 종래의 L-C 필터를 이용하여 역률과 출력전압의 변동률을 개선하기 위한 회로도로서, 3개의 부가적인 스위치의 제어를 위한 온(on) 간격의 길이는 $\frac{\pi}{6}$ 이고, 반주기 동안 6개의 부분으로 분할하는 구성이다.
- <3> 그러나, 상기 종래 기술의 정류기는 스위치의 온(on) 간격이 고정되어 있으므로 낮은 성능의 역률을 갖게 되는 단점이 있다.

발명의 내용

해결 하고자하는 과제

- <4> 상술한 바와 같은 문제점을 해결하기 위하여, 본 발명에서는 양방향 스위치의 펄스폭을 결정하는 도통각 r 과, 공급전압과 정류기 입력전압의 기본파성분 사이의 위상각 δ 를 조절하여 정류기의 특성을 제어하고, 그 결과

입력전압 v_{AO} , v_{BO} , v_{CO} (각상의 전압과 주전원 영점 사이의 전압)는 계단 형태의 파형을 띠게 되고, 입력전류의 파형은 정현파와 입력전압과 비슷한 파형으로 나타나게 되어, 역률을 개선시키는 높은 역률을 가지는 3상 정류기 제어방법을 제공하는데 목적이 있다.

과제 해결수단

<5> 목적을 달성하기 위한 제어방법으로는,

<6> 3상 다이오드 정류기와 3개의 양방향 스위치(S_a , S_b , S_c)로 구성되는 상기 양방향 스위치(S_a , S_b , S_c)의 펄스폭을 결정하기 위하여 도통각 r 을 제어하는 제1단계와; 공급전원에 흐르는 선전류의 기본파성분 I_{a1} 와 공급전압 V_a 및 상기 도통각 r 을 이용하여 부하저항과 부하인덕턴스를 산정하는 제2단계와; 정류기 출력전류 I_d 와 공급전압 V_a 및 부하저항과 부하인덕턴스를 이용하여 위상각 δ 를 구하고, 상기 위상각 δ 를 이용하여 양방향 스위치(S_a , S_b , S_c)의 스위칭 시점을 결정하여 공급전압 V_a 와 선전류 기본파성분 I_{a1} 이 동상이되도록 하여 역률이 1이 되도록 제어하는 제3단계(S30)를 포함한다.

<7> 본 발명의 다른 특징으로서, 상기 양방향 스위치(S_a , S_b , S_c)의 펄스폭을 결정하는 도통각 r 은 0과 1사이의 값으로 제어되고,

$$\delta = \arctan\left(\frac{I_d^*}{k - \frac{I_d^* R}{\omega L}}\right) = \arctan\left(\frac{1}{\frac{k}{I_d^*} - \frac{R}{\omega L}}\right)$$

<8> 상기 위상각 δ 는

출력전류이고, $I_n = \frac{V_a}{\omega L}$ 은 일반화를 위한 기본전류이다.

효과

<9> 상기한 바와 같이, 본 발명은 양방향 스위치의 펄스폭을 결정하는 도통각 r 과, 공급전압과 정류기 입력전압의 기본파성분 사이의 위상각 δ 를 조절하여, 정류기의 특성을 제어하고, 그 결과 입력전압 v_{AO} , v_{BO} , v_{CO} (각상의 전압과 주전원 영점 사이의 전압)는 계단 형태의 파형을 띠게 되고, 입력전류의 파형은 정현파와 입력전압과 비슷한 파형으로 나타나게 되어, 역률을 개선시키는 효과가 있다.

발명의 실시를 위한 구체적인 내용

<10> 도 2는 본 발명에 따른 높은 역률을 가지는 3상 정류기의 제어방법을 나타낸 흐름도이고, 도 3은 본 발명에 따른 3상 다이오드 브리지 정류기와 양방향 스위치의 구성을 나타낸 도면이고, 도 4는 본 발명에 따른 높은 역률을 가지는 3상 정류기 제어방법의 파형을 도시한 도면이고, 도 5는 본 발명에 따른 높은 역률을 가지는 3상 정류기 제어방법의 기본파성분에 대한 등가회로 및 위상도를 도시한 도면이고, 도 6은 본 발명에 따른 위상각 δ 를 제어하기 위한 실시방법을 나타낸 참고도이다.

<11> 이하, 도면을 참고로 구성요소를 설명하면 다음과 같다.

<12> 도 2는 본 발명의 높은 역률을 가지는 3상 정류기의 제어방법을 나타낸 흐름도로써, 3상 다이오드 정류기와 3개의 양방향 스위치(S_a , S_b , S_c)로 구성되는 상기 양방향 스위치(S_a , S_b , S_c)의 펄스폭을 결정하기 위하여 도통각 r 을 제어하는 단계(S10)와, 공급전원에 흐르는 선전류의 기본파성분 I_{a1} 와 공급전압 V_a 및 상기 도통각 r 을 이용하여 부하저항과 부하인덕턴스를 산정하는 단계(S20)와, 정류기 출력전류 I_d 와 공급전압 V_a 및 부하저항과 부하인덕턴스를 이용하여 위상각 δ 를 구하고, 상기 위상각 δ 를 이용하여 양방향 스위치(S_a , S_b , S_c)의 스위칭 시점을 결정하여 공급전압 V_a 와 선전류 기본파성분 I_{a1} 이 동상이되도록 하여 역률이 1이 되도록 제어하는 단계(S30)를 포함한다.

<13> 도 3은 본 발명의 3상 다이오드 브리지 정류기와 3개의 양방향 스위치(S_a , S_b , S_c)의 구성을 나타낸 도면으로, 상기 양방향 스위치(S_a , S_b , S_c)는 1개의 MOSFET 또는 IGBT와 4개의 다이오드로 구성되어, 중성점(N)과 각상의

종말점과 연결되어 있으며, 정류기의 다이오드 각각의 anode-cathode 간의 전압과 마찬가지로 양방향 스위치(S_a , S_b , S_c)에서 발생하는 전압강하 또는 무시 가능한 값으로 가정한다.

<14> 상기 양방향 스위치(S_a , S_b , S_c)는 특정 선전류가 흐를 때 알맞은 기간 동안 스위치가 온(on)되며, 입력전압 V_{A0} , V_{B0} , V_{C0} (각상의 전압과 주전원 영점 사이의 전압)는 계단 형태의 파형을 띠게 되고, 입력전류 I_d 의 파형은 정현파와 입력 전압과 비슷한 파형으로 나타나게 되므로, 역률이 개선된다.

<15> 도 4는 본 발명의 높은 역률을 가지는 3상 정류기 제어방법의 파형을 도시한 도면으로써, 정류기의 특성은 매 개변수 도통각 r 과 위상각 δ 를 조절함으로써 제어 가능하고, 상기 도통각 r 은 0과 1사이의 일정값을 가지며, 상기 양방향 스위치(S_a , S_b , S_c)의 펄스폭을 결정하고, 상기 위상각 δ 은 공급전압 V_a 와 전원의 선전류 기본파성분 I_{a1} 사이의 위상각이다.

<16> 도 5는 본 발명의 기본파성분 I_{a1} 에 대한 등가회로 및 위상도를 도시한 도면으로, 도 5(a)는 기본파성분 I_{a1} 에 대한 등가회로를 도시하고, 도 5(b)는 기본파성분 I_{a1} 에 대한 위상도를 도시한다.

<17> 상기 도 5에서 V_a 는 주어진 전압의 rms 값이고, V_{a01} 는 정류기 입력전압의 기본파성분이며, L_{a1} 은 정류기 입력전류의 기본파 성분이다. 또한 L 은 입력 인덕턴스이고, R 은 입력 저항을 나타낸다.

<18> 상기 도 4의 V_{A0} 에 대한 푸리에 전개는 아래의 수학적 식 1로 표현된다.

수학적 식 1

$$V_d = \frac{3\pi V_{A01}}{\sqrt{2} \left\{ 2\cos\left(\frac{\gamma\pi}{6}\right) + \cos\left(\frac{\pi}{3} - \frac{\gamma\pi}{6}\right) + \cos\left(\frac{\pi}{3} + \frac{\gamma\pi}{6}\right) \right\}}$$

<19> 파라미터 r 를 이용하여 출력 직류 전압 V_d 를 제어할 수 있으며, 이러한 경우 제안된 접근 방법의 정류기는 단위 Displacement Power Factor(DPF)를 이룰 수 있으며, 이때 출력 직류 전압 V_d 는 안정된다.

<21> 상기 Displacement Power Factor(DPF)가 1인 경우, $\dot{I}_{a1}$ 벡터는 부하에 상관없이 $\dot{V}_a$ 벡터와 같은 방향을 가지게 되고, 출력전압 V_d 는 절대적으로 안정되며, 이때 벡터 $\dot{V}_{a01}$ 는 도 5(b)와 같이 원호를 따라서 움직이게 된다.

<22> 이 경우 전류 $\dot{I}_{a1}$ 는 전압 $\dot{V}_a$ 와 동상이 될 수 없으며, 따라서 입력저항 R 에 의한 전압강하의 범위내에서 원의 호 대신 직선을 사용할 수 있다. 각 $\delta = \theta = \frac{\gamma\pi}{6}$ 는 도 4와 같이 전류 $\dot{I}_{a1}$ 가 전압 $\dot{V}_a$ 와 동상일 때 최대각이며, θ 는 입력전류의 기본파성분과 입력전압의 기본파성분 사이각이다.

<23> 여기서, r 이 하기의 수학적 식 2라고 가정하면,

수학적 식 2

$$\gamma = 0.5, V_{a01} \left(at \delta = \frac{\gamma\pi}{6} \right) = V_a (at \delta = 0)$$

<24> 이 경우, $V_{A01(min)}$ 이 가장 작은 전압을 가질 때 작은 $\frac{\delta}{2}$ 이며, 이때 $\frac{V_{A01(min)}}{V_{A01}} = \cos\left(\frac{\pi}{24}\right) = 0.991$ 이다. 그

러므로 δ 를 이용하여 제어할 경우 $\dot{V}_{A01}$ 이 경계선을 따라서 움직일 때, 전압강하는 $\dot{V}_R$ 이며 정류기 출력전압의 변화범위는 0.9%인 것을 알 수 있다.

<26> 도 5(b)와 같이 입력전류의 기본파 I_{a1} 와 V_a 가 동상일 때 하기의 수학식 3을 유도할 수 있다.

수학식 3

<27>
$$\delta = \arctan\left(\frac{\omega L I_{a1}}{V_a - V_R}\right) = \arctan\left(\frac{\omega L I_{a1}}{V_a - I_{a1} R}\right)$$

<28> 실제 제어 시스템에서 실험의 계산을 위하여 교류전류 I_{a1} 보다 직류전류를 사용하는 것이 더 좋으며, 상기 수학식 3의 교류전류 I_{a1} 를 직류전류 I_d 로 변환해야 하며, Six Operating Modes 해석에 따라 하기의 수학식 4를 유도할 수 있다.

수학식 4

<29>
$$I_{a1} = \frac{I_d}{k \cos \delta}$$

<30> 여기서, $\left(k = \frac{3\sqrt{2}}{\pi} \cos\left(\frac{\gamma\pi}{6}\right)\right)$ 이고,

<31> 따라서, 하기의 수학식 5를 얻을 수 있다.

수학식 5

<32>
$$\tan \delta = \left(\frac{\omega L \frac{I_d}{k \cos \delta}}{V_a - \frac{I_d R}{k \cos \delta}} \right)$$

<33> 상기 수학식 5로부터 각 δ 는 Numerical Method에 의하여 결정된다. 그러나 상기 δ 의 범위는 상기 수학식 2로부터 $\left[0, \frac{\gamma\pi}{6}\right]$ 로 한정되며, 첫 번째 계산으로 $r=0.5$ 라 두면 $\cos \delta \cong 1$ 라고 가정할 수 있다. 그 결과,

$I_{a1} \cong \frac{I_d}{k}$ 이며, 상기 수학식 3은 하기의 수학식 6으로 다시 표현할 수 있다.

수학식 6

<34>
$$\delta = \arctan\left(\frac{I_d^*}{k - \frac{I_d^* R}{\omega L}}\right) = \arctan\left(\frac{1}{\frac{k}{I_d^*} - \frac{R}{\omega L}}\right)$$

<35> 여기서, I_d^* 는 일반화된 출력전류이며, $I_n = \frac{V_a}{\omega L}$ 은 일반화를 위한 기본전류이다. 결론적으로, 상기 수학식 6에 의하여 변화하는 δ 에 대하여 직류전압은 안정적으로 유지될 수 있다.

<36> 상기 위상각 δ 를 제어하는 방법은 도 6과 같이, 수식 (*)에서 δ 의 계산에서 사용되는 귀환값 I_d 를 주기 위하여 부하의 출력전류는 지속적으로 측정되며, 계산된 δ 값은 부가적인 양방향 스위치(S_a , S_b , S_c)의 온(on) 간격을 조정한다.

<37> 상기 수학식 2의 조건에서 도 5(b)를 사용하여, 입력 인덕턴스와 입력 저항을 쉽게 결정할 수 있다.

<38> 여기서, $\delta = \frac{\gamma\pi}{6}$ 일 때 $I_{a1} = I_{a1\max}$ 라 가정한다. 그러면, 하기의 수학식 7과 수학식 8의 값을 얻게 된다.

수학식 7

$$L = \frac{V_a \sin\left(\frac{\gamma\pi}{6}\right)}{\omega I_{a1(\max)}}$$

<39>

수학식 8

$$R = \frac{\omega L \left(1 - \cos\left(\frac{\gamma\pi}{6}\right)\right)}{\sin\left(\frac{\gamma\pi}{6}\right)}$$

<40>

<41> 상기 도 4(b) 및 수학식 1과 수학식 4에서 설명한 것을 기본으로 하여 부하의 특성에 대한 출력전압과 전류간의 관계를 표현하면 하기의 수학식 9와 같다.

수학식 9

$$V_d^* = \frac{3\pi \sqrt{\left(1 - \frac{RI_d^*}{\omega Lk}\right)^2 + \left(\frac{I_d^*}{k}\right)^2}}{\sqrt{2} \left\{ 2\cos\left(\frac{\gamma\pi}{6}\right) + \cos\left(\frac{\pi}{3} - \frac{\gamma\pi}{6}\right) + \cos\left(\frac{\pi}{3} + \frac{\gamma\pi}{6}\right) \right\}}$$

<42>

<43> 여기서, V_d^* 는 일반화된 출력전압이고, $V_n = V_a$ 는 일반화를 위한 기본 전압이다. 따라서, 앞에서 정의한 파라미터 R과 L에 주의하여 상기 수학식 6에 따라 각 δ 를 조정함으로써 부하의 변화에 따른 출력전압의 변화를 안정시킬 수 있다.

<44> 따라서, 본 발명에서는 위상각 δ 값을 제어함으로써 r 및 V_{A01} 을 조정하여 출력전압을 제어할 수 있으며, 도 4

에서와 같이 $\frac{\delta}{2}$ 지점에서 V_{A01} 과 V_{A01min} 사이의 관계를 알 수 있고, 이 경우 위상각 δ 는 $\frac{\gamma\pi}{6} = \frac{\pi}{12}$ 와 같으며,

$$\frac{V_{A01(\min)}}{V_{A01}} = \cos\left(\frac{\pi}{24}\right) = 0.991$$

이때 r=0.5이며, 이다. 그 결과, 부하가 변할 때 최대 출력전압의 변화는 0.9%가 됨으로써, 3상 정류기의 역률(Power Factor)을 개선하고, 다양한 부하 조건에서 출력전압을 안정화시키는 높은 역률을 가지게 된다.

<45> 본 발명은 특정의 실시 예와 관련하여 도시 및 설명하였지만, 첨부된 특허청구범위에 의해 나타난 발명의 사상 및 영역으로부터 벗어나지 않는 한도 내에서 다양한 개조 및 변화가 가능하다는 것을 당업계에서 통상의 지식을 가진 자라면 누구나 쉽게 알 수 있을 것이다.

도면의 간단한 설명

<46> 도 1은 종래의 L-C 필터를 이용하여 역률과 출력전압의 변동률을 개선하기 위한 회로도.

<47> 도 2는 본 발명에 따른 높은 역률을 가지는 3상 정류기의 제어방법을 나타낸 흐름도.

<48> 도 3은 본 발명에 따른 3상 다이오드 브리지 정류기와 양방향 스위치의 구성을 나타낸 도면.

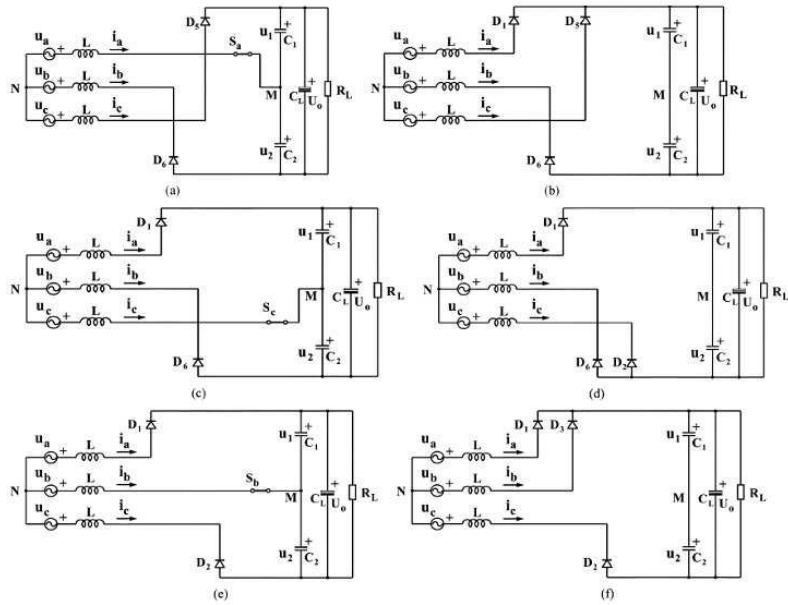
<49> 도 4는 본 발명에 따른 높은 역률을 가지는 3상 정류기 제어방법의 파형을 도시한 도면.

<50> 도 5는 본 발명에 따른 높은 역률을 가지는 3상 정류기 제어방법의 기본파성분에 대한 등가회로 및 위상도를 도시한 도면.

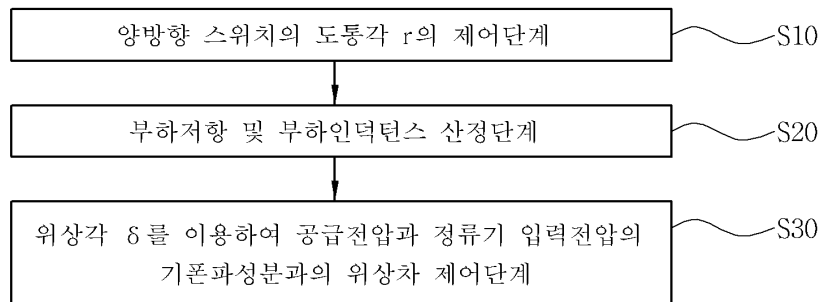
<51> 도 6은 본 발명에 따른 위상각 δ 를 제어하기 위한 실시방법을 나타낸 참고도.

도면

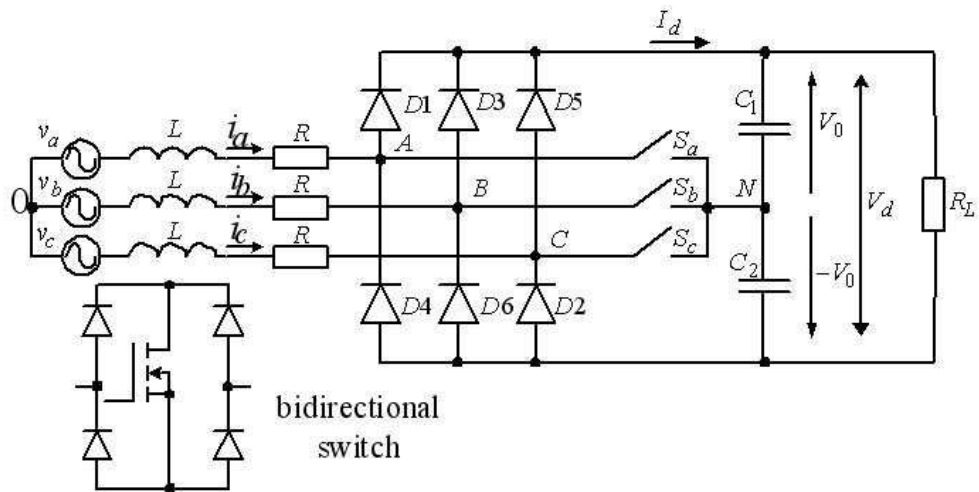
도면1



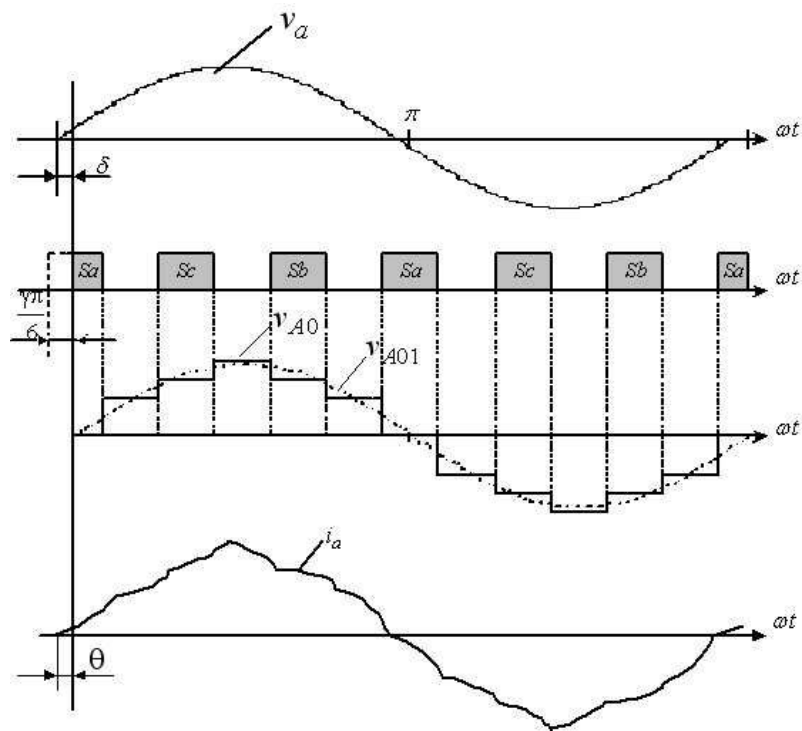
도면2



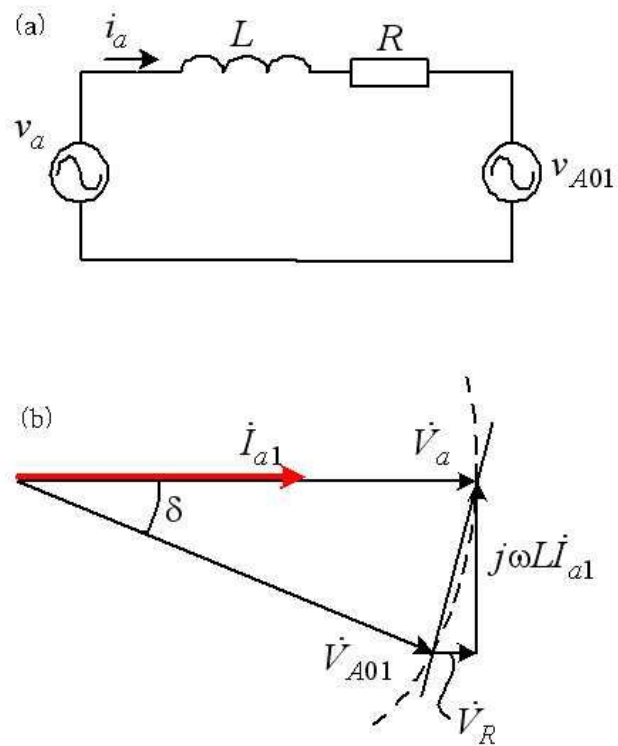
도면3



도면4



도면5



도면6

