



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2009-0056977
(43) 공개일자 2009년06월03일

(51) Int. Cl.

H02P 27/06 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2009-7003051

(22) 출원일자 2009년02월13일

심사청구일자 없음

번역문제출일자 2009년02월13일

(86) 국제출원번호 PCT/EP2007/056711

국제출원일자 2007년07월04일

(87) 국제공개번호 WO 2008/006745

국제공개일자 2008년01월17일

(30) 우선권주장

10 2006 032 705.5 2006년07월14일 독일(DE)

(71) 출원인

브로제 파르초이크타일레 게엠베하 운트 코.
카게, 뷔르츠부르크

독일 97076 뷔르츠부르크 오옴스트라세 2아

(72) 발명자

슈바르츠코프 요하네스

독일 마크테이텐펠드 97828 암 클뢰플링 13

(74) 대리인

김태홍, 신정건

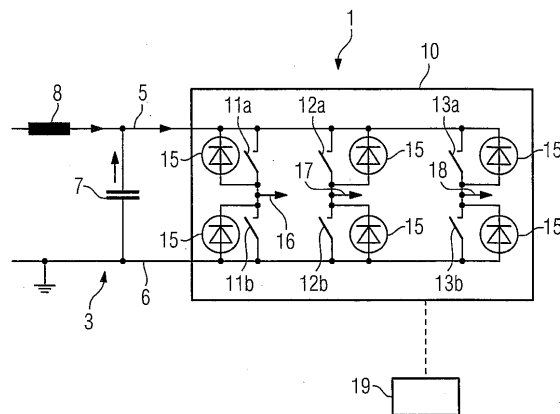
전체 청구항 수 : 총 7 항

(54) 브러쉬리스 전동기를 연속적으로 급전하기 위한 방법 및 회로 장치

(57) 요약

다수의 권선 브랜치들(21, 22, 23)을 구비한 브러쉬리스 전동기를 제어하는 방법 및 그에 적합한 회로 장치(1)가 제공된다. 그러한 방법 및 회로 장치에서는, 저 전위와 고 전위 사이의 클록 스위칭에 의해 클램핑 전위들(U_u , U_v , U_w)의 시간에 따른 추이를 각각 생성하고, 전위들 중의 하나로의 스위칭에 의해 클램핑 전위들(U_u , U_v , U_w) 중의 하나 이상을 시간 세그먼트별로 변동이 없이 일정하게 생성하며, 다른 클램핑 전위들(U_u , U_v , U_w)을 클록킹의 변경에 의해 매칭하여 생성한다. 본 발명에 따르면, 시간에 따른 추이에서 클램핑 전위들(U_u , U_v , U_w)을 각각의 관련 클램핑 전류의 크기에 의존하여 교대로 일정하게 생성한다. 그럼으로써, 스위칭 손실이 줄어들게 된다.

대표도 - 도1



특허청구의 범위

청구항 1

저 전위와 고 전위 사이의 클록 스위칭에 의해 클램핑 전위들(U_u , U_v , U_w)의 시간에 따른 추이를 각각 생성하고, 전위들 중의 하나로의 스위칭에 의해 클램핑 전위들(U_u , U_v , U_w) 중의 하나 이상을 시간 세그먼트별로 변동이 없이 일정하게 생성하며, 다른 클램핑 전위들(U_u , U_v , U_w)을 클록킹의 변경에 의해 매칭하여 생성하는, 다수의 권선 브랜치들(21, 22, 23)을 구비한 브러쉬리스 전동기를 연속적으로 급전하기 위한 방법에 있어서,

시간에 따른 추이에서 클램핑 전위들(U_u , U_v , U_w)을 각각의 관련 클램핑 전류의 크기에 의존하여 교대로 일정하게 생성하고, 각각의 최대 클램핑 전류가 관련되는 클램핑 전위(U_u , U_v , U_w)를 각각 일정하게 생성하는 것을 특징으로 하는 브러쉬리스 전동기의 연속 급전 방법.

청구항 2

제1항에 있어서, 모든 클램핑 전위들(U_u , U_v , U_w)의 클록킹을 변경하는 것으로부터 출발하여, 제어 전위를 각각 결정하고, 일정하게 생성된 클램핑 전위(U_u , U_v , U_w)를 제어 전위에 가장 가까운 전위로 스위칭하는 것을 특징으로 하는 브러쉬리스 전동기의 연속 급전 방법.

청구항 3

제2항에 있어서, 해당 제어 전위가 가장 높거나 가장 낮은 클램핑 전위(U_u , U_v , U_w)를 일정하게 생성하는 것을 특징으로 하는 브러쉬리스 전동기의 연속 급전 방법.

청구항 4

제3항에 있어서, 가장 높거나 가장 낮은 관련 제어 전위로부터 출발하여, 가장 높은 클램핑 전류가 관련되는 클램핑 전위(U_u , U_v , U_w)를 일정하게 생성하는 것을 특징으로 하는 브러쉬리스 전동기의 연속 급전 방법.

청구항 5

제1항 내지 제4항 중 어느 한 항에 있어서, 클램핑 전위들(U_u , U_v , U_w)의 시간에 따른 추이를 펄스 폭 변조에 의해 각각 생성하는 것을 특징으로 하는 브러쉬리스 전동기의 연속 급전 방법.

청구항 6

정전압 중간 회로(3)와, 그 정전압 중간 회로(3)에서 급전 라인(5)과 귀로 라인(6) 사이에 결선되어 전동기의 권선 브랜치들(21, 22, 23)의 클램프들(25, 26, 27)에 각각 접속될 수 있는 스위칭 수단을 구비한 급전 회로를 포함하되, 스위칭 수단이 클램프들(25, 26, 27)의 클록 스위칭을 위해 급전 라인(5)과 귀로 라인(6) 사이에 마련되는 회로 장치(1)에 있어서,

스위칭 수단을 선행 항들 중의 어느 한 항에 따른 방법에 상응하게 구동하기 위한 제어 유닛(19)을 포함하는 것을 특징으로 하는 회로 장치(1).

청구항 7

제6항에 있어서, 급전 회로는 클램핑 전위들을 펄스 폭 변조하도록 설계되는 것을 특징으로 하는 회로 장치(1).

명세서

기술분야

<1> 본 발명은 저 전위와 고 전위 사이의 클록 스위칭(clock switching)에 의해 클램핑 전위(clamping potential)들의 시간에 따른 추이를 각각 생성하고, 전위들 중의 하나로의 스위칭에 의해 클램핑 전위들 중의 하나 이상을 시간 세그먼트별로 변동이 없이 일정하게 생성하며, 다른 클램핑 전위들을 클록킹(clocking)의 변경에 의해 매칭하여 생성하는, 다수의 권선 브랜치(winding branch)들을 구비한 브러쉬리스 전동기(brushless electric motor)를 연속적으로 급전하기 위한 방법에 관한 것이다. 또한, 본 발명은 다수의 권선 브랜치들을 구비한 브

러쉬리스 전동기를 그와 같이 급전하도록 구성된 회로 장치에 관한 것이기도 하다.

배경 기술

- <2> 주지된 바와 같이, 브러쉬리스 전동기는 권선 브랜치들을 교대로 접속함으로써 전동기의 스테이터(stator)와 로터(rotor) 사이의 토크를 일으키는 회전 자기장이 발생하도록 구동된다. 그를 위해, 그러한 전동기는 로터 축을 중심으로 서로 일정 각도만큼 떨어져 배치되는 2개 이상의, 흔히 3개의 권선 브랜치들을 포함한다. 코일 및 그에 따른 회전 자기장은 흔히 전동기의 스테이터에 부착되는 반면에, 로터는 영구 자석을 포함한다.
- <3> 회전 자기장을 생성하기 위해, 권선 브랜치들의 클램프들에 인가되는 클램핑 전위들의 시간에 따른 일정한 추이가 필요하다. 그와 같이 하는데에는 정전압 회로 또는 중간 회로의 저 전위와 고 전위 사이를 지능적으로 스위칭함으로써 권선 브랜치들에 원하는 클램핑 전위들 및 전동기의 구동에 필요한 전류를 생성하는 인버터가 사용된다. 그와 관련하여, 정전압 회로의 양 전위 사이의 스위칭을 허용하는 한 쌍의 스위치들, 특히 예컨대 MOSFET(metal oxide semiconductor field effect transistor)와 같은 트랜지스터들 또는 예컨대 IGBT(insulated gate bipolar transistor)와 같은 고 전력 반도체들이 전동기의 클램프 또는 권선 브랜치로의 각각의 급전 라인에 부착된다. 그와 같이 하여, 저 전위와 고 전위 사이의 클록 스위칭에 의해 클램핑 전위들의 시간에 따른 추이를 각각 생성한다.
- <4> 다수의 권선 브랜치들을 구비한 브러쉬리스 전동기를 연속적으로 급전하는 서두에 언급된 방식의 방법은 한스-크리스티안 로이스(Hans-Christian Reuss)의 박사 학위 논문 "영구 자석 동기 서보 모터의 완전한 디지털 제어를 위한 마이크로컴퓨터(microcomputer for full digital control of permanent magnet-synchronizing servo motor)", 베를린 공과 대학(Technische Universitaet Berlin), 1989로부터 공지되어 있다. 그 논문에는, 정현 파형 급전으로부터 출발하여, Y 결선(Y-connection)으로 된 3개의 권선 브랜치들을 구비한 브러쉬리스 전동기에 대해, 중립 점(neutral point) 전위의 변경 하에 각각의 가장 작은 값을 갖는 클램핑 전위들을 영 전위(zero potential)에 관련시키는 방법이 개시되어 있다.
- <5> 그럼으로써, 정전압 회로의 고 전위와 저 전위 사이에서 필요로 하는 스위칭 교대가 줄어드는데, 그것은 각각의 가장 낮은 클램핑 전위를 갖는 권선 브랜치에서는 스위칭 과정이 생략되기 때문이다. 그와 같이 하여, 클램핑 전위의 추이가 대칭적인 종래의 제어에 비해 더 높은 브랜치 전압, 즉 권선 브랜치에 걸쳐 강하하는 더 높은 전압이 정전압 회로의 전위 차로부터 발생될 수 있게 된다.

발명의 상세한 설명

- <6> 본 발명의 목적은 브러쉬리스 전동기를 연속적으로 급전하는 서두에 언급된 방식의 방법을 스위칭 손실이 줄어들 수 있도록 개선하는 것이다. 또한, 본 발명의 목적은 그러한 방법을 수행하는데 적절한 회로 장치를 제공하는 것이다.
- <7> 첫 번째로 언급된 목적은 서두에 언급된 방식의 방법에 있어서 본 발명에 따라 시간에 따른 추이에서 클램핑 전위들을 각각의 관련 클램핑 전류의 크기에 의존하여 교대로 일정하게 생성하도록 함으로써 달성된다.
- <8> 그와 관련하여, 본 발명은 인버터에서 브러쉬리스 전동기를 제어하는 동안 스위칭 손실이 발생한다는 인식으로부터 출발하고 있다. 예컨대, MOSFET이 스위칭 오프 되면, 그 MOSFET은 고 저항 상태로 급격하게 전이되는 것이 아니라 연속적으로 전이된다. 인덕턴스에 기인하여 전류가 대략 일정한 크기로 계속 흐르게 된다. 그로 인해, 전력 손실이 생긴다. 리커버리 다이오드(recovery diode)에 의해 전류가 흐를 정도로 강하 전압이 상승하는 경우에도 역시 전력 손실이 생긴다. 전체적으로, 인버터에서는 스위칭 과정마다 전류에 비례하는 손실 에너지가 생기게 된다. 여기서, 그 비례 계수는 실질적으로 스위칭 속도 및 중간 회로 전압에 의존한다. 그러한 스위칭 손실은 효율이 떨어지고 자기 가열(self-heating)이 증대되는 결과를 낳는다. 그것은 브러쉬리스 전동기가 예컨대 자동차의 엔진실과 같은 고온의 주위 환경에서 사용될 경우에 특히 불리하다. 또한, 스위칭은 주파수 비율이 높은 과도 특성을 유발하고, 그것은 전자기 적합성(electromagnetic compatibility)에 악영향을 미친다.
- <9> 두 번째 단계로, 본 발명은 전위가 전동기의 전력과는 관계가 없다는 고려로부터 출발하고 있다. 브랜치 전압 또는 클램프들 사이의 전위 차가 유지되는 한, 전동기는 설정된 절대 전위와는 무관하게 동일한 전력 또는 회전 속도를 낸다. 브랜치 전압이 변함이 없이 유지되면, 동일한 모터 전류가 흐르게 되어 전동기의 토크와 효율이 변함이 없이 동일하게 유지된다. 따라서, 브랜치 전압 또는 클램프들 사이의 전위 차가 유지되는 한, 클램핑 전위들을 모터 파라미터들에 영향을 미침이 없이 변경할 수 있다.

- <10> 즉, 생성하려는 일정한 클램핑 전위를 관련 클램핑 전류, 즉 해당 모터 클램프를 통해 흐르는 전류에 의존하여 의도적으로 선택함으로써, 전동기의 파라미터들에 영향을 미침이 없이 스위칭 손실을 더 줄이는 것이 가능케 된다. 각각의 최대 클램핑 전류가 관련되는 각각의 클램핑 전위를 일정하게 생성한다. 스위칭 과정에 의해 유발되는 에너지 손실이 전류에 비례하기 때문에, 그와 같이 함으로써 전체적으로 에너지 손실의 최소화가 구현되게 된다. 여기서, 클램핑 전류는 예컨대 브랜치 전압과 같은 다른 전기량으로부터 유도되거나, 아니면 이론적으로 추정된다.
- <11> 전력 손실을 줄이기 위한 방안과 더불어, 본 발명은 정전압 회로에서 교류 비율이 줄어든다는 또 다른 장점을 제공한다. 따라서, 평활화를 위해 사용되는 중간 회로 커패시터가 작은 용량의 크기로 될 수 있고, 그에 의해 비용이 적게 들게 된다. 정전압 회로에서 전류 리플(current ripple)이 감소하기 때문에, 존재하는 전력 간섭자도 더 이상 큰 영향을 미치지 못하게 된다.
- <12> 다른 클램핑 전위들의 매칭은 소정의 브랜치 전압 추이나 소정의 클램핑 전류 또는 브랜치 전류 추이에 상응하게 수행될 수 있다.
- <13> 또 다른 바람직한 구성에서는, 모든 클램핑 전위들의 클록킹을 변경하는 것으로부터 출발하여, 관련 제어 전위를 각각 결정하고, 일정하게 생성된 클램핑 전위를 제어 전위에 가장 가까운 전위로 스위칭한다. 여기서, 제어 전위란 모든 클램핑 전위들의 고 전위와 저 전위 사이의 교대의 클록킹이 미리 주어졌을 때에 소정의 전류 추이에 상응하게 설정되어야 하는 전위를 의미한다. 그러한 구성은 중간 회로 전압을 최적으로 활용하면서 브랜치 전압들을 얻기 위한 변경된 클록킹에 의해 나머지 클램핑 전위들을 생성할 수 있다는 장점을 제공한다.
- <14> 해당 제어 전위의 값이 가장 높거나 가장 낮은 클램핑 전위를 각각 일정하게 생성하는 것이 바람직하다. 그러한 구성은 1차 근사에서 절대 크기가 최대인 클램핑 전위가 인가되는 모터 권선을 통해 최대 모터 전류가 흐른다는 인식을 그 기반으로 하고 있다. 따라서, 브랜치 전압들의 시간에 따른 추이가 동일한 모든 클램핑 전위들의 클록킹을 변경하는 것으로부터 출발하여, 시간 세그먼트별로 가장 크거나 가장 낮은 해당 제어 전위를 갖는 클램핑 전위를 일정하게 생성할 경우에 스위칭 손실이 최소화된다. 그럼으로써, 클램핑 전류를 직접 측정하지 않고서도 선행 기술에 비해 스위칭 손실을 줄이는 것이 구현되게 된다.
- <15> 가장 높거나 가장 낮은 관련 제어 전위로부터 출발하여, 가장 높은 실제 클램핑 전류가 관련하는 클램핑 전위를 일정하게 생성하는 것이 바람직하다. 그와 관련하여, 어떤 클램핑 전위를 일정하게 생성할 것인지를 결정하는 것은 실제 클램핑 전류에 의존하여 이뤄진다. 그럴 경우, 전력 손실을 더 줄일 수 있게 된다.
- <16> 클램핑 전위들의 시간에 따른 추이를 펄스 폭 변조에 의해 생성하는 것이 바람직하다. 펄스 폭 변조(약자: PWM) 시에는, 고정된 기저 주파수에서 직사각형 신호의 스위칭 온 시간과 스위칭 오프 시간을 변경한다. 그 경우, 스위칭 온 시간의 구간에 걸쳐 유도 소비 소자(inductive consumer)에 대해 평균적으로 인가되는 전압을 변경할 수 있다. 예컨대, 직사각형 신호가 전체 가용 시간의 절반만 스위칭 온 되면, 소비 소자는 평균적으로 스위칭 온 시간 동안 인가되는 전압의 절반만을 인가받는다. 클램핑 전위들의 시간에 따른 추이를 생성하기 위해, PWM 클록 동안 정전압 회로의 저 전위와 고 전위 사이의 스위칭을 위한 해당 스위칭 수단의 상이한 스위칭 상태들을 상이한 시간 길이로 유지한다.
- <17> 전동기의 구동을 위해, 예컨대 PWM 인버터에 의지할 수 있다. 3개의 권선 브랜치들을 구비한 통상의 전동기를 구동할 경우, 통상의 제어 시에 필요로 하는 인버터는 3개의 급전 라인 각각에 대해 그 급전 라인을 정전압 회로의 양 전위들 사이를 교대로 오가며 스위칭하는 2개씩의 스위치를 또는 트랜지스터들을 구비한다. 클램핑 전위들의 시간에 따른 추이에서 시간 세그먼트 동안 클램핑 전위들 중의 하나 이상이 각각 일정하게 유지되기 때문에, PWM 인버터의 구동을 위해 보다 적은 PWM 출력들을 갖는 마이크로제어기에 의지할 수 있다. 즉, 예컨대 3개의 권선 브랜치들을 구비한 전동기에 대해 종래의 구동에서는 3개 이상의 PWM 출력들을 갖는 마이크로제어기를 필요로 한다. 전동기를 전술된 바와 같이 구동한다면, 단지 2개의 PWM 출력들을 갖는 마이크로제어기만을 필요로 하게 된다. 그럼으로써, 전체적으로 필요 소자에 대한 비용이 줄어들게 된다.
- <18> 본 발명은 본 발명은 클램핑 전위들의 특징의 시간 추이에 한정되는 것이 아니다. 특히, 클램핑 전위들의 시간에 따른 추이는 사다리꼴 또는 삼각형일 수 있다. 하지만, 클램핑 전위들을 시간에 따라 정현파형으로 각각 생성하는 것이 바람직하다. 그것은 브러시리스 전동기의 효율을 최적화할 수 있게 한다. 그와 관련하여, 3개의 권선 브랜치들을 구비한 전동기에서는, 정현파형 클램핑 전위들이 각각 120° 만큼 위상 시프트된다. 그럼으로써, 필요로 하는 회전 자기장이 생성되게 된다.
- <19> 두 번째로 언급된 본 발명의 목적은 정전압 중간 회로와, 정전압 중간 회로에서 급전 라인과 귀로 라인(return

line) 사이에 결선되어 전동기의 권선 브랜치들의 클램프들에 각각 접속될 수 있는 스위칭 수단을 구비한 급전 회로를 포함하되, 스위칭 수단이 클램프들의 클록 스위칭을 위해 급전 라인과 귀로 라인 사이에 마련되는 회로 장치에 있어서 본 발명에 따라 스위칭 수단을 전술된 방법에 상응하게 구동하기 위한 제어 유닛이 구성되도록 함으로써 달성된다.

<20> 여기서, 급전 회로는 클램핑 전위들의 펄스 폭 변조용으로 설계되는 것이 바람직하다.

실시예

<26> 도 1에는, 3개의 권선 브랜치들을 구비한 브러쉬리스 전동기를 구동하기 위한 회로 장치(1)가 개략적으로 도시되어 있다. 그러한 회로 장치(1)는 예컨대 커패시터로부터 급전되는 정전압 중간 회로(3)를 포함하는데, 그 정전압 중간 회로(3)는 급전 라인(5)과 귀로 라인(6)을 갖는다. 여기서, 급전 라인(5)에는 고 전위(HIGH)가 걸리고, 귀로 라인(6)에는 저 전위(LOW), 즉 접지가 걸린다. 급전 라인(5)에서의 전류 리플(ripple)을 가능한 한 작게 유지하고 정전압 중간 회로(3)의 전압을 가능한 한 일정하게 유지하기 위해, 정전압 중간 회로(3)에는 커패시터(7)와 인덕터(8)가 연결된다. 정전압 중간 회로(3)의 급전 라인(5)과 귀로 라인(6) 사이에는 저 전위와 고 전위 사이의 클록 스위칭을 위한 인버터(10)가 결선된다.

<27> 전동기의 권선 브랜치들에 대한 클램핑 전위들을 생성하기 위해, 인버터(10)는 트랜지스터, 특히 MOSFET로서 형성된 스위치 쌍들(11a, 11b 및 12a, 12b 및 13a, 13b)을 각각 구비한다. 그러한 개개의 스위치들(11a, 11b, 12a, 12b, 13a, 13b)은 전류 방향의 반대 방향으로 향한 리커버리 다이오드(15)에 의해 각각 브리지된다. 스위치 쌍들(11a, 11b 및 12a, 12b 및 13a, 13b) 사이에는 제1 급전 라인(16), 제2 급전 라인(17), 및 제3 급전 라인(18)이 각각 연결된다. 그러한 급전 라인들(16, 17, 18)은 동작 중에 전동기의 클램프들에 접속된다. 여기서, 전동기의 권선 브랜치들은 특히 Y형으로 결선된다.

<28> 급전 라인(5)과 귀로 라인(6) 사이 및 그에 따른 정전압 중간 회로(3)의 고 전위와 저 전위 사이에서의 클램프들의 클록 스위칭을 위해, 스위치들(11a, 11b 및 12a, 12b 및 13a, 13b)은 교대로 열리고 닫힌다. 스위치들(11a, 12a, 13a)이 열리면, 급전 라인들(16, 17, 내지 18)을 경유하여 급전 라인(5)의 고 전위가 해당 모터 클램프들에 걸리게 된다. 그 경우, 스위치들(11b, 12b, 13b)은 개방된다. 역으로 스위치들(11b, 12b, 13b)이 닫히고 스위치들(11a, 12a, 13a)이 열리면, 해당 급전 라인들(16, 17, 내지 18)을 경유하여 귀로 라인(6)의 저 전위가 모터 클램프들에 걸리게 된다. 총 6개의 스위치들(11a, 11b, 12a, 12b, 13a, 13b)에 의해, 고 전위 또는 저 전위가 전동기의 클램프들에 각각 걸리는 총 8개의 스위칭 상태들이 얻어질 수 있다. 그러한 스위칭 상태들 중의 6개 스위칭 상태들에서는, 모터의 클램프들 중의 하나의 클램프에 다른 2개의 클램프들과는 달리 다른 전위가 걸리게 된다.

<29> 스위칭 상태들의 클록 변경에 의해 전동기의 구동을 위한 원하는 클램핑 전위들의 시간에 따른 추이를 생성할 수 있고, 그에 따라 전동기의 로터가 회전하게 된다. 인버터(10)의 구동을 위해, 스위칭 온 시간과 스위칭 오프 시간 사이의 각각의 원하는 듀티 사이클(duty cycle)을 나타내는 신호를 PWM 신호로서 출력하는 PWM 출력들을 갖는 마이크로제어기의 형태의 제어 유닛(19)이 사용된다. 원하는 클램핑 전위의 시간에 따른 추이를 생성하기 위해, 그러한 PWM 신호가 소정의 PWM 클록 내에서 스위치들(11a, 11b, 12a, 12b, 13a, 13b)에 각각 공급된다. 마이크로제어기의 PWM 출력들을 적절히 이용할 경우, n개의 권선 브랜치들을 구비한 전동기를 구동하는 데에는 n개의 PWM 출력들을 갖는 하나 이상의 마이크로제어기가 필요하다. 전술된 방법에 따라 구동할 경우에는, 마이크로제어기에 대해 1개의 PWM 출력이 생략될 수 있다. 즉, 예컨대 3개의 권선 브랜치들을 구비한 전동기에 대해 단지 2개의 PWM 출력들을 갖는 마이크로제어기만이 필요하게 된다. 그 이유는 전동기의 로터가 회전하는 중에 클램핑 전위들 중의 하나가 일정 시간 세그먼트 동안 항상 일정하게 유지되기 때문이다. 그러한 시간 세그먼트 동안에는 PWM 구동이 필요하지 않다.

<30> 도 2에는, 3개의 권선 브랜치들(21, 22, 23)을 구비한 전동기에 대한 Y 결선(20)이 개략적으로 도시되어 있다. 결과적으로, 그러한 Y 결선에 의해 전동기는 구동을 위해 클램핑 전위들이 각각 인가되는 제1, 제2, 및 제3 클램프들(25, 26, 내지 27)을 구비하게 된다.

<31> 소위 3상 전동기의 그러한 모터 권선들(21, 22, 23)은 일반적으로 문자 "U, V, 및 W"로 표시되기도 한다. 그에 대응하여, 클램프들(25, 26, 27)에는 클램핑 전위들(U_u , U_v , 내지 U_w)이 인가된다. 중립 점에서는 소위 중립 전압(U_s)이 생긴다. 개개의 권선 브랜치들(21, 22, 23)에는 중립 점과 각각의 클램프(25, 26, 내지 27)의 전위들 사이의 차로서 브랜치 전압(U_{su} , U_{sv} , 내지 U_{sw})이 각각 발생한다. 클램프들(25, 26, 27) 사이에는 클램핑 전위들의 차로서 차이 전압(U_{vu} , U_{wv} , 내지 U_{uw})이 생긴다. 그러한 차이 전압들(U_{vu} , U_{wv} , U_{uw})은 각각의 브랜

치 전압(U_{su} , U_{sv} , U_{sw})에 대한 척도이기도 하다. 환언하면, 클램핑 전위들(U_u , U_v , U_w)로부터 차를 생성함으로써, 브랜치 전압들(U_{su} , U_{sv} , U_{sw})도 추론할 수 있게 된다.

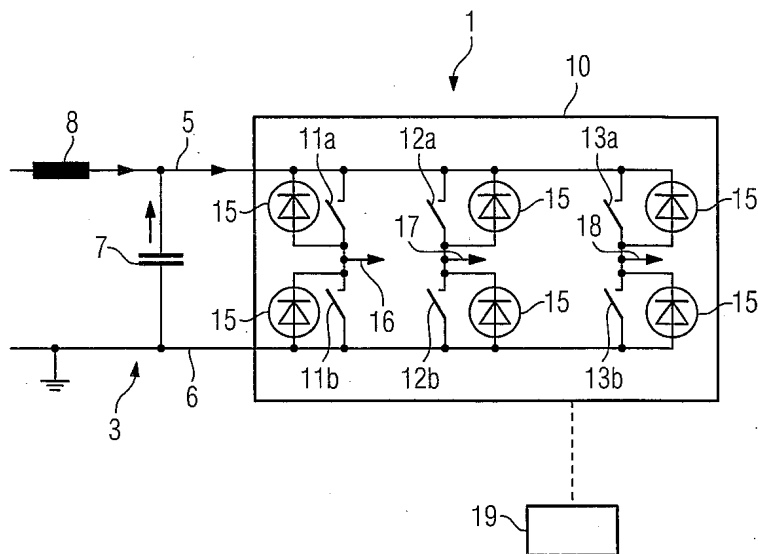
- <32> 도 3에는, 3상 브러쉬리스 전동기의 클램프들에 대한 클램핑 전위들(U_v , U_u , U_w)의 시간에 따른 추이가 도시되어 있다. 여기서, 가로축은 시간(t)을 나타내고 있고, 세로축은 도 1에 따른 정전압 중간 회로(3)의 퍼센티지로 전위(U)의 값을 나타내고 있다.
- <33> 3개의 클램핑 전위들(U_v , U_u , U_w)은 정현파형의 시간에 따른 추이를 각각 보이고 있고, 각각 120° 만큼 위상 시프트되어 있다. 그러한 구동을 통해, 모터 권선에서 연속적인 정현파형 전류가 각각 생기게 된다.
- <34> 3상 전동기의 통상적인 구동 시에는, 클램핑 전위들(U_v , U_u , U_w)의 진폭이 고 전위의 50%의 값만큼 이동한다. 환언하면, 도 2에 따른 Y 결선을 갖는 전동기에서의 종래의 구동 시에는, 중립 점에서 고 전위의 50%의 평균 전위가 설정되거나 접지에 대해 그에 상응하는 전압이 설정된다. 여기서, 중립 점 전위는 시간에 걸쳐 일정하게 유지된다.
- <35> 도시된 경우에는, 중립 점 전위가 40%로 떨어진다. 그것은 도 1에 따른 인버터(10)의 스위치(11a, 11b, 12a, 12b, 13a, 13b)의 클록을 상응하게 변경함으로써 이뤄진다. 그로 인해 모터 파라미터들이 변하지는 않는데, 그것은 특히 클램핑 전위들(U_v , U_u , U_w)의 차로부터 산출될 수 있기도 한 브랜치 전압들이 변함이 없이 유지되기 때문이다.
- <36> 도 4에는, 도 3에 따른 추이와는 달리 클램핑 전위들(U_v , U_u , U_w) 중의 각각의 가장 낮은 전위가 전위 0으로 또는 접지로 놓인 경우의 클램핑 전위들의 시간에 따른 추이가 도시되어 있다. 여기서, 도 1에 따른 인버터(10)의 해당 스위치(11b, 12b, 내지 13b)는 닫힌 채로 일정하게 유지된다. 권선 전류들 내지 권선 전압들이 변하지 않도록 하기 위해, 각각의 다른 클램핑 전위들은 변경된 클록킹에 의해 그에 상응하게 매칭된다. 그럼으로써, 도 4로부터 볼 수 있는 시간에 따른 추이가 나오게 된다. 그럼으로써, 전체적으로 전동기의 구동을 위한 스위칭 과정이 줄어들게 된다. 도 3에 도시된 시간에 따른 추이와는 달리, 개개의 클램핑 전위들(U_v , U_u , U_w) 사이의 차가 변함이 없이 유지된다. 따라서, 도 4에 따른 바와 같이 전동기를 구동함으로써 모터 파라미터들이 변하지는 않게 된다. 다만, 중립 점 전위는 시간에 따라 일정하게 유지되지 않는다.
- <37> 도 5에는, 클램핑 전위들(U_v , U_u , U_w)의 시간에 따른 추이가 다시 도시되어 있는데, 여기서는 스위칭 손실의 최소화를 위해 시간에 따른 추이에서 브랜치 전압들의 시간에 따른 추이가 동일한 모든 클램핑 전위들(U_u , U_v , U_w)의 클록킹의 변경 시에 각각의 가장 높거나 가장 낮은 제어 전위를 갖는 클램핑 전위를 도 1에 따른 정전압 중간 회로의 저 전위 또는 고 전위로 스위칭한다. 각각의 가장 높거나 가장 낮은 제어 전위는 도 3에 따른 클램핑 전위들(U_u , U_v , U_w)로부터 추출될 수 있다.
- <38> 실제의 경우에는, 절대 크기가 큰 권선 전류를 갖는 권선 브랜치에 가장 높거나 가장 낮은 클램핑 전위가 인가된다. 이론적으로는, 도 5에 따른 바와 같이 전동기를 구동할 경우에 종래의 구동에 비해 50% 정도 스위칭 손실이 감소한다. 전류 분포가 열악한 경우에는, 종래의 구동에 비해 25% 정도 스위칭 손실이 감소한다.
- <39> 도 5를 도 3과 비교해보면 도 5에 도시된 클램핑 전위들(U_u , U_v , U_w)의 시간에 따른 추이를 명백히 알 수 있다. 시간 세그먼트(t_1)에서는, 도 3에 따른 제어 전위(U_w)가 가장 작은 값을 갖는다. 그에 가장 가까운 전위는 저 전위 접지이다. 따라서, 여기서는 클램핑 전위(U_w)를 저 전위 접지로 둔다. 시간 세그먼트(t_2)에서는, 도 3에 따른 제어 전위(U_u)가 가장 큰 값을 갖는다. 그에 가장 가까운 전위는 고 전위이다. 따라서, 시간 세그먼트(t_2) 동안 클램핑 전위(U_u)를 전위로 스위칭한다. 그와 상응하게, 시간 세그먼트(t_3)에서는 클램핑 전위(U_v)를 저 전위로, 시간 세그먼트(t_4)에서는 클램핑 전위(U_w)를 고 전위로, 시간 세그먼트(t_5)에서는 클램핑 전위(U_u)를 저 전위로, 그리고 시간 세그먼트(t_6)에서는 클램핑 전위(U_v)를 고 전위로 각각 두거나 스위칭한다. 각각의 다른 클램핑 전위들은 변경된 클록킹에 의해 매칭된다. 즉, 브랜치 전압들의 시간에 따른 추이 내지 클램핑 전위들(U_v , U_u , U_w)의 차가 변함이 없이 유지된다.
- <40> 도 5에 도시된 클램핑 전위들(U_u , U_v , U_w)의 시간에 따른 추이를 갖는 3개의 권선 브랜치들을 구비한 브러쉬리스 전동기를 구동할 경우, 정전압 중간 회로에서의 전류 리플이 더 줄어들게 된다. 따라서, 중간 회로 커패시터가 더 작은 크기로 구성될 수 있게 된다.

도면의 간단한 설명

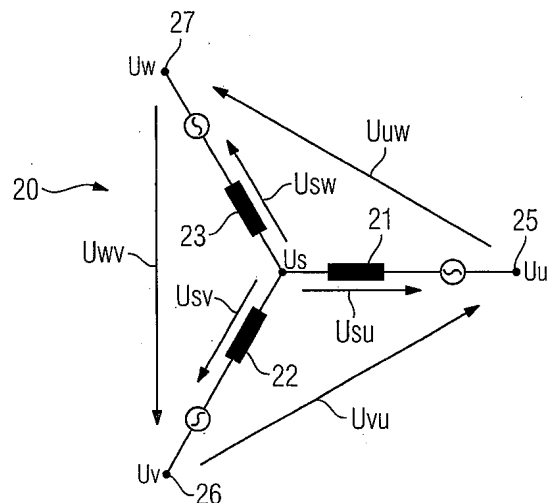
- <21> 도 1은 브러쉬리스 전동기의 구동을 위한 회로 장치를 개략적으로 나타낸 도면이고,
 <22> 도 2는 전동기의 3개의 권선 브랜치들의 Y 결선을 개략적으로 나타낸 도면이며,
 <23> 도 3은 3개의 권선 브랜치들을 구비한 전동기의 클램핑 전위들의 정현파형 추이를 나타낸 도면이고,
 <24> 도 4는 3개의 권선 브랜치들을 구비한 전동기에 대한 클램핑 전위들의 추이로서, 클램핑 전위들 중의 하나를 저 전위로 각각 두는 경우의 추이를 나타낸 그래프이며,
 <25> 도 5는 3개의 권선 브랜치들을 구비한 전동기에 대한 클램핑 전위들의 추이로서, 미리 주어진 시간 세그먼트 동안 클램핑 전위들을 교대로 정전압 중간 회로의 저 전위 또는 고 전위로 각각 놓는 경우의 추이를 나타낸 그래프이다.

도면

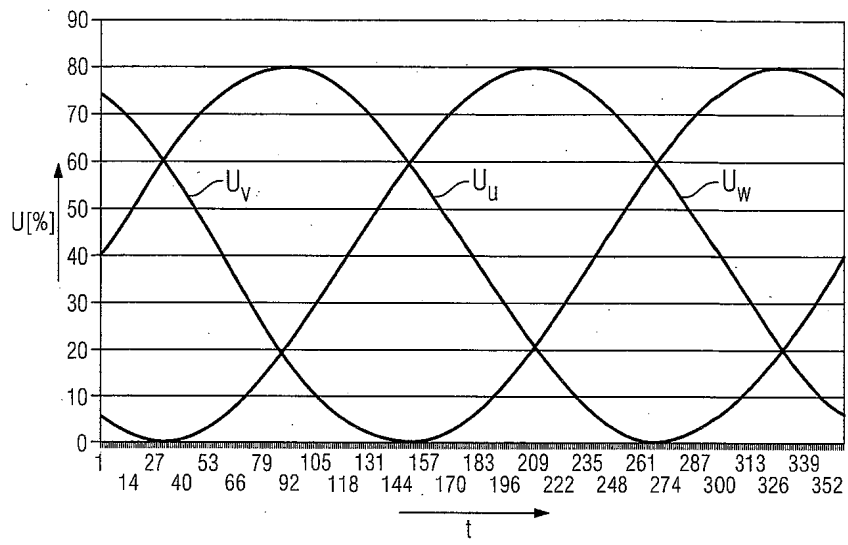
도면1



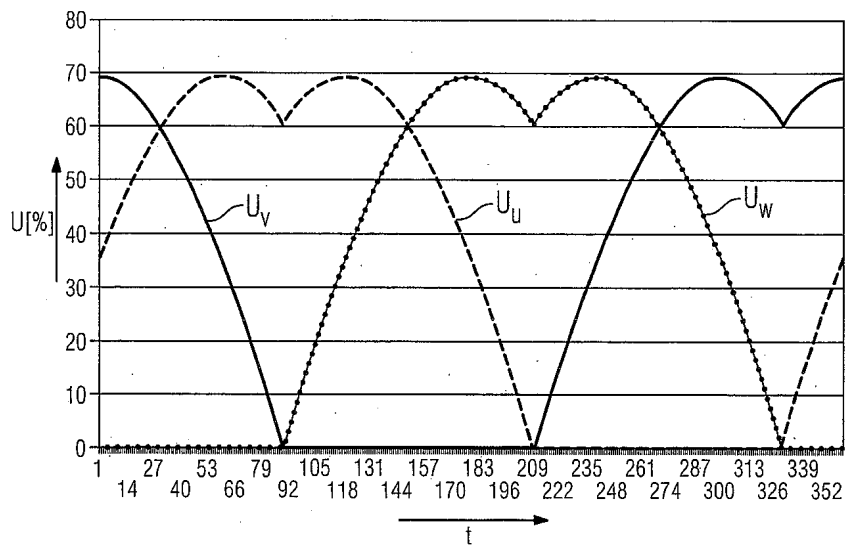
도면2



도면3



도면4



도면5

