



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2018-0129902
(43) 공개일자 2018년12월05일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H02P 6/182 (2016.01) H02P 27/06 (2006.01)
(52) CPC특허분류
H02P 6/182 (2013.01)
H02P 27/06 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2018-7031803
(22) 출원일자(국제) 2017년03월30일
심사청구일자 2018년11월01일
(85) 번역문제출일자 2018년11월01일
(86) 국제출원번호 PCT/GB2017/050902
(87) 국제공개번호 WO 2017/187127
국제공개일자 2017년11월02일
(30) 우선권주장
1607290.2 2016년04월26일 영국(GB)

(71) 출원인
다이슨 테크놀로지 리미티드
영국 윌트셔 에스엔16 0알피 멜메스버리 테트버리
힐
(72) 발명자
쟁 리보
영국 윌트셔 에스엔16 0알피 멜메스버리 테트버리
힐 다이슨 테크놀로지 리미티드내
(74) 대리인
유미특허법인

전체 청구항 수 : 총 6 항

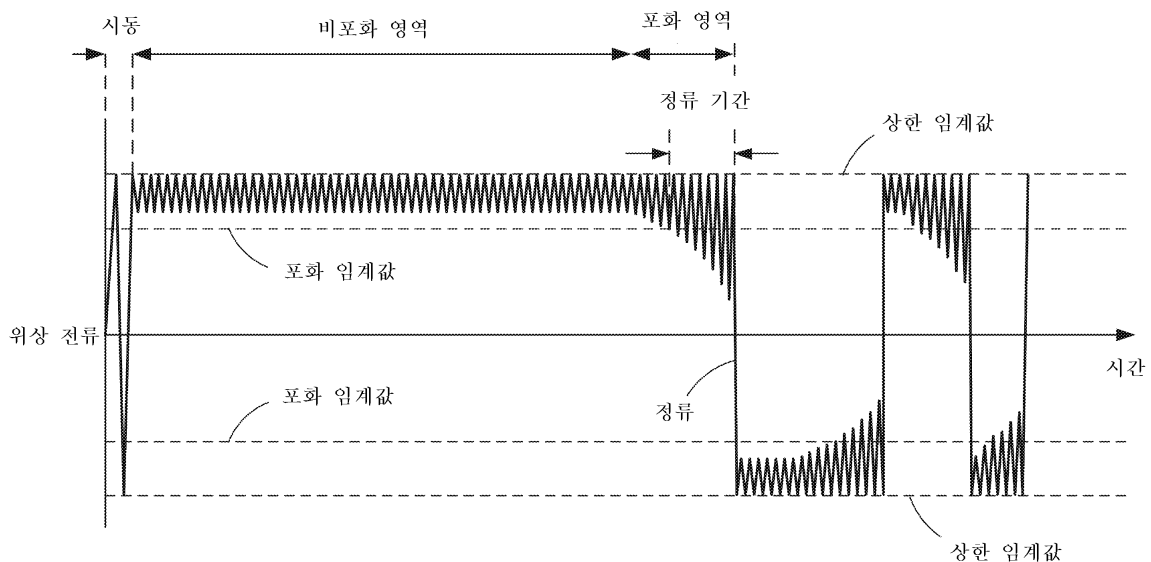
(54) 발명의 명칭 영구 자석 모터의 로터 위치 결정 방법

(57) 요약

모터의 위상 권선을 여자 및 프리휠링하는 단계를 포함하는 브러시리스 영구 자석 모터의 로터 위치를 결정하는 방법으로서, 상기 위상 권선은 위상 전류가 상한 임계값을 초과할 때 프리휠링되고, 프리휠링은: (i) 고정된 기간 동안 프리휠링, 및 (ii) 하한 임계값 이하로 위상 전류가 떨어질 때까지 프리휠링되는 것 중 하나를

(뒷면에 계속)

대표도 - 도3



포함한다. 또한 상기 방법은 다음 중 하나: (i) 상기 위상 권선이 고정된 기간 동안 프리휠링 될 때 상기 프리휠링 도중 또는 프리휠링 종료 시의 위상 전류의 크기, 및 (ii) 위상 권선이 위상 전류가 하한 임계값 이하로 떨어질 때까지 프리휠링 될 때 상기 프리휠링의 시작과 종료 사이의 시간 간격 또는 여자의 시작과 종료 사이의 시간 간격에 대응하는 파라미터를 측정하는 단계를 더 포함한다. 측정된 파라미터는 포화 임계값을 규정하는데 사용된다. 위상 권선은 동일한 방식으로 순차적으로 여자되고 프리휠되며, 상기 파라미터는 동일한 방식으로 다시 측정된다. 그 후, 상기 방법은 측정된 파라미터를 포화 임계값과 비교하여, 상기 측정된 파라미터가 상기 포화 임계값보다 작으면 로터가 미리 결정된 위치에 있다고 결정한다.

명세서

청구범위

청구항 1

브러쉬리스 영구 자석 모터의 로터의 위치를 결정하는 방법으로서,

모터의 위상 권선을 여자 및 프리휠링하는 단계 - 상기 위상 권선은 위상 전류가 상한 임계값을 초과할 때 프리휠링되고, 프리휠링은: (i) 고정된 기간 동안 프리휠링, 및 (ii) 하한 임계값 이하로 위상 전류가 떨어질 때까지 프리휠링되는 것 중 하나를 포함함-

(i) 상기 위상 권선이 상기 고정된 기간 동안 프리휠링 될 때 상기 프리휠링 도중 또는 프리휠링 종료 시의 위상 전류의 크기, 및 (ii) 위상 전류가 하한 임계값 이하로 떨어질 때까지 위상 권선이 프리휠링 될 때 상기 프리휠링의 시작과 종료 사이의 시간 간격 또는 여자의 시작과 종료 사이의 시간 간격 중 하나에 대응하는 파라미터를 측정하는 단계;

상기 측정된 파라미터를 이용하여 포화 임계값을 규정하는 단계;

상기 위상 권선을 여자 및 프리휠링하는 단계 - 상기 위상 권선은 위상 전류가 상한 임계값을 초과할 때 프리휠링되고, 프리휠링은: (i) 상기 고정된 기간 동안 프리휠링, 및 (ii) 하한 임계값 이하로 위상 전류가 떨어질 때까지 프리휠링되는 것 중 하나를 포함함-

(i) 상기 위상 권선이 상기 고정된 기간 동안 프리휠링 될 때 상기 프리휠링 도중 또는 프리휠링 종료 시의 위상 전류의 크기, 및 (ii) 위상 전류가 하한 임계값 이하로 떨어질 때까지 위상 권선이 프리휠링 될 때 상기 프리휠링의 시작과 종료 사이의 시간 간격 또는 여자의 시작과 종료 사이의 시간 간격 중 하나에 대응하는 파라미터를 측정하는 단계;

상기 측정된 파라미터를 상기 포화 임계값과 비교하는 단계; 및

상기 측정된 파라미터가 상기 포화 임계값보다 작으면 로터가 미리 결정된 위치에 있다고 결정하는 단계를 포함하는,

브러쉬리스 영구 자석 모터의 로터의 위치를 결정하는 방법.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 측정된 파라미터를 이용하여 포화 임계값을 규정하는 단계는 상기 측정된 파라미터로부터 고정된 오프셋 값을 빼는 단계를 포함하는,

브러쉬리스 영구 자석 모터의 로터의 위치를 결정하는 방법.

청구항 3

제1항 또는 제2항에 있어서,

상기 로터가 미리 결정된 위치에 있다고 결정하는 단계에 응답하여, 커뮤테이션 기간이 경과한 후에 상기 위상 권선을 커뮤테이션하는 단계를 더 포함하는,

브러쉬리스 영구 자석 모터의 로터의 위치를 결정하는 방법.

청구항 4

제3항에 있어서,

상기 커뮤테이션 기간의 길이는 로터의 속도에 의존하는,

브러쉬리스 영구 자석 모터의 로터의 위치를 결정하는 방법.

청구항 5

제1항 내지 제4항 중 어느 한 항에 따른 방법을 수행하는,

영구 자석 모터용 제어 시스템.

청구항 6

제5항에 있어서,

상기 제어 시스템은 인버터, 게이트 드라이버 모듈, 제어기, 및 전류 센서를 포함하고,

상기 인버터는 위상 권선에 결합되고,

상기 게이트 드라이버 모듈은 상기 제어기에 의해 출력된 제어 신호에 응답하여 상기 인버터의 스위치의 개폐를 구동하고,

상기 전류 센서는 위상 전류의 측정을 제공하는 신호를 상기 제어기에 출력하며,

상기 제어기는 상기 위상 권선을 순차적으로 여자 및 프리휠링하기 위해 제어 신호를 출력하고, 측정된 파라미터를 포화 임계값과 비교하며, 상기 측정된 파라미터가 상기 포화 임계값보다 작으면 로터가 미리 결정된 위치에 있다고 결정하는,

영구 자석 모터용 제어 시스템.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 영구 자석 모터의 로터 위치를 결정하는 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 정확한 시간에 브러쉬리스 모터의 위상 권선을 커뮤테이션 하기 위해서는 로터 위치에 대한 지식이 필수이다. 영구 자석 모터는 로터 위치를 나타내는 신호를 출력하는 홀 효과(Hall-effect) 센서를 종종 포함할 것이다. 센서의 부품 비용이 상대적으로 저렴하긴 하지만, 센서를 모터 내에 통합하는 것은 종종 모터의 설계 및 제조를 복잡하게 한다. 또한, 센서에 의한 신호 출력은 종종 모터 내에서 발생하는 전자기 노이즈에 민감하다.

[0003] 간접적으로 로터의 위치를 결정하기 위한 센서리스 방식이 알려져있다. 영구 자석 모터의 경우, 위상 권선에 유도된 역 EMF의 극성에서의 전이가 로터 위치를 결정하는데 사용될 수 있다. 그러나, 역 EMF의 크기는 로터의 속도에 비례하기 때문에 낮은 속도에서 역 EMF의 극성에서의 전이는 항상 신뢰성있게 결정될 수는 없다.

발명의 내용

[0004] 본 발명은 브러쉬리스 영구 자석 모터의 로터의 위치를 결정하는 방법을 제공하며, 상기 방법은:

[0005] 모터의 위상 권선을 여자 및 프리휠링하는 단계 - 상기 위상 권선은 위상 전류가 상한 임계값을 초과할 때 프리휠링되고, 프리휠링은: (i) 고정된 기간 동안 프리휠링, 및 (ii) 하한 임계값 이하로 위상 전류가 떨어질 때까지 프리휠링되는 것 중 하나를 포함함-

[0006] (i) 상기 위상 권선이 상기 고정된 기간 동안 프리휠링 될 때 상기 프리휠링 도중 또는 프리휠링 종료 시의 위상 전류의 크기, 및 (ii) 위상 전류가 하한 임계값 이하로 떨어질 때까지 위상 권선이 프리휠링 될 때 상기 프리휠링의 시작과 종료 사이의 시간 간격 또는 여자의 시작과 종료 사이의 시간 간격 중 하나에 대응하는 파라미터를 측정하는 단계;

[0007] 상기 측정된 파라미터를 이용하여 포화 임계값을 규정하는 단계;

[0008] 상기 위상 권선을 여자 및 프리휠링하는 단계 - 상기 위상 권선은 위상 전류가 상한 임계값을 초과할 때 프리휠링되고, 프리휠링은: (i) 상기 고정된 기간 동안 프리휠링, 및 (ii) 하한 임계값 이하로 위상 전류가 떨어질 때까지 프리휠링되는 것 중 하나를 포함함-

[0009] (i) 상기 위상 권선이 상기 고정된 기간 동안 프리휠링 될 때 상기 프리휠링 도중 또는 프리휠링 종료 시의 위

상 전류의 크기, 및 (ii) 위상 전류가 하한 임계값 이하로 떨어질 때까지 위상 권선이 프리휠링 될 때 상기 프리휠링의 시작과 종료 사이의 시간 간격 또는 여자의 시작과 종료 사이의 시간 간격 중 하나에 대응하는 파라미터를 측정하는 단계;

[0010] 상기 측정된 파라미터를 상기 포화 임계값과 비교하는 단계; 및

[0011] 상기 측정된 파라미터가 상기 포화 임계값보다 작으면 로터가 미리 결정된 위치에 있다고 결정하는 단계를 포함한다.

[0012] 본 발명의 방법은 로터의 위치를 결정하기 위해 역 EMF에 의존하지 않는다. 그 대신에, 이 방법은 로터가 하나의 정렬된 위치로부터 다음 정렬된 위치로 회전함에 따라 발생하는 위상 권선의 인덕턴스의 변화를 이용한다. 로터가 정렬된 위치에 접근하면, 위상 권선의 인덕턴스가 감소한다. 결과적으로, 여자하는 동안 위상 전류가 증가하는 속도와 프리휠링하는 동안 위상 전류가 떨어지는 속도는 증가한다. 고정된 기간 동안 위상 권선을 프리휠링 함으로써, 로터가 정렬된 위치에 접근함에 따라 프리휠링 종료에서의 위상 전류의 크기가 감소할 것이다. 대안으로, 상한 임계값과 하한 임계값 사이에서 위상 전류를 초핑(chopping)함으로써, 여자하는 동안 위상 전류가 상한 임계값까지 상승하는데 걸리는 시간은 위상 전류가 프리휠링 동안 하한 임계값까지 떨어지는데 걸리는 시간만큼 감소할 것이다. 이들 파라미터 중 하나를 측정하고 이를 포화 임계값과 비교함으로써, 로터의 위치가 결정될 수 있다.

[0013] 만약 동일한 포화 임계값이 대량 생산된 모터와 함께 사용되는 경우, 각 모터의 전자기 특성에 대한 공차는 로터의 미리 결정된 위치가 신뢰성 있게 결정될 수 없다는 것을 의미할 수 있다. 또한, 위상 권선의 인덕턴스는 모터, 특히 로터의 온도 변화에 민감할 수 있다. 위상 권선의 인덕턴스는 여자 및 프리휠링 중에 위상 전류가 상승 및 하강하는 속도에 영향을 미치기 때문에, 만약 고정된 포화 임계값이 사용되고 모터의 온도가 변경되면 로터의 위치는 잘못 결정될 수 있다. 고정자가 포화되지 않은 때 파라미터를 측정한 후, 이러한 측정된 파라미터로부터 고정된 오프셋 값을 뺌으로써, 각 모터에 고유한 포화 임계값이 얻어지며 이는 모터의 온도 변화에 민감하다. 결과적으로, 로터의 위치는 보다 신뢰성 있게 결정될 수 있다.

[0014] 포화 임계값은 측정된 파라미터로부터 고정된 오프셋 값을 뺌으로써 규정될 수 있다. 이는 이러한 방법이 상대적으로 간단하고 저렴한 제어기를 사용하여 구현될 수 있다는 이점을 갖는다.

[0015] 로터가 미리 결정된 위치에 있다고 결정한 것에 응답하여, 상기 방법은 커뮤테이션 기간이 경과한 후에 위상 권선을 커뮤테이션하는 단계를 포함할 수 있다. 포화 임계값은, 측정된 파라미터가 로터가 정렬된 위치에 있거나 아주 근접한 위치에 있을 때에만 포화 임계값보다 작도록 규정될 수 있다. 이 방법은 측정된 파라미터가 포화 임계값보다 작은 때 위상 권선을 즉시 커뮤테이션하는 단계를 포함한다. 그러나, 이러한 접근법의 어려운 점은 포화 임계값을 너무 낮게 설정하는 경우에 측정된 파라미터가 포화 임계값보다 작은 때를 검출하는데 실패하고 따라서 정렬된 위치 모두를 놓칠 수 있다는 것이다. 따라서, 로터가 더 작은 각도로 회전한 후에 측정된 파라미터가 포화 임계값보다 작도록 포화 임계값은 더 높은 값으로 규정될 수 있다. 예를 들어, 로터가 180도의 전기각보다는 160도의 전기각으로 회전한 후에, 포화 임계값은 측정된 파라미터가 포화 임계값보다 작도록 규정될 수 있다. 그 후, 커뮤테이션 기간은 로터가 나머지 각도, 예를 들면 20도의 전기각만큼 회전하도록 규정된다. 결과적으로, 위상 권선은 정렬된 위치에서 커뮤테이션된다. 더 높은 포화 임계값(즉, 180도의 전기각보다는 160도의 전기각에 대응하는 임계값)을 사용함으로써, 이 방법은 포화 이벤트(즉, 측정된 파라미터가 포화 임계값보다 낮은 포인트)를 놓칠 가능성이 더 적다. 결과적으로, 위상 권선은 정렬된 위치에서 더 신뢰성있게 커뮤테이션된다.

[0016] 고정된 커뮤테이션 기간 동안, 대응하는 전기각은 로터의 속도에 의존할 것이다. 이에 따라, 커뮤테이션 기간의 길이는 로터의 속도에 의존할 수 있다. 이는 이 방법이 반드시 로터의 속도를 측정하는 단계를 포함하는 것을 의미하는 것은 아니다. 예를 들어, 이 방법은 로터의 가속 중에 모터를 제어하는데 사용될 수 있으며, 또한 이 방법은 각 커뮤테이션 이후에 커뮤테이션 기간을 감소하는 단계를 포함할 수 있다.

[0017] 본 발명이 보다 쉽게 이해될 수 있도록 하기 위해, 본 발명의 실시예가 이하에서 첨부된 도면을 참조하여 예시로서 설명될 것이다.

도면의 간단한 설명

[0018] 도 1은 본 발명에 따른 영구 자석 모터의 개략도이다.

도 2는 영구 자석 모터의 제어기에 의해 발행된 제어 신호에 응답하여 인버터의 허용된 상태를 상세히

설명한다.

도 3은 시동 및 초기 가속 동안의 영구 자석 모터의 위상 전류를 도시한다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0019] 도 1의 영구 자석 모터(1)는 로터(2), 고정자(3), 및 제어 시스템(4)을 포함한다.
- [0020] 로터(2)는 샤프트(6)에 고정된 4극 영구 자석(5)을 포함한다. 고정자(3)는 4개의 돌출극을 갖는 한 쌍의 코어(7)와 상기 코어(7)에 권선된 위상 권선(8)을 포함한다.
- [0021] 제어 시스템(4)은 인버터(10), 게이트 드라이버 모듈(11), 제어기(12), 및 전류 센서(13)를 포함한다.
- [0022] 인버터(10)는 위상 권선(8)을 (도시되지 않은) 전원 공급 장치의 전압 레일에 결합하는 4개의 전원 스위치(Q1-Q4)의 풀 브릿지(full bridge)를 포함한다.
- [0023] 게이트 드라이버 모듈(11)은 제어기(12)에 의해 출력된 제어 신호에 응답하여 스위치(Q1-Q4)의 개폐를 구동한다.
- [0024] 제어기(12)는 모터(1)의 작동을 제어하는 것을 담당하고, 3개의 제어 신호: DIR1, DIR2, 및 FW#를 발생시킨다. 제어 신호는 게이트 드라이버 모듈(11)로 출력되고, 게이트 드라이버 모듈(11)은 이에 응답하여 스위치(Q1-Q4)의 개폐를 구동한다.
- [0025] DIR1이 논리적 하이 상태로 풀링되고 DIR2가 논리적 로우 상태로 풀링될 때, 게이트 드라이버 모듈(11)은 스위치 Q1 및 Q4를 닫고, 스위치 Q2 및 Q3를 개방한다. 결과적으로, 제1 극성을 갖는 전압은 위상 권선(8)에 인가되어, 전류가 상기 위상 권선(8)을 통해 왼쪽에서 오른쪽으로 구동되도록 한다. 역으로, DIR2가 논리적 하이 상태로 풀링되고 DIR1이 논리적 로우 상태로 풀링될 때에는, 게이트 드라이버 모듈(11)은 스위치 Q2 및 Q3를 닫고, 스위치 Q1 및 Q4를 개방한다. 그 결과, 제2의 반대 극성을 갖는 전압은 위상 권선(8)에 인가되어, 전류가 상기 위상 권선(8)을 통해 오른쪽에서 왼쪽으로 구동되도록 한다. 따라서, DIR1 및 DIR2는 위상 권선(8)에 인가되는 전압의 극성을 제어하여 위상 권선(8)을 통해 흐르는 전류의 방향을 제어한다. 만약 DIR1 및 DIR2 모두 논리적 로우 상태로 풀링되면, 게이트 드라이버 모듈(11)은 모든 스위치(Q1-Q4)를 개방한다.
- [0026] FW#가 논리적 로우 상태로 풀링될 때, 게이트 드라이버 모듈(11)은 하이 측 스위치(Q1, Q3)를 둘 다 개방한다. 그 후, 위상 권선(8)의 전류는 DIR1 및 DIR2에 의해 한정된 방향으로 인버터(10)의 로우 측 루프의 둘레로 순환 또는 프리휠한다. 각 스위치(Q1-Q4)는 단일 방향으로만 전도되지만, 바디 다이오드를 포함한다. 따라서, 인버터(10)의 로우 측 루프 둘레를 프리휠하는 전류는 로우 측 스위치(Q2, Q4) 중 하나 및 다른 로우 측 스위치(Q2, Q4)의 바디 다이오드를 통해 흐른다. 특정 유형의 전원 스위치는 단힐 때 양방향으로 전도할 수 있다. 이러한 경우에, FW#가 논리적 로우 상태로 풀링될 때 로우 측 스위치(Q2, Q4)는 둘 다 단힐 수 있어서 전류는 바디 다이오드 중 하나를 통하는 것보다는 스위치(Q2, Q4) 모두를 통해 흐른다.
- [0027] 도 2는 제어기(12)의 제어 신호에 응답하여 스위치(Q1-Q4)의 허용된 상태를 요약한다. 이하에서, "설정" 및 "클리어"라는 용어는 신호가 각각 논리적 하이 및 로우 상태로 풀링된 것을 나타내기 위해 사용될 것이다.
- [0028] 전류 센서(13)는 인버터(10)와 제로 전압 레일 사이에 위치한 감지 저항(R1)을 포함한다. 전류 센서(13)의 양단 전압은 DIR1 또는 DIR2가 설정될 때 위상 전류(즉, 위상 권선(8)에서의 전류)의 측정을 제공한다. 전류 센서(13)의 양단 전압은 신호(I_위상)로 제어기(12)로 출력된다.
- [0029] **시동**
- [0030] 로터(2)가 정지 상태에 있을 때, 제어기(12)는 미리 정해진 순서대로 위상 권선(8)을 여자시키며, 이는 로터(2)가 파킹된 위치와 관계없이 로터(2)가 순방향으로 구동되는 것을 보장한다. 예를 들어, 제어기(12)는 W02013/132249에 개시된 시동 방식을 사용할 수 있다. 로터(2)를 시작하기 위해 제어기(12)에 의해 사용된 특정 방식은 본 발명과 관련없다.
- [0031] **가속**
- [0032] 로터(2)가 일단 순방향으로 이동 중이면, 제어기(12)는 제어 방식을 사용하여 로터(2)를 가속시킨다.
- [0033] 제어기(12)는 로터(2)를 계속해서 순방향으로 구동하는 방향으로 위상 권선(8)을 여자시킴으로써 시작한다. 따라서, 예를 들어, 제어기(12)는 위상 권선(8)을 왼쪽에서 오른쪽으로 여자시키도록 DIR1을 설정하고 DIR2를 클

리어할 수 있다. 여자의 특정 방향은 시동 시 사용되는 방식에 의존할 것이다.

[0034] 여자 동안, 제어기(12)는 L_위상 신호를 통해 위상 전류의 크기를 모니터링한다. 위상 전류가 상한 임계값을 초과하는 때, 제어기(12)는 FW#를 클리어함으로써 위상 권선(8)을 프리휠한다. 프리휠링은 고정된 프리휠 기간 동안 계속되고, 그 동안 위상 전류는 감소한다. 프리휠 기간의 끝에서, 제어기(12)는 FW#를 설정함으로써 위상 권선(8)을 다시 여자시킨다. 또한, 제어기(12)는 L_위상 신호를 통해 위상 전류를 측정한다. 이러한 측정은 프리휠 기간의 끝에서의 위상 전류의 크기에 대응한다. 제어기(12)는 측정된 위상 전류를 포화 임계값과 비교한다. 위상 전류가 포화 임계값보다 작으면, 제어기(12)는 로터(2)가 미리 결정된 각도 위치에 있다고 결정한다. 그렇지 않으면, 제어기(12)는 로터(2)가 아직 미리 결정된 위치에 있지 않은 것으로 결정한다.

[0035] 만약 제어기(12)가 로터(2)가 아직 미리 결정된 위치에 있지 않다고 결정하면, 제어기(12)는 상기 프로세스를 반복한다. 특히, 제어기(12)는 여자 동안 위상 전류의 크기를 모니터링하고, 위상 전류가 상한 임계값을 초과할 때는 위상 권선(8)을 프리휠한다. 프리휠링은 프리휠 기간 동안 계속되고, 그 후 제어기(12)는 다시 위상 권선(8)을 여자시키고 위상 전류를 측정한다. 그 후, 제어기(12)는 측정된 위상 전류를 포화 임계값과 비교하고, 위상 전류가 포화 임계값보다 작으면 로터(2)가 미리 결정된 각도 위치에 있다고 결정한다. 그렇지 않으면, 제어기(12)는 다시 한 번 프로세스를 반복한다.

[0036] 만약 제어기(12)가 로터(2)가 미리 결정된 위치에 있다고 결정하면, 이하에서 커뮤테이션 기간이라 불리게 될 기간 동안 제어기(12)는 위상 권선(8)을 순차적으로 여자 및 프리휠하는 것을 계속한다. 따라서, 제어기(12)는 여자 동안 위상 전류의 크기를 모니터링하고 위상 전류가 상한 임계값을 초과할 때 위상 권선(8)을 프리휠한다. 프리휠링은 프리휠 기간 동안 계속되고, 그 후 제어기(12)는 위상 권선(8)을 다시 여자시킨다. 그러나, 전술한 프로세스와는 대조적으로, 제어기(12)는 위상 전류와 포화 임계값을 더이상 비교하지 않는다. 그 대신에 제어기(12)는 커뮤테이션 기간이 경과할 때까지 위상 권선(8)을 계속하여 여자시키고 프리휠하며, 이 시점에서 제어기(12)는 위상 권선(8)을 커뮤테이션한다. 커뮤테이션은 위상 권선(8)을 통하는 전류의 방향을 반전시키는 것을 포함한다. 따라서 제어기는 DIR1 및 DIR2를 토글(toggle)하고 FW#를 설정한다. 본 예시에서, DIR1은 초기에 전류가 위상 권선(8)을 통해 왼쪽에서 오른쪽으로 구동되도록 설정되었다. 그러므로 지금 커뮤테이션은 DIR1을 클리어하고, DIR2를 설정하고, FW#를 설정하는 것을 포함하여 전류가 위상 권선(8)을 통해 오른쪽에서 왼쪽으로 구동된다.

[0037] 따라서 제어기(12)는 위상 권선(8)을 순차적으로 여자 및 프리휠한다. 위상 권선(8)은 위상 전류가 상한 임계값을 초과할 때까지 여자되고, 이 시점에서 위상 권선(8)은 고정된 프리휠 기간 동안 프리휠된다. 프리휠 기간의 끝에서, 제어기(12)는 위상 전류를 측정하고, 로터(2)가 미리 결정된 위치에 있는지를 결정하기 위하여 이를 포화 임계값과 비교한다. 로터(2)가 미리 결정된 위치에 있다고 결정되면, 제어기(12)는 위상 권선(8)을 커뮤테이션 기간 동안 순차적으로 여자 및 프리휠하고, 그 후에 제어기(12)는 위상 권선(8)을 커뮤테이션한다.

[0038] 위상 권선(8)을 커뮤테이션할 때, 제어기(12)는 상기 프로세스를 더 짧은 커뮤테이션 기간으로 반복하고, 그 이유는 이하에서 설명된다. 보다 짧은 커뮤테이션 기간을 제외하면 제어기(12)에 의해 사용되는 프로세스는 변경되지 않는다. 제어기(12)는 제어기(12)가 위상 권선(8)을 설정된 횟수만큼(예를 들어, 7회) 커뮤테이션 할 때까지 이러한 방식으로 계속된다. 이 시점에서, 로터(2)는 특정 속도로 가속되었다고 가정되고 제어기(12)는 로터(2)를 더욱 가속하기 위해 다른 방식으로 스위칭한다. 예를 들어, 제어기(12)는 W02013/132249호에 기술된 가속 방식을 사용할 수 있다.

[0039] 제어기(12)에 의해 사용된 제어 방식은 로터(2)의 위치를 결정하기 위해 자기 포화를 이용한다. 영구 자석 로터(2)가 척력으로 정렬된 위치(동일한 극성의 고정자 극과 정렬된 로터 극)에서부터 인력으로 정렬된 위치(반대 극성의 고정자 극과 정렬된 로터 극)로 이동함에 따라, 고정자 코어(7)에 의해 링크된 총 자속이 증가한다. 로터(2)가 인력으로 정렬된 위치에 접근함에 따라, 고정자 코어(7)가 포화되기 시작하여 위상 권선(8)의 인덕턴스가 따라서 감소한다. 결과적으로, 여자하는 동안 위상 전류가 증가하는 속도, 프리휠링하는 동안 위상 전류가 떨어지는 속도는 증가한다. 위상 권선(8)이 고정된 기간 동안 프리휠되기 때문에, 로터(2)가 정렬된 위치에 접근함에 따라 각 프리휠 기간의 끝에서의 위상 전류의 크기는 감소하고, 로터(2)가 정렬 위치에 있을 때 최소이다.

[0040] 제어기(12)는 프리휠 기간의 끝에서의 위상 전류를 포화 임계값과 비교한다. 위상 전류가 포화 임계값보다 작은 경우, 제어기(12)는 로터(2)가 미리 결정된 위치에 있다고 결정한다. 제어기(12)는 로터(2)가 정렬된 위치에 있을 때 위상 권선(8)을 커뮤테이션하려고 시도한다. 즉, 제어기(12)는 로터(2)에 의해 위상 권선(8)에 유도된 역 EMF 극성의 전이와 동기하여 위상 권선(8)을 커뮤테이션하려고 시도한다. 따라서, 포화 임계값을 상대

적으로 낮은 값으로 설정하여 로터(2)가 정렬된 위치에 있거나 매우 근접한 위치에 있을 때만 측정된 위상 전류가 포화 임계값보다 작도록 하는 것이 적절한 것으로 보인다. 그 후, 제어기(12)는 측정된 위상 전류가 포화 임계값보다 작은 것으로 결정 시 위상 권선(8)을 즉시 커뮤테이션한다. 그러나, 이러한 접근법의 어려움은 제어기(12)가 로터(2)의 정렬된 위치를 모두 놓칠 수 있다는 것이다. 전자기 특성이 모터마다 다를 수 있는 대량 생산된 모터를 제어하기 위해 동일한 포화 임계값이 사용되는 경우에는 특히 그렇다. 정렬된 위치에 대응하는 포화 임계값을 사용하기 보다, 제어기(12)는 정렬된 위치 직전의 각도 위치에 대응하는 포화 임계값을 대신 사용한다. 로터는 정렬된 위치 사이를 이동할 때 180도의 전기각(또는 본 예시에서는 90도의 기계각)으로 회전한다. 포화 임계값은 로터가 약 160도의 전기각(또는 80도의 기계각)으로 회전할 때 측정된 위상 전류가 포화 임계값보다 작도록 설정된다. 그 후, 커뮤테이션 기간은 로터가 커뮤테이션 기간 동안 약 20도의 전기각(또는 10도의 기계각)으로 회전하도록 설정된다. 결과적으로, 위상 권선(8)은 정렬된 위치에서 커뮤테이션된다. 더 높은 포화 임계값(즉, 180도의 전기각보다는 160도의 전기각에 대응하는 임계값)을 사용함으로써, 제어기(12)는 포화 이벤트(즉, 측정된 위상 전류가 포화 임계값보다 작은 포인트)를 놓칠 가능성이 더 적다. 결과적으로, 제어기(12)는 위상 권선(8)을 정렬된 위치에서 더 신뢰성 있게 커뮤테이션한다.

[0041] 측정된 위상 전류가 포화 임계값보다 작으면, 로터(2)는 정확히 160도의 전기각이 되지 않을 것으로 예상되며, 로터(2)는 커뮤테이션 기간 동안 정확히 20도의 전기각으로 움직이지 않을 것으로 예상된다. 그 이유 중 하나는 제어기(12)가 각 프리휠 기간의 끝에서 위상 전류만을 측정한다는 것이다. 따라서, 제어기(12)는 각 여자 기간 및 프리휠 기간 이후에 로터(2)가 미리 결정된 위치에 있는지만을 결정할 수 있다. 상술한 실시예에서, 포화 임계값은 로터(2)가 160도의 전기각으로 회전한 후에 측정된 위상 전류가 포화 임계값보다 작도록 설정된다. 포화 임계값은 대응하는 각도 위치가 고정자 코어(7)의 포화가 발생하는 영역 내에 있는 한 대안적인 값으로도 설정될 수 있다는 것이 예상될 것이다. 만약 포화 임계값이 너무 높게 설정되면, 제어기(12)는 로터(2)가 미리 결정된 위치에 있지 않을 때에 로터(2)가 미리 결정된 위치에 있다고 부정확하게 결정할 수 있다. 즉, 로터(2)가 여전히 비포화 영역 내에 있을 때 측정된 위상 전류는 포화 임계값보다 더 작을 수 있다. 역으로, 만약 포화 임계값이 너무 낮게 설정되면, 제어기(12)는 미리 결정된 위치를 모두 놓칠 수 있다. 즉, 측정된 위상 전류는 결코 포화 임계값보다 작을 수 없다.

[0042] 도 3은 시동 중에 시간에 따라 위상 전류가 어떻게 변하는지, 가속 중에 처음 몇 전기적 반-사이클 동안 위상 전류가 어떻게 변하는지를 도시한다.

[0043] 상술한 대로, 커뮤테이션 기간은 각각의 커뮤테이션 기간 동안 로터(2)가 약 20도의 전기각으로 움직이도록 설정된다. 만약 커뮤테이션 기간이 고정되면, 로터(2)가 가속됨에 따라 대응하는 전기각은 증가한다. 이러한 이유 때문에, 제어기(12)는 각 커뮤테이션 후에 커뮤테이션 기간을 감소시킨다. 로터(2)는 잘 특성화된 방식으로 가속된다. 결과적으로, 제어기(12)는 시동 이후에 발생한 커뮤테이션 횟수에 의존하는 커뮤테이션 기간을 사용할 수 있다. 이는 제어기(12)에 의해 사용된 제어 방식을 단순화한다. 예를 들어, 제어기(12)는 커뮤테이션 횟수에 따라 순차적으로 인덱스되는 커뮤테이션 기간의 룩업 테이블을 저장할 수 있다. 그럼에도 불구하고, 제어기(12)는 커뮤테이션 기간을 결정하기 위한 대안적인 방법을 사용할 수 있다. 로터(2)가 잘 특성화된 방식으로 가속하지 않는다면, 예를 들어 시동 시 로터(2) 상의 부하가 변한다면 특히 그러하다. 예로서, 제어기(12)는 로터(2)의 속도의 측정을 제공하기 위해 커뮤테이션 이벤트(즉, 제어기(12)가 위상 권선(8)을 커뮤테이션하는 포인트)와 포화 이벤트(즉, 제어기가 위상 권선이 포화 임계값보다 작은 것으로 결정된 포인트) 사이의 시간의 길이를 측정할 수 있고, 그 다음 이러한 시간 간격을 사용하여 커뮤테이션 기간을 규정할 수 있다. 예를 들어, 만약 포화 이벤트가 커뮤테이션 이벤트의 1.6ms 후에 발생했다면, 이는 로터(2)가 160도의 전기각으로 회전하는데 1.6ms가 걸렸음을 암시한다. 그렇다면 제어기(12)는 0.2ms 커뮤테이션 기간을 사용할 것이다.

[0044] 전술한 실시예에서, 전류 센서(13)는 제어 시스템(4)의 부품 비용을 감소시키는 이점을 갖는 단일 감지 저항(R1)을 포함한다. 단지 하나의 저항을 갖는 결과로서, 전류 센서(13)는 여자 동안에만 위상 전류를 측정할 수 있다. 프리휠링 중에, 위상 전류는 인버터(10)의 로우 측 루프 둘레를 순환하고, 전류 센서(13)를 우회한다. 이러한 이유로, 프리휠링의 끝에서 위상 전류를 측정하기 위하여 제어기(12)는 먼저 반드시 위상 권선(8)을 여자해야만 한다. 생각할 수 있는 바로는, 전류 센서(13)는 한 쌍의 감지 저항을 포함할 수 있으며, 각각의 저항은 인버터(10)의 하부 레그 상에 위치된다. 그 다음, 저항들 중 하나는 위상 권선(8)이 왼쪽에서 오른쪽으로 여자되거나, 프리휠링 때 위상 전류의 측정을 제공하고, 다른 하나의 저항은 위상 권선(8)이 오른쪽에서 왼쪽으로 여자되거나, 프리휠링 때 위상 전류의 측정을 제공할 것이다. 제어기(12)는 위상 권선(8)을 먼저 여자시키지 않고도 프리휠링의 끝에서 위상 전류를 측정할 수 있다. 더욱이, 프리휠 주기의 끝까지 기다리는 것보다는, 제어기(12)는 프리휠링 동안 위상 전류를 연속적으로 측정하고 포화 임계값과 비교할 수 있다. 측정된 위상 전

류가 포화 임계값보다 작으면, 제어기(12)는 우선 프리휠 기간의 끝을 기다리지 않고 커류테이션 기간을 시작할 것이다. 제어기(12)는 프리휠링을 통해 위상 전류와 포화 임계값을 비교하기 때문에, 로터(2)의 위치는 보다 정확하게 결정될 수 있다.

[0045] 로터(2)가 정렬된 위치에 접근함에 따라, 프리휠링 중에 위상 전류가 떨어지는 속도가 증가한다. 제어기(12)는 로터(2)의 위치를 결정하기 위해 이러한 특징을 이용한다. 특히, 제어기(12)는 고정된 프리휠 주기의 끝에서 위상 전류의 크기를 측정하고 이를 포화 임계값과 비교한다. 고정된 기간 동안 위상 권선(8)을 프리휠링하기보다 제어기(12)는 위상 전류가 하한 임계값 이하로 떨어질 때까지 위상 권선(8)을 대신 프리휠 할 수 있다. 그 후, 제어기(12)는 위상 전류가 상한 임계값을 초과할 때까지 위상 권선(8)을 여자시키고, 이 시점에서 제어기(12)는 위상 권선(8)을 프리휠한다. 이후에, 위상 전류가 하한 임계값 이하로 떨어지면, 제어기(12)는 위상 권선(8)을 다시 여자시킨다. 결과적으로, 위상 전류는 상한 임계값과 하한 임계값 사이에서 초평된다. 로터(2)의 위치를 결정하기 위해, 제어기(12)는 프리휠링의 시작과 끝 사이의 시간 간격(즉, 위상 전류가 상한 임계값 으로부터 하한 임계값으로 떨어지는데 걸리는 시간)을 측정할 수 있다. 로터(2)가 정렬 위치에 접근함에 따라 위상 전류가 떨어지는 속도가 증가하기 때문에, 프리휠링의 시작과 끝 사이의 시간 간격은 줄어들 것이다. 대안으로, 로터(2)의 위치를 결정하기 위해 제어기(12)는 여자의 시작과 끝 사이의 시간 간격(즉, 위상 전류가 하한 임계값으로부터 상한 임계값까지 상승하는데 걸리는 시간)을 측정할 수 있다. 로터(2)가 정렬된 위치에 접근함에 따라, 위상 전류는 프리휠링 중에는 더 빠른 속도로 떨어질 뿐만 아니라, 여자 동안에는 더 빠른 속도로 상승한다. 이는 도 3에 도시되어 있다. 위상 전류가 상승하는 속도가 증가하기 때문에, 로터(2)가 정렬된 위치에 접근함에 따라 여자 시작과 끝 사이의 시간 간격이 줄어들 것이다. 따라서, 제어기(12)는 프리휠링의 시작과 끝 사이 또는 여자의 시작과 끝 사이의 시간 간격을 측정한다고 말할 수 있다. 두 경우 모두, 제어기(12)는 측정된 시간 간격을 포화 임계값과 비교하고, 시간 간격이 포화 임계값보다 작은 경우 로터(2)가 미리 결정된 위치에 있다고 결정한다.

[0046] 포화 임계값

[0047] 상술한 바와 같이, 만약 포화 임계값이 너무 높게 설정되면, 제어기(12)는 로터(2)가 미리 결정된 위치에 있지 않은 경우 미리 결정된 위치에 있다고 부정확하게 결정할 수 있다. 반대로, 만약 포화 임계값이 너무 낮게 설정되면, 제어기(12)는 미리 결정된 위치를 모두 놓칠 수 있다. 따라서, 포화 임계값은 모터에 대해 적절한 값으로 설정하는 것이 중요하다. 모터가 대량 생산되는 경우, 모든 모터에 대해 단일, 공통의 포화 임계값을 사용하는 것이 가능할 수 있다. 대안으로는, 각 모터에 고유한 포화 임계값을 사용하는 것이 필요하거나 바람직할 수 있다. 두 경우(즉, 포화 임계값이 공통인지 고유한지에 상관없이) 모두 포화 임계값은 고정되어 있다. 그러나, 가변적인 포화 임계값을 사용하는 것이 필요하거나 바람직한 경우가 있을 수 있다.

[0048] 로터(2)의 온도, 더 낮은 정도로는 위상 권선(8)의 온도는 고정자 코어(7)에 링크된 전체 자속에 영향을 미칠 것이다. 결과적으로, 위상 권선(8)의 인덕턴스는 모터(1)의 온도 변화에 민감하다. 위상 권선(8)의 인덕턴스는 여자 및 프리휠링하는 중에 위상 전류가 상승 및 떨어지는 속도에 영향을 미치기 때문에, 고정된 포화 임계값이 사용되고 모터(1)의 온도가 변한다면 제어기(12)는 로터(2)의 위치를 부정확하게 결정할 수 있다. 따라서, 제어기(12)는 모터(1)의 온도에 의존하는 포화 임계값을 사용할 수 있다. 예를 들어, 제어 시스템(4)은 온도 센서를 포함할 수 있고, 제어기(12)는 온도 센서의 출력에 의존하는 포화 임계값을 선택할 수 있다. 그러나, 이러한 특정 구현은 제어 시스템(4)의 부품 비용을 증가시킨다. 그 대신에, 이하에서 설명될 바와 같이, 제어기(12)는 온도 센서를 필요로 하지 않고 모터(1)의 온도의 변화에 민감한 포화 임계값을 규정하는 방법을 사용한다.

[0049] 전술한 바와 같이, 가속 모드로 진입할 때 제어기(12)는 로터(2)를 순방향으로 계속해서 구동시키는 방향으로 위상 권선(8)을 여자시킴으로써 시작한다. 따라서, 예를 들어 제어기(12)는 위상 권선(8)을 왼쪽에서 오른쪽으로 여자시키도록 DIR1을 설정하고 DIR2를 클리어한다. 제어기(12)는 위상 전류가 상한 임계값을 초과할 때까지 위상 권선(8)을 계속해서 여자시키고, 이 포인트에서 제어기(12)는 고정된 프리휠 기간 동안 위상 권선(8)을 프리휠한다. 프리휠 기간의 끝에서, 제어기(12)는 위상 전류를 측정한다. 이러한 측정은 가속 모드로 진입할 때 위상 전류의 최초 측정값을 나타낸다. 결과적으로, 로터(2)가 여전히 비포화 영역 내에 있을 때 측정이 이루어진다. 제어기(12)는 측정된 위상 전류로부터 고정된 오프셋 값을 빼고, 그 결과를 포화 임계값으로서 저장한다.

[0050] 위상 권선(8)의 인덕턴스는 모터(1)의 온도 변화에 민감하다. 이는 고정자 코어(7)가 포화인지 또는 비포화인지 여부와는 상관없는 사실이다. 따라서, 각 프리휠 기간의 끝에서의 위상 전류의 크기는 비포화 영역으로 동

작할 때와 대략 동일한 와중에도 위상 전류의 크기는 모터(1)의 온도 변화에 민감하다. 따라서, 비포화 영역에서 위상 전류를 측정하고 고정된 오프셋 값을 뺌으로써 모터(1)의 온도 변화에 민감한 포화 임계값이 얻어진다. 중요하게도, 포화 임계값은 온도 센서를 필요로 하지 않고 얻어지므로 제어 시스템(4)의 부품 비용은 감소한다.

[0051] 측정된 위상 전류로부터 고정된 오프셋 값을 빼는 것은 잘 작동하는 것으로 나타났다. 그럼에도 불구하고, 제어기(12)는 다른 방식으로 포화 임계값을 얻기 위해 측정된 위상 전류를 사용할 수 있다고 생각할 수 있다. 예를 들어, 제어기(12)는 상이한 포화 임계값들의 룩업 테이블을 저장할 수 있고, 그 후 측정된 위상 전류를 사용하여 상기 룩업 테이블로부터 포화 임계값을 선택할 수 있다. 대안적으로, 제어기(12)는 측정된 위상 전류의 함수로서 포화 임계값을 규정하는 방정식을 풀 수 있다. 따라서, 보다 일반적인 의미로, 제어기(12)는 포화 임계값을 얻기 위해 측정된 위상 전류를 사용한다고 말할 수 있다. 그러나 측정된 위상 전류로부터 고정 오프셋 값을 빼는 것은 상대적으로 간단하고 저렴한 제어기를 사용하여 구현될 수 있다는 이점이 있다. 예를 들어, 제어기는 룩업 테이블을 위해 추가 메모리를 포함하거나 복잡한 방정식을 푸는 것을 필요로 하지 않는다.

[0052] 방금 기술된 실시예에서, 제어기(12)는 포화 임계값을 얻기 위해 고정된 오프셋 값을 빼고, 프리휠 기간의 끝에서 위상 전류를 측정한다. 그러나 전술한 바와 같이, 고정된 프리휠 기간의 끝에서 위상 전류를 측정하는 것보다, 그 대신에 제어기(12)는 위상 전류가 상한 임계값과 하한 임계값 사이에서 초핑될 때 프리휠링의 시작과 끝 사이의 시간 간격 또는 여자의 시작과 끝 사이의 시간 간격을 측정할 수 있다. 이 경우 포화 임계값을 얻는 프로세스는 본질적으로 동일하다. 특히, 제어기(12)는 시간 간격의 첫번째 측정값을 만들고, 고정된 오프셋 값을 빼서 포화 임계값을 규정한다.

[0053] 로터(2)의 위치를 결정하기 위한 기존의 방법은 종종 로터(2)에 의해 위상 권선(8)에 유도된 역 EMF의 극성에서의 전이 측정에 의존한다. 그러나, 상대적으로 낮은 속도에서 역 EMF의 크기는 상대적으로 작으므로 역 EMF의 극성에서의 전이가 항상 신뢰성있게 측정될 수는 없다. 제어기(12)에 의해 사용된 제어 방식은 로터(2)의 위치를 결정하기 위하여 역 EMF에 의존하지 않는다. 대신, 이 제어 방식은 로터(2)가 하나의 정렬된 위치로부터 다음의 정렬된 위치로 회전함으로써 발생하는 위상 권선(8)의 인덕턴스의 변화를 이용한다. 결과적으로, 제어기(12)는 비교적 낮은 속도로 회전할 때 위치를 보다 신뢰성있게 결정하는 것이 가능하다.

[0054] 제어기(12)는 로터(2)가 위상 전류의 각 초핑된 것마다 미리 결정된 위치에 있는지 여부를 평가(즉, 측정된 파라미터를 포화 임계값과 비교)한다. 따라서 전류 초핑된 것의 주파수(즉, 권선이 여자되고 프리휠되는 횟수)는 로터(2)의 위치가 결정되는 분해능을 규정한다. 로터의 속도가 비교적 낮을 때, 제어기(12)는 전형적으로 각각의 전기적 반-사이클에 걸쳐 위상 전류를 여러번 초핑하여서 로터(2)의 위치가 비교적 양호한 정확도로 결정될 수 있다. 로터(2)의 속도가 증가함에 따라, 각각의 전기적 반-사이클의 길이가 감소하고, 따라서 제어기(12)는 위상 전류를 덜 빈번하게 초핑한다. 그 결과, 로터(2)의 위치가 결정되는 정확도는 감소한다. 결국, 로터 위치의 정확도가 상대적으로 좋지 않은 속도에 도달한다. 이러한 이유 때문에, 제어기(12)는 로터(2)를 더 가속시키기 위해 다른 방식으로 스위칭한다.

[0055] 제어기(12)는 위상 권선(8)을 설정된 횟수만큼(예를 들어, 7회) 커뮤테이션하고, 그 후에 제어기(12)는 로터(2)를 더욱 가속시키기 위해 대안적인 방식으로 스위칭한다. 그러나, 제어기(12)는 위상 권선(8)을 단지 1회 커뮤테이션한 후에 대안적인 방식으로 스위칭할 수 있다고 생각할 수 있다. 다시 말하면, 위상 권선(8)을 단지 한 번 커뮤테이션한 후, 로터(2)는 로터를 더 가속시키기 위해 제어기(12)가 대안적인 방식으로 스위칭할 수 있을 정도로 충분히 빠르게 이동할 수 있다. 이 경우, 제어기(12)는 단일 커뮤테이션 기간만을 저장할 필요가 있다.

[0056] 전술한 실시예에서, 제어 방식은 순전히 비교적 낮은 속도에서 로터(2)를 가속시키기 위해 사용된다. 생각컨대, 제어 방식은 정상 상태 조건하에서 모터를 제어하는데 사용될 수 있다. 유일한 요구 사항은, 정상 상태에서 작동할 때 위상 전류는 로터(2)의 위치가 충분히 정확하게 결정될 수 있는 충분한 주파수로 초핑되는 것이다. 가속 모드에서 보내는 시간은 비교적 짧다. 따라서, 가변적인 포화 임계값을 사용하는 경우 포화 임계값을 단지 한 번만 계산하면 충분하다. 그러나, 만약 제어 방식이 정상 상태 조건 하에서 모터를 제어하는데 사용되는 경우, 포화 임계값을 보다 빈번하게, 예를 들어, 각 커뮤테이션 후 또는 매 n번째 커뮤테이션 후에 계산하는 것이 필요하거나 바람직할 수 있다.

[0057] 위상 권선(8)을 커뮤테이션 할 때, 제어기(12)는 상기 프로세스를 더 짧은 커뮤테이션 기간으로 반복하지만, 그러한 이유들은 이하에서 설명된다. 보다 짧은 커뮤테이션 기간을 제외하면 제어기(12)에 의해 사용되는 프로세스는 변경되지 않는다. 제어기(12)는 제어기(12)가 위상 권선(8)을 설정된 횟수만큼 커뮤테이션 할 때까지 이

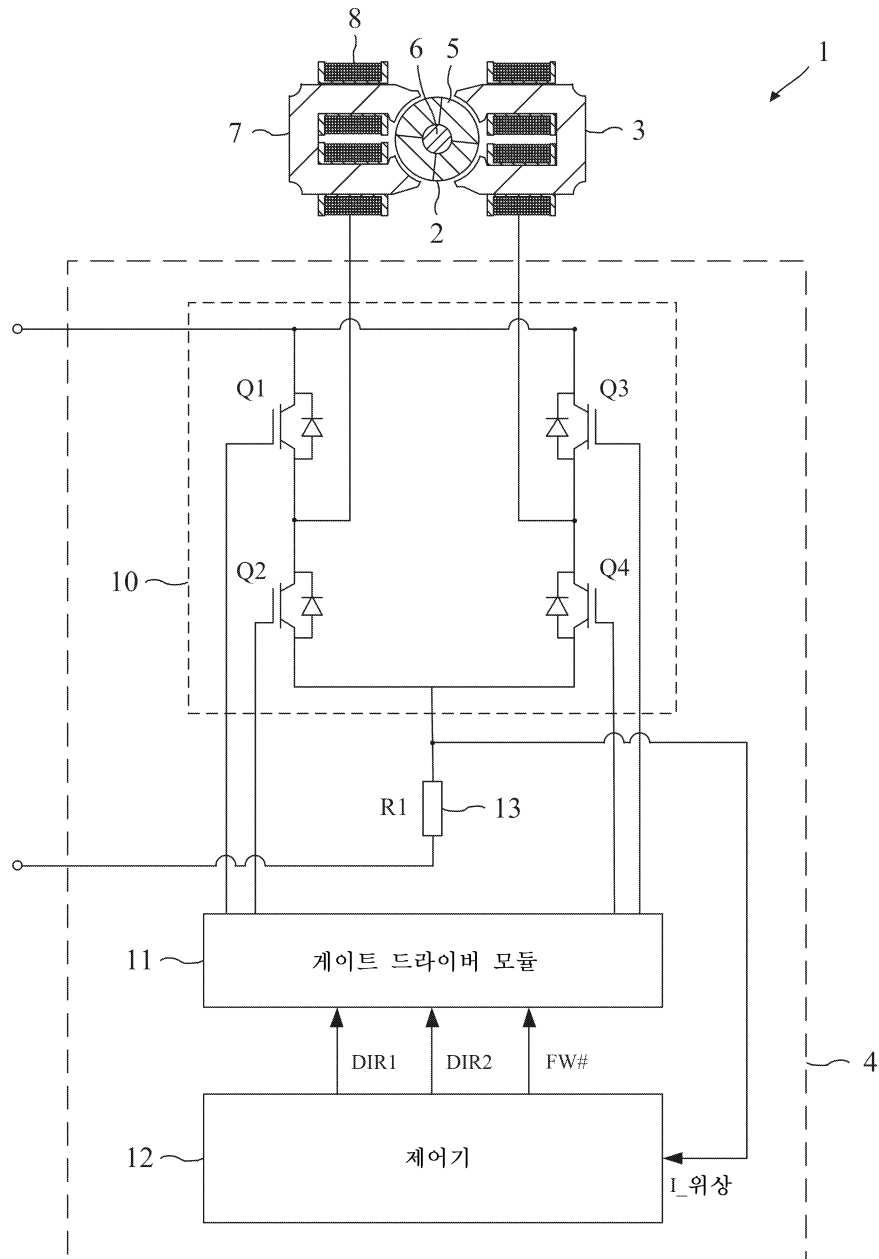
러한 방식으로 계속된다. 이 시점에서, 로터(2)는 특정 속도로 가속되었다고 가정되고 제어기(12)는 로터(2)를 더욱 가속하기 위해 다른 방식으로 스위칭한다. 예를 들어, 제어기(12)는 W02013/132249호에 기술된 가속 방식을 사용할 수 있다.

[0058]

전술한 제어 방식은 커뮤테이션 기간 및 가변적인 포화 임계값 모두를 사용할 수 있다. 그러나, 제어 방식이 둘 모두를 사용하는 것이 필수인 것은 아니다. 예를 들어 전술한 바와 같이, 제어 방식은 고정된 포화 임계값, 예를 들어 모든 모터에 공통인 포화 임계값 또는 각 모터에 고유한 포화 임계값을 사용할 수 있다. 그럼에도 불구하고, 비록 고정된 것일지라도 보다 높은 포화 임계값과 결합하여 커뮤테이션 기간을 사용함으로써, 제어기(12)는 포화 이벤트를 놓칠 가능성이 적다. 마찬가지로, 제어 방식은 커뮤테이션 기간을 필요로 하지 않고 가변적인 포화 임계값을 사용할 수 있다. 로터(2)가 정렬된 위치에 있을 때 제어기(12)가 위상 권선(8)을 커뮤테이션하려고 시도하기 때문에, 포화 임계값은 충분히 낮게 설정되어 측정된 파라미터는 로터(2)가 정렬된 위치에 있거나 매우 근접한 경우에만 측정된 파라미터가 포화 임계값보다 낮을 수 있다. 제어기(12)는 포화 임계값보다 작은 때 위상 권선(8)을 즉시 커뮤테이션한다. 상술한 바와 같이, 이러한 접근법의 어려움은, 포화 임계값이 너무 낮게 설정되면 제어기(12)가 포화 이벤트를 모두 놓칠 수 있다는 것이다. 이것은 동일한 포화 임계값을 사용하여 대량 생산된 모터를 제어할 때 특히 그러하다. 그러나, 각 모터에 고유할 뿐만 아니라 모터가 시동될 때마다 고유한 포화 임계값을 사용함으로써 포화 이벤트는 훨씬 더 높은 신뢰도로 결정될 수 있다. 결과적으로, 커뮤테이션 기간을 필요로 하지 않고 모터를 제어하는 것이 가능하다.

도면

도면1



도면2

제어 신호			전력 스위치				인버터 조건
DIR1	DIR2	FW#	Q1	Q2	Q3	Q4	
0	0	X	0	0	0	0	오프
1	0	1	1	0	0	1	왼쪽에서 오른쪽으로 여자
0	1	1	0	1	1	0	오른쪽에서 왼쪽으로 여자
1	0	0	0	0	0	1	왼쪽에서 오른쪽으로 프리휠
0	1	0	0	0	1	0	오른쪽에서 왼쪽으로 프리휠
1	1	X	-	-	-	-	불가

도면3

