



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2020-0044924
(43) 공개일자 2020년04월29일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H02P 21/00 (2016.01) H02P 25/022 (2016.01)
(52) CPC특허분류
H02P 21/0089 (2013.01)
H02P 25/022 (2016.02)
(21) 출원번호 10-2020-7009083
(22) 출원일자(국제) 2018년10월02일
심사청구일자 2020년03월30일
(85) 번역문제출일자 2020년03월30일
(86) 국제출원번호 PCT/EP2018/076788
(87) 국제공개번호 WO 2019/068706
국제공개일자 2019년04월11일
(30) 우선권주장
10 2017 217 792.6 2017년10월06일 독일(DE)

(71) 출원인
콘티넨탈 테베스 아게 운트 코. 오히게
독일 데-60488 프랑크푸르트 암 마인 캐리캐슈트라쎄
라쎄 7
(72) 발명자
카우프만 톰
독일 60488 프랑크푸르트 암 마인 캐리캐슈트라쎄
7 콘티넨탈 테베스 아게 운트 코. 오히게 인텔렉
츄얼 프로퍼티 씨/오
부디아누 보그단
독일 60488 프랑크푸르트 암 마인 캐리캐슈트라쎄
7 콘티넨탈 테베스 아게 운트 코. 오히게 인텔렉
츄얼 프로퍼티 씨/오
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
특허법인코리아나

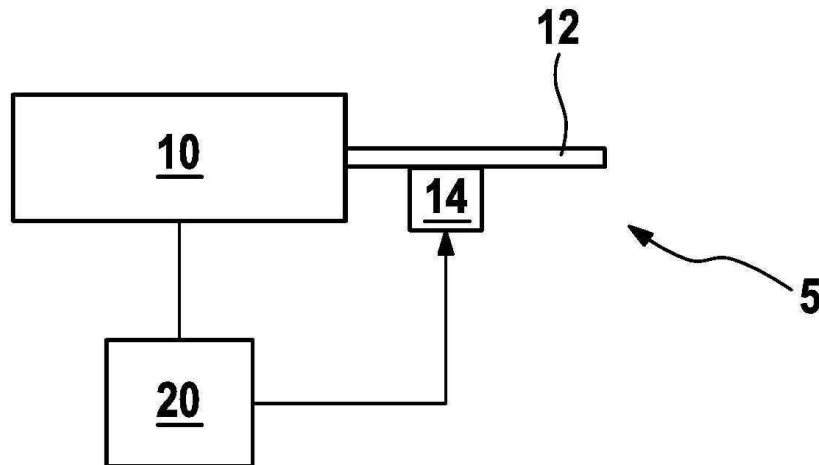
전체 청구항 수 : 총 15 항

(54) 발명의 명칭 영구 자석 동기 전동기를 동작시키기 위한 방법, 및 전동기 어셈블리

(57) 요약

본 발명은 영구 자석 동기 전동기를 동작시키기 위한 방법에 관한 것으로, 동작 벡터는 멀티-스테이지 프로세스에서 확인된다. 본 발명은 추가로, 상기 종류의 방법을 수행하도록 구성된 전동기 어셈블리에 관한 것이다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류

H02P 2207/05 (2013.01)

(72) 발명자

바르텔 오이겐

독일 60488 프랑크푸르트 암 마인 케리케슈트라쎄
7 콘티넨탈 테베스 아게 운트 코. 오하게 인텔렉추
얼 프로퍼티 씨/오

술테 도미닉

독일 60488 프랑크푸르트 암 마인 케리케슈트라쎄
7 콘티넨탈 테베스 아게 운트 코. 오하게 인텔렉추
얼 프로퍼티 씨/오

슈타우더 페터

독일 60488 프랑크푸르트 암 마인 케리케슈트라쎄
7 콘티넨탈 테베스 아게 운트 코. 오하게 인텔렉추
얼 프로퍼티 씨/오

명세서

청구범위

청구항 1

영구 자석 동기 전동기 (10) 를 동작시키기 위한 방법으로서,

상기 전동기의 동작 파라미터들은 2 차원 d/q 좌표계에 특정되고, 상기 방법은 다음의 단계들:

- 토크 요청 (T_m) 을 수신하는 단계,
- 상기 토크 요청 (T_m) 을, q 좌표가 상기 토크 요청 (T_m) 에 대응하고 d 좌표가 제로인 제 1 벡터 (Z_1) 로 컨버팅하는 단계,
- 상기 d/q 좌표계에서 영역들 (1, 2, 3, 4) 로서 다수의 제약들을 표현하는 단계로서, 각각의 요구된 영역 (1, 2, 3) 은 동작 벡터 (Z_B) 가 상기 요구된 영역 (1, 2, 3) 내에 있어야 한다는 제약을 표현하고, 각각의 금지된 영역 (4) 은 동작 벡터 (Z_B) 가 상기 금지된 영역 (4) 밖에 있어야 한다는 제약을 표현하는, 상기 다수의 제약들을 표현하는 단계,
- 상기 제 1 벡터 (Z_1) 가 모든 요구된 영역들 (1, 2, 3) 내에 그리고 모든 금지된 영역들 (4) 밖에 있는지 여부를 검사하는 단계,
- 만일 그렇다면, 상기 제 1 벡터 (Z_1) 를 동작 벡터 (Z_B) 로서 사용하는 단계,
- 그렇지 않다면:
 - 상기 요구된 영역들 (1, 2, 3) 의 개별의 최고 q 좌표들을 결정하고, 상기 제 1 벡터 (Z_1) 의 상기 q 좌표를 상기 요구된 영역들 (1, 2, 3) 의 상기 최고 q 좌표들 중 가장 낮은 q 좌표로 감소시켜, 제 2 벡터 (Z_2) 를 얻는 단계;
 - 상기 제 2 벡터 (Z_2) 가 제 1 요구된 영역 (1) 내에 있는지 여부를 검사하는 단계,
 - 만일 그렇다면, 상기 제 2 벡터 (Z_2) 를 제 3 벡터 (Z_3) 로서 사용하는 단계,
 - 그렇지 않다면, d 좌표의 양이 가장 작은 상기 제 1 요구된 영역 (1) 의 한계에 놓이도록 상기 제 2 벡터 (Z_2) 의 d 좌표를 변경하여, 제 3 벡터 (Z_3) 를 얻는 단계,
 - 상기 제 3 벡터 (Z_3) 가 제 2 요구된 영역 (2) 내에 있는지 여부를 검사하는 단계,
 - 만일 그렇다면, 상기 제 3 벡터 (Z_3) 를 제 4 벡터 (Z_4) 로서 사용하는 단계,
 - 그렇지 않다면, 최고 q 좌표를 가진 변경 한계와 상기 제 2 요구된 영역 (2) 의 한계 사이의 교차점까지 상기 변경 한계를 따라 상기 제 3 벡터 (Z_3) 의 좌표들을 변경하여, 제 4 벡터 (Z_4) 를 얻는 단계,
 - 상기 제 4 벡터 (Z_4) 에 근거하여 동작 벡터 (Z_B) 를 결정하는 단계,
 - 상기 동작 벡터 (Z_B) 에 의해 표시되는 동작 파라미터들에 의해 상기 영구 자석 동기 전동기 (10) 를 활성화하는 단계를 포함하는, 영구 자석 동기 전동기 (10) 를 동작시키기 위한 방법.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 제 4 벡터 (Z_4) 에 근거하여 동작 벡터 (Z_B) 를 결정하기 위해 다음의 단계들:

- 상기 제 4 벡터 (Z_4) 가 제 3 요구된 영역 (3) 내에 있는지 여부를 검사하는 단계,
- 만일 그렇다면, 상기 제 4 벡터 (Z_4) 를 동작 벡터 (Z_B) 로서 사용하는 단계,
- 그렇지 않다면, 최고 q 좌표를 가진 변경 한계와 상기 제 3 요구된 영역 (3) 의 한계 사이의 교차점까지 상기 변경 한계를 따라 상기 제 4 벡터 (Z_4) 의 좌표들을 변경하여, 상기 동작 벡터 (Z_B) 를 얻는 단계를 포함하는,

영구 자석 동기 전동기 (10) 를 동작시키기 위한 방법.

청구항 3

제 1 항 또는 제 2 항에 있어서,

- 상기 제 1 요구된 영역 (1) 은 상기 전동기 (10) 의 최대 전압을 정의하고, 및/또는
- 상기 제 2 요구된 영역 (2) 은 상기 전동기 (10) 의 최대 전류를 정의하고, 및/또는
- 상기 제 3 요구된 영역 (3) 은 최대 배터리 전류를 정의하는, 영구 자석 동기 전동기 (10) 를 동작시키기 위한 방법.

청구항 4

제 1 항 내지 제 3 항 중 어느 한 항에 있어서,

- 상기 변경 한계는 상기 제 1 요구된 영역 (1) 의 한계인, 영구 자석 동기 전동기 (10) 를 동작시키기 위한 방법.

청구항 5

제 1 항 내지 제 4 항 중 어느 한 항에 있어서,

- 상기 토크 요청 (T_m) 은 상기 전동기 (10) 를 구동 또는 가속화하기 위한 토크를 정의하는, 영구 자석 동기 전동기 (10) 를 동작시키기 위한 방법.

청구항 6

제 1 항 내지 제 4 항 중 어느 한 항에 있어서,

- 상기 토크 요청 (T_m) 은 상기 전동기 (10) 를 제동하기 위한 토크를 정의하는, 영구 자석 동기 전동기 (10) 를 동작시키기 위한 방법.

청구항 7

제 6 항에 있어서,

상기 제 3 벡터 (Z_3) 가 제 2 요구된 영역 (2) 내에 있는지 여부를 검사하는 단계 전에, 다음의 단계들:

- 상기 제 3 벡터 (Z_3) 가 제 1 금지된 영역 (4) 내에 있는지 여부를 검사하는 단계,
- 그렇지 않다면, 다음 단계 동안 상기 제 3 벡터 (Z_3) 를 변경되지 않은 상태로 유지하는 단계,
- 만일 그렇다면, 상기 다음 단계 전에, 상기 제 3 벡터 (Z_3) 의 d 좌표의 양을 상기 제 1 금지된 영역 (4) 의 한계까지 증가시키는 단계가 수행되는, 영구 자석 동기 전동기 (10) 를 동작시키기 위한 방법.

청구항 8

제 7 항에 있어서,

- 상기 제 1 금지된 영역 (4) 은 최소 배터리 전류를 정의하는, 영구 자석 동기 전동기 (10) 를 동작시키기 위한 방법.

청구항 9

제 7 항 또는 제 8 항에 있어서,

- 상기 제 3 벡터 (Z_3) 가, 제 1 금지된 영역 (4) 내에 있는지 여부를 검사하는 것에 응답하여 변경되지 않은 상태로 유지되면, 상기 변경 한계는 상기 제 1 요구된 영역 (1) 의 한계이고, 및/또는
- 상기 제 3 벡터 (Z) 의 d 좌표의 양이 상기 제 1 금지된 영역 (4) 내에 있는지 여부를 검사하는 것에 응답하여 증가되면, 상기 변경 한계는 상기 제 1 금지된 영역 (4) 의 한계인, 영구 자석 동기 전동기 (10) 를 동작시키기 위한 방법.

청구항 10

제 6 항 내지 제 9 항 중 어느 한 항에 있어서,

- 상기 제 1 요구된 영역 (1) 은 상기 전동기의 최대 전압을 정의하고, 및/또는
- 상기 제 2 요구된 영역 (2) 은 상기 전동기의 최대 전류를 정의하고, 및/또는
- 상기 제 3 요구된 영역 (3) 은 최대 배터리 전류를 정의하는, 영구 자석 동기 전동기 (10) 를 동작시키기 위한 방법.

청구항 11

제 1 항 내지 제 10 항 중 어느 한 항에 있어서,

- 모든 벡터들 (Z) 의 d 좌표들은 네거티브인, 영구 자석 동기 전동기 (10) 를 동작시키기 위한 방법.

청구항 12

제 1 항 내지 제 11 항 중 어느 한 항에 있어서,

- 벡터들 (Z) 은 교차점들을 계산하는 것에 의해 상기 변경 한계를 따라 이동되는, 영구 자석 동기 전동기 (10) 를 동작시키기 위한 방법.

청구항 13

제 1 항 내지 제 12 항 중 어느 한 항에 있어서,

- 상기 요구된 영역들 (1, 2, 3) 및/또는 상기 금지된 영역들 (4) 은 원들인, 영구 자석 동기 전동기 (10) 를 동작시키기 위한 방법.

청구항 14

제 1 항 내지 제 13 항 중 어느 한 항에 있어서,

- 상기 전동기의 최대 전압을 정의하는 적어도 하나의 요구된 영역 (1) 은 상기 전동기 (10) 의 속도에 의존하는, 영구 자석 동기 전동기 (10) 를 동작시키기 위한 방법.

청구항 15

전동기 어셈블리 (5) 로서,

- 영구 자석 동기 전동기 (10), 및
- 제 1 항 내지 제 14 항 중 어느 한 항에 기재된 영구 자석 동기 전동기 (10) 를 동작시키기 위한 방법을 수행하도록 구성된 전자 제어 디바이스 (20) 를 포함하는, 전동기 어셈블리 (5).

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은, 영구 자석 동기 전동기를 동작시키기 위한 방법 및 영구 자석 동기 전동기 및 그러한 방법을 수행하기 위한 전자 제어 디바이스를 가진 전동기 어셈블리에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 영구 자석 동기 전동기들은 예를 들어 자동차의 브레이크 시스템을 작동시키기 위해 사용될 수 있다. 이를 위해, 예를 들어 토크 요청이 특정되고, 전동기는 대응하는 토크를 생성한다. 그러나, 영구 자석 동기 전동기들은 또한, 예를 들어 전류 또는 전압에 관한 다양한 제약들을 받는다. 그러한 제약들은 전동기의 오작동 또는 파손을 회피하기 위해 동작 동안 준수되어야 한다. 이 점에 있어서 의심스러운 경우엔, 토크 요청이 완전히 충족될 수 없다는 점도 인정해야 한다.

[0003] 영구 자석 동기 전동기들의 동작을 위해, 예를 들어 약제자 (field weakening) 의 원리에 기초한 제어

시스템이, 전동기로부터 가능한 가장 큰 속도 범위에서 일정한 토크를 요구하기 위하여 사용된다. 종래 기술로부터 알려진 실시형태들의 경우에, 소정의 전동기 파라미터들 및 제약들에 대한 계산된 값들이 저장되는 미리정의된 테이블들이 통상적으로 사용된다. 그러나, 이들은 정적이고, 따라서 실제로 발생하는 동작 파라미터들로 조정될 수도, 개별의 재계산 없이 상이한 전동기들에 사용될 수도 없다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0004] 따라서, 본 발명의 목적은, 이 점에 있어서 개선되는 영구 자석 동기 전동기를 동작시키기 위한 방법을 제공하는 것이다. 또한, 본 발명의 목적은 연관된 전동기 어셈블리를 제공하는 것이다.

과제의 해결 수단

[0005] 이것은 개별의 주 청구항들에 따른 방법 및 전동기 어셈블리에 의해 본 발명에 따라 달성된다. 유리한 구성들이 예를 들어 개별의 종속 청구항들로부터 취해질 수 있다. 청구항들의 내용은 명백한 참조에 의해 설명의 내용에 통합된다.

[0006] 본 발명은 영구 자석 동기 전동기를 동작시키기 위한 방법에 관한 것으로, 그 전동기의 동작 파라미터들은 2 차원 d/q 좌표계에 특정되고, 방법은 다음의 단계들을 포함한다:

- [0007] - 토크 요청을 수신하는 단계,
- [0008] - 토크 요청을, q 좌표가 토크 요청에 대응하고 d 좌표가 제로인 제 1 벡터로 컨버팅하는 단계,
- [0009] - d/q 좌표계에서 영역들로서 다수의 제약들을 표현하는 단계로서, 각각의 요구된 영역은 동작 벡터 (operational vector) 가 요구된 영역 내에 있어야 한다는 제약을 표현하고, 각각의 금지된 영역은 동작 벡터가 금지된 영역 밖에 있어야 한다는 제약을 표현하는, 상기 다수의 제약들을 표현하는 단계,
- [0010] - 제 1 벡터가 모든 요구된 영역들 내에 그리고 모든 금지된 영역들 밖에 있는지 여부를 검사하는 단계,
- [0011] - 만일 그렇다면, 제 1 벡터를 동작 벡터로서 사용하는 단계,
- [0012] - 그렇지 않다면:
- [0013] - 요구된 영역들의 개별의 최고 q 좌표들을 결정하고, 제 1 벡터의 q 좌표를 요구된 영역들의 최고 q 좌표들 중 가장 낮은 q 좌표로 감소시켜, 제 2 벡터를 얻는 단계;
- [0014] - 제 2 벡터가 제 1 요구된 영역 내에 있는지 여부를 검사하는 단계,
- [0015] - 만일 그렇다면, 제 2 벡터를 제 3 벡터로서 사용하는 단계,
- [0016] - 그렇지 않다면, d 좌표의 양이 가장 작은 제 1 요구된 영역의 한계에 놓이도록 제 2 벡터의 d 좌표를 변경하여, 제 3 벡터를 얻는 단계,
- [0017] - 제 3 벡터가 제 2 요구된 영역 내에 있는지 여부를 검사하는 단계,
- [0018] - 만일 그렇다면, 제 3 벡터를 제 4 벡터로서 사용하는 단계,
- [0019] - 그렇지 않다면, 최고 q 좌표를 가진 변경 한계와 제 2 요구된 영역의 한계 사이의 교차점까지 변경 한계를 따라 제 3 벡터의 좌표들을 변경하여, 제 4 벡터를 얻는 단계,
- [0020] - 제 4 벡터에 근거하여 동작 벡터를 결정하는 단계,
- [0021] - 동작 벡터에 의해 표시되는 동작 파라미터들에 의해 영구 자석 동기 전동기를 활성화하는 단계.
- [0022] 그러한 절차는 이상적인 동작 벡터의 결정을 허용한다. 이 경우에, q 좌표는 토크 요청에 가능한 한 밀접하게 기초하고, 즉, 요청된 토크보다 더 낮은 토크가 전달되면, q 좌표는 가능한 한 높다. 추가로, d 좌표는 가능한 한 낮으며, 이는 낮은 전력 손실을 야기한다.
- [0023] 여기에 설명된 방법은 특히 매우 짧은 컴퓨팅 시간으로 수행될 수 있고, 이는 실질적인 사용에 적합한 전동기 제어들에서의 구현을 허용한다. 제약들에 대한 미리정의된 테이블들 및 복잡한 계산들을 생략하는 것이 가능하다.

- [0024] 2 차원 d/q 좌표계는 특히 Clarke-Park 변환에 기초할 수도 있다. 영구 자석 동기 전동기의 동작 파라미터들은 따라서 2 차원으로 표현될 수 있다.
- [0025] 본 출원의 맥락에서, 용어 벡터는 특히 그 팁 (tip) 을 지칭하는 것으로서 이해되어야 한다. 이는 예를 들어 변경될 수 있거나, 또는 소정의 범위 내 또는 밖인지 여부가 검사될 수 있다.
- [0026] 여기에 사용된 q 좌표들과 관련하여, 설명된 방법 시퀀스는 포지티브 토크 요청을 가정하며, 이는 포지티브 q 좌표를 야기함을 언급해야 한다. 이것은 설명을 이해하기 쉽게 만드는 것이지만, 보호의 범위를 한정하지 않는다. 예를 들어 반대 방향의 회전을 야기할 수도 있는 네거티브 토크 요청의 경우에는, 부호가 변경되어야 할 것이다.
- [0027] 제 1 벡터의 q 좌표가 이미 요구된 영역들의 최고 q 좌표들 중 가장 낮은 q 좌표 이하이면, q 좌표를 감소시키는 것을 생략하는 것이 가능하다.
- [0028] 유리하게는, 제 4 벡터에 근거하여 동작 벡터를 결정하기 위한 방법이 다음의 단계들을 포함한다는 것이 규정된다:
- [0029] - 제 4 벡터가 제 3 요구된 영역 내에 있는지 여부를 검사하는 단계,
- [0030] - 만일 그렇다면, 제 4 벡터를 동작 벡터로서 사용하는 단계,
- [0031] - 그렇지 않다면, 최고 q 좌표를 가진 변경 한계와 제 3 요구된 영역의 한계 사이의 교차점까지 변경 한계를 따라 제 4 벡터의 좌표들을 변경하여, 동작 벡터를 얻는 단계.
- [0032] 이는 추가의 제한이 고려되게 한다.
- [0033] 방법의 개별의 유리한 실시형태들에 따르면, 다음이 규정된다:
- [0034] - 제 1 요구된 영역은 전동기의 최대 전압을 정의하고, 및/또는
- [0035] - 제 2 요구된 영역은 전동기의 최대 전류를 정의하고, 및/또는
- [0036] - 제 3 요구된 영역은 최대 배터리 전류를 정의한다.
- [0037] 이것은 통상적인 동작 상황들에 대한 실질적인 절차인 것으로 밝혀졌다.
- [0038] 하나의 실시형태에 따르면, 변경 한계가 제 1 요구된 영역의 한계인 것으로 규정된다. 이는 특히, 토크 요청이 전동기를 구동 또는 가속화하기 위한 토크를 정의하는 경우에 적용된다.
- [0039] 하나의 가능한 실시형태에 따르면, 토크 요청은 전동기를 구동 또는 가속화하기 위한 토크를 정의한다. 그 결과, 전동기는 운전중으로 설정 (set in motion) 또는 운전중으로 유지될 (kept in motion) 수 있다.
- [0040] 하나의 가능한 실시형태에 따르면, 토크 요청은 전동기를 제동하기 위한 토크를 정의한다. 그 결과, 전동기는, 예를 들어, 그것을 정지시키기 위하여 제동될 수 있다.
- [0041] 하나의 실시형태에 따르면, 제 3 벡터가 제 2 요구된 영역 내에 있는지 여부를 검사하는 단계 전에 다음의 단계들이 수행된다:
- [0042] - 제 3 벡터가 제 1 금지된 영역 내에 있는지 여부를 검사하는 단계,
- [0043] - 그렇지 않다면, 다음 단계 동안 제 3 벡터를 변경되지 않은 상태로 유지하는 단계,
- [0044] - 만일 그렇다면, 다음 단계 전에, 제 3 벡터의 d 좌표의 양을 제 1 금지된 영역의 한계까지 증가시키는 단계.
- [0045] 그 결과, 금지된 영역에 의해 표현될 수 있는 조건에 대한 준수가 검사 또는 보장될 수 있다.
- [0046] 하나의 실시형태에 따르면, 제 1 금지된 영역은 최소 배터리 전류를 정의한다. 이것은 특히 제동 토크의 경우와 관련이 있다. 특히 이 경우에, 전동기는 제너레이터로서의 역할을 하거나 또는 제너레이터로서 동작될 수도 있다.
- [0047] 가능한 실시형태들에 따르면, 다음이 규정된다,
- [0048] - 제 3 벡터가, 제 1 금지된 영역 내에 있는지 여부를 검사하는 것에 응답하여 변경되지 않은 상태로 유지되면, 변경 한계는 제 1 요구된 영역의 한계이고, 및/또는

- [0049] - 제 3 벡터의 d 좌표의 양이 제 1 금지된 영역 내에 있는지 여부를 검사하는 것에 응답하여 증가되면, 변경 한계는 제 1 금지된 영역의 한계이다.
- [0050] 그러한 절차들은 통상적인 애플리케이션들에 유리한 것으로 입증되었다.
- [0051] 개별의 실시형태들에 따르면, 다음이 규정된다,
- [0052] - 제 1 요구된 영역은 전동기의 최대 전압을 정의하고, 및/또는
- [0053] - 제 2 요구된 영역은 전동기의 최대 전류를 정의하고, 및/또는
- [0054] - 제 3 요구된 영역은 최대 배터리 전류를 정의한다.
- [0055] 이는 가능한 최상의 결과에 도달하기 위하여, 통상적인 실제 사례들에 유리한 것으로 입증되었다.
- [0056] 하나의 실시형태에 따르면, 모든 벡터들의 d 좌표들이 네거티브인 것으로 규정된다. 이는 통상적이고 유리한 동작 상황들에 대응한다.
- [0057] 벡터들은 교차점들을 계산하는 것에 의해 변경 한계를 따라 이동되는 것이 바람직하다. 예를 들어, 함수들 및/또는 파라미터화들이 사용될 수도 있다.
- [0058] 요구된 영역들 및/또는 금지된 영역들은 원들인 것이 바람직하다. 이는 특히 특정된 타입들의 통상적인 제약들이 표현되게 한다.
- [0059] 하나의 실시형태에 따르면, 전동기의 최대 전압을 정의하는 적어도 하나의 요구된 영역이 전동기의 속도에 의존한다는 것이 규정된다. 이는 통상적인 애플리케이션들에서 실제 거동을 반영한다.
- [0060] 방법은 특히, 토크 요청들을 가속화하는 것 및 토크 요청들을 제동하는 것 양자 모두가 수행될 수 있는 것과 같은 방식으로 또한 구현될 수도 있음을 언급해야 한다.
- [0061] 본 발명에 따른 방법은 특히 자동차에서 또는 자동차의 브레이크 시스템에서 사용될 수 있음을 이해해야 한다. 예를 들어, 영구 자석 동기 전동기는 자동차의 브레이크 시스템의 제동력을 제공 또는 생성할 수 있다.
- [0062] 본 발명은 더욱이 영구 자석 동기 전동기 및 본 발명에 따른 방법을 수행하도록 구성되는 전자 제어 디바이스를 갖는 전동기 어셈블리에 관한 것이다. 그 방법과 관련하여, 본 명세서에서 설명된 모든 실시형태들 및 변형들로 되돌아가는 것이 가능하다. 상기 추가로 언급된 이점들은 본 발명에 따른 전동기 어셈블리에 의해 달성될 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [0063] 추가의 피쳐들 및 이점들은 첨부된 도면들을 참조하여 이하에 설명된 예시적인 실시형태로부터 당업자에 의해 취해질 것이다:
- 도 1 은 전동기 어셈블리를 도시한다.
- 도 2 는 전동기를 제어하기 위한 개략적 절차를 도시한다.
- 도 3 은 d/q 좌표계에서의 통상적인 제약들을 도시한다.
- 도 4 는 포지티브 토크의 경우에서의 동작 벡터의 결정을 위한 절차를 도시한다.
- 도 5 는 네거티브 토크의 경우에서의 동작 벡터의 결정을 위한 절차를 도시한다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0064] 도 1 은 본 발명의 예시적인 실시형태에 따른 전동기 어셈블리 (5) 를 도시한다. 전동기 어셈블리 (5) 는 영구 자석 동기 전동기 (10) 를 갖는다. 그 전동기 어셈블리는 영구 자석 동기 전동기 (10) 가 동작 중일 때 회전하는 샤프트 (12) 를 갖는다.
- [0065] 샤프트 (12) 에는, 샤프트 (12) 의 개별의 속도를 감지하는 속도 센서 (14) 가 부착된다.
- [0066] 전동기 어셈블리 (5) 는 더욱이 전자 제어 디바이스 (20) 를 갖는다. 이는, 예를 들어, 이하에 추가로 설명된 바와 같이, 전동기 (10) 를 제어하도록 설계된다.

[0067] 전동기 (10) 는 특히 약계자의 원리에 따라 제어될 수도 있다. 그 결과, 그 전동기로부터 가능한 가장 큰 속도 범위에서 일정한 토크가 요구될 수 있다. 전류는 통상적으로 토크에 비례하기 때문에, 토크 요청은 예를 들어, 전류 제어를 통해 실현되며, 이는 도 2 에 도시된다.

[0068] 도 2 는 이에 따라, 전류 제어기 또는 전류를 제어하기 위한 절차를 오직 개략적으로 도시한다. Clarke-Park 변환에 의해 얻어진 전류들 (i_d 및 i_q) 이 d/q 좌표계에서 사용된다. 영구 자석 동기 전동기의 동작 파라미터들은 따라서 2 차원으로 표현될 수 있다.

[0069] 도시된 바와 같이, 최적의 전류 ("최적의 전류") 를 계산하기 위하여, 토크 요청 (T) 및 전동기 파라미터들 ("전동기 파라미터들") 이 사용됨을 언급해야 한다. 더욱이, 제어기 ("제어기"), 인버터, 변압기 및 인코더가 사용된다. 전압 변수들 ($u_a/u_b/u_c$) 이 또한 계산에 포함된다.

[0070] 제어기는 다른 시스템들과 네트워크에서 작동하기 때문에, 전동기 (10) 또는 시스템 네트워크의 전류 및 전압 한계들을 고수해야 한다. 이들 한계들 때문에, 모든 토크 요청이 전류 참조 변수로 비례적으로 컨버팅될 수 있는 것은 아니다. 가능하다면, 토크 요청은 직접 컨버팅되어야 한다. 그러나, 이것이 가능하지 않다면, 한계들 중 하나가 위반될 것이기 때문에, 다음의 더 낮은 가능한 토크 요청이 결정되어야 한다.

[0071] 전류들 및 전압들에 대한 제한 조건들은 다음과 같이 표현될 수 있으며:

$$I_{dq} \leq I_{dq\max} \quad (1)$$

$$U_{dq} \leq U_{dq\max} \quad (2)$$

$$I_{bat\min} \leq I_{bat} \leq I_{bat\max} \quad (3)$$

[0072]

[0073] 여기서 I_{dq} 는 d/q 좌표계에서의 전류이고, $I_{dq\max}$ 는 d/q 좌표계에서의 최대 전류이고, U_{dq} 는 d/q 좌표계에서의 전압이고, $U_{dq\max}$ 는 d/q 좌표계에서의 최대 전압이고, $I_{bat\min}$ 은 최소 배터리 전류이고, $I_{bat\max}$ 는 최대 배터리 전류이고 그리고 I_{bat} 는 배터리 전류이다.

[0074] 방정식들 (1), (2) 및 (3) 은 따라서 제한 조건들로서 전동기의 최대 전류, 전동기의 최대 전압, 최소 배터리 전류 및 최대 배터리 전류를 정의한다. 이들은, 특히 자동차 분야에서, 영구 자석 동기 전동기를 사용할 경우의 통상적인 제한 조건들이다.

[0075] d/q 좌표계에서의 전류들 (i_d , i_q) 은 d/q 좌표계에서의 개별의 전압들 (u_d , u_q) 로 컨버팅될 수 있고, 그 역도 또한 가능하며:

$$u_d = Ri_d - p\omega_m L_q i_q \quad (4)$$

$$u_q = Ri_q + p\omega_m L_d i_d + p\omega_m \varphi_{pm} \quad (5)$$

[0076]

[0077] 여기서 R 은 전동기의 저항이고, p 는 극들의 쌍들 (pairs of poles) 의 수이고 이는 예를 들어, 7 의 값을 가질 수도 있고, ω_m 는 속도이고, L_q 는 q 좌표에서의 인덕턴스이고, L_d 는 d 좌표에서의 인덕턴스이고 그리고 φ_{pm} 은 자속이다.

[0078] 더욱이, 에너지 밸런스를 사용하는 것이 가능하며

$$I_{bat} = \frac{3i_q \varphi_{pm} \omega_m p + 3R(i_d^2 + i_q^2)}{2U_{bat}} \quad (6)$$

[0079]

[0080] 여기서 또한 U_{bat} 는 배터리 전압이다.

[0081] 더욱이, 자기저항이 없는 (reluctance-free) 영구 자석 동기 전동기들에 대한 토크 방정식이 또한 언급되어야

하며:

$$T_m = \frac{3}{2} i_q \phi_{pm} p \quad (7)$$

여기서 T_m 은 기계적 토크이다.

다음의 원의 방정식들이 이로부터 발생하며:

$$I_{dq \max}^2 \geq i_d^2 + i_q^2 \quad (8)$$

$$\frac{U_{bat}^2}{3Z} \geq \left(i_d + \frac{L \phi_{pm} (\omega_m p)^2}{Z} \right) + \left(i_q + \frac{R \phi_{pm} \omega_m}{Z} \right)^2 \quad (9)$$

$$\frac{2I_{bat \max} U_{bat}}{3R} + \frac{k_t^2 \omega_m^2}{9R^2} \geq \left(i_q + \frac{k_t \omega_m}{3R} \right)^2 + i_d^2 \quad (10)$$

$$\frac{2I_{bat \min} U_{bat}}{3R} + \frac{k_t^2 \omega_m^2}{9R^2} \leq \left(i_q + \frac{k_t \omega_m}{3R} \right)^2 + i_d^2 \quad (11)$$

$$Z = R^2 + L^2 (\omega_m p)^2 \quad (12)$$

여기서 또한 Z 는 복소 저항 (complex resistance) 에 대한 등가량이고 k_t 는 토크 상수이며, 이는 통상적으로

$$\phi_{pm} = \frac{2}{3} \cdot \frac{k_t}{p}$$

관계 를 통해 자속과 관련된다.

원의 방정식들은 공통 영역을 인클로징하는데, 이는 전동기 속도 ω_m 에 의존한다. 모든 조건들을 충족시키기 위하여, 전류 벡터 또는 동작 벡터는 이 영역 내에 그리고 최소 전류 원 밖에 있어야 한다.

도 3 은 전류 레벨에 대한 원들을 도시한다. 전압 원 (1), 전동기 전류 원 (2), 최대 배터리 전류 원 (3) 및 최소 배터리 전류 원 (4) 이 도시된다. 여기에서의 표현은 d 전류 (i_d) 및 q 전류 (i_q) 를 가진 d/q 좌표계에서 이루어진다.

도 3 은 또한 제 1 토크 요청 (T_{m1}) 을 도시한다. q 좌표로 컨버팅될 때, 그것은 한계들 밖에 있으며, 따라서 그렇게 실현될 수 없음을 알 수 있다. 제 2 토크 요청 (T_{m2}) 이 또한 도시되며, 이는 실현될 수 있다.

제 1 토크 요청 (T_{m1}) 은 제 1 벡터 (i_{dq1}) 에 의해 부분적으로 실현될 수 있으며, 즉 모든 주어진 경계 조건들과 일관되는 최대 가능한 토크가 생성될 수 있다. 제 2 토크 요청 (T_{m2}) 은 제 2 벡터 (i_{dq2}) 에 의해 직접 실현될 수 있다. 2 개의 벡터들 (i_{dq1} , i_{dq2}) 은, 가능한 한 개별의 토크 요청 (T_{m1} , T_{m2}) 을 충족하면서, 그들이 가능한 최저 전력 손실을 생성하기 위해 가능한 최저 d 좌표를 갖도록 각각 선택된다.

해결해야 할 문제는 가능한 최소한의 컴퓨팅 노력으로 최적의 전류 벡터를 결정하는 계산 전략을 설정하는 것이다. 최적의 전류 벡터는 통상적으로, 리스팅된 한계들 중 어떠한 한계도 위반하지 않고, 요구된 토크에 가

능한 한 밀접하게 대응하는 토크를 생성하는 토크 생성 q 전류를 포함하고, 특히 양의 면에서, 가능한 최저 d 전류를 포함하는 전류 벡터이다.

[0096] 제 2 토크 요청 (T_{m2}) 은 또한 다른 벡터들에 의해 구현될 수 있음을 언급해야 한다. 그러나, 이들은 더 높은 양의 d 전류를 갖고 따라서 최적이지 않다.

[0097] 본 발명에 따른 방법의 맥락에서의 가능한 절차가 이하에 설명된다. 단계별 접근법이 후속되며, 이는 동작 벡터를 야기한다. 이 접근법은 도 4 를 참조하여 도시된다.

[0098] 먼저, 토크 요청 (T_m) 이 q 전류 (i_q) 로 컨버팅된다. 이는 다음의 방정식에 의해 일어난다.

$$i_q = \frac{2T_m}{3\phi_{pm}p} \quad (13)$$

[0099]

[0100] 이로부터, 제 1 벡터 (Z_1) 가 계산되고, 이는 q 좌표가 계산된 값 (i_q) 으로 설정되고 d 좌표가 값 0 으로 설정된다는 사실에 기인한다. 이 벡터 (Z_1) 는 도 4 에 도시된다. 도 4 및 도 5 에서, 도시된 벡터들은 그들 개별의 중점들이 개별의 명칭을 가진 연결선들에 의해 표시되는 것과 같은 방식으로 오직 도시됨을 언급해야 한다. 완전한 벡터들은 표현을 단순화하기 위해 그렇게 도시되지 않는다.

[0101] 도시된 바와 같이, 제 1 벡터 (Z_1) 는 초기에는 표시된 한계들 밖에 있다. 일단 이것이 확립되었다면, 제 1 벡터 (Z_1) 의 q 좌표는 그 q 좌표가 요구된 영역들 (1, 2, 3) 의 모든 최고 점들 중 가장 낮은 점의 q 좌표에 대응할 정도까지 감소된다. 제 2 벡터 (Z_2) 가 그렇게 함으로써 얻어진다.

[0102] 그 후 제 2 벡터 (Z_2) 가 제 1 요구된 영역 (1), 다시 말해서 전압 원 내에 있는지 여부가 검사된다. 이것은 사실이 아닌 경우도 있다. 제 2 벡터 (Z_2) 의 d 좌표는 따라서, q 좌표가 동일하게 유지되면서 제 2 벡터 (Z_2) 가 제 1 요구된 영역 (1) 의 한계에 놓이게 될 때까지 양이 증가된다. 제 3 벡터 (Z_3) 가 그렇게 함으로써 얻어진다.

[0103] 제 3 벡터 (Z_3) 는 그 후, 제 2 요구된 영역 (2), 다시 말해서 전동기 전류 원 내에 있는지 여부를 검사하는데 사용된다. 이것은 사실이 아닌 경우도 있다. 제 3 벡터 (Z_3) 는 그 후, 제 2 요구된 영역 (2) 의 한계와 교차할 때까지 제 1 요구된 영역 (1) 의 한계를 따라 변경된다. 제 4 벡터 (Z_4) 가 그렇게 함으로써 얻어진다. 제 4 벡터 (Z_4) 는 그 후, 제 3 요구된 영역 (3) 내에 있는지 여부에 대해 검사된다. 이것은 사실이 아닌 경우도 있다. 따라서, 제 4 벡터 (Z_4) 는 제 3 요구된 영역 (3) 의 한계와 교차할 때까지 제 1 요구된 영역 (1) 의 한계를 따라 변경된다. 동작 벡터 (Z_B) 가 그렇게 함으로써 얻어진다. 이것은 모든 요구된 영역들 (1, 2, 3) 내에 그리고 또한 오직 금지된 영역 (4) 밖에 있다.

[0104] 전동기는 따라서, 동작 벡터 (Z_B), 달성되는 최대 가능한 토크 그리고 동시에 사용되는 가능한 최저 d 좌표에 의해 동작될 수 있다.

[0105] 상기 추가로 언급된 요구된 영역들 (1, 2, 3) 의 높은 점들은 다음의 방정식들에 의해, 여기에 관련 있는 그들 개별의 q 좌표에 대해 계산될 수 있으며:

$$i_{hpc} = I_{dq\max} \quad (14)$$

$$i_{hpc} = \sqrt{\frac{U_{bat}^2}{3Z} - \frac{R\phi_{pm}\omega_m}{Z}} \quad (15)$$

$$i_{hpc} = \sqrt{\frac{2I_{bat\max}U_{bat}}{3R} + \frac{k_t^2\omega_m^2}{9R^2} - \frac{k_t\omega_m}{3R}} \quad (16)$$

[0106]

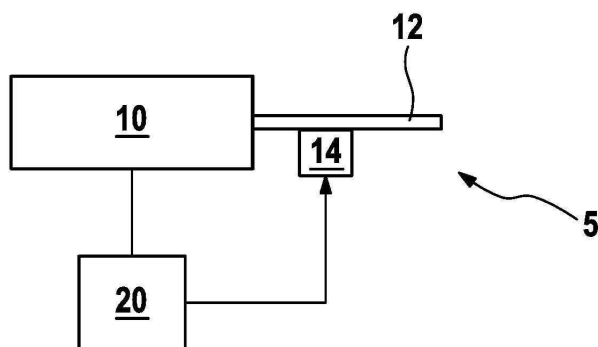
[0107] 여기서 i_{hpc} 는 전류 원의 높은 점의 q 좌표이고, i_{hpc} 는 전압 원의 높은 점의 q 좌표이고 i_{hpc} 는 배터리 전류 원의 높은 점의 q 좌표이다.

- [0108] 전압 원이 각속도 ω_m 에 의존하기 때문에, 그 반경은 더 높은 속도로 감소한다. 이는 예를 들어 상기 방정식 (9) 에 의해 표현된다.
- [0109] 언급된 교차점들이 각각의 경우에 또한 기본적으로 상이한 솔루션들을 가질 수 있음을 언급해야 한다. 그러나, 원칙적으로, 최고 q 좌표 및 최소 d 좌표를 가진 것들이 여기에 사용된다. 다른 것들은 여기에 관련 있는 계산에 유용하지 않다.
- [0110] 전동기가 가속화 토크 요청으로 동작될 경우, 오직 금지된 영역 (4) 으로서의, 최소 배터리 전류 원은, 그 제약이 원칙적으로 충족되기 때문에 무시될 수 있다. 그러나, 전동기가 따라서 제너레이터로서 작동할 경우, 제동을 위한 토크가 생성되면 이것은 적용되지 않는다. 대응하는 상태가 도 5 에 도시된다.
- [0111] 요구된 영역들 (1, 2, 3) 및 금지된 영역 (4) 이 또한 도 5 에 도시된다. 그러나, 제 1 요구된 영역 (1), 즉, 전압 원은 상이한 로케이션에 위치되고 더 작다. 추가로, 전동기는 제너레이터로서 동작되고, 여기에 포지티브로 도시된 토크 (T_m) 는 네거티브로 회전하는 전동기를 제동하기 위해 의도된다.
- [0112] 도 5 에 도시된 토크 요청 (T_m) 은 제 1 벡터 ($Z1$) 로 직접 컨버팅될 수 있고, 이는 이미 요구된 영역들 (1, 2, 3) 의 모든 높은 점들 아래에 있다. 따라서, 그것은 제 2 벡터 ($Z2$) 로서 직접 사용될 수 있다.
- [0113] 그 후, 제 2 벡터 ($Z2$) 가 제 1 요구된 영역 (1), 다시 말해서 전압 원 내에 있는지 여부가 검사된다. 이것은 사실이 아닌 경우도 있다. 이에 따라, 제 2 벡터 ($Z2$) 의 d 좌표는, 제 2 벡터 ($Z2$) 가 제 1 요구된 영역 (1) 의 한계에 놓일 때까지 증가된다. 제 3 벡터 ($Z3,1$) 는 그렇게 함으로써 제 1 버전에서 얻어진다.
- [0114] 제 1 버전에서의 제 3 벡터 ($Z3,1$) 는 그 후 제 1 금지된 영역 (4), 다시 말해서 최소 배터리 전류 원 밖에 있는지 여부에 대해 검사된다. 이것은 사실이 아닌 경우도 있다. 이에 따라, 제 3 벡터 ($Z3,1$) 의 q 좌표는 제 1 금지된 영역 (4) 밖에 있을 때까지 그 제 1 버전에서 추가로 증가된다. 제 3 벡터 ($Z3,2$) 는 그렇게 함으로써 제 2 버전에서 얻어진다. 이것은 그 후 또한 상기 추가로 설명된 바와 같이 제 3 벡터 ($Z3$) 처리를 사용된다.
- [0115] 그 후, 방금 얻어진 제 3 벡터 ($Z3,2$) 가 제 1 요구된 영역 (1) 내에 있는지 여부가 검사된다. 이것은 사실이 아닌 경우도 있다. 그 제 2 버전에서의 제 3 벡터 ($Z3,2$) 는 그 후, 제 1 요구된 영역 (1) 의 한계에 놓이게 될 때까지 제 1 금지된 영역 (4) 의 한계를 따라 변경된다. 제 4 벡터 ($Z4$) 는 그렇게 함으로써 얻어진다.
- [0116] 제 4 벡터 ($Z4$) 는 그 후 추가로 제 2 요구된 영역 ($Z2$) 내에 있는지 여부에 대해 검사된다. 이것은 사실이 아닌 경우도 있다. 이에 따라, 제 4 벡터 ($Z4$) 는 추가로, 제 2 요구된 영역 (2) 의 한계에 놓이게 될 때까지 제 1 금지된 영역 (4) 의 한계를 따라 변경된다. 동작 벡터 (ZB) 는 그렇게 함으로써 얻어진다. 이것은 모든 요구된 영역들 (1, 2, 3) 내에 그리고 제 1 금지된 영역 (4) 밖에 있다. 따라서 전동기는 그것으로 동작될 수 있다.
- [0117] 전동기의 파라미터들 및 시스템의 상태는 원들의 포지션 및 사이즈를 변경하기 때문에, 일부 상황들에서, 특히 원들의 개별의 재계산을 포함하여, 설명된 프로세스들을 한번 더 또는 2 번 이상 수행할 필요가 있을 수도 있다. 이는 최적의 및 업데이트된 동작 파라미터들이 얻어지게 한다.
- [0118] 설명된 절차 또는 일 절차가 예를 들어 다음과 같이 표현될 수 있다:
- [0119] - 주어진 토크 요청을 위해 i_q 전류를 계산한다,
- [0120] - 전압 원 상에서 한 점을 찾는다,
- [0121] - 전동기 전류 원 상에서 한 점을 찾는다,
- [0122] - 배터리 전류 원 상에서 한 점을 찾는다,
- [0123] - 필요하다면 이전 3 개의 단계들을 반복한다.
- [0124] 먼저 전압 원이 사용되고, 그 후 원들의 한계들로 계속하는 시퀀스는 동작 벡터로서 최적의 벡터를 달성하는데 중요할 수 있다.
- [0125] 개별의 영역의 한계들은 각각의 경우에 영역과 그 주변 영역 양자 모두에 기인할 수 있음을 이해해야 한다.

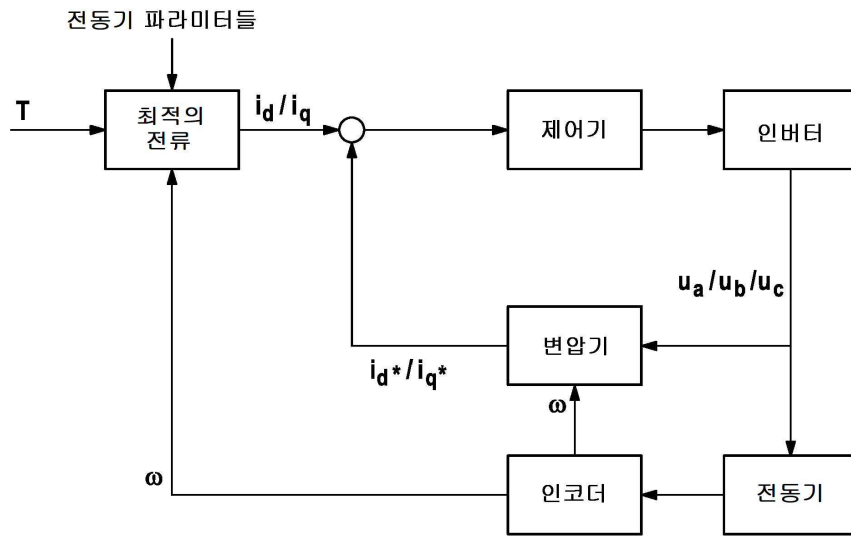
- [0126] 동작 벡터를 계산 또는 결정하기 위해 여기에 언급된 단계들은 특히 전자적으로, 예를 들어, 프로그래밍가능 또는 하드-와이어드 유닛에 의해 수행될 수 있다. 동작 벡터는 자동적으로 계산될 수 있다.
- [0127] 본 발명에 따른 방법의 언급된 단계들은 표시된 시퀀스로 수행될 수도 있다. 그러나, 그들은 또한 상이한 시퀀스로 수행될 수도 있다. 예를 들어, 단계들의 특정 조합으로, 그 실시형태들 중 하나에서, 본 발명에 따른 방법은 어떠한 추가의 단계들도 수행되지 않는 것과 같은 방식으로 수행될 수도 있다. 그러나, 원칙적으로, 추가의 단계들은, 언급되지 않은 단계들조차도, 또한 수행될 수 있다.
- [0128] 본 출원의 부분인 청구항들은 추가의 보호의 달성의 어떠한 부정도 나타내지 않는다.
- [0129] 절차 동안에 피처 또는 피처들의 그룹이 절대적으로 필요하지는 않다고 밝혀지면, 출원인은, 즉시, 더 이상 피처 또는 피처들의 그룹을 갖지 않는 적어도 하나의 독립 청구항에 대한 워딩을 요망한다. 이는, 예로서, 출원일자에 입수가 가능한 청구항의 서브조합일 수도 있거나, 또는 추가의 피처들에 의해 한정되는 출원일자에 입수가 가능한 청구항의 서브조합일 수도 있다. 이러한 종류의 요구되는 리워딩의 피처들의 조합들 또는 청구항들은 또한 본 출원의 개시에 의해 커버되는 것으로 이해되도록 의도된다.
- [0130] 다양한 실시형태들 또는 예시적인 실시형태들에서 설명되고 및/또는 도면들에 도시된 본 발명의 구성들, 피처들 및 변형들은 임의의 방식으로 서로 조합가능함이 추가로 지적되어야 한다. 단일의 또는 다중의 피처들은 임의의 방식으로 서로 교환될 수 있다. 그로부터 발생하는 피처들의 조합들은 또한 본 출원의 개시에 의해 커버되는 것으로 이해되도록 의도된다.
- [0131] 종속 청구항들에서의 역 참조들은, 역 참조된 서브청구항들의 피처들에 대한 독립적인 실질적 보호의 달성을 생략하는 것으로서 이해되도록 의도되지 않는다. 이들 피처들은 또한, 임의의 방식으로 다른 피처들과 조합될 수 있다.
- [0132] 오직 상세한 설명에서만 개시된 피처들 또는 상세한 설명 또는 청구항에서 오직 다른 피처들과 함께 개시된 피처들은 기본적으로 본 발명에 필수적인 독립적인 중요성을 가질 수도 있다. 따라서, 이들은 또한, 종래 기술로부터의 구별의 목적으로 청구항들에 개별적으로 포함될 수 있다.

도면

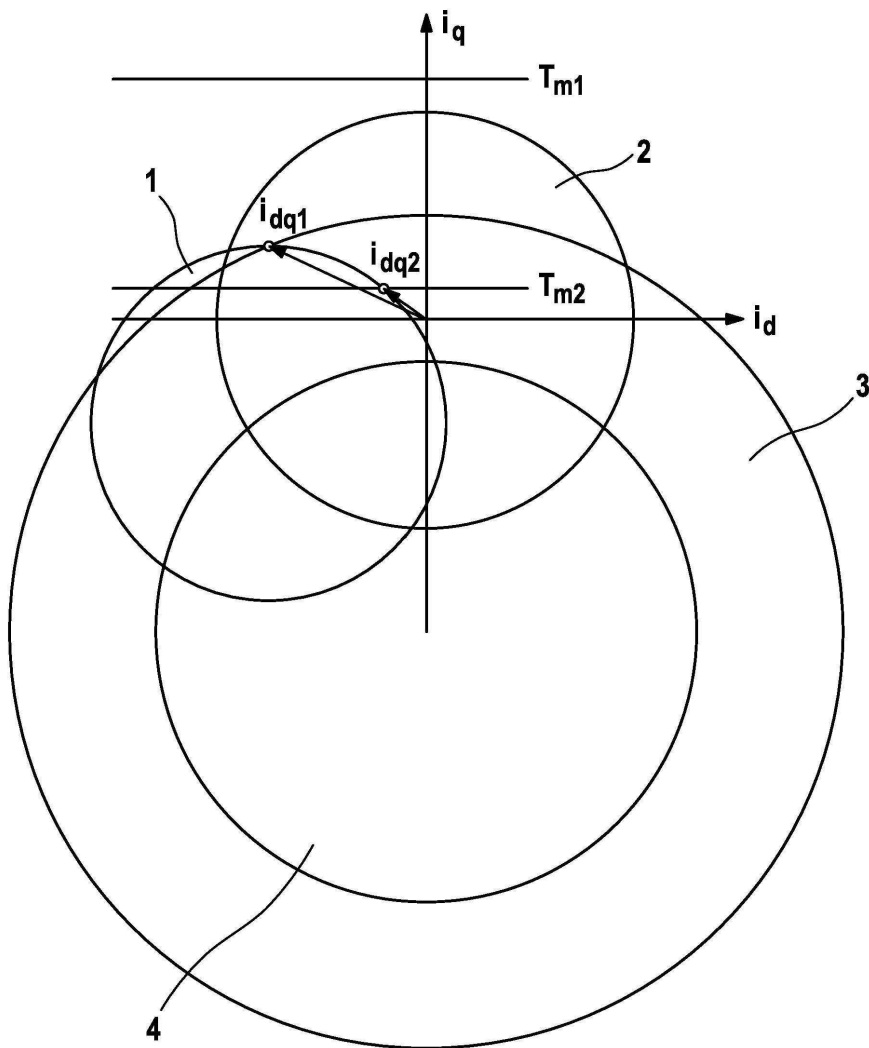
도면1



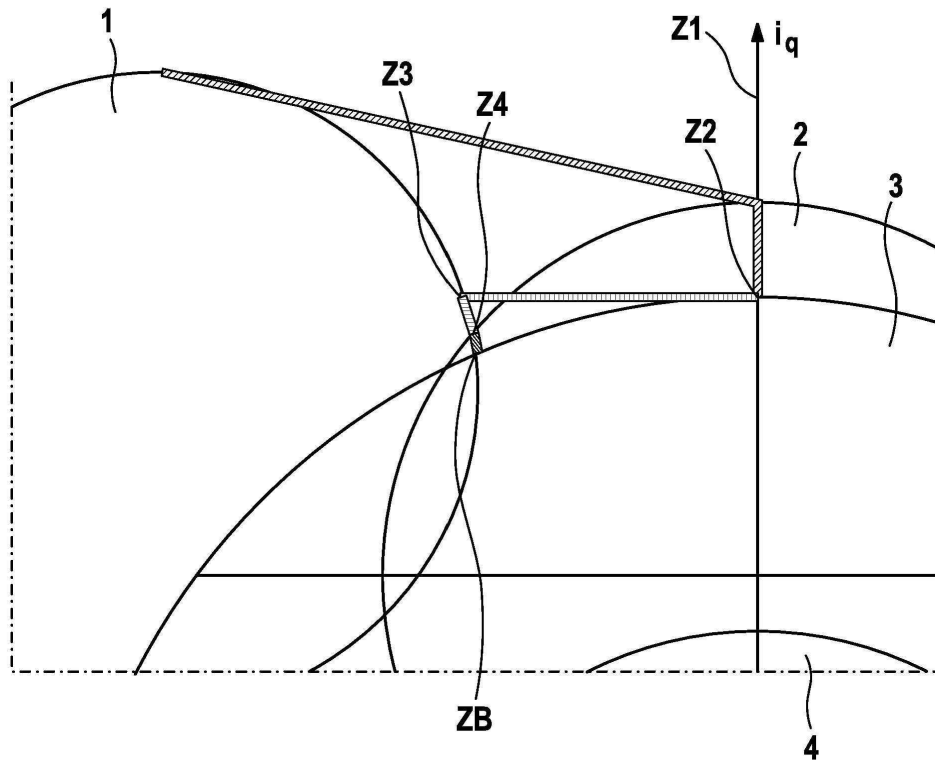
도면2



도면3



도면4



도면5

