



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2022년05월27일
(11) 등록번호 10-2403505
(24) 등록일자 2022년05월25일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H02P 21/32 (2016.01) H02P 6/18 (2016.01)
(52) CPC특허분류
H02P 21/32 (2016.02)
H02P 6/18 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2020-0012220
(22) 출원일자 2020년01월31일
심사청구일자 2020년01월31일
(65) 공개번호 10-2021-0098258
(43) 공개일자 2021년08월10일
(56) 선행기술조사문헌
JP2013090546 A*
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자
국민대학교산학협력단
서울특별시 성북구 정릉로 77 (정릉동, 국민대학교)
(72) 발명자
이근호
경기도 성남시 수정구 위례중안로 216, 5303동 1504호
강동길
서울특별시 성북구 북악산로 828, 101동 1604호
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
특허법인영비

전체 청구항 수 : 총 8 항

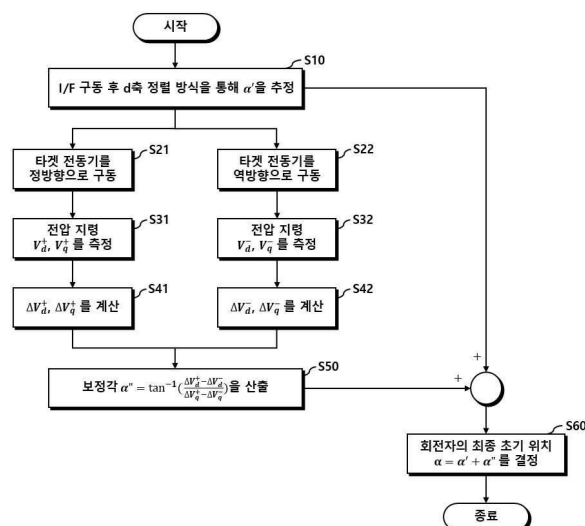
심사관 : 이준건

(54) 발명의 명칭 무부하 환경에서 영구자석 동기 전동기의 회전자의 초기 위치를 검출하는 방법 및 장치

(57) 요약

본 발명은 무부하 환경에서 영구자석 동기 전동기의 회전자의 초기 위치를 검출하는 방법 및 장치에 관한 것으로서, 본 발명의 일 실시 예에 따른 방법은, I/F 구동 후 d축을 정렬하는 방식을 통해 임시 초기 위치 α' 을 추정하는 단계, 임시 초기 위치 α' 를 기초로 전동기의 정방향을 기준으로 소정의 속도 범위 내에서 속도 제어를 수행함으로써 출력되는 제 1 전압 지령을 측정하는 단계, 임시 초기 위치 α' 를 기초로 전동기의 역방향을 기준으로 소정의 속도 범위 내에서 속도 제어를 수행함으로써 출력되는 제 2 전압 지령을 측정하는 단계, 속도 제어에 따른 제 1 전압 지령 및 제 2 전압 지령 각각의 변화량을 계산하고, 변화량을 기초로 임시 초기 위치 α' 에 대한 보정각 α'' 을 산출하는 단계 및 임시 초기 위치 α' 와 보정각 α'' 의 합을 기초로 회전자의 초기 위치 α 를 산출하는 단계를 포함할 수 있다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류

H02P 2203/03 (2013.01)

H02P 2207/05 (2013.01)

(72) 발명자

권순호

경기도 안산시 단원구 예술대학로3길 18, 102호

박지환

서울특별시 동대문구 안암로18길 15, 102호

엄준익

경기도 구리시 갈매중앙로 131, 301동 302호

임희선

서울특별시 성북구 보국문로16길 60, 302호

김정준

서울특별시 은평구 연서로6길 12, 402호

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호

1415164065

부처명

산업통상자원부

과제관리(전문)기관명

한국산업기술평가관리원

연구사업명

중소중견기업지원을위한전기자동차개방형플랫폼(R&D)

연구과제명

초소형전기차 승용 및 상용 공용플랫폼 개발

기 여 율

1/1

과제수행기관명

한국자동차연구원

연구기간

2019.06.01 ~ 2020.02.29

명세서

청구범위

청구항 1

무부하 환경에서 영구자석 동기 전동기의 회전자의 초기 위치를 검출하는 방법에 있어서,

I/F 구동 후 d축을 정렬하는 방식을 통해 임시 초기 위치 α' 을 추정하는 단계;

상기 임시 초기 위치 α' 를 기초로 전동기의 정방향을 기준으로 소정의 속도 범위 내에서 속도 제어를 수행함으로써 출력되는 제 1 전압 지령을 측정하는 단계;

상기 임시 초기 위치 α' 를 기초로 상기 전동기의 역방향을 기준으로 상기 소정의 속도 범위 내에서 속도 제어를 수행함으로써 출력되는 제 2 전압 지령을 측정하는 단계;

상기 속도 제어에 따른 제 1 전압 지령 및 제 2 전압 지령 각각의 변화량을 계산하고, 상기 변화량을 기초로 상기 임시 초기 위치 α' 에 대한 보정각 α'' 을 산출하는 단계; 및

상기 임시 초기 위치 α' 와 보정각 α'' 의 합을 기초로 상기 회전자의 초기 위치 α 를 산출하는 단계를 포함하고,

상기 제 1 전압 지령에는,

상기 소정의 속도 범위 내에서 일정 속도 간격으로 측정된 d축 성분 V_d^+ 와 q축 성분 V_q^+ 가 포함되고,

상기 제 2 전압 지령에는,

상기 소정의 속도 범위 내에서 일정 속도 간격으로 측정된 d축 성분 V_d^- 와 q축 성분 V_q^- 가 포함되는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 임시 초기 위치 α' 을 추정하는 단계는,

초기 좌표변환에 사용될 임시 회전자 위치 θ 를 0도로 고정시킨 뒤 상기 전동기의 d축에 전류를 인가하는 단계;

소정의 주파수로 상기 전동기를 구동시킨 뒤 상기 주파수의 크기를 점차 낮추어 상기 임시 회전자 위치 θ 를 0도로 다시 고정시키는 단계; 및

상기 전동기에 구비된 위치센서의 출력값을 상기 위치센서와 회전자 간의 오차인 임시 초기 위치 α' 로 결정하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 3

삭제

청구항 4

제 1 항에 있어서,

상기 임시 초기 위치 α' 에 대한 보정각 α'' 을 산출하는 단계에서는,

상기 제 1 전압 지령 및 제 2 전압 지령 각각의 전압 오차 성분과 전압 강하 성분을 소거시킴으로써, 상기 변화량을 계산하는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 5

제 1 항에 있어서,

상기 보정각 α'' 는,

상기 제 1 전압 지령의 d축 성분 V_d^+ 의 변화량과 상기 제 2 전압 지령의 d축 성분 V_d^- 의 변화량의 차이 및 상기 제 1 전압 지령의 q축 성분 V_q^+ 의 변화량과 상기 제 2 전압 지령의 q축 성분 V_q^- 의 변화량의 차이를 기초로 산출되는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 6

무부하 환경에서 영구자석 동기 전동기의 회전자의 초기 위치를 검출하는 장치에 있어서,

적어도 하나의 인스트럭션을 저장하기 위한 메모리; 및

상기 메모리에 저장된 상기 적어도 하나의 인스트럭션을 실행하는 적어도 하나의 프로세서를 포함하고,

상기 프로세서는 상기 하나 이상의 인스트럭션을 실행함으로써,

I/F 구동 후 d축을 정렬하는 방식을 통해 임시 초기 위치 α' 을 추정하고,

상기 임시 초기 위치 α' 를 기초로 전동기의 정방향을 기준으로 소정의 속도 범위 내에서 속도 제어를 수행함으로써 출력되는 제 1 전압 지령을 측정하고,

상기 임시 초기 위치 α' 를 기초로 상기 전동기의 역방향을 기준으로 상기 소정의 속도 범위 내에서 속도 제어를 수행함으로써 출력되는 제 2 전압 지령을 측정하고,

상기 속도 제어에 따른 제 1 전압 지령 및 제 2 전압 지령 각각의 변화량을 계산하고, 상기 변화량을 기초로 상기 임시 초기 위치 α' 에 대한 보정각 α'' 을 산출하며,

상기 임시 초기 위치 α' 와 보정각 α'' 의 합을 기초로 상기 회전자의 초기 위치 α 를 산출하는 것을 특징으로 하고,

상기 제 1 전압 지령에는,

상기 소정의 속도 범위 내에서 일정 속도 간격으로 측정된 d축 성분 V_d^+ 와 q축 성분 V_q^+ 가 포함되고,

상기 제 2 전압 지령에는,

상기 소정의 속도 범위 내에서 일정 속도 간격으로 측정된 d축 성분 V_d^- 와 q축 성분 V_q^- 가 포함되는 것을 특징으로 하는 장치.

청구항 7

제 6 항에 있어서,

상기 프로세서는 상기 하나 이상의 인스트럭션을 실행함으로써,

초기 좌표변환에 사용될 임시 회전자 위치 θ 를 0도로 고정시킨 뒤 상기 전동기의 d축에 전류를 인가하고,

소정의 주파수로 상기 전동기를 구동시킨 뒤 상기 주파수의 크기를 점차 낮추어 상기 임시 회전자 위치 θ 를 0도로 다시 고정시키며,

상기 전동기에 구비된 위치센서의 출력값을 상기 위치센서와 회전자 간의 오차인 임시 초기 위치 α' 로 결정하는 것을 특징으로 하는 장치.

청구항 8

삭제

청구항 9

제 6 항에 있어서,

상기 프로세서는 상기 하나 이상의 인스트럭션을 실행함으로써,

상기 제 1 전압 지령 및 제 2 전압 지령 각각의 전압 오차 성분과 전압 강하 성분을 소거시킴으로써, 상기 변화량을 계산하는 것을 특징으로 하는 장치.

청구항 10

제 6 항에 있어서,

상기 보정각 α "는,

상기 제 1 전압 지령의 d축 성분 V_d^+ 의 변화량과 상기 제 2 전압 지령의 d축 성분 V_d^- 의 변화량의 차이 및 상기 제 1 전압 지령의 q축 성분 V_q^+ 의 변화량과 상기 제 2 전압 지령의 q축 성분 V_q^- 의 변화량의 차이를 기초로 산출되는 것을 특징으로 하는 장치.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 무부하 환경에서 영구자석 동기 전동기의 회전자의 초기 위치를 검출하는 방법 및 장치에 관한 것으로, 보다 상세하게는 특정 속도 범위 내에서 일정 간격의 속도로 모터를 정방향 및 역방향으로 제어하여 보정각을 산출하는 과정을 통해 기존에 사용하던 고주파 주입 방식보다 더 간단하고 정확하게 모터의 회전자 초기 위치를 검출하는 기술에 관한 것이다.

배경 기술

[0003] 최근에 전세계적으로 환경문제가 이슈가 되면서 자동차 시장에서 고연비 차량의 수요 증가 및 배기가스 배출 규제 강화 등으로 내연기관 차량에서 전동기를 사용하는 친환경 차량으로 자동차 시장이 변화하고 있다.

[0004] 전동기 중 영구자석 동기 전동기는 속응성이 좋고, 출력 밀도가 높아 전동기 무게 대비 출력 토크비가 우수하고, 자속 발생을 위한 여자 권선이 없어 효율이 좋아 순시 토크 제어가 필요한 전동기를 이용한 자동차 시스템에서 많이 사용된다.

[0005] 이 전동기를 제어하는데에는 일반적으로 벡터 제어(Vector Control) 기법이 사용된다. 벡터 제어 기법에서 가장 중요한 것은 좌표변환을 위한 회전자의 위치를 정확하게 알아야 하는 것이다. 회전자 위치 정보를 검출하기 위해 레졸버(Resolver)와 같은 위치센서들이 사용된다. 위치센서와 모터의 조립공차 등으로 인해 오프셋각(Offset angle)이 발생하게 되고 이를 회전자 초기 위치라 한다. 고성능의 벡터제어를 위해서는 이러한 오프셋각을 보정해주어야 하고 따라서 회전자 초기 위치를 정확하게 검출하는 것은 매우 중요하다.

[0006] 회전자 초기 위치를 검출하는 기존 방법에는 여러 가지가 있다. 대표적으로 피구동 환경에서 부하 모터로 타겟 모터를 일정 속도로 구동하여 역기전력을 측정하는 방법이 있고, 무부하 환경에서 고주파를 주입하여 인덕턴스의 차이를 이용하여 회전자 초기 위치를 검출하는 방법이 있다.

[0007] 하지만, 피구동을 위한 다이내모 시스템 환경을 구성하기 위해서는 많은 비용이 필요하고, 시료마다 초기 위치를 측정하기 위해 다이내모에 설치하는 시간이 소요된다는 단점이 있다. 무부하 환경에서의 고주파 주입 방식은 알고리즘이 복잡함에 따라 수행시간이 오래 걸리며, 모터의 설계 특성에 따라 주입할 고주파 신호의 진폭과 주파수를 실험적으로 선정해야 한다는 단점이 있다.

선행기술문헌

특허문헌

[0009] (특허문헌 0001) 대한민국 공개특허공보 제10-2017-0126639호 (2017.11.20)

발명의 내용

해결하려는 과제

[0010] 본 발명은 전술한 바와 같은 문제점을 해결하기 위해 도출된 새로운 회전자 초기 위치 검출 방법에 관한 것으로서, 무부하 환경에서 고주파 주입방법보다 간단한 알고리즘으로 수행시간을 더 적게 요구하면서도 매우 정밀하게 회전자 초기 위치를 검출할 수 있는 방법 및 이를 구현하기 위한 장치를 제공함에 목적이 있다.

과제의 해결 수단

[0012] 본 발명의 일 실시 예에 따른 무부하 환경에서 영구자석 동기 전동기의 회전자의 초기 위치를 검출하는 방법은, I/F 구동 후 d축을 정렬하는 방식을 통해 임시 초기 위치 α' 을 추정하는 단계, 임시 초기 위치 α' 를 기초로 전동기의 정방향을 기준으로 소정의 속도 범위 내에서 속도 제어를 수행함으로써 출력되는 제 1 전압 지령을 측정하는 단계, 임시 초기 위치 α' 를 기초로 전동기의 역방향을 기준으로 소정의 속도 범위 내에서 속도 제어를 수행함으로써 출력되는 제 2 전압 지령을 측정하는 단계, 속도 제어에 따른 제 1 전압 지령 및 제 2 전압 지령 각각의 변화량을 계산하고, 변화량을 기초로 임시 초기 위치 α' 에 대한 보정각 α'' 을 산출하는 단계 및 임시 초기 위치 α' 와 보정각 α'' 의 합을 기초로 회전자의 초기 위치 α 를 산출하는 단계를 포함할 수 있다.

[0013] 본 발명의 일 실시 예에 따른 임시 초기 위치 α' 을 추정하는 단계는, 초기 좌표변환에 사용될 임시 회전자 위치 θ 를 0도로 고정시킨 뒤 전동기의 d축에 전류를 인가하는 단계, 소정의 주파수로 전동기를 구동시킨 뒤 주파수의 크기를 점차 낮추어 임시 회전자 위치 θ 를 0도로 다시 고정시키는 단계 및 전동기에 구비된 위치센서의 출력값을 위치센서와 회전자 간의 오차인 임시 초기 위치 α' 로 결정하는 단계를 포함할 수 있다.

[0014] 본 발명의 일 실시 예에 따른 제 1 전압 지령에는, 소정의 속도 범위 내에서 일정 속도 간격으로 측정된 d축 성분 V_d^+ 와 q축 성분 V_q^+ 가 포함되고, 제 2 전압 지령에는, 소정의 속도 범위 내에서 일정 속도 간격으로 측정된 d축 성분 V_d^- 와 q축 성분 V_q^- 가 포함될 수 있다.

[0015] 본 발명의 일 실시 예에 따른 임시 초기 위치 α' 에 대한 보정각 α'' 을 산출하는 단계에서는, 제 1 전압 지령 및 제 2 전압 지령 각각의 전압 오차 성분과 전압 강하 성분을 소거시킴으로써, 변화량을 계산할 수 있다.

[0016] 본 발명의 일 실시 예에 따른 보정각 α'' 은, 제 1 전압 지령의 d축 성분 V_d^+ 의 변화량과 제 2 전압 지령의 d축 성분 V_d^- 의 변화량의 차이 및 제 1 전압 지령의 q축 성분 V_q^+ 의 변화량과 제 2 전압 지령의 q축 성분 V_q^- 의 변화량의 차이를 기초로 산출될 수 있다.

[0017] 본 발명의 일 실시 예에 따른 무부하 환경에서 영구자석 동기 전동기의 회전자의 초기 위치를 검출하는 장치에는, 적어도 하나의 인스트럭션을 저장하기 위한 메모리 및 메모리에 저장된 적어도 하나의 인스트럭션을 실행하는 적어도 하나의 프로세서를 포함하고, 프로세서는 하나 이상의 인스트럭션을 실행함으로써, I/F 구동 후 d축을 정렬하는 방식을 통해 임시 초기 위치 α' 을 추정하고, 임시 초기 위치 α' 를 기초로 전동기의 정방향을 기준으로 소정의 속도 범위 내에서 속도 제어를 수행함으로써 출력되는 제 1 전압 지령을 측정하고, 임시 초기 위치 α' 를 기초로 전동기의 역방향을 기준으로 소정의 속도 범위 내에서 속도 제어를 수행함으로써 출력되는 제 2 전압 지령을 측정하고, 속도 제어에 따른 제 1 전압 지령 및 제 2 전압 지령 각각의 변화량을 계산하고, 변화량을 기초로 임시 초기 위치 α' 에 대한 보정각 α'' 을 산출하며, 임시 초기 위치 α' 와 보정각 α'' 의 합을 기초로 회전자의 초기 위치 α 를 산출할 수 있다.

[0018] 본 발명의 일 실시 예에 따른 프로세서는 하나 이상의 인스트럭션을 실행함으로써, 초기 좌표변환에 사용될 임시 회전자 위치 θ 를 0도로 고정시킨 뒤 전동기의 d축에 전류를 인가하고, 소정의 주파수로 전동기를 구동시킨

뒤 주파수의 크기를 점차 낮추어 임시 회전자 위치 θ 를 0도로 다시 고정시키며, 전동기에 구비된 위치센서의 출력값을 위치센서와 회전자 간의 오차인 임시 초기 위치 α' 로 결정할 수 있다.

[0019] 본 발명의 일 실시 예에 따른 프로세서는 하나 이상의 인스트럭션을 실행함으로써, 제 1 전압 지령 및 제 2 전압 지령 각각의 전압 오차 성분과 전압 강하 성분을 소거시킴으로써, 변화량을 계산할 수 있다.

[0020] 본 발명의 일 실시 예에 따른 프로세서는 하나 이상의 인스트럭션을 실행함으로써, 제 1 전압 지령의 d축 성분 V_d^+ 의 변화량과 제 2 전압 지령의 d축 성분 V_d^- 의 변화량의 차이 및 제 1 전압 지령의 q축 성분 V_q^+ 의 변화량과 제 2 전압 지령의 q축 성분 V_q^- 의 변화량의 차이를 기초로 보정각 α'' 를 산출할 수 있다.

[0021] 한편, 본 발명의 일 실시 예에 의하면, 전술한 방법을 컴퓨터에서 실행시키기 위한 프로그램을 기록한 컴퓨터로 읽을 수 있는 기록매체를 제공할 수 있다.

발명의 효과

[0023] 본 발명의 일 실시 예로서 제공되는 방법 및 시스템은, 영구자석 동기 전동기에 레졸버(Resolver), 엔코더(Encoder) 등의 위치 센서를 부착하는 전기 자동차 구동용 모터 시스템, EPS 모터 시스템, ISG 모터 시스템 등의 모든 전동 시스템에 사용할 수 있다.

[0024] 또한, 무부하 조건에서 검출하는 방법이므로 피구동 환경을 조성할 수 없는 조건에서도 초기 위치를 정밀하게 측정할 수 있다. 이는 기존 방법들 대비 필요한 실험 환경을 축소시키고 검출 알고리즘 상의 연산 과정을 단순 사칙 연산으로 매우 간소화함으로써, 초기 위치 검출을 위한 작업 시간 및 프로그램의 수행 시간을 획기적으로 감소시킬 수 있다. 더불어, 측정 결과값의 검출 오차가 레졸버 기준 2비트(bit) 내지 3비트 수준으로 나타남으로써, 매우 높은 정밀도를 확보할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0026] 도 1은 본 발명의 일 실시 예에 따른 무부하 환경에서 영구자석 동기 전동기의 회전자의 초기 위치를 검출하는 방법을 나타낸 순서도이다.

도 2는 본 발명의 일 실시 예에 따른 임시 초기 위치 α' 를 추정하기 위한 d축 정렬 방식의 알고리즘을 나타낸 순서도이다.

도 3은 본 발명의 일 실시 예에 따른 무부하 환경에서 정방향 및 역방향으로의 전동기 구동 시에 산출되는 전압 지령의 변화량과 보정각 α'' 을 나타낸 그래프이다.

도 4는 본 발명의 일 실시 예에 따른 본 발명의 일 실시 예에 따른 무부하 환경에서 정방향 및 역방향으로의 전동기 구동 시에 산출되는 전압 지령의 파형을 나타낸 그래프이다.

도 5는 본 발명의 일 실시 예에 따른 무부하 환경에서 영구자석 동기 전동기의 회전자의 초기 위치를 검출하는 장치를 나타낸 블록도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0027] 본 명세서에서 사용되는 용어에 대해 간략히 설명하고, 본 발명에 대해 구체적으로 설명하기로 한다.

[0028] 본 발명에서 사용되는 용어는 본 발명에서의 기능을 고려하면서 가능한 현재 널리 사용되는 일반적인 용어들을 선택하였으나, 이는 당 분야에 종사하는 기술자의 의도 또는 관례, 새로운 기술의 출현 등에 따라 달라질 수 있다. 또한, 특정한 경우는 출원인이 임의로 선정한 용어도 있으며, 이 경우 해당되는 발명의 설명 부분에서 상세히 그 의미를 기재할 것이다. 따라서 본 발명에서 사용되는 용어는 단순한 용어의 명칭이 아닌, 그 용어가 가지는 의미와 본 발명의 전반에 걸친 내용을 토대로 정의되어야 한다.

[0029] 명세서 전체에서 어떤 부분이 어떤 구성요소를 "포함" 한다고 할 때, 이는 특별히 반대되는 기재가 없는 한 다른 구성요소를 제외하는 것이 아니라 다른 구성요소를 더 포함할 수 있음을 의미한다. 또한, 명세서에 기재된 "프로세서"는 적어도 하나의 기능이나 동작을 처리하는 단위를 의미하며, 이는 하드웨어 또는 하드웨어와 소프트웨어의 결합으로 구현될 수 있다.

[0030] 아래에서는 첨부한 도면을 참조하여 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자가 용이하게 실시할

수 있도록 본 발명의 실시 예를 상세히 설명한다. 그러나 본 발명은 여러 가지 상이한 형태로 구현될 수 있으며 여기에서 설명하는 실시 예에 한정되지 않는다. 그리고 도면에서 본 발명을 명확하게 설명하기 위해서 설명과 관계없는 부분은 생략하였으며, 명세서 전체를 통하여 유사한 부분에 대해서는 유사한 도면 부호를 붙였다.

[0031] 이하 첨부된 도면을 참고하여 본 발명을 상세히 설명하기로 한다.

[0032] 도 1은 본 발명의 일 실시 예에 따른 무부하 환경에서 영구자석 동기 전동기의 회전자의 초기 위치를 검출하는 방법을 나타낸 순서도, 도 2는 본 발명의 일 실시 예에 따른 임시 초기 위치 α' 를 추정하기 위한 d축 정렬 방식의 알고리즘을 나타낸 순서도이다.

[0033] 도 1을 참조하면, 본 발명의 일 실시 예에 따른 회전자의 초기 위치 검출 방법은, 임시 초기 위치 α' 를 추정하는 단계(S10), 전동기를 정방향으로 구동하여 제 1 전압 지령을 측정하는 단계(S21, S31), 전동기를 정방향으로 구동하여 제 2 전압 지령을 측정하는 단계(S22, S32), 정방향 및 역방향을 기준으로 측정된 전압 지령의 변화량을 각각 계산하는 단계(S41, S42), 보정각 α'' 를 계산하는 단계(S50) 및 임시 초기 위치 α' 와 보정각 α'' 를 기초로 최종적인 초기 회전자 위치 α 를 결정하는 단계(S60)를 포함한다. 이때, 제 1 전압 지령을 측정하는 단계(S21, S31)에서와 제 2 전압 지령을 측정하는 단계(S22, S32)에서는, 소정의 속도 범위(e.g. 50rpm 내지 200rpm) 내에서 등간격(e.g. 50rpm 간격)으로 속도를 제어하여 각 방향에 따른 전압 지령을 측정한다.

[0034] 본 발명의 일 실시 예에 따른 임시 초기 위치 α' 를 추정하는 단계(S10)에서는, 원활한 속도 제어를 위해 I/F 구동 후 d축 정렬 방식을 이용한다. I/F 구동 후 d축 정렬 방식이란, d축 전류를 인가한 채 주파수를 변화시키며 전동기를 구동하여 정렬된 회전자와 위치센서의 출력값의 차이를 결정하는 방식을 말한다.

[0035] 도 2를 참조하면, I/F 구동 후 d축 정렬 방식에서는, 먼저 초기 좌표변환에 사용될 임시 회전자 위치 θ 를 0도로 고정시킨 뒤 전동기의 d축에 전류를 인가한다(S11). 전류 인가 후에는 I/F 기동 방법으로 10Hz 정도의 주파수로 모터를 구동하고, 다시 0.5Hz까지 주파수를 낮추며 임시 회전자 위치 θ 를 0도로 만든다(S12, S13, S14). 이처럼 모터를 강제 기동시켜 아주 느린 주파수에서 구동하다가 다시 d축 전류를 인가한 채 구속시키면 고정자 전류에 의한 자속에 의해 회전자가 정렬되게 된다. 회전자 전류는 임시 각 기준으로 설정한 d축 전류에 대하여 인가되어 회전자 또한 d축 전류에 대하여 정렬하고 있으므로, 위치센서의 출력값을 상기 위치센서와 회전자 간의 오차인 임시 초기 위치 α' 로 결정한다(S15).

[0036] 이와 같이 임시 초기 위치 α' 를 추정하는 단계에서 전술한 I/F 구동 후 d축 정렬 방식을 이용하면, 단순 d축 정렬 방식과는 달리 코깅 토크, 관성 등의 모터 별로 다르게 존재하는 특성들로 인해 발생하는 d축 정렬 오차를 줄일 수 있다.

[0037] 본 발명의 일 실시 예에 따라 추정된 임시 초기 위치 α' 를 적용하여 전동기의 속도를 제어했을 때, 전압 방정식은 하기 [식 1]과 같다. 이때, [식 1]에 존재하는 q축 전류 성분은 관성, 마찰력 등에 의해 무부하 구동 시 요구되는 최소 토크에 의한 성분으로 매우 작은 값을 가진다.

[0038] [식 1]

$$V_d = -\omega\phi_f\sin\alpha'' - i_q\omega(L_1 + L_2\cos 2\alpha'')$$

$$V_q = \omega\phi_f\cos\alpha'' + i_q(R_s - L_2\omega\sin 2\alpha'')$$

[0041] 여기서, V_d 는 d축 전압 지령, V_q 는 q축 전압 지령, ω 는 모터 회전자 속도, ϕ_f 는 영구자석에 의한 자속, L_1 및 L_2 는 인덕턴스 상수, R_s 는 고정자 저항, i_q 는 q축 전류, α'' 는 보정각을 나타낸다.

[0042] [식 1]의 전압방정식 상의 성분뿐만 아니라 q축 전류가 흐르면서 발생하는 스위칭 소자의 전압 강하 성분과 데드타임에 의한 전압 오차 성분을 고려해주어야 하는데, 제 1 전압 지령을 측정하는 단계(S21, S31)에서 ω^+ 의 속도로 정방향 구동하여, i_q^+ 의 q축 전류가 흐르게 된다면, 전압방정식은 다음의 [식 2]와 같이 도출된다.

[0043] [식 2]

$$V_d^+ = -\omega^+\phi_f\sin\alpha'' - i_q^+\omega^+(L_1 + L_2\cos 2\alpha'') + V_{r-d} + V_{dead-d}$$

$$V_q^+ = \omega^+ \Phi_f \cos \alpha'' + i_q^+ (R_s - L_2 \omega^+ \sin 2\alpha'') + V_{r-q} + V_{dead-q}$$

여기서, V_r 은 스위칭 소자에 의한 전압 강하 성분, V_{dead} 는 데드타임에 의한 전압 오차 성분을 나타낸다. 구체적으로, V_{dead} 는 암 단락을 방지하기 위해 상단과 하단 스위치가 온-오프하는 타이밍 사이에 두 스위치가 모두 오프 상태를 유지하도록 강제로 주입하는 시간인 데드타임에 의해 발생하는 전압 오차 성분을 말한다.

[식 2]의 전압방정식을 고려하여 $\omega^+ + \Delta \omega$, $\omega^+ + 2\Delta \omega$, ...의 간격(interval)을 부여한 속도로 정방향 구동을 수행하며 전압 지령을 측정한다. 예를 들면, 500rpm 내지 700rpm 범위 내 측정 시, 500rpm, 550rpm, ... 700rpm와 같이 50rpm 간격으로 측정하는 것과 같다.

반면, 제 2 전압 지령을 측정하는 단계(S22, S32)에서 ω^- 의 속도로 역방향 구동 시, i_q^- 의 q축 전류가 흐르면 전압방정식은 다음의 [식 3]과 같다. 정방향 구동 시와 마찬가지로 $\omega^- - \Delta \omega$, $\omega^- - 2\Delta \omega$, ...의 간격을 부여한 속도로 역방향 구동을 수행하며 전압 지령을 측정한다. 예를 들면, -500rpm 내지 -700rpm 범위 내 측정 시, -500rpm, -550rpm, ... -700rpm와 같이 50rpm 간격으로 측정하는 것과 같다.

[식 3]

$$V_d^- = -\omega^- \Phi_f \sin \alpha'' - i_q^- \omega^- (L_1 + L_2 \cos 2\alpha'') - V_{r-d} - V_{dead-d}$$

$$V_q^- = \omega^- \Phi_f \cos \alpha'' + i_q^- (R_s - L_2 \omega^- \sin 2\alpha'') - V_{r-q} - V_{dead-q}$$

데드타임에 의한 전압 오차 성분과 스위칭 소자에 의한 전압 강하 성분을 소거하기 위해, 서로 다른 속도에서 측정된 d축 전압 지령에 대한 전압방정식들의 차를 기초로 d축 전압 지령의 변화량을 $\Delta \omega$ 에 대한 식으로 정리하면 [식 4]와 같다.

[식 4]

$$\Delta V_d^+ = -\Delta \omega^+ \Phi_f \sin \alpha'' - \Delta i_q^+ \Delta \omega^+ (L_1 + L_2 \cos 2\alpha'')$$

통상적으로 무부하 구동 조건 하에서 매우 작은 $\Delta \omega$ 만큼 가속 시 요구되는 q축 전류의 변동분 Δi_q 는 무시할 만큼 작다고 가정할 수 있으므로, 데드타임에 의한 전압 오차 성분과 스위칭 소자에 의한 전압 강하 성분을 속도와 상관없이 같다고 가정할 수 있다. 따라서, [식 4]에 나타난 것과 같이 서로 다른 속도에서의 전압 차이를 구하면, 이를 모두 소거할 수 있으며, [식 4]과 같은 전압 변동량 방정식이 도출될 수 있다.

[식 4]와 같은 방법으로 나머지 전압 지령에 대한 전압방정식을 모두 정리하면, 전압 지령의 변화량을 각각 계산하는 단계(S41, S42)에서 [식 5]와 같은 전압방정식을 도출할 수 있다.

[식 5]

$$\Delta V_d^+ = -\Delta \omega^+ \Phi_f \sin \alpha'' - \Delta i_q^+ \Delta \omega^+ (L_1 + L_2 \cos 2\alpha'')$$

$$\Delta V_q^+ = \Delta \omega^+ \Phi_f \cos \alpha'' + \Delta i_q^+ (R_s - L_2 \Delta \omega^+ \sin 2\alpha'')$$

$$\Delta V_d^- = -\Delta \omega^- \Phi_f \sin \alpha'' - \Delta i_q^- \Delta \omega^- (L_1 + L_2 \cos 2\alpha'')$$

$$\Delta V_q^- = \Delta \omega^- \Phi_f \cos \alpha'' + \Delta i_q^- (R_s - L_2 \Delta \omega^- \sin 2\alpha'')$$

[식 5]를 통해 $\Delta V_d^+ - \Delta V_d^-$, $\Delta V_q^+ - \Delta V_q^-$ 을 구하면 [식 6]과 같다. 이 때, 는 Δi_q 는 무시할 수 있을 만큼 작다고 가정하였으므로, [식 6]을 도출하는 과정에서 소거된다.

[식 6]

$$\Delta V_d^+ - \Delta V_d^- = -2\Delta \omega \Phi_f \sin \alpha''$$

$$\Delta V_q^+ - \Delta V_q^- = 2\Delta\omega\Phi_f \cos\alpha''$$

보정각 α'' 을 계산하는 단계(S50)에서 [식 6]에 의해 초기 위치에 대한 보정각 α'' 는 [식 7]과 같이 도출될 수 있다.

[식 7]

$$\alpha'' = \tan^{-1}\left(\frac{\Delta V_d^+ - \Delta V_d^-}{\Delta V_q^+ - \Delta V_q^-}\right)$$

즉, 본 발명의 일 실시 예에 따른 보정각 α'' 는, 제 1 전압 지령의 d축 성분 V_d^+ 의 변화량과 제 2 전압 지령의 d축 성분 V_d^- 의 변화량의 차이 및 제 1 전압 지령의 q축 성분 V_q^+ 의 변화량과 제 2 전압 지령의 q축 성분 V_q^- 의 변화량의 차이를 기초로 [식 7]과 같이 산출될 수 있다.

전술한 과정을 통해 임시 초기 위치 α' 와 보정각 α'' 가 결정되면, 최종적인 초기 회전자 위치 α 를 결정하는 단계(S60)에서 회전자의 최종 초기 위치 α 는 다음의 [식 8]과 같이 임시 초기 위치 α' 와 보정각 α'' 의 합을 통해 산출할 수 있다.

[식 8]

$$\alpha = \alpha' + \alpha''$$

이러한 연산 과정을 통해 별도의 다이내모 시스템 없이 무부하 환경 조건에서 회전자의 초기 위치를 정확하고 정밀하게 검출 및 결정할 수 있다. 또한, 기존에 널리 사용되던 고주파 주입방법보다 연산 과정이 간단하므로, 회전자의 초기 위치를 결정하는데 소요되는 시간을 감소시킬 수 있다.

도 3은 본 발명의 일 실시 예에 따른 무부하 환경에서 정방향 및 역방향으로의 전동기 구동 시에 산출되는 전압 지령의 변화량과 보정각 α'' 을 나타낸 그래프이다.

본 발명의 일 실시 예에 따라 정방향(2사분면) 및 역방향(4사분면) 구동 시 각각 2개의 속도점에서 모터를 구동했을 때 발생하는 d축 및 q축 전압은 도 3과 같이 벡터로 나타낼 수 있다. 도 3의 (b)에서 붉은 점선으로 표시된 부분은 서로 다른 속도에서 발생한 전압 간의 차이를 나타낸다. 이때, 세로축과 평행한 성분이 q축 전압에 해당하고, 가로축과 평행한 성분이 d축 전압에 해당한다. 도 3의 (a)를 참조하면, 정방향으로 구동할 때와 역방향으로 구동할 때, 전압 벡터가 가로-세로 축을 기준으로 치우쳐진 방향에 대한 경향성이 서로 다를 수 있다.

이때, 정방향 구동 시 보다 역방향 구동 시에 전압 벡터가 세로축에 더 가까워지게 된다. 이는 본래 정방향 구동 시와 역방향 구동 시에 절대값 기준으로 동일한 속도에서 구동하기 때문에, 동일 크기에 위상만 180도 차이가 나는 전압 벡터가 그려져야 하지만, 시지연에 의한 영향으로 인해 위상차가 180도를 벗어나게 되므로, 특정 방향으로 구동하는 조건에 대하여 회전자의 초기 위치를 선정하여 반대 방향으로 구동할 경우, 회전자 초기 위치 정보에 오차가 발생하게 되는 것을 의미한다. 따라서 도 3에 도시한 것과 시지연에 의한 위상 오차 성분과 데드타임에 의한 전압 오차 성분, 하드웨어적으로 발생하는 전압 강하에 의한 오차 성분을 제거하면, 정확한 회전자 위치 정보를 알 수 있는 전압 벡터의 크기와 위상을 얻을 수 있다. 데드타임과 전압 강하에 의한 전압 오차 성분은 동일 방향에서 서로 다른 속도로 운전할 때 얻은 전압의 차를 구함으로써 제거하고, 시지연에 의한 전압 오차 성분은 양방향으로 동일 속도로 운전할 때 얻은 전압의 차를 구함으로써 제거할 수 있다.

도 4는 본 발명의 일 실시 예에 따른 본 발명의 일 실시 예에 따른 무부하 환경에서 정방향 및 역방향으로의 전동기 구동 시에 산출되는 전압 지령의 파형을 나타낸 그래프이다.

도 4의 (a) 및 (b)를 참조하면, 정방향 및 역방향으로 속도를 단계별로 가변하여 구동했을 때 획득하는 d축 및 q축 전압 데이터에 대한 실험 파형을 확인할 수 있다. 이때, 남색 파형이 속도 지령을 나타내고, 녹색 파형이 d축 및 q축 전압 지령을 나타낸다. 도 4의 (a) 및 (b)에 명시된 Forward speed control section에 해당하는 파형은 정방향에 대하여 각기 다른 5개의 속도로 전동기를 구동했을 때 출력되는 d축 및 q축 전압의 변화를 보여준다. 5단계에 걸쳐 속도를 변화시켰을 때, 출력 전압이 단계적으로 변화하므로, 이 변화량을 산출하면 데드타임과 전압 강하에 의한 전압 오차 성분이 제거되고, 정방향 기준으로 시지연 성분을 포함한 회전자의 위치 정보

를 가지고 있는 전압 성분을 얻을 수 있다. 이와 마찬가지로 Reverse speed control section에 해당하는 파형에서는 역방향에 대하여 각기 다른 5개의 속도로 전동기를 구동했을 때 출력되는 d축 q축 전압의 변화를 보여준다. 5단계에 걸쳐 속도를 변화 시켰을 때, 출력 전압이 단계적으로 변화하므로, 이 변화량을 산출하면 데드타임과 전압 강하에 의한 전압 오차 성분이 제거되고, 역방향 기준으로 시지연 성분을 포함한 회전자의 위치 정보를 가지고 있는 전압 성분을 얻을 수 있다. 따라서, 전체 section에 해당하는 실험이 완료되고 난 후, 최종적으로 산출한 정방향과 역방향 구동 시 전압 성분을 이용하여 시지연 성분이 제거된 회전자의 위치 정보를 구할 수 있다.

[0079] 도 5는 본 발명의 일 실시 예에 따른 무부하 환경에서 영구자석 동기 전동기의 회전자의 초기 위치를 검출하는 장치를 나타낸 블록도이다.

[0080] 도 5를 참조하면, 본 발명의 일 실시 예에 따른 무부하 환경에서 영구자석 동기 전동기의 회전자의 초기 위치를 검출하는 장치(100)에는, 적어도 하나의 인스트럭션을 저장하기 위한 메모리(110) 및 메모리(110)에 저장된 적어도 하나의 인스트럭션을 실행하는 적어도 하나의 프로세서(120)를 포함하고, 프로세서(120)는 하나 이상의 인스트럭션을 실행함으로써, I/F 구동 후 d축을 정렬하는 방식을 통해 임시 초기 위치 α' 을 추정하고, 임시 초기 위치 α' 를 기초로 전동기의 정방향을 기준으로 소정의 속도 범위 내에서 속도 제어를 수행함으로써 출력되는 제 1 전압 지령을 측정하고, 임시 초기 위치 α' 를 기초로 전동기의 역방향을 기준으로 소정의 속도 범위 내에서 속도 제어를 수행함으로써 출력되는 제 2 전압 지령을 측정하고, 속도 제어에 따른 제 1 전압 지령 및 제 2 전압 지령 각각의 변화량을 계산하고, 변화량을 기초로 임시 초기 위치 α' 에 대한 보정각 α'' 을 산출하며, 임시 초기 위치 α' 와 보정각 α'' 의 합을 기초로 회전자의 초기 위치 α 를 산출할 수 있다.

[0081] 본 발명의 일 실시 예에 따른 장치와 관련하여서는 전술한 방법에 대한 내용이 적용될 수 있다. 따라서, 장치와 관련하여, 전술한 방법에 대한 내용과 동일한 내용에 대하여는 설명을 생략하였다.

[0082] 한편, 본 발명의 일 실시 예에 의하면, 전술한 방법을 컴퓨터에서 실행시키기 위한 프로그램을 기록한 컴퓨터로 읽을 수 있는 기록매체를 제공할 수 있다. 다시 말해서, 전술한 방법은 컴퓨터에서 실행될 수 있는 프로그램으로 작성 가능하고, 컴퓨터 판독 가능 매체를 이용하여 상기 프로그램을 동작시키는 범용 디지털 컴퓨터에서 구현될 수 있다. 또한, 상술한 방법에서 사용된 데이터의 구조는 컴퓨터 판독 가능 매체에 여러 수단을 통하여 기록될 수 있다. 본 발명의 다양한 방법들을 수행하기 위한 실행 가능한 컴퓨터 프로그램이나 코드를 기록하는 기록 매체는, 반송파(carrier waves)나 신호들과 같이 일시적인 대상들은 포함하는 것으로 이해되는 것이어야 한다.

[0083] 전술한 본 발명의 설명은 예시를 위한 것이며, 본 발명이 속하는 기술분야의 통상의 지식을 가진 자는 본 발명의 기술적 사상이나 필수적인 특징을 변경하지 않고서 다른 구체적인 형태로 쉽게 변형이 가능하다는 것을 이해할 수 있을 것이다. 그러므로 이상에서 기술한 실시 예들은 모든 면에서 예시적인 것이며 한정적이 아닌 것으로 이해해야만 한다. 예를 들어, 단일형으로 설명되어 있는 각 구성요소는 분산되어 실시될 수도 있으며, 마찬가지로 분산된 것으로 설명되어 있는 구성 요소들도 결합된 형태로 실시될 수 있다.

[0084] 본 발명의 범위는 상세한 설명보다는 후술하는 특허청구범위에 의하여 나타내어지며, 특허청구범위의 의미 및 범위 그리고 그 균등 개념으로부터 도출되는 모든 변경 또는 변형된 형태가 본 발명의 범위에 포함되는 것으로 해석되어야 한다.

부호의 설명

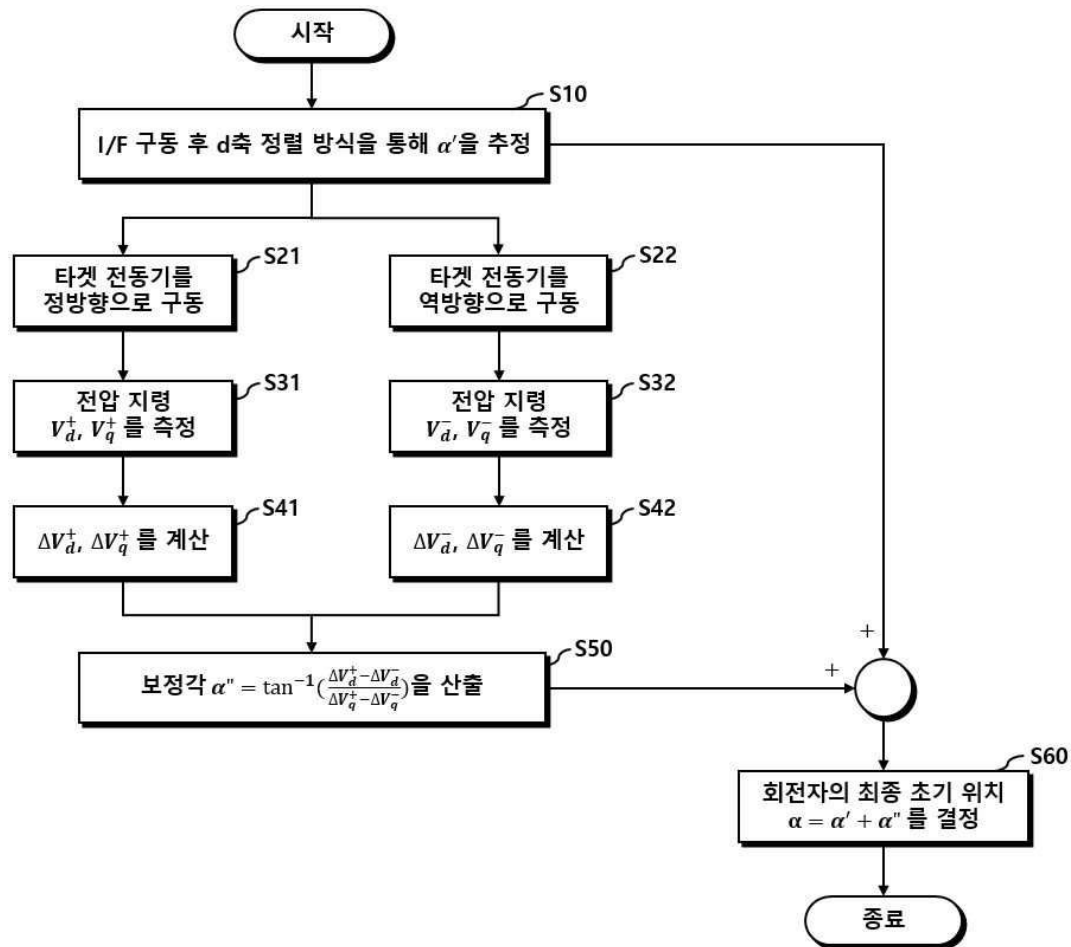
[0086] 100: 회전자의 초기 위치 검출 장치

110: 메모리

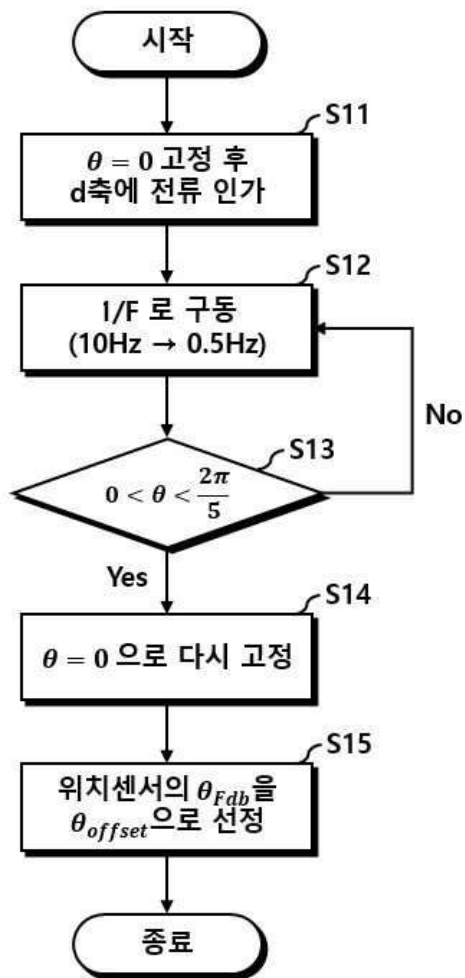
120: 프로세서

도면

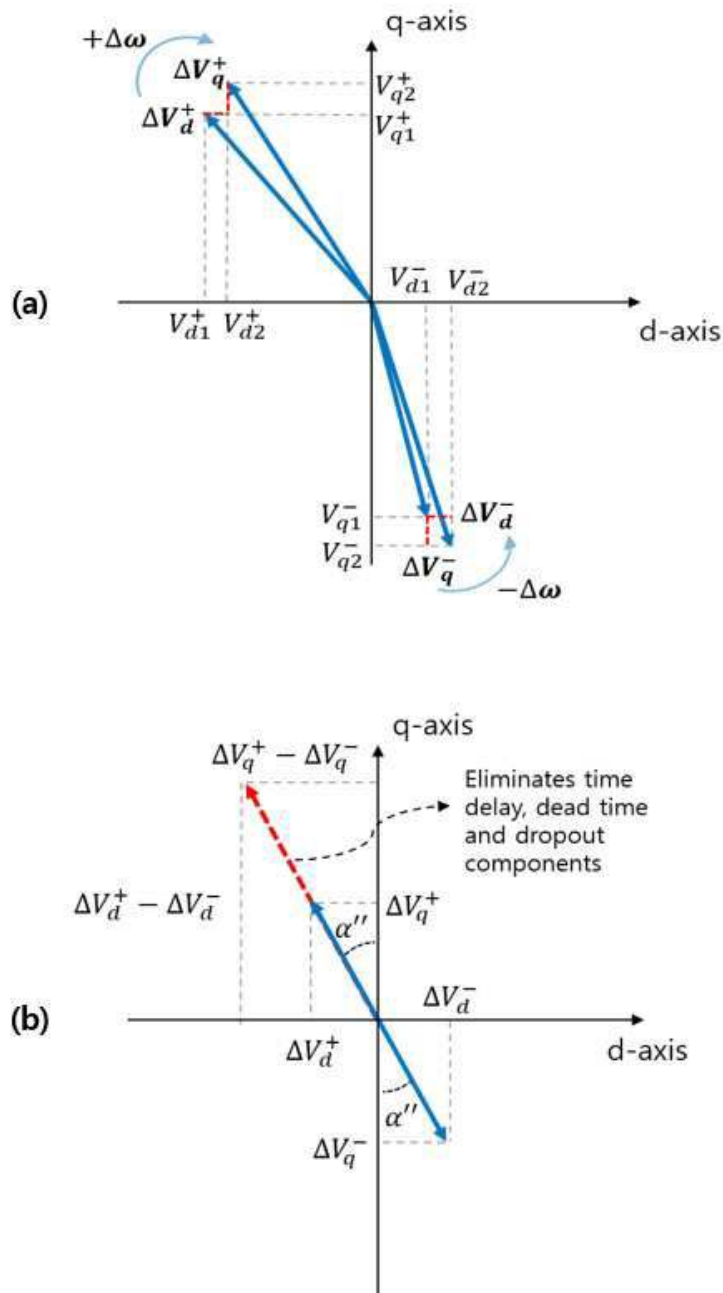
도면1



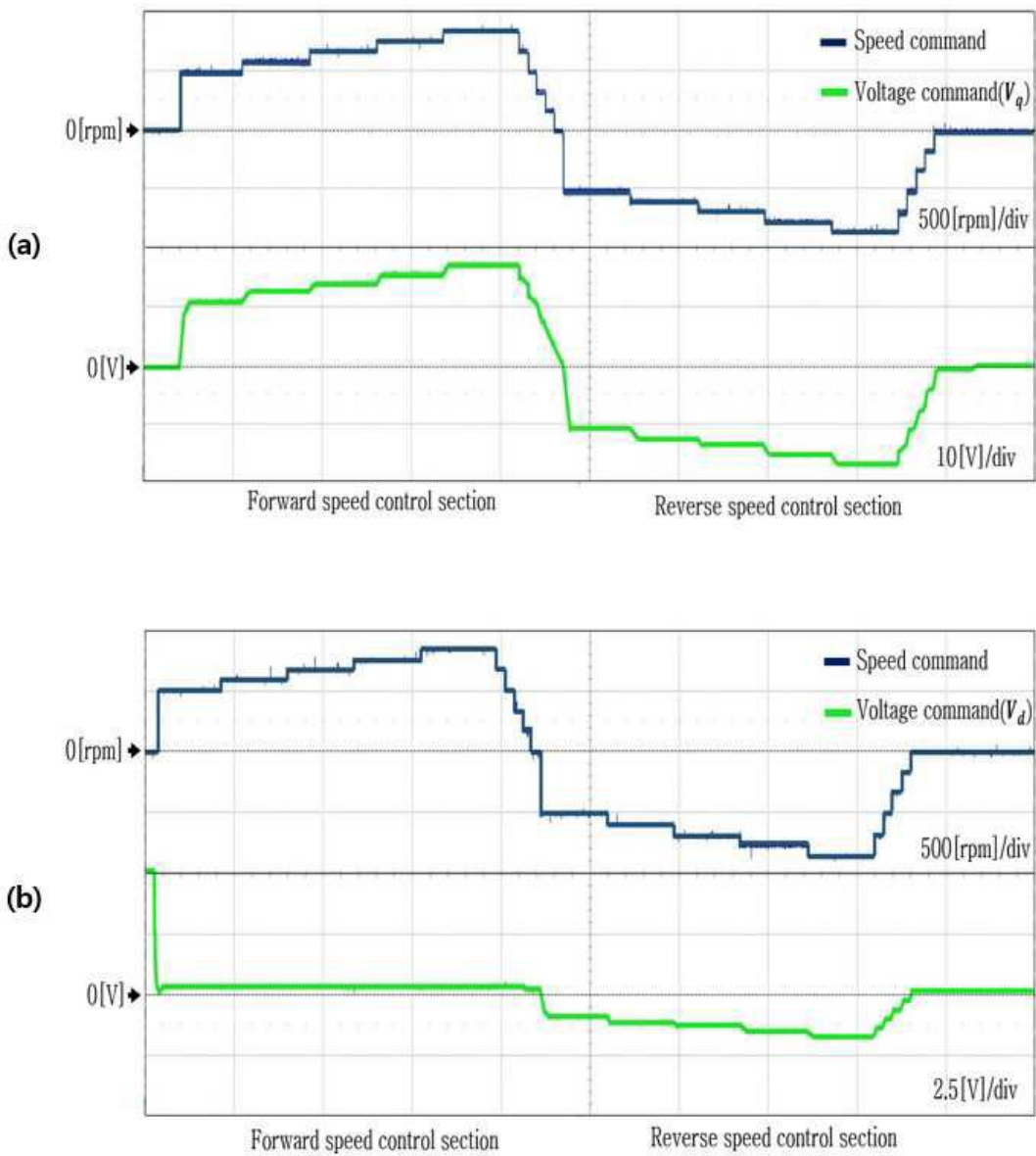
도면2



도면3



도면4



도면5

