

(12) 특허협력조약에 의하여 공개된 국제출원

(19) 세계지식재산권기구  
국제사무국

(43) 국제공개일

2020년 9월 24일 (24.09.2020)



(10) 국제공개번호

WO 2020/189862 A1

(51) 국제특허분류:

H02M 7/3387 (2007.01)

(21) 국제출원번호:

PCT/KR2019/010306

(22) 국제출원일:

2019년 8월 13일 (13.08.2019)

(25) 출원언어:

한국어

(26) 공개언어:

한국어

(30) 우선권정보:

10-2019-0031341 2019년 3월 19일 (19.03.2019) KR

(71) 출원인: 엘에스일렉트릭 주식회사 (LS ELECTRIC CO., LTD.) [KR/KR]; 14119 경기도 안양시 동안구 엘에스로 127 (호계동), Gyeonggi-do (KR).

(72) 발명자: 조병국 (CHO, Byung Geuk); 14118 경기도 안양시 동안구 엘에스로 116번길 40 LSIS R&D 캠퍼스, Gyeonggi-do (KR).

(74) 대리인: 특허법인 이룸리온 (ERUUM & LEEON INTELLECTUAL PROPERTY LAW FIRM); 06575 서울시 서초구 사평대로 108, 3층 (반포동), Seoul (KR).

(81) 지정국 (별도의 표시가 없는 한, 가능한 모든 종류의 국내 권리의 보호를 위하여): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC,

EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

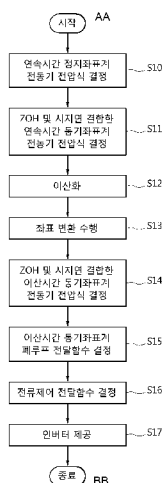
(84) 지정국 (별도의 표시가 없는 한, 가능한 모든 종류의 국내 권리의 보호를 위하여): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 유라시아 (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), 유럽 (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

공개:

— 국제조사보고서와 함께 (조약 제21조(3))

(54) Title: APPARATUS AND METHOD FOR INVERTER CONTROL

(54) 발명의 명칭: 인버터 제어장치 및 방법



(57) Abstract: An apparatus and a method for inverter control are disclosed. A method according to an embodiment of the present invention comprises: discretizing, in a continuous time domain, a voltage equation for a motor in a stationary coordinate system in which a zero-order hold and time delay is reflected; and determining a voltage equation for the motor in a synchronous coordinate system in a discrete time domain by reflecting the position and speed of a rotor of the motor.

(57) 요약서: 인버터 제어장치 및 방법이 개시된다. 본 발명의 일 실시예의 방법은, 연속시간 영역에서, 제로-오더-홀드 및 시지연을 반영한 정지좌표계 상의 전동기에 대한 전압식을 이산화하고, 상기 전동기의 회전자 위치 및 속도를 반영하여, 이산시간 영역에서 동기좌표계 상의 전동기에 대한 전압식을 결정한다.

S10 ... Determine continuous time stationary coordinate system motor voltage equation  
S11 ... Determine continuous time synchronous coordinate system motor voltage equation obtained by combining ZOH and time delay  
S12 ... Perform discretization  
S13 ... Perform coordinate transformation  
S14 ... Determine discrete time synchronous coordinate system motor voltage equation obtained by combining ZOH and time delay  
S15 ... Determine discrete time synchronous coordinate system closed loop transfer function  
S16 ... Determine current control transfer function  
S17 ... Provide inverter  
AA ... Start  
BB ... End

WO 2020/189862 A1

## 명세서

### 발명의 명칭: 인버터 제어장치 및 방법

#### 기술분야

[1] 본 발명은 인버터 제어장치 및 방법에 대한 것이다.

[2]

#### 배경기술

[3] 교류 전동기 시스템에서, 마이크로프로세서 및 각종 센서 등의 발전으로 말미암아 디지털 인버터가 보편화되고 있다. 이때 전동기의 순시토크를 제어하는 경우에, 자속기준 제어, 일명 벡터제어가 주로 적용되는데, 벡터제어의 성능은 디지털 인버터의 전류제어 성능에 의해 결정된다 할 수 있다.

[4] 한편, 디지털 인버터에서는 제어기의 연산시간과 전력소자의 발열 등의 문제로 인해 샘플링 주파수가 제한된다. 따라서 전동기의 회전주파수 대비 인버터의 샘플링 주파수가 충분히 크지 않은 경우 전류제어 성능이 저하되거나 불안정해지는 경향이 있으며, 이러한 문제는 대용량 시스템이나, 영구자석 전동기를 활용한 초고속 운전 시스템에서 두드러지게 나타난다.

[5] 즉, 샘플링 주기가 충분히 짧지 않은 전동기 제어 시스템에서는, 시스템에 대한 모델링의 정확성을 감소시키고, 이로 인해 인버터 시스템이 지령에 대한 추종성이 저하되고 안정적인 운전범위가 제한되는 문제점이 있었다.

[6]

#### 발명의 상세한 설명

##### 기술적 과제

[7] 본 발명이 해결하고자 하는 기술적 과제는, 전동기 제어 시스템의 모델링 정확성을 향상하고, 인버터의 지령추종 성능과 안정성을 확보하는, 인버터 제어장치 및 방법을 제공하는 것이다.

[8]

##### 과제 해결 수단

[9] 상기와 같은 기술적 과제를 해결하기 위해, 본 발명의 일실시예의 인버터 제어방법은, 연속시간 영역에서 정지좌표계 상의 전동기에 대한 제1전압식을 결정하는 단계; 상기 제1전압식에 제로-오더-홀드 및 시지연을 반영하여 제2전압식을 결정하는 단계; 상기 제2전압식을 이산화하여 제3전압식을 결정하는 단계; 상기 전동기의 회전자 위치 및 속도를 반영하여, 이산시간 영역에서 동기좌표계 상의 제4전압식을 결정하는 단계; 이산시간 영역의 전류제어 응답특성 전달함수로부터, 이산시간 영역의 동기좌표계 상의 전류제어 페루프 전달함수를 결정하는 단계; 및 상기 전류제어 페루프 전달함수를 이용하여, 인버터에 제공할 전류제어 전달함수를 결정하는 단계를 포함할 수 있다.

[10] 본 발명의 일실시예에서, 상기 제1전압식은, 아래 수학식으로 결정될 수 있다.

$$[11] \quad G_P(s) = \frac{i_{dqs}^s}{V_{dqs}^s} = \frac{1}{L_s s + R_s}$$

[12] 이때,  $G_P(s)$ 는 정지좌표계 전압식이고,  $V_{dqs}^s$ 는 정지좌표계 입력전압이고,  $i_{dqs}^s$ 는 정지좌표계 출력전류이고,  $R_s$ 는 전동기 고정자 저항,  $L_s$ 는 전동기 고정자 인덕턴스일 수 있다.

[13] 본 발명의 일실시예에서, 상기 제2전압식은, 아래 수학식으로 결정될 수 있다.

$$[14] \quad G_T(s) = G_{ZOH}(s) G_d(s) G_P(s) = \frac{1 - e^{-sT_{\text{samp}}}}{s} e^{-sT_{\text{samp}}} \frac{1}{L_s s + R_s}$$

[15] 이때,  $G_{ZOH}(s)$ 는 제로-오더-홀드를 반영한 전달함수이고,  $G_d(s)$ 는 시지연을 반영한 전달함수이며,  $T_{\text{samp}}$ 는 샘플링 주기임일 수 있다.

[16] 본 발명의 일실시예에서, 상기 제3전압식은, 아래 수학식으로 결정될 수 있다.

$$[17] \quad G_T(z) = Z\{G_{ZOH}(s) G_d(s) G_P(s)\} = \frac{1}{R_s} \frac{1 - e^{-R_s T_{\text{samp}}/L_s}}{z(z - e^{-R_s T_{\text{samp}}/L_s})}$$

[18] 이때,  $\omega_e$ 는 전동기 회전자 속도일 수 있다.

[19] 본 발명의 일실시예에서, 상기 제4전압식은, 아래 수학식으로 결정될 수 있다.

$$[20] \quad G_T(z) = G_T(z e^{j\omega_e T_{\text{samp}}}) = \frac{1}{R_s} \frac{1 - e^{-R_s T_{\text{samp}}/L_s}}{z e^{j\omega_e T_{\text{samp}}} (z e^{j\omega_e T_{\text{samp}}} - e^{-R_s T_{\text{samp}}/L_s})}$$

[21] 본 발명의 일실시예에서, 상기 이산시간 영역의 전류제어 응답특성은, 저역통과필터로 설계될 수 있으며, 상기 전류제어 응답특성은, 아래 수학식으로 결정될 수 있다.

$$[22] \quad G_{\text{closed}}(z) = \frac{K}{z^2 - z + K}$$

[23] 이때,  $K$ 는 전류지령에 대한 실제 전류의 동특성을 나타내는 것일 수 있다.

[24] 본 발명의 일실시예에서, 상기 전류제어 전달함수는, 아래 수학식으로 결정될 수 있다.

$$[25] \quad G_{\text{prop}}(z) = \frac{K R_s e^{j2\omega_e T_{\text{samp}}}}{(1 - e^{-R_s T_{\text{samp}}/L_s})} \frac{z - z_0}{z - 1}, \quad z_0 = e^{-R_s T_{\text{samp}}/L_s - j\omega_e T_{\text{samp}}}$$

[26]

[27] 또한, 상기와 같은 과제를 해결하기 위해, 인버터의 교류전압을 출력하는 복수의 스위칭소자를 온오프하기 위하여, 이산시간 영역의 제어신호인 전류제어 전달함수를 결정하는 본 발명의 일실시예의 인버터 제어방법은, 연속시간 영역에서, 제로-오더-홀드 및 시지연을 반영한 정지좌표계 상의 전동기에 대한 전압식을 이산화하는 단계; 및 상기 전동기의 회전자 위치 및 속도를 반영하여, 이산시간 영역에서 동기좌표계 상의 전동기에 대한 전압식을 결정하는 단계를 포함할 수 있다.

[28]

**발명의 효과**

- [29] 상기와 같은 본 발명은, 시스템 모델링시 정지좌표계에서 동기좌표계로의 좌표변환을 이산시간 영역에서 수행함으로써, 샘플링 효과를 시스템 모델링에 반영할 수 있고, 전류지령 추종성 및 안정성을 향상할 수 있는 효과가 있다.

[30]

### 도면의 간단한 설명

- [31] 도 1은 디지털 인버터의 신호처리를 설명하기 위한 일반적인 인버터 제어 시스템을 나타내는 구성도이다.
- [32] 도 2는 도 1에 의해 연속시간 입력신호에 대해 0.1초 단위로 샘플링된 연속시간 출력신호의 예시를 나타낸다.
- [33] 도 3은 도 1을 연속시간 영역으로 간략화한 시스템의 구성도이다.
- [34] 도 4는 디지털 인버터의 전류제어 루프를 설명하기 위한 일예시도이다.
- [35] 도 5는 종래의 제로-오더-홀드와 시지연을 반영한 디지털 인버터의 개념도를 나타낸 것이다.
- [36] 도 6은 전동기를 포함한 디지털 인버터의 제어 폐루프 회로를 설명하기 위한 일예시도이다.
- [37] 도 7은 도 6을 제어부의 제어 알고리즘 관점에서 간략화한 일예시도이다.
- [38] 도 8은 종래의 인버터 제어방법을 설명하기 위한 흐름도이다.
- [39] 도 9는 본 발명의 일실시예의 인버터 제어장치가 적용되는 인버터 시스템의 구성도이다.
- [40] 도 10은 도 9의 제어부와 전동기를 이산시간 영역으로 모델링하여 간략하게 도시한 일예시도이다.
- [41] 도 11은 본 발명의 일실시예의 인버터 제어장치의 상세 구성도를 나타낸 것이다.
- [42] 도 12는 본 발명의 일실시예의 인버터 제어방법을 설명하기 위한 흐름도이다.
- [43] 도 13은 종래의 제어방법에 의한 지령전류 및 출력전류의 관계를 나타낸 예시도이다.
- [44] 도 14는 본 발명의 일실시예의 제어방법에 의한 지령전류 및 출력전류의 관계를 나타낸 일예시도이다.

[45]

### 발명의 실시를 위한 최선의 형태

- [46] 본 발명의 구성 및 효과를 충분히 이해하기 위하여, 첨부한 도면을 참조하여 본 발명의 바람직한 실시예들을 설명한다. 그러나 본 발명은 이하에서 개시되는 실시예에 한정되는 것이 아니라, 여러가지 형태로 구현될 수 있고 다양한 변경을 가할 수 있다. 단지, 본 실시예에 대한 설명은 본 발명의 개시가 완전하도록 하며, 본 발명이 속하는 기술분야의 통상의 지식을 가진 자에게 발명의 범주를 완전하게 알려주기 위하여 제공되는 것이다. 첨부된 도면에서 구성요소는 설명의 편의를 위하여 그 크기를 실제보다 확대하여 도시한 것이며, 각

구성요소의 비율은 과장되거나 축소될 수 있다.

- [47] '제1', '제2' 등의 용어는 다양한 구성요소를 설명하는데 사용될 수 있지만, 상기 구성요소는 위 용어에 의해 한정되어서는 안 된다. 위 용어는 하나의 구성요소를 다른 구성요소로부터 구별하는 목적으로만 사용될 수 있다. 예를 들어, 본 발명의 권리범위를 벗어나지 않으면서 '제1구성요소'는 '제2구성요소'로 명명될 수 있고, 유사하게 '제2구성요소'도 '제1구성요소'로 명명될 수 있다. 또한, 단수의 표현은 문맥상 명백하게 다르게 표현하지 않는 한, 복수의 표현을 포함한다. 본 발명의 실시예에서 사용되는 용어는 다르게 정의되지 않는 한, 해당 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 통상적으로 알려진 의미로 해석될 수 있다.
- [48] 이하에서는, 도 1 내지 도 8을 참조하여 종래의 디지털 인버터의 제어에 대해 설명하고, 도 9 내지 도 14를 참조하여 본 발명의 일실시예의 인버터 제어방법에 대해 설명하기로 한다.
- [49] 도 1은 디지털 인버터의 신호처리를 설명하기 위한 일반적인 인버터 제어 시스템을 나타내는 구성도이다.
- [50] 일반적인 인버터 제어 시스템(100)에서, 이산시간 변환부(110)는 전동기에서 발생하는 전압, 전류 및 전동기의 회전속도 등 연속시간 입력신호를 샘플-앤드-홀드(sample-and-hold) 방식에 의해 이산시간 신호로 변환한다. 샘플-앤드-홀드 방식은 어떤 신호를 기억하여 그 다음에 기억해야 할 신호가 올 때까지 보유해 놓는 방식으로서, 연속시간 신호를 이산시간 신호로 변환하는 보편적인 방식이다.
- [51] 디지털 변환부(analog-to-digital converter, ADC)(120)는 이산시간 신호를 연산처리가 가능하게 양자화한다. 이와 같이 양자화된 신호는 제어부(130)의 각종 연산과정을 거쳐 또 다른 양자화된 신호로 출력되고, 최종적으로 아날로그 변환부(digital-to-analog converter, DAC)(140)를 통해 연속시간 출력신호로 변환되어 출력된다. 이 출력신호는 전동기에 입력되어 제어변수를 통제하는 역할을 수행한다.
- [52] 도 2는 도 1에 의해 연속시간 입력신호에 대해 0.1초 단위로 샘플링된 연속시간 출력신호의 예시를 나타낸다.
- [53] 이와 같은 인버터의 신호처리 과정을 입력과 출력의 관점에서 보면, 연속시간과 이산시간 영역이 혼합되어 있는 복합 시스템이다. 이로 인해 인버터의 입력신호와 출력신호 사이의 관계를 정의하기 어렵다. 그러나 이산시간의 단위, 즉, 시스템의 샘플링 주기가 충분히 빠르다고 가정하면 이산시간 영역에 대한 동작을 연속시간 영역으로 간주할 수 있고, 따라서, 도 1의 신호처리 과정은 도 3과 같이 연속시간 영역으로 간략화 가능하다. 도 3은 도 1을 연속시간 영역으로 간략화한 시스템의 구성도로서, 연속시간 영역의 인버터 제어부(300)로 간주할 수 있다.
- [54] 그러나, 샘플링 주기가 충분히 빠르지 않은 고속전류 제어 시스템의 경우,

디지털 인버터의 이산시간 동작을 도 3과 같은 연속시간 영역의 인버터 제어부(300)로 간주할 수 없기 때문에, 인버터의 입력과 출력관계를 도 3의 형태로 모델링할 수 없다.

[55] 따라서, 이산시간 동작을 포함하여 입력과 출력의 관계를 도출해야 하는데, 연속시간 영역에서 이산화 현상을 수학적으로 모델링하는 방법 중 하나가 제로-오더-홀드(zero-order-hold, ZOH)이다.

[56] 샘플링 주기가  $T_{\text{samp}}$ 일 때 제로-오더-홀드의 전달함수를 연속시간 주파수 영역에서 표현하면, 아래의 수학식 1과 같다.

[57] [수식1]

$$G_{\text{ZOH}} = \frac{1 - e^{-sT_{\text{samp}}}}{s}$$

[58] 이때  $s$ 는 라플라스 변환에 해당하는 연산자로서, 미분을 포함한 시간에 대한 함수를 주파수 영역으로 변환하는데 사용되며, 연속시간 영역에 대해 동작한다.

[59]

[60] 한편, 디지털 인버터의 전류제어 루프에서는 전류정보가 샘플링 주기마다 측정되어 갱신된다. 도 4는 디지털 인버터의 전류제어 루프를 설명하기 위한 일예시도이다.

[61] 샘플링 주기마다 측정되어 갱신된 전류는, 샘플링 주기  $T_{\text{samp}}$  동안 인버터의 제어부에서 전류제어에 필요한 연산이 수행된다. 그리고 다음 샘플링 주기가 도래하기 전에 인버터의 출력을 나타내는 펄스폭변조(pulse width modulation, PWM) 스위칭에 대한 제어부의 연산이 완료되어 다음 주기동안 출력된다.

[62] 따라서, 측정된 입력전류에 대한 출력을 연산하는 관점에서는 샘플링 주기에 해당하는 시지연(delay)이 발생하게 된다. 이러한 시지연은 ZOH와 마찬가지로 샘플링 주기가 충분히 빠른 경우에는 그 효과를 무시해도 되지만, 고속 전류제어 시스템에서는 그 영향을 무시할 수 없다.

[63] 따라서,  $T_{\text{samp}}$ 에 대한 시지연 효과를 반영해야 하는데, 이에 대한 전달함수를 라플라스 변환을 이용하여 연속시간 주파수 영역에서 표현하면 아래 수학식 2와 같다.

[64] [수식2]

$$G_d = e^{-sT_{\text{samp}}}$$

[65]

[66] 수학식 1 및 수학식 2에서 살펴본 바와 같이, 디지털 인버터는 제로-오더-홀드(ZOH)와 시지연 특성을 가지며, 이러한 특성을 고려하여, 도 1의 디지털 인버터의 입력과 출력신호에 대한 관계식을 연속시간 주파수 영역에서 표현할 수 있다.

[67] 디지털 인버터에서 구현하고자 하는 제어부의 제어 알고리즘에 대한 전달함수를 라플라스 변환을 통해  $G_c(s)$ 라고 정의하면, 디지털 인버터의 이산시간 동작을 포함한 입력 및 출력에 대한 전체 신호처리는 도 5와 같다.

[68] 도 5는 종래의 제로-오더-홀드와 시지연을 반영한 디지털 인버터의 개념도를 나타낸 것이다.

[69] 따라서, 최종적으로 디지털 인버터의 입력과 출력에 대한 관계식은 연속시간 영역으로 통합되어 수학적식 3과 같이 표현할 수 있으며, 제어부(510)의 제어 알고리즘  $G_c(s)$ 를 설계할 때에는 수학적식 3의 형태로 디지털 인버터(500)의 제로-오더-홀드 반영부(520)와 시지연 반영부(530)의 제로-오더-홀드 및 시지연을 반영하여 설계해야 한다.

[70] [수식3]

$$T_s(s) = G_c(s) G_{ZOH}(s) G_d(s) = G_c(s) \frac{1 - e^{-sT_{zamp}}}{s} e^{-sT_{zamp}}$$

[71]

[72] 도 6은 전동기를 포함한 디지털 인버터의 제어 폐루프 회로를 설명하기 위한 일예시도로서, 제로-오더-홀드부(520)와 시지연부(530) 이외에도 제어부(510)의 제어 알고리즘을 설계할 때 고려해야 하는 항목은 전동기(600)에 대한 모델링임을 알 수 있다.

[73] 따라서, 동일한 전동기라 하여도 그에 대한 모델링의 정확성에 따라 인버터 제어부의 성능이 좌우된다고 할 수 있다.

[74] 도 7은 도 6을 제어부의 제어 알고리즘 관점에서 간략화한 일예시도이다.

[75] 즉, 제어부(510)의 제어 알고리즘 관점에서 보면, 전동기(600)의 전동기 모델링부(610)에 제로-오더-홀드(ZOH)와 시지연이 고려된 사항을 결합하여 하나의 블록(620)으로 수정한 제어 폐루프 블록도를 나타낼 수 있음을 알 수 있다.

[76] 통상, 3상의 교류 전동기(600)에 대하여, 좌표변환을 통한 d, q축 신호의 형태로 모델링한다. 교류 전동기(600)은 다양한 형태가 존재하는데, 이 중에서 표면부착형 영구자석 전동기의 예를 들어 설명하기로 하자.

[77] 전동기의 출력 전압식을 연속시간 정지좌표계의 전동기의 전압식으로 나타내면 다음 수학적식 4와 같다.

[78] [수식4]

$$\begin{bmatrix} V_{ds}^s \\ V_{qs}^s \end{bmatrix} = R_s \begin{bmatrix} i_{ds}^s \\ i_{qs}^s \end{bmatrix} + \frac{d}{dt} \left( \begin{bmatrix} L_s & 0 \\ 0 & L_s \end{bmatrix} \begin{bmatrix} i_{ds}^s \\ i_{qs}^s \end{bmatrix} \right) + \lambda_{PM} \begin{bmatrix} \cos\theta_r \\ \sin\theta_r \end{bmatrix}$$

[79] 위 수학적식 4에서,

$$V_{ds}^s$$

는 정지좌표계 d축 입력전압이고,

$$V_{qs}^s$$

는 정지좌표계 q축 입력전압이고,

$$i_{ds}^s$$

는 정지좌표계 d축 출력전류이고,

$$i_{qs}^s$$

는 정지좌표계 q축 출력전류이다. 또한,  $R_s$ 는 전동기 고정자 저항,  $L_s$ 는 전동기 고정자 인덕턴스,  $\lambda_{PM}$ 은 영구자석 쇠교자속,  $\theta_r$ 은 전동기의 영구자석의 위치를 나타낸다.

[80] 또는, 수학식 5와 같이 표현되는 전동기의 위치와 동기되는 좌표변환을 통해 동기좌표계 전압식을 수학식 6의 형태로도 얻을 수 있다.

[81] [수식5]

$$R(\theta_e) = \begin{bmatrix} \cos\theta_e & \sin\theta_e \\ -\sin\theta_e & \cos\theta_e \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos(\omega_e T_{samp}) & \sin(\omega_e T_{samp}) \\ -\sin(\omega_e T_{samp}) & \cos(\omega_e T_{samp}) \end{bmatrix}$$

[82] [수식6]

$$\begin{bmatrix} V_{ds}^e \\ V_{qs}^e \end{bmatrix} = R_s \begin{bmatrix} i_{ds}^e \\ i_{qs}^e \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} L_s & 0 \\ 0 & L_s \end{bmatrix} \frac{d}{dt} \begin{bmatrix} i_{ds}^e \\ i_{qs}^e \end{bmatrix} + \omega_e \begin{bmatrix} 0 & -L_s \\ L_s & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} i_{ds}^e \\ i_{qs}^e \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 \\ \omega_e \lambda_{PM} \end{bmatrix}$$

[83]

[84] 이 때,

$$V_{ds}^e$$

는 동기좌표계 q축 입력전압이고,

$$V_{qs}^e$$

는 동기좌표계 q축 입력전압이고,

$$i_{ds}^e$$

는 동기좌표계 d축 출력전류이고,

$$i_{qs}^e$$

는 동기좌표계 q축 출력전류이다. 또한,  $\theta_e$ 는 전동기 회전자 위치이고,  $\omega_e$ 는 전동기 회전자 속도를 나타낸다.

[85] 즉, 동일한 전동기에 대해 다양한 형태의 표현이 가능하다.

[86] 수학식 4와 수학식 6의 전압식에 대해, 라플라스 변환을 적용하여 전동기 전압입력에 대한 출력전류의 관계식을 얻으면, 수학식 7와 수학식 8의 전달함수로 표현할 수 있다.

[87] [수식7]

$$G_p^s(s) = \frac{i_{dqs}^s}{V_{dqs}^s} = \frac{1}{L_s s + R_s}$$

[88] [수식8]

$$G_p^e(s) = \frac{i_{dqs}^e}{V_{dqs}^e} = \frac{1}{L_s s + R_s + j\omega_e L_s}$$

[89]

[90] 수학식 7 또는 수학식 8과 같은 전동기(610)에 대한 모델링을 바탕으로, 도 6의 폐루프 회로분석을 통해 제어부(510)의 제어 알고리즘  $G_c(s)$ 를 설계하게 된다. 도 6에서  $G_p(s)$ 는 수학식 7과 수학식 8의

$$G_p^s(s)$$

또는

$$G_p^e(s)$$

를 의미한다.

- [91] 따라서, 수학적식 7과 수학적식 8을 이용하면, 도 7의 제로-오더-홀드와 시지연 효과를 전동기 모델링과 결합한 하나의 블록(610)으로 수정한 제어 폐루프 전달함수를 결정할 수 있다.

- [92] [수식9]

$$G_T(s) = G_{ZOH}(s)G_d(s)G_p(s) = \frac{1 - e^{-sT_{\text{samp}}}}{s} e^{-sT_{\text{dead}}} \frac{1}{L_s s + R_s + j\omega_e L_s}$$

- [93]

- [94] 종래의 시스템에서는, 전동기 모델에 대하여 수학적식 8의 동기좌표계 전압식을 활용하며, 이때 인버터 입력에 해당하는 전류지령

$$i_{dqs}^{e*}$$

와 전동기의 출력에 해당하는 실제 전류

$$i_{dqs}^e$$

에 대한 동특성을 수학적식 10과 같이 설계하는 경우, 도 7과 같은 시스템을 통해 수학적식 11과 같은 관계식을 유도할 수 있다.

- [95] [수식10]

$$\frac{i_{dqs}^e}{i_{dqs}^{e*}} = G_{\text{closed}}(s)$$

- [96] [수식11]

$$\frac{i_{dqs}^e}{i_{dqs}^{e*}} = G_{\text{closed}}(s) = \frac{G_c(s)G_T(s)}{1 + G_c(s)G_T(s)}$$

- [97]

- [98] 즉, 이미 알고 있는  $G_T(s)$  및 사용자가 직접 설계하는  $G_{\text{closed}}(s)$ 를 통해 수학적식 11의 관계를 활용하면, 제어부(510)의 제어 알고리즘  $G_c(s)$ 를 수학적식 12의 형태로 결정할 수 있다.

- [99] [수식12]

$$G_c(s) = \frac{G_{\text{closed}}(s)}{G_T(s)(1 - G_{\text{closed}}(s))}$$

- [100] 이때 제어부(510)의 제어 알고리즘을 디지털 인버터(500)에 구현하기 위해서는, 연속시간 영역의 전달함수가 아닌 이산시간 영역의 전달함수가 요구된다. 따라서, 수학적식 11의 관계식을 이산화하기 위해  $G_{\text{closed}}(s)$  및  $G_T(s)$ 에 대해  $z$  변환을 적용하여 최종적으로 이산화 형태로 구현될 수 있는 제어 알고리즘  $G_c(z)$ 가 수학적식 13과 같이 설계된다.

- [101] 이때  $z$  변환은 신호처리에서 실수열 또는 복소수열로 나타나는 시간영역의 신호를 복소 주파수 영역의 표현으로 변환하는 것으로서, 연속시간 신호에 대한 라플라스 변환에 대응하는 이산시간 영역으로의 변환이라 할 수 있다. 이에 대한 설명은 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 있어 널리

알려진 사항이므로, 상세한 설명은 생략하기로 하겠다.

[102] [수식13]

$$G_c(z) = \frac{G_{closed}(z)}{G_T(z)(1-G_{closed}(z))}$$

[103] 구체적으로, 전류지령에 대한 실제 전류의 동특성을 수학적 14와 같은 저역통과필터로 설계한다면, 수학적 15의  $G_T(z)$ 를 통해 수학적 16과 같은 제어부(510)의 제어 알고리즘  $G_c(z)$ 을 설계할 수 있다.

[104] [수식14]

$$G_{closed}(z) = \frac{K}{z^2 - z + K}$$

[105] [수식15]

$$G_T(z) = Z\{G_{ZOH}(s)G_d(s)G_P(s)\} = \frac{R_s - j\omega_e L_s}{R_s^2 + \omega_e^2 L_s^2} \frac{1 - e^{-(R_s/L_s + j\omega_e)T_{samp}}}{z(z - e^{-(R_s/L_s + j\omega_e)T_{samp}})}$$

[106] [수식16]

$$G_c(z) = \frac{K(R_s^2 + \omega_e^2 L_s^2)(z - e^{-(R_s/L_s + j\omega_e)T_{samp}})}{(R_s - j\omega_e L_s)(1 - e^{-(R_s/L_s + j\omega_e)T_{samp}})(z - 1)}$$

[107] 이때 위 수학적식에서 사용된 K는 제어기 변수를 나타낸다.

[108]

[109] 도 8은 종래의 인버터 제어방법을 설명하기 위한 흐름도이다.

[110] 종래의 고속 인버터 시스템에서는, 샘플링 주기가 충분히 빠르지 않으므로 샘플링 현상에 대한 고려가 수행되어야 한다. 따라서, 도 7의 인버터(500)와 제로-오더-홀드 및 시지연이 반영된 전동기(600) 모델을 기준으로 설명하기로 한다.

[111] 종래의 인버터(500)에서는, 연속시간 영역에서 정좌표계 전동기 전압식을 결정한다(S810). 이는 수학적 4와 같다. 이후, 수학적 5를 통해 좌표변환을 수행하여(S820), 연속시간 영역에서의 동기좌표계 전동기 전압식을 결정할 수 있다(S830). 이는 수학적 6과 같다.

[112] 이후, 제로-오더-홀드 및 시지연을 결합한 연속시간 영역에서의 동기좌표계 전동기의 전압식을 수학적 9와 같이 결정하고(S840), 연속시간 영역에서의 동기좌표계 전류제어 폐루프 전달함수를 수학적 11과 같이 결정한다(S850).

[113] 이후, 연속시간 영역에서의 동기좌표계 전류제어 폐루프 전달함수를 이산화하여 이산시간 영역에서의 동기좌표계 전류제어 폐루프 전달함수를 수학적 12와 같이 결정하고(S860), 수학적 14의 이산시간 영역에서의 전류제어 응답특성의 전달함수와 수학적 15의 이산화한 제로-오더-홀드 및 시지연을 결합한 연속시간 영역에서의 동기좌표계 전동기의 전압식을 이용하여 인버터의 전류제어 전달함수를 수학적 16과 같이 결정하고(S870), 이를 인버터에 전달한다(S880).

[114] 이때, 전동기 모델링의 마지막 단계에 해당하는 수학적 6의 동기좌표계

전압식은, 수학식 4의 정지좌표계 전압식에 수학식 5의 좌표변환을 거쳐 도출된 것이다. 이때, 수학식 5의 좌표변환식을 보면, 샘플링 주기가 변수로 사용되고 있음을 알 수 있다. 즉, 샘플링 주기에 따라 좌표변환의 결과가 달라지는 것이다.

[115] 그러나, 수학식 6의 동기좌표계 전압식에는 샘플링 주기가 포함되지 않음을 알 수 있다. 이는 샘플링 주기가 충분히 빠르다는 전제 하에, 수학식 4로부터 도출되었기 때문이다.

[116] 따라서, 종래의 제어방법에 의하면 좌표변환에 대한 샘플링 현상이 고려되지 않은 상태이며, 이는 수학식 15의 이산화된  $G_T(z)$ 의 도출결과에 오차를 야기하는 문제점이 있다.

[117] 즉, 종래의 시스템에 의하면, 샘플링 주기가 충분히 짧은 일반적인 인버터 제어 시스템에서는 문제가 되지 않으나, 고속전류 제어 시스템에서는 시스템에 대한 모델링의 정확성을 감소시키며, 이로 인해, 인버터 제어기는 지령에 대한 추종성이 저하되고, 안정적인 운전범위가 제한되는 문제점이 있다.

[118] 따라서, 본 발명의 일실시예의 시스템은, 좌표변환에 대한 샘플링 효과를 반영하여 모델링 정확성을 향상시키고, 더 낮은 샘플링 지수 조건에서 인버터 제어기의 지령추종 성능과 안정성을 확보하기 위한 것이다.

[119]

[120] 도 9는 본 발명의 일실시예의 인버터 제어장치가 적용되는 인버터 시스템의 구성도이다.

[121] 도면에 도시된 바와 같이, 본 발명의 일실시예의 시스템은, 전동기(2)를 구동하는 인버터(1)의 인버터부(13)에 온오프 제어신호를 전달하는 제어장치(3)를 포함할 수 있다.

[122] 인버터(1)는 입력되는 삼상의 교류전원을 정류하는 정류부(11)와, 정류부(11)가 정류한 직류전압을 평활하여 저장하는 평활부(12) 및 평활부(12)에 저장된 직류전압을 제어장치(3)의 제어신호에 따라 소정 전압 및 주파수를 가지는 교류전압으로 출력하는 인버터부(13)를 포함할 수 있다. 인버터부(13)가 출력하는 교류전압은 전동기(2)에 제공된다.

[123] 도 10은 도 9의 제어장치(3)와 전동기(2)를 이산시간 영역으로 모델링하여 간략하게 도시한 일예시도이며, 이는 종래의 도 7에 대응하여 도시한 것으로서, 제어 모델링부(5)와 전동기 모델링부(6)를 포함할 수 있다.

[124] 전동기 모델링부(6)는, 수학식 7의 정지좌표계 전압식과, 수학식 1 및 수학식 2의 제로-오더-홀드 및 시지연 효과를 결합하여, 수학식 17과 같은 전동기 모델링에 대한 결과를 얻을 수 있다.

[125] [수식17]

$$G_T(s) = G_{ZOH}(s)G_d(s)G_P(s) = \frac{1 - e^{-sT_{\text{samp}}}}{s} e^{-sT_{\text{delay}}} \frac{1}{L_s s + R_s}$$

[126] 위 수학식 17에 대하여 이산화를 수행하기 위해 z 변환을 수행하면 다음과 같다.

[127] [수식18]

$$G_T(z) = Z \{ G_{ZOH}(s) G_d(s) G_p(s) \} = \frac{1}{R_s} \frac{1 - e^{-R_s T_{\text{samp}}/L_s}}{z(z - e^{-R_s T_{\text{samp}}/L_s})}$$

[128] 이후, 이산영역에서 수학적식 5의 좌표변환을 수행하면, 이산시간에 대한 제로-오더-홀드 및 시지연을 결합한 동기좌표계 전압식을 수학적식 19와 같이 결정할 수 있다.

[129] [수식19]

$$G_T(z) = G_T(z e^{j\omega_s T_{\text{samp}}}) = \frac{1}{R_s} \frac{1 - e^{-R_s T_{\text{samp}}/L_s}}{z e^{j\omega_s T_{\text{samp}}} (z e^{j\omega_s T_{\text{samp}}} - e^{-R_s T_{\text{samp}}/L_s})}$$

[130] 이후, 도 10의 페루프를 활용하여, 수학적식 20과 같은 동기좌표계 상의 전류제어 페루프 전달함수를 얻을 수 있다.

[131] [수식20]

$$\frac{i_{dqs}^e}{i_{dqs}^{e*}} = G_{\text{closed}}(z) = \frac{G_{\text{prop}}(z) G_T(z)}{1 + G_{\text{prop}}(z) G_T(z)}$$

[132] 위 수학적식 20을  $G_{\text{prop}}(z)$ 로 나타내면, 수학적식 21과 같고, 전류지령에 대한 실제 전류의 동특성을 수학적식 14와 같은 저역통과필터로 설계하는 경우, 수학적식 22와 같은 제어 모델링부(5)의 알고리즘을 도출할 수 있다.

[133] [수식21]

$$G_{\text{prop}}(z) = \frac{G_{\text{closed}}(z)}{G_T(z)(1 - G_{\text{closed}}(z))}$$

[134] [수식22]

$$G_{\text{prop}}(z) = \frac{K R_s e^{j2\omega_s T_{\text{samp}}}}{(1 - e^{-R_s T_{\text{samp}}/L_s})} \frac{z - z_0}{z - 1}, \quad z_0 = e^{-R_s T_{\text{samp}}/L_s - j\omega_s T_{\text{samp}}}$$

[135] 이때 K는 제어기 변수를 나타내는 것으로서, 전류지령에 대한 실제 전류의 동특성을 나타내는 것이다.

[136] 수학적식 22를 수학적식 16과 비교하면, 수학적식 16에서 좌표변환에서 고려하지 않았던 샘플링 영향이 반영되었음을 알 수 있으며, 수학적식 16과 같이 제어변수 K가 사용되었음을 알 수 있다.

[137] 따라서, 본 발명의 일실시예의 제어 모델링부(5)에 의하면 복잡성 측면에서 종래와 동일한 반면, 시스템 모델링에 대한 정확성이 증가하여 전류제어 성능이 향상될 수 있다.

[138]

[139] 도 11은 본 발명의 일실시예의 인버터 제어장치의 상세 구성도를 나타낸 것으로서, 수학적식 22를 구현한 일예시도이다.

[140] 도 12는 본 발명의 일실시예의 인버터 제어방법을 설명하기 위한 흐름도이다.

[141] 도면에 도시된 바와 같이, 본 발명의 일실시예에서, 제어 모델링부(5)는, 연속시간 영역에서의 정지좌표계의 전동기의 전압식을 수학적식 7과 같이 결정할 수 있다(S10).

- [142] 이후, 제어 모델링부(5)는 제로-오더-홀드 및 시지연을 결합한 연속시간 정지좌표계 전동기 전압식을 수학식 17과 같이 결정하고(S11), 이를 이산화하여, 제로-오더-홀드 및 시지연을 결합한 이산시간 정지좌표계 전동기 전압식을 수학식 18과 같이 결정할 수 있다(S12).
- [143] 이후, 제어 모델링부(5)는 수학식 5를 이용하여 좌표변환을 수행하여(S13), 제로-오더-홀드 및 시지연을 결합한 이산시간 동기좌표계 전동기 전압식을 수학식 19와 같이 결정할 수 있다(S14).
- [144] 이후, 제어 모델링부(5)는, 전류지령에 대한 실제 출력전류의 동특성을 저역통과필터로 설계하는 경우, 수학식 14의 이산시간 전류제어 응답특성 전달함수로부터 이산시간 동기좌표계 전류제어 폐루프 전달함수를 수학식 20과 같이 결정할 수 있다(S15).
- [145] 또한, 제어 모델링부(5)는 수학식 20의 폐루프 전달함수로부터, 전류제어 전달함수를 수학식 22와 같이 결정하여(S16), 이를 인버터(1)에 제공할 수 있다.
- [146]
- [147] 도 13은 종래의 제어방법에 의한 지령전류 및 출력전류의 관계를 나타낸 예시도이고, 도 14는 본 발명의 일실시예의 제어방법에 의한 지령전류 및 출력전류의 관계를 나타낸 일예시도로서, 각각 샘플링 주파수가 2kHz이고 운전주파수가 500Hz인 조건, 즉, 샘플링 지수가 4인 조건을 나타낸 것이다. 도 13과 도 14에서,  $IdseRef$ 와  $IqseRef$ 는 전류지령을 나타내고,  $Idse$ 와  $Iqse$ 는 실제 전류를 나타낸다.
- [148] 도 13을 참고로 하면, 종래의 경우, 실제 전류에 리플이 발생하는 것을 알 수 있으나, 도 14의 본 발명의 제어방법에 의하면 전류지령에 대한 실제 전류의 추종성이 향상되고 안정성도 향상되었음을 알 수 있다.
- [149] 이와 같이, 본 발명의 일실시예에 의하면, 시스템 모델링시 좌표변환을 이산시간 영역에서 수행함으로써, 샘플링 효과를 시스템 모델링에 반영할 수 있고, 전류지령 추종성 및 안정성을 향상할 수 있다.
- [150]
- [151] 이상에서 본 발명에 따른 실시예들이 설명되었으나, 이는 예시적인 것에 불과하며, 당해 분야에서 통상적 지식을 가진 자라면 이로부터 다양한 변형 및 균등한 범위의 실시예가 가능하다는 점을 이해할 것이다. 따라서, 본 발명의 진정한 기술적 보호 범위는 다음의 청구범위에 의해서 정해져야 할 것이다.

## 청구범위

- [청구항 1] 인버터의 교류전압을 출력하는 복수의 스위칭소자를 온오프하기 위하여, 이산시간 영역의 제어신호인 전류제어 전달함수를 결정하는 인버터 제어방법에 있어서,  
연속시간 영역에서 정지좌표계 상의 전동기에 대한 제1전압식을 결정하는 단계;  
상기 제1전압식에 제로-오더-홀드 및 시지연을 반영하여 제2전압식을 결정하는 단계;  
상기 제2전압식을 이산화하여 제3전압식을 결정하는 단계;  
상기 전동기의 회전자 위치 및 속도를 반영하여, 이산시간 영역에서 동기좌표계 상의 제4전압식을 결정하는 단계;  
이산시간 영역의 전류제어 응답특성 전달함수로부터, 이산시간 영역의 동기좌표계 상의 전류제어 폐루프 전달함수를 결정하는 단계; 및  
상기 전류제어 폐루프 전달함수와 상기 제4전압식을 이용하여, 상기 전류제어 전달함수를 결정하는 단계를 포함하는 인버터 제어방법.
- [청구항 2] 제1항에 있어서, 상기 제1전압식은, 아래 수학식으로 결정되는 인버터 제어방법.

$$G_P(s) = \frac{i_{dqs}^s}{V_{dqs}^s} = \frac{1}{L_s s + R_s}$$

(이때,  $G_P(s)$ 는 정지좌표계 전압식이고,  $V_{dqs}^s$ 는 정지좌표계 입력전압이고,  $i_{dqs}^s$ 는 정지좌표계 출력전류이고,  $R_s$ 는 전동기 고정자 저항,  $L_s$ 는 전동기 고정자 인덕턴스임)

- [청구항 3] 제1항에 있어서, 상기 제2전압식은, 아래 수학식으로 결정되는 인버터 제어방법.

$$G_T(s) = G_{ZOH}(s) G_d(s) G_P(s) = \frac{1 - e^{-sT_{\text{samp}}}}{s} e^{-sT_{\text{delay}}} \frac{1}{L_s s + R_s}$$

(이때,  $G_{ZOH}(s)$ 는 제로-오더-홀드를 반영한 전달함수이고,  $G_d(s)$ 는 시지연을 반영한 전달함수이며,  $T_{\text{samp}}$ 는 샘플링 주기임)

- [청구항 4] 제1항에 있어서, 상기 제3전압식은, 아래 수학식으로 결정되는 인버터 제어방법.

$$G_T(z) = Z \{ G_{ZOH}(s) G_d(s) G_P(s) \} = \frac{1}{R_s} \frac{1 - e^{-R_s T_{\text{samp}} / L_s}}{z(z - e^{-R_s T_{\text{samp}} / L_s})}$$

(이때,  $\omega_e$ 는 전동기 회전자 속도임)

- [청구항 5] 제1항에 있어서, 상기 제4전압식은, 아래 수학식으로 결정되는 인버터 제어방법.

$$G_T(z) = G_T(z e^{j\omega_e T_{\text{samp}}}) = \frac{1}{R_s} \frac{1 - e^{-R_s T_{\text{samp}} / L_s}}{z e^{j\omega_e T_{\text{samp}}} (z e^{j\omega_e T_{\text{samp}}} - e^{-R_s T_{\text{samp}} / L_s})}$$

- [청구항 6] 제1항에 있어서, 상기 이산시간 영역의 전류제어 응답특성은, 저역통과필터로 설계되는 인버터 제어방법.
- [청구항 7] 제6항에 있어서, 상기 전류제어 응답특성은, 아래 수학식으로 결정되는 인버터 제어방법.

$$G_{closed}(z) = \frac{K}{z^2 - z + K}$$

(이때, K는 전류지령에 대한 실제 전류의 동특성을 나타내는 것임)

- [청구항 8] 제1항에 있어서, 상기 전류제어 전달함수는, 아래 수학식으로 결정되는 인버터 제어방법.

$$G_{prop}(z) = \frac{KR_s e^{j2\omega_e T_{smp}}}{(1 - e^{-R_s T_{smp}/L_s})} \frac{z - z_0}{z - 1}, \quad z_0 = e^{-R_s T_{smp}/L_s - j\omega_e T_{smp}}$$

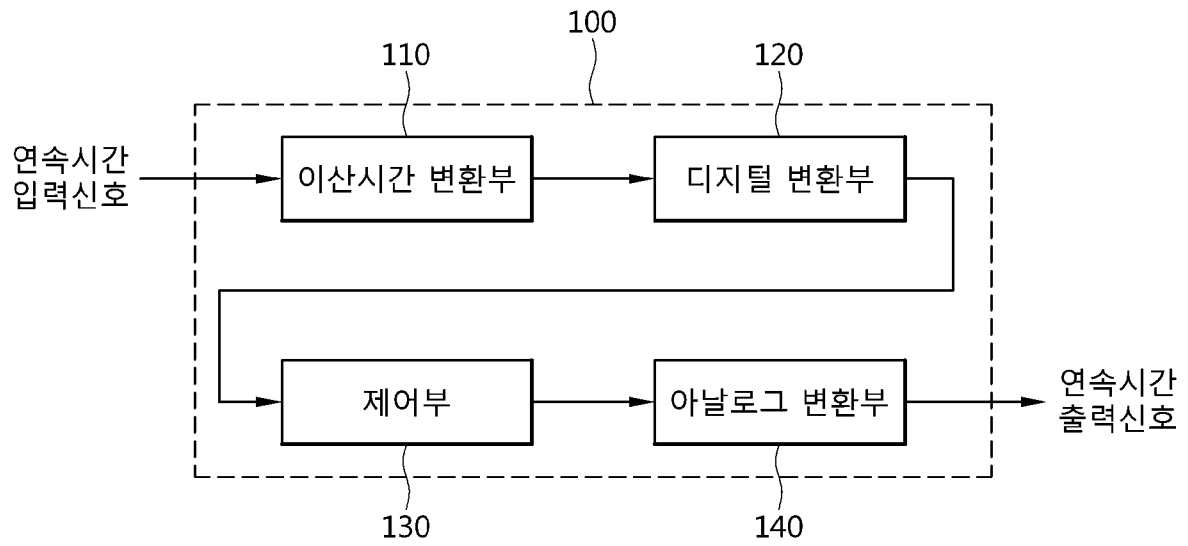
- [청구항 9] 인버터의 교류전압을 출력하는 복수의 스위칭소자를 온오프하기 위하여, 이산시간 영역의 제어신호인 전류제어 전달함수를 결정하는 인버터 제어방법에 있어서, 연속시간 영역에서, 제로-오더-홀드 및 시지연을 반영한 정지좌표계 상의 전동기에 대한 전압식을 이산화하는 단계; 및 상기 전동기의 회전자 위치 및 속도를 반영하여, 이산시간 영역에서 동기좌표계 상의 전동기에 대한 전압식을 결정하는 단계를 포함하는 인버터 제어방법.

- [청구항 10] 교류전원을 정류하는 정류부; 상기 정류부가 정류한 직류전압을 평활하여 저장하는 평활부; 복수의 스위칭소자가 소정 토폴로지에 의해 배치되어, 상기 평활부에 저장된 직류전압을 소정 전압 및 주파수의 교류전압으로 출력하는 인버터부; 및 상기 복수의 스위칭소자를 온오프하기 위하여, 이산시간 영역의 제어신호인 전류제어 전달함수를 결정하는 제어부를 포함하고, 상기 제어부는, 연속시간 영역에서, 제로-오더-홀드 및 시지연을 반영한 정지좌표계 상의 전동기에 대한 전압식을 이산화하여, 상기 전동기의 회전자 위치 및 속도를 반영하여, 이산시간 영역에서 동기좌표계 상의 전동기에 대한 전압식을 결정하는 인버터 제어장치.

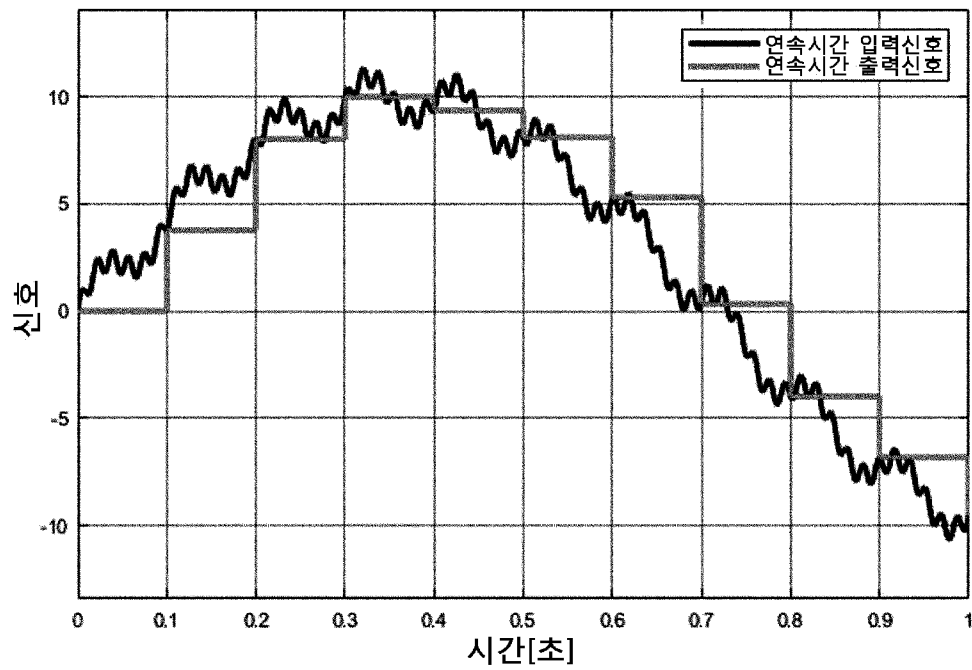
- [청구항 11] 제10항에 있어서, 상기 제어부는, 연속시간 영역에서 정지좌표계 상의 전동기에 대한 제1전압식을 결정하고, 상기 제1전압식에 제로-오더-홀드 및 시지연을 반영하여 제2전압식을 결정하고, 상기 제2전압식을 이산화하여 제3전압식을 결정하고, 상기 전동기의 회전자 위치 및 속도를 반영하여, 이산시간 영역에서

동기좌표계 상의 제4전압식을 결정하고,  
이산시간 영역의 전류제어 응답특성 전달함수로부터, 이산시간 영역의 동기좌표계 상의 전류제어 폐루프 전달함수를 결정하고,  
상기 전류제어 폐루프 전달함수와 상기 제4전압식을 이용하여, 상기 전류제어 전달함수를 결정하는 인버터 제어장치.

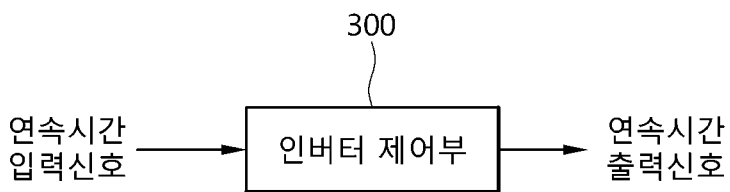
[도1]



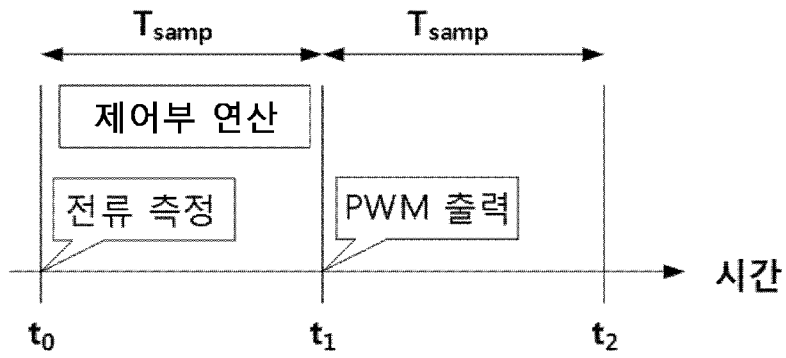
[도2]



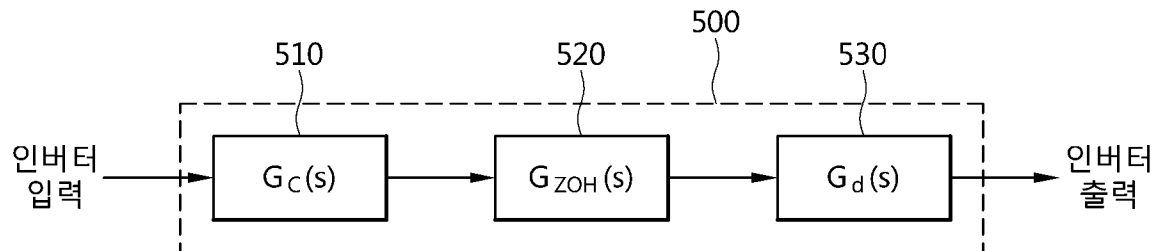
[도3]



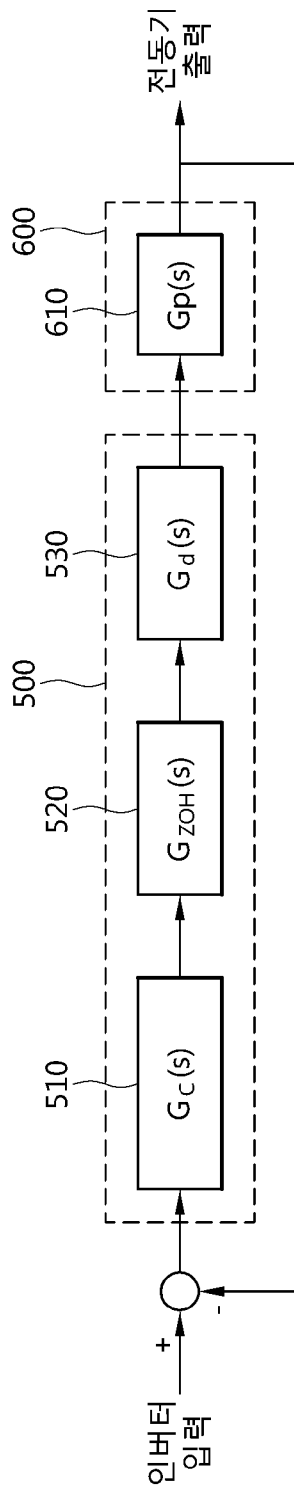
[도4]



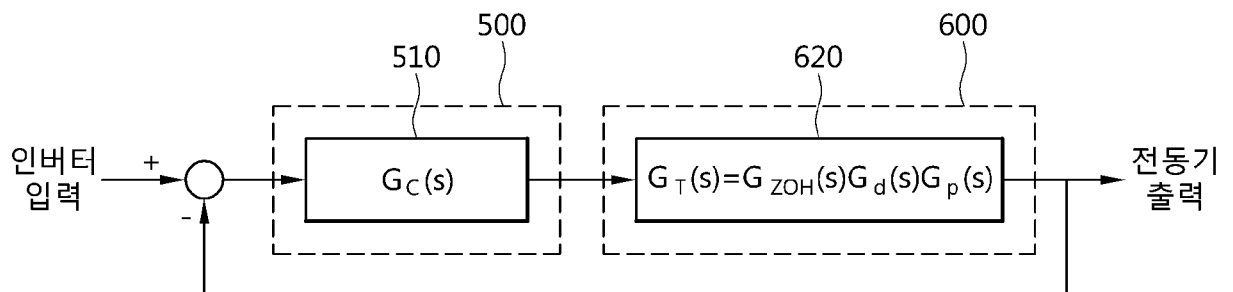
[도5]



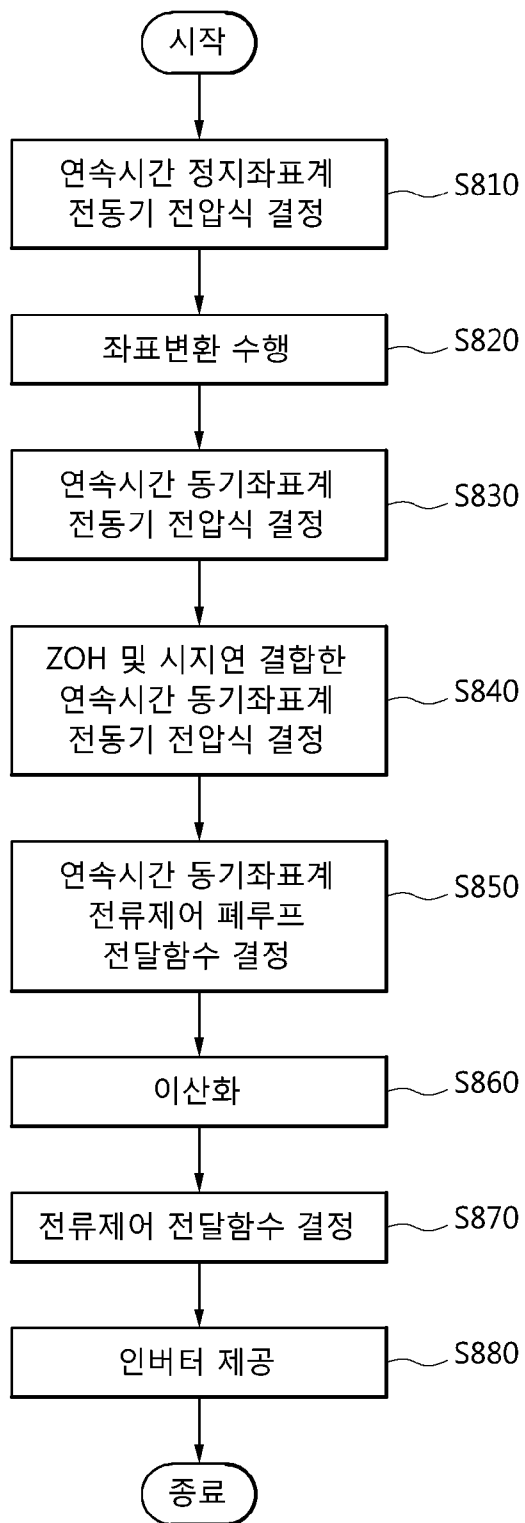
[도6]



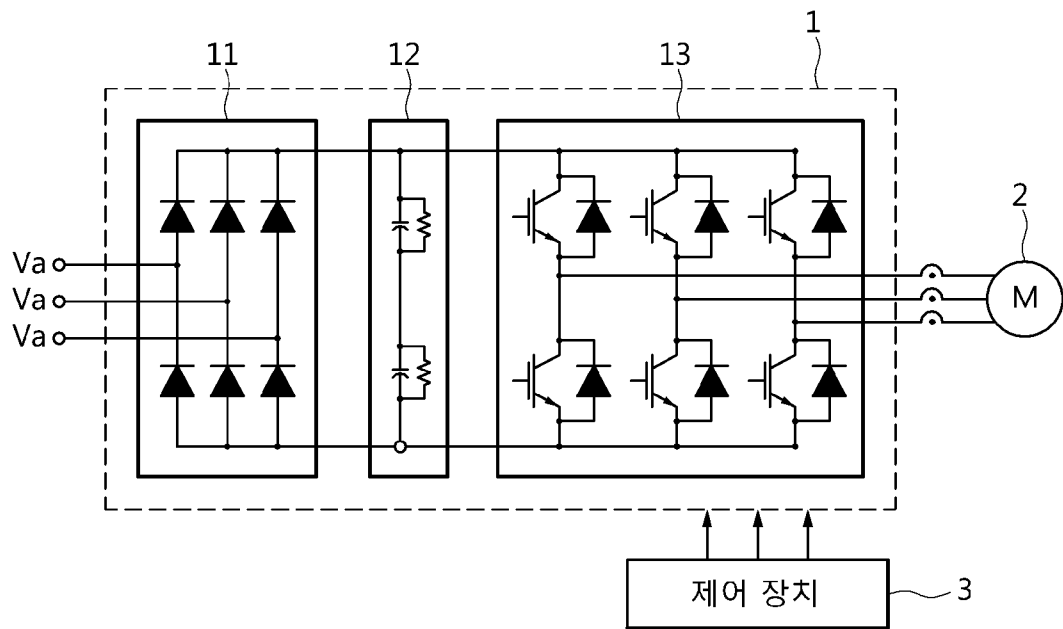
[도7]



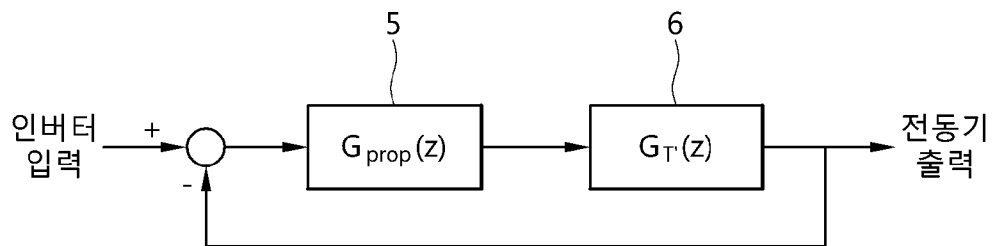
[도8]



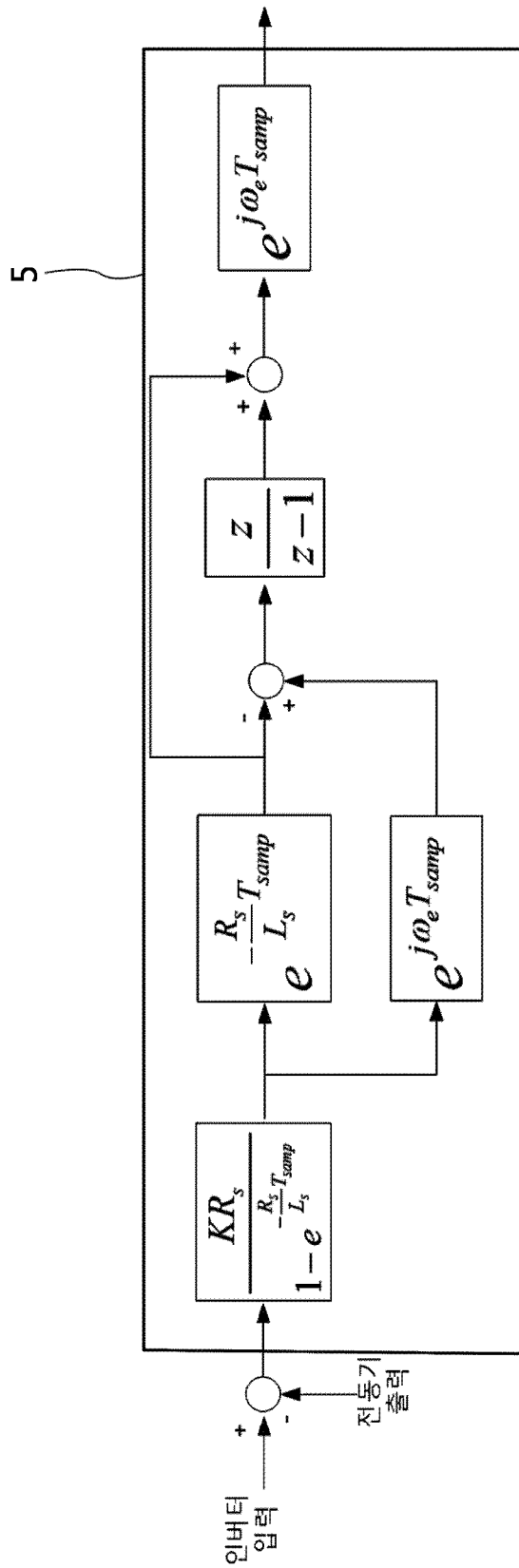
[도9]



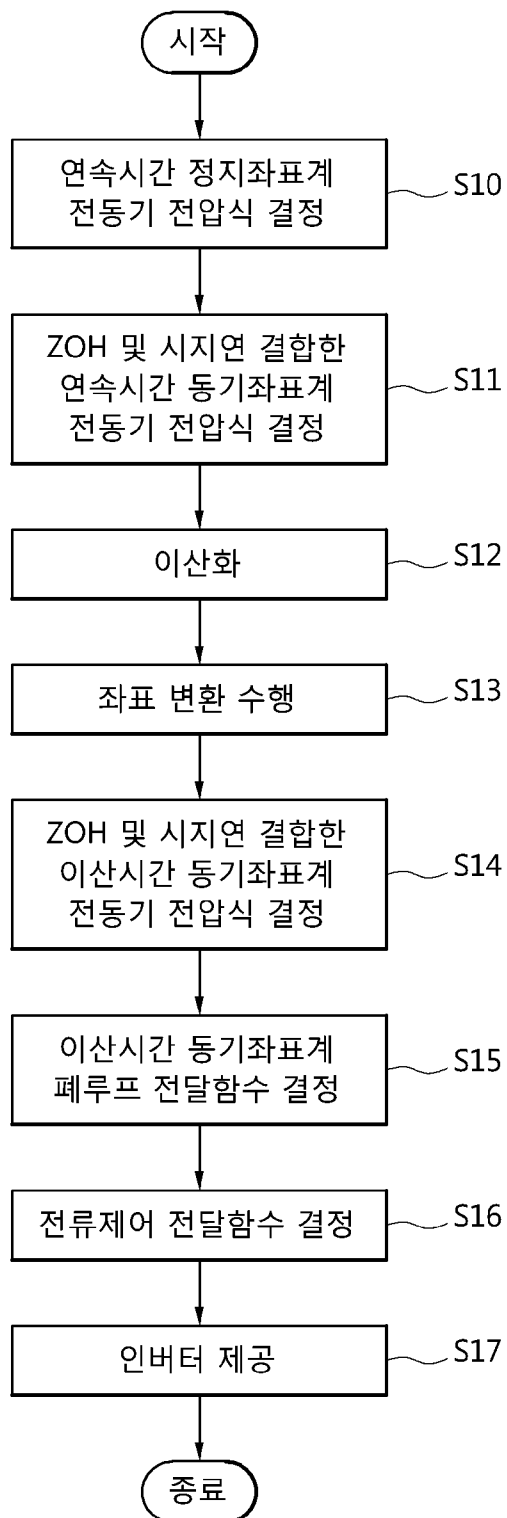
[도10]



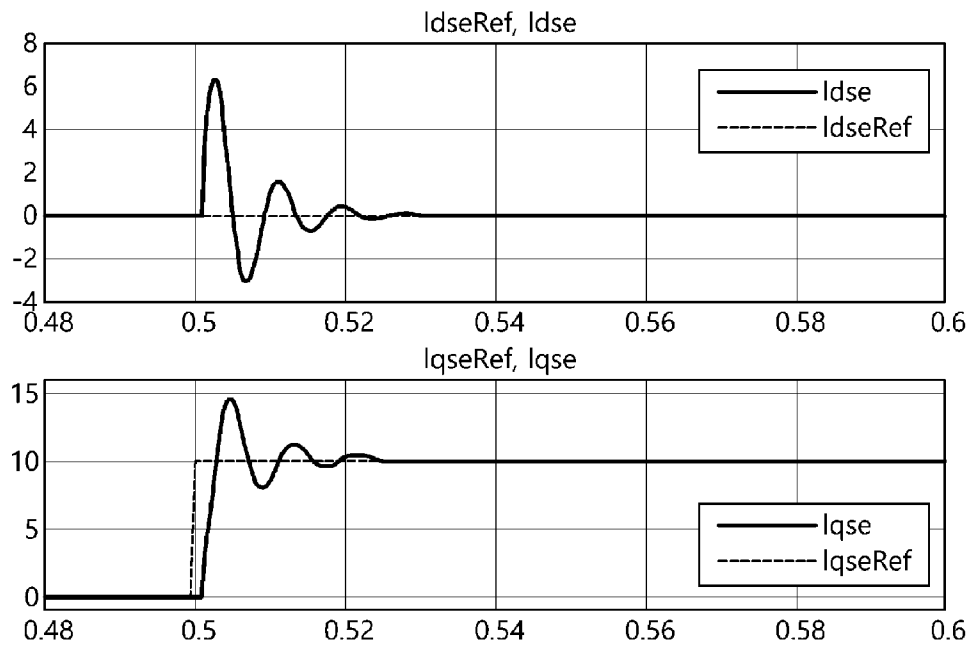
[도 11]



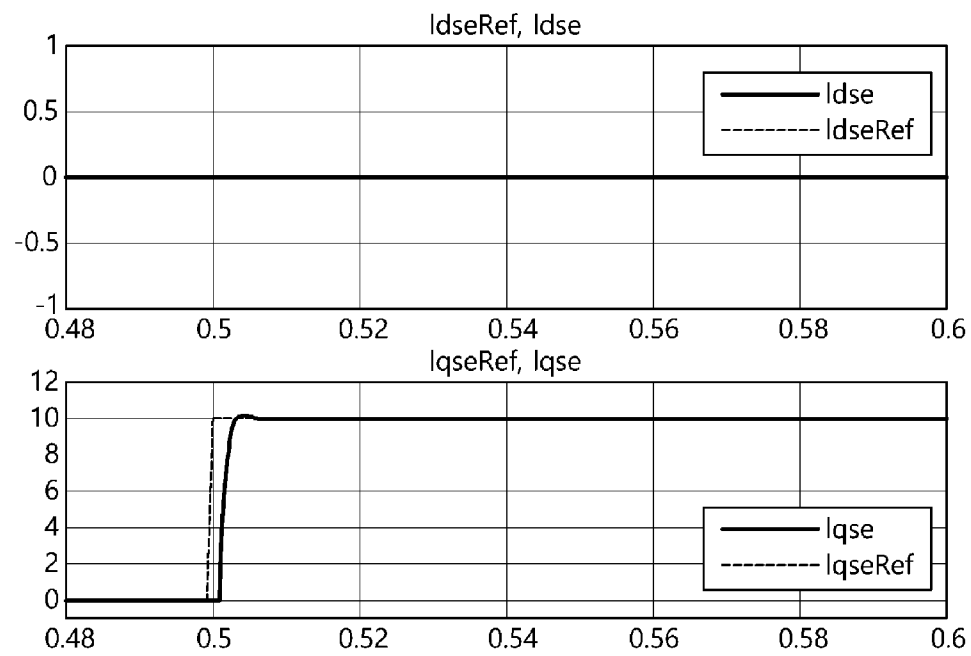
[도12]



[도 13]



[도 14]



## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/KR2019/010306

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

*H02M 7/5387(2007.01)i*

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

H02M 7/5387; H02J 9/06; H02M 7/48; H02M 7/483; H02P 21/14; H02P 21/22; H02P 29/50; H04B 10/04

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Korean utility models and applications for utility models: IPC as above

Japanese utility models and applications for utility models: IPC as above

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

eKOMPASS (KIPO internal) &amp; Keywords: inverter, control, signal, zero-order-hold, switching

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

| Category* | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages                                                                                                          | Relevant to claim No. |
|-----------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|
| A         | KR 10-2009-0105065 A (PUSAN NATIONAL UNIVERSITY INDUSTRY-UNIVERSITY COOPERATION FOUNDATION) 07 October 2009<br>See paragraphs [0004], [0029]-[0066], claim 1 and figures 1-5.               | 1-11                  |
| A         | KR 10-1388398 B1 (FOUNDATION FOR RESEARCH AND BUSINESS, SEOUL NATIONAL UNIVERSITY OF SCIENCE AND TECHNOLOGY et al.) 29 April 2014<br>See paragraphs [0030]-[0073], claim 1 and figures 1-3. | 1-11                  |
| A         | KR 10-2018-0080730 A (HYUNDAI MOTOR COMPANY et al.) 13 July 2018<br>See paragraphs [0041]-[0080], claims 1-3 and figures 2-3.                                                               | 1-11                  |
| A         | KR 10-2017-0003208 A (SK TELECOM CO., LTD. et al.) 09 January 2017<br>See paragraphs [0017]-[0046], claim 1 and figures 1-3.                                                                | 1-11                  |
| A         | US 2009-0196629 A1 (ZHENG, Jun et al.) 06 August 2009<br>See paragraphs [0020]-[0029] and figure 1.                                                                                         | 1-11                  |



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

\* Special categories of cited documents:

“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date

“L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

“T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

“X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

“Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

“&amp;” document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

18 DECEMBER 2019 (18.12.2019)

Date of mailing of the international search report

18 DECEMBER 2019 (18.12.2019)

Name and mailing address of the ISA/KR

Korean Intellectual Property Office  
Government Complex Daejeon Building 4, 189, Cheongsu-ro, Seo-gu,  
Daejeon, 35208, Republic of Korea

Facsimile No. +82-42-481-8578

Authorized officer

Telephone No.

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**  
Information on patent family members

International application No.

**PCT/KR2019/010306**

| Patent document<br>cited in search report | Publication<br>date | Patent family<br>member | Publication<br>date |
|-------------------------------------------|---------------------|-------------------------|---------------------|
| KR 10-2009-0105065 A                      | 07/10/2009          | KR 10-0967665 B1        | 07/07/2010          |
| KR 10-1388398 B1                          | 29/04/2014          | None                    |                     |
| KR 10-2018-0080730 A                      | 13/07/2018          | KR 10-1878090 B1        | 16/07/2018          |
| KR 10-2017-0003208 A                      | 09/01/2017          | None                    |                     |
| US 2009-0196629 A1                        | 06/08/2009          | CN 202068402 U          | 07/12/2011          |
|                                           |                     | US 8121493 B2           | 21/02/2012          |
|                                           |                     | WO 2009-100191 A1       | 13/08/2009          |

**A. 발명이 속하는 기술분류(국제특허분류(IPC))**

H02M 7/5387(2007.01)i

**B. 조사된 분야**

조사된 최소문헌(국제특허분류를 기재)

H02M 7/5387; H02J 9/06; H02M 7/48; H02M 7/483; H02P 21/14; H02P 21/22; H02P 29/50; H04B 10/04

조사된 기술분야에 속하는 최소문헌 이외의 문헌

한국등록실용신안공보 및 한국공개실용신안공보: 조사된 최소문헌란에 기재된 IPC

일본등록실용신안공보 및 일본공개실용신안공보: 조사된 최소문헌란에 기재된 IPC

국제조사에 이용된 전산 데이터베이스(데이터베이스의 명칭 및 검색어(해당하는 경우))

eKOMPASS(특허청 내부 검색시스템) & 키워드: 인버터(inverter), 제어(control), 신호(signal), 제로-오더-홀드(zero-order-hold), 스위칭(switching)

**C. 관련 문헌**

| 카테고리* | 인용문헌명 및 관련 구절(해당하는 경우)의 기재                                                                    | 관련 청구항 |
|-------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|--------|
| A     | KR 10-2009-0105065 A (부산대학교 산학협력단) 2009.10.07<br>단락 [0004], [0029]-[0066], 청구항 1 및 도면 1-5 참조. | 1-11   |
| A     | KR 10-1388398 B1 (서울과학기술대학교 산학협력단 등) 2014.04.29<br>단락 [0030]-[0073], 청구항 1 및 도면 1-3 참조.       | 1-11   |
| A     | KR 10-2018-0080730 A (현대자동차주식회사 등) 2018.07.13<br>단락 [0041]-[0080], 청구항 1-3 및 도면 2-3 참조.       | 1-11   |
| A     | KR 10-2017-0003208 A (에스케이텔레콤 주식회사 등) 2017.01.09<br>단락 [0017]-[0046], 청구항 1 및 도면 1-3 참조.      | 1-11   |
| A     | US 2009-0196629 A1 (JUN ZHENG 등) 2009.08.06<br>단락 [0020]-[0029] 및 도면 1 참조.                    | 1-11   |

☐ 추가 문헌이 C(계속)에 기재되어 있습니다.

☒ 대응특허에 관한 별지를 참조하십시오.

\* 인용된 문헌의 특별 카테고리:

“A” 특별히 관련이 없는 것으로 보이는 일반적인 기술수준을 정의한 문헌

“D” 본 국제출원에서 출원인이 인용한 문헌

“E” 국제출원일보다 빠른 출원일 또는 우선일을 가지나 국제출원일 이후 “X”에 공개된 선출원 또는 특허 문헌

“L” 우선권 주장에 의문을 제기하는 문헌 또는 다른 인용문헌의 공개일 또는 다른 특별한 이유(이유를 명시)를 밝히기 위하여 인용된 문헌

“O” 구두 개시, 사용, 전시 또는 기타 수단을 언급하고 있는 문헌

“P” 우선일 이후에 공개되었으나 국제출원일 이전에 공개된 문헌

“T” 국제출원일 또는 우선일 후에 공개된 문헌으로, 출원과 상충하지 않으며 발명의 기초가 되는 원리나 이론을 이해하기 위해 인용된 문헌

“X” 특별한 관련이 있는 문헌. 해당 문헌 하나만으로 청구된 발명의 신규성 또는 진보성이 없는 것으로 본다.

“Y” 특별한 관련이 있는 문헌. 해당 문헌이 하나 이상의 다른 문헌과 조합하는 경우로 그 조합이 당업자에게 자명한 경우 청구된 발명은 진보성이 없는 것으로 본다.

“&” 동일한 대응특허문헌에 속하는 문헌

국제조사의 실제 완료일

2019년 12월 18일 (18.12.2019)

국제조사보고서 발송일

2019년 12월 18일 (18.12.2019)

ISA/KR의 명칭 및 우편주소



대한민국 특허청  
(35208) 대전광역시 서구 청사로 189,  
4동 (둔산동, 정부대전청사)

팩스 번호 +82-42-481-8578

심사관

장기정

전화번호 +82-42-481-8364



| 국제조사보고서에서<br>인용된 특허문헌 | 공개일        | 대응특허문헌            | 공개일        |
|-----------------------|------------|-------------------|------------|
| KR 10-2009-0105065 A  | 2009/10/07 | KR 10-0967665 B1  | 2010/07/07 |
| KR 10-1388398 B1      | 2014/04/29 | 없음                |            |
| KR 10-2018-0080730 A  | 2018/07/13 | KR 10-1878090 B1  | 2018/07/16 |
| KR 10-2017-0003208 A  | 2017/01/09 | 없음                |            |
| US 2009-0196629 A1    | 2009/08/06 | CN 202068402 U    | 2011/12/07 |
|                       |            | US 8121493 B2     | 2012/02/21 |
|                       |            | WO 2009-100191 A1 | 2009/08/13 |