(12) 특허협력조약에 의하여 공개된 국제출원

(19) 세계지식재산권기구
국제사무국

(43) 국제공개일
2019 년 11 월 28 일 (28.11.2019)

WIPO | PCT

(10) 국제공개번호
WO 2019/225835 A1

(51) 국제특허분류:
H02P 27/06 (2006.01)

(21) 국제출원번호: PCT/KR2019/001629

(22) 국제출원일: 2019 년 2 월 11 일 (11.02.2019)

(25) 출원언어: 한국어

(26) 공개언어: 한국어

(30) 우선권정보:
10-2018-0058359 2018 년 5 월 23 일 (23.05.2018) KR

(71) 출원인: 서울대학교산학협력단 (**SEOUL NATIONAL UNIVERSITY R&DB FOUNDATION**) [KR/KR]; 08826 서울시 관악구 관악로 1, Seoul (KR).

(72) 발명자: 하정익 (**HA, Jung-Ik**); 06602 서울시 서초구 서초대로65길 13-10, 111동 1602호., Seoul (KR). 한용수 (**HAN, Yong Su**); 14504 경기도 부천시 호수로3번길 16, 202호., Gyeonggi-do (KR). 이가현 (**LEE, Ka Hyun**); 06704 서울시 서초구 효령로 164, 2동 712호., Seoul (KR). 최현규 (**CHOI, Hyeon Gyu**); 08792 서울시 관악구 낙성대로3길 17-4, 103호., Seoul (KR).

(74) 대리인: 김순영 (**KIM, Sun-young**); 03151 서울시 종로구 종로5길 58 석탄회관빌딩 10층, Seoul (KR).

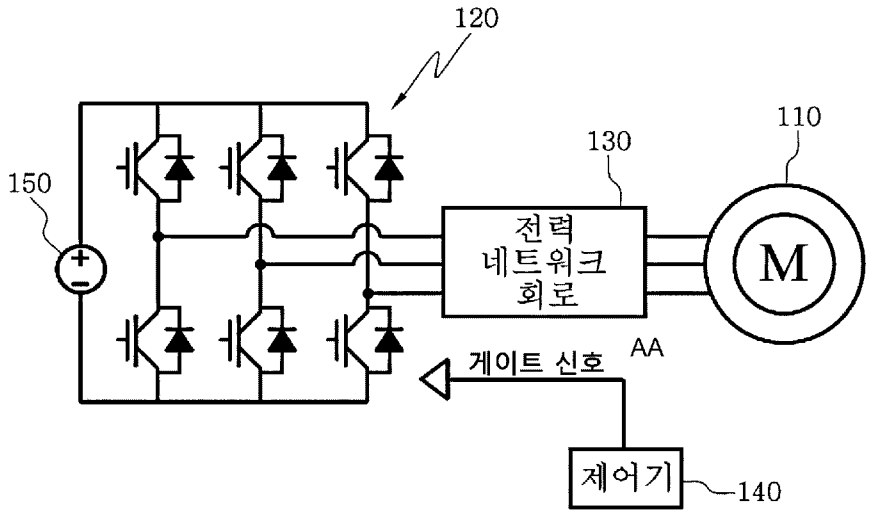
(81) 지정국 (별도의 표시가 없는 한, 가능한 모든 종류의 국내 권리의 보호를 위하여): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, 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 역내 권리의 보호를 위하여): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM,

WO 2019/225835 A1

(54) **Title:** MOTOR DRIVE SYSTEM COMPRISING POWER NETWORK BETWEEN INVERTER AND MOTOR

(54) **발명의 명칭:** 인버터와 전동기 사이 전력 네트워크를 포함하는 전동기 구동 시스템



130 ... Power network circuit
140 ... Controller
AA ... Gate signal

(57) **Abstract:** Embodiments relate to a motor drive system comprising a power network between an inverter and a motor and a method for designing such motor drive system, the motor drive system comprising: an AC motor; an inverter unit for applying a voltage to the AC motor; a controller for controlling an output voltage of the inverter unit; and a power network circuit disposed between the inverter unit and the AC motor, wherein the power network circuit is composed of a passive element.

(57) **요약서:** 실시예들은 교류 전동기, 상기 교류 전동기에 전압을 인가하는 인버터부, 상기 인버터부의 출력 전압을 제어하는 제어기 및 상기 인버터부와 상기 교류 전동기 사이에 배치된 전력 네트워크 회로를 포함하되, 상기 전력 네트워크 회로는 수동소자로 구성된 것을 특징으로 하는 인버터와 전동기 사이 전력 네트워크를 포함하는 전동기 구동 시스템 및 이러한 전동기 구동 시스템의 설계방법에 관련된다.

[다음 쪽 계속]

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))

명세서

발명의 명칭: 인버터와 전동기 사이 전력 네트워크를 포함하는 전동기 구동 시스템

기술분야

[1] 본 발명은 전동기 구동 시스템에 관한 것으로서, 구체적으로는 인버터와 전동기 사이에 수동소자로 구성된 전력 네트워크 회로를 가지는 전동기 구동 시스템에 관련된다.

배경기술

[2] 도 1은 일반적인 모터의 3상 구조의 등가 상당 회로를 나타낸다. 도 1과 같이 치환된 상당 회로는 인버터의 출력 전압 v1, 역기전력 전압 v2이 입출력 전압으로 나타나며 상 임피던스는 인덕터와 저항의 직렬 조합으로 나타난다. 여기서 v2는 역기전력 전압으로 크기는 일반적으로 속도에 비례한다. 전압형 인버터의 경우 인버터의 출력 전압 v1이 제한되므로 (PWM의 경우 $Vdc/\sqrt{3}$, Six-step의 경우 $2Vdc/\pi$) 인덕터, 저항 전압 강하 및 역기전력을 고려했을 때 최대 운전 영역이 제한된다.

[3] 도 2는 종래 모터의 토크 및 속도 곡선을 나타낸다. 도 2를 참조하면 초록색으로 표시한 부분과 같이 일정한 토크가 유지되는 최대 속도를 기저 속도라고 하며, 이 속도는 위에서 언급한 전압 크기의 제한에 의해 결정된다. 즉, 직류단 전압의 크기가 커서 v1의 최대값이 커지면 기저 속도가 높아진다.

[4] 도 3a 및 도 3b는 기저 속도를 증가 시키기 위해 출력 전압을 높이는 종래 방식을 나타낸다. 도 3a는 부스트 컨버터 방식이고, 도 3b는 z-소스 인버터 방식이다.

[5] 도 3a를 참조하면 전압형 인버터에서 출력 전압은 직류단 전압의 크기에 따라 제한되므로 직류단 전압을 올리는 방법으로 부스트 컨버터를 사용한다. 인버터와 직렬로 연결되는 부스트 컨버터를 사용함으로써 직류단 전압을 소자 정격 내의 부스트 컨버터가 제어 가능한 범위까지 증가시킬 수 있다. 따라서 인버터의 최대 출력 전압을 향상시킬 수 있다는 장점이 있으나, 추가적인 인덕터 및 스위치로 인한 부피 증가 및 스위칭 손실 증가의 단점이 있다. 또한 직류단 전압이 증가되면 스위칭 소자의 전압 스트레스가 증대되고 구동 회로의 절연 간격 등이 다시 고려하기 때문에 소자 선정, 아트웍 등의 구동 회로의 재설계가 필요하다.

[6] 도 3b를 참조하면 부스트 컨버터를 사용하지 않고 수동소자만으로 직류단 전압을 승압하기 위해 Z-소스 인버터가 이용된다. 이 방식은 인버터 레그의 슛스루 시간(위 아래 스위치를 모두 켜는 시간)을 추가함으로써, 부스트 컨버터가 하던 에너지 전달 과정을 인버터 스스로 동작하게 된다. 다만 슛스루 시간에 의해 인버터 출력에 제한이 되기 때문에 인버터가 전압을 최대로

사용하지 못하게 되는 문제가 있다. 또한 부스트 컨버터와 마찬가지로 전압 스트레스가 높아지기 때문에 구동 회로의 재설계가 필요한 문제가 있다.

[7] [선행기술 문헌]

[8] [비특허 문헌]

[9] (비특허문헌 1)P.Fang Zheng, “Z-source inverter,” IEEE Transactions on Industry Applications, vol. 39, no. 2, pp. 504-510, 2003.

발명의 상세한 설명

기술적 과제

[10] 위와 같은 문제를 해결하기 위해, 본 발명의 일 실시예에 따르면 추가적인 스위치가 필요하지 않고 직류단 전압 자체를 높이지 않으면서 모터 속도를 상승시킬 수 있는 방안이 요구된다.

과제 해결 수단

[11] 본 발명의 일 측면에 따른 인버터와 전동기 사이 전력 네트워크를 포함하는 전동기 구동 시스템은 교류 전동기, 상기 교류 전동기에 전압을 인가하는 인버터부, 상기 인버터부의 출력 전압을 제어하는 제어기 및 상기 인버터부와 상기 교류 전동기 사이에 배치된 전력 네트워크 회로를 포함하되, 상기 전력 네트워크 회로는 수동소자로 구성될 수 있다.

[12] 일 실시예에 있어서, 상기 전력 네트워크 회로는, T형 임피던스 모델로 구성될 수 있다.

[13] 일 실시예에 있어서, 상기 전력 네트워크 회로는, 상기 교류 전동기에, 직렬 연결된 캐패시터;

[14] 상기 교류 전동기에, 직렬 연결된 캐패시터 및 병렬 연결된 인덕터; 상기 교류 전동기에, 병렬 연결된 인덕터 및 직렬 연결된 캐패시터; 상기 교류 전동기에, 직렬 연결된 캐패시터 및 인덕터 및 병렬 연결된 인덕터; 상기 교류 전동기에, 직렬 연결된 캐패시터 및 인덕터 및 병렬 연결된 캐패시터; 상기 교류 전동기에, 직렬 연결된 인덕터 및 병렬 연결된 인덕터 및 캐패시터; 및 상기 교류 전동기에, 직렬 연결된 캐패시터 및 병렬 연결된 인덕터 및 캐패시터 중 하나 이상으로 구성될 수 있다.

[15] 일 실시예에 있어서, 상기 전력 네트워크 회로는, 기계적 또는 전기식 스위치를 더 포함하되, 상기 기계식 또는 전기식 스위치는 상기 교류 전동기가 소정 속도 미만인 제1 모드에서 동작중인 경우 오프 되고, 소정 속도 이상인 제2 모드에서 동작중인 경우 온 될 수 있다.

[16] 일 실시예에 있어서, 상기 전력 네트워크 회로가 상기 교류 전동기에 직렬 연결된 캐패시터로 구성된 경우, 상기 캐패시터의 값은 교류 전동기의 인덕턴스, 교류 전동기의 영구자석의 자속밀도, 상기 인버터부의 최대 전압을 기초로 결정될 수 있다.

[17] 일 실시예에 있어서, 상기 전력 네트워크 회로는 캐패시터 및 인덕터 중 하나

이상으로 구성되고, 상기 T형 임피던스 모델은, 상기 교류 전동기와 직렬 연결된 제1 임피던스 및 제2 임피던스 및 상기 제1 임피던스 및 제2 임피던스 사이 노드에서 연장되고, 제1 임피던스 및 제2 임피던스와 병렬 연결된 제3 임피던스로 구성되되, 상기 제1 임피던스, 제2 임피던스 및 제3 임피던스는 아래와 같이 표현될 수 있다.

[18] 제1 임피던스 : jX11-jX12

[19] 제2 임피던스 : jX22-jX12

[20] 제3 임피던스 : jX12

[21] 일 실시예에 있어서, 상기 전력 네트워크 회로를 구성하는 캐패시터 및 인덕터의 값은 아래의 수식이 0을 만족하도록 결정될 수 있다.

[22]

$$X_{11}-\frac{X_{12}^2 X_{22}}{r_m^2+X_{22}^2},$$

[23] 여기서, r_m은 상기 교류 전동기의 등가 저항.

[24] 일 실시예에 있어서, 상기 교류 전동기는, 표면 부착형 영구자석 전동기, 유도 전동기, 매입형 영구자석 동기 전동기 중 하나 이상일 수 있다.

[25] 일 실시예에 있어서, 상기 전력 네트워크 회로의 전력 비중이 상기 인버터부의 전력 비중 보다 큰 경우, 상기 전력 네트워크 회로를 구성하는 임피던스 값은, 상기 전력 네트워크 회로의 크기 및 인버터부의 크기의 합이 최소가 되도록 구성될 수 있다. 여기서, 전력 네트워크 회로의 크기는 상기 전력 네트워크 회로에 포함된 각각의 수동 소자의 무효 전력의 최대 값의 합으로 표현된다.본 발명의 다른 일 측면에 따른 인버터와 전동기 사이 전력 네트워크를 포함하는 전동기 구동 시스템의 설계 방법은 교류 전동기, 상기 교류 전동기에 전압을 인가하는 인버터부, 상기 인버터부의 출력 전압을 제어하는 제어기 및 상기 인버터부와 상기 교류 전동기 사이에 배치된 전력 네트워크 회로를 포함하는 인버터와 전동기 사이 전력 네트워크를 포함하는 전동기 구동 시스템의 설계 방법으로서, 상기 전력 네트워크 회로는, 수동소자로 구성되고, T형 임피던스 모델로 구성될 수 있다.

[26] 일 실시예에 있어서, 상기 전력 네트워크 회로가 상기 교류 전동기에 직렬 연결된 캐패시터로 구성된 경우, 상기 캐패시터의 값은 교류 전동기의 인덕턴스, 교류 전동기의 영구자석의 자속밀도, 상기 인버터부의 최대 전압을 기초로 결정될 수 있다.

[27] 일 실시예에 있어서, T형 임피던스 모델은, 상기 교류 전동기와 직렬 연결된 제1 임피던스 및 제2 임피던스 및 상기 제1 임피던스 및 제2 임피던스 사이 노드에서 연장되고, 제1 임피던스 및 제2 임피던스와 병렬 연결된 제3

임피던스로 구성되ㅎ, 상기 제1 임피던스, 제2 임피던스 및 제3 임피던스는 아래와 같이 표현될 수 있다.

[28] 제1 임피던스 : jX11-jX12

[29] 제2 임피던스 : jX22-jX12

[30] 제3 임피던스 : jX12

[31] 일 실시예에 있어서, 전력 네트워크 회로를 구성하는 임피던스의 값은 아래의 수식이 0을 만족하도록 결정될 수 있다.

[32]

$$X_{11} - \frac{X_{12}^2 X_{22}}{r_m^2 + X_{22}^2}$$ ”

[33] 여기서, r_m은 상기 교류 전동기의 등가 저항.

[34] 일 실시예에 있어서, 상기 전력 네트워크 회로를 구성하는 임피던스 값은, 상기 전력 네트워크 회로의 크기 및 인버터부의 크기의 합이 최소가 되도록 결정될 수 있다. 여기서 전력 네트워크 회로의 크기는 상기 전력 네트워크 회로에 포함된 각각의 수동 소자의 무효 전력의 최대 값의 합으로 표현된다.

발명의 효과

[35] 본 발명의 일 실시예에 따른 인버터와 전동기 사이 전력 네트워크를 포함하는 전동기 구동 시스템은 인버터와 전동기 사이에 수동 소자로 구성된 전력 네트워크 회로가 삽입됨으로써 동일한 전압 및 전류 제한 조건에서 해당 전동기의 최대 출력이 향상되게 된다. 이러한 전력 네트워크 회로는 유도 전동기(IM), 표면 부착형 영구자석 동기 전동기(SPM), 매입형 영구자석 동기 전동기(IPM) 등에 적용 가능하며 출력 향상이 확인되었다. 전력 네트워크 회로에 포함되는 수동 소자는 다양하게 구성될 수 있으나, 본 명세서에서는 설명의 간료화를 위해 캐패시터를 직렬로 연결하는 경우와 LC 혹은 CL 2개의 소자를 이용하는 경우, 그리고 LCC 등 3 개의 소자를 이용하는 경우에 대해서 그 효과가 설명된다.

도면의 간단한 설명

[36] 도 1은 일반적인 모터의 3상 구조의 등가 상당 회로를 나타내 낸다.

[37] 도 2는 종래 모터의 토크 및 속도 곡선을 나타낸다.

[38] 도 3a 및 도 3b는 구동 속도를 증가 시키기 위해 출력 전압을 높이는 종래 방식을 나타낸다.

[39] 도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 인버터와 전동기 사이 전력 네트워크를 포함하는 전동기 구동 시스템(1000)이다.

[40] 도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 전력 네트워크 회로(130)의 상당 임피던스 구조 모델을 나타낸다.

[41] 도 6은 본 발명의 일 실시예에 따라 교류 전동기(110)로서 유도 전동기가 사용되고, 전력 네트워크 회로(130)가 교류 전동기에, 직렬 연결된 캐패시터로 구성된 경우를 나타낸다.

[42] 도 7a 및 도 7b는 도 6의 회로의 캐패시터 값에 따른 속도-토크(도 7a) 및 속도-출력 전력(도 7b)를 나타낸다.

[43] 도 8은 본 발명의 일 실시예에 따라 교류 전동기(110)로서 표면 부착형 영구자석 동기 전동기가 사용되고, 전력 네트워크 회로(130)가 교류 전동기에, 직렬 연결된 캐패시터로 구성된 경우를 나타낸다.

[44] 도 9a 및 도 9b는 도 8의 회로의 캐패시터 값에 따른 속도-토크(도 9a) 및 속도-출력 전력(도 9b)를 나타낸다.

[45] 도 10은 본 발명의 일 실시예에 따라 교류 전동기(110)로서 매입형 영구자석 동기 전동기가 사용되고, 전력 네트워크 회로(130)가 교류 전동기에, 직렬 연결된 캐패시터로 구성된 경우를 나타낸다.

[46] 도 11a 및 도 11b는 도 10의 회로의 캐패시터 값에 따른 속도-토크(도 11a) 및 속도-출력 전력(도 11b)를 나타낸다.

[47] 도 12는 본 발명의 일 실시예에 따라 교류 전동기(110)로서 표면 부착형 영구자석 동기 전동기가 사용되고, 전력 네트워크 회로(130)가 교류 전동기에, 직렬 연결된 캐패시터(131) 및 병렬 연결된 인덕터(132)로 구성된 경우를 나타낸다.

[48] 도 13a 및 도 13b는 도 12의 회로에서 캐패시터와 인덕터의 비에 따른 속도-토크(도 13a) 및 속도-출력 전력(도 13b)를 나타낸다.

[49] 도 14는 본 발명의 일 실시예에 따라 교류 전동기(110)로서 표면 부착형 영구자석 동기 전동기가 사용되고, 전력 네트워크 회로(130)가 교류 전동기에, 직렬 연결된 인덕터(133) 및 병렬 연결된 캐패시터(134)로 구성된 경우를 나타낸다.

[50] 도 15a 및 도 15b는 도 14의 회로에서 캐패시터와 인덕터의 비에 따른 속도-토크(도 15a) 및 속도-출력 전력(도 15b)를 나타낸다.

[51] 도 16은 유도 전동기의 속도-토크 관계를 나타낸다.

[52] 도 17은 표면 부착형 영구자석 동기 전동기(SPM)가 교류 전동기로 사용된 경우의 상당 등가회로를 나타낸다.

[53] 도 18은 임피던스X12에 따른 출력전류(I2)와 T형 등가 모델의 가운데 임피던스X12로 흐르는 전류(I12)의 비 변화를 나타낸다.

[54] 도 19a 및 도 19b는 상당 CL, LC로 구성된 전력 네트워크 회로(130)를 나타낸다.

[55] 도 20a 및 도 20b는 일 실시예에서 전력 네트워크 회로(130)가 LCC로 구성된 경우의 능력곡선을 나타낸다.

[56] 도면의 그래프들에 있어서 검은색 점선은 전력 네트워크 회로(130)가 구비되지 않은 경우를 나타낸다.

[57] [부호의 설명]

[58] 100 : 전동기 구동 시스템

[59] 110 : 교류 전동기

[60] 120 : 인버터부

[61] 130 : 전력 네트워크 회로

[62] 140 : 제어기

[63] 150 : 전압원

발명의 실시를 위한 형태

[64] 후술하는 본 발명에 대한 상세한 설명은, 본 발명이 실시될 수 있는 특정 실시예를 예시로서 도시하는 첨부 도면을 참조한다. 이들 실시예는 당업자가 본 발명을 실시할 수 있기에 충분하도록 상세히 설명된다. 본 발명의 다양한 실시예는 서로 다르지만 상호 배타적일 필요는 없음이 이해되어야 한다. 예를 들어, 여기에 기재되어 있는 특정 형상, 구조 및 특성은 일 실시예에 관련하여 본 발명의 정신 및 범위를 벗어나지 않으면서 다른 실시예로 구현될 수 있다. 또한, 각각의 개시된 실시예 내의 개별 구성요소의 위치 또는 배치는 본 발명의 정신 및 범위를 벗어나지 않으면서 변경될 수 있음이 이해되어야 한다. 따라서, 후술하는 상세한 설명은 한정적인 의미로서 취하려는 것이 아니며, 본 발명의 범위는, 적절하게 설명된다면, 그 청구항들이 주장하는 것과 균등한 모든 범위와 더불어 첨부된 청구항에 의해서만 한정된다. 도면에서 유사한 참조부호는 여러 측면에 걸쳐서 동일하거나 유사한 기능을 지칭한다.

[65] 도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 인버터와 전동기 사이 전력 네트워크를 포함하는 전동기 구동 시스템(100)이다. 인버터와 전동기 사이 전력 네트워크를 포함하는 전동기 구동 시스템(100)은 교류 전동기(110), 교류 전동기(110)에 전압을 인가하는 인버터부(120), 인버터부(120)의 출력 전압을 제어하는 제어기(140) 및 인버터부(120)와 교류 전동기(110) 사이에 배치된 전력 네트워크 회로(130)를 포함한다. 여기서 전력 네트워크 회로(130)는 수동소자로 구성될 수 있으며, 바람직하게는 캐패시터, 또는 인덕터 또는 이들의 조합으로만 구성될 수 있다. 즉 전력 네트워크 회로(130)는 무효 성분만을 갖는 무손실 시스템일 수 있다. 또한 인덕터부(120)에 직류전압을 공급하는 전압원(150)이 더 포함될 수도 있다.

[66] 제어기(140)는 인버터부(120)의 출력 전압을 제어하는 역할을 한다. 제어기(100)는 전류 지령 생성기, 약자속 제어기, 전류 제어기, 전압 제어기, 스텝 전압 생성기, 보상 전압 생성기, PWM부, 좌표변환기 중 하나 이상을 포함할 수 있으나 이에 제한되는 것은 아니다. 제어기(140)는 인버터부의 출력 전압 제어를 위해서 전류 및 각정보를 필요로 한다. 예컨대 제어기(140)는 전동기(110)의 출력단에 장착된 센서를 통해 전류값을 획득하거나, 레그의 3 또는 1션트 저항으로부터 상 전류를 복구할 수 있다. 또한 각 정보는 홀센서 또는 레졸버 등의 추가 장치를 통해 읽거나, 센서리스 등의 방법을 통해 각 정보를

전기적으로 추정할 수 있으나 이에 본 발명이 제한되는 것은 아니다.

[67] 도 4에서는 3상 전동기와 3상 인버터를 묘사하고 있으나, 본 발명의 전동기 구동 시스템(100)이 3상 회로에 제한되는 것은 아니고, 단상 또는 다른 다상(5상, 6상, 7상 등등) 회로에도 적용될 수 있다.

[68] 또한 교류 전동기(110)는 유도 전동기(IM), 표면부착형 영구자석 동기 전동기(SPM), 및 매입형 영구자석 동기 전동기(IPM) 중 하나 이상일 수 있으나 이에 제한되는 것은 아니고 임의 형태의 교류 전동기가 여기에 포함될 수 있다.

[69] 도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 전력 네트워크 회로(130)의 상당 임피던스 구조 모델을 나타낸다. 도 5는 도 1의 등가 상당회로에서 인버터부(120)와 교류 전동기(120) 사이에 전력 네트워크 회로(130)가 삽입된 회로도를 나타낸다. 본 발명의 일 실시예에 따르면 전력 네트워크 회로(130)는 T 형 임피던스 모델로 구성될 수 있으며, X11, X12, X22 값을 적절히 조정함으로써 전력 네트워크 회로(130)의 입출력 특성이 결정될 수 있다. 즉 X11, X12, X22에 부합하는 수동소자의 값을 결정하여 전력 네트워크 회로(130)를 구성할 수 있다.

[70] 구체적인 실시예에 있어서, 전력 네트워크 회로(130)는 아래와 같이 구성될 수 있으나 이에 제한되는 것은 아니다.

[71] 1) 상기 교류 전동기에, 직렬 연결된 캐패시터

[72] 2) 상기 교류 전동기에, 직렬 연결된 캐패시터, 및 병렬 연결된 인덕터

[73] 3) 상기 교류 전동기에, 병렬 연결된 인덕터, 및 직렬 연결된 캐패시터

[74] 4) 상기 교류 전동기에, 직렬 연결된 캐패시터 및 인덕터, 및 병렬 연결된 인덕터

[75] 5) 상기 교류 전동기에, 직렬 연결된 캐패시터 및 인덕터, 및 병렬 연결된 캐패시터

[76] 6) 상기 교류 전동기에, 직렬 연결된 인덕터, 및 병렬 연결된 인덕터 및 캐패시터

[77] 7) 상기 교류 전동기에, 직렬 연결된 캐패시터, 및 병렬 연결된 인덕터 및 캐패시터

[78] 위 언급한 1)~7)과 같이 캐패시터 및 인덕터를 연결함에 있어서, 각 캐패시터 및 인덕터의 값은 교류 전동기의 종류에 따라 다양한 방식으로 결정될 수 있다. 예컨대 직렬 연결된 캐패시터로 전력 네트워크 회로(130)가 구성되는 경우 X12는 0이 되는 것이다.

[79] 도 6은 본 발명의 일 실시예에 따라 교류 전동기(110)로서 유도 전동기가 사용되고, 전력 네트워크 회로(130)가 교류 전동기에, 직렬 연결된 캐패시터로 구성된 경우를 나타낸다.

[80] 도 7a 및 도 7b는 도 6의 회로의 캐패시터 값에 따른 속도-토크(도 7a) 및 속도-출력 전력(도 7b)를 나타낸다. 도 7a 및 도 7b를 참조하면 특정 속도에서 최대 출력 전력이 캐패시터가 없는 경우(without cap) 보다 증가됨을 알 수 있다.

[81] 도 8은 본 발명의 일 실시예에 따라 교류 전동기(110)로서 표면 부착형

영구자석 동기 전동기가 사용되고, 전력 네트워크 회로(130)가 교류 전동기에, 직렬 연결된 캐패시터로 구성된 경우를 나타낸다.

[82] 도 9a 및 도 9b는 도 8의 회로의 캐패시터 값에 따른 속도-토크(도 9a) 및 속도-출력 전력(도 9b)를 나타낸다. 도 9a 및 도 9b를 참조하면 최대 파워를 출력하는 속도가 캐패시터가 없는 경우(without cap) 보다 증가됨을 알 수 있다.

[83] 도 10은 본 발명의 일 실시예에 따라 교류 전동기(110)로서 매입형 영구자석 동기 전동기가 사용되고, 전력 네트워크 회로(130)가 교류 전동기에, 직렬 연결된 캐패시터로 구성된 경우를 나타낸다.

[84] 도 11a 및 도 11b는 도 10의 회로의 캐패시터 값에 따른 속도-토크(도 11a) 및 속도-출력 전력(도 11b)를 나타낸다. 도 11a 및 도 11b를 참조하면 이 경우에 있어서도 특정 속도에서 최대 출력 전력이 캐패시터가 없는 경우(without cap) 보다 증가됨을 알 수 있다.

[85] 도 12는 본 발명의 일 실시예에 따라 교류 전동기(110)로서 표면 부착형 영구자석 동기 전동기가 사용되고, 전력 네트워크 회로(130)가 교류 전동기에, 직렬 연결된 캐패시터(131) 및 병렬 연결된 인덕터(132)로 구성된 경우를 나타낸다.

[86] 도 13a 및 도 13b는 도 12의 회로에서 인버터부 측 전류 제한값의 크기에 따른속도-토크(도 13a) 및 속도-출력 전력(도 13b)를 나타낸다. 도 13a 및 도 13b는 인버터부(120)에서의 출력 전압을 제한하고, 교류 전동기(110)로의 전류 입력을 제한한 상태에서, 인버터부에서의 출력 전류에 따른 능력곡선을 나타낸 것으로서, 여기에 직렬 및 병렬 연결된 LC가 적용됨으로써 교류 전동기(110)는 LC가 없는 경우(검은색 점선) 보다 더 높은 출력 전력을 나타낼 수 있음을 알 수 있다. 이와 같은 2자유도에서는 최적화가 이루어지지 않았기 때문에 인버터 출력단 측에 큰 전류가 필요하다.

[87] 도 14는 본 발명의 일 실시예에 따라 교류 전동기(110)로서 표면 부착형 영구자석 동기 전동기가 사용되고, 전력 네트워크 회로(130)가 교류 전동기에, 직렬 연결된 인덕터(133) 및 병렬 연결된 캐패시터(134)로 구성된 경우를 나타낸다. 도 15a 및 도 15b는 도 14의 회로에서 인버터부 측 전류 제한값의 크기에 따른 속도-토크(도 15a) 및 속도-출력 전력(도 15b)를 나타낸다.

[88] 도 15a 및 도 15b는 인버터부(120)에서의 출력 전압을 제한하고, 교류 전동기(110)로의 전류 입력을 제한한 상태에서, 인버터부에서의 출력 전류에 따른 능력곡선을 나타낸 것으로서, 여기에 직렬 및 병렬 연결된 LC가 적용됨으로써 교류 전동기(110)는 LC가 없는 경우(검은색 점선) 보다 더 높은 출력 전력을 나타낼 수 있음을 알 수 있다. 이와 같은 2자유도에서는 최적화가 이루어지지 않았기 때문에 인버터 출력단 측에 큰 전류가 필요하다.

[89] 이하에서는 전력 네트워크 회로(130)를 구성하는 수동소자들의 값을 결정하는 방법에 대하여 설명한다.

[90]

[91] **A. 캐패시터로 구성된 전력 네트워크 회로 설계**

[92]

[93] 도 8의 실시예의 전동기 구동 시스템(100)에 관한 것으로서, 대칭형 구조를 가지는 표면 부착형 영구자석 동기 전동기(SPM)에서 아래 수학식 1과 같이 정해질 수 있다. 표면 부착형 영구자석 전동기의 경우 완벽한 대칭의 구조와 회전 주파수가 동기 주파수로 고정되기 때문에 수학식 1과 같이 간단하게 캐패시터를 정할 수 있다.

[94] [수식1]

$$C_{s_SPM} = \frac{I_{s_rated}\left(I_{s_rated}L_s\omega_{r_target} - \sqrt{\lambda_f^2\omega_{r_target}^2 - V_{\max}^2}\right)}{I_{s_rated}^2L_s^2\omega_{r_target}^3 - \lambda_f^2\omega_{r_target}^3 + V_{\max}^2\omega_{r_target}}$$

[95] 여기서 Ls 는 전동기의 인덕턴스를 나타내고, λ는 영구자석의 자속 밀도를 나타내고 Vmax 는 인버터부의 최대 전압을 나타내고 Is_rated는 전동기의 전류 제한치를 나타낸다. 수학식 1을 참조하면 특정 속도 ω에서 최대 출력을 얻기 위한 캐패시터 값을 정할 수 있다.

[96]

[97] 즉 전력 네트워크 회로가 상기 교류 전동기에 직렬 연결된 캐패시터로 구성된 경우, 상기 캐패시터의 값은 교류 전동기의 인덕턴스, 교류 전동기의 영구자석의 자속밀도, 상기 인버터부의 최대 전압을 기초로 결정될 수 있다.

[98]

[99] 한편, 유도 전동기(IM)의 경우, 전류에 따라 슬립 주파수가 달라지고, 고정된 속도에서 동기 주파수를 변화시킨다. 따라서 이를 고려하면서 Cs 를 결정하는 수식이 복잡해진다. 따라서 본 발명의 일 실시예에 따르면 유도 전동기가 사용되는 경우 직렬 연결되는 커패시터의 값은 도 16에서와 같이 정지 상태에서의 최대 토크와 정격 토크를 출력하는 최대 속도를 결정함으로써 캐패시터를 설계할 수 있다.

[100] 구체적으로 유도 전동기(IM)의 경우 직렬 연결되는 캐패시터의 값은 아래 수학식 2에 따라 최대 값과 최소값이 정해질 수 있고, 수학식 3에 따라서 캐패시터의 값은 수학식 2에서 정해진 최대값과 최소값 사이의 값으로 정해질 수 있다.

[101] [수식2]

$$C_{\max}(\omega_{r_rated}) = \frac{\frac{1}{\omega_{e_rated}^2} I_{s_rated}^2}{\left(\sigma L_s I_{qs}^{e\ 2} + L_s I_{ds}^{e\ 2}\right) - \sqrt{\left(\sigma L_s I_{qs}^{e\ 2} + L_s I_{ds}^{e\ 2}\right)^2 - I_{s_rated}^2 \left((\sigma L_s)^2 I_{qs}^{e\ 2} + (L_s)^2 I_{ds}^{e\ 2} - \frac{V_{s_\max}^2}{\omega_{e_rated}^2}\right)}}$$

$$\omega_{e_rated} = \omega_{r_rated} + \frac{R_r}{L_r} \frac{I_{qs1}^e}{I_{ds1}^e}, \quad I_{ds1}^e = \frac{\lambda_{r_rated}}{L_m}, \quad I_{qs1}^e = \sqrt{I_{s_rated}^2 - \left(I_{ds}^e\right)^2}$$

$$C_{\min}(T_{\max 0}) = \frac{\frac{1}{\omega_{e0}^2} I_{s_rated}^2}{\left(\sigma L_s I_{qs0}^{e\ 2} + L_s I_{ds0}^{e\ 2}\right) + \sqrt{\left(\sigma L_s I_{qs0}^{e\ 2} + L_s I_{ds0}^{e\ 2}\right)^2 - I_{s_rated}^2 \left((\sigma L_s)^2 I_{qs0}^{e\ 2} + (L_s)^2 I_{ds0}^{e\ 2} - \frac{V_{s_\max}^2}{\omega_{e0}^2}\right)}}$$

$$\omega_{e@\omega_r=0, T_e=T_{\max}} = \omega_{e0} = \frac{R_r}{L_r} \frac{I_{qs}^e}{I_{ds}^e} = \frac{R_r}{L_r} \frac{I_{qs0}^e}{I_{ds0}^e}, \quad I_{ds0}^{e2} = \frac{I_{s_rated}^2 - \sqrt{I_{s_rated}^4 - 4\left(\frac{T_{\max 0}}{\frac{3}{2}\frac{P}{2}\frac{L_m^2}{L_r}}\right)^2}}{2}, \quad I_{qs0}^e = \sqrt{I_{s_rated}^2 - I_{ds0}^{e2}}$$

[102] 여기서 Ls는 전동기의 인덕턴스이다. Rr은 회전자의 저항, Rs는 고정자의 저항이다.

[103] σ는 전동기의 누설 계수이다. ωe_rated는 전동기의 정격 전기 속도이다.

[104] ωr_rated는 전동기 회전자의 정격 속도이다. Vs_max는 합성 가능한 전압 제한이다.

[105] ωr_rated는 전동기의 정격 자속이다. Idqs0, e0는 0속에서 해당 토크 Tmax0를 내기 위한 전류이다.

[106] [수식3]

$$C_{\min}(T_{\max 0}) \leq C_s \leq C_{\max}(\omega_{r_rated})$$

[107]

[108] **B. LC 또는 CL 2개 소자로 구성된 전력 네트워크 회로 설계**

[109]

[110] 표면 부착형 영구자석 동기 전동기(SPM)가 교류 전동기(110)로 사용되는 경우 상술한 LC 소자로 구성된 전력 네트워크 회로의 설계 방법에 대하여 설명한다. 도 17은 표면 부착형 영구자석 동기 전동기(SPM)가 교류 전동기로 사용된 경우의 상당 등가회로를 나타낸다.

[111] 앞서 살펴본 바와 같이 본 발명의 일 실시예에 따르면 전력 네트워크 회로(130)는 T 형 임피던스 모델로 구성될 수 있으며, X11, X12, X22 값을 적절히

조정함으로써 전력 네트워크 회로(130)의 입출력 특성이 결정될 수 있다.

[112] 예컨대 도 5 또는 도 17을 참조하면 전력 네트워크 회로는 캐패시터 및 인덕터 중 하나 이상으로 구성되고, 상기 T형 임피던스 모델은, 상기 교류 전동기와 직렬 연결된 제1 임피던스 및 제2 임피던스 및 상기 제1 임피던스 및 제2 임피던스 사이 노드에서 연장되고, 제1 임피던스 및 제2 임피던스와 병렬 연결된 제3 임피던스로 구성될 수 있으며, 상기 제1 임피던스, 제2 임피던스 및 제3 임피던스는 아래와 같이 표현될 수 있다.

[113]

[114] 제1 임피던스 : jX11-jX12

[115] 제2 임피던스 : jX22-jX12

[116] 제3 임피던스 : jX12

[117]

[118] 표면 부착형 영구자석 동기 전동기(SPM)의 기전력에 대해 상전류는 주로 역률이 1로 제어되므로 전동기의 역기전력을 저항으로 치환할 수 있다. 인버터부의 출력 전압 v1 과 표면 부착형 영구자석 동기 전동기(SPM) 역기전력 전압 v2를 상당 등가회로로 나타내면 도17과 같이 표현될 수 있다. T-모델의 우측 임피던스(jX22-jX12)는 모터의 저항, 인덕턴스 값이 포함된 값이다.

[119] 도 17에 있어서, 상당 등가회로의 rm(전동기의 등가 저항)은 전동기의 출력 속도 및 전력에 따라 수학식 4와 같이 정해질 수 있다.

[120]

[121] [수식4]

$$r_m = \frac{1}{6}\frac{(\lambda_f \omega_r)^2}{P_m}$$

[122] 여기서, λf는 영구자석의 자속 밀도이고, wr은 속도, Pm은 전동기의 출력 전력을 나타낸다.

[123]

[124] 일 실시예에서 무효전력에 의한 도통 손실을 최소화하기 위해 입력 임피던스의 역률을 1로 제한할 수 있다. 따라서 설계하고자 하는 주파수에서 전압 승압비를 α배로 한다면 에너지 보존 법칙에 의해 입력 임피던스는 $1/\alpha^2$으로 보이게 만들어야 한다. 이를 위해 도 17에서 인버터부에서 전동기 측을 바라본 입력 임피던스(zin=v1/i1)를 구하면 아래 수학식 5와 같이 나타난다.

[125] [수식5]

$$Z_{in} = \frac{X_{12}^2 r_m}{r_m^2 + X_{22}^2} + j\left[X_{11} - \frac{X_{12}^2 X_{22}}{r_m^2 + X_{22}^2} \right] = \frac{1}{\alpha^2} r_m$$

[126] 인버터 측에서 바라보는 임피던스를 위 식과 같이 역률 1의 원하는 등가 저항으로 보이기 위해서, 임피던스 3개(X11, X12, X22) 중 2개(X12, X22)의 자유도를 사용한다. 나머지 1자유도를 통해 추가적인 최적화가 가능하다. 나머지 1자유도를 이용한 최적화 방법으로는 가운데 임피던스(X12)로 흐르는 전류를 최소화할 수 있다. 이를 통해 출력 파워에 기여하지 않는 전류를 감소시켜, 인버터의 출력 전류를 최소화할 수 있다.

[127] 즉 수학식 5에서 허수부가 0이 되도록 X11, X12, X22가 결정될 수 있다.

[128]

[129] 도 18은 임피던스X12에 따른 출력전류(I2)와 T형 등가 모델의 가운데 임피던스X12로 흐르는 전류(I12)의 비 변화를 나타낸다. 도 18의 그래프를 참고하여 필요한 X12값을 결정할 수 있다.

[130]

[131] 도 19a 및 도 19b는 상당 CL, LC로 구성된 전력 네트워크 회로(130)를 나타낸다. 도 19a는 직렬 연결된 캐패시터와 병렬 연결된 인덕터로 구성된 전력 네트워크 회로(130a1)이고 도 19b는 직렬 연결된 인덕터와 병렬 연결된 캐패시터로 구성된 전력 네트워크 회로(130a2)를 나타낸다.

[132]

[133] 이와 같이, 전력 네트워크 회로는 수학식 5를 통해 허수부가 0이 되도록 설계되어 인버터의 역률이 1이 되게 함으로써, 인버터의 전력 손실을 최소화할 수 있다.

[134] 한편, 다른 일 실시예에 있어서, 전력 네트워크 회로는 허수부가 0이 되지 않도록 설계될 수도 있다.

[135] 전력 네트워크 회로에 있어서 인버터의 역률이 1이 되도록 설계하여 인버터의 손실을 최소로 하는 것이 전체 시스템의 크기(또는 전력 손실)을 최소로 하는 것이 아닐 수 있다. 즉, 전체 시스템의 크기(또는 전력 손실)을 최소화하는 측면에 있어서, 인버터의 전력 손실 측면은 다소 손해를 보더라도 시스템의 다른 부분(예컨대, 전력 네트워크 회로)의 전력 손실 측면에서 이득을 보는 것이 더 유리할 수 있다.

[136] 최근 반도체 소자의 발달로 인해 최신 인버터의 경우 인버터 손실이 줄어들고 있으며, 그 크기 또한 줄어들고 있는 추세에 비추어 볼 때, 최신 인버터를 사용할 경우 인버터의 전력 손실 보다는 전력 네트워크 회로의 전력 손실의 비중이 더 클 가능성이 충분히 있다.

[137] 상기 실시예에서, 전력 네트워크 회로의 전력 비중이 인버터의 전력 비중 보다 큰 경우, 전력 네트워크 회로는 전동기 구동 시스템 전체의 크기(또는 전력 손실)이 최소화되도록 구성될 수 있다. 예를 들어, 전력 전력 네트워크 회로의 크기(또는 전력 손실) 및 인버터부의 크기(또는 전력 손실)의 합이 최소가 되는 경우 시스템 전체의 크기(또는 전력 손실)가 최소화될 수 있다. 여기서, 전력 네트워크 회로의 크기는, 전력 네트워크 회로가 수동 소자로 이루어진 경우, 각각의 수동 소자들의 무효 전력의 최대 값의 합으로 표현될 수 있다.

[138] 사용자 또는 설계자는 전동기 구동 시스템에 적용하는 전력 네트워크 회로의 목적, 인버터의 전력 비중, 전력 네트워크 회로의 전력 비중 등에 기초하여 수동 소자의 특성 값을 결정하고 전력 네트워크 회로를 설계할 수 있다.

[139]

[140] **C. 3개 소자로 구성된 전력 네트워크 회로 설계**

[141]

[142] 도 20a 및 도 20b는 일 실시예에서 전력 네트워크 회로(130)가 LCC로 구성된 경우의 능력곡선을 나타낸다. 도 20a 및 도 20b에서는 전동기(110)측 전류는 1로 제한하고, 인버터부측 전류의 제한을 바꾸어가며 그린 능력 곡선이다. 타겟 속도 2400 r/m에서 역률이 1로 설계되었기 때문에 해당 속도에서 최대 토크 및 최대 파워가 출력되는 것을 볼 수 있다. 직렬 캐패시터와 비슷한 형태를 가지나, 최대 속도에서 역률을 1로 설계했기 때문에 직렬 캐패시터 구조에 비해 높은 효율을 갖는다. 기존 모터의 능력 곡선은 검은 점선과 같다.

[143] 또한 본 발명의 일 실시예에 있어서, 전력 네트워크 회로(130)는 기계식 스위치 또는 전기식 스위치를 더 포함할 수도 있다. 기계식 또는 전기식 스위치는 교류 전동기가 소정 속도 미만인 제1 모드에서 동작중인 경우 오프 되고, 소정 속도 이상인 제2 모드에서 동작중인 경우 온 되도록 동작할 수 있다. 즉 소정 속도 이상이 필요한 경우 본 발명의 전력 네트워크 회로가 동작하도록 기계식 또는 전기식 스위치가 온 되어 동작하도록 제어될 수 있다. 이는 기존의 기계적인 기어 시스템을 전기적 형태로 구성하여, 기존 기계식 기어가 갖는 마모, 소음 및 클러치 타이밍 등의 단점을 보완할 수 있는 이점이 있다.

[144] 본 발명의 일 실시예에 따른 인버터와 전동기 사이 전력 네트워크를 포함하는 전동기 구동 시스템의 설계 방법은 교류 전동기, 상기 교류 전동기에 전압을 인가하는 인버터부, 상기 인버터부의 출력 전압을 제어하는 제어기 및 상기 인버터부와 상기 교류 전동기 사이에 배치된 전력 네트워크 회로를 포함하는 인버터와 전동기 사이 전력 네트워크를 포함하는 전동기 구동 시스템의 설계 방법으로서, 상기 전력 네트워크 회로는, 수동소자로 구성되고, T형 임피던스 모델로 구성될 수 있다.

[145] 일 실시예에서 상기 전력 네트워크 회로가 상기 교류 전동기에 직렬 연결된 캐패시터로 구성된 경우, 상기 캐패시터의 값은 교류 전동기의 인덕턴스, 교류 전동기의 영구자석의 자속밀도, 상기 인버터부의 최대 전압을 기초로 결정될 수

있다.

[146] 일 실시예에서 상기 전력 네트워크 회로는 캐패시터 및 인덕터 중 하나 이상으로 구성되고, 상기 T형 임피던스 모델은, 상기 교류 전동기와 직렬 연결된 제1 임피던스 및 제2 임피던스; 및

[147] 상기 제1 임피던스 및 제2 임피던스 사이 노드에서 연장되고, 제1 임피던스 및 제2 임피던스와 병렬 연결된 제3 임피던스로 구성되되, 상기 제1 임피던스, 제2 임피던스 및 제3 임피던스는 아래와 같이 표현될 수 있다.

[148] 제1 임피던스 : jX11-jX12

[149] 제2 임피던스 : jX22-jX12

[150] 제3 임피던스 : jX12

[151] 이 경우, 상기 전력 네트워크 회로를 구성하는 캐패시터 및 인덕터의 값은 아래의 수식이 0을 만족하도록 결정될 수도 있다.

[152]

$$X_{11} - \frac{X_{12}^2 X_{22}}{r_m^2 + X_{22}^2}$$

,

[153] 여기서 r_m은 상기 교류 전동기의 등가 저항이다.

[154] 이상에서 본 발명이 구체적인 구성요소 등과 같은 특정 사항들과 한정된 실시예 및 도면에 의해 설명되었으나, 이는 본 발명의 보다 전반적인 이해를 돕기 위해서 제공된 것일 뿐, 본 발명이 상기 실시예들에 한정되는 것은 아니며, 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상적인 지식을 가진 자라면 이러한 기재로부터 다양한 수정 및 변형을 꾀할 수 있다.

[155] 따라서, 본 발명의 사상은 상기 설명된 실시예에 국한되어 정해져서는 아니되며, 후술하는 특허청구범위뿐만 아니라 이 특허청구범위와 균등하게 또는 등가적으로 변형된 모든 것들은 본 발명의 사상의 범주에 속한다고 할 것이다

산업상 이용가능성

[156] 본 발명의 일 실시예에 따른 인버터와 전동기 사이 전력 네트워크를 포함하는 전동기 구동 시스템은 전동기의 최대 출력이 향상된다.

[157] 이러한 전력 네트워크 회로는 유도 전동기(IM), 표면 부착형 영구자석 동기 전동기(SPM), 매입형 영구자석 동기 전동기(IPM) 등 다양한 전동기의 출력이 향상되게 구성되어, 전력 분야에서 폭넓게 이용될 가능성을 가진다

청구범위

[청구항 1] 교류 전동기;
상기 교류 전동기에 전압을 인가하는 인버터부;
상기 인버터부의 출력 전압을 제어하는 제어기; 및
상기 인버터부와 상기 교류 전동기 사이에 배치된 전력 네트워크 회로를 포함하되,
상기 전력 네트워크 회로는 수동소자로 구성된 것을 특징으로 하는 인버터와 전동기 사이 전력 네트워크를 포함하는 전동기 구동 시스템.

[청구항 2] 제1항에 있어서,
상기 전력 네트워크 회로는,
T형 임피던스 모델로 구성된 것을 특징으로 하는 인버터와 전동기 사이 전력 네트워크를 포함하는 전동기 구동 시스템.

[청구항 3] 제2항에 있어서,
상기 전력 네트워크 회로는,
상기 교류 전동기에, 직렬 연결된 캐패시터;
상기 교류 전동기에, 직렬 연결된 캐패시터 및 병렬 연결된 인덕터;
상기 교류 전동기에, 병렬 연결된 인덕터 및 직렬 연결된 캐패시터;
상기 교류 전동기에, 직렬 연결된 캐패시터 및 인덕터 및 병렬 연결된 인덕터;
상기 교류 전동기에, 직렬 연결된 캐패시터 및 인덕터 및 병렬 연결된 캐패시터;
상기 교류 전동기에, 직렬 연결된 인덕터 및 병렬 연결된 인덕터 및 캐패시터; 및
상기 교류 전동기에, 직렬 연결된 캐패시터 및 병렬 연결된 인덕터 및 캐패시터 중 하나 이상으로 구성된 것을 특징으로 하는 인버터와 전동기 사이 전력 네트워크를 포함하는 전동기 구동 시스템.

[청구항 4] 제3항에 있어서,
상기 전력 네트워크 회로는,
기계식 또는 전기식 스위치를더 포함하되,
상기 기계식 또는 전기식 스위치는 상기 교류 전동기가 소정 속도 미만인 제1 모드에서 동작중인 경우 오프 되고, 소정 속도 이상인 제2 모드에서 동작중인 경우 온 되는 것을 특징으로 하는 인버터와 전동기 사이 전력 네트워크를 포함하는 전동기 구동 시스템.

[청구항 5] 제3항에 있어서,
상기 전력 네트워크 회로가 상기 교류 전동기에 직렬 연결된 캐패시터로 구성된 경우,
상기 캐패시터의 값은 교류 전동기의 인덕턴스, 교류 전동기의

영구자석의 자속밀도, 상기 인버터부의 최대 전압을 기초로 결정되는 것을 특징으로 하는 인버터와 전동기 사이 전력 네트워크를 포함하는 전동기 구동 시스템.

[청구항 6] 제2항에 있어서,

상기 전력 네트워크 회로는 캐패시터 및 인덕터 중 하나 이상으로 구성되고,

상기 T형 임피던스 모델은,

상기 교류 전동기와 직렬 연결된 제1 임피던스 및 제2 임피던스; 및

상기 제1 임피던스 및 제2 임피던스 사이 노드에서 연장되고, 제1 임피던스 및 제2 임피던스와 병렬 연결된 제3 임피던스로 구성되되,

상기 제1 임피던스, 제2 임피던스 및 제3 임피던스는 아래와 같이 표현되는 것을 특징으로 하는 인버터와 전동기 사이 전력 네트워크를 포함하는 전동기 구동 시스템.

제1 임피던스 : jX11-jX12

제2 임피던스 : jX22-jX12

제3 임피던스 : jX12

[청구항 7] 제6항에 있어서,

상기 전력 네트워크 회로를 구성하는 캐패시터 및 인덕터의 값은 아래의 수식이 0을 만족하도록 결정되는 것을 특징으로 하는 인버터와 전동기 사이 전력 네트워크를 포함하는 전동기 구동 시스템.

$$X_{11} - \frac{X_{12}^2 X_{22}}{r_m^2 + X_{22}^2},$$

여기서, r_m은 상기 교류 전동기의 등가 저항.

[청구항 8] 제7항에 있어서,

상기 교류 전동기는, 표면 부착형 영구자석 전동기, 유도 전동기, 매입형 영구자석 동기 전동기 중 하나 이상인 것을 특징으로 하는 인버터와 전동기 사이 전력 네트워크를 포함하는 전동기 구동 시스템.

[청구항 9] 제6항에 있어서,

상기 전력 네트워크 회로의 전력 비중이 상기 인버터부의 전력 비중 보다 큰 경우, 상기 전력 네트워크 회로를 구성하는 임피던스 값은,

상기 전력 네트워크 회로의 크기 및 인버터부의 크기의 합이 최소가 되도록 구성되며,

여기서 전력 네트워크 회로의 크기는 상기 전력 네트워크 회로에 포함된 각각의 수동 소자의 무효 전력의 최대 값의 합인 것을 특징으로 하는

전동기 구동 시스템.

[청구항 10] 교류 전동기;
상기 교류 전동기에 전압을 인가하는 인버터부;
상기 인버터부의 출력 전압을 제어하는 제어기; 및
상기 인버터부와 상기 교류 전동기 사이에 배치된 전력 네트워크 회로를 포함하는 인버터와 전동기 사이 전력 네트워크를 포함하는 전동기 구동 시스템의 설계 방법으로서,
상기 전력 네트워크 회로는, 수동소자로 구성되고, T형 임피던스 모델로 구성되는 것을 특징으로 하는 인버터와 전동기 사이 전력 네트워크를 포함하는 전동기 구동 시스템의 설계 방법.

[청구항 11] 제10항에 있어서,
상기 전력 네트워크 회로가 상기 교류 전동기에 직렬 연결된 캐패시터로 구성된 경우,
상기 캐패시터의 값은 교류 전동기의 인덕턴스, 교류 전동기의 영구자석의 자속밀도, 상기 인버터부의 최대 전압을 기초로 결정되는 것을 특징으로 하는 인버터와 전동기 사이 전력 네트워크를 포함하는 전동기 구동 시스템의 설계 방법.

[청구항 12] 제11항에 있어서,
상기 T형 임피던스 모델은,
상기 교류 전동기와 직렬 연결된 제1 임피던스 및 제2 임피던스; 및
상기 제1 임피던스 및 제2 임피던스 사이 노드에서 연장되고, 제1 임피던스 및 제2 임피던스와 병렬 연결된 제3 임피던스로 구성되되,
상기 제1 임피던스, 제2 임피던스 및 제3 임피던스는 아래와 같이 표현되는 것을 특징으로 하는 인버터와 전동기 사이 전력 네트워크를 포함하는 전동기 구동 시스템의 설계 방법.
제1 임피던스 : jX11-jX12
제2 임피던스 : jX22-jX12
제3 임피던스 : jX12

[청구항 13] 제12항에 있어서,
상기 전력 네트워크 회로를 구성하는 임피던스의 값은 아래의 수식이 0을 만족하도록 결정되는 것을 특징으로 하는 인버터와 전동기 사이 전력 네트워크를 포함하는 전동기 구동 시스템의 설계 방법

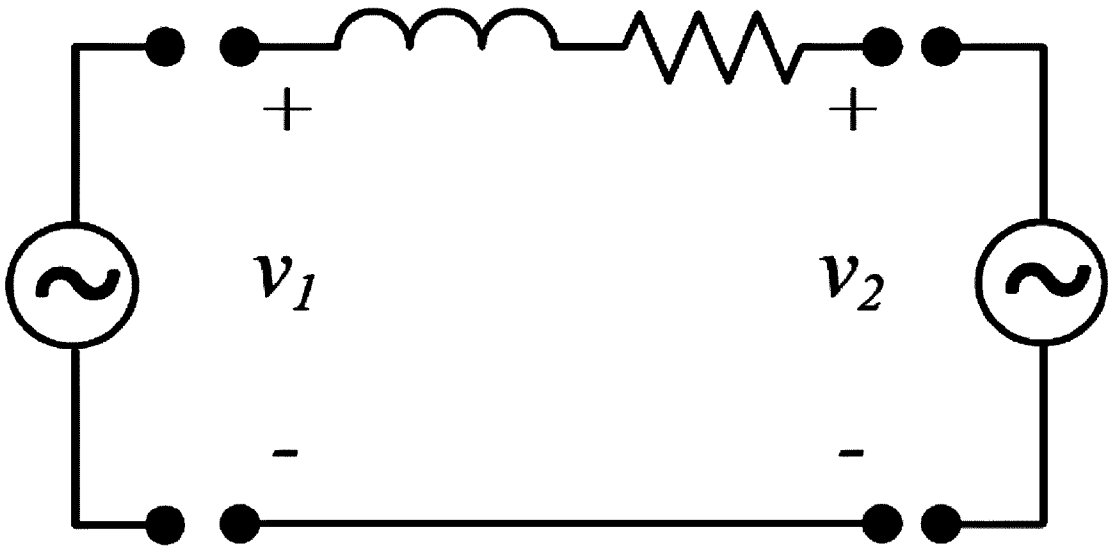
$$X_{11}-\frac{X_{12}^2X_{22}}{r_m^2+X_{22}^2}$$

,여기서, r_m은 상기 교류 전동기의

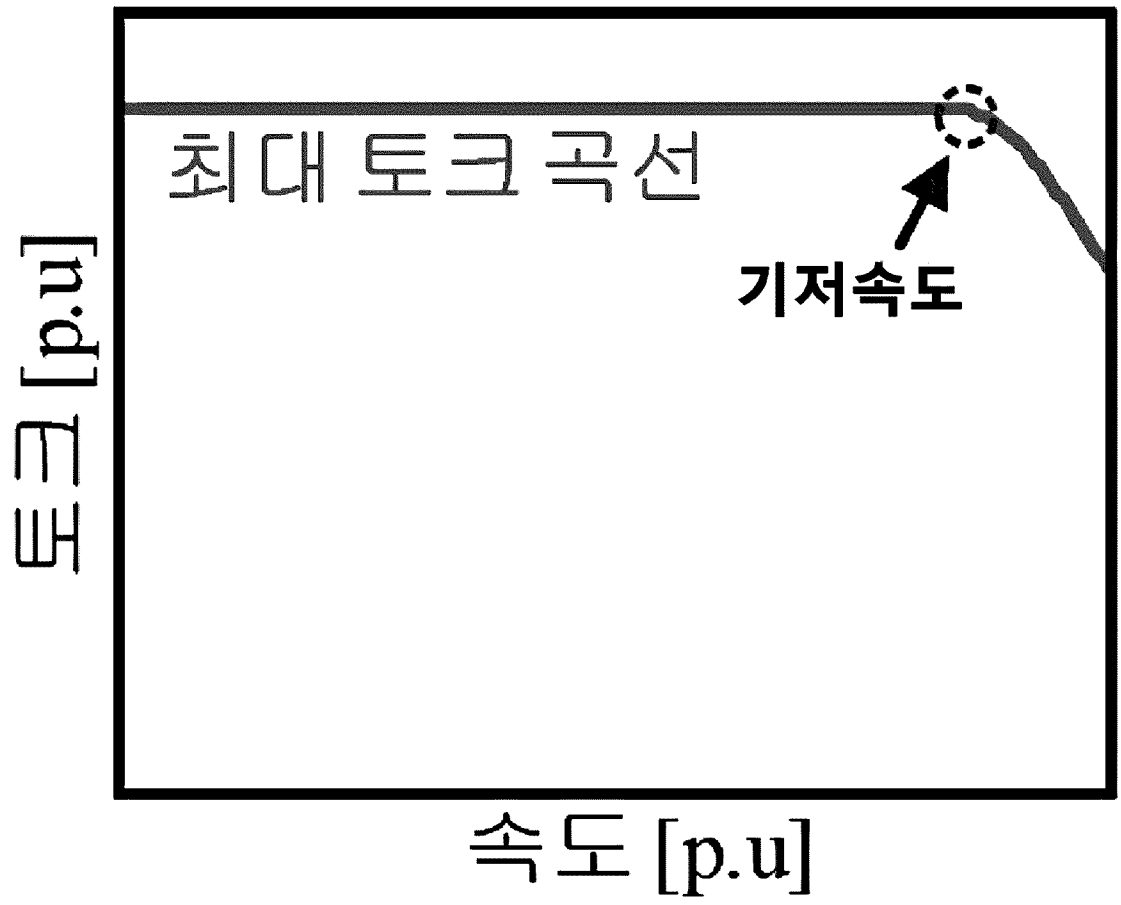
등가 저항.

[청구항 14] 제12항에 있어서,
상기 전력 네트워크 회로의 전력 비중이 상기 인버터부의 전력 비중 보다 큰 경우, 상기 전력 네트워크 회로를 구성하는 임피던스 값은,
상기 전력 네트워크 회로의 크기 및 인버터부의 크기의 합이 최소가 되도록 결정되며,
여기서 전력 네트워크 회로의 크기는 상기 전력 네트워크 회로에 포함된 각각의 수동 소자의 무효 전력의 최대 값의 합인 것을 특징으로 하는
전동기 구동 시스템의 설계 방법.

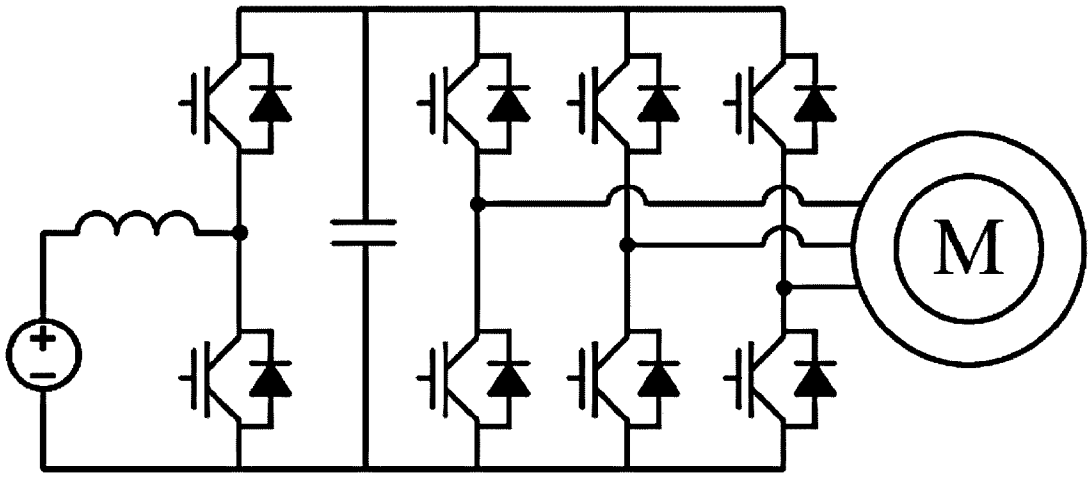
[도1]



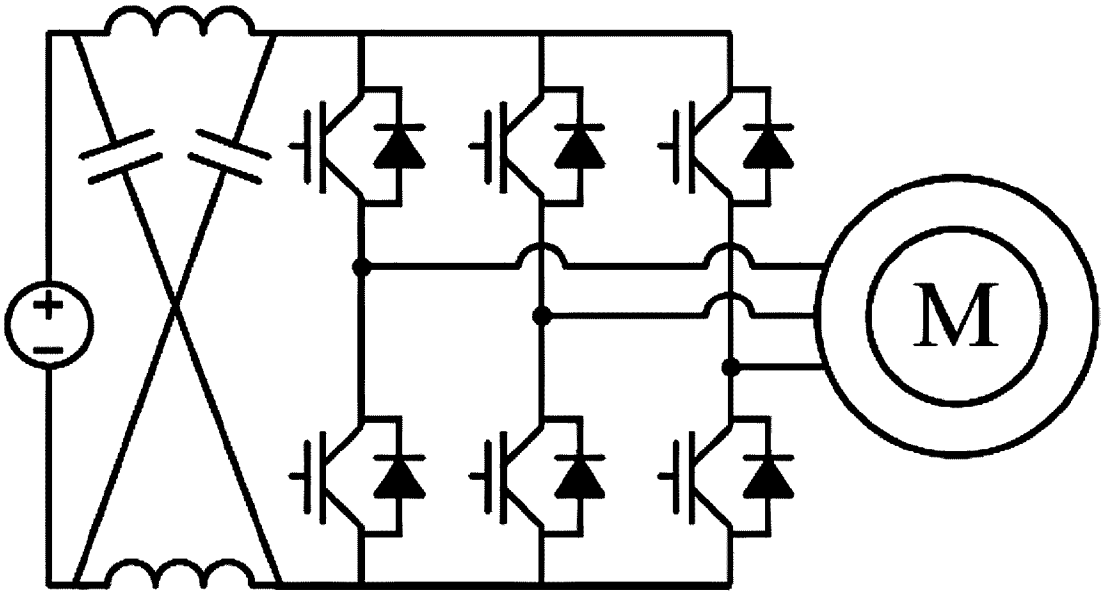
[도2]



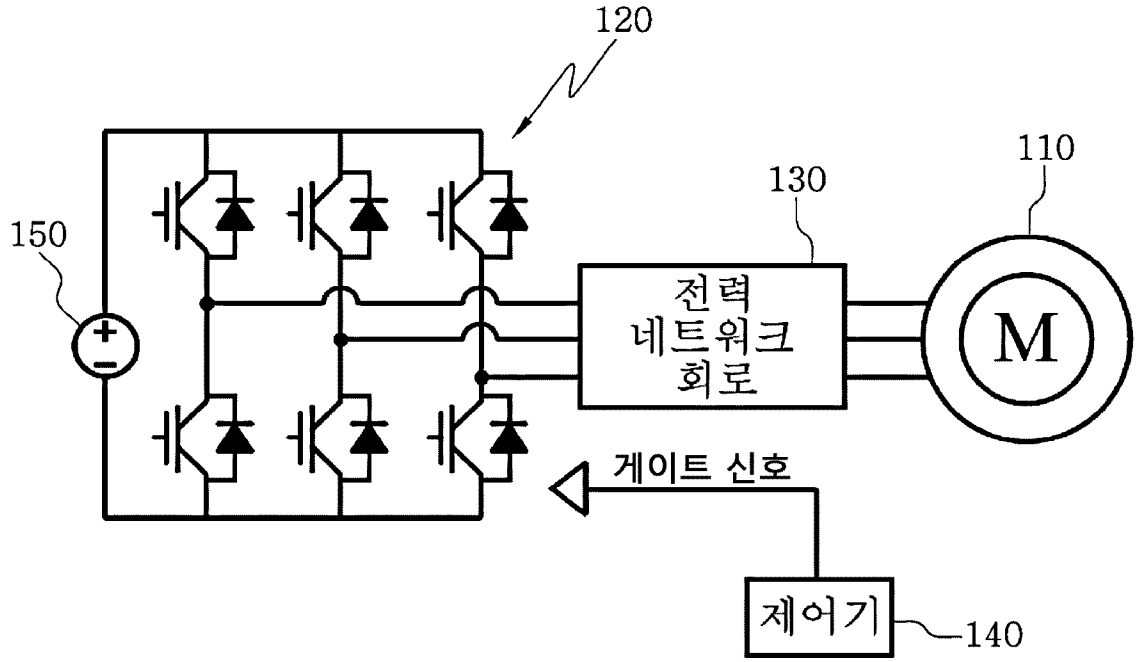
[도3a]



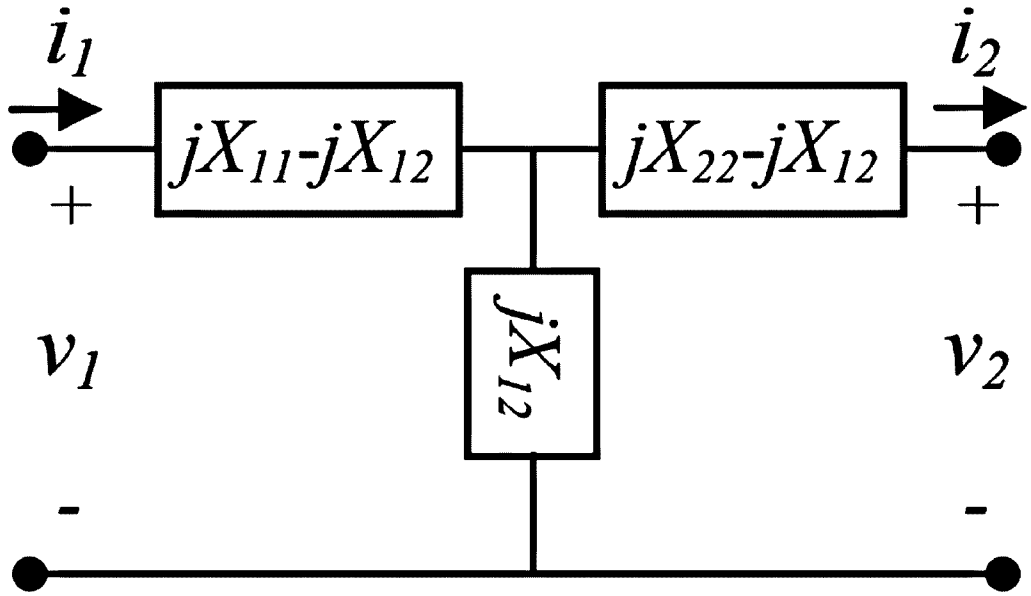
[도3b]



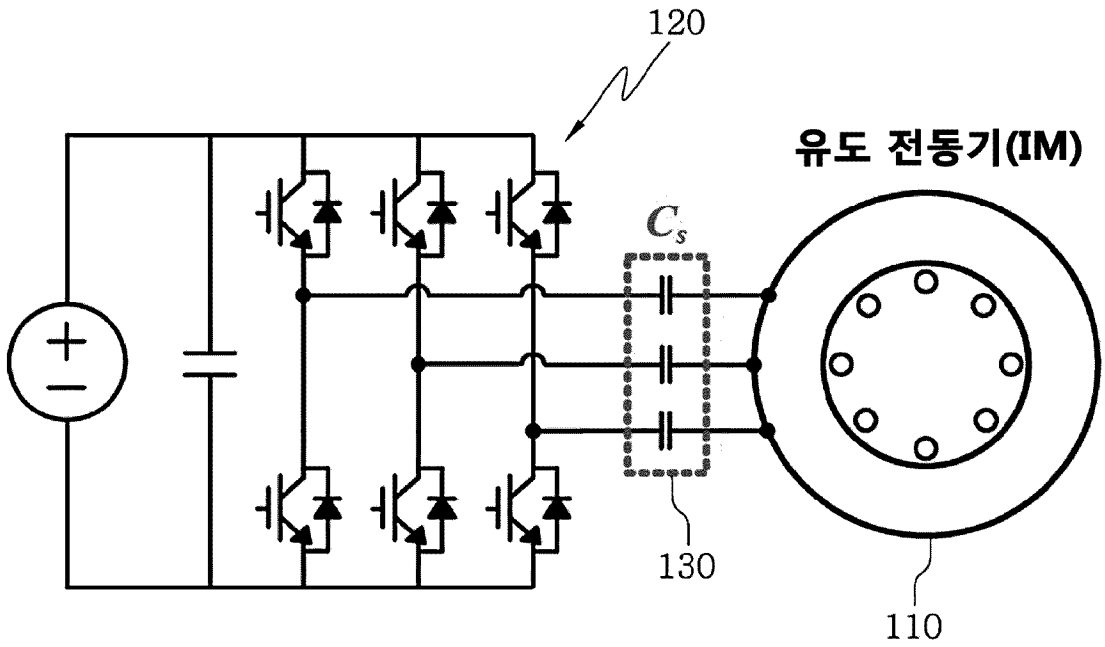
[도4]



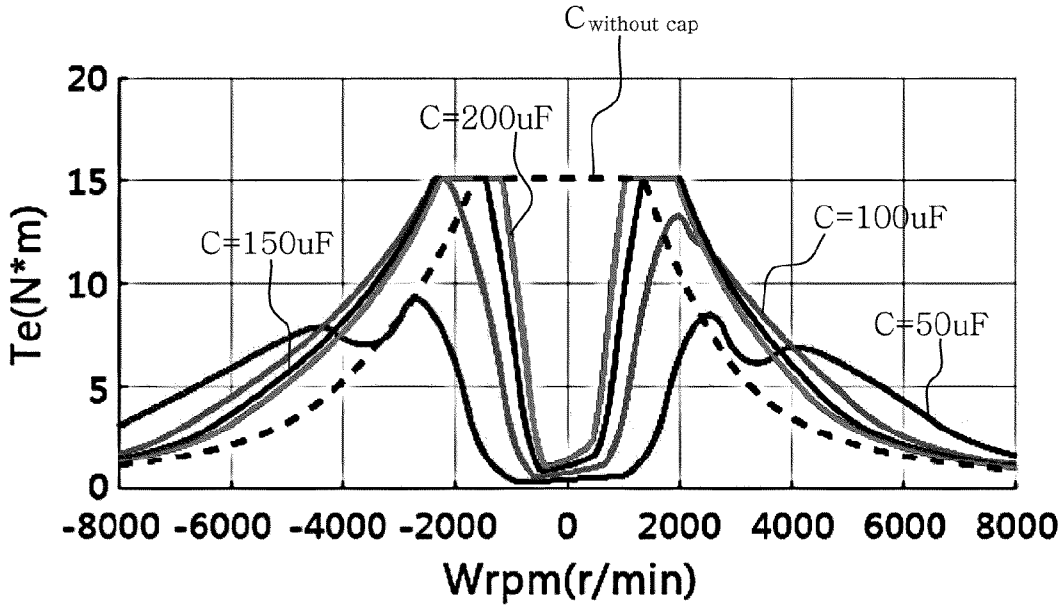
[도5]



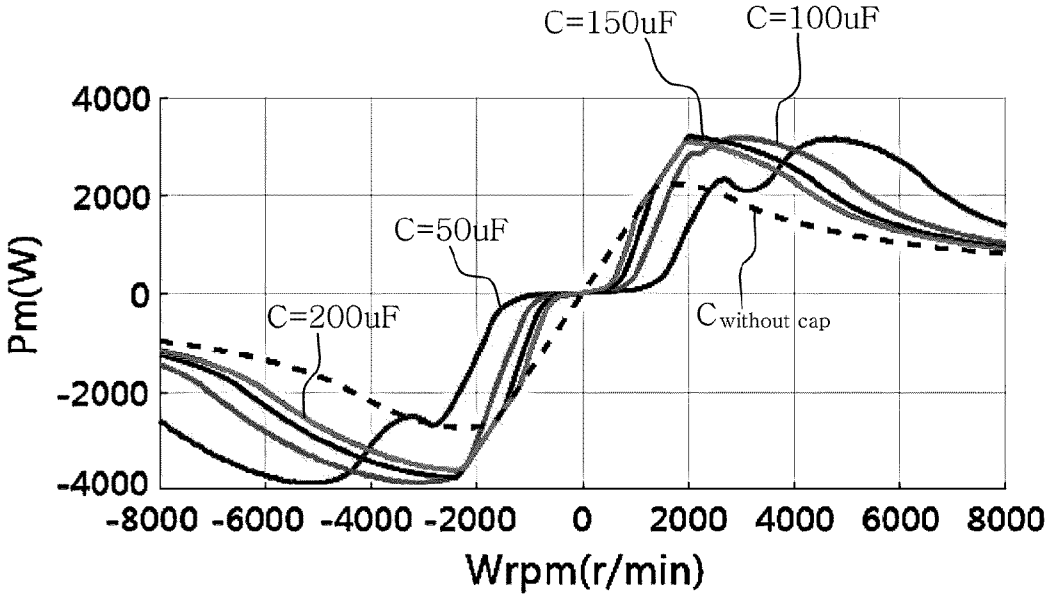
[도6]



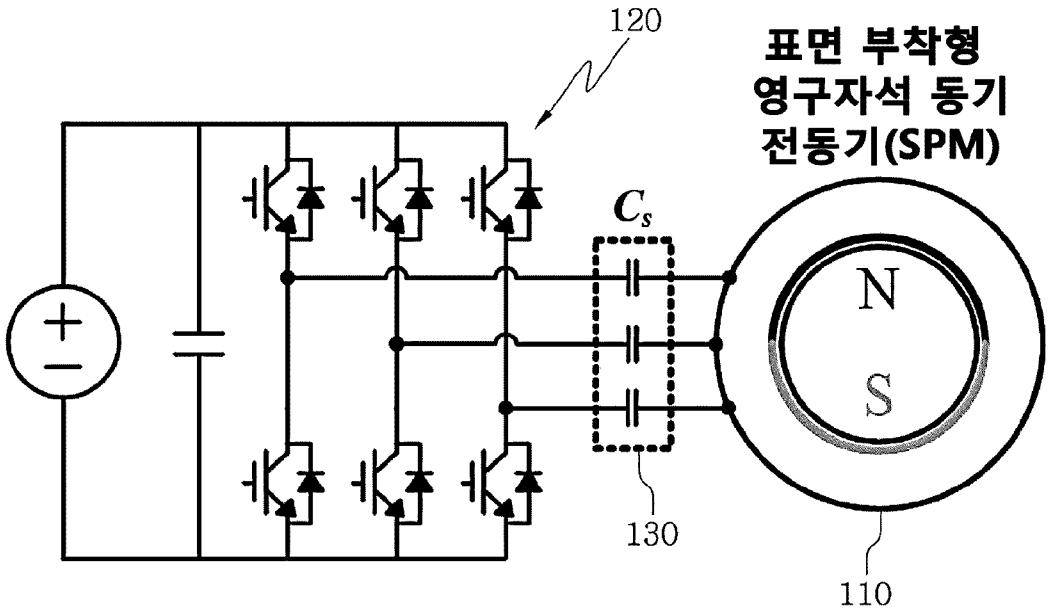
[도7a]


C without cap
C=200uF
C=150uF
C=100uF
C=50uF
Te(N*m)
20
15
10
5
0
-8000 -6000 -4000 -2000 0 2000 4000 6000 8000
Wrpm(r/min)

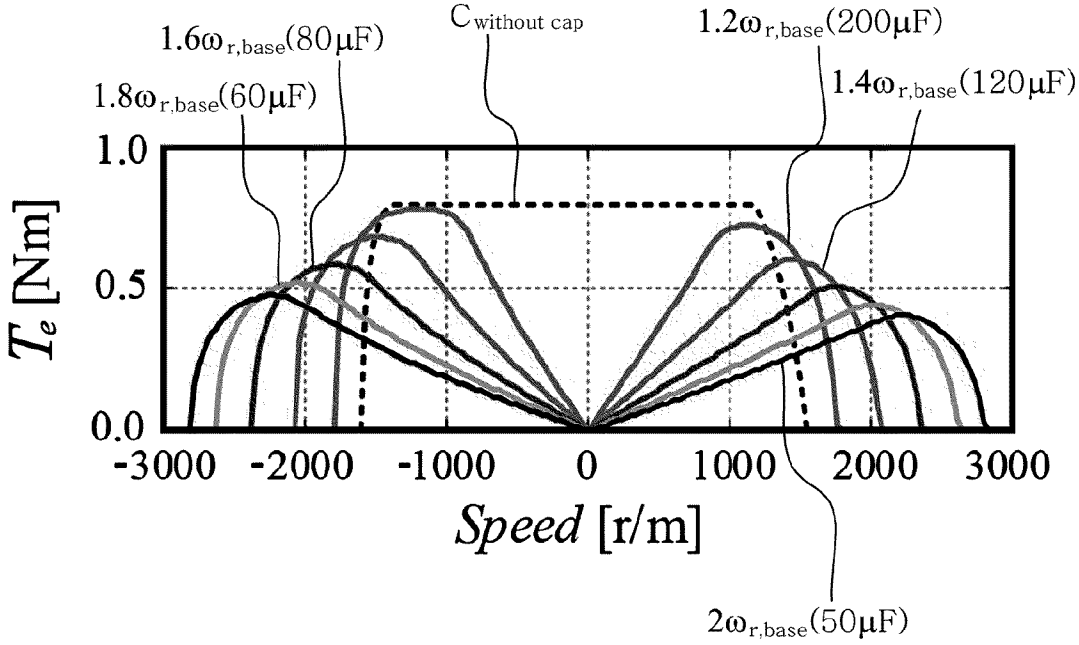
[도7b]


C=150uF
C=100uF
C=50uF
C=200uF
C without cap
Pm(W)
4000
2000
0
-2000
-4000
-8000 -6000 -4000 -2000 0 2000 4000 6000 8000
Wrpm(r/min)

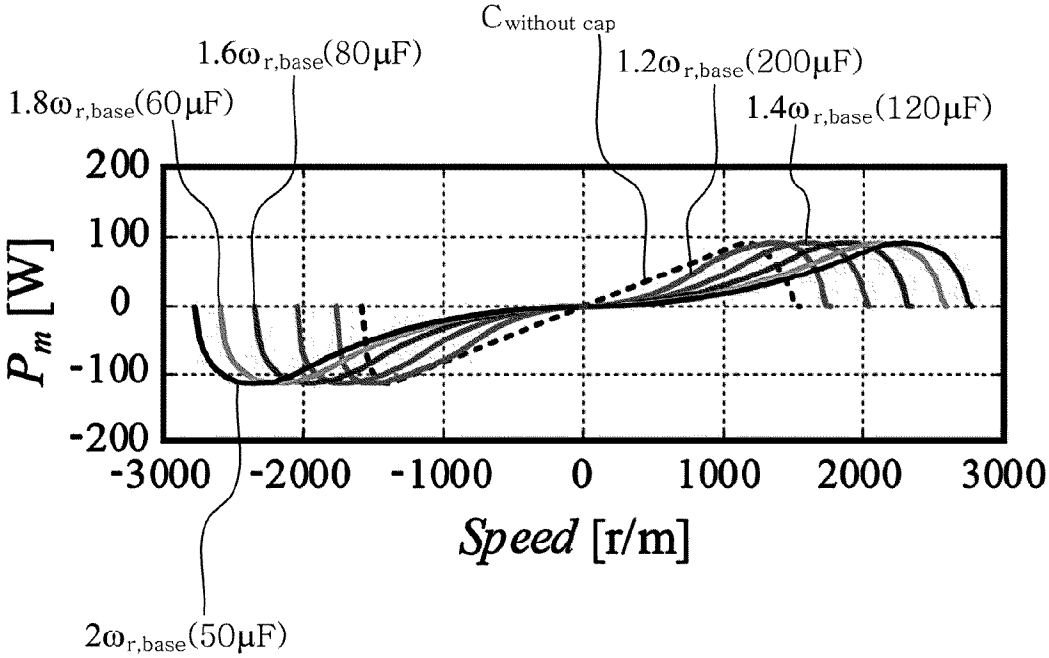
[도8]


120
표면 부착형
영구자석 동기
전동기(SPM)
Cs
N
S
130
110

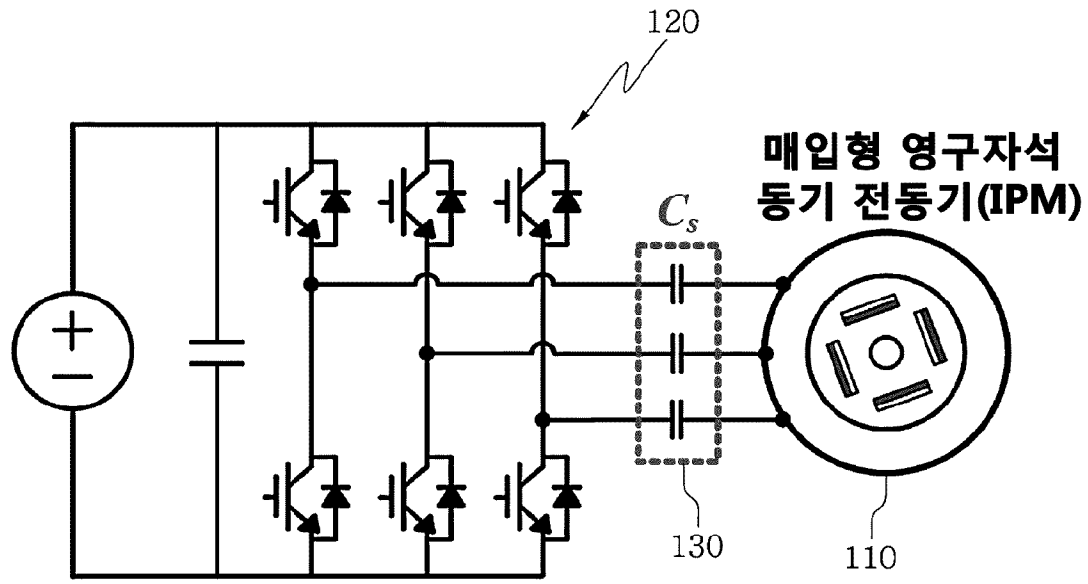
[도9a]


$C_{without\ cap}$
$1.6\omega_{r,base}(80\mu F)$
$1.8\omega_{r,base}(60\mu F)$
$1.2\omega_{r,base}(200\mu F)$
$1.4\omega_{r,base}(120\mu F)$
$2\omega_{r,base}(50\mu F)$
T_e [Nm]
1.0
0.5
0.0
-3000 -2000 -1000 0 1000 2000 3000
Speed [r/m]

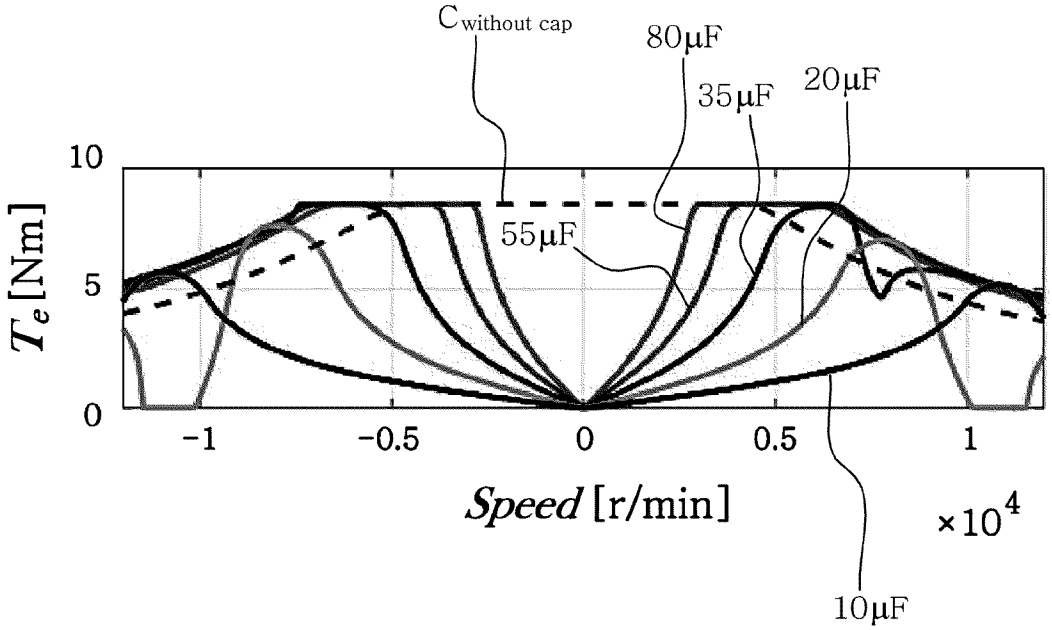
[도9b]


$C_{without\ cap}$
$1.6\omega_{r,base}(80\mu F)$
$1.8\omega_{r,base}(60\mu F)$
$1.2\omega_{r,base}(200\mu F)$
$1.4\omega_{r,base}(120\mu F)$
$2\omega_{r,base}(50\mu F)$
P_m [W]
200
100
0
-100
-200
-3000 -2000 -1000 0 1000 2000 3000
Speed [r/m]

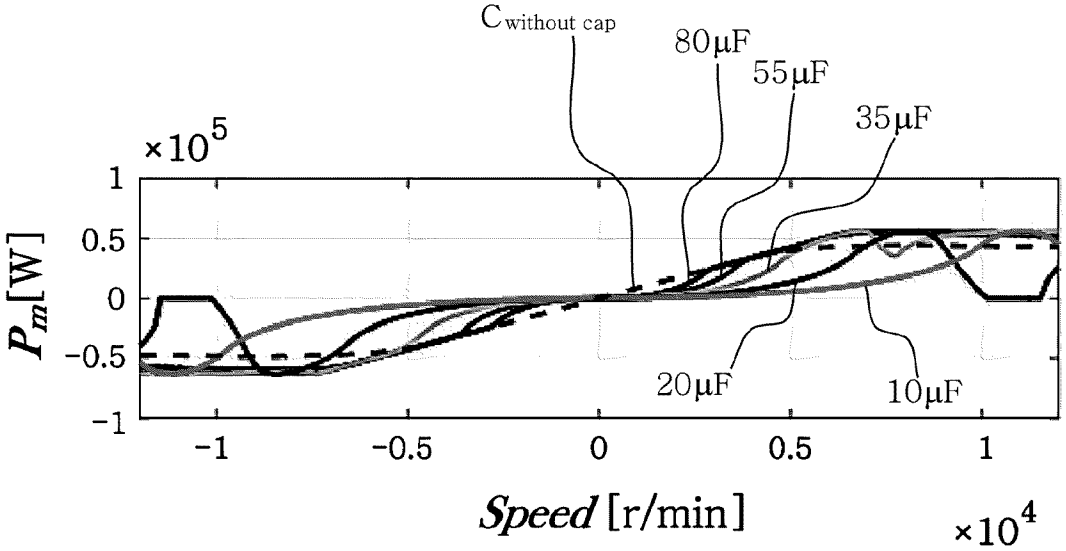
[도10]



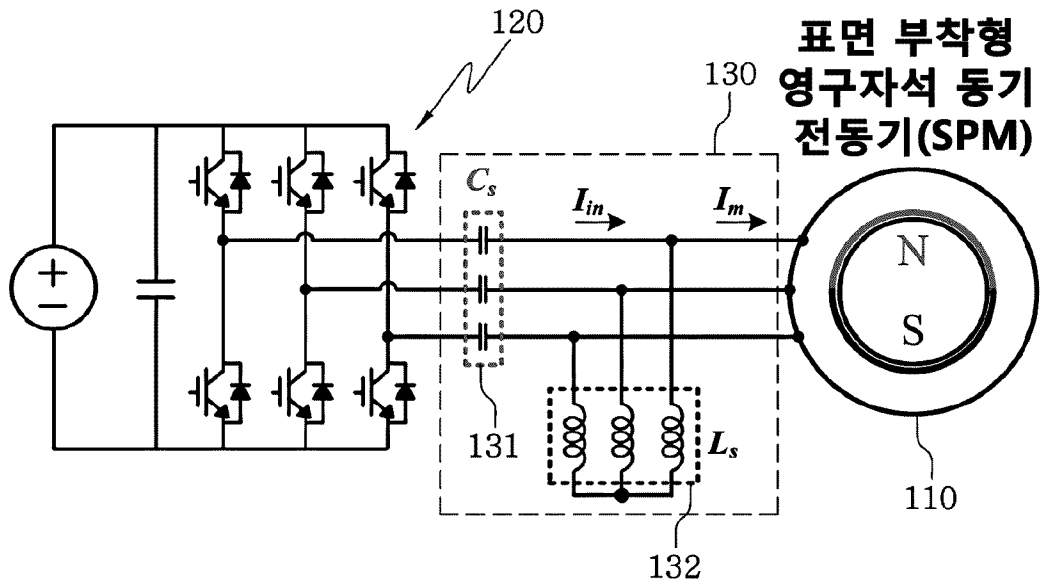
[도11a]



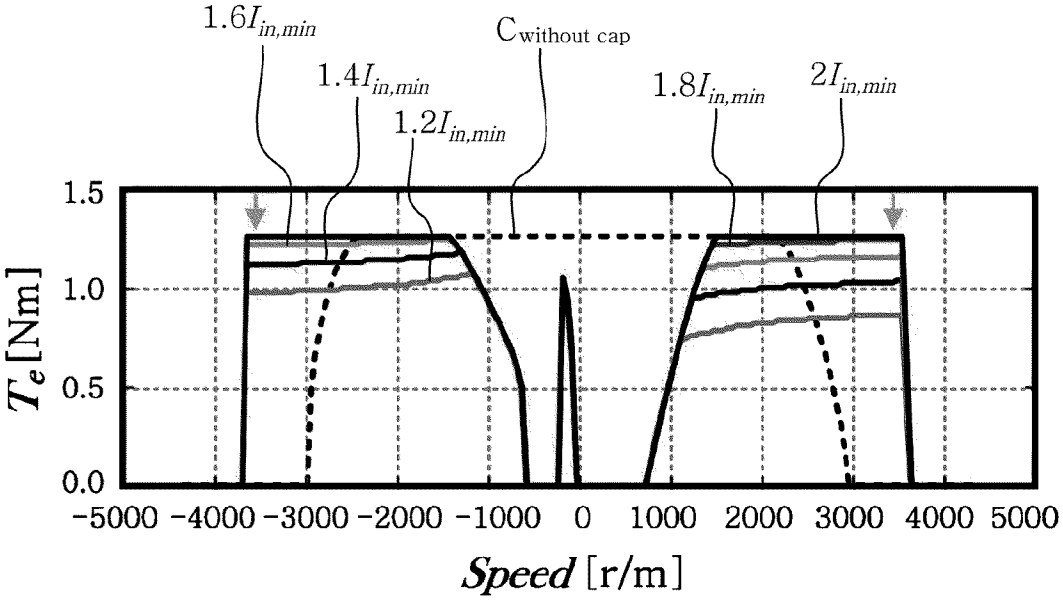
[도11b]



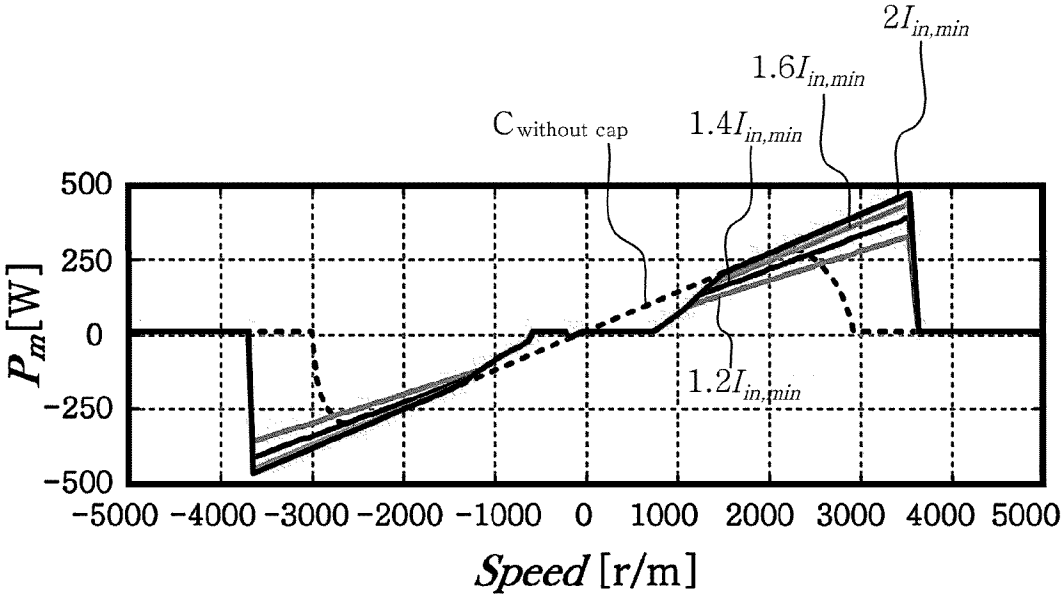
[도12]



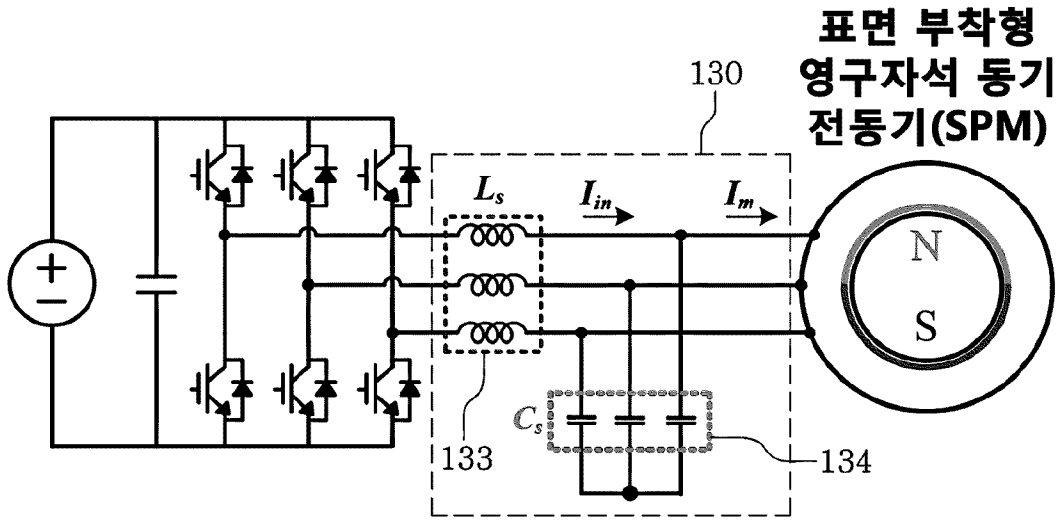
[도13a]



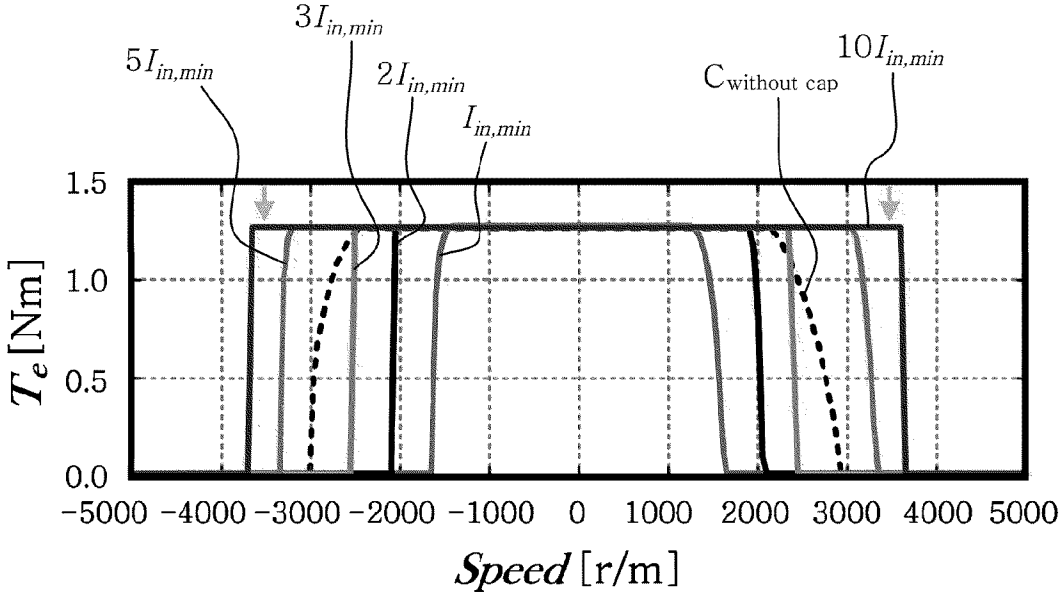
[도13b]



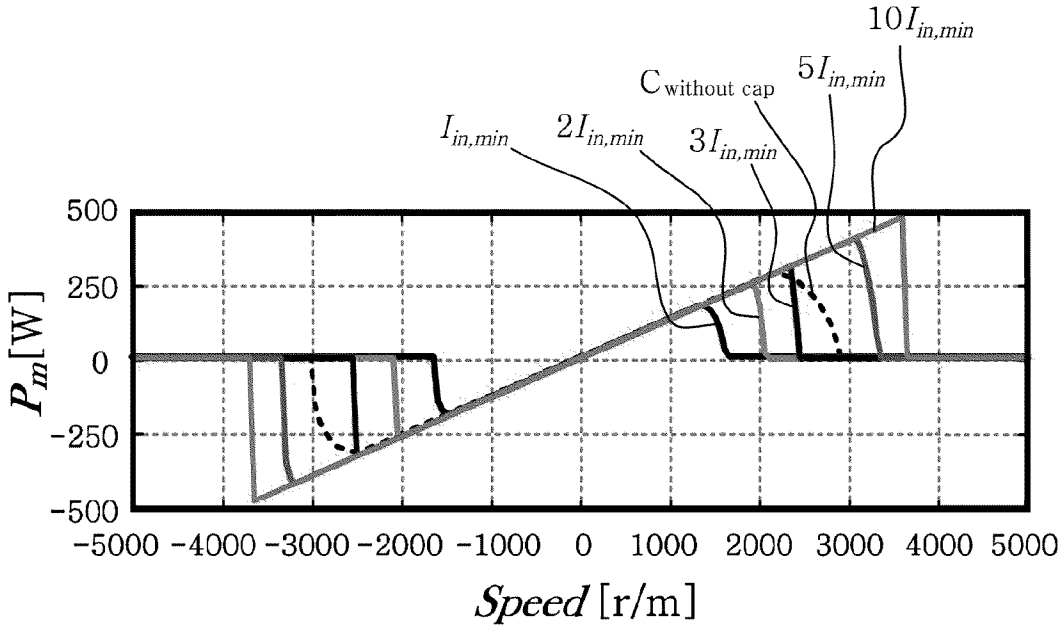
[도14]



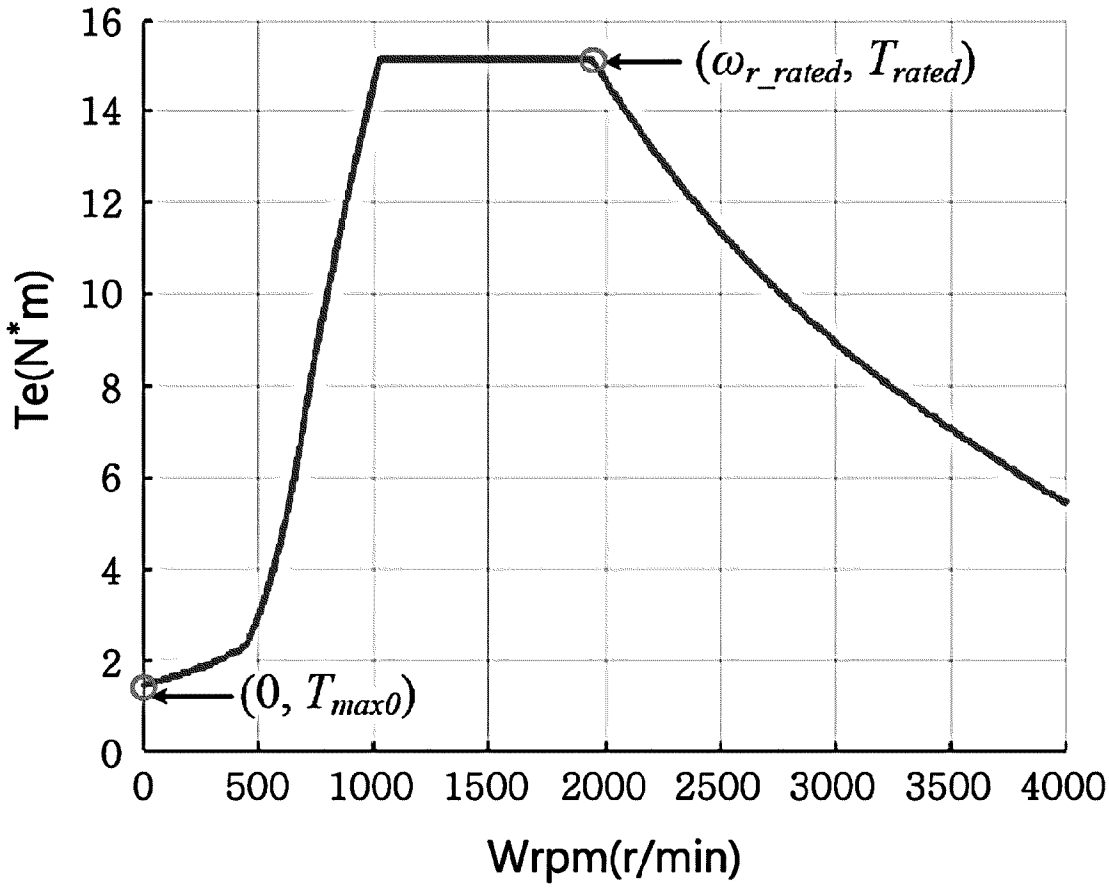
[도15a]



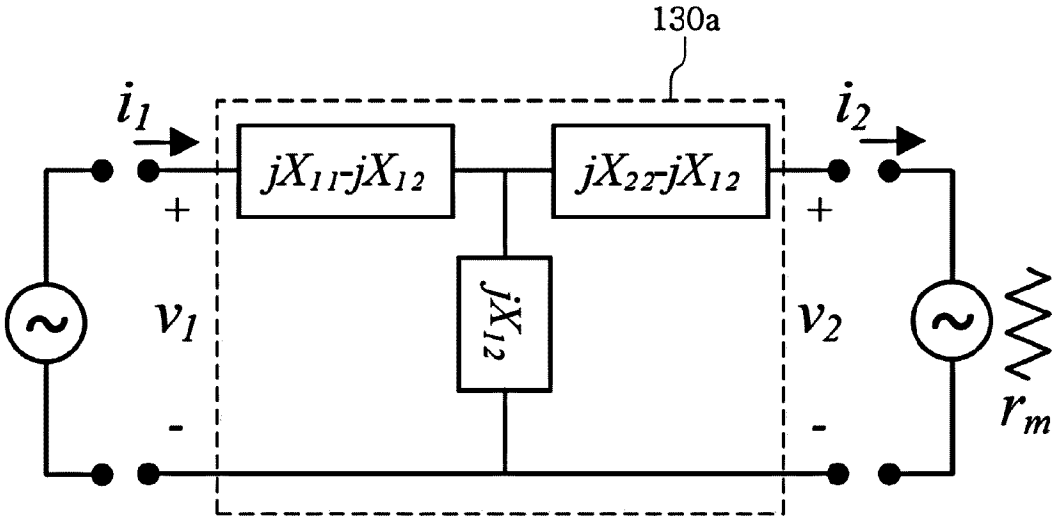
[도15b]



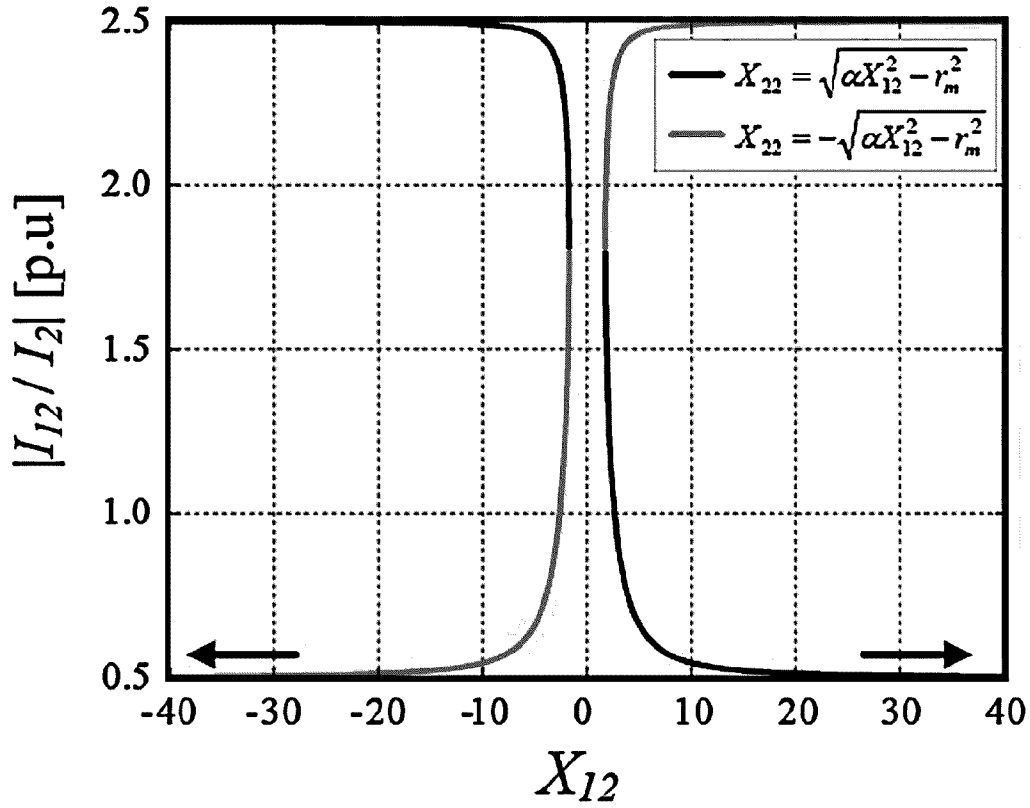
[도16]


16
14
12
10
8
6
4
2
0
Te(N*m)
0
500
1000
1500
2000
2500
3000
3500
4000
Wrpm(r/min)
$(\omega_{r_rated}, T_{rated})$
$(0, T_{max0})$

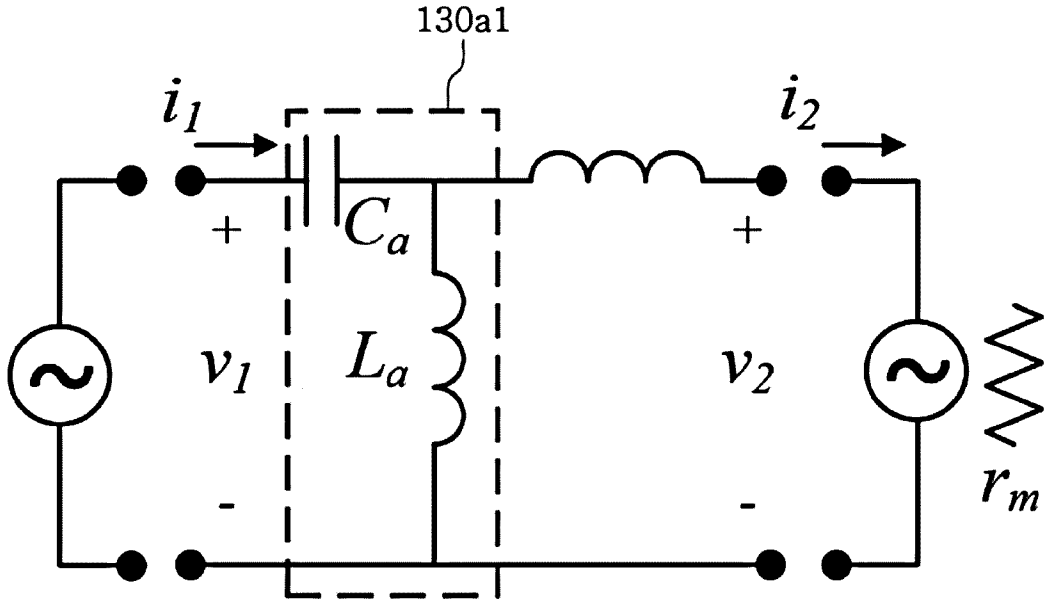
[도17]


130a
i_1
i_2
jX_{11}-jX_{12}
jX_{22}-jX_{12}
jX_{12}
+
-
v_1
v_2
r_m

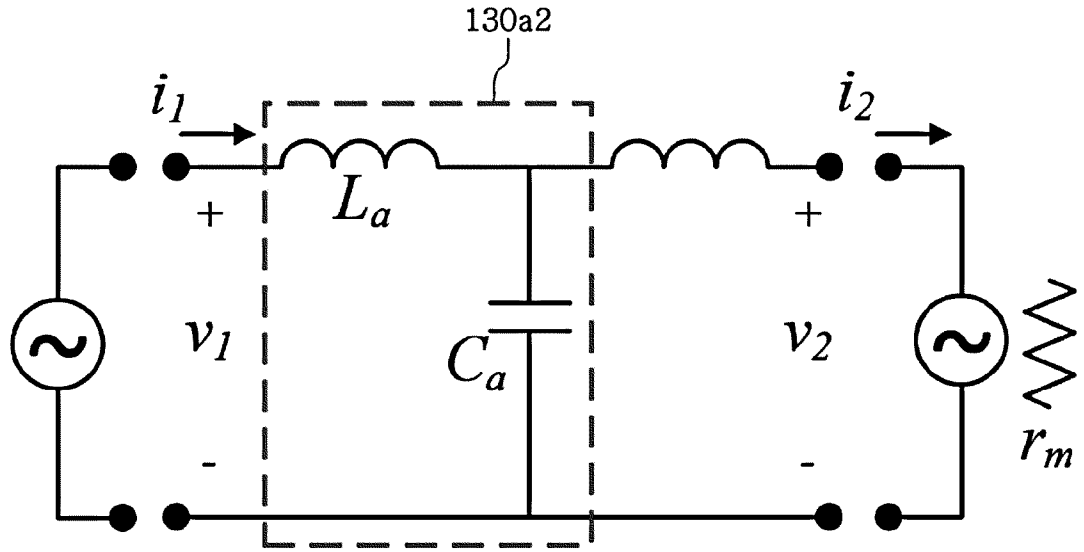
[도18]


2.5
2.0
1.5
1.0
0.5
-40
-30
-20
-10
0
10
20
30
40
$|I_{12}/I_2|$ [p.u]
X_{12}
$X_{22}=\sqrt{\alpha X_{12}^2-r_m^2}$
$X_{22}=-\sqrt{\alpha X_{12}^2-r_m^2}$

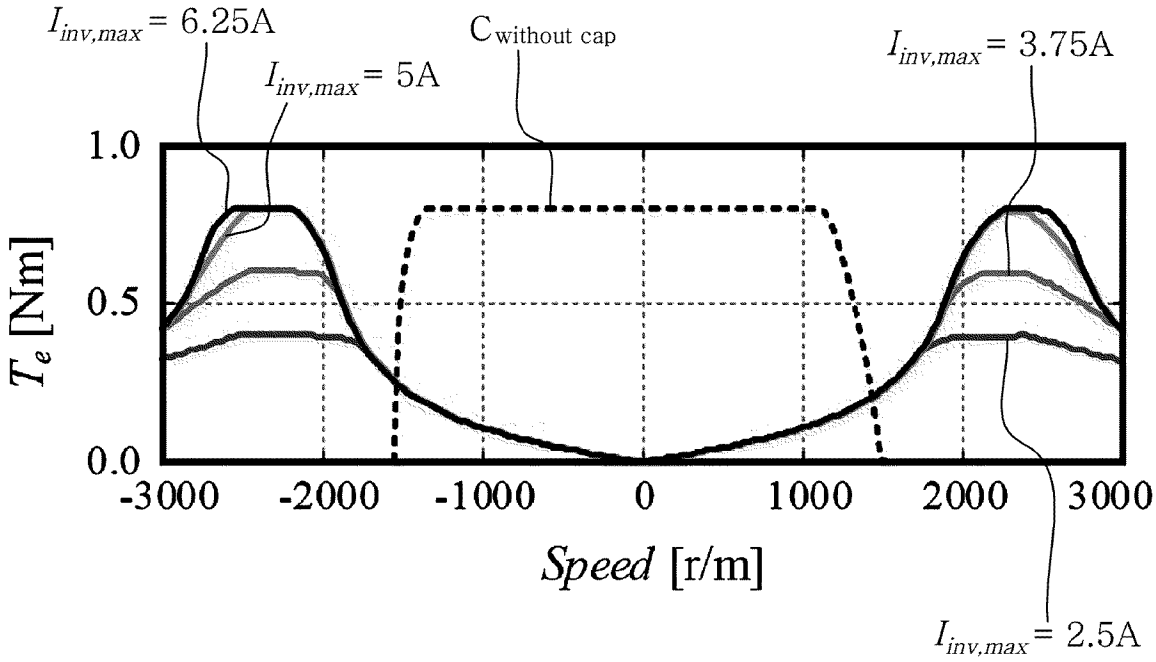
[도19a]


130a1
i_1
i_2
+
C_a
+
v_1
L_a
v_2
r_m
-
-

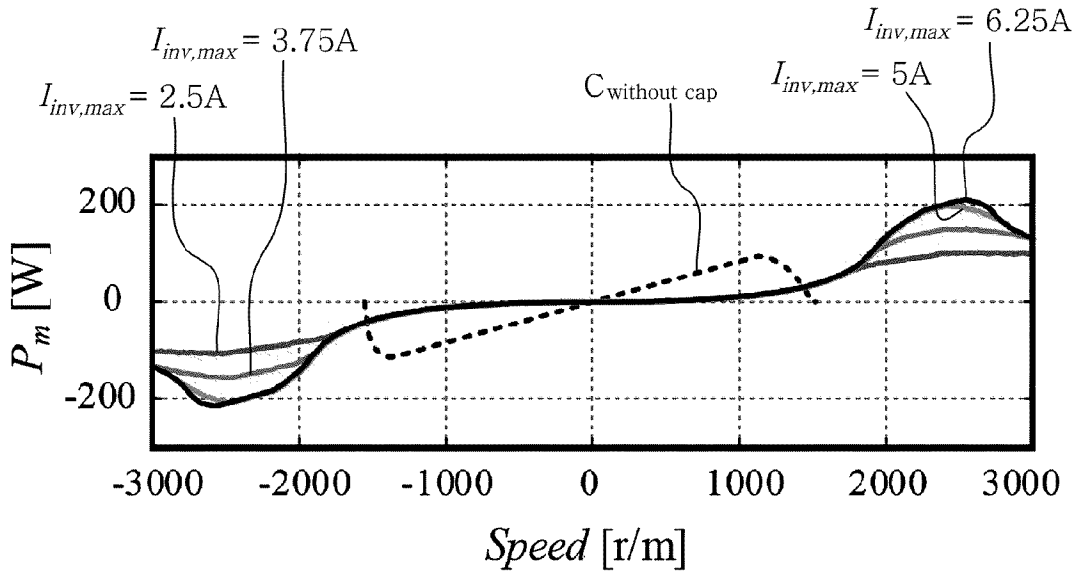
[도19b]


130a2
i_1
i_2
L_a
C_a
v_1
v_2
r_m
+
-
+
-

[도20a]


$I_{inv,max}$ = 6.25A
$I_{inv,max}$ = 5A
$C_{without\ cap}$
$I_{inv,max}$ = 3.75A
$I_{inv,max}$ = 2.5A
1.0
0.5
0.0
T_e [Nm]
-3000
-2000
-1000
0
1000
2000
3000
Speed [r/m]

[도20b]


$I_{inv,max}$= 3.75A
$I_{inv,max}$= 2.5A
C without cap
$I_{inv,max}$= 5A
$I_{inv,max}$= 6.25A
200
0
-200
P_m [W]
-3000
-2000
-1000
0
1000
2000
3000
Speed [r/m]

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/KR2019/001629

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H02P 27/06(2006.01)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)

H02P 27/06; H02J 3/46; H02J 7/35; H02M 7/06; H02M 7/10; H02M 7/48

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) & Keywords: motor, inverter, passive element, capacitor, inductor, alternating current, T type impedance model

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	KHOSHSAADAT, Alireza et al. Fifth-Order T-Type Passive Resonant Tanks Tailored for Constant Current Resonant Converters. IEEE Transactions on Circuits and Systems I: Regular Papers (Volume: 65, Issue: 2) February 2018 See pages 842-852.	1-6,10-12
A		7-9,13-14
Y	WO 2012-026535 A1 (FUJI ELECTRIC CO., LTD. et al.) 01 March 2012 See paragraph [29], and figure 1.	1-6,10-12
Y	KR 10-1139476 B1 (DONGEI CO., LTD.) 07 May 2012 See paragraph [27], and figure 1.	4
Y	KR 10-0654487 B1 (MATSUSHITA ELECTRIC IND. CO., LTD.) 05 December 2006 See paragraph [229], and figure 7.	5,11-12
Y	BELDI, Mohamed Amine et al. Design of microstrip power dividers with filtering functions. 2012 42nd European Microwave Conference. 01 November 2012 See pages 384-387.	6,12

☐ 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

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report
24 MAY 2019 (24.05.2019)	**24 MAY 2019 (24.05.2019)**

Name and mailing address of the ISA/KR
Korean Intellectual Property Office
Government Complex Daejeon Building 4, 189, Cheongsa-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/KR2019/001629

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member	Publication date
WO 2012-026535 A1	01/03/2012	CN 102986128 A	20/03/2013
		CN 102986128 B	04/05/2016
		EP 2575250 A1	03/04/2013
		JP 5429388 B2	26/02/2014
		US 2013-0170268 A1	04/07/2013
		US 9071166 B2	30/06/2015
		WO 2012-026535 A1	28/10/2013
KR 10-1139476 B1	07/05/2012	None	
KR 10-0654487 B1	05/12/2006	CN 1619936 A	25/05/2005
		CN 1619936 B	04/08/2010
		JP 2005-110491 A	21/04/2005
		JP 4596866 B2	15/12/2010
		KR 10-2005-0026356 A	15/03/2005
		US 2005-0057210 A1	17/03/2005
		US 2008-0002443 A1	03/01/2008
		US 7274579 B2	25/09/2007
		US 7646165 B2	12/01/2010

국 제 조 사 보 고 서

국제출원번호
PCT/KR2019/001629

A. 발명이 속하는 기술분류(국제특허분류(IPC))

H02P 27/06(2006.01)i

B. 조사된 분야

조사된 최소문헌(국제특허분류를 기재)

H02P 27/06; H02J 3/46; H02J 7/35; H02M 7/06; H02M 7/10; H02M 7/48

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: 전동기, 인버터, 수동소자, 캐패시터, 인덕터, 교류, T형 임피던스 모델

C. 관련 문헌

카테고리*	인용문헌명 및 관련 구절(해당하는 경우)의 기재	관련 청구항
Y	ALIREZA KHOSHSAADAT 등, `Fifth-Order T-Type Passive Resonant Tanks Tailored for Constant Current Resonant Converters`, IEEE Transactions on Circuits and Systems I: Regular Papers (Volume: 65 , Issue: 2) 2018.02 페이지 842-852 참조.	1-6,10-12
A		7-9,13-14
Y	WO 2012-026535 A1 (FUJI ELECTRIC CO., LTD. 등) 2012.03.01 단락 29, 및 도면 1 참조.	1-6,10-12
Y	KR 10-1139476 B1 (주식회사 동이에코스) 2012.05.07 단락 27, 및 도면 1 참조.	4
Y	KR 10-0654487 B1 (마츠시타 덴끼 산교 가부시키가이샤) 2006.12.05 단락 229, 및 도면 7 참조.	5,11-12
Y	MOHAMED AMINE BELDI 등, `Design of microstrip power dividers with filtering functions`, 2012 42nd European Microwave Conference, 2012.11.01 페이지 384-387 참조.	6,12

☐ 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

"E" 국제출원일보다 빠른 출원일 또는 우선일을 가지나 국제출원일 이후에 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	국제조사보고서 발송일
2019년 05월 24일 (24.05.2019)	2019년 05월 24일 (24.05.2019)

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

국제조사보고서
대응특허에 관한 정보

국제출원번호
PCT/KR2019/001629

국제조사보고서에서 인용된 특허문헌	공개일	대응특허문헌	공개일
WO 2012-026535 A1	2012/03/01	CN 102986128 A	2013/03/20
		CN 102986128 B	2016/05/04
		EP 2575250 A1	2013/04/03
		JP 5429388 B2	2014/02/26
		US 2013-0170268 A1	2013/07/04
		US 9071166 B2	2015/06/30
		WO 2012-026535 A1	2013/10/28
KR 10-1139476 B1	2012/05/07	없음	
KR 10-0654487 B1	2006/12/05	CN 1619936 A	2005/05/25
		CN 1619936 B	2010/08/04
		JP 2005-110491 A	2005/04/21
		JP 4596866 B2	2010/12/15
		KR 10-2005-0026356 A	2005/03/15
		US 2005-0057210 A1	2005/03/17
		US 2008-0002443 A1	2008/01/03
		US 7274579 B2	2007/09/25
		US 7646165 B2	2010/01/12