(12) 특허협력조약에 의하여 공개된 국제출원

(19) 세계지식재산권기구
국제사무국

(43) 국제공개일
2018 년 5 월 3 일 (03.05.2018)

WIPO | PCT

(10) 국제공개번호
WO 2018/079906 A1

(51) 국제특허분류:
H02M 3/335 (2006.01)

(21) 국제출원번호: PCT/KR2016/013024

(22) 국제출원일: 2016 년 11 월 11 일 (11.11.2016)

(25) 출원언어: 한국어

(26) 공개언어: 한국어

(30) 우선권정보:
10-2016-0140328 2016 년 10 월 26 일 (26.10.2016) KR

(71) 출원인: **한국전력공사 (KOREA ELECTRIC POWER CORPORATION)** [KR/KR]; 58217 전라남도 나주시 전력로 55, Jeollanam-do (KR).

(72) 발명자: **김재한 (KIM, Jae-Han)**; 34056 대전광역시 유성구 문지로 105, Daejeon (KR). **김주용 (KIM, Ju-Yong)**; 34056 대전광역시 유성구 문지로 105, Daejeon (KR). **조진태 (CHO, Jin-Tae)**; 34056 대전광역시 유성구 문지로 105, Daejeon (KR). **조영표 (CHO, Young-Pyo)**; 34056 대전광역시 유성구 문지로 105, Daejeon (KR). **정지훈 (JUNG, Ji-Hoon)**; 44919 울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50, 402동 504호, Ulsan (KR). **최현준 (CHOE, Hyun-Jun)**; 51507 울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50, 309동 1511호, Ulsan (KR).

(74) 대리인: **한양특허법인 (HANYANG PATENT FIRM)**; 06296 서울시 강남구 논현로38길 12, 한양빌딩, Seoul (KR).

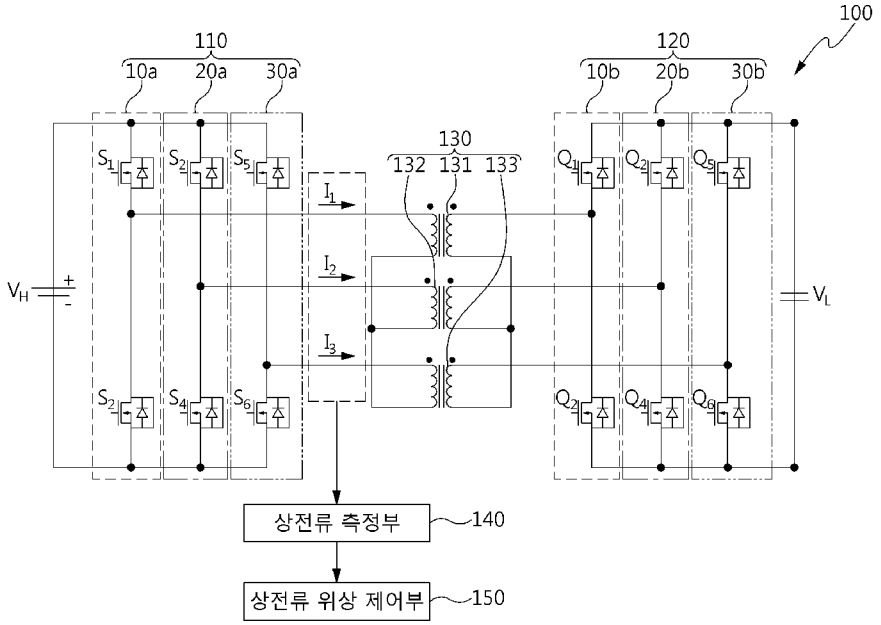
(81) 지정국 (별도의 표시가 없는 한, 가능한 모든 종류의 국내 권리의 보호를 위하여): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU,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

WO 2018/079906 A1

(54) **Title:** PHASE CURRENT CONTROL DEVICE FOR DAB CONVERTER, AND METHOD THEREFOR

(54) **발명의 명칭:** DAB 컨버터의 상전류 제어 장치 및 그 방법

FIG. 2



140 ... Phase current measurement unit
150 ... Phase current-phase control unit

(57) **Abstract:** The present invention relates to a phase current control device for a DAB converter, and a method therefor, and according to one embodiment of the present invention, the phase current control device for a DAB converter comprises: a DAB converter having at least one leg in which a switching element is included; a phase current measurement unit for measuring respective phase currents for the leg; and a phase current-phase control unit for setting any one of the respective phase currents as a standard, and comparing the remaining phase currents with the phase current set as the standard, thereby compensating for a phase difference of the respective phase currents so as to control a phase.

[다음 쪽 계속]

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, 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).

규칙 4.17에 의한 선언서:

— 특허출원 및 특허를 받을 수 있는 출원인의 자격에 관한 선언 (규칙 4.17(ii))

공개:

— 국제조사보고서와 함께 (조약 제21조(3))

(57) 요약서: 본 발명은 DAB 컨버터의 상전류 제어 장치 및 그 방법에 관한 것으로, 본 발명의 일실시예에 따른 DAB 컨버터의 상전류 제어 장치는, 스위칭 소자가 포함된 적어도 하나 이상의 레그(leg)를 구비하는 DAB 컨버터; 상기 레그에 대해 각각의 상전류를 측정하는 상전류 측정부; 및 상기 각각의 상전류 중 어느 하나를 기준으로 삼고, 나머지 상전류를 기준이 되는 상전류와 비교함에 따라 각각의 상전류의 위상 차이를 보정하여 위상을 제어하는 상전류 위상 제어부;를 포함한다.

명세서

발명의 명칭: DAB 컨버터의 상전류 제어 장치 및 그 방법

기술분야

[1] 본 발명은 DAB 컨버터의 상전류 제어 장치 및 그 방법에 관한 것으로, 구체적으로는 DAB 컨버터의 레그별 상전류의 불균형이 확인되면, 특정 상전류를 기준으로 삼고, 나머지 상전류를 기준이 되는 상전류와 비교하여 위상 차이를 보정함으로써 상전류의 불균형을 최소화시킬 수 있는, DAB 컨버터의 상전류 제어 장치 및 그 방법에 관한 것이다.

배경기술

[2] 특고압 직류(Medium Voltage Direct Current, MVDC), 저압 직류(Low Voltage Direct Current, LVDC) 시스템, 전자식 변압기(Solid State Transformer, SST) 시스템 등과 같은 중/고전압의 직류 전원 시스템에서 저전압의 직류 전원 시스템으로 전력을 공급하는 경우, 고압의 입력측에서 저압의 출력측으로 전력을 변환하는 전력변환장치가 요구된다.

[3] 이를 위해 입력 측에는 고압의 반도체 스위치가 요구되고, 출력 측에는 대전류의 반도체 스위치가 요구되는데, 현재 상업적으로 사용되는 반도체 소자의 최대 정격은 한정되어 있어, 단일 전력변환장치로는 그 구현이 어려운 단점이 있다.

[4] 이를 보완하기 위하여 다수의 전력변환장치를 직/병렬 구조로 연결한 전력변환장치가 사용되는데, 대표적인 예로써, 멀티레벨 컨버터, MMC(Modular Multilevel Converter) 등이 있다. 이는 다수의 컨버터를 직렬로 구성하여 교류 입력 전압으로부터 다수의 직류 출력 전압을 생성하는 방식이다. 이럴 경우, 시스템에 적용되는 스위칭 소자를 낮은 정격 용량으로 사용할 수 있다.

[5] 그런데, 지능형 변압기를 구현하기 위해서는 반드시 절연형 양방향 컨버터 기술이 필요하다. 양방향 컨버터는 절연 형태에 따라 비절연형, 절연형으로 구분되며, 대부분의 시스템에서는 안정성을 위하여 절연형 컨버터를 선호하고 있다.

[6] 절연형 양방향 컨버터는 현재 많은 연구가 진행되고 있으며, 주로 위상천이(Phaseshifted) ZVS(Zero voltage switching, 영 전압 스위칭) 컨버터와 절연된 부스트(Isolated Boost) 컨버터가 결합된 방식, DAB(Dual Active Bridge) 컨버터 방식, 그리고 LLC 공진형 컨버터 방식 등이 많이 사용되고 있다.

[7] 최근에는 절연형 양방향 컨버터에 요구되는 전력 용량이 점차 커지고 있는 추세이므로, 전류 부담을 줄이고 스위치의 선정을 용이하게 하며, 인터리빙을 적용하여 수동소자의 부피를 줄일 수 있는 3상 양방향 컨버터에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다.

[8] 종래의 3상 양방향 컨버터에는 대표적으로 DAB 컨버터가 있다. DAB 컨버터는

3상으로 전류가 나뉘어 흐르기 때문에 대전력/대전류 양방향 토폴로지 응용에 적합하다. 또한, DAB 컨버터는 위상 천이 방법을 사용하여 무순단 절체가 가능하기 때문에 양방향 전력 제어에 용이하다.

[9] 도 1은 DAB 컨버터에서 변압기 및 커플링 인덕턴스의 실제 모델링값을 나타낸 도면이다.

[10] 도 1을 참조하면, 3상 DAB 컨버터는 실제로 나타낼 수 있는 변압기 및 커플링 인덕터의 오차가 적용되면, 각 상의 변압기의 도선 저항, 도선의 임피던스, 누설 인덕턴스, 자화 인덕턴스 등이 실제로 동일하지 않다. 이와 같이 각 상의 변압기의 변수들이 동일하지 않기 때문에 각 상의 상전류(phase current) 불균형을 초래하는 원인이 된다.

[11] 특히, 각 상의 상전류의 불균형이 심한 경우에는 변압기를 포화시킬 수 있다. 변압기가 포화되는 경우에는 임피던스가 매우 작아지므로, 전류가 한쪽으로만 흘러 동작의 안정성을 떨어트리거나 수명을 단축시킬 뿐만 아니라, 스택의 고장을 초래할 수 있다. 이 경우, 변압기의 용량을 키우는 것이 한가지의 대안이 될 수 있으나, DAB 컨버터의 전체적인 부피가 커지거나 제작 비용도 올라가게 된다.

[12] 따라서, 종래의 3상 DAB 컨버터는 각 상의 상전류 불균형으로 인한 변압기가 포화되는 것을 방지함으로써 동작 안정성을 확보하기 위한 방안이 제안될 필요가 있다.

발명의 상세한 설명

기술적 과제

[13] 본 발명의 목적은 DAB 컨버터의 레그별 상전류의 불균형이 확인되면, 특정 상전류를 기준으로 삼고, 나머지 상전류를 기준이 되는 상전류와 비교하여 위상 차이를 보정함으로써 상전류의 불균형을 최소화시킬 수 있는, DAB 컨버터의 상전류 제어 장치 및 그 방법을 제공하는데 있다.

과제 해결 수단

[14] 본 발명의 일실시예에 따른 DAB 컨버터의 상전류 제어 장치는, 스위칭 소자가 포함된 적어도 하나 이상의 레그(leg)를 구비하는 DAB 컨버터; 상기 레그에 대해 각각의 상전류를 측정하는 상전류 측정부; 및 상기 각각의 상전류 중 어느 하나를 기준으로 삼고, 나머지 상전류를 기준이 되는 상전류와 비교함에 따라 각각의 상전류의 위상 차이를 보정하여 위상을 제어하는 상전류 위상 제어부;를 포함한다.

[15] 상기 상전류 측정부는, 상기 각각의 상전류에 대한 RMS(Root Mean Square)를 확인하고, 상전류 위상 제어부는, 상기 각각의 상전류에 대한 RMS 편차를 이용하여 위상 제어 방식을 결정하는 것을 특징으로 한다.

[16] 상기 DAB 컨버터는, 1차측에 제1-1 레그, 제1-2 레그, 제1-3 레그를 구비하고, 2차측에 제2-1 레그, 제2-2 레그, 제2-3 레그를 구비하며, 상기 상전류 위상

제어부는, 상기 제1-1 레그와 상기 제2-1 레그 사이의 상전류, 상기 제1-2 레그와 상기 제2-2 레그 사이의 상전류, 상기 제1-3 레그와 상기 2-3 레그 사이의 상전류 각각에 대해 위상 차이를 보정하여 위상을 제어하는 것을 특징으로 한다.

[17] 본 발명의 일실시예에 따른 DAB 컨버터의 상전류 제어 방법은, DAB 컨버터의 레그별 상전류를 측정하는 단계; 상기 레그별 상전류 중 어느 하나를 기준으로 삼고, 나머지 상전류를 기준이 되는 상전류와 비교하여 각각의 상전류의 위상 차이 보정값을 도출하는 단계; 및 상기 위상 차이 보정값을 이용하여 상기 각각의 상전류에 대한 위상을 제어하는 단계;를 포함한다.

[18] 상기 레그별 상전류의 측정 단계 이후에, 상기 DAB 컨버터의 레그별 상전류의 불균형을 확인하는 단계;를 더 포함한다.

발명의 효과

[19] 본 발명은 DAB 컨버터의 레그별 상전류의 불균형이 확인되면, 특정 상전류를 기준으로 삼고, 나머지 상전류를 기준이 되는 상전류와 비교하여 위상 차이를 보정함으로써 상전류의 불균형을 최소화시킬 수 있다.

[20] 본 발명은 종래의 3상 DAB 컨버터의 변압기에서 전류 불균형 현상을 해결하기 위하여 변압기의 정격을 늘리거나 변압기 보호 기능을 적용할 필요가 없다.

[21] 또한, 본 발명은 비용증가 없이 전류 불평형을 감소시킬 수 있어 기기 신뢰성 및 가용성을 높이고 비용을 줄일 수 있다.

[22] 또한, 본 발명은 변압기의 누설 및 자화인덕턴스, 도선 저항 등의 차이로 인해서 각 상의 전류에 불균형 현상이 발생한 경우, 독립적인 제어 변수를 추가하여 각 레그별 도통 시에 흐르는 전류의 크기를 늘리거나, 줄일 수 있기 때문에 전류 불균형 현상을 감소할 수 있다.

[23]

도면의 간단한 설명

[24] 도 1은 DAB 컨버터에서 변압기 및 커플링 인덕턴스의 실제 모델링값을 나타낸 도면,

[25] 도 2는 본 발명의 일실시예에 따른 DAB 컨버터의 상전류 제어 장치를 나타낸 도면,

[26] 도 3a는 상전류 위상 제어 방식에 따른 단상 파형을 비교한 결과를 나타낸 그래프,

[27] 도 3b는 상전류 위상 제어 방식에 따른 전체 RMS 파형을 비교한 결과를 나타낸 그래프,

[28] 도 4는 본 발명의 일실시예에 따른 DAB 컨버터의 상전류 제어 방법을 나타낸 도면,

[29] 도 5는 상기 도 4의 S204 단계의 구체적인 예를 나타낸 도면이다.

발명의 실시를 위한 형태

[30] 본 발명을 충분히 이해하기 위해서 본 발명의 바람직한 실시예를 첨부 도면을

참조하여 설명한다. 본 발명의 실시예는 여러 가지 형태로 변형될 수 있으며, 본 발명의 범위가 아래에서 상세히 설명하는 실시예로 한정되는 것으로 해석되어서는 안 된다. 본 실시예는 당업계에서 평균적인 지식을 가진 자에게 본 발명을 보다 완전하게 설명하기 위해서 제공 되어지는 것이다. 따라서 도면에서의 요소의 형상 등은 보다 명확한 설명을 강조하기 위해서 과장되어 표현될 수 있다. 각 도면에서 동일한 부재는 동일한 참조부호로 도시한 경우가 있음을 유의하여야 한다. 본 발명의 요지를 불필요하게 흐릴 수 있다고 판단되는 공지 기능 및 구성에 대한 상세한 기술은 생략된다.

[31] 도 2는 본 발명의 일실시예에 따른 DAB 컨버터의 상전류 제어 장치를 나타낸 도면이다.

[32] 도 2에 도시된 바와 같이, 본 발명의 일실시예에 따른 DAB 컨버터의 상전류 제어 장치(이하 "상전류 제어 장치"라 함, 100)는, DAB 컨버터(110 내지 130), 상전류 측정부(140), 상전류 위상 제어부(150)를 포함한다. 여기서, DAB 컨버터(110 내지 130)는 제1 전원회로(110), 제2 전원회로(120), 변압기(130)를 포함한다.

[33] 먼저, DAB 컨버터(110 내지 130)는 양쪽에 전압원(V_H, V_L)을 놓고 변압기(130)를 통해 두 개의 풀-브리지(Full-Bridge converter)[제1 전원회로(110)와 제2 전원회로(120)]를 50%의 고정 듀티(duty)를 두고 1차측과 2차측 간 위상차에 의해 전류의 흐름을 제어한다. DAB 컨버터(110 내지 130)는 3상으로 상전류가 나뉘어 흐르며, 위상 천이를 통해 출력전압을 제어한다.

[34] 구체적으로, DAB 컨버터(110 내지 130)의 구성요소는 다음과 같다.

[35] 먼저, 제1 전원회로(110)는 1차 브리지 스위칭(bridge switching) 소자(S1 내지 S6)를 구비한다. 제1 전원회로(110)는 3개의 레그(leg)로 구성된다. 즉, 스위칭 소자 S1 및 S2는 1차측에 있는 첫번째 레그(이하 "제1-1 레그"라 함)(10a)를 구성하고, 스위칭 소자 S3 및 S4는 1차측에 있는 두번째 레그(이하 "제1-2 레그"라 함)(20a)를 구성하며, 스위칭 소자 S5 및 S6은 1차측에 있는 세번째 레그(이하 "제1-3 레그"라 함)(30a)를 구성한다.

[36] 마찬가지로, 제2 전원회로(120)는 2차 브리지 스위칭(bridge switching) 소자(Q1 내지 Q6)를 구비한다. 제2 전원회로(120)는 3개의 레그(leg)로 구성된다. 즉, 스위칭 소자 Q1 및 Q2는 2차측에 있는 첫번째 레그(이하 "제2-1 레그"라 함)(10b)를 구성하고, 스위칭 소자 Q3 및 Q4는 2차측에 있는 두번째 레그(이하 "제2-2 레그"라 함)(20b)를 구성하며, 스위칭 소자 Q5 및 Q6은 2차측에 있는 세번째 레그(이하 "제2-3 레그"라 함)(30b)를 구성한다.

[37] 여기서, 1차 브리지 스위칭 소자(S1 내지 S6) 및 2차 브리지 스위칭 소자(Q1 내지 Q6)는 MOSFET(Metal Oxide Semiconductor Field Effect Transistor) 또는 IGBT(Insulated Gate Bipolar Transistor)로 형성될 수 있다.

[38] 다음으로, 변압기(130)는 제1 전원회로(110)와 제2 전원회로(120) 사이에 위치한다. 변압기(30)는 제1 내지 제3 변압기(131 내지 133)로 구성된다.

[39] 제1 변압기(131)는 1차 권선의 일단이 1차 스위칭 소자 S1과 S2 사이에 연결되고, 2차 권선의 일단이 2차 스위칭 소자 Q1과 Q2 사이에 연결된다. 즉, 제1 변압기(131)는 1차 권선의 일단이 제1-1 레그(10a)와 제2-1 레그(10b)로 연결되는 형태를 나타낸다. 여기서, 제1-1 레그(10a)와 제1-2 레그(10b)는 독립적인 상전류 제어를 위한 레그 쌍을 형성한다.

[40] 또한, 제2 변압기(132)는 1차 권선의 일단이 1차 스위칭 소자 S3과 S4 사이에 연결되고, 2차 권선의 일단이 2차 스위칭 소자 Q3과 Q4 사이에 연결된다. 즉, 제2 변압기(132)는 1차 권선의 일단이 제1-2 레그(20a)와 제2-2 레그(20b)로 연결되는 형태를 나타낸다. 여기서, 제1-2 레그(20a)와 제2-2 레그(20b)는 독립적인 상전류 제어를 위한 레그 쌍을 형성한다.

[41] 그리고, 제3 변압기(133)는 1차 권선의 일단이 1차 스위칭 소자 S5과 S6 사이에 연결되고, 2차 권선의 일단이 2차 스위칭 소자 Q5과 Q6 사이에 연결된다. 즉, 제3 변압기(133)는 1차 권선의 일단이 제1-3 레그(30a)와 제2-3 레그(30b)로 연결되는 형태를 나타낸다. 여기서, 제1-3 레그(30a)와 제2-3 레그(30b)는 독립적인 상전류 제어를 위한 레그 쌍을 형성한다.

[42] 또한, 제1 변압기(131), 제2 변압기(132) 및 제3 변압기(133)의 1차 권선의 타단은 서로 연결되고, 제1 변압기(131), 제2 변압기(132) 및 제3 변압기(133)의 2차 권선의 타단은 서로 연결된다.

[43] 상전류 측정부(140)는 1차측 레그들로부터 출력되는 상전류(phase current)를 측정한다. 즉, 상전류 측정부(140)는 제1-1 레그(10a)로부터 출력되는 상전류(I_1), 제1-2 레그(20a)로부터 출력되는 상전류(I_2), 제1-3 레그(30a)로부터 출력되는 상전류(I_3)를 측정한다. 그리고, 상전류 측정부(140)는 각 레그로부터 출력되는 상전류의 제곱 평균 제곱근(Root Mean Square, 이하 "RMS"라 함)을 확인하여 상전류 위상 제어부(150)로 제공한다.

[44] 상전류 위상 제어부(150)는 상전류 측정부(140)로부터 제공된 각 상전류의 RMS의 편차를 확인하고, RMS의 편차를 줄이기 위한 각 상전류의 위상 천이를 통해 출력전압을 제어한다. 여기서, 각 상전류의 RMS 편차가 있다는 것은 각 상전류의 불균형이 발생함을 알려준다. 이때, 상전류 위상 제어부(150)는 RMS 편차가 기 설정된 범위 내에 있는 경우에 상전류의 불균형이 발생하지 않은 것으로 판단하고, RMS 편차가 기 설정된 범위를 벗어나는 경우에 상전류의 불균형이 발생하는 것으로 판단할 수 있다.

[45] 상전류 위상 제어부(150)는 특정 상전류를 기준으로 삼고, 나머지 상전류를 기준이 되는 상전류와 비교하여 위상 차이를 보정함으로써 상전류의 불균형을 최소화시킬 수 있다.

[46] 여기서는 설명의 편의상, 위상 천이의 기준이 되는 상전류를 이하 "기준 상전류"라 하고, 위상 보정을 위해 기준 상전류와 비교하는 상전류를 이하 "비교 상전류"라 함라 통칭한다. 또한, 위상 차이를 보정하는 위상 천이값을 이하 "위상 천이 보정값"이라 한다. 이에 따라, 도 2에서는 기준 상전류는 제1-1 레그(10a)와

제2-1 레그(10b) 간의 상전류 I_1이고, 비교 상전류는 제1-2 레그(20a)와 제2-2 레그(20b) 간의 상전류 I_2와 제1-3 레그(30a)와 제2-3 레그(30b) 간의 상전류 I_3일 수 있다. 이 경우, 기준 상전류인 I_1의 위상은 'φ', 비교 상전류 I_2의 위상은 'σ', 비교 상전류 I_3의 위상은 'τ'이라 가정한다. 비교 상전류인 I_2의 위상 천이 보정값은 'α', 비교 상전류인 I_3의 위상 천이 보정값은 'β'일 수 있다. 비교 상전류인 I_2의 위상 천이 보정값 'α'는 기준 상전류인 I_1의 위상 'φ'과 비교 상전류 I_2의 위상 'σ' 사이의 차이이고, 비교 상전류인 I_3의 위상 천이 보정값 'β'는 기준 상전류인 I_1의 위상 'φ'과 비교 상전류 I_3의 위상 'τ' 사이의 차이이다.

[47] 상전류 위상 제어부(150)는 각 상전류의 RMS 편차가 발생하는 경우(상전류 불균형이 발생하는 경우)에, 기준 상전류와 비교 상전류를 모두 동일한 위상(즉, 기준 상전류의 위상 'φ')으로 제어하는 것이 아니라, 기준 상전류의 위상을 토대로 하고, 각각의 비교 상전류 마다 기준 상전류와의 위상 차이를 반영함으로써 각 레그별 위상을 독립적으로 제어할 수 있다. 즉, 상전류 위상 제어부(150)는 기준 상전류 I_1에 대해 위상 'φ'로 위상 제어를 수행한다. 즉, 제1-1 레그(10a)와 제2-1 레그(10b) 사이의 상전류 I_1는 위상 'φ'로 제어된다. 또한, 상전류 위상 제어부(150)는 비교 상전류 I_2에 대해 위상 'φ'를 토대로 한 후 위상 천이 보정값 'α'를 반영하여 위상 제어를 수행한다. 즉, 제1-2 레그(20a)와 제2-2 레그(20b) 사이의 상전류 I_2는 위상 'φ'에 위상 천이 보정값 'α'가 반영된 위상으로 제어된다. 또한, 상전류 위상 제어부(150)는 비교 상전류 I_3에 대해 위상 'φ'를 토대로 한 후 위상 천이 보정값 'β'를 반영하여 위상 제어를 수행한다. 즉, 제1-3 레그(30a)와 제2-3 레그(30b) 사이의 상전류 I_3는 위상 'φ'에 위상 천이 보정값 'β'가 반영된 위상으로 제어된다.

[48] 한편, 기준 상전류의 위상에 위상 천이 보정값을 반영하는 것은 다음과 같이 이루어진다. 즉, 상전류 위상 제어부(150)는 기준 상전류와 비교 상전류의 크기를 비교하여 기준 상전류의 위상에 위상 천이 보정값을 증가 또는 감소시켜 해당 상전류의 위상을 보정한다. 구체적으로, 상전류 위상 제어부(150)는 기준 상전류 I_1가 비교 상전류 I_2보다 크면(즉, $I_1 > I_2$), 기준 상전류의 위상 'φ'에 위상 천이 보정값 'α'을 증가시킨 위상으로 위상 제어를 수행한다. 반면에, 상전류 위상 제어부(150)는 기준 상전류 I_1가 비교 상전류 I_2보다 작으면(즉, $I_1 < I_2$), 기준 상전류의 위상 'φ'에 위상 천이 보정값 'α'을 감소시킨 위상으로 위상 제어를 수행한다. 마찬가지로, 상전류 위상 제어부(150)는 기준 상전류 I_1가 비교 상전류 I_3보다 크면(즉, $I_1 > I_3$), 기준 상전류의 위상 'φ'에 위상 천이 보정값 'β'을 증가시킨 위상으로 위상 제어를 수행한다. 반면에, 상전류 위상 제어부(150)는 기준 상전류 I_1가 비교 상전류 I_3보다 작으면(즉, $I_1 < I_3$), 기준 상전류의 위상 'φ'에 위상 천이 보정값 'β'을 감소시킨 위상으로 위상 제어를 수행한다.

[49] 전술한 바와 같이, 상전류 위상 제어부(150)는 3상 DAB 컨버터(110 내지 130)에서 각 레그 마다 흐르는 상전류에 대해 동일한 위상 천이를 통해 출력전압을 제어하는 것이 아니라, 상전류 불균형이 확인되면 레그별로

독립적인 위상 천이를 통해 출력전압을 제어한다. 이처럼, 상전류 제어 장치(100)는 레그별 상전류의 위상 차이를 최소화함으로써 상전류의 불균형 현상을 줄일 수 있다.

[50] 도 3a는 상전류 위상 제어 방식에 따른 단상 파형을 비교한 결과를 나타낸 그래프이고, 도 3b는 상전류 위상 제어 방식에 따른 전체 RMS 파형을 비교한 결과를 나타낸 그래프이다. 아래 [표 1]은 본 발명의 '상전류 독립 위상 제어 방식'과 종래의 '상전류 동일 제어 방식'에 대한 전체 RMS 비교를 나타낸다.

[51] [표1]

구분	RMS 값
Vo	3.7999707e+002
본 발명 - 기준 상전류 I_1	5.4046524e+001
본 발명 - 비교 상전류 I_2	5.3656805e+001
본 발명 - 비교 상전류 I_3	5.3974511e+001
종래 - 기준 상전류 I_1	5.3055668e+001
종래 - 비교 상전류 I_2	5.3988887e+001
종래 - 비교 상전류 I_3	5.4943004e+001

[52]

[53] 도 3a 및 도 3b, [표 1]을 참조하면, 본 발명의 '상전류 독립 위상 제어 방식'은 종래의 '상전류 동일 제어 방식'에 비해 상전류의 RMS가 줄어든 것을 확인할 수 있다. 즉, 본 발명의 '상전류 독립 위상 제어 방식'은 종래 대비 약 75%의 RMS 편차를 줄여 각 상전류 간의 불균형을 줄일 수 있다. 도 3a는 비교 상전류 I_3에 대한 단상 파형을 나타낸다.

[54] 도 4는 본 발명의 일실시예에 따른 DAB 컨버터의 상전류 제어 방법을 나타낸 도면이고, 도 5는 상기 도 4의 S204 단계의 구체적인 예를 나타낸 도면이다.

[55] 먼저, 상전류 측정부(140)는 DAB 컨버터(110 내지 130)의 레그별 상전류(즉, 기준 상전류, 비교 상전류)를 측정한다(S201). 이때, 상전류 측정부(140)는 레그별 상전류에 대한 RMS를 확인한다.

[56] 상전류 위상 제어부(150)는 상전류 측정부(140)에 의해 확인된 레그별 상전류에 대한 RMS를 이용하여 레그별 상전류 간의 불균형이 있는지를 확인한다(S202). 즉, 상전류 위상 제어부(150)는 레그별 상전류에 대한 RMS 편차가 있는지를 확인하여 레그별 상전류 간의 불균형이 있는지를 확인할 수 있다.

[57] 먼저, 상전류 위상 제어부(150)는 RMS 편차가 기 설정된 범위 내에 있는 경우에, 기준 상전류의 위상으로 모두 동일하게 레그별 상전류의 위상을 제어한다. 이 경우는 RMS 편차가 기 설정된 범위 내에 존재하여 RMS 편차가

크지 않는 것으로 판단하고 레그별 상전류를 모두 동일한 위상으로 제어한다.

[58] 다음으로, 상전류 위상 제어부(150)는 RMS 편차가 기 설정된 범위 밖에 있는 경우에, 레그별 상전류를 독립적으로 제어한다. 즉, 상전류 위상 제어부(150)는 기준 상전류와 각각의 비교 상전류를 비교하여 위상 천이 보정값을 도출하고(S203), 각각 도출된 위상 천이 보정값을 이용하여 해당 비교 상전류에 대한 위상 천이를 제어한다(S204).

[59] 도 5를 참고하면, 상전류 위상 제어부(150)는 S204 단계에서, 기준 상전류 I_1과 비교 상전류 I_2, I_3의 크기를 비교한다(S204a). 이때, 상전류 위상 제어부(150)는 기준 상전류 I_1와 비교 상전류 I_2, I_3의 크기가 동일하면, 모든 상전류를 동일 위상으로 제어하므로 위상 천이 보정값 α, β를 '0'으로 한다(S204b).

[60] 반면에, 상전류 위상 제어부(150)는 기준 상전류 I_1과 비교 상전류 I_2, I_3의 크기가 동일하지 않으면, 각각의 상전류를 독립 위상으로 제어하므로 위상 천이 보정값 α, β를 증가 또는 감소시킨다.

[61] 즉, 상전류 위상 제어부(150)는 기준 상전류 I_1가 비교 상전류 I_2보다 크면(즉, $I_1 > I_2$)(S204c), 기준 상전류의 위상 'φ'에 위상 천이 보정값 'α'을 증가시킨 위상으로 위상 제어를 수행한다(S204d). 반면에, 상전류 위상 제어부(150)는 기준 상전류 I_1가 비교 상전류 I_2보다 작으면(즉, $I_1 < I_2$)(S204c), 기준 상전류의 위상 'φ'에 위상 천이 보정값 'α'을 감소시킨 위상으로 위상 제어를 수행한다(S204e). 마찬가지로, 상전류 위상 제어부(150)는 기준 상전류 I_1가 비교 상전류 I_3보다 크면(즉, $I_1 > I_3$)(S204f), 기준 상전류의 위상 'φ'에 위상 천이 보정값 'β'을 증가시킨 위상으로 위상 제어를 수행한다(S204g). 반면에, 상전류 위상 제어부(150)는 기준 상전류 I_1가 비교 상전류 I_3보다 작으면(즉, $I_1 < I_3$)(S204f), 기준 상전류의 위상 'φ'에 위상 천이 보정값 'β'을 감소시킨 위상으로 위상 제어를 수행한다(S204h).

[62] 이상에서 설명된 본 발명의 실시예는 예시적인 것에 불과하며, 본 발명이 속한 기술분야의 통상의 지식을 가진 자라면 이로부터 다양한 변형 및 균등한 타 실시예가 가능하다는 점을 잘 알 수 있을 것이다. 그럼으로 본 발명은 상기의 상세한 설명에서 언급되는 형태로만 한정되는 것은 아님을 잘 이해할 수 있을 것이다. 따라서 본 발명의 진정한 기술적 보호 범위는 첨부된 특허청구범위의 기술적 사상에 의해 정해져야 할 것이다. 또한, 본 발명은 첨부된 청구범위에 의해 정의되는 본 발명의 정신과 그 범위 내에 있는 모든 변형물과 균등물 및 대체물을 포함하는 것으로 이해되어야 한다.

청구범위

[청구항 1] 스위칭 소자가 포함된 적어도 하나 이상의 레그(leg)를 구비하는 DAB 컨버터;
상기 레그에 대해 각각의 상전류를 측정하는 상전류 측정부; 및
상기 각각의 상전류 중 어느 하나를 기준으로 삼고, 나머지 상전류를 기준이 되는 상전류와 비교함에 따라 각각의 상전류의 위상 차이를 보정하여 위상을 제어하는 상전류 위상 제어부;
를 포함하는 DAB 컨버터의 상전류 제어 장치.

[청구항 2] 제 1 항에 있어서,
상기 상전류 측정부는, 상기 각각의 상전류에 대한 RMS(Root Mean Square)를 확인하고, 상전류 위상 제어부는, 상기 각각의 상전류에 대한 RMS 편차를 이용하여 위상 제어 방식을 결정하는 것을 특징으로 하는 DAB 컨버터의 상전류 제어 장치.

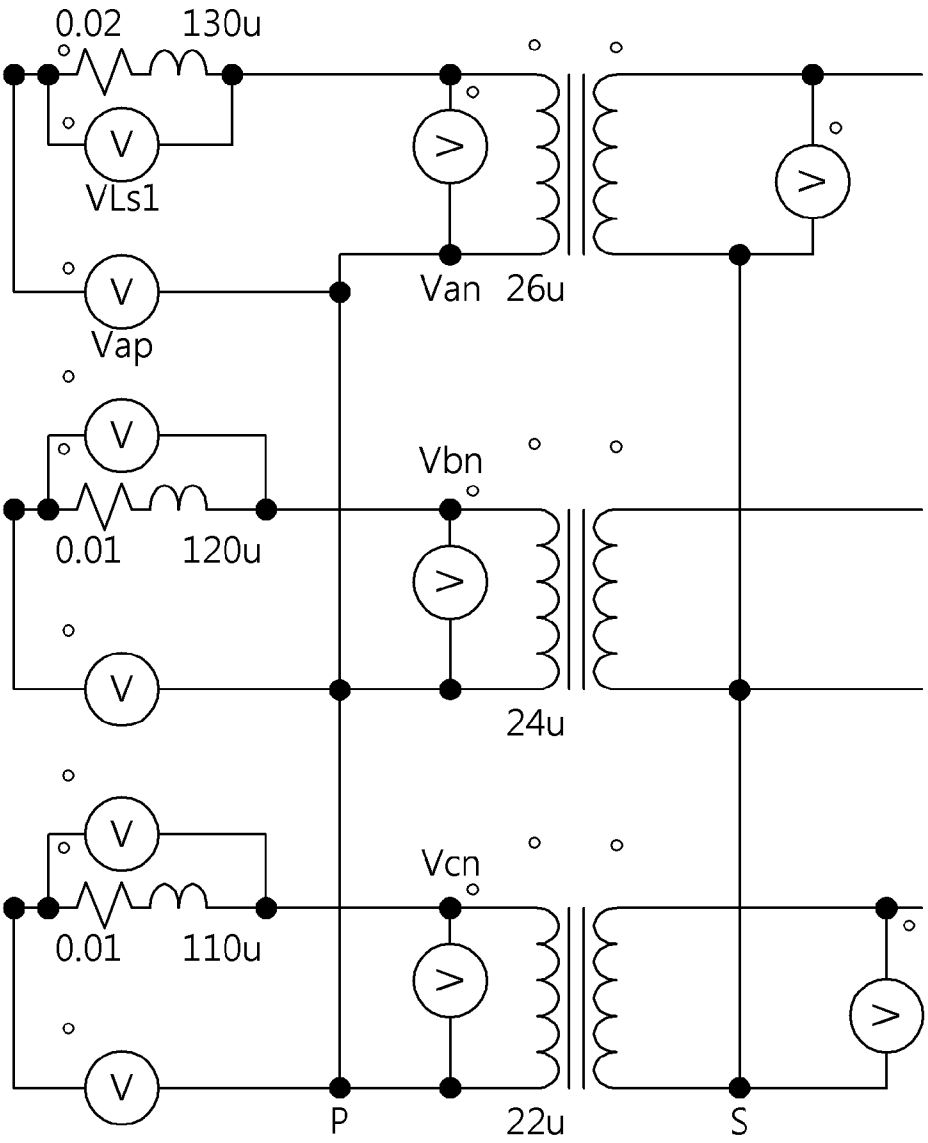
[청구항 3] 제 1 항에 있어서,
상기 DAB 컨버터는, 1차측에 제1-1 레그, 제1-2 레그, 제1-3 레그를 구비하고, 2차측에 제2-1 레그, 제2-2 레그, 제2-3 레그를 구비하며,
상기 상전류 위상 제어부는, 상기 제1-1 레그와 상기 제2-1 레그 사이의 상전류, 상기 제1-2 레그와 상기 제2-2 레그 사이의 상전류, 상기 제1-3 레그와 상기 2-3 레그 사이의 상전류 각각에 대해 위상 차이를 보정하여 위상을 제어하는 것을 특징으로 하는 DAB 컨버터의 상전류 제어 장치.

[청구항 4] DAB 컨버터의 레그별 상전류를 측정하는 단계;
상기 레그별 상전류 중 어느 하나를 기준으로 삼고, 나머지 상전류를 기준이 되는 상전류와 비교하여 각각의 상전류의 위상 차이 보정값을 도출하는 단계; 및
상기 위상 차이 보정값을 이용하여 상기 각각의 상전류에 대한 위상을 제어하는 단계;
를 포함하는 DAB 컨버터의 상전류 제어 방법.

[청구항 5] 제 4 항에 있어서,
상기 레그별 상전류의 측정 단계 이후에,
상기 DAB 컨버터의 레그별 상전류의 불균형을 확인하는 단계;를 더 포함하는 DAB 컨버터의 상전류 제어 방법.

[도1]

FIG. 1


0.02
130u
V
VLs1
V
Vap
Van
26u
V
Vbn
0.01
120u
V
24u
V
Vcn
0.01
110u
V
P
22u
S

[도2]

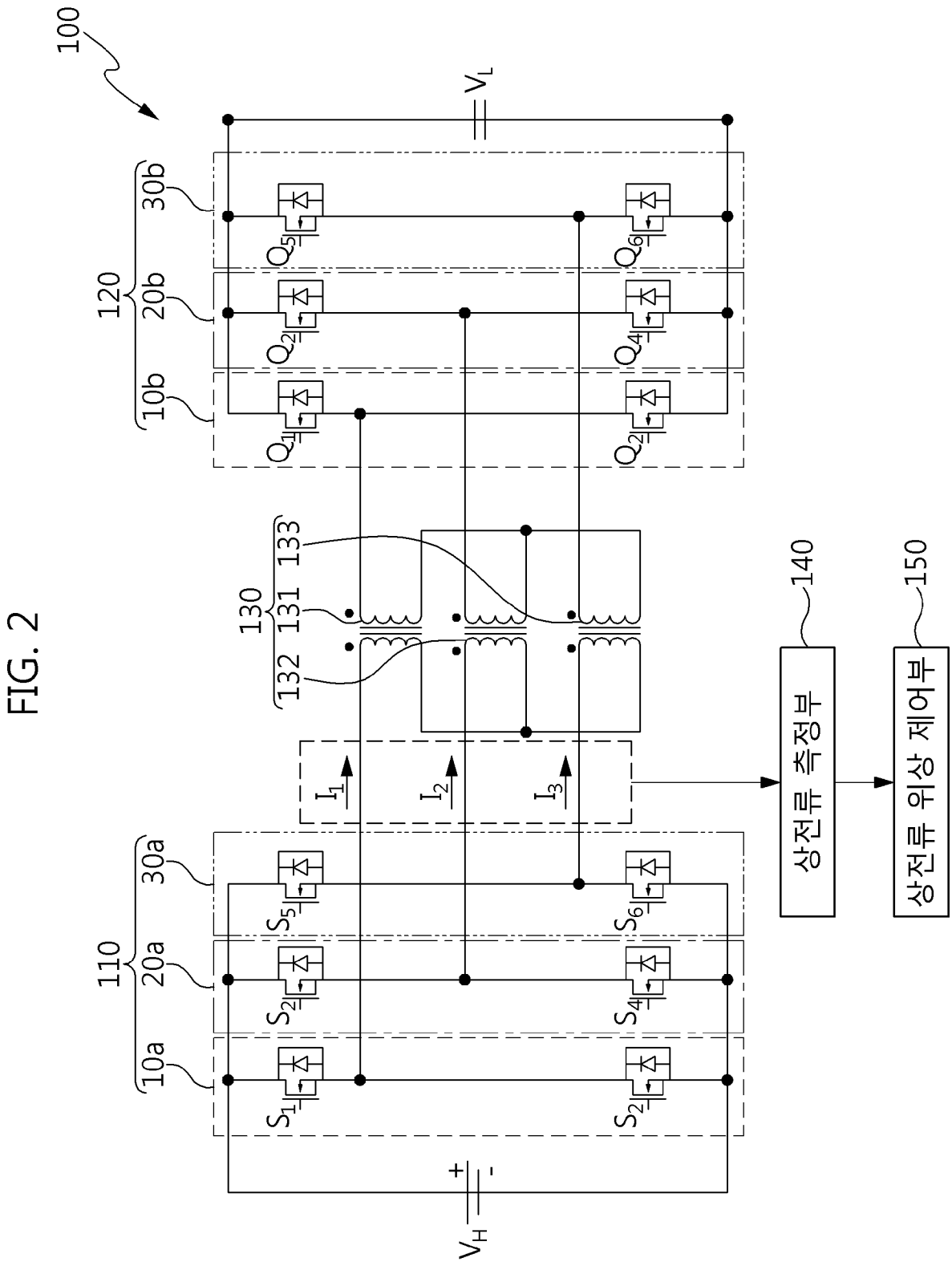
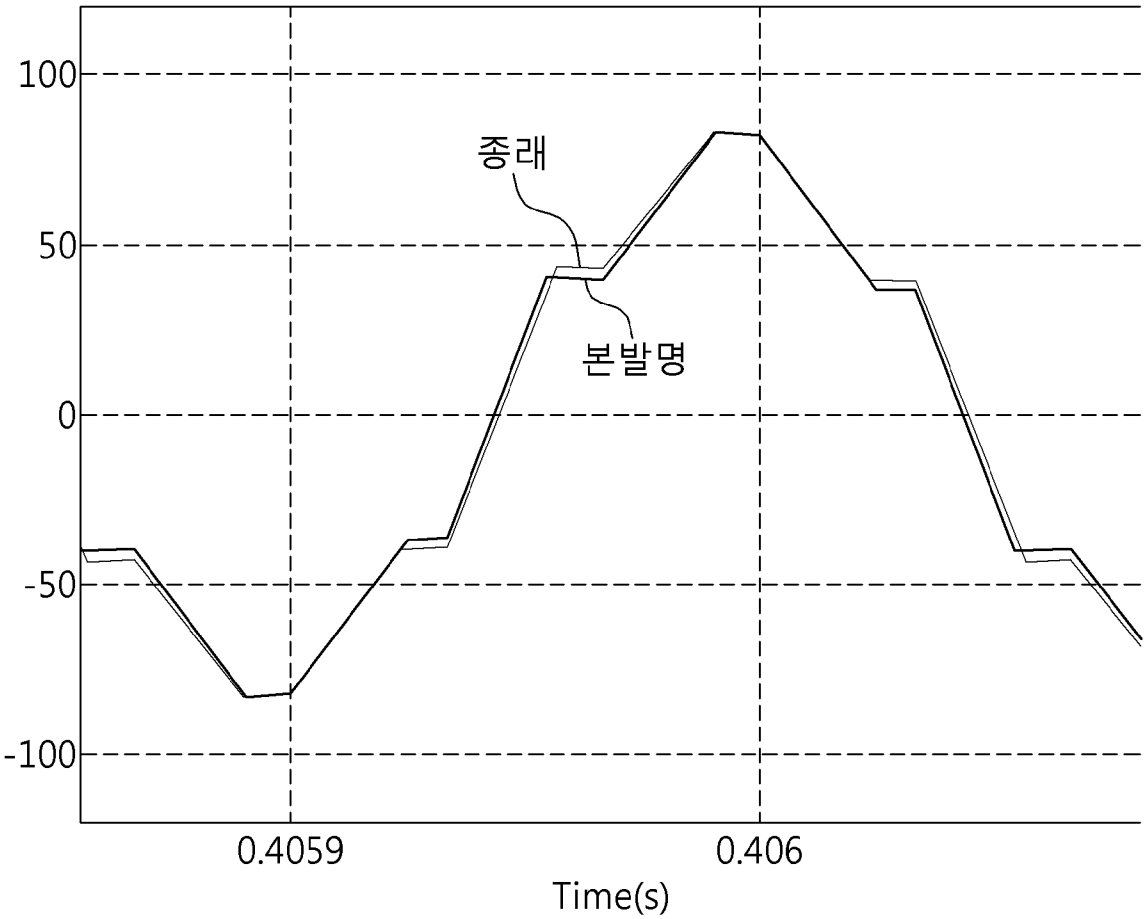

100
V_L
120
30b
20b
10b
Q_5
Q_6
Q_2
Q_4
Q_1
Q_2
130
131
132
133
I_1
I_2
I_3
140
상전류 측정부
150
상전류 위상 제어부
110
30a
20a
10a
S_5
S_6
S_2
S_4
S_1
S_2
+
-
V_H

FIG. 2

[도3a]

FIG. 3A



[도3b]

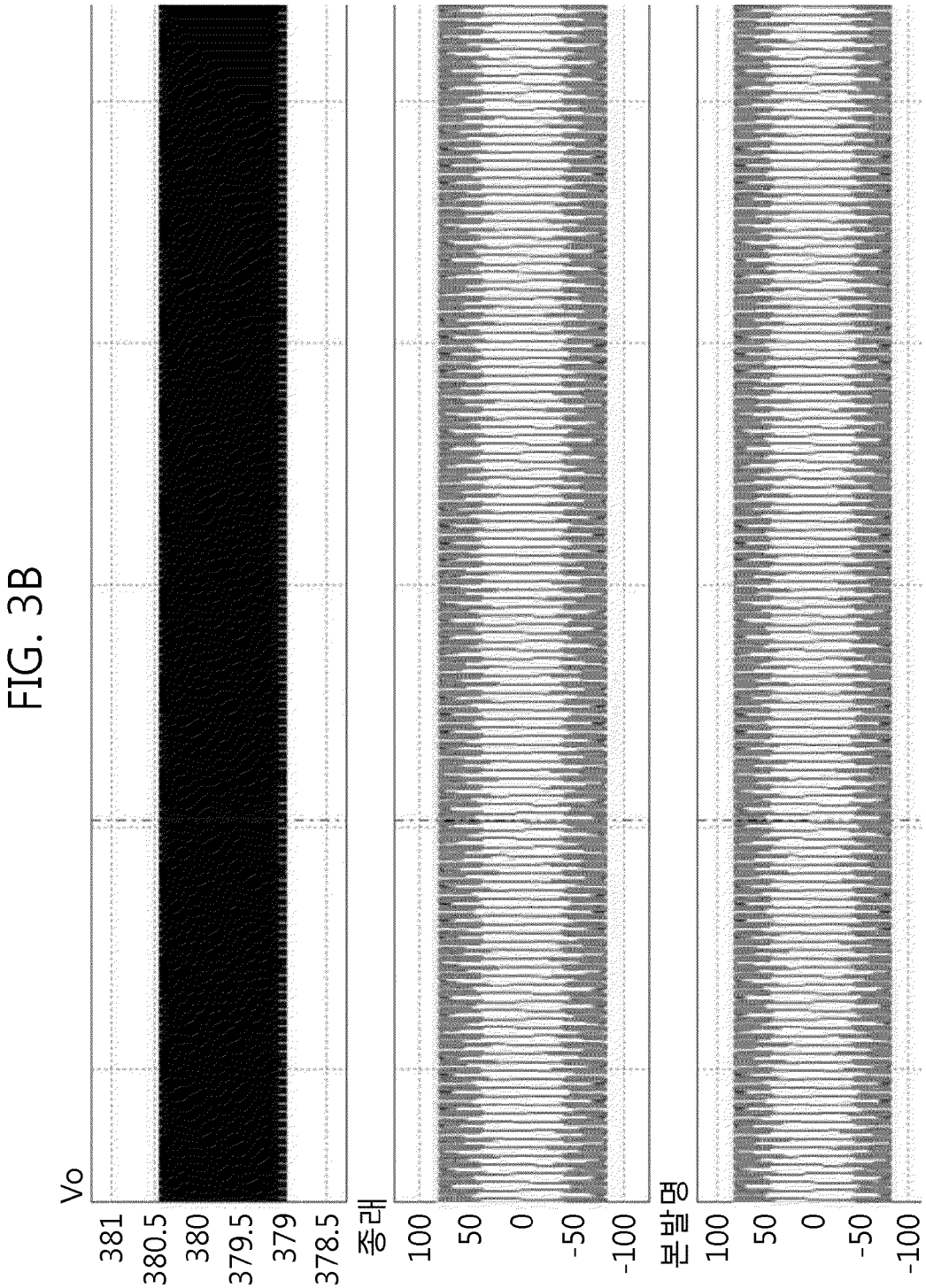
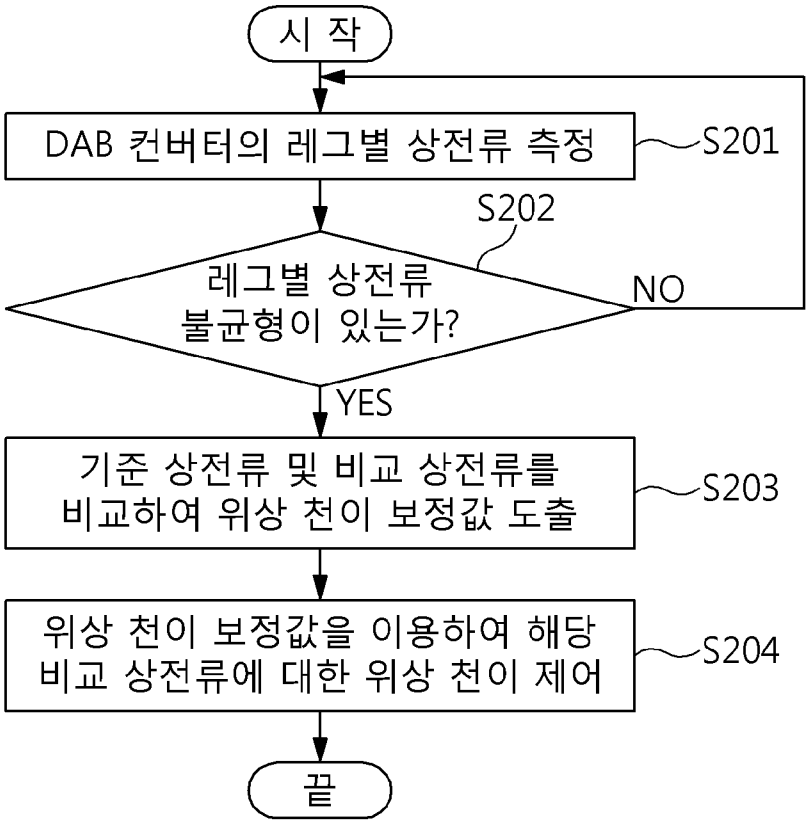

Vo
381
380.5
380
379.5
379
378.5
종래
100
50
0
-50
-100
본발명
100
50
0
-50
-100

FIG. 3B

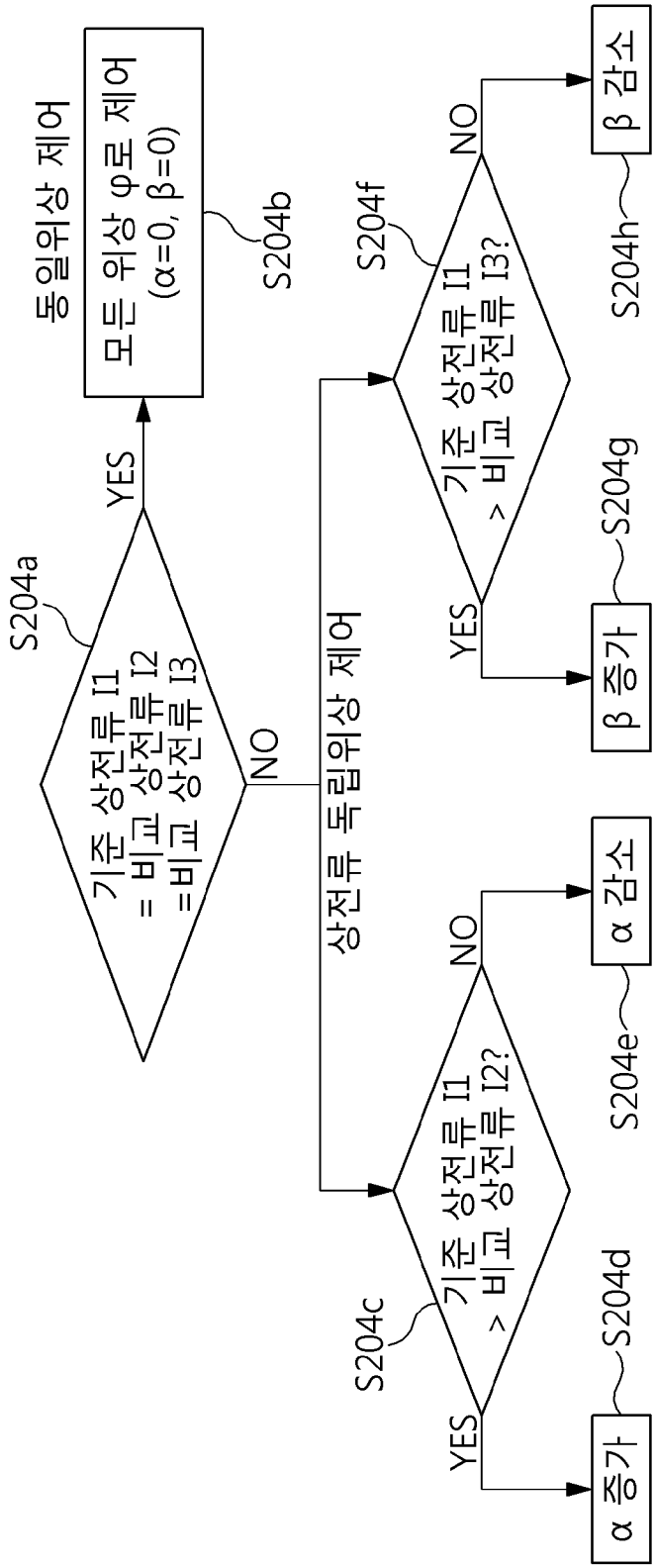
[도4]

FIG. 4


시 작
DAB 컨버터의 레그별 상전류 측정
S201
S202
레그별 상전류
불균형이 있는가?
NO
YES
기준 상전류 및 비교 상전류를
비교하여 위상 천이 보정값 도출
S203
위상 천이 보정값을 이용하여 해당
비교 상전류에 대한 위상 천이 제어
S204
끝

[도5]

FIG. 5


동일위상 제어
모든 위상 φ로 제어
(α=0, β=0)
S204b
S204a
기준 상전류 I1
= 비교 상전류 I2
=비교 상전류 I3
YES
NO
상전류 독립위상 제어
S204c
기준 상전류 I1
> 비교 상전류 I2?
YES
NO
S204d
α 증가
S204e
α 감소
S204f
기준 상전류 I1
> 비교 상전류 I3?
YES
NO
S204g
β 증가
S204h
β 감소

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/KR2016/013024

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H02M 3/335(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)

H02M 3/335; H02J 3/26; H02J 3/28; G05F 1/46; H02M 3/155; H02M 1/14; H02M 7/44

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: DAB converter, phase current measuring part, phase control part, imbalance

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	KR 10-2016-0034446 A (FOUNDATION FOR RESEARCH AND BUSINESS, SEOUL NATIONAL UNIVERSITY OF SCIENCE AND TECHNOLOGY) 30 March 2016 See paragraphs [0024], [0045]-[0051]; and figure 3.	1-5
A	KR 10-1126015 B1 (KOREA ELECTRIC POWER CORPORATION) 20 March 2012 See paragraphs [0047]-[0077]; and figures 6-7.	1-5
A	KR 10-2014-0135237 A (RHEINISCH-WESTFÄLISCHE TECHNISCHE HOCHSCHULE AACHEN) 25 November 2014 See paragraphs [0030]-[0039]; and figures 3-7.	1-5
A	US 2015-0092461 A1 (GE AVIATION SYSTEMS LLC.) 02 April 2015 See paragraphs [0018]-[0025]; and figures 1-2.	1-5
A	US 2014-0167711 A1 (THENUS, Fenardi et al.) 19 June 2014 See paragraphs [0013]-[0022]; and figures 2-6.	1-5

☐ 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
14 JULY 2017 (14.07.2017)	**17 JULY 2017 (17.07.2017)**

Name and mailing address of the ISA/KR	Authorized officer
Korean Intellectual Property Office Government Complex-Daejeon, 189 Seonsa-ro, Daejeon 302-701, Republic of Korea Facsimile No. +82-42-481-8578	Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/KR2016/013024

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member	Publication date
KR 10-2016-0034446 A	30/03/2016	NONE	
KR 10-1126015 B1	20/03/2012	NONE	
KR 10-2014-0135237 A	25/11/2014	CN 104170231 A	26/11/2014
		EP 2826139 A2	21/01/2015
		EP 2826139 B1	20/07/2016
		US 2015-0146455 A1	28/05/2015
		WO 2013-135811 A2	19/09/2013
		WO 2013-135811 A3	24/04/2014
US 2015-0092461 A1	02/04/2015	US 9425706 B2	23/08/2016
US 2014-0167711 A1	19/06/2014	CN 204046423 U	24/12/2014
		TW 201444258 A	16/11/2014
		TW 201611498 A	16/03/2016
		TW I506935 B	01/11/2015
		WO 2014-099034 A1	26/06/2014

국 제 조 사 보 고 서

국제출원번호
PCT/KR2016/013024

A. 발명이 속하는 기술분류(국제특허분류(IPC))

H02M 3/335(2006.01)i

B. 조사된 분야

조사된 최소문헌(국제특허분류를 기재)

H02M 3/335; H02J 3/26; H02J 3/28; G05F 1/46; H02M 3/155; H02M 1/14; H02M 7/44

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: DAB 컨버터, 상전류 측정부, 위상 제어부, 불균형

C. 관련 문헌

카테고리*	인용문헌명 및 관련 구절(해당하는 경우)의 기재	관련 청구항
X	KR 10-2016-0034446 A (서울과학기술대학교 산학협력단) 2016.03.30 단락 [0024], [0045]-[0051]; 및 도면 3 참조.	1-5
A	KR 10-1126015 B1 (한국전력공사) 2012.03.20 단락 [0047]-[0077]; 및 도면 6-7 참조.	1-5
A	KR 10-2014-0135237 A (레이니쉬-웨스트펠리쉐 테크니쉐 호크슐레 아아켄) 2014.11.25 단락 [0030]-[0039]; 및 도면 3-7 참조.	1-5
A	US 2015-0092461 A1 (GE AVIATION SYSTEMS LLC.) 2015.04.02 단락 [0018]-[0025]; 및 도면 1-2 참조.	1-5
A	US 2014-0167711 A1 (FENARDI THENUS 등) 2014.06.19 단락 [0013]-[0022]; 및 도면 2-6 참조.	1-5

☐ 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
2017년 07월 14일 (14.07.2017)	2017년 07월 17일 (17.07.2017)

ISA/KR의 명칭 및 우편주소
대한민국 특허청
(35208) 대전광역시 서구 청사로 189,
4동 (둔산동, 정부대전청사)
팩스 번호 +82-42-481-8578

심사관
박혜련
전화번호 +82-42-481-3463

국제조사보고서
대응특허에 관한 정보

국제출원번호
PCT/KR2016/013024

국제조사보고서에서 인용된 특허문헌	공개일	대응특허문헌	공개일
KR 10-2016-0034446 A	2016/03/30	없음	
KR 10-1126015 B1	2012/03/20	없음	
KR 10-2014-0135237 A	2014/11/25	CN 104170231 A	2014/11/26
		EP 2826139 A2	2015/01/21
		EP 2826139 B1	2016/07/20
		US 2015-0146455 A1	2015/05/28
		WO 2013-135811 A2	2013/09/19
		WO 2013-135811 A3	2014/04/24
US 2015-0092461 A1	2015/04/02	US 9425706 B2	2016/08/23
US 2014-0167711 A1	2014/06/19	CN 204046423 U	2014/12/24
		TW 201444258 A	2014/11/16
		TW 201611498 A	2016/03/16
		TW I506935 B	2015/11/01
		WO 2014-099034 A1	2014/06/26