

(12) 특허협력조약에 의하여 공개된 국제출원

(19) 세계지식재산권기구
국제사무국



(10) 국제공개번호

(43) 국제공개일

2020년 5월 22일 (22.05.2020)

WIPO | PCT

WO 2020/101320 A1

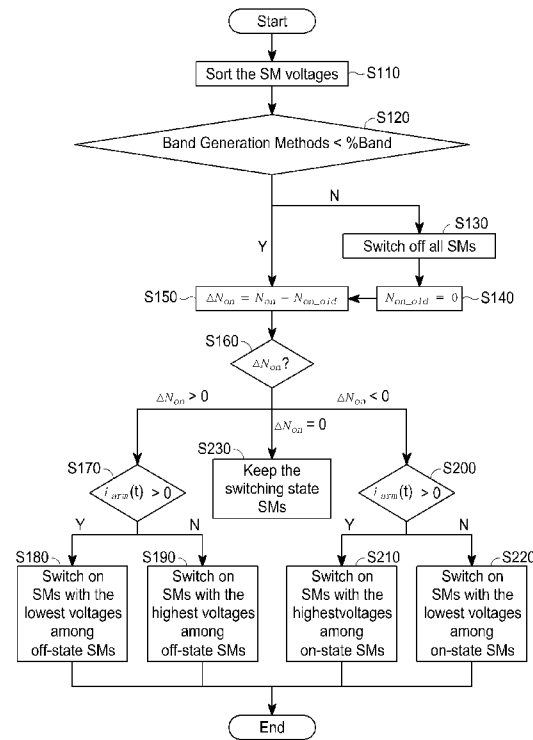
- (51) 국제특허분류: H02M 7/483 (2007.01)
- (21) 국제출원번호: PCT/KR2019/015329
- (22) 국제출원일: 2019년 11월 12일 (12.11.2019)
- (25) 출원언어: 한국어
- (26) 공개언어: 한국어
- (30) 우선권정보: 10-2018-0139549 2018년 11월 14일 (14.11.2018)KR
- (71) 출원인: 한국전기연구원 (KOREA ELECTRO TECHNOLOGY RESEARCH INSTITUTE) [KR/KR]; 51543 경상남도 창원시 성산구 불모산로10번길 12(성주동), Gyeongsangnam-do (KR).
- (72) 발명자: 강대욱 (KANG, Dae Wook); 51475 경상남도 창원시 성산구 창원대로1209번길 22 프리빌리지2차아파트 211동 1701호, Gyeongsangnam-do (KR). 이종필 (LEE, Jong Pil); 51655 경상남도 창원시 진해구 천자로

13 뉴중앙하이츠아파트 가동 313호, Gyeongsangnam-do (KR). 이준민 (LEE, Jun Min); 51515 경상남도 창원시 성산구 용지로 110 동광뷰엘 1323호, Gyeongsangnam-do (KR). 김태진 (KIM, Tae Jin); 46233 부산시 금정구 금강로 502 롯데캐슬골드아파트 304동 1701호, Busan (KR).

- (74) 대리인: 특허법인 주원 (B&IP-JOOWON PATENT AND LAW FIRM); 06050 서울시 강남구 언주로 711, 건설회관 9층 (논현동), 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,

(54) Title: METHOD FOR CONTROLLING VOLTAGE OF CAPACITOR OF MODULAR MULTILEVEL CONVERTER SUB-MODULE, AND RECORDING MEDIUM IN WHICH COMPUTER-READABLE PROGRAM FOR EXECUTING SAID METHOD IS RECORDED

(54) 발명의 명칭: 모듈러 멀티레벨 컨버터 서브모듈의 커패시터 전압 조정 방법 및 상기 방법을 실행시키기 위한 컴퓨터 판독 가능한 프로그램을 기록한 기록 매체



(57) Abstract: Provided is a method comprising the steps of: determining whether capacitor voltages of the submodules of a modular multilevel converter are within a predetermined allowable range; when the capacitor voltages are outside the allowable range, turning off charging/discharging switches for all submodules to be charging/discharging; comparing a predetermined reference switch-on number with a current switch-on number, which is the number of switches currently turned on among the charging/discharging switches for the submodules; and when the reference switch-on number is greater than the current switch-on number, turning on switches selected from currently turned-off charging/discharging switches for the corresponding submodules on a predetermined switch-on basis of the difference obtained by subtracting the current switch-on number from the reference switch-on number, and when the reference switch-on number is smaller than the current switch-on number, turning off switches selected from currently turned-on charging/discharging switches for the corresponding submodules on a predetermined switch-off basis of the difference obtained by subtracting the reference switch-on number from the current switch-on number.

(57) 요약서: 모듈러 멀티레벨 컨버터의 서브모듈들의 커패시터 전압이 미리 설정된 허용 범위 내에 있는지를 판단하는 단계, 커패시터 전압이 허용 범위 외에 있는 경우 충방전을 수행하는 모든 서브모듈들의 충방전 스위치를 개방하는 단계, 미리 설정된 기준 스위치 단락 갯수와 서브모듈들의 충방전 스위치 중 현재 단락중인 현재 스위치 단락 갯수를 비교하는 단계, 및 기준 스위치 단락 갯수가 현재 스위치 단락 갯수보다 큰 경우 현재 개방된 서브모듈의 충방전 스위치 중에서 기준 스위치 단락 갯수에서 현재 스위치 단락 갯수의 차만큼의 미리 설정된 단락 기준에 따라 선택된 스위치들을 단락하고, 기준 스위치 단락 갯수가 현재 스위치 단락 갯수보다 작은 경우 현재 단락된 서브모듈의 충방전 스위치 중에서 현재 스위치 단락 갯수에서 기준 스위치 단락 갯수의 차만큼의 미리 설정된 개방 기준에 따라 선택된 스위치들을 개방하는 단계를 포함한다.

WO 2020/101320 A1

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 역
내 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), 유
럽 (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: 모듈러 멀티레벨 컨버터 서브모듈의 커패시터 전압 조정 방법 및 상기 방법을 실행시키기 위한 컴퓨터 판독 가능한 프로그램을 기록한 기록 매체

기술분야

[1] 본 발명은 전력 변환 시스템에 관한 것으로서, 더욱 상세하게는 모듈러 멀티레벨 컨버터 서브모듈의 커패시터 전압을 효과적으로 조정하기 위한 방법에 관한 것이다.

[2]

배경기술

[3] 최근 고압, 대용량 컨버터 분야에서 모듈러 멀티레벨 컨버터(Modular Multilevel Converter; MMC)가 관심을 받으며 활발한 연구가 진행되고 있다. 모듈러 멀티레벨 컨버터(MMC)는 많은 수의 서브 모듈이 직렬로 연결되므로 전압 레벨 확장이 용이하며, 낮은 스위칭 주파수에서도 높은 전압 레벨로 인해 우수한 출력을 얻을 수 있는 장점으로 고압 직류(HVDC) 송전, 무효 전력 보상기(STATCOM), 모터 드라이브 분야에 활용되고 있다.

[4]

[5] 도 1은 모듈러 멀티레벨 컨버터(MMC)의 서브 모듈을 설명하기 위한 하프 브릿지 컨버터의 회로도이다. 도 1에 나타난 것처럼, 하프 브릿지 컨버터는 상보적으로 동작하는 IGBT 스위치 2개와 에너지를 저장하기 위한 커패시터로 구성된다.

[6] 암 전류 방향이 양(Positive)일 경우, 스위치 S1이 턴-온 시 암 전류가 환류 다이오드 D1을 거쳐 커패시터로 흐르므로 커패시터가 충전된다. 스위치 S2가 턴-온 시 커패시터를 우회하므로 커패시터 전압은 변동하지 않는다.

[7] 반대로 암 전류 방향이 음(Negative)일 경우, 스위치 S1이 턴-온 시 암 전류가 커패시터로 흐르므로 커패시터가 방전되며, 스위치 S2가 턴-온 시 암 전류는 환류 다이오드 D2로 흘러 커패시터를 우회하므로 커패시터 전압의 변동은 없다. 따라서, 스위치 S1이 턴-온 될 때 암 전류의 방향에 따라 커패시터의 충전 및 방전이 결정된다.

[8]

[9] 도 2는 모듈러 멀티레벨 컨버터(MMC)의 구성을 설명하기 위한 회로도이다. 도 2에 나타난 것처럼, 직렬 연결된 N개의 서브 모듈(11)과 암 인덕터(12)가 연결되어 암(A절점-B절점)을 구성하고, 교류 출력단을 기준으로 2개의 암이 연결되어 하나의 레그(A절점-C절점)를 구성한다.

[10] 암 인덕터(12)는 단락 사고 시 단락 전류의 급격한 상승을 방지하는 역할을 한다. 각 서브 모듈 커패시터 전압은 직류단 전압을 N 등분한 크기를 가지며, 한

암에서 출력되는 전압은 암을 구성하는 각 서브 모듈의 출력전압의 합과 같다.

[11]

[12] 이와 같은 모듈러 멀티레벨 컨버터에서는 서브모듈 커패시터들의 전압 밸런싱을 유지하는 것이 매우 중요하다. 왜냐하면, 밸런싱이 유지되지 않아 다수의 커패시터 중 일부에만 큰 전압이 인가되는 경우, 과전압이 인가되는 커패시터가 빨리 손상되어 컨버터의 전체의 고장으로 이어질 수 있기 때문이다.

[13]

이를 방지하기 위해 컨버터의 제어 시스템에서는 서브모듈 커패시터들의 전압을 조정하여 커패시터들의 전압 밸런싱을 수행하고 있으며, 이를 위해 커패시터 전압들의 정렬하는 과정을 수행한다.

[14]

도 3은 서브모듈 커패시터의 전압 밸런싱을 위한 종래 커패시터 전압 정렬 방법의 일 예가 도시된 개략적인 흐름도이다. 도 3에 도시된 방법은 Full Sorting Method으로서, 전체 서브모듈 커패시터들의 전압을 계속적으로 크기별로 정렬하고 정렬된 순서에 따라 커패시터의 충전전을 수행하는 스위치의 스위칭을 수행하는 방법이다.

[15]

[16] 그러나, 이와 같이 서브모듈들의 스위치를 계속적으로 스위칭하는 경우, 스위칭 손실로 인해 컨버터의 전력 변환 효율이 급격하게 떨어지게 된다. 즉, 모듈러 멀티레벨 컨버터의 서브모듈 커패시터를 보호하기 위해서는 커패시터들의 전압 밸런싱을 유지하여야 하지만, 커패시터들의 전압 밸런싱을 유지하기 위해 서브모듈 스위치의 스위칭을 빈번히 수행하는 경우 스위칭 손실로 인해 전력 변환의 효율이 떨어지는 문제가 발생하게 된다.

[17]

발명의 상세한 설명

기술적 과제

[18]

본 발명은 상술한 종래의 문제점을 해결하기 위해 안출된 것으로서, 모듈러 멀티레벨 컨버터 서브모듈 커패시터들 사이에 전압 밸런싱을 유지하여 고가의 커패시터들을 보호하면서도, 컨버터의 전력 변환 효율을 높게 유지할 수 있는 모듈러 멀티레벨 컨버터 서브모듈의 커패시터 전압 조정 방법을 제공하는 것을 목적으로 한다.

[19]

과제 해결 수단

[20]

상기 목적을 달성하기 위해 본 발명에 따른 모듈러 멀티레벨 컨버터 서브모듈의 커패시터 전압 조정 시스템이 수행하는 서브모듈의 커패시터 전압 조정 방법은, 모듈러 멀티레벨 컨버터의 서브모듈들의 커패시터 전압이 미리 설정된 허용 범위 내에 있는지를 판단하는 단계, 커패시터 전압이 허용 범위 외에 있는 경우 충전전을 수행하는 모든 서브모듈들의 충전전 스위치를 개방하는 단계, 미리 설정된 기준 스위치 단락 갯수와 서브모듈들의 충전전

스위치 중 현재 단락중인 현재 스위치 단락 갯수를 비교하는 단계. 및 기준 스위치 단락 갯수가 현재 스위치 단락 갯수보다 큰 경우 현재 개방된 서브모듈의 충방전 스위치 중에서 기준 스위치 단락 갯수에서 현재 스위치 단락 갯수의 차만큼의 미리 설정된 단락 기준에 따라 선택된 스위치들을 단락하고, 기준 스위치 단락 갯수가 현재 스위치 단락 갯수보다 작은 경우 현재 단락된 서브모듈의 충방전 스위치 중에서 현재 스위치 단락 갯수에서 기준 스위치 단락 갯수의 차만큼의 미리 설정된 개방 기준에 따라 선택된 스위치들을 개방하는 단계를 포함한다.

[21] 이와 같은 구성에 의하면, 커패시터 전압에 대한 허용 범위를 설정하여 커패시터에 인가되는 전압 크기를 제한하면서, 전체가 아닌 일정 조건에 해당하는 일부 커패시터에 대해서만 전압 조정을 수행하게 된다. 이에 따라, 고가의 커패시터들을 보호하면서도 전체적인 스위칭 횟수를 줄여 컨버터의 전력 변환 효율 또한 높게 유지할 수 있게 된다.

[22]

[23] 이때, 미리 설정된 단락 기준은 모듈러 멀티레벨 컨버터의 암전류가 커패시터를 충전시키는 방향인 경우 커패시터 전압이 작은 순서이고, 모듈러 멀티레벨 컨버터의 암전류가 커패시터를 방전시키는 방향인 경우 커패시터 전압이 큰 순서일 수 있다. 또한, 미리 설정된 개방 기준은 모듈러 멀티레벨 컨버터의 암전류가 커패시터를 충전시키는 방향인 경우 커패시터 전압이 큰 순서이고, 모듈러 멀티레벨 컨버터의 암전류가 커패시터를 방전시키는 방향인 경우 커패시터 전압이 작은 순서일 수 있다.

[24] 이와 같은 구성에 의하면, 커패시터의 충방전을 위한 스위치의 개방이나 단락이 필요한 경우, 암전류 방향에 따라 적절한 스위치를 개방 또는 단락시킴으로써, 허용 범위 내에서도 전압 밸런싱을 수행할 수 있게 된다.

[25]

[26] 또한, 허용 범위는 커패시터 전압 중 최대값의 크기를 이용하여 설정될 수 있으며, 특히, 커패시터 전압 중 최소값의 크기를 더 이용하여 설정될 수 있다.

[27]

[28] 또한, 커패시터 전압 중 최대값과 미리 설정된 비교값의 차를 이용하여 설정될 수 있으며, 이때, 비교값은 커패시터 전압들의 평균값일 수 있다.

[29]

[30] 또한, 기준 스위치 단락 갯수는 모듈러 멀티레벨 컨버터의 출력 전압의 제어를 위해 모듈러 멀티레벨 컨버터의 제어 시스템에서 산출된 값일 수 있다.

[31]

[32]

발명의 효과

[33] 본 발명에 의하면, 이와 같은 구성에 의하면, 커패시터 전압에 대한 허용 범위를

설정하여 커패시터에 인가되는 전압 크기를 제한하면서, 전체가 아닌 일정 조건에 해당하는 일부 커패시터에 대해서만 전압 조정을 수행하게 된다. 이에 따라, 고가의 커패시터들을 보호하면서도 전체적인 스위칭 횟수를 줄여 컨버터의 전력 변환 효율 또한 높게 유지할 수 있게 된다.

[34]

[35] 또한, 커패시터의 충방전을 위한 스위치의 개방이나 단락이 필요한 경우, 압전류 방향에 따라 적절한 스위치를 개방 또는 단락시킴으로써, 허용 범위 내에서도 전압 밸런싱을 수행할 수 있게 된다.

[36]

도면의 간단한 설명

[37] 도 1은 모듈러 멀티레벨 컨버터(MMC)의 서브 모듈을 설명하기 위한 하프 브릿지 컨버터의 회로도.

[38] 도 2는 모듈러 멀티레벨 컨버터(MMC)의 구성을 설명하기 위한 회로도.

[39] 도 3은 서브모듈 커패시터의 전압 밸런싱을 위한 종래 커패시터 전압 정렬 방법의 일 예가 도시된 개략적인 흐름도.

[40] 도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 모듈러 멀티레벨 컨버터 서브모듈의 커패시터 전압 조정 방법을 수행하기 위한 개략적인 흐름도.

[41] 도 5는 도 4의 일 구현예의 개략적인 흐름도.

[42] 도 6은 컨버터에서의 전력 변환을 위한 기준 스위치 단락 갯수가 전달되는 예가 도시된 도면.

[43] 도 7 내지 도 14은 종래 ATB 방식과 본 발명의 방식을 암당 432개 서브모듈을 가지는 MMC HILS(Hardware In the Loop Simulation) 시스템에 구현하여 실험한 파형을 도시한 도면.

[44] 도 15는 ATB 방식과 본 발명에서 제안한 방식에 대한 %band에 따른 평균 스위칭 주파수를 나타낸 그래프.

[45] 도 16 및 도 17은 ATB 방식과 본 발명에서 제안한 방식에 의한 서브 모듈 커패시터 전압 파형을 확대하여 도시한 도면.

[46]

발명의 실시를 위한 형태

[47] 이하, 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 바람직한 실시예를 설명한다.

[48] 도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 모듈러 멀티레벨 컨버터 서브모듈의 커패시터 전압 조정 방법을 수행하기 위한 개략적인 흐름도이고, 도 5는 도 4의 일 구현예의 개략적인 흐름도이다. 도 4 및 도 5에서, 커패시터 전압 조정은 모듈러 멀티레벨 컨버터 제어 시스템에 포함되는 커패시터 전압 조정 시스템에 의해 수행될 수 있다. 이 경우, 커패시터 전압 조정 시스템은 하드웨어만으로 구현될 수 있으며, 하드웨어 및 하드웨어상에서 동작하는 소프트웨어로 함께 구현될 수도 있을 것이다.

- [49] 도 4 및 도 5에서, V_{cap_max} 는 Maximum Voltage of SM(Sub-Module) Capacitors, V_{cap_avr} 는 Average Voltage of SM Capacitors, %band는 Percentage of Tolerance Band, N은 Number of SM, N_{on} 은 Number of SM for Switching on, N_{on_old} 는 Previous number of SM for Switching on, $i_{arm}(t)$ 는 Current of Arm을 각각 의미한다.
- [50]
- [51] 먼저, 모듈러 멀티레벨 컨버터 서브모듈의 커패시터 전압 조정 시스템은 서브모듈의 커패시터 전압을 그 크기에 따라 정렬하고(S110), 커패시터 전압이 미리 설정된 허용 범위 내에 있는지를 판단한다(S120).
- [52] 도 5에서 허용 범위와 비교되는 결정값으로 커패시터 전압의 특정 연산값이 예시되었지만 결정값은 다른 어떤 단수 또는 복수의 값으로 미리 결정될 수 있고, 이에 대응하여 다른 허용 범위가 설정될 수 있다.
- [53] 이때, 허용 범위는 커패시터 전압 중 최대값의 크기를 이용하여 설정될 수 있으며, 특히, 커패시터 전압 중 최소값의 크기를 더 이용하여 설정될 수 있다. 예를 들어, 커패시터 전압이 미리 설정된 최소값보다는 크고 미리 설정된 최대값보다는 작은 범위로 설정될 수 있다.
- [54] 또한, 커패시터 전압 중 최대값과 미리 설정된 비교값의 차를 이용하여 설정될 수 있으며, 이때, 비교값은 커패시터 전압들의 평균값일 수 있다. 즉, 도 5에서 도시된 예에서와 같이, 허용 범위는 평균 전압을 사용한 밴드를 사용할 수도 있지만, 다른 특정한 값을 갖는 밴드를 사용할 수도 있다.
- [55]
- [56] 판단 결과, 커패시터 전압이 허용 범위 밖에 있는 경우 충전전을 수행하는 모든 서브모듈들의 충전전 스위치를 개방하고(S130), 현재 단락된 스위치의 수를 '0'으로 설정한다(S140). 이어서, 미리 설정된 기준 스위치 단락 갯수와 서브모듈들의 충전전 스위치 중 현재 단락중인 현재 스위치 단락 갯수를 비교하고(S150), 어느 쪽이 큰지를 판단한다(S160).
- [57] 충전전 스위치는 서브모듈에 위치하는 스위치 중 직접 충전전을 수행하는 스위치로서, 도 1의 경우 상보적으로 동작하는 두 개의 스위치 S_1 과 S_2 중 S_1 을 의미한다.
- [58] 이때, 기준 스위치 단락 갯수는 모듈러 멀티레벨 컨버터의 출력 전압의 제어를 위해 모듈러 멀티레벨 컨버터의 제어 시스템에서 산출된 값일 수 있다. 도 6은 컨버터에서의 전력 변환을 위한 기준 스위치 단락 갯수가 전달되는 예가 도시된 도면이다.
- [59] 도 6에는, 모듈러 멀티레벨 컨버터의 제어 시스템이 기준 스위치 단락 갯수를 산출하여 커패시터 전압 조정 시스템으로 전송하고, 커패시터 전압 조정 시스템이 전달된 갯수 정보를 이용하여 서브모듈 스위치의 게이팅 신호를 생성하는 예가 도시되어 있다.
- [60] 보다 구체적으로, 전력 변환을 위한 기준 전압(Voltage Reference)이 전달되는 경우, 컨버터의 제어 시스템의 기준 스위치 단락 갯수 생성 모듈(Phase-Shifted

Carrier 또는 NLC)은 기준 스위치 단락 갯수(N_{on})를 생성하고 이를 전달받은 커패시터 전압 조정 시스템의 선택 알고리즘(Selection Algorithm)이 단락 또는 개방될 서브모듈의 스위치를 선택하여 게이팅 신호(Gating Signal)를 전달하는 예가 도시되어 있다.

[61]

[62] 비교 결과, 기준 스위치 단락 갯수가 상기 현재 스위치 단락 갯수보다 큰 경우 현재 개방된 서브모듈의 충전 스위치 중에서 기준 스위치 단락 갯수에서 현재 스위치 단락 갯수의 차만큼의 미리 설정된 단락 기준에 따라 선택된 스위치들을 단락한다.

[63] 이를 위해, 모듈러 멀티레벨 컨버터의 암전류의 방향을 판단하며(S170), 모듈러 멀티레벨 컨버터의 암전류가 커패시터를 충전시키는 방향인 경우 커패시터 전압이 작은 순서로 스위치를 단락 시키고(S180), 모듈러 멀티레벨 컨버터의 암전류가 커패시터를 방전시키는 방향인 경우 커패시터 전압이 큰 순서로 스위치를 단락 시킨다(S190).

[64]

[65] 또한, 비교 결과, 기준 스위치 단락 갯수가 현재 스위치 단락 갯수보다 작은 경우에는 현재 단락된 서브모듈의 충전 스위치 중에서 현재 스위치 단락 갯수에서 기준 스위치 단락 갯수의 차만큼의 미리 설정된 개방 기준에 따라 선택된 스위치들을 개방한다.

[66] 이를 위해, 모듈러 멀티레벨 컨버터의 암전류 방향을 판단하며(S200), 모듈러 멀티레벨 컨버터의 암전류가 커패시터를 충전시키는 방향인 경우 커패시터 전압이 큰 순서로 스위치를 개방시키고(S210), 모듈러 멀티레벨 컨버터의 암전류가 커패시터를 방전시키는 방향인 경우 커패시터 전압이 작은 순서로 스위치를 개방 있다(S220).

[67]

[68] 마지막으로, 비교 결과, 기준 스위치 단락 갯수와 현재 스위치 단락 갯수가 동일한 경우, 서브모듈의 현재의 스위칭 상태를 유지한다(S230).

[69]

[70] 도 7 내지 도 14는 종래 ATB 방식과 본 발명의 방식을 암당 432개 서브모듈을 가지는 MMC HILS(Hardware In the Loop Simulation) 시스템에 구현하여 실험한 파형을 도시한 도면이다.

[71] 보다 구체적으로, 도 7과 도 8은 Tolerance Band가 4%일 때, ATB 방식과 본원 발명의 방식에 의한 서브 모듈 커패시터 전압 파형을 각각 도시한 도면이고, 도 9 및 도 10은 순환 전류 파형을 각각 도시한 도면이다.

[72] 또한, 도 11 및 도 12는 Tolerance Band가 8%일 때, ATB 방식과 본원 발명의 방식에 의한 서브 모듈 커패시터 전압 파형을 각각 도시한 도면이고, 도 13 및 도 14는 순환 전류 파형을 각각 도시한 도면이다.

[73]

- [74] ATB(Average Tolerance) 방식은 역시 종래 Full Sorting Method를 개선하기 위해 제안된 방식으로서, 서브모듈 커패시터 전압이 특정한 밴드를 벗어나면 소팅을 하고, 새로운 소팅 리스트를 사용하여 스위칭을 하게 되며, 특정한 밴드를 벗어나지 않으면 기존 소팅 리스트를 사용하여 스위칭이 일어나도록 하는 방식이다.
- [75] ATB 방식은 허용 범위(Tolerance Band)를 두어 커패시터 전압의 리플을 제한하면서 스위칭 주파수를 줄일 수 있는 장점이 있지만, 커패시터 전압이 허용 밴드 안에 있을 때 기존 소팅 리스트를 사용하게 되므로, 현재의 전압 값을 반영하지 못하여 스위치가 온 되어 있는 서브모듈의 커패시터 전압이 허용 밴드에 도달되는 횟수가 상대적으로 증가하는 단점을 가진다.
- [76]
- [77] 도 7 내지 도 14에서, 본 발명에서 제안한 방식의 경우에서 순환전류 리플이 감소하는 것을 확인할 수 있다. 도 15는 ATB 방식과 본 발명에서 제안한 방식에 대한 %band에 따른 평균 스위칭 주파수를 나타낸 그래프이다. 도 15에서, 본원 발명의 방식에서, 기존 ATB 방식보다 대략 20% 전후로 스위칭 주파수가 감소하는 것을 확인할 수 있다.
- [78] 종래 ATB 기술에서는 커패시터 전압이 허용 밴드 안에 있을 때에 소팅 리스트를 업데이트 하지 않지만 제안한 방식에서는 허용 밴드 안에 있을 때에도 소팅 리스트를 업데이트하여 전류 방향과 스위칭 상태에 따라 스위칭을 계속 하게 되어 허용 밴드를 벗어나는 커패시터 전압의 횟수를 적게 만들어서 평균 스위칭 주파수를 줄이고 순환전류 리플과 DC-링크 전압 리플을 감소시키게 되는 것이다.
- [79]
- [80] 도 16 및 도 17은 ATB 방식과 본 발명에서 제안한 방식에 의한 서브 모듈 커패시터 전압 파형을 확대하여 도시한 도면이다. 도 16 및 도 17에서 본 발명의 경우에서 정렬이 발생하는 횟수가 감소하는 것을 확인할 수 있다.
- [81]
- [82] 정리하자면, 본 발명에서는, 밴드를 벗어나면 정렬(Sorting)을 통해 캐패시터 전압이 가장 작은 SM 혹은 가장 큰 SM부터 스위칭하고, 밴드를 벗어나지 않을 경우에는 정렬(Sorting)을 하지 않고 기존에 정렬된 상태에서 스위칭을 하는 기존의 ATB 방식에 비해, 제안한 방식은 밴드를 벗어나지 않을 때에도 켜거나 꺼야 할 SM 중에서 캐패시터 전압을 계속 정렬(Sorting)하여 전압이 가장 작은 서브모듈(SM) 혹은 가장 큰 서브모듈(SM) 부터 스위칭 한다.
- [83] 따라서, 기존 방식에 비해 전압 밸런싱이 골고루 이루어지기 때문에 순환전류의 크기와 DC-링크 리플이 작아지는 효과를 얻을 수 있으며 또한 밴드에 도달하는 속도가 상대적으로 느리기 때문에 스위칭 주파수가 감소하게 된다. 또한, 스위칭 주파수를 줄일 수 있으므로 시스템의 손실을 감소시킬 수 있게 된다.

[84]

[85] 본 발명이 비록 일부 바람직한 실시예에 의해 설명되었지만, 본 발명의 범위는 이에 의해 제한되어서는 아니 되고, 특허청구범위에 의해 뒷받침되는 상기 실시예의 변형이나 개량에도 미쳐야 할 것이다.

[86]

청구범위

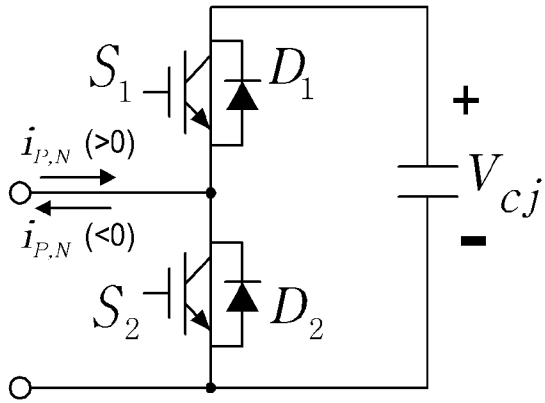
- [청구항 1] 모듈러 멀티레벨 컨버터 서브모듈의 커패시터 전압 조정 시스템이 수행하는 서브모듈의 커패시터 전압 조정 방법으로서, 모듈러 멀티레벨 컨버터의 서브모듈 커패시터 전압에 대한 미리 설정된 결정값이 미리 설정된 허용 범위 내에 있는지를 판단하는 단계; 상기 결정값이 상기 허용 범위 외에 있는 경우 충방전을 수행하는 모든 상기 서브모듈들의 충방전 스위치를 개방하는 단계; 미리 설정된 기준 스위치 단락 갯수와 상기 서브모듈들의 충방전 스위치 중 현재 단락중인 현재 스위치 단락 갯수를 비교하는 단계; 및 상기 기준 스위치 단락 갯수가 상기 현재 스위치 단락 갯수보다 큰 경우 현재 개방된 상기 서브모듈의 충방전 스위치 중에서 상기 기준 스위치 단락 갯수에서 상기 현재 스위치 단락 갯수의 차만큼의 미리 설정된 단락 기준에 따라 선택된 스위치들을 단락하고, 상기 기준 스위치 단락 갯수가 상기 현재 스위치 단락 갯수보다 작은 경우 현재 단락된 상기 서브모듈의 충방전 스위치 중에서 상기 현재 스위치 단락 갯수에서 상기 기준 스위치 단락 갯수의 차만큼의 미리 설정된 개방 기준에 따라 선택된 스위치들을 개방하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 모듈러 멀티레벨 컨버터 서브모듈의 커패시터 전압 조정 방법.
- [청구항 2] 청구항 1에 있어서, 상기 결정값은 상기 모듈러 멀티레벨 컨버터의 모든 개별 서브모듈들의 커패시터 전압인 것을 특징으로 하는 모듈러 멀티레벨 컨버터 서브모듈의 커패시터 전압 조정 방법.
- [청구항 3] 청구항 1에 있어서, 상기 미리 설정된 단락 기준은 상기 모듈러 멀티레벨 컨버터의 암전류가 상기 커패시터를 충전시키는 방향인 경우 상기 커패시터 전압이 작은 순서이고, 상기 모듈러 멀티레벨 컨버터의 암전류가 상기 커패시터를 방전시키는 방향인 경우 상기 커패시터 전압이 큰 순서인 것을 특징으로 하는 모듈러 멀티레벨 컨버터 서브모듈의 커패시터 전압 조정 방법.
- [청구항 4] 청구항 1에 있어서, 상기 미리 설정된 개방 기준은 상기 모듈러 멀티레벨 컨버터의 암전류가 상기 커패시터를 충전시키는 방향인 경우 상기 커패시터 전압이 큰 순서이고, 상기 모듈러 멀티레벨 컨버터의 암전류가 상기 커패시터를 방전시키는 방향인 경우 상기 커패시터 전압이 작은 순서인 것을 특징으로 하는 모듈러 멀티레벨 컨버터 서브모듈의 커패시터 전압 조정 방법.
- [청구항 5] 청구항 2에 있어서,

상기 허용 범위는 미리 설정된 최대값의 크기를 이용하여 설정되는 것을 특징으로 하는 모듈러 멀티레벨 컨버터 서브모듈의 커패시터 전압 조정 방법.

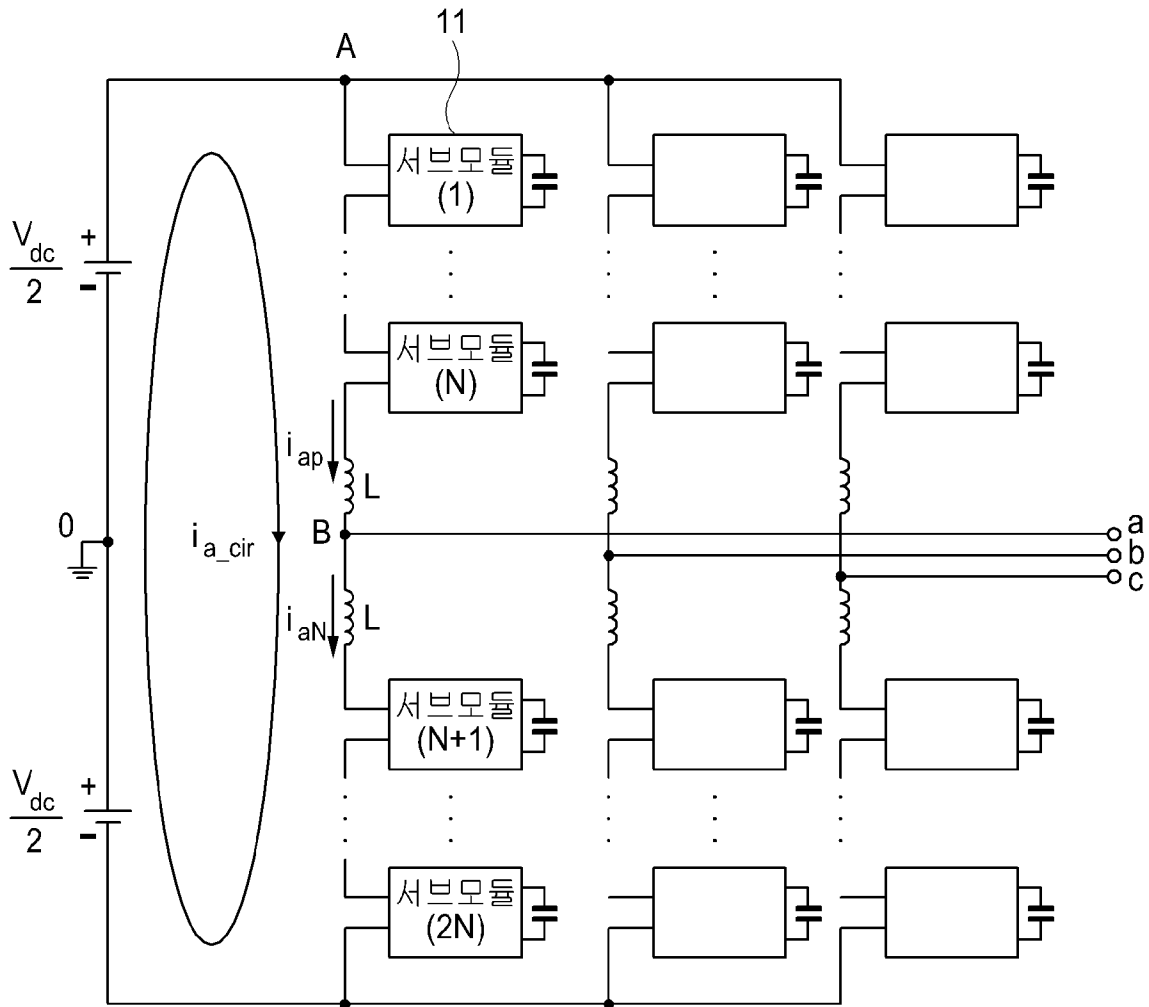
- [청구항 6] 청구항 5에 있어서,
상기 허용 범위는 미리 설정된 최소값의 크기를 더 이용하여 설정되는 것을 특징으로 하는 모듈러 멀티레벨 컨버터 서브모듈의 커패시터 전압 조정 방법.
- [청구항 7] 청구항 1에 있어서,
상기 결정값은 상기 모듈러 멀티레벨 컨버터의 서브모듈들의 커패시터 전압 중 최대값과 미리 설정된 비교값의 차인 것을 특징으로 하는 모듈러 멀티레벨 컨버터 서브모듈의 커패시터 전압 조정 방법.
- [청구항 8] 청구항 7에 있어서,
상기 비교값은 상기 커패시터 전압들의 평균값인 것을 특징으로 하는 모듈러 멀티레벨 컨버터 서브모듈의 커패시터 전압 조정 방법.
- [청구항 9] 청구항 1에 있어서,
상기 기준 스위치 단락 갯수는 상기 모듈러 멀티레벨 컨버터의 출력 전압의 제어를 위해 상기 모듈러 멀티레벨 컨버터의 제어 시스템에서 산출된 값인 것을 특징으로 하는 모듈러 멀티레벨 컨버터 서브모듈의 커패시터 전압 조정 방법.
- [청구항 10] 청구항 1 내지 청구항 9 중 어느 한 청구항의 방법을 실행시키기 위한 컴퓨터 판독 가능한 프로그램을 기록한 기록 매체.

[도1]

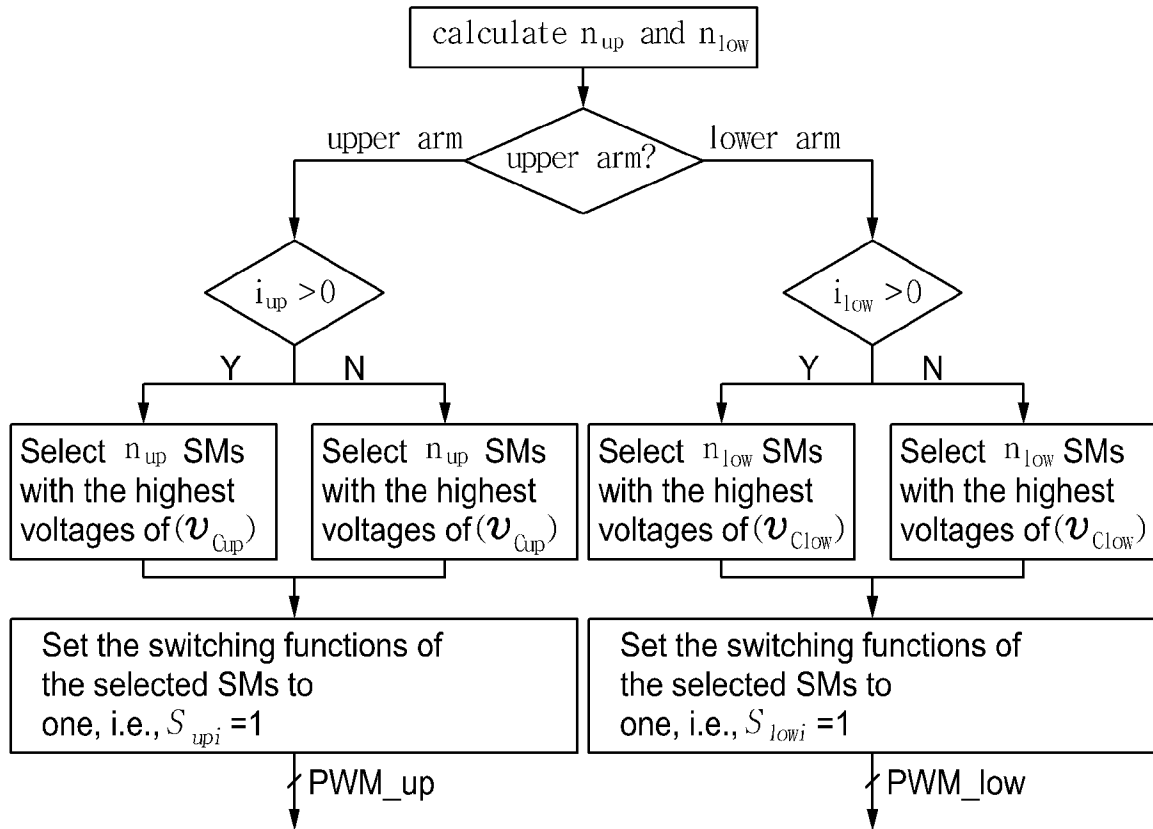
11



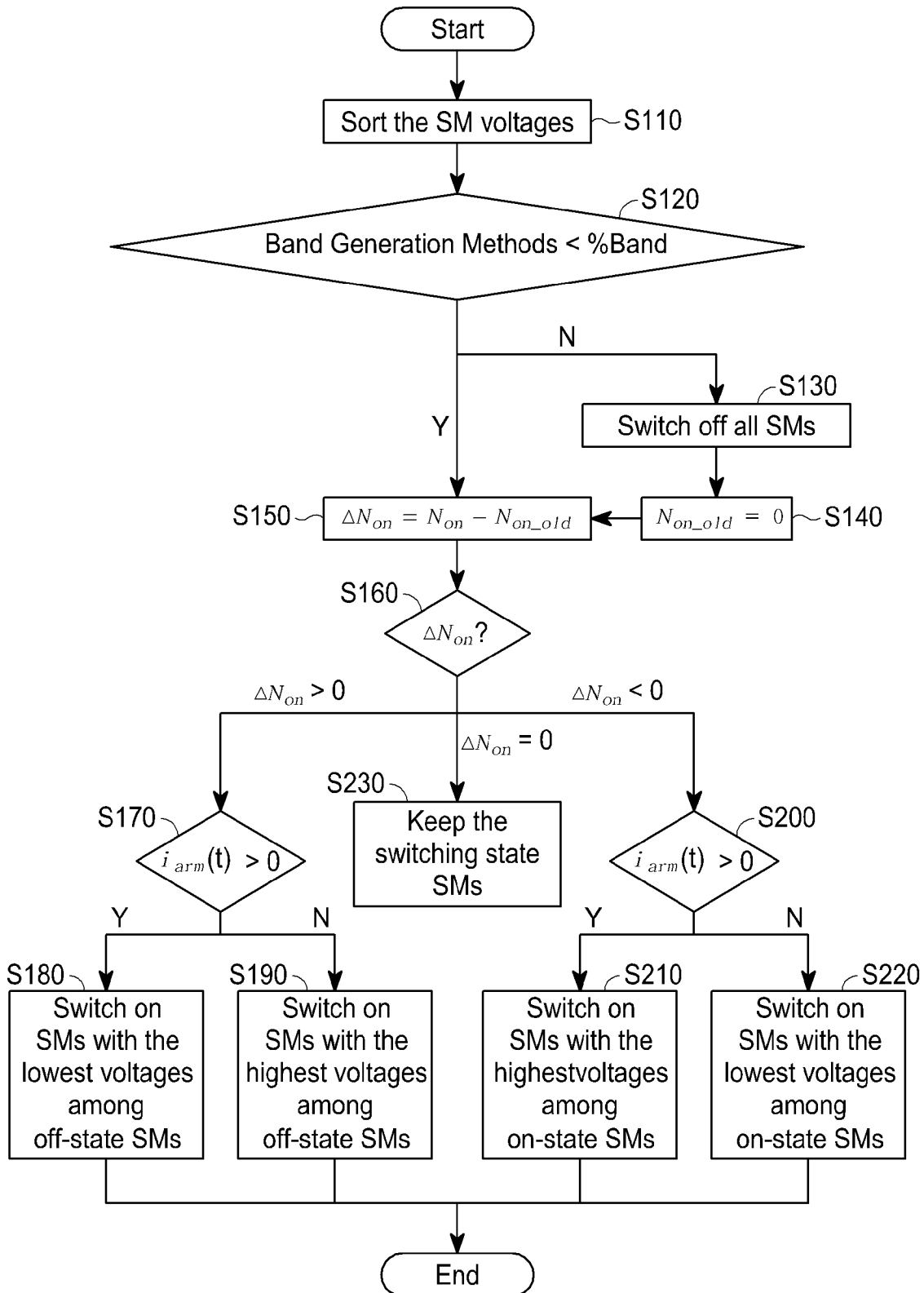
[도2]



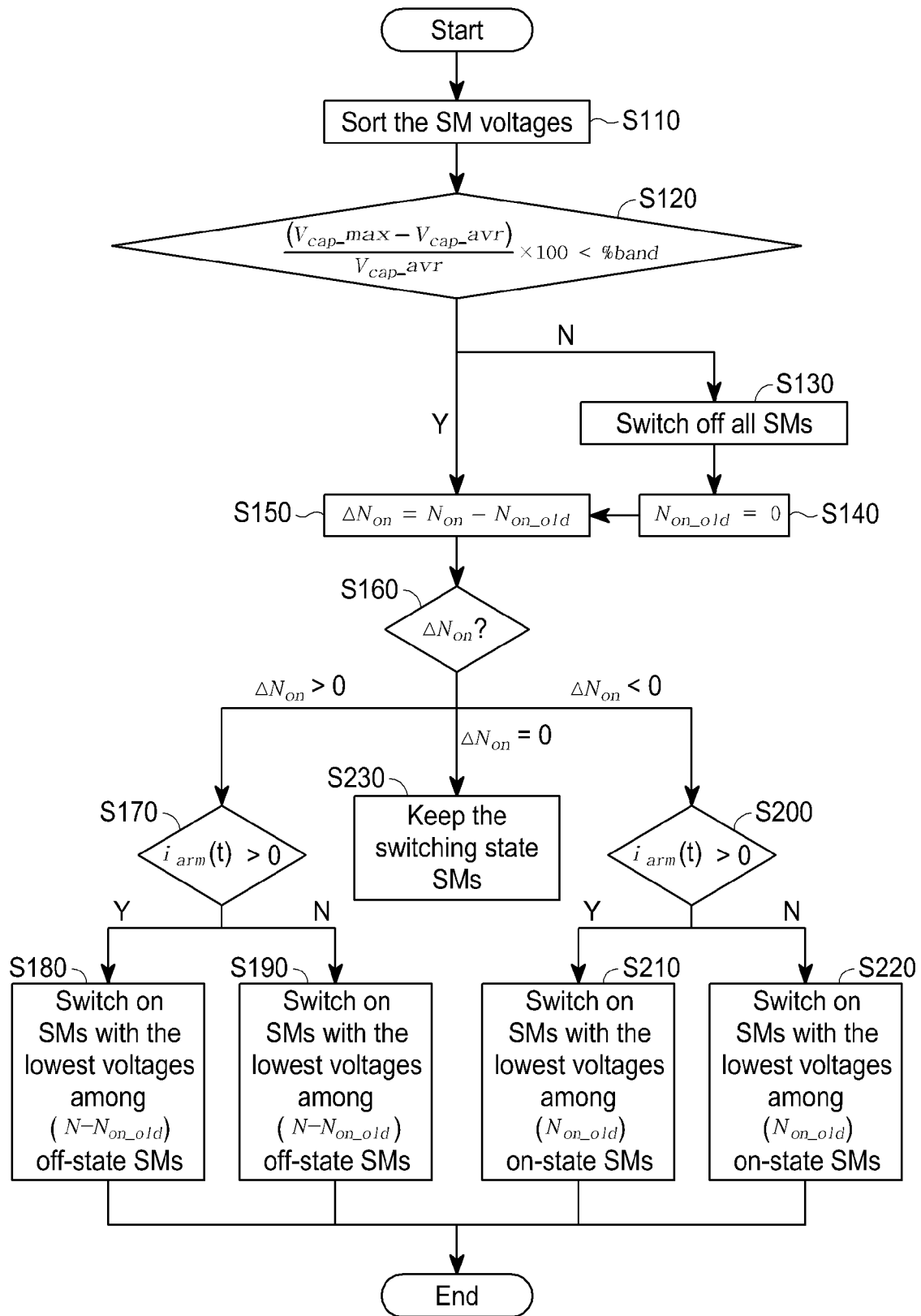
[도3]



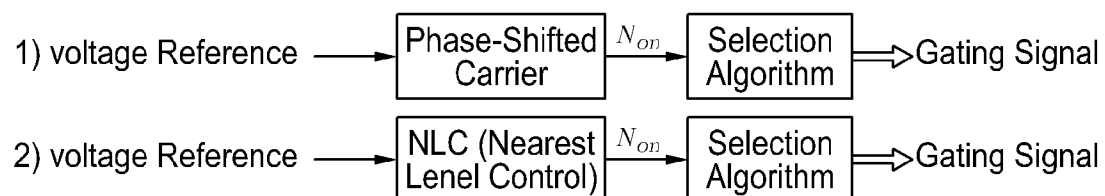
[도4]

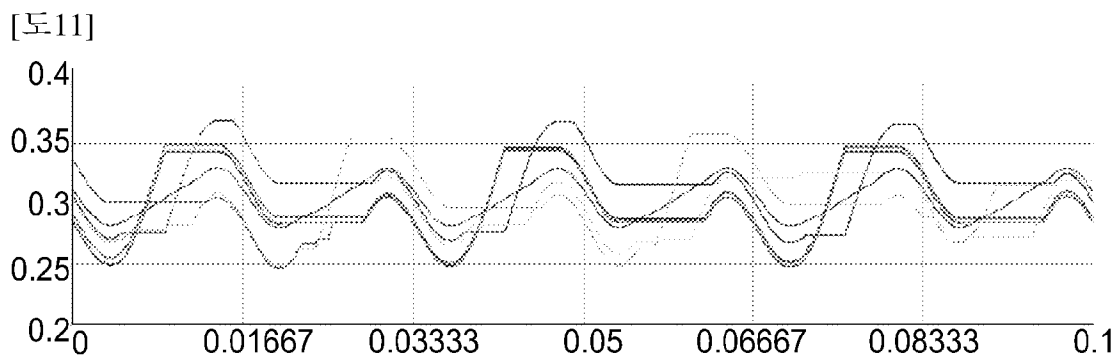
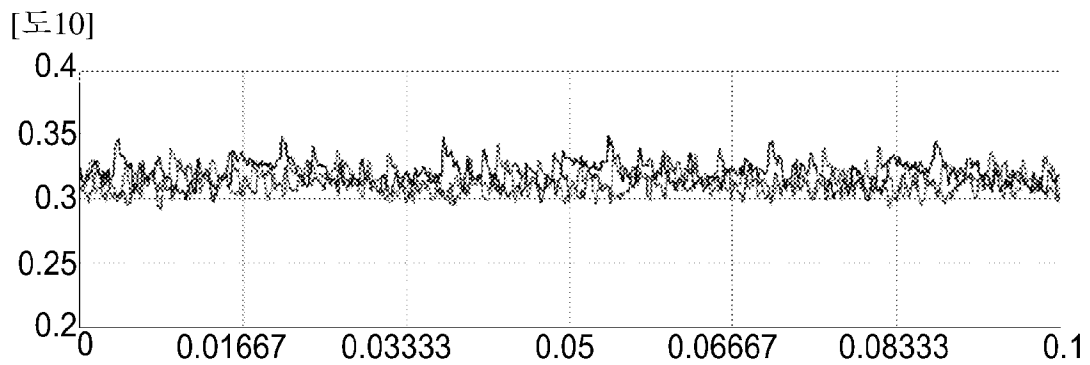
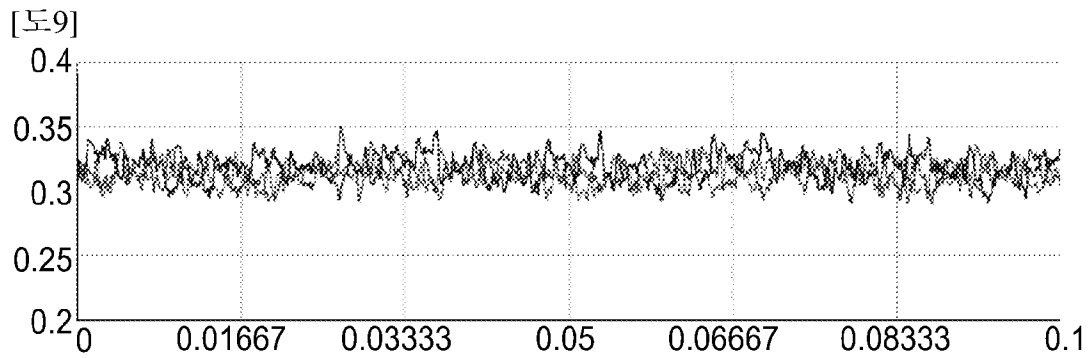
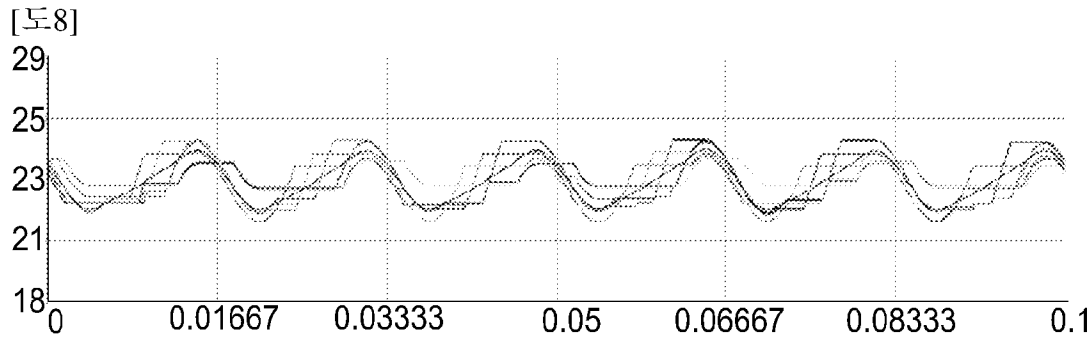
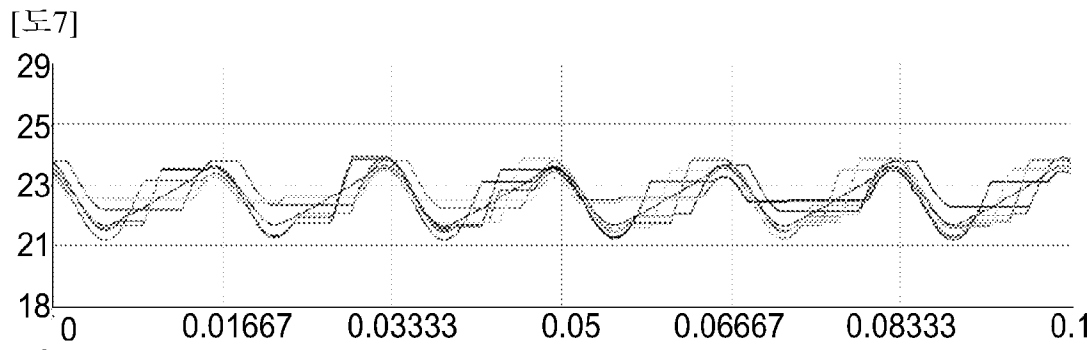


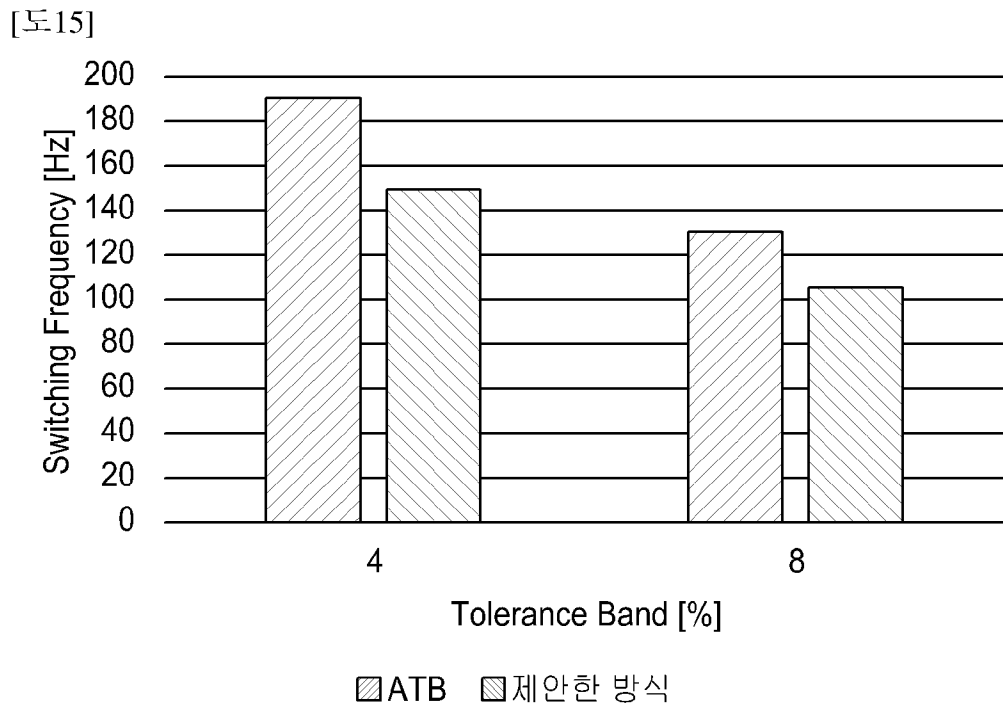
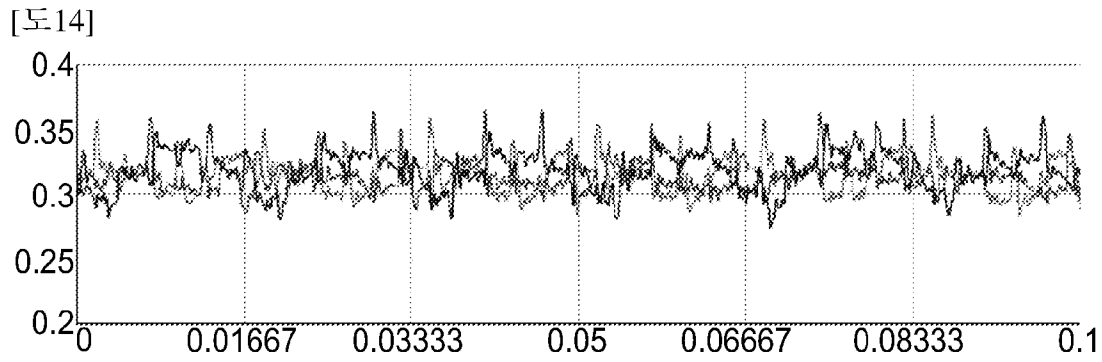
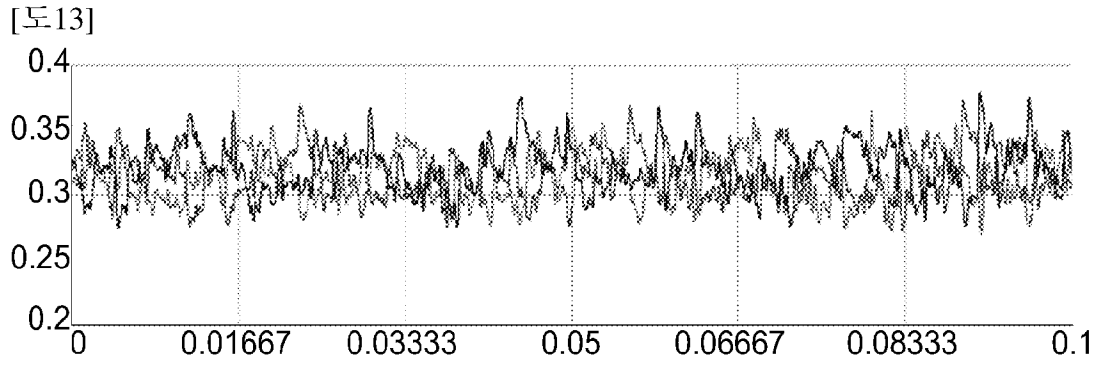
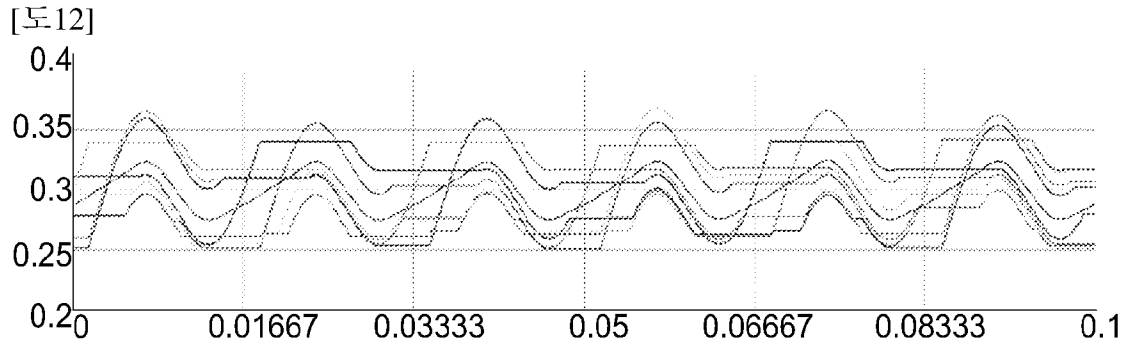
[도5]



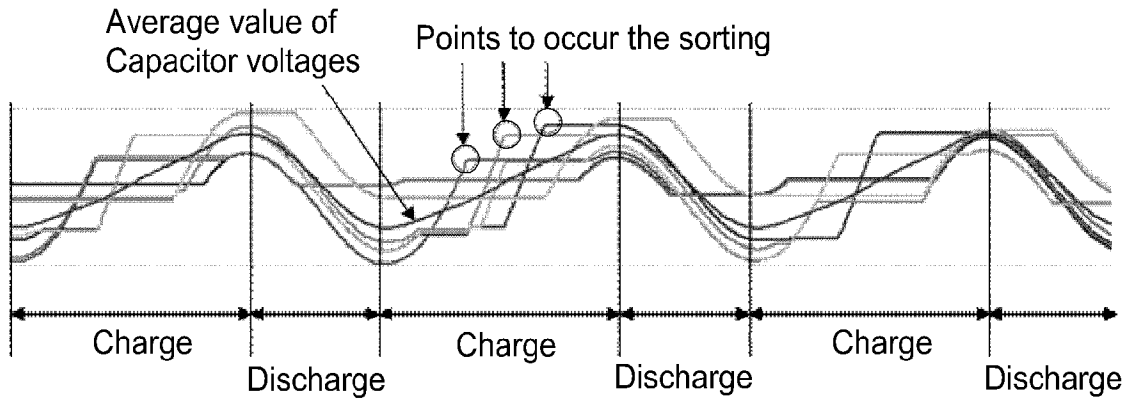
[도6]



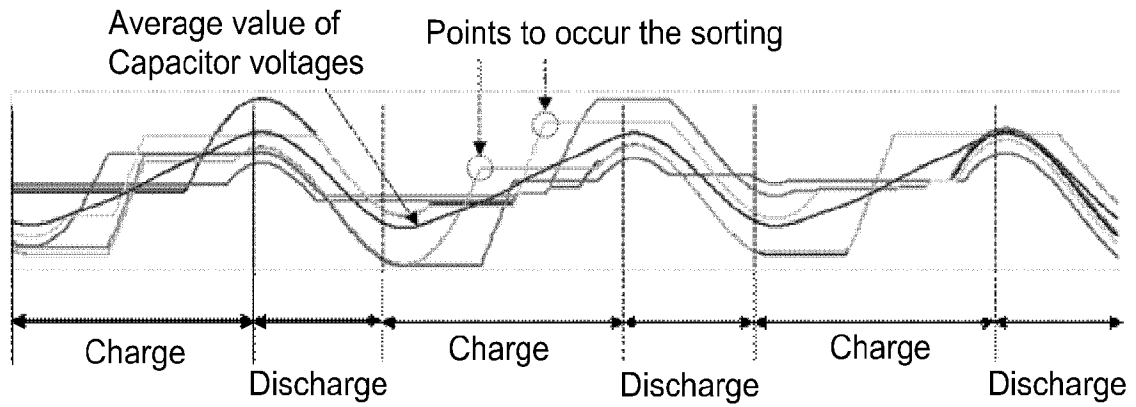




[도16]



[도17]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/KR2019/015329

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H02M 7/483(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 7/483; H02M 1/00; H02M 1/08; H02M 7/12; H02M 7/155; H02M 7/19

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: modular multilevel convertor, submodule, capacitor voltage, switch, short

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	KR 10-1221159 B1 (INDUSTRY-ACADEMIC COOPERATION FOUNDATION, YONSEI UNIVERSITY et al.) 10 January 2013 See paragraphs [0020]-[0028] and figures 2-4.	1-10
A	KR 10-2016-0008753 A (INDUSTRY FOUNDATION OF CHONNAM NATIONAL UNIVERSITY et al.) 25 January 2016 See paragraphs [0023]-[0032], [0071]-[0073] and figure 5.	1-10
A	KR 10-2017-0004345 A (LSIS CO., LTD.) 11 January 2017 See paragraphs [0023]-[0031] and figure 2.	1-10
A	US 2014-0354248 A1 (LSIS CO., LTD. et al.) 04 December 2014 See claim 1.	1-10
A	KR 10-2016-0008754 A (INDUSTRY FOUNDATION OF CHONNAM NATIONAL UNIVERSITY et al.) 25 January 2016 See claim 1.	1-10



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

28 FEBRUARY 2020 (28.02.2020)

Date of mailing of the international search report

28 FEBRUARY 2020 (28.02.2020)

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/KR2019/015329

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member	Publication date
KR 10-1221159 B1	10/01/2013	CN 103187895 A	03/07/2013
		CN 103187895 B	01/03/2017
		EP 2611022 A2	03/07/2013
		EP 2611022 A3	21/01/2015
		EP 2611022 B1	01/02/2017
		ES 2624278 T3	13/07/2017
		JP 2013-141394 A	18/07/2013
		JP 5856046 B2	09/02/2016
		US 2013-0169257 A1	04/07/2013
		US 9052726 B2	09/06/2015
		KR 10-2016-0008753 A	25/01/2016
KR 10-2017-0004345 A	11/01/2017	CN 106329976 A	11/01/2017
		CN 106329976 B	30/10/2018
		EP 3113350 A2	04/01/2017
		EP 3113350 A3	25/01/2017
		EP 3113350 B1	07/08/2019
		JP 2017-017976 A	19/01/2017
		JP 6208803 B2	04/10/2017
		KR 10-2020323 B1	04/11/2019
		US 2017-0005472 A1	05/01/2017
		US 9893528 B2	13/02/2018
		US 2014-0354248 A1	04/12/2014
CN 104218791 B	25/07/2017		
EP 2808991 A2	03/12/2014		
EP 2808991 A3	29/04/2015		
JP 2014-233198 A	11/12/2014		
JP 5795665 B2	14/10/2015		
KR 10-1380079 B1	01/04/2014		
US 9455618 B2	27/09/2016		
KR 10-2016-0008754 A	25/01/2016	KR 10-1608280 B1	01/04/2016

A. 발명이 속하는 기술분류(국제특허분류(IPC)) H02M 7/483(2007.01)i
B. 조사된 분야 조사된 최소문헌(국제특허분류를 기재) H02M 7/483; H02M 1/00; H02M 1/08; H02M 7/12; H02M 7/155; H02M 7/19 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: 모듈러 멀티레벨 컨버터(modular multilevel convertor), 서브모듈(submodule), 커패시터 전압(capacitor voltage), 스위치(switch), 단락(short)

C. 관련 문헌		
카테고리*	인용문헌명 및 관련 구절(해당하는 경우)의 기재	관련 청구항
A	KR 10-1221159 B1 (연세대학교 산학협력단 등) 2013.01.10 단락 [0020]-[0028] 및 도면 2-4 참조.	1-10
A	KR 10-2016-0008753 A (전남대학교산학협력단 등) 2016.01.25 단락 [00023]-[0032], [0071]-[0073] 및 도면 5 참조.	1-10
A	KR 10-2017-0004345 A (엘에스산전 주식회사) 2017.01.11 단락 [0023]-[0031] 및 도면 2 참조.	1-10
A	US 2014-0354248 A1 (LSIS CO., LTD. 등) 2014.12.04 청구항 1 참조.	1-10
A	KR 10-2016-0008754 A (전남대학교산학협력단 등) 2016.01.25 청구항 1 참조.	1-10

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” 특별한 관련이 있는 문헌. 해당 문헌 하나만으로 청구된 발명의 신규성 또는 진보성이 없는 것으로 본다.
 “L” 우선권 주장에 의문을 제기하는 문헌 또는 다른 인용문헌의 공개일 또는 다른 특별한 이유(이유를 명시)를 밝히기 위하여 인용된 문헌
 “Y” 특별한 관련이 있는 문헌. 해당 문헌이 하나 이상의 다른 문헌과 조합하는 경우로 그 조합이 당업자에게 자명한 경우 청구된 발명은 진보성이 없는 것으로 본다.
 “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
 “&” 동일한 대응특허문헌에 속하는 문헌

국제조사의 실제 완료일 2020년 02월 28일 (28.02.2020)	국제조사보고서 발송일 2020년 02월 28일 (28.02.2020)
--	---

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 인용된 특허문헌	공개일	대응특허문헌	공개일
KR 10-1221159 B1	2013/01/10	CN 103187895 A CN 103187895 B EP 2611022 A2 EP 2611022 A3 EP 2611022 B1 ES 2624278 T3 JP 2013-141394 A JP 5856046 B2 US 2013-0169257 A1 US 9052726 B2	2013/07/03 2017/03/01 2013/07/03 2015/01/21 2017/02/01 2017/07/13 2013/07/18 2016/02/09 2013/07/04 2015/06/09
KR 10-2016-0008753 A	2016/01/25	없음	
KR 10-2017-0004345 A	2017/01/11	CN 106329976 A CN 106329976 B EP 3113350 A2 EP 3113350 A3 EP 3113350 B1 JP 2017-017976 A JP 6208803 B2 KR 10-2020323 B1 US 2017-0005472 A1 US 9893528 B2	2017/01/11 2018/10/30 2017/01/04 2017/01/25 2019/08/07 2017/01/19 2017/10/04 2019/11/04 2017/01/05 2018/02/13
US 2014-0354248 A1	2014/12/04	CN 104218791 A CN 104218791 B EP 2808991 A2 EP 2808991 A3 JP 2014-233198 A JP 5795665 B2 KR 10-1380079 B1 US 9455618 B2	2014/12/17 2017/07/25 2014/12/03 2015/04/29 2014/12/11 2015/10/14 2014/04/01 2016/09/27
KR 10-2016-0008754 A	2016/01/25	KR 10-1608280 B1	2016/04/01