

(51) 국제특허분류:
H02J 3/32 (2006.01)

(21) 국제출원번호: PCT/KR2017/008357

(22) 국제출원일: 2017년 8월 2일 (02.08.2017)

(25) 출원언어: 한국어

(26) 공개언어: 한국어

(30) 우선권정보:
10-2017-0054240 2017년 4월 27일 (27.04.2017) KR

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

(72) 발명자: 김태옥 (KIM, Tae-Ok); 05503 서울특별시 송파구 송파대로 567, 519동 1402호, Seoul (KR). 김종안 (KIM, Jong-An); 61703 광주광역시 남구 봉선로 134,

206동 303호, Gwangju (KR). 김구한 (KIM, Gu-Han); 05229 서울특별시 강동구 아리수로50길 50, 111동 1001호, Seoul (KR). 임종호 (RHIM, Chong-Ho); 58217 전라남도 나주시 우정로 77, 110동 1303호, Jeollanam-do (KR). 하용구 (HA, Yong-Gu); 58217 전라남도 나주시 상야2길 7, A동 1307호, Jeollanam-do (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, 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,

(54) Title: APPARATUS FOR CONTROLLING ESS ACCORDING TO TRANSIENT STABILITY STATE AND METHOD THEREOF

(54) 발명의 명칭: 과도안정도 상태에 따른 ESS 제어 장치 및 그 방법

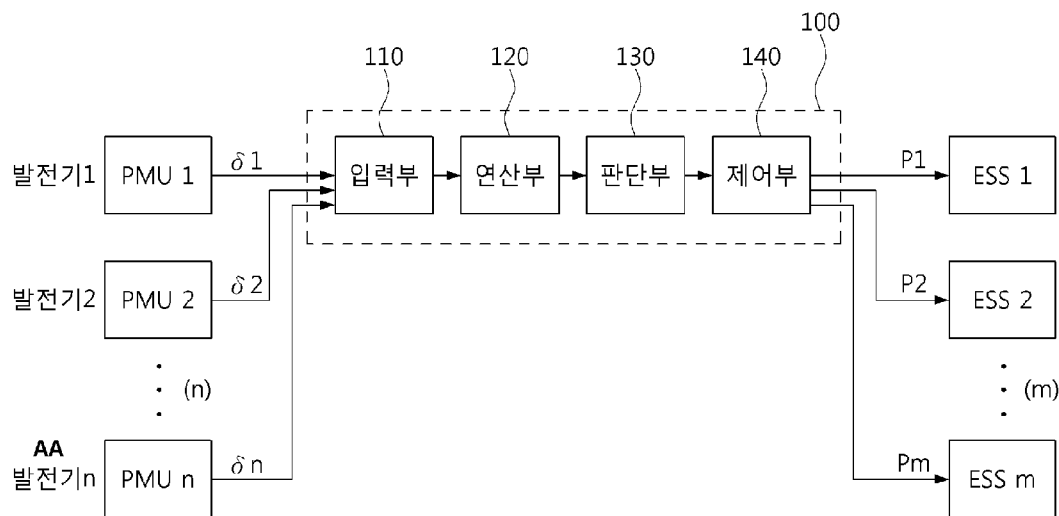


FIG. 1

110 ... Input unit
120 ... Calculation unit
130 ... Determination unit
140 ... Control unit
AA ... Power generator

(57) Abstract: The present invention relates to an apparatus for controlling an energy storage system (ESS) according to a transient stability state and a method thereof. An apparatus for controlling an ESS according to a transient stability state according to one embodiment of the present invention comprises: an input unit for inputting phase angle information from each power generator; a calculation unit for calculating a phase angle variations between each two power generators, using the input phase angle information of each power generator; a determination unit for determining a transient stability state by comparing each of the calculated phase angle variations between each two power generators with a predetermined threshold; and a control unit for controlling an ESS, installed on the side of a power generation end, into a charging mode according to a determination result.



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, 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))

(57) 요약서: 본 발명은 과도안정도 상태에 따른 ESS 제어 장치 및 그 방법에 관한 것으로, 본 발명의 일실시예에 따른 과도안정도 상태에 따른 ESS 제어 장치는, 각 발전기로부터 위상각 정보가 입력되는 입력부; 상기 입력된 각 발전기의 위상각 정보를 이용하여 각 발전기 간 위상각 변화율을 연산하기 위한 연산부; 상기 연산된 각 발전기 간 위상각 변화율과 기 설정된 임계값을 비교하여 과도안정도 상태를 판단하기 위한 판단부; 및 상기 판단 결과에 따라 발전단측에 설치된 ESS(Energy Storage System)를 충전모드로 전환 제어하기 위한 제어부;를 포함한다.

명세서

발명의 명칭: 과도안정도 상태에 따른 ESS 제어 장치 및 그 방법 기술분야

- [1] 본 발명은 과도안정도 상태에 따른 ESS 제어 장치 및 그 방법에 관한 것으로, 구체적으로는 전력계통의 과도안정성 상태를 판단하여 ESS의 충전모드 출력값을 결정하여 해당 ESS의 출력을 제어함으로써, 전력계통의 외란을 고려하여 과도안정성을 향상시키기 위한, 과도안정도 상태에 따른 ESS 제어 장치 및 그 방법에 관한 것이다.

배경기술

- [2] 전력계통이라 함은 전기 수요에 대응하여 발전소, 변전소 및 부하를 송전선으로 연결하여 전력의 발생부터 소비까지 이루어지는 하나의 시스템을 말한다. 이러한 전력계통은 전력의 발생과 소비가 동시에 일어나기 때문에 수요와 공급의 평형을 이루어져야 한다. 이에, 전력계통은 수요와 공급의 평형에 대한 지속적인 감시가 요구된다.
- [3] 그런데 전력계통은 소규모일 때 감시가 용이하였으나, 점차 산업의 고도화, 정보화로 인해 전력수요가 증가됨에 따라 전력설비도 대규모화, 복잡화되었기 때문에, 지금까지 인위적으로 수행하던 방법을 통해 효과적으로 운용하기 어려운 한계에 도달하였다.
- [4] 최근에는 시각 동기화 장치(Phasor Measurement Unit, 이하 "PMU"라 함)와 같은 실시간 정밀 전력설비 데이터 취득 장비로부터 얻은 정보를 수집, 처리, 분석 및 제어하는 기술이나, 신기술 설비(예를 들어, ESS, FACTS, HVDC 등)을 활용함으로써, 전력계통 운용업무의 효율적인 수행을 위한 통합 전력설비 운영 및 자동화를 급속히 추진하고 있다.
- [5] 특히, 전력 저장 시스템(Energy Storage System, 이하 "ESS"라 함)은 하이브리드 전기차(HEV), 전기차(EV) 등의 수송용 에너지 분야를 중심으로 리튬이온전지의 대용량화와 장기 수명화에 대한 연구가 진행되면서 대형 리튬이온전지의 상용화를 위해 필요한 기술이다.
- [6] 대형 리튬이온전지는 자동차 분야, 농업, 건설기계 분야, 산업 기계 분야, 이륜, 전차 등의 이동체 기기 분야, 자연 에너지 분야 등 헤아릴 수 없는 분야에 보급될 수 있는 시장 잠재력을 보유하고 있다.
- [7] 대전력 저장 분야는 나스 전지(NAS battery), 레독스 플로우 전지(Redox Flow battery) 등의 대형 전지가 상용화 초기 단계에 있는데, 자가 발전 설비와 결합, 전원 고품질화 시스템으로 새로운 시장이 기대되고 있다. 이와 같은 대형 전지들은 리튬이온전지에 비해 성능이 열세이지만, 용량 대비 가격이 특히 우수하여, 대용량 전력 저장용으로 사용되고 있다.
- [8] 우리나라는 경제규모의 확대와 생활수준의 향상으로 인해 전력수요가

지속적으로 증가하고 있으며, 부하는 수도권에 집중되고 발전소는 초대형 발전단지 위주로 건설이 되고 있다.

- [9] 그런데 초대형 발전단지의 인출선로 및 인근 초고압 송전망 건설이 지연될 경우에는, 전력망의 안정도 확보를 위해 일반적인 대책 방안으로 해당 발전단지의 발전제약이 적용되고 있는 상황이므로, 경제적인 계통 운영을 위한 발전제약 최소화 방안이 필요하다.
- [10] 구체적으로, 발전설비는 전력수요의 계속적인 증가로 증설되고 있으나, 발전력을 수송하는 송전선로 건설은 환경적인 요소와 민원 등의 이유로 어려움을 겪고 있다.
- [11] 이때, 발전단지의 과도안정도를 낮춰 전력계통의 신뢰도를 확보하기 위해서는, 발전제약 또는 고장 파급 방지 장치(Special Protection System, SPS)에 의한 발전기 차단 조치를 취할 수 있다. 이러한 조치는 발전제약으로 경제급전이 어려워져 전력계통 운영의 경제성을 떨어트리거나, 고장시 대용량 발전기 차단이 과도한 주파수 하락을 초래할 수 있기 때문에 광역정전 등의 대규모 고장과급을 유발할 수 있다.
- [12] 최근 들어, ESS는 국내 전력망 투입의 사업화가 활발히 진행되고 있으며, 신장 활성화를 위한 제도가 마련되고 있다. 이러한 전력저장시스템은 고속의 응답 특성이 있는 경우에, 과도안정도(Transient Stability) 향상을 위한 활용 방안이 검토되고 있다.
- [13] 이에 따라, ESS를 이용하여 계통 안정성(system stability)을 향상시켜 국내 전력계통에서 예상되는 심각한 발전제약을 최소화할 수 있는 과도안정도 개선용 ESS 제어 방안이 필요한 실정이다.
- [14] 따라서, 확대 보급된 수많은 대용량 ESS를 통해 과도안정도를 향상시킬 수 있는 ESS의 제어 방안이 마련된다면, 전력계통의 신뢰도를 향상시키고 발전제약 비용을 절감할 수 있을 것이다.

발명의 상세한 설명

기술적 과제

- [15] 본 발명의 목적은 전력계통의 과도안정성 상태를 판단하여 ESS의 충전모드 출력값을 결정하여 해당 ESS의 출력을 제어함으로써, 전력계통의 외란을 고려하여 과도안정성을 향상시키기 위한, 과도안정도 상태에 따른 ESS 제어 장치 및 그 방법을 제공하는데 있다.

과제 해결 수단

- [16] 본 발명의 일실시예에 따른 과도안정도 상태에 따른 ESS 제어 장치는, 전력계통으로부터 위상각 정보가 입력되는 입력부; 상기 위상각 정보를 이용하여 전력계통의 위상각 변화율을 연산하기 위한 연산부; 상기 위상각 변화율과 기 설정된 임계값을 비교하여 전력계통의 과도안정도 상태를 판단하기 위한 판단부; 및 상기 판단 결과에 따라 발전단측에 설치된 ESS(Energy

- Storage System)를 충전모드로 전환 제어하기 위한 제어부;를 포함할 수 있다.
- [17] 상기 입력부는, 상기 위상각 정보 대신 주파수 정보가 입력될 수 있다.
- [18] 상기 위상각 변화율은, 시간 변화에 대해 전력계통의 위상 속도차의 변화 정도일 수 있다.
- [19] 상기 판단부는, 상기 위상각 변화율이 기 설정된 임계값 이상이면, 과도안정도의 상태를 과도불안정으로 판단할 수 있다.
- [20] 상기 제어부는, 상기 ESS의 충전모드 전환 제어를 위한 충전모드 출력값을 연산하고, 각 ESS의 충전모드 출력값을 결정하여 각 ESS의 충전모드 출력값으로 상기 ESS의 출력을 제어할 수 있다.
- [21] 상기 제어부는, 상기 충전모드 출력값을 소정의 시간 이내로 과도시에 응답할 수 있다.
- [22] 본 발명의 일실시예에 따른 과도안정도 상태에 따른 ESS 제어 방법은, 전력계통으로부터 위상각 정보가 입력되는 단계; 상기 위상각 정보를 이용하여 전력계통의 위상각 변화율을 연산하는 단계; 상기 위상각 변화율과 기 설정된 임계값을 비교하여 과도안정도 상태를 판단하는 단계; 및 상기 판단 결과에 따라 발전단측에 설치된 ESS(Energy Storage System)를 충전모드로 전환 제어하는 단계;를 포함할 수 있다.
- [23] 상기 판단 단계는, 상기 위상각 변화율이 기 설정된 임계값 이상이면, 과도안정도의 상태를 과도불안정으로 판단할 수 있다.
- [24] 상기 판단 단계는, 상기 위상각 변화율이 기 설정된 임계값 미만이면, 과도안정도의 상태를 과도안전으로 판단하여 종료할 수 있다.
- [25] 상기 제어 단계는, 상기 ESS의 충전모드 전환 제어를 위한 충전모드 출력값을 연산하고, 각 ESS의 충전모드 출력값을 결정하여 각 ESS의 충전모드 출력값으로 상기 ESS의 출력을 제어할 수 있다.

발명의 효과

- [26] 본 발명은 전력계통의 과도안정성 상태를 판단하여 ESS의 충전모드 출력값을 결정하여 해당 ESS의 출력을 제어함으로써, 전력계통의 외란을 고려하여 과도안정성을 향상시킬 수 있다.
- [27] 또한, 본 발명은 과도불안정을 해소하기 위하여 발전단지 인근의 외란시 발전단지 내에 설치된 ESS를 순간적으로 충전모드로 전환시키는 제어를 수행함으로써, 고장으로 가속된 발전기 회전자(Rotor)의 회전 속도를 감속시켜 과도안정도를 향상할 수 있다.
- [28] 또한, 본 발명은 과도안정도를 개선함으로써 안정적이고 경제적인 전력계통운영을 할 수 있다.
- [29] 또한, 본 발명은 발전제약을 감소시키고, 고장 파급 방지 장치(SPS)에 의한 발전력 차단을 최소화함으로써 경제급전을 할 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [30] 도 1은 본 발명의 일실시예에 따른 과도안정도 상태에 따른 ESS 제어 장치에 대한 도면,
 [31] 도 2는 본 발명의 일실시예에 따른 과도안정도 상태에 따른 ESS 제어 방법에 대한 도면,
 [32] 도 3 및 도 4는 전력계통의 외란시 ESS의 일정 출력의 충전모드 전환 제어를 통해 과도안정도 개선을 나타낸 도면이다.

발명의 실시를 위한 형태

- [33] 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 제공되어지는 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.
- [34]
- [35] 도 1은 본 발명의 일실시예에 따른 과도안정도 상태에 따른 ESS 제어 장치에 대한 도면이다.
- [36] 도 1에 도시된 바와 같이, 본 발명의 일실시예에 따른 과도안정도 상태에 따른 ESS 제어 장치(이하 "ESS 제어 장치"라 함, 100)는, 전력계통의 교란 혹은 외란 발생을 고려하여 과도안정도를 향상시키기 위해 ESS를 제어한다.
- [37] 일반적으로, 전력계통은 정상상태로 운용되는 경우에 발전기, 선로 및 부하 등의 구성요소가 전기적으로 서로 평형을 유지하지만, 발전력 상실, 선로고장, 부하변동 등과 같은 교란 혹은 외란(disturbance)이 발생하면 시스템이 동요할 수 있다. 이러한 동요는 교란의 정도나 시스템의 상태에 따라 곧 회복되어 새로운 정상상태로 유지되거나, 심해지면 각 구성요소의 연결이 연속적으로 끊어지면서 전력계통을 붕괴시킬 수도 있다. 즉, 전력계통의 교란 혹은 외란은 전력계통의 과도안정도 불안정으로 이어져 발전기들 간의 위상각차를 증가시켜 동기탈조를 발생시킬 수 있고, 고장파급, 블랙아웃(black out) 등의 대규모 정전을 유발할 수 있다.
- [38] 여기서, '과도안정도(Transient Stability)'라 함은 전력계통의 교란 혹은 외란에 대해 전력시스템이 안정하게 송전을 지속하는 능력을 나타낸다.
- [39] 과도안정도는 발전기들 간의 동기유지와 관련되어 있는 위상각(또는 위상각차, 상차각) 안정도와 관련된다. 위상각 안정도는 발전기들 사이의 등가운전 유지와 관련된 안정도이며, 발전기 회전자 입력과 출력의 차이에 의해 변화하는 발전기의 관성 회전체의 속도(speed)와 연관되어 있다.

- [40] ESS 제어 장치(100)는 과도안정도의 불안정을 해소하기 위해, 발전단지 인근에 외란이 발생하면 발전단지 내에 설치된 ESS를 순간적으로 충전모드로 전환하는 제어를 수행한다. 이와 같이, ESS 제어 장치(100)는 충전모드 제어를 통해 고장으로 가속된 발전기 회전자(rotor)의 회전속도를 감속시켜 과도안정도를 향상시킨다.
- [41] 이처럼 ESS 제어 장치(100)는 이러한 과정을 통해 과도안정도를 개선함으로써 안정적이고 경제적인 전력계통 운영환경을 제공할 수 있고, 발전제약을 감소시키고 고장 파급 방지 장치(SPS)에 의한 발전력 차단을 최소화함으로써 경제급전 환경을 제공할 수 있다.
- [42] 한편, ESS 제어 장치(100)는 입력부(110), 연산부(120), 판단부(130), 제어부(140)를 포함한다. 그리고 다수의 발전기(1 내지 n) 각각은 PMU(1 내지 n)를 구비한다. 다수의 발전기(1 내지 n)는 입력부(110)에 연결되고, 다수의 ESS(1 내지 m)는 제어부(140)에 연결된다. 여기서는 전력계통의 구체적인 예로서 발전기(1 내지 n)의 과도안정성을 판단하여 ESS를 제어하는 경우에 대해 살펴보기로 한다.
- [43] 입력부(110)는 다수의 발전기(1 내지 n) 각각에 구비된 PMU(1 내지 n)로부터 각 발전기의 위상각 정보(δ_1 내지 δ_n)가 입력된다. 여기서, 입력부(110)는 각 발전기의 위상각 정보 대신 각 발전기의 주파수 정보가 입력될 수도 있다.
- [44] 연산부(120)는 입력부(110)를 통해 수집된 각 발전기의 위상각 정보를 이용하여 각 발전기 간의 위상각 변화율을 연산한다. 구체적으로, 각 발전기 간의 위상각 변화율($\frac{\Delta\delta}{\Delta t}$)은 아래 [수학식 1]과 같다. 위상각 변화율은 시간 변화에 대해 발전기의 위상 속도차(즉, 가장 빠른 발전기의 위상과 가장 느린 발전기의 위상의 속도차)의 변화정도를 나타낸다.
- [45] [수식1]
- $$\frac{\Delta\delta}{\Delta t} = \frac{(\delta_a - \delta_b) - (\delta'_a - \delta'_b)}{t - t'}$$
- [46]
- [47] 여기서,
- δ_a
- 는 시간 t일 때 위상이 가장 빠른 발전기의 위상이고,
- δ_b
- 는 시간 t일 때 위상이 가장 느린 발전기의 위상이다.
- δ'_a
- 는 시간 t'일 때 위상이 가장 빠른 발전기의 위상이고,
- δ'_b

는 시간 t' 일 때 위상이 가장 느린 발전기의 위상이다.

[48] 판단부(130)는 연산부(120)를 통해 연산된 각 발전기 간의 위상각 변화율을 이용하여 과도안정도의 상태를 판단한다.

[49] 구체적으로, 판단부(130)는 각 발전기 간의 위상각 변화율과 기설정된 임계값을 비교하여 과도안정도의 상태를 판단한다. 즉, 판단부(130)는 각 발전기 간의 위상각 변화율이 기 설정된 임계값 이상이면(즉,

$$\frac{\Delta\delta}{\Delta t} \geq \text{임계값}$$

), 과도안정도의 상태를 '과도불안정'으로 판단한다. 반면, 판단부(130)는 각 발전기 간의 위상각 변화율이 기 설정된 임계값 미만이면(즉,

$$\frac{\Delta\delta}{\Delta t} < \text{임계값}$$

), 과도안정도의 상태를 '과도안정'으로 판단한다.

[50] 여기서, 임계값은 과도안정도의 안정 또는 불안정 상태를 나타내는 지수이다. 임계값이 크게 설정되면, ESS(1 내지 m)는 충전모드로 동작하지 않는 부동대의 영역이 커지게 된다. 발전기의 회전이 가속되는 정도가 작으면 조속기 또는 전력계통의 관성에 의해 정상화될 수 있으므로, 임계값의 크기는 전력계통의 특성에 맞게 설정하는 것이 바람직하다. 예를 들어, 전력계통에서 큰 외란이 발생하는 경우에, 고장점 근처의 발전기는 순간적으로 50(°/sec) 이상으로 회전각속도가 변한다. 이때, 임계값이 50(°/sec) 이하로 설정된다면, ESS(1 내지 m)는 과도안정도의 불안전 상태에서 부동작 없이 충전모드로 전환되어 과도안정도를 개선하도록 동작한다.

[51] 제어부(140)는 판단부(130)의 판단결과에 따라 다수의 ESS(1 내지 m)를 제어한다.

[52] 즉, 제어부(140)는 전력계통의 과도안정도가 과도불안정으로 확인되면, 발전단측에 설치된 ESS(1 내지 m)를 충전모드로 전환시키는 제어를 실시한다.

[53] 이때, 제어부(140)는 우선 아래 수학적 식 2에 따라 ESS의 충전모드 출력값(P)을 연산한다.

[54] [수식2]

$$P = K_1 \cdot \frac{\Delta\delta}{\Delta t} + K_2 \cdot \frac{\Delta\delta}{\Delta t} + \dots + K_m \cdot \frac{\Delta\delta}{\Delta t} = P_1 + P_2 + \dots + P_m$$

[55]

[56] 여기서, $K_1, K_2, \dots, K_m$ 은 각 ESS의 정격출력용량에 따라 설정되는 이득(gain)이며, 각 ESS의 충전모드 출력값은 각 ESS의 정격출력용량을 초과하지 않는다.

[57] 그리고 제어부(140)는 각 ESS의 충전모드 출력값($P_1, P_2, \dots, P_m$)을 결정하여, 연산된 각 ESS의 충전모드 출력값($P_1, P_2, \dots, P_m$)으로 해당 ESS의 출력을

제어한다.

[58] 제어부(140)는 충전모드 출력값을 1초 이내로 과도시에 응답하고, 그 이후에 출력값을 0으로 변경하거나 주파수 조정제어용으로 사용할 수 있다.

[59] 충전모드로 전환된 ESS는 외란으로 가속된 발전기 회전자의 회전속도를 감속시켜 과도안정도를 향상시킬 수 있다.

[60] 구체적으로, 발전기의 회전 가속도는 회전체의 운동방정식으로 표현할 수 있다. 회전체의 운동방정식은 아래 [수학식 3]과 같다.

[61] [수식3]

$$\frac{d\omega}{dt} = \frac{\omega_0}{M} (P_m - P_e)$$

[62]

[63] 여기서,

$$\frac{d\omega}{dt}$$

는 각가속도, ω_0 는 회전체의 동기 각속도, M 은 관성정수, P_m 은 기계적 입력, P_e 는 전기적 출력값을 나타낸다. 이때, 수학식 3을 참조하면, 기계적 입력 P_m 이 전기적 출력 P_e 보다 크면 회전체가 가속되고, 기계적 입력 P_m 이 전기적 출력 P_e 보다 작으면 회전체가 감속됨을 알 수 있다.

[64] 따라서, 가속되고 있는 발전기 근처의 ESS가 충전모드로 전환되어 출력값이 되면, ESS가 부하로 작용하여 전기적 출력값이 증가하고 회전체를 감속시키는 에너지가 증가되어 외란에 의해 가속되었던 회전체를 감속시킨다. 이러한 과정을 통해 발전기가 동기를 유지하게 되어 과도안정도가 개선된다.

[65] 한편, 제어부(140)는 전력계통의 과도안정도가 과도안정으로 확인되면, ESS(1 내지 m)의 제어를 수행하지 않고 그대로 종료한다.

[66]

[67] 도 2는 본 발명의 일실시예에 따른 과도안정도 상태에 따른 ESS 제어 방법에 대한 도면이다.

[68] 먼저, ESS 제어 장치(100)는 각 발전기의 PMU(1 내지 n)로부터 각 발전기의 위상각 정보를 입력받는다(S201).

[69] 이후, ESS 제어 장치(100)는 각 발전기의 위상각 정보를 이용하여 각 발전기 간 위상각 변화율을 연산한다(S202). 이때, ESS 제어 장치(100)는 시간 t 와 t' 각각의 경우에, 위상이 가장 빠른 발전기의 위상과 위상이 가장 느린 발전기의 위상을 확인하여 위상각 변화율을 연산한다.

[70] 그런 다음, ESS 제어 장치(100)는 각 발전기들 간의 위상각 변화율 및 기 설정된 임계값을 비교하여 과도안정도의 상태를 판단한다(S203). 이때, ESS 제어 장치(100)는 각 발전기들 간의 위상각 변화율이 기 설정된 임계값 이상이면 과도불안정 상태로 판단하고, 각 발전기들 간의 위상각 변화율이 기 설정된 임계값 미만이면 과도안정 상태로 판단한다. 여기서, ESS 제어 장치(100)는

과도불안정 상태의 경우에 다음 단계를 진행하고, 과도안정 상태의 경우에 종료한다.

[71] 이후, ESS 제어 장치(100)는 과도안정도의 상태 판단에 따라 ESS의 충전모드 전환 제어를 수행한다(S204). 이때, ESS 제어 장치(100)는 각 ESS의 충전모드 출력값을 연산하여 해당 ESS의 출력을 제어한다.

[72] ESS 제어 장치(100)는 충전모드의 출력값을 1초 이내로 과도시 행동하고, 그 이후에 출력을 0으로 변경하거나 주파수 조정제어용으로 사용할 수 있다.

[73] 한편, ESS 제어 장치(100)는 ESS의 충전모드 전환 제어를 수행한 후, 과도안정도가 개선될 때까지 전술한 단계들(S201 단계 내지 S204 단계)을 수행하지 않고, 전력계통이 다시 안정된 이후에 전술한 단계들을 반복적으로 수행한다.

[74]

[75] 도 3 및 도 4는 전력계통의 외란시 ESS의 일정 출력의 충전모드 전환 제어를 통해 과도안정도 개선을 나타낸 도면이다.

[76] 도 3은 전력계통의 외란시 발전단측 ESS의 출력이 '0'이면, 과도불안정으로 동기탈조되어 파형일 발산하는 그래프를 나타낸다. 도 4는 전력계통의 외란시 발전단측 ESS가 충전모드로 전환 제어되어 1초간 충전모드 출력값(P)으로 과도시 행동하여 동기탈조를 방지하는 그래프를 나타낸다.

[77] 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] 전력계통으로부터 위상각 정보가 입력되는 입력부;
상기 위상각 정보를 이용하여 전력계통의 위상각 변화율을 연산하기 위한 연산부;
상기 위상각 변화율과 기 설정된 임계값을 비교하여 전력계통의 과도안정도 상태를 판단하기 위한 판단부; 및
상기 판단 결과에 따라 발전단측에 설치된 ESS(Energy Storage System)를 충전모드로 전환 제어하기 위한 제어부;
를 포함하는 과도안정도 상태에 따른 ESS 제어 장치.
- [청구항 2] 제 1 항에 있어서,
상기 입력부는,
상기 위상각 정보 대신 주파수 정보가 입력되는 과도안정도 상태에 따른 ESS 제어 장치.
- [청구항 3] 제 1 항에 있어서,
상기 위상각 변화율은,
시간 변화에 대해 전력계통의 위상 속도차의 변화 정도인 과도안정도 상태에 따른 ESS 제어 장치.
- [청구항 4] 제 1 항에 있어서,
상기 판단부는,
상기 위상각 변화율이 기 설정된 임계값 이상이면, 과도안정도의 상태를 과도불안정으로 판단하는 과도안정도 상태에 따른 ESS 제어 장치.
- [청구항 5] 제 1 항에 있어서,
상기 제어부는,
상기 ESS의 충전모드 전환 제어를 위한 충전모드 출력값을 연산하고, 각 ESS의 충전모드 출력값을 결정하여 각 ESS의 충전모드 출력값으로 상기 ESS의 출력을 제어하는 과도안정도 상태에 따른 ESS 제어 장치.
- [청구항 6] 제 5 항에 있어서,
상기 제어부는,
상기 충전모드 출력값을 소정의 시간 이내로 과도시에 응답하는 과도안정도 상태에 따른 ESS 제어 장치.
- [청구항 7] 전력계통으로부터 위상각 정보가 입력되는 단계;
상기 위상각 정보를 이용하여 전력계통의 위상각 변화율을 연산하는 단계;
상기 위상각 변화율과 기 설정된 임계값을 비교하여 과도안정도 상태를 판단하는 단계; 및
상기 판단 결과에 따라 발전단측에 설치된 ESS(Energy Storage System)를 충전모드로 전환 제어하는 단계;

- 를 포함하는 과도안정도 상태에 따른 ESS 제어 방법.
- [청구항 8] 제 7 항에 있어서,
상기 판단 단계는,
상기 위상각 변화율이 기 설정된 임계값 이상이면, 과도안정도의 상태를 과도불안정으로 판단하는 과도안정도 상태에 따른 ESS 제어 방법.
- [청구항 9] 제 7 항에 있어서,
상기 판단 단계는,
상기 위상각 변화율이 기 설정된 임계값 미만이면, 과도안정도의 상태를 과도안전으로 판단하여 종료하는 과도안정도 상태에 따른 ESS 제어 방법.
- [청구항 10] 제 7 항에 있어서,
상기 제어 단계는,
상기 ESS의 충전모드 전환 제어를 위한 충전모드 출력값을 연산하고, 각 ESS의 충전모드 출력값을 결정하여 각 ESS의 충전모드 출력값으로 상기 ESS의 출력을 제어하는 과도안정도 상태에 따른 ESS 제어 방법.
- [청구항 11] 제 7 항에 있어서,
상기 위상각 변화율은,
시간 변화에 대해 발전기의 위상 속도차의 변화정도인 과도안정도 상태에 따른 ESS 제어 방법.

[도 1]

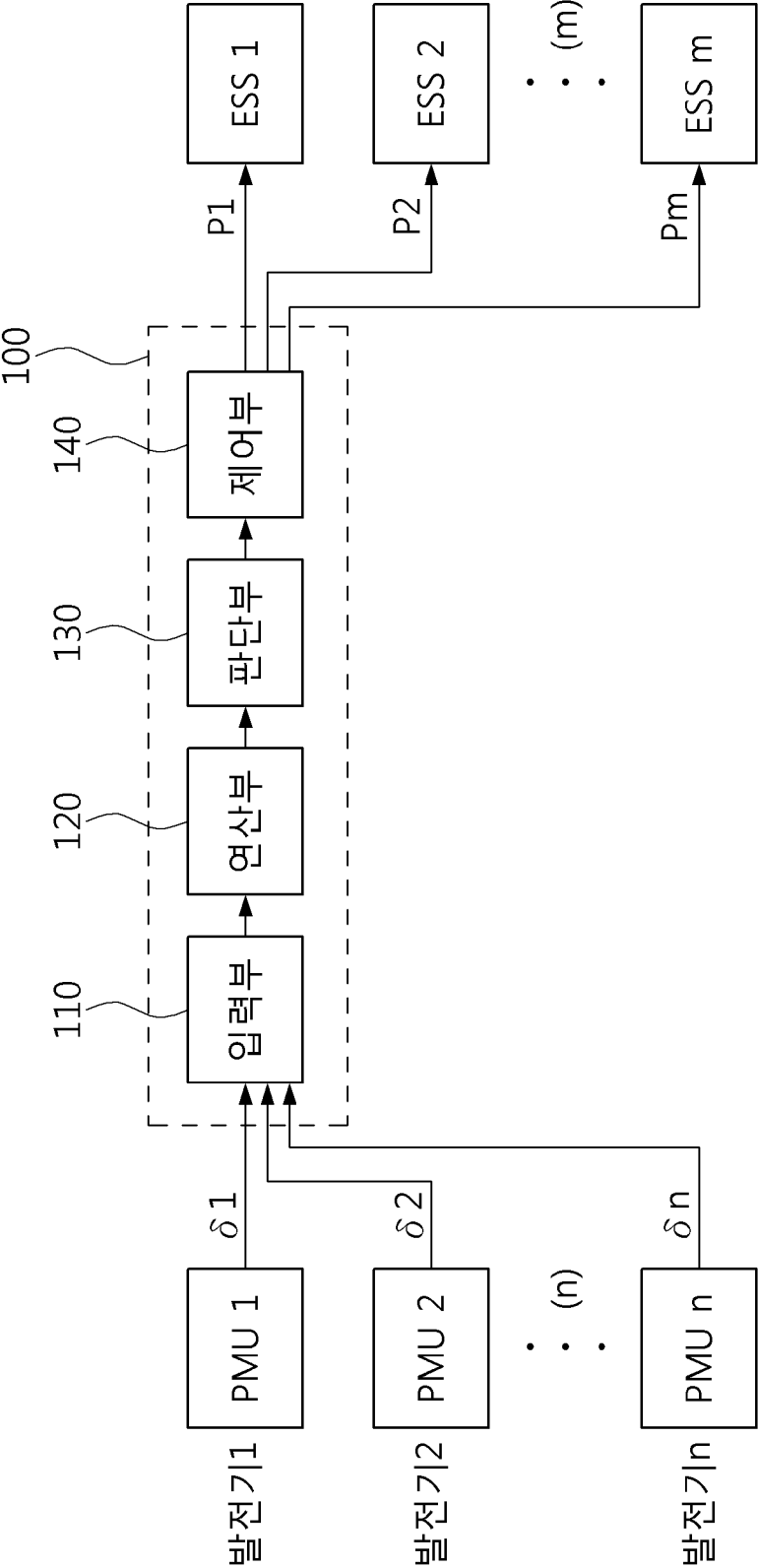


FIG. 1

[도2]

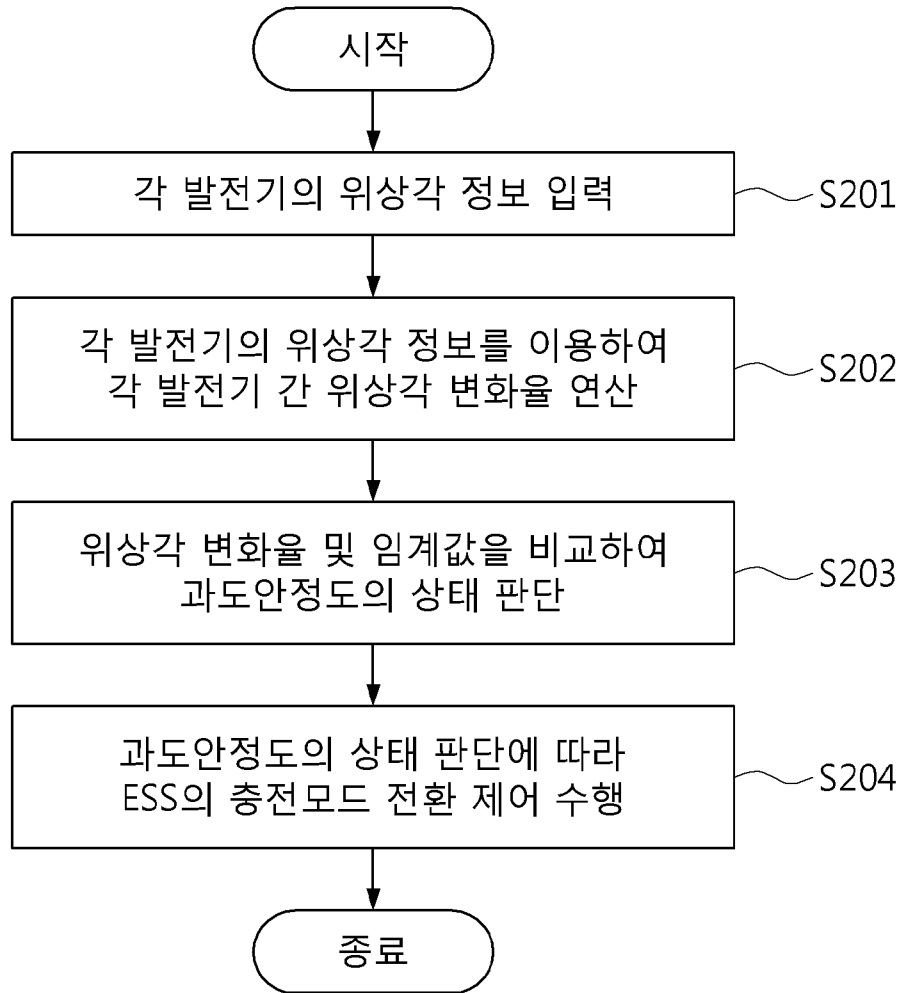


FIG. 2

[도3]

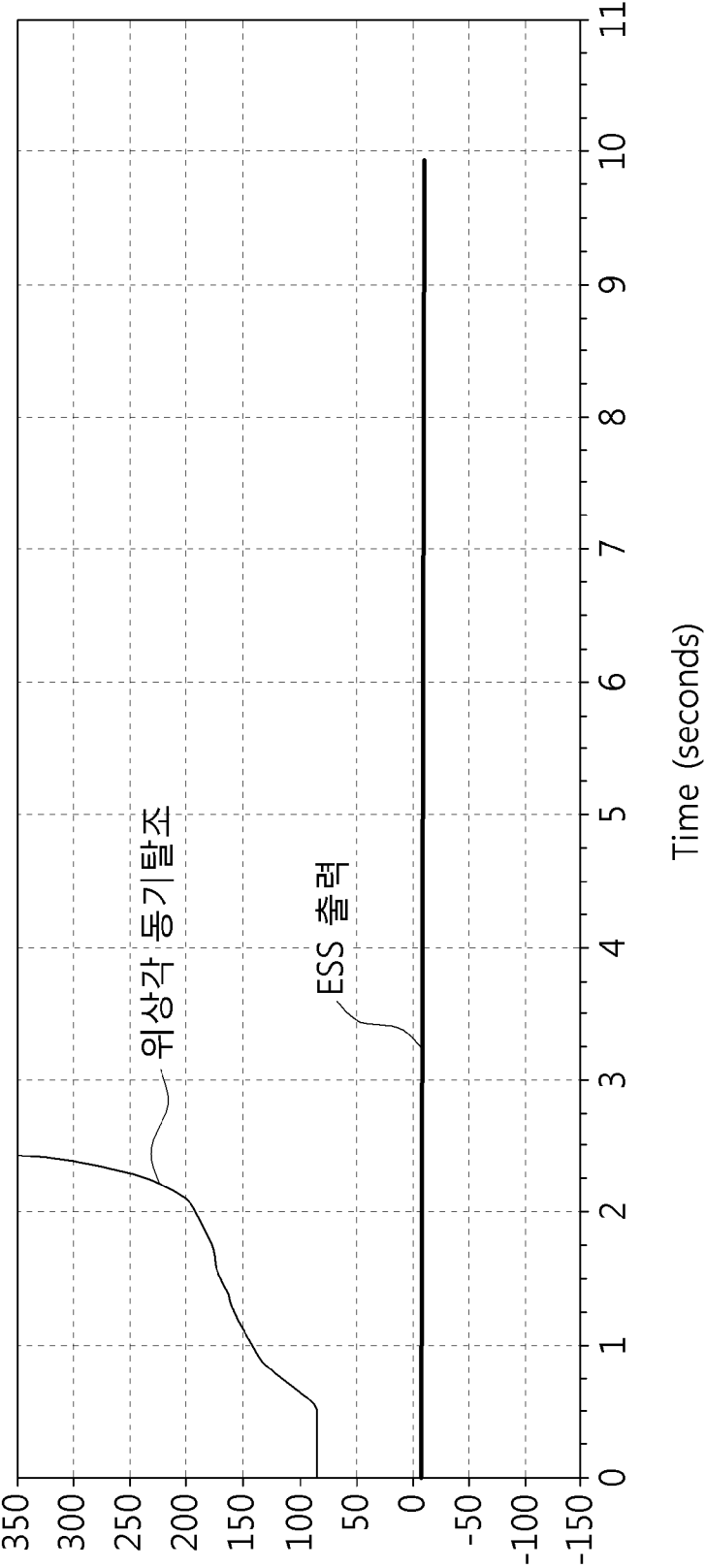


FIG. 3

[도4]

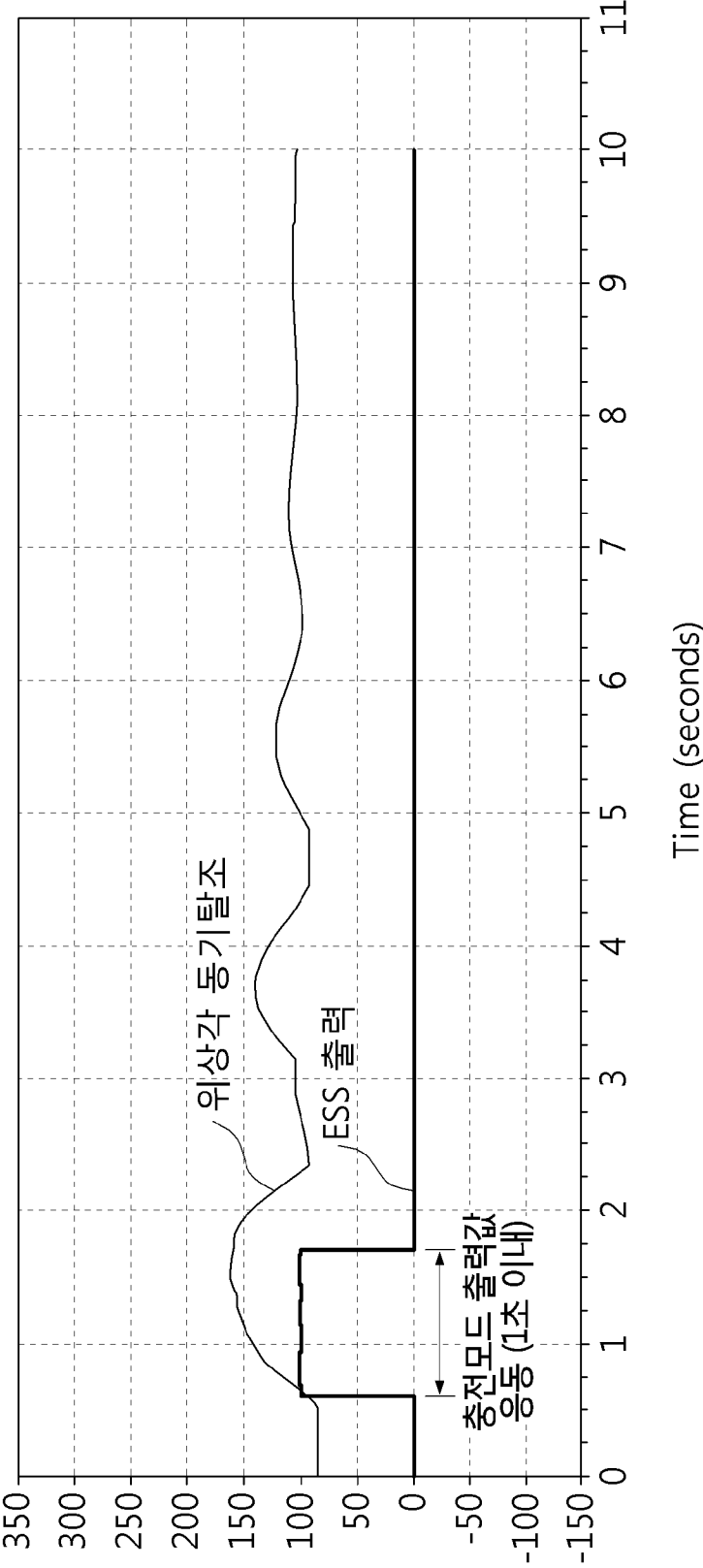


FIG. 4

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/KR2017/008357

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H02J 3/32(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)

H02J 3/32; H02J 3/24; H02J 3/28; G05F 1/70; H02P 9/14; H02J 9/00; H02J 7/02; H02J 11/00; H02J 3/00

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: transient stability, ESS, control, electric power system, phase angle, information, change rate, critical value, charging

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	KR 10-2009-0064796 A (KOREA ELECTROTECHNOLOGY RESEARCH INSTITUTE) 22 June 2009 See paragraphs [24]-[48], figures 1-3.	1-11
Y	KR 10-2016-0108755 A (RESEARCH & BUSINESS FOUNDATION SUNGKYUNKWAN UNIVERSITY) 20 September 2016 See claims 1-14, figures 1-2.	1-11
A	JP 2007-288835 A (CHUGOKU ELECTRIC POWER CO., INC.) 01 November 2007 See the entire document.	1-11
A	JP 2012-010453 A (TOKYO ELECTRIC POWER CO., INC.) 12 January 2012 See the entire document.	1-11
A	KR 10-2016-0059551 A (IN-TECH FACTORY AUTOMATLON CO., LTD.) 27 May 2016 See the entire document.	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

“&” document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

26 JANUARY 2018 (26.01.2018)

Date of mailing of the international search report

26 JANUARY 2018 (26.01.2018)

Name and mailing address of the ISA/KR

Korean Intellectual Property Office
Government Complex-Daejeon, 189 Sconsa-ro, Daejeon 302-701,
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/KR2017/008357

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member	Publication date
KR 10-2009-0064796 A	22/06/2009	KR 10-0933197 B1	22/12/2009
KR 10-2016-0108755 A	20/09/2016	KR 10-1686322 B1	14/12/2016
JP 2007-288835 A	01/11/2007	JP 4889355 B2	07/03/2012
JP 2012-010453 A	12/01/2012	JP 5556422 B2	23/07/2014
KR 10-2016-0059551 A	27/05/2016	WO 2016-080599 A1	26/05/2016

A. 발명이 속하는 기술분류(국제특허분류(IPC)) H02J 3/32(2006.01)i																				
B. 조사된 분야 조사된 최소문헌(국제특허분류를 기재) H02J 3/32; H02J 3/24; H02J 3/28; G05F 1/70; H02P 9/14; H02J 9/00; H02J 7/02; H02J 11/00; H02J 3/00 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: 과도안정도, ESS, 제어, 전력계통, 위상각, 정보, 변화율, 임계값, 충전																				
C. 관련 문헌 <table border="1"> <thead> <tr> <th>카테고리*</th> <th>인용문헌명 및 관련 구절(해당하는 경우)의 기재</th> <th>관련 청구항</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Y</td> <td>KR 10-2009-0064796 A (한국전기연구원) 2009.06.22 단락 24-48, 도면 1-3 참조.</td> <td>1-11</td> </tr> <tr> <td>Y</td> <td>KR 10-2016-0108755 A (성균관대학교산학협력단) 2016.09.20 청구항 1-14, 도면 1-2 참조.</td> <td>1-11</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>JP 2007-288835 A (CHUGOKU ELECTRIC POWER CO., INC.) 2007.11.01 전체 문헌 참조.</td> <td>1-11</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>JP 2012-010453 A (TOKYO ELECTRIC POWER CO., INC.) 2012.01.12 전체 문헌 참조.</td> <td>1-11</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>KR 10-2016-0059551 A ((주)인텍에프에이) 2016.05.27 전체 문헌 참조.</td> <td>1-11</td> </tr> </tbody> </table>			카테고리*	인용문헌명 및 관련 구절(해당하는 경우)의 기재	관련 청구항	Y	KR 10-2009-0064796 A (한국전기연구원) 2009.06.22 단락 24-48, 도면 1-3 참조.	1-11	Y	KR 10-2016-0108755 A (성균관대학교산학협력단) 2016.09.20 청구항 1-14, 도면 1-2 참조.	1-11	A	JP 2007-288835 A (CHUGOKU ELECTRIC POWER CO., INC.) 2007.11.01 전체 문헌 참조.	1-11	A	JP 2012-010453 A (TOKYO ELECTRIC POWER CO., INC.) 2012.01.12 전체 문헌 참조.	1-11	A	KR 10-2016-0059551 A ((주)인텍에프에이) 2016.05.27 전체 문헌 참조.	1-11
카테고리*	인용문헌명 및 관련 구절(해당하는 경우)의 기재	관련 청구항																		
Y	KR 10-2009-0064796 A (한국전기연구원) 2009.06.22 단락 24-48, 도면 1-3 참조.	1-11																		
Y	KR 10-2016-0108755 A (성균관대학교산학협력단) 2016.09.20 청구항 1-14, 도면 1-2 참조.	1-11																		
A	JP 2007-288835 A (CHUGOKU ELECTRIC POWER CO., INC.) 2007.11.01 전체 문헌 참조.	1-11																		
A	JP 2012-010453 A (TOKYO ELECTRIC POWER CO., INC.) 2012.01.12 전체 문헌 참조.	1-11																		
A	KR 10-2016-0059551 A ((주)인텍에프에이) 2016.05.27 전체 문헌 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 “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 신구성 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 2018년 01월 26일 (26.01.2018)		국제조사보고서 발송일 2018년 01월 26일 (26.01.2018)																		
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 10-2009-0064796 A	2009/06/22	KR 10-0933197 B1	2009/12/22
KR 10-2016-0108755 A	2016/09/20	KR 10-1686322 B1	2016/12/14
JP 2007-288835 A	2007/11/01	JP 4889355 B2	2012/03/07
JP 2012-010453 A	2012/01/12	JP 5556422 B2	2014/07/23
KR 10-2016-0059551 A	2016/05/27	WO 2016-080599 A1	2016/05/26