

(12) 특허협력조약에 의하여 공개된 국제출원

(19) 세계지식재산권기구
국제사무국

(43) 국제공개일
2020 년 3 월 26 일 (26.03.2020) **WIPO | PCT**



(10) 국제공개번호
WO 2020/059964 A1

- (51) 국제특허분류:
H02J 3/12 (2006.01) *H02J 3/38* (2006.01)
- (21) 국제출원번호: PCT/KR2018/015902
- (22) 국제출원일: 2018 년 12 월 14 일 (14.12.2018)
- (25) 출원언어: 한국어
- (26) 공개언어: 한국어
- (30) 우선권정보:
10-2018-0111977 2018 년 9 월 19 일 (19.09.2018) KR
- (71) 출원인: 한국전력공사 (**KOREA ELECTRIC POWER CORPORATION**) [KR/KR]; 58322 전라남도 나주시 전력로 55, Jeollanam-do (KR).
- (72) 발명자: 남궁원 (**NAMKOONG, Won**); 34056 대전시 유성구 문지로 105, Daejeon (KR). 신창훈 (**SHIN, Chang Hoon**); 34056 대전시 유성구 문지로 105, Daejeon (KR).

원종남 (**WEON, Jong Nam**); 34056 대전시 유성구 문지로 105, Daejeon (KR). 정원욱 (**JUNG, Won Wook**); 34056 대전시 유성구 문지로 105, Daejeon (KR). 추철민 (**CHU, Cheol Min**); 34056 대전시 유성구 문지로 105, Daejeon (KR).

(74) 대리인: 특허법인 아주 (**AJU INTERNATIONAL LAW & PATENT GROUP**); 06627 서울시 서초구 사임당로 174, 강남미래타워 12-13층, 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: METHOD FOR DERIVING SETTING VALUE OF VOLTAGE REGULATOR FOR COORDINATED CONTROL OF PLURALITY OF VOLTAGE REGULATORS ON BASIS OF POWER DATA MEASUREMENT

(54) 발명의 명칭: 전력데이터 계측기반 다수 전압조정장치의 협조 제어를 위한 전압조정장치의 설정 값 도출 방법

		AA	CC	DD	EE	FF
		시간	1시	2시	3시	결과
BB	개소					
	TR 1		1	1	1	-
	AMI 1		1.02	1.04	1.01	-
GG	AMI 2		0.99	0.99	0.98	-
	상한 여유		0.04	0.02	0.05	0.02
	하한 여유		0.05	0.05	0.04	0.04
HH	TR 2		1	1	1	-
	AMI 3		1.02	1.04	1.01	-
	AMI 4		0.96	0.97	0.95	-
GG	상한 여유		0.04	0.02	0.05	0.02
	하한 여유		0.02	0.03	0.01	0.01

AA ... Time
BB ... Place
CC ... 1 o'clock
DD ... 2 o'clock
EE ... 3 o'clock
FF ... Result
GG ... Upper limit margin
HH ... Lower limit margin

(57) Abstract: The present invention relates to a method for deriving a setting value of a voltage regulator for coordinated control of a plurality of voltage regulators on the basis of power data measurement. For the coordinated control of a plurality of voltage regulators, a control unit derives a range for high voltage operation which is an operation reference for each voltage regulator, through a first process of acquiring high voltage and low voltage for each section and time; a second process of converting the high voltage at all times to a designated same reference and applying the same to the low voltage; a third process of calculating upper and lower limit margins of the low voltage reference and deriving minimum ranges for the upper and lower limit margins; and a fourth process of deriving a range

[다음 쪽 계속]

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))

for high voltage operation for each section on the basis of the first to third processes.

(57) 요약서: 본 발명은 전력데이터 계측기반 다수 전압조정장치의 협조 제어를 위한 전압조정장치의 설정 값 도출 방법에 관한 것으로, 다수의 전압조정장치 협조 제어를 위하여, 제어부가 각 전압조정장치의 운영 기준이 되는 고압 운영범위를 도출하되, 각 구간 및 시간 별 고압과 저압 전압을 취득하는 제1 과정; 모든 시간의 고압 전압을 지정된 동일기준으로 환산하고 저압 전압에도 동일하게 적용하는 제2 과정; 저압 기준 상한 및 하한 여유 계산, 및 상한 및 하한 최소 여유범위를 도출하는 제3 과정; 및 상기 제1 내지 제3 과정에 기초하여 구간별 고압 운영범위를 도출 제4 과정을 통해 고압 운영범위를 도출한다.

명세서

발명의 명칭: 전력데이터 계측기반 다수 전압조정장치의 협조 제어를 위한 전압조정장치의 설정 값 도출 방법

기술분야

- [1] 본 발명은 전력데이터 계측기반 다수 전압조정장치의 협조 제어를 위한 설정 값 도출 방법에 관한 것으로, 보다 상세하게는 전압조정장치별 설정 값 설정을 통해 전압조정장치간 협조 제어를 수행할 수 있도록 하기 위하여, 실제 저압계통의 전압변동을 분석하여 구간별 고압 운영범위를 도출하고, 상기 구간별 고압 운영범위를 기준으로 전압조정장치의 설정 값을 도출할 수 있도록 하는, 전력데이터 계측기반 다수 전압조정장치의 협조 제어를 위한 설정 값 도출 방법에 관한 것이다.

[2]

배경기술

- [3] 일반적으로 수용가(즉, 사용자)에 일정한 전압을 계속 공급하기는 불가능하다. 발전기로부터 수용가에 이르는 전력계통의 각 부분에서 전압강하가 발생하기 때문이다. 이 전압강하는 항상 변하는 부하전류의 크기의 영향을 받으며 역율과 분포 및 계통의 구성 상태에 따라 다르게 된다.
- [4] 따라서 본 실시예에 따른 전압조정장치는 전기기구에 명시된 정격전압 보다 다소 높거나 낮은 조건에서 만족할만한 출력을 얻는 범위를 허용전압으로 규정하고 경제적으로 이 범위를 유지시키는 기능을 수행한다.
- [5] 참고로 하나의 배전선로를 통하여 각 사용자에게 공급되는 전압을 동시에 허용범위 내로 유지하기 위해서는 부하전류의 크기 분포 등을 파악하여, 부하변동 시 전압조정장치에 의한 적정 전압보상이 되도록 제어되어야 한다. 하지만 대부분의 사용자는 저압계통에서 전력을 공급받으며, 저압계통의 복잡성, 및 부하변동으로 인해 저압계통에서 발생하는 정확한 전압변동 정도를 아는 데 어려움이 있다.
- [6] 이와 같이 저압계통의 전압변동 정도를 모르기 때문에 결과적으로 고압계통의 전압 유지범위(즉, 고압 운영범위)를 결정하는 데에도 어려움이 발생한다.
- [7] 이는 또한 상기 고압계통의 전압을 기준으로 동작하는 전압조정장치의 적절한 동작에도 영향을 주게 되며, 이에 따른 부정확한 고압계통의 전압 운영기준에 의한 전압 제어는, 저압계통 사용자에게 적합한 전압공급을 보장할 수 없는 문제점이 발생한다.
- [8] 한편 현재 배전선로에는 다수의 전압조정장치가 설치되어 있는데, 기존에는 다수의 전압조정장치 간 상호영향 고려가 어려워 개별제어로 운영되고 있으며, 이러한 종래 기술의 한계로 인하여 부하변동 등에 의한 전압문제가 발생할 경우, 이러한 전압문제의 해결을 위해 과도한 설비투자가 이루어지는 문제점이

있었다.

- [9] 본 발명의 배경기술은 대한민국 등록특허 10-1686296호(2016.12.07. 등록, 전력 계통의 전압 안정도 관리 장치 및 그 방법)에 개시되어 있다.

[10]

발명의 상세한 설명

기술적 과제

- [11] 본 발명의 일 측면에 따르면, 본 발명은 상기와 같은 문제점을 해결하기 위해 창작된 것으로서, 전압조정장치별 설정 값 설정을 통해 전압조정장치간 협조 제어를 수행할 수 있도록 하기 위하여, 실제 저압계통의 전압변동을 분석하여 구간별 고압 운영범위를 도출하고, 상기 구간별 고압 운영범위를 기준으로 전압조정장치의 설정 값을 도출할 수 있도록 하는, 전력데이터 계측기반 다수 전압조정장치의 협조 제어를 위한 설정 값 도출 방법을 제공하는데 그 목적이 있다.

[12]

과제 해결 수단

- [13] 본 발명의 일 측면에 따른 전력데이터 계측기반 다수 전압조정장치의 협조 제어를 위한 전압조정장치의 설정 값 도출 방법은, 다수의 전압조정장치 협조 제어를 위하여, 제어부가 각 전압조정장치의 운영 기준이 되는 고압 운영범위를 도출하되, 각 구간 및 시간 별 고압과 저압 전압을 취득하는 제1 과정; 모든 시간의 고압 전압을 지정된 동일기준으로 환산하고 저압 전압에도 동일하게 적용하는 제2 과정; 저압 기준 상한 및 하한 여유 계산, 및 상한 및 하한 최소 여유범위를 도출하는 제3 과정; 및 상기 제1 내지 제3 과정에 기초하여 구간별 고압 운영범위를 도출 제4 과정을 통해 고압 운영범위를 도출하는 것을 특징으로 한다.
- [14] 본 발명에 있어서, 시간에 따라 저압계통의 전압변동 차이가 기준 이상 클 경우, 또는 시간 및 계절별로 고압 운영범위가 다를 경우, 복수의 고압 운영범위를 도출하여 사용하는 것을 특징으로 한다.
- [15] 본 발명에 있어서, 상기 제어부는, 전압조정장치의 운영 시 전압문제가 발생하지 않는 범위의 전압인 적정전압을 공급하기 위하여 전압조정장치의 설정을 결정하기 위한 기준으로 사용하기 위하여 상기 고압 운영범위를 산출하는 것을 특징으로 한다.
- [16] 본 발명에 있어서, 상기 제어부는, 대역폭, 부하, 및 발전량 이력을 반영한 전압 프로파일을 생성하는 제1 단계; 표준전압 준수, 및 전압위반 최소가 되는 설정 값을 선정하는 제2 단계; 전압 위반 해소를 위한 최대 위반 지점의 전압 보상 크기를 계산하는 제3 단계; 및 ESS(Energy Storage System) 및 분산전원의 설정 값을 계산하는 제4 단계;를 포함하여, 상기 전압조정장치의 설정을 위한 설정 값을 도출하는 것을 특징으로 한다.

- [17] 본 발명에 있어서, 상기 전압조정장치는, OLTC(On Load Tap Changer), SVR(Static Voltage Regulator), ESS(Energy Storage System), 및 분산전원을 포함하며, 상기 OLTC, 및 SVR은 변압기 권선 비를 바꾸어 전압을 변동시키는 방식으로 동작하며, 상기 ESS, 및 분산전원은 무효전력을 발생시켜 전압을 변동시키는 방식으로 동작하는 것을 특징으로 한다.
- [18] 본 발명에 있어서, 상기 제2 단계를 수행하기 위하여, 상기 제어부는, 상기 제1 단계를 통해 생성한 개수의 전압 프로파일의 목적함수를 아래의 수학식 2를 통해 계산하여, 각 설정별로 시간별 값을 합산하고, 그 합이 최소인 설정을 최적 값으로 선정하는 것을 특징으로 한다.
- [19] (수학식 2)
- [20]
$$Performance \in dex = \sum_{t=1}^T \sum_{i=1}^B \{ (V_{i,t} - V_{i,t}^{ref})^2 + \omega_{\max} (V_{i,t,DB\max} - V_{i,t}^{\max})^2 + \omega_{\min} (V_{i,t,DB\min} - V_{i,t}^{\min})^2 \}$$
- $$V_{i,t}^{ref} = \frac{V_{i,t}^{\max} + V_{i,t}^{\min}}{2}$$
- $$\omega_{\max} = \begin{cases} 1000 & \text{if } V_{i,t,DB\max} > V_{i,t}^{\max} \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases}, \quad \omega_{\min} = \begin{cases} 1000 & \text{if } V_{i,t,DB\min} < V_{i,t}^{\min} \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases}$$
- [21] 여기서 $V_{i,t}$ 는 시간(t)에 모선(i)의 구간 전압이고, $V_{i,t,DB\max}$ 는 DB 상한을 고려한 시간(t)에 모선(i)의 전압이며, $V_{i,t,DB\min}$ 은 DB 하한을 고려한 시간(t)에 모선(i)의 전압이고, $V_{i,t}^{\max}$ 는 시간(t)에 따른 모선(i)의 고압 운영범위 상한 값, $V_{i,t}^{\min}$ 는 시간(t)에 따른 모선(i)의 고압 운영범위 하한 값을 의미한다.
- [22] 본 발명에 있어서, 상기 제4 단계를 수행하기 위하여, 상기 제어부는, 아래의 수학식 3을 이용하여 무효전력에 의한 전압 보상을 위한 설정 값을 산출하는 것을 특징으로 한다.
- [23] (수학식 3)
- [24] $\Delta V = XQ$
- [25] 여기서 ΔV 는 전압변동, X는 인출 지점부터 연계 지점까지의 리액턴스, Q는 보상되는 무효전력 값을 의미한다.
- [26] 본 발명에 있어서, 상기 제어부는, 무효전력 공급으로 변경된 전압을 기준으로 Q(V)curve의 동작 기준 전압을 설정하며, 이에 따라 상기 Q(V)curve를 이용해 기준에서 벗어난 위반 전압 만큼만 보상하되, 상기 Q(V)curve는 아래의 수학식 7을 이용해 설정하는 것을 특징으로 한다.
- [27] (수학식 7)
- [28] $\Delta V = X \cdot Q$
- [29] $Q = 1/X \cdot \Delta V$
- [30] 여기서 X는 리액턴스, Q는 최대 무효전력 공급용량, ΔV 는 위반 전압을 의미한다.
- [31]

발명의 효과

- [32] 본 발명의 일 측면에 따르면, 본 발명은 전압조정장치별 설정 값 설정을 통해 전압조정장치간 협조 제어를 수행할 수 있도록 하기 위하여, 실제 저압계통의 전압변동을 분석하여 구간별 고압 운영범위를 도출하고, 상기 구간별 고압 운영범위를 기준으로 전압조정장치의 설정 값을 도출할 수 있도록 한다.

[33]

도면의 간단한 설명

- [34] 도 1은 일반적인 도심지의 저압계통 범위와 농어촌 지역의 저압계통 범위를 비교하기 위하여 보인 예시도.
- [35] 도 2는 본 실시예에 따른 고압 운영범위 도출 과정을 설명하기 위한 저압계통 구성을 보인 예시도.
- [36] 도 3은 상기 도 2에 있어서, 구간 및 시간별 고압과 저압 전압 취득 현황을 예시적으로 보인 테이블.
- [37] 도 4는 상기 도 3에 있어서, 구간 및 시간별 고압과 저압 전압을 동일기준으로 환산한 현황을 예시적으로 보인 테이블.
- [38] 도 5는 상기 도 4에 있어서, 상한 및 하한 최소 여유범위를 도출한 현황을 예시적으로 보인 테이블.
- [39] 도 6은 본 발명의 일 실시예에 따라 구간별로 다른 고압 운영범위를 사용하는 상황을 보인 예시도.
- [40] 도 7은 본 실시예에서 대역폭을 고려한 전압프로파일의 일 예를 보인 예시도.
- [41] 도 8은 본 실시예에서 목적함수를 통한 최적 값을 도출하는 상황을 예시적으로 보인 테이블.
- [42] 도 9는 본 발명의 일 실시예에 따라 전압 프로파일과 고압 운영범위와의 여유를 분석한 그래프를 보인 예시도.
- [43] 도 10은 본 발명의 일 실시예에 따라 구간별 최대 위반 지점 전압 보상 크기를 도출하는 방법을 설명하기 위하여 보인 예시도.
- [44] 도 11은 본 발명의 일 실시예에 따른 무효전력 공급을 통한 전압 보상 방법을 설명하기 위하여 보인 예시도.
- [45] 도 12는 본 발명의 일 실시예에 관련된 $Q(V)$ 곡선($Q(V)$ curve)을 설정 방식을 설명하기 위한 그래프를 보인 예시도.
- [46] 도 13은 본 발명의 다른 실시예에 따른 DVM(Digital Voltmeter) 설정 방식과 이 설정을 적용하기 위한 그래프를 보인 예시도.

[47]

발명의 실시를 위한 형태

- [48] 이하, 첨부된 도면을 참조하여 본 발명에 따른 전력데이터 계측기반 다수 전압조정장치의 협조 제어를 위한 설정 값 도출 방법의 일 실시예를 설명한다.
- [49] 이 과정에서 도면에 도시된 선들의 두께나 구성요소의 크기 등은 설명의

명료성과 편의상 과장되게 도시되어 있을 수 있다. 또한, 후술되는 용어들은 본 발명에서의 기능을 고려하여 정의된 용어들로서 이는 사용자, 운용자의 의도 또는 관례에 따라 달라질 수 있다. 그러므로 이러한 용어들에 대한 정의는 본 명세서 전반에 걸친 내용을 토대로 내려져야 할 것이다.

- [50] 이하 본 실시예의 도면에는 구체적으로 도시하지 않았으나, 본 실시예에 따른 전력데이터 계측기반 다수 전압조정장치의 협조 제어를 위한 설정 값 도출 방법을 수행하는 장치는, 씨피유(CPU, 미도시)(또는 제어부)를 포함하는 컴퓨터(미도시)나 서버(미도시)로 구현될 수 있다.
- [51] 따라서 이하 설명의 편의를 위해서 구체적으로 기재하지 않더라도, 본 실시예에 따른 전력데이터 계측기반 다수 전압조정장치의 협조 제어를 위한 설정 값 도출 방법을 실행하는 주체는 제어부(미도시)로 이해되어야 한다.
- [52] 이하 본 발명의 일 실시예를 위해 필요한 조건과 원리에 대해서 설명한다.
- [53] 상술한 종래의 문제점을 해소하기 위해서는 아래와 같은 조건들이 필요하다.
- [54] 첫 번째로 종래의 저압계통 사용자에게 허용범위 내에서 적절한 전압 공급을 위해서는 고압계통 전압이 부하변동 상황에 능동적으로 대응하여야 한다.
- [55] 두 번째로 종래에는 구간별 저압계통 전압변동이 상이하기 때문에 별도의 구간별 고압 운영범위가 있어야 한다.
- [56] 이때 상기 구간별 고압 운영범위를 도출하기 위해서는, 고압, 및 저압의 전압이력을 분석함으로써, 이로부터 적절한 고압 운영범위를 도출할 수 있다. 이때 상기 도출된 범위(즉, 고압 운영범위)를 기준으로 고압 전압을 유지하기 위해서는 전압조정장치의 적합한 제어가 필요하다.
- [57] 그런데 전력 계통을 실시간 계측 및 제어하기 위해서는 시스템 및 통신에 많은 투자가 필요하기 때문에 현재 대부분의 전압조정장치는 중앙제어 없이 기 입력된 설정을 기반으로 운전된다. 하지만 상기 설정을 기반으로 한 전압조정장치의 운전은 해당 전압조정장치가 설치된 지점 이외의 다른 지점의 정보는 활용할 수 없기 때문에 다른 지점의 전압 현황 및 타 전압조정장치의 정보 없이 적합한 동작을 해야 한다.
- [58] 따라서 이를 위해서는 계통별 부하, 발전 및 전압조정장치의 특성을 고려해 전압조정장치의 설정 값을 도출하여 설정해 주어야 한다.
- [59] 본 실시예에서 다수의 전압조정장치 협조 제어를 위해서는 각 전압조정장치의 운영 기준이 되는 고압 운영범위가 필요하다.
- [60] 참고로 전력계통은 전력전송을 위한 고압계통과 사용자에게 전력공급을 위한 저압계통이 있으며, 상기 저압계통은 고압계통에 비해 낮은 전압과 큰 전류로 인해 전압강하 및 변동이 크다. 즉, 상기 저압계통은 부하변동에 따라 전압변동 범위가 커서 모든 경우에 동일한 값(즉, 고압 운영범위)으로 대체하기가 어렵다.
- [61] 도 1은 일반적인 도심지의 저압계통 범위와 농어촌 지역의 저압계통 범위를 비교하기 위하여 보인 예시도로서, 도 1의 (a)는 도심지의 저압계통 범위를 보인 예시도이고, 도 1의 (b)는 농어촌 지역의 저압계통 범위를 보인 예시도이다.

- [62] 예컨대 도 1을 참조하면, 저압계통 범위는 도심지가 농어촌 지역에 비해서 상대적으로 짧음을 알 수 있다. 이는 같은 부하 조건일 때 전압강하가 도심지에서 더 작게 발생한다는 것을 의미한다. 이로부터 도심지의 고압 운영범위 하한은 농어촌보다 더 낮아도 된다는 것을 의미한다. 이에 따라 모든 구간에 동일한 고압 운영범위를 적용하는 것은 합리적이지 않음을 알 수 있으며, 따라서 합리적인 고압 운영범위를 도출하기 위해서는 실제 저압계통의 전압변동 분석이 필요함을 의미한다.
- [63] 이때 상기 고압 운영범위를 도출하는 과정은, 제1 과정(각 구간 및 시간 별 고압과 저압 전압을 취득한다), 제2 과정(모든 시간의 고압 전압을 동일기준(예 : 1.0 pu)으로 환산하고 저압 전압에도 동일하게 적용한다), 제3 과정(저압 기준 상/하한 여유 계산 및 상/하한 최소 여유범위를 도출한다), 및 제4 과정(구간별 고압 운영범위를 도출한다)을 통해 고압 운영범위가 도출된다.
- [64] 이하 상기 고압 운영범위를 도출하는 과정에 대해서 보다 구체적으로 설명한다. 도 2는 본 실시예에 따른 고압 운영범위 도출 과정을 설명하기 위한 저압계통 구성을 보인 예시도이고, 도 3은 상기 도 2에 있어서, 구간 및 시간별 고압과 저압 전압 취득 현황을 예시적으로 보인 테이블이다.
- [65] 본 실시예에서는 설명의 편의상, 전압은 pu 단위, 구간은 제1 구간(TR1), 제2 구간(TR2), 그리고 시간은 1, 2, 3(시)를 적용하며, AMI(Advanced Metering Infrastructure)1, AMI2는 제1 구간(TR1 구간)에 소속되고, AMI3, AMI4는 제2 구간(TR2 구간)에 소속되는 것으로 가정한다.
- [66] 이때 상기 도 3의 테이블은, 상기 고압 운영범위를 도출하기 위한 제1 과정(각 구간 및 시간 별 고압과 저압 전압을 취득하는 과정)을 통해 취득한 정보이다.
- [67] 도 4는 상기 도 3에 있어서, 구간 및 시간별 고압과 저압 전압을 동일기준(예 : 1.0 pu)으로 환산(변환)한 현황을 예시적으로 보인 테이블이다.
- [68] 즉, 도 4의 테이블은, 상기 고압 운영범위를 도출하기 위한 제2 과정(모든 시간의 고압 전압을 동일기준(예 : 1.0 pu)으로 환산하고 저압 전압에도 동일하게 적용한다)을 통해 취득한 정보이다.
- [69] 도 4를 참조하면, 제1 구간(TR1 구간)의 1시 전압은 기존 1.02에서 1로 0.02 pu 감소되었으며, 상기 제1 구간(TR1 구간)에 소속된 AMI1과 AMI2도 동일하게 0.02 pu 감소되어 각기 1.02 pu와 0.99 pu로 변환되었다.
- [70] 도 5는 상기 도 4에 있어서, 상한 및 하한 최소 여유범위를 도출한 현황을 예시적으로 보인 테이블이다.
- [71] 즉, 도 5의 테이블은, 상기 고압 운영범위를 도출하기 위한 제3 과정(저압 기준 상/하한 여유 계산 및 상/하한 최소 여유범위를 도출한다)을 통해 취득한 정보이다.
- [72] 이때 도 5의 테이블에서 상한은 1.06 pu, 하한은 0.94 pu를 기준으로 설정하였을 때, 상기 제1 구간(TR1 구간)에서 상한 여유가 가장 작은 것은 AMI1의 2시로서, 상한 여유는 0.02 pu(즉, $1.06 - 1.04 = 0.02$)가 된다. 그리고 상기 제1 구간(TR1

- 구간)에서 하한 여유가 가장 작은 것은 AMI2의 3시로서, 하한 여유는 0.04 pu (즉, $0.98-0.94=0.04$)가 된다.
- [73] 또한 상기 제2 구간(TR2 구간)에서 상한 여유가 가장 작은 것은 AMI3의 2시로서, 상한 여유는 0.02 pu (즉, $1.06-1.04=0.02$)가 된다. 그리고 상기 제2 구간(TR2 구간)에서 하한 여유가 가장 작은 것은 AMI4의 3시로서, 하한 여유는 0.01 pu (즉, $0.95-0.94=0.01$)가 된다.
- [74] 이에 따라 상기 도 5를 바탕으로 상기 제1 구간(TR1 구간)의 고압 운영범위를 도출하기 위하여 제4 과정(구간별 고압 운영범위를 도출한다)을 수행하면, 상기 제1 구간(TR1 구간)의 1~3시까지의 고압 운영범위는, 상한 $1+0.02=1.02 \text{ pu}$, 하한 $1-0.04=0.96 \text{ pu}$ 임을 알 수 있다. 이와 마찬가지로 상기 제2 구간(TR2 구간)의 고압 운영범위를 도출하기 위하여 제4 과정을 수행하면, 상기 제2 구간(TR2 구간)의 1~3시까지의 고압 운영범위는, 상한 $1+0.02=1.02 \text{ pu}$, 하한 $1-0.01=0.99 \text{ pu}$ 임을 알 수 있다.
- [75] 이는 상기 제4 과정을 통해 도출된 고압 운영범위가 유지되면 상기 설정한 저압계통 전압 기준($0.94 \sim 1.06 \text{ pu}$)이 유지됨을 의미한다. 이는 저압계통에서 발생하는 최악의 경우를 고려하여 고압 운영범위를 도출하였기 때문이다.
- [76] 다만 상기 실시예에서는 설명의 편의상 1시 ~ 3시를 한정하여 고압 운영범위를 도출하는 방법을 설명한 것이지만, 만약 시간에 따라 저압계통의 전압변동 차이가 클 경우(예: 낮은 태양광 발전으로 전압이 상승하여 상한 여유가 좁고, 반면에 밤은 중부하로 인한 큰 전압강하로 하한 여유가 좁은 경우) 복수의 고압 운영범위를 도출하여 사용할 수 있다. 이와 같이 시간 및 계절별로 고압 운영범위가 다를 경우 복수의 고압 운영범위를 도출하여 사용할 수 있다.
- [77] 도 6은 본 발명의 일 실시예에 따라 구간별로 다른 고압 운영범위를 사용하는 상황을 보인 예시도로서, 도 6의 (a)는 고압 계통도를 보인 예시도이고, 도 6의 (b)는 상기 고압 계통도에서 각 구간(예: A1, A2, A3, ~, A10)(또는 지점)별 고압 운영 범위를 그래프 형태로 보인 예시도이다.
- [78] 상기와 같이 고압 운영범위를 도출하는 것은 전압조정장치의 운영 시 적정전압을 공급하기 위한 기준으로 사용하기 위한 것이다. 즉, 적정 전압(전압문제가 발생하지 않는 범위의 전압)을 공급하기 위한 전압조정장치의 설정을 결정하기 위한 기준으로 사용하기 위한 것이다.
- [79] 참고로 상기 전압조정장치의 종류에는 OLTC(On Load Tap Changer), SVR(Static Voltage Regulator), ESS(Energy Storage System), 및 분산전원 등이 있으며, 이 중 상기 OLTC, 및 SVR은 변압기 권선 비를 바꾸어 전압을 변동시키는 방식으로 동작하며, 상기 ESS, 및 분산전원은 무효전력(예: 진상, 지상 무효전력)을 발생시켜 전압을 변동시키는 방식으로 동작한다.
- [80] 이하 본 발명의 일 실시예에 따른 설정 기반으로 동작하는 전압조정장치의 설정을 도출하는 단계에 대해서 설명한다.
- [81] 이때 상기 전압조정장치의 설정을 도출하는 단계는, 제1 단계(대역폭, 부하,

발전량 이력을 반영한 전압 프로파일을 생성하는 단계), 제2 단계(표준전압 준수, 전압위반 최소가 되는 설정 값을 선정하는 단계), 제3 단계(전압 위반 해소를 위한 최대 위반 지점의 전압 보상 크기를 계산하는 단계), 및 제4 단계(ESS, 및 분산전원의 설정 값을 계산하는 단계)를 포함한다.

[82] 이하 상기 전압조정장치의 설정을 위한 설정 값을 도출하는 과정에 대해서 보다 구체적으로 설명한다.

[83] 상기 제1 단계(대역폭, 부하, 발전량 이력을 반영한 전압 프로파일을 생성하는 단계)를 수행하기 위해서, 먼저, OLTC(On Load Tap Changer), SVR(Static Voltage Regulator)의 LDC(Line Drop Compensator) 운전의 개념에 대해서 설명한다.

[84] 상기 LDC는 특정 지점에 목표전압(V_{ref})을 부하변동에 관계없이 일정하기 유지하기 위해 송출전압(V_{send})을 변동시킨다.

[85] 상기 목표전압(V_{ref})과 송출전압(V_{send})의 관계는 아래의 수학적 식 1과 같다.

[86] [수식1]

$$V_{ref} = V_{send} - I(R\cos\theta + X\sin\theta)$$

[87] 여기서 V_{ref} , R(저항), 및 X(리액턴스)는 고정된 입력이므로, 부하변동 시 일정한 목표전압(V_{ref})을 유지하기 위해서는 송출전압(V_{send})을 변동한다. 즉, 상기 목표전압(V_{ref})을 유지하기 위해서 변동시켜야 할 송출전압(V_{send})을 계산한다.

[88] 이에 따라 상기 OLTC에서는 송출전압을 측정하여, 상기 계산된 송출전압(V_{send})과 같게 유지하기 위해서 탭을 변동시킨다. 이때 OLTC의 동작 빈도를 조절하기 위해서 대역폭을 조절하며, 상기 계산된 송출전압(V_{send})와 현재 송출전압이 대역폭 이상일 경우 탭 조정을 통해 송출전압을 조정한다.

[89] 가령, 상기 OLTC는 대역폭이 1%일 경우 계산된 송출전압(V_{send})과 현재 송출전압의 차이가 1% 이상일 경우만 동작한다.

[90] 이때 본 실시예에 따른 장치를 통해 결정해야 하는 설정은, 목표전압(V_{ref}), 임피던스(R, X), 및 대역폭(Dead Band) 등의 설정 값이다.

[91] 이때 상기 목표전압(V_{ref}), 임피던스(R, X), 및 대역폭(Dead Band) 값을 이용해 현실적으로 조합 가능한 생성은, 예컨대 상기 목표전압(V_{ref}), 임피던스(R, X), 및 대역폭(Dead Band) 값이 각각 5, 5, 5, 3 개일 경우 총 375개의 설정이 조합 가능하다. 이는 t개의 부하 케이스에 대하여 각각 375개의 설정을 적용한 전압 프로파일을 생성할 수 있음을 의미하며, 가령 t=4 일 경우 1,500개의 전압 프로파일이 생성될 수 있음을 의미한다(도 7 참조).

[92] 다음 상기 제2 단계(표준전압 준수, 전압위반 최소가 되는 설정 값을 선정하는 단계)를 수행하는 방법에 대해서 설명한다.

[93] 상기 제1 단계에서 생성한 1,500가지 전압 프로파일의 목적함수(수학적 식 2)를 계산하고 각 설정별(375개)로 그 값을 합산한다.

[94] [수식2]

$$Performance \in dex = \sum_{t=1}^T \sum_{i=1}^B \{ (V_{i,t} - V_{i,t}^{ref})^2 + \omega_{\max} (V_{i,t,DB\max} - V_{i,t}^{\max})^2 + \omega_{\min} (V_{i,t,DB\min} - V_{i,t}^{\min})^2 \}$$

$$V_{i,t}^{ref} = \frac{V_{i,t}^{\max} + V_{i,t}^{\min}}{2}$$

$$\omega_{\max} = \begin{cases} 1000 & \text{if } V_{i,t,DB\max} > V_{i,t}^{\max} \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases}, \quad \omega_{\min} = \begin{cases} 1000 & \text{if } V_{i,t,DB\min} < V_{i,t}^{\min} \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases}$$

[95]

[96] 이때 상기 목적함수는 계통운영 목적에 따라 달라질 수 있으며, 상기 수학적
2의 목적함수에서 고려하는 점은 아래와 같다.

[97] 1. 모든 시간(t)과 지점(i)에서 표준전압과의 차 :

[98] $(V_{i,t} - V_{i,t}^{ref})^2$

[99] 2. 대역폭을 고려한 전압 위반 :

[100] $\omega_{\max} (V_{i,t,DB\max} - V_{i,t}^{\max})^2 - \omega_{\min} (V_{i,t,DB\min} - V_{i,t}^{\min})^2$

[101] 이때 전압위반의 중요성을 줄일 경우에는 가중치($\omega_{\max}$, $\omega_{\min}$)를 1,000 보다
작게 한다.

[102] 여기서 $V_{i,t}$ 는 시간(t)에 모선(i)의 구간 전압(예 : 도 5, (a)의 A1 ~ A10)이고, $V_{i,t,DB\max}$ 는 DB 상한을 고려한 시간(t)에 모선(i)의 전압(예 : 도 7의 $V_{i,t,DB\max}$ 참조)이며,
 $V_{i,t,DB\min}$ 은 DB 하한을 고려한 시간(t)에 모선(i)의 전압(예 : 도 7의 $V_{i,t,DB\min}$)이고,

$$V_{i,t}^{\max}$$

는 시간(t)에 따른 모선(i)의 고압 운영범위 상한(예 : TR1 구간 1.02pu),

$$V_{i,t}^{\min}$$

는 시간(t)에 따른 모선(i)의 고압 운영범위 하한(예 : TR1 구간 0.96pu) 값을
의미한다.

[103] 도 7은 본 실시예에서 대역폭을 고려한 전압프로파일의 일 예를 보인
예시도이다. 도 7을 참조하면, 대역폭(1%) 적용 시 송출전압 기준이 1.0 pu이면
가능한 최고, 및 최저 송출전압은 각기 1.02, 및 0.98 pu 임을 알 수 있다. 또한
상기 송출전압이 1.02 pu($V_{i,t,DB\max}$)일 때 상한과의 전압 여유도가 가장 작고, 상기
송출전압이 0.98 pu($V_{i,t,DB\min}$)일 때 하한과의 전압 여유도가 가장 작음을 알 수
있다.

[104] 도 8은 본 실시예에서 목적함수를 통한 최적 값을 도출하는 상황을 예시적으로
보인 테이블이다.

[105] 도 8을 참조하면, 설정 375개를 4개의 시간에 대해 각각 목적함수를 구하고 그
합이 최소인 조합을 선정하면, 2번째 설정(조합)이 4개의 시간동안의 목적함수

합이 최소로 적은 최적 값을 알 수 있다.

[106] 다음 상기 제3 단계(전압 위반 해소를 위한 최대 위반 지점의 전압 보상 크기를 계산하는 단계)를 수행하는 방법에 대해서 설명한다.

[107] 먼저 기 설정된 기준으로 모든 시간동안 전압 프로파일과 고압 운영범위와의 여유를 계산한다. 이때 전압위반 가능성을 판단하기 위한 목적으로, 도 9와 같이 대역폭을 고려하여 적용한다. 그 중 고압 운영범위와 각 구간의 상한, 하한 전압 여유가 가장 작은 값을 각각 선정한다.

[108] 도 9는 본 발명의 일 실시예에 따라 전압 프로파일과 고압 운영범위와의 여유를 분석한 그래프를 보인 예시도이고, 도 10은 본 발명의 일 실시예에 따라 구간별 최대 위반 지점 전압 보상 크기를 도출하는 방법을 설명하기 위하여 보인 예시도이다.

[109] 도 9 및 도 10을 참조하면, 상한은 7번 구간, 하한은 9번 구간이 고압 운영범위에 대하여 전압 여유가 가장 작음을 알 수 있으며, 상한 및 하한 모두 위반이 발생했고, 이 전압 위반 해소를 위해 전압 제어가 필요함을 알 수 있다. 즉, 상한의 경우 0.048 pu를 하강, 하한의 경우 0.0154 pu를 상승시켜야 하는 것이다.

[110] 다음 제4 단계(ESS, 및 분산전원의 설정 값을 계산하는 단계)를 수행하는 방법에 대해서 설명한다.

[111] 먼저 무효전력에 의한 전압 보상방법은 아래의 수학식 3을 이용할 수 있다.

[112] [수식3]

$$\Delta V = XQ$$

[113] 여기서 ΔV 는 전압변동, X 는 인출 지점(또는 구간)부터 연계 지점(또는 구간)까지의 리액턴스, Q 는 보상되는 무효전력 값을 의미한다. 이때 상기 제3 단계를 통해서 어느 지점(X)에서 필요한 전압 보상 크기(ΔV)를 알 수 있으며, 여기서 전압보상을 위한 무효전력은 수학식 4를 이용해 계산할 수 있다.

[114] [수식4]

$$Q = \Delta V / X$$

[115] 예컨대 무효전력 분배 방식을 설명하면, 도 11의 지점 2에서 전압이 고압 상한을 2% 초과한다고 가정할 때, Q_2 만 연계하고 $X_2=2$ 인 경우, $Q_2=2/X_2$, Q_2 가 1의 지상 전력을 공급 시, 2번 지점의 전압은 2% 강하한다.

[116] 도 11은 본 발명의 일 실시예에 따른 무효전력 공급을 통한 전압 보상 방법을 설명하기 위하여 보인 예시도로서, 다수의 무효전력 공급원(예 : ESS, 분산전원)이 있을 경우 분배 방법은, 가령 도 11의 Q_1 , Q_2 , Q_3 의 최대 무효전력 가능 용량의 비를 1, 3, 2라고 가정하고, 각각의 연계 지점까지의 리액턴스는 X_1 , X_2 , X_3 ($=1, 2, 3$)으로 가정하며, 전압 위반(ΔV)은 2번 지점에서 +2% 발생한다고 가정할 때, Q 공급원 중 가장 큰 2번을 기준으로 용량 비로 나타내면 아래의 수학식 5가 되고, 상기 수학식 3을 이용해 표현하면 아래의 수학식 6이 된다.

[117] [수식5]

$$Q_1 : Q_2 : Q_3 = 1/3 : 1 : 2/3$$

[118] [수식6]

$$\Delta V = X_1 \cdot Q_1 + X_2 \cdot Q_2 + X_2 \cdot Q_3$$

[119] 참고로 상기 수학식 6에서 Q_3 의 리액턴스로 X_3 가 아닌 X_2 를 쓰는 이유는 전압 변동이 기준점이 2번이기 때문이다.

[120] 한편 상기 수학식 5를 수학식 6에 대입하면, $\Delta V = X_1 \cdot 1/3 \cdot Q_2 + X_2 \cdot Q_2 + X_2 \cdot 2/3 \cdot Q_2$ 가 되고, $Q_2 = \Delta V / (1/3 \cdot X_1 + X_2 + 2/3 \cdot X_2) = 2 / (1/3 + 2 + 4/3) = 6/11$ 가 된다.

[121] 이로부터 Q_1 에서 공급해야 하는 지상 무효전력은 $(1/3) \cdot (6/11) = 2/11$ 이 되고, Q_2 에서 공급해야 하는 지상 무효전력은 $6/11$ 이 되며, Q_3 에서 공급해야 하는 지상 무효전력은 $(2/3) \cdot (6/11) = 4/11$ 가 된다. 여기서 전압 보상을 위해 계산된 분배량을 적용하여 조류계산을 하면 각 지점의 전압이 구해진다.

[122] 도 12는 본 발명의 일 실시예에 관련된 $Q(V)$ 곡선($Q(V)$ curve)을 설정 방식을 설명하기 위한 그래프를 보인 예시도로서, 먼저 $Q(V)$ 곡선($Q(V)$ curve)을 설정하기 위해서는 무효전력 공급으로 변경된 전압을 기준으로 $Q(V)$ curve의 동작 기준 전압을 설정한다. 이때 무효전력 보상장치의 민감도는 계통 특성에 따라 다를 수 있다.

[123] 본 실시예에 따른 $Q(V)$ curve는 기준에서 벗어난 만큼만 보상하는 방식으로, 리액턴스는 X , 최대 무효전력 공급용량은 Q 인 $Q(V)$ curve 설정은 아래의 수학식 7을 이용할 수 있다.

[124] [수식7]

$$\Delta V = X \cdot Q$$

[125] $Q = 1/X \cdot \Delta V$

[126] 따라서 상기 수학식 7에서 Q 가 1, $X=5$ 이면 $\Delta V=5$ 임을 알 수 있다.

[127] 상기와 같이 본 실시예에서는 저압계통의 고객의 규정전압 준수를 위한 고압 운영범위를 도출하는 방법, 다수의 전압 조정장치의 협조 제어를 고려하여 운전 설정을 도출하는 방법, 다수의 무효전력 공급원의 무효전력 분배 계산 방법, 및 적정 전압 보상을 위한 $Q(V)$ curve 설정을 계산하는 방법에 대해서 설명하였다.

[128] 이상으로 상술한 방법은 OLTC의 LDC 운전과 무효전력 보상장치의 $Q(V)$ curve를 기준으로 설명한 것이나, 다른 실시예로서 OLTC의 DVM(Digital Voltmeter) 운전의 경우에는 다음과 같은 방식으로 설정 값을 도출할 수 있다(도 13 참조).

[129] 우선 최대 무효전력을 반영한 전압 프로파일 중 고압 운영범위와 여유도가 가장 작은 경우를 선정한다.

[130] 도 13은 본 발명의 다른 실시예에 따른 DVM(Digital Voltmeter) 설정 방식과 이 설정을 적용하기 위한 그래프를 보인 예시도로서, 도 13의 (a)는 DVM 설정

방식을 설명하기 위한 그래프이고, 도 13의 (b)는 DVM 설정을 적용한 그래프를 보인 예시도이다. 도 13은 송출전압을 1.0 pu로 변환하고, 고압 운영범위 여유가 가장 작은 상황을 가정한다.

- [131] 상기 DVM 운전은 송출전압이 설정한 상한 및 하한을 넘어가면 즉시 전압을 제어한다. 즉, DVM 운전 방식은 LDC 운전 방식의 대역폭이 0%, R, X가 0인 경우와 동일하다고 할 수 있다.
- [132] 따라서 대역폭을 고려한 송출전압을 고려할 필요가 없이 1.0 pu로 가정할 수 있으며, 2번, 및 4번 그래프는 각각 지상, 진상 무효전력을 최대로 공급받은 상태를 나타내고, 1번 화살표는 고압 운영범위 상한과의 전압 여유(V_{high_margin}) 정도를 나타내며, 3번 화살표는 고압 운영범위 하한과의 전압 여유(V_{low_margin}) 정도를 나타낸다. 즉, DVM 설정인 송출전압 상한을 $1+V_{high_margin}$ pu, 하한을 $1-V_{low_margin}$ pu 로 설정할 수 있다.
- [133] 상술한 바와 같이 전압조정장치의 상호 협조 목적에 맞는 설정을 할 수 있으며, 만약 OLTC 동작횟수의 감소가 필요한 경우 무효전력 공급량을 증가시키며, 반대로 무효전력 공급량의 감소가 필요한 경우 OLTC DVM 대역폭을 감소시킨다.
- [134] 일반적으로 배전계통의 전압관리 목적은, 저압계통 사용자(즉, 수용가)에게 적정 전압을 공급하는 것이며, 상술한 고압 운영범위 기술을 적용하면 준수해야 할 고압의 운영범위 도출이 가능하며, 이는 배전계통 운영시스템의 실시간 다수의 저압 수용가를 모니터링 할 필요가 없도록 한다. 이는 대규모 통신, 정보처리 시스템 등 인프라 투자의 감소가 가능하게 하는 효과가 있다.
- [135] 또한 전압조정장치의 운영 최적화로 저압 수용가에게 적정 전압 공급이 가능하게 하고, 대규모 운영시스템, 및 통신 기반 없이도 전압조정장치의 협조 제어가 가능하게 하여 수용가에 적정 전압 공급을 할 수 있도록 하는 효과가 있다.
- [136] 이상으로 본 발명은 도면에 도시된 실시예를 참고로 하여 설명되었으나, 이는 예시적인 것에 불과하며, 당해 기술이 속하는 분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 이로부터 다양한 변형 및 균등한 타 실시예가 가능하다는 점을 이해할 것이다. 따라서 본 발명의 기술적 보호범위는 아래의 특허청구범위에 의해서 정하여져야 할 것이다.
- [137]

청구범위

- [청구항 1] 다수의 전압조정장치 협조 제어를 위하여, 제어부가 각 전압조정장치의 운영 기준이 되는 고압 운영범위를 도출하되,
 각 구간 및 시간 별 고압과 저압 전압을 취득하는 제1 과정;
 모든 시간의 고압 전압을 지정된 동일기준으로 환산하고 저압 전압에도 동일하게 적용하는 제2 과정;
 저압 기준 상한 및 하한 여유 계산, 및 상한 및 하한 최소 여유범위를 도출하는 제3 과정; 및
 상기 제1 내지 제3 과정에 기초하여 구간별 고압 운영범위를 도출 제4 과정을 통해 고압 운영범위를 도출하는 것을 특징으로 하는 전력데이터 계측기반 다수 전압조정장치의 협조 제어를 위한 전압조정장치의 설정 값 도출 방법.
- [청구항 2] 제 1항에 있어서,
 시간에 따라 저압계통의 전압변동 차이가 기준 이상 클 경우, 또는 시간 및 계절별로 고압 운영범위가 다를 경우, 복수의 고압 운영범위를 도출하여 사용하는 것을 특징으로 하는 전력데이터 계측기반 다수 전압조정장치의 협조 제어를 위한 전압조정장치의 설정 값 도출 방법.
- [청구항 3] 제 1항에 있어서, 상기 제어부는,
 전압조정장치의 운영 시 전압문제가 발생하지 않는 범위의 전압인 적정전압을 공급하기 위하여 전압조정장치의 설정을 결정하기 위한 기준으로 사용하기 위하여 상기 고압 운영범위를 산출하는 것을 특징으로 하는 전력데이터 계측기반 다수 전압조정장치의 협조 제어를 위한 전압조정장치의 설정 값 도출 방법.
- [청구항 4] 제 3항에 있어서, 상기 제어부는,
 대역폭, 부하, 및 발전량 이력을 반영한 전압 프로파일을 생성하는 제1 단계;
 표준전압 준수, 및 전압위반 최소가 되는 설정 값을 선정하는 제2 단계;
 전압 위반 해소를 위한 최대 위반 지점의 전압 보상 크기를 계산하는 제3 단계; 및
 ESS(Energy Storage System) 및 분산전원의 설정 값을 계산하는 제4 단계;를 포함하여, 상기 전압조정장치의 설정을 위한 설정 값을 도출하는 것을 특징으로 하는 전력데이터 계측기반 다수 전압조정장치의 협조 제어를 위한 전압조정장치의 설정 값 도출 방법.
- [청구항 5] 제 4항에 있어서, 상기 전압조정장치는,
 OLTC(On Load Tap Changer), SVR(Static Voltage Regulator), ESS(Energy Storage System), 및 분산전원을 포함하며,
 상기 OLTC, 및 SVR은 변압기 권선 비를 바꾸어 전압을 변동시키는

방식으로 동작하며, 상기 ESS, 및 분산전원은 무효전력을 발생시켜 전압을 변동시키는 방식으로 동작하는 것을 특징으로 하는 전력데이터 계측기반 다수 전압조정장치의 협조 제어를 위한 전압조정장치의 설정 값 도출 방법.

[청구항 6]

제 4항에 있어서, 상기 제2 단계를 수행하기 위하여, 상기 제어부는,

상기 제1 단계를 통해 생성한 개수의 전압 프로파일의 목적함수를 아래의 수학식 2를 통해 계산하여, 각 설정별로 시간별 값을 합산하고, 그 합이 최소인 설정을 최적 값으로 선정하는 것을 특징으로 하는 전력데이터 계측기반 다수 전압조정장치의 협조 제어를 위한 전압조정장치의 설정 값 도출 방법.

(수학식 2)

$$Performance \in dex = \sum_{t=1}^T \sum_{i=1}^B \{ (V_{i,t} - V_{i,t}^{ref})^2 + \omega_{max} (V_{i,t,DBmax} - V_{i,t}^{max})^2 + \omega_{min} (V_{i,t,DBmin} - V_{i,t}^{min})^2 \}$$

$$V_{i,t}^{ref} = \frac{V_{i,t}^{max} + V_{i,t}^{min}}{2}$$

$$\omega_{max} = \begin{cases} 1000 & \text{if } V_{i,t,DBmax} > V_{i,t}^{max} \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases}, \quad \omega_{min} = \begin{cases} 1000 & \text{if } V_{i,t,DBmin} < V_{i,t}^{min} \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases}$$

여기서 $V_{i,t}$ 는 시간(t)에 모선(i)의 구간 전압이고, $V_{i,t,DBmax}$ 는 DB 상한을 고려한 시간(t)에 모선(i)의 전압이며, $V_{i,t,DBmin}$ 은 DB 하한을 고려한 시간(t)에 모선(i)의 전압이고, $V_{i,t}^{max}$ 는 시간(t)에 따른 모선(i)의 고압

운영범위 상한 값, $V_{i,t}^{min}$ 는 시간(t)에 따른 모선(i)의 고압 운영범위

하한 값을 의미한다.

[청구항 7]

제 4항에 있어서, 상기 제4 단계를 수행하기 위하여, 상기 제어부는,

아래의 수학식 3을 이용하여 무효전력에 의한 전압 보상을 위한 설정 값을 산출하는 것을 특징으로 하는 전력데이터 계측기반 다수 전압조정장치의 협조 제어를 위한 전압조정장치의 설정 값 도출 방법.

(수학식 3)

$$\Delta V = XQ$$

여기서 ΔV 는 전압변동, X는 인출 지점부터 연계 지점까지의 리액턴스, Q는 보상되는 무효전력 값을 의미한다.

[청구항 8]

제 7항에 있어서, 상기 제어부는,

무효전력 공급으로 변경된 전압을 기준으로 Q(V)curve의 동작 기준 전압을 설정하며, 이에 따라 상기 Q(V)curve를 이용해 기준에서 벗어난 위반 전압 만큼만 보상하되,

상기 Q(V)curve는 아래의 수학식 7을 이용해 설정하는 것을 특징으로

하는 전력데이터 계측기반 다수 전압조정장치의 협조 제어를 위한
전압조정장치의 설정 값 도출 방법.

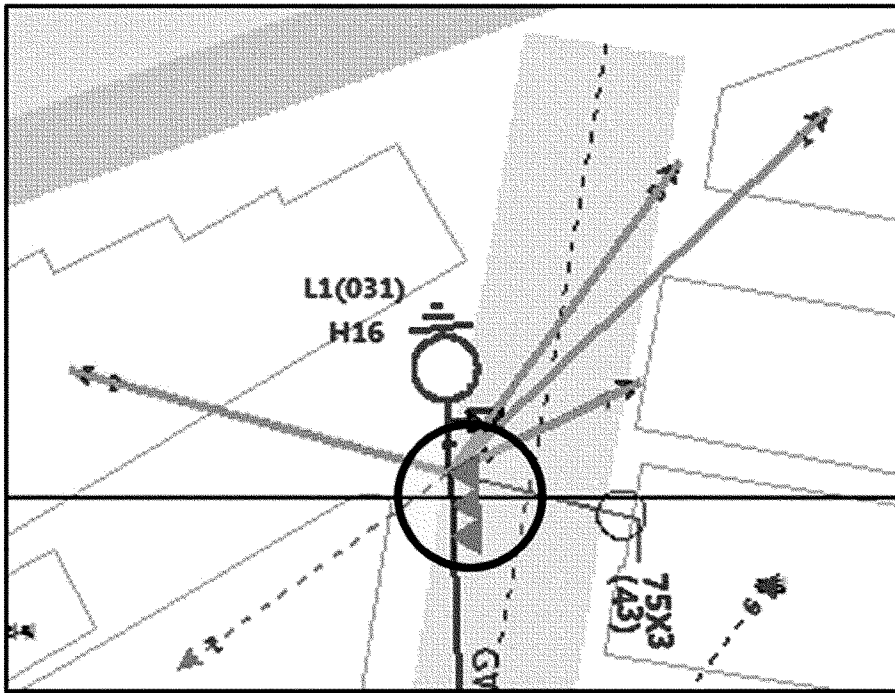
(수학식 7)

$$\Delta V = X \cdot Q$$

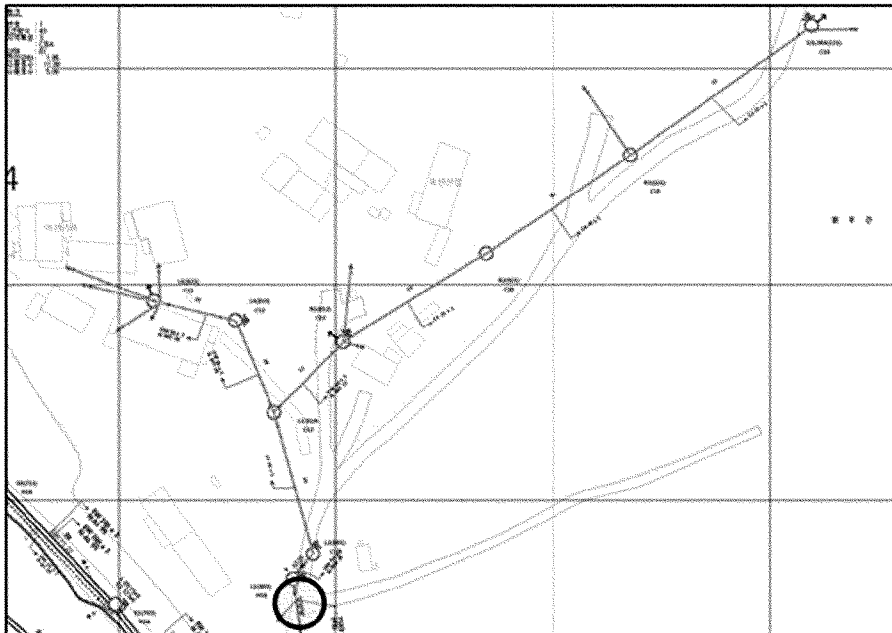
$$Q = 1/X \cdot \Delta V$$

여기서 X는 리액턴스, Q는 최대 무효전력 공급용량, ΔV는 위반 전압을
의미한다.

[도1]

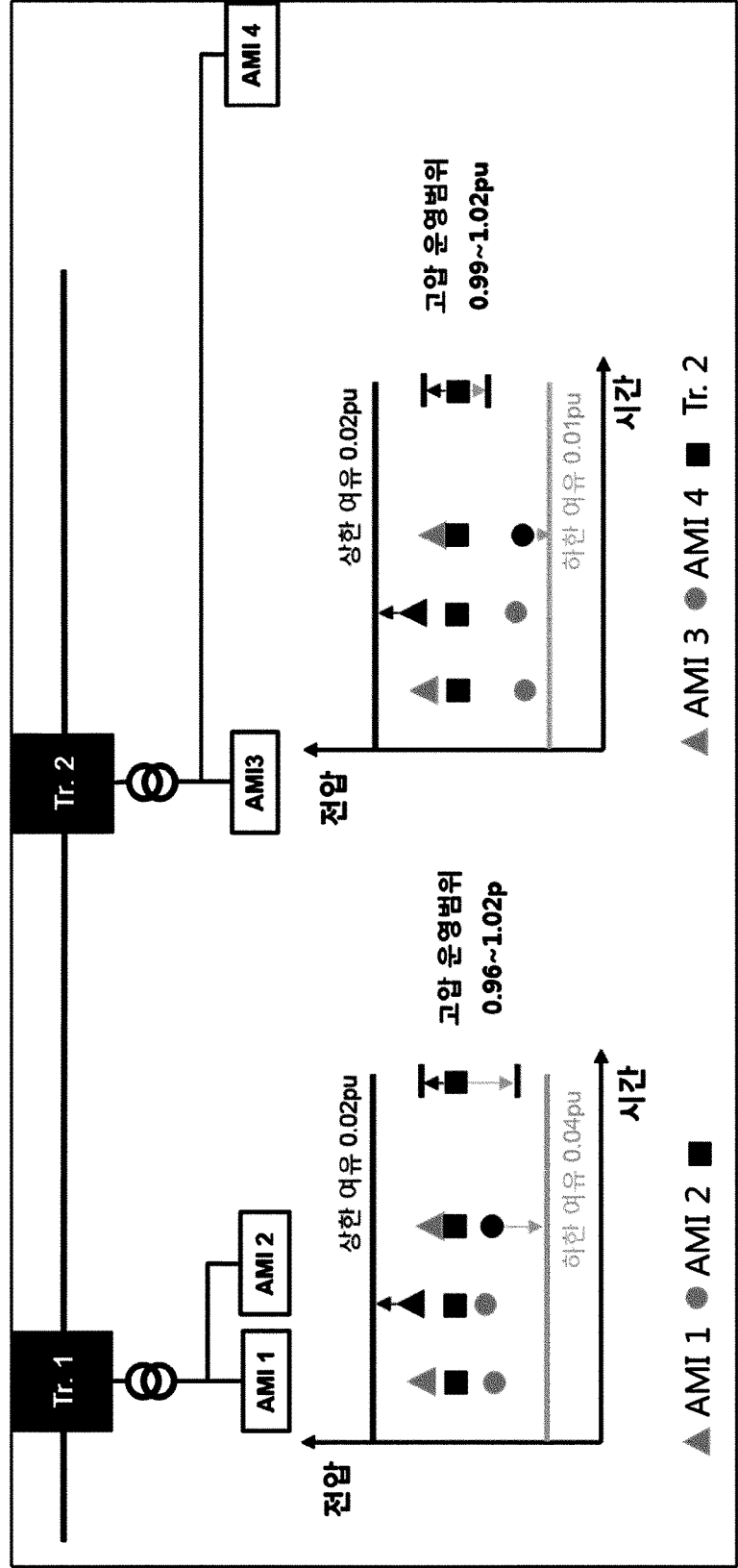


(a)



(b)

[도2]



[도3]

개소	시간	1시	2시	3시
TR 1		1.02	1.03	0.99
AMI 1		1.04	1.07	1
AMI 2		1.01	1.02	0.97
TR 2		1.01	1.02	0.98
AMI 3		1.03	1.06	0.99
AMI 4		0.97	0.99	0.93

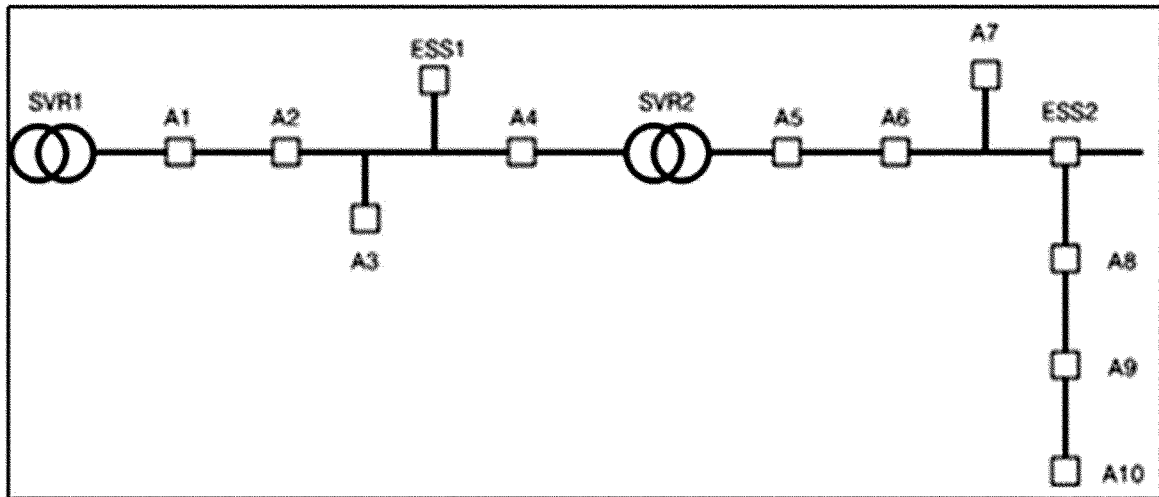
[도4]

개조	시간	1시	2시	3시
TR 1		1	1	1
AMI 1		1.02	1.04	1.01
AMI 2		0.99	0.99	0.98
TR 2		1	1	1
AMI 3		1.02	1.04	1.01
AMI 4		0.96	0.97	0.95

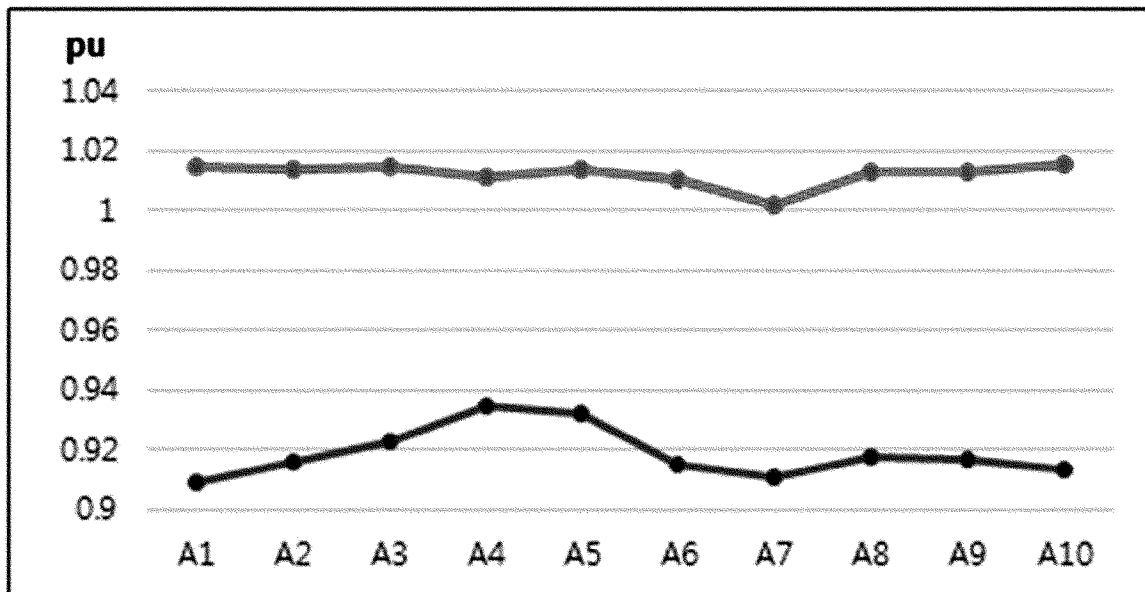
[도5]

개소	시간	1시	2시	3시	결과
		1	1	1	
TR 1		1	1	1	-
AMI 1		1.02	1.04	1.01	-
AMI 2		0.99	0.99	0.98	-
상한 여유		0.04	0.02	0.05	0.02
하한 여유		0.05	0.05	0.04	0.04
TR 2		1	1	1	-
AMI 3		1.02	1.04	1.01	-
AMI 4		0.96	0.97	0.95	-
상한 여유		0.04	0.02	0.05	0.02
하한 여유		0.02	0.03	0.01	0.01

[도6]

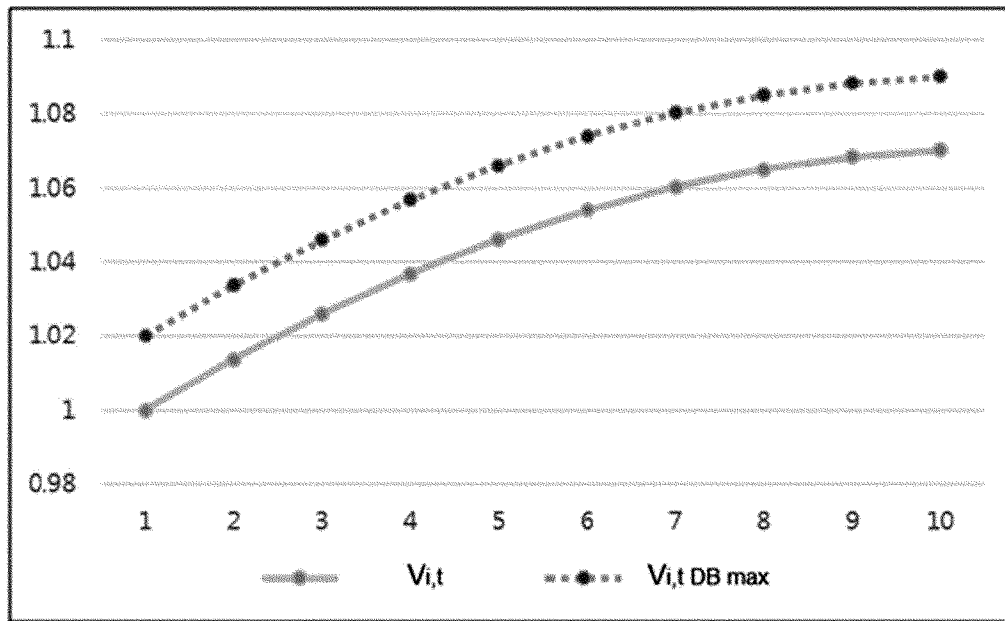


(a)

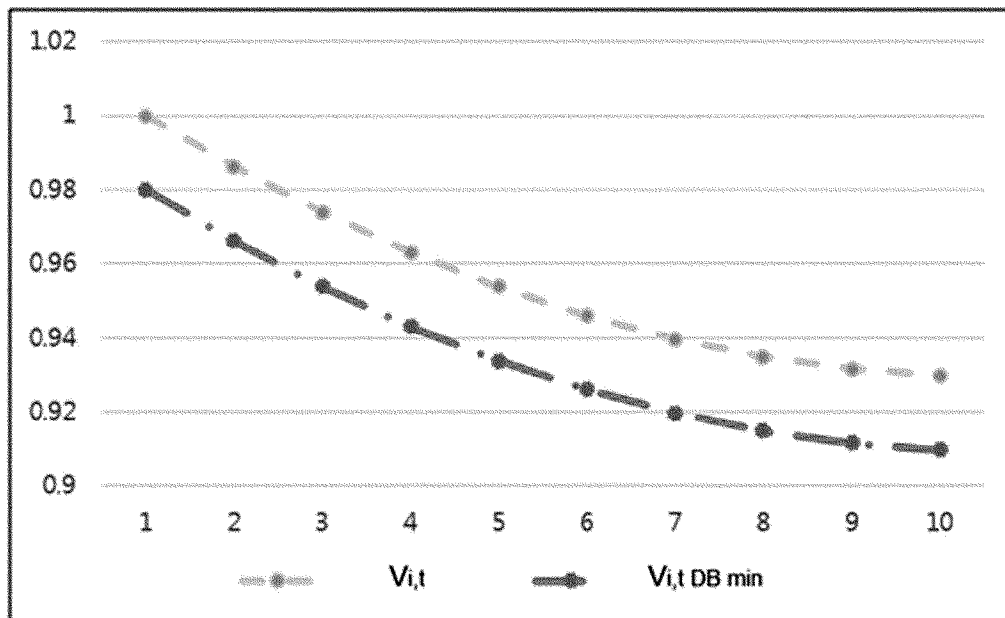


(b)

[도7]



(a)

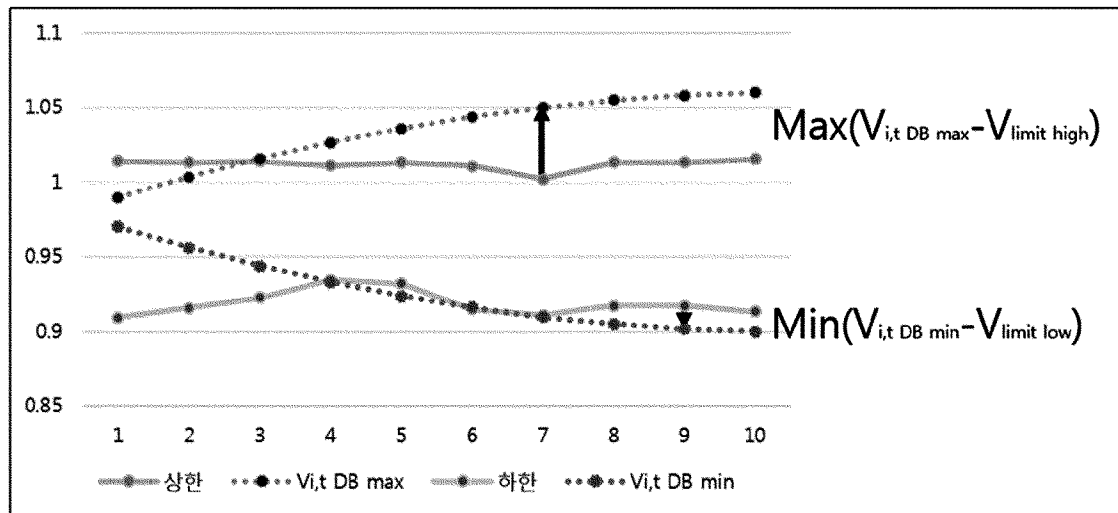


(b)

[도8]

조합 \ 시간	1	2	3	4	합
1	100	1000	1000	500	2600
2	150	0	0	0	150
...	...	...	...	...	...
375	1	2000	3000	200	5201

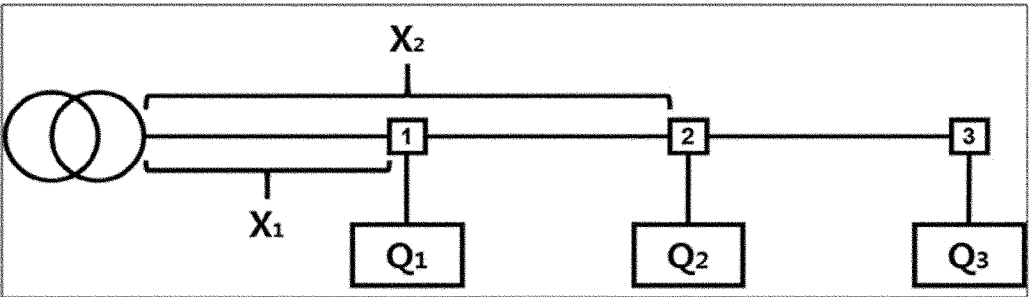
[도9]



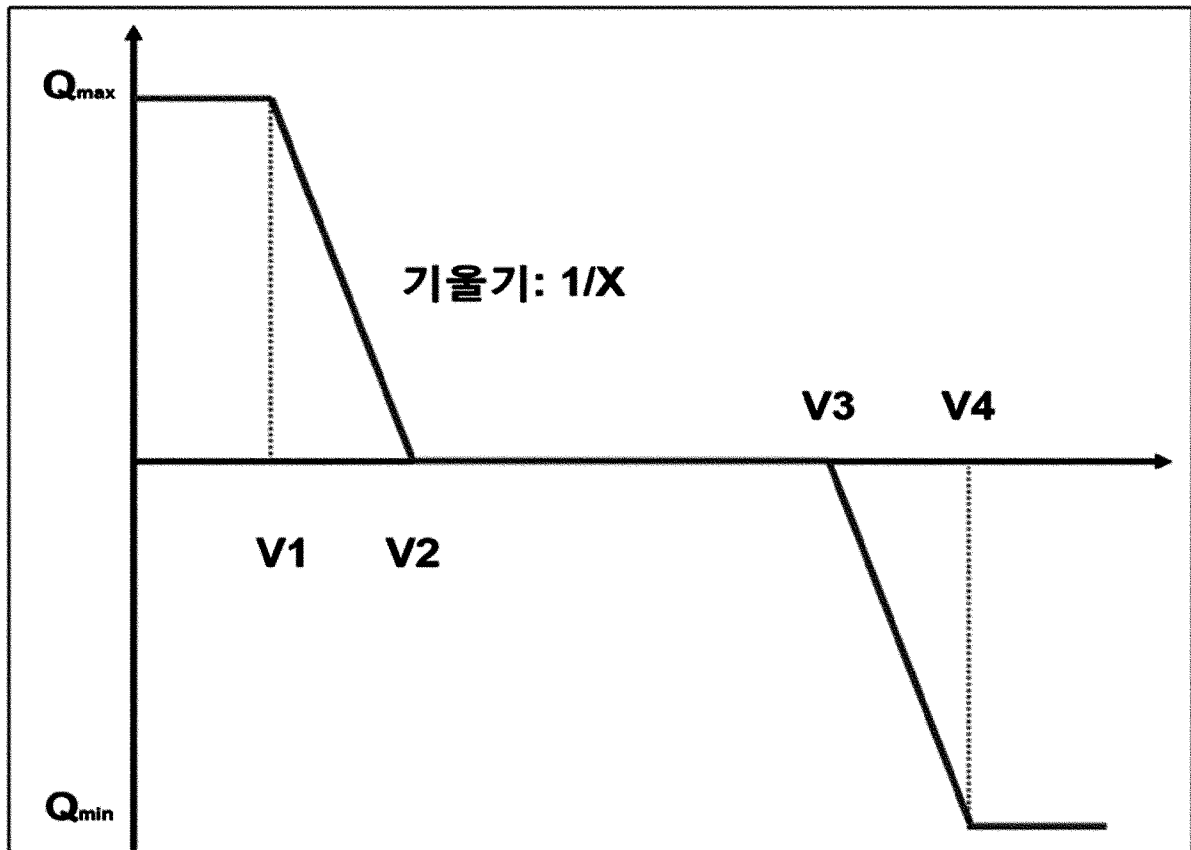
[도10]

구간 번호	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	최소 여유값
$V_{\text{limit high}}$ (고압 상한)	1.0143	1.0135	1.0143	1.0112	1.0134	1.0108	1.0023	1.0133	1.0133	1.0155	0.048
$V_{\text{L1,DB max}}$ (DB 상한 고려)	0.99	1.0038	1.0161	1.0269	1.0362	1.044	1.0503	1.0584	1.0602	1.0602	
$V_{\text{limit high}} - V_{\text{L1,DB max}}$ (고압 상한과의 여유도)	-0.0243	-0.0097	0.0018	0.0157	0.0228	0.0332	0.048	0.0418	0.0451	0.0447	
$V_{\text{limit low}}$ (고압 하한)	0.9092	0.9159	0.9226	0.9343	0.9321	0.9148	0.9105	0.9173	0.917	0.9131	-0.0154
$V_{\text{L1,DB min}}$ (DB 하한 고려)	0.97	0.9562	0.9439	0.9331	0.9238	0.916	0.9097	0.9049	0.9016	0.8998	
$V_{\text{limit low}} - V_{\text{L1,DB min}}$ (고압 하한과의 여유도)	0.0608	0.0403	0.0213	-0.0012	-0.0083	0.0012	-0.0008	-0.0124	-0.0154	-0.0133	

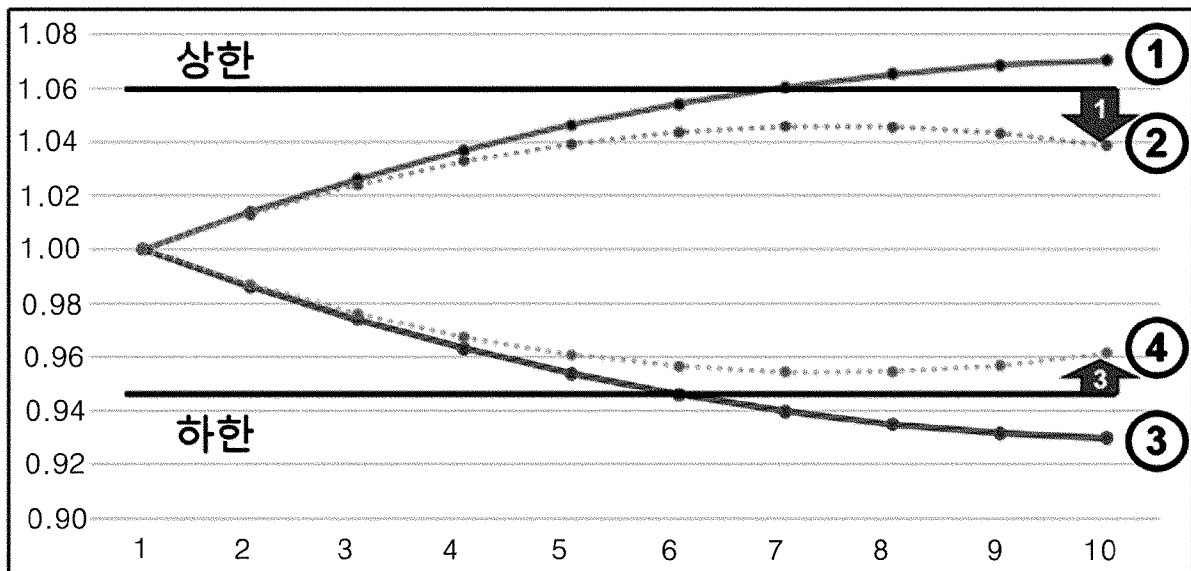
[도11]



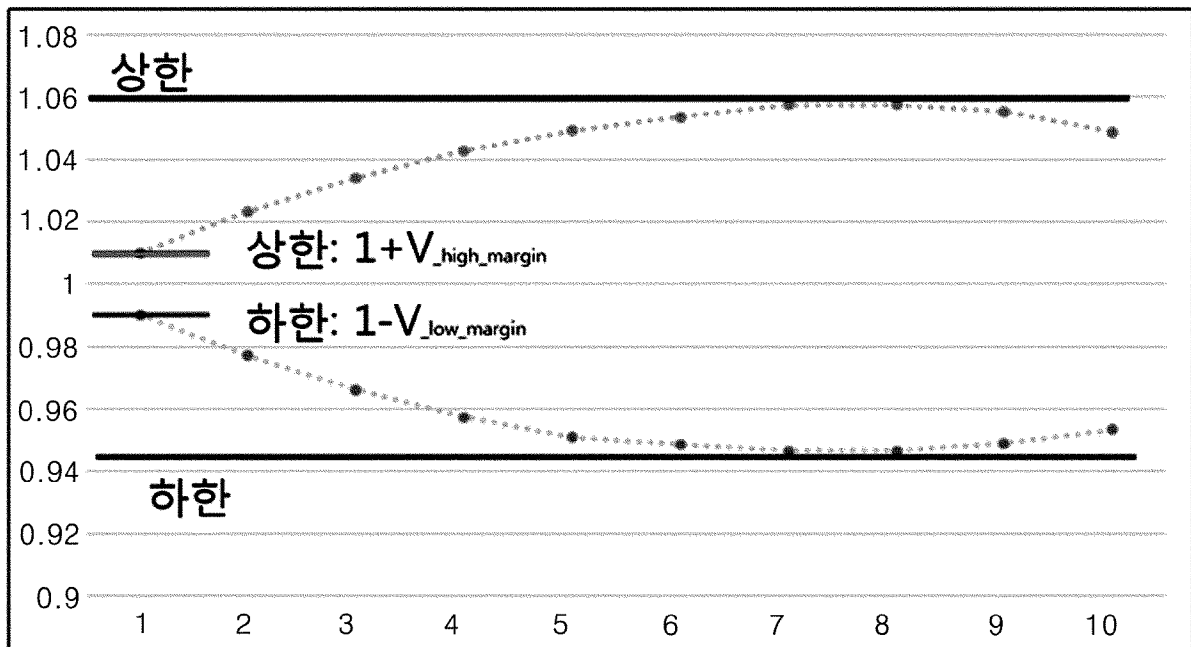
[도12]



[도13]



(a)



(b)

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/KR2018/015902

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H02J 3/12(2006.01)i, H02J 3/38(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 3/12; H02J 3/00; H02J 3/18; H02J 3/24; H02J 3/28; H02J 3/50; H02J 3/38

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: voltage regulation, setting, control, power distribution, low pressure, high pressure, load, upper limit, lower limit, distributed power, invalidity

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 2018-0248373 A1 (KABUSHIKI KAISHA TOSHIBA et al.) 30 August 2018 See paragraphs [107]-[118], claim 6, figure 9.	1-8
A	JP 2009-171688 A (CHUGOKU ELECTRIC POWER CO., INC.) 30 July 2009 See paragraphs [16]-[19], claims 1-3, figure 2.	1-8
A	KR 10-2016-0141591 A (IUCF-HYU (INDUSTRY-UNIVERSITY COOPERATION FOUNDATION HANYANG UNIVERSITY)) 09 December 2016 See the entire document.	1-8
A	JP 2018-046656 A (FUJI ELECTRIC CO., LTD.) 22 March 2018 See the entire document.	1-8
A	JP 2016-036252 A (MITSUBISHI ELECTRIC CORP.) 17 March 2016 See the entire document.	1-8



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

17 JUNE 2019 (17.06.2019)

Date of mailing of the international search report

17 JUNE 2019 (17.06.2019)

Name and mailing address of the ISA/KR

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

Facsimile No. +82-42-481-8578

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/KR2018/015902

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member	Publication date
US 2018-0248373 A1	30/08/2018	EP 3346569 A1 JP 6419977 B2 KR 10-2018-0066031 A WO 2017-037925 A1	11/07/2018 14/11/2018 18/06/2018 09/03/2017
JP 2009-171688 A	30/07/2009	JP 4954098 B2	13/06/2012
KR 10-2016-0141591 A	09/12/2016	KR 10-1709856 B1	23/02/2017
JP 2018-046656 A	22/03/2018	None	
JP 2016-036252 A	17/03/2016	None	

A. 발명이 속하는 기술분류(국제특허분류(IPC))

H02J 3/12(2006.01)i, H02J 3/38(2006.01)i

B. 조사된 분야

조사된 최소문헌(국제특허분류를 기재)

H02J 3/12; H02J 3/00; H02J 3/18; H02J 3/24; H02J 3/28; H02J 3/50; H02J 3/38

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: 전압조정, 설정, 제어, 배전, 저압, 고압, 부하, 상한, 하한, 분산전원, 무효

C. 관련 문헌

카테고리*	인용문헌명 및 관련 구절(해당하는 경우)의 기재	관련 청구항
A	US 2018-0248373 A1 (KABUSHIKI KAISHA TOSHIBA 등) 2018.08.30 단락 107-118, 청구항 6, 도면 9 참조.	1-8
A	JP 2009-171688 A (CHUGOKU ELECTRIC POWER CO., INC.) 2009.07.30 단락 16-19, 청구항 1-3, 도면 2 참조.	1-8
A	KR 10-2016-0141591 A (한양대학교 산학협력단) 2016.12.09 전체 문헌 참조.	1-8
A	JP 2018-046656 A (FUJI ELECTRIC CO., LTD.) 2018.03.22 전체 문헌 참조.	1-8
A	JP 2016-036252 A (MITSUBISHI ELECTRIC CORP.) 2016.03.17 전체 문헌 참조.	1-8

☐ 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

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

“E” 국제출원일보다 빠른 출원일 또는 우선일을 가지나 국제출원일 이후에 공개된 선출원 또는 특허 문헌

“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

“&” 동일한 대응특허문헌에 속하는 문헌

“P” 우선일 이후에 공개되었으나 국제출원일 이전에 공개된 문헌

국제조사의 실제 완료일

2019년 06월 17일 (17.06.2019)

국제조사보고서 발송일

2019년 06월 17일 (17.06.2019)

ISA/KR의 명칭 및 우편주소



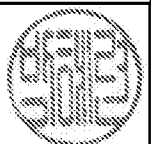
대한민국 특허청
(35208) 대전광역시 서구 청사로 189,
4동 (둔산동, 정부대전청사)

팩스 번호 +82-42-481-8578

심사관

박혜련

전화번호 +82-42-481-3463



국제조사보고서에서 인용된 특허문헌	공개일	대응특허문헌	공개일
US 2018-0248373 A1	2018/08/30	EP 3346569 A1 JP 6419977 B2 KR 10-2018-0066031 A WO 2017-037925 A1	2018/07/11 2018/11/14 2018/06/18 2017/03/09
JP 2009-171688 A	2009/07/30	JP 4954098 B2	2012/06/13
KR 10-2016-0141591 A	2016/12/09	KR 10-1709856 B1	2017/02/23
JP 2018-046656 A	2018/03/22	없음	
JP 2016-036252 A	2016/03/17	없음	