



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2022-0117432
(43) 공개일자 2022년08월24일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H02J 3/14 (2006.01) G06Q 50/06 (2012.01)
H02J 3/38 (2022.01)
(52) CPC특허분류
H02J 3/14 (2013.01)
G06Q 50/06 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2021-0020810
(22) 출원일자 2021년02월17일
심사청구일자 2021년02월17일

(71) 출원인
고려대학교 산학협력단
서울특별시 성북구 안암로 145, 고려대학교 (안암
동5가)
(72) 발명자
이재형
서울특별시 동대문구 왕산로19가길 16, 406호
장길수
서울특별시 중랑구 신내로21길 16, 513동 503호
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
김홍석

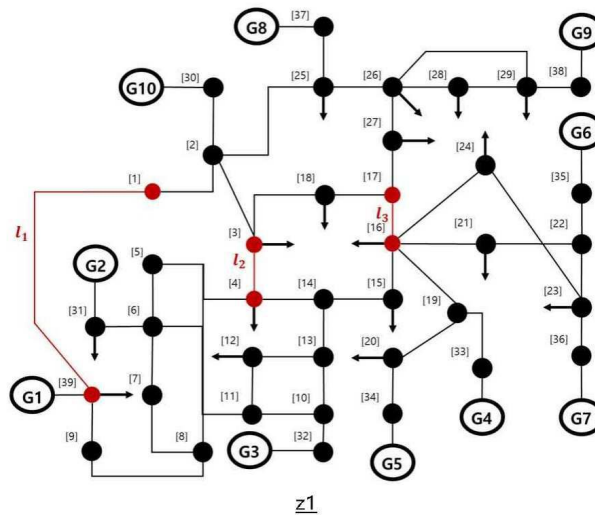
전체 청구항 수 : 총 15 항

(54) 발명의 명칭 전력 계통 클러스터링 방법 및 장치

(57) 요약

전력 계통 클러스터링 방법 및 장치에 관한 것으로, 전력 계통 클러스터링 방법은 전력 계통 내의 복수의 대상 선로 중 적어도 하나의 제1 개방 선로가 선택되는 단계, 상기 적어도 하나의 제1 개방 선로가 개방되는 단계, 상기 적어도 하나의 제1 개방 선로의 개방에 따라 전력 계통의 구획화 여부가 판단되는 단계, 만약 상기 전력 계통이 구획화되지 않았다면, 상기 적어도 하나의 개방 선로 이외의 다른 복수의 잔여 대상 선로에 대한 조류량이 획득되는 단계, 상기 조류량을 기반으로 상기 다른 복수의 잔여 대상 선로 중에서 적어도 하나의 제2 개방 선로가 선택되는 단계, 상기 적어도 하나의 제2 개방 선로가 개방되는 단계 및 상기 적어도 하나의 제2 개방 선로의 개방에 따라 상기 전력 계통의 구획화 여부가 판단되는 단계를 포함할 수 있다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류

H02J 3/381 (2013.01)

H02J 2203/10 (2020.01)

H02J 2300/20 (2020.01)

(72) 발명자

김우성

서울특별시 강남구 삼성로85길 11, 101동 2104호

윤민한

서울특별시 노원구 섭발로 265, 5동 1310호

명세서

청구범위

청구항 1

전력 계통 내의 복수의 대상 선로 중 적어도 하나의 제1 개방 선로가 선택되는 단계;

상기 적어도 하나의 제1 개방 선로가 개방되는 단계;

상기 적어도 하나의 제1 개방 선로의 개방에 따라 전력 계통의 구획화 여부가 판단되는 단계;

만약 상기 전력 계통이 구획화되지 않았다면, 상기 적어도 하나의 개방 선로 이외의 다른 복수의 잔여 대상 선로에 대한 조류량이 획득되는 단계;

상기 조류량을 기반으로 상기 다른 복수의 잔여 대상 선로 중에서 적어도 하나의 제2 개방 선로가 선택되는 단계;

상기 적어도 하나의 제2 개방 선로가 개방되는 단계; 및

상기 적어도 하나의 제2 개방 선로의 개방에 따라 상기 전력 계통의 구획화 여부가 판단되는 단계;를 포함하는 전력 계통 클러스터링 방법.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 제1 개방 선로는, 상기 복수의 대상 선로 중에서 전력 조류가 최대인 제1 최대 조류 선로를 포함하거나, 또는

상기 제2 개방 선로는, 상기 다른 복수의 잔여 대상 선로 중에서 전력 조류가 최대인 제2 최대 조류 선로를 포함하는 전력 계통 클러스터링 방법.

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 적어도 하나의 개방 선로 이외의 다른 복수의 잔여 대상 선로에 대한 조류량이 획득되는 단계는,

상기 제1 개방 선로에 대한 상기 제1 개방 선로 개방 전의 조류량 및 상기 다른 복수의 잔여 대상 선로에 대한 제1 개방 선로 개방 전의 조류량의 합산을 연산함으로써 상기 적어도 하나의 개방 선로 이외의 다른 복수의 잔여 대상 선로에 대한 조류량이 획득되며, 상기 제1 개방 선로에 대한 상기 제1 개방 선로 개방 전의 조류량에는 단선 분산 요소가 가중된 단계;를 포함하는 전력 계통 클러스터링 방법.

청구항 4

제3항에 있어서,

상기 단선 분산 요소는 상기 제1 개방 선로의 개방 시의 다른 잔여 대상 선로의 조류 변화량 및 상기 제1 개방 선로의 개방 시의 다른 개방 선로의 조류 변화량을 기반으로 연산된 것인 전력 계통 클러스터링 방법.

청구항 5

제1항에 있어서,

상기 전력 계통이 구획화된 경우, 구획의 개수와 구획 목표 개수가 상호 비교되는 단계; 및

구획의 개수가 구획 목표 개수보다 작은 경우, 상기 전력 계통에 대한 하위 전력 계통에 대한 구획화를 더 수행되는 단계;를 더 포함하는 전력 계통 클러스터링 방법.

청구항 6

제1항에 있어서,

상기 전력 계통에 대해서 상이한 다수의 구획화가 더 수행되는 단계;

상기 전력 계통에 대한 다수의 구획화 결과에 대한 결합 확률이 획득되는 단계; 및

상기 결합 확률을 이용하여 상기 구획 확률을 기준으로 상기 전력 계통에 대한 확률론적 구획화가 수행되는 단계;를 더 포함하는 전력 계통 클러스터링 방법.

청구항 7

제6항에 있어서,

확률론적 구획화 결과에 따른 구획 각각의 특성이 판단되는 단계;를 더 포함하는 전력 계통 클러스터링 방법.

청구항 8

전력 계통에 관한 정보를 저장하는 저장부; 및

상기 전력 계통 내의 복수의 대상 선로 중 적어도 하나의 제1 개방 선로를 선택하고, 상기 적어도 하나의 제1 개방 선로의 개방에 따라 전력 계통의 구획화 여부를 판단하고, 만약 상기 전력 계통이 구획화되지 않았다면, 상기 적어도 하나의 개방 선로 이외의 다른 복수의 잔여 대상 선로에 대한 조류량을 획득하고, 상기 조류량을 기반으로 상기 다른 복수의 잔여 대상 선로 중에서 적어도 하나의 제2 개방 선로를 선택하고, 상기 적어도 하나의 제2 개방 선로의 개방에 따라 상기 전력 계통의 구획화 여부를 판단하는 프로세서;를 포함하는 전력 계통 클러스터링 장치.

청구항 9

제8항에 있어서,

상기 제1 개방 선로는, 상기 복수의 대상 선로 중에서 전력 조류가 최대인 제1 최대 조류 선로를 포함하거나, 또는

상기 제2 개방 선로는, 상기 다른 복수의 잔여 대상 선로 중에서 전력 조류가 최대인 제2 최대 조류 선로를 포함하는 전력 계통 클러스터링 장치.

청구항 10

제8항에 있어서,

상기 프로세서는, 상기 제1 개방 선로에 대한 상기 제1 개방 선로 개방 전의 조류량 및 상기 다른 복수의 잔여 대상 선로에 대한 제1 개방 선로 개방 전의 조류량의 합산을 연산함으로써 상기 적어도 하나의 개방 선로 이외의 다른 복수의 잔여 대상 선로에 대한 조류량을 획득하되, 상기 제1 개방 선로에 대한 상기 제1 개방 선로 개방 전의 조류량에는 단선 분산 요소가 가중된 것인 전력 계통 클러스터링 장치.

청구항 11

제10항에 있어서,

상기 프로세서는, 상기 제1 개방 선로의 개방 시의 다른 잔여 대상 선로의 조류 변화량 및 상기 제1 개방 선로의 개방 시의 다른 개방 선로의 조류 변화량을 기반으로 상기 단선 분산 요소를 연산하는 전력 계통 클러스터링 장치.

청구항 12

제8항에 있어서,

상기 프로세서는, 만약 상기 전력 계통이 구획화되었다면, 구획의 개수와 구획 목표 개수를 상호 비교하고, 구획의 개수가 구획 목표 개수보다 작은 경우, 상기 전력 계통에 대한 하위 전력 계통에 대한 구획화를 더 수행하는 전력 계통 클러스터링 장치.

청구항 13

제8항에 있어서,

상기 프로세서는, 상기 전력 계통에 대해서 상이한 다수의 구획화를 더 수행하고, 상기 전력 계통에 대한 다수의 구획화 결과에 대한 결합 확률을 획득하고, 상기 결합 확률을 이용하여 상기 구획 확률을 기준으로 상기 전력 계통에 대한 확률론적 구획화를 수행하는 전력 계통 클러스터링 장치.

청구항 14

제13항에 있어서,

상기 프로세서는, 확률론적 구획화 결과에 따른 구획 각각의 특성을 판단하는 전력 계통 클러스터링 장치.

청구항 15

적어도 하나의 전력 계통에 대해서 서로 상이한 다수의 구획화가 수행되는 단계;

상기 전력 계통에 대한 다수의 구획화 결과에 대한 결합 확률이 획득되는 단계; 및

상기 결합 확률을 이용하여 구획 확률을 기반으로 상기 전력 계통에 대한 확률론적 구획화가 수행되는 단계;를 포함하는 전력 계통 클러스터링 방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 전력 계통 클러스터링 방법 및 장치에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 기술 및 산업의 발달에 따라서 각각의 산업체나 가정 등의 수요자는 대량의 전기 에너지를 소비하고 있다. 전력 계통은 이와 같은 전력 수요에 응하여 전력을 경제적으로 생산하고 이를 적절하고 안정적으로 수요자에게 공급할 수 있도록 전력을 생산하는 발전소로부터 수요자까지 연결된 전력 설비들, 이를 운영하기 위한 시스템이나 방법 등을 의미한다. 전력 계통 내에는 발전 설비, 송전선로, 송배전설비 및 수전설비 등이 마련되어 있는데, 이들의 개수가 매우 많아 적절한 관리 및 운영이 쉽지 않으며 많은 비용 및 인력을 요구하고 있다. 특히 최근에는 환경 문제 등의 인하여 태양광 발전, 풍력 발전 또는 조력 발전 등과 같이 재생에너지를 활용한 발전원이 증가하고 있다. 그러나, 이들 재생에너지 기반의 발전원의 발전량은 주변 환경에 영향을 받아 그 변동성이 큰 문제점이 있다. 특히 미래의 전력 시스템은 전력 흐름의 변화가 더욱 다양하게 될 것으로 예상된다. 이와 같은 변동성은 전력 계통의 관리 및 유지의 어려움을 더욱 더 증가시키고 있었다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0003] 구획(클러스터, cluster) 간의 대량의 전력 흐름을 갖는 전송 선로를 기반으로 전력 계통을 발전단 및 부하단으로 분할할 수 있는 전력 계통 클러스터링 방법과, 상술한 클러스터링 방법을 수행할 수 있는 전력 계통 클러스터링 장치를 제공하는 것을 해결하고자 하는 과제로 한다.

[0004] 또한, 본 발명은 한국전력공사의 'DC 전력기기 기반 송전망 최적 활용 및 그리드 서비스 (Grid Service) 연구' 과제(과제번호: R17XA05-4, 과제수행기관: 연세대학교, 연구기간: 2020.05.01 ~ 2021.04.30)의 연구 결과물이다.

과제의 해결 수단

[0005] 상술한 과제를 해결하기 위하여 하기와 같이 전력 계통 클러스터링 방법, 전력 계통 클러스터링 장치 및 전력 계통이 제공될 수 있다.

[0006] 전력 계통 클러스터링 방법은 전력 계통 내의 복수의 대상 선로 중 적어도 하나의 제1 개방 선로가 선택되는 단계, 상기 적어도 하나의 제1 개방 선로가 개방되는 단계, 상기 적어도 하나의 제1 개방 선로의 개방에 따라 전력 계통의 구획화 여부가 판단되는 단계, 만약 상기 전력 계통이 구획화되지 않았다면, 상기 적어도 하나의 개

방 선로 이외의 다른 복수의 잔여 대상 선로에 대한 조류량이 획득되는 단계, 상기 조류량을 기반으로 상기 다른 복수의 잔여 대상 선로 중에서 적어도 하나의 제2 개방 선로가 선택되는 단계, 상기 적어도 하나의 제2 개방 선로가 개방되는 단계 및 상기 적어도 하나의 제2 개방 선로의 개방에 따라 상기 전력 계통의 구획화 여부가 판단되는 단계를 포함할 수 있다.

[0007] 전력 계통 클러스터링 장치는, 전력 계통에 관한 정보를 저장하는 저장부 및 상기 전력 계통 내의 복수의 대상 선로 중 적어도 하나의 제1 개방 선로를 선택하고, 상기 적어도 하나의 제1 개방 선로의 개방에 따라 전력 계통의 구획화 여부를 판단하고, 만약 상기 전력 계통이 구획화되지 않았다면, 상기 적어도 하나의 개방 선로 이외의 다른 복수의 잔여 대상 선로에 대한 조류량을 획득하고, 상기 조류량을 기반으로 상기 다른 복수의 잔여 대상 선로 중에서 적어도 하나의 제2 개방 선로를 선택하고, 상기 적어도 하나의 제2 개방 선로의 개방에 따라 상기 전력 계통의 구획화 여부를 판단하는 프로세서를 포함할 수도 있다.

[0008] 전력 계통 클러스터링 방법은, 일 실시예에 있어서, 적어도 하나의 전력 계통에 대해서 서로 상이한 다수의 구획화가 수행되는 단계, 상기 전력 계통에 대한 다수의 구획화 결과에 대한 결합 확률이 획득되는 단계 및 상기 결합 확률을 이용하여 구획 확률을 기반으로 상기 전력 계통에 대한 확률론적 구획화가 수행되는 단계를 포함할 수도 있다.

발명의 효과

[0009] 상술한 전력 계통 클러스터링 방법 및 장치에 의하면, 클러스터 간의 대량의 전력 흐름을 갖는 전송 선로를 기반으로 적어도 하나의 전력 계통을 발전단 및 부하단으로 적절하게 분할할 수 있게 되는 효과를 얻을 수 있다.

[0010] 상술한 전력 계통 클러스터링 방법 및 장치에 의하면, 단순한 반복 시뮬레이션을 수행하지 않고서도 전력 계통을 적절하게 구획할 수 있게 되어 클러스터링 과정의 단순화와 이에 따른 비용 및 시간 절감을 도모할 수 있게 된다.

[0011] 상술한 전력 계통 클러스터링 방법 및 장치에 의하면, 신재생 에너지원의 변동성나 불확실성 등을 반영하여 계통을 분할 및 구획할 수 있게 되는 장점도 얻을 수 있다.

[0012] 상술한 전력 계통 클러스터링 방법 및 장치에 의하면, 전력 계통의 적절한 구획화에 따라서 전력 계통의 관리 및 유지를 위해 보다 효율적이고 우수한 전략 및 운영을 구축할 수 있게 되고, 또한 구획화의 자동화를 구현할 수 있게 되어 경제적 이점도 얻을 수 있다.

[0013] 상술한 전력 계통 클러스터링 방법 및 장치에 의하면, 전력 계통을 확률론적인 관점에서 발전단과 부하단으로 구분할 수 있게 되어, 선로 이용률 분배를 위한 신규 송전선로 건설에 있어서 최적의 후보지를 선정할 수 있게 되는 장점도 얻을 수 있다.

[0014] 상술한 전력 계통 클러스터링 방법 및 장치에 의하면, 전력 시스템의 지역적인 계통 특성을 발전단 또는 부하단으로 구분하기 때문에 신규 분산 전원 투입이 적절한지 여부를 보다 면밀하게 검토할 수 있게 된다.

도면의 간단한 설명

[0015] 본 발명의 상세한 설명에서 인용되는 도면을 보다 충분히 이해하기 위하여 각 도면의 상세한 설명이 제공된다.

도 1은 전력 계통 클러스터링 방법의 일 실시예를 설명하기 위한 제1 도이다.

도 2는 전력 계통 클러스터링 방법의 일 실시예에 대한 전체 흐름도이다.

도 3은 전력 계통 클러스터링 방법의 일 실시예를 설명하기 위한 제2 도이다.

도 4는 전력 계통 클러스터링 방법의 일 실시예를 설명하기 위한 제3 도이다.

도 5는 전력 계통 클러스터링 방법의 일 실시예를 설명하기 위한 세부 흐름도이다.

도 6은 확률 기반으로 한 클러스터링 방법의 일 실시예에 대한 흐름도이다.

도 7은 확률 기반으로 한 클러스터링 과정의 일 실시예를 설명하기 위한 제1 도이다.

도 8은 확률 기반으로 한 클러스터링 과정의 일 실시예를 설명하기 위한 제2 도이다.

도 9는 90% 확률 기반으로 수행된 클러스터링 결과의 일 실시예를 도시한 것이다.

도 10은 70% 확률 기반으로 수행된 클러스터링 결과의 일 실시예를 도시한 것이다.

도 11은 50% 확률 기반으로 수행된 클러스터링 결과의 일 실시예를 도시한 것이다.

도 12는 전력 계통 클러스터링 장치의 일 실시예에 대한 블록도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0016] 이하 명세서 전체에서 동일 참조 부호는 특별한 사정이 없는 한 동일 구성요소를 지칭한다. 이하에서 사용되는 '부'가 부가된 용어는, 소프트웨어 또는 하드웨어로 구현될 수 있으며, 실시예에 따라 하나의 '부'가 하나의 물리적 또는 논리적 부품으로 구현되거나, 복수의 '부'가 하나의 물리적 또는 논리적 부품으로 구현되거나, 하나의 '부'가 복수의 물리적 또는 논리적 부품들로 구현되는 것도 가능하다. 명세서 전체에서 어떤 부분이 다른 부분과 연결되어 있다고 할 때, 이는 어떤 부분과 다른 부분에 따라서 물리적 연결을 의미할 수도 있고, 또는 전기적으로 연결된 것을 의미할 수도 있다. 또한, 어떤 부분이 다른 부분을 포함한다고 할 때, 이는 특별히 반대되는 기재가 없는 한 다른 부분 이외의 또 다른 부분을 제외하는 것이 아니며, 설계자의 선택에 따라서 또 다른 부분을 더 포함할 수 있음을 의미한다. 제1이나 제2 등의 용어는 하나의 부분을 다른 부분으로부터 구별하기 위해 사용되는 것으로, 특별한 기재가 없는 이상 이들이 순차적인 표현을 의미하는 것은 아니다. 또한 단수의 표현은 문맥상 명백하게 예외가 있지 않는 한, 복수의 표현을 포함할 수 있다.
- [0017] 이하 도 1 내지 도 11을 참조하여 전력 계통 클러스터링 방법 및 이에 의해 적어도 하나의 구역으로 구획된 전력 계통의 일 실시예를 설명하도록 한다.
- [0018] 도 1은 전력 계통 클러스터링 방법의 일 실시예를 설명하기 위한 제1 도이고, 도 2는 전력 계통 클러스터링 방법의 일 실시예에 대한 전체 흐름도이다. 도 3 및 도 4는 전력 계통 클러스터링 방법의 일 실시예를 설명하기 위한 제3 및 4도이다.
- [0019] 도 1에 도시된 바에 의하면, 클러스터링(구역화, 구획화)을 위한 적어도 하나의 전력 계통(z1)은 적어도 하나의 발전원(G1 내지 G10, 화력발전소나 원자력발전소 등)과, 적어도 하나의 모선(1 내지 38, 버스(bus) 또는 노드(node) 등으로 지칭 가능함)를 포함하되, 발전원(G10 내지 G10) 중 적어도 하나와 모선(1 내지 38) 중 적어도 하나는 상호 송전선로를 통해 전력 송신이 가능하게 연결되고 및/또는 모선(1 내지 38) 중 적어도 둘 역시 상호 송전선로를 통해 전력 송신이 가능하게 연결되어 있을 수 있다. 도 2에 도시된 일 실시예에 따른 전력 계통 클러스터링 방법은 이와 같이 적어도 하나의 전력 계통(z1)을, 도 3 및 도 4에 도시된 바와 같이 둘 이상의 차상위 전력 계통(z11, z12)으로 분리하고, 실시예에 따라서 둘 이상의 차상위 하 전력 계통(z12)을 더 세분화하여 차차상위 전력 계통(z12-1 내지 z12-3)으로 구획화하는 것을 반복하여 최종적으로는 적어도 하나의 전력 계통(z1)을 복수의 세부 전력 계통(z11, z12-1 내지 z12-3)으로 구획화할 수 있다. 여기서 복수의 세부 전력 계통(z11, z12-1 내지 z12-3)은 발전단(generation side) 및 부하단(load side) 중 어느 하나에 속할 수 있다. 따라서, 적어도 하나의 전력 계통(z1)은 발전단 및 부하단으로 구분될 수 있게 된다.
- [0020] 일 실시예에 의하면, 적어도 하나의 전력 계통(z1)에 대한 구획화는 사용자나 설계자 등의 의해 미리 정의된 구획 목표 개수(Nc)에 따라서 반복 수행될 수 있다. 예를 들어, 먼저 도 2에 도시된 바와 같이 전체적인 전력 계통(z1)에 대한 구획화가 수행되고(200), 만약 전체적인 전력 계통(z1)에 대한 구획화의 결과에 따라 획득된 구획의 개수(즉, 차상위 전력 계통(z11, z12) 등의 각각의 하위의 전력 계통)의 개수가 미리 정의된 구획 목표 개수(Nc)보다 작으면(300의 아니오), 차상위 전력 계통(z11, z12) 중 적어도 하나에 대해서 구획화가 더 수행된다(400). 이어서, 차상위 전력 계통(z11, z12)에 대한 구획화 결과에 따른 모든 구획(하위 전력 계통, 일례로 추가로 구획된 차차상위 전력 계통(z12-1 내지 z12-3))의 개수가 미리 정의된 구획 목표 개수(Nc)보다 작거나 또는 추가로 구획된 차차상위 전력 계통(z12-1 내지 z12-3)의 개수 및 추가적으로 구획되지 않은 차상위 전력 계통(z11)의 개수의 합이 미리 정의된 구획 목표 개수(Nc)보다 작으면(300), 판단 결과에 따라서 구획되지 않은 차상위 전력 계통(z11)이나 더 구획된 차차상위 전력 계통(z12-1 내지 z12-3)에 대한 구획화가 더 수행될 수도 있다(400). 반대로 전체적인 전력 계통(z1)에 대한 구획화의 결과에 따라 획득된 각각의 차상위 전력 계통(z11, z12)의 개수(또는 추가로 구획된 차차상위 전력 계통(z12-1 내지 z12-3)의 개수가 미리 정의된 구획 목표 개수(Nc)이나, 추가로 구획된 차차상위 전력 계통(z12-1 내지 z12-3)의 개수 및 추가적으로 구획되지 않은 차상위 전력 계통(z11)의 개수의 합 등)가 미리 정의된 구획 목표 개수(Nc)와 동일하거나 크면(300의 예), 구획화는 종료된다(500). 예를 들어, 구획 목표 개수(Nc)가 사용자 등에 의해 4로 설정되고, 도 4에 도시된 바와 같이 전체적인 전력 계통(z1)이 네 개의 차상위 전력 계통(z11, z12-1 내지 z12-3)으로 구획되면, 구획화가 종료될 수 있다.

[0021] 여기서, 적어도 하나의 전력 계통(z1), 차상위 전력 계통(z11, z12), 차차상위 전력 계통(z12-1 내지 z12-3) 또는 차차상위 전력 계통(z12-1 내지 z12-3)에 대한 추가 구획에 따른 하위 전력 계통(들) 등의 구획화는, 일 실시예에 있어서, 각각의 전력 계통(z1, z11, z12, z12-1 내지 z12-3) 내에서 전력 조류(power flow)가 최대 흐르는 최대 조류 선로를 기반으로 수행될 수도 있다. 구체적으로 예를 들어, 전체적인 전력 계통(z1) 내에서는 최대 조류 선로(흐르는 조류의 양이 가장 큰 선로)가 개방(open)되면, 최대 조류 선로를 통해 전달되던 조류는 우회선로를 따라 흐르게 되며(즉, 조류의 흐름이 변화하게 되고), 우회선로 중에서 우회하여 흐르는 조류가 가장 많이 흐르는 다음 최대 조류 선로를 결정할 수 있다. 동일하게 다음 최대 조류 선로가 개방되면, 순차적으로 그 다음의 최대 조류 선로를 결정할 수 있다. 이를 적당한 회수로 반복하면, 다수의 최대 조류 선로들을 획득할 수 있으며, 각각의 최대 조류 선로(들)을 순차적으로 첫번째 내지 세번째 경계로 결정하면 전력 계통(z1)을 발전단 및 부하단 중 어느 하나에 속하는 다수의 하위 전력 계통(들)로 구획할 수 있게 된다.

[0022] 도 5는 전력 계통 클러스터링 방법의 일 실시예를 설명하기 위한 세부 흐름도이다.

[0023] 보다 상세하게는 (보다 하위의) 전력 계통에 대한 구획화(200, 400)는, 도 5에 도시된 바와 같이 수행될 수 있다.

[0024] 먼저 전체적인 전력 계통(z1) 내의 다수의 대상 선로 중에서 개방될 선로(이하 개방 선로)가 결정될 수 있다(211). 개방 선로의 결정은 측정을 통해 수행될 수 있다. 이 경우, 전력 계통(z1) 내의 대상 선로 및 개방될 선로에 대해서 각각 하기의 수학식 1 및 수학식 2와 같은 집합이 정의될 수 있다.

[0025] [수학식 1]

$$M = [M_1, M_2, \dots, M_n]$$

[0027] [수학식 2]

$$O = [O_1, O_2, \dots, O_n]$$

[0029] 여기서, M은 대상 선로의 집합이고, M_1 내지 M_n은 각각 제1 내지 n 대상 선로를 의미한다. O는 대상 선로 중에서 개방 선로의 집합(이하 개방 선로 집합)이고 O_1 내지 O_n은 각각 제1 내지 n 개방 선로를 의미한다. 최초의 시점에서는 M은 전력 계통(z1) 내의 모든 또는 일부의 대상 선로(M_1 내지 M_n)를 포함하는 집합으로 설정되고, O는 공집합으로 설정될 수 있다. 구획화(200, 400)이 개시되면, 전력 계통(z1) 내의 모든 대상 선로(M_1 내지 M_n)에 대해서 적어도 하나의 선로(M_k)가 개방 선로로 결정될 수 있다. 일 실시예에 의하면, 최초로 개방 선로(제1 개방 선로)로 결정될 적어도 하나의 선로(M_k)는 조류량이 최대인 어느 하나의 대상 선로(이하 제m 최대 대상 선로(m은 1 이상의 자연수))를 포함할 수 있다. 제m 최대 대상 선로는 개방 선로 집합 O에 기록 및 갱신된다. 따라서, O는 {O_1}로 갱신되게 된다(O_1=M_k). 아울러 대상 선로 집합 M에는 개방 선로 집합 O에 포함된 제m 최대 대상 선로는 제거된다. 따라서, 대상 선로 집합 M은 {M_1, M_2, ..., M_(k-1), M_(k+1), ..., M_n}이 된다. 가장 넓은 범위의 전력 계통(z1)에 대한 구획화가 최초로 수행될 때, 전력 계통(z1) 내의 모든 대상 선로(M_1 내지 M_n) 중에서 제1 최대 조류 선로(M_max1)가 결정되고, 제1 최대 조류 선로(M_max1)는 개방 선로 집합 O에 추가되고 대상 선로 집합 M에서는 제거된다.

[0030] 이어서 제1 최대 조류 선로(M_max1, O_1)가 실제로 또는 가상적으로 개방될 수 있다(212). 제1 최대 조류 선로(M_max1, O_1)가 개방되면, 전력 계통(z1)이 분할되어 적어도 하나의 하위 전력 계통, 일례로 차상위 전력 계통(z11, z12)에 고립이 형성되어 구획화가 되었는지 여부가 판단될 수 있다(213).

[0031] 만약 적어도 하나의 하위 전력 계통이 적절하게 구획화된 것이 아니라면(213의 아니오), 나머지 대상 선로(즉, 제1 최대 조류 선로(M_max1)를 제외한 나머지 대상 선로(M_1, M_2, ..., M_(k-1), M_(k+1), ..., M_n)에 대한 조류량이 연산될 수 있다(214). 나머지 대상 선로(M_1, M_2, ..., M_(k-1), M_(k+1), ..., M_n)에 대한 조류량의 연산은 하기의 수학식 3을 기반으로 수행될 수도 있다.

[0032] [수학식 3]

$$F_M^{(1)} = F_M^{(0)} + \lambda_{MO} \cdot F_O^0$$

[0034] 여기서, F^(1)_M은 나머지 대상 선로(M_1, M_2, ..., M_(k-1), M_(k+1), ..., M_n)에 대한 개방 후의 조류량이고, F^(0)_M은 나머지 대상 선로(M_1, M_2, ..., M_(k-1), M_(k+1), ..., M_n)에 대한 개방 전의 조류량이며, F^(0)_O는 개방 전의 개방 선로(M_k, 일례로 제m 최대 조류 선로)의 조류량이다. λ_MO는 단선 분산 요소

(LODF: line outage distribution factor)의 집합으로, 예를 들어, 하기의 수학식 4에 의해 연산된 것일 수 있다.

[0035] [수학식 4]

$$\lambda_{M,o} = \Phi_{M,o}(E - \Phi_{o,o})^{-1}$$

수학식 4에서 E는 단위 행렬이고, $\Phi_{M,o}$ 및 $\Phi_{o,o}$ 는 각각 Φ_{M_i,o_j} 및 Φ_{o_i,o_j} 의 집합으로 하기의 수학식 5 및 수학식 6과 같이 매트릭스로 주어진 것일 수 있다.

[0038] [수학식 5]

$$\Phi_{M,o} = \begin{bmatrix} \Phi_{M_i,o_1} & \cdots & \Phi_{M_i,o_j} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \Phi_{M_i,o_1} & \cdots & \Phi_{M_i,o_j} \end{bmatrix}$$

[0040] [수학식 6]

$$\Phi_{o,o} = \begin{bmatrix} \Phi_{o_i,o_1} & \cdots & \Phi_{o_i,o_j} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \Phi_{o_i,o_1} & \cdots & \Phi_{o_i,o_j} \end{bmatrix}$$

수학식 5에서 Φ_{M_i,o_j} 는 어느 하나의 제j 개방 선로 o_j 가 개방되었을 때 다른 선로 M_i 의 조류 변화량을 의미하고, Φ_{o_i,o_j} 는 어느 하나의 제j 개방 선로 o_j 가 개방되었을 때 다른 개방 선로 o_i 의 조류 변화량을 의미한다. Φ_{M_i,o_j} 및 Φ_{o_i,o_j} 각각은 하기의 수학식 7 및 수학식 8을 이용하여 연산 및 획득된 것일 수 있다.

[0043] [수학식 7]

$$\Phi_{M,o_j} = \pi_{M_i,s}^{o_j} - \pi_{M_i,r}^{o_j}$$

[0045] [수학식 8]

$$\Phi_{o_i,o_j} = \pi_{o_i,s}^{o_j} - \pi_{o_i,r}^{o_j}$$

수학식 7에서 M_i,s 는 i번째 대상 선로(M_i)의 송전단을, M_i,r 은 i번째 대상 선로(M_i)의 수신단을 의미한다. 동일하게 수학식 8에서 o_i,s 는 i번째 개방 선로(o_i)의 송전단을 나타내고, o_i,r 은 i번째 개방 선로(o_i)의 수신단을 나타낸다. $\pi_{M_i,s}^{o_j}$, $\pi_{M_i,r}^{o_j}$, $\pi_{o_i,s}^{o_j}$ 및 $\pi_{o_i,r}^{o_j}$ 각각은, 순차적으로 제j 개방 선로 o_j 개방 시에서의 i번째 대상 선로(M_i)의 송전단의 조류량, i번째 대상 선로(M_i)의 수신단의 조류량, i번째 개방 선로(o_i)의 송전단의 조류량 및 i번째 개방 선로(o_i)의 수신단의 조류량을 의미한다.

다시 말해서, 제1 최대 조류 선로(M_{max1}) 개방 후의 나머지 대상 선로($M_1, M_2, \dots, M_{(k-1)}, M_{(k+1)}, \dots, M_n$)에 대한 조류량($F^{(1)}_M$)은, 제j 개방 선로 o_j 가 개방되었을 때 각 대상 선로(M_i) 및 개방 선로(o_i)의 기반으로 획득된 단선 분산 요소(λ_{MO})를 개방 전 개방 선로($F^{(0)}_O$)의 조류량에 가중하여 개방 전의 조류량($F^{(0)}_M$)에 합산함으로써 획득된 것일 수 있다. 상술한 조류량($F^{(1)}_M$) 연산 과정에서 수학식 4 내지 수학식 8 중 적어도 하나는 제1 최대 조류 선로 개방 과정(212)이나 구획화 여부 판단 과정(213)에서 선행하거나, 후행하거나 또는 동시에 수행될 수 있다. 실시예에 따라서, 잔여 대상 선로($M_1, M_2, \dots, M_{(k-1)}, M_{(k+1)}, \dots, M_n$)에 대한 조류량($F^{(1)}_M$) 연산 과정(214)도, 도 5에 도시된 바와는 상이하게, 구획화 여부의 판단(213) 전에 또는 동시에 수행되는 것도 가능하다.

잔여 대상 선로($M_1, M_2, \dots, M_{(k-1)}, M_{(k+1)}, \dots, M_n$)에 대한 조류량($F^{(1)}_M$)이 연산되면, 연산된 조류량($F^{(1)}_M$)을 기반으로 잔여 대상 선로($M_1, M_2, \dots, M_{(k-1)}, M_{(k+1)}, \dots, M_n$) 중에서 다음 개방 선로(M_1 , 제2 개방 선로)가 결정될 수 있다(215, 216). 여기서, 제2 개방 선로(M_1)는, 실시예에 따라서, 잔여 대상 선로($M_1, M_2, \dots, M_{(k-1)}, M_{(k+1)}, \dots, M_n$) 중에서 가장 큰 조류가 흐르는 최대 조류 선로(이하 제2 최대 조류 선로, M_{max2})를 포함할 수 있다. 제2 개방 선로(M_1 , 일례로 제2 최대 조류 선로(M_{max2}))의 결정

과정(216)은 제1 개방 선로(M_k 일레로, 제1 최대 조류 선로($M_{\max 1}$))의 결정 과정(211)과 동일하게 또는 일부 상이하게 수행될 수 있다. 즉, 잔여 대상 선로($M_1, M_2, \dots, M_{(k-1)}, M_{(k+1)}, \dots, M_n$) 중에서 측정을 통해 가장 조류량이 큰 제2 최대 조류 선로($M_{\max 2}$)가 제2 개방 선로(M_1)로 결정되고, 결정된 제2 개방 선로(M_1)는 대상 선로 집합 M 에서 제거되고, 개방 선로 집합 O 에 추가된다. 이에 따라 대상 선로 집합 M 은, 만약 1 이 k 보다 크다면, $\{M_1, M_2, \dots, M_{(k-1)}, M_{(k+1)}, \dots, M_{(l-1)}, M_{(l+1)}, \dots, M_n\}$ 로 갱신될 수 있고, 개방 선로 집합 O 는 $\{O_1, O_2\}$ 로 갱신될 수 있다($O_2=M_1$). 상술한 바와 동일하게 제2 개방 선로(M_1)는 개방되고(212), 이어서 구획화 여부(즉, 고립 발생 여부)가 판단될 수 있다(213). 만약 전력 계통(z_{11}, z_{12})이 구획화되었다고 판단되지 않는다면(213의 아니오), 상술한 바와 같이 제2 개방 선로(M_1)의 추가 제거에 의해 갱신된 대상 선로 집합 M 과, 제2 개방 선로(M_1)의 부가에 따라 갱신된 개방 선로 집합 O 를 기반으로 단선 분산 요소(λ_{MO})가 판단 또는 개방 이전에 또는 이후에 다시 연산되고, 다시 연산된 단선 분산 요소(λ_{MO})를 이용하여, 제2 개방 선로(M_1)의 개방 이후의 잔여 대상 선로($M_1, M_2, \dots, M_{(k-1)}, M_{(k+1)}, \dots, M_{(l-1)}, M_{(l+1)}, \dots, M_n$)에 대한 조류량($F^{(1)}_M$)이 연산될 수 있다(214). 이 경우, 수학적 3 내지 수학적 8이 이용될 수도 있다.

[0050] 이어서, 잔여 대상 선로($M_1, M_2, \dots, M_{(k-1)}, M_{(k+1)}, \dots, M_{(l-1)}, M_{(l+1)}, \dots, M_n$)에 대한 조류량($F^{(1)}_M$)이 연산되면, 조류량($F^{(1)}_M$)을 이용하여 잔여 대상 선로 잔여 대상 선로($M_1, M_2, \dots, M_{(k-1)}, M_{(k+1)}, \dots, M_{(l-1)}, M_{(l+1)}, \dots, M_n$) 중에서 다음으로 개방될 선로(M_m , 이하 제3 개방 선로)가 동일하게 또는 일부 변형된 형태로 결정될 수 있다(215, 216). 여기서, 제3 개방 선로(M_m)도 잔여 대상 선로($M_1, M_2, \dots, M_{(k-1)}, M_{(k+1)}, \dots, M_{(l-1)}, M_{(l+1)}, \dots, M_n$) 중에서 가장 큰 조류가 흐르는 최대 조류 선로를 포함할 수 있으며, 상술한 제1 개방 선로(M_k) 또는 제2 개방 선로(M_1)의 결정 과정(211)과 동일하게 또는 일부 상이하게 수행될 수 있다. 이 과정에서 대상 선로 집합 M 과 개방 선로 집합 O 는 각각 $\{M_1, M_2, \dots, M_{(k-1)}, M_{(k+1)}, \dots, M_{(l-1)}, M_{(l+1)}, \dots, M_{(m-1)}, M_{(m+1)}, \dots, M_n\}$ 과 $\{O_1, O_2, O_3\}$ 로 갱신될 수 있다(m 은 1보다 크다고 가정함. $O_3=M_m$). 동일하게 제3 개방 선로(M_m)는 개방되고(212), 순차적으로 전력 계통(z_1) 내의 고립 및 구획화 여부가 판단될 수 있다(213). 만약 아직 고립 및 구획화되지 않았다고 판단되면(213의 아니오), 상술한 과정(214 내지 216, 212)은 계속해서 반복 수행될 수 있다.

[0051] 반대로 적어도 하나의 하위 전력 계통이 구획화되었다면(213의 예), 고립된 구역은 도 2 또는 도 3에 도시된 바와 같이 전력 계통(z_{11}, z_{12}, z_{12-1} 내지 12-3)에 대한 구획화가 수행된 것으로 판단하고 상위의 전력 계통(z_1) 또는 보다 하위의 전력 계통(z_{11}, z_{12}, z_{12-1} 내지 12-3) 등에 대한 구획화 과정(200, 240)을 종료할 수 있다(217). 도 2를 통해 설명한 바와 같이 구획화에 따른 구획된 전력 계통의 개수가 구획 목표 개수(N_c)보다 작다면 구획화된 전력 계통(일레로 차상위 전력 계통(z_{11}, z_{12}), 차차상위 전력 계통(z_{12-1} 내지 12-3) 및/또는 차차상위 전력 계통(z_{12-1} 내지 12-3)의 하위 전력 계통(들) 등)에 대해서 도 5에 도시된 바와 같은 구획화가 반복 수행될 수 있다(300, 400). 이에 따라 초기의 스냅샷(snapshot) 데이터만을 이용하는 것만으로도 도 3 및 도 4에 도시된 것과 같은 전력 계통(z_1)에 대한 구획화가 수행될 수 있게 되어, 반복적인 선로 개방 및 조류 연산 과정 수행이 불필요하게 된다.

[0052] 도 6은 확률 기반으로 한 클러스터링 방법의 일 실시예에 대한 흐름도이다. 도 7은 확률 기반으로 한 클러스터링 과정의 일 실시예를 설명하기 위한 제1 도이고, 도 8은 확률 기반으로 한 클러스터링 과정의 일 실시예를 설명하기 위한 제2 도이다. 도 9는 90% 확률 기반으로 수행된 클러스터링 결과의 일 실시예를 도시한 것이고, 도 10은 70% 확률 기반으로 수행된 클러스터링 결과의 일 실시예를 도시한 것이다. 도 11은 50% 확률 기반으로 수행된 클러스터링 결과의 일 실시예를 도시한 것이다.

[0053] 상술한 구획화 결과는 시스템 시나리오에 따라서 다양하게 변경될 수 있다. 이러한 변화는 특히 다수의 재생에너지원(RES: Renewable Energy Source)의 마련 여부에 크게 영향을 받으며, 이에 따른 불확실성은 증가하게 된다. 이의 해소를 위해 상술한 전력 계통(z_1)의 구획화는 확률론적으로 수행될 수도 있다. 일 실시예에 의하면, 상술한 바와 같이 목표로 하는 구획 목표 개수(N_c)에 따라 반복적으로 전력 계통(z_1)에 대한 구획화를 수행하되, 모션 간의 결집 확률(p_c)에 따라 이러한 구획화를 중단하도록 할 수 있다.

[0054] 도 6 및 도 7에 도시된 바에 의하면, 먼저 랜덤 샘플링을 기반으로 적어도 하나의 전력 계통(z_1)에 대해 서로 상이한 방법으로 다수의 구획화가 수행될 수 있다(610). 일 실시예에 의하면, 다수의 구획화는, 몬테카를로 시뮬레이션 기법(MCS: Monte-Carlo simulation)을 채용하여 수행될 수 있다. 몬테카를로 시뮬레이션 기법은 반복적으로 무작위로 난수를 추출하고(랜덤 샘플링), 이를 기반으로 문제에 대한 대략적인 해답을 획득하기 위한 방법이다. 이러한 몬테카를로 시뮬레이션 기법은, 전기 에너지의 생산이 가변적인 발전원(예를 들어, 풍력 발전소나 태양열 발전소 등)이나 그 이용이 가변적인 부하(예를 들어,택내 가전기기 등) 등과 같이 확률적으로 표현 가능한 요소(들)는 전력 계통(z_1)에 적용될 수 있다. 몬테카를로 시뮬레이션 기법의 적용에 따라 도 7에 도시된

바와 같이 다수의 전력 계통 구획화 결과(z_2 내지 z_h)가 획득될 수 있다. 각각의 전력 계통 구획화 결과(z_2 내지 z_h)는 전부 또는 일부가 서로 상이할 수 있다.

[0055] 이어서 도 8에 도시된 바와 같이 다수의 전력 계통(z_2 내지 z_h) 구획화 결과에 대한 결합 확률(P)가 획득될 수 있다(620). 결합 확률(P)는 하기의 수학식 9과 같이 주어진 것일 수 있으며, 매트릭스의 형태로 표현될 수 있다.

[0056] [수학식 9]

[0057]

[0058] 여기서, p_{jk} 는 주어진 계통(z_2 내지 z_h) 내에서 제j 모선 및 제k 모선이 서로 묶여 구획화될 확률(이하 결합 확률)을 의미한다. j와 k가 동일하다는 것은 동일한 어느 하나의 모선이 묶일 확률이므로 1로 정의된다.

[0059] 결합 확률(P)가 획득되면, 순차적으로 사전에 또는 사후에 사용자나 설계자 등의 의해 정의된 구획 확률(p_c)을 기준으로 결합 확률(P)을 이용하여 확률론적 구획화가 수행되며, 이에 따라 도 9 내지 도 11에 도시된 바와 같이 구획화된 전력 계통(z_{p-1} 내지 z_{p-3})이 획득될 수 있다(630). 이 경우, 각각의 전력 계통(z_{p-1} 내지 z_{p-3}) 내에서 나뉜 각각의 구획(클러스터)(들)은 구획 확률(p_c)에 따라 그 형태나 크기가 상이하게 결정될 수도 있다. 예를 들어, 구획 확률(p_c)이 크면 클수록 각각의 구획의 크기는 상대적으로 작게 획득되면서 그 구획의 특성(예를 들어, 발전단인지 또는 부하단인지 여부)이 상대적으로 강하게 나타나고, 반대로 구획 확률(p_c)이 작으면 작을수록 각각의 구획의 크기는 상대적으로 크게 획득되고 그 구획의 특성은 상대적으로 약하게 나타난다. 보다 구체적으로 예를 들어, 도 9에 도시된 바와 같이 구획 확률(p_c)이 90%로 결정되면, 전력 계통(z_{p-1})의 각각의 구획(들)의 크기는 상대적으로 작고, 도 10에 도시된 바와 같이 같이 구획 확률(p_c)이 70%로 주어지면, 전력 계통(z_{p-2}) 내의 각각의 구획(들)은 구획 확률(p_c) 90%의 구획보다는 상대적으로 크게 구획화되며, 도 11에 도시된 바와 같이 같이 구획 확률(p_c)이 50%이면, 전력 계통(z_{p-3}) 내의 각각의 구획(들)은 구획 확률(p_c) 90%의 구획이나 구획 확률(p_c) 70%의 구획보다는 상대적으로 크게 획득된다. 이 경우, 전력 계통(일례로 z_{p-1}) 내의 일부의 모선(z_{p-11})은 어느 구획에도 속하지 않을 수도 있다.

[0060] 상술한 바와 같이 획득된 각각의 구획(들)에 대하여 각각의 구획의 특성이 더 판단될 수 있다. 예를 들어, 각각의 구획이 확률론적으로 발전단에 속하는지, 부하단에 속하는지 또는 발전단 및 부하단 어디에도 속하지 않는지에 대한 검토가 더 수행될 수 있다. 이 경우, 각각의 구획의 특성들은 각 구획 내부의 평균 발전량 및 부하량을 기반으로 결정될 수도 있다. 이는, 예를 들어, 하기의 수학식 10을 연산하여 획득될 수도 있다.

[0061] [수학식 10]

[0062]

[0063] 수학식 10에서 $P_{gen,cluster}$ 는 구획 내의 평균 발전량을 의미하고, $P_{Load,cluster}$ 는 구획 내의 평균 부하량을 의미한다. 수학식 10에 따르면, 어느 하나의 구획 내의 평균 발전량($P_{gen,cluster}$)이 해당 구획 내의 평균 부하량($P_{Load,cluster}$)보다 크면, 해당 구획은 발전단으로 결정되고, 반대로 어느 하나의 구획 내의 평균 발전량($P_{gen,cluster}$)이 해당 구획 내의 평균 부하량($P_{Load,cluster}$)보다 작으면, 해당 구획은 부하단으로 결정된다. 어느 구획 내의 평균 발전량($P_{gen,cluster}$) 및 평균 부하량($P_{Load,cluster}$)이 동일한 경우에는, 설계자나 사용자의 선택에 따라서, 해당 구획은 발전단으로 결정될 수도 있고 또는 부하단으로 결정될 수도 있으며, 어디에도 속하지 않는 것으로 결정될 수도 있다. 확률론적 특성에 기인하여 적어도 하나의 특정 구획은 상황이나 그 전력 계통(z_1)의 조건 등에 따라 발전단에 속하기도 하고 부하단에 속하기도 할 수도 있다. 이와 같은 특정 구획은 별도로 관리될 수 있다.

[0064] 상술한 실시예에 따른 전력 계통 클러스터링 방법은, 컴퓨터 장치에 의해 구동될 수 있는 프로그램의 형태로 구현될 수 있다. 여기서 프로그램은, 프로그램 명령, 데이터 파일 및 데이터 구조 등을 단독으로 또는 조합하여 포함할 수 있다. 프로그램은 기계어 코드나 고급 언어 코드를 이용하여 설계 및 제작된 것일 수 있다. 프로그램은 상술한 방법을 구현하기 위하여 특별히 설계된 것일 수도 있고, 컴퓨터 소프트웨어 분야에서 통상의 기술자에게 기 공지되어 사용 가능한 각종 함수나 정의를 이용하여 구현된 것일 수도 있다. 또한, 컴퓨터 장치는, 전력 계통 클러스터링 방법의 수행을 위한 프로그램의 기능을 실현 가능하게 하는 프로세서나 메모리 등을 포함하

여 구현된 것일 수 있으며, 필요에 따라 통신 장치를 더 포함할 수도 있다. 또한, 상술한 전력 계통 클러스터링 방법을 구현하기 위한 프로그램은, 컴퓨터에 의해 판독 가능한 기록 매체에 기록되어 있거나 또는 기록될 수도 있다. 컴퓨터에 의해 판독 가능한 기록 매체는, 예를 들어, 솔리드 스테이트 드라이브(SSD), 롬, 램 또는 플래시 메모리 등과 같은 반도체 저장 장치, 하드 디스크나 플로피 디스크 등과 같은 자기 디스크 저장 매체, 콤팩트 디스크나 디브이디 등과 같은 광 기록 매체, 플롭티컬 디스크 등과 같은 자기-광 기록 매체 및 자기 테이프 등 컴퓨터 등의 호출에 따라 실행되는 특정 프로그램을 저장 가능한 적어도 한 종류의 물리적 장치를 포함할 수 있다.

[0065] 이하 도 12를 참조하여 전력 계통 클러스터링 장치의 일 실시예에 대해서 설명하도록 한다.

[0066] 도 12는 전력 계통 클러스터링 장치의 일 실시예에 대한 블록도이다.

[0067] 도 12에 도시된 바에 의하면 전력 계통 클러스터링 장치(100)는, 일 실시예에 있어서, 입력부(101), 출력부(102), 저장부(105) 및 프로세서(110)를 포함할 수 있다. 입력부(101), 출력부(102), 저장부(105) 및 프로세서(110) 중 적어도 둘은 전기적 신호를 기반으로 상호 간에 또는 일방으로 데이터나 명령/지시 등을 전송할 수 있게 마련된다.

[0068] 입력부(101)는, 전력 계통(z1, z11, z12, z12-1 내지 z12-3) 내의 각각의 선로에 대한 정보를 수신할 수 있으며, 예를 들어, 각각의 선로에 흐르는 조류량에 대한 측정 결과나 각각의 선로의 개방 여부 등을 수신할 수 있다. 조류량에 대한 측정 결과나 개방 여부는 각각의 선로에 설치된 센서 등에 의해 획득된 데이터일 수 있다. 또한, 입력부(101)는 필요에 따라 사용자나 설계자의 조작에 의해 또는 외부의 다른 전자 장치(미도시)로부터 명령/지시, 데이터 및/또는 프로그램(앱이나 애플리케이션 등으로 표현 가능함) 등을 입력 받을 수도 있다. 입력부(101)의 수신 결과는 프로세서(110)나 저장부(105)로 전달될 수 있다. 실시예에 따라서, 입력부(101)는 전력 계통 클러스터링 장치(100)와 일체형으로 마련된 것일 수도 있고, 또는 물리적으로 분리 가능하게 마련된 것일 수도 있다. 입력부(101)는, 예를 들어, 키보드, 마우스, 태블릿, 터치 스크린, 터치 패드, 트랙볼, 트랙패드, 스캐너 장치, 영상 촬영 모듈, 동작 감지 센서, 감압 센서, 근접 센서, 마이크로 폰, 외부의 다른 전자 장치(일례로 휴대용 메모리 장치 등)로부터 데이터 등의 수신에 가능한 데이터 입출력 단자 및/또는 외부의 다른 전자 장치(예를 들어, 서버 장치 등)와 유선 또는 무선 통신 네트워크를 통해 연결되는 통신 모듈(일례로 랜카드, 근거리 통신 모듈 또는 이동통신 모듈 등) 등을 포함할 수 있으나, 이에 한정되지는 않는다.

[0069] 출력부(102)는, 예를 들어 프로세서(110)에 의해 처리된 하나 이상의 전력 계통(z1)에 대한 구획화 결과 등과 같이 사용자나 설계자가 필요한 정보를 시각적으로 또는 청각적으로 외부로 출력하거나 및/또는 외부의 다른 전자 장치로 이와 같은 정보를 전달할 수도 있다. 외부의 다른 전자 장치는, 예를 들어, 하나 이상의 전력 계통(z1)에 대한 구획화 결과를 수신하고, 이를 적어도 하나의 전력 계통(z1)의 발전원(G1 내지 G10 등)이나 모선(1 내지 38) 등을 제어나 관리에 이용할 수도 있다. 실시예에 따라, 출력부(102)는 전력 계통 클러스터링 장치(100)와 일체형으로 마련된 것일 수도 있고 물리적으로 분리 가능하게 마련된 것일 수도 있다. 출력부(102)는, 실시예에 따라서, 디스플레이 장치(모니터 장치나 디지털 텔레비전 등), 프린터 장치, 스피커 장치, 영상 출력 단자, 데이터 입출력 단자 및/또는 유선 또는 무선 통신 모듈 등을 포함할 수 있으나, 이에 한정되는 것은 아니다.

[0070] 저장부(105)는 전력 계통 클러스터링 장치(100)의 동작에 필요한 데이터나 프로그램 등을 일시적 또는 비일시적으로 저장할 수 있다. 여기서, 데이터는 예를 들어, 전체적인 전력 계통(z1)에 관한 정보, 전력 계통(z1) 내의 적어도 하나의 발전원(G1 내지 G10)에 관한 정보, 전력 계통(z1) 내의 적어도 하나의 모선(1 내지 38)에 관한 정보, 전력 계통(z1) 내의 각각의 선로에 관한 정보, 각각의 선로에 흐르는 조류량에 대한 측정 결과, 각각의 선로의 개방 여부, 구획 계수(Nc), 프로세서(110)에 의한 구획화 과정에서 계산된 각종 연산 결과, 구획화된 전력 계통(z1, z11, z12, z12-1 내지 z12-3, z2 내지 코 등) 및/또는 결합 확률(P) 등을 일시적 또는 비일시적으로 저장할 수 있다. 저장부(105)에 저장된 프로그램은, 설계자에 의해 직접 작성 또는 수정된 것일 수도 있고, 유선 또는 무선 통신 네트워크를 통해 접속 가능한 전자 소프트웨어 유통망을 통하여 획득 또는 갱신된 것일 수도 있다. 저장부(105)는 프로세서(110)의 호출에 따라 필요한 데이터나 프로그램을 프로세서(110)에 제공하고, 프로세서(110)로부터 연산 결과(예를 들어, 구획화 결과 등)를 수신 및 저장할 수 있다. 저장부(105)는, 예를 들어, 주기억장치 및 보조기억장치 중 적어도 하나를 포함할 수 있다.

[0071] 프로세서(110)는, 주어진 적어도 하나의 전력 계통(z1 등)에 대한 구획화를 수행할 수 있으며, 필요에 따라 복수의 전력 계통(z1 등)에 대한 구획화를 동시에 또는 순차적으로 수행할 수 있다. 예를 들어, 프로세서(110)는 주어진 전력 계통, 일례로 가장 넓은 범위의 전력 계통(z1)에 대해 구획화를 수행하고, 획득된 구획들이 미리

자동적으로 또는 사용자 등에 의해 수동적으로 설정된 구획 목표 개수보다 크거나 동일한지 비교하고, 비교 결과에 따라 각각의 상대적 하위 구획들(일례로 차상위 전력 계통)에 대한 구획화를 순차적으로 반복하여 더 수행하거나 또는 구획화를 종료할 수 있다. 또한, 프로세서(110)는 전력 계통의 구획화를 위해서 전력 계통(z_1) 내의 대상 선로(M_1 내지 M_n) 중에서 하나 이상의 제1 개방 선로(M_k , 일례로 제1 최대 조류 선로)를 선택하고, 제1 개방 선로의 실제적 또는 가상적 개방에 따라 구획화(즉, 고립)가 발생하였는지 판단하고, 실제로 구획화가 발생된 경우에는 구획화를 종료하고, 그렇지 않은 경우엔 잔여 대상 선로에 대한 조류량을 연산하고, 잔여 대상 선로 중에서 다음 개방 선로(M_{l+1} , 일례로 제2 개방 선로)를 결정 후, 다시 구획화 발생 여부를 반복하여 판단할 수도 있다. 프로세서(110)는 상술한 과정을 구획화가 종료될 때까지 반복 수행할 수 있다. 일 실시예에 의하면, 프로세서(110)는, 잔여 대상 선로에 대한 조류량의 연산을 수행하기 위하여 단선 분산 요소(λ_{MO})를 이용하여 수도 있다. 예를 들어, 프로세서(110)는 수학적 식 3에 기재된 바와 같이 단선 분산 요소(λ_{MO})가 가중된 개방 전 개방 선로($F^*(0)_0$)의 조류량을 개방 전의 조류량($F^*(0)_M$)과 합산하여 잔여 대상 선로에 대한 조류량의 연산을 수행할 수도 있다. 또한, 실시예에 따라서, 프로세서(110)는 몬테카를로 시뮬레이션 기법 등을 이용하여 적어도 하나의 전력 계통(z_1)에 대해 서로 상이한 방법으로 다수의 구획화를 수행하고, 다수의 전력 계통(z_2 내지 z_h) 구획화 결과에 대한 결합 확률(P)을 획득한 후, 사용자나 설계자 등의 의해 정의된 구획 확률(p_c)을 기준으로 하여 적어도 하나의 전력 계통(z_1)에 대한 구획화를 수행할 수도 있다. 또한, 이 경우 프로세서(110)는 필요에 따라 각 구획에 대해 특성을 결정할 수도 있으며, 예를 들어, 각각의 구획을 발전단, 부하단 또는 기타로 분류할 수도 있다. 상술한 프로세서(110)는 저장부(105)에 저장된 프로그램을 실행시켜 이와 같은 동작(들)을 수행할 수 있다. 일 실시예에 의하면, 프로세서(110)는, 예를 들어, 중앙 처리 장치(CPU, Central Processing Unit), 마이크로 컨트롤러 유닛(MCU, Micro Controller Unit), 마이컴(Micom, Micro Processor), 애플리케이션 프로세서(AP, Application Processor), 전자 제어 유닛(ECU, Electronic Controlling Unit) 및/또는 각종 연산 처리 및 제어 신호의 생성이 가능한 다른 전자 장치 등을 포함할 수 있다. 이들 장치는, 예를 들어, 하나 또는 둘 이상의 반도체 칩 등을 이용하여 구현된 것일 수 있다.

[0072] 상술한 전력 계통 클러스터링 장치(100)는, 실시예에 따라, 데스크톱 컴퓨터, 랩톱 컴퓨터, 서버용 컴퓨터, 스마트폰, 태블릿 피씨, 스마트 시계, 두부 장착형 디스플레이(HMD: Head Mounted Display) 장치, 내비게이션 장치, 휴대용 게임기, 개인용 디지털 보조기(PDA: Personal Digital Assistant), 디지털 텔레비전, 셋톱 박스, 인공 지능 음향 재생 장치(인공 지능 스피커), 가전 기기(냉장고 또는 세탁기 등), 유인 이동체(승용차, 버스나 이륜차 등의 차량 등), 무인 이동체(로봇 청소기 등), 유인 비행체, 무인 비행체(드론 등), 가정용 또는 산업용 로봇 또는 산업용 기계 등을 포함할 수 있으나, 이에 한정되는 것은 아니다. 설계자나 사용자 등은 상황이나 조건에 따라서 상술한 장치 이외에도 정보의 연산 처리 및 제어가 다양한 장치 중 적어도 하나를 상술한 전력 계통 클러스터링 장치(100)로 고려할 수 있다. 또한, 상술한 전력 계통 클러스터링 장치(100)는 물리적으로 하나의 전자 장치를 이용하여 구현될 수도 있고, 또는 물리적으로 분리된 둘 이상의 전자 장치를 이용하여 구현될 수도 있다. 둘 이상의 전자 장치를 이용하여 전력 계통 클러스터링 장치(100)를 구현하는 경우, 각각의 전자 장치는 서로 동일한 동작을 수행할 수도 있고 또는 상이한 동작을 수행할 수도 있다. 예를 들어, 각각의 전자 장치는 동일한 전력 계통(z_1)에 대해서 서로 상이하게 랜덤 샘플링 결과를 기반으로 구획화를 수행하여 서로 상이한 전력 계통 구획화 결과(z_2 내지 z_h)를 획득할 수도 있다.

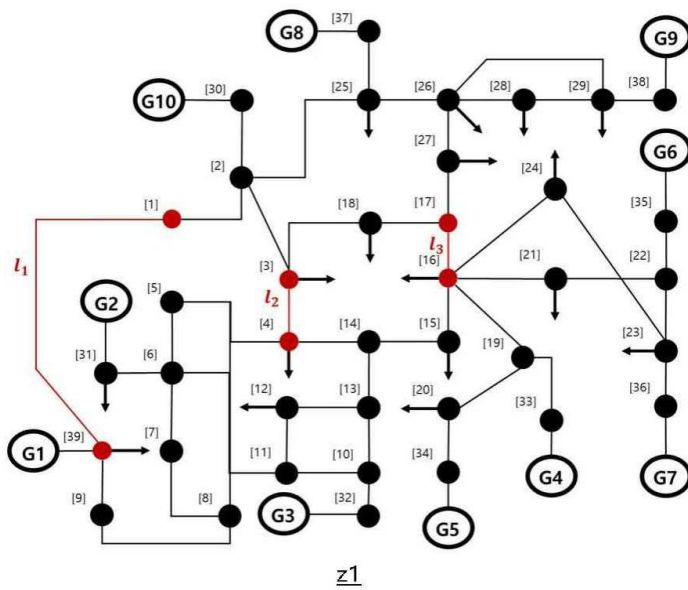
[0073] 이상 전력 계통 클러스터링 방법 및 장치의 여러 실시예에 대해 설명하였으나, 전력 계통 클러스터링 방법 및 장치는 오직 상술한 실시예에 한정되는 것은 아니다. 해당 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자가 상술한 실시예를 기초로 수정 및 변형하여 구현 가능한 다양한 전력 계통, 전력 계통 클러스터링 장치나 방법 역시 상술한 방법 및 장치의 일례가 될 수 있다. 예를 들어, 설명된 기술들이 설명된 방법과 다른 순서로 수행되거나, 및/또는 설명된 시스템, 구조, 장치, 회로 등의 구성 요소들이 설명된 방법과 다른 형태로 결합 또는 조합되거나 다른 구성 요소 또는 균등물에 의하여 대치되거나 또는 치환되더라도 상술한 전력 계통 클러스터링 방법 및 장치의 일 실시예가 될 수 있다.

부호의 설명

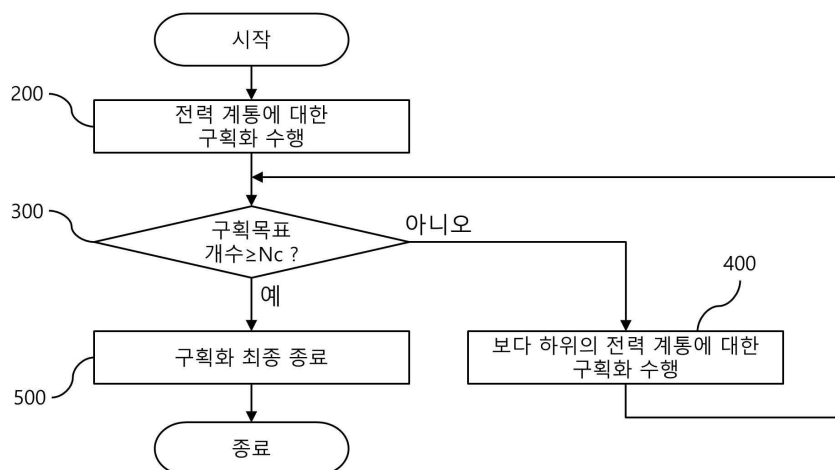
[0074] 100: 전력 계통 클러스터링 장치 101: 입력부
102: 출력부 105: 저장부
110: 프로세서

도면

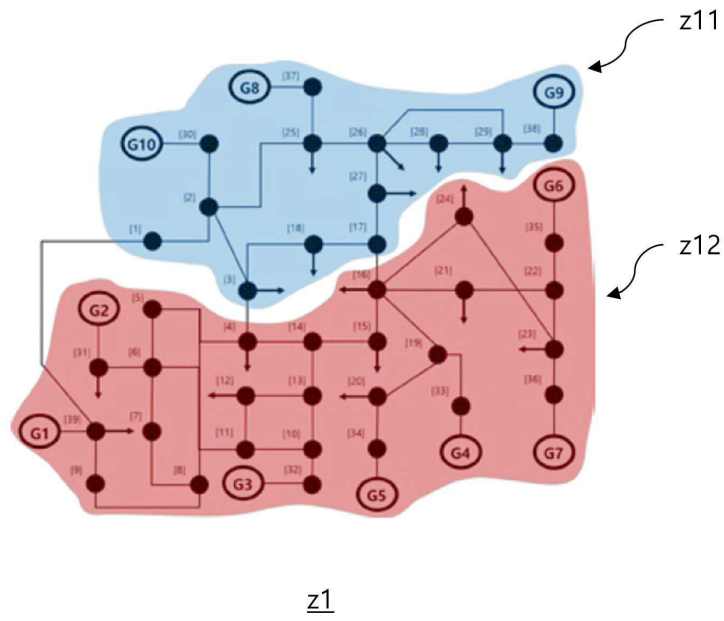
도면1



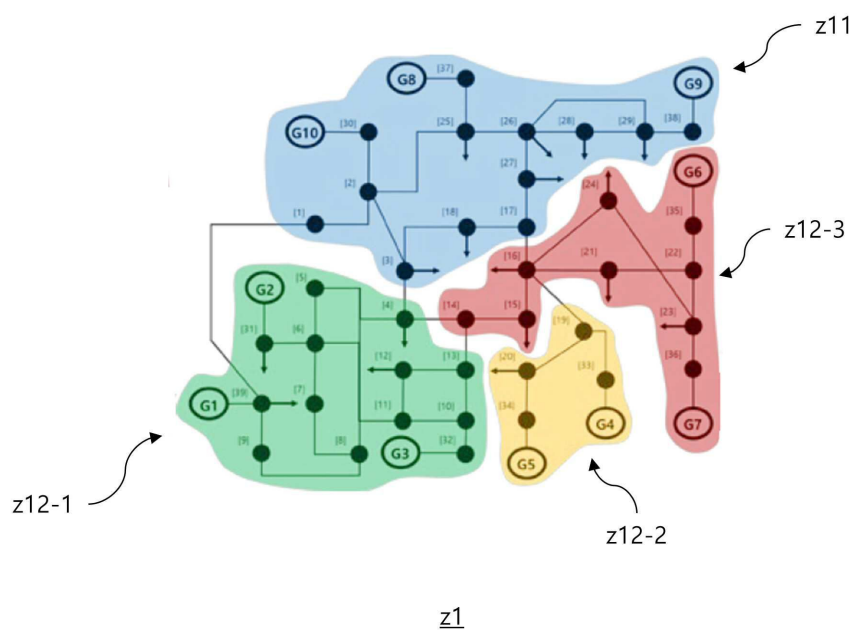
도면2



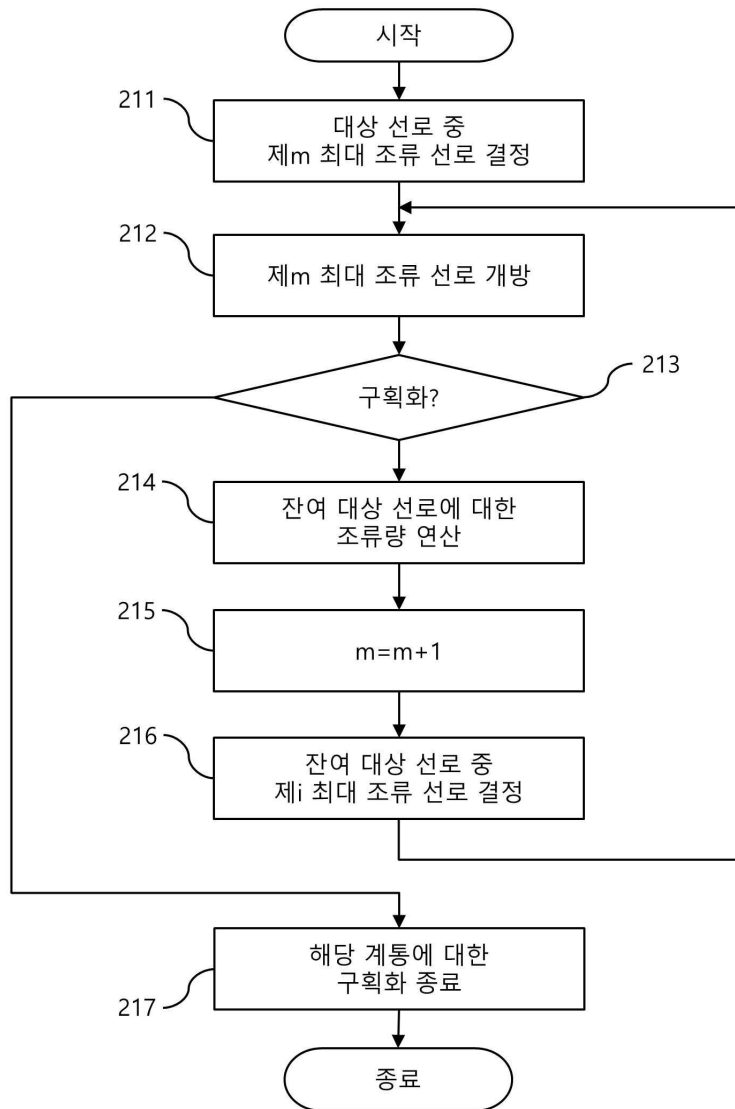
도면3



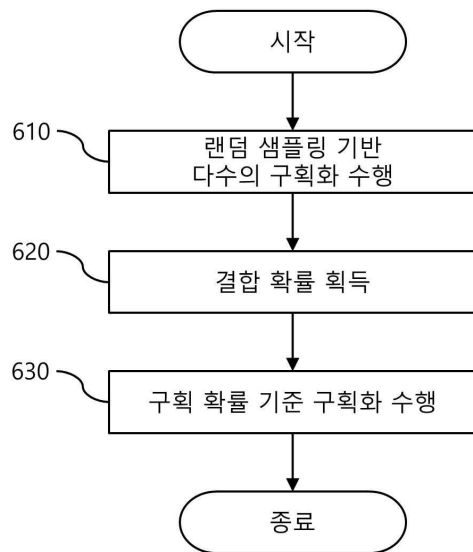
도면4



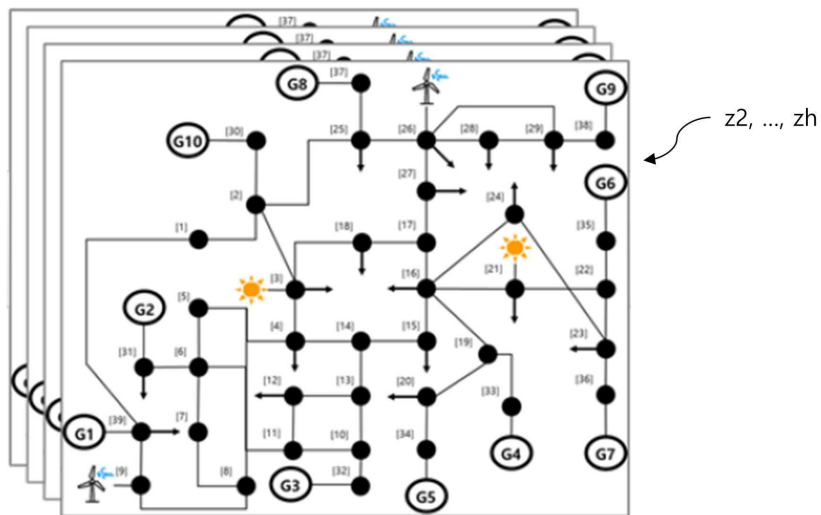
도면5



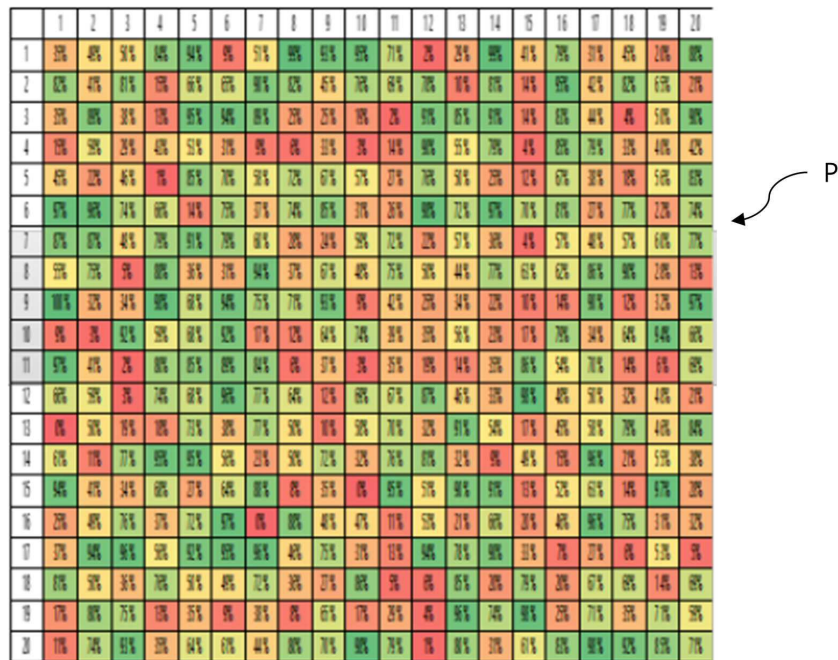
도면6



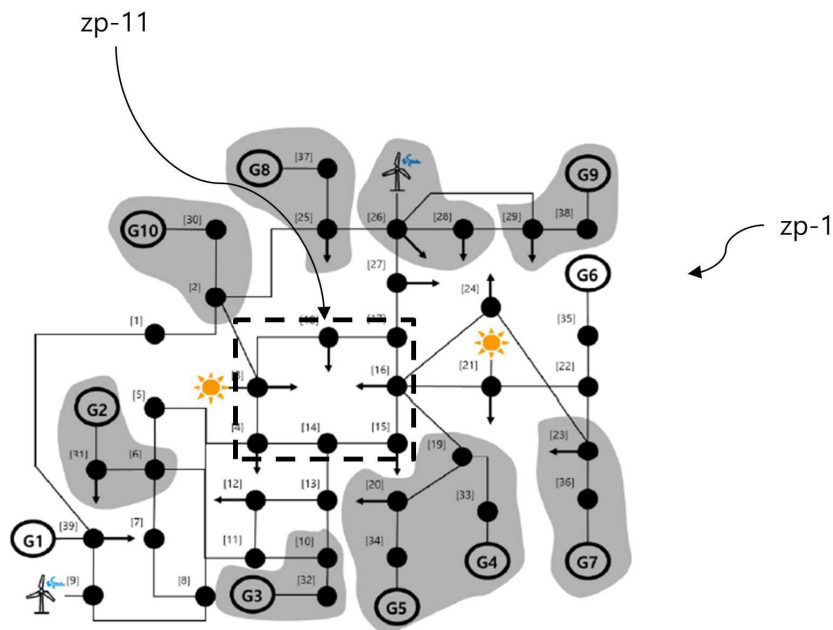
도면7



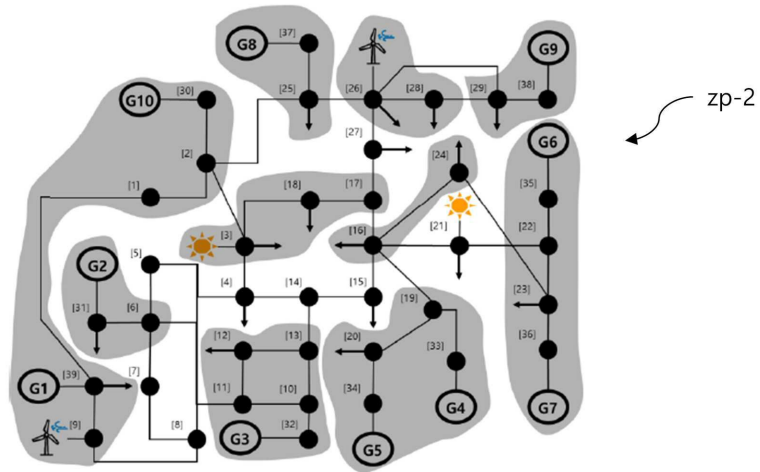
도면8



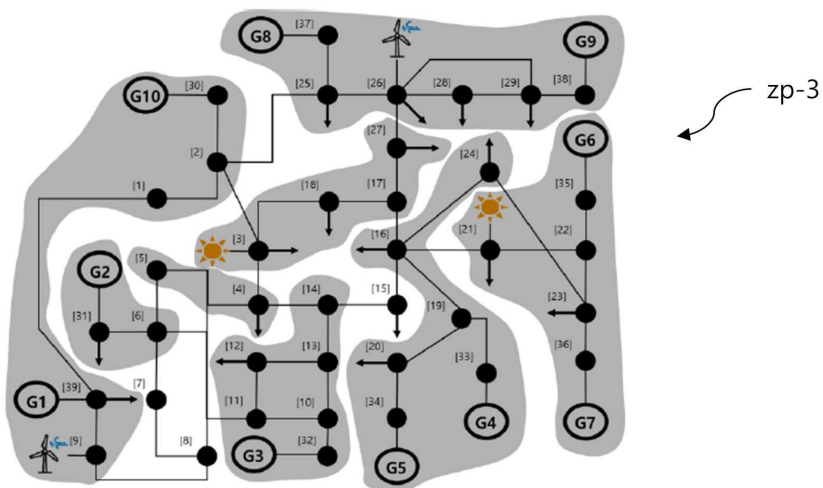
도면9



도면 10



도면11



도면12

