(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2009-0041263
(43) 공개일자 2009년04월28일

(51) Int. Cl.
H02J 11/00 (2006.01)
(21) 출원번호 10-2007-0106878
(22) 출원일자 2007년10월23일
심사청구일자 2007년10월23일

(71) 출원인
고려대학교 산학협력단
서울 성북구 안암동5가1 고려대학교 내
(72) 발명자
이병준
서울특별시 성북구 안암동5가 1번지 고려대학교 전기공학과
서상수
서울특별시 성북구 안암동5가 1번지 고려대학교 전기공학과
김봉식
서울특별시 성북구 안암동5가 1번지 고려대학교 전기공학과
(74) 대리인
김정식

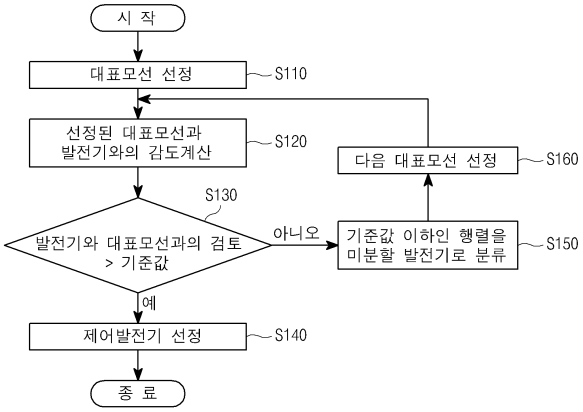
전체 청구항 수 : 총 7 항

(54) 전력 계통의 제어 발전기 선정 시스템, 방법, 및 상기방법을 실행시키기 위한 컴퓨터 판독 가능한 프로그램을기록한 매체

(57) 요 약

전력 계통의 제어 발전기 선정 시스템, 및 방법이 개시된다. 제어 발전기 선정 시스템은 대표 모선 선정부, 및 제어 발전기 선정부를 포함한다. 대표 모선 선정부는 전력 계통에 대해 대표 모선을 선정하고, 제어 발전기 선정부는 대표 모선과의 감도가 소정의 기준값 이상인 발전기를 대표 모선의 제어 발전기로 선정한다. 이와 같이, 대표 모선을 선정하고 대표 모선과의 감도가 미리 설정된 기준값 이상인 발전기를 대표 모선의 제어 발전기로 선정함으로써, 2차적 전압 제어 방법의 적용하여 보다 명확하게 전력 계통의 제어 발전기를 선정할 수 있게 된다.

대 표 도 - 도2



특허청구의 범위

청구항 1

전력 계통에 대해 대표 모선을 선정하는 대표 모선 선정부; 및

상기 대표 모선과의 감도가 소정의 기준값 이상인 발전기를 상기 대표 모선의 제어 발전기로 선정하는 제어 발전기 선정부를 포함하는 것을 특징으로 하는 전력 계통의 제어 발전기 선정 시스템.

청구항 2

제 1항에 있어서, 상기 대표 모선 선정부는

상기 전력 계통에 대해 서셉턴스 행렬의 역행렬인 감도 행렬을 구하여,

상기 감도 행렬의 대각 성분이 가장 작은 모선을 상기 전력 계통의 대표 모선으로 선정하는 것을 특징으로 하는 전력 계통의 제어 발전기 선정 시스템.

청구항 3

제 1항에 있어서, 상기 제어 발전기 선정부는

상기 전력 계통 발전기의 무효 전력 변화에 대한 상기 대표 모선의 전압 변화를 이용하여 상기 대표 모선과 상기 발전기와의 감도를 산출하고,

상기 대표 모선과의 감도가 소정의 기준값 이상인 발전기를 상기 대표 모선의 제어 발전기로 선정하는 것을 특징으로 하는 전력 계통의 제어 발전기 선정 시스템.

청구항 4

전력 계통에 대해 대표 모선을 선정하는 대표 모선 선정 단계; 및

상기 대표 모선과의 감도가 소정의 기준값 이상인 상기 전력 계통의 발전기를 상기 대표 모선의 제어 발전기로 선정하는 제어 발전기 선정 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 전력 계통의 제어 발전기 선정 방법.

청구항 5

제 4항에 있어서, 상기 대표 모선 선정 단계는

상기 전력 계통에 대해 서셉턴스 행렬의 역행렬인 감도 행렬을 구하는 단계; 및

상기 감도 행렬의 대각 성분이 가장 작은 모선을 상기 전력 계통의 대표 모선으로 선정하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 전력 계통의 제어 발전기 선정 방법.

청구항 6

제 4항에 있어서, 상기 제어 발전기 선정 단계는

상기 전력 계통 발전기의 무효 전력 변화에 대한 상기 대표 모선의 전압 변화를 이용하여 상기 대표 모선과 상기 전력 계통의 발전기와의 감도를 산출하는 단계; 및

상기 대표 모선과의 감도가 소정의 기준값 이상인 발전기를 상기 대표 모선의 제어 발전기로 선정하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 전력 계통의 제어 발전기 선정 방법.

청구항 7

제 4 내지 6항 중 어느 한 항의 방법을 실행시키기 위한 컴퓨터 판독 가능한 프로그램을 기록한 매체.

명 세 서

발명의 상세한 설명

기 술 분 야

<1> 본 발명은 전력 계통 안정 운영 방법, 및 시스템에 관한 것으로서, 더욱 상세하게는 대표 모선으로 선정된 모선의 전압을 실시간으로 제어하기 위해 필요한 대표 모선의 전압 제어 발전기를 선정하는 방법 및 시스템에 관한 것이다.

배 경 기 술

<2> 전력 계통 전압 불안정의 주요 원인으로 전력 계통의 무효 전력 수급 불균형을 들 수 있다. 이러한 전력 계통의 전압 불안정 문제를 해결하기 위해, 기존 설비의 무효 전력 운영 측면에서 효용성을 높이기 위한 2차적 전압 제어 방법이 개발되어 있다.

<3> 2차적 전압 제어 방법은 계통의 무효전력 특성을 고려하여 동일한 특성을 갖는 지역을 하나의 제어 지역으로 구분하고, 구분된 지역들을 지역별로 제어하는 방법이다.

<4> 제어 발전기 선정하기 위한 방법으로는 현재 전기적 거리법이 있으나, 전기적 거리법의 경우 대표 모선의 선정 후 전압 제어 지역의 분할이 명확치 못하고 제어 발전기의 분할 또한 확실하지 못한 단점이 있었다.

발명의 내용

해결 하고자하는 과제

<5> 본 발명은 상술한 종래의 문제점을 해결하기 위해 안출된 것으로서, 2차적 전압 제어 방법의 적용을 위해, 보다 명확하게 제어 발전기를 선정할 수 있는 방법, 및 시스템을 제공하는 것을 목적으로 한다.

과제 해결수단

<6> 상기 목적을 달성하기 위해, 본 발명에 따른 제어 발전기 선정 시스템은 대표 모선 선정부, 및 제어 발전기 선정부를 포함한다. 대표 모선 선정부는 전력 계통에 대해 대표 모선을 선정하고, 제어 발전기 선정부는 대표 모선과의 감도가 소정의 기준값 이상인 발전기를 대표 모선의 제어 발전기로 선정한다. 이와 같이, 대표 모선을 선정하고 대표 모선과의 감도가 미리 설정된 기준값 이상인 발전기를 대표 모선의 제어 발전기로 선정함으로써, 2차적 전압 제어 방법의 적용하여 보다 명확하게 전력 계통의 제어 발전기를 선정할 수 있게 된다.

<7> 대표 모선 선정부는 전력 계통에 대해 서셉턴스 행렬의 역행렬인 감도 행렬을 구하여, 감도 행렬의 대각 성분이 가장 작은 모선을 전력 계통의 대표 모선으로 선정할 수 있다. 이러한 구성으로 인해 대표 모선의 선정이 명확하게 되어 전압 제어 성능을 더욱 개선할 수 있게 된다.

<8> 제어 발전기 선정부는 전력 계통 발전기의 무효 전력 변화에 대한 대표 모선의 전압 변화를 이용하여 대표 모선과 전력 계통의 발전기와의 감도를 산출하고, 대표 모선과의 감도가 소정의 기준값 이상인 발전기를 대표 모선의 제어 발전기로 선정할 수 있다. 이와 같이, 감도 행렬을 이용하여 대표 모선의 선정뿐만 아니라, 대표 모선의 제어 발전기의 선정도 미리 정해진 기준값을 이용하기 때문에, 제어 발전기 선정의 수행이 더욱 명확하게 되어 전압 제어 성능을 개선할 수 있게 된다.

<9> 아울러, 상기 시스템 발명을 방법의 형태로 구현한 발명과 방법 발명을 수행하기 위한 컴퓨터 판독 가능한 프로그램을 기록한 매체가 함께 개시된다.

효 과

<10> 본 발명에 의하면, 전력 계통 전체에 대한 중요한 대표 모선을 선정하고 이 대표 모선을 제어하기 위한 제어 발전기들의 선정이 가능해져 이 선정된 결과를 통해 2차적 전압 제어에 필요한 장비들을 주요 모선과 발전기 사이에 설치해 대표 모선 전압을 안정적인 유지할 수 있으며 이를 통해 전력 계통 전체에 대한 안정적 운영이 가능해 진다.

발명의 실시를 위한 구체적인 내용

<11> 이하, 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 바람직한 실시예를 설명한다.

<12> 도 1은 본 발명에 따른 전력 계통 제어 발전기 선정 시스템의 일 실시예의 개략적인 블록도이다.

<13> 도 1에서 제어 발전기 선정 시스템(100)은 대표 모선 선정부(110), 및 제어 발전기 선정부(120)를 포함하고 있고, 전력 계통 데이터 서버(200), 및 관리자 단말(300)과 통신망을 통해 연결되어 있다.

<14> 대표 모선 선정부(110)는 전력 계통에 대해 대표 모선을 선정하고, 제어 발전기 선정부(120)는 대표 모선과의 감도가 소정의 기준값 이상인 발전기를 대표 모선의 제어 발전기로 선정한다. 이와 같이, 대표 모선을 선정하고 대표 모선과의 감도가 미리 설정된 기준값 이상인 발전기를 대표 모선의 제어 발전기로 선정함으로써, 2차적 전압 제어 방법의 적용하여 보다 명확하게 전력 계통의 제어 발전기를 선정할 수 있게 된다.

<15> 대표 모선 선정부(110)는 전력 계통에 대해 서셉턴스 행렬의 역행렬인 감도 행렬을 구하여, 감도 행렬의 대각 성분이 가장 작은 모선을 전력 계통의 대표 모선으로 선정할 수 있다. 이러한 구성으로 인해 대표 모선의 선정이 명확하게 되어 전압 제어 성능을 더욱 개선할 수 있게 된다.

<16> 제어 발전기 선정부(120)는 전력 계통 발전기의 무효 전력 변화에 대한 대표 모선의 전압 변화를 이용하여 대표 모선과 전력 계통의 발전기와의 감도를 산출하고, 대표 모선과의 감도가 소정의 기준값 이상인 발전기를 대표 모선의 제어 발전기로 선정할 수 있다. 이와 같이, 감도 행렬을 이용하여 대표 모선의 선정뿐만 아니라, 대표 모선의 제어 발전기의 선정도 미리 정해진 기준값을 이용하기 때문에, 제어 발전기 선정의 수행이 더욱 명확하게 되어 전압 제어 성능을 개선할 수 있게 된다.

<17> 도 2는 도 1의 시스템이 수행하는 제어 발전기 선정 방법을 수행하기 위한 개략적인 흐름도이다.

<18> 전압 제어 지역 분할은 우선 전력 계통 전체에 대한 데이터를 가지고 감도 행렬을 구성하게 되고, 감도 행렬의 대각 성분이 가장 작은 모선을 대표 모선으로 선정하는 단계(S110)가 필요하다.

<19> 도 3은 도 2의 대표 모선 선정 단계를 수행하기 위한 개략적인 흐름도이다.

<20> 대표 모선을 구하기 위해, 먼저 전력 계통의 전력 조류 방정식에서 서셉턴스 행렬을 구하고(S111) 그 역행렬인 감도 행렬을 구한다(S112). 식 1 내지 7은 전력 계통의 감도 행렬을 구하는 과정을 나타낸다.

<21>
$$\begin{bmatrix}\Delta P\\ \Delta Q\end{bmatrix}=\begin{bmatrix}\frac{\partial P}{\partial\theta}\frac{\partial P}{\partial V}\\ \frac{\partial Q}{\partial\theta}\frac{\partial Q}{\partial V}\end{bmatrix}\begin{bmatrix}\Delta\theta\\ \Delta V\end{bmatrix}$$ 식 1

<22>
$$\begin{bmatrix}\Delta P\\ \Delta Q\end{bmatrix}=\begin{bmatrix}J_{11}\ 0\\ 0\ \ J_{22}\end{bmatrix}\begin{bmatrix}\Delta\theta\\ \Delta V\end{bmatrix}$$ 식 2

<23>
$$-[V]\cdot B\cdot\Delta|V|=\Delta Q$$ 식 3

<24>
$$\Delta\widetilde{Q}=-B\cdot\Delta|V|$$ 식 4

<25>
$$B=\begin{bmatrix}B_{GG}\ \ B_{GL}\\ B_{LG}\ \ B_{LL}\end{bmatrix}$$ 식 5

<26>
$$[\Delta Q_G]=-\{[B_{GG}][\Delta V_G]+[B_{GL}][\Delta V_L]\}$$
$$[\Delta Q_L]=-\{[B_{LG}][\Delta V_G]+[B_{LL}][\Delta V_L]\}$$ 식 6

<27>
$$Xcc=-B_{LL}^{-1}$$ 식 7

<28> 다음으로, 대각 성분 크기에 따라 감도 행렬을 정렬한 후. 가장 작은 1행1열의 값과 미리 설정된 기준값과 비교하여 미리 설정된 기준에 대응하는 경우 대표 모선으로 선정한다(115).

<29> 도 3에서와 같이 1차 대표 모선이 선정되면(S110), 감도 행렬에서 이 대표 모선과의 감도가 특정 기준값 이상으로 되는 모선들을 나눠서 1차 전압 제어 지역으로 나누는 단계가 이어진다. 이 특정 기준값은 전력 계통 운영자가 판단하여 설정하는 값이다.

<30> 1차 대표 모선과 1차 전압 제어 지역이 분할되면 1차 대표 모선과 1차 전압 제어 지역의 모선들이 제외된 감도 행렬을 이용하여 다시 이 행렬의 대각 성분값이 가장 작은 모선을 2차 대표 모선으로 선정하고 다시 2차 대표 모선과의 감도가 특정 기준값 이상이 되는 모선들을 감도 행렬에서 나눠 2차 전압 제어 지역을 나누게 된다. 위와 같은 방법을 반복하여 계통 전체에 대한 대표 모선과 전압 제어 지역을 나누게 된다.

<31> 이렇게 대표 모선들과 전압 제어 지역들이 선정 및 분할된 후 대표 모선과 전력 계통 전체의 발전기들에 대한 감도를 계산한다(S120). 식 8 내지 10은 대표 모선과 전력 계통의 감도를 구하는 과정을 나타낸다.

<32> $$[\Delta Q_G] = -\{[B_{GG}][\Delta V_G] + [B_{GL}][\Delta V_L]\}$$
$$[\Delta Q_L] = -\{[B_{LG}][\Delta V_G] + [B_{LL}][\Delta V_L]\}$$ 식 6

<33> $$\Delta V_L = -S_{LG} \cdot \Delta Q_G + S_{LL} \cdot \Delta Q_L$$ 식 8

<34> $$H = X_{CC} \cdot B_{LG}$$ 식 9

<35> $$S_{LG} = -H \cdot (B_{GG} + B_{GL} \cdot H)^{-1}$$ 식 10

<36> 도 2에서와 같이, 우선 1차 대표 모선에 대한 각 발전기들의 감도를 보고 특정 감도값 이상인 발전기들을 1차 대표 모선의 제어 발전기들로 구성하게 된다. 여기서의 특정 감도값도 계통 운영자의 판단에 의해 결정되는 값이다. 이렇게 1차 대표 모선에 대한 제어 발전기들이 선정되면 이 발전기들을 제외한 나머지 발전기들과 2차 대표 모선과의 전기적 감도를 보고 기준값이 이상인(130) 발전기들을 다시 2차 대표 모선의 제어 발전기들로 선정하게 된다(140).

<37> 위와 같은 과정을 마지막 대표 모선의 제어 발전기들이 선정될 때까지 반복하게 된다(150, 160). 이 과정을 모두 마치게 되면 전체 전력 계통에 대한 모든 대표 모선들에 대한 대표 모선별 제어 발전기들이 모두 선정되게 된다.

도면의 간단한 설명

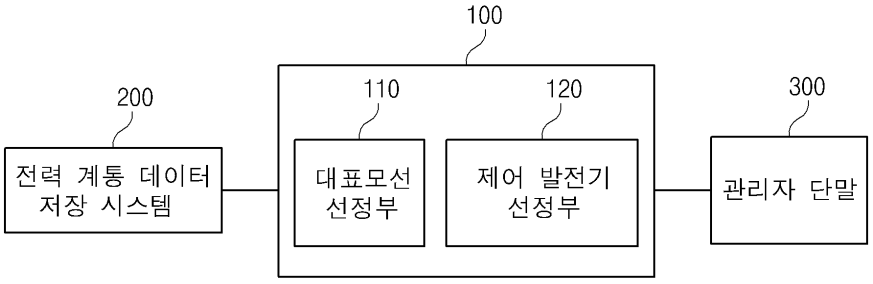
<38> 도 1은 본 발명에 따른 전력 계통 제어 발전기 선정 시스템의 일 실시예의 개략적인 블록도.

<39> 도 2는 도 1의 전력 계통 제어 발전기 선정 시스템이 수행하는 제어 발전기 선정 방법을 수행하기 위한 개략적인 흐름도.

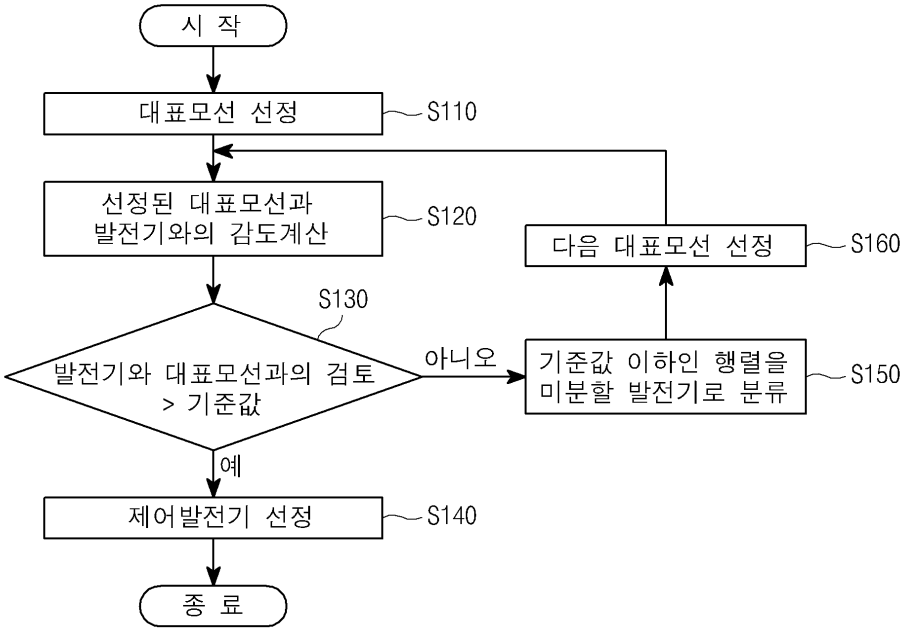
<40> 도 3은 도 2의 대표 모선 선정 단계의 개략적인 흐름도.

도면

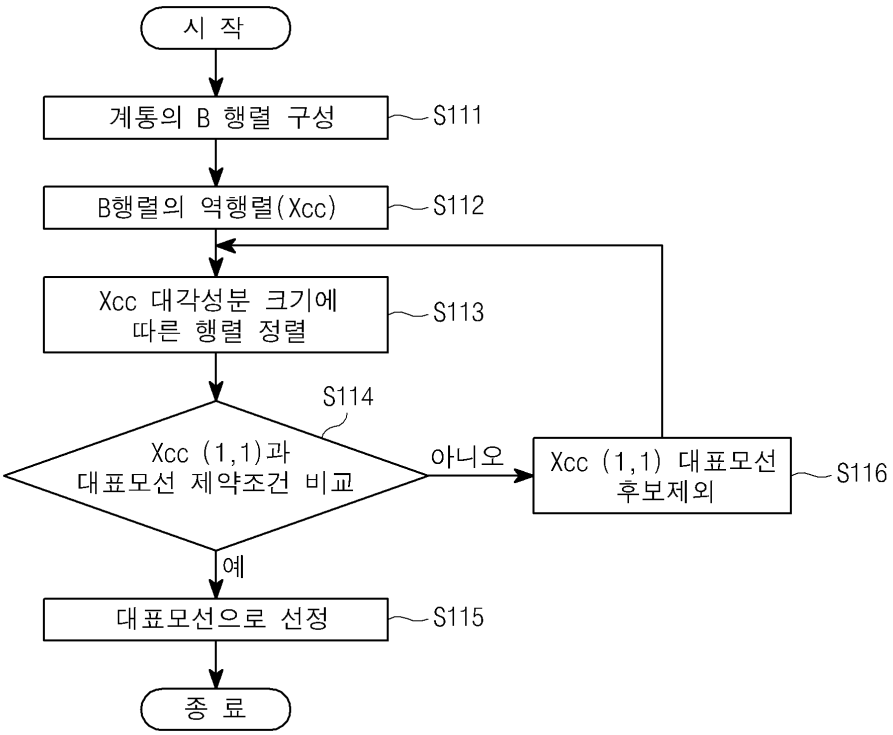
도면1



도면2


시 작
대표모선 선정
S110
선정된 대표모선과
발전기와의 감도계산
S120
S130
발전기와 대표모선과의 검토
> 기준값
아니오
기준값 이하인 행렬을
미분할 발전기로 분류
S150
다음 대표모선 선정
S160
예
제어발전기 선정
S140
종 료

도면3


시 작
계통의 B 행렬 구성
S111
B행렬의 역행렬(Xcc)
S112
Xcc 대각성분 크기에
따른 행렬 정렬
S113
S114
Xcc (1,1)과
대표모선 제약조건 비교
아니오
Xcc (1,1) 대표모선
후보제외
S116
예
대표모선으로 선정
S115
종 료