



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2013-0076235
(43) 공개일자 2013년07월08일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G01R 31/08 (2006.01) G01R 29/16 (2006.01)
G01R 22/06 (2006.01)
(21) 출원번호 10-2011-0144746
(22) 출원일자 2011년12월28일
심사청구일자 2011년12월28일

(71) 출원인
고려대학교 산학협력단
서울 성북구 안암동5가 1
(72) 발명자
이병준
서울특별시 서초구 서초중앙로 200, 14동 405호
(서초동, 삼풍아파트)
김태균
서울특별시 성북구 장월로41길 33-7 (장위동)
김홍주
서울 마포구 상암동 월드컵파크 4단지 402동 301호
(74) 대리인
특허법인주원

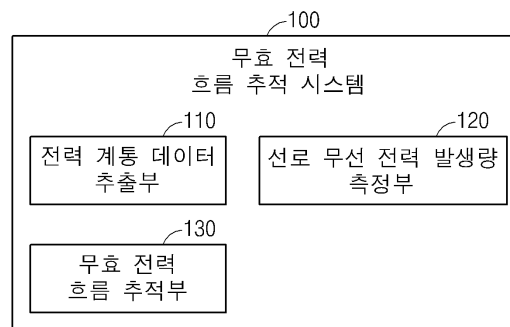
전체 청구항 수 : 총 7 항

(54) 발명의 명칭 무효 전력 흐름 추적 시스템, 방법, 및 상기 방법을 실행시키기 위한 컴퓨터 판독 가능한 프로그램을 기록한 매체

(57) 요약

무효 전력 흐름 추적 시스템, 방법, 및 상기 방법을 실행시키기 위한 컴퓨터 판독 가능한 프로그램을 기록한 매체가 개시된다. 무효 전력 흐름 추적 시스템은 전력 계통 데이터 추출부, 선로 무효 전력 발생량 산출부, 및 무효 전력 흐름 추적부를 포함한다. 전력 계통 데이터 추출부는 전력 계통의 데이터를 추출하고, 선로 무효 전력 발생량 산출부는 추출된 데이터를 이용해 전력 계통의 각 선로에서의 무효 전력의 발생량을 산출하며, 무효 전력 흐름 추적부는 각 선로를, 각 선로에서의 무효 전력 발생량과 동일한 무효 전력을 공급하는 가상 모선과 연결된, 무효 전력 발생이 없는 선로로 치환하고, 선로가 치환된 전력 계통에 대해 proportional sharing rule을 사용하여 전력 계통의 각 모선에서의 무효 전력 공급 모선과 부하 모선을 산출한다.

대 표 도 - 도2



이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 20110017650

부처명 한국연구재단

연구사업명 중견연구자지원_도약연구

연구과제명 풍력에너지 연계 미래형 그리드의 에너지 활용 극대화를 위한 하이브리드 제어 기술 개발

주관기관 고려대학교 산학협력단

연구기간 2011.05.01 ~ 2012.04.30

특허청구의 범위

청구항 1

전력 계통의 데이터를 추출하는 전력 계통 데이터 추출부;

상기 데이터를 이용해 상기 전력 계통의 각 선로에서의 무효 전력의 발생량을 산출하는 선로 무효 전력 발생량 산출부; 및

상기 각 선로를, 상기 각 선로에서의 무효 전력 발생량과 동일한 무효 전력을 공급하는 가상 모선과 연결된, 무효 전력 발생이 없는 선로로 치환하고,

상기 선로가 치환된 전력 계통에 대해 proportional sharing rule을 사용하여 상기 전력 계통의 각 모선에서의 무효 전력 공급 모선과 부하 모선을 산출하는 무효 전력 흐름 추적부를 포함하는 것을 특징으로 하는 무효 전력 흐름 추적 시스템.

청구항 2

제 1항에 있어서,

상기 무효 전력 흐름 추적부는 상기 전력 계통의 부하 모선에 대해,

$$Q_{Li} = \frac{Q_{Li}}{Q_i} \cdot Q_i = \sum_{k=1}^n \frac{Q_{Li}}{Q_i} \cdot [T_Q^{-1}]_{ik} \cdot Q_{Gk} = \alpha_1 \cdot Q_{G1} + \alpha_2 \cdot Q_{G2} + \dots + \alpha_n \cdot Q_{Gn}$$

의 수학식에 의해 무효 전력 공급 모선을 산출하며, Q_{Li} 는 모선(i)에서 소비되는 무효 전력, α_n 는 모선(i)에 대한 모선(n)의 기여도, Q_{Gn} 은 모선(n)에서 발생하는 무효 전력량인 것을 특징으로 하는 무효 전력 흐름 추적 시스템.

청구항 3

제 1항에 있어서,

상기 무효 전력 흐름 추적부는 상기 전력 계통의 무효 전력 공급 모선에 대해,

$$Q_{Gi} = \frac{Q_{Gi}}{Q_i} \cdot Q_i = \sum_{k=1}^n \frac{Q_{Gi}}{Q_k} \cdot [T_Q^{-1}]_{ki} \cdot Q_{Lk} = \beta_1 \cdot Q_{L1} + \beta_2 \cdot Q_{L2} + \dots + \beta_n \cdot Q_{Ln}$$

의 수학식에 의해 부하 모선을 산출하며, Q_{Gi} 는 모선(i)에서 생산되는 무효 전력, β_n 는 모선(i)에 대한 모선(n)의 기여도, Q_{Ln} 은 모선(n)에서 소비되는 무효 전력량인 것을 특징으로 하는 무효 전력 흐름 추적 시스템.

청구항 4

전력 계통의 데이터를 추출하는 전력 계통 데이터 추출 단계;

상기 데이터를 이용해 상기 전력 계통의 각 선로에서의 무효 전력의 발생량을 산출하는 무효 전력 발생량 산출 단계; 및

상기 각 선로를, 상기 각 선로에서의 무효 전력 발생량과 동일한 무효 전력을 공급하는 가상 모선과 연결된, 무효 전력 발생이 없는 선로로 치환하고,

상기 선로가 치환된 전력 계통에 대해 proportional sharing rule을 사용하여 상기 전력 계통의 각 모선에서의 무효 전력 공급 모선과 부하 모선을 산출하는 무효 전력 흐름 추적 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 무효 전력 흐름 추적 방법.

청구항 5

제 4항에 있어서,

상기 무효 전력 흐름 추적 단계는 상기 전력 계통의 부하 모선에 대해,

$$Q_{Li} = \frac{Q_{Li}}{Q_i} \cdot Q_i = \sum_{k=1}^n \frac{Q_{Li}}{Q_i} \cdot [T_Q^{-1}]_{ik} \cdot Q_{Gk} = \alpha_1 \cdot Q_{G1} + \alpha_2 \cdot Q_{G2} + \dots + \alpha_n \cdot Q_{Gn}$$

의 수학적식에 의해 무효 전력 공급 모선을 산출하며, Q_{Li} 는 모선(i)에서 소비되는 무효 전력, α_n 는 모선(i)에 대한 모선(n)의 기여도, Q_{Gn} 은 모선(n)에서 발생하는 무효 전력량인 것을 특징으로 하는 무효 전력 흐름 추적 방법.

청구항 6

제 4항에 있어서,

상기 무효 전력 흐름 추적 단계는 상기 전력 계통의 무효 전력 공급 모선에 대해,

$$Q_{Gi} = \frac{Q_{Gi}}{Q_i} \cdot Q_i = \sum_{k=1}^n \frac{Q_{Gi}}{Q_i} \cdot [T_Q^{-1}]_{ki} \cdot Q_{Lk} = \beta_1 \cdot Q_{L1} + \beta_2 \cdot Q_{L2} + \dots + \beta_n \cdot Q_{Ln}$$

의 수학적식에 의해 부하 모선을 산출하며, Q_{Gi} 는 모선(i)에서 생산되는 무효 전력, β_n 는 모선(i)에 대한 모선(n)의 기여도, Q_{Ln} 은 모선(n)에서 소비되는 무효 전력량인 것을 특징으로 하는 무효 전력 흐름 추적 방법.

청구항 7

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

명세서

기술분야

[0001] 본 발명은 전력 계통에 관한 것으로서, 더욱 상세하게는 전력 계통의 안정화 해석을 위한 시스템, 및 방법에 관한 것이다.

배경기술

[0002] 일반적으로 전력 계통에서의 전력 흐름을 추적하는 방법으로는 proportional sharing rule이라는 가정을 사용하여 유효전력 흐름을 추적하는 방법을 사용한다. proportional sharing rule이란 전력조류는 더 많이 흘러 들어온 선로의 영향을 더 많이 받는다는 가정이다.

[0003] 도 1은 proportional sharing rule의 설명을 위한 예시 도면이다. 도 1에 의하면, 모선-i에서 모선-l로 30MW의 전력이 유입되는 데, proportional sharing rule을 통해 모선-i에서 모선-l로 흐르는 30MW의 전력 중 얼마만큼이 어느 모선으로부터 흘러 왔는지를 계산할 수 있다. 30MW의 전력 중 $30(60/100)=18\text{MW}$ 는 모선-j로부터 왔으며, $30(40/100)=12\text{MW}$ 는 모선-k로부터 왔다고 볼 수 있다.

[0004] 이와 같이 proportional sharing rule은 전력을 공급하는 양의 비율에 따라 그 영향력을 평가하게 되며, 위의 과정을 부하로부터 발전기까지 연속적으로 수행하게 되면 부하가 유효 전력을 어느 발전기로부터 공급받았는지를 알 수 있게 된다.

[0005] 그런데, 이러한 방법은 유효전력에 국한된 것으로 이를 무효 전력에 적용하기는 쉽지 않다. 무효전력은 발전기만 생산되는 유효전력과 달리, 선로의 충전용량이나 조상설비로부터 생산이 되기도 하기 때문이다. 또한 선로 손실이 매우 작아 이를 무시할 수 있는 유효전력과 달리 무효전력은 선로 손실이 매우 커서 이를 무시할 수가 없다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0006] 본 발명은 상술한 종래의 문제점을 해결하기 위해 안출된 것으로서, 무효전력 부하에서 소비하는 무효전력의 생산 근원지 및 무효전력 발전원에서 생산하는 무효전력의 최종 소비지를 효과적으로 추적할 수 있는 시스템, 및 방법을 제공하는 것을 목적으로 한다.

과제의 해결 수단

[0007] 상기 목적을 달성하기 위해 본 발명에 따른 무효 전력 흐름 추적 시스템은 전력 계통 데이터 추출부, 선로 무효 전력 발생량 산출부, 및 무효 전력 흐름 추적부를 포함한다.

[0008] 전력 계통 데이터 추출부는 전력 계통의 데이터를 추출하고, 선로 무효 전력 발생량 산출부는 추출된 데이터를 이용해 전력 계통의 각 선로에서의 무효 전력의 발생량을 산출하며, 무효 전력 흐름 추적부는 각 선로를, 각 선로에서의 무효 전력 발생량과 동일한 무효 전력을 공급하는 가상 모선과 연결된, 무효 전력 발생이 없는 선로로 치환하고, 선로가 치환된 전력 계통에 대해 proportional sharing rule을 사용하여 전력 계통의 각 모선에서의 무효 전력 공급 모선과 부하 모선을 산출한다.

[0009] 이때, 무효 전력 흐름 추적부는 전력 계통의 부하 모선에 대해,

[0010]
$$Q_{Li} = \frac{Q_{Li}}{Q_i} \cdot Q_i = \sum_{k=1}^n \frac{Q_{Li}}{Q_i} \cdot [T_Q^{-1}]_{ik} \cdot Q_{Gk} = \alpha_1 \cdot Q_{G1} + \alpha_2 \cdot Q_{G2} + \dots + \alpha_n \cdot Q_{Gn}$$
의 수학적식에 의해 무효 전력 공급 모선을 산출하며, Q_{Li} 는 모선(i)에서 소비되는 무효 전력, α_n 는 모선(i)에 대한 모선(n)의 기여도, Q_{Gn} 은 모선(n)에서 발생하는 무효 전력량일 수 있다.

[0011] 또한, 무효 전력 흐름 추적부는 전력 계통의 무효 전력 공급 모선에 대해,

[0012]
$$Q_{Gi} = \frac{Q_{Gi}}{Q_i} \cdot Q_i = \sum_{k=1}^n \frac{Q_{Gi}}{Q_k} \cdot [T_Q^{-1}]_{ki} \cdot Q_{Lk} = \beta_1 \cdot Q_{L1} + \beta_2 \cdot Q_{L2} + \dots + \beta_n \cdot Q_{Ln}$$
의 수학적식에 의해 부하 모선을 산출하며, Q_{Gi} 는 모선(i)에서 생산되는 무효 전력, β_n 는 모선(i)에 대한 모선(n)의 기여도, Q_{Ln} 은 모선(n)에서 소비되는 무효 전력량일 수 있다.

[0013] 아울러, 상기 시스템을 방법의 형태로 구현한 발명과 상기 방법을 실행시키기 위한 컴퓨터 판독 가능한 프로그램을 기록한 매체가 개시된다.

발명의 효과

[0014] 본 발명에 의하면, 전력 계통의 무효전력 부하에서 소비하는 무효전력의 생산 근원지 및 무효전력 발전원에서 생산하는 무효전력의 최종 소비지를 효과적으로 추적할 수 있게 된다.

도면의 간단한 설명

[0015] 도 1은 proportional sharing rule을 이용하여 유효 전력 흐름의 추적을 수행하는 예를 설명하기 위한 도면.

도 2는 본 발명에 따른 무효 전력 흐름 추적 시스템의 일 실시예의 개략적인 블록도.

도 3은 전력 계통의 선로가 가상 모선이 연결된 이상 선로로 치환된 예를 도시한 도면.

도 4는 도 3의 가상 모선에 무효 전력 공급원 설치된 상태가 도시된 도면.

도 5는 본 발명에 따른 무효 전력 흐름 추적 방법을 수행하기 위한 개략적인 흐름도.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0016] 이하, 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 바람직한 실시예를 설명한다.

[0017] 도 2는 본 발명에 따른 무효 전력 흐름 추적 시스템의 일 실시예의 개략적인 블록도이다.

[0018] 도 2에서, 무효 전력 흐름 추적 시스템(100)은 전력 계통 데이터 추출부(110), 선로 무효 전력 발생량 산출부(120), 및 무효 전력 흐름 추적부(130)를 포함한다. 여기서, 무효 전력 흐름 추적 시스템(100)의 각 구성 요소들은 하드웨어적으로 구현될 수 있지만, 소프트웨어적으로 구현되어, 하드웨어 장치와 함께 사용되도록 구현될 수도 있을 것이다.

[0019] 전력 계통 데이터 추출부(110)는 전력 계통의 데이터를 추출한다. 이때, 전력 계통의 데이터는 전력 계통에 설치된 계측 장치로부터 직접 추출할 수도 있겠으나, 계측 장치로부터 전송되어 저장된 데이터를 데이터 저장 장치로부터 추출할 수도 있다.

[0020] 선로 무효 전력 발생량 산출부(120)는 추출된 데이터를 이용해 전력 계통의 각 선로에서의 무효 전력의 발생량

을 산출한다. 이때, 무효 전력의 발생량이 음인 경우는 그 선로에서 무효 전력이 소비되는 것을 의미한다.

[0021] 무효 전력 흐름 추적부(130)는 각 선로를 무효 전력 발생이 없는 선로로 치환하는데, 이때 치환되는 선로는 각 선로에서의 무효 전력 발생량과 동일한 무효 전력을 공급하는 가상 모선과 연결된다.

[0022] 이어서, 선로가 치환된 전력 계통에 대해 proportional sharing rule을 사용하여 전력 계통의 각 모선에서의 무효 전력 공급 모선과 부하 모선을 산출한다. 이때, proportional sharing rule을 사용한 전력 흐름 추적 방법은 이미 유효 전력 흐름 추적을 통해 공지된 기술이므로 상세한 설명은 생략한다.

[0023] 이를 위해, 무효 전력 흐름 추적부(130)는 전력 계통의 부하 모선에 대해,

$$Q_{Li} = \frac{Q_{Li}}{Q_i} \cdot Q_i = \sum_{k=1}^n \frac{Q_{Li}}{Q_i} \cdot [T_Q^{-1}]_{ik} \cdot Q_{Gk} = \alpha_1 \cdot Q_{G1} + \alpha_2 \cdot Q_{G2} + \dots + \alpha_n \cdot Q_{Gn}$$

의 수학식에 의해 무효 전력 공급 모선을 산출한다. 여기서, Q_{Li} 는 모선(i)에서 소비되는 무효 전력, α_n 는 모선(i)에 대한 모선(n)의 기여도, Q_{Gn} 은 모선(n)에서 발생하는 무효 전력량일 수 있다.

[0024] 또한, 무효 전력 흐름 추적부(130)는 전력 계통의 무효 전력 공급 모선에 대해,

$$Q_{Gi} = \frac{Q_{Gi}}{Q_i} \cdot Q_i = \sum_{k=1}^n \frac{Q_{Gi}}{Q_k} \cdot [T_Q^{-1}]_{ki} \cdot Q_{Lk} = \beta_1 \cdot Q_{L1} + \beta_2 \cdot Q_{L2} + \dots + \beta_n \cdot Q_{Ln}$$

의 수학식에 의해 부하 모선을 산출한다. 여기서, Q_{Gi} 는 모선(i)에서 생산되는 무효 전력, β_n 는 모선(i)에 대한 모선(n)의 기여도, Q_{Ln} 은 모선(n)에서 소비되는 무효 전력량일 수 있다.

[0025] 이하, 상기 실시예를 보다 구체적인 예와 함께 설명한다.

[0026] 본 발명에서, 선로의 무효전력 소비량 및 생산량을 반영하기 위해 도 3에서와 같이 각 선로마다 가상 모선을 만든다. 도 3은 전력 계통의 선로가 가상 모선이 연결된 이상 선로로 치환된 예를 도시한 도면이다.

[0027] 도 3에서 파란색 화살표는 선로의 무효전력 손실을, 빨간색 화살표는 선로에서 무효전력을 계통에 공급함을 의미한다. 가상 모선을 설치하였다면, 계통에 있는 선로들은 모두 이상적인 선로로서 무효전력을 소비하지도, 공급하지도 않는 선로가 된다.

[0028] 또한, 계통 내 선트(shunt)와 같이 무효전력을 공급하는 조상설비들은 발전기와 동등하게 처리가 되고, 무효전력을 소비하는 조상설비는 부하와 동등하게 처리가 된다.

[0029] 이를 위해서 먼저 전력조류 계산을 수행을 통해 각 선로 및 조상설비의 무효전력 생산/소비량을 얻게 된다. 이 값들을 가지고 가상모선 및 모선의 무효전력 발전량, 부하량을 결정하게 된다.

[0030] 이렇게 되면 계통에는 손실 없는 선로와 무효전력 발전기 모선, 무효전력 부하모선만 남게 된다. 이를 가지고 유효전력 흐름 추적과 마찬가지로 proportional sharing rule을 기반으로 무효전력 흐름 추적을 수행하게 된다.

[0031] 도 4는 도 3의 가상 모선에 무효 전력 공급원 설치된 상태가 도시된 도면이다. 도 4에서와 같이 모선 i로 유입

되는 총 무효전력의 합을 $Q_i = \sum Q_{ij} + Q_{Gi}$ 와 같이 나타낼 수 있다. Q_{ij} 는 모선 i-j 사이에 흐르는

무효전력량이고, Q_{Gi} 는 모선 i에서 발전하는 무효 전력량을 나타낸다. 이 식을 $Q_{Gi} = Q_i - \sum Q_{ij}$ 로 변형시키고,

i=1, 2, ..., n까지 확장시키면, 행렬식 $[Q_G] = [T_Q] \circ [Q]$ 와 같이 나타낼 수 있다.

[0032] 이를 바탕으로 최종적으로 아래와 같이 2가지 식을 얻을 수 있다.

$$Q_{Li} = \frac{Q_{Li}}{Q_i} \cdot Q_i = \sum_{k=1}^n \frac{Q_{Li}}{Q_i} \cdot [T_Q^{-1}]_{ik} \cdot Q_{Gk} = \alpha_1 \cdot Q_{G1} + \alpha_2 \cdot Q_{G2} + \dots + \alpha_n \cdot Q_{Gn}$$

[0033]

$$Q_{Gi} = \frac{Q_{Gi}}{Q_i} \cdot Q_i = \sum_{k=1}^n \frac{Q_{Gi}}{Q_k} \cdot [T_Q^{-1}]_{ki} \cdot Q_{Lk} = \beta_1 \cdot Q_{L1} + \beta_2 \cdot Q_{L2} + \dots + \beta_n \cdot Q_{Ln}$$

[0034]

[0035] 여기서, Q_{Li} 에 관한 식에서는 무효전력 부하모선 i 가 어느 발전기로부터 무효전력을 공급받고 있는지를 나타낸다. α_n 은 부하모선에 대한 발전기모선의 기여도를 나타내며 0과 1사이의 값을 가지게 된다. Q_{Gi} 에 관한 식에서는 무효전력 발전기모선에서 생산된 무효전력이 어느 부하모선에서 소비되는지를 알 수 있다.

[0036]

도 5는 본 발명에 따른 무효 전력 흐름 추적 방법을 수행하기 위한 개략적인 흐름도이다.

[0037]

먼저, ①실계통 raw 데이터를 받아들여 조류계산을 시행하여, 발전기 및 션트(shunt)의 무효전력 생산량, 선로의 무효전력 흐름, 선로의 무효전력 소비/생산량을 출력한다.

[0038]

이어서, ②전력조류계산으로부터 받은 데이터를 가지고 가상모선 설치한다. 이때, 가상모선은 발전기 모선 또는 부하 모선으로 표현하고, 션트(Shunt)는 발전기 모선으로 표현한다.

[0039]

마지막으로, ③가상모선 설치 후, 선로에서의 무효전력의 흐름과 모선에서의 생산/소비량을 가지고, proportional sharing rule을 기반으로 무효전력 흐름 추적을 수행한다.

[0040]

전력계통에서 전압은 무효전력과 밀접한 상관관계를 가진다. 이에 계통의 전압안정도 해석을 위해서는 무효전력에 대한 분석이 필수적이다. 본 발명에 따른 무효전력 흐름 추적 기법은 실계통에서 무효전력의 도달 범위를 추적함으로써, 무효전력의 특징을 파악하는데 중요한 도구가 될 수 있다. 또한, 이로써 계통 전압안정도 해석의 수준을 한 단계 상승시킬 수 있다.

[0041]

또한, 본 발명에 의하면, 다양한 종류의 발전기에서 발전된 무효전력의 흐름을 추적함으로써, 발전기의 종류에 따른 계통 전압안정도 측면의 기여도를 분석할 수 있다. 또한, 본 발명에 의해 산출된 전력 계통에서의 무효 전력 흐름 데이터는 최근 화두가 되는 무효전력의 가격책정에 있어서 필수적이 지표가 될 수 있다.

[0042]

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

부호의 설명

[0043]

100: 무효 전력 흐름 추적 시스템

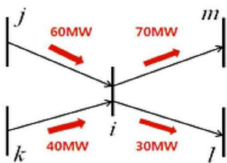
110: 전력 계통 데이터 추출부

120: 선로 무선 전력 발생량 측정부

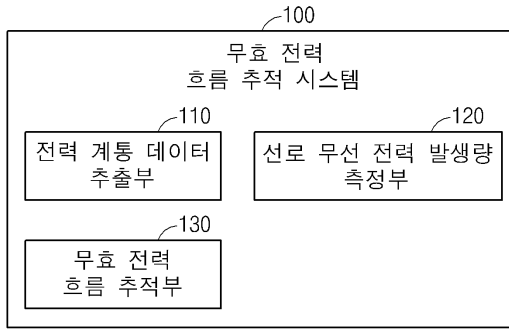
130: 무효 전력 흐름 추적부

도면

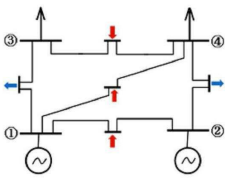
도면1



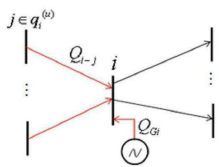
도면2



도면3



도면4



도면5

