



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2013-0043832
(43) 공개일자 2013년05월02일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

G06F 19/00 (2011.01)

(21) 출원번호 10-2011-0107965

(22) 출원일자 2011년10월21일

심사청구일자 2011년10월21일

(71) 출원인

고려대학교 산학협력단

서울 성북구 안암동5가 1

(72) 발명자

이병준

서울특별시 서초구 서초중앙로 200, 14동 405호
(서초동, 삼풍아파트)

송화창

서울특별시 영등포구 여의동로3길 10, 한성아파트
A동 103호 (여의도동)

(뒷면에 계속)

(74) 대리인

특허법인주원

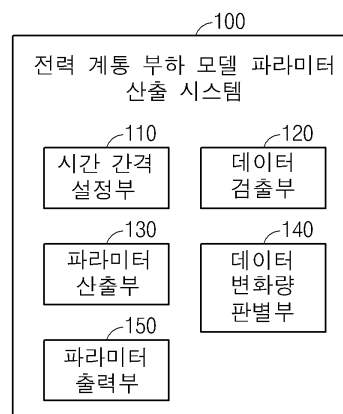
전체 청구항 수 : 총 7 항

(54) 발명의 명칭 전력 계통의 부하 모델 파라미터 산출 시스템, 방법, 및 상기 방법을 실행시키기 위한 컴퓨터 판독 가능한 프로그램을 기록한 매체

(57) 요약

전력 계통의 부하 모델 파라미터 산출 시스템, 방법, 및 상기 방법을 실행시키기 위한 컴퓨터 판독 가능한 프로그램을 기록한 매체가 개시된다. 전력 계통의 부하 모델 파라미터 산출 시스템은 시간 간격 설정부, 데이터 검출부, 및 파라미터 산출부를 포함한다. 시간 간격 산출부는 전력 계통의 부하 모델링을 위한 ZIP 파라미터 산출에 필요한 데이터를 추출하기 위한 시간 간격을 설정하고, 데이터 검출부는 전력 계통으로부터 ZIP 파라미터 산출에 필요한 데이터를 검출하며, 파라미터 산출부는 연속되는 파라미터 산출 시점마다 파라미터 산출 시점 직전의 설정된 시간 간격 동안의 데이터를 이용해 ZIP 파라미터를 산출한다. 이와 같은 구성으로, 실제 취득되는 전력 계통의 데이터를 이용하여 변화하는 부하 환경을 효과적으로 반영할 수 있는 부하 모델을 산출할 수 있게 된다.

대표도 - 도3



(72) 발명자

한상욱

서울특별시 구로구 개봉로17아길 48, 302호 (개봉동, 명성에이스빌라)

김홍래

충청남도 아산시 신창면 순천향로 22

오승찬

서울특별시 구로구 궁동 반도주택 5동2호

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 20101020300030

부처명 기초전력연구원

연구사업명 전력산업연구개발사업

연구과제명 실시간 전력수요에 대응하는 On-line 부하 모델링 기법 개발

주관기관 고려대학교 산학협력단

연구기간 2010.11.01 ~ 2011.10.31

특허청구의 범위

청구항 1

전력 계통의 부하 모델링을 위한 ZIP 파라미터 산출에 필요한 데이터를 추출하기 위한 시간 간격을 설정하는 시간 간격 설정부;

전력 계통으로부터 ZIP 파라미터 산출에 필요한 데이터를 검출하는 데이터 검출부; 및

연속되는 파라미터 산출 시점마다 상기 파라미터 산출 시점 직전의 상기 시간 간격 동안의 데이터를 이용해 ZIP 파라미터를 산출하는 파라미터 산출부를 포함하는 것을 특징으로 하는 전력 계통의 부하 모델 파라미터 산출 시스템.

청구항 2

제 1항에 있어서,

상기 시간 간격 동안의 데이터 변화량이 미리 설정된 범위를 벗어나는 지를 판별하는 데이터 변화량 판별부; 및
상기 데이터 변화량이 상기 미리 설정된 범위를 벗어나는 경우 상기 산출된 ZIP 파라미터를 출력하고, 상기 데이터 변화량이 상기 미리 설정된 범위 내인 경우 직전 산출된 파라미터를 출력하는 파라미터 출력부를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 전력 계통의 부하 모델 파라미터 산출 시스템.

청구항 3

제 2항에 있어서,

상기 각 파라미터 산출 시점에서 사용되는 데이터의 초기값은 상기 각 파라미터의 산출에 사용되는 상기 시간 간격에서의 초기값인 것을 특징으로 하는 전력 계통의 부하 모델 파라미터 산출 시스템.

청구항 4

전력 계통의 부하 모델링을 위한 ZIP 파라미터 산출에 필요한 데이터를 추출하기 위한 시간 간격을 설정하는 단계;

전력 계통으로부터 ZIP 파라미터 산출에 필요한 데이터를 검출하는 단계; 및

연속되는 파라미터 산출 시점마다 상기 파라미터 산출 시점 직전의 상기 시간 간격 동안의 데이터를 이용해 ZIP 파라미터를 산출하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 전력 계통의 부하 모델 파라미터 산출 방법.

청구항 5

제 4항에 있어서,

상기 시간 간격 동안의 데이터 변화량이 미리 설정된 범위를 벗어나는 지를 판별하는 단계;

상기 데이터 변화량이 상기 미리 설정된 범위를 벗어나는 경우 상기 산출된 ZIP 파라미터를 출력하고, 상기 데이터 변화량이 상기 미리 설정된 범위 내인 경우 직전 산출된 파라미터를 출력하는 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 전력 계통의 부하 모델 파라미터 산출 방법.

청구항 6

제 5항에 있어서,

상기 각 파라미터 산출 시점에서 사용되는 데이터의 초기값은 상기 각 파라미터 산출에 사용되는 상기 시간 간격에서의 초기값인 것을 특징으로 하는 전력 계통의 부하 모델 파라미터 산출 시스템.

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 계통을 안정화하는 방법 및 시스템에 관한 것으로서, 더욱 상세하게는 전력 계통 안정화를 위해 사용되는 부하 모델에 관한 시스템, 및 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 에너지 수요와 공급의 불균형은 에너지 자원 가용성과 환경 비용 등의 문제로 이어진다. 특히 경제성을 고려한 계통 운영을 위한 설비 이용률 극대화는 결국 계통의 안정도 여유를 감소시킨다.

[0003] 안정도 여유 감소에도 불구하고 안정적인 계통 운영을 위해서는 무엇보다도 정밀한 계통의 안정도 해석이 필요하다. 계통 해석 방법으로 정적해석(steady-state analysis), 준동적해석(quasi-dynamic), 동적해석(dynamic analysis) 방법이 사용된다.

[0004] 그런데 계통 안정도 해석의 정확도는 무엇보다도 계통 모델링의 정확성에 크게 영향을 받는다. 특히, 상기 언급된 방법들은 부하 모델에 매우 의존적이기 때문에, 계통의 정확한 해석에는 적절한 부하 모델링이 필수적으로 요구된다.

[0005] 부하 모델링이란 전력 계통 해석을 위해 필요한 여러 모델 중 부하에 대한 수리적인 등가 모델을 결정하는 것을 말하는 것으로, 종래에는 부하 모델링을 위한 파라미터 산정을 위해 부하의 구성요소 비율을 이용하였는데, 이를 위해 전력 공급 회사의 전력 판매 데이터를 사용하였다.

[0006] 그러나 이러한 방법은, 부하 구성 성분 비율의 정확한 데이터 취득이 어렵고, 변화하는 부하 환경을 적절하게 반영하지 못하는 문제점이 있었다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0007] 본 발명은 상술한 종래의 문제점을 해결하기 위해 안출된 것으로서, 실제 취득되는 전력 계통의 데이터를 이용하여 변화하는 부하 환경을 효과적으로 반영할 수 있는 부하 모델을 산출하는 시스템, 및 방법을 제공하는 것을 목적으로 한다.

과제의 해결 수단

[0008] 상기 목적을 달성하기 위해 본 발명에 따른 전력 계통의 부하 모델 파라미터 산출 시스템은 시간 간격 설정부, 데이터 검출부, 및 파라미터 산출부를 포함한다.

[0009] 시간 간격 산출부는 전력 계통의 부하 모델링을 위한 ZIP 파라미터 산출에 필요한 데이터를 추출하기 위한 시간 간격을 설정하고, 데이터 검출부는 전력 계통으로부터 ZIP 파라미터 산출에 필요한 데이터를 검출하며, 파라미터 산출부는 연속되는 파라미터 산출 시점마다 파라미터 산출 시점 직전의 설정된 시간 간격 동안의 데이터를 이용해 ZIP 파라미터를 산출한다.

[0010] 이와 같은 구성으로, 실제 취득되는 전력 계통의 데이터를 이용하여 변화하는 부하 환경을 효과적으로 반영할 수 있는 부하 모델을 산출할 수 있게 된다.

[0011] 또한, 부하 모델 파라미터 산출 시스템은 데이터 변화량 판별부, 및 파라미터 출력부를 더 포함할 수 있다. 데이터 변화량 판별부는 설정된 시간 간격 동안의 데이터 변화량이 미리 설정된 범위를 벗어나는 지를 판별하고, 파라미터 출력부는 데이터 변화량이 미리 설정된 범위를 벗어나는 경우 산출된 ZIP 파라미터를 출력하고, 판별된 데이터 변화량이 설정된 미리 설정된 범위 내인 경우 직전 산출된 파라미터를 출력한다.

[0012] 이와 같은 구성으로, 측정된 데이터 변화량이 적어 유효한 파라미터의 산출이 어려운 경우에도 연속적인 파라미터 값을 얻을 수 있게 된다.

[0013] 이때, 각 파라미터 산출 시점에서 사용되는 데이터의 초기값은 각 파라미터의 산출에 사용되는 시간 간격에서의 초기값일 수 있다. 이와 같은 구성에 의해, 산출된 파라미터의 ZIP 구성비까지 실제값과 근사하도록 구현된다.

[0014] 아울러, 상기 시스템을 방법의 형태로 구현한 발명과 상기 방법을 실행시키기 위한 컴퓨터 판독 가능한 프로그램을 기록한 매체가 개시된다.

발명의 효과

[0015] 본 발명에 의하면, 실제 취득되는 전력 계통의 데이터를 이용하여 변화하는 부하 환경을 효과적으로 반영할 수 있는 부하 모델을 산출할 수 있게 된다.

[0016] 또한, 측정된 데이터 변화량이 적어 유효한 파라미터의 산출이 어려운 경우에도 연속적인 파라미터 값을 얻을 수 있게 된다.

도면의 간단한 설명

[0017] 도 1은 시뮬레이션(TSAT)된 데이터를 이용하여 ZIP 모델을 종래의 방법에 의하여 추정된 경우 특정 모션에서의 유효 전력을 도시한 그래프.

도 2는 시간에 따른 부하 변동량이 큰 전력 계통에서 실제 측정된 유효 전력과 종래의 방법에 의한 부하 모델링에 의해 산출된 유효 전력을 도시한 그래프.

도 3은 본 발명에 따른 전력 계통 부하 모델 파라미터 산출 시스템의 일 실시예의 개략적인 블록도.

도 4는 도 3의 시스템에서 파라미터 산출시의 초기값을 전체 검출 데이터의 초기값을 적용한 경우의 파라미터 산출 결과를 도시한 도면.

도 5는 도 3의 시스템에서 파라미터 산출시의 초기값을 각 설정 시간 영역의 초기값을 적용한 경우의 파라미터 산출 결과를 도시한 도면.

도 6은 파라미터 산출을 위해 데이터 창(Sliding Moving Window)을 이용하는 예가 도시된 도면.

7은 도 6의 예를 구현하기 위한 개략적인 흐름도.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0018] 이하, 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 바람직한 실시예를 설명한다.

[0019] 최근에는 PMU 등 실측 데이터 측정 장치의 보급이 확대됨에 따라 실측 계통 데이터를 바탕으로 부하모델을 산정하려는 시도가 늘어나고 있으며, 이 경우 계통 변화에 따른 부하 특성이 반영되는 장점이 있다.

[0020] 구체적으로 설명하면, 특정 모션에 사고가 발생했을 경우 ZIP 모델을 이용한 정적 부하모델의 파라미터를 파라미터 추정 기법인 최소제곱법을 이용하여 추정한다.

[0021] 정적 부하모델은 시간에 상관없이 부하 모션의 전압과 모션의 소비되는 전력과의 관계식을 수식으로

표현하는데, 특히 ZIP 모델은 유효전력 P 와 무효전력 Q 에 대하여,

$$P = P_0 \left[p_1 \left(\frac{V}{V_0} \right)^2 + p_2 \left(\frac{V}{V_0} \right)^1 + p_3 \right],$$

$$Q = Q_0 \left[q_1 \left(\frac{V}{V_0} \right)^2 + q_2 \left(\frac{V}{V_0} \right)^1 + q_3 \right]$$

의 식으로 주어진다.

[0022] 이때 p_1 과 q_1 은 정부하 부분 파라미터, p_2 와 q_2 는 정전류 부분 파라미터, p_3 와 q_3 은 정전력 부분 파라미터이며 이 파라미터들은 $V=V_0$: $p_1+p_2+p_3=1$, $q_1+q_2+q_3=1$ 의 관계를 가진다.

[0023] 이와 같은 일련의 부하 모델링은 계통 운영 이후에 취득되는 데이터를 이용하여 수행되며, 사고가 발생했을 시에 급격한 전압변동에 대해서만 파라미터 추정을 시행한다.

[0024] 도 1은 시뮬레이션(TSAT)된 데이터를 이용하여 종래의 방법에 의하여 ZIP 모델을 추정된 경우 특정 모션에서의 유효 전력을 도시한 그래프이다.

[0025] 도 1에서 측정된 유효 전력이 부하 모델링을 통해 산출된 유효 전력과 거의 일치하는 것을 확인할 수 있다. 그런데 이와 같은 부하 모델링은 시간에 따른 부하량 변동이 큰 경우의 전력 계통에 대해서는 제대로 적용되지 않는다.

[0026] 도 2는 시간에 따른 부하 변동량이 큰 전력 계통에서 실제 측정된 유효 전력과 종래의 방법에 의한 부하 모델링

에 의해 산출된 유효 전력을 도시한 그래프이다.

- [0027] 도 2에서 측정된 유효 전력이 변동하는 것에 비해 산출된 유효 전력은 부하 변동에 관계없이 일정한 값을 나타내는 것을 확인할 수 있다. 게다가, ZIP 구성비 또한, $p1+p2+p3=1$ 의 조건을 만족하지 않고 있는 것을 확인할 수 있다.
- [0028] 따라서 종래의 방법에 따르면, 운영 이후 특정 시간대의 부하 특성을 추적하는 것은 가능하지만 실시간으로 연속적인 부하 특성을 파악하여 모델링 하는 것은 불가능하다.
- [0029] 따라서 통계적인 방법, 혹은 공학적 판단에 의해 부하 모델에 필요한 파라미터들을 결정하게 되어 실제 부하의 특성과는 큰 오차를 가지는 값들로 파라미터들을 결정할 가능성이 있다.
- [0030] 이는 정적해석(steady-state analysis), 준동적해석(quasi-dynamic), 동적해석(dynamic analysis) 방법과 같이 부하 모델에 매우 의존적인 계통 해석 방법을 이용함에 있어 문제를 야기할 수 있다.
- [0031] 이러한 문제는 계통운영자가 잠재적인 비상상황을 예상하고 이에 대비한 제어 전략 및 대응 방안을 수립하는데 문제를 야기할 수 있게 된다.
- [0032] 도 3은 본 발명에 따른 전력 계통 부하 모델 파라미터 산출 시스템의 일 실시예의 개략적인 블록도이다.
- [0033] 도 3에서, 전력 계통의 부하 모델 파라미터 산출 시스템(100)은 시간 간격 설정부(110), 데이터 검출부(120), 파라미터 산출부(130), 데이터 변화량 판별부(140), 및 파라미터 출력부(150)를 포함한다.
- [0034] 시간 간격 산출부(110)는 전력 계통의 부하 모델링을 위한 ZIP 파라미터 산출에 필요한 데이터를 추출하기 위한 시간 간격을 설정한다. 이때 ZIP 파라미터 산출에 필요한 데이터는 유무효 전력과 전압이지만, 전압과 전류와 같이 유무효 전력과 전압으로 표현될 수 있는 어떠한 다른 형태의 데이터도 가능하다. 시간 간격의 설정은, 예를 들어 30분과 같은 방식으로, 시스템의 제조자 또는 사용자 등에 의해 미리 설정될 수 있다.
- [0035] 데이터 검출부(120)는 전력 계통으로부터 ZIP 파라미터 산출에 필요한 데이터를 검출한다. 이때, 데이터 검출부(120)는 PMU와 같은 실시간 데이터 측정장치로부터 데이터를 전달받는 형식으로 데이터를 검출할 수 있다.
- [0036] 파라미터 산출부(130)는 연속되는 파라미터 산출 시점마다 파라미터 산출 시점 직전의 설정된 시간 간격 동안의 데이터를 이용해 ZIP 파라미터를 산출한다(130).
- [0037] 다시 말해, 연속적인 파라미터 산출 시에 이용 가능한 이전 데이터를 모두 사용하는 것이 아니라 사용자 등에 의해 미리 설정된, 파라미터 산출 시점 직전의 시간 범위의 데이터만을 이용해서 파라미터 산출을 한다는 의미이다.
- [0038] 이때 미리 설정된 시간 범위는 파라미터 산출 시점과 함께 시간 축을 따라 그 폭을 유지하며 이동하기 때문에, 슬라이딩 윈도우(Sliding Moving Window)라고 호칭할 수 있다.
- [0039] 이때, 각 파라미터 산출 시점에서 사용되는 데이터의 초기값은 각 파라미터의 산출에 사용되는 시간 간격에서의 초기값일 수 있다. 즉, 검출된 데이터 전체에서의 초기값이 아니라 각 시간 범위에서의 초기값이 각 시간 범위에서의 파라미터 산출에 사용된다. 이러한 구성은 산출된 파라미터의 ZIP 구성비까지 적절해지도록 한다.
- [0040] 도 4는 도 3의 시스템에서 파라미터 산출시의 초기값을 전체 검출 데이터의 초기값을 적용한 경우의 파라미터 산출 결과를 도시한 도면이고, 도 5는 각 설정 시간 영역의 초기값을 적용한 경우의 파라미터 산출 결과를 도시한 도면이다.
- [0041] 도 4와 5에서 확인할 수 있는 바와 같이, 두 경우 모두에서 유효 전력은 산출값과 측정값이 차이가 작아 산출된 파라미터가 유효하다고 인정될 수 있다. 하지만, 도 4에서는 파라미터의 ZIP 구성비의 합이 1을 만족하지 않아 산출된 파라미터가 유효하다고 인정될 수 없는 반면에, 도 5에서는 1 근처에 위치하므로 유효하다고 인정될 수 있다.
- [0042] 이와 같은 구성으로, 실제 취득되는 전력 계통의 데이터를 이용하여 변화하는 부하 환경을 효과적으로 반영할 수 있는 부하 모델을 산출할 수 있게 된다.
- [0043] 한편, 전력 계통으로부터 획득된 데이터를 이용하여 ZIP 파라미터를 산출하는 내용은 이미 공지된 내용이므로 본 명세서에서는 자세한 설명을 생략한다.
- [0044] 데이터 변화량 판별부(140)는 설정된 시간 간격 동안의 데이터 변화량이 미리 설정된 범위를 벗어나는 지를 판

별한다. 미리 설정된 범위는 유효한 파라미터 추정을 위해 시스템 제조자나 사용자 등에 의해 미리 설정된 범위로서, 예를 들어 미리 설정된 정상범위에서 10% 범위와 같은 방식으로 설정될 수 있다.

- [0045] 파라미터 출력부(150)는 데이터 변화량이 미리 설정된 범위를 벗어나는 경우 산출된 ZIP 파라미터를 출력하고, 판별된 데이터 변화량이 설정된 미리 설정된 범위 내인 경우 직전 산출된 파라미터를 출력한다.
- [0046] 이와 같은 구성으로, 측정된 데이터 변화량이 적어 유효한 파라미터의 산출이 어려운 경우에도 연속적인 파라미터 값을 얻을 수 있게 된다.
- [0047] 이와 같은 본 발명의 시스템의 구성 요소들은 하드웨어적으로 구현될 수 있음은 물론 소프트웨어적으로 구현되어 범용 하드웨어와 함께 사용될 수도 있다.
- [0048] 도 6은 파라미터 산출을 위해 데이터 창(Sliding Moving Window)을 이용하는 예가 도시된 도면이다.
- [0049] 도 6에서와 같이 구간별로 데이터를 나눠가며 파라미터 추정기법을 적용하여 실시간으로 변화하는 부하의 응답 특성을 반영하는 정적 부하모델의 파라미터를 산정하도록 한다.
- [0050] 실시간 부하 모델링을 위해서 먼저, 슬라이딩 윈도우 안의 데이터들을 수집해 그 변화량이 정상상태의 10퍼센트 이상 되는지 검토한다. 이 조건을 만족하면 그 데이터들은 파라미터 산정 알고리즘에 적용되고, 만약 검토 조건을 만족하지 않으면, 이전 단계의 파라미터가 그대로 유지된다. 이에 대한 알고리즘은 도 7과 같다. 7은 도 6의 예를 구현하기 위한 개략적인 흐름도이다.
- [0051] 본 발명에서는, PMU(Phasor Measurement Unit)을 이용하여 실시간 주파수, 전압의 실효치, 전압의 위상각, 전송되는 유효전력, 전송되는 무효전력의 데이터를 취득하여 부하 모델의 파라미터를 추정한다.
- [0052] 실시간 온라인 부하 모델링을 적용하기 위해서는 실시간으로 측정되는 데이터 중 일부 데이터를 이용하여 현 시점에서의 부하 특성을 정의해야 한다. 따라서 유효한 데이터를 필터링하고, 일정 크기의 데이터 창(Sliding Moving Window)을 정하여 시간에 따라 움직이면서 측정기반의 부하 모델링 작업을 수행한다.
- [0053] 기존의 ZIP 모델에 부하량(Load Demand, Z)파라미터 Z를 추가하여 실시간으로 들어오는 새로운 데이터를 반영하여,

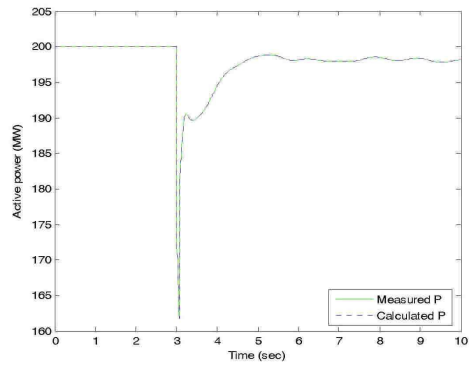
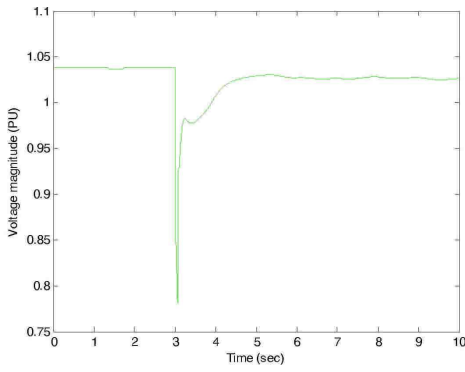
$$P = Z \times P_0 \times \left[p_1 \left(\frac{V}{V_0} \right)^2 + p_2 \left(\frac{V}{V_0} \right)^1 + p_3 \right], \quad Q = Z \times Q_0 \times \left[q_1 \left(\frac{V}{V_0} \right)^2 + q_2 \left(\frac{V}{V_0} \right)^1 + q_3 \right]$$
 와 같은 식으로 표현하여 실시간으로 정적 부하모델 파라미터를 추정한다. 이때, P_0 는 전체 데이터 초기값을 의미하며, $Z \times P_0$ 는 각 슬라이딩 윈도우의 초기값을 의미한다.
- [0054] 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

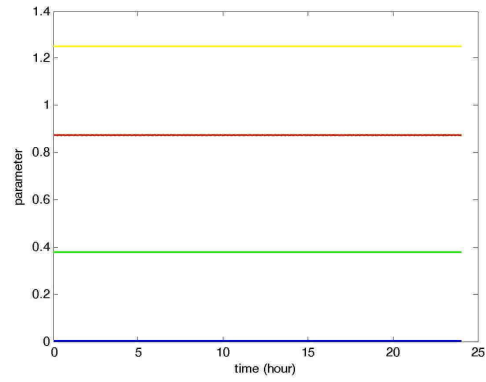
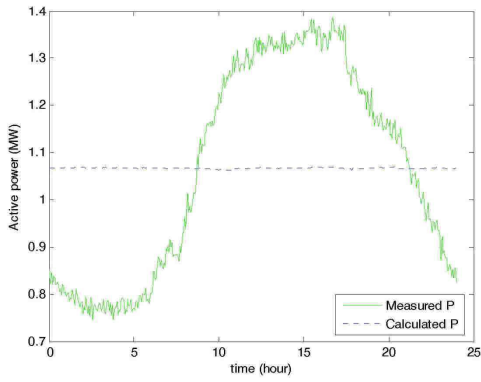
- [0055] 100: 전력 계통 부하 모델 파라미터 산출 시스템
 110: 시간 간격 설정부
 120: 데이터 검출부
 130: 파라미터 산출부
 140: 데이터 변화량 판별부
 150: 파라미터 출력부

도면

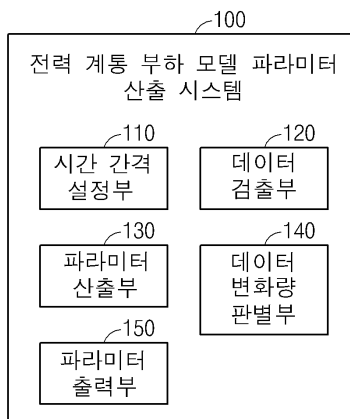
도면1



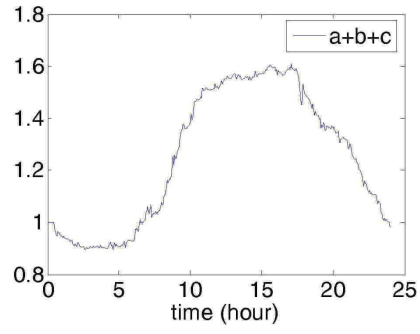
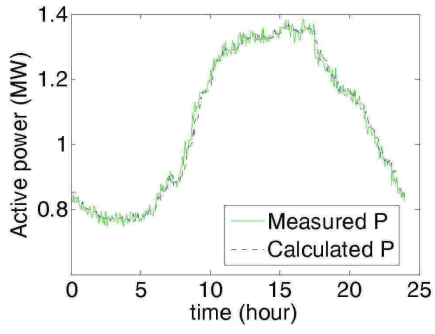
도면2



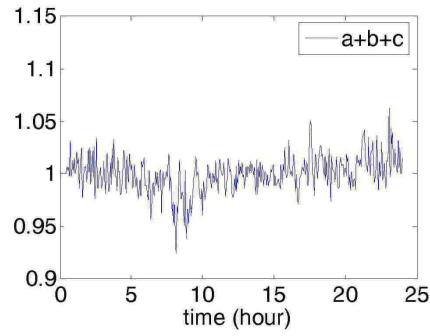
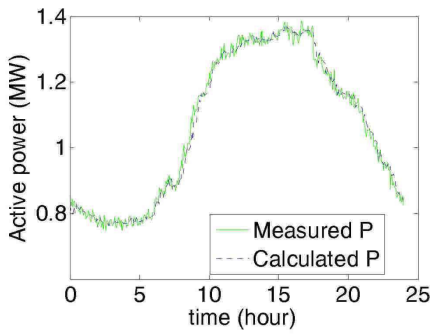
도면3



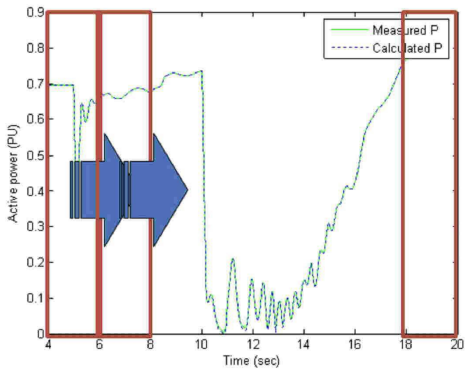
도면4



도면5



도면6



도면7

