(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2010-0053410
(43) 공개일자 2010년05월20일

(51) Int. Cl.
G06F 17/50 (2006.01) *G06F 17/13* (2006.01)
(21) 출원번호 10-2009-0022772
(22) 출원일자 2009년03월17일
심사청구일자 2009년03월17일
(30) 우선권주장
1020080111835 2008년11월11일 대한민국(KR)

(71) 출원인
고려대학교 산학협력단
서울 성북구 안암동5가1 고려대학교 내
(72) 발명자
허훈
서울 종로구 부암동 208-24번지
양인범
충청남도 천안시 풍세면 용정리 74 자동차부품연구원
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
특허법인충현

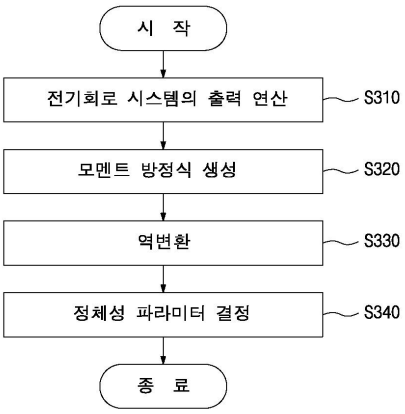
전체 청구항 수 : 총 11 항

(54) 전기회로 시스템에서 정체성 파라미터 추출방법 및 등가 회로 판단 방법

(57) 요 약

전기회로 시스템에서 정체성 파라미터 추출방법 및 등가 회로 판단 방법이 개시된다. 본 발명의 일 실시 예에 따른 전기회로 시스템에서 정체성 파라미터 추출방법은 규명하고자 하는 회로 시스템의 상미분 방정식의 노이즈 인가에 따른 출력인 전류값을 연산하는 단계; 상기 연산된 전류값으로부터 상기 회로 시스템의 모멘트 방정식을 산출하고, 상기 산출된 모멘트 방정식을 역 변환하여 상기 회로 시스템의 후보 정체성 파라미터를 추출하는 단계; 및 상기 회로 시스템의 상미분 방정식에 서로 다른 노이즈를 인가하여 상기 후보 정체성 파라미터가 동일하게 유지되는 경우, 상기 후보 정체성 파라미터를 등가회로 구성을 위한 정체성 파라미터로 결정하는 단계를 포함한다. 본 발명의 실시 예들에 의하면, 회로 시스템에 대해 출력 정보만으로도 파라미터 값을 추출할 수 있고, 추출된 파라미터 값을 이용하여 용이하게 등가회로를 구성할 수 있다.

대 표 도 - 도3



(72) 발명자

박성만

울산광역시 남구 신정5동 155-16번지 대호아트빌라 402호

김진환

서울특별시 양천구 신월4동 543-10 안성주택 202호

권오신

경기도 오산시 원동 826-1
원동푸르지오아파트112-102

이희재

경기도 수원시 장안구 파장동 573-41 2/1

박지모

서울특별시 노원구 상계4동 111-213 보람빌라 302호

나상건

서울특별시 양천구 목1동 406-142 3층

김고은

경기도 과천시 과천동 127번지

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	2006ETR11P1530402007
부처명	에너지관리공단
연구사업명	에너지자원기술개발사업
연구과제명	2차년도 전류센서의 잡음 저감을 위한 회로 설계
주관기관	자동차부품연구원
연구기간	2007년 10월 26일 ~ 2008년 10월 25일

특허청구의 범위

청구항 1

컴퓨터 상에서 상미분 방정식으로 모델링된 시스템의 고유 파라미터를 추출하는 방법에 있어서,

규명하고자 하는 회로 시스템의 상미분 방정식의 노이즈 인가에 따른 출력인 전류값을 연산하는 단계;

상기 연산된 전류값으로부터 상기 회로 시스템의 모멘트 방정식을 산출하고, 상기 산출된 모멘트 방정식을 역변환하여 상기 회로 시스템의 후보 정체성 파라미터를 추출하는 단계; 및

상기 회로 시스템의 상미분 방정식에 서로 다른 노이즈를 인가하여 상기 후보 정체성 파라미터가 동일하게 유지되는 경우, 상기 후보 정체성 파라미터를 등가회로 구성을 위한 정체성 파라미터로 결정하는 단계

를 포함하는, 전기회로 시스템에서 정체성 파라미터 추출방법.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 후보 정체성 파라미터가 동일하게 유지되는지 판단하는 단계는,

상기 회로 시스템의 상미분 방정식에 일정한 노이즈의 크기를 달리하여 인가하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는, 전기회로 시스템에서 정체성 파라미터 추출방법.

청구항 3

제 1 항에 있어서,

상기 후보 정체성 파라미터가 동일하게 유지되는지 판단하는 단계는,

상기 서로 다른 노이즈에 따라 추출되는 후보 정체성 파라미터가 시간의 변화에 따라 일정한 값으로 수렴되는지 판단하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는, 전기회로 시스템에서 정체성 파라미터 추출방법.

청구항 4

제 1 항에 있어서,

상기 후보 정체성 파라미터가 동일하게 유지되는지 판단하는 단계는,

상기 서로 다른 노이즈에 따라 추출되는 후보 정체성 파라미터가 이전에 추출된 후보 정체성 파라미터와 동일한지 판단하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는, 전기회로 시스템에서 정체성 파라미터 추출방법.

청구항 5

제 1 항에 있어서,

상기 회로 시스템은,

페루프 전류센서 시스템인 것을 특징으로 하는, 전기회로 시스템에서 정체성 파라미터 추출방법.

청구항 6

컴퓨터 상에서 상미분 방정식으로 모델링된 시스템의 등가 회로 여부를 판단하는 방법에 있어서,

규명하고자 하는 회로 시스템의 상미분 방정식의 노이즈 인가에 따른 출력인 전류값을 연산하는 단계;

성가 연산된 전류값으로부터 상기 회로 시스템의 모멘트 방정식을 산출하고, 상기 산출된 모멘트 방정식을 역변환하여 상기 회로 시스템의 후보 정체성 파라미터를 추출하는 단계;

상기 회로 시스템의 상미분 방정식에 서로 다른 노이즈를 인가하여 상기 후보 정체성 파라미터가 동일하게 유지되는 경우, 상기 후보 정체성 파라미터를 등가회로 구성을 위한 제1 정체성 파라미터로 결정하는 단계;

후보 등가 회로에 대한 상미분 방정식을 입력받는 단계;

상기 후보 등가 회로에 대한 상미분 방정식의 제2 정체성 파라미터를 추출하는 단계; 및

상기 제2 정체성 파라미터가 상기 제1 정체성 파라미터와 동일한 경우, 상기 후보 등가 회로를 상기 회로 시스템의 등가 회로로 결정하는 단계

를 포함하는, 전기회로 시스템의 등가 회로 판단 방법.

청구항 7

제 6 항에 있어서,

상기 후보 정체성 파라미터가 동일하게 유지되는지 판단하는 단계는,

상기 서로 다른 노이즈에 따라 추출되는 후보 정체성 파라미터가 시간의 변화에 따라 일정한 값으로 수렴되는지 판단하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는, 전기회로 시스템의 등가 회로 판단 방법.

청구항 8

제 6 항에 있어서,

상기 후보 정체성 파라미터가 동일하게 유지되는지 판단하는 단계는,

상기 서로 다른 노이즈에 따라 추출되는 후보 정체성 파라미터가 이전에 추출된 후보 정체성 파라미터와 동일한지 판단하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는, 전기회로 시스템의 등가 회로 판단 방법.

청구항 9

제 6 항에 있어서,

상기 회로 시스템은,

페루프 전류센서 시스템인 것을 특징으로 하는, 전기회로 시스템의 등가 회로 판단 방법.

청구항 10

제 9 항에 있어서,

상기 후보 등가 회로는,

상기 페루프 전류센서 시스템에서 투자율, 1차측 코일의 권선수, 2차측 코일의 권선수, 코어의 단면적, 게인, 2차측 코일의 내부 저항, 2차측 저항, 또는 코어의 길이 중 적어도 하나를 변경하여 구성된 회로인 것을 특징으로 하는, 전기회로 시스템의 등가 회로 판단 방법.

청구항 11

제 1 항 내지 제 10 항 중 어느 한 항에 따른 스케일러블 피투피 스트림 수신 방법을 컴퓨터 시스템에서 실행하기 위한 프로그램이 기록된 컴퓨터 시스템이 판독할 수 있는 기록매체.

명 세 서

발명의 상세한 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 불규칙한 교란에 노출된 시스템에 대한 시스템 규명 기법에 관한 것으로, 특히, 회로 시스템의 시스템 파라미터 추출과 등가회로의 구성에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 종래에는 시간영역에서 입력 데이터 및 출력 데이터로부터 두 데이터의 상관 관계를 이용하여 시스템을 규명하였다. 즉, 실 물리영역에서 시스템에 결정적인(Deterministic) 입력과 출력의 상관관계를 이용하여 시스템 파라미터(System parameter)를 구하였다. 그러나 미지의 시스템이 불규칙한(In-deterministic) 교란으로 인한 랜덤(Random)한 출력만을 나타내고 있을 때, 즉 시스템이 미지의 불규칙한 외란에 노출되거나 시스템의 랜덤한 출력

만이 알려져 있는 경우에는 기존의 방법으로는 시스템 규명을 할 수 없었다.

[0003] 도 1은 종래의 시스템 규명 개념을 블록도로 도시한 것이다.

[0004] 도 1을 참조하면, 실 물리 영역에서의 종래의 시스템 규명 방법은 시스템의 결정적 입력과 출력 및 이들 사이의 상관관계를 파악하여 시스템 파라미터를 추출한다. 이 때문에 시간 지연이 발생하며, 입력이나 출력이 불규칙할 경우에는 적용할 수 없는 한계가 있다. 이러한 불규칙한 외란이 시스템에 작용한다면 실 물리영역에서 시스템을 해석하는 것보다는 확률영역에서 해석하는 것이 더 용이하고 효율적이다.

[0005] 현재까지의 개발된 시스템 규명 방법은 시스템 파라미터를 구하기 위하여 일반적으로 시스템의 입/출력의 상관관계를 사용하여 시간과 물리영역에서 규명하는 방법이다.

[0006] 따라서, 종래에는 시스템의 출력만을 이용하여 시스템을 규명할 수 없었다. 또한, 회로 시스템에서의 시스템을 확률 영역에서 규명할 수 없었고, 또한, 시스템 규명 기법을 통해서 시스템의 파라미터를 추출하더라도 이 파라미터를 이용한 등가회로를 구성할 수 없었다.

발명의 내용

해결 하고자하는 과제

[0007] 따라서, 본 발명이 이루고자 하는 첫 번째 기술적 과제는 회로 시스템에 대해 확률적인 시스템 규명을 수행하고, 불규칙한 노이즈에 노출된 회로 시스템의 파라미터 추출할 수 있는 전기회로 시스템에서 정체성 파라미터 추출방법을 제공하는 데 있다.

[0008] 본 발명이 이루고자 하는 두 번째 기술적 과제는 상기 시스템 규명 기법을 통하여 파라미터를 변화시켜도 기존의 회로 시스템과 동일한 성능을 갖는 등가회로 시스템을 구현할 수 있는 전기회로 시스템의 등가 회로 판단 방법을 제공하는 데 있다.

과제 해결수단

[0009] 상기의 첫 번째 기술적 과제를 이루기 위하여, 본 발명의 일 실시 예에 따른 전기회로 시스템에서 정체성 파라미터 추출방법은 규명하고자 하는 회로 시스템의 상미분 방정식의 노이즈 인가에 따른 출력인 전류값을 연산하는 단계; 상기 연산된 전류값으로부터 상기 회로 시스템의 모멘트 방정식을 산출하고, 상기 산출된 모멘트 방정식을 역 변환하여 상기 회로 시스템의 후보 정체성 파라미터를 추출하는 단계; 및 상기 회로 시스템의 상미분 방정식에 서로 다른 노이즈를 인가하여 상기 후보 정체성 파라미터가 동일하게 유지되는 경우, 상기 후보 정체성 파라미터를 등가회로 구성을 위한 정체성 파라미터로 결정하는 단계를 포함한다.

[0010] 바람직하게는, 상기 후보 정체성 파라미터가 동일하게 유지되는지 판단하는 단계는, 상기 회로 시스템의 상미분 방정식에 일정한 노이즈의 크기를 달리하여 인가하는 단계를 포함할 수 있다.

[0011] 바람직하게는, 상기 후보 정체성 파라미터가 동일하게 유지되는지 판단하는 단계는, 상기 서로 다른 노이즈에 따라 추출되는 후보 정체성 파라미터가 시간의 변화에 따라 일정한 값으로 수렴되는지 판단하는 단계를 포함할 수 있다.

[0012] 바람직하게는, 상기 후보 정체성 파라미터가 동일하게 유지되는지 판단하는 단계는, 상기 서로 다른 노이즈에 따라 추출되는 후보 정체성 파라미터가 이전에 추출된 후보 정체성 파라미터와 동일한지 판단하는 단계를 포함할 수 있다.

[0013] 바람직하게는, 상기 회로 시스템은, 페루프 전류센서 시스템일 수 있다.

[0014] 상기의 두 번째 기술적 과제를 이루기 위하여, 본 발명의 일 실시 예에 따른 전기회로 시스템의 등가 회로 판단 방법은 규명하고자 하는 회로 시스템의 상미분 방정식의 노이즈 인가에 따른 출력인 전류값을 연산하는 단계; 성가 연산된 전류값으로부터 상기 회로 시스템의 모멘트 방정식을 산출하고, 상기 산출된 모멘트 방정식을 역 변환하여 상기 회로 시스템의 후보 정체성 파라미터를 추출하는 단계; 상기 회로 시스템의 상미분 방정식에 서로 다른 노이즈를 인가하여 상기 후보 정체성 파라미터가 동일하게 유지되는 경우, 상기 후보 정체성 파라미터를 등가회로 구성을 위한 제1 정체성 파라미터로 결정하는 단계; 후보 등가 회로에 대한 상미분 방정식을 입력받는 단계; 상기 후보 등가 회로에 대한 상미분 방정식의 제2 정체성 파라미터를 추출하는 단계; 및 상기 제2 정체성 파라미터가 상기 제1 정체성 파라미터와 동일한 경우, 상기 후보 등가 회로를 상기 회로 시스템의 등가

회로로 결정하는 단계를 포함한다.

[0015] 바람직하게는, 상기 후보 정체성 파라미터가 동일하게 유지되는지 판단하는 단계는, 상기 서로 다른 노이즈에 따라 추출되는 후보 정체성 파라미터가 시간의 변화에 따라 일정한 값으로 수렴되는지 판단하는 단계를 포함할 수 있다.

[0016] 바람직하게는, 상기 후보 정체성 파라미터가 동일하게 유지되는지 판단하는 단계는, 상기 서로 다른 노이즈에 따라 추출되는 후보 정체성 파라미터가 이전에 추출된 후보 정체성 파라미터와 동일한지 판단하는 단계를 포함할 수 있다.

[0017] 바람직하게는, 상기 회로 시스템은, 페루프 전류센서 시스템일 수 있다. 여기서, 상기 후보 등가 회로는, 상기 페루프 전류센서 시스템에서 투자율, 1차측 코일의 권선수, 2차측 코일의 권선수, 코어의 단면적, 게인, 2차측 코일의 내부 저항, 2차측 저항, 또는 코어의 길이 중 적어도 하나를 변경하여 구성된 회로일 수 있다.

효 과

[0018] 본 발명의 실시 예들에 의하면, 회로 시스템에 대해 출력 정보만으로도 파라미터 값을 추출할 수 있고, 추출된 파라미터 값을 이용하여 용이하게 등가회로를 구성할 수 있다.

발명의 실시를 위한 구체적인 내용

[0019] 이하에서는 도면을 참조하여 본 발명의 바람직한 실시 예를 설명하기로 한다. 그러나, 다음에 예시하는 본 발명의 실시 예는 여러 가지 다른 형태로 변형될 수 있으며, 본 발명의 범위가 다음에 상술하는 실시 예에 한정되는 것은 아니다.

[0020] 도 2는 확률영역(Stochastic Domain)에서의 시스템 규명 방법의 개념도이다.

[0021] 도 2에서는 확률영역에서 시스템의 출력만을 가지고 시스템 규명(System Identification)을 수행한다. 본 발명의 일 실시 예에 따른 정체성 파라미터 (identity parameter) 추출 방법은 시간 영역의 물리 응답을 F-P-K (Fokker-Planck-Kolmogorov) 방법을 사용하여 확률 영역의 모멘트 응답으로 변환하는 과정을 포함한다. 정체성 파라미터를 비롯한 시스템 파라미터는 모멘트 응답 또는 모멘트 방정식으로부터 추출된다.

[0022] 이하에서는 실 물리영역에서 확률영역으로 시간영역의 상태방정식을 변환하는 과정을 F-P-K 방정식을 이용하여 설명한다.

[0023] 먼저, 마코프(Markov) 과정을 설명하기로 한다. 연속 랜덤 과정의 어떤 순간에서의 양태가 그 전 과정의 부가적인 정보에 의해 변화되지 않을 때 그 과정을 마코프 과정(Markov process) 혹은 확산 과정(diffusion process)이라 한다. 연속 마코프 과정은 하기의 수학식 1에 따른 조건 확률밀도 함수의 형식으로 기술된다.

수학식 1

[0024] $$p(X_{n+1}|X_n, X_{n-1}, \ldots, X_0) = p(X_{n+1}|X_n)$$

[0025] 여기서 일차 확률밀도 $p(X_{n+1})$는 그에 따르는 조인트 확률 $p(X_{n+1}, X_n)$로부터 구할 수 있다. 이는 하기의 수학식 2로 표현될 수 있다.

수학식 2

[0026] $$p(X_{n+1}) = \int_{-\infty}^{+\infty} p(X_{n+1}, X_n) dX_n$$

[0027] 수학식 3을 참조하면 조인트(joint) 확률 역시 비슷한 관계에 의해 얻어진다

수학식 3

[0028] $$p(X_{n+1}, X_{n-1}) = \int_{-\infty}^{+\infty} p(X_{n+1}, X_n, X_{n-1}) dX_n$$

[0029] 만약 X(t)가 마코프 과정이라면 3차 조인트 확률은 하기의 수학식 4와 같이 표현될 수 있다.

수학식 4

[0030] $$p(X_{n+1}, X_n, X_{n-1}) = p(X_{n+1}|X_n)p(X_n|X_{n-1})p(X_{n-1})$$

[0031] 만약 X(t)가 마코프 과정이라면 3차 조인트 확률은 하기의 수학식 5와 같다.

수학식 5

[0032] $$p(X_{n+1}, X_n, X_{n-1}) = p(X_{n+1}|X_n)p(X_n|X_{n-1})p(X_{n-1})$$

[0033] 여기서, 상기 수학식 5를 수학식 4에 대입하면 하기의 수학식 6을 얻을 수 있다.

수학식 6

[0034] $$p(X_{n+1}|X_{n-1}) = \int_{-\infty}^{+\infty} p(X_{n+1}|X_n)p(X_n|X_{n-1})dX_n$$

[0035] 이러한 관계는 마코프 과정의 전이확률밀도 함수를 지배하는 적분방정식이고, 이로부터 F-P-K 방정식을 유도할 수 있다.

[0036] 다음으로, F-P-K 방정식을 설명하기로 한다. 마코프 과정의 전이확률밀도함수를 지배하는 적분방정식의 해는 Fokker-Planck, 그리고 Kolmogorov에 의해 각각 독립적으로 구해진 편미분방정식을 푸는 것으로 얻을 수 있다.

[0037] 상기 F-P-K 방정식은 전이 확률의 시간 미분이 미래의 시간에 대해 얻어지느냐 혹은 과거 시간에 대해 얻어지느냐에 따라 전파(forward) 방정식과 역전파(backward) 방정식의 두 가지 형태를 갖는다.

[0038] 다차원 과정에 대해 전파(forward) 방정식은 하기의 수학식 7의 형태로 기술된다. 여기서 p(X,t)는 전이확률($p\{X(t_{n-1}) \mid X(t_n)\}$)이고, $a_i(X,t)$는 시간 t에서의 i번째 상태(state)의 부유(drift)계수를 의미하며, $b_{ij}(X,t)$는 시간 t에서의 i 번째와 j 번째 상태의 연계된 확산(diffusion) 계수를 의미한다.

수학식 7

[0039] $$\frac{\partial}{\partial t}p(\boldsymbol{X},t) = -\sum_{i=1}^{n}\frac{\partial}{\partial X_i}\{a_i(\boldsymbol{X},t)p(\boldsymbol{X},t)\} + \frac{1}{2}\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{n}\frac{\partial^2}{\partial X_i \partial X_j}\{b_{ij}(\boldsymbol{X},t)p(\boldsymbol{X},t)\}$$

[0040] 이 때의 초기 조건과 경계 조건은 하기의 수학식 8과 같다.

수학식 8

[0041] $$\lim_{t \to t_0} p(\boldsymbol{X}|X_0) = \delta(\boldsymbol{X} - X_0)$$
$$p(\infty, t) = p(-\infty, t) = 0$$

[0042] 한편, 하기의 수학식 9는 역전파(backward) F-P-K 방정식을 도시한 것이다.

수학식 9

[0043] $$\frac{\partial}{\partial t}p(\boldsymbol{X},t) = -\sum_{i=1}^{n}a_i(\boldsymbol{X},t)\frac{\partial}{\partial X_i}p(\boldsymbol{X},t) + \frac{1}{2}\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{n}b_{ij}(\boldsymbol{X},t)\frac{\partial^2}{\partial X_i \partial X_j}p(\boldsymbol{X},t)$$

[0044] 마찬가지로, 상기 수학식 9의 계수 $a_i(X,t)$는 시간 t에서의 i번째 상태(state)의 부유(drift)계수를 의미하며, $b_{ij}(X,t)$는 시간 t에서의 i 번째와 j 번째 상태의 연계된 확산(diffusion) 계수를 의미한다.

[0045] 한편, 모든 극한이 존재한다는 가정 하에 $a_i(X,t)$와 $b_{ij}(X,t)$는 하기의 수학식 10과 같이 정의된다.

수학식 10

$$a_i(\boldsymbol{X},t) = \lim_{\Delta t \to 0} \frac{1}{\Delta t} E[x_i(t+\Delta t) - x_i(t)]$$

$$b_{ij}(\boldsymbol{X},t) = \lim_{\Delta t \to 0} \frac{1}{\Delta t} E[\{x_i(t+\Delta t) - x_i(t)\}\{x_j(t+\Delta t) - x_j(t)\}]$$

[0046]

[0047] 일반적으로 마코프 과정으로 구성되어있는 확률미분 방정식은 하기의 수학식 11과 같다. 하기의 수학식 11에서 $G_{ij}(X,t)$는 i 번째 상태(state)에서 j 번째 브라운 운동에 따른 시간 영역에서의 상수 계수 매트릭스 요소(Constant coefficient matrix element)를 의미하고, $B_j(t)$는 시간영역에 있어서 j 번째 브라운 운동을 의미한다.

수학식 11

$$dX_i(t) = f_i(\boldsymbol{X},t)dt + \sum_{j=1}^{m} G_{ij}(\boldsymbol{X},t)dB_j(t), \qquad i=1,2,\cdots,n$$

[0048]

[0049] 상기 수학식 11의 해는 하기의 수학식 12와 같은 F-P-K 방정식에 의해 지배되는 전이확률밀도 함수로부터 구할 수 있다.

수학식 12

$$\frac{\partial}{\partial t} p(\boldsymbol{X},t) = -\sum_{i=1}^{n} \frac{\partial}{\partial X_i}\{p(\boldsymbol{X},t) f_i(\boldsymbol{X},t)\} + \frac{1}{2}\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{m} \frac{\partial^2}{\partial X_i \partial X_j}\{p(\boldsymbol{X},t)(\boldsymbol{G}\boldsymbol{Q}\boldsymbol{G}^T)_{ij}\}$$

[0050]

[0051] 여기서 가중치 Q는 하기의 수학식 13과 같다. 한편, $B(t)$는 시간영역에 있어서 브라운 운동에 따른 운동거리 벡터를 의미한다.

수학식 13

$$\boldsymbol{Q}dt = E[d\boldsymbol{B}(t)d\boldsymbol{B}^T(t)]$$

[0052]

[0053] 랜덤과정이 가우시안 백색잡음(Gaussian white noise)일 경우에만 F-P-K 방정식의 두 가지 형태가 이용될 수 있다. 이들 방정식의 해는 시스템 응답의 확률적 거동을 나타낸다. 그러나 확률 시스템에 대한 F-P-K 방정식의 해석적인 해를 유도하는 것이 불가능함이 밝혀지고 F-P-K 방정식의 해를 구하는 대신 응답 모멘트에 관한 미분방정식을 얻어 그 응답 모멘트를 이용하는 것이 바람직하다. 이는 F-P-K 방정식에 소정의 스칼라(scalar)함수 Φ(X)를 양면에 곱해 적분하는 것을 그 기본 개념으로 한다.

[0054] 다음은 동적 모멘트 방정식을 설명하기로 한다.

[0055] 소정의 스칼라함수 Φ(X)를 하기의 수학식 14와 같이 정의한다.

수학식 14

$$\Phi(\boldsymbol{X}) = X_1^{k_1} X_2^{k_2} \cdots X_n^{k_n} = \prod_{i=1}^{n} X_i^{k_i}$$

[0056]

[0057] 이 때 k_i는 상태 X_i에 대한 모멘트의 차수이고, 모멘트는 하기의 수학식 15의 관계를 만족한다.

수학식 15

$$m_{k1,k2,\cdots,kn} = E[\Phi(X)]$$

$$= \int \cdots \int_{-\infty}^{+\infty} \Phi(X)\, p(X,t)\, dX_1\, dX_2 \cdots dX_n$$

[0058]

[0059] 동적모멘트 응답의 미분방정식은 그 시스템의 F-P-K 방정식의 양변에 Φ(X)을 곱한 후 전체 영역 $-\infty < X < \infty$에서 부분적분을 통해 얻을 수 있다. 이는, 하기의 수학식 16과 같다.

수학식 16

$$\dot{m}_{k1,k2,\cdots,kn} = \int \cdots \int_{\infty}^{+\infty} \Phi(X) \frac{\partial p(X,t)}{\partial t}\, dX_1 dX_2 \cdots dX_n$$

$$- \int \cdots \int_{-\infty}^{+\infty} \Phi(X) \sum_{i=1}^{n} \frac{\partial}{\partial X_i} \{p(X,t) f_i(X,t)\} dX_1 dX_2 \cdots dX_n$$

$$+ \frac{1}{2} \int \cdots \int_{-\infty}^{+\infty} \Phi(X) \sum_{i=1}^{n} \sum_{j=1}^{n} \frac{\partial^2}{\partial X_i \partial X_j} \{p(X,t)(GQG^T)\} dX_1 dX_2 \cdots dX_n$$

[0060]

[0061] 일반적으로, 이러한 접근방법은 백색잡음 가진을 받는 동적 시스템의 응답 모멘트를 결정하는 데 사용된다.

[0062] 본 발명의 일 실시 예에 따른 정체성 파라미터 추출 방법은 회로 시스템의 출력만을 이용하여 확률영역에서의 시스템 규명 기법을 사용한다. 회로 시스템의 파라미터 추출을 통하여 파라미터를 변화시켜도 기존 시스템과 같은 성능을 나타내는 등가회로 구성이 가능하다.

[0063] 본 발명의 일 실시 예에 따른 정체성 파라미터 추출 방법은 랜덤한 노이즈에 내부에서나 외부에서 혹은 상교적(interactive)으로 노출된 회로 시스템에 대하여 2차 선형 상미분 방정식으로 모델링을 한 후, 확률론적 시스템 규명방법을 사용하여 정체성 파라미터(identity parameter) α를 정의한다. 이를 통해, 시스템을 구성하는 여러 가지 파라미터의 정량적인 값은 다르지만 동일한 시스템출력특성과 성능특성을 나타낼 수 있는 시스템을 구성할 수 있다.

[0064] 도 3은 본 발명의 일 실시 예에 따른 전기회로 시스템에서 정체성 파라미터 추출방법의 흐름도이다.

[0065] 사전 작업으로, 전기 회로 시스템의 모델링하여 방정식을 도출한다. 예를 들어, 페루프 전류센서 시스템을 모델링하여 상미분방정식을 도출할 수 있다.

[0066] 그리고나서, 상미분방정식으로 구성된 회로시스템에 노이즈를 인가하고, 노이즈가 인가된 회로 시스템의 출력을 구한다(S310).

[0067] 다음, 상술한 확률시스템 규명방법을 적용한다. 규명하고자 하는 시스템에 대한 시간영역에서의 지배방정식을 2차 상미분 방정식의 형태로 구하며 이는 상태 방정식(state equation)으로 나타낼 수 있다. 시간영역에서 구한 상기 지배 방정식에 대해 확률해석을 하여 상기 2차 모멘트 응답 시스템 구축한다(S320).

[0068] 보다 구체적으로, 미지의 파라미터를 갖는 시스템을 F-P-K(Fokker-Planck- Kolmogorov) 방정식을 사용하여 상기 2차 선형시스템의 확률 모멘트 응답을 구한다. 상기 확률영역에서의 정상 응답 2차 모멘트는 하기의 수학식 17과 같이 표현될 수 있다.

수학식 17

[0069]
$$\begin{bmatrix} \dot{m}_{11} \\ \dot{m}_{20} \\ \dot{m}_{02} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -2\zeta\omega_n & -\omega_n^2 & 1 \\ 2 & 0 & 0 \\ -2\omega_n^2 & 0 & -4\zeta\omega_n \end{bmatrix} \begin{bmatrix} m_{11} \\ m_{20} \\ m_{02} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 \\ D_z \\ 0 \end{bmatrix}$$

[0070] 여기서, ω_n 은 고유진동수를 나타내고, ζ 는 감쇄비를 나타내고, D_z는 인가된 입력외란의 PSD (Power Spectrum Density)이고, m_{11}, m_{20}, m_{02}는 실시간 2차 모멘트를 나타내고, $\dot{m}_{11}, \dot{m}_{20}, \dot{m}_{02}$는 2차 모멘트의 실시간 응답을 나타낸다.

[0071] 예를 들어, 페루프 전류센서시스템은 노이즈가 포함된 전류를 측정하게 되면 정상적(Stationary)인 랜덤출력($m_{ij}, \dot{m}_{ij}$)이 나타나게 된다.

[0072] 이후, 불규칙한 노이즈를 포함하는 회로 시스템의 출력신호를 랜덤출력($m_{11}, m_{20}, m_{02}, \dot{m}_{11}, \dot{m}_{20}, \dot{m}_{02}$)식으로 변환한 후, 역변환하여(S330) 회로 시스템을 규명한다.

[0073] 보다 구체적으로, 확률시스템 규명방법을 이용하여 상기 랜덤출력($m_{11}, m_{20}, m_{02}, \dot{m}_{11}, \dot{m}_{20}, \dot{m}_{02}$)을 파라미터 α에 대한 식에 대입하여 이 값의 정상적(Stationary)인 특성을 확인하여 이를 폐루프 센서시스템 회로의 후보 정체성 파라미터로 추출한다.

[0074] 다양한 크기의 노이즈를 인가하여 추출된 파라미터값의 정상성을 확인한다. 추출된 시스템 파라미터가 노이즈 크기에 관계없이 일정한 값을 갖는지 확인한다.

[0075] 마지막으로, 상기 파라미터가 일정한 값을 갖으면 이 파라미터를 회로 시스템의 정체성 파라미터(identity parameter)로 정의(define)한다(S340).

[0076] 도 4는 불규칙한 노이즈가 포함된 전류센서의 출력 신호를 시간 축 상에 나타낸 것이다. 여기서는, 회로 시스템의 예로서 폐루프 전류센서를 사용되었다.

[0077] 도 5는 정체성 파라미터 α의 실험값과 시뮬레이션 값을 비교한 그래프이다.

[0078] 회로 시스템에 대한 시스템 규명 기법을 통해서 규명한 시스템 파라미터를 사용하여 수학식 27에서와 같이 이를 다른 값으로 변경하더라도 수학식 26과 같이 정체성 파라미터 α값이 일관성 있게 일정한 값으로 도출된다. 이를 토대로 등가회로의 재구성이 가능함을 확인할 수 있다.

[0079] 도 6은 노이즈 크기 (PSD)가 0.001일 때, 시스템 규명 기법을 이용하여 정체성 파라미터 α(0.0025)값을 도출한 것이다.

[0080] 도 7은 노이즈 크기 (PSD)가 0.01일 때, 시스템 규명 기법을 이용하여 정체성 파라미터 α값을 도출한 것이다.

[0081] 도 8은 노이즈 크기 (PSD)가 0.1일 때, 시스템 규명 기법을 이용하여 정체성 파라미터 α값을 도출한 것이다.

[0082] 도 6 내지 8을 참고하면, 노이즈 크기인 PSD의 값이 다르더라도 시스템의 고유한 특성인 정체성 파라미터 α는 변하지 않는 다는 것을 확인할 수 있다. 즉, 랜덤한 노이즈의 크기가 다르더라도 원래 시스템의 고유 파라미터 값은 변하지 않음을 확률영역에서의 시스템 규명을 통하여 검증할 수 있다.

[0083] 도 9는 본 발명의 일 실시 예에 따른 전기회로 시스템의 등가 회로 판단 방법의 흐름도이다.

[0084] 먼저, 도 3에서 설명된 바와 같이, 규명하고자 하는 시스템의 모멘트 방정식을 생성한 후, 모멘트 방정식으로부터 정체성 파라미터를 추출한다(S940). 여기서는, 이를 제1 정체성 파라미터로 정의 한다.

[0085] 다음, 후보 등가 회로를 구성한 후, 후보 등가 회로의 방정식을 입력받는다(S950). 예를 들어, 페루프 전류센서의 턴 수와 같은 파라미터를 변경하여 후보 등가 회로를 구성할 수 있다.

[0086] 이후, 후보 등가 회로의 방정식으로부터 모멘트 방정식을 구하고, 이를 역변환하여 후보 등가 회로의 정체성 파라미터를 추출한다(S960). 여기서는, 이를 제2 정체성 파라미터로 정의한다.

[0087] 다음, 새로운 회로 시스템이 변경 전의 원래 회로시스템과 동일한 성능을 발휘하는지를 확인한다(S970). 여기서는, 정체성 파라미터가 시스템이 변경되더라도 일정하게 유지되는지 확인한다. 즉, 시스템의 파라미터를 경제적 이익이나 사용자 편의에 따라 변경할 경우, 시스템의 고유한 특성인 정체성 파라미터 α가 원래 시스템의 α값과 동일함을 비교 확인한다.

[0088] 제2 정체성 파라미터가 제1 정체성 파라미터와 동일하거나 비슷한 수준으로 유지되면, 후보 등가 회로를 먼저 규명하려고 하였던 회로 시스템의 등가 회로로 판단한다.

[0089] 후보 등가 회로가 진정한 등가 회로인 경우, 사용자의 편의를 위해 등가 회로 여부를 화면에 표시할 수 있다(S980).

[0090] 입/출력의 정보를 필요로 하는 기존의 시스템 규명 기법과는 달리 확률영역에서의 시스템 규명 기법은 오직 출력 정보만으로도 파라미터 값을 추출할 수 있다. 또한, 상술한 방법을 적용하면, 회로 시스템에 있어서 α값을 이용함으로써 파라미터가 변경된 등가회로의 구성이 용이하다.

[0091] 이하의 예에서는 회로 시스템의 예로서 페루프 전류센서를 사용한다.

[0092] 도 10은 페루프 전류센서의 일반적인 형태를 나타낸다.

[0093] 페루프 전류센서는 i_1이 흐를 때 홀 센서에서 생성되는 전류 i_2를 C type의 코어에 감은 형태이다. 전류 i_1에 의해서 생성되는 전류 i_2를 코어에 감음으로써 정확한 전류를 측정할 수 있다. 이와 같은 성질을 이용하여 등가모델을 도 11과 같이 설계할 수 있다.

[0094] 페루프 전류센서의 등가회로에서 수학식 18과 같은 식을 유도 할 수 있다.

수학식 18

[0095]
$$\begin{cases} e_2 = E_e + i_2 R = KB + i_2 R \\ e_2 = -r_2 i_2 - N_2 A \dfrac{dB}{dt} \\ N_1 i_1 + N_2 i_2 = H\ell \\ B = \mu H \end{cases}$$

[0096] 수학식 18을 정리하면 수학식 19와 수학식 20으로 다시 표현 된다.

수학식 19

[0097]
$$\frac{dB}{dt} + \left(\frac{K\mu N_2 + (r_2 + R)\ell}{\mu N_2^2 A}\right)B - \frac{N_1(r_2+R)}{AN_2^2} i_1 = 0$$

수학식 20

$$i_1 = \frac{\ell}{N_1 \mu} B - \frac{N_1}{N_2} i_2$$

[0098]

[0099] 수학식 20을 수학식 19에 대입하면 수학식 21을 얻게 된다.

수학식 21

$$\frac{dB}{dt} + \left(\frac{K\mu N_2 + (r_2 + R)\ell}{\mu N_2^2 A} \right) B - \frac{N_1 (r_2 + R)}{A N_2^2} \left(\frac{\ell}{\mu N_1} B - \frac{N_1}{N_2} i_2 \right) = 0$$

[0100]

[0101] 수학식 18에서 B에 대하여 표현하면 수학식 22와 같이 표현된다.

수학식 22

$$B = \frac{\mu}{\ell} N_1 i_1 + \frac{\mu}{\ell} N_2 i_2$$

[0102]

[0103] 수학식 22를 수학식 21에 대입하게 되면 수학식 23과 같은 1차 선형미분방정식의 형태로 표현된다.

수학식 23

$$\frac{\mu}{\ell} N_2 \frac{di_2}{dt} + \left\{ \left(\frac{K\mu N_2 + (r_2 + R)\ell}{\mu N_2^2 A} \right) \frac{\mu}{\ell} N_2 + \frac{N_1 (r_2 + R)}{A N_2^2} \left(\frac{-N_2^2 + N_1^2}{N_1 N_2} \right) \right\} i_2$$
$$= -\frac{\mu}{\ell} N_1 \frac{di_1}{dt} - \left\{ \left(\frac{K\mu N_2 + (r_2 + R)\ell}{\mu N_2^2 A} \right) \frac{\mu}{\ell} N_1 + \frac{N_1 (r_2 + R)}{A N_2} \right\} i_1$$

[0104]

[0105] 수학식 23에서 i를 q로 표현하면 수학식 24와 같은 최종 2차 선형미분방정식의 형태가 된다.

수학식 24

$$\frac{\mu}{\ell} N_2 \frac{d^2 q_2}{dt^2} + \left\{ \left(\frac{K\mu N_2 + (r_2 + R)\ell}{\mu N_2^2 A} \right) \frac{\mu}{\ell} N_2 + \frac{N_1 (r_2 + R)}{A N_2^2} \left(\frac{-N_2^2 + N_1^2}{N_1 N_2} \right) \right\} \frac{dq_2}{dt}$$
$$= -\frac{\mu}{\ell} N_1 \frac{d^2 q_1}{dt^2} - \left\{ \left(\frac{K\mu N_2 + (r_2 + R)\ell}{\mu N_2^2 A} \right) \frac{\mu}{\ell} N_1 + \frac{N_1 (r_2 + R)}{A N_2} \right\} \frac{dq_1}{dt}$$

[0106]

[0107] 여기서, μ는 투자율, N_1는 1차측 코일의 권선수, N_2는 2차측 코일의 권선수, A는 코어의 단면적, K는 게인, r_2는 2차측 코일의 내부저항, R은 2차측 저항, ℓ은 코어의 길이이다.

[0108] 여기서, $\ddot{q} + \alpha \dot{q} + \beta q = F(t)$ ($\frac{B}{A} = \alpha$, $\frac{C}{A} = \beta$)로 정의할 수 있다. $C \approx 0$으로 두면, 모멘트 방정식은 수학식 25와 같은 매트릭스로 표현된다.

수학식 25

$$\begin{Bmatrix} \dot{m}_{10} \\ \dot{m}_{01} \\ \dot{m}_{11} \\ \dot{m}_{20} \\ \dot{m}_{02} \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ -\beta & -\alpha & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -\alpha & -\beta & 1 \\ 0 & 0 & 2 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -2\beta & 0 & -2\alpha \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} m_{10} \\ m_{01} \\ m_{11} \\ m_{20} \\ m_{02} \end{Bmatrix} + \begin{Bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 1 \\ 0 \end{Bmatrix} D$$

[0109]

[0110] 수학식 25에서, D는 인가되는 노이즈의 세기를 나타낸다. D가 1이면, 백색 잡음(White Noise)를 나타낸다. 수학식 25를 역 변환하면, α값은 수학식 26으로 표현된다.

수학식 26

$$\alpha = \frac{-\dot{m}_{02} - 2\dfrac{(\dot{m}_{11} - m_{02})2m_{02} - \dot{m}_{02}}{2(m_{11} - m_{02}m_{20})} m_{11}}{2m_{02}}$$

[0111]

수학식 27

$$\alpha = f(N_1, N_2, \mu, r_2, R, \gamma, \ell, A, K)$$

$$= \left(\frac{K\mu N_2 + (r_2 + R)\ell}{\mu N_2^2 A} \right) + \frac{\dfrac{N_1(r_2+R)}{AN_2^2}\left(\dfrac{-N_2^2 + N_1^2}{N_1 N_2}\right)}{\dfrac{\mu}{\ell} N_2}$$

[0112]

[0113] 본 발명은 소프트웨어를 통해 실행될 수 있다. 바람직하게는, 본 발명의 일 실시 예에 따른 전기회로 시스템에서 정체성 파라미터 추출방법과 전기회로 시스템의 등가 회로 판단 방법을 컴퓨터에서 실행시키기 위한 프로그램을 컴퓨터로 읽을 수 있는 기록매체에 기록하여 제공할 수 있다. 소프트웨어로 실행될 때, 본 발명의 구성 수단들은 필요한 작업을 실행하는 코드 세그먼트들이다. 프로그램 또는 코드 세그먼트들은 프로세서 판독 가능 매체에 저장되거나 전송 매체 또는 통신망에서 반송파와 결합된 컴퓨터 데이터 신호에 의하여 전송될 수 있다.

[0114] 컴퓨터가 읽을 수 있는 기록매체는 컴퓨터 시스템에 의하여 읽혀질 수 있는 데이터가 저장되는 모든 종류의 기록 장치를 포함한다. 컴퓨터가 읽을 수 있는 기록 장치의 예로는 ROM, RAM, CD-ROM, DVD±ROM, DVD-RAM, 자기 테이프, 플로피 디스크, 하드 디스크(hard disk), 광데이터 저장장치 등이 있다. 또한, 컴퓨터가 읽을 수 있는 기록매체는 네트워크로 연결된 컴퓨터 장치에 분산되어 분산방식으로 컴퓨터가 읽을 수 있는 코드가 저장되고 실행될 수 있다.

[0115] 본 발명은 도면에 도시된 일 실시 예를 참고로 하여 설명하였으나 이는 예시적인 것에 불과하며 당해 분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 이로부터 다양한 변형 및 실시 예의 변형이 가능하다는 점을 이해할 것이다. 그리고, 이와 같은 변형은 본 발명의 기술적 보호범위 내에 있다고 보아야 한다. 따라서, 본 발명의 진정한 기술적 보호범위는 첨부된 특허청구범위의 기술적 사상에 의해서 정해져야 할 것이다.

산업이용 가능성

[0116] 본 발명은 회로 시스템의 시스템 파라미터 추출과 등가회로의 구성에 관한 것으로, 설계된 시스템을 컴퓨터 상에서 분석하는 소프트웨어나 관련 시스템, 등가 회로를 구성하는 소프트웨어나 관련 시스템, 시스템을 수학적으로 분석하는 그 밖의 소프트웨어나 시스템에 적용될 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0117] 도 1은 종래의 시스템 규명 개념을 블록도로 도시한 것이다.

[0118] 도 2는 확률영역에서의 시스템 규명 방법의 개념도이다.

[0119] 도 3은 본 발명의 일 실시 예에 따른 전기회로 시스템에서 정체성 파라미터 추출방법의 흐름도이다.

[0120] 도 4는 불규칙한 노이즈가 포함된 전류센서의 출력 신호를 시간 축 상에 나타낸 것이다.

[0121] 도 5는 정체성 파라미터의 실험값과 시뮬레이션 값을 비교한 그래프이다.

[0122] 도 6 내지 8은 확률 시스템 규명 기법을 적용할 때, 노이즈 크기에 따른 정체성 파라미터 값을 도시한 것이다.

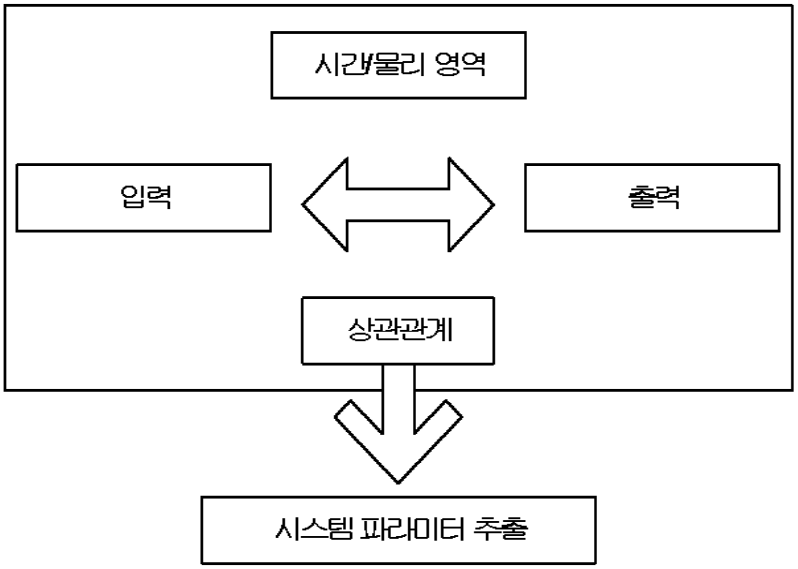
[0123] 도 9는 본 발명의 일 실시 예에 따른 전기회로 시스템의 등가 회로 판단 방법의 흐름도이다.

[0124] 도 10은 페루프 전류센서의 일반적인 형태를 나타낸다.

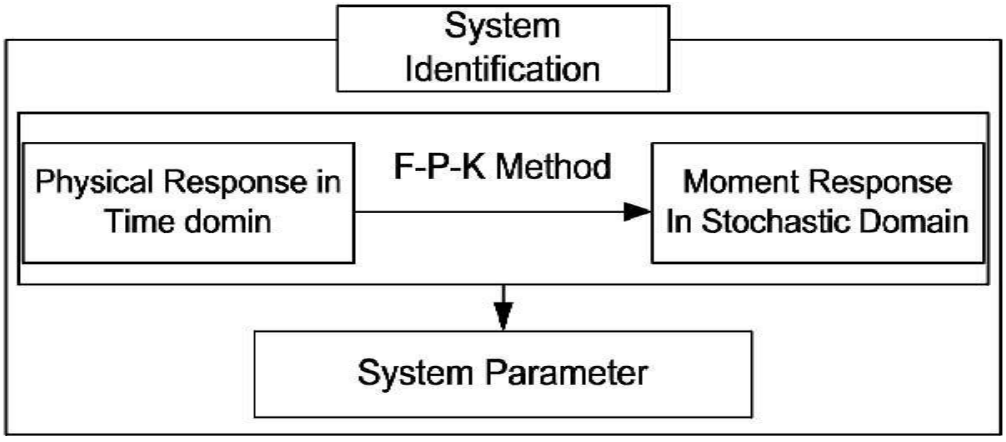
[0125] 도 11은 도 10의 페루프 전류센서의 등가 모델의 예를 도시한 것이다.

도면

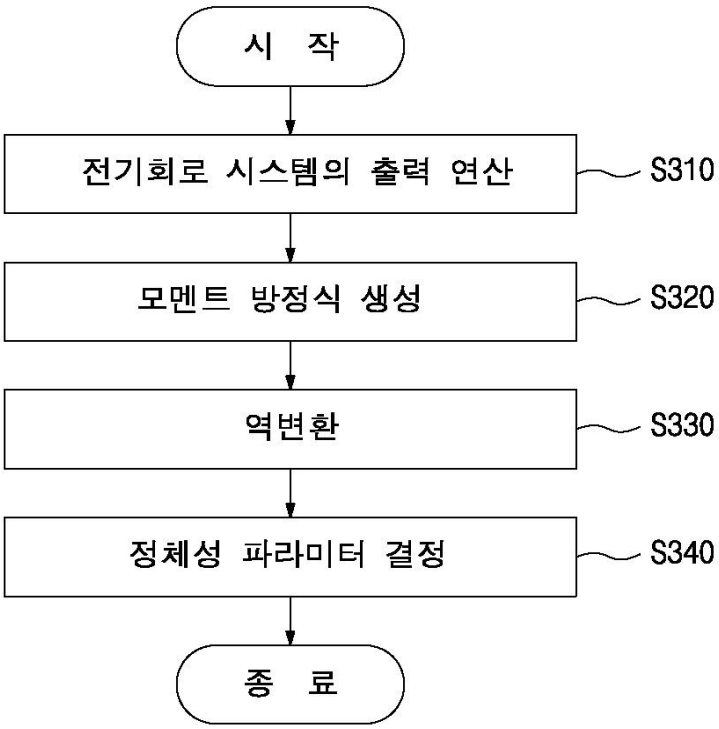
도면1



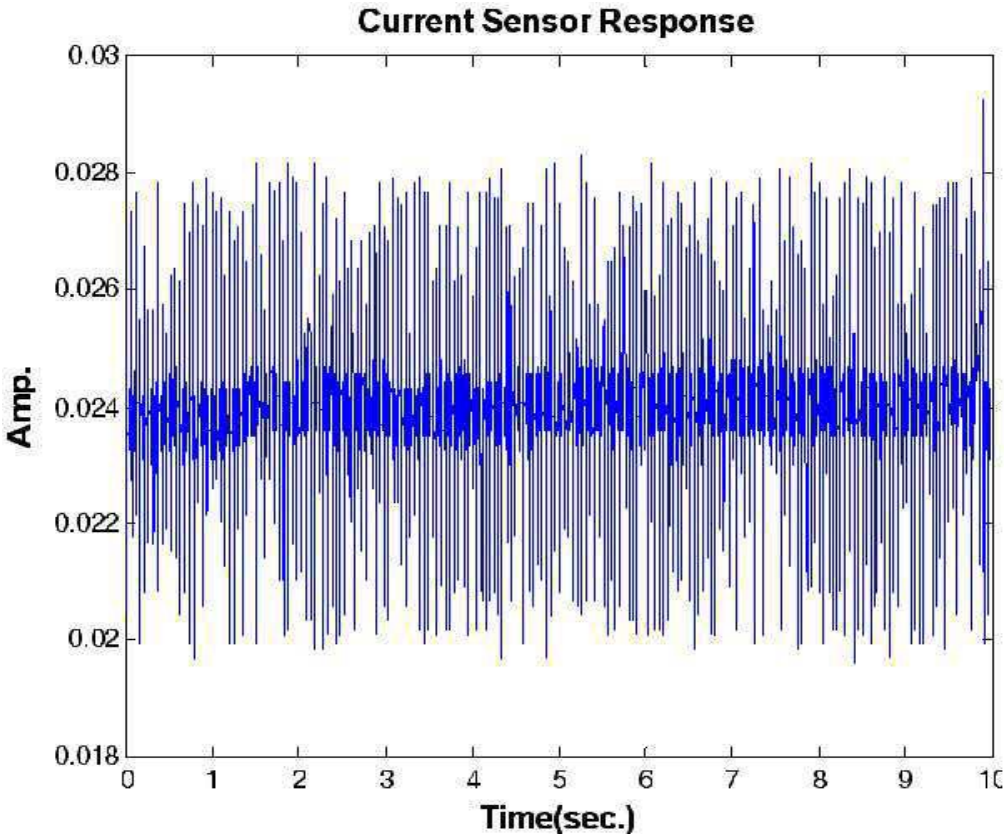
도면2



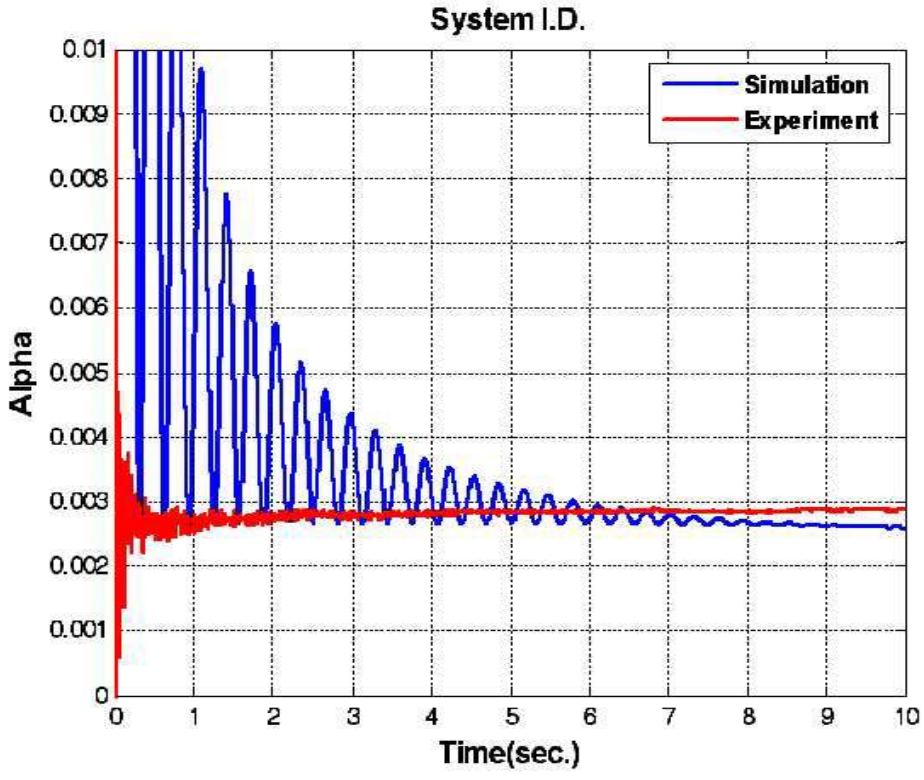
도면3


시 작
전기회로 시스템의 출력 연산
S310
모멘트 방정식 생성
S320
역변환
S330
정체성 파라미터 결정
S340
종 료

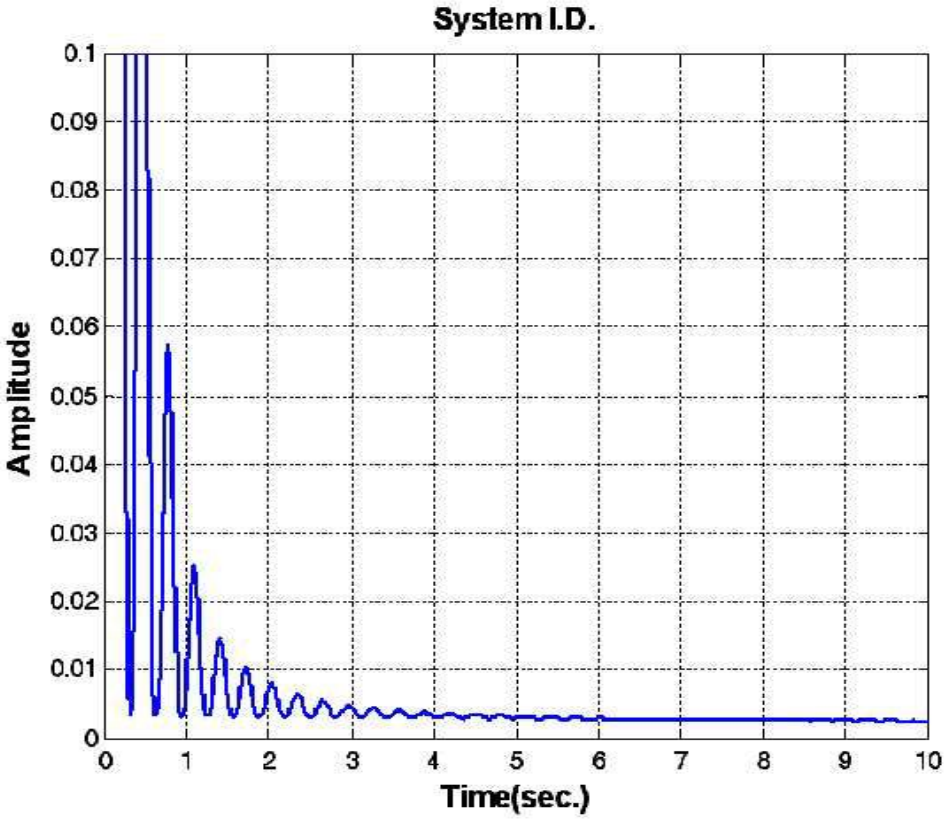
도면4


Current Sensor Response
Amp.
Time(sec.)
0.03
0.028
0.026
0.024
0.022
0.02
0.018
0
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10

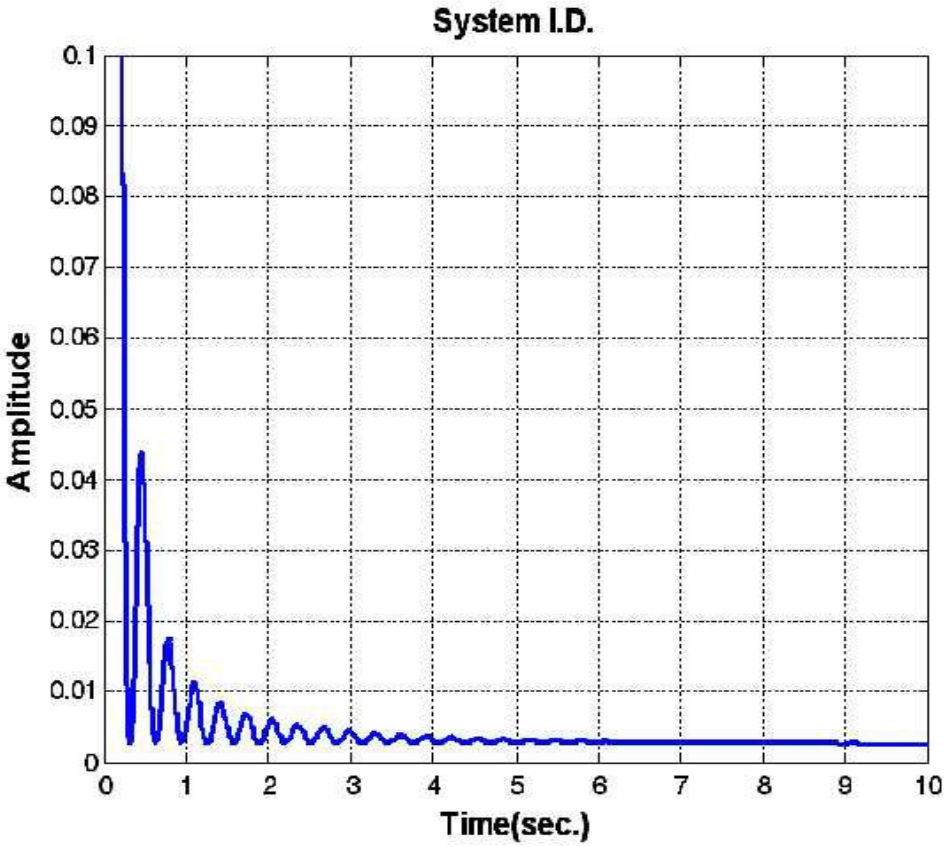
도면5


System I.D.
Simulation
Experiment
Alpha
Time(sec.)
0.01
0.009
0.008
0.007
0.006
0.005
0.004
0.003
0.002
0.001
0
0
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10

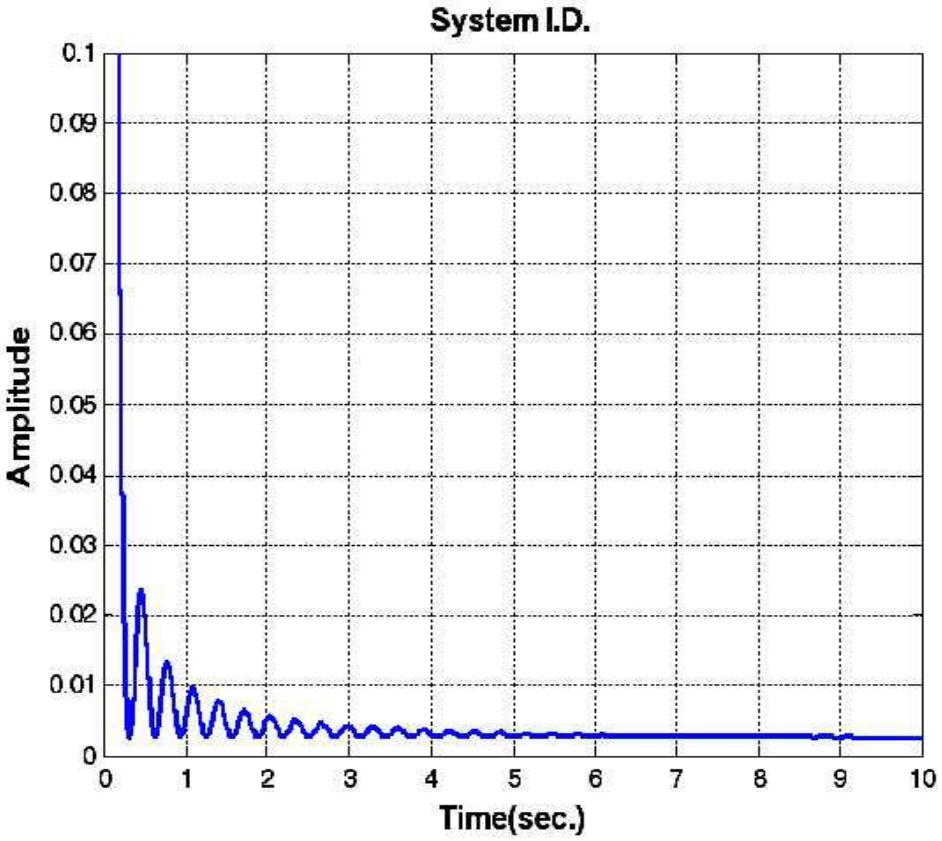
도면6


System I.D.
Amplitude
Time(sec.)
0.1
0.09
0.08
0.07
0.06
0.05
0.04
0.03
0.02
0.01
0
0
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10

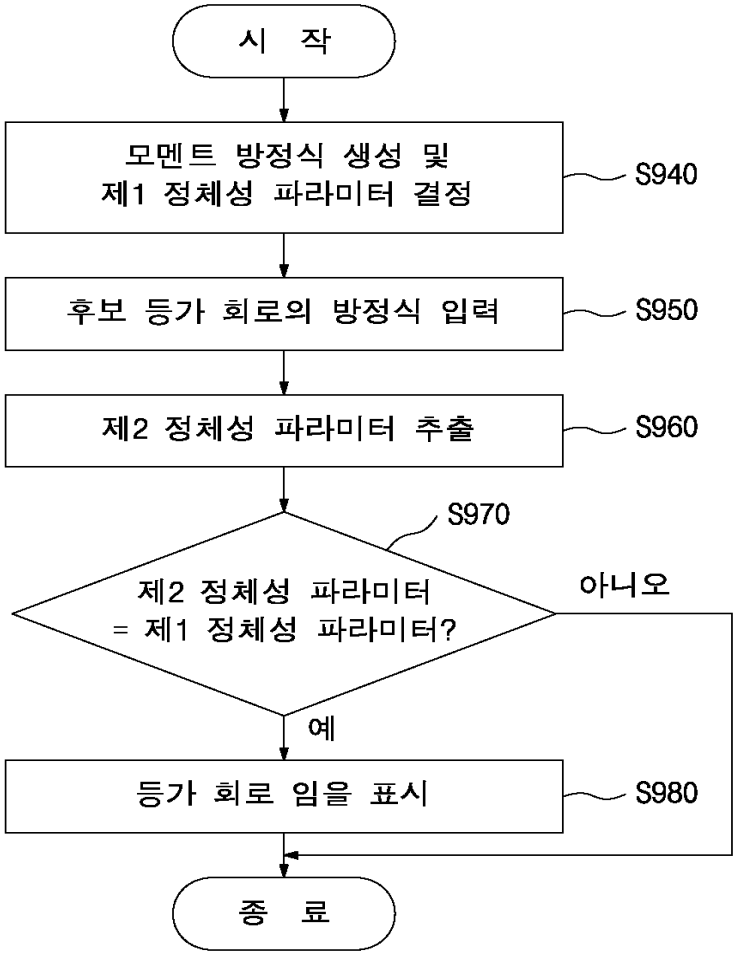
도면7


System I.D.
Amplitude
Time(sec.)
0.1
0.09
0.08
0.07
0.06
0.05
0.04
0.03
0.02
0.01
0
0
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10

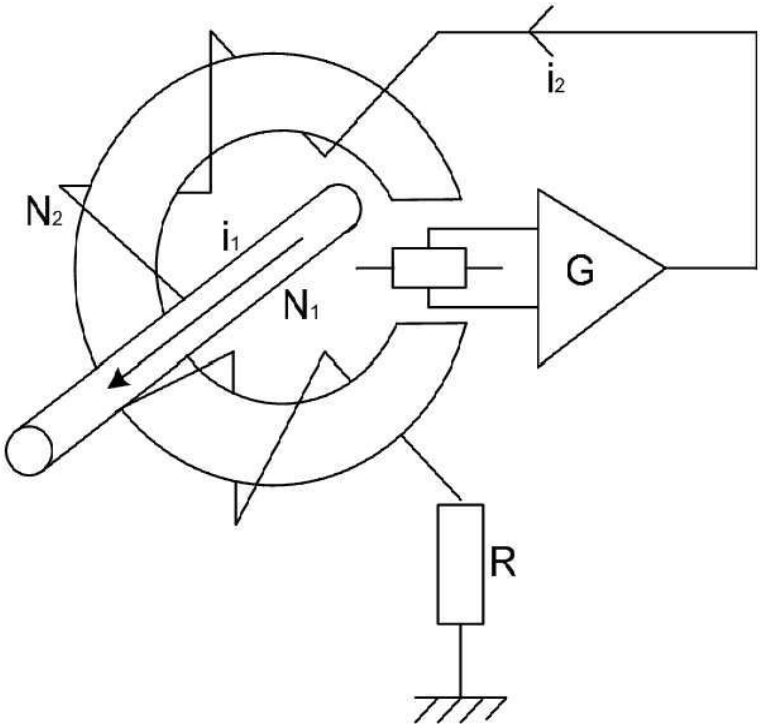
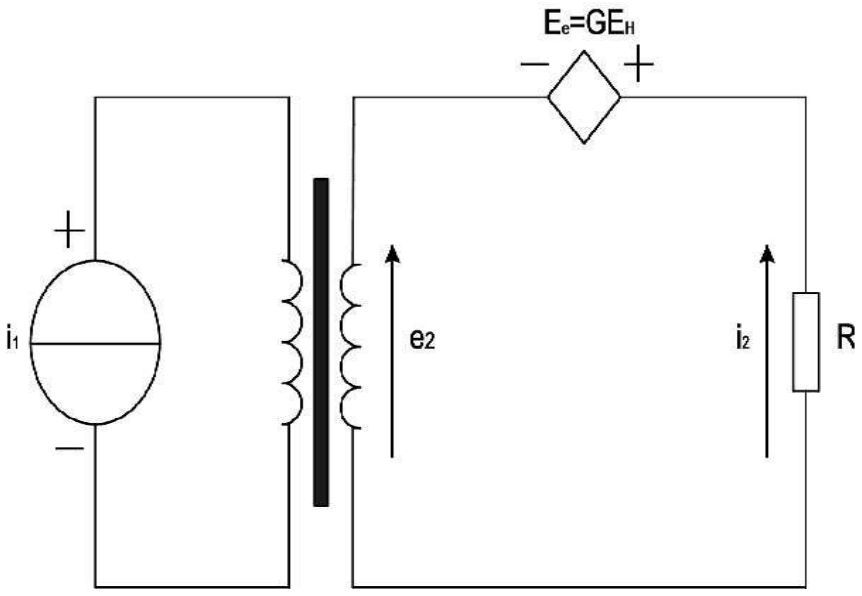
도면8


System I.D.
Amplitude
Time(sec.)
0.1
0.09
0.08
0.07
0.06
0.05
0.04
0.03
0.02
0.01
0
0
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10

도면9


시 작
모멘트 방정식 생성 및
제1 정체성 파라미터 결정
S940
후보 등가 회로의 방정식 입력
S950
제2 정체성 파라미터 추출
S960
S970
제2 정체성 파라미터
= 제1 정체성 파라미터?
아니오
예
등가 회로 임을 표시
S980
종 료

도면10



도면11