(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2014년10월15일
(11) 등록번호 10-1450646
(24) 등록일자 2014년10월07일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G01R 21/06 (2006.01) *G01R 19/06* (2006.01)
(21) 출원번호 10-2013-0109791
(22) 출원일자 2013년09월12일
심사청구일자 2013년09월12일
(56) 선행기술조사문헌
JP2001074788 A
KR101173507 B1
KR200342445 Y1
KR1020030085267 A

(73) 특허권자
주식회사 비츠로시스
서울특별시 성동구 성덕정길 151 (성수동2가)
세종대학교산학협력단
서울특별시 광진구 능동로 209 (군자동, 세종대학교)
(72) 발명자
장우석
서울특별시 동대문구 사가정로 148 SK아파트 105-708
추은상
경기도 안양시 동안구 관악대로 121 비산동 삼성래미안아파트 110-1901
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
한상천, 박진수

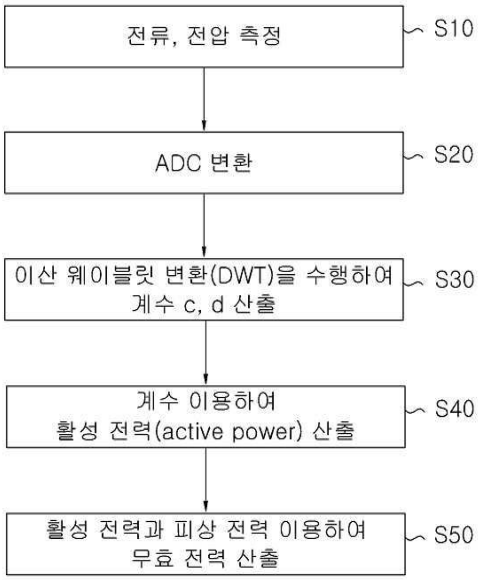
전체 청구항 수 : 총 6 항 심사관 : 오경환

(54) 발명의 명칭 **무효 전력 측정 방법**

(57) 요 약

무효 전력 측정 방법이 개시된다. 본 발명의 일측면에 따른 무효 전력 측정 방법은 유입되는 전류 및 전압을 주기적으로 측정하여 피상 전력을 구하는 단계; 전류 및 전압에 대해 이산 웨이블릿 변환(DWT)을 수행하여 스케일링 계수(c) 및 세부 웨이블릿 계수(d)를 산출하는 단계; 스케일링 계수 및 세부 웨이블릿 계수를 이용하여 활성 전력(active power, P)을 산출하는 단계; 및 활성 전력과 피상 전력(apparent power, S)을 이용하여 무효 전력(reactive power, Q)을 산출하는 단계를 포함한다. 본 발명에 따르면, DTW알고리즘을 이용하여 전자기기들에서의 무효 전력을 실시간으로 측정할 수 있다.

대 표 도 - 도1



(72) 발명자

오주연

경기도 성남시 중원구 도촌남로 22
휴먼시아섬마을1단지아파트 116-904

윤연주

경기도 의정부시 능곡로 70 신명아파트107-502 (신곡동,으뜸마을신명아파트)

김형석

서울특별시 광진구 능동로 209 세종대학교 정보통신학과(군자동)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	SS110012
부처명	서울특별시
연구관리전문기관	서울산업통상진흥원
연구사업명	서울전략산업 지원사업
연구과제명	스마트그리드용 고정밀 파워 미터링 SOP 및 홈에너지 플랫폼 개발
기 여 율	60/100
주관기관	(주)비츠로시스
연구기간	2011.11.01 ~ 2015.10.31

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1415123241
부처명	미래창조과학부
연구관리전문기관	정보통신산업진흥원
연구사업명	IT융합고급인력과정지원사업
연구과제명	스마트빌딩 관리시스템 개발
기 여 율	40/100
주관기관	세종대학교 산학협력단
연구기간	2010.06.01 ~ 2013.12.31

특허청구의 범위

청구항 1

유입되는 전류 및 전압을 주기적으로 측정하여 피상 전력을 구하는 단계;

상기 전류 및 전압에 대해 이산 웨이블릿 변환(DWT)을 수행하여 스케일링 계수(c) 및 세부 웨이블릿 계수(d)를 산출하는 단계;

상기 스케일링 계수 및 세부 웨이블릿 계수를 이용하여 활성 전력(active power, P)을 산출하는 단계; 및

상기 활성 전력과 상기 피상 전력(apparent power, S)을 이용하여 무효 전력(reactive power, Q)을 산출하는 단계를 포함하는 무효 전력 측정 방법.

청구항 2

청구항 1에 있어서,

상기 DWT는, 각 시간대의 입력 샘플(input sample)값을 바로 처리하는 순환 피라미드 DWT 알고리즘이 이용되는 것을 특징으로 하는 무효 전력 측정 방법.

청구항 3

청구항 2에 있어서,

상기 순환 피라미드 DWT 알고리즘의 실행 시, n번째 단계와 n-1단번째 단계의 실행이 동시간대에 요구될 경우 n-1번째 단계를 우선 실행하는 것을 특징으로 하는 무효 전력 측정 방법.

청구항 4

청구항 1에 있어서,

상기 무효 전력의 산출에는 하기의 수학식 2가 이용되는 것을 특징으로 하는 무효 전력 측정 방법.

[수학식 2]

$$Q=\sqrt{S^2-P^2}$$

청구항 5

청구항 1에 있어서,

상기 활성 전력의 산출에는 하기의 수학식 1이 이용되는 것을 특징으로 하는 무효 전력 측정 방법.

[수학식 1]

$$P_{DWT}=\frac{1}{T}\sum_{k}c_j^v(k).c_j^i(k)+\frac{1}{T}\sum_{j\geq j}\sum_{k}d_j^v(k).d_j^i(k)=P_j+\sum_{j\geq j}P_j$$

청구항 6

제 1항 내지 제 5항 중 어느 한 항의 방법을 수행하기 위한 프로그램이 컴퓨터가 읽을 수 있도록 기록된 기록매체.

명 세 서

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 무효 전력 측정 방법에 관한 것으로서, 좀 더 상세하게는 이산 웨이블릿 변환(DWT, Discrete Wavelet Transform)을 이용하여 무효 전력을 측정하는 방법에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 다양한 전가기기의 개발과 보급으로 인해 전기 에너지 사용량이 높아가고 있으며, 그로 인해 에너지를 절약할 수 있는 방안이 활발히 연구되고 있다.

[0003] 세계 에너지 수요의 증가와 함께 에너지 가격은 거의 매일 증가하고 있어, 에너지 절약은 소비자와 서비스 공급자 모두에게 중요하다. 소비자의 관점에서, 에너지 절약은 관세를 줄이는 측면에서 비용을 절감하는데 중요하고, 또한 서비스 제공자들은 상대적으로 낮은 에너지 생산으로 더 많은 소비자에게 제공하는데 도움이 될 수 있기 때문이다.

[0004] 스마트 그리드(Smart Grid)는 차세대 전력 시스템에 대한 연구의 가장 흥미로운 분야 중 하나로서, 스마트 그리드는 전기와 널리 분산 전력 공급 네트워크를 만들 수 있는 정보의 양방향 흐름을 사용한다. 스마트 그리드는 신 재생 에너지 사용으로 온실 가스 배출을 감소시키며, 수요와 공급의 더 나은 균형을 통해 증가 된 에너지 효율과 향상된 보안 및 안정성을 제공하고, 에너지 생성에 신속하고 효과적으로 대응할 수 있다.

[0005] 스마트 그리드의 에너지 절약을 달성하기 위해서는 소비자 수준 또는 전력 수준으로 전력이 제공된 에너지를 분석 할 필요가 있다. 그 에너지는 소비와 손실에 효과적으로 사용되며, 이 분석을 위해 스마트 그리드의 다양한 수준에서 에너지 소비 측정을 실시해야 한다.

[0006] 스마트 그리드의 핵심구성요소인 스마트 미터는 자동으로 에너지를 계량 및 관리하는 기기를 말하는데, 스마트 미터는 사용되는 에너지를 실시간 체크하여 관련 데이터를 저장하며 저장된 데이터는 사용자 또는 에너지공급업자에게 제공된다. 스마트 미터는 보통 전력량계에 비해 소비자의 소비 전력을 측정하고 공익성 회사에 대한 추가 정보를 제공하는 고급 전기 계량기이다.

[0007] 스마트 그리드의 개념을 최대한 활용하기 위해서 전력 회사는 주거 및 상업용 건물에 스마트 미터를 설치하고 있다. 실시간 가격과 수요의 관리 측면을 위해, 스마트 미터는 실시간으로 에너지 소비 정보를 읽고 안전하게 회사로 데이터를 보낼 수 있다.

[0008] 스마트 미터에 대한 전력 측정의 관점에서, 전기의 기능 요구 사항은 활성, 무효 및 피상 전력의 측정이다.

[0009] 무효 전력(reactive power)은 전자기기에서 사용하지 않는 에너지로서, 예를 들어 전자기기에 구비된 커패시터, 인덕터 등에 충전되었다가 다시 전력회사로 리턴되는 전력을 말하는데, 이러한 무효 전력은 대부분 리턴 과정에서 소실된다. 무효 전력은 소비자 입장에서는 실제 사용하지 않는 전력이므로 사용 요금에서 차감되어야 하는 것이 바람직하다. 이뿐 아니라 보정기 설계 및 전원 감시 목적 등을 위해 무효 전력을 보다 정확히 측정해야 할 필요가 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0010] 따라서, 본 발명은 상술한 문제점을 해결하기 위해 안출된 것으로서, DTW알고리즘을 이용한 무효 전력의 측정 방법을 제공하기 위한 것이다.

[0011] 또한, 본 발명은 메모리 사용량과 처리 속도를 개선한 무효 전력 측정 방법을 제공하기 위한 것이다.

[0012] 본 발명의 다른 목적들은 이하에 서술되는 바람직한 실시예를 통하여 보다 명확해질 것이다.

과제의 해결 수단

[0013] 본 발명의 일 측면에 따르면, 유입되는 전류 및 전압을 주기적으로 측정하여 피상 전력을 구하는 단계; 상기 전류 및 전압에 대해 이산 웨이블릿 변환(DWT)을 수행하여 스케일링 계수(c) 및 세부 웨이블릿 계수(d)를 산출하는 단계; 상기 스케일링 계수 및 세부 웨이블릿 계수를 이용하여 활성 전력(active power, P)을 산출하는 단계; 및 상기 활성 전력과 상기 피상 전력(apparent power, S)을 이용하여 무효 전력(reactive power, Q)을 산출하는 단계를 포함하는 무효 전력 측정 방법 및 그 방법을 수행하는 프로그램이 기록된 기록매체가 제공된다.

[0014] 여기서, 상기 DWT는, 각 시간대의 입력 샘플(input sample)값을 바로 처리하는 순환 피라미드 DWT 알고리즘이 이용될 수 있다.

[0015] 또한, 상기 순환 피라미드 DWT 알고리즘의 실행 시, n번째 단계와 n-1단번째 단계의 실행이 동시간대에 요구될 경우 n-1번째 단계를 우선 실행할 수 있다.

[0016] 또한, 상기 무효 전력의 산출에는 하기의 수학식 2가 이용될 수 있다.

[0017] [수학식 2]

[0018] $$Q=\sqrt{S^2-P^2}$$

[0019] 또한, 상기 활성 전력의 산출에는 하기의 수학식 1이 이용될 수 있다.

[0020] [수학식 1]

[0021] $$P_{DWT}=\frac{1}{T}\sum_{k}c_j^v(k).c_j^i(k)+\frac{1}{T}\sum_{j\geq j}\sum_{k}d_j^v(k).d_j^i(k)=P_j+\sum_{j\geq j}P_j$$

발명의 효과

[0022] 본 발명에 따르면, DTW알고리즘을 이용하여 전자기기들에서의 무효 전력을 실시간으로 측정할 수 있다.

[0023] 또한, 본 발명에 따르면 순환 피라미드 DWT알고리즘을 이용함으로써 angy 전력의 측정에 소요되는 메모리 사용량과 처리 속도를 개선할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0024] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 무효 전력 측정 과정을 개략적으로 도시한 흐름도.

도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 전원 삼각형 방식을 도시한 개념도.

도 3 및 도 4는 일반적인 DWT의 처리 방식을 도시한 개념도 및 코드.

도 5 및 도 6은 본 발명의 일 실시예에 따른 순환 피라미드 DWT 알고리즘에 대한 개념도 및 코드.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0025] 본 발명은 다양한 변경을 가할 수 있고 여러 가지 실시예를 가질 수 있는 바, 특정 실시예들을 도면에 예시하고 상세한 설명에 상세하게 설명하고자 한다. 그러나, 이는 본 발명을 특정한 실시 형태에 대해 한정하려는 것이 아니며, 본 발명의 사상 및 기술 범위에 포함되는 모든 변경, 균등물 내지 대체물을 포함하는 것으로 이해되어야 한다.

[0026] 이하, 첨부한 도면들을 참조하여 본 발명에 따른 실시예들을 상세히 설명하기로 하며, 첨부 도면을 참조하여 설명함에 있어 도면 부호에 상관없이 동일하거나 대응하는 구성 요소는 동일한 참조번호를 부여하고 이에 대한 중복되는 설명은 생략하기로 한다.

[0027] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 무효 전력 측정 과정을 개략적으로 도시한 흐름도이다.

[0028] 본 실시예에 따른 무효 전력의 산출은, 이산 웨이블릿 변환(DWT)을 이용한다.

[0029] 무효 전력의 측정에 대한 정의 및 접근 방식은 시간 영역에서 발전되어 왔다. 시간-주파수 (웨이블릿 영역) 분석은 결과 전원과 관련된 시간적, 스펙트럼 둘의 관계를 유지하기 때문에 전력 시스템 측정을 위한 가장 적합한 솔루션으로 이용될 수 있다. 이하 본 발명의 실시예들에서는 스마트 미터에 블릿 기반 전력 측정에 초점을 맞추고 있다. 이러한 블릿 기반의 방식으로서, 본 실시예에서는 이산 웨이블릿 변환(DWT)이 이용된다.

[0030] 아래 표는 설명의 편의를 위해 사용되는 단어를 정의한 것이다.

[0031] [테이블 1]

[0032]	Notation	Description
[0033]	v (t)	Voltage waveform
[0034]	i (t)	Current waveform
[0035]	f	Fundamental frequency
[0036]	f_s	Sampling frequency
[0037]	TimeWindow	Observation duration of the waveforms
[0038]	V_{rms}	Root mean square value of the voltage waveform
[0039]	I_{rms}	Root mean square value of the current waveform
[0040]	V_{DWT}	V_{rms} representation using DWT
[0041]	I_{DWT}	I_{rms} representation using DWT
[0042]	P	Active Power
[0043]	Q	Reactive Power
[0044]	S	Apparent Power
[0045]	α	Voltage waveform amplitude scaling factor
[0046]	β	DC offset in the voltage waveform
[0047]	γ	Phase offset in the current waveform

[0048] 이하 도 1을 참조하여 무효 전력의 측정 과정에 대해 설명하기로 한다.

[0049] 도 1을 참조하면, 유입되는 전류와 전압을 수시로 측정한다(S10). 예를 들어, 전자기기A의 무효 전력을 측정하기 위해서는, 해당 전자기기A로 유입되는 전류와 전압을 일정 시간간격으로 측정하는 것이다. 여기서, 측정된 값에 의해 피상 전력(apparent power, 이하에서는 S라 칭함)이 구해질 수 있다.

[0050] 측정된 전류와 전압에 대한 아날로그 신호를 디지털신호로 변환하는 ADC(Analog to Digital Converting)가 수행되고(S20), 이산 웨이블릿 변환(DWT, Discrete Wavelet Transform)에 의해 활성 전력(active power, 이하 P)의 산출을 위한 계수들인 스케줄링 계수(이하 c) 및 세부 웨이블릿 계수(이하 d)가 산출된다(S30).

[0051] 그리고, 아래의 수학식 1에 의해 활성 전력이 스케줄링 계수 및 세부 웨이블릿 계수를 이용하여 산출된다(S40).

[0052] [수학식 1]

$$P_{DWT} = \frac{1}{T}\sum_{k} c_j^v(k).c_j^i(k) + \frac{1}{T}\sum_{j\geq j}\sum_{k} d_j^v(k).d_j^i(k) = P_j + \sum_{j\geq j} P_j$$

[0053]

[0054] 활성 전력(P)이 산출되면, 이를 피상 전력(S)과 함께 이용하여 무효 전력(reactive power, 이하 Q)을 산출한다. 본 실시예에 따르면, 무효 전력의 산출은 전원 삼각형 방식이 이용될 수 있다.

[0055] 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 전원 삼각형 방식을 도시한 개념도이다.

[0056] 도 2를 참조하면, 전력 삼각법은 외관상 활성 전력과 무효 전력이 직각 삼각형을 형성한다는 가정에 근거한다.

[0057] 따라서, 아래 수학식 2에 의해 피상 전력과 활성 전력을 이용한 무효 전력이 산출될 수 있다.

[0058] [수학식 2]

$$Q = \sqrt{S^2 - P^2}$$

[0059]

[0060] 여기서, 상술한 바와 같이, 피상 전력은 측정된 전압과 전류의 값에 의해 산출될 수 있는데, 예를 들어 피상 전력은 아래의 수학식 3과 같이 전압과 전류의 전체 실효값(rms, root mean square)에 의해 산출될 수 있다.

[0061] [수학식 3]

$$S = V_{rms} \cdot I_{rms}$$

[0062]

[0063] 그리고, 활성 전력(P)은 다음의 수학식 4에 의해 산출될 수 있다.

[0064] [수학식 4]

$$P = \frac{1}{T}\int_0^T v(t)\,i(t)\,dt$$

[0065]

[0066] 시간 이동 방식과는 달리, 삼각형 접근 방식은 대부분의 조건 하에서 무효 전력을 계산 할 수 있지만, 비 정현파 상태에서 기본 주파수에서 무효 전력을 제공 할 수 없다. 활성 전력의 측정은 에너지 미터의 대부분은 정확하지만 피상 전력의 정확도는 rms 측정의 정확성과 연결된다.

[0067] v(t)와 i(t)는 전압의 시간 영역 신호 및 전류 파형이다. 시간 영역에서 실효값은 다음과 같이 계산될 수 있다.

[0068] [수학식 5]

$$V_{rms} = \sqrt{\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} v_i^2}, \quad I_{rms} = \sqrt{\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} i_i^2}$$

[0069]

[0070] [수학식 6]

$$I_{rms} = \sqrt{\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} i_i^2}$$

[0071]

[0072] n은 파형의 한 주기의 총 샘플 수이고, i는 현재 샘플 번호, v_i와 i_i는 각 샘플들에서 정의된 전압 및 전류 값들이다.

[0073] [수학식 7]

[0074] $$V_{DWT} = \sqrt{\frac{1}{T}\sum_{k}(c_{j_o}^{v}(k))^2 + \frac{1}{T}\sum_{j\geq j_o}\sum_{k}(d_j^{v}(k))^2} = \sqrt{V_{j_o}^2 + \sum_{j\geq j_o}V_j^2}$$

[0075] [수학식 8]

[0076] $$I_{DWT} = \sqrt{\frac{1}{T}\sum_{k}(c_{j_o}^{i}(k))^2 + \frac{1}{T}\sum_{j\geq j_o}\sum_{k}(d_j^{i}(k))^2} = \sqrt{I_{j_o}^2 + \sum_{j\geq j_o}I_j^2}$$

[0077] c와 d는 상술한 바와 같이 스케줄링 계수 및 세부 웨이블릿 계수이다. 이것은 최저 주파수 서브 밴드인 Jo에서 샘플 시간 k와 주파수 대역 j가 원래의 파형에 얼마나 가까운지를 정량화한다. 위 첨자 v와 i는 웨이블릿 영역에서 전압과 전류의 계수를 나타내며, 첨자 j와 k는 각각 블릿 레벨 / 주파수 서브 밴드 샘플 시간을 참조한다. 근사 수준에서 피상 전력 (낮은 주파수 대역) Jo, SJO, 총 피상 전력의 S_{DWT}은 다음과 같다.

[0078] [수학식 9]

[0079] $$S_{j_o} = V_{j_o} \times I_{j_o}$$

[0080] [수학식 10]

[0081] $$S_{DWT} = V_{DWT} \times I_{DWT}$$

[0082] 따라서, 웨이블릿의 무효 전력은 다음과 같이 계산될 수 있다.

[0083] [수학식 11]

[0084] $$Q = \sqrt{S_{DWT}^2 - P_{DWT}^2}$$

[0085] 여기서, P_{DWT}는 총 활성 전력과 근사 및 세부 활성 전력의 합이다.

[0086] [수학식 12]

[0087] $$P_{DWT} = \frac{1}{T}\sum_{k}c_j^{v}(k).c_j^{i}(k) + \frac{1}{T}\sum_{j\geq j_o}\sum_{k}d_j^{v}(k).d_j^{i}(k) = P_{j_o} + \sum_{j\geq j_o}P_j$$

[0088] 무효 전력(Q)은 고조파 및 송전에 기여하지 않는 모든 진동 힘에 기인하고 모든 비활성 파워를 포함한다. 최소 블릿 분해 피상 전력을 고려할 때 무효 전력은 다음과 같다.

[0089] [수학식 13]

[0090] $$Q_{j_o} = \sqrt{S_{j_o}^2 - P_{j_o}^2}$$

[0091] 이하에서는, 상술한 바와 같이 활성 전압의 산출에 이용되는 스케줄링 계수(c) 및 세부 웨이블릿 계수(d)를 획득하기 위한 DWT의 처리 과정에 대해 설명하기로 한다.

[0092] 도 3 및 도 4는 일반적인 DWT의 처리 방식을 도시한 개념도 및 코드이다.

[0093] 도 3을 참조하면, h(n)은 high pass filter이고, w(n)은 low pass filter 이다. 즉, 주파수를 높낮이로 구분하여 2등분하여 필터를 통과시키는 방식으로 계속 진행하는 것이다.

[0094] 왼쪽부터 차례로 1단계, 2단계, 3단계라 칭할 수 있는데, 일반적인 DWT는 각 단계를 모두 순차적으로 계산한다. 즉, Input sample x(n)이 입력되면, x(n)에 대해서 h(n)과 w(n) 필터를 통과시키고 각 단계마다 샘플(ample)의 수는 1/2로 줄어들게 한다. 이때, 일반적인 DWT에서는 각 단계가 끝나야 다음 단계로 진행이 되고, 각 단계는 통상적으로 30~40개의 입력 샘플들(input samples)에 대해서 모두 계산이 되고 나서 다음 단계로 가기 때문에, 전체 계산 시간이 오래 걸린다는 단점이 있다. 또한, 각 단계마다의 결과값을 메모리에 모두 저장해야 함에 따라 메모리 사용량도 높다는 단점도 있다. 이러한 일반적인 DWT의 구조가 코드(code)로 구현된 알고리즘이 도 4에 도시되어 있다.

[0095] 상술한 메모리 사용량 및 처리 속도의 단점을 보완하기 위해, 본 발명에서는 순환 피라미드 DWT 알고리즘(recursive pyramid DWT algorithm)을 제안한다.

[0096] 도 5 및 도 6은 본 발명의 일 실시예에 따른 순환 피라미드 DWT 알고리즘에 대한 개념도 및 코드이다.

[0097] 도 5와 도 6을 참조하면, 순환 피라미드 DWT 알고리즘은 DWT를 실시간으로 계산하기 위해서, 시간적으로 격번으로 첫째 단계(1st octave)를 실행하도록 하고, 첫번째 단계가 끝나면 두번째 단계를 실행하고, 다음에는 세번째 단계(3rd octave)를 실행시키는 방식이다. 그리고, n번째 단계와 n-1 번째 단계의 실행이 동시간대에 요구될 경우 n-1번째 단계를 먼저 실행한다. 예를 들어, 세번째 단계와 두번째 단계가 둘 다 실행이 필요할 때는 항상 두번째 단계를 먼저 실행하는 것이다.

[0098] 이러한 순환 피라미드 DWT 알고리즘을 사용하면, 각 시간대의 input sample값을 하나씩 바로바로 처리하기 때문에 모아서 단계별로 순서대로 처리하는 일반 DWT 방식과는 달리 지연시간이 적게 걸릴뿐 아니라 저장하는 데이터량도 적어 메모리를 적게 사용하게 된다. 따라서, 활성 전력/무효 전력을 구할 때 위 방식을 활용하면 보다 빠른 시간 내에 계산이 가능하고 메모리가 적게 소요되기 때문에 전용칩 구현 시 유리할 수 있다.

[0099] 아래는 순환 피라미드 DWT 알고리즘을 이용해서 전력(또는 에너지) 계산(power calculation)하는 방식을 pseudo code로 작성한 것이다.

[0100] Pseudocode for power measurement

[0101] 1. Initialize parameters

[0102] F_s % sampling frequency

[0103] T_w % observation interval

[0104] F_c % fundamental Frequency

[0105] T % Time Period

[0106] V_{max} % Peak Voltage value

[0107] I_{max} % Peak Current value

[0108] ɣ % Phase shift in current

[0109] β % DC offset in voltage

[0110] n % Number of harmonics in the voltage waveform

[0111] N % Number of samples in Voltage or current waveform

[0112] 2. Generate voltage and current waveform v and i.

[0113] 3. Compute V_{rms} and I_{rms} in Discrete wavelet domain i.e., V_{DWT}, I_{DWT}.

[0114] [cva, cvd]=pyramid_dwt (v);

[0115] [cia, cid]=pyramid_dwt (i);

[0116] $Vo = (1/T) \times \left(\sum_{1}^{N/2} (cva)^2 \right)$

[0117] $VJ = (1/T) \times \left(\sum_{1}^{N/2} (cvd)^2 \right)$

[0118] $Io = (1/T) \times \left(\sum_{1}^{N/2} (cva)^2 \right)$

[0119] $IJ = (1/T) \times \left(\sum_{1}^{N/2} (cvd)^2 \right)$

[0120] $V_{DWT}=sqrt (V_o+ V_J)$

[0121] $I_{DWT}=sqrt (I_o+ I_J)$

[0122] 4. $S_{DWT}=V_{DWT} \times_{DWT}$ %Apparent Power

[0123] 5. $P_{DWT}=P_{JO}+ P_J$; % Active Power

[0124] P_{Jo}=cva.*cia;

[0125] P_J=cvd.*cid;

[0126] 6. $Q=sqrt (S_{DWT}^2 - P_{DWT}^2)$ % Reactive power

[0127] <u>Pseudo code for computing DWT</u>

[0128] Output [ca, cd] =pyramid_dwt (signal)

[0129] Wname='db10' % wavelet Transform

[0130] Generate Low pass and High pass filters i.e., LO_D, HI_D

[0131] L is the length of filter.

[0132] P is length of signal

[0133] J is the decomposition level

[0134] W [J+1, P+1] =0;

[0135] W (1,) =signal;

[0136] H [J+1, P+1]=0;

[0137] H [J+1, P+1]=signal;

[0138] for i=1 to P

[0139] [W, H]=rdwt (I, 1, W, H, LO_D, HI_D)

[0140] end for

[0141] ca=H (2,)

[0142] cd

[0143] for j=1 to log2(P)

[0144] cd=[cd, W(j+1,)]

[0145] end

[0146] Outputs [W, H] =rdwt (I, j, W, H, LO_D, HI_D)

[0147] If(i%2~=0)

[0148] K=(i+1)/2

[0149] L=length(HI_D)

[0150] sumL=-0;

[0151] sumH=0;

[0152] for m=0:to:L-1

[0153] if(i-m+1)>0

[0154] sumL= sumL+ W(j,i-m+1)×LO_D(m+1);

[0155] sumL= sumL+ W(j,i-m+1)×HI_D(m+1);

[0156] end for

[0157] else

[0158] [W,H]=rdwt(i/2,j+1,W,H,LO_D,HI_D);

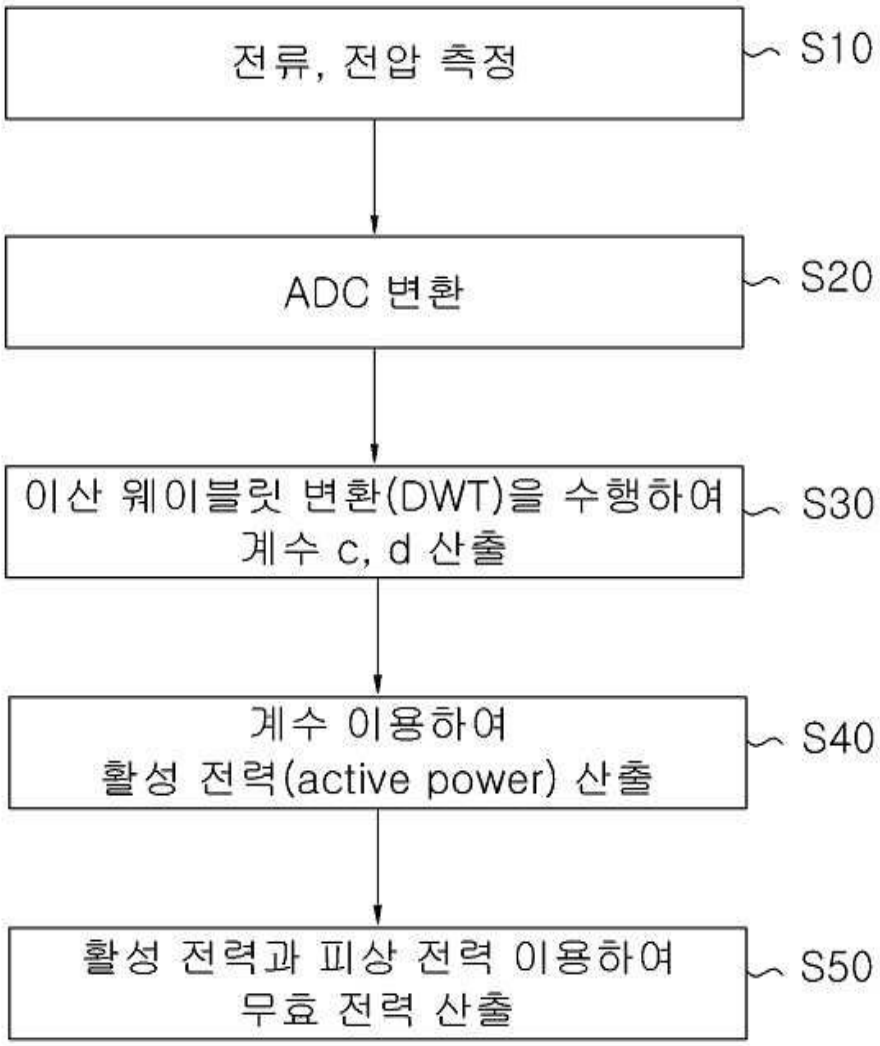
[0159] end

[0160] 상술한 본 발명에 따른 무효 전력 측정 방법은 컴퓨터로 읽을 수 있는 기록 매체에 컴퓨터가 읽을 수 있는 코드로서 구현되는 것이 가능하다. 컴퓨터가 읽을 수 있는 기록매체로는 컴퓨터 시스템에 의하여 해독될 수 있는 데이터가 저장된 모든 종류의 기록 매체를 포함한다. 예를 들어, ROM(Read Only Memory), RAM(Random Access Memory), 자기 테이프, 자기 디스크, 플래쉬 메모리, 광 데이터 저장장치 등이 있을 수 있다. 또한, 컴퓨터가 읽을 수 있는 기록매체는 컴퓨터 통신망으로 연결된 컴퓨터 시스템에 분산되어, 분산방식으로 읽을 수 있는 코드로서 저장되고 실행될 수 있다.

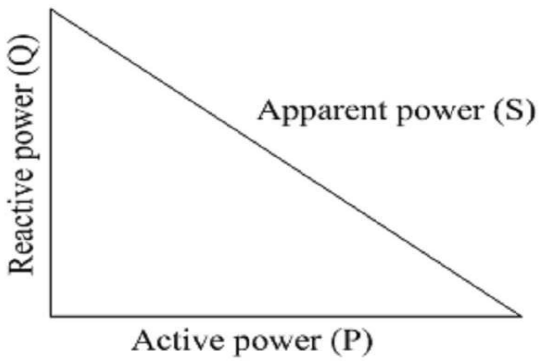
[0161] 또한, 상기에서는 본 발명의 바람직한 실시예를 참조하여 설명하였지만, 해당 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 하기의 특허 청구의 범위에 기재된 본 발명의 사상 및 영역으로부터 벗어나지 않는 범위 내에서 본 발명을 다양하게 수정 및 변경시킬 수 있음을 이해할 수 있을 것이다.

도면

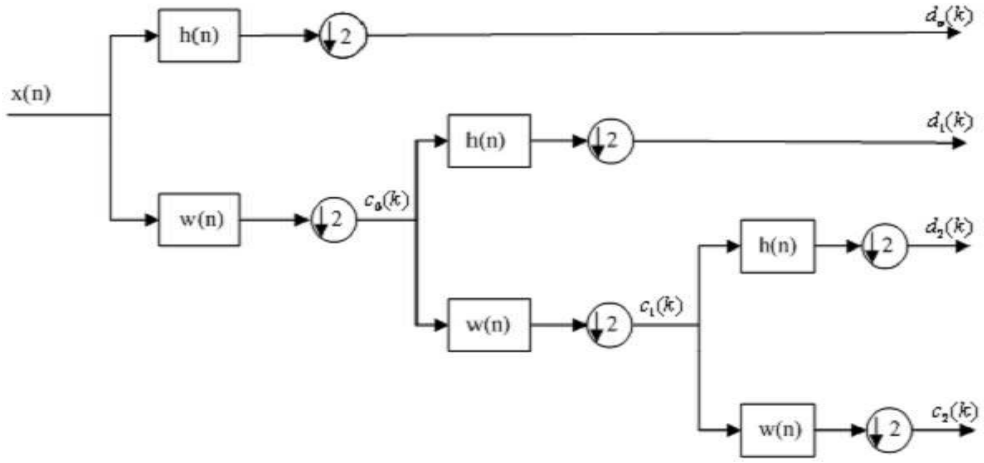
도면1


전류, 전압 측정
S10
ADC 변환
S20
이산 웨이블릿 변환(DWT)을 수행하여
계수 c, d 산출
S30
계수 이용하여
활성 전력(active power) 산출
S40
활성 전력과 피상 전력 이용하여
무효 전력 산출
S50

도면2


Reactive power (Q)
Apparent power (S)
Active power (P)

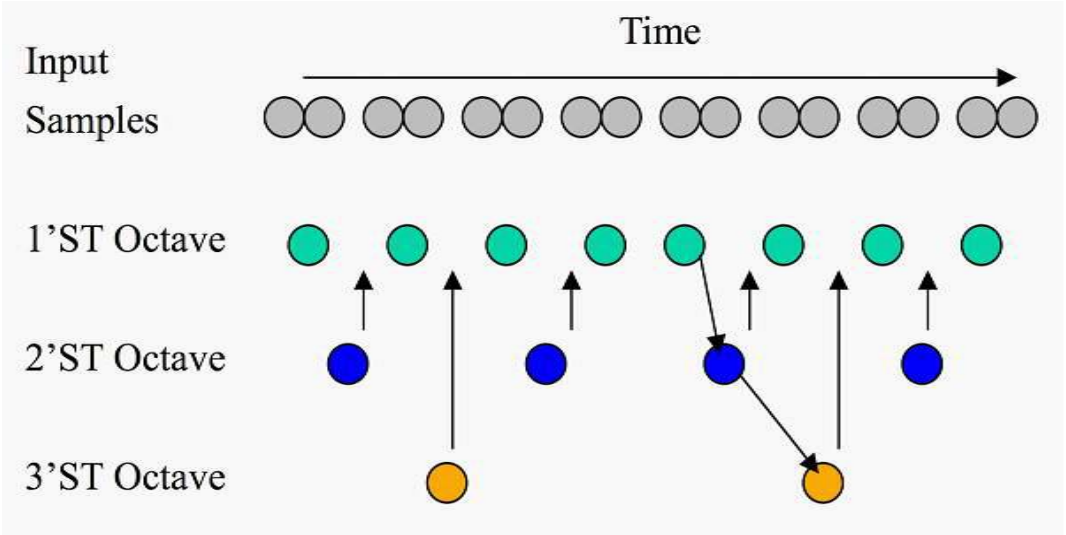
도면3



도면4

```
begin{Direct Pyramid}
    for( j=1 to J)
        for(n=1 to 2j-1)
            L[j,n] = Σ_{m=0}^{N_F-1} L[j-1, 2n-m]w[m]
            H[j,n] = Σ_{m=0}^{N_F-1} L[j-1, 2n-m]w[m]
end{Direct Pyramid}
```

도면5



도면6

```
begin{Recursive Pyramid}
    for(i=1 to N-1)
        rdwt(i, 1);
end{Recursive Pyramid}
rdwt(i, j)
begin{rdwt}
    if( i is odd)
        k=(i+1)/2
            L[j,k] = \sum_{m=0}^{N_F-1} L[j-1, 2n-m]w[m]
            H[j,k] = \sum_{m=0}^{N_F-1} L[j-1, 2n-m]w[m]
    else
        rdwt(i/2, j+1)
end{rdwt}
```