

RF 주파수대 고주파 신호검출을 위한 고속계측기 개발

박성미¹, 송광석², 박성준²
한국승강기대¹, 전남대²

Development of High-Speed Measuring Instrument for RF Frequency High Frequency Signal Detection

Seong Mi Park¹, Kwang Suk Song², Sung Jun Park²
Korea Lift College¹, Chonnam National University²

ABSTRACT

디지털 계측기는 전압 또는 전류 한주기에 대하여 여러 번 샘플링 하여 실효치를 구하고 위상은 전압영점에서 카운터를 시작하여 전류 영점에서 그 카운터의 값에 의해 전력을 구하는 것이 일반적이다. 그러나 계측대상 주파수가 샘플링 주파수와 유사한 경우 사실상 전력 계측이 불가능하게 되는 취약점을 안고 있다. 따라서 본 논문에서는 계측대상 주파수가 샘플링 주파수와 유사한 경우 샘플링 시프트 기능을 사용하여 계측하는 정규화 기법과 이를 이용하여 DFT를 사용하여 각 차수의 고조파 성분을 분석할 수 있는 알고리즘을 제안한다. 또한 제안된 방식을 Psim을 이용한 시뮬레이션을 통하여 그 타당성을 검증하였다.

1. 서론

일반적인 디지털 전력계측기의 계측은 계측대상 신호의 한주기에 대하여 여러 번 샘플링 하여 실효치를 구한다. 이러한 구조의 디지털 전압 전류계측은 계측대상 주파수가 증가함에 따라 한 주기 내에서 측정하는 횟수가 감소하여 계측 정도가 떨어지게 된다. 특히 계측대상 주파수가 샘플링 주파수와 유사한 경우 사실상 전력 계측이 불가능하게 되는 취약점을 안고 있다. 이를 극복할 수 있는 다양한 방법이 연구되어 특히 오실로스코프 사업영역에 활용되고 있다.^{[1][2]} 그러나 반도체 장비용으로 사용되는 클리너와 같은 RF 주파수 계측은 측정주파수가 정해진 계측용으로 일반 고가의 오실로스코프를 대응할 수 있는 계측장비 개발이 절실히 요구되고 있다. 따라서 본 논문에서는 특정 RF주파수용 신호를 계측할 수 있는 저가형 계측장비에 대한 개념을 제안한다.

2. 특정 주파수 RF 신호용 고속신호 검출원리

RF 신호와 같이 계측대상 주파수가 높아서 샘플링 주파수와 유사한 경우 등가 시간 샘플링에 의해 정확한 파형을 획득하는 연구가 활발히 이루어지고 있다. 등가 시간 샘플링은 주기적인 신호를 반복하여 일부정보를 계측하여 서로를 결합하므로 정확한 파형을 계측하는 기법이다. 등가 시간 샘플링기법은 크게 랜덤 등가시간 샘플링기법과 순차 등가시간 샘플링기법으로 구분되며, 순차 등가시간 샘플링기법이 랜덤 등가시간 샘플링기법보다 시간 분해능과 정확도 면에서 우수하다. 그림 1은 순차 등가샘플링을 이용한 고속신호 검출 블록도를 나타내고 있다.

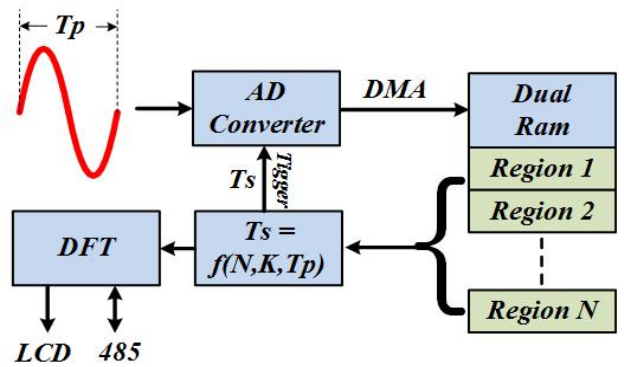


그림 1 등가샘플링을 이용한 고속신호 검출블록도

Fig. 1 The block diagram of high-speed signal detection using equivalent sampling

그림에서 AD 컨버터는 변환시간이 존재하고 변환된 값을 DMA 모드로 최대한 빨리 메모리에 저장하더라도 최소한의 시간이 필요하게 된다. 따라서 하드웨어에 따라 최소 샘플링 시간이 존재하게 된다.

$$T_s \geq T_{smin} \quad (1)$$

계측대상 한 주기에 N개의 데이터를 획득하게 되고 K개 순차 데이터를 획득한다면 파형 복원을 위한 총 데이터 수(Q)는 아래와 같다.

$$Q = N K = const. \quad (2)$$

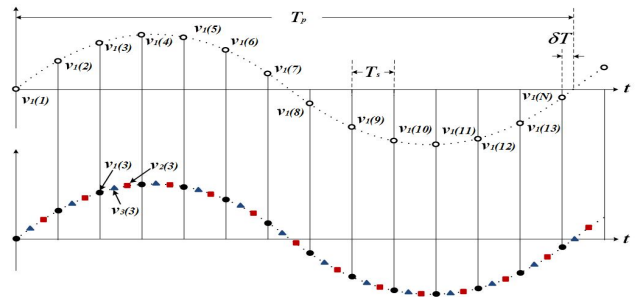


그림 2 3차 등가시간 샘플링을 이용한 고속신호 검출원리

Fig. 2 The detection principle of high-speed signal using cubic equivalent time sampling

본 논문에서는 DFT 수행의 정도와 간략화를 위해 총 취득 데이터 수를 일정하게 하였다. 그림 2는 AD가 원 신호 한주기에 14번 계측할 수 있는 샘플링을 가진 경우 3차 등가 샘플링을 행한 경우를 도식화한 것이며, 3차 등가시간 샘플링을 이용한 고속신호 검출원리를 나타내고 있다. 원형 데이터는 1차 샘플링 데이터이며 삼각형 데이터는 2차 샘플링 데이터이고 사각형 데이터는 3차 샘플링 데이터이다. 3차 등가 샘플링 데이터를 정렬한 결과 원 신호 한주기에 42개의 데이터를 취득하여 원 신호와 가까워짐을 알 수 있다. 본 데이터 취득방법에서 고속으로 총 Q개 데이터를 취득하기 위한 샘플링 시간 설정이 매우 중요하다. 우선 고속 데이터 취득을 위해서 원 신호 한주기에 계측할 수 있는 데이터 수는 아래식과 같이 정의된다.

$$N = \text{int}\left(\frac{T_p}{T_s}\right) \quad (3)$$

AD 데이터 N개 취득 후 계측신호와 위상 시간차는 아래(4)와 같다.

$$\delta T = T_p - N T_s \quad (4)$$

K차 등가 시간 샘플링을 갖기 위한 계측신호와 위상시간 차는 아래(5)와 같이 정의된다.

$$K = \frac{T_s}{\delta T} \quad (5)$$

식 (4)와 식 (5)로부터 K차 등가 시간 샘플링을 갖기 위한 샘플링 시간은 아래 식 (6)으로 정해진다.

$$T_s = \frac{T_p}{N + \frac{1}{K}} \quad (6)$$

따라서 계측신호 주기에 대하여 식 (6)과 같은 샘플링 주기를 갖고 데이터를 취득하면 K차 등가 시간 샘플링을 구현 할 수 있다. 반도체 장비용 클리너용 전력변환기는 RF 발생주파수가 일정하며 이 경우 식 (6)의 계측신호의 주기를 계측할 필요가 없이 계측신호 한 주기에 대한 총 취득 데이터 수가 정해지면 간단히 샘플링 주기를 설정할 수 있다.

3. 시뮬레이션 결과

그림 3은 제안된 방식의 타당성을 검증하기 위한 Psim 시뮬레이션 회로도이다. 전원주파수는 100[kHz]로 설정하였고 플라즈마 특성과 비슷하게 전류는 3고조파 성분을 10[%] 주입하였다.

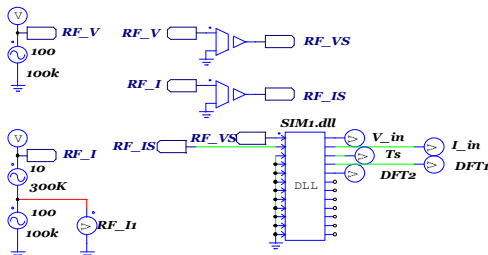
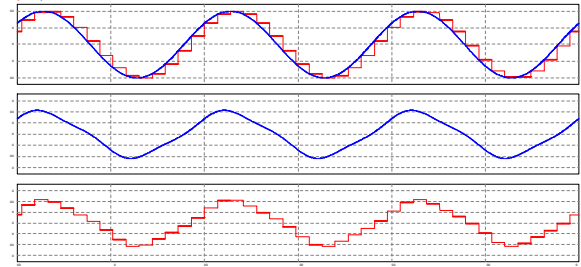
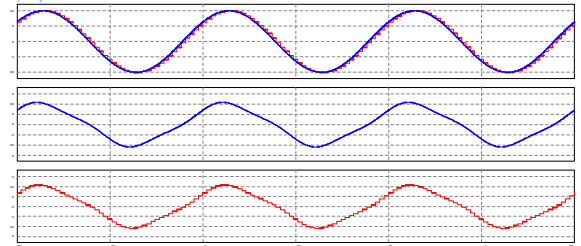


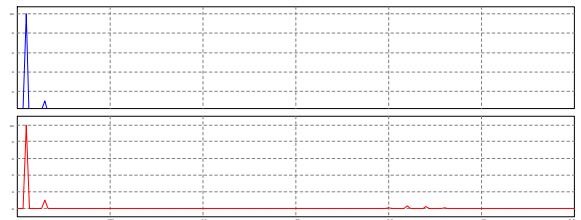
그림 3 시뮬레이션 회로도
Fig. 3 Simulation circuit diagram



(a)



(b)



(c)

그림 4 시뮬레이션 결과

Fig. 4 Simulation result

그림 4는 제안된 방식의 시뮬레이션 결과이다. 본 결과는 원 신호 한주기에 14번 계측할 수 있는 샘플링을 가진 경우 3차 등가 샘플링을 행한 경우이다. 그림 (a)는 원 전압 및 전류 신호와 한주기에 14번 계측신호를 나타내고 있으며, 그림 (b)는 3차 등가 샘플링하여 복원한 신호이며, 그림 (C)는 복원한 신호의 DFT결과이다. 그림에서 알 수 있듯이 복원된 신호는 원 신호 기본파 신호와 고조파 신호와 거의 일치함을 알 수 있다.

4. 결론

본 논문에서는 RF 발생기와 같이 전원 주파수가 일정한 고주파 신호를 검출하기 위해 등가 시간 샘플링기법을 적용하였으며 그 구성을 간략화하여 경제적인 면과 사이즈면에서 유리한 고속 계측기를 제안하였다. 본 기법은 주파수가 일정한 높은 주파수 계측이 활용될 것으로 사료된다.

참고 문헌

- [1] Singerl, P., and Koepl, H.: "Volterra Kernel Interpolation for System Modeling and Predistortion Purposes", in Proc. ISSCS 2005, pp.251-254, Iasi, Romania, 2005.
- [2] J. Tsimbinos, and K. V. Lever, "Sampling frequency requirements for identification and compensation of nonlinear systems," in Proc. ICASSP, vol. III, pp.513-516, Adelaide, US, 1994.