

저역통과 FIR필터를 이용한 저잡음 전류 센서 구현

김정환* · 이성진* · 최용건* · 한성계* · 권세익* · 김남호*

*부경대학교 공과대학 제어계측공학과

Implementation of Low Noise Current Sensor using Low Pass FIR Filter

Jeong-Hwan Kim* · Seong-Jin Lee* · Yong-geon Choi* · Seong-Gye Han* · Se-Ik Kwon* · Nam-Ho Kim*

*Dept. of Control and Instrumentation Eng. Pukyong National University

E-mail : nhk@pknu.ac.kr

요 약

전력의 효율적인 사용과 전기 안전(electrical Safety)을 위한 전류 측정에 대한 요구가 늘고 있다. 이에 전류 센서가 사용되며, 특히 홀 효과(hall effect)를 이용하여 회로를 차단하지 않고 전류를 측정할 수 있는 비접촉식 전류 센서가 많이 사용되고 있다. 하지만 이러한 전류 센서에는 다양한 잡음 등의 유입으로 인하여 전류 센서의 정확한 측정을 방해한다. 본 논문은 기존의 전류 센서에 저역통과 FIR필터를 사용하여, 보다 잡음에 강인한 전류 센서를 제안한다. 전류 센서의 출력단에 일정 주파수 이상의 영역을 차단하는 FIR필터를 설계하여 외부 잡음 등을 제거하였으며, 그 결과 기존 전류 센서 보다 정확하고 정밀한 측정을 할 수 있었다.

ABSTRACT

The needs of efficient electricity use and current measurement for electrical safety have been increased. Hence, the current sensor is used, especially non-contact current sensor which can measure the current without blocking the circuit using hall effect. However, the accurate measuring of the current sensor is inhibited due to the inflow of various noises in this current sensor. In this article, a stronger current sensor against the noise is proposed using low pass FIR filter to the existing current sensor. FIR filter was designed to block the range over the certain frequency at the output of the current sensor to eliminate the external noises, and so on. As a result, more accurate and close measurements were possible.

키워드

잡음 제거, 전류 센서, 저역통과 FIR필터

I. 서 론

전력의 효율적인 사용과 전기 안전(electrical safety)을 위한 전류 측정에 대한 요구가 증가하고 있다. 이에 전류 센서가 사용되며, 특히 홀 효과(hall effect)를 이용하여 회로를 차단하지 않고 전류를 측정할 수 있는 비접촉식 전류 센서가 많이 사용되고 있다. 하지만 이러한 전류 센서는 다양한 잡음 등의 유입으로 인하여 정확한 전류를 측정하는데 어려움이 있다.

따라서, 본 논문에서는 기존의 전류 센서에 저역통과 FIR필터(low-pass FIR filter)를 사용하여,

보다 잡음에 강인한 전류 센서를 제안한다. 전류 센서의 출력단에 일정 주파수 이상의 영역을 차단하는 FIR필터를 설계하여 원신호보다 높은 주파수의 잡음을 제거할 수 있도록 하였다. 잡음제거 성능 판단을 위해 가정용 전열기와 전동 드릴을 모델로 잡음의 크기에 따른 실험을 진행하였으며 필터 처리 전 신호와 처리 후 신호를 비교하였다.

II. 저잡음 전류 센서 구현

2.1 전류 센서

전류 센서란 교류 전류 및 직류 전류를 감지하는 센서를 의미한다. 전류를 감지하는 방법에는, 도넛 모양의 자심(磁心)을 사용하여 1차 및 2차 코일을 자심에 감아 2차 전류를 측정함으로써 1차 전류를 감지하는 변류기(current transformer) 방식과, 홀 효과(hall effect)를 이용하여 전류에 의하여 생기는 자계(magnetic field) 속에 홀 소자를 설치하여 홀 전압을 측정함으로써 자계의 강도 즉 전류의 강약을 감지하는 홀 소자 방식, 그리고 전류의 대소로 용단(fusing)하는 시간이 다른 퓨즈 방식 등이 있으며 본 논문에서는 홀 효과를 이용한 홀 소자 방식의 전류센서를 사용하였다.

홀 효과란 전류를 직각방향으로 자계를 가했을 때 전류와 자계에 직각인 방향으로 기전력이 발생하는 현상을 말한다.

x 방향으로 전류 I_x 가 흐르는 가느다란 금속 또는 반도체 판에 수직으로 자계 H_z 를 작용시키면 H_z , I_x 에 수직인 방향으로 기전력 E_y 가 발생하고, 이 방향으로 전위차가 나타난다. 이것을 홀효과 또는 전류자기효과(current galvanomagnetic)라 한다. I_x , H_z 가 모두 작을때 E_y 는 I_x , H_z 에 비례하며, 그 비례정수를 홀계수라고 하며 수식은 다음과 같다.

$$R_H = E_y / (I_x H_z) \quad (1)$$

판두께를 t [M], 홀전압을 V_H [V], 전류를 I [A], 자석밀도를 B [wb/m²]로 하면 앞의 식은 다음과 같다.

$$R_H = tV_H / (IB) \times 10^2 [m^3/C] \quad (2)$$

홀계수는 캐리어 밀도(carrier concentration)에 역비례 하며 물질의 종류와 온도 등에 영향을 받는다. 여기서 캐리어 밀도란 확률 통계의 이론을 연장하여 풀어서 얻어진 값으로 페르미 분포함수의 E_f 는 다른 모든 변수가 고정된 상태에서 입자 개수의 변화에 대한 에너지의 변화치를 의미한다[1].

2.2 잡음

본 논문에서는 가정에서 흔히 사용되는 전열기와 전동 드릴을 모델로 실험을 하였다. 전열기는 대부분 저항성분인 열선으로 이루어져 있어 전류를 측정하면 비교적 잡음이 적게 나타나고 전동 드릴의 경우 큰 모터 때문에 비교적 잡음이 크게 나타난다[2].

2.3 저역통과 필터(low-pass filter)

본 논문에서 사용한 필터는 차단주파수(f_c)보다

낮은 주파수의 신호는 통과시키며 차단주파수보다 높은 신호는 차단하는 저역통과필터(low-pass filter)이다.

저역통과필터의 입출력 특성은 다음과 같다[3-4].

$$V_o = \frac{-j \frac{1}{wC}}{R - j \frac{1}{wC}} V_i = \frac{1}{1 + jwRC} V_i \quad (3)$$

여기서 $w = 2\pi f$ 이므로 다음과 같다.

$$\frac{1}{1 + j2\pi fRC} V_i = \frac{1}{1 + j \frac{f}{\frac{1}{2\pi RC}}} V_i = \frac{1}{1 + j \frac{f}{f_c}} V_i \quad (4)$$

주파수에 따른 저역통과필터의 전압이득은 다음과 같다.

$$\frac{V_o}{V_i} = \frac{1}{1 + j \frac{f}{f_c}} \quad (5)$$

전압 크기의 이득은 다음과 같다.

$$\frac{|V_o|}{|V_i|} = \frac{1}{\sqrt{1 + (\frac{f}{f_c})^2}} \quad (6)$$

이에 필요한 차단 주파수는 다음과 같다.

$$f_c = \frac{1}{2\pi RC} [Hz] \quad (7)$$

위 내용을 기초로 하여 저역통과 FIR필터를 설계하였다. 원신호는 통과시키고 잡음에 해당하는 영역의 주파수는 차단할 수 있는 적절한 주파수를 차단 주파수로 하는 필터를 설계하였다. 보통 가정에서 사용하는 전류의 주파수는 60Hz이므로 본 논문에서는 차단주파수를 100Hz로 하여 저역통과 FIR필터를 설계 하였다.

2.4 알고리즘

본 논문에서는 저잡음 전류센서를 구현하기 위해 일정 주파수 이상의 영역을 차단하는 저역통과 FIR필터를 사용하여 잡음을 제거하는 알고리즘을 제안한다.

전기기기의 사용전류를 전류센서로 측정하고 그 측정된 신호를 설계한 저역통과FIR필터를 이용하여 필터 처리를 한다.

본 논문의 실험에서는 가정에서 사용하는 전열기와 전동 드릴을 이용하여 실험을 하였다. 전류센서로 두 기기의 사용 전류를 측정하고 그 측정

한 파형을 스코프를 통해 확인한다. 또한 원신호를 설계한 필터로 처리한 후 스코프로 필터 처리된 신호를 확인하고 필터 처리 전후의 신호를 비교하여 필터의 성능을 판단한다.

III. 시뮬레이션 및 실험 결과

본 논문에서는 구현한 저잡음 전류 센서의 필터의 성능을 평가하기 위해, 가정에서 사용하는 전기기기를 이용하여 측정 전류의 잡음이 크고 작은 경우 모두 필터링이 이루어지는지 확인하였다. 잡음이 작은 가정용 전열기와 비교적 잡음이 큰 전동 드릴을 이용하여 전류 센서로 두 기기의 사용 전류를 측정하고 필터링 전후 신호를 비교하였다.

그림 1과 2는 전류센서로 두 전기기기의 사용 전류를 측정하고 그 측정값에 해당하는 데이터를 MATLAB에서 설계한 Low-Pass FIR필터를 이용하여 필터링한 시뮬레이션 결과이다.

그림 1에서 (a)는 전류 센서로 측정한 가정용 전열기의 전류 파형이고, (b)는 (a)의 신호를

MATLAB상에서 설계한 필터로 필터 처리 시뮬레이션 한 신호이다.

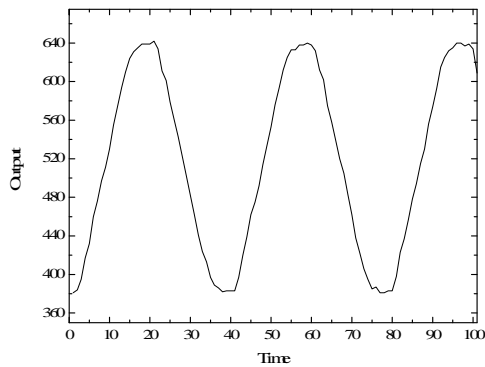
그림 2에서 (a)는 전류 센서로 측정한 전동드릴의 전류 파형, (b)는 (a)의 신호를 MATLAB상에서 설계한 필터로 필터 처리 시뮬레이션 한 신호이다.

MATLAB 시뮬레이션 결과, 잡음이 작은 가정용 전열기 실험의 경우 필터링 후 진폭의 변화 없이 잡음이 제거 되는 것을 확인하였고, 잡음이 큰 전동 드릴 실험의 경우도 필터링 후 잡음이 제거 된 결과가 나타났다.

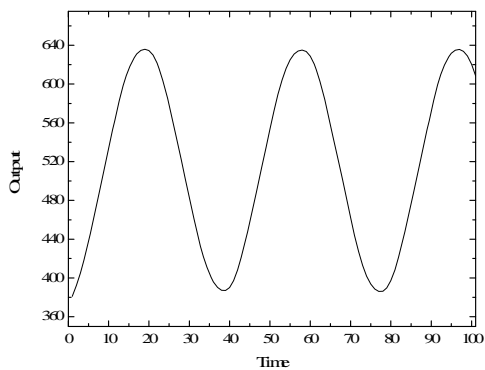
그림 3은 실제 두 전기기기의 사용 전류와 필터링 후의 파형을 오실로스코프로 측정한 것이다.

그림 3에서 (a)는 가정용 전열기의 측정 전류파형(위)과 필터 처리 후의 파형(아래)이고, (b)는 마찬가지로 전동드릴의 측정 전류 파형(위)과 필터 처리 후의 파형(아래)이다.

실제 오실로스코프로 파형을 측정한 결과, MATLAB 시뮬레이션 결과와 유사하게 원 신호의 잡음이 크고 작은 경우 모두 잡음이 제거되는 우수한 결과가 나타났다.

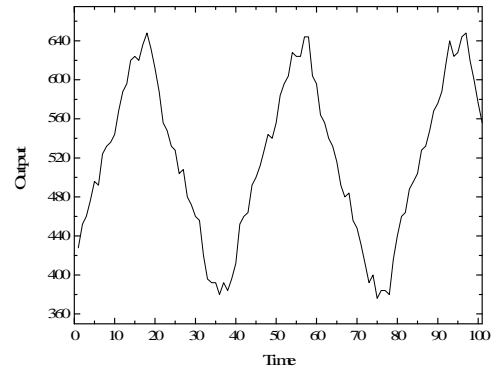


(a) Noise signal

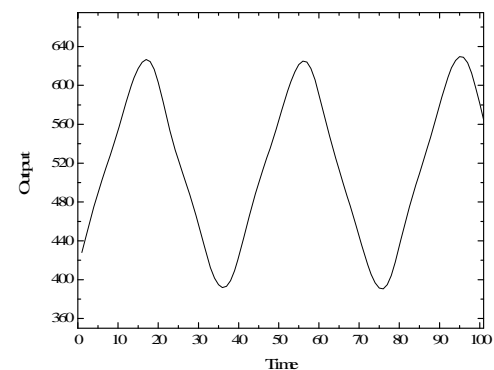


(b) Filtering signal

Fig. 1. Simulation result(heater).

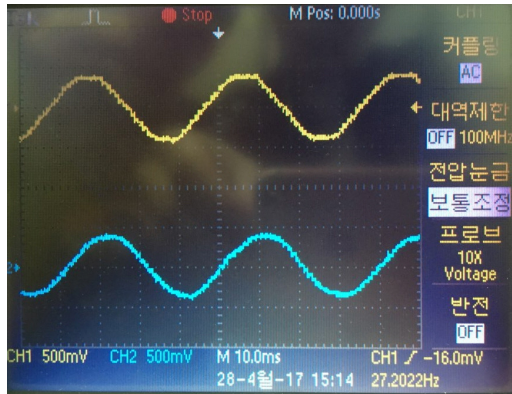


(a) Noise signal

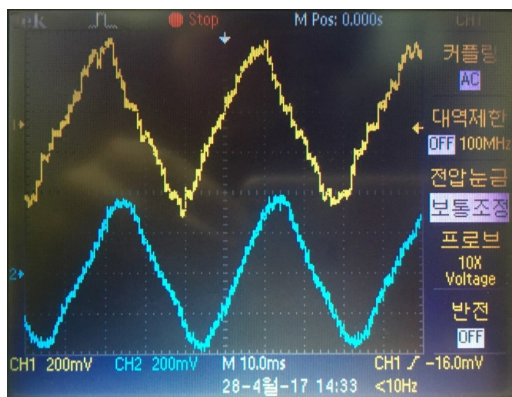


(b) Filtering signal

Fig. 2. Simulation result(drill).



(a) Wave form(heater)



(b) Wave form(drill)

Fig. 3. Measured wave form

IV. 결 론

본 논문에서는 잡음에 강인한 전류센서를 구현하기 위하여, 일정 주파수 이상의 영역을 차단하는 저역통과 FIR필터를 사용하여 잡음을 제거하는 알고리즘을 제안하였다.

시뮬레이션 및 실험 결과, 전기기기의 특성 따라 잡음이 크고 작은 것이 나타났으며, 필터링 후 잡음이 큰 경우와 작은 경우 모두 우수하게 잡음이 제거 되었다.

따라서 본 논문에서 구현한 저잡음 전류센서는 전류의 정확하고 정밀한 측정이 요구되는 전력 측정시스템에 유용하게 사용될 것이라 사료된다.

ACKNOWLEDGMENTS

This work was supported by the Brain Busan 21 Project in 2017.

참고문헌

- [1] Harald Ibach and Hans Luth, Solid-state physics, scitech, 456 ~ 458, 2009.
- [2] M. Morimoto , Recent Advances of Reluctance Motors , IEEE Trans. IA 119 (10), 1145 ~ 1148, 1999.
- [3] Alasdair McAndrew , digital video processing, 한티미디어 , 2016
- [4] Bernard Sklar , digital communication engineering, 교보문고 ,1262~1263, 2003.