

Three Shunt Resistor를 이용한 향상된 상전류 피드백 방법

신승민*, 이병국*, 박래관**
성균관대학교 정보통신공학부*, 에이디티**

Improved Phase Current Feedback Method Using Three Shunt Resistor

Seung Min Shin*, Byoung Kuk Lee*, Rae Kwan Park**
School of Information & Communication Engineering, SungKyunKwan University*, ADT**

ABSTRACT

본 논문에서는, 동기 전동기 구동을 위해 세 개의 Shunt Resistor를 이용하여 전류를 피드백 받는 방법에 대하여 분석한다. 특히 세 개의 Shunt Resistor를 이용하여 전류를 피드백 받는 경우 인버터 출력 전압의 크기에 따라 피드백 받은 상전류 정보의 왜곡이 발생하는 문제점에 대하여 분석하고 이를 해결하기 위한 새로운 방법을 제안하며, 실험 결과를 통하여 검증한다.

1. 서론

AC 전동기의 제어를 위해서는 전류의 빠른 응답 특성과 정확한 전류 피드백이 요구된다. 이를 위해 Close Loop Control 시 전류 센서를 이용하여 연속적인 상전류를 피드백 받는다. 상전류를 피드백 받는 방법에는 홀 CT (Current Transducer)를 이용하는 방법과 Shunt Resistor를 이용하는 방법이 있다. 삼상 인버터의 구동을 위해 홀 CT를 이용하여 전류를 피드백 받는 방법은 모터의 속도에 관계없이 안정적으로 상전류 정보를 얻는 것이 가능하지만, 저 용량 낮은 가격의 드라이브 구현 시 가격, 부피 등의 문제가 있다. 가격과 사이즈를 줄여 낮은 가격의 드라이브 구현을 위해 제안된 방법은 Shunt Resistor를 이용하여 상전류 정보를 피드백 받는 방법이다.

Shunt Resistor를 이용하여 상전류 정보를 피드백 받는 방법은 앞선 연구를 통하여 두 가지 방법이 제안되었다. DCN (DC Link Negative)에 하나의 Shunt Resistor를 연결하여 상전류 정보를 피드백 받아오는 방법과 세 개의 Shunt Resistor를 아랫단 스위치의 Emitter와 DC Link Ground 사이에 연결하여 상전류 정보를 피드백 받아오는 방법이 있다. 하나의 Shunt Resistor를 이용하는 방법은 DC Link에 흐르는 전류 정보를 PWM 패턴에 따라 상전류 정보로 재구성 하는 방법이다. 세 개의 Shunt Resistor를 이용하는 방법은 아랫단 스위치가 모두 OFF 되는 Zero Vector (000) 구간에서 Shunt Resistor에 발생하는 전압강하를 통하여 상전류 정보를 얻는 방법이다^[1].

세 개의 Shunt Resistor를 이용하여 상전류를 피드백 받아오는 방법은 모터의 속도가 고속이라 인버터 출력 전압 값이 높은 경우 Zero Vector (000)의 유지 시간이 짧아 상전류 정보를 올바르게 피드백 받아올 수 없는 구간이 존재한다. 이 부분에서 잃어온 상전류 정보로 모터를 제어할 때 오동작을 일으킬

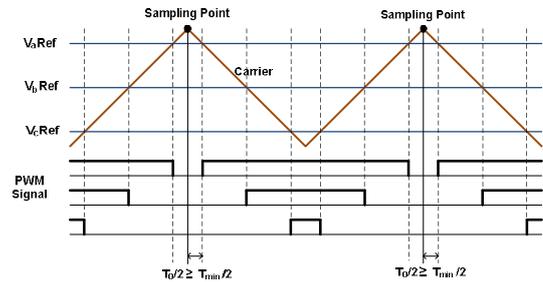


그림 1 Zero Vector (000)의 최소 유지 시간

수 있기 때문에 올바른 상전류 정보를 얻을 수 있는 제한된 출력 전압 영역까지만 모터 제어에 이용되어 지고 있다.

본 논문에서는 세 개의 Shunt Resistor를 이용하여 상전류 정보를 읽어오는 경우 발생하는 문제점과 원인을 분석하고, 이를 해결할 수 있는 새로운 상전류 피드백 방법을 제안한다. 그리고 실험 결과를 통하여 제안된 알고리즘의 타당성을 검증한다.

2. 본론

2.1 제한 사항

아랫단 스위치의 Emitter와 DCN 사이에 연결된 Shunt Resistor를 이용하여 상전류 정보를 얻는 방법은 그림 1과 같이 Zero Vector (000)의 유지 시간이 적어도 식 1보다 길어야 한다는 제한이 있다.

$$T_{min} = T_{ad} + T_{rs} + T_{opamp} \quad (1)$$

여기서,

T_{ad} : Analog to Digital Conversion Time

T_{rs} : Power Switch Rising and Settling Time

T_{opamp} : 증폭, Level Shift를 위한 OP AMP 회로의 Time Delay

SVPWM 으로 인버터 출력 전압 제어 시 최대 출력 전압에서 T_{min} 을 확보하기 위한 전압 차이는 식 2와 같다.

$$V_{dif} = \frac{2V_{dc}f_s T_{min}}{\sqrt{3}} \quad (2)$$

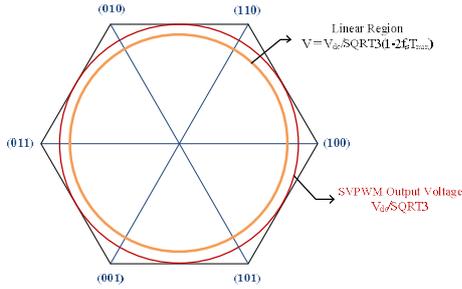


그림 2 세 상의 상전류 정보 모두 획득 가능 영역

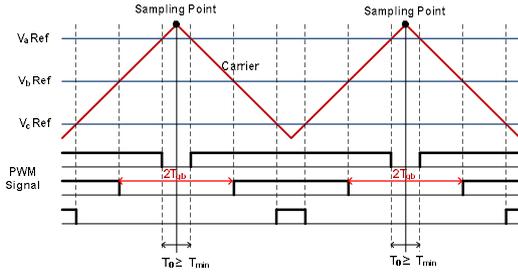


그림 3 두 상의 상전류 정보 획득을 위한 T_{gb}

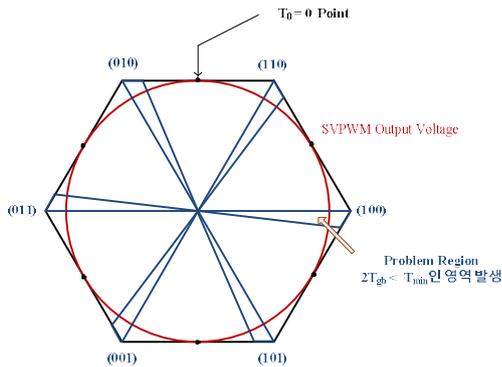


그림 4 한상의 상전류 정보만 획득하는 영역

1.2 문제영역

세 개의 Shunt Resistor를 이용하여 상전류 정보를 피드백 받을 때 인버터의 출력 전압의 크기에 따라 세상의 상전류 정보를 모두 획득 가능한 영역, 두상의 상전류 정보를 획득 가능한 영역, 한상의 상전류 정보만 획득 가능한 영역으로 나누어진다.

그림 2에서 식 3의 전압 영역을 만족하는 작은 원 영역에서는 세 상의 상전류 정보 모두를 피드백 가능하다. 그림 3에서는 $2 \times T_{gb}$ 값이 상전류 정보 획득을 위한 최소 요구 시간보다 크다면 적어도 두 상의 상전류 정보를 획득 가능하며, 식 4는 $2 \times T_{gb}$ 가 최소 요구 시간보다 크기위한 전압기준이다. 식 5를 만족하는 전압 영역에서는 두상의 상전류 정보를 획득 가능한 영역과 한상의 상전류 정보만 획득 가능한 영역이 발생한다. 그림 4에서 표시한 Problem Region에서는 $2 \times T_{gb}$ 값이 최소 요구 시간보다 작아서 한상의 상전류 정보만 획득 가능하고, 나머지 영역에서는 두 상의 상전류 정보를 획득 가능하다.

$$V \leq \frac{V_{dc}}{\sqrt{3}}(1 - 2f_s T_{min}) \quad (3)$$

$$|V^*| \leq \frac{2}{3} V_{dc} (1 - 2T_{min} f_s) \quad (4)$$

$$\text{최대 출력 상전압} \geq |V^*| \geq \frac{2}{3} V_{dc} (1 - 2T_{min} f_s) \quad (5)$$

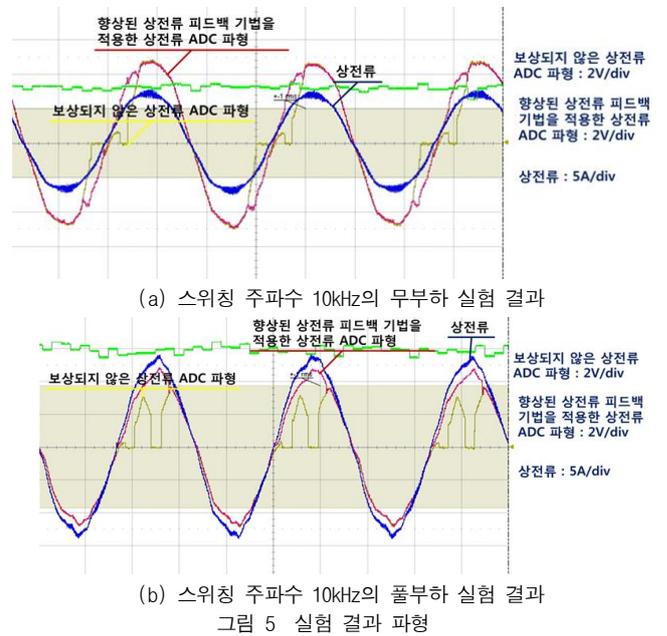
1.3 Offset을 이용한 항상된 상전류 피드백 기법

두 상의 상전류 정보를 받을 수 있는 식 6의 전압 영역에서는 식 7을 이용하여 나머지 한상의 상전류 정보를 합성해 주었다. 한 상의 상전류 정보만 획득 가능한 영역에서는 나머지 두 상의 상전류 정보를 획득하기 위해 삼상의 전압 정보에 같은 크기의 Offset을 주어 최소 요구 시간을 확보하였다.

$$\frac{V_{dc}}{\sqrt{3}}(1 - 2f_s T_{min}) \leq V \leq \frac{2}{3} V_{dc} (1 - 2T_{min} f_s) \quad (6)$$

$$I_a + I_b + I_c = 0 \quad (7)$$

1.4 실험 결과



(a) 스위칭 주파수 10kHz의 무부하 실험 결과
그림 5 실험 결과 파형

보상되지 않은 ADC (Analog Digital Conversion) 파형이 항상된 상전류 기법을 사용하면 실제 상전류 파형과 거의 같은 ADC 파형이 생성되는 것을 확인할 수 있다.

3. 결론

본 논문에서는 동기 전동기 구동을 위해 Three Shunt Resistor를 이용하여 상전류를 피드백 받는 경우 잘못된 상전류 정보를 피드백 받는 문제점과 전압별로 잘못된 상전류 정보를 받아오는 영역을 구분하였다. 또한 이러한 문제점을 해결하기 위해 상전류 합성법과 Offset을 이용한 새로운 상전류 피드백 방법을 제시하였으며, 실험을 통하여 검증하였다.

참고 문헌

- [1] S. Chi, X. Wang, Y. Yuan, Z. Zhang and L. Xu, "A current reconstruction scheme for low cost PMSM drives using shunt resistors," APEC2007 Twenty Second Annual IEEE, PP. 1701 1706, 2007.