

Modified ST-DTC를 이용한 유도전동기의 토크리플 비교

최유현, 한정호, 이영일, 송중호
서울과학기술대학교

Comparative Study of Torque Ripple in Induction Motor Driven by Modified ST-DTC

Choi Yuhyon, Han Jungho, Youngil Lee, Song Joongho
Seoul National University of Science and Technology

ABSTRACT

기존의 ST DTC는 하나의 유효 전압 벡터를 인가하여 그 결과 높은 토크 리플이 생기는 단점을 가지고 있다. 이러한 단점을 해결하기 위해 Modified ST DTC 기법이 제안되었다. 따라서 본 논문은 Modified ST DTC 기법 중 유효 전압 벡터와 제로 벡터를 인가하는 방법과 인접한 두 유효 전압 벡터를 합성한 중간 전압 벡터를 인가하는 방법을 비교한다.

1. 서론

ST DTC를 이용한 유도 전동기 운전에 기본 원리는 히스테리시스 비교기를 이용하여 제어 오차가 최소화되도록 하는 스위칭 테이블을 통해 6개의 유효 전압 벡터와 2개의 제로 벡터 중 하나를 선택하여 고정자 자속과 토크를 동시에 제어한다. 이 방식은 스위칭 테이블을 사용하여 인버터 스위칭 상태를 선택하기 때문에 빠른 토크 응답속도를 제공한다. 하지만 하나의 전압 벡터를 인가하는 기존의 ST DTC는 높은 토크 리플이 생기는 단점을 가지고 있다.^[1]

이러한 단점을 극복하기 위한 방식 중 토크 에러 크기에 따라 히스테리시스 비교기의 레벨을 추가하고 합성된 유효 전압 벡터를 사용하여 토크 리플을 감소시키는 Modified ST DTC 기법이 제안되었다.^[2]

본 논문은 Modified ST DTC 기법 중 유효 전압 벡터와 제로 벡터를 합성한 절반(half) 전압 벡터를 사용하는 기법과 인접한 두 개의 유효 전압 벡터를 합성한 중간(intermediate) 전압 벡터를 사용하는 기법 이 두 가지 기법의 토크 리플을 비교한다.

2. Modified ST-DTC

2.1 절반 벡터를 이용한 ST-DTC

그림 2는 6개의 유효 전압 벡터와 6개의 절반 벡터 그리고 2개의 제로 벡터의 스위칭 상태와 5 레벨 토크 비교기를 보여준다.

절반 벡터는 6개의 유효 전압 벡터와 제로 벡터를 각각 50%씩 사용하여 만든다. 자속 비교기는 기존의 ST DTC와 같고 토크 비교기는 5 레벨 비교기로 대체된다. 표 1은 고정자 자속이 섹터 1에 위치하였을 때 절반 벡터를 사용한 Modified

ST DTC의 스위칭 테이블을 보여준다.

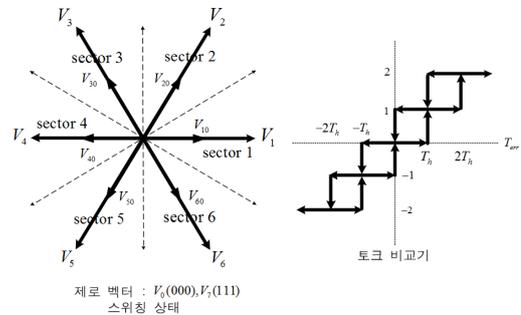


그림 2 절반 벡터를 이용한 인버터 스위칭 상태와 토크 비교기

Fig. 2 Definition of switching states using half vector and torque comparator

표 1 절반 벡터를 사용한 Modified ST-DTC의 스위칭 테이블

Table 1 Switching table of Modified ST-DTC using half vector

자속 신호	토크 신호	전압 벡터	자속 신호	토크 신호	전압 벡터
1 (증가)	2 (큰 증가)	V_2	0 (감소)	2 (큰 증가)	V_3
	1 (작은 증가)	V_{20}		1 (작은 증가)	V_{30}
	0 (변화 없음)	V_0, V_7		0 (변화 없음)	V_0, V_7
	-1 (작은 감소)	V_{60}		-1 (작은 감소)	V_{50}
	-2 (큰 감소)	V_6		-2 (큰 감소)	V_5

5 레벨 토크 비교기를 통해 토크 에러가 $T_{err} \geq 2T_h$ 이면 유효 전압 벡터를 사용하고 토크 에러가 $0 \leq T_{err} \leq 2T_h$ 이면 절반 벡터를 사용한다. 제로 벡터는 토크 에러가 $-T_h \leq T_{err} \leq T_h$ 일 경우 사용한다.

2.2 중간 벡터를 이용한 ST-DTC

그림 3은 6개의 유효 전압 벡터와 6개의 중간 벡터의 스위칭 상태와 4 레벨 토크 비교기를 보여준다.

중간 벡터는 두 개의 인접한 유효 전압 벡터를 각각 50%씩 사용하여 만든다. 자속 비교기는 기존의 ST DTC와 같고 토크 비교기는 4레벨 비교기로 대체된다. 표 2는 고정자 자속이 섹터 1에 위치하였을 때 중간 벡터를 사용한 Modified ST DTC의 스위칭 테이블을 보여준다.

본 논문의 시뮬레이션에서 보인 일반적인 ST DTC 스위칭

상태 테이블과 토크와 자속 히스테리시스 비교기는 참고 문헌 [1] 참고한다.

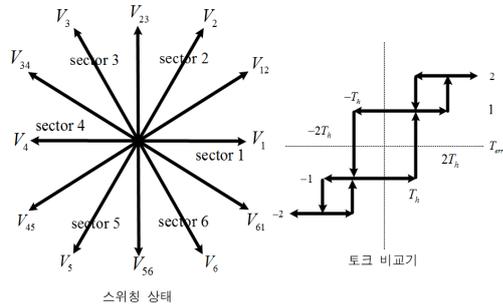


그림 3 중간 벡터를 이용한 인버터 스위칭 상태와 토크 비교기
Fig. 3 Definition of switching states using intermediate vector and torque comparator

표 2 중간 벡터를 사용한 Modified ST-DTC 의 스위칭 테이블
Table 2 Switching table of Modified ST-DTC using intermediate vector

자속 신호	토크 신호	전압 벡터	자속 신호	토크 신호	전압 벡터
1 (증가)	2 (큰 증가)	V_2	0 (감소)	2 (큰 증가)	V_3
	1 (작은 증가)	V_{12}		1 (작은 증가)	V_{34}
	-1 (작은 감소)	V_{61}		-1 (작은 감소)	V_{45}
	-2 (큰 감소)	V_6		-2 (큰 감소)	V_5

3. 시뮬레이션

Modified ST DTC의 성능 확인을 위하여 PSIM을 이용한 시뮬레이션을 수행한다. 시뮬레이션 파라미터는 표 3과 같다.

표 3 시뮬레이션 파라미터
Table 3 Simulation parameter

고정자 저항	1.77Ω
회전자 저항	1.215Ω
고정자 자기 인덕턴스	$7mH$
회전자 자기 인덕턴스	$8mH$
자화 인덕턴스	$150mH$
극	4
샘플링 시간	$100\mu s$
토크 히스테리시스 밴드	$0.4n.m$
자속 히스테리시스 밴드	$0.002wb$

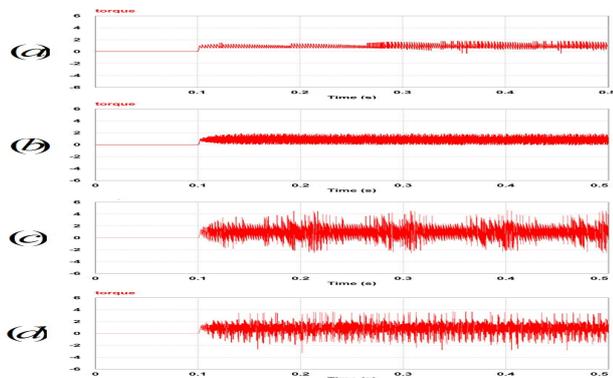


그림 4 DTC 기반 유도 전동기 구동 시뮬레이션 (a),(b) 40RPM과 800RPM에서 절반 벡터를 사용한 Modified ST-DTC (c),(d) 40RPM과 800RPM에서 중간 벡터를 이용한 Modified ST-DTC

Fig. 4 Simulation torque waveform of DTC based induction motor drive (a),(b) Modified ST-DTC using half vector for 40RPM and 800RPM (c),(d) Modified ST-DTC using intermediate vector for 40RPM and 800RPM

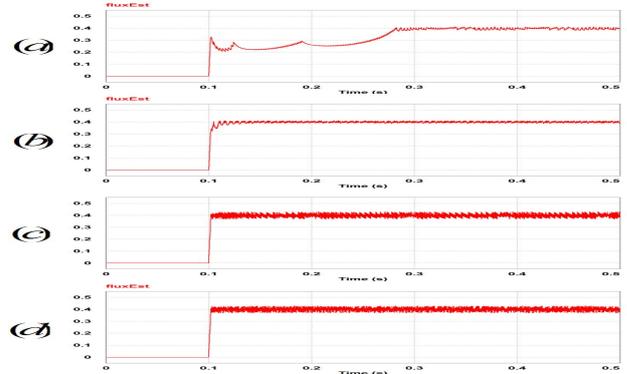


그림 5 DTC 기반 유도 전동기 구동 시뮬레이션 자속 파형 (a),(b) 40RPM과 800RPM에서 절반 벡터를 이용한 Modified ST-DTC (c),(d) 40RPM과 800RPM에서 중간 벡터를 이용한 Modified ST-DTC

Fig. 5 Simulation flux waveform of DTC based induction motor drive (a),(b) Modified ST-DTC using half vector for 40RPM and 800RPM (c),(d) Modified ST-DTC using intermediate vector for 40RPM and 800RPM

4. 결론

본 논문은 절반 벡터와 중간 벡터를 이용한 Modified ST DTC방식의 토크 리플을 비교하였다 토크 리플 감소 측면에서 절반 벡터를 사용한 Modified ST DTC기법이 우수하지만 자속 응답속도와 같이 비교하면 중간 전압 벡터를 사용한 Modified ST DTC 방식이 우수한 성능을 나타낸다.

감사의 글

이 논문은 2013년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(No. 20110029233).

참고 문헌

- [1] Singh, B, Jain, S, Dwivedi, S " Torque ripple reduction technique with improved flux response for a direct torque control induction motor drive", Proceedings of the IET, Vol. 6 Issue. 2 pp. 326 342, 2013, Feb.
- [2] Yen Shin Lai, Wen Ke Wang, Yen Chang Chen " Novel switching techniques for reducing the speed ripple of AC drives with direct torque control", Proceedings of the IEEE, Vol 51, Issue, 4 pp. 768 775, 2004 Aug