

DC중첩 특성 분석이 가능한 PWM 컨버터용 인덕터 시험장치

이종필¹, 이경준², 신동설², 김태진¹, 유동욱¹, 유지윤³
한국전기연구원¹, 부산대², 고려대학교³

Inductor test equipments with analysis of DC bias properties for PWM converter

Jongpil Lee¹, Dongsul Shin², Kyoungjun Lee², Dongwook Yoo¹, Jiyeon Yoo⁴
KERI¹, Busan University², Korea University³

ABSTRACT

현재 산업계에서 다양한 용도로 많이 적용되고 있는 PWM 방식의 전력변환장치에 있어서 인덕터는 매우 중요한 수동소자이다. 계통연계형 인버터의 경우 인버터에서 발생한 계통 주입 전류의 품질에 많은 영향을 미치고 있으며 DC/DC 컨버터의 경우 필터로서 DC전류의 품질을 결정하는데 결정적인 역할을 하고 있다. 이러한 인덕터의 특성을 파악하는데 DC중첩특성이 이용되고 있다. 그러나 인덕터 제작 업체에서 이에 대한 특성 분석은 동작환경을 고려하지 않고 이루어지지 않고 있는 실정이다. 본 논문에서는 실제 동작하는 스위칭 주파수와 DC전류 상에서 리플전류를 측정하여 실시간으로 DC 중첩특성 곡선을 추출할 수 있는 방법과 이를 구현한 장치를 제안한다. 주어진 스위칭 주파수와 정격전류환경에서 DC중첩특성곡선을 실시간으로 추출할 수 시제품을 제작하여 본 논문에서 제안한 방식의 우수성을 검증한다.

1. 서론

인덕터는 산업계에서 많이 사용되고 있는 PWM 방식의 전력변환장치에서 중요한 수동소자 가운데 하나이다. 소용량의 SMPS 뿐만 아니라 계통연계형 대용량 시스템에 이르기까지 선행방식이 아닌 PWM방식의 전력변환 시스템에서 필수적으로 사용되고 있다.

이러한 중요한 수동 소자임에도 불구하고 인덕터 제작시 사용조건을 고려하지 않고 제작자의 경험적인 부분에 의존하여 제작이 되고 있는 실정이다. 이러한 경우 실제 운전조건에 최적설계가 되지 못하여 대용량의 경우 경제적인 손실 또한 크다고 할 수 있다.

본 논문에서는 PWM전력변환장치의 운전조건에 적합한 인덕터 설계에 있어서 스위칭 주파수와 정격전류, 리플전류 등을 고려하여 실제 운전 조건에서 인덕터의 DC 중첩특성 곡선을 실시간으로 추출하여 인덕터의 성능을 부하별로 판단할 수 있는 장치를 제안한다. 또한 PC 프로그램을 통해 인덕터의 운전 조건, 즉 스위칭 주파수, 정격전류 등 원하는 운전조건을 입력하고 인덕터 코일과 코어온도 측정, 리플전류 측정, 기타 여러 가지 파형을 측정할 수 있다. 측정된 데이터 logging 기능을 통해 인덕터 분석을 용이하게 하는 PWM용 인덕터 시험장치를 제안하고 실험을 통해 유용성을 검증한다.

2. 시스템의 구성

2.1 제안한 인덕터 시험장치

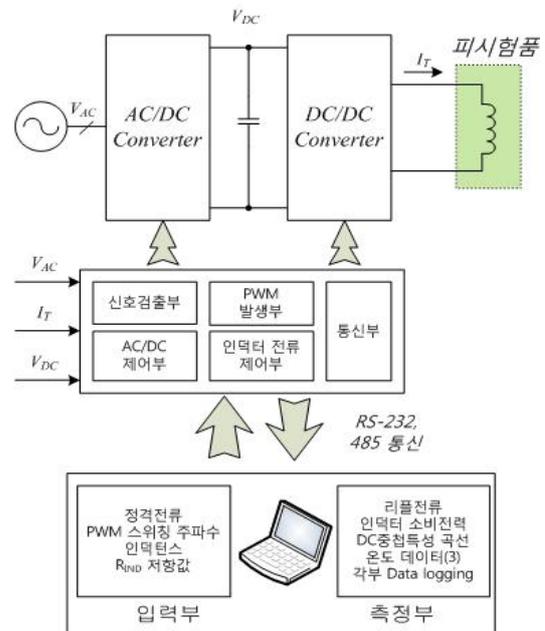


그림 1 제안한 인덕터 시험장치 구성도

Fig. 1 The proposed inductor test equipment

그림 1은 본 논문에서 제안한 PWM용 인덕터 시험장치 구성도이다. 파워 토폴로지는 DC link 전압과 역률제어를 하는 AC/DC컨버터 부분과 피시험품인 인덕터 DC 전류를 제어하는 DC/DC부분으로 구성되어 있다. 제어부분은 신호검출해서 DC link제어부분과 인덕터 전류 제어부분 그리고 통신 부분으로 구성되어 있다. 시리얼 통신을 통해 MMI 프로그램에서는 사용자가 정격전류, PWM 스위칭 주파수, 제작 인덕턴스 값을 입력하고 이에 맞게 동작하는 환경에서 인덕터의 리플전류, 소비전력, 코어와 코일온도 등을 측정한다. 측정된 파라미터를 통해 인덕터의 전류별 DC중첩특성 곡선을 추출한다.

2.2 동작모드 및 기능

인덕터 시험장치는 수동모드와 자동모드로 구성되어 있다. 자동모드에서는 입력된 정격전류까지 스윙하면서 리플전류 값을 측정하여 수식(1)에서와 같이 인덕턴스 값을 계산할 수 있

다. 마찬가지로 수동모드에서는 원하는 평균 전류 값에서의 인덕턴스 값을 계산하는 기능을 가지고 있다,

$$L = \frac{v \cdot dt}{di} \quad (1)$$

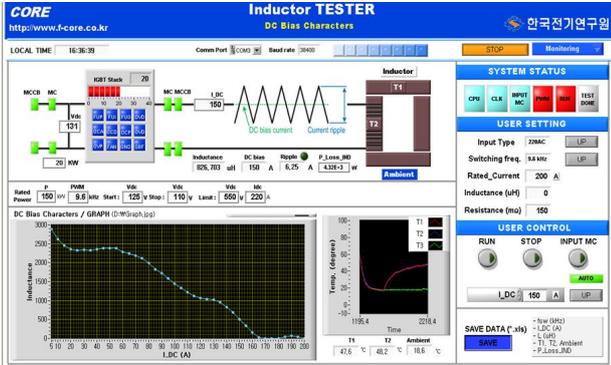


그림 2 인덕터 시험장치용 MMI 프로그램

Fig. 2 MMI Program for inductor test equipment

그림 2는 본 논문에서 작성한 MMI 프로그램이다. 각종 파라미터를 모니터링하는 기능과 DC 중첩곡선, 온도곡선을 보여 주는 그래프 기능, 운전조건을 입력하는 command 기능 그리고 여러 가지 파라미터를 저장할 수 있는 데이터 logging기능으로 구성되어 있다.

2.3 실험 결과

표 1 시스템 사양

Table 1 The system parameters

입력전압	단상 220	V
DC link 전압	100~350	V
측정 리플전류	1~100	A
최대 전류	200	A
스위칭 주파수	3~15	kHz
기능	데이터 로깅, 온도 측정 포화전류 측정, 리플전류 가변	



그림 3 인덕터 시험장치 시제품

Fig. 3 Proto type of Inductor test equipment

표 1은 본 논문에서 제안한 인덕터 시험장치 시스템의 사양을 보여주고 있다. 입력은 단상 상용전원을 사용하고 DC link 전압은 가변 가능하다. 리플전류는 DC link전압을 가변함에 따라 원하는 영역에서 동작이 가능하며, 스위칭 주파수도 3에서 15kHz까지 설정 할 수 있다. 기타 기능으로 데이터 로깅 및 추출된 DC 중첩곡선으로부터 포화전류 측정이 가능하다.

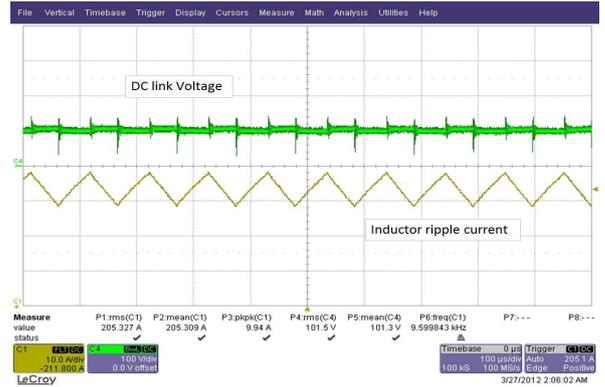


그림 4 DC link 전압& 인덕터전류(100V/div, 10A/div.)

Fig. 4 DC link voltage & inductor current

그림 4는 정격전류가 200A이고 DC link전압이 100V 일때 리플전류를 보여 주는 파형이다. 스위칭 주파수는 9.6kHz로 설정이 되어 있는 동작에서 DC중첩 특성 곡선은 그림2의 좌측 하단부에 그려지고 있다. 간단한 방법을 통해 피 시험품의 특성을 정격전류까지 스위칭하면서 실시간으로 추출할 수 있음을 볼 수 있다.

본 연구는 2011년도 지식경제부의 재원으로 한국에너지 기술 평가원(KETEP)의 지원을 받아 수행한 연구 과제입니다.
(No. 20114010203010)

3. 결론

본 논문에서는 PWM 전력변환장치에서 핵심적인 부품인 인덕터의 전기적 특성을 실시간으로 쉽게 파악하고자 인덕터 시험장비를 제안하고 시제품을 통해 유용성을 검증하였다. 운전조건에 따라 스위칭 주파수, 정격전류, 리플전류 값을 입력으로 받아 각종 파라미터의 모니터링을 통해 피 시험품의 DC 중첩특성 곡선을 추출함으로써 기존의 시험장치에 비해 저가이면서 실제 동작환경과 유사한 환경에서 실시간으로 추출 할 수 있으므로 소용량부터 대용량까지의 PWM 컨버터용 인덕터 특성 파악에 많은 장점이 있을 것으로 사료된다.

참고 문헌

- [1] Burke, P.; Dewan, S.; Tenody, E., "A unique power inductor tester", Magnetics, IEEE Transactions on Vol.19, Issue 5, p.2073~2075, 1983
- [2] Xia Dong; Zhizhen Liu; Bin Liu "Simulating analysis of magnetization characteristic curve and exciting current of transformer on DC bias", Electric Utility Deregulation and Restructuring and Power Technologies (DRPT), 2011 4th International Conference on, 2011, Page(s): 1848-1851
- [3] Li Hua; Lin Fu chang; Gui Zhong, "Model test for harmonic characteristics of convertor transformer under Dc bias", Electrical Machines and Systems, 2008. ICEMS 2008. International Conference on, 2008, Page(s): 4436-4439