

열전형변환기를 이용한 인버터 전압전류의 계측

박영태*, 이현구**, 장석명**

*한국표준과학연구원, **충남대학교 전기공학과

Voltage and current measurements of inverter using thermal converter

Young-Tae Park*, Hyun-Goo Lee**, Seok-Myeong Jang**

KRISS*, Dept. of Electrical Engineering Chungnam Nat'Univ**.

Abstract-This measurement method described in this paper can be applied for the accurate determination for voltage and current of inverter with harmonics. The method, based on a thermal principle, relies on adaptation of the measurement thermal e.m.f to signal of inverter and comparison of AC to DC signals. The performance of the measurement system is compared with calculated results and reference power system. With this method, an accuracy of 0.1 % can be achieved.

I. 서론

스위칭 기술에 토대를 둔 전력전자 회로에서 전압, 전류, 주파수, 역률 등의 조정에 의하여 전력공급시스템들이 제어되고 있다. 스위칭 기술의 특성상 인버터는 고조파를 함유하고 있는 비정현 진압과 전류형태의 전력으로 전기에너지를 제어하게 된다. 이러한 인버터는 부하의 역률을 악화시키고 역률보상콘텐서와 같은 다른 부하에 전자기 간섭을 일으키는 원인이 되기도 한다. 그리고 모터의 출력력을 감소시키며 열을 발생시킨다. 따라서 고조파를 함유하고 있는 인버터의 특성을 확인해야 모터와 같은 비선형 부하의 성능을 올바르게 평가할 수 있다[1-6].

그러나 인버터의 정량적인 해석은 정현파를 기본으로 하여 이루어지고 있고 대부분의 전력계측기는 60 Hz 정현파에서 최대의 정확도를 갖도록 제작되었기 때문에 실제 계측되어지는 값은 다르게 나타날 수 있다.

본 연구에서는 교류와 직류의 입력에 따라 똑같은 열기전력 출력특성을 갖는 열전형변환기(thermal converter)를 이용하여 고조파가 함유된 인버터의 출력전압과 전류를 직류전압·전류·직류를 비교 계측함으로서 그 특성을 정확하게 평가할 수 있었다.

II. 계측원리

1. 인버터 출력신호의 계측원리

교류는 직류와 달라 방향과 극성이 시간에 따라 변하고 정현상태와 비정현상태 등으로 나타나기 때문에 교류의 값을 정확하게 측정하기는 쉽지 않다. 그러나 직류인 경우 시간에 따라 극성이 변하지 않고 일정하기 때문에 직류를 정확하게 측정하거나 정확도 높은 직류원을 만드는 것은 어렵지 않다.

인버터의 출력은 많은 고조파 성분을 포함한 비정현적 특성을 가지고 있다. 비정현적 파형을 계측하는 방법 중에 열전형변환기를 이용하는 방법은 계측하고자 하는 비정현파형을 열전형변환기를 통하여 알고 있는 직류값과 비교계측하여 비정현값을 얻는 방법이다. 교류의 양은 알고 있는 직류의 양과 동시에 비교하여 동일한 값을 얻었을 때 가장 정확하게 계측되어진다[7].

기본파에 고조파가 포함된 전압파형 v 는

$$v = \sum_{n=1}^{\infty} V_n \sin(n\omega t + \theta_n) \quad (1)$$

과 같이 나타내며 V_n 은 고조파전압의 크기, n 은 고조파 차수, θ_n 은 기본파와 고조파 사이의 위상을 각각 나타내었다. 식(1)의 고조파전압 파형 v 에 대한 실효값 V_{ac} 는

$$V_{ac} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T v^2 dt} \quad (2)$$

으로 나타낸다. 만약 실효값 V_{ac} 가 다음과 같은 관계를 가질 경우 알고 있는 직류 V_{dc} 를 통하여 V_{ac} 를 알 수 있다.

$$V_{ac} = V_{dc} \quad (3)$$

고조파전압과 같이 고조파전류인 경우도 식(4)와 같이 표현할 수 있다.

$$I_{ac} = I_{dc} \quad (4)$$

식(3)과 식(4)와 같은 관계는 열전형변환기를 통하여 실현시킬 수 있다. 열전형변환기는 교류의 양과 직류의 입력양에 대하여 똑같은 출력응답특성을 가지는 열전달소자를 나타낸다.

2. 열전형변환기(Thermal converter)

열전달 소자로 사용되는 열전형변환기는 교류를 측정하기 위한 수단으로 사용되며 히터와 열전대로 구성되어 있다. 그림 1은

열전형변환기의 동작원리와 구조를 나타내었다. 열전형변환기는 전류에 의해 열이 발생되는 고저항선인 히터와, 히터에 발생된 열을 감지하기 위하여 히터의 중간에 전기적 절연을 유지하면서 부착된 열전대, 그리고 히터와 외부연결을 위한 단자들로 구성되어 있다. 그림 1(a)에 나타낸 바와같이 측정할려고 하는 교류전류가 히터를 통하여 흘러가면 히터저항에 의하여 열이 발생된다. 히터의 중간에 설치된 열전대에 열기전력이 발생되고 전압계로 이 값을 읽는다. 다음은 전환스위치를 동작시켜 히터에 직류를 공급하고 열전대의 열기전력을 교류전류를 흘렸을 때의 열기전력과 같아될 때 까지 직류전류를 조절한다. 만약 열전형변환기의 직류 교류열전달 오차가 없다면 이때의 직류와 교류의 값은 같다. 따라서 직류의 값을 알고 있으므로써 교류의 값을 정확하게 알수 있다. 그림 1(b)는 히터에 공급되는 전류에 의해 출력되어지는 열전형변환기의 출력특성을 나타내었고 그림 1(c)는 다중접합 열전형변환기를 나타내었다.

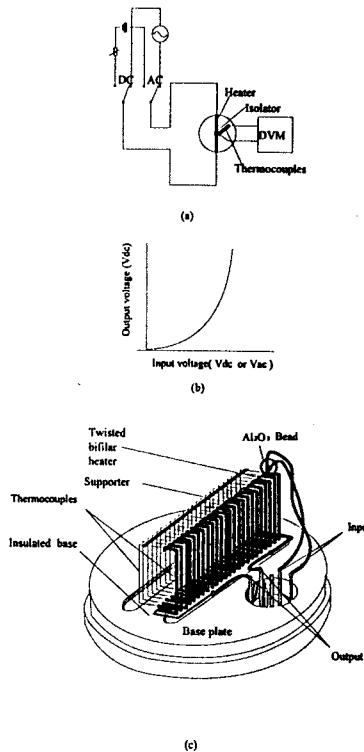


그림 1. 열전형 변환기의 구조와 동작원리

3. 인버터의 출력전압 계측

인버터의 출력전압은 그림2에 나타낸바와 같이 직류전압원과 전압증폭기, 전압분압기(voltage divider), 절환스위치, 디지털전압계, 그리고 열전형변환기(MJTC: 다중접합 열전형변환기)를 사용하여 계측한다. 인버터의 출력전압은 절환스위치를 통하여 전압분압기에서 작은 신호로 변환되어 열전형변환기의 히터에 공급되어진다. 히터에 흘러가는 전류에 의해 열기전력이 발생되어 디지털전압계로 그 값을 읽는다. 그 다음 절환스위치를 직류전압원으

로 접환하고 직류를 공급하여 열전형 변환기의 출력을 읽는데, 이때 인버터의 출력전압에 의하여 읽어진 값과 같이 될 때 까지 전압원을 조절한다. 이 두 전압에 의해 열전형변환기의 출력기전력이 동일하게 된다면 입력되어진 인버터의 출력전압과 직류전압원에 의한 전압은 식(3)과 같은 관계를 가지게 된다. 여기서 직류전압은 알고 있는 값이므로 이 값에 의하여 인버터의 전압을 알게 된다.

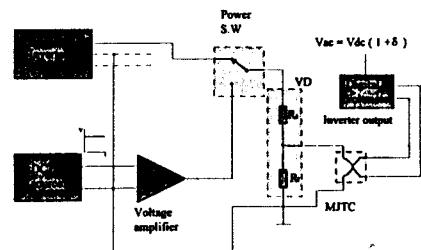


그림 2. 인버터의 전압계측 시스템

4. 인버터의 출력전류 계측

인버터의 출력전류도 전압과 마찬가지 방법으로 계측할 수 있다. 그림3은 직류전류원과 전류증폭기, 절환스위치, 전류분배기(current shunt), 열전형변환기, 그리고 디지털전압계로 구성되어 있다. 인버터의 출력전류는 절환스위치를 거쳐 전류분배기에 작은 전압신호로 변환되어 열전형변환기의 히터에 공급된다. 히터에 공급된 전류는 열기전력을 발생시켜 디지털전압계에 읽히게 된다. 다시 절환스위치에 의하여 직류가 공급되어 서로 비교하게 되어 실제로 인버터에서 공급되는 전류는 직류값에 의하여 측정되어진다.

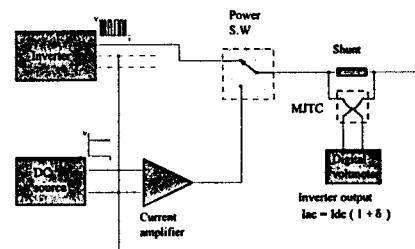


그림 3. 인버터의 전류계측 시스템

III. 실험 및 결과

인버터의 출력을 시험시스템에 직접 공급할 수 없다. 왜나하면 인버터의 출력은 시험시간 동안 동일한 파형을 유지하지 못하고 부하에 의해 많이 변하기 때문이다. 그리고 이론적 계산을 위하여 수학적으로 동일한 파형이 발생되어야 하는 데 이것은 현실적으로 불가능하다. 이러한 문제점을 극복하기 위해서는 임의 파형발생장치에 의하여 그림 5와 같이 인버터의 출력전압과 유사한 파형을 만들고 이것을 증폭기를 통하여 증폭시켜 그림(2)에서와

같은 실험을 하였다. 임의의 파형발생장치에서 만들어지는 파형은 수학적 계산이 가능한 파형이다.

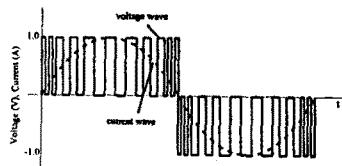


그림 4. 실험에 사용된 파형

실험의 계산에서 적분은 Simpson's rule를 사용한 수치해석법을 사용하였다.

그림 5는 임의의 파형발생기에서 만들어진 파형을 계산에 위하여 임은 결과와 실제 고조파가 포함된 입력, 그리고 고조파가 포함되지 않은 순수한 정현파를 공급하여 주파수를 변화시켜 가면서 얻어진 결과를 나타내었다. 그림에 나타낸 바와 같이 주파수 60 Hz에서 얻어진 결과를 기준으로 하여 각각의 기본파 주파수를 2 kHz 까지 변화시켜 가면서 얻어진 결과를 비교하여 나타내었다.

$$\text{Deviation} = \frac{\text{Output voltage} - \text{Output voltage at } 60 \text{ Hz}}{\text{Output voltage at } 60 \text{ Hz}} \times 100 \% \quad (5)$$

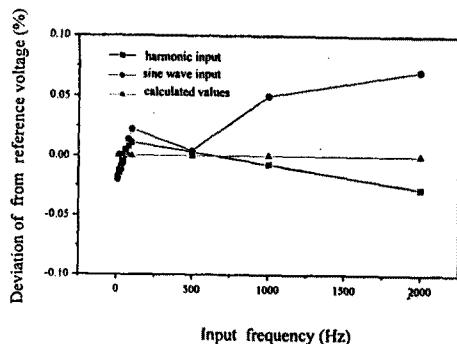


그림 5. 실험 결과

고조파가 포함된 전압의 경우와 순수한 정현파로 공급한 전류의 경우 모두 이론적 계산결과와 비교해서 $\pm 0.1\%$ 보다 더 좋은 결과를 얻었다.

IV. 결 론

인버터의 정량적인 해석은 정현파를 기본으로 하여 이루어지고 있고 대부분의 전력계측기는 60 Hz 정현파에서 최대의 정확도를 갖도록 제작되었기 때문에 실제 계측되어지는 값은 다르게 나타날 수 있다.

본 연구에서는 교류와 직류의 입력에 따라 똑같은 열기전력 출력특성을 갖는 열전형변환기(thermal converter)를 이용하여 고조파가 함유된 인버터의 출력전압과 전류를 직류전압과 전류를 비교 계측함으로서 그 특성을 정확하게 평가할 수 있었다. 고조파가 포함된 전압의 경우와 순수한 정현파로 공급한 전류의 경우 모두 이론적 계산결과와 비교해서 $\pm 0.1\%$ 보다 더 좋은 결과를 얻었다.

참고문헌

- [1] I.Purkayastha and P.J. Savoie, "Effect of Harmonics on Power Measurement," IEEE Trans. Ind. Appl. vol.26, no.5, pp.944-946, 1990
- [2] S.Mukherjee, R.G.Hoft, and J.A.Mccormick, "Digital Measurement of the Efficiency of Inverter-Induction Machines," IEEE Trans. Ind. Appl. vol.26, no.5, pp. 872-879, 1990
- [3] G.Bucci, C.Landi, S.Nuccio, and G.R.Galluzzo, "The On-Field Application of a Measurement Test Set for the Characterization of Electrical Drives for Linear Motion," IEEE Trans. Instrum. Meas., vol.44, no.3, pp.666-670, 1995
- [4] E.Basilico, G.Bucci, C.Landi, S.Nuccio, and M.Trapanese, "A flexible and automatic test set for linear electrical drives," in Proc. of IMTC/93, Irvine, CA, May 18-20, 1993
- [5] G.Bucci, A.Germano, and T.Tofoni "A parallel implementation of the Kalman filter with application to measurements on electrical drives," Trans. Instrum. Meas. Contr., vol.16, no.2, 1994
- [6] G.Bucci, A.Germano, and C.Landi, "Real-time transputer-based measurement apparatus: Performance testing," IEEE Trans. Instrum. Meas., vol.43, no.2, 1994
- [7] 박영태, 장석명, "열전형변환기를 사용한 정밀 교류직류전력측정장치 개발," 전기학회 논문지 45권, 1호, 페이지 9-13, 1996