

고조파 영향에 의한 위상 변화가 적은 분류기

이진호, 박영태, 이민명*, 서진호**, 장석명**

한국표준과학연구원. * 대전산업대학교. ** 충남대학교 전기공학과

Resistive shunt with low phase angle under harmonic effect

J.H.Lee, Y.T.Park, M.M.Lee*, J.H.Seo**, S.M.Jang**

KRISS, Taeion National University of Technology*, Chung Nam University**

Abstract - An AC shunt with low phase angle has been designed for an AC current measurement, such as currents with harmonics. This 0.2Ω shunt of 5 A rated current is composed of fifty 10Ω metal film resistors and applicable to the frequency band of DC to 1 kHz.

1. 서 론

교류전류를 측정하는 목적으로 사용되는 분류기는 교류용 직류용 구별없이 보통 사용되고 있다. 이와같이 전류의 크기 만을 필요한 경우 분류기의 위상변화는 별로 중요하지 않다. 그러나 전력측정의 경우나 고조파가 포함된 전류의 측정에는 분류기 자체의 위상변화는 커다란 측정오차를 발생시킨다. 특히 높은 차수의 고조파를 함유한 인버터의 출력전류를 측정하는데 사용되는 분류기는 위상변화가 적은 것을 사용해야 측정오차를 줄일 수 있다. 따라서 위상변화를 줄이므로써 교류/직류차가 적은 분류기를 만들 수 있다.

고조파영향 이외에도 분류기에 의한 전류측정에서 발생되는 측정오차의 또 다른 원인은 분류기에 발생되는 열 때문에 저항값이 변하여 오차가 증가하는 현상이다.

이와같이 위상변화와 열에 의한 저항변화가 적은 정확도가 높은 분류기는 표준 분류기로 사용된다. 그런데 표준분류기는 제작이 까다롭고, 사용되는 저항재질의 선택 및 열 처리 기술 등이 요구되어 일반적인 분류기로 사용하기는 어렵다.

본 연구에서는 고조파에 의한 영향 때문에 발생되는 위상변화를 줄일 수 있고, 공급되는 전류에 의하여 발생되는 열 때문에 일어나는 오차의 영향을 줄이기 위하여 일반 메탈필름 저항을 여러개 사용하여 저항형 분류기를 제작하고 직류와 교류에서의 특성을 표준분류기의 특성과 비교하여 평가하였다.

2. 분류기

2.1 구조와 오차발생

교류용 분류기의 위상각에 대한 이론적 모델은 자기유도현상으로부터 해석된다. 분류기의 구조는 그림 1에 나타낸 바와같이 저항체에 전류를 공급하고 저항체 양단에서 발생되는 전압을 감지하므로써 전류의 크기를 오음의 법칙으로부터 산출해내는 디바이스이다.

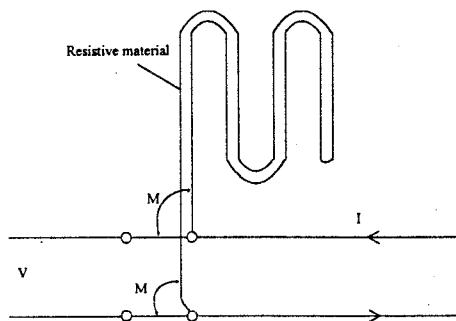


그림 1. 분류기의 구조와 오차발생

그런데 그림 1에서와 같이 전류 리이드선과 전압 리이드선이 근접해 있고 전류가 공급될 때 전류회로에서 전압 리이드선으로 인덕티브한 전압유도가 크게 발생한다. 특히 저항체의 구조가 단일한 형체를 가질 경우 저항체 자신의 잔류인덕턴스에 의해서도 발생된다.

이러한 문제를 개선하기 위하여 사용되는 저항체가 교류특성이 우수한 금속피막저항을 사용하거나 유도현상을 줄이는 저항체의 구조로 만들어야 한다. 또 저항체로 흐르는 전류를 균일하게 분산하거나 저항체 자신이 발생하는 자계를 서로 상쇄하는 구조로 배치해야 한다.

2.2 자기유도 해석

병렬 연결된 2개의 저항 상호간에, 유도가 없는 경우의 전기적 등가회로를 나타내면 그림 2(a)와 같으며, 그때의 합성저항과 인덕턴스는 각각 반으로 줄어들기 때문에 시정수 τ 는 저항 1개의 경우와 같게 되지만 그림 2(b)와 같이 저항간의 밀결함으로 인한 상호유도가 있는 경우 시정수는 저항 1개의 경우보다 더 크게 나타난다.

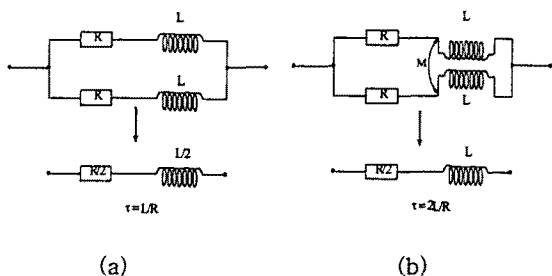


그림 2. (a)상호유도가 없는 경우 (b)상호유도가 있는 경우

각 저항에 전류를 균등하게 흐르게 하는 것은 전류 리이드선에서 전압 리이드선으로 자기유도되는 영향을 최소로 줄이기 위한 것으로 그림 3에 그 현상을 설명한다.

그림에서 전류 리이드선에서 전압 리이드선에 대한 유도계수 M 이 같다고 가정한다면 그림 3(a)와 같이 전류, 전압의 리드선이 근접한 경우의 유도된 전압 wMI 는 그림 3(b)와 같이 선간의 전류를 분산시켜 전압, 전류의 리이드선 간격을 분리시켜 배치한 경우에 비하여 3배 크게 나타난다.

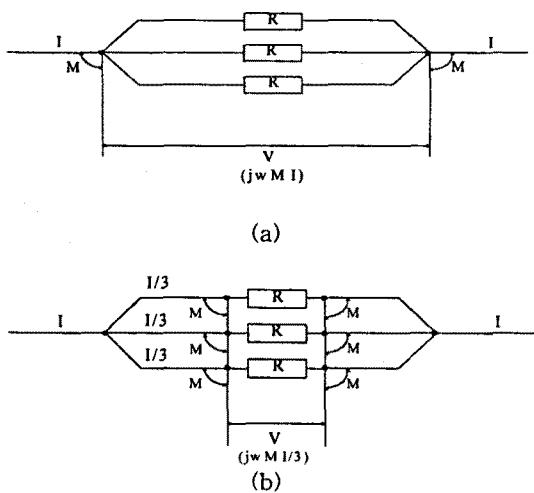


그림 3. (a)집합전류의 경우, (b) 분산전류의 경우

따라서 (b)의 경우 유도전압의 크기는 $1/3$ 으로 감소하고 전압과 전류의 위상각도 작아지게된다.

3. 제안된 분류기의 구조와 제작

전류회로에서 전압회로로 유도되는 영향을 차감하는 방법은 앞절에서 이미 설명하였지만 전압과 전류의 리이드선을 직각으로 배치하는 것도 매우 중요하다. 또 전류가 다시 되돌아가는 배치를 하므로써 분류기 저항 자신이 가지고 있는 자기인덕턴스를 감소시켜 R 의 시정수를 개선하게 된다.

그림 4는 본 연구에서 제안하고 제작한 분류기를 나타내었다.

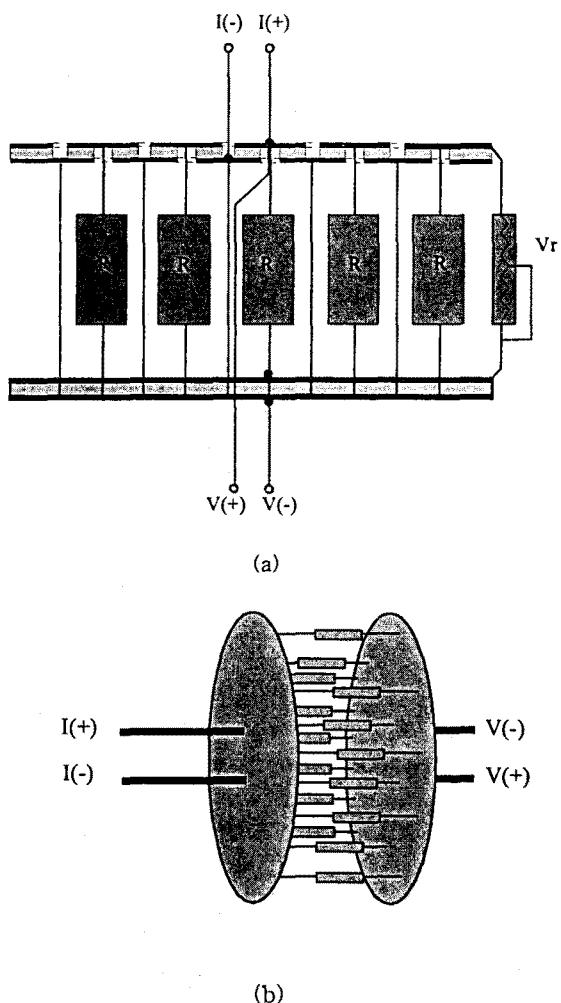


그림 4. 제안된 분류기 (a)분류기의 전기적 등가회로, (b) 분류기의 실제 모양

제작된 분류기는 5 A 용으로 만들었다. 0.5 W짜리 일반 금속피막저항 50 개를 병렬로 사용하여

총 저항값이 0.2Ω 이 되게 하였다. 각 저항의 온도계수는 $200 \text{ ppm}/\text{C}$ 인 것을 사용하였다. 그림과 같이 양면이 동판으로 된 지름 90 mm 인 PCB기판을 이용하여 대응하는 2개의 원판을 따라 3 줄로 나란히 100 개의 구멍을 뚫어 그 구멍에 저항 50개와 전류를 리턴시키는 도선 50 개를 각각 차례대로 설치하였다. 양면의 동판은 절연체로 분리되어 있고 전류 $I(+)$ 와 전압 $V(+)$ 단자는 동판의 윗쪽에 설치되어 있으며, 전류 $I(-)$ 는 아래의 동판을 돌아 윗쪽판의 아랫쪽에 설치되어 있다. 또 전압 $V(-)$ 단자는 아래판에 설치되어 있어서 전류와 전압 리드선은 각각 수직으로 배치되게 하였다.

그림에 나타낸 V_r 은 0.2Ω 의 정격값으로 조정하기 위한 저항이며 아래판의 양면 동판은 윗판과 다르게 모두 같은 전위를 가지게 하였다.

4. 분류기의 성능평가

이상적인 분류기는 직류전류에서나 교류전류에서 동일한 특성을 가져야 한다. 이것은 분류기에서의 위상변화가 제로임을 의미하는데 앞에서 설명한 원인에 의하여 주파수에 따라 위상변화가 크게 나타난다. 이러한 위상변화는 고조파가 함유된 전류를 측정할 경우 더 크게 나타날 수 있다.

제작된 분류기에 대한 직류와 교류전류에 의한 저항차를 주파수 변화에 따라 어떻게 나타나는가를 측정하였다. 그림 5는 이것을 측정하기 위한 측정시스템을 나타내었다.

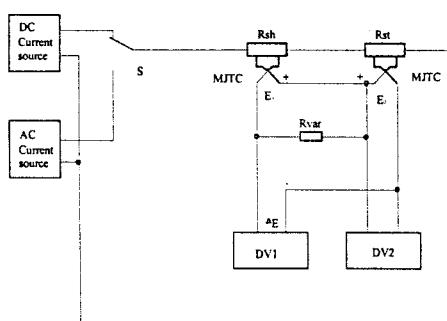


그림 5. 직류/교류전류에 의한 성능측정시스템

그림에서 R_{sh} 는 제작된 분류기를 나타내었고 R_{st} 는 직류/교류저항 차를 알고 있는 표준분류기를 나타낸다. 표준분류기의 직류/교류저항 차는 1 ppm 이고 이것을 비교하는데 사용되는 열전형변환기 MJTC의 직류/교류변환 차는 10 ppm 의 성능을 가지고 있다. 먼저 교류전류를 공급하여 각 분류기에서 출력되어지는 전압을 2 개의 열전형변환기를 통하여 비교하여 디지털볼터미터(DV1, DV2)로 읽은 후 스위치 S 를 전환하여 직류전류를 공급한다.

직류전류에 의하여 디지털볼터미터에 읽여지는 값을 교류에서 읽혀진 값과 동일하게 맞추기 위하여 직류전류원을 조절한다. 이때 직류에 의한 값과 교류에 의한 값이 같아지면 교류전류원의 주파수를 바꾸어 다시 이과정을 되풀이하여 측정한다.

그림 6은 이때 측정되어진 결과를 나타내었다.

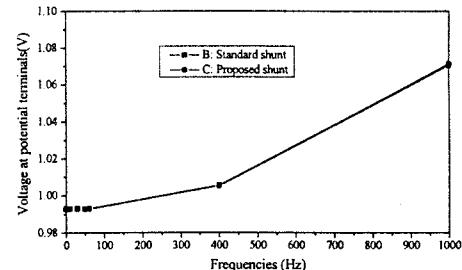


그림 6. 주파수 변화에 의한 직류/교류저항변화

그림에서 획축은 공급주파수의 변화를 나타내었고 종축은 5 A 의 전류를 공급했을 때 전압단자에서 측정되는 전압값을 나타내었다.

측정되어진 결과에 따르면 주파수 1000 Hz 까지 제작된 분류기와 표준분류기 사이의 직류/교류저항의 차이는 거의 없음을 알 수 있다.

4. 결 론

높은 차수의 고조파를 함유한 인버터의 출력전류를 측정하거나 전력을 측정하는데 사용되는 분류기는 위상변화가 적은 것을 사용해야 측정오차를 줄일 수 있고 위상변화를 줄이므로써 교류/직류차가 적은 분류기를 만들 수 있다.

본 연구에서는 고조파에 의한 영향 때문에 발생되는 위상변화와 공급되는 전류에 의하여 발생되는 열 때문에 일어나는 오차의 영향을 줄이기 위하여 일반 메탈필름 저항을 여러개 사용하여 저항형 분류기를 제작하고 직류와 교류에서의 특성을 평가하였다.

[참 고 문 헌]

- [1] A.Igarashi, "Standard low-resistance shunt for phase angle determination", JEMIC, vol.16, no.2, pp39-48, 1989
- [2] F.J.Wilkins, B.A., B.Sc., and M.J.Swan, "Precision ac/dc resistance standards", Proc. IEE, vol.117, no.4, pp841-849, 1970