

Arc 전류 차단을 위한 제어기 설계

반기종* · 조준석 · 한홍균 · 남문현 · 김낙교
 건국대학교 전기공학과

Arc current Controller design for Arc current interruption

Gi Jong, Ban* · Jun suk, Cho, Hong Kyun, Han, Mun Hyun, Nam, Lark Kyo, Kim
 Department of Electrical Engineering, Konkuk university

Abstract - In this paper, arc current controller is designed for the interruption of arc fault current which is occurred in the low voltage electrical network. Arc in electrical network have the characteristics of low current, high impedance and high frequency.

Conventional controller does not have the arc current interrupt function. Hence, In this paper, arc current controller is designed for the interruption of arc fault current.

1. 서론

본 논문에서 설계한 Arc 전류 제어기는 120 - 250V의 저전압과, 5 - 150A의 전류에서 발생하는 arc를 대상으로 하였다. arc 전류는 line neutral 사이에서 발생하는 parallel arc, line이 단선 되거나 전기 기구에 느슨하게 연결되어 있는 경우에 다수 발생하는 serial arc, neutral 과 ground 사이에서 발생하는 ground arc로 구분한다. 이러한 arc에 의해 발생하는 전기화재의 경우 미국에서는 전체 전기화재의 40%를 차지하고 있다. 국내에서는 저전압, 저 전류에서 발생하는 arc에 대한 연구가 전무한 실정이다. arc 성분을 전기 회로상에서 검출하기 위해서는 기존의 센싱 방법으로는 불가능하며 새로운 센싱 방법을 채택하여야 한다. arc 센서는 전기회로와 같은 60Hz와 동일한 주파수를 가지며 임피던스는 적절한 값을 가지도록 설계되어야 한다. 본 논문의 2장에서는 기본적인 Arc 전류 제어기를 설계하기 위한 arc의 특성을 수학적으로 모델링 하였고, 3장에서는 arc 전류 제어를 위한 제어기를 설계하였다. 4장에서는 제한한 제어기에 의한 전류제어 실험을 통하여 제어기 성능을 입증 하였고, 기존 전류 제어기와 비교를 통하여 본 논문에서 제한한 제어기의 우수성을 확인하고자 한다.

2. 본론

2.1 Arc 방정식

아크란 전기 배선등 두 개의 전극사이에 존재하는 기체가 전압강하에 의하여 전기적으로 방전되어 전류가 흐르는 것이다. 이때, 두 전극 사이에는 주울열에 의하여 많은 열이 발생한다. 이러한 열은 전기화재의 원인이 된다. 또한, 두 개의 전극사이에 존재하는 기체는 전기적으로 전도되기 충분한 온도를 유지하며 분자들은 arc 내에서 전체적으로 또는 부분적으로 해리가 되어, 원자들은 다시 이온화가 된다. arc는 전자가 한 전극에서 다른 전극으로 흘러들어가는 구조로 설명할 수 있다.

arc는 전기 도선의 종류, 도선의 단면적, 또는 전류, 전압의 크기에 따라 온도와 기하학적 특성이 변하며 이는 실제 이온화 에너지, 해리 에너지 등의 전기적 특성과 급속의 성질에 따라 다르게 나타난다.

실제 전극에서의 온도 분포 방정식은 식 2-1과 같이 구할 수 있다.

$$\frac{d}{dt} (k \frac{dT}{dx}) - C_s(T) \rho V_w \frac{dT}{dx} + \frac{I^2 \rho_r(T)}{S^2} \quad (2-1)$$

일반적으로 아크 발생부분에서의 온도가 급격히 증가하며 이 부분을 제외하고는 열의 전도 효과를 무시할 수 있다.

arc 저항은 일정하지 않기 때문에 영전류 부근의 arc 저항을 계산하기 위하여 과도 arc 전류와 전압을 이용한 미분방정식 형태의 수학적 모델로 표현할 수 있다. arc 방정식의 해를 구하기 위해서는 arc를 단순히 전기 회로 요소로 취급하고 논리적으로 영향이 적은 요소는 무시한다.

Dynamic arc 모델을 간략하게 나타내기 위한 기본 개념은 전기적인 컨덕턴스 G의 관계를 갖는 arc 내에 축적된 에너지 Q로 가정한다.

$$G = F(Q) = F \left[\int (W - N) dt \right] \quad (2-2)$$

(W : 입력 전력, N : 전력손실)
 이 축적된 에너지는 arc의 열적 관성을 설명하고 arc 컨덕턴스 G의 변화를 제한한다. 식 2-2를 미분 방정식 형태로 변형하면 식 2-3과 같다.

$$\frac{dG}{dt} = (W - N) \frac{dF(Q)}{dQ} \quad (2-3)$$

2.2 Arc 전류 전압 특성

Arc 전류의 형태는 arc 전류가 발생하는 원인별, 위치별로 각각 다른 형태로 나타난다. 그림 1은 일반적으로 나타날 수 있는 형태로, 직렬로 연결된 전기 도선에 저항 부하를 연결하고 arc 전류를 발생시켰을 때 나타나는 파형이다. arc 전류는 정상 파형이 일그러지는 점에서 발생한다. 그림 2는 전기 도선에 저항부하를 연결했을 경우에 적멸 arc에 의해 나타나는 arc 전류 및 전압파형을 나타내었다. arc는 정상파형과 동일한 주파수를 가지며 arc에 의해 전압파형이 일그러지는 점에서 arc 전류가 발생함을 알 수 있다.

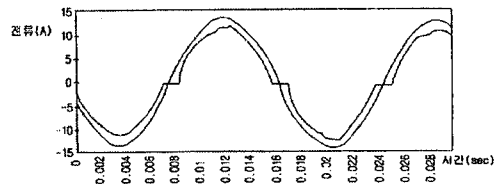


그림 1. 저항 부하일때의 arc에 의한 전류 특성

그림 3은 sputtering arc 발생시의 전압, 전류 파형을 나타낸 것이다. 그림에서 arc는 시간에 따라 불연속적으로 발생하며 전압의 rms 값은 정상파형보다 작아짐을

알 수 있다.

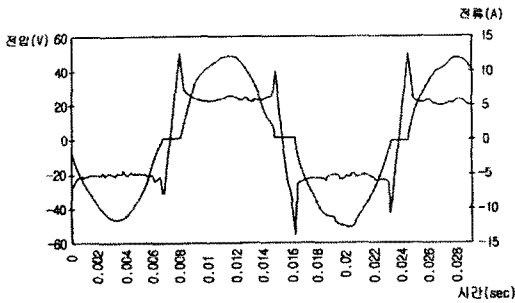


그림 2. 저항 부하일때의 arc에 의한 전류 특성.

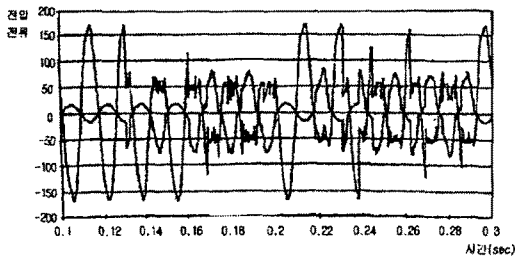


그림 3. Sputtering arc에 의한 전압, 전류 특성

3. Arc 전류 제어기 설계

2장에서 언급한 여러 형태의 arc는 전기화재의 주요 원인으로 파악되었으며, 국내는 물론 해외에서도 저전류 정격의 arc 전류 차단을 위한 제어기가 개발되어 있지 않다.

기존에 사용하는 전류 제어기는 leakage 전류나, 전기에 의한 감전등을 제어하기 위한 목적으로 설계되어 있다. 이러한 제어기를 이용해서는 arc 전류를 제어할 수 없는 한계를 가지고 있다. 이것은 leakage 전류나 surge 전류가 갖는 특성이 arc 전류 특성과 확연히 다르기 때문이다.

따라서, arc 전류 제어를 위해서는 새로운 개념에서 제어기를 설계하여야 한다. 또한, 일반적으로 사용되어지는 전기 드릴, 진공청소기 등 각종 전기 기구에서 발생하는 arc 형태의 노이즈와 전기 도선에서 발생하는 arc 전류를 분류할 수 있어야 한다. 본 제어기는 이러한 전기 기구에서 발생하는 노이즈와 전기 도선에서 발생하는 arc 전류를 분류하여 전기 도선에서 발생하는 arc 전류만을 검출 차단할 수 있는 제어기를 설계하였다. arc 전류 제어기는 전기가 인입되는 입력부와 기구적으로 전류를 차단할 수 있는 차단부, arc 전류를 검출하는 센싱부 및 센싱된 데이터를 받아 처리하는 processor부분으로 구성되어 있다. 그림 4는 arc 전류 제어기의 블록도를 나타낸다.

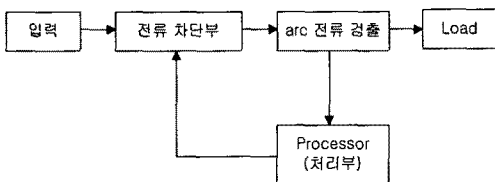


그림 4. Arc 전류 제어기 블록도

검출된 arc 전류를 처리하는 processor 부는 검출부로부터 데이터를 받아 처리하며 그림 5에서는 프로세서에서 arc 전류를 처리하여 전류 차단부에 전류 차단 신호를 제공하는 과정을 나타내었다.

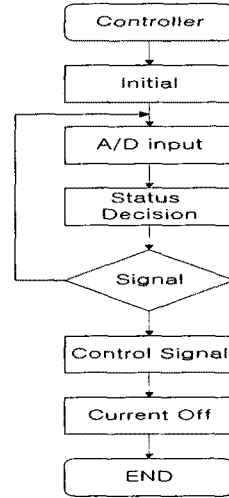


그림 5. arc 전류 처리 순서도

4. 실험결과

본 논문에서는 위에서 제시한 제어기를 설계하여 실제 arc 전류를 인가하여 실험을 하였다.

arc 전류는 5A - 150A까지의 범위에서 일정한 간격으로 샘플링하여 실험하였다.

그림 6은 제어기에서 검출한 arc 전류를 보여준다. arc 전류는 우리가 사용하는 전기의 주파수와 동일한 60Hz로서 검출되며 전류와 동위상에서 검출 되는 것을 볼 수 있다.

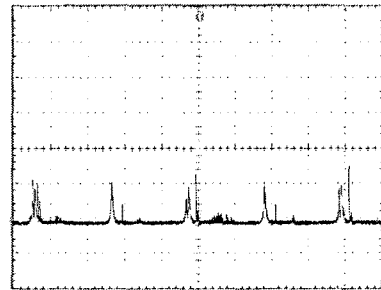


그림 6. 제어기에서 검출된 Arc 전류파형

그림 7은 120A의 load를 인가했을 때 두 전극 사이에서 나타나는 arc 전류와 전압 파형을 나타낸다. arc 전류가 나타나는 점에서는 전압 파형에 일그러짐이 발생함을 알 수 있다.

arc 전류가 발생한 시간은 90ms 이며 현재의 전류 제어기를 이용하여 검출된 파형이다. 여기서는 arc 전류가 발생함에도 불구하고 arc 전류가 차단되지 않음을 보여준다.

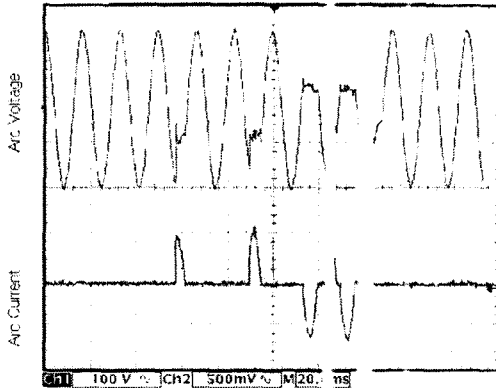


그림 7. 현재의 전류 제어기에 의해 검출된 전류, 전압 파형

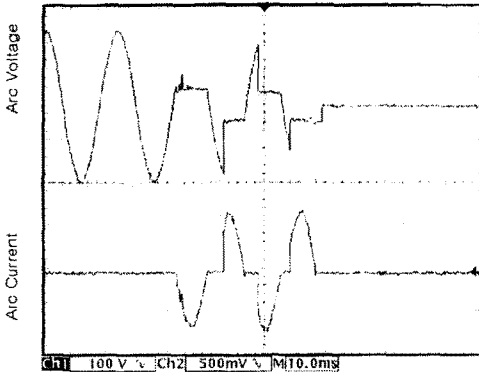


그림 8. 제안한 arc 전류 제어기에 의한 arc 전류, 전압 파형(120A load)

그림 8은 본 논문에서 제안한 제어기를 이용하여 검출한 전류, 전압 파형을 나타낸다. 그림에서는 arc 전류가 발생하기 시작하여 32ms만에 전류가 차단되었으며, 5-150A 범위의 전류에서 arc를 발생시켰을 때 0.5s 이내에 전류가 차단되었다.

5. 결 론

본 arc 전류 제어기에서는 기존 전류 제어기가 가지고 있지 않은 arc 전류에 대한 제어를 할 수 있는 제어기 설계를 통하여, 일반적인 환경에서 사용되는 저 전류, 저전압의 전원에서 발생하는 arc 전류를 제어하였으며, arc 전류가 발생할 수 있는 여러 가지 환경에서의 arc 전류 제어 실험을 통하여, 전기 배선상에서 이루어지는 이상전류를 제어할 수 있다.

본 논문을 통하여 지금까지 이루어지지 않았던 저 전류에서의 arc 전류 제어를 함으로써 산업용의 대 전류 및 기타 산업에서의 전기로 인한 재해를 줄일 수 있는 방법으로 발전될 수 있다.

본 실험에서, 기존 전류 제어기의 경우에 arc 전류가 연속적으로 발생해도 arc 전류에 대한 검출 및 제어가 불가능하다. 이러한 arc 전류가 발생할 경우에 발생하는 다량의 열에 의해 전기 배선의 피복이 열화되는 현상을 볼 수 있다.

본 논문에서 제시한 제어기를 이용하였을 때는 arc 전

류의 용량에 따라서 arc 전류의 발생시에 전류의 차단은 20ms - 0.5s 이내에 arc 전류를 차단시켰다. 따라서, 기존 전류 제어기가 가지는 한계성을 극복하였다.

(참 고 문 헌)

1. W. Wang, S. Liu and J. E. Jones : Flux cored arc welding : Arc signals processing and metal transfer characterization. Welding Journal, Vol. 74. No. 11, (1995), pp 369s 377s
2. H.Nomura, Y.Sugitani : Automatic Real-time Bead Height Control with Arc Sensor(Report2), Quarterly Journal of the Japan Welding Society, Vol.4, No. 3, (1988), pp. 24 30.
3. 한국전기연구소, "개폐장치 설계기술 개발을 위한 대전류 아크 특성에 관한 연구", 1991. 7. 12
4. 김상현, 김해조, 마대영, 신태민, "방전가공기용 액체 절연재료의 아크 방전 특성 연구", The Journal of the Korean Institute of Electrical and Electronic Material Engineers, Vol. 8, No. 5, pp. 564, 1995
5. 이세현, "아크 용접에 있어서의 아크의 특성과 응용", 대한 용접학회, 제 10권, 1호, 1992. 3.
6. 김상택, "GMAW 공정에서 아크 안정성의 실시간 측정", 한국과학기술원, 생산공학과 석사논문, 1989