

자성 와이어로 구성된 동축케이블의 전송선로특성 (Transmission Line Characteristics of Magnetic Wire Coaxial Cable)

부경대학교 김영학*
경성대학교 김성대, 신성용, 신광호

1. 서론

최근, 자기임피던스센서에 대한 연구와 더불어, 아몰퍼스 구조된 자성와이어에 대한 고주파 측정방법이 많은 주목을 받고 있는데, 그 이유는 첫 번째로 와이어형상은 원주방향으로 반자계가 발생하지 않는 완벽한 자기회로의 형상이라는 것과, 적당한 열처리를 통하여 제작한 아몰퍼스금속와이어는 이상적인 연자성특성을 나타내기 때문이다. 또한 자기임피던스효과를 수백 MHz 이상의 고주파에서 측정하려고 하는 경우, 기존의 LCR 미터법이나 정전류법과 같은 측정방법으로는 정확한 측정이 어렵다. 그 이유는 와이어의 형태가 기존의 고주파 전송선로를 구성하는 방법에 적합하지 않기 때문이다.

본 논문에서는 아몰퍼스 자성 와이어를 동축케이블의 신호선이 되게 한 전송선로의 외부자계에 대한 특성을 측정하고, 자기동역학과 전자기학적인 관점에서 고찰한 결과를 보고 하고자 한다. 전송선로인 동축케이블의 신호선인 자성와이어의 자기적 특성에 대하여 전계와 자계가 의존하게 되고 자성와이어의 전기/자기적 특성은 결국 외부자계에 의존하게 된다. 따라서, 자성와이어로 구성된 전송선로의 선로파라미터를 정확하게 해석함으로써 전송선로, 나아가 자성와이어의 특성을 정확하게 파악할 수 있는 방법을 제공한다.

2. 실험 방법

전송선로의 신호선을 구성하는 자성 와이어는 사출/냉각방식으로 제작된 것이며, 두께 t 가 25 μm 인 코발트계 아몰퍼스와이어[1]이며, 진공 중에서 열처리하여 와이어의 원주방향이 자기용이축이 되도록 유도 자기이방성을 부여하였다. 열처리된 아몰퍼스와이어를 상대유전율 ϵ 이 2.3 인 테프론관에 삽입하고 그 테프론관을 동박으로 둘러싸서 동축케이블형 전송선로를 구성하였다. 이 때, 유전체의 직경 h 는 4 mm 이었으며, 선로의 길이 l 은 4 cm 였다. 그림 1 는 제작한 동축케이블형 전송선로의 개략도를 나타낸 것이다. 제작한 자성 동축케이블의 특성은 네트워크 어넬라이저를 이용하여 반사법(Reflection method)으로 측정하였으며, 외부 자계에 대한 임피던스의 변화는 헬름홀츠코일을

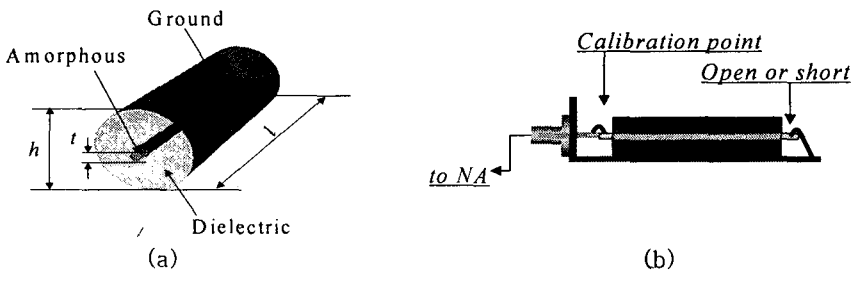


Fig. 1. (a) Schematic view of magnetic coaxial line and (b) Calibration and load point of coaxial line.

이용하여 외부 자기장을 동축케이블의 길이방향으로 인가하면서 측정하였다.

3. 실험 결과 및 고찰

그림 2는 동축케이블형 전송선로의 종단을 단락시킨 경우의 임피던스 Z , 저항 R , 리액턴스 X 의 측정결과를 나타낸 것이다. 여기서, 전송선로에 0, 1 그리고 60 Oe의 길이방향의 자계를 인가한 상태에서 측정한 것으로, 1 Oe의 자계에서 자성체 패턴의 투자율은 최대가 되고, 60 Oe의 자계에서 투자율은 최소가 된다. 임피던스는 자계를 인가하지 않았을 때 약 260 MHz 근처에서 최대치를 나타내고, 1 Oe의 외부자계를 인가하였을 때에는 임피던스의 최대치를 나타내는 주파수가 150 MHz 근처로 낮아진다. 이것은 정적자기에너지와 동적자화회전과의 관계를 이용하여 설명되어질 수 있다[2]. 또한, 전자파의 파장은 매질의 전자기적 특성(유전율과 투자율)의 평방근 반비례하게 된다. 결과적으로 말하면, 외부자계를 인가하지 않았을 때, 250 MHz인 전자파의 1/4 파장은 본 연구에서 제작한 동축케이블의 길이와 같다는 것을 의미한다. 1 Oe의 외부자계가 인가된 경우, 약 450 MHz 근처의 주파수에서 임피던스의 최대치를 나타내었다. 그리고, 그림 3(a)에서 알 수 있듯이, 외부자계에 의해서 임피던스의 최대치도 변화하고 있다. 투자율이 최대가 될 것으로 예상되는 외부자계 1 Oe의 경우, 230 Ω 정도의 값을 나타내고, 외부자계가 0인 경우에는 150 Ω 정도, 외부자계 60 Oe의 경우에는 280 Ω 정도의 임피던스를 나타내었다. 공진지점에서 임피던스의 절대값이 외부자계에 의해서 변화하는 것은 결국 전기적 손실이 커져서 나타나는 현상으로, 이는 자성와이어의 자기적인 특성과 매우 밀접한 관계가 있다[3]. 그림 3(b)는 저항의 주파수의존성을 나타낸 것으로, 외부자계에 대하여 도시하였다. 임피던스의 결과를 나타낸 그림 3(a)와 유사한 특성을 나타내고 있으나, 1 GHz ~ 2.5 GHz 사이의 영역에서는 차이를 보이고 있다. 그림 3(a)에서 나타낸 임피던스는 그림 3(b)와 (c)에서 나타낸 저항과 리액턴스의 합으로 나타나는 것이므로, 임피던스에서 리액턴스분이 빠진 것이 그림 3(b)로 나타난 것이다. 그림에도 불구하고 공진영역에서의 특성은 임피던스와 저항이 매우 유사하다.

4. 참고문헌

- [1] <http://www.metglas.com>.
- [2] 加茂芳, 島田寛, 日本電氣學會 magnetics 研究會, MAG-90-111, .35, (1990).
- [3] D. Menard, M. Britel, P. Ciureanu and A. Yelon, J. Appl. Phys., 81(8), p. 4032 (1997).

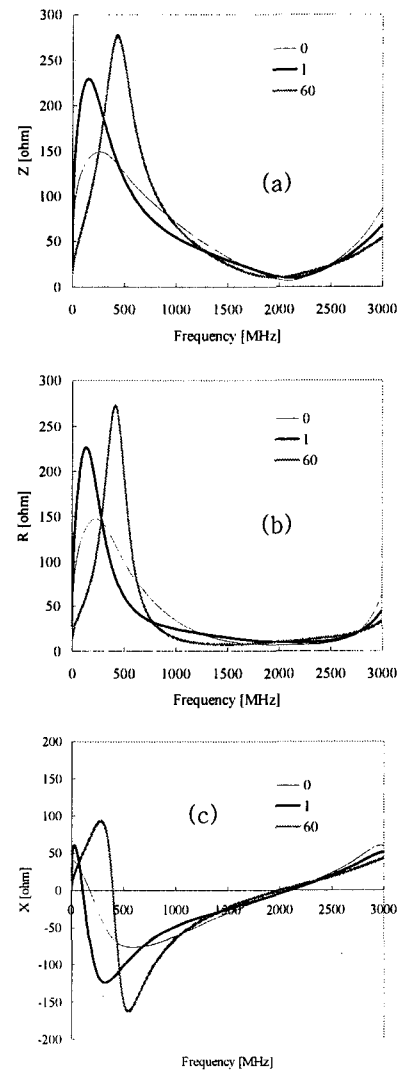


Fig. 2. Frequency dependence of (a) Impedance Z , (b) Resistance R , and (c) Reactance X of the transmission line.