

집중정수 등가회로에 의한 슬리브 모노폴 안테나의 해석

The Analysis of Sleeve Monopole Antenna by Lumped-Element Equivalent Circuit

최홍주 · 최광제 · 허 정 · 김영권

Hong-Ju Choi · Gwang-Je Choe · Jung Hur · Young-Kwon Kim

요 약

본 논문에서는 단일슬리브로 구성된 슬리브 모노폴 안테나의 해석에 대하여 기술한다. 제안한 안테나는 구조가 단순하여 안테나의 제작과 설치가 쉽고 경제적인 뿐만 아니라, 접이식 안테나로 제작이 가능하므로 휴대용 또는 이동체용으로 사용될 수 있다. 해석은 복잡한 수식이 사용되는 전자계 해석을 적용하지 않고, 안테나의 구조적인 특징과 공진현상을 근거로 하는 집중정수 등가회로에 의하여 수행하였다. 즉 슬리브 부분이 임피던스 변환회로인 개방스터브로 동작한다는 사실을 실험을 통하여 검증함으로써 슬리브 부분의 역할에 대하여 규명하였다. 제안한 안테나의 집중정수회로 해석에 의하여 구한 공진주파수와 실험에 의하여 측정된 공진주파수 사이의 오차는 0.9% 이하로 이론적인 해석과 실험결과가 잘 일치한다.

Abstract

This paper describes an analysis for the sleeve monopole antenna with single sleeve. The structure of the proposed antenna is very simple. Therefore, it is very economical in terms of manufacturing and installation which makes it convenient for either portable or mobile use by making an up-and-down type antenna. In the method of analysis, instead of the complex electromagnetic approach, we used a lumped element equivalent circuit derived from the information about the electrical dimensions and the resonance characteristics of the antenna. An error between a resonant frequency by lumped-element circuit analysis of the proposed antenna and a measured one by an experiment is below 0.9%. It is shown that the theoretical and experiment results are little different.

I. 서 론

슬리브 안테나는 직선도체로만 구성된 다이폴 혹은 모노폴 안테나에 비하여 주파수 특성이 광대역이고, 슬리브 부분의 길이를 변화시킴으로써 급전

점 임피던스를 변화시킬 수 있는 안테나이다^{[1]-[5]}.

본 논문에서 제안하고 분석할 안테나는 슬리브 모노폴 안테나 중에서 가장 간단한 구조인 수직도체 부분과 슬리브 부분으로만 구성된 안테나이다. 일반적인 슬리브 안테나는 급전선으로 사용되는 동축선을 연장하여 슬리브 부분을 구성하고, 수직

건국대학교 전자공학과(Dept. of Electronic Engineering, Kon-Kuk University)

· 논문 번호 : 970807-052

· 수정완료일자 : 1997년 12월 22일

도체 부분의 길이와 직경 및 설치 형태를 변화시킨 구조이나^[1], 제안한 안테나는 슬리브 부분의 리액턴스가 안테나로 동작하는 부분의 리액턴스에 영향을 줄 수 있게 하기 위하여, 슬리브 부분의 특성임피던스를 상용되고 있는 동축선로의 특성임피던스인 75 Ω보다 큰 값으로 선정하여 슬리브 부분이 임피던스 변환기의 역할을 하는 구조로 변형하였다. 즉 제안한 안테나는 수직접지 안테나의 외부에 동심원통을 부가하여 슬리브 부분을 만들고, 슬리브 부분이 개방스터브로 동작하도록 구성한 안테나이다.

제안한 안테나는 슬리브 부분의 길이가 수직접지 안테나의 전체길이보다 짧기 때문에 개방스터브로 동작하는 슬리브 부분에서의 리액턴스는 커패시턴스 특성을 갖게 된다. 따라서 수직접지 안테나의 집중정수 등가회로의 기저부에 직렬로 커패시터를 부가한 형태의 집중정수 등가해석이 가능하다. 즉 A. J. Poggio 등의 이론을 적용하면 슬리브 모노폴 안테나의 입력임피던스는 내도체 확장부분의 임피던스와 슬리브 부분의 임피던스의 합이기 때문에^{[3]-[6]}, 각 부분을 별도의 집중정수 등가회로로 변환하고 해석한 후에 그 결과를 합성하는 방법을 적용할 수 있다.

본 논문에서는 실험에 의하여 측정되어진 공진주파수와 새로운 해석법으로 제시한 집중정수 등가회로 해석에 의하여 구한 공진주파수를 비교하여 이론적인 타당성을 부여함과 아울러 슬리브 모노폴 안테나의 공진주파수와 기준안테나인 수직접지 안테나의 공진주파수를 비교하여 슬리브 부분이 개방스터브로 동작한다는 것을 밝히고자 한다.

II. 집중정수회로에 의한 등가해석

제안한 안테나는 그림 1과 같은 기본 구조를 갖는 안테나로서, 일반적인 슬리브 모노폴 안테나에서는 동일한 복사 특성과 광대역 특성을 얻기 위해서 $h_1/l=2.25$ 로 하거나^{[1],[5]}, 임피던스 정합과 광대역 특성을 얻기 위하여 $h_1/l=1$ 로 하지만^[1], 슬리브 부분의 길이를 특정한 값이 아닌 $h/3 < l < 2h/3$ 사

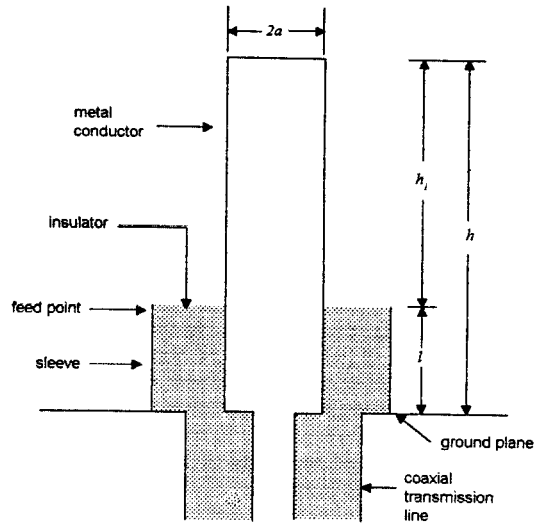


그림 1. 제안한 슬리브 모노폴 안테나의 구조
Fig. 1. Structure of the proposed sleeve monopole antenna.

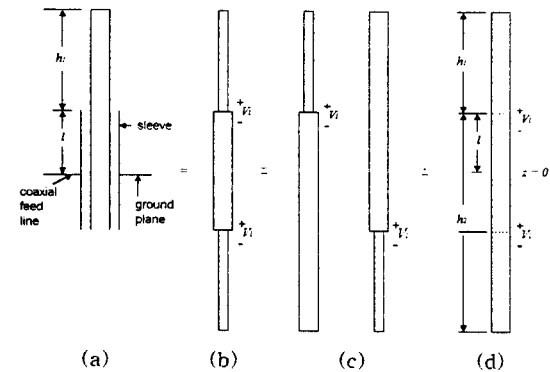


그림 2. 슬리브 안테나와 등가 복사체 (a) 슬리브 안테나의 구조. (b) 등가 복사체. (c) 비대칭 근사 등가 복사체. (d) 근사 등가 복사체.

Fig. 2. Sleeve antenna and its equivalent radiators. (a) Structure of the sleeve antenna. (b) Equivalent radiator. (c) Asymmetric approximate equivalent radiator. (d) Approximate equivalent radiator.

이의 임의의 값을 갖는 구조로 설계하였다.

그림 1에서 α 는 내도체의 반경, h_1 는 내도체 확장 부분의 길이, l 은 슬리브 부분의 길이, 그리고 h 는 안테나의 전체길이를 나타낸다.

제안한 안테나는 전체길이가 약 $\lambda/4$ 로서 $k_0 h < 3\pi/2$ (k_0 : 자유공간의 전파상수)이므로, R. W. King과 T. T. Wu의 이론을 적용하면 그림 2와 같은 복사체로 등가화하여 해석할 수 있다.^{[3],[4],[7],[6]}

즉 슬리브 모노폴 안테나는 내도체 확장부분의 길이와 슬리브 부분의 길이의 합을 약 $\lambda/4$ 로 가정하며^{[1],[2]}, 안테나의 전체길이가 $\lambda_0/2$ (λ_0 : 자유공간의 파장)보다 짧기 때문에 안테나에 흐르는 전류의 극성은 그림 3(a)와 같고, BB' 에서 전류가 구조상 불연속이지만 연속적인 것으로 가정한다^{[1],[4],[9]}. 그리고 BB' 에서 입력임피던스는 그림 2(c)와 같은 비대칭 여진 안테나의 입력임피던스로 취급함으로써 근사적으로 해석할 수 있다^{[3],[4]}. 다시 말해서 내도체 확장부분과 슬리브 부분을 별개의 다이폴 안테나로 취급하여 각각의 임피던스를 구하고 그 결과들을 합산하여 2로 나누면 입력임피던스를 구할 수 있다. 즉 그림 3(a)와 같이 안테나로 동작하는 내도체 확장부분에 대한 저항, 인덕턴스, 커패시턴스 성분과 슬리브 부분에 대한 저항, 인덕턴스, 커패시턴스 성분을 각각 구하여 합성하면 AA' 에서의

입력임피던스를 구할 수 있다.

그림 3(a)에서 슬리브 부분의 전류 극성은 상반되기 때문에 내도체 AB 와 외도체 내표면 $A'B'$ 은 커패시턴스를 구성한다. 또한 안테나로 동작하는 $A'B'$ 과 대지 사이에는 분포 커패시턴스가 존재하므로 슬리브 부분은 $A'B'$ 을 통하여 2개의 커패시터가 직렬로 연결된 구조가 된다. 즉 제안한 안테나는 수직접지 안테나의 외부에 동심원통을 추가하여 슬리브 부분을 만들고, 슬리브 부분이 개방스터브로 동작하도록 구성한 구조의 안테나로 생각할 수 있다. 따라서 슬리브 부분의 특성임피던스는 식 (1)에 의하여 l 에 따라 변화하고, l 이 수직접지 안테나의 전체길이보다 짧기 때문에 개방스터브의 리액턴스는 커패시턴스의 특성을 갖게 된다^{[10],[11]}.

$$Z_{AA'} = -jZ_0 \cot(\beta l) = -jZ_0 \cot\left(\frac{2\pi}{\lambda} l\right) \quad (1)$$

그러므로 제안한 안테나는 슬리브 부분의 리액턴스가 그 길이에 따라서 변화하고, 리액턴스 변화에 따라서 공진주파수가 변화되는 원리를 이용한 안테나로써, 수직접지 안테나의 기저부에 단축콘덴서를 추가하여 고유주파수 이외의 주파수에 수직접지 안테나를 공진시키는 안테나 로딩(loading)의 원리^{[10]~[14]}를 적용하여 해석할 수 있다.

그림 3(a)와 같은 슬리브 안테나에 있어서 여진 점을 동축선로와 안테나의 접합점인 AA' 으로 선정하고, 슬리브 부분에 의하여 형성되는 접합부분인 BB' 은 안테나 전류에 대하여 연속이며 영향이 없다는 기존의 해석^{[1],[4],[9]}과 슬리브 부분의 임피던스와 내도체 확장부분의 임피던스를 각각 해석한 후 직렬로 합성하여 슬리브 안테나의 임피던스를 구하는 기존의 이론^{[3]~[6]}을 적용하면, 제안한 안테나의 집중정수 등가회로는 수직접지 안테나의 등가회로에 개방스터브의 커패시턴스 C_s 가 직렬로 연결된 그림 3(b)와 같다.

그림 3(b)에 대한 공진주파수 f 와 회로정수와의 관계는 식 (2)와 같다.^{[14]~[16]}

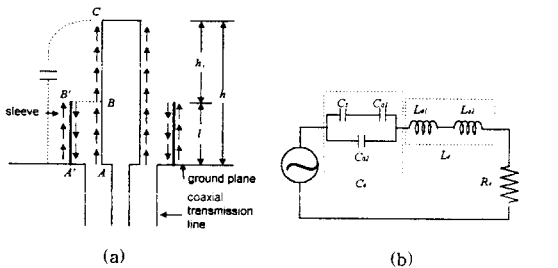


그림 3. 슬리브 안테나의 구조와 집중정수 등가회로
(a) 슬리브 안테나의 구조.
(b) 커패시터 슬리브.

Fig. 3. Structure and lumped-element equivalent circuits of the sleeve antenna.
(a) Structure of sleeve antenna.
(b) Capacitor sleeve.

$$f_1 = \frac{1}{2\pi \sqrt{(L_{a1} + L_{a2}) \left(C_{a2} + \frac{C_s C_{a1}}{C_s + C_{a1}} \right)}} \quad (2)$$

여기에서 C_{a1} 과 C_{a2} 는 각각 외표면과 접지평면, 내도체 확장부분과 접지평면 사이의 커패시턴스를, L_{a1} 과 L_{a2} 는 각각 안테나로 동작하는 도체와 내도체 확장부분의 자체 인덕턴스로 C_s 와 함께 측정에 의하거나, 측정과 계산에 의하여 구한다^{[10],[15]~[17]}.

내도체의 반경과 길이가 결정되면 식 (3)에 의하여 안테나 도체의 특성임피던스를 계산할 수 있으며^{[2],[16]~[18]}, 고유주파수는 실험 또는 측정에 의하여 결정할 수 있다.

$$Z_0 = 60 \left\{ \operatorname{Im} \left(\frac{2h}{a} \right) - 1 \right\} \div \sqrt{\frac{L}{C}} \quad (3)$$

위 식에서 Z_0 는 안테나 도체의 특성임피던스, L 은 분포 인덕턴스이고 C 는 분포 커패시턴스이다. 식 (3)과 위상정수 관계식인 식 (4)를 연립하여 풀면 내도체만으로 제작된 수직도체 안테나에 대한 분포 인덕턴스와 분포 커패시턴스를 구할 수 있게 된다^[11].

$$\beta = \frac{2\pi}{\lambda} = \omega \sqrt{LC} \quad (4)$$

또한 안테나로 동작하는 슬리브 부분의 외도체만으로 구성된 수직접지 안테나를 제작하여 고유주파수를 측정하고, 외도체의 외경과 길이를 식 (3)과 (4)에 대입하여 풀면 외도체 안테나에 대한 분포 인덕턴스 L' 과 분포 커패시턴스 C' 를 구할 수 있게 된다. 슬리브 부분의 C_s 는 개방스터브의 임피던스를 구하는 식 (1)을 이용하면 구할 수 있다.

외도체만으로 제작된 수직접지 안테나의 분포 인덕턴스와 분포 커패시턴스 및 슬리브 부분의 길이를 식 (5)와 (6)에 대입하면 C_{a1} , L_{a1} 을 각각 구할

수 있으며, 내도체로만 제작된 수직접지 안테나의 분포 인덕턴스와 분포 커패시턴스 및 내도체 확장부분의 길이를 식 (5)와 (6)에 대입하면 안테나로 동작하는 내도체 확장부분의 C_{a2} , L_{a2} 를 각각 구할 수 있다.^{[15],[16]}.

$$L_e = \frac{\lambda}{2\pi\lambda_0} \frac{\pi \frac{\lambda_0}{\lambda} - \sin \left\{ \pi \left(1 - \frac{\lambda_0}{\lambda} \right) \right\}}{\sin^2 \left(\frac{\pi\lambda_0}{2\lambda} \right)} Lh \quad (5)$$

$$C_e = \frac{8\lambda}{\pi\lambda_0} \frac{\sin^2 \left(\frac{\pi\lambda_0}{2\lambda} \right)}{\pi \frac{\lambda_0}{\lambda} + \sin \left\{ \pi \left(1 - \frac{\lambda_0}{\lambda} \right) \right\}} Ch \quad (6)$$

그림 3(b)는 수직접지 안테나에 직렬로 커패시터를 연결한 경우이므로 식 (2)의 f_1 은 수직접지 안테나의 공진주파수 f_{01} 보다 높게 된다. 또한 슬리브 안테나의 구조에 의하여 슬리브 부분의 길이는 $l < \lambda/4$ 이므로 식 (1)로 주어지는 슬리브 부분의 리액턴스는 항상 용량성이고, f_{01} 와 f_1 의 관계는 $f_{01} < f_1$ 가 된다. 즉 슬리브 부분은 수직접지 안테나의 기저부에 커패시턴스를 직렬로 연결하여 안테나를 고유주파수 f_{01} 보다 높은 주파수에서 사용하는 경우 증가되는 인덕턴스 성분을 상쇄시킴으로써 안테나 임피던스가 순저항이 되도록 하는 단축콘덴서의 역할을 하게 된다.

III. 안테나의 제작 및 측정

안테나의 제작에 사용한 재료의 특성은 표 1과 같으며, 내도체는 순동선, 외도체는 순동관을 사용하였고, 슬리브 부분의 내·외도체 사이의 절연체는 슬리브 부분의 특성임피던스를 조정하기 위하여 비유전율이 공기보다 큰 것을 사용할 수 있으나, 실험용으로 제작한 안테나는 제작과 해석의 편의를 위하여 절연체로 공기를 이용한 구조로 제작하였다.

안테나는 표 1과 같은 재료를 사용하여 전체길이

표 1. 안테나 재료의 특성

Table 1. Characteristics of antenna materials.

내도체		외도체		컨넥터	
DC 저항	직경	내경	외경	형명	특성저항
2.64[Ω/km]	3.00[mm]	13.85[mm]	15.88[mm]	N-P	50[Ω]

표 2. 안테나의 치수

Table 2. Dimensions of the antennas.

구분 No.	$h(=h_1+l)$ [m]	l [m]	h_1 [m]	비고
1	0.4863	0	0.4863	수직접지
2	0.4863	0.054	0.4323	슬리브
3	0.4863	0.103	0.3833	슬리브
4	0.4863	0.155	0.3313	슬리브
5	0.4863	0.204	0.2823	슬리브

를 0.4863 m로 하고, 슬리브 부분의 외도체 길이의 변화에 따른 내도체 확장부분의 길이를 변화시키는 방법으로 제작하였다. 제작된 안테나는 슬리브 부분의 길이에 따라서 1, 2, 3,.....으로 번호를 부여하여 표 2와 같이 분류하였다.

표 2에서 각 부분의 치수를 나타내는 기호는 그림 1과 그림 3(a)에서 표기한 것과 같이 h_1 은 내도체 확장부분의 길이, l 은 슬리브 부분의 길이, h 는 안테나 전체길이를 나타낸다.

표 2에서 1번 안테나는 표 1의 내도체 재료로만 제작된 수직접지 안테나로써 전체길이는 0.4363 m이다. 2~5번의 슬리브 안테나는 1번 안테나에 외도체를 부가한 형태의 안테나로써, 1번 안테나의 동작특성을 기준으로하여 2~5번 슬리브 안테나의 동작특성을 비교하면 슬리브 부분의 역할과 특성 및 슬리브 안테나의 동작특성을 해석할 수 있기 때문에, 1번 안테나를 기준안테나로 한다.

1번 안테나에 대한 반사손실(return loss) 측정 결과는 그림 4와 같으며, 제1 직렬공진주파수 158.44 MHz에서 -22.54 dB이다. 제2 직렬공진주파수 458.28 MHz에서 -21.26 dB이고, 제3 직렬공

진주파수 765.72 MHz에서 -22.40 dB이다.

2번 안테나는 1번 안테나와 같은 수직접지 안테나에 동축원통의 구조가 되도록 외도체를 부가하는 방법에 의하여 그림 1과 같은 구조의 슬리브 안테나를 제작하였으며, 외도체의 재료는 표 1의 재료를 사용하였으며 슬리브 부분의 길이를 0.054 m로 하였다. 이 안테나에 대한 반사손실 측정결과는 제1 직렬공진주파수 165.91 MHz에서 -31.48 dB이다. 또 제2 및 제3 직렬공진주파수 465.86 MHz와 780.72 MHz에서는 각각 -32.93 dB와 -18.23 dB이다.

3번 안테나는 슬리브 부분의 길이를 0.103 m로 하여 2번 안테나와 같은 방법으로 제작한 슬리브 안테나로써 반사손실 측정결과는 제1 직렬공진주파수 165.97 MHz에서 -23.98 dB이다. 제2 및 제3 직렬공진주파수 471.92 MHz와 750.78 MHz에서 각각 -15.93 dB와 -10.55 dB이다.

4번 안테나는 슬리브 부분의 길이를 0.155 m로 하여 2번 안테나와 같은 방법으로 제작한 슬리브 안테나로써 반사손실 측정결과는 제1 직렬공진주파수 165.97 MHz에서 -34.59 dB이다. 또 제3 직렬공진주파수 758.25 MHz에서 -28.04 dB이다.

5번 안테나는 슬리브 부분의 길이를 0.204 m로 하여 2번 안테나와 같은 방법으로 제작하였고, 반사손실 측정결과는 제1 직렬공진주파수 173.45 MHz에서 -23.89 dB이다. 또 제2 및 제3 직렬공진주파수 443.37 MHz와 765.76 MHz에서 각각 -20.48 dB와 -27.64 dB이다.

1번 안테나와 2~5번 안테나들을 비교하면, 2~5번 슬리브 안테나들의 고유주파수인 제1 직렬공진주파수는 기준안테나인 1번 안테나의 고유주파수 158.44 MHz보다 높은 주파수이다. 이와 같은 현상

표 3. 기준안테나의 치수와 제특성.

Table 3. Dimensions and characteristics of the reference antenna.

구분 종류	길이[m]	직경[m]	특성임피던스 [Ω]	L[μH /m]	C[pF /m]	고유주파수 [MHz]
내도체 안테나	0.4863	0.0030	328.4705	1.088343593	10.0305014	158.44
외도체 안테나	0.4863	0.01588	228.4836	0.744396463	13.77543489	161.95

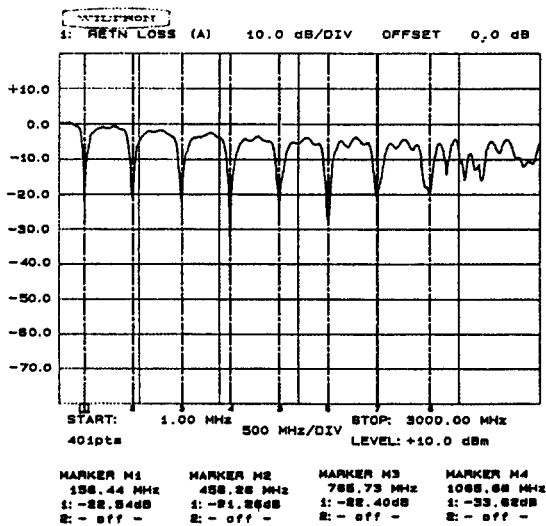


그림 4. 1번 안테나의 주파수에 대한 반사손실.

Fig. 4. Return loss vs. frequency of No. 1 antenna.

은 기준안테나에 슬리브 부분을 구성하기 위하여 외도체를 추가함으로써 나타나는 현상으로 슬리브 부분은 단축콘덴서의 역할을 하는 것으로 생각할 수 있다. 즉 슬리브 부분의 특성을 슬리브 부분의 길이와 파장의 관계에서 생각하면, 슬리브 부분의 길이가 $0 < l < \lambda/4$, $\lambda/2 < l < 3\lambda/4$, $\lambda < l < 5\lambda/4$ 등의 관계인 2~5번 슬리브 안테나가 직렬공진주파수에서 동작하는 경우 슬리브 부분의 임피던스는 커패시턴스로 된다. 이와 같은 동작특성을 나타내는

슬리브 부분은 식 (1)과 같이 임피던스가 변화되는 개방스터브의 임피던스 특성과 일치한다. 따라서 슬리브 부분이 안테나에 대하여 단축콘덴서로 작용하는 것으로 볼 수 있고, 이는 슬리브 안테나에서 슬리브 부분은 안테나에 대하여 직렬 부하(series loading) 기능을 하고 있음을 실증하는 것이다. 따라서 슬리브 안테나에 대한 증가회로는 수직접지 안테나의 집중정수 증가회로에 단축콘덴서를 직렬로 부가한 그림 3(b)와 같은 경우가 된다.

실험에 의하여 구한 고유주파수를 이용하여 이론적으로 해석한 내·외도체 안테나에 대한 분포 커패시턴스와 분포 인덕턴스의 값 및 제특성은 표 3과 같다.

표 4는 2~5번 슬리브 안테나의 고유주파수에 대한 C_{a1} , C_{a2} , L_{a1} 및 L_{a2} 의 값들이다.

실험에 의하여 측정된 공진주파수와 집중정수 증가회로에 의하여 구해진 안테나들의 공진주파수들을 비교하여 정리하면 표 5와 같다.

표 5에서 측정주파수와 그림 3(b)의 집중정수 증가회로 해석에 따른 계산에 의한 주파수는 오차가 0.9% 이하로 거의 일치하고 있음을 알 수 있다.

표 4와 5의 결과는 슬리브 안테나의 집중정수 증가회로에 의한 이론적인 해석에 대하여 타당성을 부여하게 된다. 한편 실험의 결과가 안테나 전체길이를 다르게 하는 경우(물론 슬리브 부분의 길이도 변화)에도 동일하다는 사실을 확인하여, 실험에서 나타나는 현상들이 일반적인 슬리브의 특성을 나타낸다는 것을 알 수 있었다.

표 4. 2~5번 슬리브 안테나의 인덕턴스 및 커패시턴스 성분

Table 4. Inductance and capacitance components of No. 2~5 sleeve antennas.

No.	구분	직렬공진주파수 [MHz]	L_{a1} [μ H]	L_{a2} [μ H]	C_{a1} [pF]	C_{a2} [μ F]
2		165.91	0.020608343	0.235937079	0.587687445	3.18613965
3		165.97	0.039323786	0.2192287	1.120502406	2.9579288
4		165.97	0.059176571	0.189487264	1.686192941	2.556647874
5		173.45	0.081936148	0.170465367	2.099243272	2.009423586

표 5. 2~5번 안테나에 대한 측정과 계산에 의한 주파수.

Table 5. Frequencies by measured and calculated.

No.	구분	측정주파수 [MHz]	반사손실 [dB]	계산주파수 [MHz]
2		165.91	-31.48	165.65
3		165.97	-23.98	163.68
4		165.97	-34.59	167.02
5		173.45	-23.89	170.60

또한 슬리브 모노폴 안테나는 광대역 특성을 나타낸다는 사실을 확인하기 위하여 각각의 안테나에 대하여 직렬공진주파수에 대한 VSWR값이 1.5인 (즉 반사손실이 -14 dB) 96 % 전송의 대역폭을 측정한 결과 각각의 안테나는 광대역 특성을 보임을 확인할 수 있었다. 예를 들면 5번 안테나의 경우에 제1 직렬공진주파수에서 14.83 MHz, 제2 및 제3 직렬공진주파수에서 각각 19.14 MHz와 30.66 MHz의 대역폭을 보이고 있다.

IV. 결 론

본 논문에서는 제안한 안테나의 해석에 있어서 복잡한 수식을 이용하는 전자계 해석을 적용하지 않고, 안테나의 구조적인 특징과 공진현상을 근거로 하는 집중정수 등가회로에 의하여 해석을 단순화하였으며, 개방스터브로 동작하는 슬리브 부분은 안테나 로딩의 역할을 하고 있음을 규명하였다. 즉

슬리브 모노폴 안테나를 슬리브 부분의 외도체 외표면, 외도체 내표면과 내도체의 별개 부분으로 나누어 이를 집중정수로 변환하여 해석하였다. 이러한 해석의 결과로 슬리브 부분의 2중성 즉, 슬리브 부분의 외도체 외표면은 안테나 복사체로 동작하고 슬리브 부분의 내도체와 외도체의 내표면은 임피던스 변환회로인 개방스터브로 동작한다는 것을 입증하였다. 다시 말해서 제안한 안테나는 내도체로만 제작된 $\lambda/4$ 수직접지 안테나에 단축콘덴서 역할을 하는 슬리브 부분을 부가하여 공진주파수를 변화시키는 안테나 로딩의 원리에 의하여 동작하게 된다는 점이다.

제안한 안테나의 집중정수 회로해석에 의하여 구한 공진주파수와 실험에 의하여 측정된 공진주파수 사이의 오차는 0.9 % 이하로 이론적인 해석과 실험 결과가 잘 일치한다.

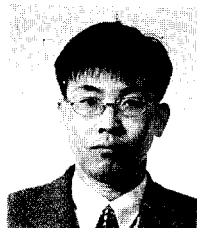
제안한 안테나 구조가 단순해서 안테나의 제작과 설치가 용이하고 경제적인 뿐만 아니라 접이식 안테나로 제작이 가능하므로 휴대용 또는 이동체용 무전기에 적용될 수 있다.

참 고 문 헌

- [1] W. L. Stutzman, G. A. Thiele, *Antenna Theory and Design*, John Wiley & Sons, Inc., New York, N. Y., 1981.
- [2] J. D. Kraus, *Antennas*, McGraw-Hill, New York, N. Y., 1988.

- [3] R. W. King, "Asymmetrically driven antennas and the sleeve dipole", *Proceedings of the I. R. E.*, vol. 38, pp. 1154-1164, Oct. 1950.
- [4] R. W. King, T. T. Wu, "The cylindrical with arbitrary point", *IEEE Trans., Antenna Propag.*, vol. AP-13, pp. 710-718, Sept. 1965.
- [5] A. J. Poggio, P. E. Mayes, "Pattern Bandwidth Optimization of the Sleeve Monopole Antenna", *IEEE Trans. Antenna Propag.*, vol. AP-14, pp. 643-645, Sept. 1966.
- [6] W. L. Weeks, *Antenna Engineering*, McGraw-Hill, New York, N. Y., pp. 161-164, 1968.
- [7] C. A. Balanis, *Antenna theory*, John Wiley & Sons, Inc., New York, N. Y. 1997.
- [8] R. W. King, C. W. Harrison, "The distribution of current along a symmetrical center-driven antenna", *Proceedings of the I.R.E.*, pp. 548-567, Oct. 1943.
- [9] Y. T. Lo, S. W. Lee, *Antenna Handbook*, Van Nostrand Reinhold Company, New York, N. Y., chapter 7, 1988.
- [10] W. W. Caron, *Antenna impedance matching*, American Radio Relay League, Newington, CT., 1989.
- [11] G. J. Monser, *Antenna design*, McGraw-Hill Co., Singapore, 1996.
- [12] 角居洋司, "アソ テナ 調整 핸드ブック", (株) CQ出版, 東京, pp. 10-23, 1994.
- [13] Y. Andrew, *Shortwave Antennas*, TAB Books Inc., Blue Ridge Summit, PA., chapter 4, 1994.
- [14] 角居洋司, 吉村裕光, "アソ テナ. 핸드ブック", (株) CQ出版, 東京, pp. 227-308, 1996.
- [15] 鄭萬永, 金惠鎮, "空中線과 電波傳播", 文運堂, pp. 138-143, 1992.
- [16] E. C. Jordan, K. G. Balmain, *Electromagnetic waves and radiation systems*, Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, NJ., chapter 11, 1968.
- [17] G. H. Brown, O. M. Woodward, "Experimentally determined impedance characteristics of cylindrical antennas", *Proceeding of the I. R. E.*, vol. 33, pp. 257-262, April 1945.

최 홍 주



1968년 6월 8일 생
1993년 : 건국대학교 전자공학과(공학박사)
1995년 : 건국대학교 대학원 전자공학과(공학석사)
현재 : 건국대학교 대학원 전자공학과 박사과정

과 박사과정

[주 관심분야] 안테나 및 전파전파, 이동통신, 마이크로파 회로설계 등

최 광 제



1955년 12월 27일 생
1979년 : 광운대학교 무선통신공학과(공학사)
1989년 : 건국대학교 대학원 전자공학과(공학석사)
1997년 : 건국대학교 대학원 전자

공학과(공학박사)

현재 : 한라공과대학교 전기공학부 조교수

[주 관심분야] 안테나, 무선기기 등

허 정



1959년 1월 4일 생
1981년 : 서울대학교 전자공학과(공학박사)
1983년 : 서울대학교 대학원 전자공학과(공학석사)
1991년 : 서울대학교 대학원 전자공

학과 박사과정(공학박사)

현재 : 건국대학교 전자공학과 부교수

[주 관심분야] 안테나 및 전파전파, 마이크로파 회로설계 등

김 영 권

1936년 1월 9일 생

1958년 : 연세대학교 전기공학과(공학사)

1961년 : 연세대학교 대학원 전기공학과(공학석사)

1970년 : 연세대학교 대학원 전기공학과 박사과정(공학박사)

현재 : 건국대학교 전기, 전자공학부 교수, 한국전기전자학회(IEEE Korea Council) 회장

[주 관심분야] 양자전자, 대기간 평통신 등