

CATV 및 MATV시스템용 2분배기의 보상방법에 관한 연구

정회원 민 경 식* 정회원 김 동 일** 정회원 정 세 모**

A Study on Compensating Method of 2-way Power Splitter for CATV and /or MATV Systems

Kyeong Sik Min;* Dong Il Kim;** Se Mo Chung** *Regular Members*

要 約

이 논문에서는 CATV 및 MATV시스템용으로 널리 쓰이는 전력분배기의 설계법과 주파수특성해석을 다루고 있다. 즉, 윌킨슨형 파워디바이더를 집중정수회로화하여 CATV주파수에 적합한 2분배기의 설계법을 이론적으로 고찰하고, 주파수특성을 해석하고 있다. 윌킨슨형 파워디바이더의 분배특성을 향상시키기 위해 보상회로를 부가한 최적설계법을 제시하여 특성평가를 하였으며, 그 결과 특성이 크게 향상됨을 이론적인 고찰과 실험을 통하여 증명하였다.

ABSTRACT

This paper has dealt with the design methods and the analysis of frequency characteristics for the power splitters with ferrite toroids, which are extensively used in CATV and/or MATV systems. The theoretical design methods and frequency characteristics of the prototype Wilkinson's 2-way power divider have been reviewed in lumped-element circuits form. On the basis of the design theory of the prototype Wilkinson's power divider, the method compensating of the prototype Wilkinson's power divider has been proposed by means of adding matching transformers. Thus, it has been shown that the theoretical frequency characteristics of the compensated power splitter are improved drastically in comparison with the prototype Wilkinson's power divider.

Furthermore, the practical measurements of the frequency characteristics for the fabricated circuits show agreements with the theoretical results, and, hence, the validity of the proposed design and analysis methods has been confirmed.

I. 서 론

*高等技術研究院
**韓國海洋大學 電波工學科
93-51

CATV 및 MATV 방식은 정보의 급속한 전달과 공유라는 측면에서 정보시대라 불리는 현대사회의

요구에 따라 선진국에서 급진적으로 발전해 왔으며 각종 전송정보의 광대역화 및 고성능화는 해결되어야 할 중요한 과제중의 하나이다. 더우기 지역네트워크로만 머물러있던 CATV국이 위성을 이용해 전국적인 네트워크를 형성함으로써 보급이 급속하게 촉진되고 있을 뿐만 아니라 시청자의 다양한 요구나 기호에 맞는 프로그램을 개발함으로써 새로운 매체로서 정착되어 가고 있으며, 향후 정보센터로서도 중요한 역할을 담당할 것으로 기대한다. 이와같은 CATV 및 MATV 시스템은 급속한 발전을 계속하고 있는 한편, CATV방식에 대한 기술적 요구도 점차 엄격해 가고 있다. 또한 지역방송망의 확대 움직임과 다수의 가입자에 대한 채널의 선택을 다양화 하기 위한 채널수의 증가에 따른 기술적인 문제와 화질이 양호한 신호를 전송하기 위하여 반드시 필요한 전송회로인 전력분배기(Power splitter) 또는 전력 분기기(TAP-OFF)의 초광대역 설계기술개발 및 생산공정의 합리화 문제는 위성방송방식(Direct Broadcasting Satellite System)의 확대와 CATV 및 MATV시스템의 고도화 추세에 비추어 대단히 중요한 과제로 인식되고 있다.

그러나, 국내의 관련 기술은 초보의 단계에 머물러 있으며, Power Splitter 및 TAP-OFF의 경우에도 미국의 JERROLD, SCIENTIFIC ATLANTA, MAGNABOX등, 유럽의 FUBA, KATHLEIN, HIRSHMAN WISI등, 일본의 MASPRO, DX ANTENNA, YAGI ANTENNA등의 기업은 실험적인 설계기술에 관하여는 상당한 기술을 보유하고 있으나 이론적인 설계법에 취약할 뿐만 아니라, 생산공정에 있어서의 미조정기술은 거의 경험에 의존하고 있는 실정이다. 더우기 현재는 단일 방향 전송이 주류를 이루고 있으나 불원간 CATV를 쌍방향(bi-direction) 전송등으로 사용하기 위한 기술개발, 인공위성으로 부터의 중계를 CATV로 방송할 경우의 광대역화에 의한 신호분배서비스의 기술적 문제점 등이 산적해 있다.³⁾

CATV 및 MATV시스템의 채널수를 증가시키고 또한 화질이 좋은 화면 정보를 전송하기 위하여 신호분배기 (TAP-off 또는 Splitter)의 최적·광대역 설계문제는 장차 우리나라에서도 활발한 운용이 예상되는 CATV 시스템의 필요성에 비추어 대단히 중요한 연구과제이며, 과학 기술적인 측면에서도 세계적인 정보통신량의 증가 추세로 보아 절대 해결되어야 할 과제인 것이다. 특히 CATV 및 MATV시스템용

파워디바이더는 신호전송 시스템의 채널수를 증가시키고 또한 양호한 화면정보의 전송을 위하여 중요한 전송회로 소자이지만 이에 관한 최적설계문제는 체계가 세워져 있지 못한 실정이다. 그러므로 분배회로에 대한 이론적 해석과 최적 설계법을 확립하는 것은 대단히 중요한 과제이며, 이미 몇몇 설계법이 제안된 바 있다.^{5) 8), 19-20)}

본 연구에서는 1차적으로 윌킨슨에 의해 제안된 바 있는 분포 정수형 신호분배기⁹⁾를 전송소자에 널리 사용되는 ferrite toroid(magnetic cores)를 사용한 집중 정수형¹⁵⁾⁻¹⁸⁾으로 회로화하여 분배회로의 설계법을 고찰하였다.

그 결과 원형의 윌킨슨형 파워디바이더의 회로는 분배기로서는 동작은 가능했지만 특성이 양호하지 못한 문제점이 있어서 이를 해결하기 위해 보조변성기를 부가하여 분배회로의 특성과 정합도를 향상시키기 위한 방법으로 입력측에 보조변성기를 부가한 경우, 출력측에 부가한 경우를 살펴보았다. 이때 원형의 윌킨슨형 파워디바이더와 비교하여 신호의 전송 특성이 향상되었으며, 아이소레이션과 반사특성도 현격히 개선됨을 확인할 수 있었다.

II. 설계 이론

II -1. 윌킨슨형 파워디바이더

1960년경 윌킨슨에 의해 제안된 n-Way Hybrid Power Divider⁹⁾는 속이 빈 내부도체가 $\lambda/4$ 길이의 n 개 Spline으로 쪼개어진 동축선으로 구성되어 있으며, 단락판은 입력끝단의 Spline으로 연결되어 있고 저항은 출력단의 각 Spline과 공동접합부간에 방사적인 형태로 연결되어 있다. 이때, 신호가 분배의 입력단으로 입력되면 각 Spline의 대칭성에 의해 n개의 동위상, 동진폭의 신호로 나누어지게 된다.

그러나, 윌킨슨이 제안한 신호분배기는 Spline의 길이를 $\lambda/4$ 로 제작한 분포정수회로이기 때문에 고주파에서는 대단히 실용적이며 양호한 특성을 나타내지만, 저주파에서는 그 물리적 크기가 파장에 비례하여 커지기 때문에 사용상 어려움이 있다.

따라서 윌킨슨이 제안⁸⁾한 신호분배기를 ferrite toroid를 사용한 집중정수화한 회로가 이미 제작되고 있으나 그 이론적인 설계법이 확립되어 있지 않기 때문에 본 절에서는 그 이론적 설계법을 검토 하였다. 그림1은 윌킨슨이 제안한 분배회로를 2-분배기로 사용할 경우의 회로도이다.

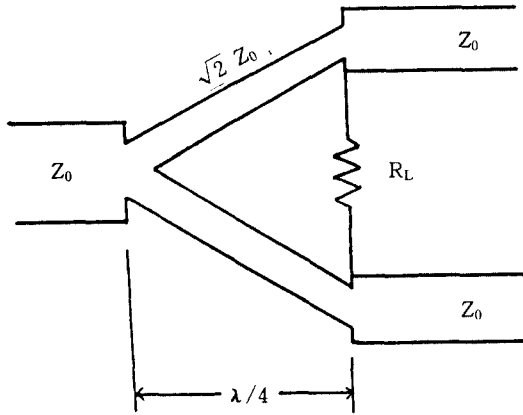


그림 1. 윌킨슨형 신호분배기
Fig. 1. Wilkinson type power divider

II - 2. 원형의 집중정수형 윌킨슨 파워디바이더

윌킨슨에 의해 제안된 신호분배기는 toroidal coil 을 이용한 집중정수형으로서 그림2와 같이 대체할 수 있다. 그림2에 보인 신호분배회로는 가장 기본적인 2-방향 신호분배기라 할 수 있다.

그러나 이것은 이론적인 설계법 보다는 실험적 또는 경험적으로 설계되고 있어서 주파수 특성은 양호 하지 못한 편이다. 따라서, 본 절에서 그 이론적인 설계를 행하고자 한다. 우선, 문헌⁹⁾에서 기술한 바와 같이 회로중의 각 변성기는 5-500MHz의 주파수대에서 선간용량을 무시하고 이상변성기로 근사할 수 있으므로 그림2의 분배회로에서 전압, 전류의 관계식은 다음 식(1)과 같다.

$$\begin{aligned}
 V_1 - V_2 &= r(V_1 - V_3) \\
 I_6 &= rI_5 \\
 I_1 &= -I_5 + I_6 \\
 I_4 &= -I_3 - I_6 \\
 I_4 &= I_2 - I_5 \\
 I_4 &= \frac{V_2 - V_3}{R_L} \\
 I_1 &= -I_3 - I_2
 \end{aligned}
 \tag{1}$$

여기서, r은 신호분배기를 구성하는 변성기의 권선비를 나타내며,

$$r = n_1 / n_2 \tag{2}$$

로 놓았다.

문헌¹⁾에서와 같이 식(1)을 이용해 산란행렬의 각 요소를 구하면 다음과 같다.

$$\begin{aligned}
 S_{11} &= \frac{-R(1-r)^2 + 2rR_L}{D} \\
 S_{22} &= \frac{-R(1-r)^2 + 2rR_L(r-1)}{D} \\
 S_{33} &= \frac{-R(1-r)^2 - 2R_L(r-1)}{D} \\
 S_{12} = S_{21} &= \pm \frac{2\{R(r-1)^2 - R_L(r-1)\}}{D} \\
 S_{13} = S_{31} &= \pm \frac{2\{R(r-1)^2 - R_L(r-1)\}}{D} \\
 S_{23} = S_{32} &= \pm \frac{2\{R(r-1)^2 + rR_L\}}{D}
 \end{aligned}
 \tag{3}$$

단, $D = 3R(1-r)^2 + R_L(1+r^2) + R_L(1-r)^2$

R : 외부선로의 특성임피던스

이때, 문헌^{9) 12)}에 따라, $R_L = 2R$ 이며, 권선비 r은 $r = 1$, $r = -1$ 의 두 경우를 생각할 수 있다. 여기서 권선비의 두가지 조건 모두를 살펴보면, $R_L = 2R$, $r = 1$ 일때, $S_{11} = 1$, $S_{22} = S_{33} = 0$, $S_{12} = S_{13} = 0$, $S_{23} = 1$ 이 되어 trivial circuit로 되어 버리며, $R_L = 2R$, $r = -1$ 일때, $S_{11} = 1/3$, $S_{12} = S_{13} = 2/3$, $S_{22} = S_{33} = S_{23} = 1/6$ 이 되어 분배기로의 동작을 하게됨을 알 수 있다.

그러나, S_{22} , S_{33} 에 비해 S_{11} 의 특성이 현저하게 떨어지고 있으므로 port 1에서의 반사를 줄여 정합도를 높여야 하는 문제점이 있었다. 이 문제점을 보완하는 방법으로 보조 변성기를 부가해 정합도를 높이는 방법을 검토한다.

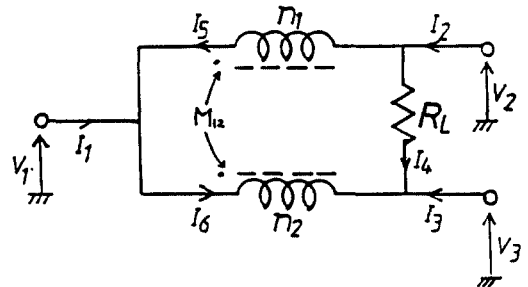


그림 2. 원형의 윌킨슨형 2-분배 회로
Fig. 2. Wilkinson's proto-type 2-way power dividing circuit

II-3. 입력단이 보상된 윌킨슨형 파워디바이더

그림2와 같은 원형의 윌킨슨형 신호분배기의 특성을 해석한 결과 정합도 및 아이소레이션에 문제가 있음을 알았다. 따라서, 이를 보완하기 위하여 입력단에 보조회로를 부가하여 보상하면 그림3과 같은 보상된 윌킨슨형 신호분배기가 된다.

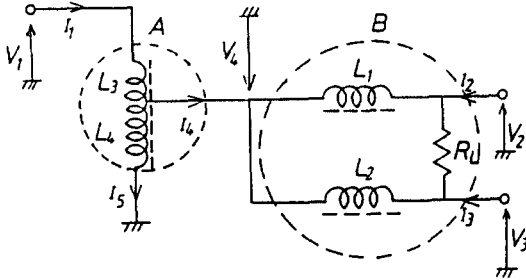


그림 3. 입력단이 보상된 윌킨슨형 신호분배기
Fig. 3. Wilkinson type power divider Compensated at Input Port

II-2절에서와 마찬가지로 분배회로를 구성하는 변성기가 이상적인 변성기라고 가정했을 때 산란행렬의 각 요소를 식(1)과 같은 방법으로 구할 수 있다.

단, 권선비는 식(4)와 같다.

$$r_1 = n_1/n_2, \quad r_2 = n_3/n_4 \quad (4)$$

또한, 권선의 인덕턴스도 앞에서 설명한 것과 마찬가지로 놓을 수 있다. 완전 아이소레이션의 조건은 $S_{23} = 0$ 이므로 규격화된 최적저항치 \bar{R}_L 은

$$\bar{R}_L = -\frac{(r_1-1)^2}{r_1(r_2-1)^2} \quad (5)$$

단, $\bar{R}_L = R_L/R$

이며, R은 external line의 특성임피던스이다.

완전정합의 조건인 $S_{11} = S_{22} = S_{33} = 0$ 에 대입한 결과 r_1 및 r_2 의 최적값은 다음과 같이 정해진다.

$$r_1 = -1, \quad r_2 = 1 \pm \sqrt{2} \quad (6)$$

이들 값을 식(5)에 대입하면 R_L 의 최적치는 $R_L = 100\Omega (R = 50\Omega)$ 이 된다.

II-4. 출력단이 보상된 윌킨슨형 파워디바이더

그림4는 보조변성기 두개를 부가한 경우로서 2-port와 3-port에 각각 변성기가 부가된 경우이다. 부가된 변성기가 이상변성기라고 가정했을 때 산란행렬의 각 요소를 식(1)과 같은 방법으로 구할 수 있다. 또한 권선비는 식(4)와 같으며, 완전 아이소레이션이 취해졌다고 가정하면 $S_{23} = 0$ 이므로 이때, 규격화된 최적저항치 \bar{R}_L 은

$$\bar{R}_L = -\frac{(1-r_1)^2(1-r_2)^2}{(r_1-r_2)(1-r_1r_2)} \quad (7)$$

단, $\bar{R}_L = R_L/R$

이 되며, 완전정합의 조건인 $S_{11} = S_{22} = S_{33} = 0$ 에 대입한 결과 r_1 및 r_2 의 최적값은 다음과 같이 정해진다.

$$r_1 = -1, \quad r_2 = -1 \pm \sqrt{2} \quad (8)$$

이들 값을 식(7)에 대입하면 R_L 의 최적치는 $R_L = (12 \pm 8\sqrt{2})R \Omega$ 이 된다.

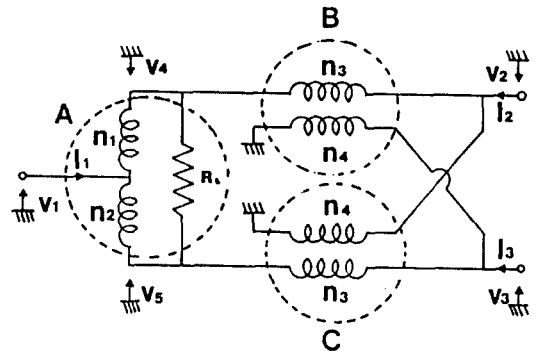


그림 4. 출력단이 보상된 윌킨슨형 신호분배기
Fig. 4. Wilkinson type power divider Compensated at Output Ports

III. 주파수특성의 해석

III-1. 원형의 윌킨슨형 파워디바이더

III-1-1. 이미턴스 행렬

그림2와 같은 원형의 윌킨슨형 분배회로의 주파수 특성을 해석하기 위하여, 우선 문헌⁵⁾에서와 같은 방법으로 이미턴스 행렬을 구한다. 분배회로를 구성하는 변성기의 인덕턴스를 각각 L_1, L_2 라 하고, 상호인덕턴스를 M이라 하였다. 이때 전압과 전류 사이의

관계식은 식(9)와 같다.

$$\begin{bmatrix} I_1 \\ I_2 \\ I_3 \end{bmatrix} = [Y] \begin{bmatrix} V_1 \\ V_2 \\ V_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} Y_{11} & Y_{12} & Y_{13} \\ Y_{21} & Y_{22} & Y_{23} \\ Y_{31} & Y_{32} & Y_{33} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V_1 \\ V_2 \\ V_3 \end{bmatrix} \quad (9)$$

단,

$$[Y] = Q \times \begin{bmatrix} (2M - L_1 - L_2)R_L & (L_2 - M)R_L & (L_1 - M)R_L \\ (L_2 - M)R_L & j\omega(M^2 - L_1L_2) - L_2R_L & j\omega(L_1L_2 - M^2) + MR_L \\ (L_1 - M)R_L & j\omega(L_1L_2 - M^2) + MR_L & j\omega(M^2 - L_1L_2) - L_1R_L \end{bmatrix}$$

$$Q = 1 / j\omega(M^2 - L_1L_2)R_L$$

또, 인덕턴스 및 상호 인덕턴스는 다음과 같이 놓을 수 있다.

$$L_i = \mu L_0 n_i^2 \quad (i = 1, 2) \quad (10)$$

$$M = k_m \sqrt{L_1 L_2}$$

여기서, L_0 는 ferrite core의 기하학적 구조에 의하여 정해지는 상수이며, k_m 는 코일간의 자기결합계수이고, 투자율 μ 는 다음식으로 근사할 수 있다.¹⁴⁾

$$\mu = 1 + \frac{K}{1 + j f / f_m} \quad (11)$$

단, K : DC 또는 초투자율

f : 주파수

f_m : 완화주파수(relaxation frequency)

III - 1-2. 주파수특성

어드미턴스행렬[Y] 또는 임피던스행렬[Z]로부터 산란행렬[S]는 다음 식(12)로부터 쉽게 구해진다.¹³⁾

$$[S] = \{Z_0[Y] + [U]\}^{-1} \{[U] - Z_0[Y]\}$$

또는, $[S] = \{[Z] + Z_0[U]\}^{-1} \{[Z] - Z_0[U]\} \quad (12)$

여기서, $Z_0 (=R)$ 는 외부선로의 특성임피던스이며, [U]는 단위행렬이다.

다음의 그림5는 II-2절에서 설계된 분배율 3dB($r = -1$, $R_L = 100\Omega$)의 설계치를 이용한 경우의 원형의 윌킨슨형 신호분배기에 대한 주파수 특성을 식(12)에 의하여 계산한 것이다. 코일의 인덕턴스는 Core의 투자율을 1로 하였을 때 $0.001113 \mu\text{H}$ 로 하고,

실제 계산에서는 $L_0 n_1^2 = L_0 n_2^2 = 0.01 \mu\text{H}$ 로 하였으며, $K = 1000$, $f_m = 3.0 \text{ MHz}$ 로 하였다. 그림5에서 보는 바와같이 S_{22} , S_{33} 에 비해 S_{11} 의 특성이 현저하게 떨어지므로, port 1에 보조 변성기를 부가하여 정합도를 향상시킬 필요가 있음을 알 수 있다.

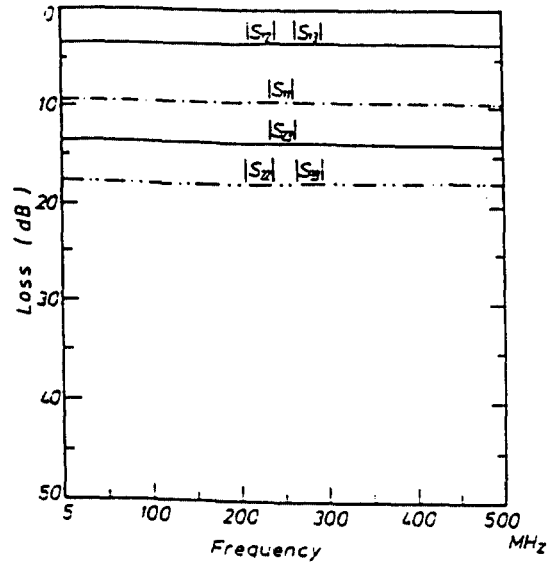


그림 5. 원형의 윌킨슨형 신호분배기의 이론적 주파수특성
Fig. 5. Theoretical frequency characteristics of Wilkinson's proto-type power divider

III - 2. 입력단이 보상된 윌킨슨형 파워디바이더

III - 2-1. 이미턴스 행렬

보상된 윌킨슨형 파워디바이더의 주파수 특성을 해석하기 위하여 그림3과 같은 분배회로를 구성하는 변성기의 인덕턴스를 각각 L_1 , L_2 , L_3 , L_4 라 하고 상호인덕턴스를 각각 M_{12} , M_{34} 등으로 표시하여 III-1-1. 절과 같은 방법으로 계산하였을 때 어드미턴스 행렬 [Y]는 다음 식(13)과 같다.

$$[Y] = \begin{bmatrix} Y_{11}^A - \frac{(Y_{12}^A)^2}{Y_d} & -\frac{Y_{12}^A Y_{12}^B}{Y_d} & -\frac{Y_{12}^A Y_{13}^B}{Y_d} \\ -\frac{Y_{12}^A Y_{12}^B}{Y_d} & Y_{22}^B - \frac{(Y_{12}^B)^2}{Y_d} & Y_{23}^B - \frac{Y_{12}^B Y_{13}^B}{Y_d} \\ -\frac{Y_{12}^A Y_{13}^B}{Y_d} & Y_{23}^B - \frac{Y_{12}^B Y_{13}^B}{Y_d} & Y_{33}^B - \frac{(Y_{13}^B)^2}{Y_d} \end{bmatrix} \quad (13)$$

단,

$$[Y^A] = \frac{1}{j\omega(L_1L_2 - M_{34}^2)}$$

$$\begin{bmatrix} L_4 & -(L_4 + M_{34}) \\ -(L_4 + M_{34}) & L_3 + L_4 + 2M_{34} \end{bmatrix}$$

$$[Y^B] = \frac{1}{j\omega(M_{12}^2 - L_1L_2)R_L}$$

$$\begin{bmatrix} (2M_{12} - L_1 - L_2)R_L & (L_2 - M_{12})R_L & (L_1 - M_{12})R_L \\ (L_2 - M_{12})R_L & j\omega(M_{12}^2 - L_1L_2) - L_2R_L & j\omega(L_1L_2 - M_{12}^2) + MR_L \\ (L_1 - M_{12})R_L & j\omega(L_1L_2 - M_{12}^2) + M_{12}R_L & j\omega(M_{12}^2 - L_1L_2) - L_1R_L \end{bmatrix}$$

$$Y_d = Y_{22}^A + Y_{11}^B$$

또, $[Y^A]$ 및 $[Y^B]$ 는 각각 A와 B부분의 어드미턴스 행렬을 나타내며, $[Y]$ 는 분배회로의 전체 어드미턴스 행렬을 나타낸다.

III-2-2. 주파수특성

식(12) 및 식(13)에 의하여 산란행렬 $[S]$ 를 계산한 결과, 얻어진 주파수특성을 그림6에 나타낸다. 그림6

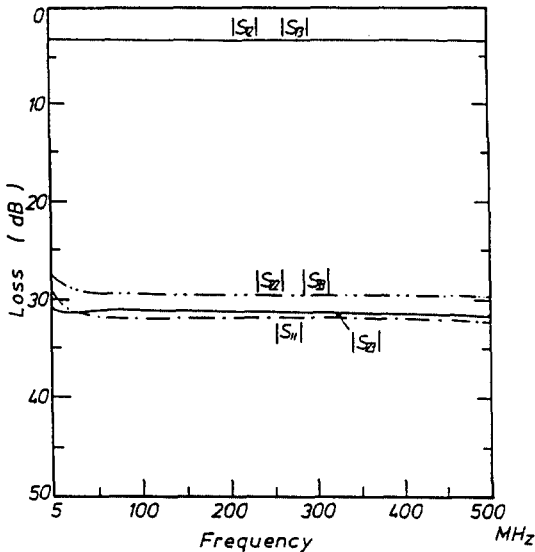


그림 6. 입력단이 보상된 윌킨슨형 신호분배기의 이론적 주파수 특성

Fig. 6. Theoretical frequency characteristics of compensated Wilkinson type power divider for Input port

은 II-3.절에서 설계한 분배율 3dB($r_1 = -1, r_2 = 1 - \sqrt{2}$, $R_L = 100\Omega$)의 설계값을 이용해 계산한 이론적 주파수 특성이며, 코일의 인덕턴스는 Core의 투자율이 1인 경우에 $0.001113 \mu\text{H}$ 로 하고, $L_0n_1^2 = L_0n_2^2 = 0.010017 \mu\text{H}$, $L_0n_3^2 = 0.004452 \mu\text{H}$, $L_0n_4^2 = 0.027825 \mu\text{H}$ 로 하였으며, $K = 1000$, $f_m = 3.0 \text{ MHz}$ 로 하였다. 그림6의 주파수특성을 살펴보면 그림5에 비해 S_{11} , S_{22} 및 S_{33} 의 특성이 현저하게 향상되었음을 알 수 있다. 즉, 원형의 윌킨슨형 신호분배기에 보조변성기를 부가해 높은 정합도를 가지는 회로 설계가 가능함을 보였다. 또한 설계치가 $r_1 = -1, r_2 = 1 + \sqrt{2}$, $R_L = 100\Omega$ 인 경우에는 $S_{12} = S_{13} = 6.2\text{dB}$, $S_{11} = 3.2\text{dB}$, $S_{22} = S_{33} = 8.57\text{dB}$, $S_{23} = 11.18\text{dB}$ 정도로 분배기로서의 사용 가치가 없었다.

III-3. 출력단이 보상된 윌킨슨형 파워디바이더

III-3-1. 이미턴스 행렬

아이소레이션과 출력단의 반사를 줄이기 위한 방안으로 출력단에 보조회로를 부가하여 정합도를 향상시킨 두번째 경우로써, 그림4의 회로로 부터 변성기의 인덕턴스를 각각 L_1, L_2, L_3, L_4 라 하고 상호인덕턴스를 각각 M_{12}, M_{34} 으로 하여 식(9)와 식(13)과 같은 방법으로 어드미턴스행렬을 구한다.

III-3-2. 주파수특성

어드미턴스행렬로 부터 산란행렬 $[S]$ 를 컴퓨터 시뮬레이션한 결과 얻어진 주파수 특성을 나타내면 그림7과 같으며 그림7은 II-4절에서 설계하였던 분배율 3dB($r_1 = -1, r_2 = -1 + \sqrt{2}$, $R_L = (12 - 8\sqrt{2})R\Omega$)의 설계값을 이용하여 계산한 경우의 이론적 주파수 특성이며, 코일의 인덕턴스는 Core의 투자율을 1로 하였을 경우에 $0.001113 \mu\text{H}$ 로 하고, $L_0n_1^2 = L_0n_2^2 = 0.004452 \mu\text{H}$, $L_0n_3^2 = 0.004452 \mu\text{H}$, $L_0n_4^2 = 0.023106 \mu\text{H}$ 로 하였으며, $K = 1000$, $f_m = 3.0 \text{ MHz}$ 로 하였다.

그림7의 주파수특성을 살펴보면 원형의 윌킨슨형 파워디바이더에 비하여 특성이 현저하게 향상되었고 입력단이 보상된 파워디바이더에 비해서도 S_{11} 및 S_{23} 의 특성이 향상되었다.

따라서 2-분배방식의 회로를 제작함에 있어서 원형의 윌킨슨형 파워디바이더에 보조변성기를 부가하면 정합도를 높일 수 있음을 계산결과로 부터 알 수 있었다. 반면, 설계값이 $r_1 = -1, r_2 = -1 - \sqrt{2}$, $R_L = (12 + 8\sqrt{2})R\Omega$ 인 경우에는 $S_{12} = S_{13} = 3.28\text{dB}$, $S_{11} = 42.0\text{dB}$, $S_{22} = S_{33} = 9.54\text{dB}$, $S_{23} = 8.6\text{dB}$ 정도로

분배기로서 동작은 가능하지만 특성이 떨어져서 효용가치가 없음을 알 수 있다.

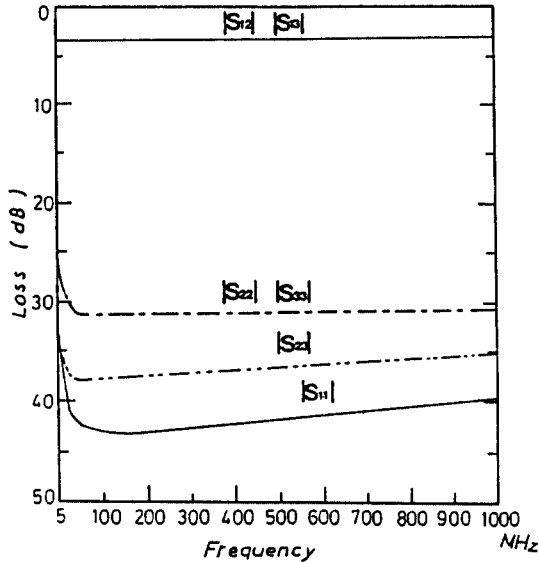


그림 7. 출력단이 보상된 윌킨슨형 신호분배기의 이론적 주파수 특성
 Fig. 7. Theoretical frequency characteristics of compensated Wilkinson type power divider for Output port

차로 작용하여 이상변성기의 조건을 충분히 만족시키지 못한 것으로 판단된다. 한편 흡수저항도 고주파수용이 아니기 때문에 실제로 제작한 회로의 주파수 측정에 있어서 저주파수에서는 저항 본래의 특성을 나타내겠지만 주파수가 높아질수록 특성이 조금 떨어진다고 여겨진다.

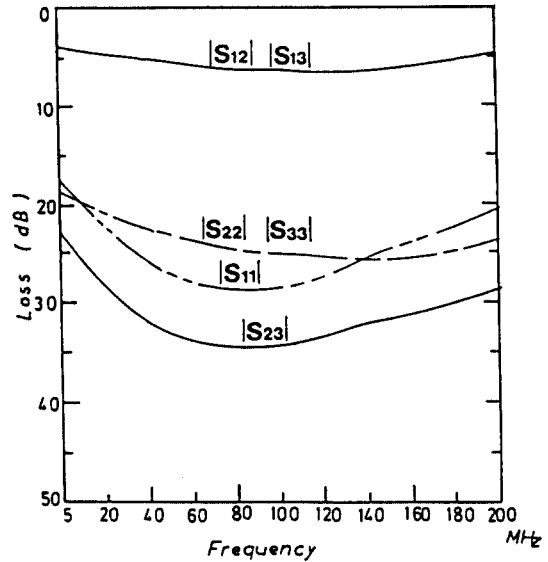


그림 8. 입력단이 보상된 윌킨슨형 파워디바이더의 실측 주파수 특성
 Fig. 8. Experimental frequency characteristics of compensated Wilkinson type power divider for Input port

IV. 실험결과 및 고찰

IV-1. 입력단이 보상된 윌킨슨형 파워디바이더

입력단에 보상회로를 부가하여 원형이 윌킨슨형 파워디바이더의 특성을 향상시킨 분배회로의 주파수 특성을 실험을 통하여 이론적 계산값과 비교·검토하였다. 그림8은 II-3.절에서 설계한 분배율 3dB의 이론적 설계값을 이용하여 분배회로를 실제로 제작하여 주파수 특성을 측정한 그림이다. 회로를 제작할 때 사용한 페라이트 코어는 일본의 T-314이며 코일은 0.18 mmφ의 굵기를 사용하였고, 권선수는 $n_1 = n_2 = 3$, $n_3 = 2$, $n_4 = 5$ 로 하였다. 주파수 특성이 저주파수에서는 이론적 계산값과 대체로 일치하고 있지만 주파수가 높아질수록 특성이 다소 떨어짐을 알 수 있다. 이는 회로를 제작할 때 코어에 대한 코일의 감는 위치가 일정하지 못하여 권선 상호간의 부유용량이 커져서 특성의 열화를 가져 온 것으로 사료되며 또한 코일의 권선수에 존재하는 소숫점 이하의 숫자가 오

IV-2. 출력단이 보상된 윌킨슨형 파워디바이더

그림9는 III-3.절에서 설계한 분배율 3dB의 이론적 설계값을 이용하여 분배회로를 실제로 제작하여 주파수 특성을 측정한 그림이다. 회로를 제작할 때 사용한 페라이트 코어는 일본의 T-314이며 코일은 0.18 mmφ의 굵기를 사용하였고, 권선수는 $n_1 = n_2 = 1$, $n_3 = 2$, $n_4 = 5$ 로 하였다. 실험을 행하여 본 결과, 설계값에 의한 이론적 주파수 특성보다 실험을 통해 측정된 실측 주파수특성이 양호하지 못함을 알 수 있었다. 그러나 -20dB이하의 특성을 보임으로써 분배기로 충분한 가치가 있음을 보여주고 있다. 또한 회로를 실제로 제작하는 과정에 있어서, 이상적인 경우의 회로를 해석할 때에는 회로소자의 값에 대한 오차를

고려할 필요가 없지만 실제 회로의 제작과정에 있어서는 오차가 존재하며, 코어에 대한 코일의 감는 위치가 일정하지 못하여 권선 상호간의 부유용량이 커져서 특성의 열화를 가져. 와서 주파수특성에 매우 민감한 반응을 보임을 알 수 있었다. 또한 회로를 5cm 이내로 콤팩트하게 구성해야 하는 과정에서 회로의 제작이 조잡해 짐으로 인하여 본래의 특성을 얻지 못한 점도 있으리라 본다.

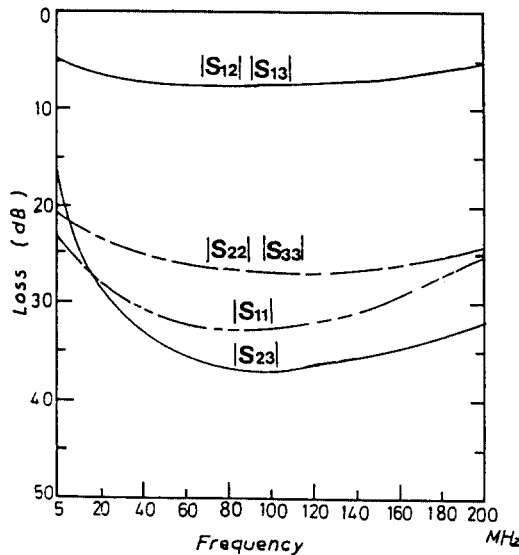


그림 9. 출력단이 보상된 윌킨슨형 파워디바이더의 실측 주파수 특성

Fig. 9. Experimental frequency characteristics of compensated Wilkinson type power divider for Output port

V. 결 론

윌킨슨형 파워디바이더를 기본으로 하는 CATV 및 MATV시스템용 집중정수형 전력분배기의 설계법, 주파수특성해석 및 특성개선법에 관하여 연구한 결과 다음의 결론을 얻었다. 즉,

원형의 분포정수형 윌킨슨 파워디바이더를 집중정수회로화하여 CATV용 2분배기회로를 설계하는 방법을 제시하고, 분배율의 향상을 꾀하기 위하여 입·출력단에 보조 변성기를 부가하여 분배특성이 크게 향상되는 보상된 2분배기의 설계법을 제안하였다. 나

아가서, 보상된 윌킨슨형 파워디바이더의 특성이 원형의 윌킨슨형 파워디바이더와 이론적 주파수 특성을 계산하여 비교한 결과 현저하게 향상되었으며, 시험제작하여 실험한 결과, 이론적 주파수 특성과 잘 일치하므로 2분배기로서 충분한 실용적 가치가 있음을 입증하였다.

차후로 본 연구에서 제안된 파워디바이더에 대한 기본적인 해석법을 토대로 현재 CATV 및 MATV 시스템에 널리 사용되고 있는 분배기와 분기기의 최적·광대역 설계법의 연구개발을 행하고자 한다.

참 고 문 헌

1. 徐台鉉, 有線 TELEVISION, 釜山日報出版局, ch.7, 1984.
2. 宋在克, 林春奎, CATV기술, KBS技術政策開發局, 日本NHK協會編, 第7章, 1986.
3. 倉石源三郎, "美國におけるCATVの現況," 日本電子通信學會誌, Vol.53, No.1, pp.16-21. (1970. 1).
4. 민경식, 김동일, "CATV 및 MATV 시스템 구축의 운영현황과 전망," 韓國通信學會誌, 제8권 3호 ; pp.35-47(1991. 3).
5. Dong Il Kim, Michiharu Takahashi, Yoshiyuki Naito, "Optimum Design of the Power Divider with Ferrite Toroids for CATV and/or MATV Systems," IEEE Trans. on consumer electronics, Vol.CE-29 No.1, pp.27-38, Feb. 1983.
6. 金東一, 鄭世謨, 崔在喆, 孫診鉉, 柳大根, 洪彰禧, "CATV 및 MATV 시스템용 개량된 약결합 전력분배기와 일반화된 n-분기 전력분배기의 설계에 관한 연구," 大韓電子工學會 論文誌, 第24卷 第1號, pp.115-122, (1987.1).
7. 金東一, 鄭世謨, "CATV 및 MATV 시스템용 고밀도 결합간격의 신호 분기기에 관한 연구," 大韓電子工學會 論文誌, 第11卷 第2號, pp.53-59 (1987.9).
8. Dong Il Kim, "Design of Generalized n-way Power Divider for CATV and/or MATV Systems," IEEE trans. on Consumer Eletronics, Vol.CE-32, No.2, pp.116-121, MAY. 1986.
9. ERNEST J. WILKINSON, "An N-Way Hybrid Power Divider" IRE trans. on MTT, pp.116-118 (1960.1).

10. HERBERT J.Carlin, ANTHONY B. Giordano, Network Theory : An Introduction to Reciprocal and Nonreciprocal Circuits, Prenyice-Hall, Englewood Cliffs, N.J., ch.4, 1964.
11. D.C. Youla, "Single Frequency Synthesis form a prescribed Scattering Matrix," IRE Trans. on Circuit Theory, Vol. CT-4, pp.340-344, Dec. 1959.
12. Y.Oono and K.Yasuura, "Synthesis of finite passive 2n-terminal networks with prescribed scattering matrices," Annales des Telecommunications, Vol.9, pp.73-80, 1954.
13. 池東杓, 線型代數와 그 應用, 영지출판사, 第2章, 1986.
14. Y.Naito, "Formulation of Frequency Dispersion of Permeability," Trans. IECE of Japan, Vol. 5a-c, pp.297-304, May. 1976.
15. C.L. Ruthroff, "Some Broad-Band Transformers," Proc. of IRE 47, No.8, pp.1337-1342, Aug. 1959.
16. A.Talkin and J.Cueno, "Wind-Band Balun Transformer," Rev.Sci.Inst., Vol.28, pp.808-815, Oct. 1957.
17. J.W.McLaughlin, D.A.Dunn, and R.W.Grow, "A Wind-Band Balun," IRE Trans. Microwave Theory and Techniques, Vol.MTT-6, pp.314-316, July 1958.
18. G.Oltman, "The Compenstated Balun," IEEE Trans. Microwave Theory and Techniques, Yol. MIT-14, pp.112-119, March 1966.
19. L.I. Parad and R.L.Moynihan, "Split-Tee Power Divider," IEEE Trnas. MIT-13, pp.91-95, Jan. 1965.
20. Reed and J.Wheeler, "A Method of Analysis of Symmeetrical Four-Port Networks," IRE Trans. on MIT, Vol.4, pp.246-252, Oct. 1956.

본 연구는 1989년도 한국과학재단 연구비 지원에 의한 결과임 연구를 수행함에 있어서 연구비를 지원하여 주신 한 한국과학재단의 관계자 여러분과 연구의 도움을 주신 해양대학교 마이크로파 연구실 연구원들에게 감사드립니다.



민 경 식(Kyeong-Sik Min) 正會員
 1964년 1월 22일생
 1989년 2월 : 한국해양대학 전자통신공학과 졸업(공학사)
 1991년 2월 : 한국해양대학 대학원 전자통신공학과 졸업(공학석사)
 1990년 9월~1992년 2월 : 부산전문대학 전자통신과 시간강사
 1992년 9월~1993년 2월 : 동의공업전문대학 전자통신과 시간강사
 1993년 1월~현재 : 고등기술연구원 연구원
 ※주관심분야 : 마이크로파회로의 설계, 안테나공학, 이동/위성통신, B-ISDN 등

김 동 일(Dong Il Kim) 正會員
 1952년 2월 26일생
 1975년 2월 : 한국해양대학 항해학과 졸업(공학사)
 1977년 2월 : 한국해양대학 대학원 전파항해학전공 공학석사 학위취득
 1984년 3월 : 일본동경공업대학 대학원 전기전자공학과 공학박사 학위취득
 1975년 3월~1993년 2월 : 한국해양대학 전자통신공학과 교수
 1993년 3월~현재 : 한국해양대학 전파공학과 학과장
 ※주관심분야 : 마이크로파 및 밀리미터파회로의 설계, 광 집적회로의 설계, 고성능 전파흡수체의 개발분야 등

정 세 모 (Se-Mo Chung)

正會員

1936년 9월 4일생

1959년 2월 : 한국해양대학 항해학과 졸업(이학사)

1967년 2월 : 연세대학교 전기공학과 졸업(공학사)

1971년 2월 : 연세대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학석사)

1976년 9월 : 일본동경공업대학 대학원 전자공학과 졸업(공학박사)

1960년 4월 ~ 1963년 8월 : 해군한국함대 항해부장

1964년 10월 ~ 현재 : 한국해양대학교 교수

※주관심분야 : 마이크로파 및 안테나 설계, 전파항법의 성능향상 분야, 전파흡수체 개발분야 등