

# VVC 다이오드를 사용한 새로운 변조기 (Modulators Using Voltage Variable Capacitance Diode)

鄭 萬 永\*  
(Chung, Man Yung)

金 英 雄\*\*  
(Kim, Young Ung)

## 요 약

전압 가변용량 다이오드를 사용하여 인가전압을 변조신호로 하였을때 수정발진회로의 동조소자로 하면 변조입력을 전혀 필요치 않는 진폭변조방식을 실현할 수 있으며 한편에서는 수정발진자를 4분지 1파장 결합회로를 통하여 하아트레 발진회로가 가장 광대역 주파수 변조기로서 적합함을 시작 결과로서 입증하였다.

## Abstract

Several new modulators using Voltage Variable Capacitance Diode are described. It was investigated that amplitude modulation which does not need modulation power is obtained by modulating VVC diode as a tuning element of the quartz oscillator circuit. It offers a good AM system for carryphones in the citizen bands. While frequency modulated quartz oscillators coupled with a quarter wave network were tested as a wide band frequency modulator, Hartley type transistor oscillator offers the most stable and reproducible FM quartz oscillator.

## I. 서 론

전압가변용량(Voltage Variable Capacitance 이하VVC라고약함) 다이오드는 일직이 Varactor 다이오드 즉 가변 리액터 다이오드라고 불리워 주로 FM용, AFC용 주파수채배용 및 Parametric Amplifier용으로 사용되어 오다가 최근에 이르러서 반도체 처리기술이 IC의개발로 비약적인 발전을 하는됨에 바이어스 전압의 변화에 따르는 용량변화율이 20배에 가까운 것이 만들어 지게되자 종래의 바리콘(Varicon)에 대체되는 동조용(同調用)으로 새로히 각광(脚光)을 받게 되었다. 여기서 동조용을 주로 VVC 다이오드 또는 Varicap등으로 부르기 시작하였다. 이때 전압변화에 대한 용량치변화의 요인을

희망하는 대로 제어할수 있게되자 변조(變調)용으로서도 새로히 그 특성이 좋아짐에 따라서 광대역(廣帶域)통신용 또는 전혀 새로운 변조기에 응용될수 있는 소지(素地)가 내장되고 있었다. 여기에 필자도 동조용 만이 아니라 새로운 변조방식(變調方式)에 이를 적용하여 종전의 진공관 트랜지스터 또는 Varactor로서는 생각지도 못할 새로운 진폭변조 방식과 광대역 주파수 변조방식을 고안하여서 그들을 시작(試作)하여서 그특성을 조사 검토해본 결과 최종적인 실현방식을 확립하였기에 그일부를 밝히고자 하는 바이다.

## II. VVC다이오드의 특성

VVC다이오드가 동조용으로 사용될때와 변조용으로 사용될때를 막론하고 공통적으로 요청되는 특성으로서는

- (1) Q가 높을것
- (2) 최대 역방향 인가전압이 높을것
- (3) 소망의 용량변화율을 가질것

\*,\*\*韓國科學技術研究所

電子裝置研究室

Electron Device Division,

Korea Institute of Science and Technology

(4) 동일한 특성의 다이오드가 얻어질것  
 (5) 소량의 용량치가 용이하게 얻어질것  
 등이 있다. 그러나 변조용으로서도 진폭변조(A  
 M)용과 주파수변조(FM) 용으로서는 소요되는  
 특성이 각각 다르다. 여기서는 이러한 특성과  
 다이오드 자체의 특성이 어떤 관련성에서 어떻  
 게 얻어지는가를 살펴보기로 한다.

일반적으로 PN접합에 있어서 장벽접합면 부  
 근은 전도전자 및 홀(Hole)이 확산하여서 전도입  
 자가 없는 공간전하영역(Depletion layer)이 발  
 생하며 그 경계(境界)에는 도너(Donor)와 액셉  
 터(Acceptor)간에 접촉전위차가 생기게 된다. 이  
 때 PN접합면의 불순물 농도(Impurity density)  
 N와의 사이에는 다음(2-1)식과 같은 Poisson방  
 정식의 관계가 성립된다.

$$\rho^2\phi = -N \dots\dots\dots (2-1)$$

여기서 차접합용량(Differential junction ca-  
 pacitance)은 (2-1)식에 특정한 불순물 분포값

을 대입하고  $dC_j = \frac{dQ}{dV}$ 를 품으므로써 구해진다.  
 이로서 구해진 일반적인 식(2-2)에 의하면 접  
 합용량 $C_j$ 는 지수법칙에 따라서 역방향 인가전압  
 에 대해 접합계단(Junction abruptness)성에 따  
 라서 지수(指數)적으로 변한다.

$$C_j = \frac{K}{(V_R + \phi)^n} \dots\dots\dots (2-2)$$

단 K : 불순물 농도, 유전율, 접합면적의 함수  
 $V_R$  : 역방향 전압

여기서는 전압-용량특성과 용량변화율에 영  
 향을 주는 접합계단성을 결정하는 값이다. 이 접  
 합계단의 계단성이나 지수 $n$ 는 제조과정에 의하여 조  
 절된다. 예를들면 합금형(合金型)으로 만든 것  
 에서는 0.5정도이며 용량치는 평방근(平方根)에  
 반비례한다. 반면에 확산(擴散) 또는 프래너 확산  
 처리된 것을 경사형(傾斜型) 불순물 분포(Graded  
 impurity distribution)가 되어서  $n$ 는 0.3이 된  
 다. 따라서 이때의 접합용량은 삼승근(三乘根)

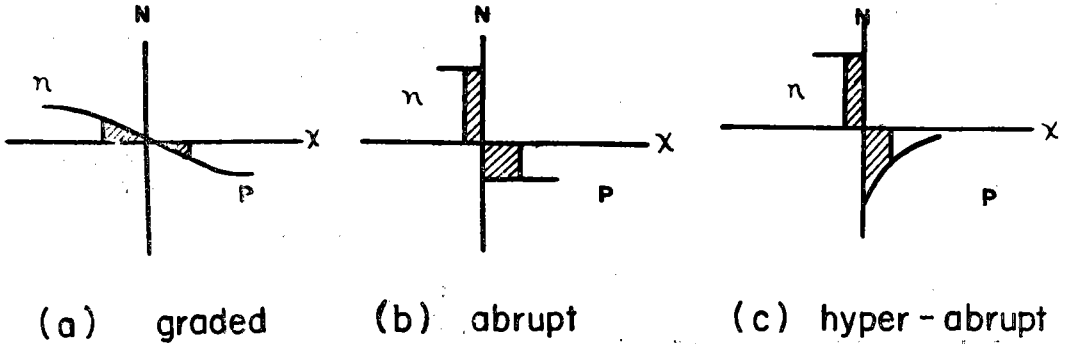


그림 2-1 접합다이오드의 종류

에 반비례한다. 이와 같이 단일 확산기술로서는  
 $n$ 는 0.5이상이 될 수 없다. 따라서  $n$ 를 더 크게  
 하기 위해서는 2중확산 즉 초계단형(超階段型)  
 (Hyperabrupt)을 만들어서 그림 2-1과 같이 장  
 벽면에서 부터 역방향 바이어스가 크게 작용하  
 면 공간전하영역은 접합면에서 깊어질수록 공간  
 전하가 적어짐으로 넓게 퍼져나가서 용량감소량  
 율은 커지게 된다.

실제로 초계단형 다이오드로서 전압변화에 대  
 한 용량치변화가 그림 2-2와 같이 얻어졌다고  
 한다.

여기서 이러한 다이오드 특성이 변조기용으로

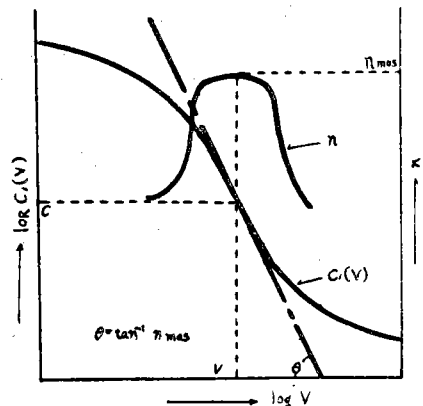


그림 2-2 VVC다이오드의 V-C<sub>j</sub>특성

서 가장 중요한 것은  $n$ 가 어떤 바이어스점  $V_b$ 를 중심으로 하여서  $n_{max}$ 치를 치하면서 될수록 넓은 바이어스전압 범위에서 일정할 것이다. 이때의  $n_{max}$ 는  $V_b$ 에 대응하는  $C_b$  점에서의 경사로서 다음식(2-3)과 같이 주어진다.

$$\theta = \tan^{-1} n_{max} \dots \dots \dots (2-3)$$

이때의  $n_{max}$ 는 초계단형일 경우 0.5에서 2.0 또는 그 이상까지 될수 있으나 후술하는 바와 같이 진폭변조일 경우에는 1.0, 주파수변조일 경우에는 약 2.0 이 가장 직선성(Linearity)이 좋다. 여기에 시판(市販)되고 있는 초단파용 VVC 다이오드의 실제 특성을 나타내는것이 그림2-3 으로서 BA-141은 진폭변조용으로 가장 적합하고 FC-53은 주파수변조용으로 적합하나 약간  $V_b$ 점 근처에서  $n$ 의 일정한 범위가 좁고  $n_{max}=1.5$  밖에 안된다.  $Q$ 값을 희생시키지 않고  $n > 2.0$ 까지 초단파대에서 올리는 것은 벅 힘드는 일이다.

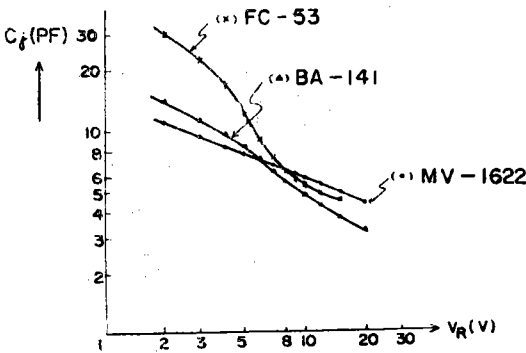


그림 2-3 시판 초단파용 VVC다이오드 특성

한편 이와같은 VVC다이오드의 등가회로는 그림2-4와 같다.

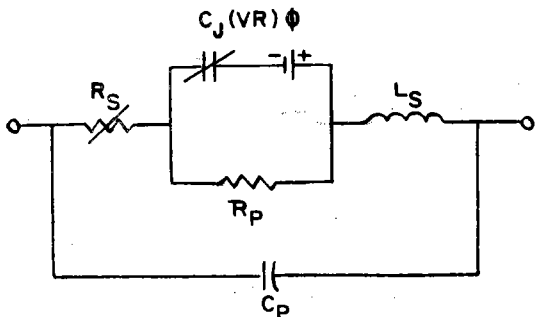


그림2-4 VVC 다이오드의 등가회로

여기서  $R_s$ 는 반도체기판에 의한 직열저항(直列抵抗)이며  $r_p$ 는 접합을 지나서 누설(漏洩)되는 저항 또는 병렬저항(並列抵抗)  $C_p$ 는 포장용량(Package capacitance)  $L_s$ 는 극초단파대(UHF) 또는 더 이상 높은 주파수대에서만 고려되는 직열 인덕턴스이다.

그러나 초단파대 이하에서는  $L_s$ 는 무시할수있기 때문에 일반적으로 회로의 양호도(Figure of Merit)  $Q$ 는 다음과 같이 표시할수 있다.

$$Q = \frac{\omega C_j r_p^2}{R_s + r_p + \omega^2 C_j^2 R_s r_p^2} \approx \frac{1}{(1/\omega C_j r_p) + \omega C_j R_s} \dots \dots \dots (2-3)$$

중파대 이상에서는  $\omega C_j R_s \gg 1$  이므로

$$Q \approx \frac{1}{\omega C_j R_s} \dots \dots \dots (2-4)$$

여기서 다시  $R_s$ 는 근사적으로 다음과 같이 표시 할수 있다.

$$R_s = \rho \frac{l}{S} \dots \dots \dots (2-5)$$

단  $\rho$ ; 기판의 비저항

$l$ ; 공간전하 층단으로 부터 오염성 접촉 단까지의 거리

$S$ ; 접합면적

여기서 기판의 비저항  $\rho$ 는 다음과 같다.

$$\rho = \frac{1}{q\mu N_b} \dots \dots \dots (2-6)$$

$q$ : 전하

$\mu$ : 입자의이동도

$N_b$ : 기판의 불순물 농도

따라서 (2-5)식은 (2-6)식에서 다음과 같게 된다.

$$R_s = \frac{1}{q\mu N_b} \cdot \frac{l}{S} \dots \dots \dots (2-7)$$

이상에서  $Q$ 를 높이기 위해서는  $R_s$ 를 적게하고  $R_s$ 를 적게 하기 위해서는  $N_b$ 를 크게 하여야 한다. 그러나  $N_b$ 를 증가시키면 주어진 인가전압에서 최대용량대 최소용량비가 떨어지게 된다. 따라서 기판의 불순물 농도  $N_b$ 는 이 두가지 조건을 만족시키기 위해서는 한층으로서는 불가능 하기 때문에 적층(Epitaxial) 기판을 사용하게 된다. 그러한 적층기판(積層基板)에다 적층접합을 실

현하기 위해서 그림 2-5와 같은 2단계 적층 다이오드의 구조로서  $n \geq 2.0$  이상되는 다이오드도 얻을수있게 된다. 이와같은 것은 주로 증파대 동조용 다이오드에 많이 사용되나 그때의 용량변화비(容量變化比)는 20이상인 된다. 그러나 주파수변조용으로서의 그 중간정도의 적층 2층 확산 다이오드로서  $n_{max}$ 가 2.0정도에서 일정한 범위가 넓을수록 좋다고 할수 있고 변조회로에서도 Q값은 저하되어서는 않되기 때문에 이와같은 처리과정을 취할 필요가 있다.

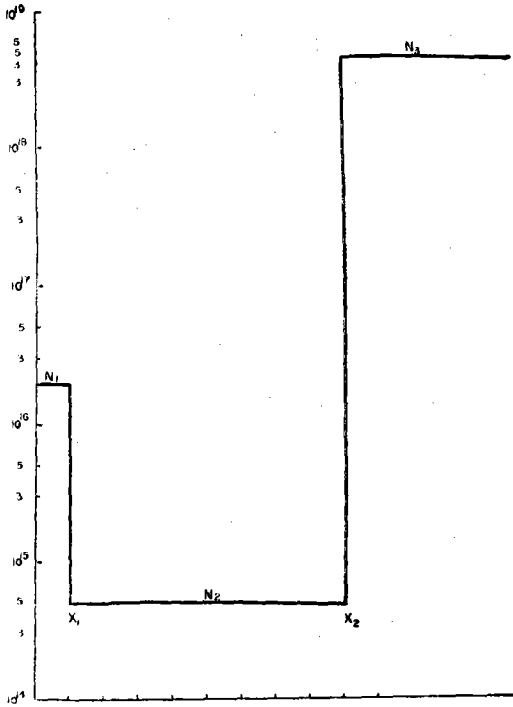


그림2-5 2단계 적층다이오드의 구조

### III. 수정진폭 변조기

본 변조기는 VVC다이오드를 써서 진폭변조기(振幅變調器)로서의 새로운 응용의 하나로 필자에 의해서 발명 명명(命名)된 것이다. 즉 VVC 다이오드의 가변용량특성은 진폭변조기와는 전혀 관계가 없을 것인데 수정 발진회로(水晶發振回路)의 임피던스특성 또는 출력특성이 어떤 범위내에서는 출력탱크회로의 용량변화에 대하여

아주 예민하게 직선적으로 변화한다는점에 착안하여 여기에 VVC다이오드를 증배의 공기 가변 동조용량기에 대체하여 그 용량치가 역방향전압의 크기에 따라서 변화하게끔 직류 고정바이어스에 변조입력을 중첩함으로써 소기의 진폭변조 특성을 얻을 수 있게 된다.

즉 수정발진자의 등가회로는 그림3-1과 같다.

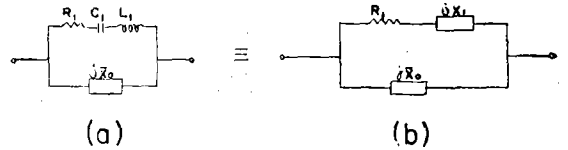


그림3-1 수정발진자의 등가회로

여기서 수정진동자의 용량분을  $C_1$ , 유도분을  $L_1$  손실을  $R_1$ 이라하고 전극간 및 부가전 병렬용량 리액턴스분을  $X_0$ 라할때 임피던스  $Z$ 는 다음과 같다.

$$Z = R + jX = j\bar{X}_0 + \frac{R_1 \bar{X}_0^2}{R_1^2 + (\bar{X}_0 + X_1)^2} - j \frac{\bar{X}_0^2 (\bar{X}_0 + X_1)}{R_1^2 + (\bar{X}_0 + X_1)^2} \dots (3-1)$$

상식은  $R - \bar{X}$  평면에 있어서  $R_1 =$  일정  $X_1 =$  일정한 변수에 대하여 다음과 같이 원전환된다.

$$\left(R - \frac{\bar{X}_0^2}{2R_1}\right)^2 + (X - \bar{X}_0)^2 = \left(\frac{\bar{X}_0^2}{2R_1}\right)^2 \dots (3-2)$$

$$R^2 + \left(X - \bar{X}_0 + \frac{\bar{X}_0^2}{2(\bar{X}_0 + X_1)}\right)^2 = \left(\frac{\bar{X}_0^2}{2(\bar{X}_0 + X_1)}\right)^2 \dots (3-3)$$

상식에서 공진부근점만 생각하면

$$X_1 = -\bar{X}_0 \dots (3-4)$$

$$R = \frac{\bar{X}_0^2}{R_1} = \frac{1}{R_1 \omega^2 C_0^2} \dots (3-5)$$

그런데 병렬용량  $C_0$ 로서는 전극간용량과 변조용으로 삽입한 다이오드용량 고정용량과의 합을  $C_0'$ , 변화분을  $C_0''$ 라고 하면 다음과 같이 구성되어 있다.

$$C_0 = C_0' + C_0'' \dots (3-6)$$

그런데 가변용량  $C_0''$ 가 변조신호에 따라서 다음과 같은 관계에 있다고 한다.

$$C_0'' = \frac{K}{V_0 \sin \omega t} \dots (3-7)$$

이때의 병렬공진 임피던스  $Z_0$ 는 다음과 같다.

$$Z_0 = \frac{1}{\omega_0 R_1 C_0^2} \frac{1}{\left(1 + \frac{1}{C_0^2} \frac{K}{V_0 \sin \omega_0 t}\right)^2}$$

$$\cong Q_0^2 R_1 \left(1 - \frac{2K}{C_0' V_0 \sin \omega_0 t}\right) \dots \dots (3-8)$$

단  $Q_0 = \frac{1}{\omega_0 C_0' R_1} \cdot \frac{K}{C_0' V_0} = \frac{C_0''}{C_0'} \ll 1$

$$\frac{2K}{C_0' V_0 \sin \omega_0 t} \gg \frac{K^2}{C_0'^2 \sin^2 \omega_0 t}$$

이와같이 수정회로에 병렬로 부하(負荷)된 가변용량다이오드를 통하여 변조전압을 역방향 고정바이어스점을 중심으로 하여서 인가하면 식(3-8)과 같이 공진 임피던스가 변조전압  $V_0$ 에 반비례하여서 변조된다. 이러한 임피던스 특성은 그림3-2(a)(b)와 같으며 이때의 변조전압 변화에 대한 용량변화는 등도(c)와 같이 고정 바이어스점  $V_b$ 에 따라 0.5승에서 1승, 0.3승까지 변화하나 여기서는 변조전압변화에 대하여 가장 많

이 변화하는 1승 즉  $V_b$ 점을 고정바이어스점으로 정하였다. 한편 직렬공진점의 임피던스는 낮을수록 좋고 병렬공진점의 임피던스는 병렬용량치가 낮을수록 커진다. 그러므로 이럴때는 직선변조범위가 커진다. 또 다이오드의 바이어스점( $V_b$ )에 따라서 변조직선성이 달라지는데(3-7)식과 같이 직선부분은 등도(c)에서  $n=1$ 이 되는점을 중심으로 하여서 직선성이 유지되는 범위는 불과 2~3V 정도이므로 이범위를 넘어서면 모두 포화해 버린다. 이러한 점은 변조가 깊게 되었을때 과변조(過變調)를 막을 수가 있다는 이점이 되는 반면 변조가 더 깊어질수록 진폭이 커지는 방향에서는 적그러지게된다는 약점을 지니고 있다.

여기서 이러한 실험용으로 실제회로를 그림3-3과 같이 MPS-9626 트랜지스터로서 수정변조회로를 49MHz대에서 구성하여 본 것이다.

여기에 사용한 다이오드는 FC-53으로서 이

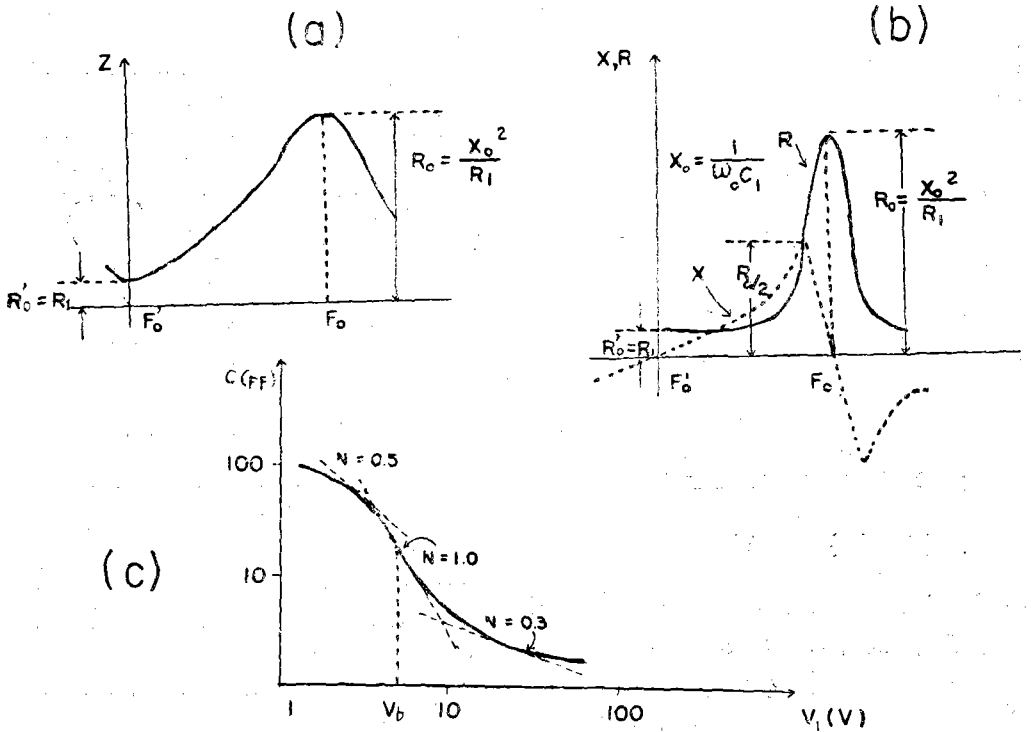
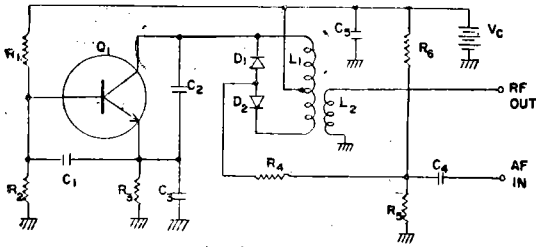
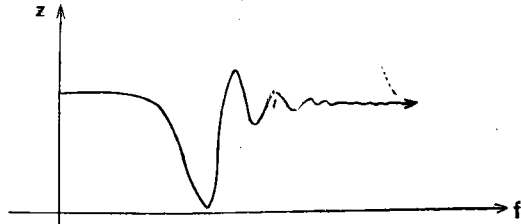


그림 3-2 : 수정 소자의 VVC 의 특성



(a)



(b)

그림3-3 수정변조회로와 임피던스 특성

미 그림2-9에서 그 특성을 밝혔다. 또 본 다이오드까지 포함해서 그림3-3의 (a)와 같이 실제 회로를 구성하였을때의 주파수에 대한 임피던스 특성을 소인신호발생기(掃引信號發生器)와 Rho-meter를 사용하여서 그 특성을 실측한 것이 동도(b)이다.

한편 이 수정변조기의 가변용량다이오드에 변조입력을 가해서 변조입력레벨에 대한 변조도 특성을 취한 것이 그림3-4이다.

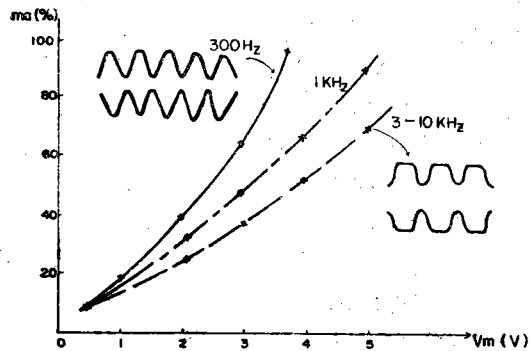


그림3-4 변조기 직선성 및 파형

또 변조도 및 변조주파수에 대한 출력특성은 그림 3-5와 같으며 변조도가 커질수록 또 변조

주파수가 높을수록 출력은 약간 감소하는 현상을 보인다.

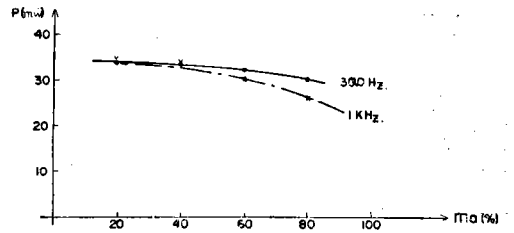


그림3-5 변조도에 대한 출력 특성

한편 이러한 수정진폭변조기의 전원전압변동과 주위온도변동에 대한 주파수변동을 시험해 본 결과가 그림3-6, 3-7과 같다.

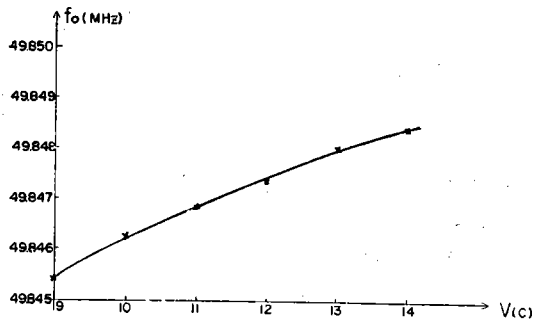


그림3-6 전원변동에 대한 주파수 편차

그림3-6에서 전원전압이 14V에서 9V까지 저하 되어도 발진은 계속하는데 그때의 주파수편차(周波數偏差)는 약 3KHz로 1V당 600Hz가 된다. 따라서 CCIR규정의  $5 \times 10^{-5}$ 의 편차 범위내에 들려면 13V에서 9V까지 또는 14V에서 10V까지는 규정편차범위 2.5KHz내에 들게되므로 충분히 실용화가 가능하다고 볼수있다. MPS-9626의 경우 34mW출력에서도 전원전류는 14mA였

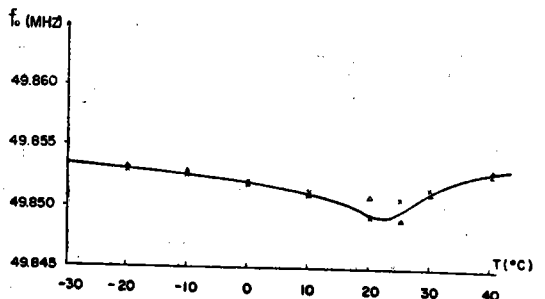


그림3-7 주위온도변화에 대한 주파수 편차

으므로 전원전압이 9V까지 떨어질때까지는 충분한 내용시간이 있다.

한편 주위온도변화에 대해서는 그림3-7과 같이 상온을 중심으로 하여서 저온영역이나 고온영역에서 항온조가 없어도 1°C당 21Hz정도의 변화를 하고 있다. 이는  $5 \times 10^{-7}$ 의 안정도로서 충분하나 상온영역에서 약간의 변위점이 생긴다. 즉 여기서는 1°C당 200Hz정도의 표동으로 나타나지마는 안정도로서는  $5 \times 10^{-6}$ 으로 되기때문에 이로서도 충분히 CCIR규격내에는 들 수 있다.

IV. 수정주파수 변조기

가. 수정발진 정궤환변조회로\*

수정발진회로에 있어서 정궤환회로(正饋還回路)에 가변용량다이오드를 사용하여 변조입력에 따른 주파수편이(周波數偏移)가 생겨도 정궤환비를 일정하게 유지할 수 있게 하므로써 발진출력도 일정한 변조회로를 고안하였다. 실제 회로로서는 그림4-1과 같이  $Cd_1$   $Cd_2$ 를 VVC다이오드로 구성하고 거기에 같은 크기의 변조입력(AF)을 인가하도록 하였다. 이때 변조입력에 상관없이 궤환비는 일정하고 수정발진소자에 병렬로 두개의 직렬 VVC다이오드의 용량치가 변화하여서 발진주파수를 편이하게끔 하고 있다.

여기서 수정편과 직렬로 축전기  $C_5$ 를 삽입한 것은 수정편 전극간 용량치에 직렬로 들어서 병렬공진주파수를 더 높게하므로써 진폭특성을 고르게 하기 위한 것이다. 이와 같은 경우의 발진주파수

f는 다음과 같다.

$$f = \frac{1}{2\pi\sqrt{L}} \left( \frac{Cd}{2} + \frac{CcCs}{Cc+Cs} \right)^{-\frac{1}{2}} \dots (3-9)$$

$$Cd = CsV^n \dots \dots \dots (3-10)$$

단 Cc : 수정발진자의 병렬용량

Cs : 직렬첨가 용량

$$Cd_1 = Cd_2$$

n : 전압치에 대한 역비례 정도

또 이때의 변조 직선성과 출력특성은 그림4-2와 같다.

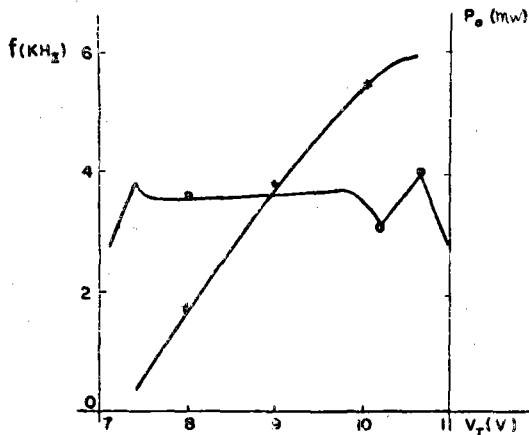


그림4-2 변조 직선성과 출력 특성

그림에서 보는바와 같이 약 5KHz까지는 다이오드의 직류바이어스를 변화시키면 거기에 따라서 직선적으로 변화하나 그 이상에서는 비직선적으로 되고 도 출력특성도 급격히 증감이 심해졌다. 한편 본 변조입력단에 교류변조전압을 인가하여 본 결과 위상변조는 쉬우나 주파수편이로서 높은 변조주파수에 대하여 감응이 아주 떨어지게 되는 것을 알수 있었다. 이것은 수정진동자의 고관성(高慣性) 때문인 줄 안다.

나. 콤팩트형 수정주파수변조기

수정발진자의 직렬공진소자의 리액턴스부를 크게 변동시키고 도 그 감응을 빠르게 하기 위해서는  $\lambda/4$ 결합회로를 통하여 다음 그림 4-3과 같이 변경할 수가 있다. 동도(a)는  $\lambda/4$ 결합회로를 통하여 동도(b)와 같이 각각 변환된다. 이때의 각 소자간의 대응은 다음과 같은 관계가 있다. 즉 일반적으로 임피던스 Z는 변화회로의 특성 임

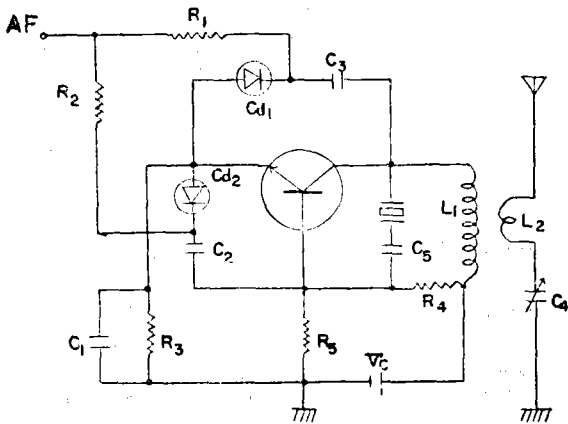


그림4-1 수정발진 정궤환변조회로

피이던스  $Z_0$ 를 통하면 아드미턴스  $Y$ 로 치환된다.

$$Z = Z_0^2 \cdot Y \dots \dots \dots (3-10)$$

따라서 치환된  $Y$ 는 다음과 같다.

$$Y = \frac{j\omega L_1 + 1/j\omega C_1 + R_1}{Z_0^2} \dots \dots \dots (3-11)$$

이들 직렬소자들은  $\lambda/4$ 회로를 통하면 병렬소자로서 다음과 같이 치환되어야 한다.

$$Y = j\omega C' + 1/j\omega L' + G' \dots \dots \dots (3-12)$$

따라서 (3-11)과 (3-12)에서 각 소자간에 다음과 같은 관계식이 구해진다. 즉

$$\left. \begin{aligned} C' &= L_1/Z_0^2 \\ L' &= C_1 Z_0^2 \\ G' &= R_1/Z_0^2 \end{aligned} \right\} \dots \dots \dots (3-13)$$

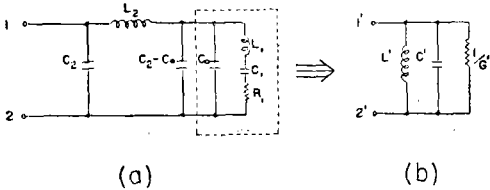


그림4-3  $\lambda/4$  결합수정발진자와 등가회로

여기서

$$\begin{aligned} Z_0^2 &= L_2/C_2 \\ &\approx 1 \times 10^6 \dots \dots \dots (3-14) \end{aligned}$$

따라서 큰 간성을 가졌던  $L_1$ 은  $10^6$ 분의 1로 줄어든 용량치로 치환되고 직렬저항도  $10^6$ 배로 커져서 높은 임피던스특성을 수정진동자의 유도 성분 주파수의 좁은 범위내에서만 나타내게 된다. 여기에 VVC다이오드를 병렬로 부화하면 쉽게 주파수변조를 깊게 얻을 수 있게 된다.

이러한 결합회로를 통한 수정발진자를 콜핏스(Colpitz)발진회로에 연결하여 광대역 주파수변조파를 얻기위한것이 그림4-4인 콜핏스형 수정주파수 변조기이다.

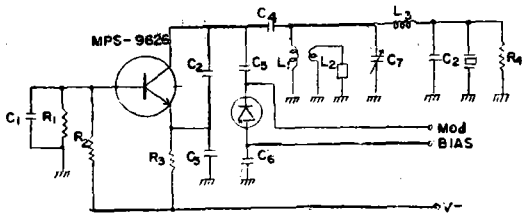


그림4-4 콜핏스형 수정주파수변조기

본 회로에서 결합회로의 병렬가변용량  $C_7$ 을 변

화시켰을때의 발진주파수특성은 그림 4-5과 같다.

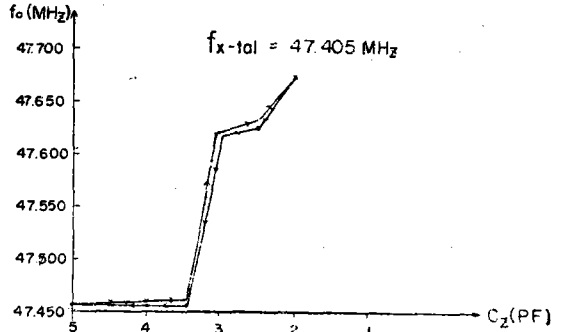


그림4-5  $C_7$ 변화에 따르는 발진주파수 특성

여기서 발진가능한 주파수범위는 수정진동자보다 높은 주파수영역이며 용량변화에 따라서 불연속점과 히스테리시스현상도 있었다.

한편 발진가능한 주파수중에서도 가장 안정한 영역으로 나타난 47.452부근에서 주파수변조특성을 시험해 본것이 그림 3-13과 같다. 즉 여기서 주파수편이특성이 10KHz까지 얻어졌으나 정부방향(正負方向)에 따라서 약간의 비대칭성인 지그재그짐을 나타냈다.

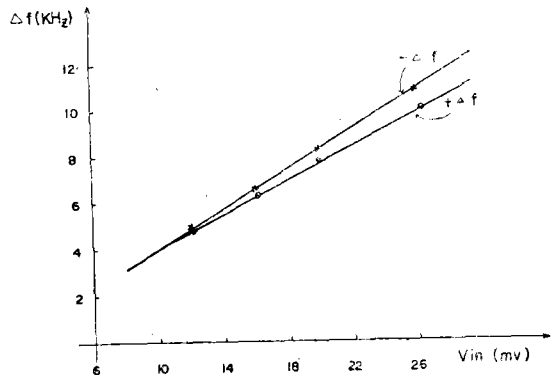


그림4-6 변조입력변화에 따른 주파수편이

또 전원전압변동에 대한 중심주파수표동(中心周波數漂動)은 다음 그림 4-7과 같다. 여기서 전원전압 안정도는  $\pm 1V$ 이내이면  $\pm 2KHz$  범위내에 들어갈 수 있다.



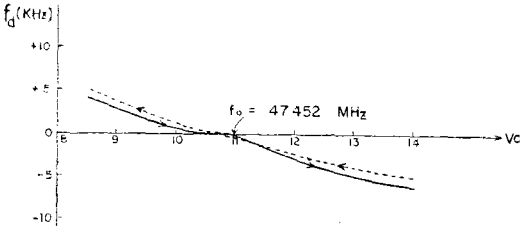


그림4-7 전원전압변동에 따른표동

다. 하아트레형 수정주파수변조기

전기 수정발진자를 같은 방법으로 하아트레(Hartley)형 발진회로에 결합하여 소망의 주파수변조파를 얻으려고 그림 4-8와 같은 회로를 구성하여 보았다. 여기서는 다이오드의 고정용량치를 보정하기 위하여  $C_v$ 를 VVC다이오드와 병렬로 설치하고  $\lambda/4$ 결합회로는 주어진 주파수에서 가장 발진상태가 안정한 점에서 고정된다. 특히 수정발진자가 결합되기전에도 하아트레의 자유발진 자체로도 충분히 안정한 발진주파수를 얻을 수 있게끔 VVC다이오드와  $C_v$ 의 보상조합을 잘하면 전원 단속에 따라서 초기 발진주파수가 변동될것없이 안정화 시키도록 온도계수를 고려하여서 발진시동 뿐만 아니라 계속 발진에서도 소기의 주파수안정도를 얻을 수 있게 각부품의 선택이 고려되어야 한다. 그렇게 된후에 결합회로를 통한 수정발진자로서 중심주파수를 한층 더 안정하게 흡인할수 있게하면 중심주파수를 AFC도 없이 안정화시킬 수가 있다.

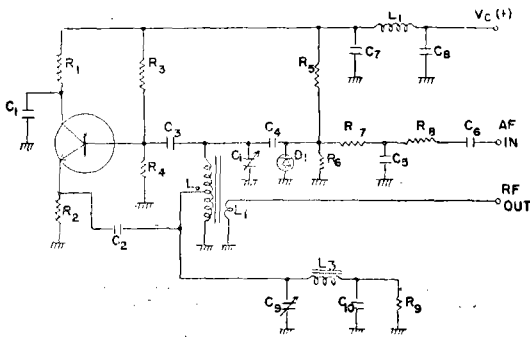


그림4-8 하아트레형 수정주파수변조기

한편 어떤 발진주파수에서  $C_v$ 를 변화시키면서 안정한 발진범위를 조사하기 위하여 그림 4-9와

같은  $C_v-f_0$ 특성을 취해보았다. 그 결과는 모든  $C_v$ 치에 대하여 수정자체의 주파수보다 낮은 주파수범위 내에서 서서히 안정된 주파수변동을 나타내며 주어진  $C_v$ 치에 대한 재현성은 아주 좋았다. 따라서  $C_v$ 를 미조정함으로써 소망의 중심 주파수를 얻을 수 있는데 본도에서 수정주파수보다 낮은 17KHz 범위내에서는 어떤 주파수라도 소망의 한 주파수를 발생 조정할 수 있었다.

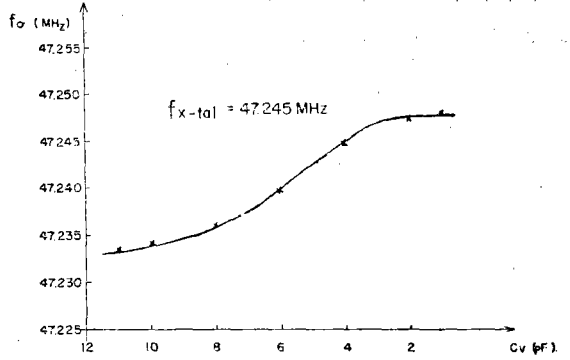


그림4-9  $C_v$ 변화에 따른 발진주파수 변화

이러한 어떤 중심주파수에 있어서 변조입력에 대한 주파수 편이는 그림 4-10과 같다.

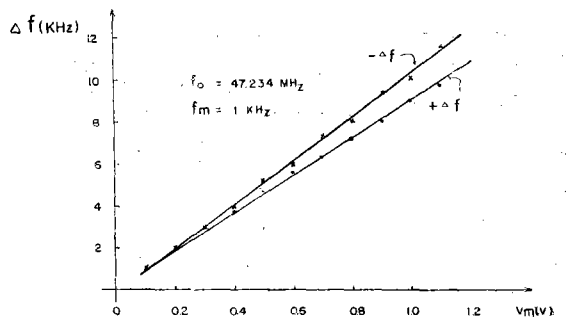


그림4-10 주파수변조파의 직선성

또 변조입력을 0.5V로 일정하게 하면서 변조주파수를 바꾸어 그때 얻어진 주파수 편이를 변조주파수에 관하여 구한 것이 그림 4-11이다.

여기서 변조주파수 특성도 50Hz에서 20,000 Hz까지가 -6dB이내에 들며 100Hz에서 10,000 Hz까지에는 거의 일정한 진폭 주파수특성을 나타내고 있다. 따라서 주파수특성에 관한한 방송

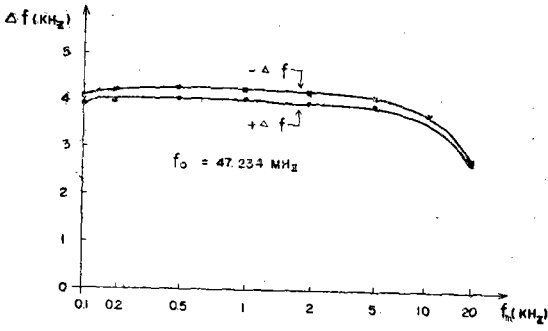


그림4-11 변조주파수 특성

용으로서도 손색없다고 할 수 있다.

이상에 있어서 정부방향으로 직선성이나 주파수특성에서 모두 비대칭으로 나오는 본 결과를 변조입력레벨에 관해서 의율(歪率)로서 그 특성을 계산한 결과를 나타내는 것이 그림4-12이다. 여기서도  $\pm 6\text{dB}$  입력변화에 대하여 35~45dB의 의율을 나타내고 있는 것은 자동조소자의 불일치로서 생기는 위상상의 찌그러짐으로 해석되나 조만간 이점에 관한 개선은 있겠다.

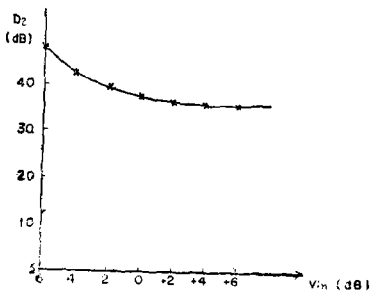


그림 4-12 제2 고조파 의율

마지막으로 본 변조기의 전원전압 및 주위온도에 대한 안정도는 각각 다음 그림 4-13, 4-14

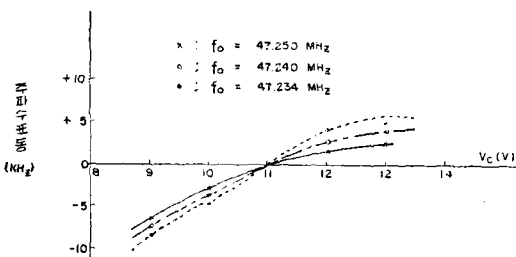


그림4-13 전원 전압변동에 대한 주파수 표동

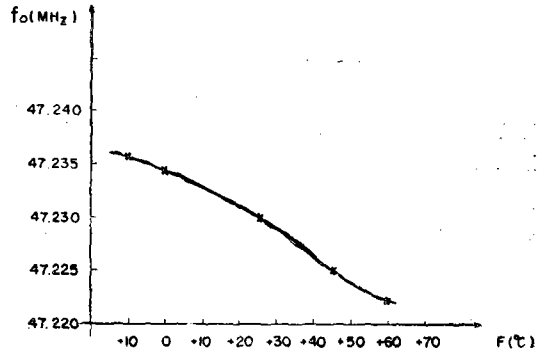


그림4-14 주위온도변화에 따르는 주파수 표동

와 같다.

여기서 전원전압을  $\pm 1\text{V}$  변화에 대하여 2.5KHz 만큼 중심주파수가 표동하므로 최소한 VVC다이오드의 고정바이어스는 자동제어된 전원이어야 하고 온도특성에 관해서도  $10^\circ\text{C}$  변화에 대하여 대략 2.5KHz 변동하므로 주위온도 변화에 대해서는  $C_V$ 로서 보상하여야 할 것이다. 상온에서 온도보상된 발진소자들이 이렇게 넓은 온도범위는 반도체와 개별부품으로서는 보상하기 곤란할 것이다.

## V. 결 론

VVC다이오드를 사용한 새로운 변조방식을 고안하여 그 시작 결과를 밝혔다. 본 변조방식 가운데서 진폭변조방식은 변조전력을 전혀 필요치 않는 점에서 시퀀스 트랜지스터에 가장 적합할 것이며 광대역 수정주파수변조기는 휴대용 통신기로서는 물론이고 ST링크에도 종전의 리액티브 변조기에 대체될 수 있는 방식으로서 여기에 맞는 다이오드와 회로소자를 잘 선택함으로써 양방식이 모두 경제적이면서 종전 것보다 점유 용적이 적다는데 그 특징이 있다고 할 수 있다.

이와 같이 새로운 부품이 나오면 그기에 따르는 새로운 장치 기기가 나올수 있다는 것을 실례로서 입증하였다는 점에서 독자제위에 조금이라도 도움이 되었으면 다행으로 생각한다.

## 참고문헌

- 1) 鄭萬永: "가변용량 다이오드와 그 새로운 응용" KIST 새기술 1권 2호, Dec. 1969
- 2) S. Shinzu & J. Nishizawa: "Alloy-Diffused Var-

- iable Capacitance Diode with Large Figure-of-Merit" IRE Trans Sep. 1961
- 3) 정만영 박제영 : "규소가변용량 다이오드의 제조 공정 및 응용에 관한 연구" 과학기술처 보고서 E68-46 Dec. 1968
- 4) M. Norwood & E. Shatz: "Voltage Variable Capacitor Tuning: A Review" Proc. IEEE 56.5 May 1968
- 5) L. Sokoloff: "IC Voltage Variable Capacitors" IEEE Trans 15.1 Jan. 1969
- 6) Hardware Report: "Voltage-Variable Capacitors" Electro-Technology. Apr. 1968
- 7) 정만영 : "수정진폭변조기", 특허공고 69-220호 1969
- 8) 정만영 : "수정주파수변조기", 특허공고 69-930호 1969
- 9) M. Chung: "Modulated Crystal Oscillator" Applied to US Patent
- 10) D. Schell: "FM Modulation Capabilities of Epicap. VVC'S" Motorola Application Note AN-210
- 11) W. S. Mortley: "Frequency-Modulated Quartz Oscillators For Broadcasting Equipment" Proc. IEEE 104 Part B. 1957