

## R&K MX Series 周波数変換器 (ダブル・バランスド・ミキサ)

### § 1. 始めに、(常に増大する情報を、制限した周波数帯域幅内に閉じ込める時代。)

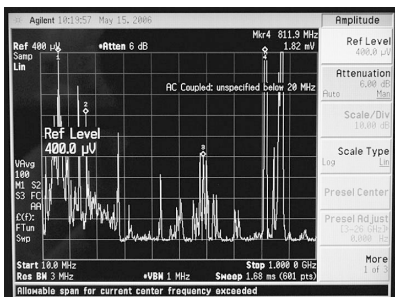
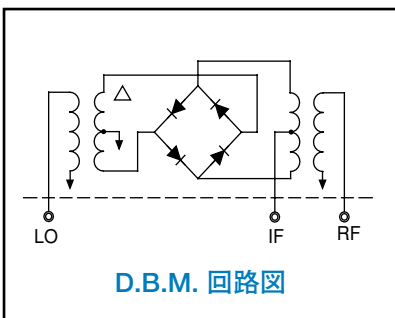


写真) 現代での電波の過密状況

に可能な限り最大の情報を収容させる事を可能にしました。従ってこれら新部品はAM、FM、PM、BPSK、QPSK、16QAM、64QAM、256QAM、CDMA、OFDM等全ての変調方法への可能性を広げ、更に課題であった遠距離通信時での近距離妨害波からの感度抑圧による性能劣化に対しても、性能改善に多大な効果を与えました。

2) この為注目された変調回路方式がダイオードとフェライト・トランスを利用したDouble Balanced Mixer (D. B. M.) です。特に入出力周波数帯域幅が広帯域であり、混変調歪に強い特性を示しあらゆる用途に利用が可能です。非常に広帯域で安定した性能は量産製作の場合でも個体相互間の特性マッチングが取れレベルも位相も揃った性能を示すので、イメージ抑圧型ミキサーや、同方式のウルトラ・スーパー・ハイレベル周波数コンバーター (IIP3で+40dBm以上) 等の様な特別な位相相殺の不要波抑圧回路を構成させる場合に用います。勿論ですが最近の電子部品ではIC半導体化のD. B. M. 等が更に安価に広く利用されてはおりますが、しかし前述の様な位相差動合成で不要波信号を抑圧する回路では、特に目的の周波数以外の、非常に広帯域なスプリアス周波数に到るまでも忠実に回路が動作しないと全体が調和しない場合があり、この様な場合の用途に、ダイオードとフェライト・トランスを利用したDouble Balanced Mixer (D. B. M.) が多用されます。

### § 2. TECHNICAL INFORMATION



#### 1) Double Balanced Mixer (D. B. M.)

内部構造は左図の回路図に示される通り、二つのフェライト広帯域トランスと4本のダイオードで構成されています。入出力端子は基本的には平衡インピーダンスではありますが通常は内部で不平衡接続されている場合が多くカタログで個別に回路を再確認して下さい。不平衡インピーダンスで利用する限り当該回路は全3端子回路で、直線性を伴った高周波入力端子をRF端子とし、ダイオードに主としてバイアス電流を促す為の入力高周波端子をLO端子とし、出力端子をIF端子と呼称します。通常この回路には二つの入力信号が入り一つの出力が得られます。RFとLO端子に二つの入力信号の周波数が同じ周波数で入力されれば、其の位相差に比例した直流出力電圧がIF端子に現れます。またRFとLO端子に二つの入力信号の周波数が

違って入力されれば、其の周波数の和と差、そして2波の位相差を伴ってIF端子に結果信号が現れます。まず駆動条件として非常に重要な事は、LO注入電力は最低でも使用ダイオードを十分に立ち上げて、加えてRF入力最大電力よりも最低7dB~13dB程度高い高周波電力が必要です。D. B. M. 動作条件としてそれ以外に大切な事は全端子インピーダンスを広帯域で50Ω純抵抗インピーダンスに近付ける事が重要です。しかし各端子間アイソレーション性能も重要な性能でありLO端子のフェライト・トランス巻線2次側中点を接地してあるので、この端子が一番アイソレーション性能が高く、周波数や希望性能等の目的に応じた利用法があります。その他の性能に関し其々に下記に詳細説明します。

さて、基本的にD. B. M. 部品とは『非常に広いダイナミック・レンジ範囲で直線性良く周波数の和と差を得る周波数変換の為』に利用されますが、この動作理由はショットキー・ダイオードがLO電力でバイアスが促されている場合にRF信号が重畳された場合その結果の出力は正弦波の積であり基本波から偶数次高調波そして奇数次高調波等の全ての和と差が生成されますが、しかし、フェライト・トランスが二重平衡回路である為『偶数次成分だけは減衰されて』出力が出て来ます。つまり単純な和と差だけでは無い、非常に沢山のスペクトラム成分も同時に出来て仕舞う為、設計においては十分に検討された周波数配列の検討が必要となります。また全ての周波数変換回路の理論損失とは結果の出力が和と差で得られる為に、半分つまり-3dBが理論的な損失限界の値となります。そして通常一般的なD. B. M. 商品としては-4dB~-6dB程度が現実的な損失の値です。

## 2) Conversion Loss (変換損失) 仕様項目説明

Conversion Lossとは高周波の周波数変換の場合でも位相検出の場合でも同様に計測される、入力信号に対する出力信号への変換損失の事です。変換損失 $=10\log_{10}(P_o/P_i)$ で数値化され、SSB変換損失とDSB変換損失で規定されますが、SSB変換損失の理論損失限界値が $-3\text{dB}$ です。D. B. M.回路は可逆回路であり同時に双方向への信号伝達が可能であり、特に周波数を上げる目的の場合にはUp-Converterと称し、下げる場合にはDown-Converterと称します。さて、この周波数変換損失特性の温度変動については、其の周波数が数MHz以上で利用する場合には非常に安定であり、約 $100\text{dB}$ を上回るダイナミック・レンジに渡って $0.1\text{dB}$ 以下の安定性が確保出来ます。しかし位相検出器回路に应用する場合には『内部のショットキー・ダイオードのインピーダンスは温度の関数でもあり、D. B. M.内部インピーダンスが温度で数十%も大きく変化をするので』何らかの温度補償を利用しないと温度安定な計測は出来なくなります。この補償回路とは、例えば温度制御回路等であり、或いは位相反転した二つの位相検出回路の差動検出による温度成分の打ち消し回路等が考えられます。

さてD. B. M. 製品は種々存在しますが変換損失の性能において個別の優劣は大きくはありません。ダイナミック・レンジを大きく左右させる因子は $1\text{dB}$ 抑圧レベルであり直線性を保ち可能な最大信号出力能力性能が其々の製品個体で大きく違います。目的に応じた性能の製品を十分に検討し選択する事が重要です。また、変換損失の値を考える場合、この性能は完全に固定した性能の値でなく周囲温度そして妨害波入力によって劣化する変数である事を知る事が重要です。この感度抑圧とは目的以外の、関係の無い違った周波数で同一入力端子が強い信号で妨害された場合、基本性能である『目的周波数の変換損失性能』も劣化します。この目的周波数の変換損失が $1\text{dB}$ 劣化した妨害波入力を $1\text{dB}$  Desensitization入力 ( $1\text{dB}$ 感度抑圧妨害波入力レベル $\text{dBm}@XX\text{MHz}$ 妨害波)と表現し、通常は $\text{dBm}$ もしくは $\text{dB}\mu\text{V}$ で表現します。

## 3) Noise Figure (雑音指数) 仕様項目説明

D. B. M. 製品は主として高周波入力段に使用されている部品であり、特にD. B. M. の性能優劣はN. F. (雑音指数)でも決定され表現されます。N. F.とは通常SSB変換損失で考える、RF入力端子でのS/N比とIF出力端子でのS/N比での両者のS/N比の対比の事であり通常は $\text{dB}$ で表現されます。そしてD. B. M. 製品のN. F. (雑音指数)値とは、通常変換損失の値に同じ値を示しますが、しかし利用周波数が $400\text{kHz}$ を下回る場合はショットキー・ダイオードの $1/f$ フリッカー雑音が支配的となり変換損失の示す値より少し大きな雑音量を示す事になります。(D. B. M. 製品の雑音指数を、周波数変換を伴ってN. F.を測定する場合、LO局部発振信号のSSB位相雑音の影響が必ずありますので注意して測定して下さい。)以上の事から、特別な周波数帯域で無い限りN. F. (雑音指数)とConversion Loss (変換損失)とは、概略同一の数値でありこれらの性能は完全に固定した性能の値ではなく、周囲温度そして妨害波入力によって劣化する変数である事を知る事が重要です。

## 4) Isolation (端子間信号別離性) 仕様項目説明

Isolation特性とは基本的に3つの端子相互間での電気的な結合度を規定したもので、D. B. M. 製品とはショットキー・ダイオードがLO電力でバイアスが促されている場合にRF信号が重畳された場合、その結果の出力は正弦波の積であり基本波から偶数次高調波そして奇数次高調波等の全ての和と差が生成されますが、しかし、フェライト・トランスが二重平衡回路である為『偶数次の成分だけは減衰されて』出力が出て来ます。つまり単純な和と差だけでは無い、非常に沢山のスペクトラム成分も同時に内部で発生しており、これらの信号が相互に影響し合わない様に各端子間では二重平衡回路でIsolationを得ています。

$$\begin{aligned} (\text{LO}-\text{RF})\text{間Isolation} &= 10\log_{10}(P_{\text{RF}}/P_{\text{LO}}) \quad \text{dB} \quad (\text{LO信号}\Rightarrow\text{RF端子への漏洩}) \\ (\text{LO}-\text{IF})\text{間Isolation} &= 10\log_{10}(P_{\text{IF}}/P_{\text{LO}}) \quad \text{dB} \quad (\text{LO信号}\Rightarrow\text{IF端子への漏洩}) \\ (\text{RF}-\text{IF})\text{間Isolation} &= 10\log_{10}(P_{\text{IF}}/P_{\text{RF}}) \quad \text{dB} \quad (\text{RF信号}\Rightarrow\text{IF端子への漏洩}) \end{aligned}$$

Isolationは基本的にD. B. M. のLOドライブレベル、動作周波数、プリント基板の実装形態に依存性があり、Isolationの劣化の原因は外部接続回路のインピーダンス不整合による場合もありますので、D. B. M. 各端子へ接続する全ての外部回路等は可能な限り広帯域に整合の取れたインピーダンスを用いる様にして下さい。考慮すべき十分な周波数帯域とは、全端子の動作周波数と和と差の周波数、そして其の整数倍程度までのスペクトラムが必要であり、もしIF端子等でBPFによる帯域制限がある場合等にもDuplexer (分波器)などで配慮する事により、D. B. M. の最大能力を引き出す事に役立ちます。特にRFとLO周波数に比してIF周波数が低く非常に離れている場合等に、簡単にIF端子に数十pF程度のコンデンサーを接地の接続をして十分なDuplexerの機能をたった1個の部品で得る事も可能であり、この場合に歪特性は飛躍的に向上する事があります。



## 5) Inter-Modulation Distortion (内部混変調歪) 仕様項目説明

Inter-Modulation Distortion特性とは基本的にD.B.M.内部の混変調歪を規定したもので、D.B.M.は前述の様に非常に多くのスプリアス成分が内部で発生しており、更に所要信号やそのスプリアスを全て含めた相互間での混変調歪に関して其々に下記の様な評価の方法があります。

- ① Harmonics Distortion (高調波歪み/全ての入力信号と内部発生出力信号の高調波)
- ② Inter-Modulation Distortion (内部発生混変調歪み)
- ③ Harmonics I. M. D. Distortion (高調波混変調歪み/上記の①と②項の混変調歪み)
- ④ 2tone I. M. D. Distortion (入力された2信号での内部発生混変調歪み) =  $(\pm 2F_{R1} \pm F_{R2}) \pm F_{LO}$   
=  $(\pm F_{R1} \pm 2F_{R2}) \pm F_{LO}$

さて、高調波などの入力された周波数の整数倍の関係にある高調波歪みは予め使用する周波数の配列を検討する事によりその影響から逃げる事も出来ますが、しかし2信号3次混変調歪みの様な入力2信号が近接すればするほど、歪み信号も纏わり付き近接してしまう関係にある歪みは厄介です。基本的に内部混変調歪に関してはD.B.M.単体の性能に依存をする所が大きく簡単なマッチング等の調整での改善は出来ません。其の点R&K社のD.B.M.はLow、Mid、High、そしてSuper-Highレベル等の品種が用意されており、其々の目的に応じた機能が選べます。

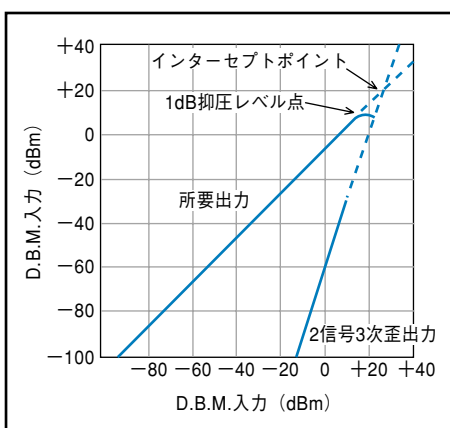
## 6) Dynamic Range (ダイナミック・レンジ) 仕様項目説明

ダイナミック・レンジとはそのD.B.M.入出力端子において使用出来る最大と最小の信号のレベル比を表現し通常はdBで表します。その最大上限レベルは入出力直線性が1dB劣化した点(1dB Conversion Compression Point)で表されD.B.M.の種類によって変わります。またその最小下限レベルはD.B.M.のSSB Noise Figure (単側波帯雑音指数)と本D.B.M.以降の回路の総合雑音指数によって決定され、通常の平均的なR&K社 Super High Level D.B.M. 製品の場合には、下記の計算例が参考になります。

$$\begin{aligned}
 \text{1dB Conversion Compression} &= +15\text{dBm} \\
 \text{等価入力雑音レベル} &= (\text{ボルツマンの熱雑音}) + (\text{D.B.M. 雑音指数}) \\
 &= (K \cdot T \cdot B) + (\text{D.B.M. 変換損失} + \text{D.B.M. 雑音指数劣化分}) \\
 &= (-174\text{dBm/Hz}) + (8.5\text{dB} + 0.5\text{dB}) \\
 &= (-165\text{dBm/Hz, @25}^\circ\text{C}) \\
 \text{ダイナミック・レンジ} &= (-165\text{dBm/Hz}) - (+15\text{dBm}) \\
 &= 180\text{dB/Hz, @+25}^\circ\text{C, } 50\Omega, \text{ととなります。}
 \end{aligned}$$

然し乍ら単一信号での直線性の取り扱いは非常に稀であり、通常の場合入力信号は複数の変調波信号でありD.B.M.内部での混変調歪みが当該搬送波の隣接搬送波漏洩妨害比を劣化せしめ隣接チャンネルへの与干渉問題を出すため、実際にはスプリアスの程度を保証して出力電力を得る、スプリアス・フリー・ダイナミック・レンジという特性を問題とします。このSpurious Free Dynamic-Rangeの値は、上記の単一信号ダイナミック・レンジに比して10dB~20dB少ない値で利用をしますが、同時に其の周波数帯域幅が(近年の移動体通信の例では)10MHz以上と非常に広い為に更に70dB近い値が引き算されますので、最終的にSpurious Free Dynamic-Rangeの値は90dB~100dB/@10MHz-B.W. (@+25°C, @50Ω)程度になります。

## 7) 2tone 3rd Order Intercept Point (2信号3次歪みインターセプト・ポイント) 仕様項目説明



2信号3次歪みインターセプト・ポイント

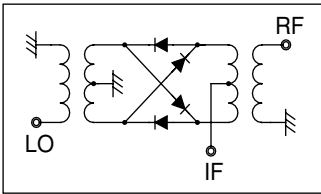
D.B.M.のRF入力端子に、近接した周波数の2信号( $F_{R1}, F_{R2}$ )を加えると出力には $(\pm 2F_{R1} \pm F_{R2}) \pm F_{LO}$ と、 $(\pm F_{R1} \pm 2F_{R2}) \pm F_{LO}$ という歪み信号が現れます。この不要波出力は2信号3次歪み成分と呼ばれ其の2信号入力レベルを1dB毎に増加させると出力の2信号3次歪み成分は3倍の勾配で増加する事が分かります。この時、出力の端子に現れる希望波信号の入出力直線性は1対1であるので1倍の勾配線分と3倍の勾配線分は同一次元のグラフ上では一点で交差(Intercept)する事になります。(左図参照:しかしこの交差点は実際には到達し得ない仮想点であります。)従って2tone 3rd Order Intercept Point仕様の値が高ければ高いほど低歪みでありスプリアス・フリー・ダイナミックレンジが大きく取れる事になります。特にこの2信号3次歪み成分は希望波信号出力周波数に近接しているだけに後から取り除く事は不可能であり、本D.B.M.が抑圧レベル点の近傍で動作した場合3次歪みは非常に大きくなります。希望波入力信号が大きくなればなるほど、結果3次歪み出力と希望波出力との比率は(スプリアス・フリー・ダイナミック・レンジ)は狭まり、特にデジタル変調波の場合には様々な性能劣化が発生します。現在の過密な通信状況下では通信系でのダイナミックレンジより、混変調下でのスプリアス・フリー・ダイナミック・レンジを重要視しなければならないのは当然です。

R&K reserves the right to make changes in the specifications of or discontinue products at any time without notice. R&K products shall not be used for or in connection with equipment that requires an extremely high level of reliability and safety such as aerospace uses or medical life support equipment. Further, R&K cannot export products to any country for use in military or defense applications.

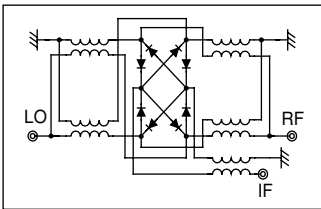
## 8) Local Drive Level (局部発振入力) 仕様項目説明

D. B. M. 内部のMixerダイオード(ショットキーバリアー)の立ち上がりを促す為に局発入力が必要ですが、混変調特性、その他の特性を充分満足させる為、Local Drive Levelが規定されています。通常LowレベルのD. B. M. で+5dBm以上、Midレベルは+7~10dBm、Highレベルの場合+25dBmの物もあります。従ってD. B. M. の使用に当たっては、個々のカタログに記載されたDrive Level規定値で使用する必要があります。また、D. B. M. のどの特性を重要視するかによっては、若干の設計上の配慮が必要であります。Drive Levelを若干下げることにより、1/fフリッカー雑音を低減し、Phase Detector用途の場合効果的ですが、しかしDriveが下がった事による、N. F. - Conversion Loss - Isolation、が若干悪化します。また、Drive levelを若干上げる事により2信号歪特性が非常に良くなり、Conversion Lossの周波数特性は非常に良好となります。しかし同時に熱雑音出力が若干増加し、局発の高調波成分の漏洩が増大します。一般にドライブレベルを変化させるとダイオードの動作点が変わり、LO側入力端子のインピーダンスが大きく変化し、加えてRF側入力端子のインピーダンスも変化します。

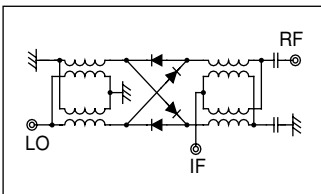
## §3. R&K社製品の特徴



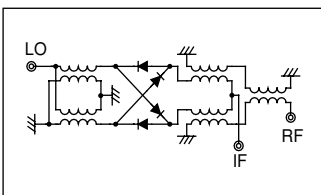
回路図(1)  
MX010~MX240



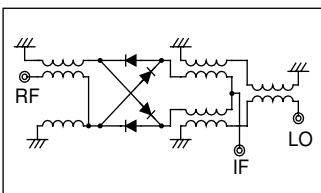
回路図(2)  
MX250~MX280, MX410~MX440



回路図(3)  
MX290~MX320



回路図(4)  
MX330~MX360



回路図(5)  
MX370~MX400

回路図(1) 一番基本的なD. B. M. 基本的回路です。フェライトバルントランスが2個、そしてダイオードは4本で構成されています。RF、IF、LO端子とも外部接続回路は、アンバランス外部接続が望ましいモデルです。

回路図(2) 通常の1:4トランスに依らず、用いられる全てのバルントランスに0/πバルンを用い、ダイオードを含め全てが点対称に配置されています。このためバルンの非対称性を回路で補完出来る非常に広帯域性能です。

回路図(3) 通常の1:4トランスに依り、完全な線対称の構造を構成しております。最大の特徴はダイオードのインピーダンスを100オーム以上で駆動しており、外部回路が良ければ非常にVSWR特性の良い性能を持ちます。

回路図(4) RF端子のみ、特に高周波領域でのバランス改善を行い、非常に理想的な0/π平衡給電を行っております。特に高い周波数での変換損失平坦性に優れ、低い周波数を利用しない目的では、LPF機能として役立ちます。

回路図(5) このD. B. M. は、特にマイクロ波用に作られた構造の製品です。逆に低い周波数での動作は減衰域にあるので、急激に通過特性が減衰しています。このシリーズのD. B. M. は特にCバンドで低雑音動作が可能です。

### A) 応用例 (ダウンコンバーター: Down Converter)

D. B. M. とは入力高周波信号周波数 (RF) と、入力局発信号周波数 (LO) の和と差の成分を同時に出力しているのので、中間周波数 (IF) 出力として、下側帯波のみ選択出力させたとき、この回路をダウンコンバーターの動作と称します。局発ドライブ電力を固定し、IF出力にはRF端子入力に対して忠実なレベル直線性をもって、周波数変換された出力が得られます。このとき非常に重要なことは、IF出力が、その中心周波数はLO周波数とRF周波数の差の関係にありながら、その占有帯域幅、レベル関係、そして位相関係は、すべて入力情報を保ったまま出力されている事であり、しかも非常に早い変化を伴った動的入力信号に対しても、忠実に再現するという事でもあります。しかしながら通常IF出力にはさまざまなスプリアス、高調波等を含んでいるため、その適切な信号だけを得るためにフィルターを用いて出力を得ることが必要です。

### B) 応用例 (アップコンバーター: Up Converter)

D. B. M. とは入力中間信号周波数 (IF) と入力局発信号周波数 (LO) の和と差の成分を同時に出力しているのので、出力周波数 (RF) として上側帯波のみ選択出力させたとき、この回路をアップコンバーターの動作と称します。局発ドライブ電力を固定しRF出力には入力IF端子に対して忠実なレベル直線性をもって、周波数変換された出力が得られます。このとき非常に重要なことは、RF出力が、その中心周波数はLO周波数とIF周波数の和の関係にありながら、その占有帯域幅、レベル関係、そして位相関係は、すべて入力情報を保ったまま出力されている事であり、しかも非常に早い変化を伴った動的入力信号に対しても忠実に再現するという事でもあります。しかしながら通常RF出力にはさまざまなスプリアス、高調波等を含んでいるため、その適切な信号だけを得るためにフィルターを用いて出力を得ることが必要です。

R&K reserves the right to make changes in the specifications of or discontinue products at any time without notice. R&K products shall not be used for or in connection with equipment that requires an extremely high level of reliability and safety such as aerospace uses or medical life support equipment. Further, R&K cannot export products to any country for use in military or defense applications.



## C) 応用例 (高周波パルス変調器: RF Pulse Modulator)

D. B. M. のLO端子に高周波ドライブ電力 (固定) を与えIF端子に定電流高速パルスを印加すると、RF端子出力には非常に広い周波数帯域幅で動作する高周波パルス変調信号が得られます。この場合の特徴は2つあり、非常に高速パルス変調である事と、スイッチング直流パルスの出力端子への直接漏洩が少ない事であり、これはフェライトが  $0/\pi$  バルンになっており、内部のパルス波形をトランスが信号キャンセルして直接漏洩を防いでいます。この種のD. B. M. 方式パルス変調器は、高周波信号に対してもパルス変調信号に対しても、出力端子に対してアイソレーションが取れており、加えてその高周波特性は非常に高帯域であるため、任意のパルス繰り返し/任意のDuty Cycleが可能です。また、出力高周波パルスは、立ち上がり/立ち下がり共、1ns以下であり、ON/OFF比が高いので、既にレーザー音響光学素子、超音波音響素子、レーザーQスイッチ、核磁気共鳴、電子スピン共鳴、周波数掃引型レーダーそして測定器など数多くの分野で実用化されております。設計上の配慮としては、IF端子を高周波/広帯域的に純抵抗50Ωに整合することにより、最良の特性が得られます。

## D) 応用例 (振幅変調器: Amplitude Modulator)

D. B. M. のLO端子に高周波ドライブ電力 (固定) を与え、IF端子に定電流源変調波を印加すると、RF端子出力には非常に広い周波数帯域幅で動作する高周波AM変調信号が得られます。この場合の特徴は2つあり、非常に高速変調であることと、AM変調波形の入力端子から出力端子への直接漏洩が少ない事であり、この種のD. B. M. 方式AM変調器は、高周波信号に対しても変調信号に対しても、出力端子に対してアイソレーションが取れており、加えてその周波数特性は非常に広帯域/高速の振幅変調が可能です。また、変調周波数はDC~100MHz以上が可能であり、ON/OFF比が高い、変調度の深い変調が可能です。既に、レーザー音響光学素子、超音波音響素子、レーザーQスイッチ、核磁気共鳴、電子スピン共鳴、周波数掃引型レーダー、そして測定器など、上記パルス変調と併せて、数多くの分野で実用化されております。設計上の配慮としては、IF端子を高周波/広帯域的に純抵抗50Ωに整合することにより、最良の特性が得られます。またこの方式のD. B. M. によるAM変調は、IF端子に印加する変調信号の極性を逆転することにより、出力高周波信号の位相を180度逆転させることができます。この特性は他の方式にはみられない特徴であり、極性反転可能なAM変調は、スペクトラム拡散やCHIRP信号処理、その他のベクトル信号送出時の高周波信号処理には欠かせない特徴であります。

## E) 応用例 (180度変調器: $0/\pi$ 変調器: Bi-Phase Modulator)

本変調方式は上記 C) 及び D) と同等であり、IF端子に印加する高速パルス信号電流を零をよぎる正と負の両極性信号にする事により、高周波信号の出力電力を常に一定に保ったまま、その位相のみをパルス変調することです。この場合パルス信号によって出力周波数は0度と180度の2つの位相定点間を行き来します。通常この方式は  $0/\pi$  変調、あるいはBi-Phase変調と呼ばれ、変調帯域圧縮/高信頼性/高速度通信に使用されます。また、このBi-Phase変調は大容量QAM (Quadrature Amplitude Modulation) の原型であり、90度ハイブリッドや、0度ハイブリッドと組み合わせると、直交位相リニアベクトル変調器を構成します。

## F) 応用例 (電流制御方式直線減衰器: Current Controlled Linear RF Attenuator)

高周波リニア減衰器であり、広帯域特性/高速度/電流制御方式のすべてを兼ね揃えた応用です。しかしながら、基本的には、上記 D) 方式と同様な応用例であります。さまざまな装置等の自動利得制御、ノイズブランカー、掃引信号発生器のレベル制御など、IF端子での電流入力と高周波減衰特性の関係が、広帯域に渡り直線的な特性を利用した応用です。設計上の配慮としては、D. B. M. のIF端子を直接電流で駆動させるため、ショットキーダイオード特有の  $1/f$  雑音、温度変化によるための直流温度ドリフト等に注意する必要があります。

## G) 応用例 (位相検波器: Phase Detector)

RF端子及びLO端子に、それぞれ所定の電力にて全く同一の周波数を与えたとき、そのIF端子には相互のベクトル検波出力が現れます。このときLO端子側信号は参照波固定レベル入力であり、IF端子出力には参照波に対するRF入力信号の位相とレベルに比例した直流検波出力が得られます。このRF入力信号を事前に高周波リミッター増幅器等を用いて一定電力信号にすることにより、出力には位相のみに比例した関数の直流出力を得ることができます。R&KのD. B. M. はすべて  $V_o = -E \cos \theta$  にて統一されており、量産時のベクトル極性をも配慮されています。本特性の最大の特徴は、高周波信号を全く分周せずに直接位相を検出し直流にするためS/Nがよく、SSB位相雑音が極めて少なく、シンセサイザ信号発生器等フェーズ・ロック回路には、低雑音 (低ジッター) 目的として非常に多く用いられております。設計上の配慮としては、D. B. M. より直接直流信号を取り出すため、ショットキーダイオード特有の  $1/f$  雑音、温度変化によるための直流温度ドリフト等に注意する必要があります。位相検出時のS/Nを大きく取りたいとき、また加えて位相検出直流電圧直線性を重視するとき、R&KスーパーハイレベルD. B. M. のご利用をお勧め致します。