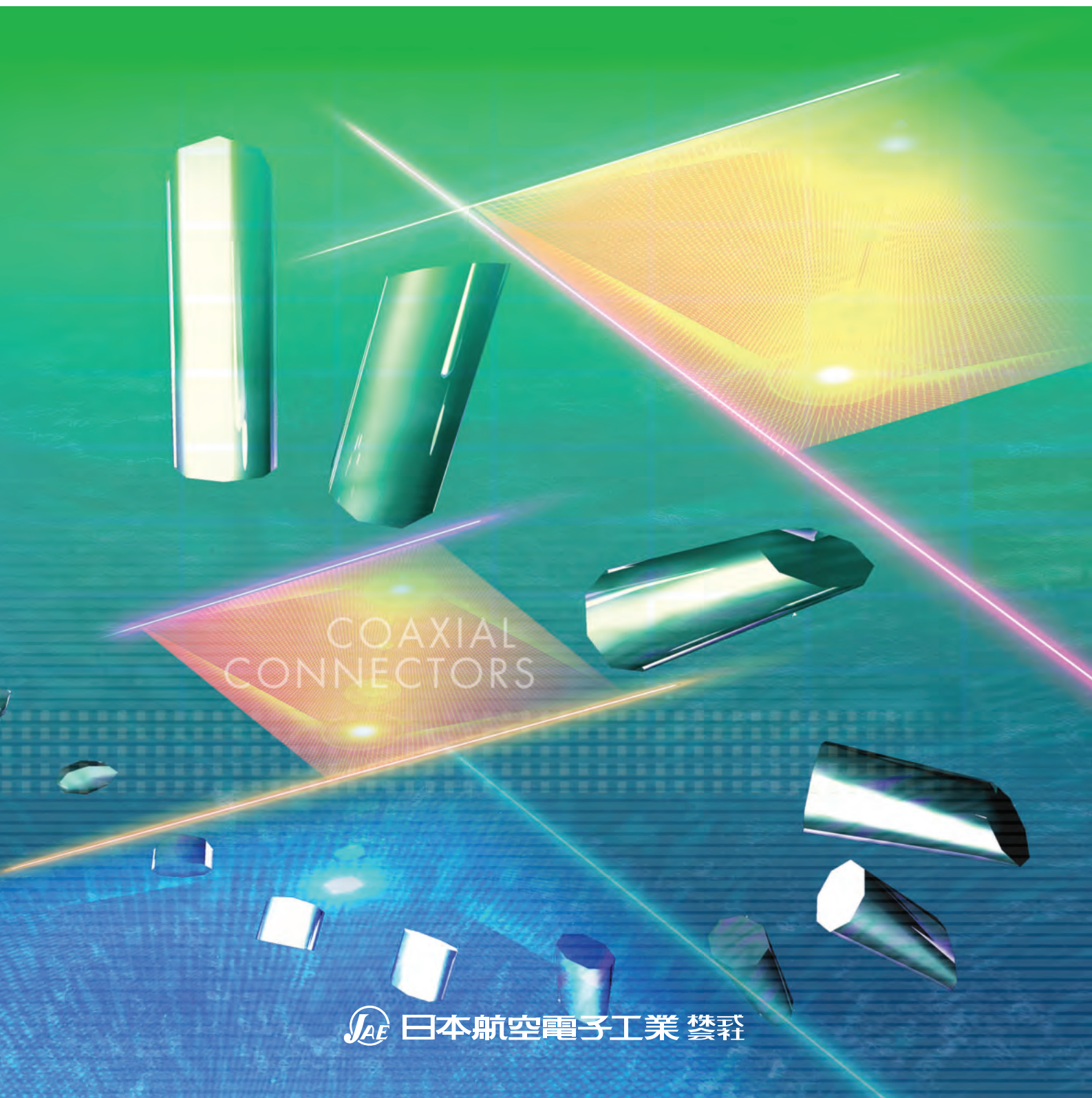


RoHS対応品 / RoHS Compliant

高周波同軸コネクタ COAXIAL CONNECTORS

CAT.NO.COAX-007F.DEC.2016



付録資料 Appendices

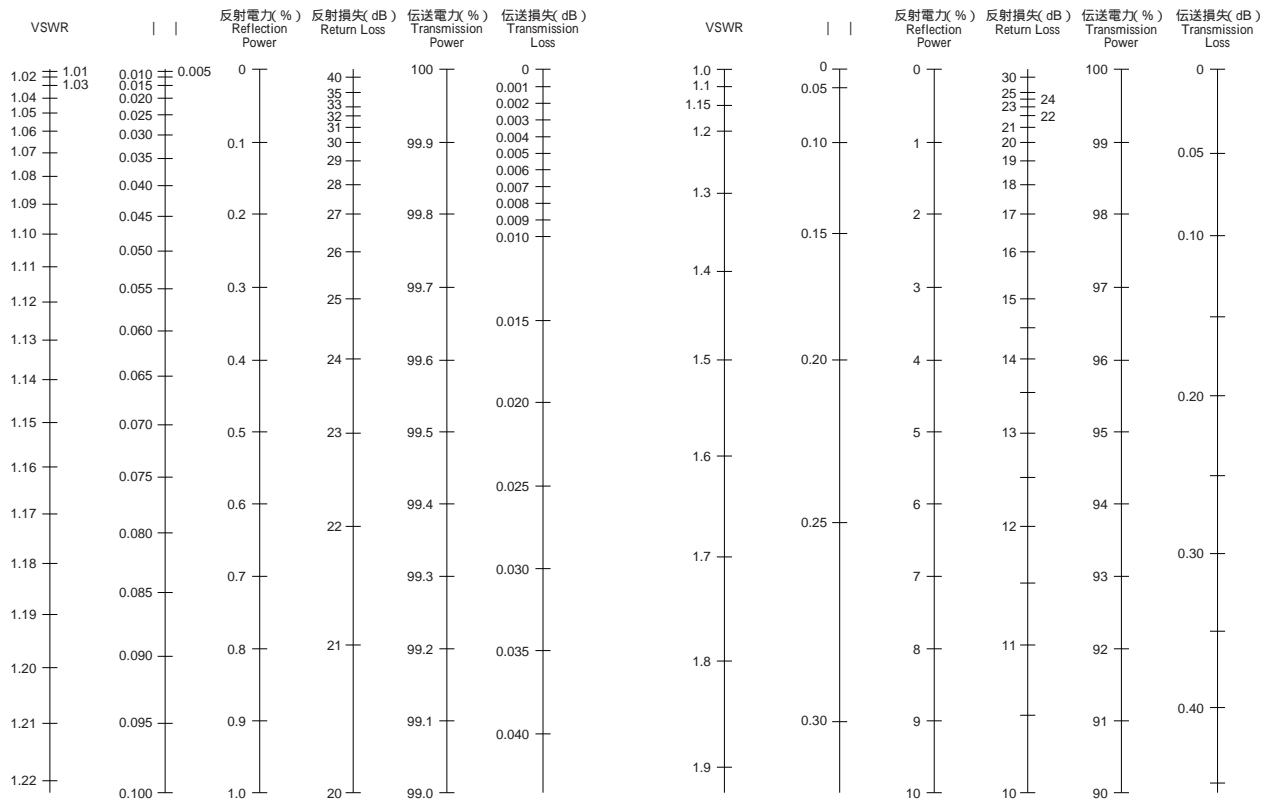
1. 単位変換/ Unit conversion(122 to 123 Page)
 VSWR変換/VSWR conversion
 dBm - W変換/dBm-W conversion
2. 専門用語集(124 to 126 Page)
 Glossary(127 to 129 Page)
3. 周波数呼称/ Frequency designations(130 Page)
4. 縦続接続のVSWR算出方法(131 to 133 Page)
 Calculation of the VSWR of connectors in cascade connection(134 to 136 Page)

VSWR換算 / VSWR Conversion

VSWR換算表 / VSWR Conversion Chart

	VSWR	反射係数 Reflection Coefficient	反射電力(%) Reflection Power	反射損失(dB) Return Loss	伝送電力(%) Transmission Power	伝送損失(dB) Transmission Loss
VSWR S	S	$\frac{S-1}{S+1}$	$\left(\frac{S-1}{S+1}\right)^2 \times 100$	$-10 \log \left(\frac{S-1}{S+1}\right)^2$	$\left\{1 - \left(\frac{S-1}{S+1}\right)^2\right\} \times 100$	$-10 \log \left\{1 - \left(\frac{S-1}{S+1}\right)^2\right\}$
反射係数 Reflection Coefficient	$\frac{1+ \Gamma }{1- \Gamma }$		$\Gamma^2 \times 100$	$-10 \log(\Gamma^2)$	$(1-\Gamma^2) \times 100$	$-10 \log(1-\Gamma^2)$
反射電力 Reflection Power P_R	$\frac{10 + \sqrt{100 - P_T}}{10 - \sqrt{100 - P_T}}$	$\frac{\sqrt{P_R}}{10}$	P_R	$20 - 10 \log(P_R)$	$100 - P_R$	$20 - 10 \log(100 - P_R)$
反射損失 Return Loss L_R	$\frac{1 + 10^{-\frac{L_R}{20}}}{1 - 10^{-\frac{L_R}{20}}}$	$10^{-\frac{L_R}{20}}$	$10^{\left(\frac{20-L_R}{10}\right)}$	L_R	$100 - 10^{\left(\frac{20-L_R}{10}\right)}$	$-10 \log\left(1 - 10^{-\frac{L_R}{10}}\right)$
伝送電力 Transmission Power P_T	$\frac{10 + \sqrt{100 - P_T}}{10 - \sqrt{100 - P_T}}$	$\frac{\sqrt{100 - P_T}}{10}$	$100 - P_T$	$20 - 10 \log(100 - P_T)$	P_T	$20 - 10 \log(P_T)$
伝送損失 Transmission Loss L_T	$\frac{1 + \sqrt{1 - 10^{-\frac{L_T}{10}}}}{1 - \sqrt{1 - 10^{-\frac{L_T}{10}}}}$	$\sqrt{1 - 10^{-\frac{L_T}{10}}}$	$100 - 10^{\left(\frac{20-L_T}{10}\right)}$	$-10 \log\left(1 - 10^{-\frac{L_T}{10}}\right)$	$10^{\left(\frac{20-L_T}{10}\right)}$	L_T

VSWRノモグラフ / VSWR Nomograph



dBm-W換算 / dBm-W Conversion

dBm-W換算 / dBm-W Conversion

$$A \text{ [dBm]} = 10 \log_{10} (B \text{ [mW]})$$

dBm	mW	dBm	mW	dBm	mW	dBm	mW	dBm	W	dBm	W	dBm	W
-10.0	0.100	0.0	1.00	10.0	10.0	20.0	100	30.0	1.00	40.0	10.0	50.0	100
-9.0	0.126	1.0	1.26	11.0	12.6	21.0	126	31.0	1.26	41.0	12.6	51.0	126
-8.0	0.158	2.0	1.58	12.0	15.8	22.0	158	32.0	1.58	42.0	15.8	52.0	158
-7.0	0.200	3.0	2.00	13.0	20.0	23.0	200	33.0	2.00	43.0	20.0	53.0	200
-6.0	0.251	4.0	2.51	14.0	25.1	24.0	251	34.0	2.51	44.0	25.1	54.0	251
-5.0	0.316	5.0	3.16	15.0	31.6	25.0	316	35.0	3.16	45.0	31.6	55.0	316
-4.0	0.398	6.0	3.98	16.0	39.8	26.0	398	36.0	3.98	46.0	39.8	56.0	398
-3.0	0.501	7.0	5.01	17.0	50.1	27.0	501	37.0	5.01	47.0	51.1	57.0	501
-2.0	0.631	8.0	6.31	18.0	63.1	28.0	631	38.0	6.31	48.0	63.1	58.0	631
-1.0	0.794	9.0	7.94	19.0	79.4	29.0	794	39.0	7.94	49.0	79.4	59.0	794

専門用語集

【dB(decibel)】

コネクタの伝送性能(挿入損失、反射損失、アイソレーション)等をあらわす時、電圧、電流、電力の相対的な比として値を求め、それを対数で表示する時の単位。

二つの電力をそれぞれ P_1 、 P_2 とすると

$$A[\text{dB}] = 10 \log \frac{P_1}{P_2} \quad \left(\frac{P_1}{P_2} = 10^{\frac{A}{10}} \right)$$

また、電圧(電流)の場合は

$$B[\text{dB}] = 20 \log \frac{V_1}{V_2} \quad \left(\frac{V_1}{V_2} = 10^{\frac{B}{20}} \right)$$

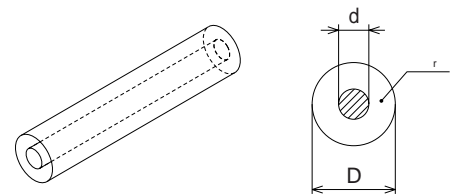
【特性インピーダンス(Characteristic Impedance)】

伝送線路上での交流電圧と交流電流の比であり、直流電気回路の場合の $V = IR$ の R に相当する。単位は (オーム) が用いられる。高周波では50 および75 を用いることが多い。機器の入力・出力インピーダンスをこの値にすることで良好な伝送特性が得られる。機器内においても、全領域で特性インピーダンスを整合することが望ましい。

同軸線路における特性インピーダンス： Z_0 は以下の式より求められる。

$$Z_0 = \frac{60}{r} \ln \left(\frac{D}{d} \right)$$

r : 絶縁体の比誘電率、 d : 中心導体外径、 D : 外部導体内径



同軸線路

【反射係数(Reflection Coefficient)】

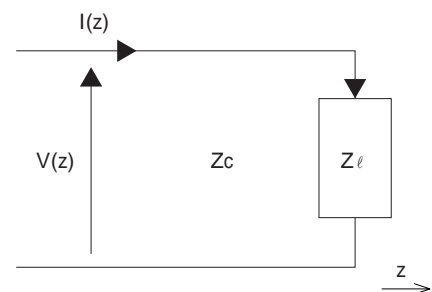
入射波 V_1 に対する反射波 V_2 の比をいう。

$$= \frac{V_2}{V_1}$$

値は | | 1 となり、インピーダンスが整合されて反射が少ないほど0に近くなる。

また、特性インピーダンス： Z_c の伝送線路に負荷インピーダンス： Z_L を接続すると反射が起こる。その接続点での反射係数は、

$$= \frac{Z_L - Z_c}{Z_L + Z_c}$$



Z_L で終端した伝送線路

専門用語集

【反射損失(Return loss)】

回路・コネクタへの入射電力 P_1 に対する反射電力 P_2 の比を対数で表した値をいう。

$$RL = -10 \log \left(\frac{P_2}{P_1} \right) [\text{dB}]$$

また反射係数： Γ で表すと

$$RL = -10 \log |\Gamma|^2 [\text{dB}]$$

【V.S.W.R.(Voltage Standing Wave Ratio)】

電圧定在波比。伝送線路上で入射波と反射波が干渉すると定在波 (standing wave) が発生する。

その最大電圧の絶対値と最小電圧の絶対値の比をいう。インピーダンスが整合されて反射が少ないほど1に近くなる。

$$VSWR = \frac{1 + |\Gamma|}{1 - |\Gamma|}$$

上記の反射損失もしくはV.S.W.R.のどちらか一方が製品規格として適用される。

【挿入損失(Insertion Loss)】

回路・コネクタへの入力電力 P_{in} に対する出力電力 P_{out} の比を対数で表した値をいう。

単に「減衰」や「Loss」と言うことも有る。

$$IL = -10 \log \left(\frac{P_{out}}{P_{in}} \right) [\text{dB}] \quad \left(\frac{P_{out}}{P_{in}} = 10^{-\frac{IL}{10}} \right)$$

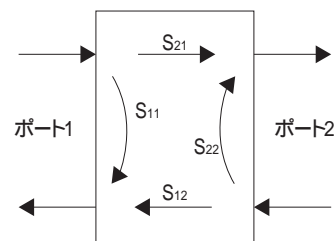
【Sパラメータ(Scattering Parameter)】

高周波では伝送線路上の電圧や電流を直接測定することは難しい。

代わりに電力を測定することで回路の特性を表現することができる。

Sパラメータはその表現方法の一つであり、各ポート(観測点)の振幅と位相によって決まる。

前述のVSWR、挿入損失は、Sパラメータをもとに算出できる。



2ポートSパラメータの例

【波長(Wave Length)】

電波が1サイクル(1Hz)で進む距離。プラスチックインシュレータ等の誘電体内では材料の比誘電率により波長が短縮される。

$$\lambda = \frac{c}{f \cdot \epsilon_r}$$

c: 光速、f: 周波数、 ϵ_r : 絶縁体の比誘電率

高周波になるほど波長は短くなり、波長が回路の大きさに近くなるほど分布定数としての取扱いが重要となってくる。

専門用語集

【表皮効果(Skin Effect)】

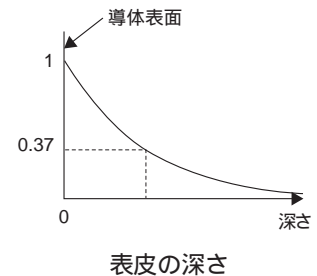
直流では、電流が導体断面全体に一樣に分布するが、高周波では電流がその表面に偏って集中して流れる。このような現象を表皮効果という。

また導体中の電磁界の大きさが、導体表面から $\frac{1}{e}$ (約37%) に減衰する距離を、表皮の深さ (skin depth) といい、以下の式より求められる。

$$= \sqrt{\frac{1}{f\mu_0\mu_s}}$$

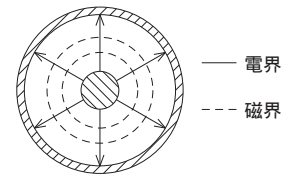
：導体の固有抵抗、f：周波数、 μ_0 ：真空の透磁率、 μ_s ：導体の比透磁率

GHz帯を超える信号では、電流が表面の数 μm に集中するため、導体損失が増大する。



【TEMモード(Transverse Electro Magnetic Mode)】

同軸線路で伝送される電磁波の基本モード。同軸線路内のある断面の電磁界分布は、電界は中心導体から外部導体に放射状に向かい、磁界は同心円を描く。また電界、磁界の方向が、波の進行方向とは直交する方向 = 横方向(Transverse) であるので、その頭文字をとって TEMモードという。



同軸線路の電磁界の方向

【遮断周波数(Cutoff Frequency)】

同軸線路内の電磁界分布は、波長と線路径寸法の間関係によっては高次モードが発生し伝搬特性が劣化する。高次モードが発生する理論的な周波数を遮断周波数といい、以下の式で表される。

$$f_c = \frac{2c}{(d+D)\epsilon_r}$$

c：光速、d：中心導体外径、D：外部導体内径、 ϵ_r ：絶縁体の比誘電率

同軸線路はこの遮断周波数以下で用いる必要がある。

【dBm】

電力量を示すデシベル絶対単位。1mW = 0dBmを基準として表す。

【Hz(Hertz)】

1秒間に繰り返される信号のサイクル数。

【bps(bits per second)】

1秒間に伝送されるビット数。

Glossary

【dB(decibel)】

The transmission performance of a connector(insertion loss, return loss, isolation) for example, is expressed in decibels, in terms of a logarithm of the ratio between magnitudes of voltage, current and power.

Letting two different powers be P_1 and P_2 :

$$A[\text{dB}] = 10 \log \frac{P_1}{P_2} \quad \left(\frac{P_1}{P_2} = 10^{\frac{A}{10}} \right)$$

With the voltage(with the current, I_1 and I_2 instead of V_1 and V_2):

$$B[\text{dB}] = 20 \log \frac{V_1}{V_2} \quad \left(\frac{V_1}{V_2} = 10^{\frac{B}{20}} \right)$$

【Characteristic Impedance】

Ratio of voltage to the flow of current allowed in an alternating current transmission line.

Impedance expressed in ohms is analogous to R in the equation of $V=IR$ for a direct current circuit. With high frequencies, 50 ohms and 75 ohms are typical characteristic impedance values.

A good transmission characteristic is achieved by adjusting the input/output impedances of the device to 50 or 75 ohms. Also in the circuits inside the device, it is desirable to match the characteristic impedances in the whole region.

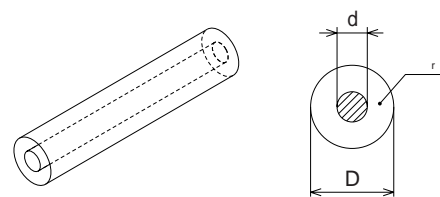
The characteristic impedance in the coaxial line is given by

$$Z_0 = \frac{60}{\epsilon_r} \ln \left(\frac{D}{d} \right)$$

where ϵ_r = dielectric constant of the insulator

d = outer diameter of the core conductor

D = inner diameter of the outer conductor



Coaxial line

【Reflection Coefficient】

Ratio between the reflected voltage wave V_2 and the incident voltage wave V_1 .

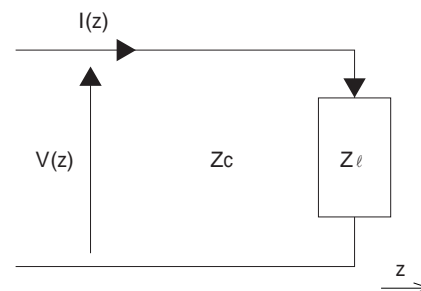
$$= \frac{V_2}{V_1}$$

The value $| \leq 1$. With a higher degree of impedance matching, producing less reflection, the coefficient approaches zero.

If a load impedance Z_l is connected to a transmission line with a characteristic impedance Z_c , reflection occurs.

The equation for the reflection coefficient at the connection point can be written as

$$= \frac{Z_l - Z_c}{Z_l + Z_c}$$



Transmission line with end Z_l

Glossary

【Return Loss】

Logarithmic expression of the ratio between reflecting power P_2 and incident power P_1 to the circuit/connector.

$$RL = - 10 \log\left(\frac{P_2}{P_1}\right) [dB]$$

This can be rewritten in terms of the reflection coefficient .

$$RL = - 10 \log | \Gamma |^2 [dB]$$

【V.S.W.R.(voltage standing wave ratio)】

A standing wave may be formed by interference between a wave transmitted into a transmission line and a reflected wave. V.S.W.R. is the ratio of the absolute value of maximum voltage and that of minimum voltage in the standing wave pattern. With a higher degree of impedance matching, the value of V.S.W.R. approaches 1.

$$VSWR = \frac{1 + | \Gamma |}{1 - | \Gamma |}$$

Either return loss or V.S.W.R. is selected as a product specification.

【Insertion Loss】

Logarithmic expression of the ratio of output power P_{out} to input power P_{in} of the circuit/connector.

It is sometimes simply referred to as “attenuation” or “loss.”

$$IL = - 10 \log\left(\frac{P_{out}}{P_{in}}\right) [dB] \quad \left(\frac{P_{out}}{P_{in}} = 10^{-\frac{IL}{10}}\right)$$

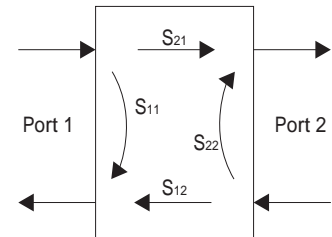
【S Parameter(Scattering Parameter)】

With high frequencies, it is difficult to directly measure the voltage and current in a transmission line.

The circuit characteristic can be expressed by the power measured instead of voltage or current.

The S parameter is an expression that is dependent on the amplitude and phase at each port(observation point).

V.S.W.R. and insertion loss described above can be obtained from the S parameter.



An example of S parameter with two ports

【Wave Length】

Distance the electric wave travels per cycle(1Hz). In a dielectric substance such as plastic insulator, the wavelength is reduced by its relative magnetic permeability.

$$\lambda = \frac{c}{f \cdot \epsilon_r}$$

where c = velocity of light f = frequency ϵ_r = relative permittivity of the insulator

The higher the frequency, the shorter the wavelength. As the wavelength approaches the circuit dimension, the wavelength increases in importance as a distribution constant.

Glossary

【Skin Effect】

Direct current is uniformly distributed in the conductor section.

High-frequency currents, however, flow in a narrow skin of the conductor - hence the name "skin effect."

The distance below the conductor surface where the intensity of the magnetic field falls to $\frac{1}{e}$ or about 37% of its value at the conductor surface, is defined as skin depth, and is given by

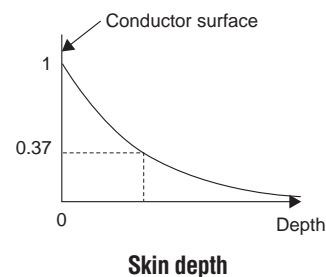
$$= \sqrt{\frac{1}{f\mu_0\mu_s}}$$

where ρ = resistivity of the conductor

f = frequency

μ_0 = magnetic permeability of vacuum

μ_s = relative magnetic permeability of the conductor



Skin depth

Since signals exceeding the GHz band flows in a very narrow skin of several micrometers, the conductor loss increases.

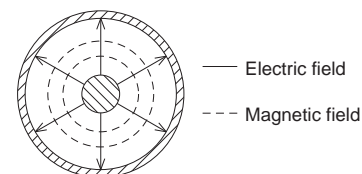
【TEM Mode(Transverse Electromagnetic Mode)】

Dominant mode of electromagnetic wave transmitted in a coaxial line.

Electric field in a section in a coaxial line is distributed radially from the core conductor to the outer conductor, whereas magnetic field forms concentric circles.

The direction of the electric and magnetic fields is orthogonal, i.e., transverse, to the direction the wave is moving.

Hence the abbreviated name, TEM.



Direction of electromagnetic field in a coaxial line

【Cutoff Frequency】

In the electromagnetic field distribution in a coaxial line, a higher mode may occur depending upon the relationship between wavelength and line diameter, resulting in poorer propagation characteristics. The frequency at which the higher mode theoretically occurs is called the cutoff frequency, which is given by

$$f_c = \frac{2c}{(d + D)\epsilon_r}$$

where c = velocity of light

d = outer diameter of the core conductor

D = inner diameter of the outer conductor

ϵ_r = relative permittivity of the insulator

The frequency in the coaxial line should be lower than the cutoff frequency.

【dBm】

A measure of absolute power value in decibels. Zero dBm equals to one milliwatt.

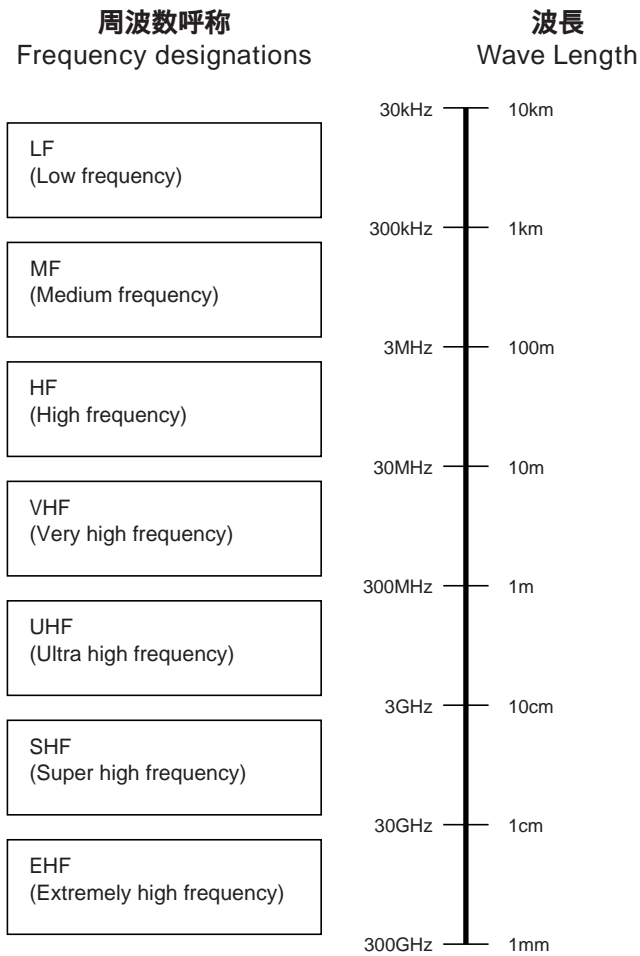
【Hz】

Number of signal cycles repeating per second.

【bps(bits per second)】

Number of bits transmitted per second.

無線周波数の呼称 / Frequency designations



縦続接続のVSWR算出方法

コネクタやケーブル、コンポーネント等の回路を複数個、縦続接続(嵌合)しようとする場合、個々のVSWRが既知であっても、その値だけでは全体のVSWRは求められません。

このような場合、接続する回路それぞれのSパラメータが得られれば、全体のVSWRを求めることができます。

なお、計算は周波数ごとに行います。

VSWRの算出

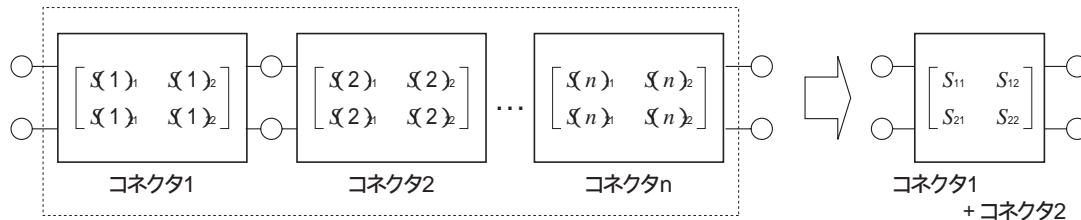
VSWRはSパラメータの内、 S_{nn} を使用して算出することができます。

Sパラメータは $(a + jb)$ または $(r \quad \quad)$ どちらの形式でも構いません。

$$r = r(\cos \quad + j \sin \quad) \quad \text{より} \quad \begin{cases} a = r \cos \\ b = r \sin \end{cases}$$

$$|S_{nn}| = \sqrt{a^2 + b^2}, \quad VSWR = \frac{1 + |S_{nn}|}{1 - |S_{nn}|}$$

縦続接続するコネクタのSパラメータ



各コネクタのSパラメータをTパラメータに変換します。

$$\begin{bmatrix} T_{11} & T_{12} \\ T_{21} & T_{22} \end{bmatrix} = \frac{1}{S_{21}} \begin{bmatrix} -S_{11}S_{22} + S_{12}S_{21} & S_{11} \\ -S_{22} & 1 \end{bmatrix}$$

変換したTパラメータで行列の積を求めます。

$$\begin{bmatrix} T(All)_1 & T(All)_2 \\ T(All)_1 & T(All)_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} T(1)_1 & T(1)_2 \\ T(1)_1 & T(1)_2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} T(2)_1 & T(2)_2 \\ T(2)_1 & T(2)_2 \end{bmatrix} \cdots \begin{bmatrix} T(n)_1 & T(n)_2 \\ T(n)_1 & T(n)_2 \end{bmatrix}$$

求めたTパラメータをSパラメータへ逆変換します。

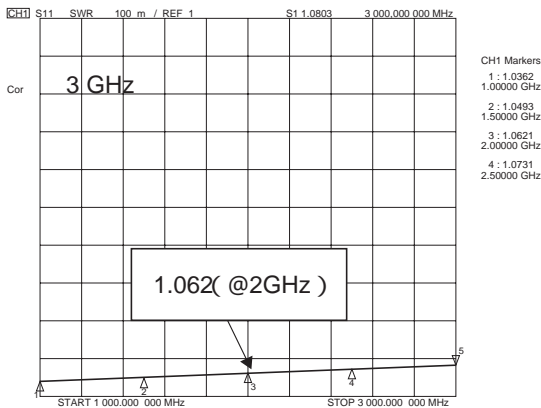
$$\begin{bmatrix} S_{11} & S_{12} \\ S_{21} & S_{22} \end{bmatrix} = \frac{1}{T_{22}} \begin{bmatrix} T_{12} & T_{11}T_{22} - T_{12}T_{21} \\ 1 & -T_{21} \end{bmatrix}$$

算出したSパラメータが縦続接続した同軸コネクタ全体のSパラメータとなります。

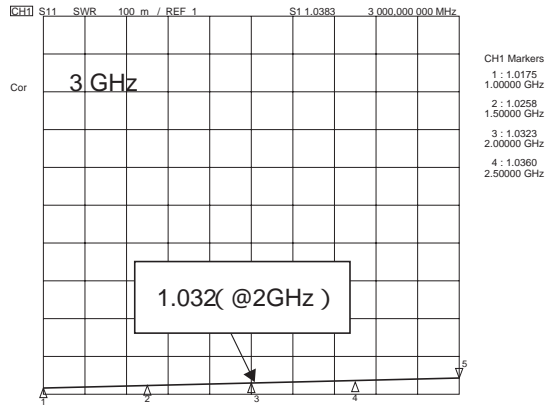
したがって、縦続接続されるコネクタにおいて、その個々のSパラメータを元に、回路全体のSパラメータ(VSWRを含む)を算出することができます。

縦続接続のVSWR算出方法

具体例 (コネクタ1とコネクタ2を縦続接続する場合)



コネクタ1のVSWR(測定値)



コネクタ2のVSWR(測定値)

ここでは例として、2GHzにおける計算を行います。2GHzにおける各コネクタのSパラメータは、測定により

$$\begin{bmatrix} S(1)_1 & S(1)_2 \\ S(1)_1 & S(1)_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.029988 - 0.002592j & 0.408634 - 0.90502j \\ 0.409045 - 0.90593j & 0.023405 + 0.01555j \end{bmatrix}$$

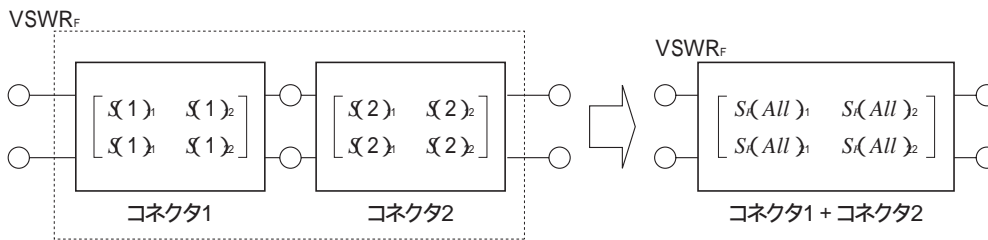
$$\begin{bmatrix} S(2)_1 & S(2)_2 \\ S(2)_1 & S(2)_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -0.007512 - 0.01413j & 0.642835 - 0.76339j \\ 0.642835 - 0.76339j & -0.01136 - 0.007661j \end{bmatrix}$$

という値が得られています。これをTパラメータに変換すると

$$\begin{bmatrix} T(1)_1 & T(1)_2 \\ T(1)_1 & T(1)_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.968064 - 68.226j & 0.07518 - 0.0006793j \\ 0.511292 - 0.008163j & 0.0002302 + 0.01522j \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} T(2)_1 & T(2)_2 \\ T(2)_1 & T(2)_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 7.8211 + 295.214j & 2.36379 - 0.04696j \\ -2.9247 + 0.05822j & 0.0004006 + 0.02003j \end{bmatrix}$$

(1)コネクタ1、コネクタ2の順に接続する場合(コネクタ1+コネクタ2)におけるコネクタ1から見たVSWR_F



SパラメータをTパラメータに変換し、その行列の積を求めると

$$\begin{bmatrix} T(All)_1 & T(All)_2 \\ T(All)_1 & T(All)_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} T(1)_1 & T(1)_2 \\ T(1)_1 & T(1)_2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} T(2)_1 & T(2)_2 \\ T(2)_1 & T(2)_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -0.42919 - 0.8943j & -0.02174 + 0.01689j \\ -0.03027 - 0.01444j & -0.43595 + 0.90886j \end{bmatrix}$$

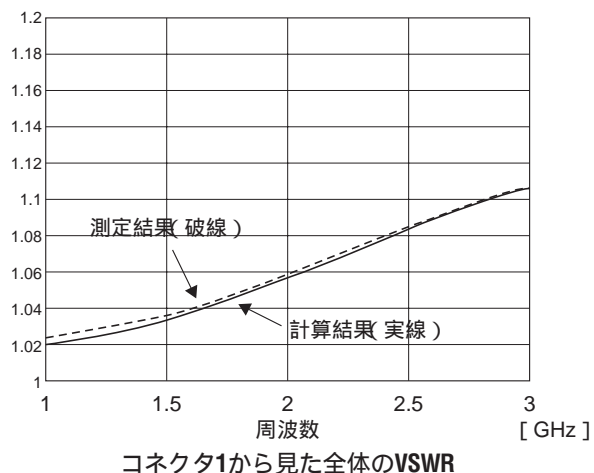
求めたTパラメータをSパラメータへ逆変換すると

$$\begin{bmatrix} S(All)_1 & S(All)_2 \\ S(All)_1 & S(All)_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.02444 + 0.01219j & -0.42862 - 0.89358j \\ -0.42905 - 0.89448j & -0.00007447 - 0.03327j \end{bmatrix}$$

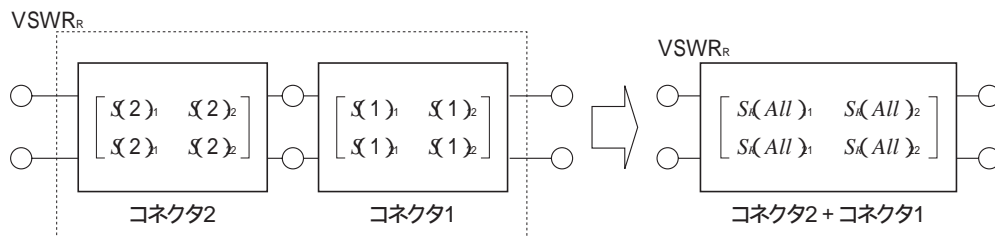
縦続接続のVSWR算出方法

$S(All)_1$ より、コネクタ1、コネクタ2の順に接続した場合、コネクタ1から見た全体のVSWRは1.05⑥ (@2GHz)と計算されます。また、実測では、2GHzにおけるVSWRは1.059となります。

《参考》
 2GHzにおけるVSWR(測定結果)
 コネクタ1(単体) : 1.062
 コネクタ2(単体) : 1.032



(2)コネクタ2、コネクタ1の順に接続した場合(コネクタ2+コネクタ1)におけるコネクタ2からみたVSWR_R
 コネクタの向き、に注意



同様に、変換したTパラメータで行列の積を求めると

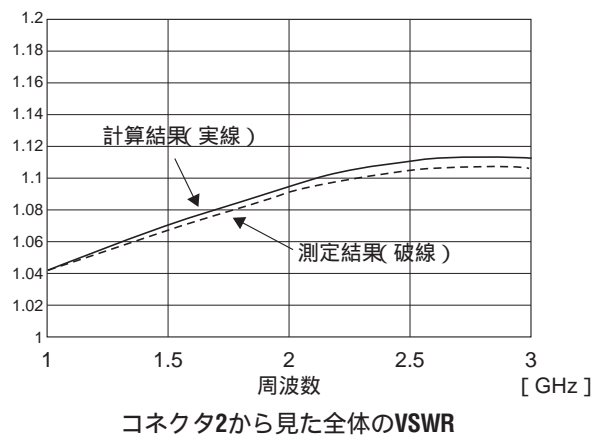
$$\begin{bmatrix} T(All)_1 & T(All)_2 \\ T(All)_1 & T(All)_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} T(2)_1 & T(2)_2 \\ T(2)_1 & T(2)_2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} T(1)_1 & T(1)_2 \\ T(1)_1 & T(1)_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -0.42923 - 0.89477j & 0.0458 + 0.005022j \\ 0.03729 - 0.01025j & -0.4359 + 0.90933j \end{bmatrix}$$

求めたTパラメータをSパラメータへ逆変換すると

$$\begin{bmatrix} S(All)_1 & S(All)_2 \\ S(All)_1 & S(All)_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -0.01514 - 0.04311j & -0.42823 - 0.89332j \\ -0.42866 - 0.89422j & 0.02514 + 0.02896j \end{bmatrix}$$

$S(All)_1$ よりコネクタ2、コネクタ1の順に接続した場合、コネクタ2から見た全体のVSWRは1.09⑥ (@2GHz)と計算されます。また、コネクタ2、コネクタ1の順に接続した場合の、2GHzにおけるVSWRの測定結果は1.091となります。

《参考》
 2GHzにおけるVSWR(測定結果)
 コネクタ1(単体) : 1.062
 コネクタ2(単体) : 1.032



Calculation of the VSWR of connection in cascade connection

You cannot obtain the VSWR of the circuits of connectors, cables or components in cascade connection(mating), even when the VSWR of each circuit is known, unless the S-parameter of each circuit is obtainable.

The VSWR shall be calculated at each frequency.

Calculation of VSWR

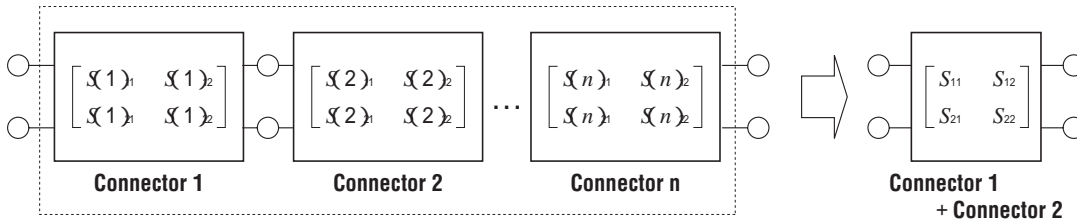
You can calculate VSWR by using S_{nn} of S-parameters

($a + jb$) or (r)

$$\text{From } r = r(\cos \theta + j \sin \theta) \quad \begin{cases} a = r \cos \theta \\ b = r \sin \theta \end{cases}$$

$$|r| = |S_{nn}| = \sqrt{a^2 + b^2}, \quad VSWR = \frac{1 + |r|}{1 - |r|}$$

S-parameters of connectors in cascade connection



Transform the S-parameter of each connector into a T-parameter.

$$\begin{bmatrix} T_{11} & T_{12} \\ T_{21} & T_{22} \end{bmatrix} = \frac{1}{S_{21}} \begin{bmatrix} -S_{11}S_{22} + S_{12}S_{21} & S_{11} \\ -S_{22} & 1 \end{bmatrix}$$

Calculate the product of the matrices of T-parameters.

$$\begin{bmatrix} T(All)_1 & T(All)_2 \\ T(All)_1 & T(All)_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} T(1)_1 & T(1)_2 \\ T(1)_1 & T(1)_2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} T(2)_1 & T(2)_2 \\ T(2)_1 & T(2)_2 \end{bmatrix} \cdots \begin{bmatrix} T(n)_1 & T(n)_2 \\ T(n)_1 & T(n)_2 \end{bmatrix}$$

Inversely transform T-parameters into S-parameters.

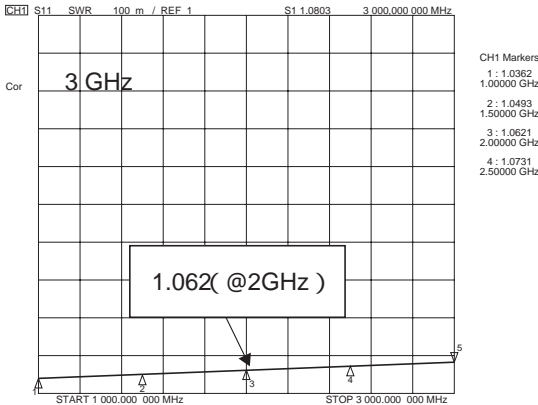
$$\begin{bmatrix} S_{11} & S_{12} \\ S_{21} & S_{22} \end{bmatrix} = \frac{1}{T_{22}} \begin{bmatrix} T_{12} & T_{11}T_{22} - T_{12}T_{21} \\ 1 & -T_{21} \end{bmatrix}$$

The S-parameter thus obtained gives the S-parameter of the coaxial connectors in cascade connection.

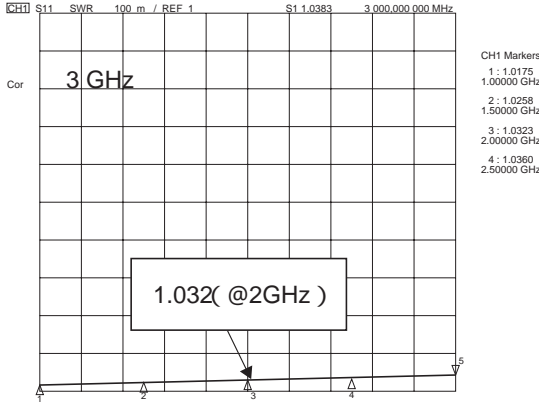
By this method, you can calculate the S-parameter of the entire circuit(including VSWR)based on the S-parameter of each connector in cascade connection.

Calculation of the VSWR of connection in cascade connection

An example(connectors 1 and 2 in cascade connection)



Connector 1 · VSWR(measured)



Connector 2 · VSWR(measured)

Let's calculate VSWR at 2GHz here as an example.
The S-parameter of each connector at 2GHz is measured as:

$$\begin{bmatrix} S(1)_1 & S(1)_2 \\ S(1)_1 & S(1)_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.029988 - 0.002592j & 0.408634 - 0.90502j \\ 0.409045 - 0.90593j & 0.023405 + 0.01555j \end{bmatrix}$$

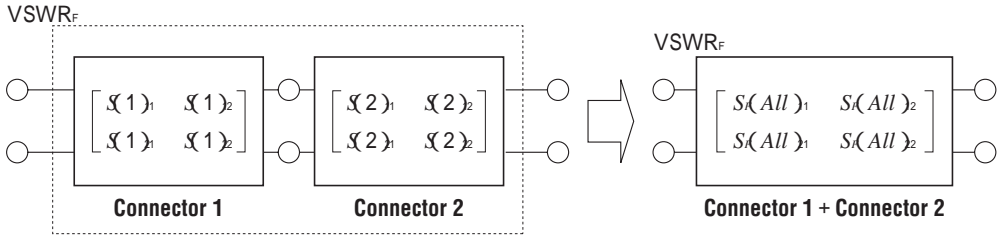
$$\begin{bmatrix} S(2)_1 & S(2)_2 \\ S(2)_1 & S(2)_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -0.007512 - 0.01413j & 0.642835 - 0.76339j \\ 0.642835 - 0.76339j & -0.01136 - 0.007661j \end{bmatrix}$$

The above S-parameters can be transformed into the following T-parameters

$$\begin{bmatrix} T(1)_1 & T(1)_2 \\ T(1)_1 & T(1)_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.968064 - 68.226j & 0.07518 - 0.0006793j \\ 0.511292 - 0.008163j & 0.0002302 + 0.01522j \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} T(2)_1 & T(2)_2 \\ T(2)_1 & T(2)_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 7.8211 + 295.214j & 2.36379 - 0.04696j \\ -2.9247 + 0.05822j & 0.0004006 + 0.02003j \end{bmatrix}$$

(1) VSWR_F viewed from the connector 1 when connectors 1 and 2 are connected in this order(connector 1 + connector 2)



Transform S-parameters into T-parameters and calculate the product of the matrices of T-parameters.

$$\begin{bmatrix} T(All)_1 & T(All)_2 \\ T(All)_1 & T(All)_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} T(1)_1 & T(1)_2 \\ T(1)_1 & T(1)_2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} T(2)_1 & T(2)_2 \\ T(2)_1 & T(2)_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -0.42919 - 0.8943j & -0.02174 + 0.01689j \\ -0.03027 - 0.01444j & -0.43595 + 0.90886j \end{bmatrix}$$

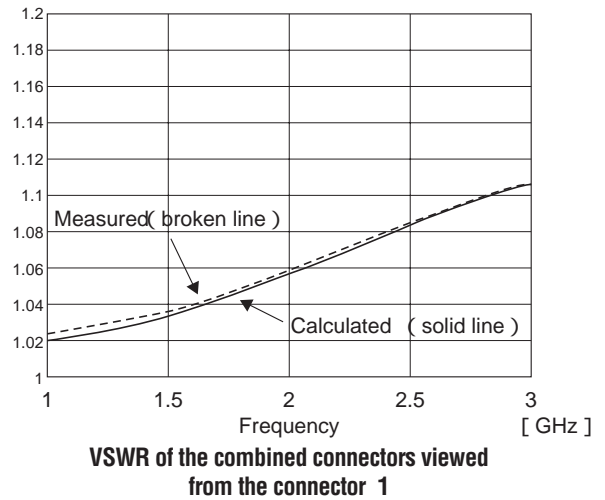
Inversely transform T-parameters thus obtained into S-parameters.

$$\begin{bmatrix} S(All)_1 & S(All)_2 \\ S(All)_1 & S(All)_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.02444 + 0.01219j & -0.42862 - 0.89358j \\ -0.42905 - 0.89448j & -0.00007447 - 0.03327j \end{bmatrix}$$

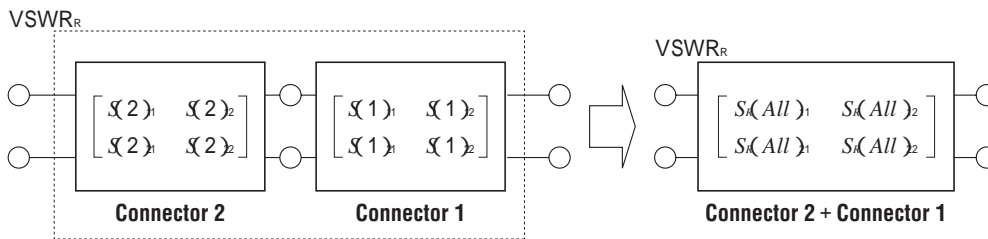
Calculation of the VSWR of connection in cascade connection

When the connector 1 and connector 2 are connected in this order, the VSWR of this combination viewed from the connector 1 is calculated as 1.056(at 2GHz)from $S_{r(All)}_1$, which is measured as 1.059

《Reference》
 VSWR at 2GHz(measured)
 Connector 1(unit): 1.062
 Connector 2(unit): 1.032



(2) VSWR_R viewed from the connector 2 when connectors 2 and 1 are connected in this order(connector 2 + connector 1)
 Pay attention to the directions of connectors and .



Similarly, calculate the product of the matrices of the transformed T-parameters.

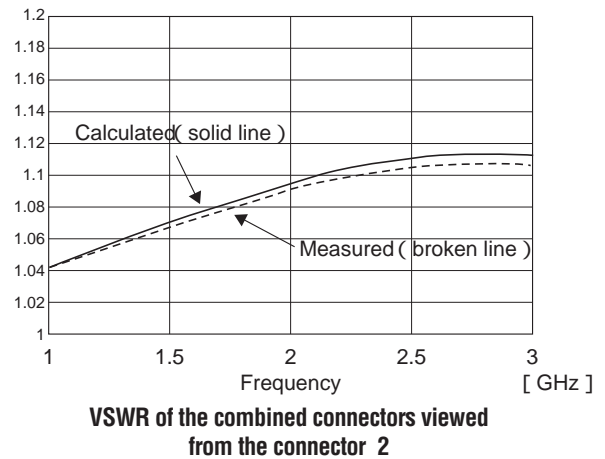
$$\begin{bmatrix} T_{r(All)}_1 & T_{r(All)}_2 \\ T_{l(All)}_1 & T_{l(All)}_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} T_{r(2)}_1 & T_{r(2)}_2 \\ T_{l(2)}_1 & T_{l(2)}_2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} T_{r(1)}_1 & T_{r(1)}_2 \\ T_{l(1)}_1 & T_{l(1)}_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -0.42923 - 0.89477j & 0.0458 + 0.005022j \\ 0.03729 - 0.01025j & -0.4359 + 0.90933j \end{bmatrix}$$

Inversely transform T-parameters thus obtained into S-parameters

$$\begin{bmatrix} S_{r(All)}_1 & S_{r(All)}_2 \\ S_{l(All)}_1 & S_{l(All)}_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -0.01514 - 0.04311j & -0.42823 - 0.89332j \\ -0.42866 - 0.89422j & 0.02514 + 0.02896j \end{bmatrix}$$

When the connector 2 and connector 1 are connected in this order, the VSWR of this combination viewed from the connector 2 is calculated as 1.096(at 2GHz)from $S_{r(All)}_1$, which is measured as 1.091.

《Reference》
 VSWR at 2GHz(measured)
 Connector 1(unit): 1.062
 Connector 2(unit): 1.032



ご注文に際してのお願い

- ①本カタログに記載の仕様は、参考値です。製品及び仕様については、予告無く変更する場合があります。記載製品のご採用のご検討やご注文に際しては、予め弊社販売窓口までお問い合わせのうえ、「納入仕様書」の取交わりをお願いします。
- ②お客様におかれましては、保護回路や冗長回路等を設けて機器の安全を図られると共に、弊社製品の適合性について十分にご確認をお願いします。
- ③本カタログ記載の製品は、下記の推奨用途に使用されることを意図しております。従いまして、推奨用途以外へのご使用又は極めて高い信頼性が要求される特定用途へのご使用をお考えの場合は、必ず事前に弊社販売窓口までご相談下さいますようお願い申し上げます。

(1)ご相談いただく用途例：

(イ)下記用途でお客様指定又は産業分野固有の品質保証プログラムが有る場合は、ご相談下さい。

***用途例：**自動車電装、列車制御、通信機器(幹線)、交通信号制御、電力、燃焼制御、防火・防犯装置、防災機器、等。

(ロ)下記特定用途へのご使用をお考えの場合は、お客様指定の品質保証プログラムにて別途承る場合があります。

***特定用途例：**航空宇宙機器、海底中継機器、原子力制御システム、生命維持のための医療機器、等。

(2)推奨用途例：電算機、事務機、通信機器(端末、移動体)、計測機器、A V機器、家電、F A機器、等。

Before placing an order

- ①The values specified in this catalogue are only for reference. The products and specifications are subject to change without notice. Contact our sales staff for further information before considering or ordering any of our products. For purchase, a product specification must be agreed upon.
- ②Users are requested to provide protection circuits and redundancy circuits to ensure safety of the equipment, and sufficiently review the suitability of JAE 's products to the equipment.
- ③The products presented in this catalogue are designed for the uses recommended below. We strongly suggest you contact our sales staff when considering use of any of the products in any other way than the recommended applications or for a specific use that requires an extremely high reliability.

(1)Applications that require consultation:

(i)Please contact us if you are considering use involving a quality assurance program that you specify or that is peculiar to the industry, such as:

Automotive electrical components, train control, telecommunications devices (mainline), traffic light control, electric power, combustion control, fire prevention or security systems, disaster prevention equipment, etc.

(ii)We may separately give you our support with a quality assurance program that you specify, when you think of a use such as:

Aviation or space equipment, submarine repeaters, nuclear power control systems, medical equipment for life support, etc.

(2)Recommended applications include:

Computers, office appliances, telecommunications devices (terminals, mobile units), measuring equipment, audiovisual equipment, home electric appliances, factory automation equipment, etc.



日本航空電子工業 株式会社

Japan Aviation Electronics Industry, Limited

〒153-8539 東京都目黒区青葉台3-1-19(青葉台石橋ビル)

ホームページ <http://www.jae.com>

お問い合わせは「カスタマサポートグループ」へ

TEL (03) 3780-2717 FAX (03) 3770-3869

大阪支店・大阪市 TEL (06) 6447-5255 FAX (06) 6447-5276

中部支店・豊田市 TEL (0565) 34-0600 FAX (0565) 34-0840

仙台営業所・仙台市 TEL (022) 225-8151 FAX (022) 225-8059

宇都宮営業所・宇都宮市 TEL (028) 637-8545 FAX (028) 637-8546

静岡営業所・静岡市 TEL (054) 283-0664 FAX (054) 283-1993

福岡営業所・福岡市 TEL (092) 262-1888 FAX (092) 262-1750

Japan Aviation Electronics Industry, Limited

1-19, Aobadai 3-chome, Meguro-ku, Tokyo 153-8539, Japan

Telephone: (03) 3780-2768 Facsimile: (03) 3780-2883

JAE Electronics, Inc.

142 Technology Drive, Suite 100 Irvine, California 92618-2430, U.S.A.

Telephone: (1) 949-753-2600 Facsimile: (1) 949-753-2699

(800) JAE-PART (523-7278) Toll free in U.S.A. except in California and Alaska

JAE Europe, Ltd.

200 Fowler Avenue, Farnborough Business Park, Farnborough,
Hampshire GU14 7JP U.K.

Telephone: (44) 1252-551100 Facsimile: (44) 1252-551110

JAE Taiwan, Ltd. <Taipei Branch Office>

3F., No.57, Lane.10, Jihu Rd., Neihu Dist., Taipei City 11492, Taiwan

Telephone: (886) 2-2799-6777 Facsimile: (886) 2-2799-0996

JAE Hong Kong, Ltd.

Suites 1407-11,14/F., Tower2, The Gateway, 25 Canton Road,
Tsimshatsui, Kowloon, Hong Kong

Telephone: (852) 2723-7782 Facsimile: (852) 2723-9028

JAE Shanghai Co., Ltd.

RM1407, Shanghai Mart 2299 Yanan Road (West), Shanghai, 200336 P.R.C.

Telephone: (86) 21-6236-0322 Facsimile: (86) 21-6236-1292

JAE Singapore Pte Ltd.

33 Tannery Lane, #02-01 Hoesteel Industrial Building, Singapore 347789

Telephone: (65) 6748-1332 Facsimile: (65) 6748-2920

JAE Korea, Inc.

13F, Namgang B/D, 291, Gangnamde-ro, Seocho-gu, Seoul, 137-861, Korea

Telephone: (82) 2-6230-1100 Facsimile: (82) 2-6230-1190

