

# 負性イミタンス

澤井達夫

はじめに 電気回路について、イミタンスは知られているが負性イミタンスについてはあまり知られていない。本文では負性イミタンスについて若干整理し、以前から抱いている疑問について言及する。

**イミタンス** 電圧は電流に比例する。これはオームの法則である。この関係の独立変数と従属変数を交換すると抵抗とコンダクタンスの概念が生まれる。さらに電圧・電流を複素数の概念に拡張するとインピーダンス(impedance)  $Z$  とアドミタンス(admittance)  $Y$  を得る。また  $YZ = 1$  の関係が成立する。

この  $Y$  と  $Z$  を統合してイミタンス(immitance=impedance+ admittance) と呼ぶ。 $Y$  と  $Z$  は数式上の表現の相違のみで物理的には同じものである。

**負性イミタンス** イミタンスの符号を変えたものを負性イミタンスと呼ぶ。負性イミタンスについても  $YZ = 1$  の関係が成立する。負性イミタンスは不安定で、基本的には単独では存在できず、また受動素

子のみでは構成できない。

ここで、負性イミタンスに通常の抵抗を接続して閉回路を作る。閉回路全体でイミタンスの実数部が正ならば閉回路は安定である。そこでこの閉回路の絶対的安定条件を考える。

☆負性イミタンスが負性インピーダンスの場合：接続した抵抗が $\infty$ ならば実数部は負にならないから閉回路は安定。

すなわち回路を開放すれば安定になる。

☆負性イミタンスが負性アドミタンスの場合：接続した抵抗が0 (コンダクタンス $\infty$ ) なら閉回路の実数部は負にならないから安定。すなわち短絡安定。

**疑問** 前項の安定条件から分るように、負性インピーダンスと負性アドミタンスは相互に逆数の関係を維持しているが物理的には全く異質のものである。他方、通常のイミタンスではインピーダンスとアドミタンスは同一物理素子である。

符号を変えるとなぜ物理素子に違いが生じるのであろうか？

## 付録 負性イミタンスの実現

澤井達夫

**自然現象** 空中放電現象と江崎ダイオードの電圧—電流特性に前者は負性抵抗・後者は負性コンダクタンスを示す部分があることが知られている。しかし一般的な負性イミタンスは自然現象からは未発見である。

**負性イミタンス変換器**：はじめに一般的に考える。

与えられたイミタンスの符号を変える

装置を負性イミタンス変換器と言う。図1の四端子網を考え、右の端子対に変換対象のイミタンスを接続し、全体を左から二端子対と見ることとする。



図 1

変換対象の

イミタンスについては次式が成立する。

$$I_p = Y E_p = E_p / Z \quad (1)$$

いまこの四端子網の F-matrix が、

$$\begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & -1 \end{bmatrix} \quad (2)$$

ならば、 $I_n = -I_p = -Y E_p$  より、二端子対は負アドミタンスとなる。

また、この四端子網の F-matrix が、

$$\begin{bmatrix} -1 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (3)$$

ならば、 $E_n = -E_p = -Z I_p$  より、二端子対は負インピーダンスとなる。

この装置を実現することを念頭に装置の性質を考える。まず(2)式は $I_n = -I_p$ にするため電流源で実現することになる。また、(3)式は $E_n = -E_p$ にするため電圧源で実現することになる。

ここでは OP アンプを用いた実現例を示

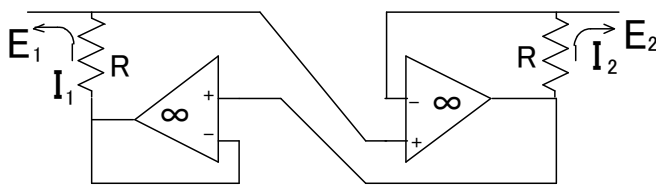


図 2

す。ここで増幅度 $\infty$ の理想差動アンプ 2 個を図 2 のように接続すると、双方ともに負帰還がかかっているので差動入力が 0 になるように働くから、

$$\begin{cases} E_1 = E_2 \\ E_1 + RI_1 = E_2 + RI_2 \end{cases} \quad \therefore I_1 = I_2$$

であり、図 1 と電流の定義方向の違いを考慮すると、この回路は負性アドミタンス変換器として動作することになる。

また、図 2 の回路は右を開放すると安定である。そこで左にインピーダンス Z を接続すると

$$E_1 = I_1 Z = -I_2 Z \quad E_1 = E_2$$

より、図 2 の左右を入れ替えて図 1 と対比すると、 $E_n = E_1 = I_1 Z = -I_n Z$  であり、この回路は負性インピーダンス変換器である。

図 3 は負性インピーダンス変換器として広く紹介されている回路であるが、明らかに開放不安定・短絡安定であるから変換結果はアドミタンスである。また図より  $I = -EY$  だから、負性アドミタンス変換器と呼ぶべきである。

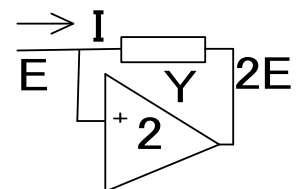


図 3