

四端子回路において、負荷がつながった時の出力電流と出力電圧を求めます。四端子回路の式、 $V_1 = AV_2 + BI_2$ と $I_1 = CV_2 + DI_2$ の成り立つ訳が大体分ります。

1、電圧源の場合

電圧源とは電圧が一定で、負荷に応じて電流が変化する電源です。負荷が重くなると、電流を沢山流して電圧を一定にします。

(1) I_2 と V_2 を求める

A、B、C、D の値が分っている四端子回路があります。入力に電圧源、出力に負荷がつながった時、出力電流 I_2 と出力電圧 V_2 を求めて下さい。

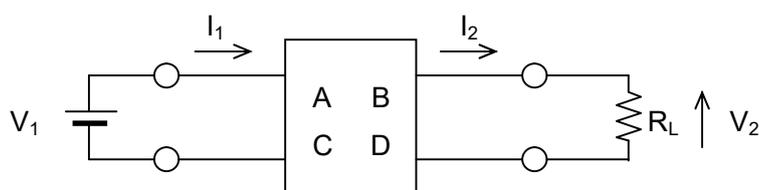


図 1

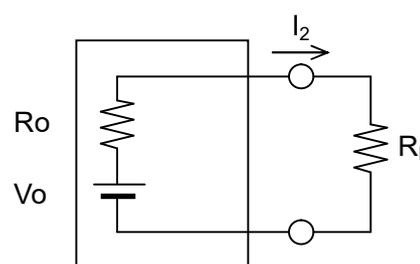
出力電流 I_2 を決定するのは負荷の大きさです。負荷抵抗 R_L 又は負荷インピーダンス Z_L の大きさです。出力電流 I_2 が分ればオームの法則により、

$$V_2 = I_2 R_L$$

で出力電圧 V_2 も分ります。

テブナンの定理によれば、出力電流 I_2 は、

$$I_2 = \frac{V_o}{R_o + R_L}$$



テブナン等価回路

です。テブナンの定理については「テブナンの定理について」の章をご参照下さい。ここで分子の V_o (o はオープンのお) は、元の四端子回路で出力開放時の V_2 のことです。テブナン電圧と呼ばれ、テブナン等価回路の電源電圧になります。出力開放時、つまり $I_2=0$ での四端子定数 A の定義によれば、

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

ですから、

$$V_2 = \frac{V_1}{A} = V_o \cdots \cdots 1-①$$

になります。

次にテブナンの定理分母の R_o です。本来 R_o は元の四端子回路の電圧源 V_1 を取り外し、電圧源のあった場所を短絡し、無負荷の出力端子から回路内部を見た時の抵抗又はインピーダンスです。もっと簡単に R_o を求める方法があります。

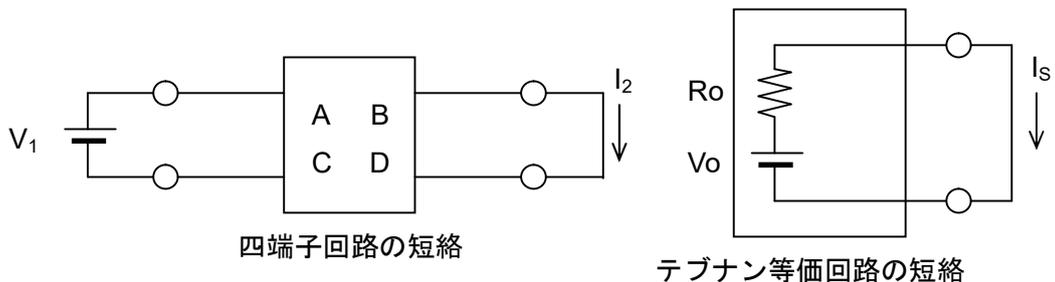
負荷抵抗 R_L が 0、つまり出力を短絡した時の電流を I_s (s はショートのス) としますと、テブナンの定理は、

$$I_s = \frac{V_o}{R_o + 0} = \frac{V_o}{R_o}$$

になります。したがって、

$$R_o = \frac{V_o}{I_s} \cdots \cdots 1-②$$

になります。下図のように元の四端子回路も、それをテブナン等価回路にした回路も、出力短絡電流は同じ大きさです。



出力短絡時、つまり $V_2=0$ での四端子定数 B の定義によれば、

$$\frac{V_1}{I_2} = B$$

ですから、四端子定数から得られる出力短絡時の $I_2 = I_s$ は、

$$I_2 = \frac{V_1}{B} = I_s \dots \dots 1-③$$

です。1-①式と 1-③式を 1-②式に代入しますと、 R_0 は、

$$R_0 = \frac{V_0}{I_s} = \frac{\frac{V_1}{A}}{\frac{V_1}{B}} = \frac{V_1}{A} \cdot \frac{B}{V_1} = \frac{B}{A}$$

になります。

各値が出ました。負荷抵抗 R_L をつないだ時の出力電流 I_2 は、テブナンの定理により、

$$I_2 = \frac{V_0}{R_0 + R_L} = \frac{\frac{V_1}{A}}{\frac{B}{A} + R_L} = \frac{\frac{V_1}{A}}{\frac{B + AR_L}{A}} = \frac{V_1}{A} \cdot \frac{A}{B + AR_L} = \frac{V_1}{AR_L + B} \dots \dots 1-④$$

になります。 V_2 は I_2 に負荷抵抗 R_L を掛けたものですから、

$$V_2 = I_2 \cdot R_L = \frac{V_1 R_L}{AR_L + B}$$

になります。 I_1 の大きさを知りたい場合は四端子回路の I_1 の式、

$$I_1 = CV_2 + DI_2$$

に V_2 と I_2 を代入すれば良いです。

②四端子回路の V_1 の式が成り立つ訳

V_1 の式は、 $V_1 = AV_2 + BI_2$ です。この式が成り立つ訳を考えて見ます。

四端子回路で R_L 負荷時の出力電流 I_2 を、テブナンの法則を使用して求めようとしてみると、出力を開放した時の電圧と、出力を短絡した時の電流の値が必ず要ります。そこで A や B

の式を使い、 R_L 負荷時の出力電流 I_2 を求めたのです。すると I_2 の分母が $(AR_L + B)$ になりました。

四端子回路の V_1 の式、

$$V_1 = AV_2 + BI_2$$

の V_2 は I_2R_L ですから、

$$= AI_2R_L + BI_2$$

になります。因数分解しますと、

$$= (AR_L + B)I_2$$

です。 I_2 に 1-④式の、テブナンの法則で求めた値を代入しますと、

$$= (AR_L + B) \cdot \frac{V_1}{AR_L + B}$$

になります。因数分解の $(AR_L + B)$ と I_2 の分母の $(AR_L + B)$ が約分され、

$$= V_1$$

となり、左辺と同じになります。

I_2 の AR_L 倍と I_2 の B 倍を足せば、常に V_1 に等しくなることが分ります。 V_1 の式が成り立つ訳です。

R_L が 0 オームの時、つまり出力短絡時は、電流 I_2 は流れますが、電圧 V_2 が出ませんから、

$$V_1 = BI_2$$

です。 R_L が無限オームの時、つまり出力開放時は電流が流れませんから、出力に出てくる電圧として。

$$V_1 = AV_2$$

となります。

2、電流源の場合

電流源とは電流が一定で、負荷に応じて電圧が変化する電源です。負荷が重くなると、電圧を上げ電流を一定にします。

(1) V_2 と I_2 を求める

A、B、C、D の値が分っている四端子回路があります。入力に電流源、出力に負荷がつながった時の、出力電圧 V_2 と出力電流 I_2 を求めて下さい。

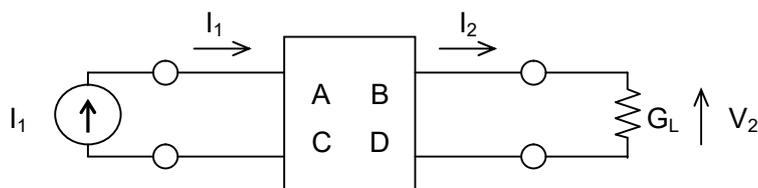


図 2

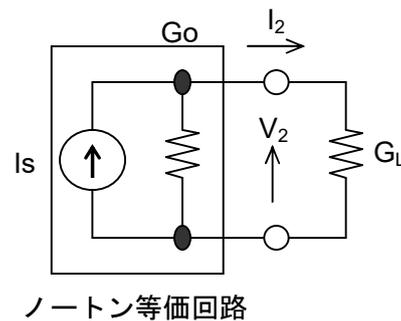
出力電圧 V_2 を決定するのは負荷の大きさです。負荷コンダクタンス G_L 又は負荷アドミッタンス Y_L の大きさです。出力電圧 V_2 が分れば、

$$I_2 = V_2 G_L$$

で出力電流 I_2 も分ります。

ノートの定理によれば、出力電圧 V_2 は、

$$V_2 = \frac{I_s}{G_o + G_L}$$



です。ここで分子の I_s (s =ショート) は、出力短絡時の I_2 のことです。ノートン電流と呼ばれ、ノートン等価回路の電流源電流値になります。出力短絡時つまり $V_2=0$ での四端子定数 D の定義によれば、

$$\frac{I_1}{I_2} = D$$

ですから、

$$I_2 = \frac{I_1}{D} = I_s \cdots \cdots 2-①$$

になります。

次にノートの定理分母の G_o です。本来 G_o は元の四端子回路の電流源 I_1 を取り外し、電流源のあった場所をオープンにし、外に何もつながっていない出力端子から回路内部を見た時のコンダクタンス又はアドミッタンスです。もっと簡単に G_o を求める方法があります。

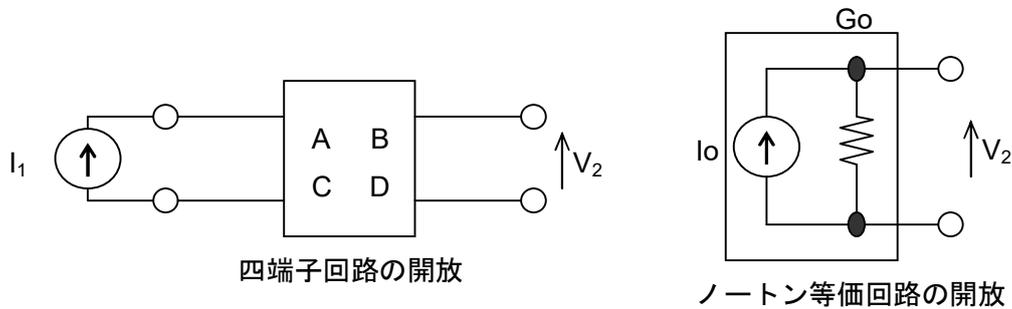
負荷コンダクタンス G_L が 0 (コンダクタンスが 0 の場合その抵抗は無限大です)、つまり出力を開放した時、ノートの定理は、

$$V_2 = \frac{I_s}{G_0 + 0} = \frac{I_s}{G_0}$$

になります。したがって、

$$G_0 = \frac{I_s}{V_2} \dots \dots 2-②$$

になります。下図の様に元の四端子回路も、それをノートン等価回路にした回路も、出力開放電圧は同じ大きさです。



出力開放時、つまり $I_2=0$ での四端子定数 C の定義によれば、

$$\frac{I_1}{V_2} = C$$

ですから、四端子定数から得られる出力開放時の V_2 は、

$$V_2 = \frac{I_1}{C} \dots \dots 2-③$$

です。2-①式と 2-③式を 2-②式に代入しますと、 G_0 は、

$$G_0 = \frac{I_s}{V_2} = \frac{I_s}{\frac{I_1}{C}} = \frac{I_s}{I_1} \cdot \frac{C}{1} = \frac{C}{D}$$

になります。

各値が出ました。負荷コンダクタンス G_L をつないだ時の出力電圧 V_2 は、ノートンの定

理により、

$$V_2 = \frac{I_s}{G_0 + G_L} = \frac{\frac{I_1}{D}}{\frac{C}{D} + G_L} = \frac{\frac{I_1}{D}}{\frac{C + DG_L}{D}} = \frac{I_1}{D} \cdot \frac{D}{C + DG_L} = \frac{I_1}{C + DG_L} \dots \dots 2-④$$

になります。I₂はV₂に負荷コンダクタンス G_Lを掛けたものですから、

$$I_2 = V_2 \cdot G_L = \frac{I_1 \cdot G_L}{C + DG_L}$$

となります。V₁の大きさを知りたい場合は四端子回路のV₁の式、

$$V_1 = AV_2 + BI_2$$

に代入すれば良いです。

②四端子回路のI₁の式が成り立つ訳

I₁の式は、I₁ = CV₂ + DI₂です。この式が成り立つ訳を考えて見ます。

四端子回路で G_L 負荷時の出力電圧 V₂ を、ノートンの法則を使用して求めようとし、出力を開放した時の電圧と、出力を短絡した時の電流の値が必ず要ります。そこで C や D の式を使い、G_L 負荷時の出力電圧 V₂ を求めたのです。すると V₂ の分母が (C + DG_L) になりました。

四端子回路の I₁ の式、

$$I_1 = CV_2 + DI_2$$

の、I₂はV₂G_Lですから、

$$= CV_2 + DV_2G_L$$

になります。因数分解しますと、

$$= (C + DG_L) V_2$$

になります。V₂に2-④式の、ノートンの法則で求めた値を代入しますと、

$$= (C + DG_L) \cdot \frac{I_1}{C + DG_L}$$

になります。因数分解の(C + DG_L)とV₂の分母の(C + DG_L)が約分され、

$$= I_1$$

となり左辺と同じになります。

V₂のC倍とV₂のDG_L倍を足せば、常にI₁に等しくなる事が分ります。I₁の式が成り立

つ訳です。

G_L が 0 の時、つまり出力開放時は、電流が流れませんから、出力に出てくる電圧として。

$$I_1 = CV_2$$

となります。

G_L が無限（コンダクタンスが無限の場合その抵抗は 0 です）、つまり出力短絡時は電流 I_2 は流れますが、電圧 V_2 が出ませんから、

$$I_1 = DI_2$$

です。

[目次へ戻る](#)