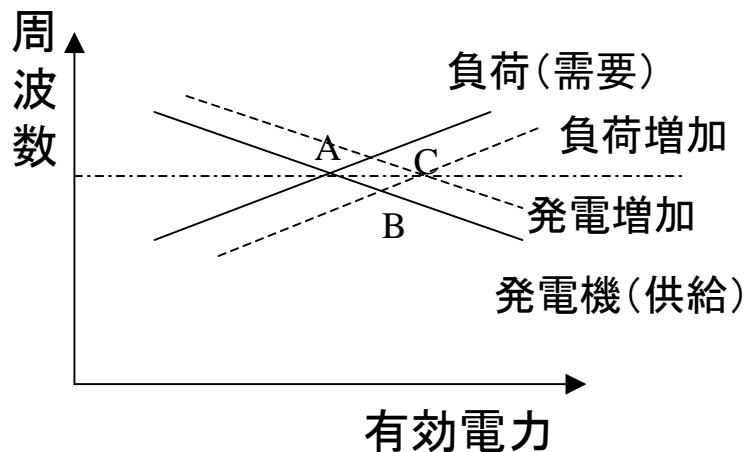
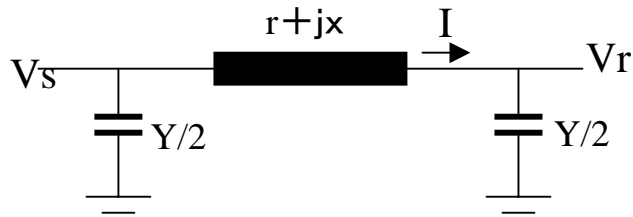


## 有効電力と無効電力の過不足の影響と対策

交流電力系統で有効電力の供給が不足すると、周波数が下がる。  
周波数が下がれば電力の供給に対して需要が大きいため、供給を増やす。  
すなわち、発電を増加させる。  
逆に、周波数が上がれば電力の供給が需要を上回るため発電を減らす。  
このように、周波数を観測すれば需給状態が分かるので周波数を見て発電力を調整し時々刻々の需給バランスを保っている。

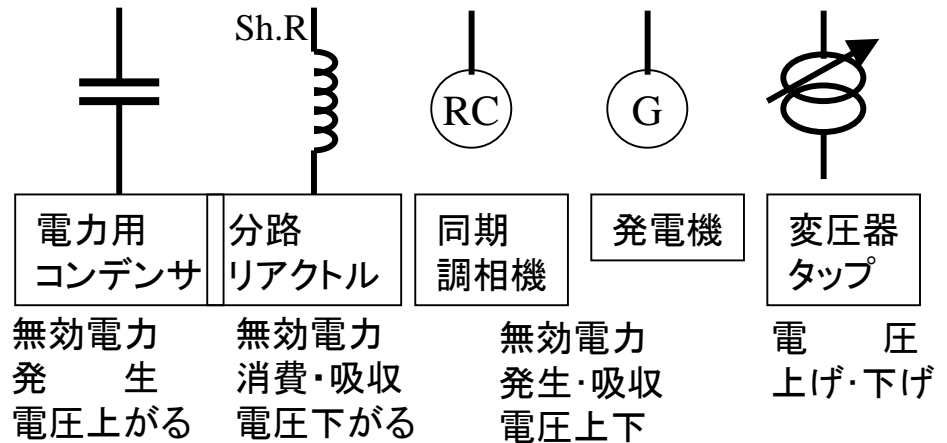


Aで需給がバランスし周波数が規定値であるとき、需要が増加すると周波数が下がり、B点に移る。  
そこで発電を増加させてC点でバランスさせると周波数が規定値に戻る。



送電線のπ回路による模擬  
架空線では地中線に比べて  
xが大きくYが小さい

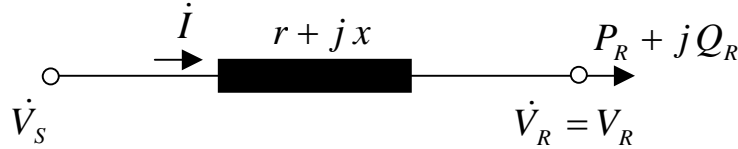
電圧調整設備 = 調相設備 + タップ切換え



交流電力系統で無効電力の供給が不足すると、電圧が下がる。  
電圧が下がれば無効電力の供給に対して需要が大きいのので、供給を増やす。  
すなわち、発電機や調相設備の無効電力出力を増加させる。  
逆に、電圧が上がれば無効電力の供給が需要を上回るなので供給を減らす。  
架空線系統では、通常、線路での無効電力消費  $I^2X$  の方が発生  $V^2Y$  を  
上回るが、高電圧地中線系統では、発生が消費より多く電圧を上げる側に作用する。  
従って、架空線系統では、発電機、同期調相機、電力用コンデンサなどで無効  
電力供給を増加させる。  
地中線系統では、過剰な無効電力を吸収させるため同期調相機や分路リアクトル  
などで余剰の無効電力を吸収させる。発電機の進相運転を利用することもある。  
電圧調整には変圧器のタップによる方法も併用されている。

## 無効電力と電圧との関係

簡単のため前頁の図から線路充電容量を取り除いた線路を下図に示す。



この図で、受電側電圧  $V_R$  を基準ベクトルとして遅れ電流の場合のベクトル電圧差は、

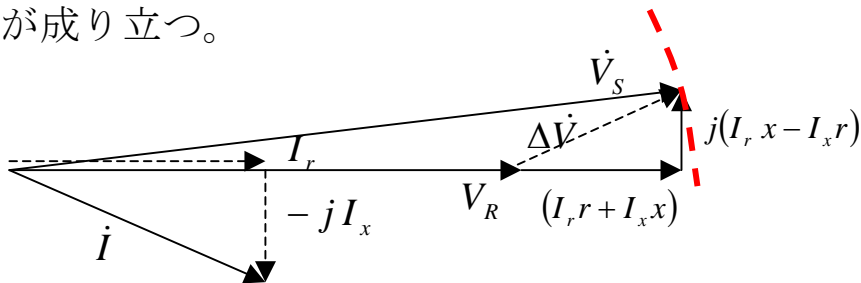
$$\begin{aligned} \Delta \dot{V} &= \dot{V}_S - V_R = \dot{I}(r + jx) = (I_r - jI_x)(r + jx) \\ &= (I_r r + I_x x) + j(I_r x - I_x r) \end{aligned}$$

$\dot{V}_S$  の大きさ  $|V_S|$  は  $V_R$  と同相の成分とほぼ同じで、

$V_R + (I_r r + I_x x)$  にほぼ等しいので

$$|V_S| - |V_R| \approx I_r r + I_x x$$

が成り立つ。



$$\Delta V = |\dot{V}_S| - |\dot{V}_R| \approx I_r r + I_x x$$

上記電圧降下の式で、負荷の有効電力すなわち  $I_r$  が一定で、遅れ電流  $I_x$  が  $\Delta I_x$  だけ増加する場合を考える。電圧降下は

$$\Delta V \approx I_r r + (I_x + \Delta I_x)x = (I_r r + I_x x) + \Delta I_x x$$

になり、 $\Delta I_x \times x$  だけ電圧降下が増加する。すなわち、遅れ電流の増加のリアクタンス倍だけ電圧が余計に下がる。一般に高電圧系統になるほど  $x/r$  は増加するので、遅れ電流の影響が大きい。

遅れ電流は、次式により遅れ無効電力を作る。

$$\begin{aligned} \dot{S}_R &= \dot{V}_R \dot{I}_R^* = V_R (I_r - jI_x)^* = V_R (I_r + jI_x) \\ &= V_R I_r + jV_R I_x \\ &= P_R + jQ_R \end{aligned}$$

$I_x$  が  $I_x + \Delta I_x$  に増加すれば、 $Q_R$  は  $Q_R + V_R \Delta I_x$  に増加する。すなわち、有効電力に変化がなくても遅れ無効電力需要が増加すれば、電圧が低下することが分る。

逆に、有効電力負荷が同じでも、遅れ無効電力が減少（進み無効電力負荷が増加）すれば、電圧降下が小さくなる。すなわち電圧が上昇する。