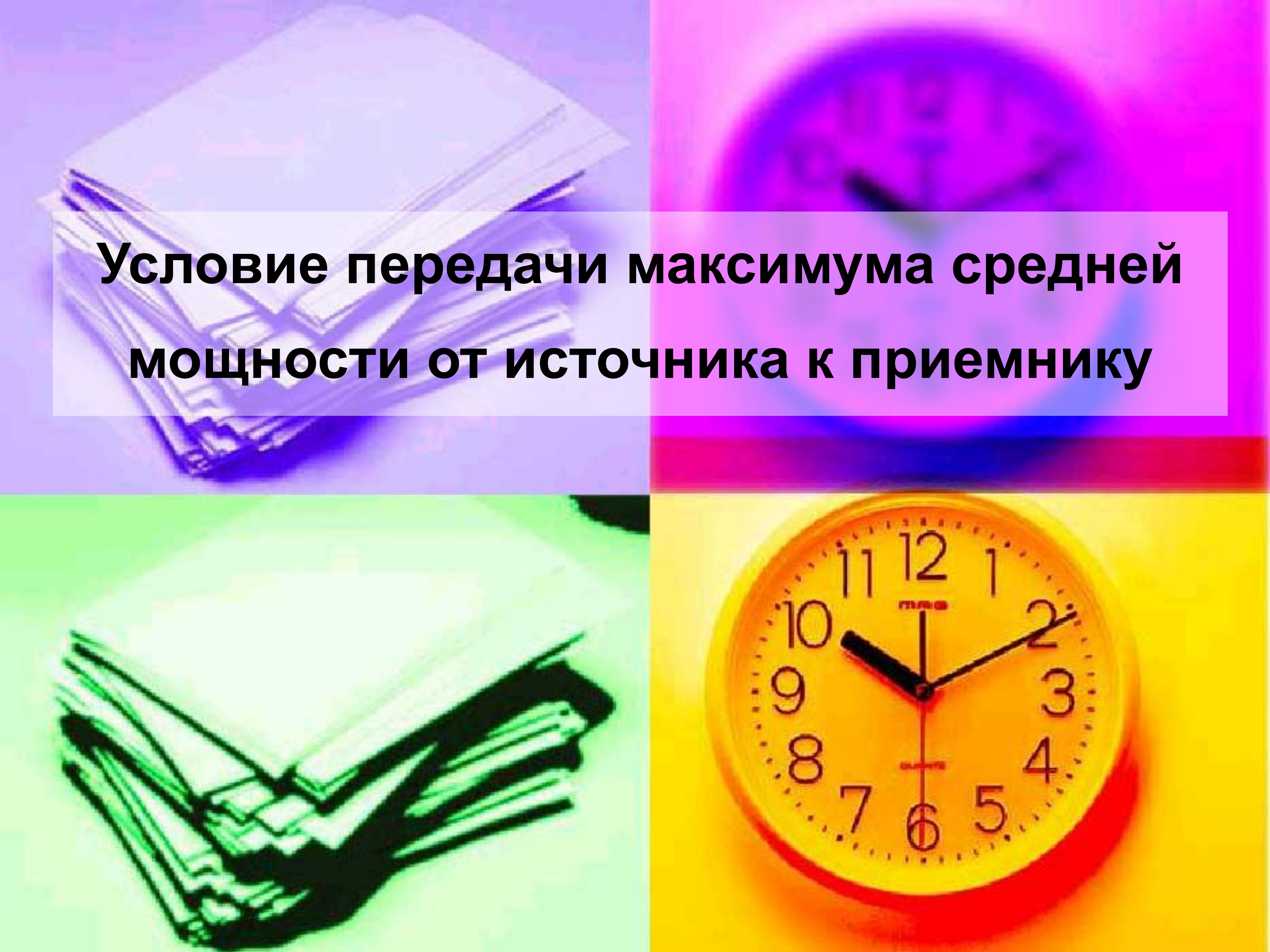
Условие передачи максимума средней мощности от источника к приемнику



Пусть требуется подобрать комплексное сопротивление нагрузки таким образом, чтобы при заданном комплексном сопротивлении источника обеспечивалась передача максимума активной мощности от источника к приемнику. Обозначим комплексные сопротивления источника напряжения и нагрузки (рисунок 3.10) соответственно через

$$Z_0 = R_0 + jX_0$$

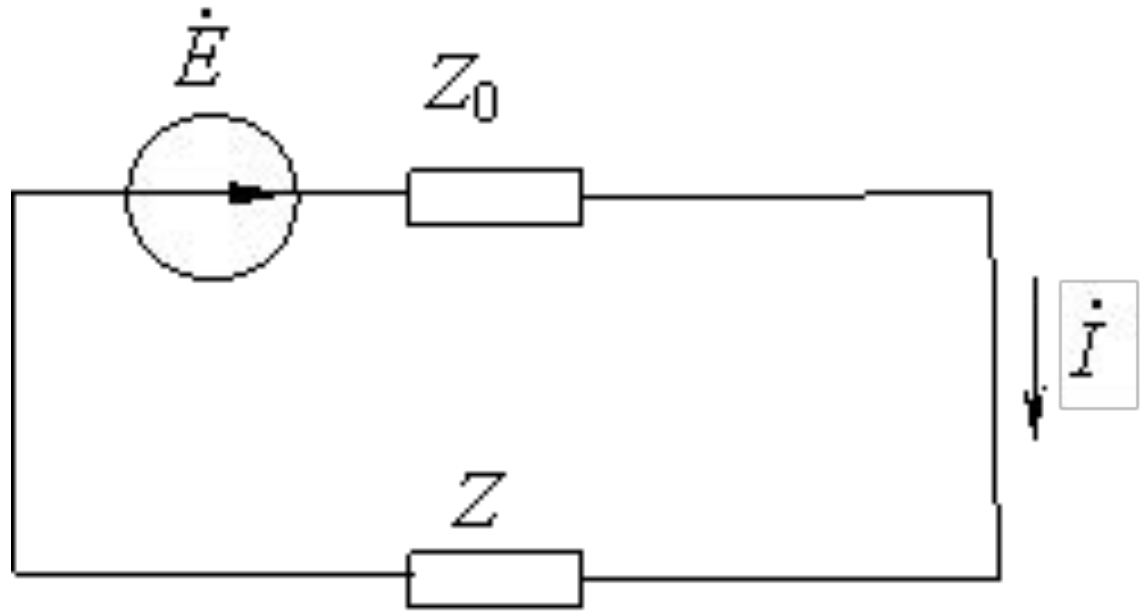


Рисунок 3.10 Передача энергии от источника к приемнику

Активная мощность, потребляемая нагрузкой, равна

$$P = RI^2 = \frac{RE^2}{\left|\mathbf{Z}_0 + \mathbf{Z}\right|^2} = \frac{RE^2}{(R_0 + R)^2 + (X_0 + X)^2}$$

Будем сначала изменять реактивное сопротивление *X*. Очевидно, при любом значении *R* ток и соответственно средняя мощность достигают наибольшей величины при *x* = –*x0*.

При этом

$$P = \frac{RE^2}{(R_0 + R)^2}$$

Найдем теперь условие максимума полученной функции в предположении, что *R* – переменная величина, т.е.
из условия, что $dP/dR = 0$; это даст

$$(R_0 + R)^2 - 2R(R_0 + R) = 0$$

откуда $R = R_0$

На основании найденных равенств заключаем, что условием передачи максимума активной мощности от источника к приемнику является равенство

$$Z = Z_0^{*} \text{, (3.17)}$$

где – комплексное сопротивление, сопряженное с *Z0*. При соблюдении этого условия приемник потребляет мощность

$$P_{max} = \frac{E^2}{4R_0}$$

и к.п.д., определяемый, как отношение средней мощности, потребляемой приемником, к суммарной мощности, поглощаемой активными сопротивлениями цепи, равен 0,5.

В том случае, когда комплексное сопротивление источника имеет индуктивный характер, комплексное сопротивление приемника на основании (3.17) должно быть емкостного характера. Такая компенсация реактивного сопротивления цепи осуществляется на практике с помощью конденсаторов, включаемых последовательно или параллельно нагрузке.

Если условие (3.17) не выполняется, то относительное отклонение передаваемой средней мощности от максимальной составляет

$$\frac{P_{max} - P}{P_{max}} = \frac{(R_0 - R)^2 + (X_0 - X)^2}{(R_0 + R)^2 + (X_0 + X)^2}$$

В тех случаях, когда реактивное сопротивление источника относительно невелико по сравнению с его активным сопротивлением, условия, близкие к оптимальным, получаются при активной нагрузке, если сопротивление приемника принято равным активному или полному сопротивлению источника.

Например, при   и   поступающая в приемник средняя мощность отличается от максимально возможной только на 1,5%, в этом случае компенсация реактивного сопротивления источника практически не требуется.

Условие передачи источником максимума мощности при заданном коэффициенте мощности приёмника

На практике часто возникает необходимость подбора комплексного сопротивления нагрузки таким образом, чтобы при заданных комплексном сопротивлении источника и коэффициенте мощности приемника обеспечивалась передача максимума полной и соответственно средней мощности от источника приемнику.

Пользуясь условными обозначениями, принятыми в предыдущем параграфе, находим полную мощность на зажимах нагрузки:

$$\boldsymbol{S} = \boldsymbol{z}\boldsymbol{I}^2 = \frac{\boldsymbol{z}\boldsymbol{E}^2}{\left|\mathbf{Z}_0 + \mathbf{Z}\right|^2} = \frac{\boldsymbol{z}\boldsymbol{E}^2}{\boldsymbol{z}_0^2\left|1 + \dfrac{\boldsymbol{z}}{\boldsymbol{z}_0}\boldsymbol{e}^{j(\varphi - \varphi_0)}\right|^2}$$

где *φ* и *φ0* - аргументы комплексных сопротивлений *Z* и *Z0*.

После преобразования получим:

$$S = \left(\frac{E}{z_0}\right)^2 \times \frac{z}{1 + 2\frac{z}{z_0}\cos(\varphi - \varphi_0) + \left(\frac{z}{z_0}\right)^2}$$

Приняв величину *z* за переменную, записываем условие максимума функции *S*

$$dS/dz = 0$$

откуда

$$1+2\frac{z}{z_0}\cos(\varphi-\varphi_0)+\left(\frac{z}{z_0}\right)^2-z\left[2\frac{1}{z_0}\cos(\varphi-\varphi_0)+2\frac{z}{z_0^2}\right]=0$$

или

$$1+\left(\frac{z}{z_0}\right)^2-2\left(\frac{z}{z_0}\right)^2=0$$

Следовательно, $z=z_0$

Подстановка (3.19) в (3.18) дает

$$S_{max} = \frac{E^2}{2z_0\left[1+\cos(\varphi-\varphi_0)\right]}$$

Таким образом, *передача максимума мощности в нагрузку при заданном cosφ достигается при равенстве полных сопротивлений нагрузки и источника.* При этом передаваемая мощность тем больше, чем больше разность углов сопротивлений нагрузки и источника
$|\varphi - \varphi 0|$.

Если условие (3.19) не соблюдается, то относительное отклонение передаваемой полной мощности от максимальной составляет

$$\frac{S_{max}-S}{S_{max}}=\frac{\left(1-\dfrac{z}{z_0}\right)^2}{1+2\dfrac{z}{z_0}cos(\varphi-\varphi_0)+\left(\dfrac{z}{z_0}\right)^2}. \quad (3.20)$$

Практически допустимы отклонения от условия (3.19), при которых величина (3.20) не превышает заданного предела.

Условия передачи максимума мощности широко используются в радиотехнике, электропроводной связи, автоматике и приборостроении. В энергетических же системах, генерирующих и потребляющих большие мощности, стремятся обеспечить высокий к.п.д. генераторов; поэтому сопротивления нагрузок значительно превышают сопротивления генераторов.