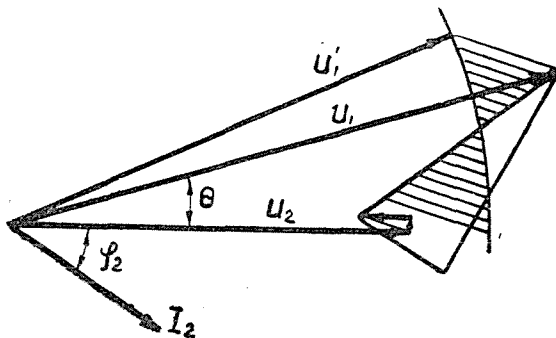


О МЕТОДИКЕ РАСЧЕТА РЕГУЛИРУЮЩЕЙ РЕАКТИВНОЙ МОЩНОСТИ В ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧАХ

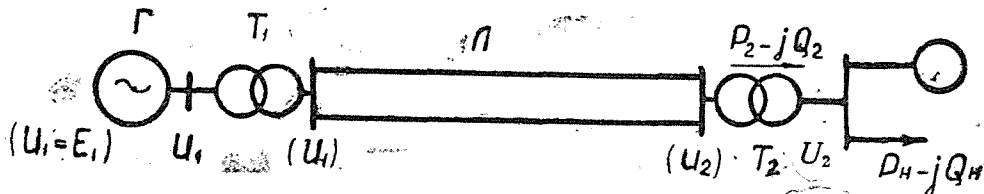
В. К. ЩЕРБАКОВ

В большинстве руководств по расчету электрических сетей и линий электропередач (Глазунов А. А., Рябков А. Я., Каменский М. Д. и др.) принято излагать теорию расчета регулирующей реактивной мощности в электропередачах и режимов компенсаторов в следующем порядке: сначала на основе векторной диаграммы напряжений электропередачи, замещенной сосредоточенными постоянными, графическим путем определяется необходимая величина регулирующего реактивного тока в электропередаче (фиг. 1), затем показывается использование так называемой круговой диаграммы электропередачи для нахождения реактивной мощности в электропередаче, соответствующей заданным напряжениям по концам электропередачи и передаваемой активной мощности (фиг. 2) и, наконец, даются формулы для аналитического определения мощности компенсатора.



Фиг. 1

Во всех руководствах первому методу („векторной диаграмме“) отводится основное внимание, он излагается наиболее подробно, метод же „круговой диаграммы“ приводится как полезное в некоторых случаях жизни



Фиг. 2

дополнение. Оба метода расчета регулирующей реактивной мощности в электропередачах рассматриваются как самостоятельные методы и нигде не указывается на то, что метод „векторной диаграммы“ является частным случаем общего метода „круговой диаграммы“.

Ниже показывается, что метод „векторной диаграммы“ косвенно повторяет метод „круговой диаграммы“, что имеет смысл обобщить эти два метода в единый и в целом упростить процесс расчета регулирующей реактивной мощности в электропередачах.

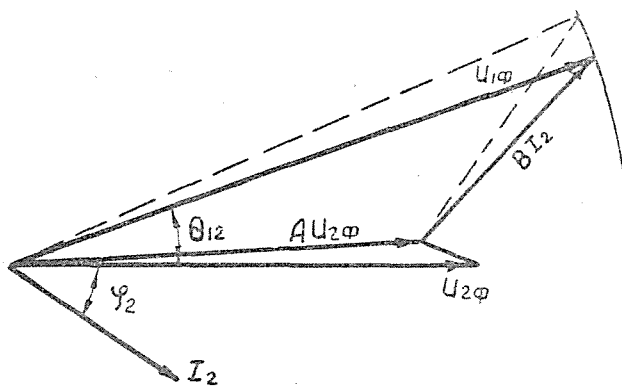
1. Электропередача без промежуточного отбора мощности в общем виде может быть изображена фиг. 2. Напряжения по концам электропередачи или части ее связаны уравнением:

$$\bar{U}_{1\phi} = \dot{A} U_{2\phi} + B \bar{I}_2, \quad (1)$$

которому соответствует векторная диаграмма фиг. 3. Ток в конце электропередачи $\bar{I}_2$ зависит от величины и фазы напряжений по концам электропередачи:

$$\bar{I}_2 = \frac{\bar{U}_{1\phi} - \dot{A} U_{2\phi}}{\dot{B}};$$

при $U_1 = \text{const}$ и $U_2 = \text{const}$, ток $\bar{I}_2$ является функцией только угла Θ_{12} , как это следует из уравнения (1) и векторной диаграммы фиг. 3.



Фиг. 3

Мощность конца электропередачи определяется как

$$\dot{S}_2 = P_2 - jQ_2 = \sqrt{3} \cdot \bar{I}_2 \cdot U_2 = \frac{\bar{U}_1 U_2 - \dot{A} U_2^2}{\dot{B}}. \quad (2)$$

Если $\bar{U}_1 = U_1 \angle \Theta^\circ$, $\dot{A} = A \angle \alpha$, $\dot{B} = B \angle \psi$, то выражение для $\dot{S}_2$ лучше представить в следующем виде:

$$P_2 - jQ_2 = -\frac{A}{B} U_2^2 \angle \alpha - \psi + \frac{U_1 U_2}{B} \angle \psi - \Theta. \quad (3)$$

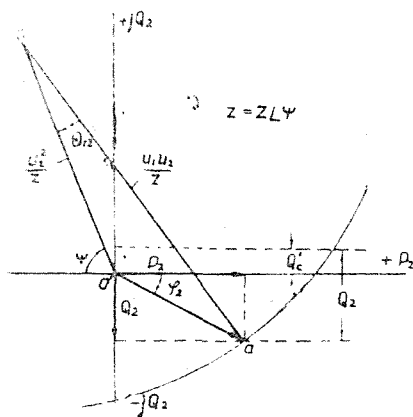
Графическое изображение уравнения (3) дано на фиг. 4, причем, как и следовало ожидать, здесь повторено построение векторной диаграммы фиг. 3, только в другом масштабе и других единицах измерения. Стороны многоугольника фиг. 3 (напряжения), умноженные на $\frac{\sqrt{3} \cdot U_2}{B}$, дают мощности; в целом многоугольник фиг. 4 повернут относительно многоугольника фиг. 3 на угол $-\psi$.

Таким образом, построив векторную диаграмму напряжений электропередачи, тем самым в другом масштабе получим основу круговой диаграммы мощностей электропередачи. Последняя дает возможность непосредственного и всеобъемлющего анализа режимов работы электропередачи и включает все то, что могла бы дать косвенным путем диаграмма напряжений, хотя она в процессе анализа также является круговой диаграммой.

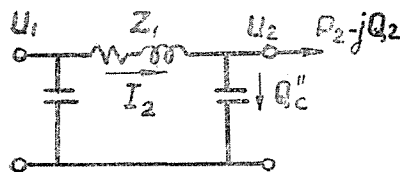
2. В простейшем случае, когда исследуется электропередача, состоящая только из линии, замещенной П-образной схемой (фиг. 5), построение круговой диаграммы мощностей еще более упрощается. Соответственно схеме замещения фиг. 5

$$\bar{U}_{1\phi} = U_{2\phi} + \bar{I}_2 \dot{Z}, \quad (4)$$

что графически представлено на фиг. 6.



Фиг. 4

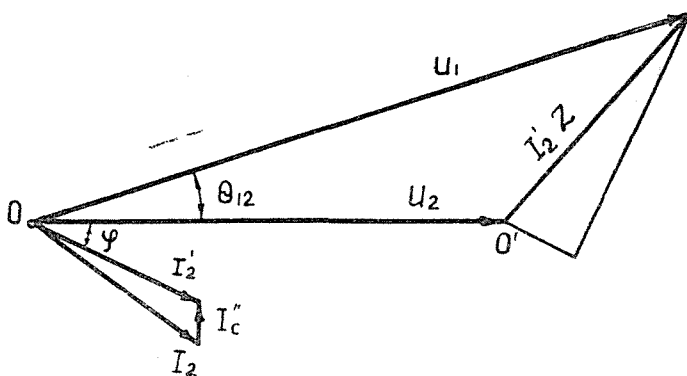


Фиг. 5

Умножая затем левую и правую части выражения (4) на $\frac{U_2 \sqrt{3}}{Z}$, получим:

$$P_2 - jQ'_2 = -\frac{U_2^2}{Z} + \frac{\bar{U}_1 U_2}{Z} = -\frac{U_2^2}{Z} \angle -\psi + \frac{U_1 U_2}{Z} \angle -\psi + \theta_{12},$$

что графически изображено на фиг. 7.

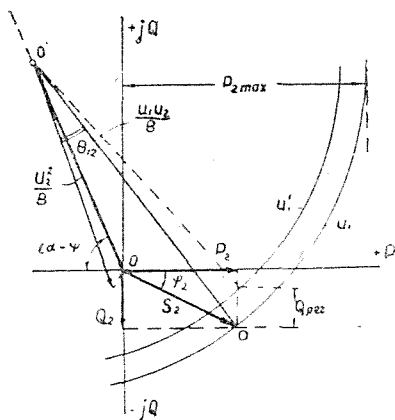


Фиг. 6

Круговая диаграмма мощностей фиг. 7 дает возможность получить величину реактивной мощности $Q_2 = Q'_2 + Q''_2$, сопутствующей передаваемой активной мощности P_2 при заданных U_1 и U_2 . Для иных значений U_1 и U_2 легко наносится соответствующая окружность и определяется реактивная мощность электропередачи Q_2 , сопутствующая любому значению активной мощности электропередачи P_2 .

Что может быть нагляднее и проще?

При желании избежать повторного вычерчивания векторной диаграммы ($\Delta - OO'a$) можно непосредственно векторную диаграмму фиг. 6 превратить в круговую диаграмму мощностей. Для этого нужно к векторной диаграмме напряжений в точке O' пристроить координаты мощностей, как это показано на фиг. 8.



Фиг. 7

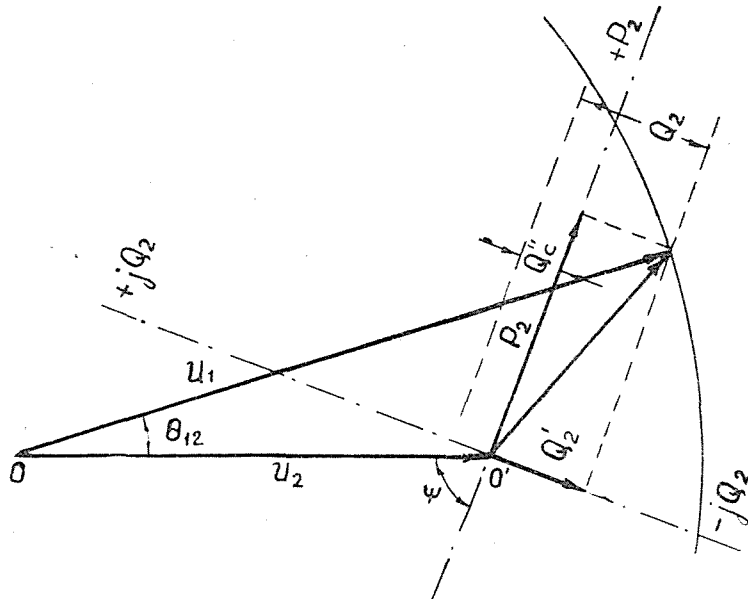
Таким же образом пристраиваются координаты мощности к векторной диаграмме напряжений фиг. 3. Здесь координата активной мощности и вектор $-A\bar{U}_2$ образуют угол $\alpha - \psi$.

3. Следует различать понятия: 1) регулирующая мощность и 2) мощность компенсатора.

Регулирующая мощность в электропередаче получается как разность между необходимой (сопутствующей) реактивной мощностью в электропередаче $-Q_2$, при заданных P_2 , U_2 и U_1 и реактивной мощностью, необходимой нагрузке, т. е. $Q_{рег} = Q_2 - Q_n$.

Примечание. Здесь и ниже сравниваются реактивные мощности одного направления.

Если $Q_2 = Q_n$, регулирующего вмешательства реактивной мощности не требуется. В случае, когда $Q_2 > Q_n$, требуется дополнительный потребитель реактивной мощности и, наоборот, когда $Q_2 < Q_n$, необходим генератор реактивной мощности в конце электропередачи.



Фиг. 8

В общем случае приемным концом электропередачи является система, в которой баланс реактивной мощности зависит от совокупной работы многих генераторов реактивной мощности и потребности нагрузки системы в реактивной мощности. Здесь мощность компенсаторов, необходимых системе приемного конца, определяется балансом реактивной мощ-

ности приемного конца электропередачи. И только тогда, когда электропередача питает конечную подстанцию с определенным потреблением активной (P_n) и реактивной (Q_n) мощности от подстанции, тогда мощность компенсатора определяется целиком величиной регулирующей мощности, т. е. разностью между Q_2 и Q_n .

Выводы

1. Непосредственное использование векторной диаграммы напряжений электропередачи для анализа поведения реактивной мощности в электропередаче нецелесообразно.

2. Следует пользоваться круговой диаграммой мощности во всех случаях, когда возникает необходимость в анализе режимов мощностей и напряжений в электропередачах.

3. В учебниках по электрическим сетям следует органически связать векторную диаграмму напряжений и круговую диаграмму мощностей электропередач и сделать последнюю столь же привычной для студентов и инженеров, как и векторную диаграмму напряжений.

4. Ввести понятие „регулирующей“ реактивной мощности в электропередачах и считать, что определение величины „регулирующей“ мощности является первым этапом в расчетах; определение мощности компенсатора является вторым этапом расчета.

5. Необходимо приучать студента и инженера к сознанию, что определение мощности компенсатора требует учета работы по крайней мере всех генераторов и потребителей реактивной мощности приемного конца, а не только работы одной данной электропередачи.
