

4.14. АКТИВНАЯ, РЕАКТИВНАЯ, КОМПЛЕКСНАЯ И ПОЛНАЯ МОЩНОСТИ В ЦЕПИ СИНУСОИДАЛЬНОГО ТОКА

Если стороны треугольников сопротивлений цепей с последовательным соединением элементов R и L (см. рис. 4.23, а) и элементов R и C (см. рис. 4.24, в) умножить на I^2 , получим *треугольники мощностей*, показанные на рис. 4.34 и рис. 4.35, составляющими которых являются активная, реактивная и комплексная мощности.

Активная мощность цепи равна средней скорости необратимого преобразования энергии в резистивном элементе:

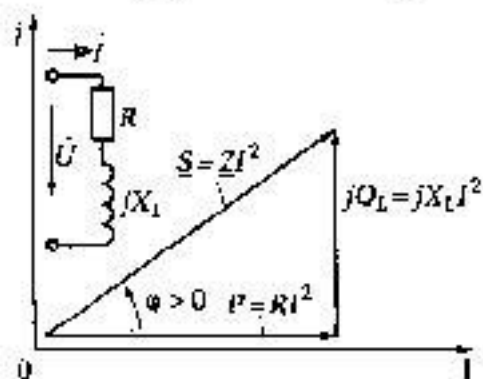


Рис. 4.34

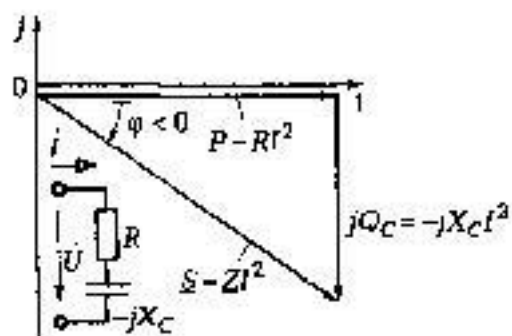


Рис. 4.35

$$P = RI^2 = U_R I. \quad (4.40)$$

Из треугольников сопротивлений и напряжений (см. рис. 4.23, б и в и рис. 4.24, б и в) следует, что

$$\cos \varphi = R/Z = U_R/U.$$

Подставив эти соотношения в (4.40), получим другое выражение для активной мощности

$$P = UI \cos \varphi. \quad (4.41)$$

Основная единица измерения активной мощности в СИ — *ватт* (Вт).

Активная мощность измеряется с помощью ваттметра (рис. 4.36). Ваттметр имеет две измерительные цепи, одна из которых включается последовательно с цепью нагрузки, т. е. ток в ней равен току нагрузки, а вторая — параллельно с цепью нагрузки, т. е. напряжение на ней равно напряжению на нагрузке.

Чтобы учесть знак угла сдвига фаз между напряжением и током, измерительные цепи должны быть включены аналогично относительно положительных направлений тока и напряжения, поэтому один из выводов каждой измерительной цепи имеет отличительное обозначение (звездочка на рис. 4.36).

Реактивная мощность определяет обратимый процесс обмена энергией между источником и цепью и равна

$$Q = UI \sin \varphi. \quad (4.42)$$

Из треугольников сопротивлений при последовательном соединении элементов R и L

$$\sin \varphi = X_L/Z,$$

а при последовательном соединении R и C

$$\sin \varphi = -X_C/Z.$$

Учитывая эти соотношения при индуктивном характере цепи ($\varphi > 0$), реактивная мощность имеет положительное значение, а при емкостном ($\varphi < 0$) — отрицательное:

$$Q = Q_L = UI \sin \varphi = X_L I^2;$$

$$Q = Q_C = UI \sin \varphi = -X_C I^2.$$

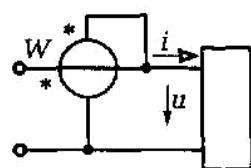


Рис. 4.36

Полная мощность равна модулю комплексной $\underline{S} = \underline{Z}I^2$ мощности и с учетом (4.32) равна произведению действующих значений напряжения, приложенного к цепи, и тока:

$$S = |\underline{S}| = ZI^2 = UI. \quad (4.43)$$

Сравнив формулы (4.41) — (4.43), нетрудно установить связь между активной, реактивной и полной мощностями

$$S^2 = U^2 I^2 = (UI \cos \varphi)^2 + (UI \sin \varphi)^2,$$

или

$$\boxed{S = \sqrt{P^2 + Q^2}} \quad (4.44)$$

Размерности активной, реактивной и полной мощностей совпадают, но для измерения последних выбраны свои единицы: *вольт-ампер реактивный* (вар) и *вольт-ампер* (В · А).

Отношение активной мощности к полной мощности называется *коэффициентом мощности*, равным из (4.41) и (4.43)

$$\boxed{\cos \varphi = P/S} \quad (4.45)$$

Полная мощность определяет эксплуатационные возможности многих электротехнических устройств (генераторов, трансформаторов, электрических машин и др.), для которых она указывается в качестве номинальной: $S_{\text{ном}} = U_{\text{ном}} I_{\text{ном}}$. Например, для генератора электрической энергии номинальная полная мощность равна его максимальной активной мощности, которая может быть получена при значении коэффициента мощности $\cos \varphi = 1$.

Многие электротехнические устройства синусоидального тока, например трансформаторы и двигатели, имеют сильные магнитные поля. В таких устройствах велики реактивная (индуктивная) составляющая тока и угол сдвига фаз между напряжением и током $\varphi > 0$ (см. рис. 4.29). Это уменьшает значение их коэффициента мощности $\cos \varphi$ и коэффициента мощности промышленного предприятия.

Реактивный индуктивный ток, необходимый для работы электротехнических устройств, ограничивает функциональные возможности линий передачи, трансформаторов, генераторов и другого электротехнического оборудования, вызывая потери энергии в их токопроводящих частях. Эти потери можно уменьшить, если компенсировать реактивный индуктивный ток приемника, включив параллельно ему конденсатор. Реактивный (емкостный) ток конденсаторов компенсирует реактивный (индуктивный) ток приемника.

Способ повышения коэффициента мощности посредством включения конденсаторов называется *искусственным* в отличие от *естественного*, получаемого при полном использовании мощностей двигателей и установке таких двигателей (синхронных), у которых реактивный ток мал.

Задачи:

1. Катушка с ничтожно малым активным сопротивлением включена в цепь переменного тока с частотой 50 Гц. При напряжении 125 В сила тока равна 3 А. Какова индуктивность катушки?
2. Найдите активное сопротивление электрической лампы, включенной в цепь переменного тока с действующим напряжением 220 В, если при этом на ней выделяется средняя мощность 200 Вт.

Ответ до 27.05

Рекомендованная литература: Г. В. Ярочкина. Основы электротехники