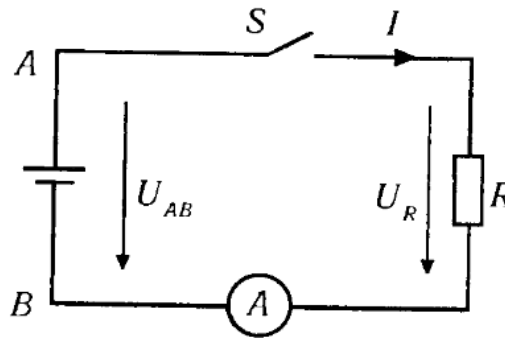


## 2. Струм, напруга, потужність в електричному колі. Параметри синусоїдних напруг та струмів

Розглянемо електричне коло, яке складається із джерела живлення, яким є акумулятор, з напругою  $U_{AB}$  на його виводах АВ, вимикач S, приймач-резистор R, та амперметр А. Джерело живлення створює різницю потенціалів  $\varphi_{AB}$  між точками А і В

$$\varphi_{AB} = \varphi_A - \varphi_B$$

Ця робота необхідна для переміщення даного електричного заряду від більш високого потенціалу А до нижчого В. У середині джерела живлення все навпаки, напрям руху позитивних зарядів відбувається від «-» до «+».



Тоді, ЕРС джерела  $E = \varphi_{AB}$ . Якщо замкнути вимикач S, то під дією ЕРС створюється рух вільних зарядів у колі, який називаємо електричним струмом. Одиниця виміру струму Ампер.

Ампер Андре Марі – французький фізик і математик, який встановив у 1820 році закон взаємодії електричних струмів і поняття «сила струму». Струм визначає кількість зарядів  $q$ , що проходить за одну секунду через довільний перетин кола.

$$I = q/t.$$

Протікання струму викликає нагрів на приймачі R, з виділенням за певний час  $t$  тепла  $Q_R$ , що вимірюється у джоулях. Тоді електричною напругою  $U_R$  називається кількість тепла, що виділяється при проходженні по резистору R заряду в один Кулон,

$$U_R = Q_R/q \text{ [Дж / Кл = В]}$$

Вольт Алесандро – італійський фізик, створив першу батарею гальванічних елементів.

Потужність приймача Р дорівнює кількості тепла, що виділяється ним за одиницю часу. Одиницею потужності електричного кола є Ватт, Вт = В · А. Згідно із законом Ома

$$P = U \cdot I = R \cdot I^2$$

Джеймс Уатт – у 1784р створив універсальну парову машину з циліндром подвійної дії.

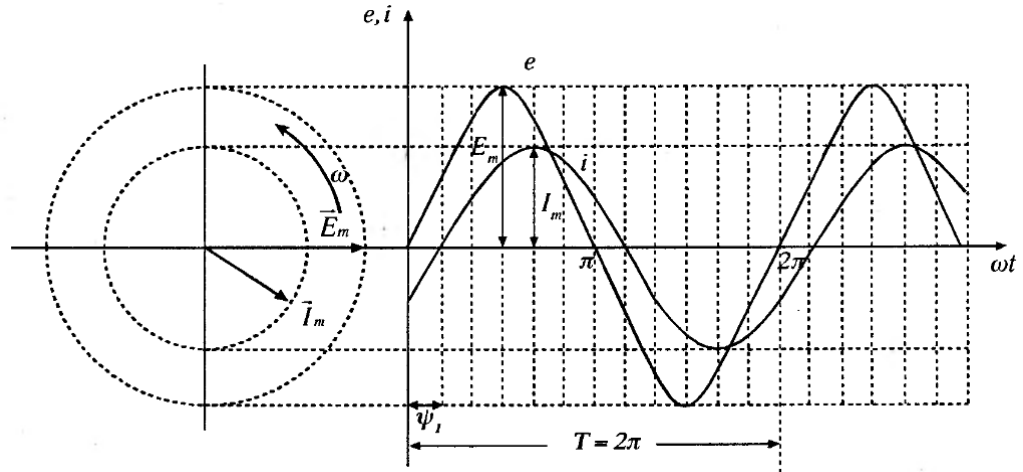
Силу струму у електричних колах вимірюють за допомогою амперметрів, які мають дуже малий власний опір, а напругу вимірюють вольтметром – з великим внутрішнім опором.

### 2.1 Кола синусоїдного струму

На практиці дуже поширені електричні кола змінного струму, в яких ЕРС джерела має синусоїдний характер. Як відомо, синусоїда може бути побудована за допомогою зображувального вектора, що має довжину, яка дорівнює амплітуді синусоїди і обертається проти годинникової стрілки з кутовою швидкістю  $\omega$ , що вимірюється у радіанах за секунду. Кут повороту такого вектора дорівнює  $\omega t$ . Кожну точку синусоїди можна визначити двома координатами: по осі абсцис «х» потрібно відкласти кут повороту вектора від початкового положення в момент  $t = 0$ , а по осі ординат проекцію зображувального вектора на цю вісь.

Кутова швидкість зображувального вектора вимірюється в радіанах за секунду і визначає частоту коливань  $f$  синусоїди,  $\omega = 2\pi f$ . Частота  $f$  дорівнює кількості обертів зображувального вектора за одну секунду і вимірюється в герцах. Тобто, зображувальний вектор при умові, що

частота буде дорівнювати 50Гц, робить 50обертів за секунду і цьому відповідає його кутова швидкість  $\omega = 315c^{-1}$



Одному оберту зображувального вектора відповідає період синусоїдальної функції  $T$ , який характеризує тривалість одного циклу коливань і дорівнює  $T = 2\pi$  радіан. Але період можна визначити і в часовому масштабі. Якщо частота мережі  $f = 50\text{Гц}$ , то один період дорівнює  $T = 0,02\text{с}$ .

Початкова фаза  $\psi$  показує кут зсуву фаз між початком першої додатньої хвилі синусоїди та початком системи координат. Струм відстає від ЕРС на кут  $\psi_1$ . Тому миттєві значення ЕРС та струму визначаються:

$$e = E_m \cdot \sin \omega t$$

$$i = I_m \cdot \sin (\omega t - \psi_1)$$

А середні значення синусоїдних напруг, ЕРС та струмів визначаються за виразами:

$$\bar{U} = \frac{2U_m}{\pi}; \quad \bar{E} = \frac{2E_m}{\pi}; \quad \bar{I} = \frac{2I_m}{\pi}$$

Прилади електромагнітної системи показують дійові значення напруг і струмів. Тому для струмів можна стверджувати, що дійове значення змінного струму це таке значення постійного струму, яке має теплову або електромеханічну дію:

$$\bar{I} = \frac{I_m}{\sqrt{2}}$$

А дійові значення синусоїдних напруг і електрорушійних сил визначаються за формулами

$$\bar{U} = \frac{U_m}{\sqrt{2}}; \quad \bar{E} = \frac{E_m}{\sqrt{2}}$$

## 2.2 Метод векторних діаграм

Суть методу векторних діаграм дає змогу замінити алгебраїчні дії синусоїдних величин на геометричні відповідно до правил векторного аналізу.

**Суть методу векторних діаграм:**

- кожній синусоїдній величині відповідає вектор цієї величини;
- напрям вектора визначається початковою фазою;
- модуль вектора синусоїдної величини є пропорційним до амплітуди цієї величини;
- вектори синусоїдних величин однакової кутової частоти можна скласти геометрично як звичайні вектори.

Таким чином, якщо треба визначити струм:

$$i = i_1 + i_2$$

Згідно з першим законом Кіргофа можна провести такі алгебраїчні дії:

$$i_1 = I_{1m} \sin \omega t$$

$$i_2 = I_{2m} \sin(\omega t + \alpha)$$

$$i = I_m \sin(\omega t + \beta)$$

Амплітуду та початкову фазу струму визначити дуже важко. Відповідно до методу векторних діаграм цей струм простіше визначити за допомогою векторної діаграми, яка обов'язково будується у масштабі.

### 2.3 Символічний метод

Для розрахунків кіл синусоїдного струму застосовується символічний метод. Він дає змогу замінити геометричні дії векторами. При цьому розрахунки кіл змінного струму проводять так само як і для постійного струму.

Суть символічного методу:

- кожний вектор  $\dot{I}$  розкладається на складові  $I'$  та  $I''$  на осях прямокутної системи координат;
- вісь абсцис називають віссю дійсних значень та позначають знаками «+» та «-». Вісь ординат називають віссю уявних значень. Складову вектора позначають символом  $j$ . Тому метод називається символічним і звідси можна визначити вектор  $I = I' + jI''$
- множення кожного вектора на символ  $j$  повертає цей вектор на  $90^\circ$  проти ходу годинникової стрілки. Множення  $j^2$  повертає вектор на  $180^\circ$ , тобто
 
$$j^2 \dot{U} = -\dot{U}$$
- вектор розглядається як комплексна величина. Тому, цей метод має ще одну назву метод комплексних величин.

Застосовують три форми запису комплексних величин:

- алгебраїчна форма  $\dot{I} = I' + jI''$ ;
- тригонометрична форма  $\dot{I} = I(\cos\alpha + j\sin\alpha)$ ;
- показникова форма  $\dot{I} = Ie^{j\alpha}$ .

Для переходу від однієї форми до іншої застосовуються співвідношення

$$I = \sqrt{I'^2 + I''^2},$$

$$\alpha = \arctg \frac{I''}{I'}.$$

де  $I$  – модуль комплексу,  $\alpha$  – початкова фаза.