

Енергозберігаючі технології

Тема 2. Енергозберігаючі технології у системах електроживлення та електропостачання

Методи підвищення енергетичної ефективності споживання електричної енергії (лекція)

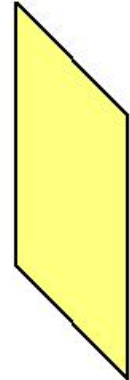
Особливості електричної енергії



- Висока швидкість передавання (приблизно 300 000 км/с)
- Простота передачі на великі відстані
- Простота перетворення в інші види енергії (теплову, кінетичну, енергії випромінювання)
- Складність зберігання

Електрична енергія використовується у якості проміжної ланки для передавання енергії

Особливості використання електричної енергії



Електроживлення на підприємствах зв'язку



Основне обладнання



Освітлення



Допоміжне обладнання



Вентиляція та мікроклімат



Господарські потреби

Основні напрями енергозбереження у системах електроживлення та електропостачання



- Зменшення втрат енергії при перетворенні
- Підвищення якості споживання електричної енергії

Навіщо перетворювати параметри електричної енергії?



Більшість телекомунікаційного обладнання потребує для роботи електричну енергію **постійного струму** тоді як основним джерелом електричної енергії є промислова мережа **змінного струму**

Узгодження параметрів електричної енергії відбувається за допомогою **перетворювачів електричної енергії**

Типи перетворювачів

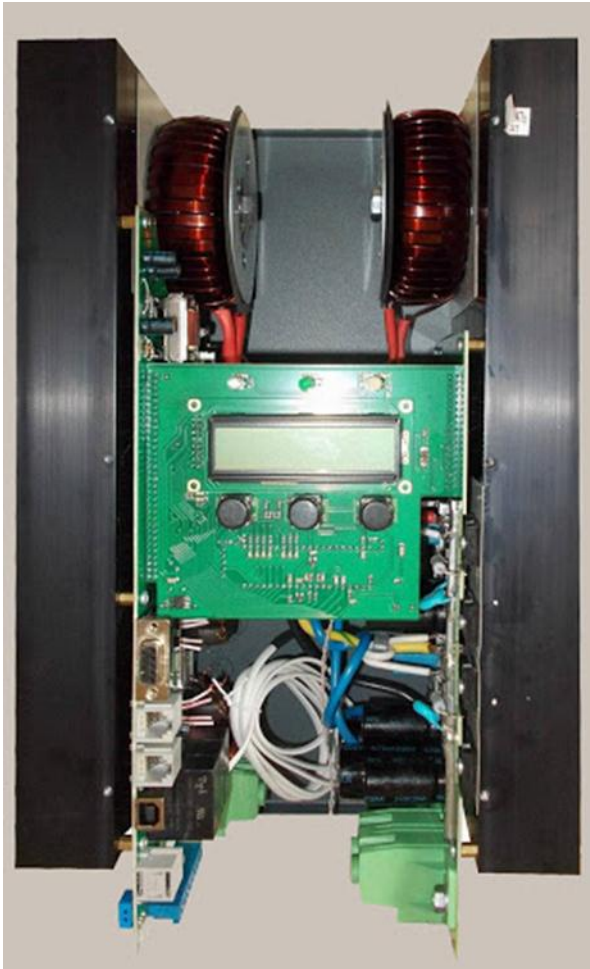
Випрямлячі (AC/DC Converters) – перетворення змінного струму на постійний (блоки живлення радіоапаратури від промислової мережі, зарядні пристрої)

Інвертори (DC/AC Converters) – перетворення постійного струму на змінний (сонячні електростанції, джерела безперебійного живлення, аварійні модулі живлення, зварювальні інвертори)

Перетворювачі постійної напруги (DC/DC Converters) – перетворення параметрів постійної напруги (контролери сонячних панелей, у якості окремих вузлів входять майже у кожний радіотехнічний пристрій)

Перетворювачі змінної напруги (AC/AC Converters) – перетворення параметрів змінної напруги (стабілізатори напруги промислової мережі)

Основні технології перетворення параметрів електричної енергії



- Перетворення на частоті промислової мережі
- Імпульсне перетворення
- Резонансне перетворення

Перетворення на частоті промислової мережі



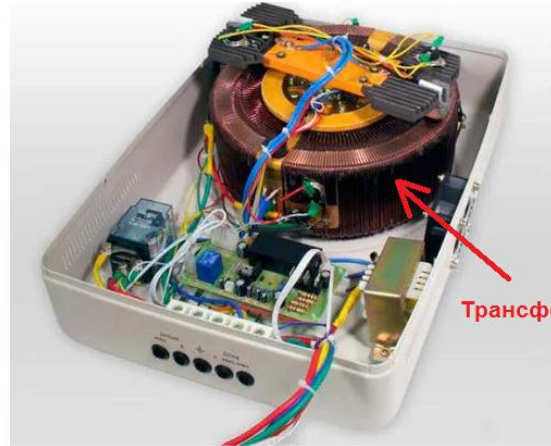
- Головним елементом є трансформатор, що працює на частоті промислової мережі (50 Гц, або 60 Гц)
- Найчастіше використовуються у пристроях, призначених для роботи із промисловою мережею (випрямлячі, інвертори, стабілізатори напруги промислової мережі)



Використання трансформаторів



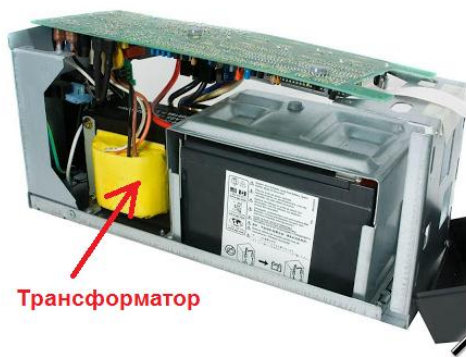
Трансформаторна підстанція



Стабілізатор напруги



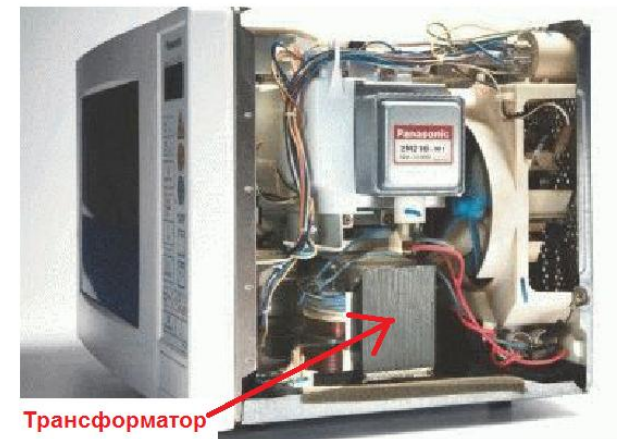
Блок безперебійного живлення для охоронних систем



Джерело безперебійного живлення



Комп'ютерні колонки



Мікрохвильова піч

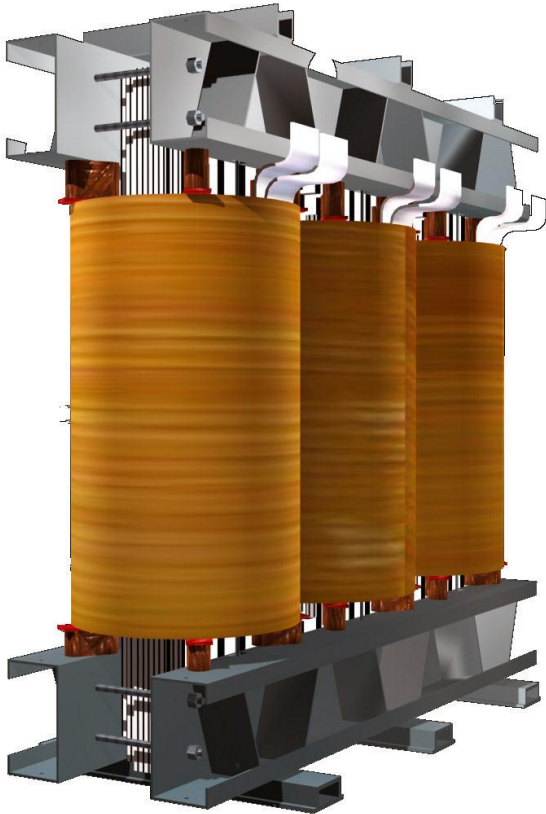
Особливості трансформаторів



- Працюють тільки на змінному струмі
- Маса та габарити залежать від робочої частоти (чим більша частота, тим менше розміри)
- ККД може досягати 99,5%

Через великі розміри та масу використання трансформаторів, що працюють на частотах 50 Гц або 60 Гц у сучасних радіотехнічних пристроях обмежено (не більше 100 Вт)

Використання трансформаторів



- Промислова мережа змінного струму
Аудіотехніка
- Мікрохвильові печі
- Стабілізатори напруги промислової мережі
- Малопотужні випрямні пристрої

Незважаючи на теоретично високій ККД трансформаторів (до 99%), ККД реальних випрямних пристроїв на основі низькочастотних трансформаторів становить 50...60%

Насправді енергозберігаючою технологією є зменшення маси та габаритів перетворювачів електричної енергії за умови, що їх ККД при цьому не буде істотно зменшено

Імпульсні перетворювачі



Перетворюють електричну енергію порціями (імпульсами) з частотою 5...500 кГц

На даний час це найбільш поширена технологія перетворення параметрів електричної енергії

Порівняння розмірів трансформаторного та імпульсного випрямних пристроїв



Особливості імпульсного перетворення



Переваги:

- Мала маса та габарити перетворювачів
- Відносно високий ККД (до 95%)
- Відносно невелика вартість

Недоліки:

- Високий рівень електромагнітних завад
- Високий рівень пульсацій вихідної напруги

Усі типи перетворювачів електричної енергії можуть використовувати імпульсний принцип перетворення

Резонансне перетворення

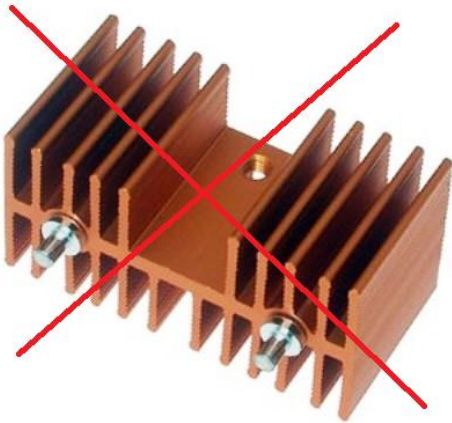


Подальший розвиток імпульсного способу перетворення, але з меншими втратами енергії під час роботи



Зменшення втрат відбувається за рахунок оптимального переміщення електричної енергії між реактивними елементами

Особливості резонансних перетворювачів



Переваги:

- Високий ККД (до 99%)
- Менша вага та розміри (за рахунок менших радіаторів та вентиляторів)
- Менший рівень електромагнітних завад



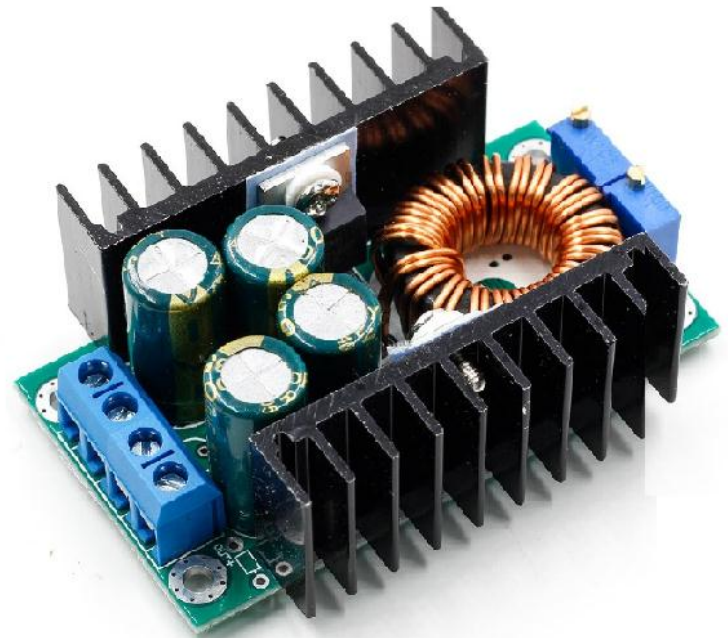
Недоліки:

- Складні у розробці, виробництві та експлуатації
- Потребують сталого навантаження

Порівняння імпульсного та резонансного перетворювачів



Резонансний перетворювач



Імпульсний перетворювач

Використання резонансного способу перетворення



- Перетворювачі великої потужності
- Перетворювачі, що працюють у жорстких умовах експлуатації
- Перетворювачі, що працюють у сталих режимах

Переможець конкурсу Little Box Challenge (Google та IEEE, 2015 р.)



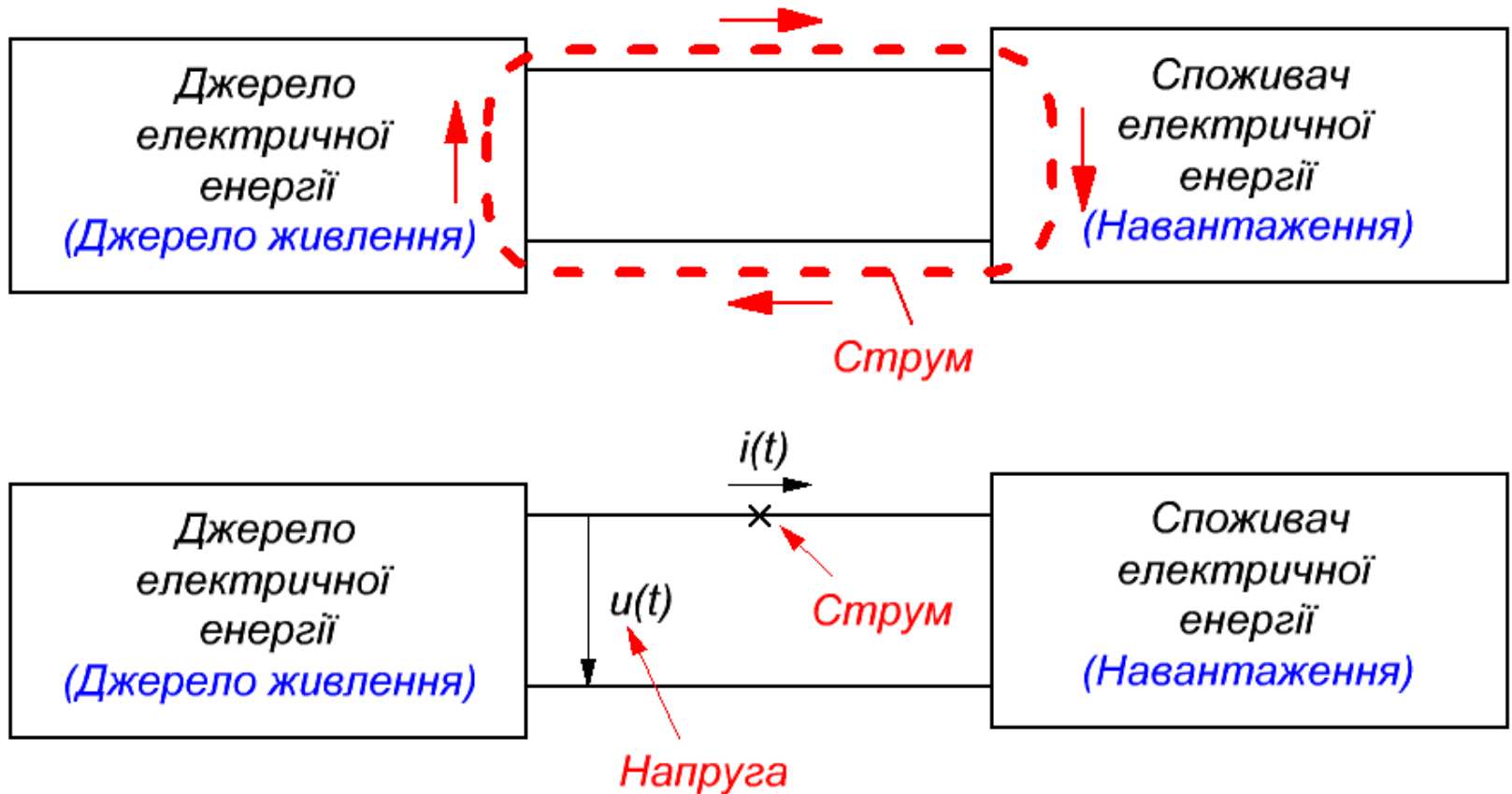
Компактний сонячний інвертор потужністю 2 кВт

Підвищення якості споживання енергії

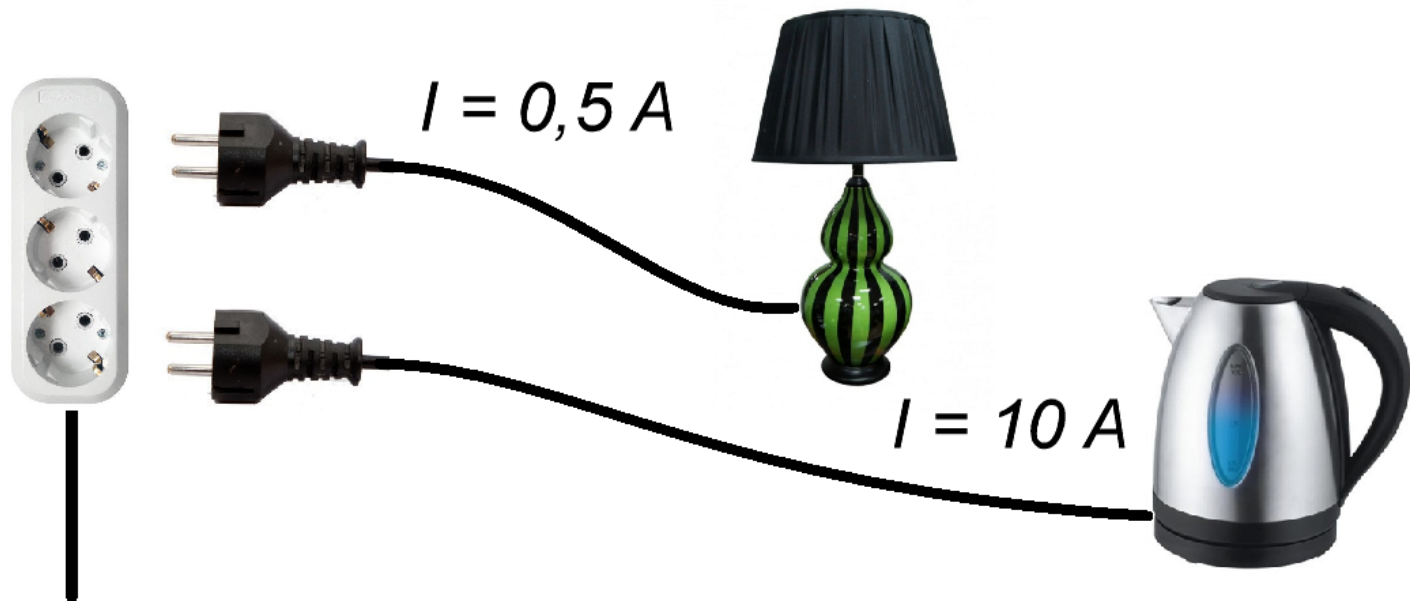


- Що таке якість споживання електричної енергії?
- Як можна неякісно споживати електричну енергію?

Найпростіша система електроживлення



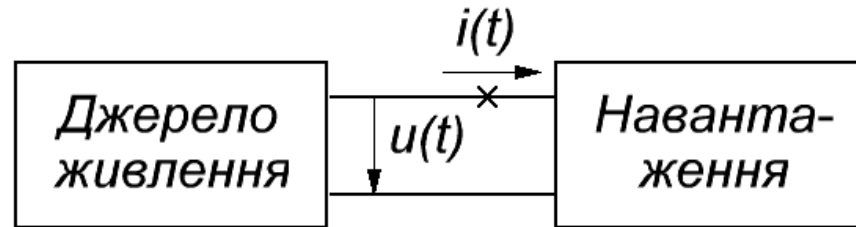
Від чого залежить напруга та струм?



*Напруга залежить
від джерела живлення
 $U = 220 V$*

*Струм залежить
від навантаження
 $I = 10 A$*

Миттєва потужність



$p(t) = u(t)i(t)$ - миттєва потужність

Потужність - швидкість передачі енергії

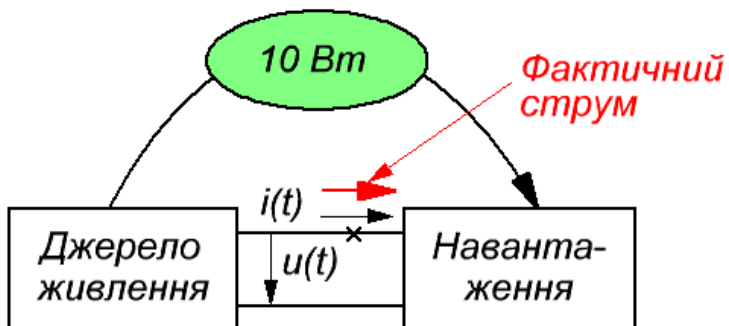
Одиниця виміру - ватт (Вт)

$1 \text{ Вт} = 1 \text{ Дж} / 1 \text{ с}$

Потужність - основна характеристика джерела живлення

Режими роботи системи електроживлення

Передача

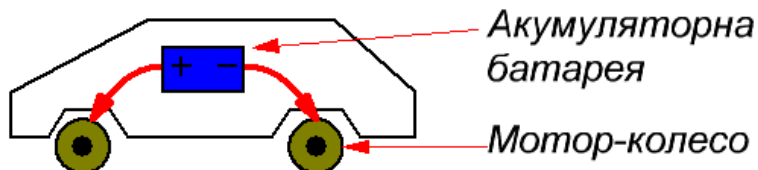


$$u(t) = 10 \text{ В}$$

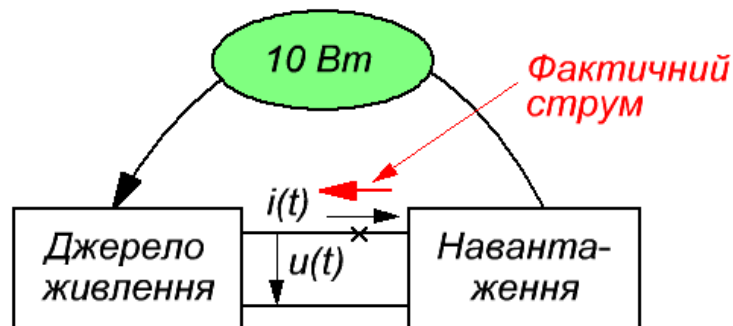
$$i(t) = 1 \text{ А}$$

$$p(t) = u(t)i(t) = 10 \cdot 1 = 10 \text{ Вт}$$

Рух електромобіля



Рекуперація

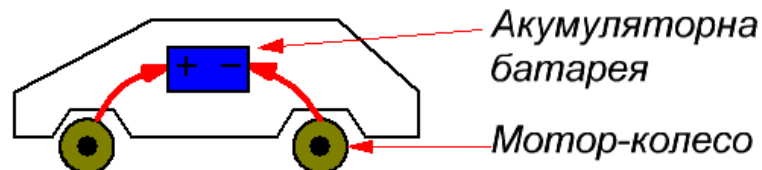


$$u(t) = 10 \text{ В}$$

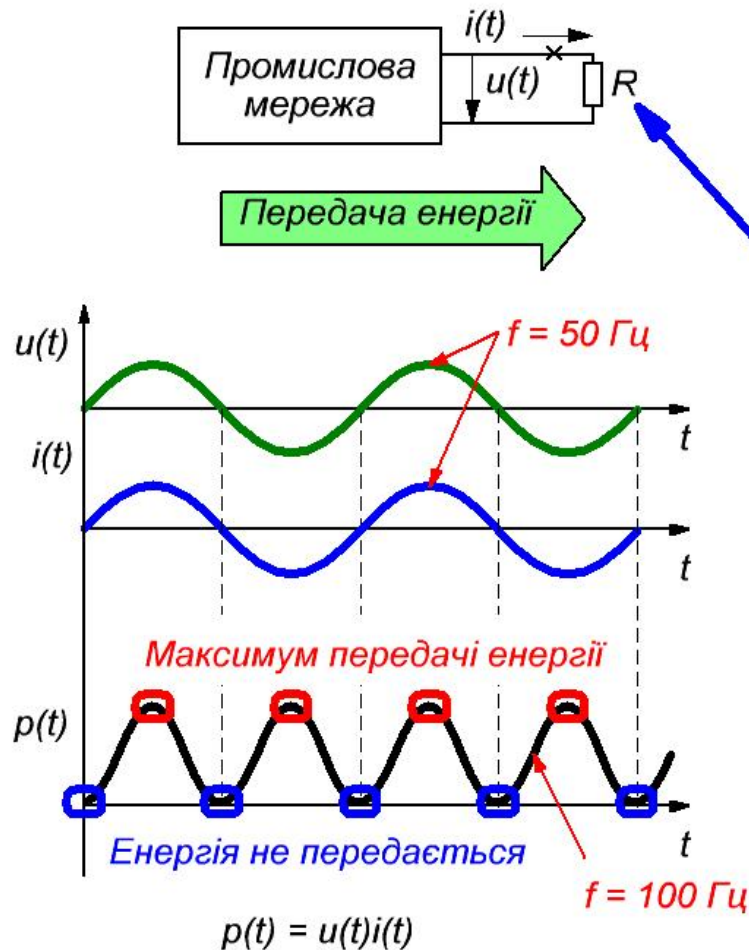
$$i(t) = -1 \text{ А}$$

$$p(t) = u(t)i(t) = 10 \cdot (-1) = -10 \text{ Вт}$$

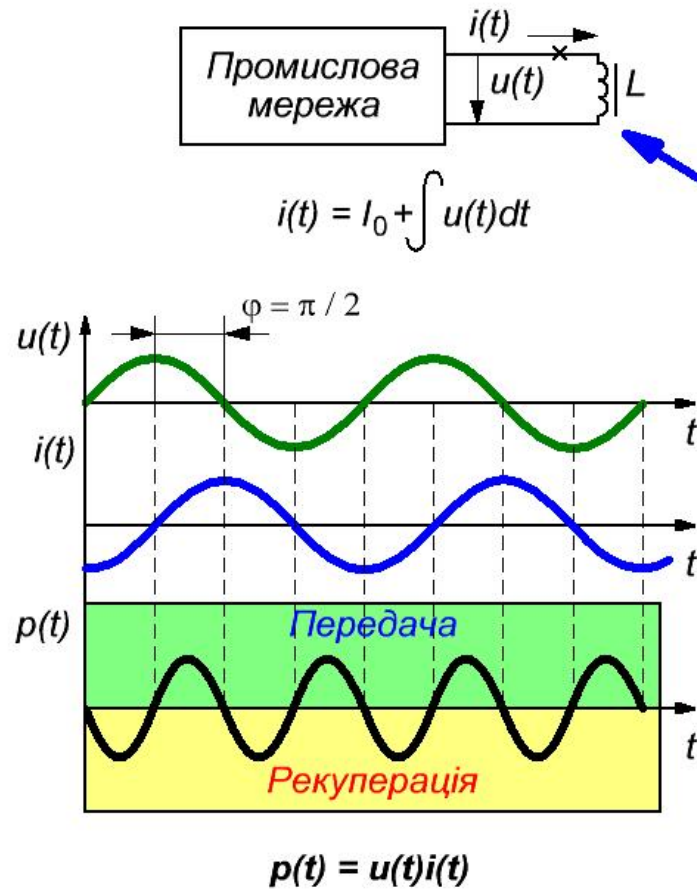
Гальмування електромобіля



Активне навантаження



Навантаження індуктивного характеру



Енергетичні процеси при індуктивному навантаженні

$$U = 220 \text{ В} \quad f = 50 \text{ Гц}$$

$$L = 0,7 \text{ Гн}$$

$$X_L = 2\pi fL = 2 \cdot 3,14 \cdot 50 \cdot 0,7 = 220 \text{ Ом}$$

$$I = \frac{U}{X_L} = \frac{220}{220} = 1 \text{ А}$$

$$I_m = \sqrt{2}I = \sqrt{2} \cdot 1 = 1,41 \text{ А}$$

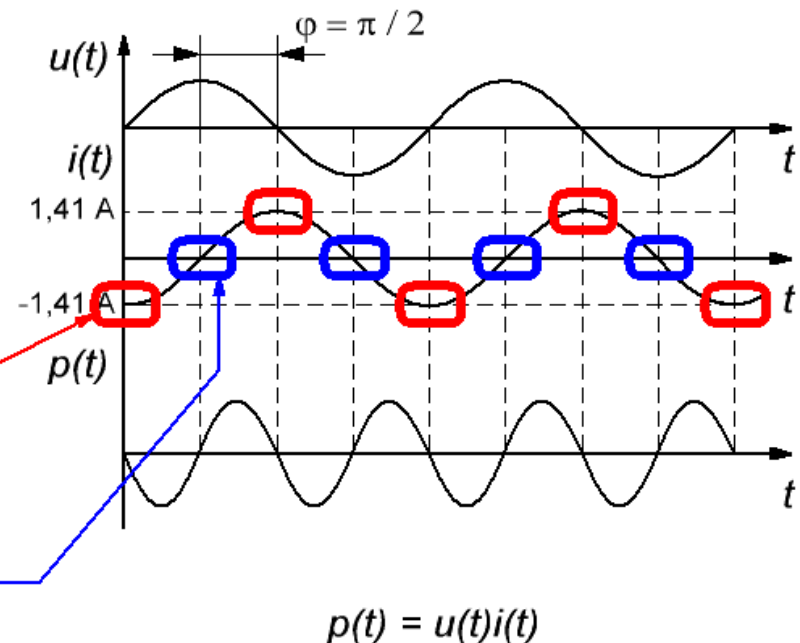
$$W = \frac{I^2 L}{2}$$

$$W_m = \frac{I_m^2 L}{2} = \frac{1,41^2 \cdot 0,7}{2} = 1 \text{ Дж}$$

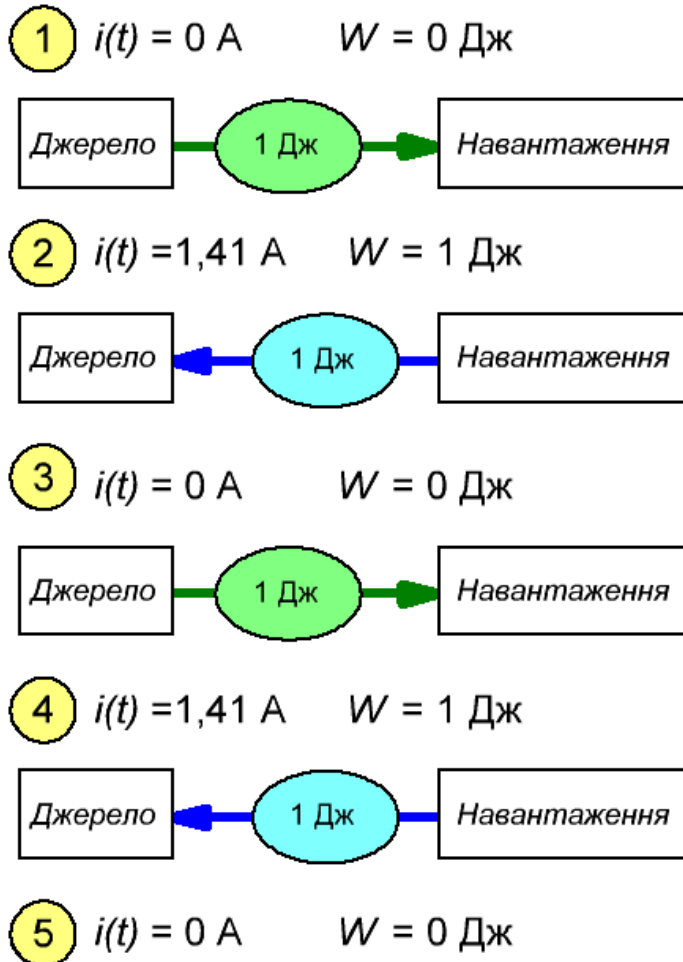
$$W_{I=0} = \frac{I^2 L}{2} = \frac{0^2 \cdot 0,7}{2} = 0 \text{ Дж}$$



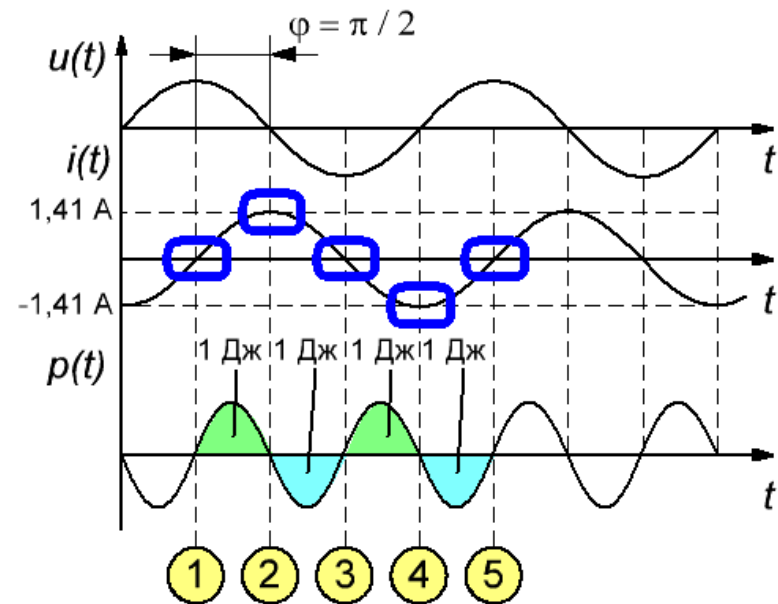
$$i(t) = I_0 + \int u(t) dt$$



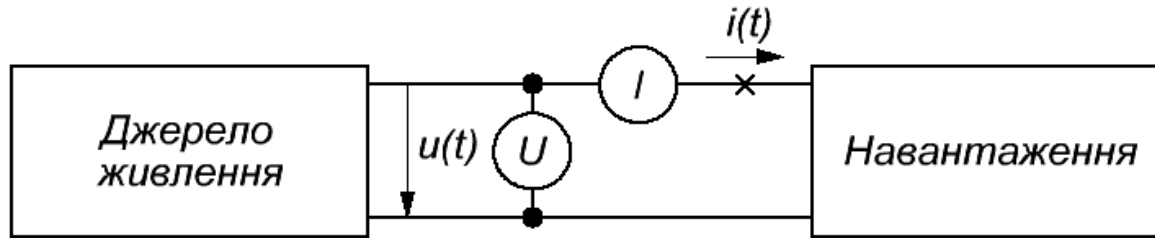
Енергетичні процеси при індуктивному навантаженні



$$i(t) = I_0 + \int u(t) dt$$



Види електричної потужності

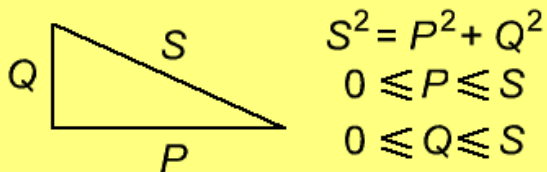


Повна потужність [ВА]
 $S = UI$

Активна потужність [Вт]

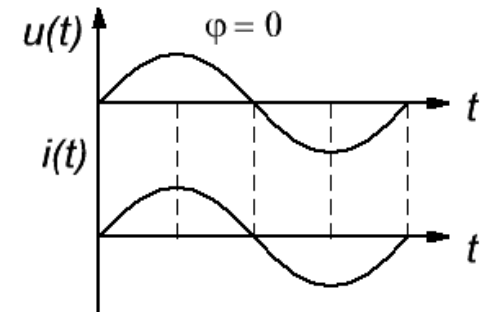
$$P = \frac{1}{T} \int_0^T p(t) dt = UI \cos \varphi$$

Реактивна потужність [ВАР]
 $Q = UI \sin \varphi = S \sin \varphi$



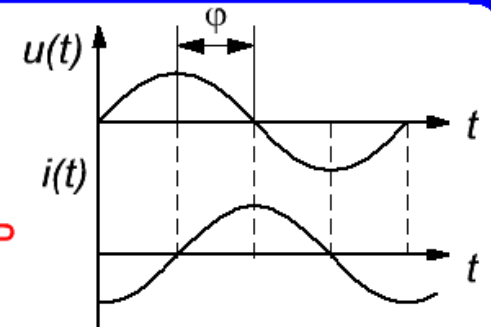
$R = 220 \text{ Ом}$
 $U = 220 \text{ В}$
 $I = 1 \text{ А}$
 $\varphi = 0$

$S = 220 \text{ ВА}$
 $P = 220 \text{ Вт}$
 $Q = 0 \text{ ВАР}$

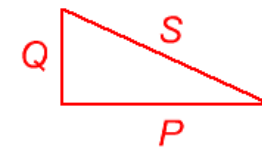
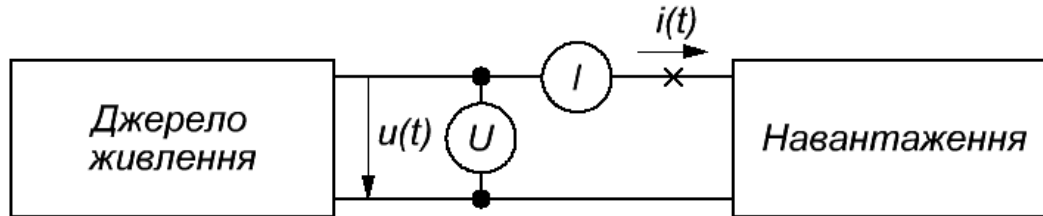


$L = 0,7 \text{ Гн}$
 $U = 220 \text{ В}$
 $I = 1 \text{ А}$
 $\varphi = \pi/2$

$S = 220 \text{ ВА}$
 $P = 0 \text{ Вт}$
 $Q = 220 \text{ ВАР}$



Види електричної потужності



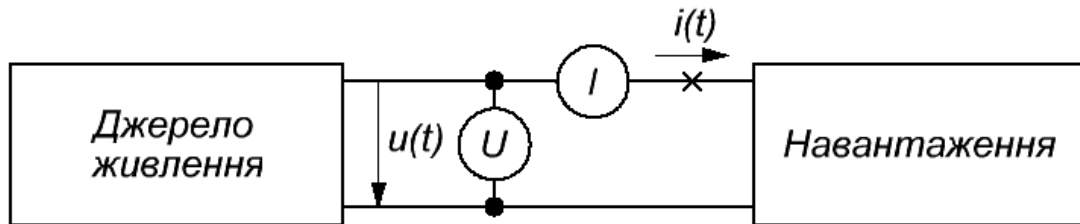
$$S^2 = P^2 + Q^2$$
$$0 \leq P \leq S$$
$$0 \leq Q \leq S$$

Активна потужність (P) визначає кількість електричної енергії, спожитої навантаженням. Вимірюється в ваттах (Вт).

Реактивна потужність (Q) визначає величину коливань електричної енергії між джерелом живлення та навантаженням. Вимірюється у вольт-амперах реактивних (ВАР)

Повна потужність (S) визначає реальне навантаження на джерело живлення, з урахуванням активної та реактивної складових. Вимірюється у вольт-амперах (ВА).

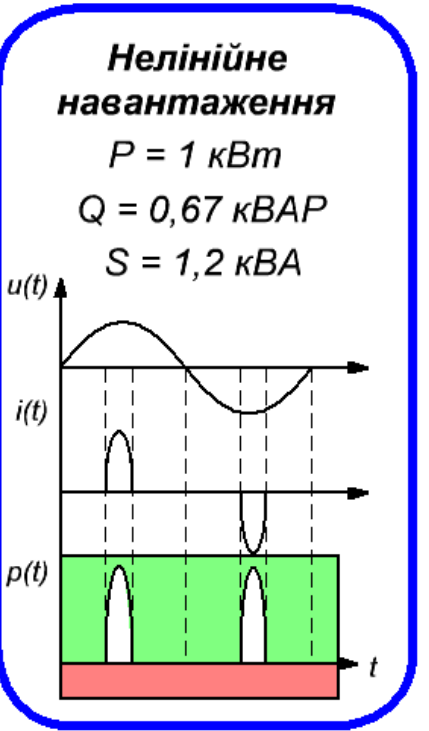
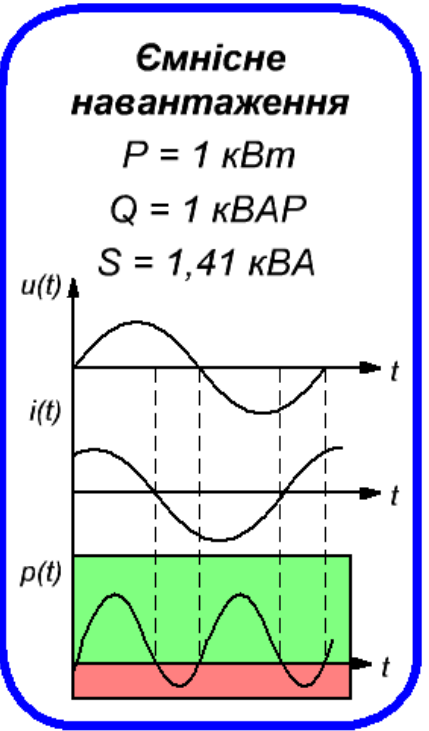
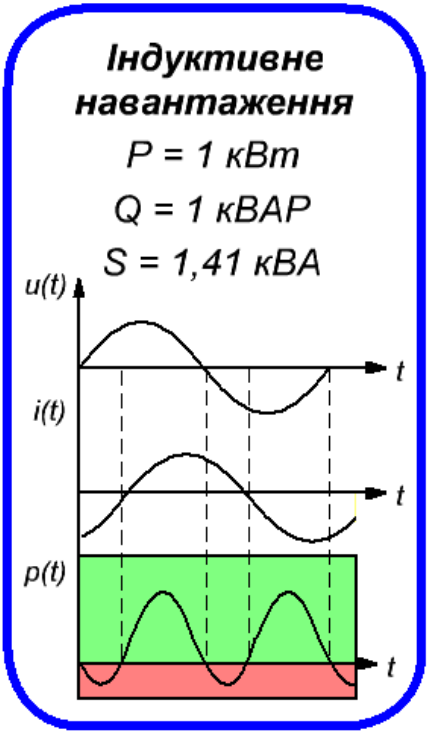
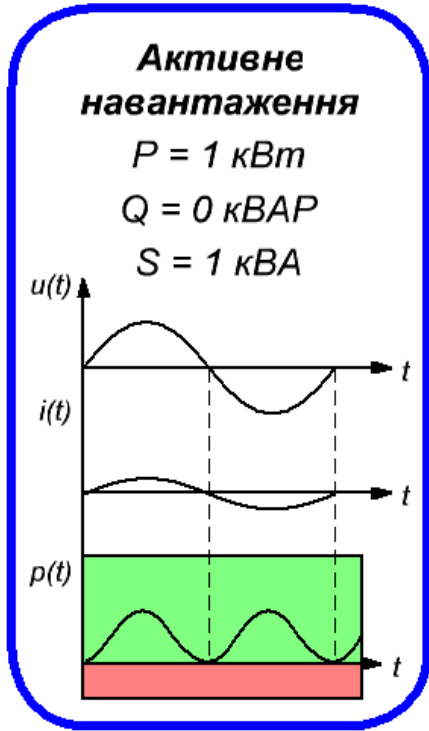
Види навантаження



Передача
(добре)

Рекуперація
(погано)

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2} = \sqrt{1^2 + 1^2} = 1,41 \text{ кВА}$$



Види обладнання

Правильне обладнання



Неправильне обладнання



Коефіцієнт потужності

Коефіцієнт потужності (Power factor)
визначає якість споживання електричної енергії

$$\Psi = \frac{P}{S}$$

Варіанти позначень:

Ψ (читається "пси")

$\cos \varphi$ (читається "косінус фі")

PF (від англ. Power factor)



	ДВИГАТЕЛЬ АСИНХРОННЫЙ			
	Тип АИР 250S6 У2			
ЭКВИВЕС	45 кВт	980 мин ⁻¹		
3Ф-Δ/У	380/660 В	90,1/52,0 А	50 Гц	IP55 Кл.изол. F
ГОСТ 18374-81	Ст. 117 Д.02.05	COSφ 0,85		Масса 465 кг
ТУ У 31.1-37502259-001:2011		№ 1142060287		

Коефіцієнт потужності

Коефіцієнт потужності (*Power factor*)
визначає якість споживання електричної енергії

$$\Psi = \frac{P}{S}$$

Варіанти позначень:

Ψ (читається "пси")

$\cos \varphi$ (читається "косінус фі")

PF (від англ. *Power factor*)

$$0 \leq P \leq S$$

$$0 \leq \Psi \leq 1$$

*Якість споживання
електричної енергії*

$\Psi = 0,95 \dots 1,00$ - висока

$\Psi = 0,85 \dots 0,95$ - добра

$\Psi = 0,65 \dots 0,85$ - задовільна

$\Psi = 0,50 \dots 0,65$ - низька

$\Psi = 0,00 \dots 0,50$ - незадовільна

Типовий коефіцієнт потужності

Правильне обладнання



$\Psi = 1,00$

Неправильне обладнання



$\Psi = 0,65...0,67$

$\Psi = 0,60...0,85$

$\Psi = 0,60...0,85$

$\Psi = 0,65...0,67$

До чого призводить неякісне споживання електричної енергії

- Перевантаження промислової мережі
- Збільшення втрат при передаванні енергії
- Аварії в розподільчих мережах



Більшість аварій в офісних мережах (перегорання нульового провідника із подальшою подачею на обладнання 380 В) пов'язано із наявністю великої кількості обладнання із низьким коефіцієнтом потужності

Економічні збитки енергопостачальника

$$\cos \varphi = 1$$



100 кВА

100 кВА



Активна потужність

$$P = S \cos \varphi = 100 \cdot 1 = 100 \text{ кВт}$$

Споживання енергії за місяць

$$E = Pt = 100 \cdot 720 [\text{год}] = 72\,000 \text{ кВт}\cdot\text{год}$$

Прибуток (при тарифі 10 грн/кВт·год) 720 тис. грн

$$\cos \varphi = 0,5$$

Активна потужність

$$P = S \cos \varphi = 100 \cdot 0,5 = 50 \text{ кВт}$$

Споживання енергії за місяць

$$E = Pt = 50 \cdot 720 [\text{год}] = 36\,000 \text{ кВт}\cdot\text{год}$$

Прибуток (при тарифі 10 грн/кВт·год) 360 тис. грн

Де мої гроші?

Висновки

Однакові за функціональним призначення пристрої можуть мати різні енергетичні витрати

Якість перетворювачів електричної енергії визначається коефіцієнтом корисної дії (ККД)

Електричну енергію можна споживати неправильно

Якість споживання електричної енергії визначається коефіцієнтом потужності ($\cos \varphi$)

Дякую за увагу!

О.П. Русу

2020 р.