

Трансформатор.

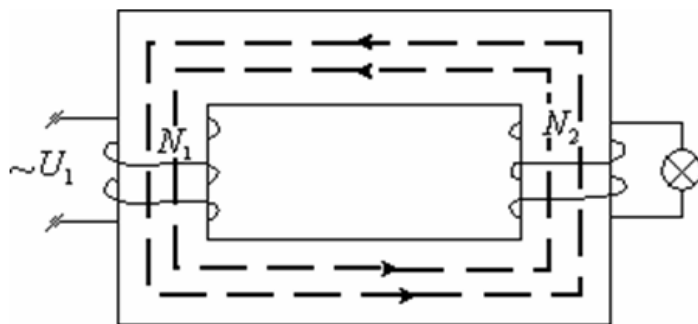
План заняття

1. Перетворення змінного струму.
2. Передавання і розподіл електричної енергії.

1. Перетворення змінного струму.

Електрорушійна сила потужних генераторів електростанцій досить велика. А на практиці найчастіше потрібна не дуже висока напруга. **Перетворення змінного струму, за якого напруга збільшується чи зменшується в декілька разів майже без затрат потужності, здійснюється за допомогою трансформаторів.**

Уперше трансформатор створив 1878 року російський вчений Яблочков, а на початку XX ст. його удосконалив професор Усатін і професор Київського університету Доліво-Добровольський. Трансформатор складається із замкненого осердя із феромагнетика, на якому розміщують дві (інколи більше) котушки у вигляді обмоток із дроту. Одну обмотку, яку вмикають у джерело змінної напруги, називають первинною, другу обмотку, до якої приєднують "навантаження", що споживає енергію, називають вторинною



Дія трансформатора ґрунтується на явищі електромагнітної індукції. Якщо до первинної обмотки трансформатора, яка містить N_1 витків, прикласти змінну напругу, то по обмотці буде проходити струм і створить в осерді циркулюючий магнітний потік:

$$\Phi = \Phi_{\max} \cos \omega t.$$

Цей потік, перетинаючи витки котушок, створить у кожному з них ЕРС індукції, яка дорівнює:

$$E_1 = -N\Phi' = N\Phi_{\max}\omega \sin \omega t \rightarrow E_{i1} = N_1\Phi_{\max}\omega \sin \omega t, E_{i2} = N_2\Phi_{\max}\omega \sin \omega t \rightarrow$$

або

$$\frac{\varepsilon_{i1}}{\varepsilon_{i2}} = \frac{N_1}{N_2}$$

якщо активний опір дроту первинної котушки значно менший від його індуктивного опору, то прикладена напруга $U_1 = -E_1$.

Коли коло вторинної котушки розімкнено (режим холостого ходу трансформатора), напруга U_2 на її кінцях в довільний момент часу дорівнює

значенню ЕРС індукції E_2 , взятому з протилежним знаком. Тому $\frac{U_1}{U_2} = \frac{N_1}{N_2}$. Це

відношення називають коефіцієнтом трансформації k : $k = \frac{N_1}{N_2}$. Якщо $k > 1$, трансформатор буде знижувальним; якщо $k < 1$ - підвищувальним.

Трансформатор перетворює змінний електричний струм так, що відношення струму до напруги приблизно однакове в первинній і вторинній обмотках.

Трансформатор - це пристрій досить високої ефективності. Коефіцієнт корисної дії η багатьох з них досягає 97 %, тобто потужність, споживана первинною обмоткою, майже без втрат передається вторинній обмотці:

$$I_1 U_1 = I_2 U_2$$

Це забезпечується набиранням осердя із металевих пластинок, ізольованих між собою, та зменшенням унаслідок цього втрат через струми Фуко. У потужних трансформаторах використовують охолодження оливою.

В електричних схемах трансформатор зображають так, як показано на рис

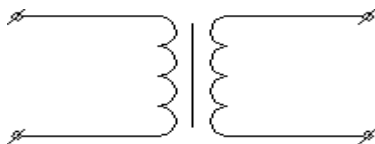


Рис. 5.2.13.

За допомогою трансформатора знижують значення струму і збільшують напругу під час передавання електричної енергії. Це сприяє зниженню теплових втрат ($Q = I^2 R t$ - закон Джоуля-Ленца). Ураховуючи, що потужність струму дорівнює добутку напруги на струм, таке зменшення струму не змінить

передаваної потужності.

$$\text{Формула трансформатора } k = \frac{U_1}{U_2} = \frac{EPC_1}{EPC_2} = \frac{N_1}{N_2} = \frac{I_2}{I_1} \quad (\text{знати на пам'ять})$$

k – коефіцієнт трансформації

2. Передавання і розподіл електричної енергії.

Передавання електроенергії на великі відстані здійснюють за напруг у декілька сотень тисяч вольтів. Генератори потужних електростанцій виробляють струм з напругою від 6 до 20 кВ. Для передавання електроенергії від електростанцій використовують трансформатори для підвищення напруги до декількох сотень кіловольтів. На місцях споживання електроенергії за допомогою трансформаторів напругу зменшують

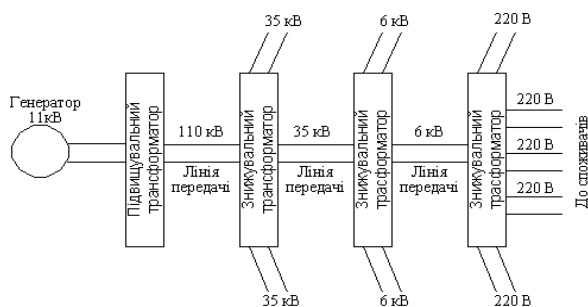


Рис. 5.2. 14.

Сучасна цивілізація немислима без широкого використання електроенергії. Порушення постачання електроенергією великого міста внаслідок аварії паралізує його життя.

Понад 90 % споживаної людством енергії отримують від спалювання вугілля, нафти, газу. Для цього використовують теплові електростанції, на яких хімічна енергія палива перетворюється в електричну. За рахунок згоряння палива відбувається нагрівання води, перетворення її в пару і нагрівання пари. Струмінь пари високого тиску спрямовується на роторні лопаті парової турбіни і примушує його обертатися. Ротор турбіни обертає ротор генератора електричного струму. Генератор змінного струму перетворює механічну енергію в енергію електричного струму.

Змінний струм від генератора по провідниках надходить до споживачів, де електрична енергія перетворюється в інші види енергії. За допомогою

електродвигуна змінного струму енергія електромагнітних коливань перетворюється у механічну енергію, а в лампах розжарювання, в спіралях електронагрівальних приладів електрична енергія змінного струму перетворюється у внутрішню енергію. Електричну енергію широко застосовують у промисловості, сільському господарстві, на транспорті тощо.

Розв'язуємо задачі:

1. Трансформатор з коефіцієнтом трансформації $k=10$ знижує напругу з 10000 В до 800 В. При цьому у вторинній обмотці йде струм силою $I_2=2\text{А}$. Визначить опір вторинної обмотки. Втрати енергії в первинній обмотці знехтувати. Відповідь: 100 Ом.

2. Для трансляції радіопередач застосовують трансформатор, який знижує напругу до 30 В. Визначить споживану трансформатором потужність, якщо його ККД $\eta=95\%$ і до нього ввімкнено $n=380$ гучномовців, через кожний з яких проходить струм $I=8\text{мА}$. Відповідь: 96 Вт.

3. Знижувальний трансформатор з коефіцієнтом трансформації $k=24$ увімкнено в коло з напругою 120 В. Вторинну котушку трансформатора під'єднано до приладу, яким проходить струм силою $I=0,5\text{А}$. Визначить опір приладу, якщо опір вторинної котушки трансформатора $R_2=2\text{ Ом}$. Відповідь: 8 Ом

4. Первинна обмотка силового трансформатора для живлення кіл радіоприймача має $N_1=1200$ витків. Яку кількість витків має мати вторинна обмотка трансформатора для живлення волоска розжарення кенотрона (необхідна напруга $U_2=3,5\text{ В}$ і сила струму $I_2=1\text{ А}$) вважаючи, що опір цієї обмотки $R_2=0,1\text{ Ом}$, а напруга від розетки $U=120\text{В}$. Відповідь: 36.

Контрольні питання:

1. Що називають трансформатором? Обґрунтуйте принцип його дії.
2. Опишіть будову трансформатора. Нарисуйте схему його ввімкнення в коло.
3. У чому полягає процес роботи трансформатора в режимі холостого ходу?
4. Що називають коефіцієнтом трансформації. Напишіть формулу, яка

виражає зміст цього поняття.

5. У чому полягає процес роботи трансформатора в робочому режимі, тобто під навантаженням?
6. Яка формула виражає зв'язок струму в обмотках трансформатора з прикладеною до нього напругою?
7. Що називають ККД трансформатора?
8. Опишіть процес роботи трансформатора в режимі короткого замикання.
9. Що відбудеться з трансформатором, якщо його ввімкнути в коло постійного струму?
10. Які типи електростанцій ви знаєте?
11. Які безперечні переваги перед іншими видами енергії має електрична енергія?
12. Які перетворення енергії відбуваються під час виробництва електроенергії на ТЕС, ГЕС?
13. Як здійснюється передача електроенергії на великі відстані?
14. Чому чим довша лінія електропередавання, тим вигідніше використовувати більш високу напругу?
15. Які переваги має змінний струм над постійним?