



Wzbudzanie przepływu prądu elektrycznego

Wstęp do tematu: Wzbudzanie przepływu prądu elektrycznego. Zasób zawiera: ogólny wstęp do tematu, fotografię-zasilacz do komputera przenośnego wraz z okablowaniem i akumulatorem, odwołanie do wcześniejszej wiedzy ucznia oraz cele lekcji sformułowane w języku ucznia. Zasób może być wykorzystany w szkole podstawowej jako materiał dodatkowy na lekcjach albo na zajęciach dla uczniów o szczególnych potrzebach edukacyjnych.

Zasób zawiera: wprowadzenie historyczne (Michael Faraday); biogram: Michael Faraday; opis doświadczenia (wraz z rysunkiem), którego celem jest zbadanie, czy względny ruch zwojnicy i magnesu może być źródłem prądu; podsumowanie doświadczenia; określenie indukcji elektromagnetycznej; określenie prądu indukcyjnego; biogram: Joseph Henry; ciekawostkę związaną z dynamem rowerowym wraz z rysunkiem przedstawiającym koło rowerowe z dynamem. Zasób może być wykorzystany w szkole podstawowej jako materiał dodatkowy na lekcjach albo na zajęciach dla uczniów o szczególnych potrzebach edukacyjnych.

Zasób zawiera: wstęp dotyczący przeznaczenia transformatorów; opis doświadczenia, którego celem jest poznanie budowy i sposobu działania transformatora; rysunek przedstawiający sposób połączenia elementów zestawu doświadczalnego; podsumowanie doświadczenia; ćwiczenie interaktywne typu: uzupełnij tekst wybierając prawidłowe elementy w miejsce luk, dotyczące transformatora; szczegółowy: opis elementów transformatora; związek między napięciem a liczbą zwojów (wzór); przykład rozwiązania zadania obliczeniowego; ćwiczenie interaktywne typu: Uzupełnij tekst wybierając prawidłowe elementy w miejsce luk, związane z transformatorem; rozumowanie mające na celu stwierdzenie, czy jest spełniona zasada zachowania energii podczas działania transformatora; rysunek przedstawiający przesyłanie energii; wyjaśnienie pojęć: zasada zachowania energii, transformator, moc. Zasób może być wykorzystany w szkole podstawowej jako materiał dodatkowy na lekcjach albo na zajęciach dla uczniów o szczególnych potrzebach edukacyjnych.

Zasób zawiera: siedem sformułowań podsumowujących; dwa polecenia dla ucznia dotyczące transformatora. Zasób może być wykorzystany w szkole podstawowej jako materiał dodatkowy na lekcjach albo na zajęciach dla uczniów o szczególnych potrzebach edukacyjnych.

Zasób zawiera: zestaw czterech ćwiczeń interaktywnych różnego typu (wybór jednej odpowiedzi, wybór kilku odpowiedzi, prawda/fałsz). Zasób może być wykorzystany w szkole podstawowej jako materiał dodatkowy na lekcjach albo na zajęciach dla uczniów o szczególnych potrzebach edukacyjnych.

Wzbudzanie przepływu prądu elektrycznego

Prąd elektryczny w przewodniku można wzbudzić przez przyłożenie napięcia elektrycznego do końców przewodnika. Napięcie pochodzi z ogniwa lub baterii ogniw. Istnieje jednak sposób wzbudzania prądu bez użycia źródeł chemicznych. Prąd będzie płynął także w wyniku zjawiska indukcji elektromagnetycznej. Zjawisko to jest obecnie najważniejszym mechanizmem wytworzenia napięcia elektrycznego w elektrowniach. W tym materiale dowiesz się więcej o powstawaniu prądu indukcyjnego.



Wiele urządzeń elektrycznych podłącza się do gniazdka za pośrednictwem tzw. zasilaczy. Są one często kłopotliwe – bo ciężkie i z plączącymi się kablami – ale niezbędne, ponieważ służą do zamiany prądu dostarczanego do naszych domów na odpowiedni dla danego urządzenia. Działanie niektórych zasilaczy opiera się na zjawisku, które omówimy na łamach tej lekcji

Źródło: yum9me, dostępny w internecie: <https://www.flickr.com/photos/yum9me/2137299096/>, licencja: CC BY-NC-ND 2.0.

Przed przystąpieniem do zapoznania się z tematem, należy znać poniższe zagadnienia

- opis magnesu jako dipola;
- znaczenie pojęcia pola magnetycznego jako przestrzeni, w której działają siły magnetyczne;
- opis działania biegunów magnetycznych;
- wyjaśnienie występowania pola magnetycznego wokół magnesów, Ziemi i przewodników, przez które płynie prąd.

Jeśli potrzebujesz je sobie przypomnieć, wiadomości te znajdziesz w materiale [Oddziaływania magnetyczne](#).

Nauczysz się

- wytwarzać prąd elektryczny w przewodniku za pomocą ruchu magnesu;

- wyjaśniać powstawanie prądu indukcyjnego;
- omawiać zjawisko indukcji elektromagnetycznej;
- prezentować doświadczalnie zjawisko indukcji elektromagnetycznej;
- wyjaśniać zasadę działania transformatora.

W miarę możliwości warto wykonać kilka doświadczeń związanych z omawianymi zagadnieniami. Jeśli to możliwe, przygotuj wskazane poniżej materiały.

Przygotuj przed lekcją:

Doświadczenie 1. (element fakultatywny) – potrzebne materiały:

- bateria 1,5 V;
- 2 spinacze;
- zwojnica;
- miernik uniwersalny lub woltomierz;
- magnes neodymowy.

Doświadczenie 2. (element fakultatywny) – potrzebne materiały:

- dwie zwojnice o różnej liczbie zwojów;
- rdzeń (np. ze stali) w kształcie litery „U”;
- 4 przewody ze złączami typu „krokodylek”;
- miernik uniwersalny lub woltomierz;
- zasilacz – generator prądu.

Zjawisko indukcji elektromagnetycznej

Kiedy w XIX wieku odkryto, że przepływ prądu w przewodniku sprawia, że wokół niego powstaje pole magnetyczne, postawiono pytania: Czy jest możliwe zjawisko odwrotne? Czy magnes może spowodować, że zacznie płynąć prąd elektryczny? [Michael Faraday](#), odkrywca tego zjawiska (zwanego zjawiskiem indukcji elektromagnetycznej), poświęcił wiele lat na potwierdzenie tezy, że prąd może powstawać w przewodniku, do którego przyłoży się magnes. Swojego odkrycia dokonał 29 sierpnia 1831 roku.



Michael Farady

Źródło: Tagishsimon, dostępny w internecie: <https://commons.wikimedia.org>, domena publiczna.

Michael Faraday

1791.09.22 Newington Butts – 1867.08.25 Hampton Court

Michael Faraday [majkel faradej] był angielskim uczonym, który przyczynił się do rozwoju elektromagnetyzmu i elektrochemii. Do największych odkryć zalicza się indukcję elektromagnetyczną, diamagnetyzm i elektrolizę. Faraday jest uznawany za jednego z największych odkrywców, mimo że miał słabe podstawy teoretyczne. Wyniki badań dotyczących pola magnetycznego wokół przewodnika z prądem doprowadziły do stworzenia koncepcji pola elektromagnetycznego. Odkrycia tego uczonego są podstawą działania silników na prąd stały i generatorów prądu.

Aby potwierdzić wyniki otrzymane przez Faradaya, przeanalizuj (w miarę możliwości, wykonaj) poniższe doświadczenie.

Doświadczenie 1

Problem badawczy

Czy względny ruch zwojnicy i magnesu może być źródłem prądu?

Hipoteza

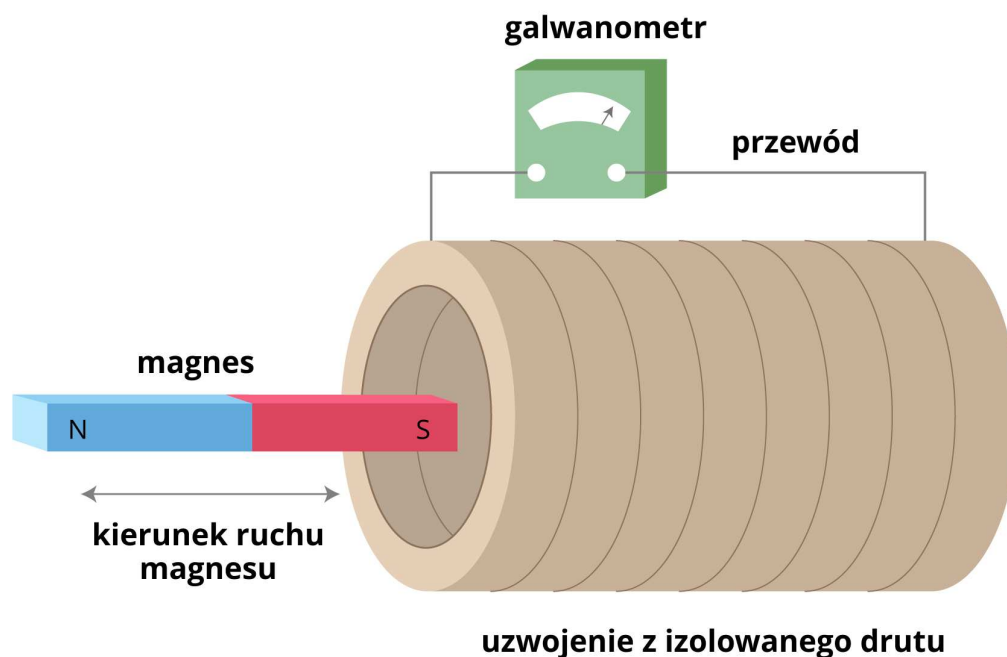
Względny ruch przewodu i magnesu jest źródłem prądu.

Co będzie potrzebne

- zwojnica;
- magnes stały;
- miernik uniwersalny lub amperomierz o małym zakresie (wykorzystaj znajdujące się w szkole mierniki uniwersalne demonstracyjne);

Instrukcja

1. Wybierz na mierniku zakres małego natężenia prądu.
2. Ustaw amperomierz na minimalnym zakresie pomiarowym.
3. Połącz zwojnicę z miernikiem.



Sposób połączenia elementów zestawu doświadczalnego

Źródło: ContentPlus, licencja: CC BY 3.0.

4. Szybkim ruchem zbliż magnes do zwojnicy i równie energicznym ruchem oddal go.
5. Zaobserwuj wskazania przyrządu pomiarowego.
6. Odwróć magnes, aby zbliżyć go przeciwnym biegunem niż za pierwszym razem.
7. Szybkim ruchem zbliż magnes do zwojnicy i oddal go.
8. Połóż magnes w pobliżu zwojnicy i nią poruszaj. Obserwuj wskazania przyrządu pomiarowego.

Podsumowanie

Podczas ruchu magnesu względem zwojnicy wskazówka amperomierza wychyla się raz w jedną, raz w drugą stronę w zależności od tego, czy magnes jest wsuwany czy wysuwany ze zwojnicy. Im ruch magnesu jest szybszy, tym wychylenia wskazówki jest większe. Zmiana biegunów magnesu powoduje zmianę kierunku wychylenia wskazówki. Identyczny efekt obserwuje się podczas ruchu zwojnicy względem nieruchomego magnesu. Brak wzajemnego ruchu nie indukuje prądu elektrycznego w zwojnicy.

Wniosek: Jeżeli zwojnica znajduje się w zmieniającym się polu magnetycznym, to wzbudza się w niej prąd elektryczny.

Wyniki doświadczenia pokazują, że bateria nie jest jedynym źródłem napięcia elektrycznego. By wytworzyć prąd elektryczny, wystarczy względny ruch magnesu i przewodnika. Amperomierz pokazuje, że natężenie płynącego prądu zależy od szybkości względnego ruchu zwojnicy i magnesu. Powstawanie prądu elektrycznego pod wpływem zmiennego pola magnetycznego nazywamy **indukcją elektromagnetyczną**, a prąd płynący w zwojnicy – **prądem indukcyjnym**. Oprócz Michaela Faraday'a badania nad tymi zjawiskami prowadził Amerykanin **Joseph Henry**.



Joseph Henry

Źródło: Mathew Brady / Levin Handy, dostępny w internecie: <https://commons.wikimedia.org>, domena publiczna.

Joseph Henry

1797.12.17 Alabany – 1878.05.13 Waszyngton

Joseph Henry [dżożef henry] był amerykańskim naukowcem. Podczas budowania elektromagnesów odkrył zjawisko samoindukcji elektromagnetycznej oraz indukcji elektromagnetycznej (niezależnie od Faraday'a, który jako pierwszy opublikował wyniki doświadczeń). Zajmował się praktycznym zastosowaniem elektromagnesów. Skonstruował m.in. dzwonek elektryczny i przekaźnik elektromagnetyczny (który dla Samuela Morse'a [samjuel mors] stał się podstawą do zbudowania telegrafu).

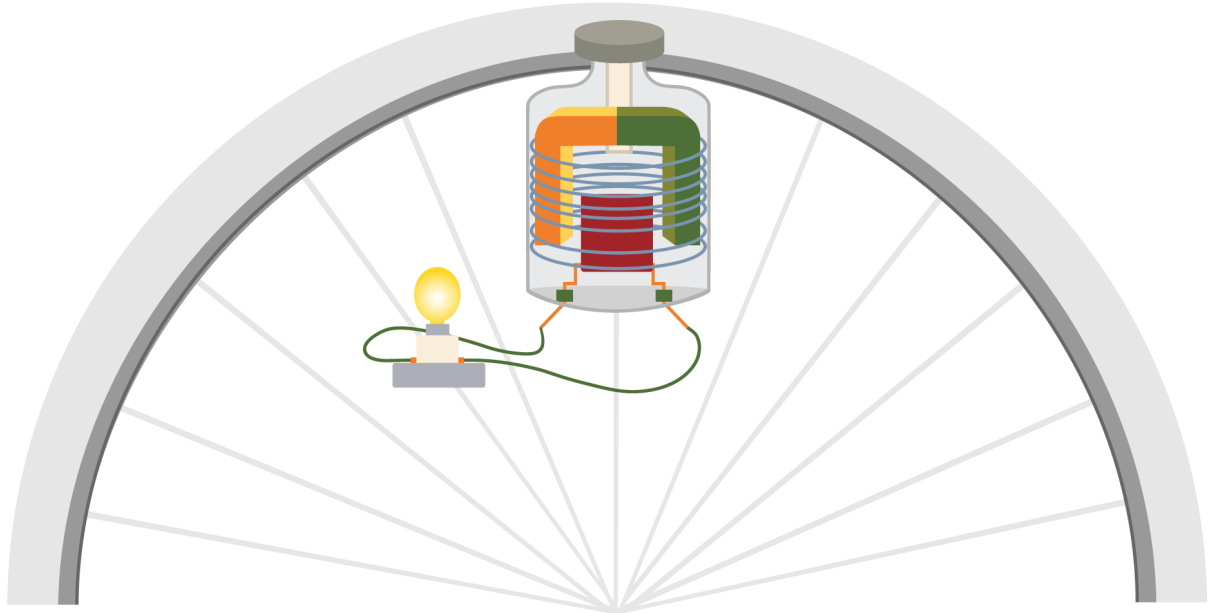
indukcja elektromagnetyczna

– zjawisko wytwarzania napięcia elektrycznego przez zmienne pole magnetyczne.
prąd indukcyjny

– prąd płynący w przewodniku na skutek działania zmiennego pola magnetycznego.

Ciekawostka

Przykładem prądnicy jest prądnica rowerowa (dynamo). W obudowie znajduje się stały magnes i zwojnica. Element, który styka się z oponą, to obracające się kółko napędzające połączone wałkiem z magnesem, który jest źródłem zmiennego pola magnetycznego. Wytwarza ono w uzwojeniu prąd który, za pomocą przewodów, doprowadzany jest do żarówki.



Budowa prostej prądnicy rowerowej

Źródło: ContentPlus, licencja: CC BY 3.0.

Działanie transformatora

Napięcie elektryczne otrzymywane w elektrowni sięga 20000 **woltów**, a napięcie w instalacji domowej – tylko 230 V. Podczas przesyłu energii elektrycznej napięcie ma dużą wartość, wykorzystuje się więc tzw. linie wysokiego napięcia. Obniżenie napięcia do wartości 230 V następuje dzięki zjawisku **indukcji elektromagnetycznej**. Urządzenie, które umożliwia obniżanie lub podwyższanie napięcia, nazywamy transformatorem. Aby zapoznać się ze sposobem jego działania, przeanalizuj (wykonaj) poniższe doświadczenie.

wolt (V)

– jednostka napięcia w układzie SI, symbol V.

Doświadczenie 2

Poznanie budowy i sposobu działania transformatora.

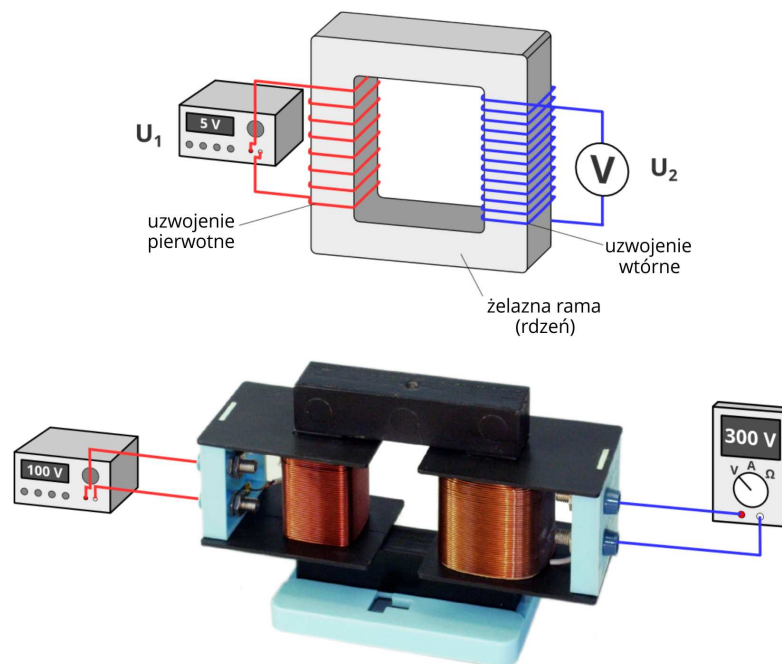
Uwaga! To doświadczenie powinien wykonywać nauczyciel.

Co będzie potrzebne

- 2 zwojnice o różnej liczbie zwojów;
- rdzeń (np. ze stali) w kształcie litery „U”;
- miernik uniwersalny lub woltomierz;
- zasilacz;
- przewody.

Instrukcja

1. Włożenie zwojnicy na rdzeń.
2. Podłączenie zasilacza do jednej ze zwojnic. Ustawienie go tak, by był źródłem prądu zmiennego.
3. Połączenie drugiej zwojnicy z miernikiem, ustawienie odpowiedniego zakresu pomiarowego.



Sposób połączenia elementów zestawu doświadczalnego

Źródło: BillC, Zátonyi Sándor, Krzysztof Jaworski, dostępny w internecie: <https://commons.wikimedia.org>, domena publiczna.

4. Włączenie zasilacza i obserwacja wskazania miernika.
5. Zwiększenie napięcia prądu z zasilacza i obserwacja wskazania miernika.
6. Wyłączenie zasilacza. Podłączenie zasilacza do drugiej zwojnicy, a miernika do pierwszej.
7. Zwiększanie stopniowo napięcia i obserwacja wskazania miernika.

Podsumowanie

Zmiana napięcia między końcami jednej zwojnicy wywołuje zmianę napięcia między końcami drugiej zwojnicy. Napięcie jest wyższe w zwojnicy o większej liczbie zwojów.

Wniosek: Transformator służy do zmiany napięcia poprzez dobranie odpowiedniej liczby zwojów. Może obniżać lub podwyższać napięcie prądu elektrycznego.

Ćwiczenie 1



Uzupełnij poniższe luki. Kliknij w nie, aby rozwinąć listę, a następnie wybierz poprawną odpowiedź.

Transformator zbudowany jest z o liczbie zwojów. Podłączenie jednej zwojnicy do źródła prądu powoduje, że w drugiej zwojnicy . Jeśli źródło napięcia jest połączone ze zwojnicą o większej liczbie zwojów, to napięcie między końcami drugiej zwojnicy jest niż napięcie źródła. Wtedy transformator służy do .

większe

zaczyna płynąć prąd elektryczny

podwyższania napięcia

dwóch zwojnic

jednej zwojnicy

stałego

obniżania napięcia

mniej

różnej

zmiennego

nic się nie dzieje

równiej

Źródło: Magdalena Grygiel <Magdalena.Grygiel@up.wroc.pl>, licencja: CC BY 3.0.

Transformator to urządzenie, które może służyć do podwyższania lub obniżania napięcia. Zastanówmy się, jak on działa. Zwojnica, do której podłączane jest źródło napięcia, nazywana jest uzwojeniem pierwotnym. Wokół uzwojenia pierwotnego powstaje zmienne pole magnetyczne, które jest wzmacniane za pomocą rdzenia (ferromagnetycznego). To pole magnetyczne wywołuje przepływ prądu w drugiej zwojnicy. Nazywana jest ona uzwojeniem wtórnym.

Dzięki dobraniu liczby zwojów na uzwojeniu pierwotnym i wtórnym możemy zmienić wartość napięcia otrzymywanego na uzwojeniu wtórnym. Jeśli liczy ono mniej zwojów niż uzwojenie pierwotne, to transformator będzie obniżał napięcie. Natomiast gdy w uzwojeniu wtórnym będzie więcej zwojów niż w uzwojeniu pierwotnym, transformator będzie podwyższał napięcie. Związek między napięciem a liczbą zwojów opisuje proporcja:

$$\frac{\text{napięcie wyjściowe}}{\text{napięcie wejściowe}} = \frac{\text{liczba zwojów uzwojenia wórnego}}{\text{liczba zwojów uzwojenia pierwotnego}}$$

$$\frac{U_w}{U_p} = \frac{z_w}{z_p}$$

Przykład 1

Uzwojenie pierwotne liczy 20 zwojów, a wtórne 60 zwojów. Jakie jest napięcie wyjściowe, jeśli napięcie na wejściu jest równe 5 V?

Rozwiązanie – pierwszy sposób

Dane:

$$z_p = 20$$

$$z_w = 60$$

$$U_p = 5 \text{ V}$$

Szukane:

$$U_w = ?$$

Wzór:

$$\frac{U_p}{z_p} = \frac{U_w}{z_w}$$

Obliczenia:

$$\frac{5 \text{ V}}{20} = \frac{U_w}{60}$$

$$20U_w = 5 \text{ V} \cdot 60 \quad | : 20$$

$$U_w = \frac{300 \text{ V}}{20}$$

$$U_w = 15 \text{ V}$$

Odpowiedź:

Napięcie na wyjściu jest równe 15 V.

Rozwiązanie – drugi sposób

Uzwojenie wtórne zawiera trzy razy więcej zwojów niż pierwotne. Transformator zwiększy napięcie trzykrotnie, czyli:

$$U_w = 3 \cdot 5 \text{ V} = 15 \text{ V}$$

Ćwiczenie 2



Uzupełnij poniższe luki. Kliknij w nie, aby rozwinąć listę, a następnie wybierz poprawną odpowiedź.

Uzwojenie pierwotne transformatora składa się z 25 zwojów, a uzwojenie wtórne z 5 zwojów.

W uzwojeniu wtórnym znajduje się niż w uzwojeniu pierwotnym. Transformator napięcie . Jeśli napięcie zasilania będzie równe 20 V, to napięcie na wyjściu będzie równe .

pięć razy więcej zwojów

podwyższa

o 20 zwojów więcej

pięć razy mniej zwojów

obniża

nie zmienia

pięciokrotnie

100 V

400 V

4 V

pięciokrotnie

Zródło: Magdalena Grygiel <Magdalena.Grygiel@up.wroc.pl>, licencja: CC BY 3.0.

Przeanalizuj, czy zwiększanie napięcia w uzwojeniu wtórnym klóci się z [zasadą zachowania energii](#). Energia jest przekazywana z jednego uzwojenia do drugiego. Szybkość tego przekazu jest [mocą](#) transformatora. Moc w uzwojeniu wtórnym pochodzi z uzwojenia

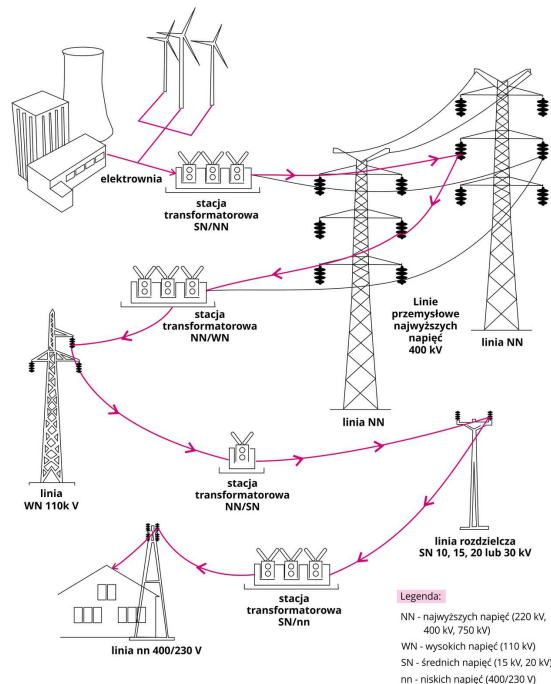
wtórnego, a zgodnie z zasadą zachowania energii (zakładamy brak strat) obie moce są sobie równe. Moc prądu jest iloczynem napięcia i natężenia, czyli:

$$P_{\text{wejściowa}} = P_{\text{wyjściowa}}$$

$$(U \cdot I)_{\text{pierwotne}} = (U \cdot I)_{\text{wtórne}}$$

Z tego wynika, że zwiększenie napięcia przekłada się na obniżenie natężenia. Możliwość zmiany napięcia jest zaletą prądu zmiennego. Jeśli w przewodzie płynie prąd o dużym natężeniu, to do otoczenia emitowane jest ciepło. Podczas przesyłu energii chcemy te straty ograniczyć do niezbędnego minimum. Dlatego do przesyłania prądu na duże odległości stosuje się wysokie napięcie, a małe natężenie. W elektrowniach napięcie wyjściowe wynosi około 20000 V. Jest ono podwyższane nawet do 440000 V. W lokalnych punktach (stacjach transformatorowych) obniża się jego wartość stopniowo, aż uzyska się napięcie potrzebne odbiorcy.

Podane wyżej warunki pracy transformatora są uproszczone. W rzeczywistości występują straty energii w transformatorze – przepływ prądu powoduje wzrost temperatury uzwojeń i rdzenia. Jednak zyski z wykorzystania wysokich napięć do przesyłania energii są znacznie większe.



Podczas przesyłania energii kilkakrotnie stosuje się transformatory, aby podwyższać i obniżać napięcie

Źródło: ContentPlus, edycja: GroMar Sp. z o.o., licencja: CC BY-SA 3.0.

zasada zachowania energii

– energii nie można wytworzyć ani zniszczyć, można jedynie zmieniać jej formę.
Całkowita energia nie ulega zmianie.

transformator

– urządzenie, które przenosi energię elektryczną dzięki zjawisku indukcji elektromagnetycznej. Zmienia parametry prądu elektrycznego.

moc (P)

– szybkość przekazywanej energii. Jednostką mocy w układzie SI jest wat (W).

Podsumowanie

- Jeżeli w pobliżu przewodnika będziemy zmieniać pole magnetyczne, to między końcami tego przewodnika pojawi się napięcie elektryczne. Zjawisko to nazywamy indukcją elektromagnetyczną.
- Jeżeli z takiego przewodnika powstał obwód zamknięty, to popłynie w nim prąd indukcyjny.
- Zjawisko indukcji elektromagnetycznej to podstawowe źródło wywarzania energii elektrycznej.
- Do przesyłania energii elektrycznej na duże odległości służą linie wysokiego napięcia.
- Stosowanie wysokiego napięcia podczas przesyłania energii elektrycznej powoduje, że zmniejsza się natężenie płynącego prądu a straty związane z emisją ciepła do otoczenia są minimalne.
- Transformator jest urządzeniem, które może obniżać lub podwyższać napięcie poprzez dobranie odpowiedniej liczby zwojów.
- Transformator zbudowany jest z uzwojenia pierwotnego i wtórnego, które są nawinięte na ferromagnetycznym rdzeniu. Podłączenie prądu zmiennego do uzwojenia pierwotnego sprawia, że w uzwojeniu wtórnym zaczyna płynąć prąd. Jest to możliwe dzięki zjawisku indukcji elektromagnetycznej.

Ćwiczenie 3

Uzwojenie pierwotne transformatora zawiera 1000 zwojów. Uzwojenie wtórne zawiera także 1000 zwojów, ale jest tak nawinięte, że po 100, 300 i 800 zwoju znajdują się tzw. odczepy, dzięki którym możemy skorzystać tylko z danej części zwojów (a nie z całego tysiąca). Do uzwojenia pierwotnego podłączono napięcie 230 V z sieci domowej. W jaki sposób możemy uzyskać napięcie: 23 V, 46 V, 69 V, 115 V i 161 V? Uzupełnij luki.

23 V poprzez podłączenie zwojów.

46 V poprzez podłączenie zwojów.

69 V poprzez podłączenie zwojów.

115 V poprzez podłączanie zwojów.

161 V poprzez podłączenie zwojów.

Ćwiczenie 4

Zasilacz do ładowania wkrętarki akumulatorowej ma napisane: wejście (input) 220V i wyjście (output) 12V, 830 mA. Czy ten zasilacz obniża, czy podwyższa napięcie? Oszacuj natężenie prądu, jaki popłynie przez uzwojenie pierwotne transformatora, przy założeniu braku strat (z zaokrągleniem do liczby całkowitej).

Ten zasilacz napięcie.

Natężenie prądu jaki popłynie przez uzwojenie pierwotne transformatora przy założeniu braku strat wynosi około mA.

Zadania podsumowujące lekcję

Ćwiczenie 5



Dokończ zdanie, wybierając poprawną odpowiedź.

Podczas przesyłania energii elektrycznej na duże odległości stosuje się

- ☐ niskie napięcie i niskie natężenie prądu.
- ☐ wysokie napięcie i wysokie natężenie prądu.
- ☐ niskie napięcie i wysokie natężenie prądu.
- ☐ wysokie napięcie i niskie natężenie prądu.

Ćwiczenie 6



Oceń, z których elementów wymienionych poniżej można zbudować transformator. Zaznacz poprawne odpowiedzi.

☐ źródło prądu zmiennego

☐ spinacze

☐ zwojnica o 30 zwojach

☐ rdzeń z drewna

☐ zwojnica o 20 zwojach

☐ rdzeń z ferromagnetyka

Ćwiczenie 7



W uzwojeniu pierwotnym transformatora znajduje się 50 zwojów, a w uzwojeniu wtórnym 250 zwojów.

Oceń prawdziwość poniższych zdań. Przy każdym zdaniu w tabeli zaznacz „Prawda” albo „Fałsz”.

Stwierdzenie	Prawda	Fałsz
Transformator podwyższa napięcie.	☐	☐
Napięcie na wejściu jest pięciokrotnie niższe niż na wyjściu.	☐	☐

Ćwiczenie 8



Uzwojenie pierwotne transformatora składa się ze 100 zwojów, a uzwojenie wtórne z 25 zwojów. Uzwojenie pierwotne podłączono do zmiennego źródła prądu o maksymalnym napięciu 240 V. Ile wynosi maksymalne napięcie na wyjściu? Zaznacz poprawną odpowiedź.

☐ 960 V

☐ 9,6 V

☐ 60 V