



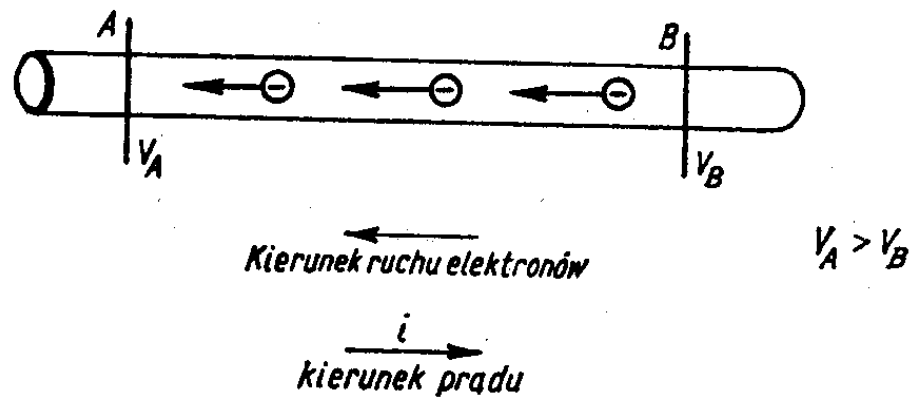
Prąd stały

Pod względem elektrycznym wszystkie ciała występujące w przyrodzie dzieli się na:

- przewodniki,
- izolatory (dielektryki),
- półprzewodniki.

Przewodniki są to ciała, przez które może przepływać prąd elektryczny zwany prądem przewodzenia. Dzieli się je na dwie klasy.

Przewodnikami pierwszej klasy są wszystkie metale. Mechanizm przewodzenia prądu w metalach polega na ruchu swobodnych elektronów. Istnieją w nich dwa rodzaje ruchów elektronów: bezładny ruch cieplny zależny od temperatury, oraz uporządkowany ruch pod wpływem przyłożonego pola elektrycznego, stanowiący prąd elektryczny.



Elektrony dążą w kierunku punktów pola o wyższym potencjale. Kierunek prądu przyjęto jako ruch umownych ładunków dodatnich od potencjału wyższego do niższego, a więc przeciwnie do kierunku ruchu elektronów.

Przewodniki klasy II są to ciecze przewodzące, zwane elektrolitami, tj. roztwory wodne kwasów, zasad i soli. Przewodzenie prądu w elektrolitach polega na ruchu jonów, tj. atomów lub cząsteczek naładowanych dodatnio (kationy) lub ujemnie (aniony). Przepływowi prądu w elektrolicie towarzyszą zmiany chemiczne.

Izolatory (dielektryki), są to ciała, które nie mają zdolności przewodzenia prądu elektrycznego

Idealny izolator pozbawiony jest całkowicie elektronów swobodnych. W rzeczywistym dielektryku występuje pewna liczba swobodnych ładunków elektrycznych, dająca minimalne własności przewodzące. Do izolatorów zalicza się część gazów, ciecze nieprzewodzące jak np. woda (bez domieszek, destylowana), olej izolacyjny, oraz szereg ciał stałych jak np. szkło, porcelana, papier, bawełna, mikanit, tworzywa sztuczne itp.

Półprzewodniki są to ciała o własnościach pośrednich między własnościami przewodników i dielektryków, które znalazły zastosowanie w budowie elementów elektronicznych.

**Prądem elektrycznym w dowolnym
poprzecznym przekroju środowiska
nazywa się ładunek przepływający
przez ten przekrój w ciągu
elementarnego czasu pod działaniem
pola elektrycznego**

$$i = \frac{dq}{dt}$$

Dla prądu niezmiennającego się w czasie, zwanego prądem stałym, powyższy wzór przyjmuje postać

$$I = \frac{Q}{t}$$

Jednostką prądu elektrycznego jest amper [A]. Jest to jedna z sześciu podstawowych jednostek fizycznych w międzynarodowym układzie SI.

W praktyce używa się również jednostek wielokrotnych, takich jak kA, czy też mA.

Dla celów praktycznych wprowadza się pojęcie gęstości prądu. Gęstością prądu nazywa się stosunek prądu przepływającego przez przekrój poprzeczny do pola tego przekroju

$$j = \frac{I}{S}$$

Jednostką gęstości prądu elektrycznego jest A/m².
Przy nierównomiernym rozkładzie prądu w przekroju poprzecznym środowiska

$$j = \frac{di}{dS}$$

Z zależności na prąd można otrzymać wyrażenie na ładunek elektryczny

$$Q = \int i dt$$

- Jednostką ładunku jest amperosekunda $1\text{ A } 1\text{ s} = 1\text{ As}$, zwana kulombem 1 C . Kulomb jest ładunkiem elektrycznym przenoszonym w ciągu 1 s przez prąd 1 A . Elementarny ładunek elektronu wynosi $e = -1,602 * 10^{-19}\text{ C}$.
- Kulomb jest zatem ładunkiem $6,24 * 10^{18}$ elektronów. Dla celów praktycznych stosowana jest jednostka zwana amperogodziną [$1\text{ Ah} = 3600\text{ C}$]

Prąd elektryczny nie może być bezpośrednio rejestrowany przez organy zmysłów, jak np. prąd powietrza lub wody. Jego istnienie poznaje się ze zjawisk, które mu towarzyszą. Zjawiska te są następujące:

- przy przepływie prądu powstaje zawsze pole magnetyczne,
- przepływowi prądu towarzyszą zjawiska cieplne,
- przy przepływie prądu jonowego w elektrolitach występuje przemiana materii.

Napięcie elektryczne

- Istotą prądu elektrycznego jest ruch ładunków elektrycznych. Z fizyki wiadomo, że w otoczeniu ładunków elektrycznych powstaje pole elektryczne, które zawiera energię. Przy przemieszczaniu ładunków pod działaniem sił pola elektrycznego jest praca kosztem energii pola.
- Wielkość określająca stosunek pracy wykonanej przy przemieszczaniu ładunku Q między dwoma punktami pola A , B do przemieszczanego ładunku nazywa się napięciem elektrycznym między tymi punktami.

$$\textit{napiecie elektryczne} = \frac{W}{Q}$$

Ze względu na bilans energii rozdziela się dwa przypadki:

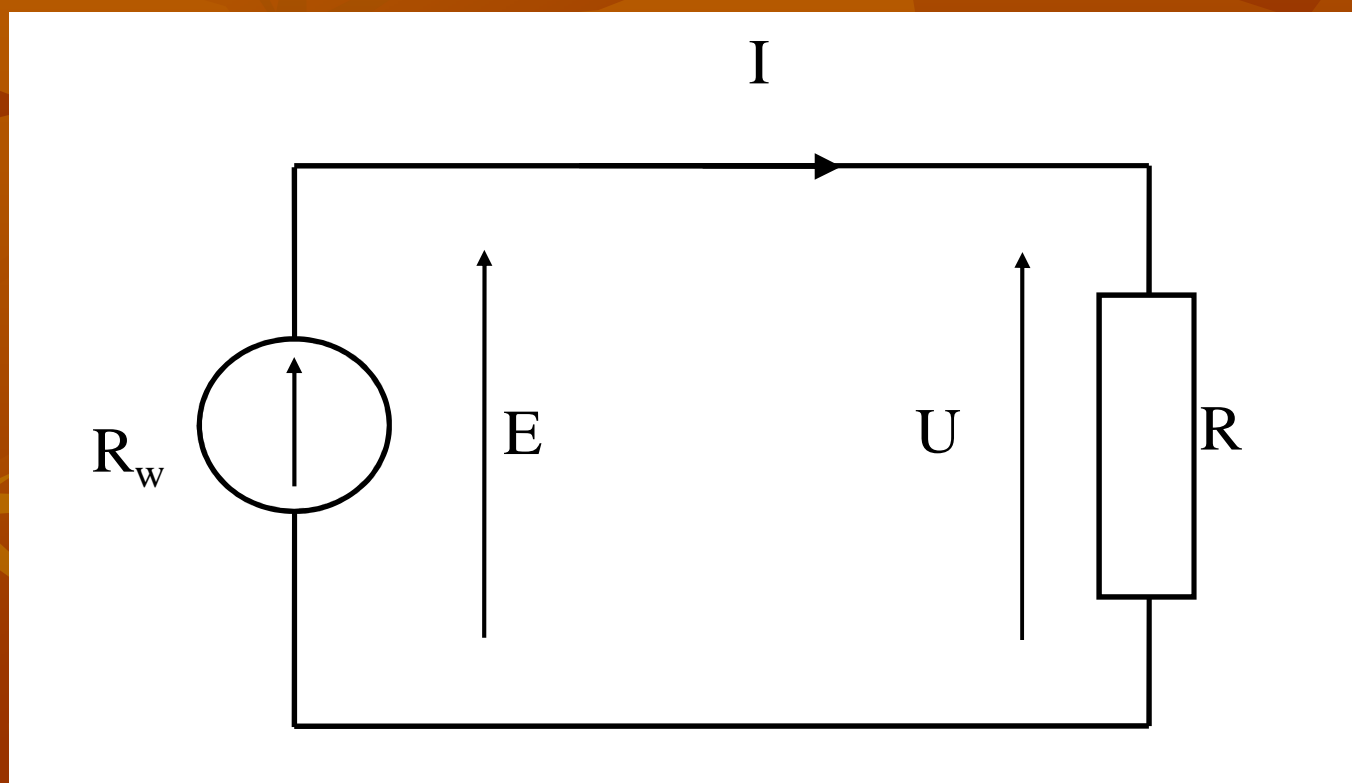
- jeżeli ładunki elektryczne pobierają energię, to występuje napięcie źródłowe, nazywane również siłą elektromotoryczną (SEM)
- jeżeli ładunki oddają energię, to ma miejsce napięcie odbiornikowe, zwane również spadkiem napięcia

$$E = \frac{W_{pob}}{Q}$$

$$U = \frac{W_{odd}}{Q}$$

Wychodzący ze źródła impuls napięcia rozchodzi się z prędkością światła, podczas gdy same elektrony poruszają się z małą prędkością rzędu 1 mm/s. Ruch elektronów, dzięki dużej prędkości impulsu napięcia, następuje praktycznie jednocześnie z tym impulsem. W obwodzie otwartym strumień elektronów płynąć nie może, jednak istnieje stała gotowość elektronów do ruchu, który nastąpi natychmiast po zamknięciu obwodu. Mówi się, że oba końce przewodów (zaciski) są pod napięciem. Jednostką napięcia jest wolt [1 V]. Jest to takie napięcie, które występuje przy energii 1 dżula przypadającej na ładunek 1 kulomba.

**Prąd elektryczny może płynąć tylko
wzdłuż drogi zamkniętej, która
nazywa się obwodem elektrycznym.**



W skład tego obwodu wchodzi źródło energii (generator), odbiornik (żarówka), przewody łączące źródło z odbiornikiem oraz wyłącznik. W celu graficznego przedstawienia obwodów elektrycznych stosuje się schematy elektryczne, w których poszczególne elementy obwodów są oznaczone i połączone określonymi umownymi symbolami graficznymi.

W skład obwodu elektrycznego wchodzi dwa rodzaje elementów: elementy aktywne i elementy pasywne.

- Elementy aktywne obwodu elektrycznego wymuszają przepływ prądu dzięki temu, że powstaje w nich siła elektromotoryczna SEM, są to więc źródła prądu. W źródłach prądu powstaje energia elektryczna kosztem innego rodzaju energii, np. energii mechanicznej (prądnice), chemicznej (ogniwa galwaniczne), świetlnej (fotoogniwa), cieplnej (termoogniwa).
- W elementach pasywnych energia elektryczna zamieniana jest na inną postać energii, np. ciepłą (grzejniki), świetlną (żarówki), itp. Zaliczamy do nich wszystkie te elementy, w których nie powstaje SEM.

Wszystkie obwody elektryczne można podzielić na proste i złożone. Obwody złożone można sprowadzić do elementarnego obwodu prostego, w skład którego wchodzi tylko jeden element aktywny wytwarzający SEM i jeden element pasywny stanowiący odbiornik energii elektrycznej.

Opór elektryczny (rezystancja) obwodu składa się z oporu odbiornika R i oporu wewnętrznego źródła prądu R_w (opór przewodów łączących pomijamy). Natężenie prądu płynącego w obwodzie jest proporcjonalne do siły elektromotorycznej E i odwrotnie proporcjonalne do oporu obwodu:

$$I = \frac{E}{R_w + R}$$

Siła elektromotoryczna E jest równoważona przez spadek napięcia na oporze wewnętrznym źródła prądu i napięcie na odbiorniku:

$$E = R_w I + RI = \Delta U_w + U,$$

gdzie

$$\Delta U_w = R_w I$$

jest spadkiem napięcia wewnątrz źródła prądu,

natomiast

$$U = RI$$

stanowi spadek napięcia na zaciskach odbiornika.

Wzór

$$U = RI$$

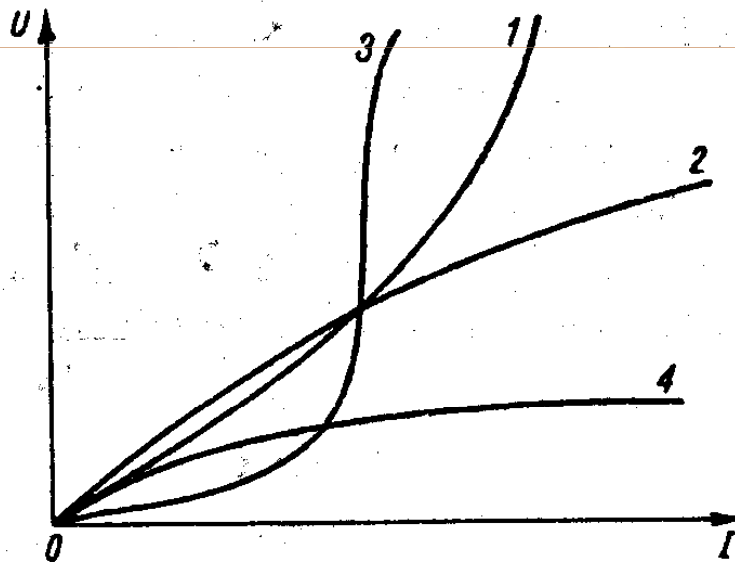
jest znany pod nazwą prawa Ohma.
Rezystancja R występująca w tym wzorze jest współczynnikiem proporcjonalności między prądem I i napięciem U . Gdy $R = \text{const}$, prąd jest proporcjonalny do napięcia. Obwód spełniający taki warunek nazywamy obwodem liniowym.

W pracy źródła prądu można wyróżnić dwa graniczne stany:

- stan jałowy, który występuje wówczas, gdy opór odbiornika jest nieskończenie duży, tj. ze źródła nie jest pobierany prąd, $I = 0$; w stanie jałowym napięcie na zaciskach źródła prądu równe jest jego sile elektromotorycznej,
- stan zwarcia, który występuje wówczas, gdy opór odbiornika jest równy zero, tzn. zaciski źródła prądu są zwarte; w stanie zwarcia napięcie równa się zero, prąd jest równy prądowi zwarcia określonego wzorem:
- Wobec małej wartości R_w prąd zwarcia zazwyczaj przewyższa znacznie wartość prądu, jaką źródło może oddawać w czasie normalnej pracy.

$$I = \frac{E}{R_w}$$

Oprócz elementów liniowych, dla których $R = \text{const}$, w elektrotechnice i elektronice stosuje się elementy nieliniowe o zmiennej rezystancji, których charakterystyki $U = f(I)$ są liniami krzywymi.



Rys. 1.6. Charakterystyki niektórych elementów nieliniowych: 1 — żarówka, 2 — warystor, 3 — bareter, 4 — dioda półprzewodnikowa

Dla elementów nieliniowych stosuje się pojęcia rezystancji statycznej i dynamicznej.

- Rezystancją statyczną nazywa się stosunek napięcia i prądu w danym punkcie charakterystyki:

$$R = \frac{U}{I}$$

- Rezystancją dynamiczną nazywa się pochodną napięcia względem prądu w danym punkcie:

$$R_d = \frac{dU}{dI}$$

- W przybliżeniu wyznacza się rezystancję dynamiczną jako stosunek przyrostu napięcia do przyrostu prądu:

$$R_d \approx \frac{\Delta U}{\Delta I}$$

**Obwód elektryczny zawierający
przynajmniej jeden element
nieliniowy nazywamy obwodem
nieliniowym.**

Opór (rezystancja) przewodników

Zasadniczą rolę w obwodach elektrycznych odgrywają przewodniki metalowe, z których wykonane są najczęściej zarówno elementy odbiorników (elementy grzejne, uzwojenia maszyn, itp.) jak i przewody łączące. Opór elektryczny przewodników jest wprost proporcjonalny do ich długości i odwrotnie proporcjonalny do ich przekroju poprzecznego

$$R = \rho \frac{l}{S}$$

Opór właściwy jest to cecha materiału, z którego wykonany jest przewodnik. Oprócz jednostki $1 \Omega\text{m}$ stosuje się również ze względów praktycznych jednostkę $1 \Omega\text{mm}^2\text{m}^{-1}$, w której wyraża się opór przewodu o długości 1 m i przekroju 1 mm^2 .

Odwrotność oporu właściwego nosi nazwę przewodności właściwej lub konduktywności.

Jednostką konduktywności jest $1/\Omega\text{m}$ lub $\text{m}/\Omega\text{mm}^2$

$$\gamma = \frac{1}{\rho}$$

Wtedy rezystancję można wyrazić wzorem

$$R = \frac{1}{\gamma S}$$

Opór przewodników zmienia się w zależności od temperatury. Zależność oporu od temperatury $R = f(v)$ jest w przybliżeniu liniowa zgodna z zależnością

$$R = R_{20}[1 + \alpha(v - 20)]$$

W niektórych przypadkach wygodnie jest się posługiwać odwrotnością oporu, zwaną konduktancją lub przewodnością:

$$G = \frac{1}{R}$$

Jednostką przewodności jest odwrotność oma, zwana simensem oznaczana w skrócie literą S.

Pojęcie przewodności jest szczególnie przydatne przy obliczaniu obwodów elektrycznych o równoległym połączeniu oporów.

Moc i praca prądu

Ładunek elektryczny Q , przepływający pod wpływem różnicy potencjałów $U = V_A - V_B$ wykonuje pracę określoną wzorem

$$W = QU$$

Jednostką pracy (energii) elektrycznej jest jeden dżul (1 J). Jest to praca wykonana przez ładunek równy jednemu kulombowi (1 C = 1 A s) pod wpływem różnicy potencjałów równej 1 V.

$$1 J = 1 C * 1 V = 1 V * 1 A * 1 s$$

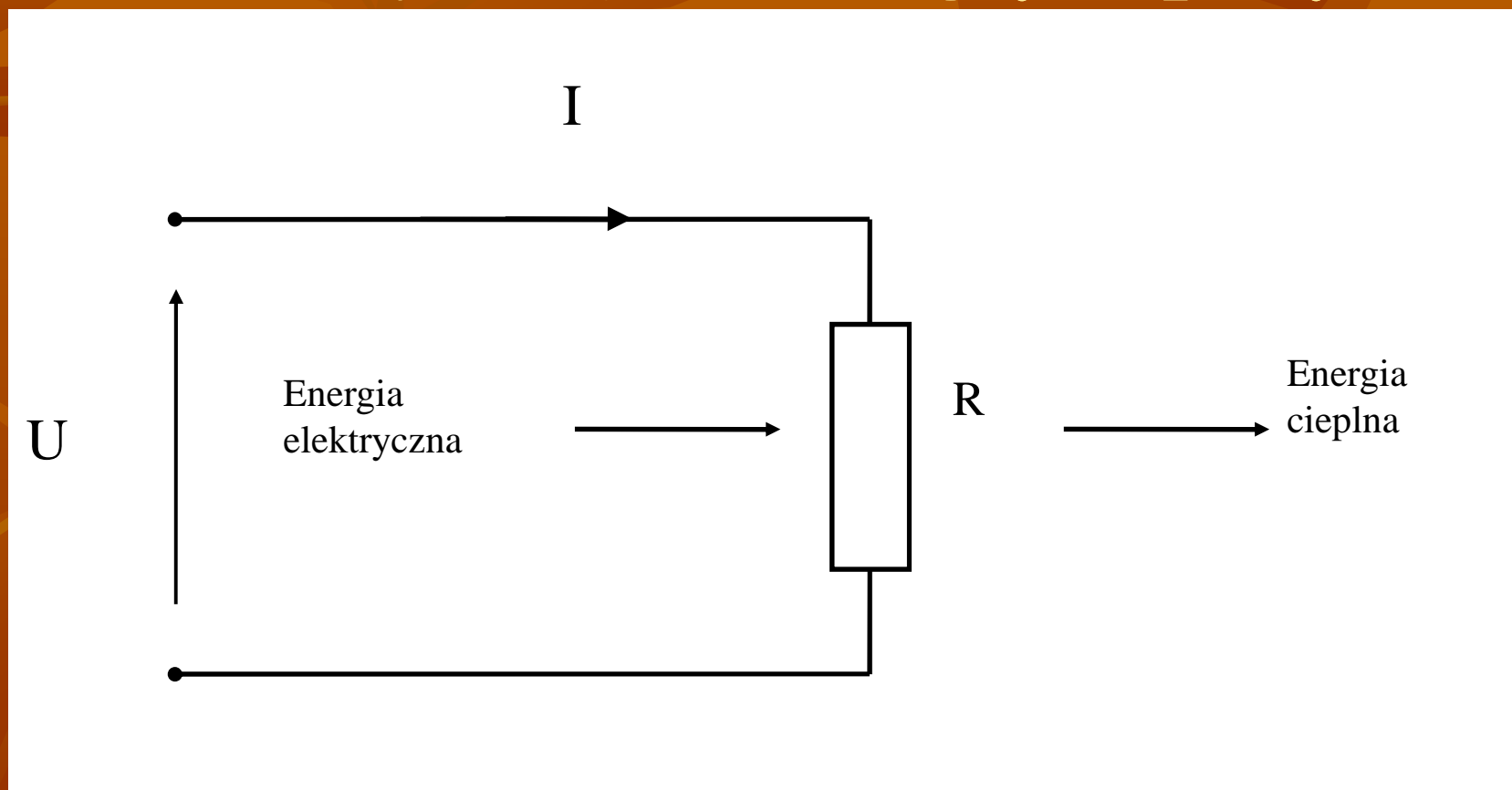
Praca wykonana w jednostce czasu jest mocą prądu. Dla prądu stałego o natężeniu I

$$P = \frac{W}{t} = \frac{Q}{t} U = IU$$

Jednostką mocy jest wat (1 W):

$$1W = 1V * 1A.$$

Przy przepływie prądu przez przewodnik o oporze R następuje zamiana energii elektrycznej na energię cieplną.



Moc elektryczną można wyrazić wzorem

$$P = UI = I^2 R = \frac{U^2}{R}$$

Energia elektryczna zamieniana na energię cieplną może być wyrażona jednym ze wzorów

$$W = Pt = UI t = I^2 R t = \frac{U^2}{R} t$$

Zjawisko zamiany energii elektrycznej na ciepłą jest praktycznie wykorzystywane w grzejnictwie elektrycznym. W niektórych przypadkach może być ono zjawiskiem niepożądanym, jak np. nagrzewanie się przewodów czy uzwojeń maszyn elektrycznych, powodując straty energii i wymagając chłodzenia tych urządzeń dla uniknięcia nadmiernego przyrostu temperatury.

Obliczanie obwodów liniowych

- Trzy podstawowe prawa elektrotechniki
- Prawo Ohma

$$U = R I$$

Pierwsze prawo Kirchhoffa odnosi się do punktów rozgałęzienia obwodu zwanych węzłami:

suma prądów dopływających do węzła równa się sumie prądów odpływających, tzn. algebraiczna suma prądów w węźle równa się zeru

$$\sum I = 0$$

Drugie prawo Kirchhoffa odnosi się do obwodów zamkniętych, zwanych oczkami:

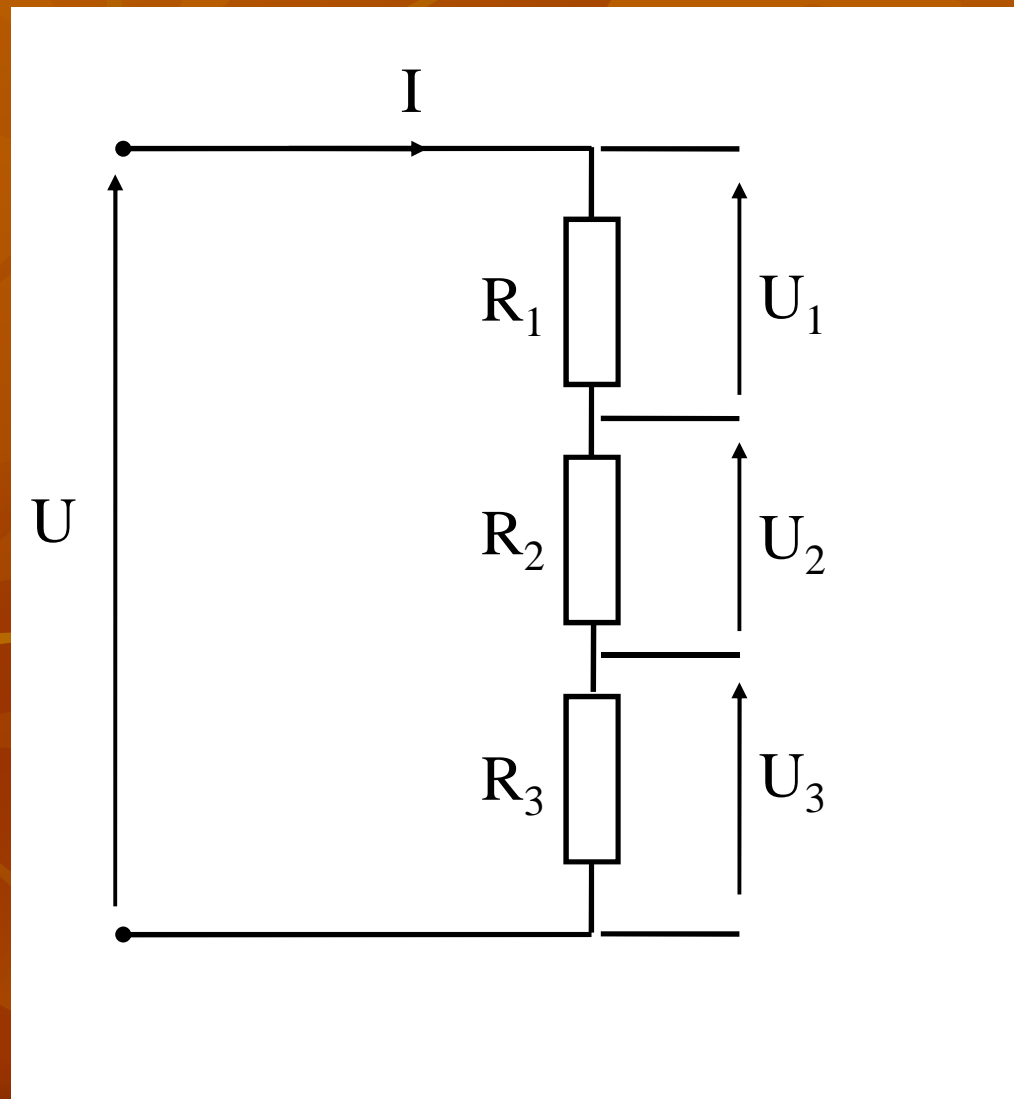
w każdym obwodzie zamkniętym algebraiczna suma sił elektromotorycznych równa się algebraicznej sumie spadków napięć

$$\sum E = \sum R I$$

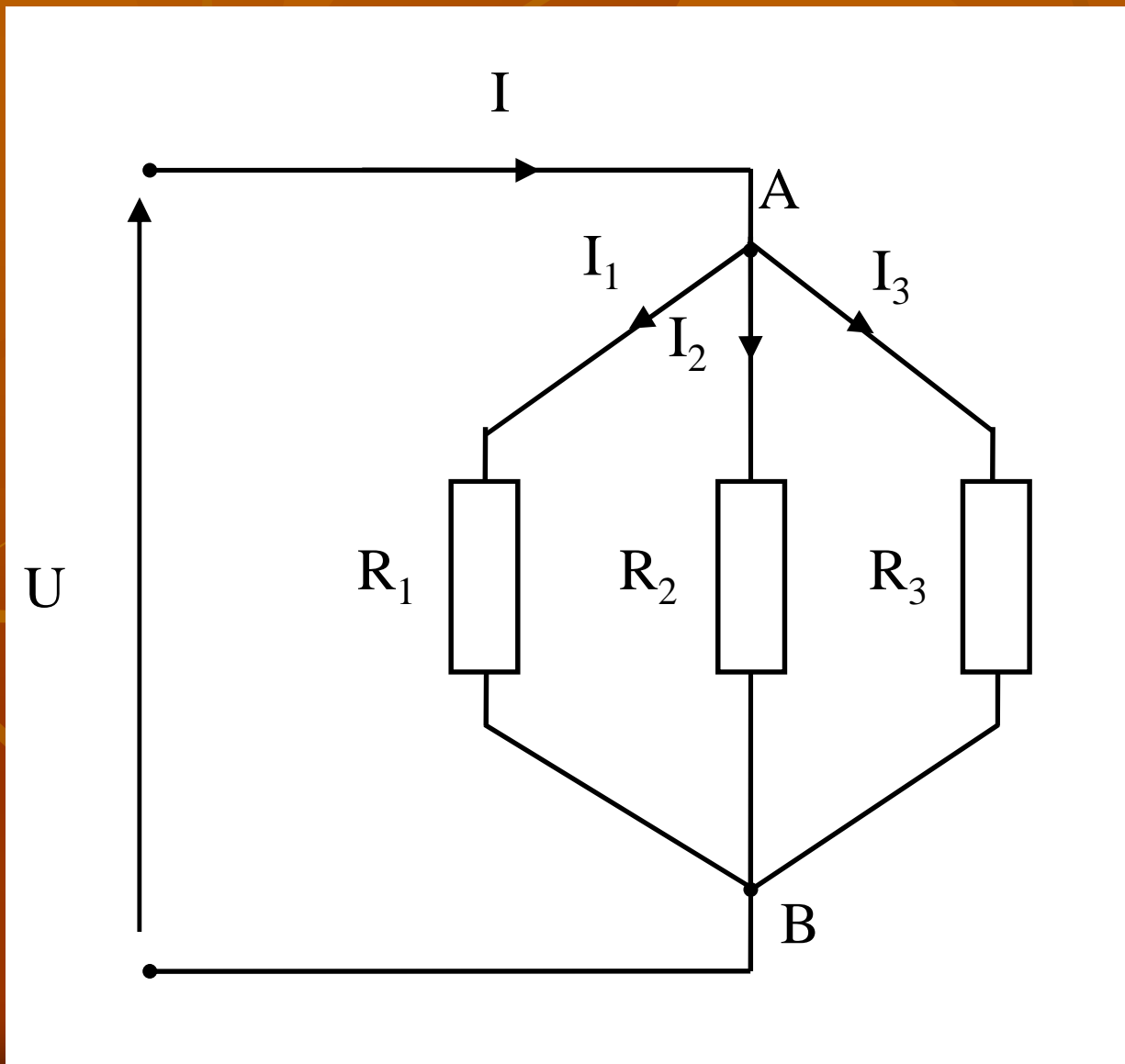
Obliczanie obwodów pasywnych

Obliczanie obwodów pasywnych, tzn. składających się z samych rezystancji w rozmaitych układach połączeń, polega na sprowadzeniu złożonego obwodu do obwodu elementarnego, zawierającego tylko jedną rezystancję zastępczą. Rozróżniamy dwa zasadnicze sposoby łączenia oporów: łączenie szeregowe i równoległe

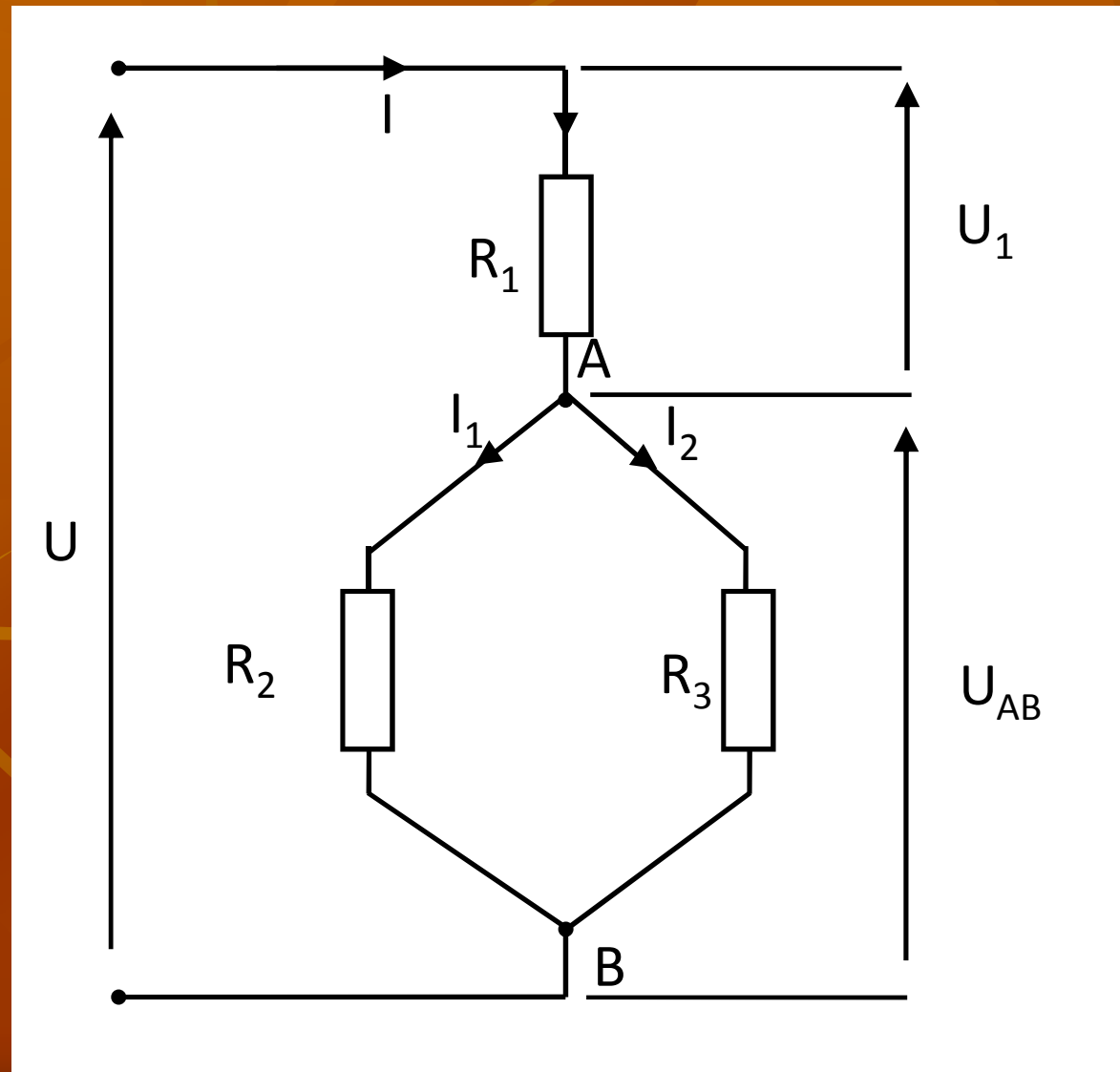
Szeregowe łączenie oporów



Równoległe łączenie oporów



Mieszane łącznie oporów



**Przy obliczaniu obwodów
aktywnych stosuje się pierwsze
i drugie prawo Kirchhoffa**

Obwód rozgałęziony

