

PELP1 - wykład 2

Prawa i zasady obwodowe

Łukasz Maślikowski

Instytut Systemów Elektronicznych
Politechnika Warszawska

3 marca 2021

Spis treści

- 1 Układ elektryczny i jego model
- 2 Prawa Kirchhoffa
- 3 Wyznaczanie prądów i napięć w obwodzie
- 4 Rodzaje połączeń
- 5 Dzielniki napięciowe i prądowe
- 6 Inne prawa teorii obwodów

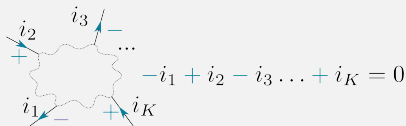
Układ elektryczny

- struktura powstała z połączenia elementów za pomocą idealnych przewodników
- dwójnik (bądź wrota wielowrotnika) opisany jednym prądem i napięciem to **gałąź**
- połączenie zacisków elementów to **węzeł**
 - wszystkie punkty węzła mają ten sam potencjał
 - w skład węzła wchodzi także przewodniki (węzeł w szerszym sensie)
 - w skład węzła może wchodzić zwarcie
- zamknięta droga krążenia po niepowtarzających się gałęziach i węzłach to **obwód**
 - w skład obwodu może wchodzić rozwarcie
- obwód w sieci planarnej, wewnątrz którego nie ma żadnej gałęzi, to **oczko**

I prawo Kirchhoffa (dla prądów)

Suma *algebraiczna* natężeń prądów wpływających do zamkniętego obszaru jest równa zeru.

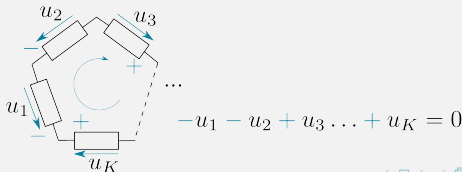
- prądy zastrzałkowane jako wpływające zapisujemy ze znakiem dodatnim, zastrzałkowane jako wypływające z ujemnym
- przed zapisaniem równania strzałkujemy prądy, kierunki strzałek przyjmujemy arbitralnie, jeśli nie zgadzają się z rzeczywistym przepływem nie ma problemu - wartość obliczona będzie miała przeciwny znak
- szczególnym przypadkiem jest węzeł



II prawo Kirchhoffa (dla napięć)

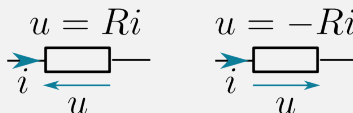
Suma *algebraiczna* napięć wokół zamkniętej drogi krążenia (obwodu) jest równa zero.

- napięcia zastrzałkowane zgodnie z przyjętym kierunkiem krążenia zapisujemy ze znakiem dodatnim, zastrzałkowane przeciwnie z ujemnym
- przed zapisaniem równania strzałkujemy napięcia (uwzględniając zastrzałkownie prądu i rodzaj elementu)
- przyjmujemy kierunek krążenia i zapisujemy równanie
- szczególnym przypadkiem jest oczko

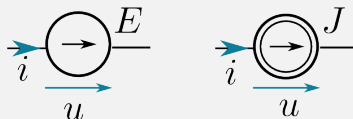


Równania elementów a strzałkowanie

- dla elementów **biernych**, równanie elementu definiujemy przy **przeciwnym** strzałkowaniu prądu i napięcia.
 - przy strzałkowaniu zgodnym należy postawić znak minus w równaniu elementu.



- dla **źródeł**, równanie to definiujemy przy **zgodnym** strzałkowaniu prądu i napięcia.

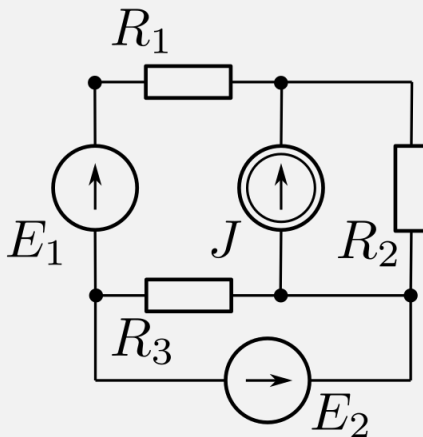


Wyznaczanie prądów i napięć w obwodzie

Aby wyznaczyć wszystkie napięcia między węzłami i prądy w gałęziach:

- strzałkujemy prądy i napięcia
- zapisujemy $N - 1$ równań prądowych Kirchhoffa (N to liczba węzłów)
- zapisujemy M równań napięciowych Kirchhoffa (M to liczba oczek)
- zapisujemy równania elementów (można od razu podstawić je do równań Kirchhoffa)
- rozwiązujemy tak powstały układ równań

Wyznaczanie prądów i napięć w obwodzie - przykład



Wyznaczanie konkretnego napięcia bądź prądu

Jeżeli wyznaczamy wybrane napięcie bądź prąd można pominąć niektóre równania:

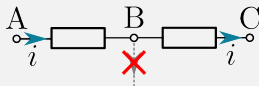
- jeśli do **węzła** wchodzi gałąź będąca idealnym źródłem napięciowym (niezależnym bądź sterowanym), pomijamy równanie prądowe tego węzła
 - równanie takie wnosi jedynie jedną niezależną niewiadomą I_E
- jeśli sąsiadujące **oczka** mają wspólną gałąź będącą idealnym źródłem prądowym (niezależne bądź sterowane), wyznaczamy równanie napięciowe wspólnego **oczka** określonego z pominięciem tego źródła,
 - pierwotne równania oczek wnoszą jedynie niewiadomą U_J

Jeśli szukamy właśnie I_E bądź U_J , stosowne równanie zapisujemy. Jeśli mamy wątpliwości, zapisujemy wszystkie równania.

Podstawowe połączenia dwójników

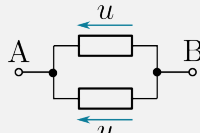
szeregowe

- dwa i tylko tylko dwa elementy łączą się w węźle (po jednym zacisku z każdego elementu)
- przez oba elementy płynie ten sam prąd



równoległe

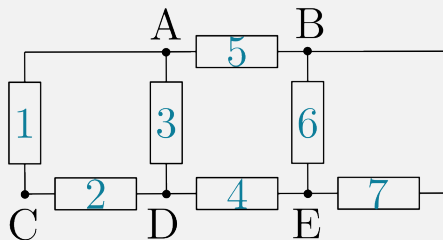
- po jednym zacisku z dwóch elementów połączone jest w jednym węźle, zaś pozostałe zaciski połączone są w drugim węźle
- na obu elementach panuje to samo napięcie



Inne rodzaje połączeń

Istnieją połączenia, które nie są ani szeregowe ani równoległe.

- połączenie typu trójkąt (Δ)
- połączenie typu gwiazda (Y)



Dzielnik napięciowy

- w gałęzi składającej się z dwóch **oporów liniowych** połączonych **szeregowo**, na którą podano napięcie U , obowiązuje zależność:

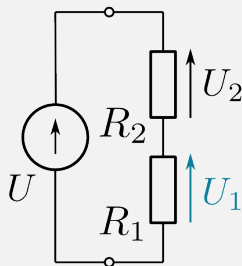
$$U_1 = U \frac{R_1}{R_1 + R_2}$$

- w formie konduktancyjnej (dla **dwóch** oporów)

$$U_1 = U \frac{G_2}{G_1 + G_2}$$

- dla wielu oporów połączonych szeregowo

$$U_1 = U \frac{R_1}{\Sigma R}$$



Dzielnik prądowy

- w gałęzi składającej się z dwóch **oporów liniowych** połączonych **równolegle**, na którą podano prąd I , obowiązuje zależność:

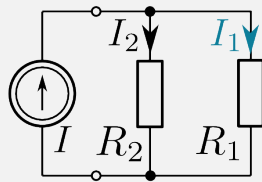
$$I_1 = I \frac{G_1}{G_1 + G_2}$$

- w formie rezystancyjnej (dla **dwóch** oporów)

$$I_1 = I \frac{R_2}{R_1 + R_2}$$

- dla wielu oporów połączonych równolegle

$$I_1 = I \frac{G_1}{\Sigma G}$$



Zasada kompensacji

Prądy ani napięcia w układzie nie zmieniają się, jeżeli dowolną gałąź układu

- na której występuje **napięcie u** , zastąpimy źródłem napięciowym $E = u$.
- przez którą płynie **prąd i** , zastąpimy źródłem prądowym $J = i$.
- zasada obowiązuje również dla obwodów nieliniowych (jeśli mają jednoznaczne rozwiązanie)
- wynika z niej możliwość:
 - zwarcia punktów o tym samym potencjale
 - rozwarcia gałęzi bezprądowejbez wprowadzenia zmian w prądach i napięciach obwodu

Zasada ruchliwości źródeł

- **Prądy** w obwodzie nie zmieniają się, jeśli do wszystkich gałęzi dołączonych do wybranego węzła włączymy szeregowo identyczne źródła **napięciowe** o takim samym zwrocie względem węzła.
- **Napięcia** w układzie nie zmieniają się, jeśli do każdej gałęzi należącej do wybranego obwodu (zamkniętej drogi) dołączymy równolegle identyczne źródło **prądowe**, o zwrocie zgodnym z wybranym kierunkiem krążenia po obwodzie.
- zasada obowiązuje również dla obwodów nieliniowych

Zasada superpozycji

Dowolne napięcie u bądź prąd i w układzie **liniowym** jest sumą składowych pochodzących od każdego źródła **niezależnego** z osobna.

- dla N źródeł niezależnych (napięciowych bądź prądowych) występujących w układzie, tworzymy N niezależnych podukładów.
 - w każdym działa **tylko jedno** źródło niezależne
 - pozostałe źródła **niezależne** są wyłączone: ($E \rightarrow$ zwarcie, $J \rightarrow$ rozwarcie)
- dla każdego podukładu obliczamy szukaną wielkość składową $u^{(n)}$ bądź $i^{(n)}$.
- sumujemy składowe $u = \sum^N u^{(n)}$, $i = \sum^N i^{(n)}$

Dla źródeł **sterowanych** nie tworzymy osobnych podukładów. Źródła sterowane nie są wyłączane i występują we wszystkich podukładach. Zasada ta nie dotyczy mocy.