

# Ćwiczenie nr 43

## Prawo Ohma dla prądu stałego

### 1 Wstęp teoretyczny

#### 1.1 Przewodnictwo elektryczne w metalach i półprzewodnikach

W metalach nośnikami prądu elektrycznego są elektrony swobodne, tworzące tzw. gaz elektronowy. Ich koncentracja jest stała i niezależna od temperatury (Ling et al., 2018). W półprzewodnikach samoistnych nośnikami są elektrony w paśmie przewodnictwa oraz dziury w paśmie walencyjnym, powstające w wyniku generacji termicznej. Koncentracja nośników w półprzewodnikach silnie zależy od temperatury oraz obecności domieszek (półprzewodniki typu n i p) (wst, 2025).

#### 1.2 Natężenie prądu i prawo Ohma

Natężenie prądu elektrycznego  $I$  definiuje się jako stosunek ładunku  $dQ$  przepływającego przez poprzeczny przekrój przewodnika do czasu  $dt$ :

$$I = \frac{dQ}{dt}$$

Jednostką natężenia w układzie SI jest amper (A). Dla przewodników metalicznych w stałej temperaturze obowiązuje prawo Ohma, stwierdzające proporcjonalność natężenia prądu do przyłożonego napięcia  $U$ :

$$I = \frac{1}{R}U = GU$$

gdzie  $R$  to opór elektryczny, a  $G$  to konduktancja (Ling et al., 2018).

#### 1.3 Opór elektryczny i jego zależność od temperatury

Opór elektryczny  $R$  jest miarą przeciwstawiania się elementu przepływowi prądu. Jednostką oporu jest om ( $\Omega$ ). Dla metali opór rośnie wraz ze wzrostem temperatury w przybliżeniu liniowo:

$$R(T) = R_0[1 + \alpha(T - T_0)]$$

Wynika to ze wzrostu amplitudy drgań sieci krystalicznej, co zwiększa prawdopodobieństwo rozpraszania elektronów. W półprzewodnikach opór maleje wykładniczo ze wzrostem temperatury:

$$R(T) = A \exp\left(\frac{E_g}{2kT}\right)$$

Jest to spowodowane gwałtownym wzrostem koncentracji nośników ładunku, który dominuje nad efektem spadku ich ruchliwości ([wst, 2025](#)).

## 1.4 Model pasmowy

Właściwości elektryczne ciał stałych wyjaśnia teoria pasmowa, zakładająca istnienie dozwolonych pasm energetycznych (walencyjnego i przewodnictwa) rozdzielonych pasmem wzbronionym o szerokości  $E_g$ .

- **Metale:** Pasma walencyjne zachodzi na pasmo przewodnictwa lub pasmo przewodnictwa jest tylko częściowo wypełnione. Brak przerwy energetycznej ( $E_g = 0$ ).
- **Półprzewodniki:** Istnieje niewielka przerwa energetyczna ( $E_g < 2\text{ eV}$ ). W  $T = 0\text{ K}$  pasmo przewodnictwa jest puste.
- **Izolatory:** Szeroka przerwa energetyczna ( $E_g > 3\text{ eV}$ ) uniemożliwia przeskok elektronów do pasma przewodnictwa w temperaturze pokojowej ([Ling et al., 2018](#)).

## 1.5 Charakterystyki prądowo-napięciowe

Charakterystyka  $I(U)$  obrazuje zależność prądu płynącego przez element od przyłożonego napięcia.

- **Opór drutowy:** Charakterystyka liniowa, zgodna z prawem Ohma. Nachylenie prostej odpowiada konduktancji  $1/R$ .
- **Żarówka:** Element nieliniowy. Wraz ze wzrostem napięcia rośnie temperatura włókna, co powoduje wzrost oporu i wolniejszy przyrost prądu (charakterystyka o malejącym nachyleniu).
- **Dioda półprzewodnikowa:** Przewodzi prąd głównie w jedną stronę (polaryzacja przewodzenia). Zależność opisuje równanie Shockleya:

$$I = I_s \left[ \exp\left(\frac{eU}{nkT}\right) - 1 \right]$$

W kierunku zaporowym płynie jedynie pomijalnie mały prąd nasycenia  $I_s$  ([wst, 2025](#)).

- **Termistor:** Półprzewodnikowy rezystor czuły na temperaturę. Płynący prąd powoduje wydzielanie ciepła Joule'a, co zmienia jego rezystancję (zazwyczaj maleje dla termistorów NTC), prowadząc do nieliniowej charakterystyki  $I(U)$ .

## 1.6 Reżimy pracy zasilacza

Zasilacz laboratoryjny może pracować w dwóch podstawowych trybach ([ins, 2025](#)):

- **CV (Constant Voltage):** Stabilizacja napięcia. Zasilacz utrzymuje stałe napięcie wyjściowe niezależnie od obciążenia (dopóki pobór prądu nie przekroczy ustawionego limitu).
- **CC (Constant Current):** Stabilizacja prądu. Zasilacz utrzymuje stały prąd wyjściowy, dostosowując napięcie do rezystancji obciążenia. Tryb ten aktywuje się po przekroczeniu ustawionego limitu prądowego.

## Literatura

- (2025). *Instrukcja do ćwiczenia 43: Pomiary charakterystyk elementów nieliniowych*. Instytut Fizyki Doświadczalnej Uniwersytetu Wrocławskiego.
- (2025). *Wstęp do ćwiczenia 43: Przewodnictwo elektryczne*. Instytut Fizyki Doświadczalnej Uniwersytetu Wrocławskiego.
- Ling, S. J., Sanny, J., and Moebs, W. (2018). *Fizyka dla szkół wyższych, Tom 3*. OpenStax. Dostęp: 13.10.2025.