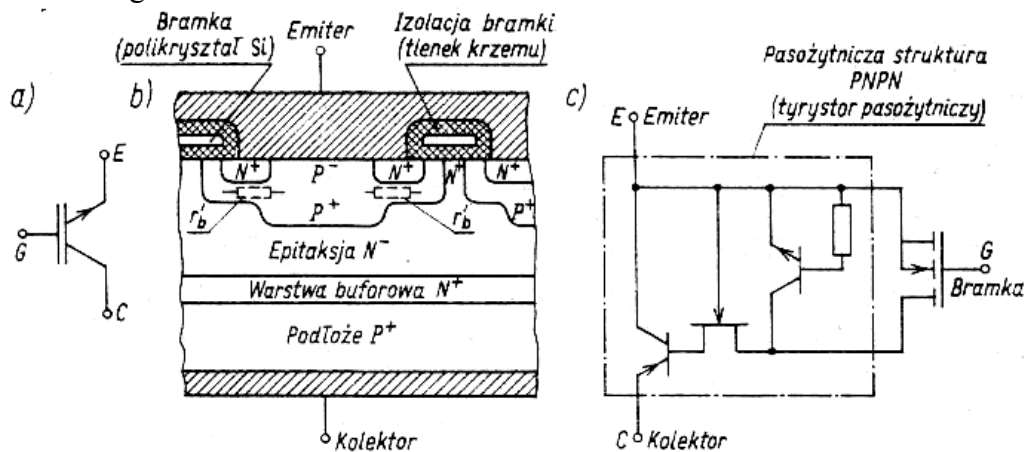


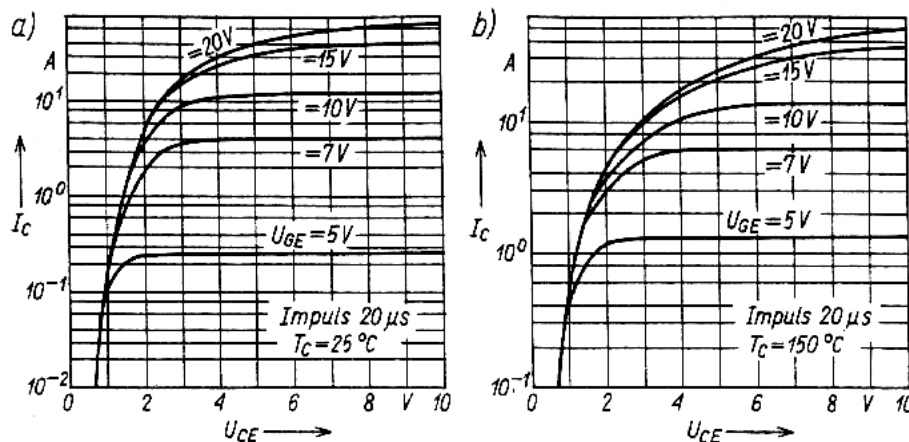
Tranzystory bipolarne z izolowaną bramką (IGBT)

Tranzystory bipolarne z izolowaną bramką IGBT (Insulated Gate Bipolar Transistor) stanowią bardzo intensywnie rozwijającą się grupę tranzystorów przełączających, w których występuje sterowanie napięciowe, a przepływ prądu między kolektorem i emiterem odbywa się przy udziale mniejszościowych i większościowych nośników ładunku (Rys. 1., Rys. 2, Rys. 3, Rys. 4). Tranzystory IGBT łączą więc korzystne właściwości tranzystorów bipolarnych BJT i unipolarnych MOSFET.

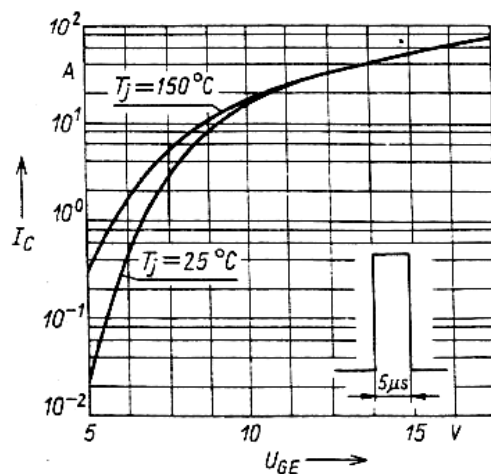
Uzyskuje się zatem stosunkowo niskie napięcie przewodzenia i jednocześnie krótkie czasy przełączania: $t_{on}=0,4\div1,0\ \mu s$; $t_{off}=0,8\div2,0\ \mu s$ (Rys. 5). Właściwości te gwarantują efektywną pracę tych przyrządów w zakresie częstotliwości $10\div50\ kHz$, a nawet do $100kHz$ przy wykorzystaniu układów rezonansowych w falownikach. Do zalet tranzystorów IGBT należą: duża impedancja wejściowa, duża dopuszczalna gęstość prądu, duży obszar bezpiecznej pracy (Rys. 4). W celu zagwarantowania prawidłowej pracy tranzystorów IGBT niezbędne jest łączenie diod szybkich równolegle do zacisków kolektora i emitera. Dioda taka jest zwykle montowana z tranzystorem w jednej obudowie w postaci modułu elektroizolowanego.



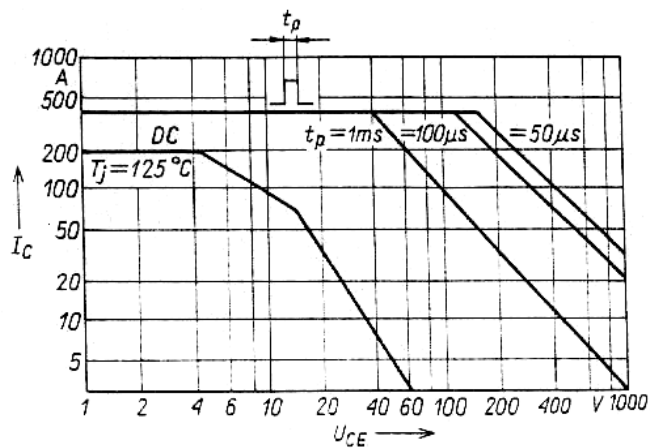
Rys. 1. Mechanizm działania tranzystora IGBT ze strukturą pasożytniczą PNPN (zjawisko występujące po przekroczeniu wartości znamionowej prądu w wysokiej temperaturze oraz przy dużej stromości napięcia du/dt): a) symbol graficzny; b) struktura pojedynczego segmentu tranzystora IGBT; c) schemat zastępczy ze strukturą pasożytniczą PNPN.



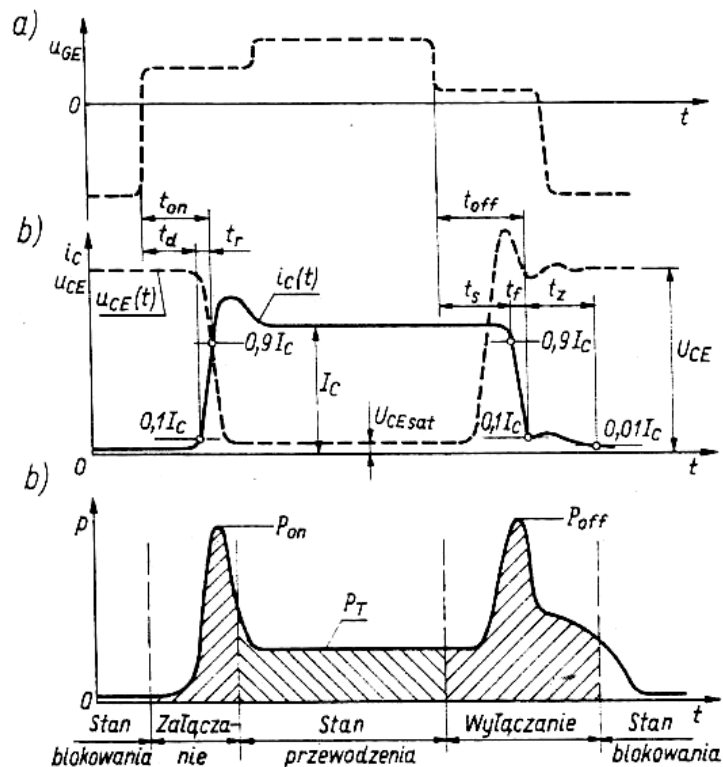
Rys. 2. Typowe charakterystyki wyjściowe $I_C=f(U_{CE})$ tranzystora IGBT o prądzie 50 A i napięciu 600 V, przy różnych temperaturach obudowy: a) $T_C=25^\circ C$; b) $T_C=150^\circ C$.



Rys. 3. Typowe charakterystyki wyjściowe $I_C=f(U_{GE})$ tranzystora IGBT o prądzie ok. 80 A, przy różnych temperaturach struktury.



Rys. 4. Obszar bezpiecznej pracy w stanie przewodzenia w temperaturze struktury $T_j=25^\circ\text{C}$ tranzystora IGBT o prądzie $I_C=400$ A (pojedynczy niepowtarzalny impuls).



Rys. 5. Tranzystor bipolarny z izolowaną bramką IGBT: a) przebieg napięcia sterującego bramki $u_{GE}(t)$; b) przebieg napięcia $u_{CE}(t)$ i prądu $i_C(t)$ z prezentacją czasów przełączania; c) straty mocy w różnych stanach pracy tranzystora IGBT.

Przy przekroczeniu dopuszczalnych stromości narastania napięcia du_{CE}/dt w procesie wyłączania IGBT zwłaszcza przy wyższych temperaturach występuje zjawisko zatrząskiwania się polegające na załączeniu się tranzystora pasożytniczego. W praktyce ze względu na duże wartości dopuszczalne parametry du_{CE}/dt , przy jednoczesnym zastosowaniu obwodów odciażających i przeciwprzepięciowych zjawisko niekontrolowanego załączania tranzystorów IGBT jest stosunkowo łatwe do uniknięcia. Cenną zaletą tranzystorów IGBT jest brak występowania zjawiska drugiego przebiecia, charakterystycznych dla tranzystorów bipolarnych BJT. Małe napięcia przewodzenia tranzystorów IGBT nawet przy dużych prądach obciążeniowych stanowią korzystną właściwość tych przyrządów. Decyduje o tym wartość napięcia nasycenia, które maleje ze wzrostem temperatury.