

## Structuri

**Tematica:** *Electronică de putere*

→ **Capitol:** *Invertoare*

→ **Secțiunea:** *Invertoare de tensiune*

**Tip resursă:**  *Expunere*     *Laborator virtual / Exercițiu*     *CVR*

În acest curs se prezintă cele mai frecvente topologii de invertoare. Se va determina structura elementelor semiconductoare ce trebuie să materializeze contactele (întreruptoarele) din schemele de principiu și modul în care comută. Se va indica apoi relația (relațiile) ce există între diferitele stări posibile ale contactelor și tensiunea (tensiunile) de ieșire.

- cunoștințe anterioare necesare: nu există
- nivel: 1-introductiv, primul ciclu
- durata estimată: 1/2 oră
- autor: [Francis Labrique](#)
- realizare: Sophie Labrique
- traducere: [Sergiu Ivanov](#)

# 1. Structuri considerate

Vom considera doar cazurile când invertoarele în punte alimentează

- fie o sarcină monofazată
- fie o sarcină trifazată echilibrată, în stea cu nulul izolat sau în triunghi.

În cazul acestor invertoare, fiecare bornă a sarcinii este legată la două contacte semiconductoare înseriate. Unul permite conectarea sarcinii la borna pozitivă a sursei de c.c., celălalt la borna negativă a aceleiași surse (figura 1).

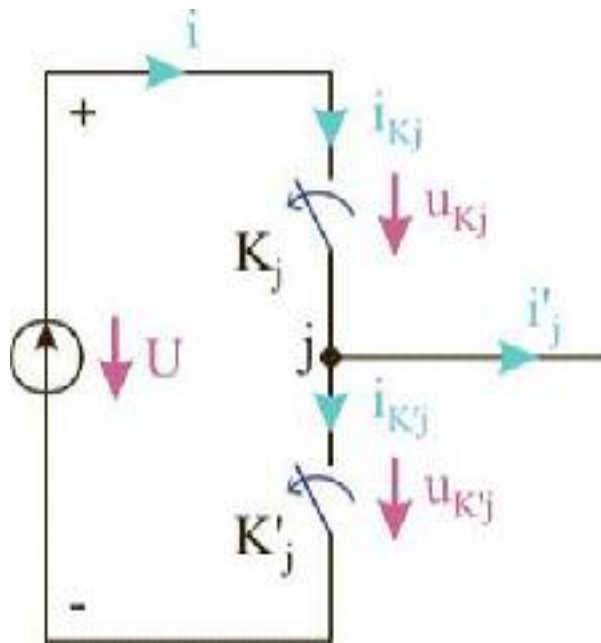


Figura 1

Contactele  $K_j$  și  $K'_j$  formează un braț de inverter.

- Un inverter monofazat în punte este constituit din două brațe (figura 2)

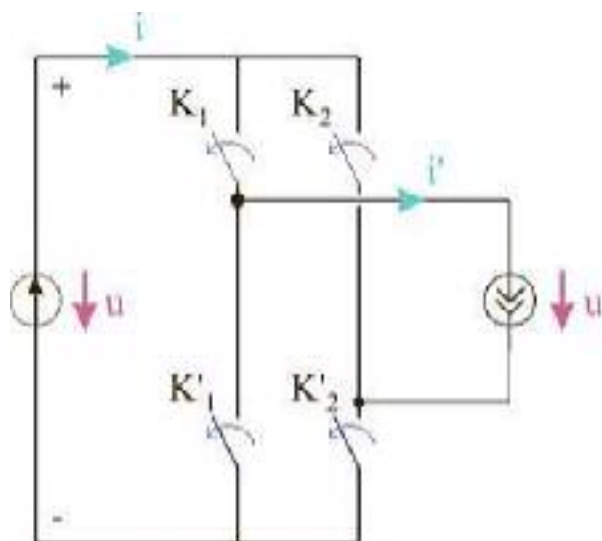


Figura 2

- Un inverter trifazat în punte este constituit din trei brațe (figura 3)

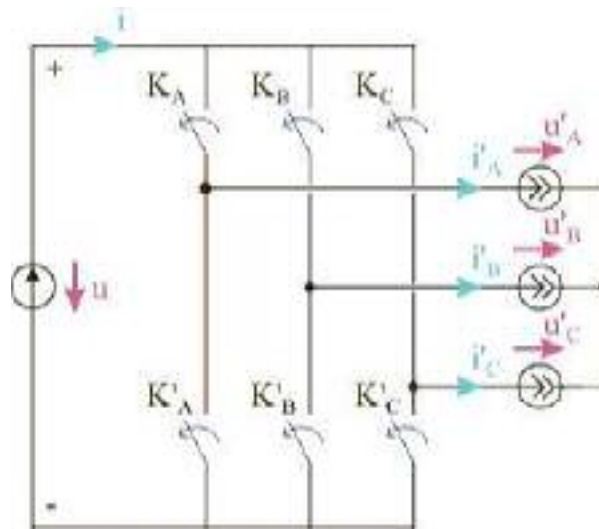


Figura 3

## 2. Alegerea contactelor

- La nivelul contactelor brațului  $j$ : pentru a permite circulația curentului  $i_j$ , trebuie ca cel puțin unul din contactele  $K_j$  și  $K'_j$  să fie în starea ON.
- Pentru a evita scurtcircuitarea sursei  $U$ , ele nu pot fi simultan ON.

Stările celor două contacte ale fiecărui braț trebuie deci să fie **complementare**, unul ON, celălalt OFF (figura 4)

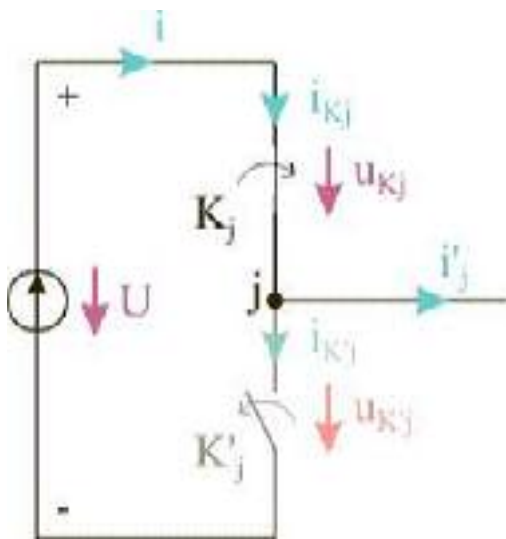


Figura 4a

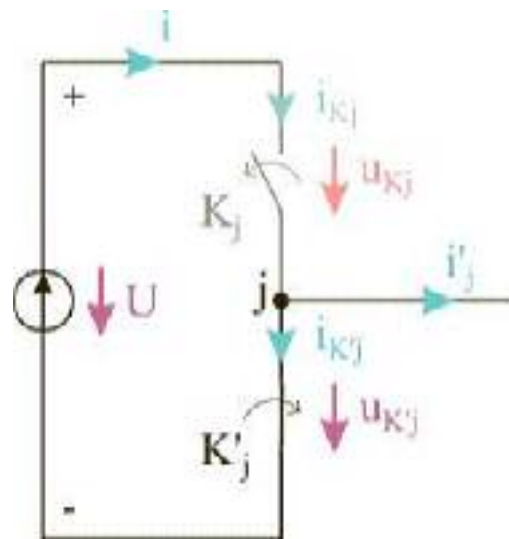


Figura 4b

Pe intervalele când contactul  $K_j$  este ON, el este parcurs de curentul  $i_j$ . Cum acest curent este alternativ, el este atât pozitiv cât și negativ: contactul  $K_j$  trebuie să fie deci reversibil în curent (bidirecțional).

Pe intervalele când contactul  $K_j$  este OFF, contactul  $K'_j$  este ON: tensiunea la bornele contactului  $K_j$  (tensiunea ce îl polarizează) este deci egală cu  $U$ . Această tensiune este continuă, deci totdeauna pozitivă.

Contactul  $K_j$  este un contact ce are trei porțiuni de funcționare (3 segmente) format prin conectarea în antiparalel a unui tranzistor (element complet comandat) și a unei diode (figura 5).

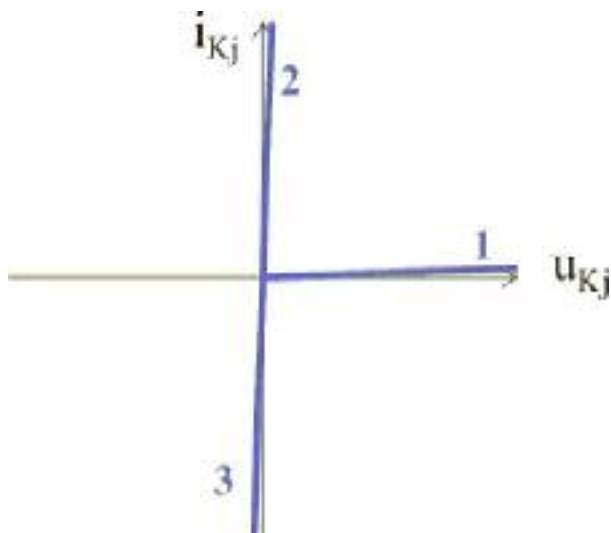


Figura 5a

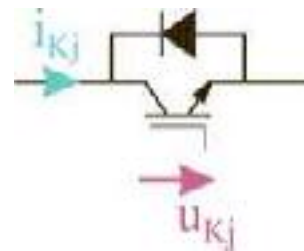


Figura 5b

- porțiunea 1 corespunde stării de blocare a tranzistorului și a diodei
- porțiunea 2 corespunde conducției tranzistorului
- porțiunea 3 corespunde conducției diodei .

Pe intervalele când tranzistorul este în conducție (porțiunea 2), dioda este polarizată invers cu o tensiune negativă foarte mică, ce este de fapt, căderea de tensiune în conducție a tranzistorului  $(V_{CE})_{sat}$ .

Pe intervalele când dioda este în conducție (porțiunea 3), tranzistorul este polarizat invers cu o tensiune negativă foarte mică, ce este de fapt, căderea de tensiune în conducție a diodei  $V_{DQV}$ : pe intervalele când contactul se află pe porțiunea 3, putem comanda starea ON a tranzistorului (închiderea), astfel încât să se poată realiza trecerea automată pe porțiunea 2, în cazul în care curentul  $i_j$  încetează să fie negativ, devenind pozitiv.

Contactul  $K'_j$  prezintă aceleași caracteristici ca și contactul  $K_j$ ; el este deci de asemenea format prin conectarea în antiparalel a unui tranzistor și a unei diode.

### 3. Comutații

Stările contactelor  $K_j$  și  $K'_j$  trebuie să fie complementare. Pentru a permite circulația curentului  $i_j$  fără ca sursa  $U$  să fie pusă în scurtcircuit, trebuie să avem

- fie  $K_j$  ON și  $K'_j$  OFF
- fie  $K_j$  OFF și  $K'_j$  ON.

La trecerea din starea ( $K_j$  ON și  $K'_j$  OFF) în starea ( $K_j$  OFF și  $K'_j$  ON), trebuie analizate două cazuri

- curentul  $i_j$  este pozitiv
- curentul  $i_j$  este negativ

**Trecerea din ( $K_j$  ON,  $K'_j$  OFF) în ( $K_j$  OFF,  $K'_j$  ON) pentru  $i_j > 0$ .**

Dacă  $i_j$  este pozitiv,

- atunci când  $K_j$  este ON, tranzistorul  $T_j$  este în conducție (figura 6).

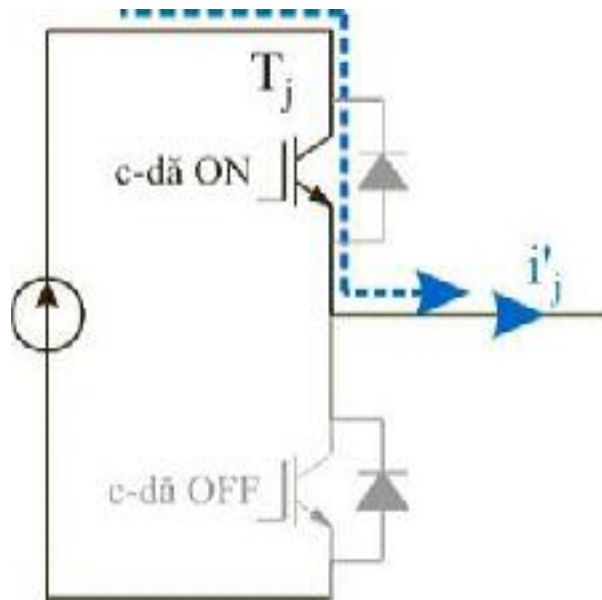


Figura 6

- atunci când  $K'_j$  este ON, dioda  $D'_j$  este în conducție (figura 7).

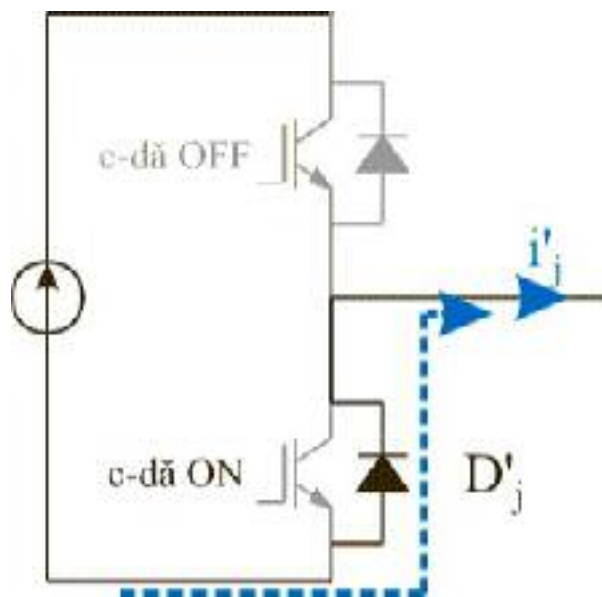


Figura 7

Comutarea de la starea  $K_j$  ON ( $T_j$  în conducție) la starea  $K'_j$  ON ( $D'_j$  în conducție) se realizează comandând blocarea tranzistorului  $T_j$  (figura 8).

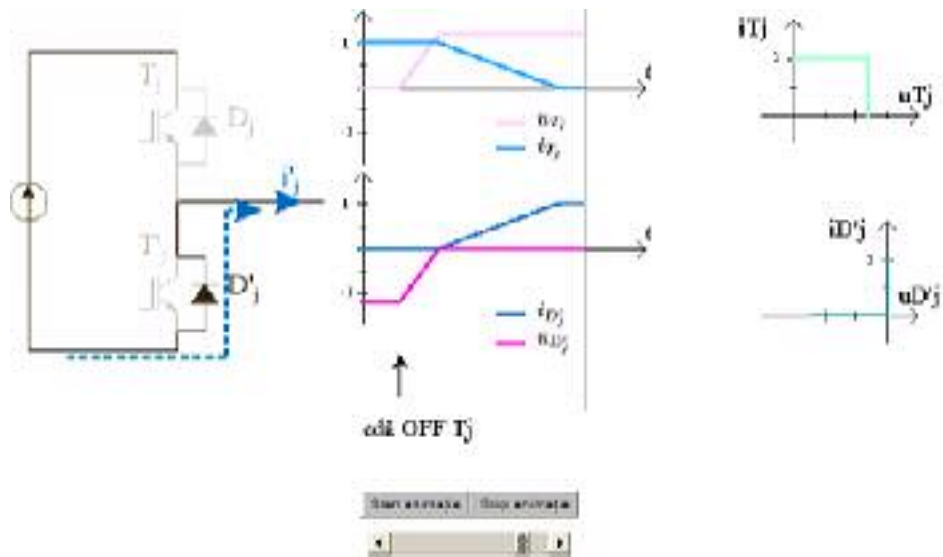


Figura 8

Pe intervalele când  $T_j$  este OFF, iar  $D'_j$  este în conducție, se poate comanda stare ON a tranzistorului  $T_j$  pentru a asigura menținerea contactului  $K'_j$  închis, chiar și atunci când curentul  $i_j$  încetează să mai fie pozitiv și devine negativ

**Trecerea din ( $K_j$  ON,  $K'_j$  OFF) în ( $K_j$  OFF,  $K'_j$  ON) pentru  $i_j < 0$ .**

Dacă  $i_j$  este negativ,

- atunci când  $K_j$  este ON, în conducție este dioda  $D_j$  (figura 9)

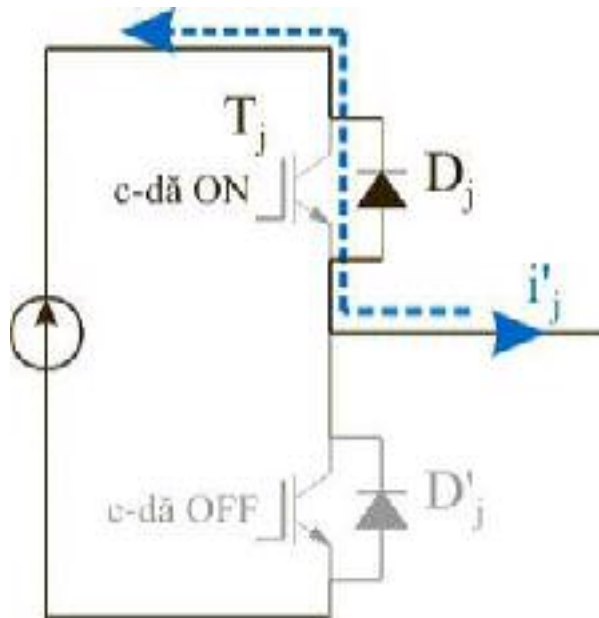


Figura 9

- atunci când  $K'_j$  este ON, tranzistorul  $T_j$  este în conducție (figura 10).

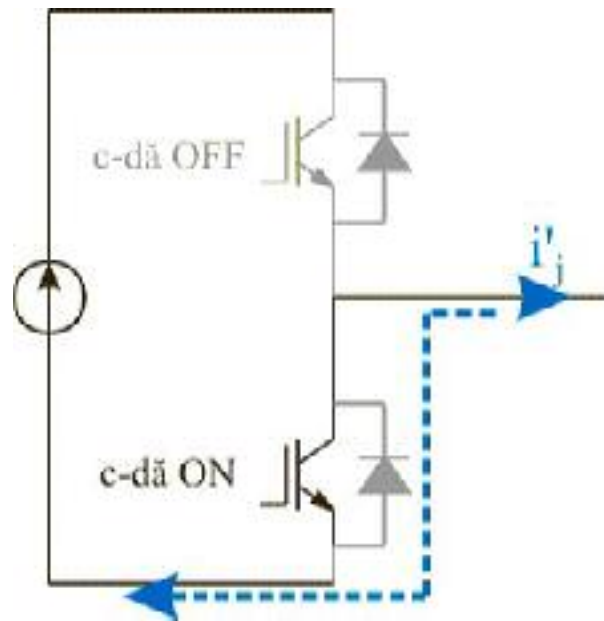


Figura 10

Comutarea din starea  $K_j$  ON (dioda  $D_j$  în conducție) în starea  $K'_j$  ON (tranzistorul  $T'_j$  în conducție) se realizează comandând amorsarea tranzistorului  $T'_j$ , după blocarea prealabilă a tranzistorului  $T_j$ , pentru a evita conducția simultană a tranzistoarelor  $T_j$  și  $T'_j$  ceea ce ar determina scurtcircuitarea sursei  $U$  (figura 11).

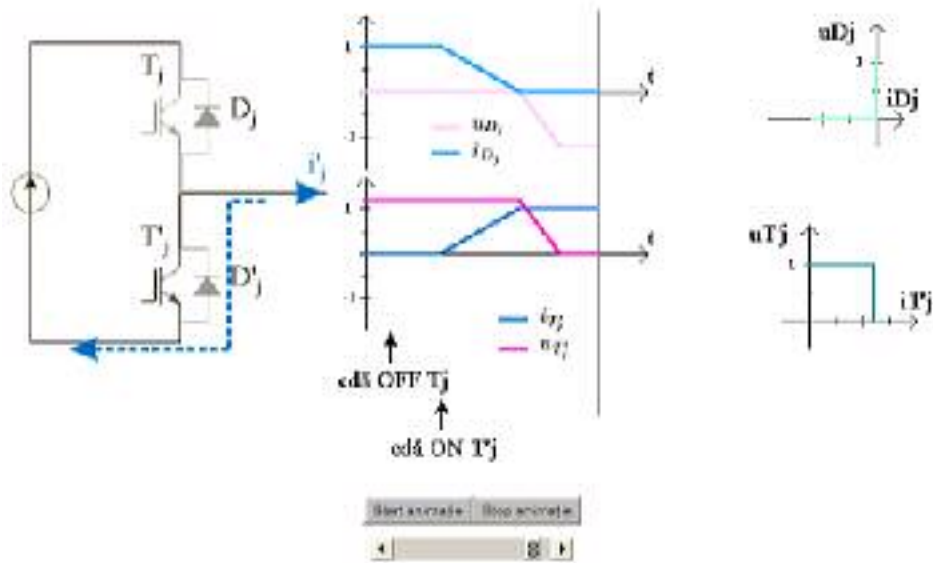


Figura 11

### Concluzie

Pentru a trece din starea ( $K_j$  ON,  $K'_j$  OFF) în starea ( $K_j$  OFF,  $K'_j$  ON), se comandă blocarea tranzistorului  $T_j$ , apoi, cu o întârziere  $t_d$ , amorsarea tranzistorului  $T'_j$ :

- dacă  $i_j > 0$ , comutația este provocată de comanda tranzistorului  $T_j$
- dacă  $i_j < 0$ , comutația este provocată de comanda de amorsare a tranzistorului  $T'_j$ .

Întârzierea  $t_d$

- trebuie să fie suficient de mare pentru a permite blocarea tranzistorului  $T_j$ , dacă el se află în conducție
- nu trebuie să fie prea mare, deoarece ea determină decalajul ce ar putea exista (când  $i_j < 0$ ), între momentul începerii comutației, prin comanda de blocare a lui  $T_j$ , și momentul când aceasta începe realmente să se producă.

#### 4. Configurații posibile ale stărilor contactelor

Luând ca referință punctul median al sursei  $U$ , potențialul  $V_j$  al bornei  $j$  poate lua două valori (figura 12):

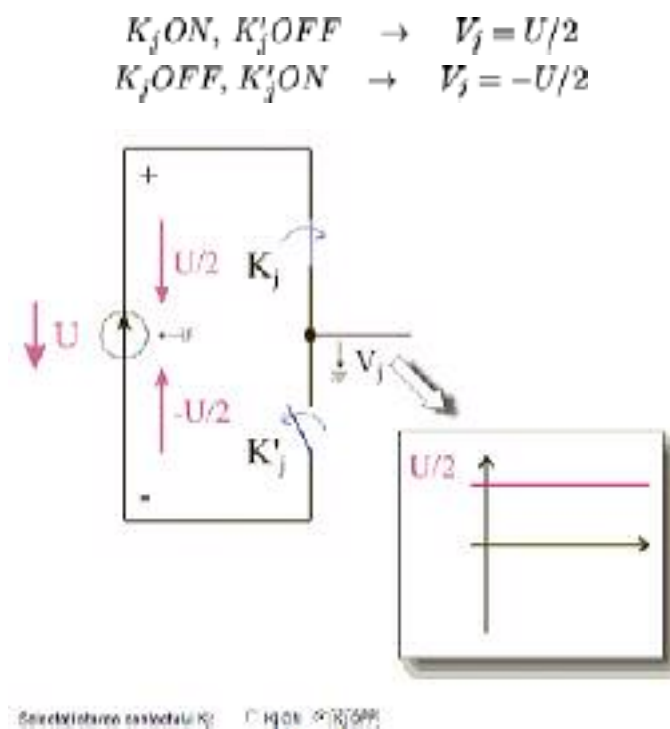


Figura 12

Pentru un invertor monofazat în punte, există 4 configurații posibile rezultând trei valori posibile ale tensiunii la ieșire (pe sarcină)  $+U$ ,  $U$ ,  $0$  (figura 13)



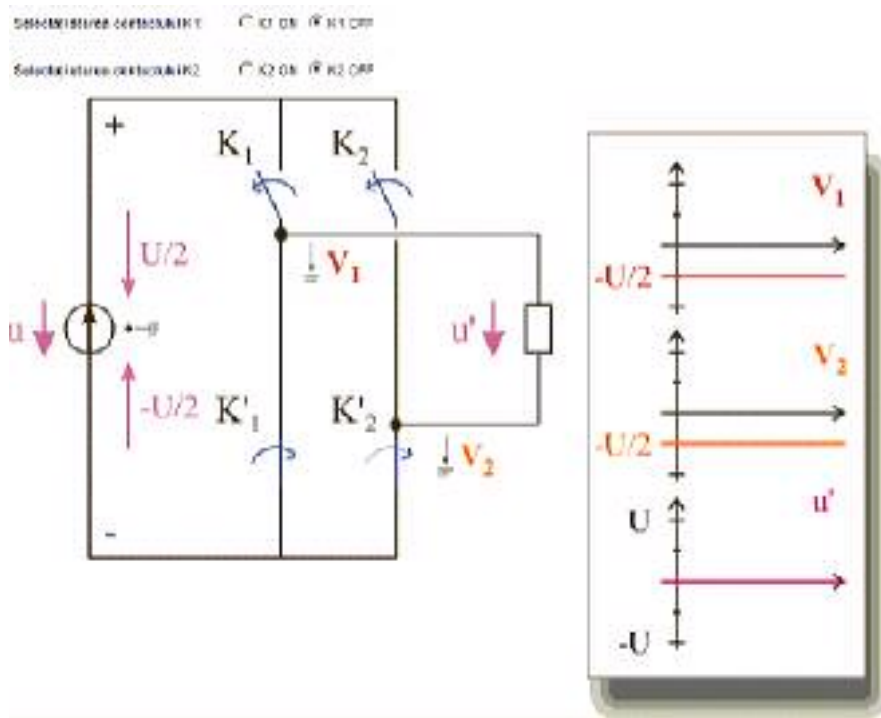


Figura 13

Pentru un inverter trifazat în punte, dacă sarcina este echilibrată și conectată în stea cu nulul izolat, (figura 14), există relațiile

$$i'_A + i'_B + i'_C = 0 \quad (1)$$

$$u'_A + u'_B + u'_C = 0 \quad (2)$$

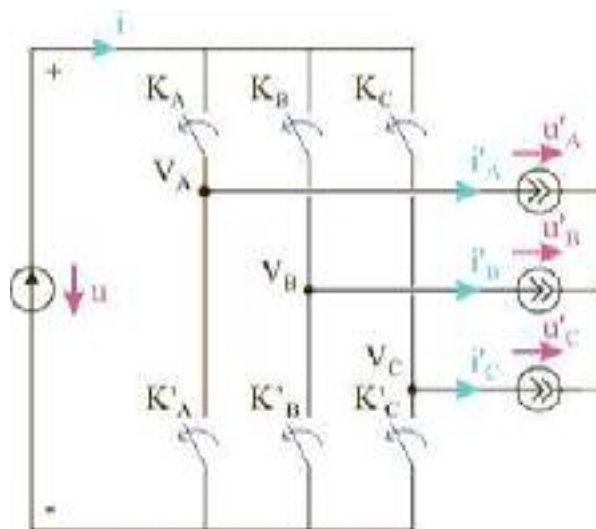


Figura 14

Între tensiunile  $u'_A, u'_B, u'_C$  și potențialele  $V_A, V_B, V_C$  există relațiile

$$V_A - V_B = u'_A - u'_B \quad (3)$$

$$V_A - V_C = u'_A - u'_C \quad (4)$$

$$V_B - V_C = u'_B - u'_C \quad (5)$$

Adunând membru cu membru expresiile (3) și (4), rezultă:

$$2V_A - V_B - V_C = 2u'_A - (u'_B + u'_C)$$

Ținând cont că  $u'_A + u'_B + u'_C = 0$ , rezultă în final

$$2V_A - V_B - V_C = 3u'_A$$

sau

$$u'_A = 2/3 V_A - 1/3 V_B - 1/3 V_C$$

Relații similare se obțin și pentru  $u'_B$  și  $u'_C$ .

Există 8 configurații posibile (figura 15).

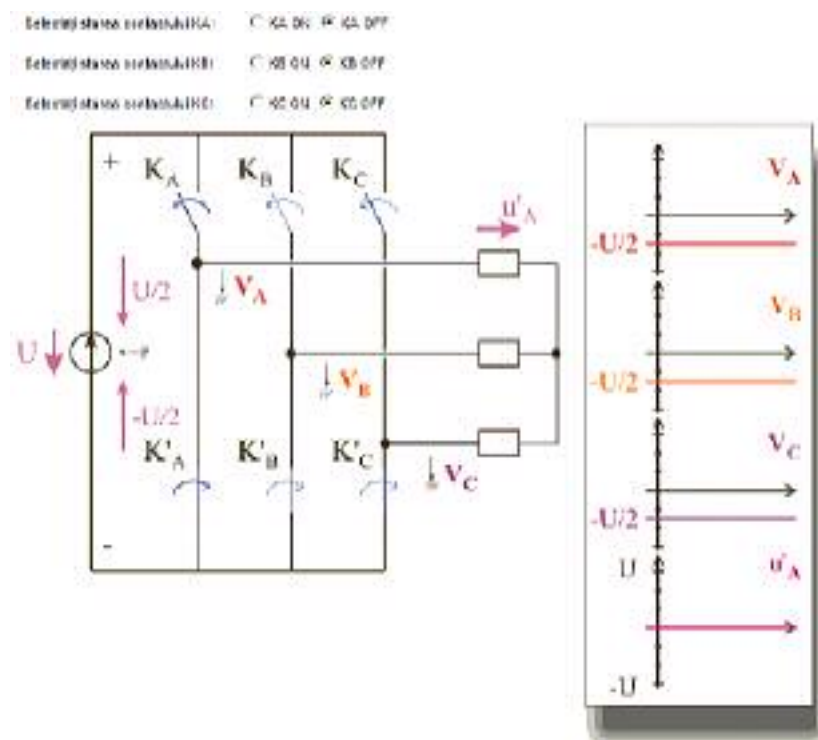


Figura 15

Există 2 posibilități de a obține  $u'_A = u'_B = u'_C = 0$

- fie  $K_A$ ,  $K_B$  și  $K_C$  ON
- fie  $K'_A$ ,  $K'_B$  și  $K'_C$  ON

Diferitele metode (strategii) de comandă ce pot fi obținute, constau în crearea unor anumite succesiuni ale diferitelor configurații posibile ale contactelor, astfel încât să se obțină la ieșire (pe sarcină) o tensiune sau tensiuni alternative (o tensiune este alternativă, dacă este periodică și de valoare medie nulă).