

Lucrarea A11

CONTACTOARE STATICE SI HIBRIDE

Partea a I-a - Contactoare statice de curent alternativ și curent continuu

A. Contactoare statice de curent alternativ

1. Tematica lucrării

- 1.1. Studiul schemei electrice și realizarea montajului.
- 1.2. Oscilografiera curenților din circuitul de c.a., din brațul punții redresoare și din circuitul tiristorului.
- 1.3. Determinarea valorii minime a inductivității pentru a nu se depăși panta admisibilă a curentului prin tiristor.
- 1.4. Calcularea frecvenței maxime (teoretice) de comutație a contactorului.

2. Modul de lucru

2.1. Contactorul static de c.a. se află montat pe panou. Pentru a realiza montajul se vor face legăturile marcate punctat în figura 1.

Contactorul are 3 circuite distincte :

a) circuitul de curent intens format din puntea redresoare cu diodele D_1, D_2, D_3, D_4 , tiristorul T_i (care este elementul de comutație), siguranța ultrarapidă SUR (pentru protecția diodelor și a tiristorului), șunturile S_1, S_2, S_3 , bobina de 40 mH, sarcina și sursa de alimentare.

b) Circuitul pentru comanda tiristorului format din sursa de tensiune continuă 220/7V, rezistența de limitare R2, butonul de deschidere O și dioda D5 (care are rolul de a bloca componenta pulsatorie din circuitul principal pentru circuitul de menținere). Rolul acestui circuit este de a menține tiristorul mereu în conducție după ce a fost amorsat, adică contactorul închis. Rezultă că întreruperea contactorului se va face prin deschiderea circuitului de menținere, lucru care se realizează cu butonul O.

2.2. După ce s-a realizat montajul se vor face câteva manevre (închideri și deschideri) după care se vor oscilografia curenții în cele trei ramuri indicate la punctul 1.2. Se va folosi un osciloscop conectat printr-o priză fără contact de protecție. Este absolut obligatoriu ca schema să fie legată corect la sursă, latura contactorului static să fie conectată la nul 0, iar latura schemei spre sarcină să fie conectată la faza R, așa cum se arată în figura 1.

Formele curenților din diferitele laturi vor fi reproduse pe hârtie milimetrică.

2.3. Tiristorul este sensibil la panta curentului. Dacă se depășește o anumită pantă (dată de catalog) tiristorul se distruge. Pentru limitarea pantei curentului se montează o inductivitate suplimentară în circuit. Dimensionarea ei se face considerând consumatorul rezistiv, iar conectarea se face în momentul trecerii tensiunii prin valoarea de vârf. Datorită intervalului scurt al regimului tranzitoriu de amorsare a tiristorului se poate considera tensiunea constantă.

Ecuția de variație a curentului este în acest caz:

$$i = \frac{\hat{U}}{R} \left(1 - e^{-t \frac{R}{L}} \right) \quad (1)$$

Se determină L din (1) egalând di/dt maxim (în momentul t = 0) cu di/dt admisibil pentru tiristor. Pentru tiristorul din lucrare datele sunt:

$$\frac{di}{dt} \text{ admisibil: } 20 \text{ A}/\mu\text{s}.$$

2.4. Frecvența maximă (teoretică) de comutație se poate determina din valoarea timpului de intrare în conducție (intervalul din momentul aplicării comenzii tiristorului și intrarea sa complet în conducție) și a timpului de cruțare (intervalul între trecerea curentului prin tiristor prin valoarea zero și momentul când se poate aplica o tensiune pozitivă pe care tiristorul o poate bloca).

Se vor considera pentru calcule: - timpul de intrare în conducție 5 μs;

- timpul de cruțare 200 μs.

B. Contactorul static de curent continuu

1. Tematica lucrării

- 1.1. Studiul schemei și realizarea montajului.
- 1.2. Oscilografiera curenților prin tiristor și prin circuitul de stingere, în timpul procesului de blocare.
- 1.3. Calculul frecvenței maxime (teoretice) de comutație a contactorului.

2. Modul de lucru

2.1. Contactorul de c.c. se află montat pe panou. Urmează a se completa cu sarcină și racordul de alimentare (legături marcate punctat în figura 2). De remarcat că spre deosebire de un contactor electromagnetic, la contactorul static trebuie respectată polaritatea. Circuitul de curent intens este format din tiristor T_i , sarcina, inductivitatea de limitare, siguranță ultrarapidă și șuntul S_1 . Dioda D are rolul de a proteja tiristorul contra supratensiunilor generate de energia acumulată în inductanța L . Închiderea contactorului se comandă prin butonul I care aplică semnal pe poarta tiristorului. Circuitul de comandă este format din borna (+), rezistențele de comandă R_1 , R_2 , butonul I , poarta și catodul tiristorului, borna(-). Pentru deschiderea contactorului, se apasă butonul O din circuitul de stingere format din condensatorul C ($2 \mu F$), șuntul S_2 , șuntul S_1 și tiristor. După amorsarea tiristorului condensatorul se încarcă având polaritatea din figură. Prin acționarea lui O condensatorul se descarcă dând naștere, prin tiristor, unui curent de semn contrar cu curentul principal. În momentul în care cei doi curenți sunt egali, curentul prin tiristor este zero și tiristorul se blochează realizând întreruperea circuitului.

2.2. După ce s-a realizat montajul se vor face câteva manevre (închideri și deschideri) după care se vor oscilografia curenții indicați la 1.2. Se va reprezenta pe hârtie milimetrică procesul de închidere și deschidere prin curenții din diferitele laturi (impulsul de comandă, curentul principal, încărcarea condensatorului, descărcarea condensatorului).

2.3. Calculul frecvenței de comutație se face ținând cont de timpul de intrare în conducție, de timpul de cruțare și de durata de încărcare a condensatorului.

Se vede că se poate întrerupe contactorul numai după ce condensatorul de stingere este încărcat. Încărcarea lui începe după ce tiristorul este în conducție și se face prin R_1 .

Se va considera : - timpul de intrare în conducție $5 \mu s$;

- timpul de cruțare $200 \mu s$.

3. Întrebări

1. Comparați contactorul static cu cel electromagnetic din punct de vedere al :

- frecvenței de comutație ;
- prețului de cumpărare ;
- timpul până la distrugere;
- aspecte economice.

2. Indicați câteva domenii în care contactorul static concurează contactorul electromagnetic.

3. Care sunt avantajele și dezavantajele comutației statice în raport cu comutația clasică mecanică?

Partea a II-a - CONTACTORUL HIBRID

1. Tematica lucrării

- 1.1. Identificarea unui model de contactor hibrid, pentru comanda motoarelor asincrone de mare putere în regim greu de funcționare.
- 1.2. Calculul de verificare a elementelor semiconductoare de putere din schema electrică a contactorului.

Se va identifica schema electrică a contactorului hibrid, dată în figura 3 în care:

- CE este contactorul electromagnetic având contactele principale CP₁, CP₂, CP₃;
- Cc este contactorul de comandă;
- SUR₁, SUR₂, SUR₃ sunt siguranțe ultrarapide ;
- T₁, T₂, T₃ sunt tiristoare de tip T 510;
- D₁, D₂, D₃ diode de tip KS 1160;
- 1, 2, 3 sunt relee Reed, cu contacte în vid ;
- T_{r1} - transformator 220/18V care împreună cu puntea redresoare PR1 și condensatorul C₁ constituie o sursă de c.c. de 24V;
- T_{r2} - transformator 380/3,5; 3,5; 3,5V cu trei secundare izolate galvanic, care împreună cu punțile redresoare PR2, PR3, PR4 și condensatoarele C₂, C₃, C₄ constituie un ansamblu de trei surse de c.c.;
- M - motor asincron P = 3kW ; 3 x 380V c.a. 50Hz.

3. Modul de lucru

3.1. Contactorul hibrid este un ansamblu de 2 contactoare - electromagnetic și static, combinând avantajele fiecărui tip.

Modelul studiat are următorii parametri nominali:

$$U_n = 380V \quad ; \quad U_s = 380V \quad ; \quad f = 50Hz \quad ; \quad I_{nt} = 50A$$

$$\text{În regim AC- 4 : } P_{mot} = 4kW \quad ; \quad f_c = 1200 \text{ con/h;}$$

$$\cos\varphi = 0,84 \quad ; \quad h = 84\%$$

Utilizarea contactoarelor hibride se face la comanda motoarelor asincrone de puteri mari, în regimuri grele de funcționare (frecvențe mari de conectare, regim AC-4).

Principial, secvența de manevră este următoarea:

- comutația circuitului o asigură contactorul static; în acest fel nu apare arcul electric și deci se înlătură fenomenele de uzură electrică produse de acesta;
- poziția închis este asigurată de contactorul electromagnetic (curentul trece prin contactele contactorului electromagnetic) pierderile fiind mult reduse în raport cu pierderile în conducție prin elementele semiconductoare.

Funcționarea contactorului hibrid decurge astfel:

- La apăsarea pe butonul I se închide contactorul de comandă care prin contactul C_{C1} acestuia comandă închiderea contactorului principal CE.
- La închiderea contactorului principal CE, în prima parte a cursei echipajului mobil, contactul auxiliar CA comandă închiderea celor trei rele Reed r_1, r_2, r_3 . Contactele ND ale releelor, notate C_{r1}, C_{r2}, C_{r3} asigură comanda de amorsare tiristoarelor T_1, T_2, T_3 . Prin intrarea în conducție a tiristoarelor, contactorul static (format din cele trei grupuri diodă-tiristor) este în poziția închis, iar motorul electric este alimentat de la rețea. Contactul auxiliar CA este decalat mecanic, închizându-se înainte de cele principale, asigurând secvența funcțională corectă. După cca. 4ms de la amorsarea tiristoarelor, se închid contactele principale ale contactorului electromagnetic CE, care preiau conducția curentului, șuntând dispozitivele semiconductoare. Prin aceasta se reduc mult pierderile în conducție, întrucât căderea de tensiune pe contact este de cca. 10mV iar pe un element semiconductor de 0,7 - 1,2 V.
- în poziția închis a contactorului hibrid, curentul trece prin contactele contactorului electromagnetic, iar elementele semiconductoare nu au nevoie de radiatoare, gabaritul și costul acestora fiind sensibil diminuate. În această poziție, comanda pe grilă este menținută, releele Reed fiind închise.

- pentru comanda de deschidere se apasă butonul O, deconectând contactorul de comandă, acesta deconectând la rândul său contactorul principal CE.

- la deschiderea CE, în prima etapă se deschid contactele principale, conducția fiind preluată de contactorul static (tiristoarele sunt amorsate).

- în ultima parte a cursei echipajului mobil al CE se deschide contactul CA, întrerupând comanda de conducție a tiristoarelor. Acestea se blochează la prima trecere a curentului prin zero și realizează deconectarea motorului de la rețea.

Se va conecta montajul la rețea, conform schemei din figura 3 și se vor face câteva manevre închis - deschis obținându-se comutația fără arc electric.

3.2. Calculul de verificare al elementelor semiconductoare se face referindu-se la solicitările în curent și tensiune ale acestora.

Curentul maxim care apare în funcționare, în regim AC-4 este de $I_m = 10 I_{nmot}$, unde I_{nmot} este curentul nominal al motorului comandat:

$$I_{nmot} = \frac{P_{nmot}}{\sqrt{3} \cdot U_n \cdot \eta \cdot \cos\varphi} \quad (2)$$

Se va calcula acest curent și se va verifica relația:

$$I_m < I_{TRMS} \quad \text{cu} \quad I_{TRMS} = 120A \quad (3)$$

Verificarea tensiunii inverse a elementelor semiconductoare se va face folosind relația valorii maxime a tensiunii de restabilire susceptibilă să apară în circuit:

$$u_{rmax} = \frac{1,5 \cdot \gamma \cdot \sqrt{2}}{\sqrt{3}} \cdot U_n \quad (4)$$

în care : U_n - tensiunea nominală a rețelei;
 γ - factorul de oscilație.

Semiconductoarele din schemă au tensiunea inversă: $U_i = 900 \text{ V}$.

Se va verifica dacă: $U_{rmax} < U_i$

4. Întrebări

1. Din ce se compune un contactor hibrid?
2. Justificați necesitatea unui astfel de aparat de comutație.
3. Care sunt solicitările suportate de contactele mecanice în funcționarea

contactorului?

4. Care sunt solicitările în curent și tensiune ale semiconductoarelor?

5. Bibliografie

1. Hortopan, G.: Aparate electrice de comutație, vol II, Editura tehnică, București, 2000.

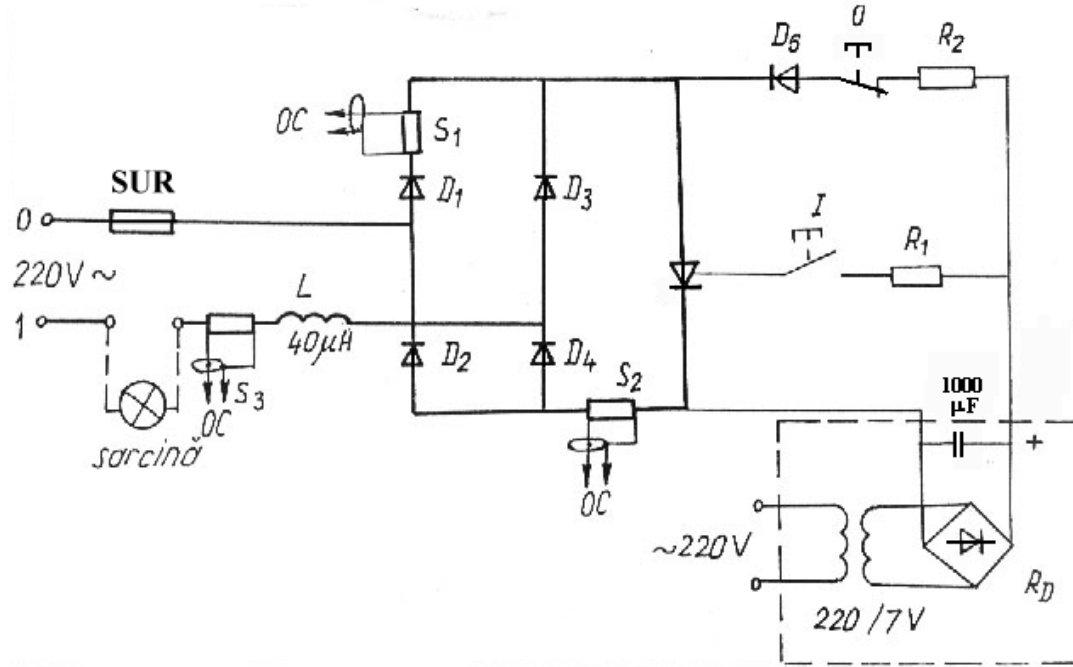


Fig. 1. Schema electrică a contactorului static de c.a.

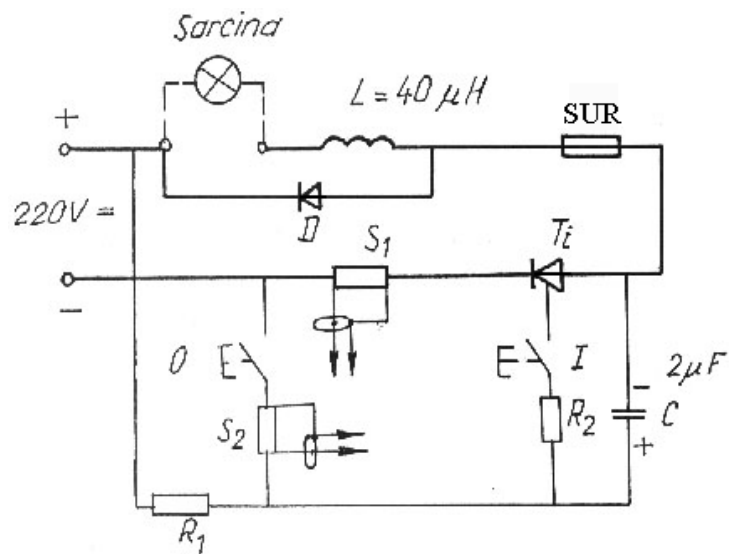


Fig. 2. Schema electrică a contactorului static de c.c.

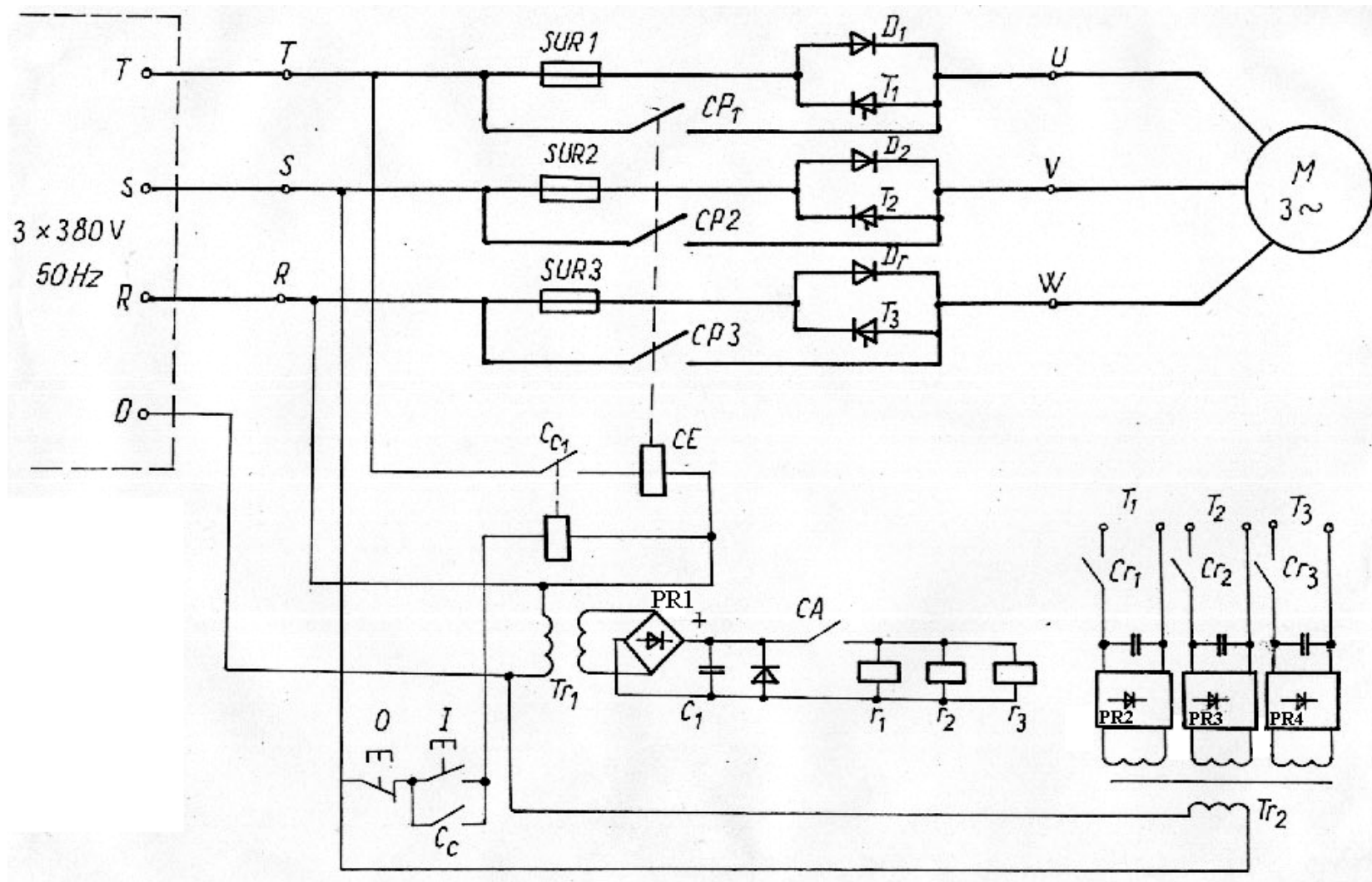


Fig. 3. Schema electrică a contactorului hibrid