

Buruleanu Cristian-Daniel
Grupa 132EA
N = 6

Tema proiectului

Se cere să se proiecteze un separator de tip interior, de medie tensiune, trifazat, cu cutit de punere la pământ, cu următoarele caracteristici:

- tensiune nominală U_n [kV]
- curent nominal I_n [A]
- curent de stabilitate termică I_{t1s} [kA]
- curent de stabilitate dinamică I_d [kA]
- tensiune de ținere la 50 Hz între cuțit și contactul fix U_1 [kV]
- tensiune de ținere la 50 Hz între polii aparatului U_2 [kV]
- tensiune de ținere la impuls între cuțit și contactul fix U_3 [kV]
- tensiune de ținere la impuls între polii aparatului U_4 [kV]

Date nominale:

$$U_n = 35 \text{ [kV];} \quad I_n = 400 \text{ [A];}$$

$$I_{t1s} = 32 \text{ [kA];} \quad I_d = 65 \text{ [kA];}$$

$$U_1 = 118 \text{ [kV];} \quad U_2 = 85 \text{ [kV];}$$

$$U_3 = 225 \text{ [kV];} \quad U_4 = 195 \text{ [kV];}$$

$$k_s = 1,2 \text{ (coeficient de siguranta); } J = 2 \text{ A/mm}^2$$

Aparatele de comutație au rolul de a realiza conexiunile între centralele electrice și liniile de transfer de energie sau între rețelele electrice și consumatorii industriali sau casnici.

Prin aparat de comutație înțelegem un sistem electric sau electromecanic care poate să stabilească sau să întrerupă un circuit electric. Rolul funcțional al acestuia este, pe de o parte, de a dirija fluxul de energie pe bare, linii electrice, rețele de distribuție, de la sursele de energie la receptoare, iar pe de altă parte, de a oferi protecție împotriva suprasarcinilor, scurtcircuitelor și supratensiunilor.

Din punct de vedere structural, aparatele de comutație se împart în două mari categorii:

a) Aparate cu comutație mecanică.

Acestea au în componență cel puțin un element (piesă de contact) mobil pe durata efectuării comutației. Caracteristic acestora este apariția arcului electric între piesele de contact care efectuează comutația, atunci când desigur acestea comută sub sarcină.

b) Aparate cu comutație statică.

Acestea nu au componente în mișcare, iar conducția și întreruperea sunt comandate electronic. În această categorie intră dispozitivele semiconductoare de putere precum dioda, triacul, tiristorul sau tranzistorul, aceste dispozitive nefiind supuse la arc electric în cadrul procesului de comutație.

Separatorul este un aparat electric cu comutație mecanică cu rolul de a asigura în poziție „deschis” distanța de izolație necesară între contacte, iar în poziție „închis” de a suporta curentul nominal și curentul de scurtcircuit prestabilit. Structural este alcătuit din: bornă de intrare, bornă de ieșire, contact fix și contact mobil (cutit de punere la pământ), izolator suport, mecanism de acționare și un șasiu sau structură de montare a acestuia.

Separatoarele pot fi grupate în 4 categorii:

- În funcție de locul de montare:

☐ De interior

☐ De exterior

- În funcție de numărul de faze

☐ Monofazat

☐ Bifazat

☐ Trifazat

- In functie de modul de actionare

☐ Manual

☐ Cu electromagnet

☐ Pneumatic

☐ Cu motor

- In functie de rolul in instalatie

☐ Separator de bare

☐ Separator de sarcina

☐ Separator de punere la pamant

☐ Separator de linie

1.Dimensionarea izolației aparatului:

Alegerea dimensiunilor izolației se face in functie de pozitia izolației in ansamblul aparatului si de necesitatea ca aparatul sa reziste la tensiunile de incercare si impuls cu anumiți coeficienti de siguranta.

Tensiunea de încercare este determinată de cerințele de coordonare a izolației, ceea ce înseamnă un set de măsuri luate pentru evitarea deteriorării echipamentelor electrice cauzate de supratensiuni și in vederea localizarii descarcărilor produse de acestea, atunci cand evitarea lor nu este posibila prin mijloace economice acceptabile.

In cazul separaturului ce urmeaza a fi proiectat, izolația necesara pentru a asigura condițiile de funcționare se distribuie astfel:

- Între contactul fix și cel mobil al fiecărui pol;
- Între polii aparatului;
- Între piesele sub tensiune și pământ ale fiecărui pol;

Asigurarea izolației atât între bornele unui pol, cât și cea externă (în afara izolației între borne)

este deosebit de importantă deoarece străpungerea sau conturnarea acestor izolații pot avea consecințe variate ca gravitate în funcție de tipul și locul izolației în construcția aparatului. Dacă izolația între bornele unui pol se asigură în ulei sau în aer, cu ajutorul materialelor organice stratificate, în cazul conturnării o asemenea izolație nu se mai reface și se ajunge la un defect net. În cazul izolatoarelor de tip interior, se folosesc izolatoare suport de tip interior din pertinax sau porțelan. În cadrul acestei proiectări, se poate folosi un izolator din pertinax cu un electrod cilindric emisferic în partea de sus pentru a uniformiza câmpul electric de-a lungul izolatorului. Armarea interioară a acestuia reduce dimensiunile de gabarit ale izolatorului și poate conduce la o mai bună repartiție a câmpului electric de-a lungul izolatorului..

a) Determinarea distanței în aer, în poziția deschis, între cutit și contactul fix:

- la 50 Hz:

$$a_1 = \frac{k_s * \sqrt{2} * U_1 - 19.8}{4.45} = 40.55 \text{ cm} \cong 41 \text{ cm}$$

-la impuls:

$$a_3 = \frac{k_s * U_3 - 4.5}{5.7} = 39.47 \text{ cm} \cong 40 \text{ cm}$$

➤ Se va alege dimensiunea cea mai mare, în acest caz $a_1 = 41 \text{ cm}$;

b) Determinarea distanței în aer, între polii aparatului:

- la 50 Hz:

$$a_1 = \frac{k_s * \sqrt{2} * U_2 - 19.8}{4.45} = 27.96 \text{ cm} \cong 28 \text{ cm}$$

-la impuls:

$$a_3 = \frac{k_s * U_4 - 4.5}{5.7} = 33.15 \text{ cm} \cong 34 \text{ cm}$$

- Se va alege dimensiunea cea mai mare, în acest caz $a_4=34$ cm

c) Determinarea lungimii liniei de conturare pe izolatorul suport:

- la 50 Hz:

$$a'_2 = \frac{k_s * U_2 - 20}{3.35} = 24.47 \text{ cm} \cong 25 \text{ cm}$$

-la impuls:

$$a'_4 = \frac{k_s * U_4 - 60}{5.2} = 33.46 \text{ cm} \cong 34 \text{ cm}$$

- Se va alege dimensiunea cea mai mare, în acest caz $a'_4=34$ cm

Această etapă este necesară pentru a evita deteriorarea aparatului, proiectantul trebuie să asigure izolarea. Descărcarea se poate face prin volumul dielectricului sau străpungere prin aer (conturare) – izolatorul nu se strică. Deoarece izolatorul este de tip interior, se folosesc izolatoare suport de tip interior din pertinax sau porțelan cu un electrod cilindric emisferic în partea de sus pentru a uniformiza câmpul electric de-a lungul izolatorului.

2. Calea de curent:

Calea de curent este alcătuită din două părți:

- parte reprezentată de contactul fix al aparatului – borna
- a două parte reprezentată de contactul mobil al aparatului – două cuțite.

Se va determina secțiunea transversală atât a bornei cât și a cuțitului, astfel:

$$\text{- secțiunea transversală a bornei } A_B = \frac{I_n}{J} [\text{mm}^2]$$

$$\text{- secțiunea transversală a unui cuțit } A_C = 1.25 \frac{I_n}{2J} [\text{mm}^2]$$

unde I_n este curentul nominal, iar J reprezintă densitatea de curent

Considerând o densitate de curent $J = 2 \frac{\text{A}}{\text{mm}^2}$, obținem:

$$\text{- aria bornei } A_B = \frac{I_n}{J} = \frac{400}{2} = 200 [\text{mm}^2]; A_B = x_B \times y_B = 5 \times 40 [\text{mm}^2]$$

- aria cuțitului $A_C = 1,25 \frac{In}{2J} = 1,25 * \frac{400A}{2 * 2 \frac{A}{mm^2}} = 125 [mm^2]$; $A_C = x_C \times y_C = 5 \times 25 [mm^2]$

3. Forță de apăsare în contact :

Contactul electric reprezintă un ansamblu de două piese prin a căror atingere se realizează conducția în circuit, cele două piese se apasă cu o forță printr-un resort (tijă metalică), o eroare poate duce la o avarie iar materialele trebuie să aibă anumite proprietăți (conductivitate, rezistență mecanică, rezistență la arc electric etc) motiv pentru care sunt acoperite piesele cu cupru argintat.

Pentru separatorul ce se dorește a fi proiectat, contactul este de cupru argintat.

Se admite inițial o forță specifică $F_o = (15 \div 25) \frac{gf}{A}$

Considerând $F_0 = 20 \text{ gf/A}$;

Forța de apăsare a unui loc de contact este determinată de următoarea relație:

$$F_1 = 3.5 * 20 * \frac{In}{2} = 14Kgf$$

- Se va considera $F_1 = 14Kgf$ (conform condiției de nelipire a contactelor) pentru rezultatele obținute mai mici de 14Kgf.

4.Verificarea la incalzire a caii de curent

Prin constructia sa, un aparat electric de comutatie are o structura neomogena. Astfel, in structura aparatului intra cai de curent din cupru sau alama, bobine realizate din conductoare de cupru emailat, camere de stingere realizate din placi feromagnetice asamblate cu ajutorul unori pereti electroizolanti. Din cauza neomogenitatilor structurale a aparatului si a surselor de caldura plasate neregulat in diferite componente ale aparatului, intr-un regim de functionare dat au loc transferuri de caldura din zonele cu temperaturi mai ridicate in cele cu temperaturi mai scazute. Temperaturile maxime atinse de aparatele electrice de comutatie sau de componentele acestora, depinde, pe de o parte, de cantitatea de caldura dezvoltate, iar pe de alta parte, de cantitatea de caldura transferata.

- a) Incalzirea bornei, la trecerea curentului nominal, va fi determinata cu ajutorul relatiei:

$$\theta_{maxB} = \frac{\theta_{0maxB}}{1 - \alpha_R \cdot \theta_{0maxB}}$$

unde

$$\theta_{\max B} = \frac{\rho \cdot J^2 \cdot A_B}{\alpha \cdot l_{p_B}} \rightarrow \text{supratemperatura bornei considerand ca rezistivitatea nu variaza cutemperatura}$$

$$\alpha_R = 4.1 \cdot 10^{-3} \text{ grd}^{-1} \rightarrow \text{coeficientul de variatie al rezistivitatii cu temperatura}$$

$$\rho = \rho_{80} = \rho_{20} \cdot [1 + \alpha_R(80-20)] = 1.75 \cdot 10^{-8} \cdot [1 + 4.1 \cdot 10^{-3} \cdot (80-20)] = 2.18 \cdot 10^{-8} [\Omega \cdot m] - \text{rezistivitatea argintului la } 80^\circ\text{C (se consideră că temperatura bornei nu depășeste } 80^\circ\text{C)};$$

$$\rho_{20} = 1.75 \cdot 10^{-8} [\Omega \cdot m] \rightarrow \text{rezistivitatea la } 20^\circ\text{C}$$

$$\alpha = 8 [W/m^2 \text{ grd}] \rightarrow \text{transmisivitatea totala}$$

$$l_{p_B} = 2 \cdot (x_B + y_B) \cdot 10^{-3} = 2 \cdot (5+40) \cdot 10^{-3} = 0.09 \text{ m} \rightarrow \text{lungimea periferica a bornei}$$

$$\theta_{0\max B} = \frac{\rho \cdot J^2 \cdot A_B}{\alpha \cdot l_{p_B}} = \frac{2.18 \cdot 10^{-8} \cdot 4 \cdot 10^{12} \cdot 200 \cdot 10^{-6}}{8 \cdot 0.09} = 24.2^\circ\text{C}$$

$$\theta_{\max B} = \frac{\theta_{0\max B}}{1 - \alpha_R \cdot \theta_{0\max B}} = \frac{24.2}{1 - 4.1 \cdot 10^{-3} \cdot 24.2} = 26.86^\circ\text{C}$$

$$\text{Temperatura mediului ambiant este } \theta_{\text{ma}} = 40^\circ\text{C}$$

$$\text{Temperatura bornei este } \theta_B = \theta_{\max B} + \theta_{\text{ma}} = 26.86 + 40 = 66.86^\circ\text{C}$$

b) Incalzirea unui cutit, la trecerea curentului nominal, va fi determinata cu ajutorul relatiei:

$$\theta_{\max C} = \frac{\theta_{0\max C}}{1 - \alpha_R \cdot \theta_{0\max C}}$$

unde

$$\theta_{0\max C} = \frac{\rho \cdot J^2 \cdot A_C}{\alpha \cdot l_{p_C}} \rightarrow \text{supratemperatura cutitului considerand ca rezistivitatea nu variaza cutemperatura}$$

$$\alpha_R = 4.1 \cdot 10^{-3} \text{ grd}^{-1} \rightarrow \text{coeficientul de variatie al rezistivitatii cu temperatura}$$

$$\rho = \rho_{80} = \rho_{20} \cdot [1 + \alpha_R(80-20)] = 1.75 \cdot 10^{-8} \cdot [1 + 4.1 \cdot 10^{-3} \cdot (80-20)] = 2.18 \cdot 10^{-8} [\Omega \cdot m] -$$

rezistivitatea argintului la 80°C (se consideră că temperatura cuțitului nu depășeste 80°C);

$$\rho_{20} = 1.75 \cdot 10^{-8} [\Omega \cdot m] \rightarrow \text{rezistivitatea la } 20^\circ\text{C}$$

$$\alpha = 8 [W/m^2 \text{ grd}] \rightarrow \text{transmisivitatea totala}$$

$$l_{p_C} = 2 \cdot (x_C + y_C) \cdot 10^{-3} = 2 \cdot (5+25) \cdot 10^{-3} = 0.06 \text{ m} \rightarrow \text{lungimea periferica a bornei}$$

$$\theta_{0\max C} = \frac{\rho \cdot J^2 \cdot A_C}{\alpha \cdot l_{p_C}} = \frac{2.18 \cdot 10^{-8} \cdot 4 \cdot 10^{12} \cdot 125 \cdot 10^{-6}}{8 \cdot 0.06} = 22.7^\circ\text{C}$$

$$\theta_{\max C} = \frac{\theta_{0\max C}}{1 - \alpha_R \cdot \theta_{0\max C}} = \frac{22.7}{1 - 4.1 \cdot 10^{-3} \cdot 22.7} = 25.03^\circ\text{C}$$

Temperatura mediului ambiant este $\theta_{ma} = 40^\circ\text{C}$

Temperatura cutitului este $\theta_c = \theta_{\max C} + \theta_{ma} = 25.03 + 40 = 65.03^\circ\text{C}$

c) Incalzirea bornei la curentul limita termic

Curentul de stabilitate termica este curentul pe care un aparat electric il poate suporta un anumit timp stabilit de constructor, fara a depasi limitele de incalzire.

Incalzirea bornei la curentul limita termic se verifica cu relatia:

$$J_{tB} \cdot A_B < I_{t1s}$$

unde

$$J_{tB} = \sqrt{\frac{c_1}{k_a \cdot \alpha_r \cdot \rho_0 \cdot t} \cdot \ln \frac{1 + \alpha_r \cdot (\theta_B + \theta_{sc})}{1 + \alpha_r \cdot \theta_B}}$$

$c_1 = 3,76 \cdot 10^6 [W \cdot s / m^3 \cdot \text{grad}] \rightarrow$ reprezinta caldura specifica volumica

$k_a = 1,1 \rightarrow$ coeficientul de crestere al rezistentei datorita efectului pelicular

$t = 1s \rightarrow$ reprezinta durata prestabilita a scurtcircuitului

$\rho_0 = 1,457 \cdot 10^{-8} [W \cdot m] \rightarrow$ rezistivitatea argintului la 0°C

$\theta_B + \theta_{sc} = 200^\circ\text{C} \rightarrow$ temperatura bornei in regim de scurtcircuit

$$J_{tB} = \sqrt{\frac{3.76 \cdot 10^6}{1.1 \cdot 4.1 \cdot 10^{-3} \cdot 1.457 \cdot 10^{-8}} \cdot \ln \frac{1 + 4.1 \cdot 10^{-3} \cdot 200}{1 + 4.1 \cdot 10^{-3} \cdot 66.86}} = 1.42 \cdot \frac{10^8 A}{m^2}$$

$$J_{tB} \cdot A_B < I_{t1s} \Rightarrow 1.44 \cdot 10^8 \cdot 200 \cdot 10^{-6} = 2.88 \cdot 10^4 = 28800 < 32000 A (A)$$

In concluzie, dimensiunea bornei astfel incat aceasta sa reziste la incalzire atat la trecerea curentului nominal cat si la curentul limita termic, fara a exista pericolul de deteriorare a acesteia sau fara a fi depasite limitele de incalzire, este $A_B = x_B \times y_B = 5 \times 40 [mm^2] = 200 [mm^2]$.

d) Incalzirea unui cutit la curentul limita termic:

Se verifica cu relatia $J_{tc} \cdot A_C < I_{t1s}$

unde:

$$J_{tc} = \sqrt{\frac{c_1}{k_a \cdot \alpha_r \cdot \rho_0 \cdot t} \cdot \ln \frac{1 + \alpha_r \cdot (\theta_c + \theta_{sc})}{1 + \alpha_r \cdot \theta_c}} [A/mm^2]$$

$c_1=3,76 \cdot 10^6 [W \cdot s/m^3 \cdot grd]$ reprezinta caldura specifica volumica

$k_a=1,1$ coeficientul de crestere al rezistentei datorita efectului pelicula

$t=1s$ reprezinta durata prestabilita a scurtcircuitului

$\rho_0=1,457 \cdot 10^{-8} [W \cdot m]$ rezistivitatea argintului la $0^\circ C$

$\theta_c + \theta_{sc}=200^\circ C$ temperatura cutitului in regim de scurtcircuit

Vom lua in considerare o densitate de curent de $J=2 A/mm^2$.

❖ Pentru $J=2 A/mm^2$.

-aria cuțitului $A_C = 1,25 \frac{In}{2J} = 1,25 \frac{400}{2 \cdot 2} = 125 [mm^2]$; $A_C = x_C \times y_C = 5 \times 25 [mm^2]$

$$J_{tc} = \sqrt{\frac{3.76 \cdot 10^6}{1.1 \cdot 4.1 \cdot 10^{-3} \cdot 1.457 \cdot 10^{-8}} \cdot \ln \frac{1 + 4.1 \cdot 10^{-3} \cdot 200}{1 + 4.1 \cdot 10^{-3} \cdot 65.03}} = 1.44 \cdot 10^8$$

$$J_{tc} \cdot A_C = 1.44 \cdot 10^8 \cdot 5 \cdot 25 \cdot 10^{-6} = 1.8 \cdot 10^4 \cong 18000 < 32000 A (A)$$

5. Forte electrodinamice:

Acestea produc două tipuri de solicitări – forța tăietoare: poate rupe elementul, și momentul de încovoiere: apare în secțiunea transversală și modifică forma

$$F_{el_din_c} = \frac{\mu_0}{2 \cdot \pi} \cdot \left(\frac{I_d}{2}\right)^2 \cdot \frac{l}{a} \cdot \varphi(f) [N]$$

$\mu_0=4 \cdot \pi \cdot 10^{-7}$ permeabilitatea relativa

I_d reprezinta curentul de stabilitate dinamica

$l[m]$ este lungimea unui cutit

a =distanța între cutitele unui pol

$\varphi(f) = \frac{a^2}{h^2} \cdot \left[\frac{2 \cdot h}{a} \cdot \arctg \frac{h}{a} - \ln \left(1 + \frac{h^2}{a^2} \right) \right]$ si reprezinta factorul de corectie care tine seama de configuratiile conductoarelor

$$\sin 45 = \frac{a_1}{l} \leftrightarrow \frac{\sqrt{2}}{2} = \frac{a_1}{l} \text{ rezulta } l = \frac{2 \cdot a_1}{\sqrt{2}} = \frac{2 \cdot 40.55}{\sqrt{2}} = 57.34[\text{mm}] = 0.05734[\text{m}]$$

$$a = y_B + 2 \cdot \frac{b}{2} = 40 + 5 = 45[\text{mm}] = 0.045\text{m unde } b = x_c \text{ si reprezinta grosimea unui cutit}$$

$h = 12.5 [\text{mm}]$ si reprezinta inaltimea unui cutit

$$\frac{b}{h} = \frac{5}{12.5} = 0.4 \text{ iar } \frac{a-b}{b+h} = \frac{45-5}{5+12.5} = 2.28$$

$$\varphi(f) = \frac{45^2}{12.5^2} \left[\frac{2 \cdot 12.5}{45} \cdot \arctg \frac{12.5}{45} - \ln \left(1 + \frac{12.5^2}{45^2} \right) \right] = 0.987$$

$$F_{el_din_c} = \frac{4\pi \cdot 10^{-7}}{2\pi} \cdot \left(\frac{65 \cdot 10^3}{2} \right)^2 \cdot \frac{0.5734}{0.045} \cdot 0.987 = 2656.8\text{N} = 270.89\text{Kgf}$$

Fora electrodinamica exercitata intre doi poli (doua faze) se determina cu ajutorul relatiei:

$$F_{el_din_p} = 1,615 \cdot c_1 \cdot I^2 = 1,615 \cdot \frac{\mu_0}{2 \cdot \pi} \cdot \frac{l}{a} \cdot \left(\frac{I_d}{\sqrt{2}} \right)^2 [\text{N}]$$

Deoarece distanta intre conductoarele 1 si 2 este egala cu distanta intre conductoarele 2 si 3, rezulta ca $C_2 = 0.5 \cdot C_1$ si forte respective sunt:

$$F_a = 0,115 \cdot C_1 \cdot I^2 \text{ forta de atragere fata de conductoarele 1 si 3} = 83.26\text{N} = 8.49\text{Kgf}$$

$$F_r = -1,615 \cdot C_1 \cdot I^2 \text{ forta de respingere fata de conductoarele 1 si 3} = -1169.31\text{N} = -119.23\text{Kgf}$$

Prin urmare forta de respingere este de aproximativ 14 ori mai mare fata de forta de atragere.

Fora este maxima si de respingere pentru conductorul din margine.

$$F_{el_din_p} = 1,615 \cdot \frac{\mu_0}{2 \cdot \pi} \cdot \frac{l}{a} \cdot \left(\frac{I_d}{\sqrt{2}} \right)^2 = \frac{1.615 \cdot 4\pi \cdot 10^{-7}}{2\pi} \cdot \frac{0.5734}{33.46 \cdot 10^{-2}} \cdot \left(\frac{65 \cdot 10^3}{\sqrt{2}} \right)^2 = 1169.31\text{N} = 119.34\text{Kgf}$$

În concluzie, cunoașterea forțelor electrodinamice determină limita aparatului în ceea ce constau deformările produse de forțele calculate la această etapă.

6. Verificarea contactului

În cadrul acestui proiect urmărim următoarele condiții: să nu se încălzească excesiv contactul, să nu se topească și să nu se lipească, să reziste la arcul electric și la uzura mecanică exprimată prin închideri și deschideri repetate.

a) Verificarea contactului in regim de scurtcircuit

Se considera ca fiecare cutit formeaza cu elementul fix al bornei un contact plan. Rezistenta de contact in prezenta curentului limita termic se determina astfel:

$$R = c \cdot F^{-m}$$

unde $F \approx F_1 + \frac{F_{el_din_c}}{2} - \frac{F_{el_din_p}}{4}$ relatie aproximativa deoarece $F_{el_din_c}$ si $F_{el_din_p}$ sunt valori maxime ale unor vectori defazati in timp.

$c = 70 \cdot 10^{-6}$ si $m = 1$ coeficienti de material

$$F = F_1 + \frac{F_{el_din_c}}{2} - \frac{F_{el_din_p}}{4} = 14 + \frac{270.89}{2} - \frac{119.34}{4} = 119.61 \text{ Kgf}$$

reprezinta forta de apasare in contact in regim de scurtcircuit

$$R = 70 \cdot 10^{-6} \cdot 119.61^{-1} = 5.852 \cdot 10^{-7} [\Omega]$$

Numarul punctelor de contact :

$$n = \frac{\rho^2 \cdot \pi \cdot \xi \cdot H}{4 \cdot c^2} \cdot F^{2m-1}$$

unde :

$\rho = \rho_{80} = \rho_{20} \cdot [1 + \alpha_R (80 - 20)]$ rezistivitatea argintului la 80°C (se considera ca temperatura cutitului nu depaseste 80°C)

$\rho_{20} = 1,75 \cdot 10^{-8} [\Omega \cdot m]$ rezistivitatea la 20°C

$\xi = 0,5$ coeficientul lui Prandtl

$H = 4500 [\text{kgf}/\text{cm}^2]$ duritatea argintului

$c = 70 \cdot 10^{-6}$ si $m = 1$ coeficienti de material

$$n = \frac{(2.18 \cdot 10^{-8})^2 \cdot \pi \cdot 0.5 \cdot 4500 \cdot 10^4}{4 \cdot (70 \cdot 10^{-6})^2} \cdot 119.61 \cong 206 \text{ puncte}$$

$$\text{Raza unui cerc de contact este } a = \sqrt{\frac{F}{n \cdot \pi \cdot \xi \cdot H}} = \sqrt{\frac{119.61}{206 \cdot \pi \cdot 0.5 \cdot 4500}} = 0.0908 \text{ mm}$$

Aria totala de contact a microsuprafetelor este $A = n \cdot \pi \cdot a^2 = 206 \cdot \pi \cdot 0.0908^2 = 5.309 [\text{mm}^2]$

Aria aparenta de contact este aria transversala a unui cutit $A_C = 125 \text{ [mm}^2\text{]}$

Se observa ca $A \cong 4\%$ din A_C , rezulta ca procesul trecerii curentului prin microsuprafete nu este interinfluentabil.

Fora de repulsie in contact se dermina cu relatia:

$$F_y = 1,02 \cdot \left(\frac{I_d}{2 \cdot n}\right)^2 \cdot \ln \frac{c}{a} \cdot 10^{-8} \text{ [Kgf]}$$

unde :

$$C = \sqrt{\frac{A_C}{n \cdot \pi}} = \sqrt{\frac{125 \cdot 10^{-6}}{205 \cdot \pi}} = 0.00044$$

$$F_y = 1.02 \cdot \left(\frac{65 \cdot 10^3}{410}\right)^2 \cdot \ln \frac{0.00044}{0.0908 \cdot 10^{-3}} = 0.000404N$$

b) Verificarea contactului in regim nominal

Rezistenta unui loc de contact la trecerea curentului nominal se determina cu relatia

$$R_n = c \cdot F^{-m}$$

unde :

$F = F_1 = 14 \text{ [Kgf]}$ forta de apasare in contact determinata anterior

$$R_n = 5 \cdot 10^{-6} \text{ ohm}$$

Incalzirea contactului in regim nominal se determina pornind de la legea lui Wiedemann-Franz-Lorenz:

$$T_\theta = \sqrt{\frac{U^2}{4 \cdot L}} - T_\theta^2$$

unde :

T_θ este temperatura de topire a metalului

$U = R_n \cdot \frac{I_n}{2}$ reprezinta caderea de tensiune pe contact necesara topirii metalelor

$L = 2.4 \cdot 10^{-8} \text{ (V/K)}^2$ cifra lui Lorenz

$T_0 = 273.15 + \theta_B$ [°K] temperatura contactului fix în °K = $273.15 + 66.86 \cdot C = 340.01 K$

$U = 0.001$ [V]

$$T_{\theta} = \sqrt{\frac{0.001^2}{2.4 * 10^{-8} * 4}} + 340.01^2 = 340.02532$$

Încălzirea contactului este $T_{\theta} - T_0 = 0.01532$ [°K] neglijabilă.

În această etapă am eliminat pericolul de lipire a contactelor prin folosirea unor metale cu punct de topire redus deoarece acestea au o tendință de lipire datorită temperaturii de topire și căderii de tensiune mare.

