

ТЕХНИЧЕСКИ УНИВЕРСИТЕТ - СОФИЯ

КУРСОВ ПРОЕКТ

по

Безконтактни апарати и преобразуватели

Проектиране на безконтактен прекъсвач за
променливо напрежение

Изготвил: Цветелин Качов
фак. N 02027081
14 гр. 4 курс

Ръководител: проф. Минчев

София, 2002

Задание:

Номинално напрежение:

$$U_H := 380V$$

Номинален ток:

$$I_H := 80A$$

Честота:

$$f_{MP} := 60Hz$$

$$\omega := 2 \cdot \pi \cdot f_{MP}$$

$$\omega = 376.991 s^{-1}$$

Комутационна възможност:

$$\kappa_B := 12$$

$$I_B := \kappa_B \cdot I_H$$

$$I_B = 960A$$

$$\kappa_M := 10$$

$$I_M := \kappa_M \cdot I_H$$

$$I_M = 800A$$

$$\cos\varphi_{min} := 0.3$$

$$\cos\varphi_{max} := 0.95$$

Номинално напрежение на изолацията:

$$U_{isol} := 660V$$

Допълнителни:

Защитни устройства:

пренапрежение,
претоварване, к.с.

Степен на защита, съгласно БДС 3443-65:

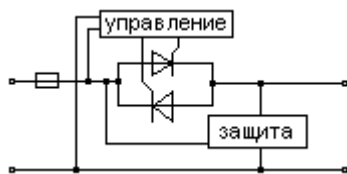
$$IP := "IP00"$$

Температура на околната среда:

$$\tau_{OC} := 40C$$

1. Избор на схеми на прекъсвача

Избирам схема с противоположно свързани ключови елементи, в частност тиристори.



2. Избор на полупроводникови елементи

2.1. Избор по напрежение

Номинално напрежение: $U_H = 380\text{ V}$

Максимална стойност на напрежението:

$$U_{H.\max} := \sqrt{2} \cdot U_H \quad U_{H.\max} = 537.401\text{ V}$$

Максимално напрежение с резерв: $1.1 \cdot U_{H.\max} = 591.141\text{ V}$

2.2. Избор по ток

Номинален ефективен ток през прекъсвач: $I_H = 80\text{ A}$

Номинален среден ток през прекъсвача: $I_{\text{ср.н}} := \frac{I_H}{1.11} \quad I_{\text{ср.н}} = 72.072\text{ A}$

$$I_{\max} := \sqrt{2} \cdot I_H \quad I_{\max} = 113.137\text{ A}$$

Номинален ефективен ток през единия полупериод (тиристор):

$$I_{\text{тр.1}} := 0.7 \cdot I_H \quad I_{\text{тр.1}} = 56\text{ A}$$

Номинален среден ток през един полупериод (тиристор):

$$I_{\text{тр.1ср.}} := 0.45 \cdot I_H \quad I_{\text{тр.1ср.}} = 36\text{ A}$$

Избирам от каталога на фирма "Semikron, Силовие полупроводници '90" тиристорен модул SEMIPACK SKKT 41/12D (page B1-1) изграден от два последователно свързани тиристора със средна точка със следните данни:

Среден ток в открито състояние:

$$I_{\text{TAV}} := 48\text{ A} \quad I_{\text{TAV}} > I_{\text{тр.1ср.}}$$

условието = "е изпълнено"

Неповтарящо импулсно обратно напрежение: $V_{\text{RSM}} := 1300\text{ V}$

Повтарящо импулсно право и обратно напрежение в закрито състояние:

$$V_{\text{DRM}} := 1200\text{ V} \quad V_{\text{RRM}} := V_{\text{DRM}} \quad V_{\text{DRM}} > 1.1 \cdot U_{H.\max}$$

условието = "е изпълнено"

Прагово напрежение: $V_{TO} := 1V$

Динамично съпротивление в включено състояние:

$$r_T := 4.5 \cdot 10^{-3} \Omega$$

Интеграл на гранично претоварване: $i_2 t := 5000 \frac{A^2}{s}$

Аналитични коефициенти на преходното топлино съпротивление:

$$R_t := \begin{pmatrix} 0.1798 \\ 0.2443 \\ 0.1083 \\ 0.07242 \\ 0.03671 \\ 0.008477 \end{pmatrix} \frac{C}{W} \quad \tau_t := \begin{pmatrix} 0.91618 \\ 0.38021 \\ 0.24726 \\ 0.061816 \\ 0.017240 \\ 0.0001 \end{pmatrix} s$$

Проверка на условията и режима на работа на тиристорите

Загуби във включено състояние:

$$k_\phi := \frac{\pi}{2} \quad k_\phi = 1.571$$

$$P_{T.вкл} := V_{TO} \cdot I_{Tr.1ср.} + r_T \cdot k_\phi^2 \cdot I_{Tr.1ср.}^2 \quad P_{T.вкл} = 50.39 W$$

Загуби при включване:

$$t_{вк} := 1 \cdot 10^{-6} s \quad K_{ТВ} := 0.06$$

$$P_{ТВ} := K_{ТВ} \cdot U_{H.max} \cdot I_{max} \cdot f_{MP} \cdot t_{вк} \quad P_{ТВ} = 0.219 W$$

Загуби при изключване:

$$K_{ТУ} := 0.2 \quad K_{П} := 1.5A \quad \gamma := 7$$

$$t_{изк} := 100 \cdot 10^{-6} s \quad U_{обр.max} := U_{H.max}$$

$$P_{ТИ} := K_{ТУ} \cdot K_{П} \cdot U_{обр.max} \cdot t_{изк} \cdot f_{MP} \cdot \sin(\gamma) \quad P_{ТИ} = 0.636 W$$

$$P_T := P_{ТИ} + P_{ТВ} + P_{T.вкл} \quad P_T = 51.244 W$$

2.4. Проверка на комутационна възможност

$$\varphi_{\max} := \arccos(\cos \varphi_{\min}) \quad \varphi_{\max} = 1.266$$

$$\varphi_{\min} := \arccos(\cos \varphi_{\max}) \quad \varphi_{\min} = 0.318$$

$$T_{\text{mp}} := \frac{1}{f_{\text{mp}}} \quad T_{\text{mp}} = 0.017 \text{ s}$$

Определяме времето от началото на токовия полупериод до началото на следващия положителен напрежителен полупериод.

$$t_{\text{кр}} := (2\pi - \varphi_{\max}) \frac{1}{\omega} \quad t_{\text{кр}} = 0.013 \text{ s} \quad t_{\text{кр}} := 1000 \cdot t_{\text{кр}}$$

$$I := k_{\text{и}} \cdot I_{\text{max}} \quad I = 1.131 \times 10^3 \text{ A}$$

Температура на кристала в момента на повторно подаване на положително напрежение от следващият период:

$$\tau_{\text{п}} := \sum_{t=1\text{s}}^{9\text{s}} \left[V_{\text{TO}} \cdot I \cdot \sin\left(\frac{\omega \cdot t}{1000}\right) + r_{\text{T}} \cdot \left(I \cdot \sin\left(\frac{\omega \cdot t}{1000}\right) \right)^2 \right] \cdot \left[\sum_{m=0}^5 R_{\text{tm}} \cdot e^{\frac{-(t_{\text{кр}}-t-1\text{s})}{\tau_{\text{tm}} \cdot 1000}} \right]$$

$$\tau_{\text{п}} := \tau_{\text{ос}} + \tau_{\text{п}}$$

$$\tau_{\text{п}} = 112.527 \text{ C}$$

От фиг.3 (стр. 12) определям изменението на нулевото напрежение на включване:

$$u'_{\text{во}} := 0.96$$

$$V_{\text{DRM}} \cdot u'_{\text{во}} = 1.152 \times 10^3 \text{ V}$$

$$V_{\text{DRM}} \cdot u'_{\text{во}} > 1.1 \cdot U_{\text{н. max}}$$

$$1.1 \cdot U_{\text{н. max}} = 591.141 \text{ V}$$

условието = "е изпълнено"

Тиристорът ще може да бъде управляем през следващия полупериод.

2.5. Топлинни изчисления. Определяне на охладителя

Топлинно съпротивление преход - корпус (при sin. 180 за един модул):

$$R_{\text{thjc}} := 0.35 \frac{\text{C}}{\text{W}} \quad R_{\text{ТВТ}} := R_{\text{thjc}}$$

Топлино съпротивление корпус - охладител (за един модул):

$$R_{thch} := 0.1 \frac{C}{W} \quad R_{к.охл} := R_{thch}$$

брой модули (тиристоры) на радиатор: $n_T := 1$

$$R_{охл} := \frac{\tau_{п} - \tau_{ос} - n_T \cdot P_T \cdot (R_{thjc} + R_{thch})}{P_T} \quad R_{охл} = 0.965 \frac{C}{W}$$

избирам охладител тип: P3/180 за него $R_{охл} := 0.157 \frac{C}{W}$

$$\tau := \tau_{ос} + n_T \cdot P_T \cdot (R_{ТВТ} + R_{к.охл} + R_{охл}) \quad \tau = 71.105 C < 125 C$$

на база на получените резултати избирам термична защита тип: SKT40-K1.1

3. Проектиране на защита срещу къси съединения

За защита от къси съединения, избирам стопяем предпазител с интеграл на гранично претоварване по-голям от този на тиристора (i^2t):

$$i^2t = 5 \times 10^3 \frac{A^2}{s}$$

Избирам стопяем предпазител тип: PC63

4. Проектиране на защита срещу пренапрежения

$$\text{За } \phi := \phi_{\max}$$

$$P_H := U_H \cdot I_H \cdot \cos(\phi) \quad P_H = 9.12 \times 10^3 W$$

$$Z := U_H^2 \cdot \frac{\cos(\phi)}{P_H} \quad Z = 4.75 \Omega$$

$$R := Z \cdot \cos(\phi) \quad R = 1.425 \Omega$$

$$L := \sqrt{\frac{Z^2 - R^2}{\omega^2}} \quad L = 0.012 H$$

$$i'_{вкл} := \left(\frac{di}{dt} \right)_{вкл}$$

$$i'_{вкл} := \sqrt{2} \cdot U_H \cdot \frac{1.1}{L} \quad i'_{вкл} = 4.918 \times 10^4 \frac{A}{s}$$

$$i'_{изкл} := \left(\frac{di}{dt} \right)_{изкл}$$

$$i'_{изкл} := \omega \cdot \sqrt{2} \cdot I_H \cdot K_H \quad i'_{изкл} = 4.265 \times 10^5 \frac{A}{s}$$

Отчитам заряд на възтановяване от (Fig. 5a) в каталога на фирма Semikron:

$$Q_{ост} := 45 \cdot 10^{-6} A \cdot s, [C] \quad Q_{гг} := Q_{ост}$$

$$I_{\text{обр.м}} := \sqrt{2 \cdot Q_{\text{ост}} \cdot i'_{\text{изкл}}} \quad I_{\text{обр.м}} = 6.196 \text{ A}$$

$$R_{\Pi} < \frac{V_{\text{RRM}}}{I_{\text{обр.м}}} = 193.683 \Omega$$

$$i_{\text{мм}} := (0.2 \div 0.4) \cdot I_{\text{H}} \quad i_{\text{мм}} := 0.3 \cdot I_{\text{H}} \quad i_{\text{мм}} = 24 \text{ A}$$

$$U_{\text{max}} := \sqrt{2} \cdot U_{\text{H}} \cdot 1.1$$

$$R_{\Pi} > \frac{U_{\text{max}}}{i_{\text{мм}}} = 24.631 \Omega$$

От таб. 1.7 от ръководството избирам стандартна стойност за съпротивлението:

$$R_{\Pi} := 51 \Omega$$

$$3a \quad \phi := \phi_{\text{min}}$$

$$P_{\text{H}} := U_{\text{H}} \cdot I_{\text{H}} \cdot \cos(\phi) \quad P_{\text{H}} = 2.888 \times 10^4 \text{ W}$$

$$Z := U_{\text{H}} \cdot \frac{\cos(\phi)}{P_{\text{H}}} \quad Z = 4.75 \Omega$$

$$R := Z \cdot \cos(\phi) \quad R = 4.513 \Omega$$

$$L := \sqrt{\frac{(Z^2 - R^2)}{\omega^2}} \quad L = 3.934 \times 10^{-3} \text{ H}$$

$$C > 4 \cdot \frac{L}{R_{\Pi}^2} = 6.05 \times 10^{-6} \text{ F}$$

$$\text{избираме стандартен кондензатор:} \quad C := 0.47 \cdot 10^{-6} \text{ F}$$

$$U_{\text{Тм}} := \sqrt{2} \cdot U_{\text{H}} \cdot 1.1$$

$$P_{\text{R}} := f_{\text{мп}} \cdot C \cdot U_{\text{Тм}}^2 \quad P_{\text{R}} = 9.854 \text{ W}$$

Избирам съпротивление със стандартна стойност на мощността:

$$P_{\text{R}} := 10 \text{ W}$$

2.6 Управление на тиристорите.

Управлението е реализирано с оптрон тип BRT-13-H с параметри:

$$I_{\text{у.доп}} := 3 \text{ A} \quad \text{допустимия ток през светодиода е } 5 \text{ mA}$$

$$R_y > \sqrt{2} \cdot \frac{U_H}{I_{y.\text{доп}}} = 179.134 \Omega \quad R_y := 220 \Omega$$

$$I_y := \sqrt{2} \cdot \frac{U_H}{R_y} \quad I_y = 2.443 \text{ A}$$

Избирам диод тип: SKN5/08

За свързващите проводници избирам проводник , изолиран със стъкловлакнеста обвивка и устойчив лак. Избирам проводник тип: ПСД-F