

ЛР 3. ВИЗНАЧЕННЯ ПАРАМЕТРІВ ОБЕРТОВОГО ВИПРЯМЛЯЧА БЕЗКОНТАКТНОЇ СИНХРОННОЇ МАШИНИ В СИСТЕМІ MICRO CAP

Вступ. Параметри випрямлячів розраховують в квазіусталених або перехідних режимах.

В першому випадку модель випрямляча розраховують до усталеного режиму, записують значення величин за останньою точкою розрахунку, визначають шукані величини при інтегруванні змінних за часом від початку рахунку. Час рахунку містить ціле число періодів частоти джерела живлення (джерела). Мінімальний крок інтегрування повинен бути меншим часу відновлення запираючих властивостей вентилів. Визначення параметрів випрямлячів на всьому діапазоні зовнішньої характеристики займає порівняно багато розрахункового часу.

В другому випадку записують результати розрахунків величин в перехідному режимі роботи моделі випрямляча від холостого ходу до короткого замикання. Далі в системі Mathcad визначають середні значення величин на періоді частоти ЕРС джерела. При цьому методі розрахунку потрібно порівняно велика оперативна пам'ять комп'ютера. Тому обмежуємо число величин, поточні числові значення яких записуються в оперативну пам'ять.

Алгоритм розрахунку моделей випрямлячів в перехідних режимах роботи.

Струм навантаження випрямляча
$$I_d = \frac{1}{T} \int_0^T i_d dt$$

Напруга навантаження випрямляча
$$U_d = \frac{1}{T} \int_0^T u_d dt$$

Активна потужність по 1-й гармоніці джерела
$$P_{i1} = \frac{1}{T} \int_0^T \left(\sum_{mi} e_{ii} \cdot i_{ii} \right) \cdot dt ,$$

де e_{ii} – ЕРС i -ї фази джерела, m_i – число фаз джерела.

Реактивна потужність по 1-й гармоніці джерела
$$Q_{i1} = \frac{1}{T} \int_0^T \left(\sum_{mi} e'_{ii} \cdot i_{ii} \right) \cdot dt ,$$

де e'_{ii} – ЕРС i -ї фази додаткового джерела.

Діюче значення повного струму джерела
$$I_i = \frac{1}{T} \int_0^T \left(\sqrt{\sum_{mi} (i_{ii}^2) / m_i} \right) \cdot dt .$$

Втрати на діодах
$$P_D = \frac{1}{T} \int_0^T \left(\sum_{nD} u_{Dj} \cdot i_{Dj} \right) \cdot dt ,$$

де p_D – загальне число діодів; u_{Dj} та i_{Dj} – напруга та струм j -го діода.

Втрати на захисних ланках
$$P_{Rf} = \frac{1}{T} \int_0^T \left(\left(\sum_{nf} i_{fj}^2 \right) \cdot R_i \right) \cdot dt ,$$

де n_f – число ланок; i_{fj} – струм через j -у ланку; R_f – опір ланки.

Коефіцієнт спотворення напруги навантаження
$$k_{us} = \sqrt{U_d^2 + \frac{1}{T} \int_0^T |u_d^2 - U_d^2| dt} / U_d .$$

Алгоритм розрахунку інших (деяких) величин в системі Mathcad.

Повна потужність 1-ї гармоніки джерела
$$S_{i1} = \sqrt{P_{i1}^2 + Q_{i1}^2} .$$

Коефіцієнт потужності 1-ї гармоніки джерела
$$\cos\varphi_1 = P_{i1}/S_{i1}$$

Діюче значення 1-ї гармоніки струму джерела
$$I_{i1} = S_{i1} / (mE_i) .$$

Коефіцієнт зв'язку струмів
$$k_{i1} = I_d / I_{i1} .$$

Струм навантаження випрямляча в системі в.о.н.
$$I_{d*} = I_d / I_{dk} .$$

Напруга навантаження випрямляча в системі в.о.н.
$$U_{d*} = U_d / U_{d0} .$$

1. Мета роботи

Отримання практичних навиків розрахунків напруг, струмів, потужностей і розрахункових співвідношень обертового випрямляча безконтактної синхронної машини (БСМ) в системі схемотехнічного моделювання Micro Cap.

2. Програма роботи.

2.1 Ознайомитися з схемою і програмою розрахунку напруг, струмів, потужностей і основних розрахункових співвідношень випрямляча в системі Micro Cap.

2.2 Визначити розрахункові величини випрямляча в квазіусталеному режимі роботи при заданих параметрах схеми.

2.3 Висновки по роботі.

3. Методичні вказівки

Програма Micro Cap знаходиться в файлі «mc9 р ЕМПЖ 3 Р-МСм3».

Робота має навчально-дослідний характер. Кожен студент має індивідуальне завдання.

При однакових заданих величинах A_i , F_i , z_i , k_r проводиться розрахунок випрямляча при різних величинах опору навантаження R_d .

По результатам всіх розрахунків бажано побудувати зовнішню характеристику випрямляча в відносних одиницях навантаження (в.о.н.).

Окремим студентам можуть бути поставлені завдання по визначенню розрахункових співвідношень багатозазних керованих та некерованих випрямлячів в квазіусталених та перехідних режимах роботи.

ДОСЛІДЖЕННЯ МОДЕЛІ ВИПРЯМЛЯЧА

Схема моделі трифазного мостового випрямляча в системі Micro Cap показана на рис.1.

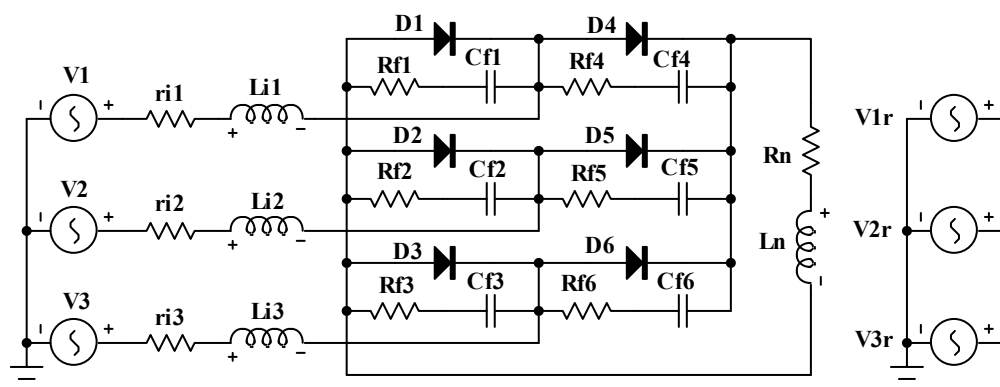


Рис. 3.1 – Схема моделі випрямляча в системі Micro Cap.

На схемі показаний додаткове трифазне джерело живлення ($V1r$, $V2r$, $V3r$), в якому амплітуда ЕРС рівна амплітуді ЕРС основного джерела живлення, а фази ЕРС зрушені на кут -90° в порівнянні з фазами ЕРС основного джерела живлення.

На рис. 3.2 показана програма розрахунку трифазного мостового випрямляча в системі Micro Cap

На рис. 3.3 приведена роздруковка результатів розрахунків (PrtSc).

Джерело живлення

```

.define Ai 416
.define m 3
.define Fi 50
.define alf (0)*pi/180
.MODEL 3PHASE1 SIN (F=Fi A=Ai PH=alf)
.MODEL 3PHASE2 SIN (F=Fi A=Ai
                    PH=2*pi*2/3+alf)
.MODEL 3PHASE3 SIN (F=Fi A=Ai
                    PH=2*pi*1/3+alf)
.define alfr (0-90)*pi/180
.MODEL 3PHASE1r SIN (F=Fi A=Ai PH=alfr)
.MODEL 3PHASE2r SIN (F=Fi A=Ai
                    PH=2*pi*2/3+alfr)
.MODEL 3PHASE3r SIN (F=Fi A=Ai
                    PH=2*pi*1/3+alfr)
.define zi 15
.define kr 0.25
.define xi zi/sqrt(1+kr**2)
.define Lip xi/(2*pi*Fi)
.define rip kr*xi
.MODEL Li IND (L=Lip)
.MODEL ri RES (R=rip)
.define e1 v(V1)/Udo
.define e2 v(V2)/Udo
.define e3 v(V3)/Udo
.define e1r v(V1r)
.define e2r v(V2r)
.define e3r v(V3r)
.define i1 i(Ri1)
.define i2 i(Ri2)
.define i3 i(Ri3)

```

Діоди та захисні ланки

```

.MODEL MR2510 D
.define tw 5.8267u
.define C fmin (4/9)*(tw**2)/Lip
.define Rfm sqrt(3)*tw/C fmin
.define kcf 3
.define krf 2
.define C f3 kcf*C fmin
.define Rf3 Rfm/krf
.define C fp 3*C f3/m
.define Rfp m*Rf3/3
.MODEL CfCAP (C=C fp)
.MODEL Rf RES (R=Rfp)

```

Навантаження

```

.define Rnp 60
.MODEL Rn RES (R=Rnp)
.define tn 1
.MODEL Ln IND (L=Rnp* tn)
.define un v(5,3)
.define in i(Rn)
.define Mzr zi/Rnp

```

Базові величини

```

.define Udo 3*sqrt(3)* Ai/pi
.define Idk Ai/zi
.define Iik Ai/(sqrt(2)* zi)

```

Розрахункові величини

```

.define idr avg(in)*1
.define udr avg(un)*1
.define Id idr/Idk
.define Ud udr/Udo
.define Rdr udr/idr
.define Pdr udr*idr
.define P1 avg(e1*i1+e2*i2+e3*i3)
.define Q1 avg(e1r*i1+e2r*i2+e3r*i3)
.define S1 sqrt(P1**2+Q1**2)
.define Ii1 avg(S1/(m* Ai/sqrt(2)))
.define Ii avg(sqrt((i1**2+i2**2+i3**2)/3))
.define kil idr/Ii1
.define pri avg(i1**2+i2**2+i3**2)*rip
.define pD avg((v(D1)*i(D1))+...+(v(D6)*i(D6)))
.define pRf avg((I(Rf1)**2+...+I(Rf6)**2)* Rfp)
.define ps pri+pD+pRf
.define KPD Pdr/P1
.define cosfi1 P1/S1
.define kis 1/(cosfi1*kis*KPD)
.define ki1 Ii1/I
.define ki1 sqrt(avg(abs(un**2-udr**2)))/udr
.define ksu sqrt(1+ki1**2)
.define dp avg(abs((P1-(Pdr+ps))/(P1+(Pdr+ps))))
.define Mzr pi*Id/(3*sqrt(3)*Ud)
.define I1oe Ii1/Iik
.define sinfi1 sqrt(1-(cosfi1)**2)
.define xio 1/(sqrt(1+kr**2))
.define rio kr*xio
.define cosfn
        cos(atn((sinfi1-I1oe*xio)/(cosfi1-I1oe*rio)))
.define tgb (1-Ud*Id*)/Id*
.define zioe 3*Mz*cosfn/(ki1**2)

```

Рис. 3.2 – Програма розрахунку трифазного мостового випрямляча в системі Micro Cap

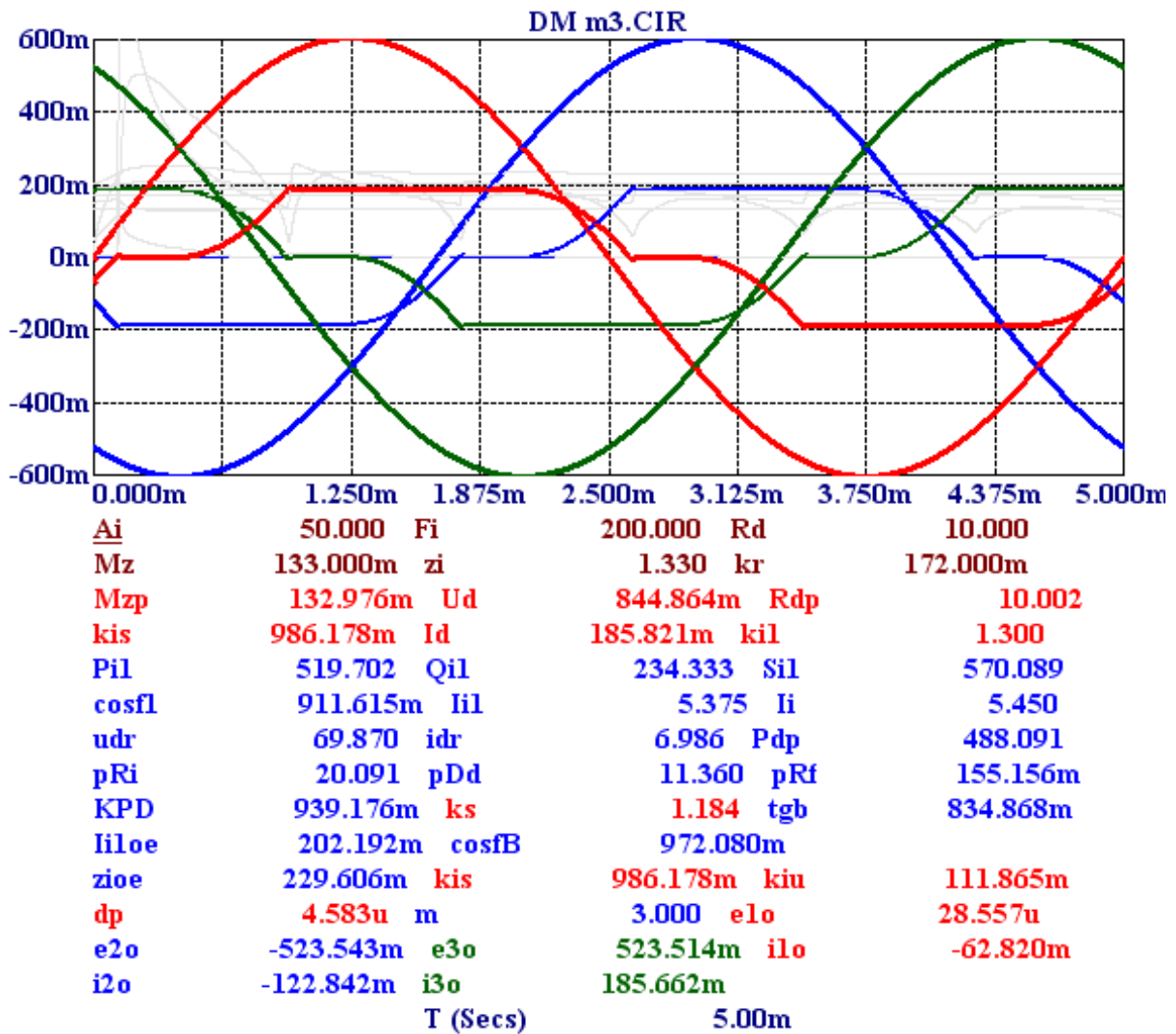


Рис. 3.3 – Результати розрахунків

Висновки по роботі (приклад)

Аналіз результатів розрахунків трифазного мостового випрямляча в квазіусталеному режимі роботи показує:

втрати на захисних ланках вентилів складають приблизно 0.02% від потужності навантаження, вони \approx в 14 разів менше втрат на вентилях;

відносна похибка в розрахунках активних потужностей випрямляча $\Delta p \approx 4.6 \cdot 10^{-6}$;

похибка в визначенні активного опору навантаження складає $\approx 0.02\%$, а в визначенні відносного опору джерела живлення ($M_z = z_i/R_d$) $\approx 0.018\%$.