

## ЛР №4. ДОСЛІДЖЕННЯ ВИПРЯМЛЯЧІВ В ПЕРЕХІДНИХ РЕЖИМАХ ПО ЕЛЕКТРИЧНИМ І ЕКВІВАЛЕНТНИМ СХЕМАМ

### Вступ. Еквівалентна схема трифазного мостового випрямляча по ланці навантаження

На рис. В1 показана електрична (а) та еквівалентна схема по ланці навантаження (б) трифазного мостового випрямляча.

На рисунку:  $V_1, V_2, V_m$  – джерела ЕРС змінного струму;  $r_a = r_b = r_c = r_i, x_a = x_b = x_c = x_i$  – активні та індуктивні опори джерела;  $V_e$  – еквівалентне джерело живлення постійного струму;  $R_{ie}$  – еквівалентний активний опір,  $R_d = R_{d1}, L_d = L_{d1}$  – активні опори та індуктивності навантаження випрямляча.

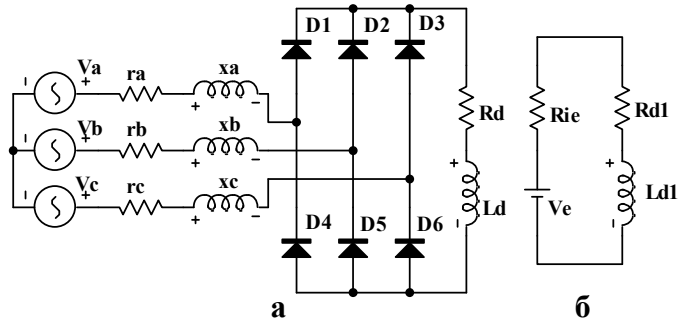


Рис. В1 – Схеми трифазного випрямляча

Напряга холостого ходу випрямляча

$$U_{d0} = \frac{3\sqrt{6}}{\pi} \cdot E_i$$

де  $E_i$  – діюче значення ЕРС.

Струм короткого замикання (КЗ) випрямляча

$$I_{dk} = \frac{\sqrt{2} \cdot E_i}{z_i}$$

де  $z_i = \sqrt{r_i^2 + x_i^2}$  – повний опір джерела живлення.

Базовий опір випрямляча

$$z_b = \frac{U_{d0}}{I_{dk}} = \frac{3 \cdot \sqrt{3}}{\pi} \cdot z_i$$

ЕРС еквівалентного джерела живлення

$$A_e = U_{d0} - \Delta u_D,$$

де  $\Delta u_D$  – падіння напруги на вентилях.

Нелінійний активний опір еквівалентного джерела живлення  $r_{ie} = z_b \cdot \text{tg}\beta$ ,

де  $\text{tg}\beta$  визначається по куту нахилу зовнішньої характеристики випрямляча.

На рис.2 показана зовнішня характеристика випрямляча, побудована у відносних одиницях навантаження (в.о.н.) трифазного мостового випрямляча. В цій системі базовими приймаються напруга холостого ходу  $U_{d0}$  та струм КЗ  $I_{dk}$ .

Напруги та струми випрямляча в системі в.о.н.:

$$U_{d^*} = \frac{U_d}{U_{d0}}; I_{d^*} = \frac{I_d}{I_{dk}}$$

На рис.2 показано визначення кута  $\beta$ :

$$\text{tg}\beta = \frac{1 - U_{d^*B}}{I_{d^*B}}$$

де  $U_{d^*B}$  напруга випрямляча при струмі  $I_{d^*B}$ .

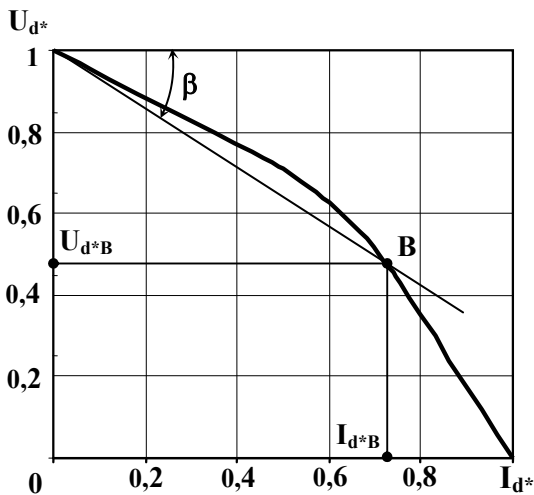


Рис. В2 – Визначення кута  $\beta$

## 1. Мета роботи

1.1 Закріплення теоретичних відомостей по роботі збудників безконтактних синхронних машин (БСМ).

1.2 Освоєння методики розрахунку параметрів еквівалентних схем моделей випрямлячів в системі схемотехнічного моделювання Micro Cap.

1.2 Співставлення результатів розрахунку перехідних режимів випрямлячів по електричним та еквівалентним схемам.

## 2. Програма роботи

2.1. Визначити параметри еквівалентної схеми трифазного мостового випрямляча по ланці навантаження..

2.1 Дослідити перехідний процес моделі трифазного мостового випрямляча при короткому замиканні з режиму холостого ходу.

2.3 Зробити висновки по роботі.

## 3. Методичні вказівки

Моделі випрямляча знаходиться в файлі Micro Cap «4 EMF-МС».

Робота має навчально-дослідний характер.

Студентам можуть бути поставлені завдання по дослідженню трифазних та багатофазних випрямлячів з мостовими та нульовими схемами перетворення.

При визначенні параметрів еквівалентних схем випрямлячів по ланкам навантаження використовуються дані дослідження попередньої лабораторної роботи.

Бажано порівняти параметри випрямлячів, які визначені по квазіусталених та в перехідних режимах роботи.

## 4. ДОСЛІДЖЕННЯ МОДЕЛІ ВИПРЯМЛЯЧА

### 4.1 Схема і параметри моделі

Електрична (а) та еквівалентні (б, в) схеми трифазного мостового випрямляча в програмі Micro Cap показані на рис. 4.1. На рисунку приведена текстова частини програми.

#### Параметри еквівалентної схеми випрямляча.

Величина опору еквівалентного джерела  $R_{ie} = Z_{i0} \cdot \text{tg}\beta$ .  $\text{tg}\beta$  задається таблицею. **TABLE** ( $x, x_1, y_1, x_2, y_2, \dots, x_n, y_n$ ) – таблицна залежність функції  $y$  від  $x$ . Змінна  $x$  визначається як параметр за допомогою директиви **.define**. Задаються координати точок ( $x_i, y_i$ ). У проміжних точках використовується лінійна інтерполяція. Якщо  $x < x_1$ , то  $y = y_1$ , якщо  $x > x_n$ , то  $y = y_n$ .)

Приводимо формулу для визначення  $R_{ie}$  трифазного мостового випрямляча при  $k_T = 0$ :

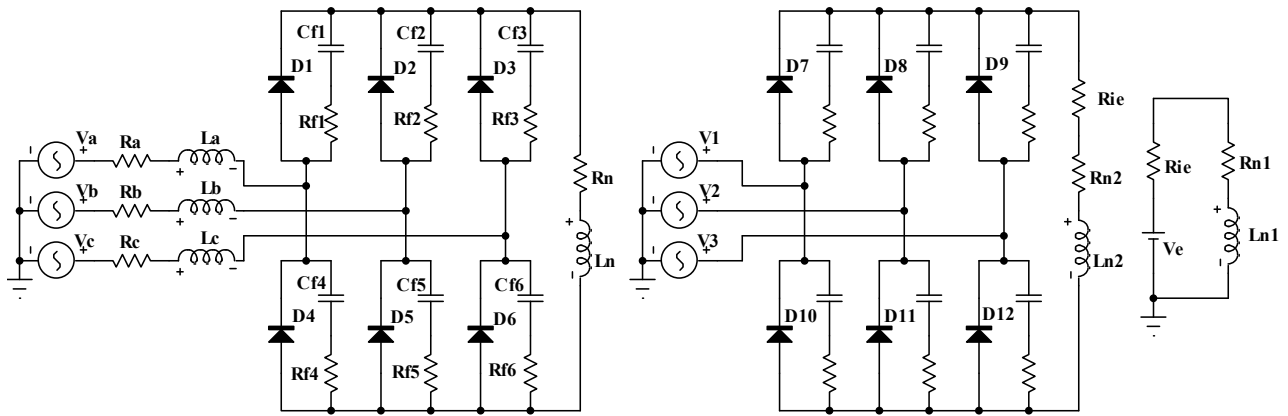
$$R_{ie} = Z_{i0} * \text{table}(\text{in1}, -1u, 1G, 0., 0.5774, 0.433, 0.5774, 0.6124, 0.633, 0.75, 0.756, 1, 1).$$

### 4.2. Дослідження моделі трифазного мостового випрямляча при короткому замиканні з режиму холостого ходу

Дослідник заносить розрахункові дані в текстову частину програми, проводить дослідження роботи випрямляча при короткому замиканні з режиму холостого ходу, записує результати розрахунків.

На рис. 4.2,а показані почасові діаграми напруг і струмів електричної та еквівалентної схем випрямляча (а), на рис. 4.2,б – фрагмент діаграми. Всі величини приведені у відносних одиницях навантаження (в.о.н.) випрямляча.

Як видно з рисунка, струми навантаження по електричній та еквівалентних моделях випрямляча практично співпадають у всіх режимах роботи випрямляча.



### Синхронна машина та синхронний збудник

```
.define Fc 50
.define p 2
.define pB 12
```

### Параметри джерела живлення

```
.define Fi (pB/p)*Fc
.define Ai 200
.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 zi 18
.define kr 0
.define xi zi/sqrt(1+kr**2)
.define Lip xi/(2*pi*Fi)
.MODEL Li IND (L=Lip)
.define Rip kr*Xi
.MODEL ri RES (R=Rip)
```

### Діоди та захисні ланки

```
.MODEL MR2510 D
.define tw 5.8267u
.define C fmin (4/9)*(tw**2)/Lip
.define R fpm sqrt(3)*tw/C fmin
.define kcf 4
.define C fp kcf*C fmin
.MODEL Cf CAP (C=C fp)
.define krf 0.6*kcf
.define R fp R fpm/krf
.MODEL Rf RES (R=R fp)
```

### Еквівалентний опір при $kr = 0$

```
.define Rie Zb*table(in1, -1u,1G, 0,0.5774, 0.433,0.5774, 0.5,0.5858, 0.6124,0.633,
0.7,0.7001, 0.75,0.756, 1,1)
```

### Базові величини

```
.define Udo 3*sqrt(3)* Ai/pi
.define Idk Ai/Zi
.define Zb Udo/Idk
```

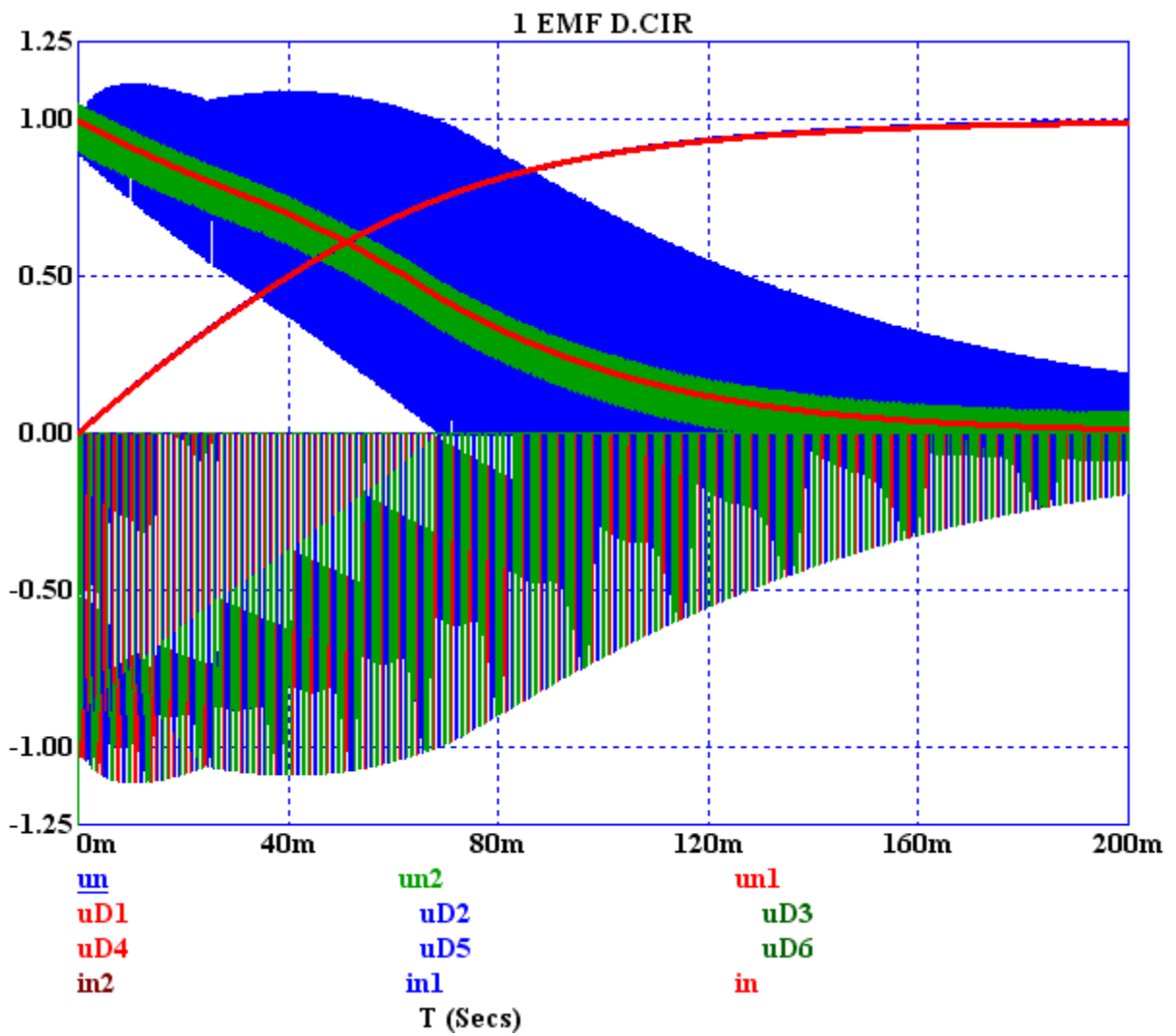
### Навантаження

```
.MODEL Rn RES (R=0)
.MODEL Ln IND (L=2)
.define Ee 1.65399*Ai-1.68
```

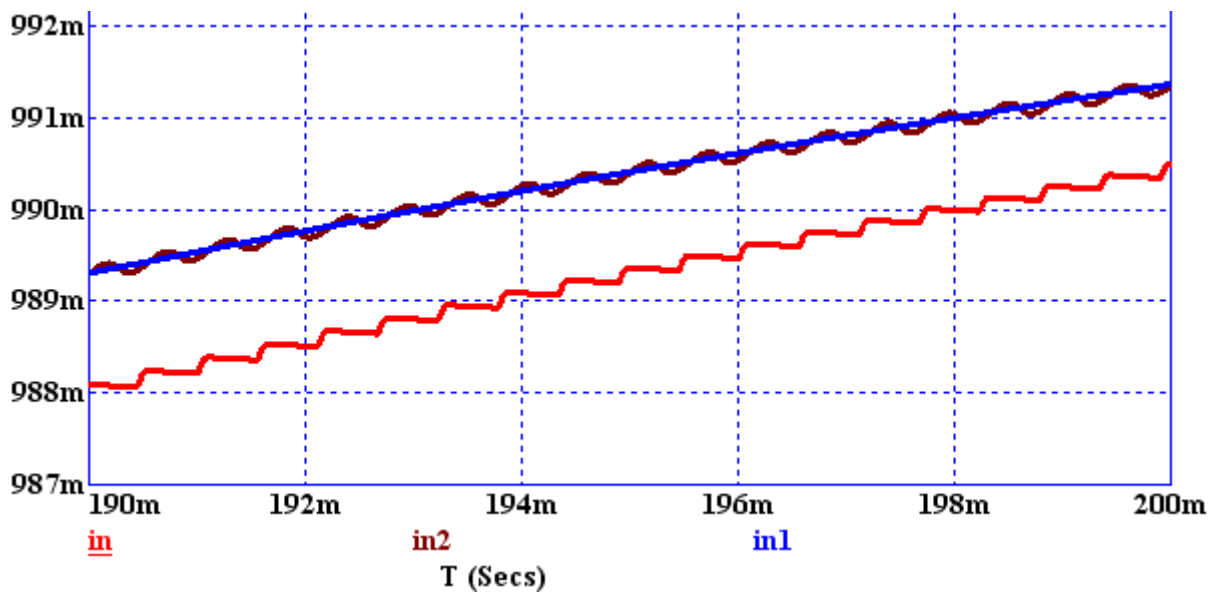
### Позначення величин, в.о.н.

```
.define ea v(Va)/Udo
.define eb v(Vb)/Udo
.define ec v(Vc)/Udo
.define ia i(Ra)/Idk
.define ib i(Rb)/Idk
.define ic i(Rc)/Idk
.define Up 1000/Udo
.define uD1 v(D1)/Udo
.define uD2 v(D2)/Udo
.define uD3 v(D3)/Udo
.define uD4 v(D4)/Udo
.define uD5 v(D5)/Udo
.define uD6 v(D6)/Udo
.define un v(11,14)/Udo
.define un1 v(21)/Udo
.define un2 v(34,29)/Udo
.define in i(Rn)/Idk
.define in1 i(Rn1)/Idk
.define in2 i(Rn2)/Idk
```

Рис. 4.2 – Повна електрична та еквівалентні схеми трифазного мостового випрямляча, параметри схеми



a



б

Рис. 4.2 – Діаграми напруг і струмів електричної та еквівалентних схем випрямляча (а), фрагмент діаграми (б)