

## VI. ВИБІР ДВИГУНІВ ПОСТІЙНОГО СТРУМУ.

**Задача 7.1.** Напряга на затискачах генератора незалежного збудження (рис. 7.1) в режимі холостого ходу  $U_x=230\text{В}$ . Частота обертання якоря при цьому  $n_x=1000\text{хв.}^{-1}$ . Знайти напряга на затискачах генератора під навантаженням, якщо частота обертання якоря при цьому зменшилась до  $n_n=975\text{хв.}^{-1}$ , а струм в колі якоря з опором  $R_n=0,44\text{Ом}$   $I_n=25\text{А}$ . Впливом реакції якоря знехтувати.

Розв'язок. При холостому ході ЕРС генератора дорівнює напрузі на його затискачах ( $E=U_x=230\text{В}$ ). Вважаючи магнітний потік незмінним в обох режимах, можна записати

$$E = C_E n_x \Phi ; E_n = C_E n_n \Phi .$$

Звідки

$$E/E_n = n_x/n_n$$

та

$$E_n = E \frac{n_n}{n_x} = 230 \cdot \frac{975}{1000} = 224,25 \text{ В}.$$

Напряга на затискачах генератора під навантаженням

$$U_n = E_n - R_n I_n = 224,25 - 0,44 \cdot 25 = 213,25 \text{ В}.$$

Опір навантаження

$$R_n = U_n / I_n = 213,25 / 25 = 8,53 \text{ Ом}.$$

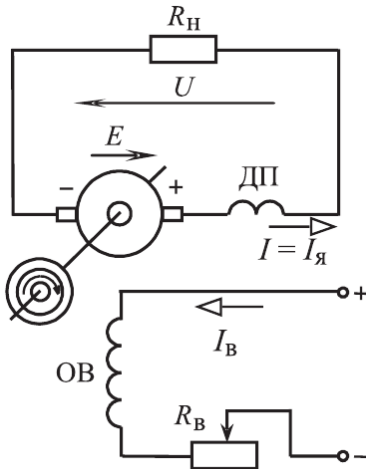


Рис. 7.1

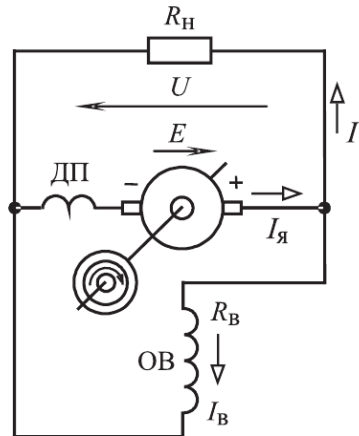


Рис. 7.2

**Задача 7.2.** Розрахувати струм якоря та ЕРС генератора паралельного збудження (рис. 7.2), якщо напряга на його затискачах в номінальному режимі

$U_{ном}=230\text{В}$ , опір якоря  $R_я=0,425\text{ Ом}$ , обмотки збудження  $R_н=1150\text{ Ом}$ , зовнішнього кола  $R_н=3,8\text{ Ом}$ .

Розв'язок. Знаходимо

$$I_{ном} = U_{ном} / R_{ном} = 230 / 3,8 = 60,5\text{ А};$$

$$I_з = U_{ном} / R_з = 230 / 115 = 2\text{ А};$$

$$I_{я.ном} = I_{ном} + I_з = 60,5 + 2 = 62,5\text{ А}.$$

Визначаємо ЕРС генератора:

$$E = U_{ном} + R_я I_{я.ном} = 230 + 0,425 \cdot 62,5 = 230 + 26,5 = 256,5\text{ В}.$$

**Задача 7.3.** Частота обертання якоря генератора змішаного збудження  $n=1450\text{ хв.}^{-1}$ . Корисний момент на валу первинного двигуна в цьому режимі  $M=23,7\text{ Н}\cdot\text{ м}$ , струм якоря генератора  $I_я=12,2\text{ А}$ , механічні втрати потужності  $\Delta P_{мех}=60\text{ Вт}$ , магнітні втрати  $\Delta P_c=140\text{ Вт}$ . Опір кола якоря  $R_я=2,68\text{ Ом}$ , опір послідовної обмотки збудження головних полюсів  $R_{нос}=0,85\text{ Ом}$ , опір паралельної обмотки  $R_з=236\text{ Ом}$ , опір регулюючого реостата в колі збудження паралельної обмотки  $R_p=244\text{ Ом}$ . Визначити ЕРС, ККД та напругу генератора, а також потужність, що віддається в зовнішнє коло.

Розв'язок. Потужність на валу генератора

$$P_1 = \frac{Mn}{9550} = \frac{23,7 \cdot 1450}{9550} = 3,6\text{ кВт}.$$

Електромагнітна потужність генератора

$$P_{ем} = P_1 - \Delta P_{мех} - \Delta P_c = 3600 - 60 - 140 = 3,4\text{ кВт}.$$

Знаходимо ЕРС та напругу на затискачах якоря:

$$E = \frac{P_{ем}}{I_я} = \frac{3,4 \cdot 10^3}{12,2} = 278,7\text{ В};$$

$$U_я = E - R_я I_я = 278,7 - 2,68 \cdot 12,2 = 240\text{ В}.$$

Струм збудження паралельної обмотки

$$I_б = \frac{U_я}{R_з + R_p} = \frac{240}{236 + 244} = 0,5\text{ А}.$$

Струм генератора

$$I = I_я - I_з = 12,2 - 0,5 = 11,7\text{ А}.$$

Напруга на затискачах генератора менше напруги на затискачах якоря на величину падіння напруги на послідовній обмотці збудження:

$$U = U_я - R_{нос} I = 240 - 0,85 \cdot 11,7 = 230\text{ В}.$$

Потужність, що віддається генератором в зовнішнє коло,

$$P_2 = UI = 230 \cdot 11,7 = 2,7\text{ кВт}.$$

Визначаємо ККД генератора:

$$\eta = \frac{P_2}{P_1} = \frac{2,7}{3,6} = 0,75.$$

**Задача 7.4.** Двигун паралельного збудження має такі дані: номінальна потужність  $P_{ном}=3,2\text{кВт}$ , номінальна напруга  $U_{ном}=110\text{В}$ , струм  $I_{ном}=37,3\text{А}$ , частота обертання  $n_{ном}=750\text{хв.}^{-1}$ . Опір обмотки якоря  $R_я=0,2\text{ Ом}$ , струм збудження  $I_з.ном=2\text{А}$ . Визначити: 1) ККД двигуна та ЕРС при номінальному навантаженні; 2) ЕРС та частоту обертання при включенні послідовно з якорем опору  $R=0,5\text{ Ом}$  та струмі якоря  $I_я=41\text{А}$ . Опір паралельної обмотки залишається при цьому незмінним. Дією реакції знехтувати.

Розв'язок. 1. ККД двигуна

$$\eta = \frac{P_{ном}}{P_{1ном}} = \frac{3,2}{110 \cdot 37,3} = 0,78,$$

де  $P_{1ном}=U_{ном}I_{ном}$  – потужність, що споживається двигуном від мережі.

Струм якоря двигуна при номінальному навантаженні

$$I_{я.ном} = I_{ном} - I_{з.ном} = 37,3 - 2 = 35,3\text{ А}.$$

Визначаємо ЕРС двигуна при номінальному навантаженні:

$$E_{1ном} = U_{ном} - R_я I_{я.ном} = 110 - 0,2 \cdot 35,3 \approx 103\text{ В}.$$

2. При струмі якоря  $41\text{А}$  та ввімкненні в коло якоря опору  $R=0,5\text{ Ом}$  ЕРС двигуна

$$E_2 = U_{ном} - I_я(R_я + R) = 110 - 41(0,2 + 0,5) \approx 81,3\text{ В}.$$

Нехтуючи реакцією якоря, можна записати співвідношення

$$n_2/n_{ном} = E_2/E_{1ном},$$

звідки

$$n_2 = n_{ном} \frac{E_2}{E_{1ном}} = 750 \cdot \frac{81,3}{103} = 592\text{ хв.}^{-1}.$$

**Задача 7.5.** Двигун паралельного збудження має номінальну напругу  $U_{ном}=220\text{В}$ , струм  $I_{ном}=12,5\text{А}$ , опір обмоток якоря та додаткових полюсів  $R_я=1,25\text{ Ом}$ , опір обмотки збудження  $R_з=860\text{ Ом}$ , частоту обертання  $n_{ном}=3000\text{хв.}^{-1}$ , число провідників обмотки якоря  $N=432$ , число полюсів  $2p=4$ , число паралельних віток  $2a=2$ , падіння напруги в контактах щіток  $\Delta U_{щ}=2\text{В}$ . Розрахувати додатковий опір  $R_д$ , який необхідно підключити в коло якоря, щоб частота обертання понизилася до  $n=2000\text{хв.}^{-1}$  при незмінних струмах якоря та збудження.

Розв'язок. Струм збудження

$$I_з = U_{ном}/R_з = 220/860 = 0,26\text{ А}.$$

Номінальний струм якоря

$$I_{я.ном} = I_{ном} - I_з = 12,5 - 0,26 = 12,24\text{ А}.$$

Знаходимо ЕРС двигуна при частоті обертання  $n=3000\text{хв.}^{-1}$ :

$$E_{ном} = U_{ном} - R_я I_{я.ном} - \Delta U_{щ} = 220 - 12,24 \cdot 1,25 - 2 = 202,7\text{ В}$$

де  $\Delta U_{щ}$  - падіння напруги в контактах щіток.

Магнітний потік

$$\Phi_{\text{ном}} = \frac{E_{\text{ном}}}{C_E n_{\text{ном}}} = \frac{202,7}{14,4 \cdot 3000} = 4,7 \cdot 10^{-3} \text{ Вб},$$

$$\text{де } C_E = \frac{pN}{60a} = \frac{2 \cdot 432}{60 \cdot 1} = 14,4.$$

Оскільки за умовою задачі струм збудження не змінюється, то незмінним залишається магнітний потік. Отже,

$$E = C_E n \Phi_{\text{ном}} = 14,4 \cdot 2000 \cdot 4,7 \cdot 10^{-3} = 135,4 \text{ В}.$$

Додатковий опір знайдемо з рівності

$$U_{\text{ном}} = E + I_{\text{я.ном}} R_{\text{я}} + I_{\text{я.ном}} R_{\text{д}} + \Delta U_{\text{ц}}.$$

Звідки

$$R_{\text{д}} = \frac{U_{\text{ном}} - E - \Delta U_{\text{ц}}}{I_{\text{я.ном}}} - R_{\text{я}} = \frac{220 - 135,4 - 2}{12,24} - 1,25 = 5,5 \text{ Ом}.$$

При частоті обертання  $n_{\text{ном}} = 3000 \text{ хв.}^{-1}$  електромагнітна потужність

$$P_{\text{ем.ном}} = E_{\text{ном}} I_{\text{я.ном}} = 202,7 \cdot 12,24 = 2,48 \cdot 10^3 \text{ Вт} = 2,48 \text{ кВт}.$$

При частоті обертання  $n_{\text{ном}} = 2000 \text{ хв.}^{-1}$  електромагнітна потужність

$$P_{\text{ем}} = E I_{\text{я.ном}} = 135,4 \cdot 12,24 = 1,66 \cdot 10^3 \text{ Вт} = 1,66 \text{ кВт}.$$

Зміна електромагнітної потужності

$$\Delta P_{\text{ном}} = P_{\text{ем.ном}} - P_{\text{ем}} = 2,48 - 1,66 = 0,82 \text{ кВт}.$$

Обертовий момент двигуна

$$M = C_M \Phi_{\text{ном}} I_{\text{я}} = 137,6 \cdot 4,7 \cdot 10^{-3} \cdot 12,24 = 7,9 \text{ Н} \cdot \text{м},$$

$$\text{де } C_M = \frac{pN}{2\pi a} = \frac{2 \cdot 432}{2 \cdot 3,14 \cdot 1} = 137,5.$$

Обертовий момент залишається незмінним, оскільки струм якоря та потік не змінились.

**Задача 7.6.** Двигун паралельного збудження, підключений до мережі напругою  $U_{\text{ном}} = 220 \text{ В}$ , має параметри  $I_{\text{ном}} = 136 \text{ А}$ , опір обмотки якоря та додаткових полюсів  $R_{\text{я}} 20^\circ = 0,102 \text{ Ом}$ , обмотки збудження  $R_{\text{з}} 20^\circ = 44 \text{ Ом}$ , ККД двигуна при номінальній напрузі  $\eta_{\text{ном}} = 83, \%$ . Побудувати діаграму  $n(I_{\text{я}})$  при  $U = \text{const}$  в діапазоні зміни навантаження від холостого ходу до номінального, якщо потік на один полюс двигуна  $\Phi = 41,12 \cdot 10^{-3} \text{ Вб}$  (реакцією якоря знехтувати), число провідників якоря  $N = 420$ , число пар полюсів  $p = 2$ , число пар паралельних віток  $a = 2$ . Визначити електромагнітний момент при номінальному навантаженні.

Розв'язок. Частота обертання якоря

$$n = \frac{U - R_{\text{я}} I_{\text{я}}}{C_E \Phi},$$

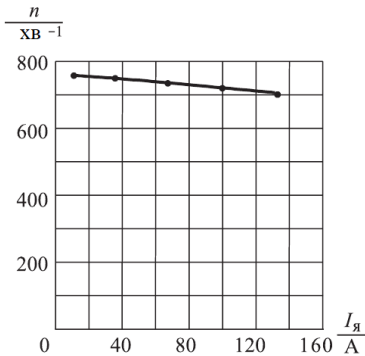
$$\text{де } C_M = \frac{pN}{60a} = \frac{2 \cdot 420}{60 \cdot 2} = 7.$$

Частота обертання при холостому ході ( $I_{\text{я.х}} = 10 \text{ А}$ )

$$n_x = \frac{220 - 10 \cdot 0,124}{7 \cdot 41,12 \cdot 10^{-3}} = 760 \text{ хв.}^{-1}.$$

Таблиця 7.1

$I_{я}, \text{ А}$	10	33	66	99	132
$n, \text{ хв.}^{-1}$	760	750	736	722	707



Задаючись значеннями струму якоря, рівними 25, 50, 75, 100%  $I_{я.ном}$ , знайдемо відповідні їм частоти обертання якоря. Результати розрахунку зведені в табл. 7.1 Діаграма  $n(I_{я})$  двигуна наведена на рис. 7.3.

Електромагнітний момент двигуна при номінальному навантаженні

$$M = 9550 \frac{P_{ном}}{n_{ном}} = \frac{9550 \cdot 25}{707} = 337,7 \text{ Н} \cdot \text{ м.}$$

Рис. 7.3

### Контрольні задачі

Задача 7.7. Генератор постійного струму паралельного збудження має наступні номінальні дані:  $U_{ном}=220\text{В}$ , опір обмоток якоря та збудження в нагрітому стані  $R_{я}=0,425 \text{ Ом}$ ,  $R_{з}=110 \text{ Ом}$ . Опір зовнішнього кола  $R_{н}=3,8 \text{ Ом}$ . Знайти ЕРС генератора.

Задача 7.8. Опір обмотки якоря генератора паралельного збудження  $R_{я}=0,02 \text{ Ом}$ . Опір обмотки збудження  $R_{з}=40 \text{ Ом}$ . Опір навантаження  $R_{н}=2,2 \text{ Ом}$ . Визначити напругу при номінальному навантаженні, якщо ЕРС генератора дорівнює 232,1В.

Задача 7.9. Напруга на затискачах генератора паралельного збудження  $U=115\text{В}$  при струмі навантаження  $I=5,2\text{А}$ . Знайти струм в колі якоря та корисну потужність, якщо опір кола збудження в нагрітому стані  $R_{з}=143 \text{ Ом}$ .

Задача 7.10. Двигун паралельного збудження має такі дані:  $U_{ном}=220\text{В}$ ,  $I_{ном}=35,71\text{А}$ , опір обмоток якоря та додаткових полюсів при температурі 15°C  $R_{я}=0,376 \text{ Ом}$ , опір обмотки збудження в нагрітому стані  $R_{з}=310 \text{ Ом}$ . Число провідників обмотки якоря  $N=744$ , число полюсів  $2p=4$ , число паралельних віток  $2a=2$ . Магнітний потік  $\Phi=0,71 \cdot 10^{-2}\text{Вб}$ . Який опір необхідно включити в коло якоря, щоб при номінальній частоті обертання та незмінному струмі якоря струм можна було зменшити на 20%.