

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ДЕРЖАВНИЙ ЕКОНОМІКО-ТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ТРАНСПОРТУ
Кафедра «Тяговий рухомий склад залізниць»

В.І.Данилевський

Методичні вказівки

до виконання розрахунково-графічної роботи
з дисципліни «Електричні машини»
для студентів напряму підготовки
6.050702 «Електромеханіка» усіх форм навчання

Київ 2015 р.

УДК 621.313

В.І.Данилевський

Методичні вказівки до виконання розрахунково-графічної роботи з дисципліни «Електричні машини» для студентів напряму підготовки 6.050702 «Електромеханіка» усіх форм навчання. – К.: ДЕГУТ, 2015. – 65 с.

Методичні вказівки до виконання розрахунково-графічної роботи з дисципліни «Електричні машини» спрямовані для полегшення та роз'яснення порядку виконання розрахунково-графічної роботи. Містять приклади виконання практичних завдань, що полегшить засвоєння теоретичного курсу по вказаній дисципліні.

Методичні вказівки призначені для студентів для студентів напряму підготовки 6.050702 «Електромеханіка» усіх форм навчання.

Розглянуті та затверджені на засіданні кафедри Тяговий рухомий склад залізниць факультету ТРСЗ(протокол № 7 від 20.03.2015 року)

Укладач: *В.І. Данилевський, кандидат технічних наук, доцент*

Рецензенти: Стасюк О.І., д.т.н., професор

Малиновський М.Г. Заступник Голови правління, Головний інженер ПрАТ Київський електровагоноремонтний завод

Зміст

1. Вступ.....	4
2. Мета та задачі на виконання розрахункової-графічної роботи, загальні вимоги.....	5
3. Завдання на виконання графічної-розрахункової роботи.....	6
4. Додаток №1.- Розрахунок двигунів постійного струму.....	35
5. Додаток №2.- Розрахунок трифазних асинхронних двигунів.....	37
6. Додаток №3.- Розрахунок трансформаторів.....	39
7. Додаток №4.- Розрахунок трифазних синхронних двигунів.....	42
8. Рекомендована література.....	49

1. Вступ

Електрична машина(ЕМ) - це машина, в основі дії якої лежить явище електромагнітної індукції. Вона призначена для перетворення механічної енергії в електричну, електричної в механічну або електричної, в електричну іншого роду струму, іншої напруги, іншої частоти.

Електромашинний генератор (генератор) - ЕМ, призначена для перетворення механічної енергії в електричну.

Електромашинний двигун (двигун) - ЕМ, призначена для перетворення електричної енергії в механічну.

Трансформатор - статичний пристрій, що має дві чи більше обмоток і призначений для перетворення через електромагнітну індукцію однієї чи декількох систем змінної напруги (струму) в одну чи декілька систем змінної напруги (струму), як правило, з іншими значеннями та тієї самої частоти з метою пересилення електричної потужності. Зауважимо, що трансформатор не електрична машина, оскільки його робота не пов'язана з перетворенням електричної енергії в механічну і навпаки; він перетворює лише напругу електричної енергії. Однак електричним машинам і трансформаторам властива єдина природа електромагнітних та енергетичних процесів, які виникають при взаємодії магнітного поля й провідника зі струмом. З цих причин курс трансформаторів є невід'ємною частиною курсу електричних машин.

Завданням курсу Електричних машин є вивчення будови, принципу дії, властивостей та методів розрахунків різних видів ЕМ. Курс складається з таких розділів:

- електричні машини постійного струму;
- трансформатори;
- асинхронні машини;
- синхронні машини.

При виконанні графічно розрахункової роботи студент повинен вивчити основні методи проектування та експлуатації електричних машин і трансформаторів враховуючи умови їх роботи на основні їх характеристик порівнюючи властивості електричних машин постійного і змінного струмів, що сприяє підвищенню якості навчального процесу зокрема закріпленню, поглибленню та розширенню знань студентів, із основ загальної теорії електричних машин і трансформаторів, самостійному прийняттю інженерних рішень по формуванню навичок по використанню основних законів електромеханіки, механіки та тепломеханіки при розрахунках основних параметрів машин і трансформаторів.

Проведення розрахункової - графічної роботи дає можливість студентам самостійно дослідити будову і властивості електричних машини. безпосередньо провести відповідні розрахунки і побудувати експлуатаційні характеристики.

2. Мета та задачі на виконання розрахункової-графічної роботи, загальні вимоги

Дані методичні вказівки призначені для студентів електричних та енергетичних спеціальностей денної та заочної форми навчання де відповідно навчальним програмам загального курсу «Електричні машини» передбачається розрахунково-графічна робота по розрахунку основних величин двигунів постійного та змінного струмів та трансформаторів.

Мета розрахункової – графічної роботи вивчити основні тенденції проектування та розвитку електричних машин і трансформаторів,

- розробку основних умов їх роботи
- вивчити основні характеристики
- порівнюючи властивості електричних машин постійного і змінного струмів.

Виконання розрахунково-графічної роботи сприяє підвищенню якості навчального процесу:

- закріпленню, поглибленню та розширенню знань студентів, із основ загальної теорії електричних машин і трансформаторів;
- самостійному прийняттю інженерних рішень;
- формування навичок по використанню основних законів електромеханіки, механіки та тепломеханіки при розрахунках основних параметрів машин і трансформаторів.

У методичних вказівках подані рекомендації, їх пояснення та приклади розрахунків та основних параметрів електричних машин і трансформаторів всього 30 прикладів.

Загальні вимоги:

Розрахункова – графічна робота складається з комплексу розрахункових та графічних документів.

Текстові документи

1.Текстові документи повинні містити завдання на проведення основних параметрів електричних машин та трансформаторів.

2.Розрахункові матеріали повинні містити змістовий розрахунок основних параметрів електричних машин та трансформаторів з посиланням на нормативні документом. Виконати їх від руки на листах формату А4.

3.На окремому листі формату А4 виконати схему побудови електричних машин та трансформаторів;

- Ескізи характеристик;

4.Графічно – розрахункова робота повинна виконуватися

від руки на листах формату А4 з обов'язковим поясненням до вимог;

5.Ескізи схеми електричних машин та трансформаторів та графіки характеристик виконувати на окремих листах формату А4.

6.Висновки

7. Рекомендована література

3. Завдання на виконання розрахункової – графічної роботи.

Завдання №1.

Приклад №1. Розрахунок напруг і струмів трансформатора.

Однофазний трансформатор має паспортні номінальні дані: повна потужність $P_{\text{ном}} = 12 \text{ кВА}$; напруги первинної і вторинної обмоток $U_{1\text{ном}} = 220 \text{ В}$, $U_{2\text{пол}} = 133 \text{ В}$, Напруга короткого замикання $I_K = 5 \%$. Струм неробочого ходу $I_K = 8 \%$ Визначимо наступний ряд параметрів трансформатора.

Коефіцієнт трансформації

Напруга в режимі дослідного КЗ. Струми аварійного КЗ обмоток при номінальній напрузі. Струм у режимі НХ I_{10}

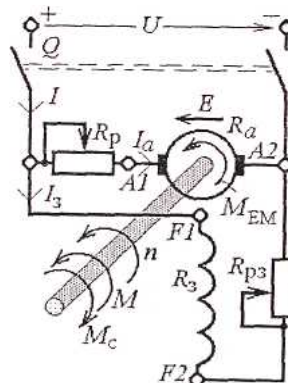
Приклад №2. Двигун постійного струму (ДПС) з паралельним збудженням (див. рис.) має номінальні дані: потужність $P_{2\text{ном}} = 90 \text{ кВт}$; напруга $U_{\text{ном}} = 220 \text{ В}$; частота обертання $n = 1060 \text{ об/хв}$; ККД $\eta = 0,892$. Опір якорного кола $R_a = 0,03 \text{ Ом}$; опір обмотки збудження $R_z = 25,6 \text{ Ом}$.

Визначимо на основі заданих величин наступні параметри ДПС для номінального режиму його роботи:

Потужність і струм, що споживаються з мережі:

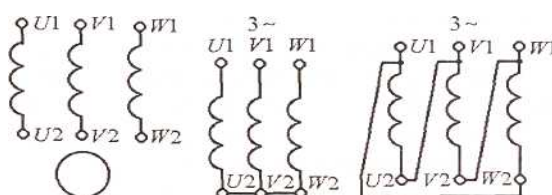
Струми обмотки збудження і якоря:

Сумарні втрати потужності в ДПС



Рис

Приклад №3. Трифазний асинхронний двигун (ТАД) має такі дані: номінальна напруга 220/380 В (фазна/лінійна) при частоті $f_1 = 50 \text{ Гц}$; номінальне ковзання $s_{\text{ном}} = 0,05$; кількість пар полюсів $p = 6$; перевантажувальна здатність з обертового моменту $\lambda = 1,8$. Схема з'єднання обмотки статора — «зірка» (див. рис.). Вибрати лінійну напругу живильної мережі U_M і визначити частоту обертання n_r поля статора, номінальну $n_{\text{ном}}$ і критичну $n_{\text{кр}}$ частоти обертання ротора.



Рис

Завдання №2

Приклад №1. Розрахунок напруг і струмів трансформатора.

Однофазний трансформатор має паспортні номінальні дані: повна потужність $P_{\text{ном}} = 11$ кВА; напруги первинної і вторинної обмоток $U_{1\text{ном}} = 220$ В, $U_{2\text{ном}} = 128$ В, Напруга короткого замикання $I_K = 5\%$. Струм неробочого ходу $I_K = 8\%$

Визначимо наступний ряд параметрів трансформатора.

Коефіцієнт трансформації.

Напруга в режимі дослідного КЗ.

Струми аварійного КЗ обмоток при номінальній напрузі.

Струм у режимі НХ I_{10} .

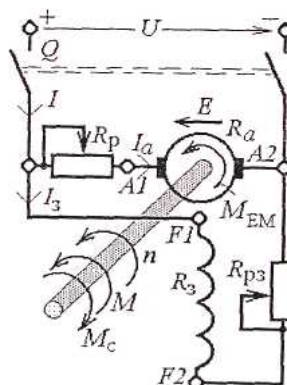
Приклад №2. Двигун постійного струму (ДПС) з паралельним збудженням (див. рис.) має номінальні дані: потужність $P_{2\text{ном}} = 90$ кВт; напруга $U_{\text{ном}} = 220$ В; частота обертання $n = 1060$ об/хв; ККД $\eta = 0,892$. Опір якорного кола $R_a = 0,03$ Ом; опір обмотки збудження $R_z = 25,6$ Ом.

Визначимо на основі заданих величин наступні параметри ДПС для номінального режиму його роботи.

Потужність і струм, що споживаються з мережі.

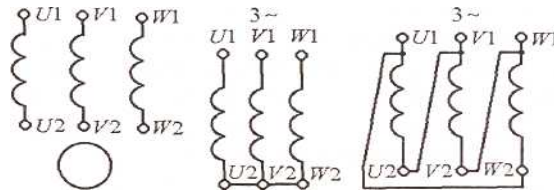
Струми обмотки збудження і якоря.

Сумарні втрати потужності в ДПС.



Рис

Приклад №3 Трифазний синхронний двигун має номінальні параметри: потужність $P_{\text{ном}} = 900$ кВт; частота мережі $f = 50$ Гц; напруга (лінійна) $U_{\text{ном}} = 8000$ В; $\cos\varphi_{\text{ном}} = 0,9$; частота обертання $n_{\text{ном}} = 500$ об/хв; ККД $\eta_{\text{ном}} = 0,945$; струм збудження $I_{\text{ном}} = 285$ А. Перевантажувальна здатність з обертового моменту $\lambda = 2,1$; схема обмотки статора — «зірка». На цій основі визначимо фазну напругу, споживану потужність та її втрати, фазний і лінійний струми обмотки статора, кількість пар полюсів.



Рис

Завдання №3

Приклад №1. Розрахунок напруг і струмів трансформатора.

Однофазний трансформатор має паспортні номінальні дані: повна потужність $P_{\text{ном}} = 13 \text{ кВА}$; напруги первинної і вторинної обмоток $U_{1\text{ном}} = 220 \text{ В}$, $U_{2\text{пол.}} = 140 \text{ В}$, Напруга короткого замикання $I_{\text{к}} = 5 \%$. Струм неробочого ходу $I_{01} = 8 \%$

Визначимо наступний ряд параметрів трансформатора.

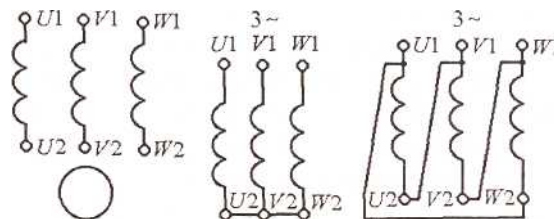
Коефіцієнт трансформації.

Напруга в режимі дослідного КЗ.

Струми аварійного КЗ обмоток при номінальній напрузі.

Струм у режимі НХ I_{10} .

Приклад №2 Трифазний асинхронний двигун (ТАД) вмикається в мережу з лінійною напругою $U_{\text{л}} = 380 \text{ В}$ і має такі дані в номінальному режимі: потужність на валу $P_{2\text{ном}} = 45 \text{ кВт}$; напруга 220/380 В (фазна/лінійна); частота обертання ротора $n_{\text{ном}} = 580 \text{ об/хв}$; ККД $\eta_{\text{ном}} = 0,9$; коефіцієнт потужності $\cos\varphi_{\text{ном}} = 0,81$. Крім того, двигун має кратність пускового струму $I_{\text{пуск}} = 5,0$, а також перевантажувальну здатність обертального моменту $\lambda = 1,8$. Визначити номінальну споживану потужність двигуна $P_{1\text{ном}}$; суму всіх втрат потужності в двигуні $P_{\text{ном}}$; номінальний і пусковий струми обмотки статора; номінальний $M_{\text{ном}}$ і максимальний $M_{\text{мах}}$ обертальні моменти.



Рис

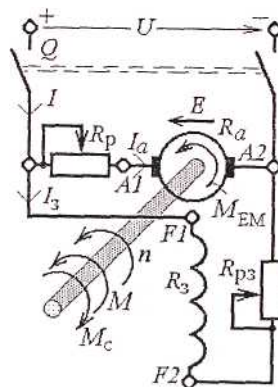
Приклад №3. Двигун постійного струму (ДПС) з паралельним збудженням (див. рис.) має номінальні дані: потужність $P_{2\text{ном}} = 90 \text{ кВт}$; напруга $U_{\text{ном}} = 220 \text{ В}$; частота обертання $n = 1060 \text{ об/хв}$; ККД $\eta = 0,892$.

Опір якорного кола $R_{\text{а}} = 0,03 \text{ Ом}$; опір обмотки збудження $R_{\text{з}} = 25,6 \text{ Ом}$.

Визначимо на основі заданих величин наступні параметри ДПС

Потужність і струм, що споживаються з мережі. Для номінального режиму роботи. Струми обмотки збудження і якоря.

Сумарні втрати потужності в ДПС.



Рис

Завдання №4

Приклад №1. Двигун постійного струму (ДПС) з паралельним збудженням (див. рис.) має номінальні дані: потужність $P_{2\text{ном}} = 80$ кВт; напруга $U_{\text{ном}} = 220$ В; частота обертання $n = 1160$ об/хв; ККД $\eta = 0,892$. Опір якорного кола $R_a = 0,03$ Ом; опір обмотки збудження $R_3 = 25,6$ Ом.

Визначимо на основі заданих величин наступні параметри ДПС для номінального режиму його роботи:

Потужність і струм, що споживаються з мережі.

Струми обмотки збудження і якоря.

Сумарні втрати потужності в ДПС.

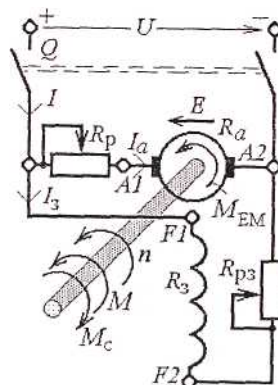


Рис.

Приклад №.2. Розрахунок зовнішньої характеристики.

Однофазний трансформатор має номінальні дані: напруги первинної і вторинної обмоток $U_{1\text{ном}} = 600$ В, $U_{2\text{ном}} = 360$ В; струм первинної обмотки $I_{\text{ном}} = 3,8$ А. У режимі дослідного КЗ втрати потужності $P_k = 80$ Вт і напруга $U_{\text{ІК}} = 33$ В. Активно-індуктивне навантаження має $\cos\varphi_{\text{ном}} = 0,75$.

Розрахуємо і побудуємо зовнішню характеристику трансформатора,

Приклад №.3. Трифазний асинхронний двигун.(ТАД) має такі дані: номінальна напруга 220/380 В (фазна/лінійна) при частоті $f_1 = 50$ Гц;

номінальне ковзання $s_{\text{ном}}=0,05$; кількість пар полюсів $p = 6$; перевантажувальна здатність з обертального моменту $\lambda=1,8$. Схема з'єднання обмотки статора — «зірка» (див. рис.). Вибрати лінійну напругу живильної мережі U_M і визначити частоту обертання $n_{\text{п}}$ поля статора, номінальну $n_{\text{ном}}$ і критичну $n_{\text{кр}}$ частоти обертання ротора.

Завдання №5.

Приклад №.1. Розрахунок зовнішньої характеристики.

Однофазний трансформатор має номінальні дані: напруги первинної і вторинної обмоток $U_{1\text{ном}}= 660 \text{ В}$, $U_{2\text{ном}} = 400 \text{ В}$; струм первинної обмотки $I_{1\text{ном}} = 3,8 \text{ А}$. У режимі дослідного КЗ втрати потужності $P_k= 90 \text{ Вт}$ і напруга $U_{\text{КЗ}}= 33 \text{ В}$. Активно-індуктивне навантаження має $\cos\varphi_{\text{ном}} =0,85$.

Розрахуємо і побудуємо зовнішню характеристику трансформатора

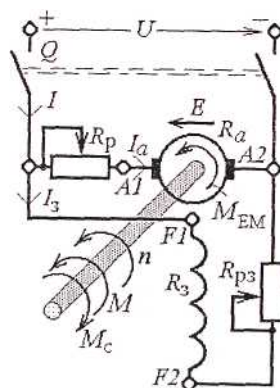
Приклад №.2. Двигун постійного струму (ДПС) з паралельним збудженням (див. рис.) має номінальні дані: потужність $P_{2\text{ном}} = 70 \text{ кВт}$; напруга $U_{\text{ном}} = 220\text{В}$; частота обертання $n= 1260 \text{ об/хв}$; ККД $\eta= 0,892$. Опір якорного кола $R_a= 0,03 \text{ Ом}$; опір обмотки збудження $R_z = 25,6 \text{ Ом}$.

Визначимо на основі заданих величин наступні параметри ДПС для номінального режиму його роботи.

Потужність і струм, що споживаються з мережі.

Струми обмотки збудження і якоря.

Сумарні втрати потужності в ДПС.



Рис

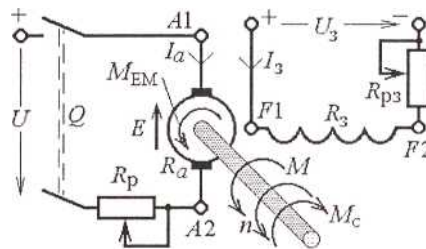
Приклад №.3 Трифазний синхронний двигун має номінальні параметри: потужність $P_{\text{ном}} = 800 \text{ кВт}$; частота мережі $f = 50 \text{ Гц}$; напруга (лінійна) $U_{\text{ном}} = 6000 \text{ В}$; $\cos\varphi_{\text{ном}} = 0,9$; частота обертання $n_{\text{ном}} = 500 \text{ об/хв}$; ККД $\eta_{\text{ном}} = 0,945$; струм збудження $I_{\text{ном}} = 285 \text{ А}$. Перевантажувальна здатність з обертального моменту $\lambda = 2,1$; схема обмотки статора — «зірка». На цій основі визначимо фазну напругу, споживану

потужність та її втрати, фазний і лінійний струми обмотки статора, кількість пар полюсів.

Завдання №6

Приклад №1 Двигун постійного струму (ДПС) з незалежним збудженням (див. рис.) має номінальну напругу $U_{\text{НОМ}} = 400$ В і струм якоря $I_a = 180$ А; опір електричного кола його якоря $R_{\text{я}} = 0,15$ Ом.

Визначимо опір регулювального реостата R_p у колі якоря, необхідний для обмеження пускового струму якоря до $I_{\text{ПУСК}} = 2,2I_{\text{НОМ}}$, якщо двигун вмикається відразу на номінальну напругу $U_{\text{НОМ}}$, а також знайдемо вихідне значення напруги живлення $U_{\text{ПУСК}}$, щоб пусковий струм якоря $I_{\text{ПУСК}}$ не перевищував значення $I_{\text{ПУСК}} = 2,5I_{\text{НОМ}}$



Рис

Приклад №2. Трифазний асинхронний двигун (ТАД) вмикається в мережу з лінійною напругою $U_{\text{Л}} = 380$ В і має такі дані в номінальному режимі: потужність на валу $P_{2\text{НОМ}} = 45$ кВт; напруга 220/380 В (фазна/лінійна); частота обертання ротора $n_{\text{НОМ}} = 580$ об/хв; ККД $\eta_{\text{НОМ}} = 0,9$; коефіцієнт потужності $\cos\varphi_{\text{НОМ}} = 0,81$. Крім того, двигун має кратність пускового струму $I_{\text{ПУСК}} = 5,0$, а також перевантажувальну здатність обертового моменту $\lambda = 1,8$. Визначити номінальну споживану потужність двигуна $P_{1\text{НОМ}}$; суму всіх втрат потужності в двигуні $P_{\text{втр}}_{\text{НОМ}}$; номінальний і пусковий струми обмотки статора; номінальний $M_{\text{НОМ}}$ і максимальний $M_{\text{мак}}$ обертові моменти.

Приклад №3. Розрахунок залежності ККД від коефіцієнта струму навантаження.

Повна номінальна потужність однофазного трансформатора $S_{\text{НОМ}} = 6$ кВА; втрати потужності в режимі НХ $P_{\text{НХ}} = 60$ Вт і в режимі дослідного КЗ $P_{\text{КЗ}} = 200$ Вт. У активно-індуктивного навантаження $\cos\varphi_{\text{НОМ}} = 0,75$.

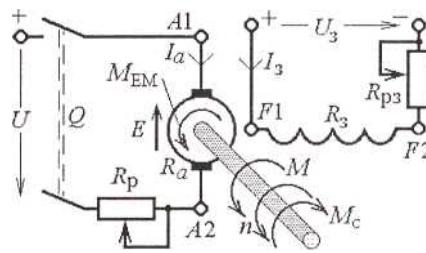
Завдання №7.

Приклад №1. Розрахунок залежності ККД від коефіцієнта струму навантаження.

Повна номінальна потужність однофазного трансформатора $S_{\text{НОМ}} = 7$ кВА; втрати потужності в режимі НХ $P_{\text{НХ}} = 70$ Вт і в режимі дослідного КЗ $P_{\text{КЗ}} = 200$ Вт. У активно-індуктивного навантаження $\cos\varphi_{\text{НОМ}} = 0,75$.

Приклад №2 Двигун постійного струму (ДПС) з незалежним збудженням (див. рис.) має номінальні напругу $U_{\text{НОМ}} = 440 \text{ В}$ і струм якоря $I_a = 200 \text{ А}$; опір електричного кола його якоря $R_a = 0,15 \text{ Ом}$.

Визначимо опір регулювального реостата R_p у колі якоря, необхідний для обмеження пускового струму якоря до $I_{\text{ПУСК}} = 2,2I_{\text{НОМ}}$, якщо двигун вмикається відразу на номінальну напругу $U_{\text{НОМ}}$, а також знайдемо вихідне значення напруги живлення $U_{\text{ПУСК}}$, щоб пусковий струм якоря $I_{\text{ПУСК}}$ не перевищував значення $I_{\text{ПУСК}} = 2,5I_{\text{аном}}$



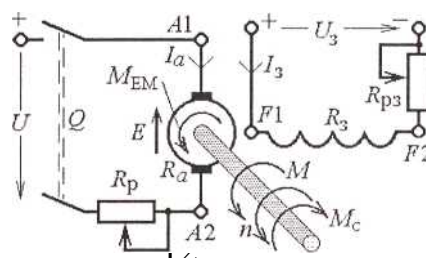
Рис

Приклад №3 Трифазний асинхронний двигун (ТАД) вмикається в мережу з лінійною напругою $U_{\text{л}} = 380 \text{ В}$ і має такі дані в номінальному режимі: потужність на валу $P_{2\text{НОМ}} = 45 \text{ кВт}$; напруга 220/380 В (фазна/лінійна); частота обертання ротора $n_{\text{НОМ}} = 580 \text{ об/хв}$; ККД $\eta_{\text{НОМ}} = 0,9$; коефіцієнт потужності $\cos\varphi_{\text{НОМ}} = 0,81$. Крім того, двигун має кратність пускового струму $I_{\text{ПУСК}} = 5,0$, а також перевантажувальну здатність обертального моменту $\lambda = 1,8$. Визначити номінальну споживану потужність двигуна $P_{1\text{НОМ}}$; суму всіх втрат потужності в двигуні $P_{\text{НОМ}}$; номінальний і пусковий струми обмотки статора; номінальний $M_{\text{НОМ}}$ і максимальний M_{max} обертальні моменти.

Завдання №8

Приклад 1. Двигун постійного струму (ДПС) з незалежним збудженням (див. рис.) має номінальні напругу $U_{\text{НОМ}} = 400 \text{ В}$ і струм якоря $I_a = 180 \text{ А}$; опір електричного кола його якоря $R_a = 0,15 \text{ Ом}$.

Визначимо опір регулювального реостата R_p у колі якоря, необхідний для обмеження пускового струму якоря до $I_{\text{ПУСК}} = 2,2I_{\text{аном}}$, якщо двигун вмикається відразу на номінальну напругу $U_{\text{НОМ}}$, а також знайдемо вихідне значення напруги живлення $U_{\text{ПУСК}}$, щоб пусковий струм якоря $I_{\text{ПУСК}}$ не перевищував значення $I_{\text{ПУСК}} = 2,5I_{\text{аном}}$



Рис

Приклад №2. Трифазний асинхронний двигун (ТАД) вмикається в мережу з лінійною напругою $U_{л} = 380 \text{ В}$ і має такі дані в номінальному режимі: потужність на валу $P_{2\text{ном}} = 45 \text{ кВт}$; напруга 220/380 В (фазна/лінійна); частота обертання ротора $n_{\text{ном}} = 580 \text{ об/хв}$; ККД $\eta_{\text{ном}} = 0,9$; коефіцієнт потужності $\cos \varphi_{\text{ном}} = 0,81$. Крім того, двигун має кратність пускового струму $I_{\text{пуск}} = 5,0$, а також перевантажувальну здатність обертального моменту $\lambda = 1,8$. Визначити номінальну споживану потужність двигуна $P_{1\text{ном}}$; суму всіх втрат потужності в двигуні $P_{1\text{ном}}$; номінальний і пусковий струми обмотки статора; номінальний $M_{\text{ном}}$ і максимальний M_{max} обертальні моменти.

Приклад №3. Розрахунок залежності ККД від коефіцієнта струму навантаження.

Повна номінальна потужність однофазного трансформатора

$S_{\text{ном}} = 5 \text{ кВА}$; втрати потужності в режимі НХ $P_{\text{нх}} = 50 \text{ Вт}$ і в режимі дослідного КЗ $P_{\text{кз}} = 200 \text{ Вт}$. У активно-індуктивного навантаження $\cos \varphi_{\text{н}} = 0,75$.

Завдання №9

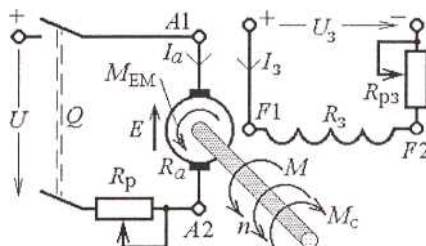
Приклад №1. Розрахунок зовнішньої характеристики.

Однофазний трансформатор має номінальні дані: напруги первинної і вторинної обмоток $U_{1\text{ном}} = 630 \text{ В}$, $U_{2\text{ном}} = 333 \text{ В}$; струм первинної обмотки $I_{1\text{ном}} = 3,8 \text{ А}$. У режимі дослідного КЗ втрати потужності $P_{\text{к}} = 80 \text{ Вт}$ і напруга $U_{\text{ІК}} = 33 \text{ В}$. Активно-індуктивне навантаження має $\cos \varphi_{\text{н}} = 0,75$.

Розрахуємо і побудуємо зовнішню характеристику трансформатора,

Приклад 2. Двигун постійного струму (ДПС) з незалежним збудженням (див. рис.) має номінальну напругу $U_{\text{ном}} = 420 \text{ В}$ і струм якоря $I_{\text{пуск}} = 170 \text{ А}$; опір електричного кола його якоря $R_a = 0,15 \text{ Ом}$.

Визначимо опір регулювального реостата R_p у колі якоря, необхідний для обмеження пускового струму якоря до $I_{\text{пуск}} = 2I_{\text{ном}}$, якщо двигун вмикається відразу на номінальну напругу $U_{\text{ном}}$, а також знайдемо вихідне значення напруги живлення $U_{\text{пуск}}$, щоб пусковий струм якоря $I_{\text{пуск}}$ не перевищував значення $I_{\text{пуск}} = 2,5I_{\text{ном}}$

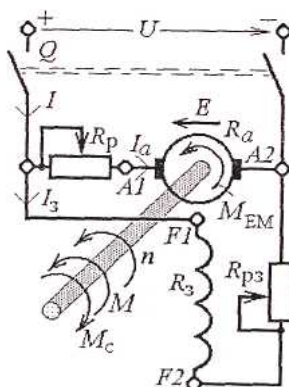


Рис

Приклад №.3 Трифазний синхронний двигун має номінальні параметри: потужність $P_{\text{ном}} = 800$ кВт; частота мережі $f = 50$ Гц; напруга (лінійна) $U_{\text{ном}} = 6000$ В; $\cos \varphi_{\text{ном}} = 0,9$; частота обертання $n_{\text{ном}} = 500$ об/хв; ККД $\eta_{\text{ном}} = 0,945$; струм збудження $I_{\text{ном}} = 285$ А. Перевантажувальна здатність з обертального моменту $\lambda = 2,1$; схема обмотки статора — «зірка». На цій основі визначимо фазну напругу, споживану потужність та її втрати, фазний і лінійний струми обмотки статора, кількість пар полюсів.

Завдання №10

Приклад №1. Двигун постійного струму (ДПС) з паралельним збудженням (див. рис) має номінальні дані: напруга $U_{\text{ном}} = 220$ В; струм якоря $I_a = 130$ А; частота обертання $n = 1000$ об/хв. Опір електричного кола якоря $R_a = 0,1$ Ом.



Рис

Треба побудувати механічні характеристики $p\{M\}$ при номінальній напрузі $U_{\text{ном}}$: а) природну; б) штучну при вмиканні в коло якоря регульовального реостата з опором $R = 1$ Ом,

Приклад №.2 Трифазний синхронний двигун має номінальні параметри: потужність $P_{\text{ном}} = 800$ кВт; частота мережі $f = 50$ Гц; напруга (лінійна) $U_{\text{ном}} = 6000$ В; $\cos \varphi_{\text{ном}} = 0,9$; частота обертання $n_{\text{ном}} = 500$ об/хв; ККД $\eta_{\text{ном}} = 0,945$; струм збудження $I_{\text{ном}} = 285$ А. Перевантажувальна здатність з обертального моменту $\lambda = 2,1$; схема обмотки статора — «зірка». На цій основі визначимо фазну напругу, споживану потужність та її втрати, фазний і лінійний струми обмотки статора, кількість пар полюсів.

Приклад №.3. Розрахунок зовнішньої характеристики.

Однофазний трансформатор має номінальні дані: напруги первинної і

вторинної обмоток $U_{1\text{ном}} = 620 \text{ В}$, $U_{2\text{ном}} = 315 \text{ В}$; струм первинної обмотки $I_{1\text{ном}} = 3,0 \text{ А}$. У режимі дослідного КЗ втрати потужності $P_k = 80 \text{ Вт}$ і напруга $U_{\text{ІК}} = 30 \text{ В}$. Активно-індуктивне навантаження має $\cos \varphi_H = 0,75$.

Розрахуємо і побудуємо зовнішню характеристику трансформатора.

Завдання №11

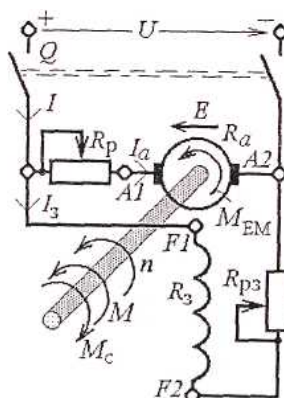
Приклад №.1. Розрахунок зовнішньої характеристики.

Однофазний трансформатор має номінальні дані: напруги первинної і вторинної обмоток $U_{1\text{ном}} = 300 \text{ В}$, $U_{2\text{ном}} = 230 \text{ В}$; струм первинної обмотки $I_{1\text{ном}} = 3,8 \text{ А}$. У режимі дослідного КЗ втрати потужності $P_k = 80 \text{ Вт}$ і напруга $U_{\text{ІК}} = 33 \text{ В}$. Активно-індуктивне навантаження має $\cos \varphi_H = 0,75$.

Розрахуємо і побудуємо зовнішню характеристику трансформатора,

Приклад 2. Двигун постійного струму (ДПС) з паралельним збудженням (див. рис) має номінальні дані: напруга $U_{\text{ном}} = 210 \text{ В}$; струм якоря $I_a = 120 \text{ А}$; частота обертання $n = 1000 \text{ об/хв}$. Опір електричного кола якоря $R_a = 0,1 \text{ Ом}$.

Треба побудувати механічні характеристики $n(M)$ при номінальній напрузі $U_{\text{ном}}$: а) природну; б) штучну при вмиканні в коло якоря регулювального реостата з опором $R = 1 \text{ Ом}$.



Рис

Приклад №.3. Трифазний синхронний двигун має номінальні параметри: потужність $P_{\text{ном}} = 700 \text{ кВт}$; частота мережі $f = 50 \text{ Гц}$; напруга (лінійна) $U_{\text{ном}} = 5000 \text{ В}$; $\cos \varphi_{\text{ном}} = 0,9$; частота обертання $n_{\text{ном}} = 500 \text{ об/хв}$; ККД $\eta_{\text{ном}} = 0,945$; струм збудження $I_{\text{ном}} = 285 \text{ А}$. Перевантажувальна здатність з обертального моменту $\lambda = 2,1$; схема обмотки статора — «зірка». На цій основі визначимо фазну напругу, споживану потужність та її втрати, фазний і лінійний струми обмотки статора, кількість пар полюсів.

Завдання №12

Приклад №.1 Трифазний синхронний двигун має номінальні параметри: потужність $P_{\text{ном}} = 800$ кВт; частота мережі $f = 50$ Гц; напруга (лінійна) $U_{\text{ном}} = 8000$ В; $\cos \varphi_{\text{ном}} = 0,9$; частота обертання $n_{\text{ном}} = 500$ об/хв; ККД $\eta_{\text{ном}} = 0,945$; струм збудження $I_{\text{ном}} = 285$ А. Перевантажувальна здатність з обертового моменту $\lambda = 2,1$; схема обмотки статора — «зірка». На цій основі визначимо фазну напругу, споживану потужність та її втрати, фазний і лінійний струми обмотки статора, кількість пар полюсів.

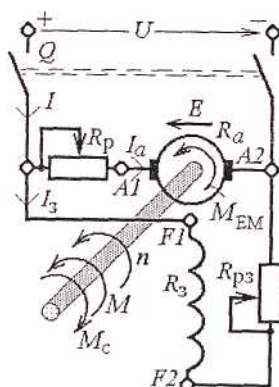
Приклад №.2. Розрахунок зовнішньої характеристики.

Однофазний трансформатор має номінальні дані: напруги первинної і вторинної обмоток $U_{1\text{ном}} = 630$ В, $U_{2\text{ном}} = 300$ В; струм первинної обмотки $I_{1\text{ном}} = 3,8$ А. У режимі дослідного КЗ втрати потужності $P_k = 90$ Вт і напруга $U_{\text{КЗ}} = 33$ В. Активно-індуктивне навантаження має $\cos \varphi_n = 0,85$.

Розрахуємо і побудуємо зовнішню характеристику трансформатора.

Приклад 3. Двигун постійного струму (ДПС) з паралельним збудженням (див. рис б) має номінальні дані: напруга $U_{\text{ном}} = 200$ В; струм якоря $I_{\text{аном}} = 118$ А; частота обертання $n = 1000$ об/хв. Опір електричного кола якоря $R_a = 0,1$ Ом.

Треба побудувати механічні характеристики $n(M)$ при номінальній напрузі $U_{\text{ном}}$: а) природну; б) штучну при вмиканні в коло якоря регульовального реостата з опором $R = 1$ Ом.



Рис

Завдання №13

Приклад №1. Трифазний асинхронний двигун (ТАД) вмикається в мережу з лінійною напругою $U_{\text{л}} = 380$ В і має такі дані в номінальному режимі: потужність на валу $P_{2\text{ном}} = 45$ кВт; напруга 220/380 В (фазна/лінійна); частота обертання ротора $n_{\text{ном}} = 580$ об/хв; ККД $\eta_{\text{ном}} = 0,9$; коефіцієнт потужності $\cos \varphi_{1\text{ном}} = 0,81$. Крім того, двигун має кратність пускового струму $I_{\text{пуск}} = 5,0$, а також перевантажувальну здатність обертового моменту $\lambda = 1,8$. Визначити

номінальну споживану потужність двигуна $P_{1\text{ном}}$; суму всіх втрат потужності в двигуні $P_{\text{ном}}$; номінальний і пусковий струми обмотки статора; номінальний $M_{\text{ном}}$ і максимальний $M_{\text{мах}}$ обертальні моменти.

Приклад №2. Розрахунок залежності ККД від коефіцієнта струму навантаження.

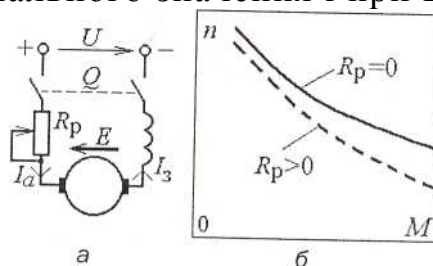
Повна номінальна потужність однофазного трансформатора

$S_{\text{ном}} = 8\text{кВА}$; втрати потужності в режимі НХ $P_{\text{нх}} = 50\text{ Вт}$ і в режимі дослідного КЗ $P_{\text{к}} = 219\text{ Вт}$. У активно-індуктивного навантаження $\cos \varphi_{\text{н}} = 0,75$.

Приклад №3. Двигун постійного струму (ДПС) із послідовним збудженням (див. рис.) має номінальні дані: напруга $U_{\text{ном}} = 110\text{В}$; струм $I_{\text{ном}} = 100\text{ А}$; частота обертання $n = 750\text{ об/хв}$. Опір якорного кола з урахуванням обмотки збудження становить $R = 0,2\text{ Ом}$. Характеристика намагнічування ДПС $\Phi(I)$ у відносних одиницях $k_{\Phi}(k_I)$ зображена на рис., де $k_i = I/I_{\text{ном}}$ — кратність струму збудження (він водночас є і струмом якоря); $k_{\Phi} = \Phi / \Phi_{\text{ном}}$ — кратність магнітного потоку збудження ($I_{\text{ном}}$ $\Phi_{\text{ном}}$ — номінальні значення відповідних величин).

Необхідно побудувати механічні характеристики $n(M)$ ДПС при $I/I_{\text{ном}}$: а) природну, б) штучну при вмиканні в коло якоря регулювального реостата з опором $R = 0,2\text{ Ом}$.

Визначити частоту обертання якоря двигуна при зниженні обертального моменту M на 50 %, а також при збільшенні його на 20 % від номінального значення $M_{\text{ном}}$. Це слід зробити як для випадку відсутності регулювального реостата, так і при його наявності. Визначити частоту обертання якоря двигуна при номінальному моменті $M_{\text{ном}}$, якщо напруга живлення знизилась на 20% від номінального значення і при цьому $R_p = 0$



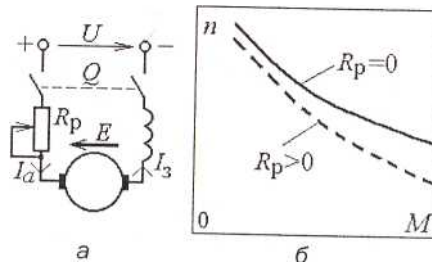
Рис

Завдання №14

Приклад №1. Двигун постійного струму (ДПС) із послідовним збудженням (див. рис. а) має номінальні дані: напруга $U_{\text{ном}} = 100\text{В}$; струм $I_{\text{ном}} = 90\text{ А}$; частота обертання $n = 650\text{ об/хв}$. Опір якорного кола з урахуванням обмотки збудження становить $R = 0,2\text{ Ом}$. Характеристика намагнічування ДПС $\Phi(I)$ у відносних одиницях $k_{\Phi}(k_I)$ зображена на рис., де $k_i = I/I_{\text{ном}}$ — кратність струму збудження (він водночас є і струмом якоря); $k_{\Phi} = \Phi / \Phi_{\text{ном}}$ — кратність магнітного потоку

збудження ($I_{\text{ном}}$ $\Phi_{\text{ном}}$ — номінальні значення відповідних величин).

Необхідно побудувати механічні характеристики $n(M)$ ДПС при $I/\text{ном}$: а) природну, б) штучну при вмиканні в коло якоря регулювального реостата з опором $R=0,2$ Ом.



Рис

Визначити частоту обертання якоря двигуна при зниженні обертового моменту M на 50 %, а також при збільшенні його на 20 % від номінального значення $M_{\text{ном}}$. Це слід зробити як для випадку відсутності регулювального реостата, так і при його наявності. Визначити частоту обертання якоря двигуна при номінальному моменті $M_{\text{ном}}$, якщо напруга живлення знизилась на 20% від номінального значення і при цьому $R_p = 0$

Приклад №2. Трифазний асинхронний двигун (ТАД) вмикається в мережу з лінійною напругою $U_{\text{л}} = 380$ В і має такі дані в номінальному режимі: потужність на валу $P_{2\text{ном}} = 45$ кВт; напруга 220/380 В (фазна/лінійна); частота обертання ротора $n_{\text{ном}} = 580$ об/хв; ККД $\eta_{\text{ном}} = 0,9$; коефіцієнт потужності $\cos \varphi_{1\text{ном}} = 0,81$. Крім того, двигун має кратність пускового струму $I_{\text{пуск}} = 5,0$, а також перевантажувальну здатність обертового моменту $\lambda = 1,8$. Визначити номінальну споживану потужність двигуна $P_{1\text{ном}}$; суму всіх втрат потужності в двигуні $P_{1\text{ном}}$; номінальний і пусковий струми обмотки статора; номінальний $M_{\text{ном}}$ і максимальний $M_{\text{мах}}$ обертові моменти.

Приклад №3. Розрахунок залежності ККД від коефіцієнта струму навантаження.

Повна номінальна потужність однофазного трансформатора

$S_{\text{ном}} = 5$ кВА; втрати потужності в режимі НХ $P_{\text{нх}} = 50$ Вт і в режимі дослідного КЗ $P_{\text{к}} = 200$ Вт. У активно-індуктивного навантаження $\cos \varphi_{\text{н}} = 0,75$.

Завдання №15.

Приклад №1. Розрахунок напруг і струмів трансформатора.

Однофазний трансформатор має паспортні номінальні дані: повна потужність $P_{\text{ном}} = 22$ кВА: напруги первинної і вторинної обмоток $U_{1\text{ном}} = 280$ В, $U_{2\text{пол}} = 133$ В, Напруга короткого замикання $U_{\text{к}} = 5$ %. Струм неробочого ходу $I_{10} = 8$ %

Визначимо наступний ряд параметрів трансформатора:

Коефіцієнт трансформації.

Напруга в режимі дослідного КЗ.

Струми аварійного КЗ обмоток при номінальній напрузі.

Струм у режимі НХ I_{10} .

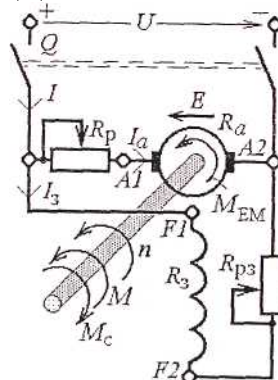
Приклад 2. Двигун постійного струму (ДПС) з паралельним збудженням (див. рис.) має номінальні дані: потужність $P_{2\text{ном}} = 90$ кВт; напруга $U_{\text{ном}} = 220$ В; частота обертання $n = 1260$ об/хв; ККД $\eta = 0,92$. Опір якорного кола $R_a = 0,03$ Ом; опір обмотки збудження $R_z = 25,6$ Ом.

Визначимо на основі заданих величин наступні параметри ДПС для номінального режиму його роботи:

Потужність і струм, що споживаються з мережі.

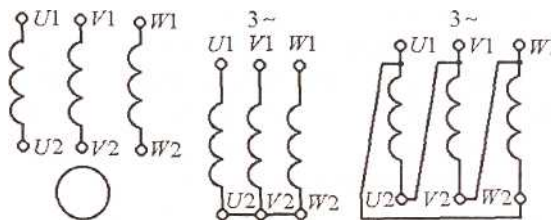
Струми обмотки збудження і якоря.

Сумарні втрати потужності в ДПС.



Рис

Приклад №3. Трифазний асинхронний двигун (ТАД) має такі дані: номінальна напруга 220/380 В (фазна/лінійна) при частоті $f_1 = 60$ Гц; номінальне ковзання $S_{\text{ном}} = 0,05$; кількість пар полюсів $p = 6$; перевантажувальна здатність з обертального моменту $\lambda = 1,8$. Схема з'єднання обмотки статора — «зірка» (див. рис.). Вибрати лінійну напругу живильної мережі U_M і визначити частоту обертання n_n поля статора, номінальну $n_{\text{ном}}$ і критичну $n_{\text{кр}}$ частоти обертання ротора.



Рис

Завдання №16

Приклад №1. Розрахунок напруг і струмів трансформатора.

Однофазний трансформатор має паспортні номінальні дані: повна потужність $P_{\text{ном}} = 21$ кВА; напруги первинної і вторинної обмоток $U_{1\text{ном}} = 420$ В, $U_{2\text{ном}} = 228$ В,

Напруга короткого замикання $U_k = 5\%$. Струм неробочого ходу $I_k = 8\%$

Визначимо наступний ряд параметрів трансформатора:

Коефіцієнт трансформації.

Напруга в режимі дослідного КЗ.

Струми аварійного КЗ обмоток при номінальній напрузі.

Струм у режимі НХ I_{10} .

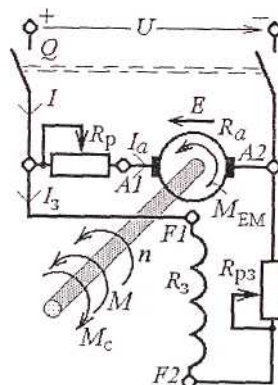
Приклад №2. Двигун постійного струму (ДПС) з паралельним збудженням (див. рис.) має номінальні дані: потужність $P_{2\text{ном}} = 120$ кВт; напруга $U_{\text{ном}} = 220$ В; частота обертання $n = 1160$ об/хв; ККД $\eta = 0,892$. Опір якорного кола $R_a = 0,03$ Ом; опір обмотки збудження $R_z = 25,6$ Ом.

Визначимо на основі заданих величин наступні параметри ДПС для номінального режиму його роботи:

Потужність і струм, що споживаються з мережі.

Струми обмотки збудження і якоря.

Сумарні втрати потужності в ДПС.



Рис

Приклад №3 Трифазний синхронний двигун має номінальні параметри: потужність $P_{\text{ном}} = 500$ кВт; частота мережі $f = 50$ Гц; напруга (лінійна) $U_{\text{ном}} = 4000$ В; $\cos \varphi_{\text{ном}} = 0,9$; частота обертання $n_{\text{ном}} = 500$ об/хв; ККД $\eta_{\text{ном}} = 0,945$; струм збудження $I_{\text{ном}} = 285$ А. Перевантажувальна здатність з обертового моменту $\lambda = 2,1$; схема обмотки статора — «зірка». На цій основі визначимо фазну напругу, споживану потужність та її втрати, фазний і лінійний струми обмотки статора, кількість пар полюсів.

Завдання №17

Приклад №1. Розрахунок напруг і струмів трансформатора.

Однофазний трансформатор має паспортні номінальні дані: повна потужність $P_{\text{ном}} = 33$ кВА; напруги первинної і вторинної обмоток $U_{1\text{ном}} = 320$ В, $U_{2\text{пол}} = 240$ В, Напруга короткого замикання $U_k = 5\%$. Струм неробочого ходу $I_k = 8\%$

Визначимо наступний ряд параметрів трансформатора.

Коефіцієнт трансформації.

Напруга в режимі дослідного КЗ.

Струми аварійного КЗ обмоток при номінальній напрузі.

Струм у режимі НХ I_{10} .

Приклад №2 Трифазний асинхронний двигун (ТАД) вмикається в мережу з лінійною напругою $U_{л} = 380$ В і має такі дані в номінальному режимі: потужність на валу $P_{2ном} = 65$ кВт; напруга 220/380 В (фазна/лінійна); частота обертання ротора $n_{ном} = 680$ об/хв; ККД $\eta_{ном} = 0,95$; коефіцієнт потужності $\cos \varphi_{ном} = 0,91$. Крім того, двигун має кратність пускового струму $I_{пуск} = 5,0$, а також переважувальну здатність обертального моменту $\lambda = 1,8$. Визначити номінальну споживану потужність двигуна $P_{1ном}$; суму всіх втрат потужності в двигуні $P_{1ном}$; номінальний і пусковий струми обмотки статора; номінальний $M_{ном}$ і максимальний M_{max} обертальні моменти.

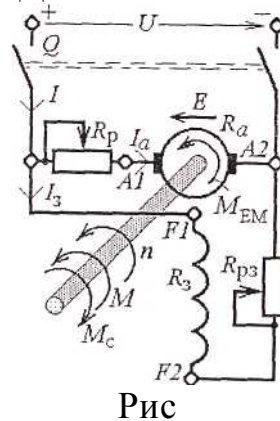
Приклад №3. Двигун постійного струму (ДПС) з паралельним збудженням (див. рис.) має номінальні дані: потужність $P_{2ном} = 80$ кВт; напруга $U_{ном} = 220$ В; частота обертання $n = 1260$ об/хв; ККД $\eta = 0,892$. Опір якорного кола $R_a = 0,03$ Ом; опір обмотки збудження $R_z = 15,6$ Ом.

Визначимо на основі заданих величин наступні параметри ДПС для номінального режиму його роботи:

Потужність і струм, що споживаються з мережі.

Струми обмотки збудження і якоря.

Сумарні втрати потужності в ДПС.



Завдання №18

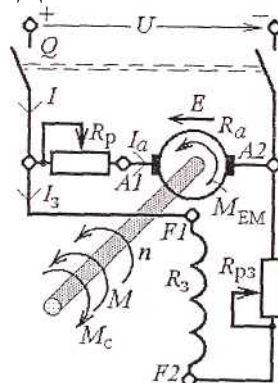
Приклад №1. Двигун постійного струму (ДПС) з паралельним збудженням (див. рис.) має номінальні дані: потужність $P_{2ном} = 60$ кВт; напруга $U_{ном} = 420$ В; частота обертання $n = 1360$ об/хв; ККД $\eta = 0,892$. Опір якорного кола $R_a = 0,03$ Ом; опір обмотки збудження $R_z = 25,6$ Ом.

Визначимо на основі заданих величин наступні параметри ДПС для номінального режиму його роботи.

Потужність і струм, що споживаються з мережі.

Струми обмотки збудження і якоря.

Сумарні втрати потужності в ДПС.



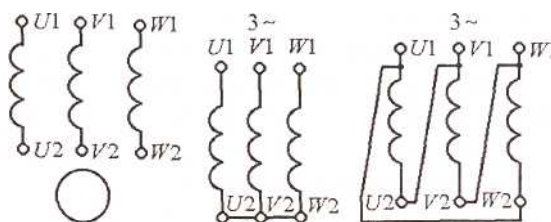
Рис

Приклад №.2. Розрахунок зовнішньої характеристики.

Однофазний трансформатор має номінальні дані: напруги первинної і вторинної обмоток $U_{1ном} = 800$ В, $U_{2ном} = 360$ В; струм первинної обмотки $I_{1ном} = 13,8$ А. У режимі дослідного КЗ втрати потужності $P_k = 80$ Вт і напруга $U = 23$ В. Активно-індуктивне навантаження має $\cos \varphi_n = 0,85$.

Розрахуємо і побудуємо зовнішню характеристику трансформатора,

Приклад №.3. Трифазний асинхронний двигун (ТАД) має такі дані: номінальна напруга 220/380 В (фазна/лінійна) при частоті $f_1 = 50$ Гц; номінальне ковзання $S_{ном} = 0,05$; кількість пар полюсів $p = 6$; перевантажувальна здатність з обертового моменту $\lambda = 1,8$. Схема з'єднання обмотки статора — «зірка» (див. рис.). Вибрати лінійну напругу живильної мережі U_M і визначити частоту обертання n_n поля статора, номінальну $n_{ном}$ і критичну $n_{кр}$ частоти обертання ротора.



Рис

Завдання №19.

Приклад №.1. Розрахунок зовнішньої характеристики.

Однофазний трансформатор має номінальні дані: напруги первинної і вторинної обмоток $U_{1ном} = 760$ В, $U_{2ном} = 300$ В; струм первинної обмотки $I_{1ном} = 3,8$ А. У режимі дослідного КЗ втрати потужності $P_k = 95$ Вт і напруга $U_{КЗ} = 33$ В. Активно-індуктивне навантаження має $\cos \varphi_n = 0,85$.

Розрахуємо і побудуємо зовнішню характеристику трансформатора,

Приклад №.2. Двигун постійного струму (ДПС) з паралельним збудженням (див. рис.) має номінальні дані: потужність $P_{2ном} = 70$ кВт;

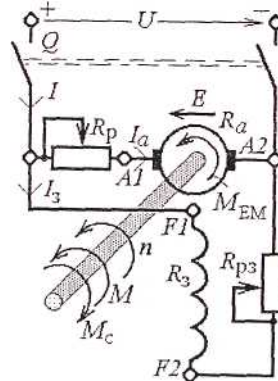
напруга $U_{\text{ном}} = 220\text{В}$; частота обертання $n = 1260$ об/хв; ККД $\eta = 0,892$. Опір якірного кола $R_a = 0,03$ Ом; опір обмотки збудження $R_3 = 25,6$ Ом.

Визначимо на основі заданих величин наступні параметри ДПС для номінального режиму його роботи:

Потужність і струм, що споживаються з мережі.

Струми обмотки збудження і якоря.

Сумарні втрати потужності в ДПС.



Рис

Приклад №.3 Трифазний синхронний двигун має номінальні параметри: потужність $P_{\text{ном}} = 800$ кВт; частота мережі $f = 50$ Гц; напруга (лінійна) $U_{\text{ном}} = 6000$ В; $\cos \varphi_{\text{ном}} = 0,9$; частота обертання $n_{\text{ном}} = 500$ об/хв; ККД $\eta_{\text{ном}} = 0,945$; струм збудження $I_{\text{ном}} = 285$ А. Перевантажувальна здатність з обертового моменту $\lambda = 2,1$; схема обмотки статора — «зірка». На цій основі визначимо фазну напругу, споживану потужність та її втрати, фазний і лінійний струми обмотки статора, кількість пар полюсів.

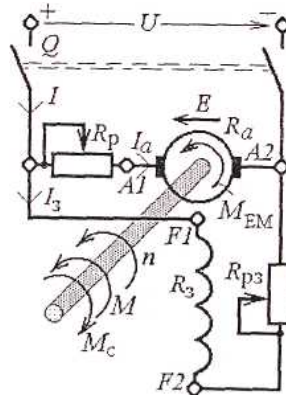
Завдання №20

Приклад №.1. Розрахунок зовнішньої характеристики.

Однофазний трансформатор має номінальні дані: напруги первинної і вторинної обмоток $U_{1\text{ном}} = 380$ В, $U_{2\text{ном}} = 230$ В; струм первинної обмотки $I_{1\text{ном}} = 3,8$ А. У режимі дослідного КЗ втрати потужності $P_k = 80$ Вт і напруга $U_{\text{ІК}} = 33$ В. Активно-індуктивне навантаження має $\cos \varphi_n = 0,75$. Розрахуємо і побудуємо зовнішню характеристику трансформатора,

Приклад 2. Двигун постійного струму (ДПС) з паралельним збудженням (див. рис) має номінальні дані: напруга $U_{\text{ном}} = 210$ В; струм якоря $I_a = 120$ А; частота обертання $n = 1000$ об/хв. Опір електричного кола якоря $R_a = 0,1$ Ом.

Треба побудувати механічні характеристики $n(M)$ при номінальній напрузі $U_{\text{ном}}$: а) природну; б) штучну при вмиканні в коло якоря регульовального реостата з опором $R = 1$ Ом,



Рис

Приклад №.3. Трифазний синхронний двигун має номінальні параметри: потужність $P_{\text{ном}} = 700$ кВт; частота мережі $f = 50$ Гц; напруга (лінійна) $U_{\text{ном}} = 5000$ В; $\cos \varphi_{\text{ном}} = 0,9$; частота обертання $n_{\text{ном}} = 500$ об/хв; ККД $\eta_{\text{ном}} = 0,945$; струм збудження $I_{\text{ном}} = 285$ А. Перевантажувальна здатність з обертового моменту $\lambda = 2,1$; схема обмотки статора — «зірка». На цій основі визначимо фазну напругу, споживану потужність та її втрати, фазний і лінійний струми обмотки статора, кількість пар полюсів.

Завдання №21

Приклад №.1 Трифазний синхронний двигун має номінальні параметри: потужність $P_{\text{ном}} = 400$ кВт; частота мережі $f = 50$ Гц; напруга (лінійна) $U_{\text{ном}} = 7000$ В; $\cos \varphi_{\text{ном}} = 0,9$; частота обертання $n_{\text{ном}} = 500$ об/хв; ККД $\eta_{\text{ном}} = 0,945$; струм збудження $I_{\text{ном}} = 285$ А. Перевантажувальна здатність з обертового моменту $\lambda = 2,1$; схема обмотки статора — «зірка». На цій основі визначимо фазну напругу, споживану потужність та її втрати, фазний і лінійний струми обмотки статора, кількість пар полюсів.

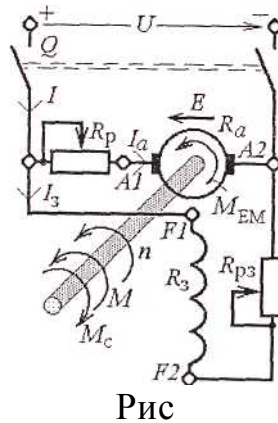
Приклад №.2. Розрахунок зовнішньої характеристики.

Однофазний трансформатор має номінальні дані: напруги первинної і вторинної обмоток $U_{1\text{ном}} = 430$ В, $U_{2\text{ном}} = 320$ В; струм первинної обмотки $I_{1\text{ном}} = 3,8$ А. У режимі дослідного КЗ втрати потужності $P_k = 90$ Вт і напруга $U = 33$ В. Активно-індуктивне навантаження має $\cos \varphi_n = 0,85$.

Розрахуємо і побудуємо зовнішню характеристику трансформатора,

Приклад 3. Двигун постійного струму (ДПС) з паралельним збудженням (див. рис б) має номінальні дані: напруга $U_{\text{ном}} = 280$ В; струм якоря $I_{\text{ном}} = 128$ А; частота обертання $n = 1000$ об/хв. Опір електричного кола якоря $R_a = 0,1$ Ом.

Треба побудувати механічні характеристики $n(M)$ при номінальній нарузі $U_{\text{ном}}$: а) природну; б) штучну при вмиканні в коло якоря регулювального реостата з опором $R = 1$ Ом,



Рис

Завдання №22

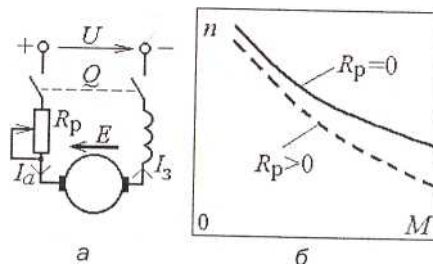
Приклад №1. Трифазний асинхронний двигун (ТАД) вмикається в мережу з лінійною напругою $U_{\text{л}} = 380 \text{ В}$ і має такі дані в номінальному режимі: потужність на валу $P_{2\text{НОМ}} = 65 \text{ кВт}$; напруга 220/380 В (фазна/лінійна); частота обертання ротора $n_{\text{НОМ}} = 680 \text{ об/хв}$; ККД $\eta_{\text{НОМ}} = 0,9$; коефіцієнт потужності $\cos \varphi_{1\text{НОМ}} = 0,81$. Крім того, двигун має кратність пускового струму $I_{\text{пуск}} = 5,0$, а також перевантажувальну здатність обертового моменту $\lambda = 1,8$. Визначити номінальну споживану потужність двигуна $P_{1\text{НОМ}}$; суму всіх втрат потужності в двигуні $P_{1\text{НОМ}}$; номінальний і пусковий струми обмотки статора; номінальний $M_{\text{НОМ}}$ і максимальний M_{max} обертові моменти.

Приклад №2. Розрахунок залежності ККД від коефіцієнта струму навантаження. Повна номінальна потужність однофазного трансформатора $S_{\text{НОМ}} = 8 \text{ кВА}$; втрати потужності в режимі НХ $P_{\text{НХ}} = 50 \text{ Вт}$ і в режимі дослідного КЗ $P_{\text{КЗ}} = 219 \text{ Вт}$. У активноіндуктивного навантаження $\cos \varphi_{\text{н}} = 0,75$.

Приклад №3. Двигун постійного струму (ДПС) із послідовним збудженням (див. рис.) має номінальні дані: напруга $U_{\text{НОМ}} = 210 \text{ В}$; струм $I_{\text{НОМ}} = 100 \text{ А}$; частота обертання $n = 950 \text{ об/хв}$. Опір якорного кола з урахуванням обмотки збудження становить $R = 0,2 \text{ Ом}$. Характеристика намагнічування ДПС $\Phi(I)$ у відносних одиницях $k_{\Phi}(k_I)$ зображена на рис., де $k_I = I/I_{\text{НОМ}}$ — кратність струму збудження (він водночас є і струмом якоря); $k_{\Phi} = \Phi / \Phi_{\text{НОМ}}$ — кратність магнітного потоку збудження ($I_{\text{НОМ}}$ $\Phi_{\text{НОМ}}$ — номінальні значення відповідних величин).

Необхідно побудувати механічні характеристики $n(M)$ ДПС при $I_{\text{НОМ}}$: а) природну, б) штучну при вмиканні в коло якоря регульовального реостата з опором $R = 0,2 \text{ Ом}$.

Визначити частоту обертання якоря двигуна при зниженні обертового моменту M на 50 %, а також при збільшенні його на 20 % від номінального значення $M_{\text{НОМ}}$. Це слід зробити як для випадку відсутності регульовального реостата, так і при його наявності. Визначити частоту обертання якоря двигуна при номінальному моменті $M_{\text{НОМ}}$, якщо напруга живлення знизилась на 20% від номінального значення і при цьому $R_p = 0$



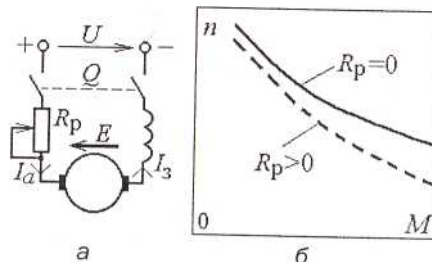
Рис

Завдання №23

Приклад №1. Двигун постійного струму (ДПС) із послідовним збудженням (див. рис.) має номінальні дані: напруга $U_{\text{ном}}=280\text{В}$; струм $I_{\text{ном}}=90\text{ А}$; частота обертання $n = 750\text{ об/хв}$. Опір якорного кола з урахуванням обмотки збудження становить $R = 0,25\text{ Ом}$. Характеристика намагнічування ДПС $\Phi(I)$ у відносних одиницях $k_{\Phi}(k_I)$ зображена на рис., де $k_I = I/I_{\text{ном}}$ — кратність струму збудження (він водночас є і струмом якоря); $k_{\Phi} = \Phi / \Phi_{\text{ном}}$ — кратність магнітного потоку збудження ($I_{\text{ном}}$ $\Phi_{\text{ном}}$ — номінальні значення відповідних величин).

Необхідно побудувати механічні характеристики $n(M)$ ДПС

при $I/I_{\text{ном}}$: а) природну, б) штучну при вмиканні в коло якоря регулювального реостата з опором $R=0,2\text{ Ом}$.



Рис

Визначити частоту обертання якоря двигуна при зниженні обертального моменту M на 50 %, а також при збільшенні його на 20 % від номінального значення $M_{\text{ном}}$. Це слід зробити як для випадку відсутності регулювального реостата, так і при його наявності. Визначити частоту обертання якоря двигуна при номінальному моменті $M_{\text{ном}}$, якщо напруга живлення знизилась на 20% від номінального значення і при цьому $R_p = 0$

Приклад №2. Трифазний асинхронний двигун (ТАД) вмикається в мережу з лінійною напругою $U_{\text{л}} = 380\text{ В}$ і має такі дані в номінальному режимі: потужність на валу $P_{2\text{ном}} = 65\text{ кВт}$; напруга 220/380 В (фазна/лінійна); частота обертання ротора $n_{\text{ном}} = 680\text{ об/хв}$; ККД $\eta_{\text{ном}} = 0,9$; коефіцієнт потужності $\cos \varphi_{1\text{ном}} = 0,81$. Крім того, двигун має кратність пускового струму $I_{\text{пуск}} = 5,0$, а також перевантажувальну здатність обертального моменту $\lambda = 1,5$. Визначити номінальну споживану потужність двигуна $P_{1\text{ном}}$; суму всіх втрат потужності в двигуні $P_{1\text{ном}}$; номінальний і пусковий струми обмотки статора;

номінальний $M_{\text{ном}}$ і максимальний M_{max} обертальні моменти.

Приклад №3. Розрахунок залежності ККД від коефіцієнта струму навантаження.

Повна номінальна потужність однофазного трансформатора

$S_{\text{ном}} = 15$ кВА; втрати потужності в режимі НХ $P_{\text{НХ}} = 50$ Вт і в режимі дослідного КЗ $P_{\text{КЗк}} = 200$ Вт. У активно-індуктивного навантаження $\cos \varphi_{\text{н}} = 0,85$.

Завдання №24.

Приклад №1. Розрахунок напруг і струмів трансформатора.

Однофазний трансформатор має паспортні номінальні дані: повна потужність $P_{\text{ном}} = 16$ кВА; напруги первинної і вторинної обмоток $U_{\text{ном}} = 220$ В, $U_{2\text{пол.л}} = 153$ В, Напруга короткого замикання $U_{\text{к}} = 5\%$. Струм неробочого ходу $I_{\text{к}} = 7\%$

Визначимо наступний ряд параметрів трансформатора:

Коефіцієнт трансформації.

Напруга в режимі дослідного КЗ.

Струми аварійного КЗ обмоток при номінальній напрузі.

Струм у режимі НХ I_{10} .

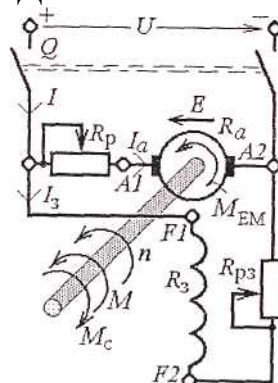
Приклад 2. Двигун постійного струму (ДПС) з паралельним збудженням (див. рис.) має номінальні дані: потужність $P_{2\text{ном}} = 90$ кВт; напруга $U_{\text{ном}} = 220$ В; частота обертання $n = 1360$ об/хв; ККД $\eta = 0,92$. Опір якорного кола $R_{\text{а}} = 0,03$ Ом; опір обмотки збудження $R_{\text{з}} = 15,6$ Ом.

Визначимо на основі заданих величин наступні параметри ДПС для номінального режиму його роботи:

Потужність і струм, що споживаються з мережі.

Струми обмотки збудження і якоря.

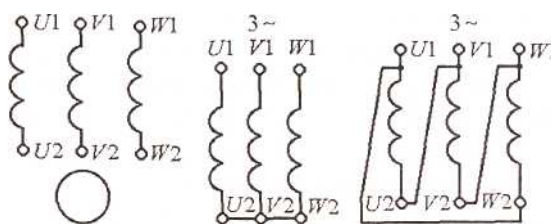
Сумарні втрати потужності в ДПС.



Рис

Приклад №3. Трифазний асинхронний двигун (ТАД) має такі дані: номінальна напруга 220/380 В (фазна/лінійна) при частоті $f_1 = 50$ Гц; номінальне ковзання $S_{\text{ном}} = 0,25$; кількість пар полюсів $p = 6$; перевантажувальна

здатність з обертового моменту $\lambda=1,6$. Схема з'єднання обмотки статора — «зірка» (див. рис.). Вибрати лінійну напругу живильної мережі U_M і визначити частоту обертання $n_{\text{п}}$ поля статора, номінальну $n_{\text{ном}}$ і критичну $n_{\text{кр}}$ частоти обертання ротора.



Рис

Завдання №25

Приклад №1. Розрахунок напруг і струмів трансформатора.

Однофазний трансформатор має паспортні номінальні дані: повна потужність $P_{\text{ном}} = 61$ кВА; напруги первинної і вторинної обмоток $U_{1\text{ном}} = 220$ В, $U_{2\text{ном}} = 148$ В. Напруга короткого замикання $U_k = 5\%$. Струм неробочого ходу $I_k = 8\%$

Визначимо наступний ряд параметрів трансформатора.

Коефіцієнт трансформації.

Напруга в режимі дослідного КЗ.

Струми аварійного КЗ обмоток при номінальній напрузі.

Струм у режимі НХ I_{10} .

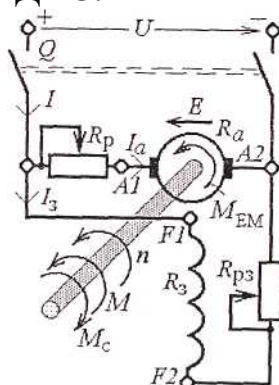
Приклад №2. Двигун постійного струму (ДПС) з паралельним збудженням (див. рис.) має номінальні дані: потужність $P_{2\text{ном}} = 99$ кВт; напруга $U_{\text{ном}} = 220$ В; частота обертання $n = 1060$ об/хв; ККД $\eta = 0,92$. Опір якорного кола $R_a = 0,03$ Ом; опір обмотки збудження $R_z = 29,6$ Ом.

Визначимо на основі заданих величин наступні параметри ДПС для номінального режиму його роботи:

Потужність і струм, що споживаються з мережі.

Струми обмотки збудження і якоря.

Сумарні втрати потужності в ДПС.



Рис

Приклад №3 Трифазний синхронний двигун має номінальні параметри: потужність $P_{\text{ном}} = 900$ кВт; частота мережі $f = 50$ Гц; напруга (лінійна) $U_{\text{ном}} = 8000$ В; $\cos \varphi_{\text{ном}} = 0,9$; частота обертання $n = 500$ об/хв; ККД $\eta_{\text{ном}} = 0,945$; струм

збудження $I_{\text{ном}}=285\text{А}$. Перевантажувальна здатність з обертального моменту $\lambda =2,1$; схема обмотки статора — «зірка». На цій основі визначимо фазну напругу, споживану потужність та її втрати, фазний і лінійний струми обмотки статора, кількість пар полюсів.

Завдання №26

Приклад №1. Розрахунок напруг і струмів трансформатора.

Однофазний трансформатор має паспортні номінальні дані: повна потужність $P_{\text{ном}}= 19\text{кВА}$; напруги первинної і вторинної обмоток $U_{1\text{ном}} = 220\text{В}$, $U_{2\text{пол}}- 170\text{В}$, Напруга короткого замикання $I_{\text{к}}= 5\%$. Струм неробочого ходу $I_{10}=8\%$

Визначимо наступний ряд параметрів трансформатора:

Коефіцієнт трансформації.

Напруга в режимі дослідного КЗ.

Струми аварійного КЗ обмоток при номінальній напрузі.

Струм у режимі НХ I_{10} .

Приклад №2 Трифазний асинхронний двигун (ТАД)вмикається в мережу з лінійною напругою $U_{\text{л}}= 380\text{В}$ і має такі дані в номінальному режимі: потужність на валу $P_{2\text{ном}} = 49\text{кВт}$; напруга 220/380 В (фазна/лінійна); частота обертання ротора $n_{\text{ном}} = 780\text{об/хв}$; ККД $\eta_{\text{ном}} = 0,9$; коефіцієнт потужності $\cos\varphi_{1\text{ном}} =0,81$. Крім того, двигун має кратність пускового струму $k_{\text{пуск}}= 5,0$, а також перевантажувальну здатність обертального моменту $\lambda =1,8$. Визначити номінальну споживану потужність двигуна $P_{1\text{ном}}$; суму всіх втрат потужності в двигуні $P_{1\text{ном}}$; номінальний і пусковий струми обмотки статора; номінальний $M_{\text{ном}}$ і максимальний $M_{\text{мах}}$ обертальні моменти.

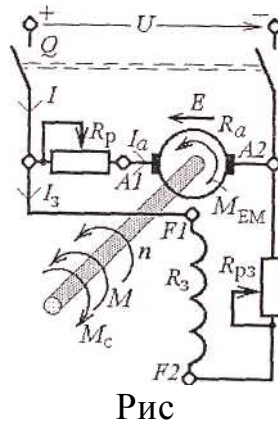
Приклад №3. Двигун постійного струму (ДПС) з паралельним збудженням (див. рис.) має номінальні дані: потужність $P_{2\text{ном}} = 99\text{кВт}$; напруга $U_{\text{ном}} = 220\text{В}$; частота обертання $n= 1460\text{об/хв}$; ККД $\eta= 0,892$. Опір якірного кола $R_{\text{а}}= 0,03\text{Ом}$; опір обмотки збудження $R_{\text{з}} = 25,6\text{Ом}$.

Визначимо на основі заданих величин наступні параметри ДПС для номінального режиму його роботи:

Потужність і струм, що споживаються з мережі:

Струми обмотки збудження і якоря:

Сумарні втрати потужності в ДПС



Рис

Завдання №27

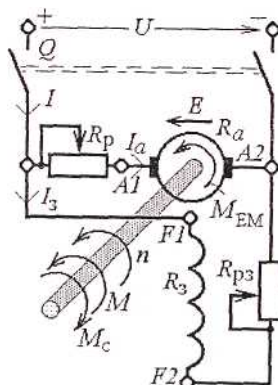
Приклад №1. Двигун постійного струму (ДПС) з паралельним збудженням (див. рис.) має номінальні дані: потужність $P_{2\text{ном}} = 80$ кВт; напруга $U_{\text{ном}} = 220$ В; частота обертання $n = 1160$ об/хв; ККД $\eta = 0,992$. Опір якірного кола $R_a = 0,03$ Ом; опір обмотки збудження $R_3 = 23,6$ Ом.

Визначимо на основі заданих величин наступні параметри ДПС для номінального режиму його роботи:

Потужність і струм, що споживаються з мережі:

Струми обмотки збудження і якоря:

Сумарні втрати потужності в ДПС



Рис

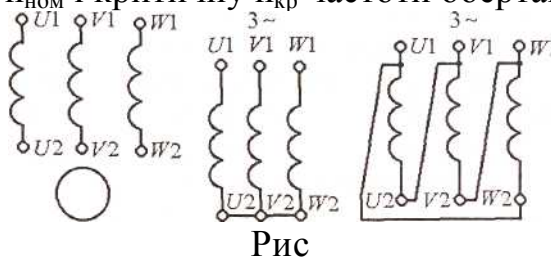
Приклад №.2. Розрахунок зовнішньої характеристики.

Однофазний трансформатор має номінальні дані: напруги первинної і вторинної обмоток $U_{1\text{ном}} = 700$ В, $U_{2\text{ном}} = 460$ В; струм первинної обмотки $I_{1\text{ном}} = 3,8$ А. У режимі дослідного КЗ втрати потужності $P_k = 88$ Вт і напруга $U = 33$ В. Активно-індуктивне навантаження має $\cos \varphi_n = 0,75$.

Розрахуємо і побудуємо зовнішню характеристику трансформатора.

Приклад №.3. ТАД має такі дані: номінальна напруга 220/380 В (фазна/лінійна) при частоті $f_1 = 50$ Гц; номінальне ковзання $S_{\text{ном}} = 0,05$; кількість пар полюсів $p = 6$; перевантажувальна здатність з обертового моменту $\lambda = 1,8$. Схема з'єднання обмотки статора — «зірка» (див. рис.). Вибрати лінійну напругу живильної мережі U_M і визначити частоту обертання n_n

поля статора, номінальну $n_{ном}$ і критичну $n_{кр}$ частоти обертання ротора.



Завдання №28.

Приклад №.1. Розрахунок зовнішньої характеристики.

Однофазний трансформатор має номінальні дані: напруги первинної і вторинної обмоток $U_{1ном} = 560$ В, $U_{2ном} = 300$ В; струм первинної обмотки $I_{1ном} = 3,8$ А. У режимі дослідного КЗ втрати потужності $P_k = 98$ Вт і напруга $U = 33$ В. Активно-індуктивне навантаження має $\cos \varphi_n = 0,95$.

Розрахуємо і побудуємо зовнішню характеристику трансформатора,

Приклад №.2. Двигун постійного струму (ДПС) з паралельним збудженням (див. рис.) має номінальні дані: потужність $P_{2ном} = 79$ кВт; напруга $U_{ном} = 220$ В; частота обертання $n = 1360$ об/хв; ККД $\eta = 0,92$. Опір якорного кола $R_a = 0,03$ Ом; опір обмотки збудження $R_z = 25,6$ Ом.

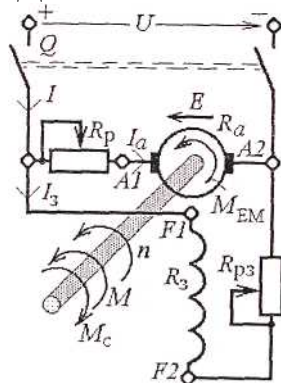
Визначимо на основі заданих величин наступні параметри ДПС:

для номінального режиму його роботи:

Потужність і струм, що споживаються з мережі.

Струми обмотки збудження і якоря.

Сумарні втрати потужності в ДПС.



Рис

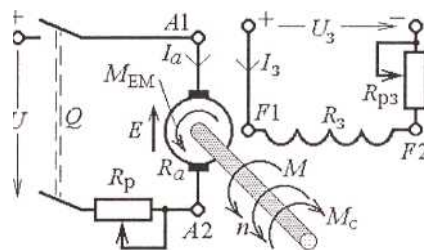
Приклад №.3 Трифазний синхронний двигун має номінальні параметри: потужність $P_{ном} = 700$ кВт; частота мережі $f = 50$ Гц; напруга (лінійна) $U_{ном} = 5000$ В; $\cos \varphi_{ном} = 0,9$; частота обертання $n_{ном} = 500$ об/хв; ККД $\eta_{ном} = 0,94$; струм збудження $I_{ном} = 285$ А. Перевантажувальна здатність з обертового моменту $\lambda = 2,1$; схема обмотки статора — «зірка». На цій основі визначимо фазну напругу, споживану потужність та її втрати, фазний і лінійний струми обмотки

статора, кількість пар полюсів.

Завдання №29

Приклад №1 Двигун постійного струму (ДПС) з незалежним збудженням (див. рис.) має номінальну напругу $U_{\text{ном}} = 500 \text{ В}$ і струм якоря $I_a = 1200 \text{ А}$; опір електричного кола його якоря $R_a = 0,15 \text{ Ом}$.

Визначимо опір регулювального реостата R_p у колі якоря, необхідний для обмеження пускового струму якоря до $I_{\text{пуск}} = 2,2I_{\text{ном}}$, якщо двигун вмикається відразу на номінальну напругу U , а також знайдемо вихідне значення напруги живлення U , щоб пусковий струм якоря $I_{\text{пуск}}$ не перевищував значення $I_{\text{пуск}} = 2,5I_{\text{ном}}$



Рис

Приклад №2. Трифазний асинхронний двигун (ТАД) вмикається в мережу з лінійною напругою $U_{\text{л}} = 380 \text{ В}$ і має такі дані в номінальному режимі: потужність на валу $P_{2\text{ном}} = 45 \text{ кВт}$; напруга 220/380 В (фазна/лінійна); частота обертання ротора $n_{\text{ном}} = 580 \text{ об/хв}$; ККД $\eta_{\text{ном}} = 0,9$; коефіцієнт потужності $\cos \varphi_{\text{ном}} = 0,91$. Крім того, двигун має кратність пускового струму $k_{\text{пуск}} = 5,0$, а також переважувальну здатність обертального моменту $\lambda = 1,8$. Визначити номінальну споживану потужність двигуна $P_{1\text{ном}}$; суму всіх втрат потужності в двигуні $P_{\text{ном}}$; номінальний і пусковий струми обмотки статора; номінальний $M_{\text{ном}}$ і максимальний $M_{\text{мах}}$ обертальні моменти.

Приклад №3. Розрахунок залежності ККД від коефіцієнта струму навантаження.

Повна номінальна потужність однофазного трансформатора $S_{\text{ном}} = 6 \text{ кВА}$; втрати потужності в режимі НХ $P_{\text{нх}} = 60 \text{ Вт}$ і в режимі дослідного КЗ $P_{\text{к}} = 200 \text{ Вт}$. У активно-індуктивного навантаження $\cos \varphi_{\text{н}} = 0,75$.

Завдання №30.

Приклад №1. Розрахунок залежності ККД від коефіцієнта струму навантаження.

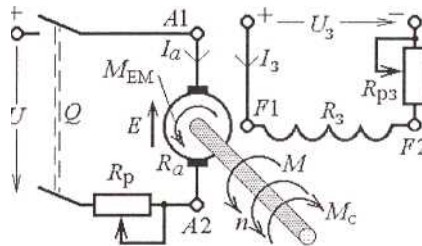
Повна номінальна потужність однофазного трансформатора

$S_{\text{ном}} = 9 \text{ кВА}$; втрати потужності в режимі НХ $P_{\text{нх}} =$

70 Вт і в режимі дослідного КЗ $P_{\text{кз}} = 300 \text{ Вт}$. У активноіндуктивного навантаження $\cos \varphi_{\text{н}} = 0,85$.

Приклад №2 Двигун постійного струму (ДПС) з незалежним збудженням (див. рис.) має номінальну напругу $U_{\text{ном}} = 440 \text{ В}$ і струм якоря $I_a = 200 \text{ А}$; опір електричного кола його якоря $R_a = 0,15 \text{ Ом}$.

Визначимо опір регулювального реостата R_p у колі якоря, необхідний для обмеження пускового струму якоря до $I_{\text{пуск}} = 2,2I_{\text{аном}}$, якщо двигун вмикається відразу на номінальну напругу $U_{\text{ном}}$, а також знайдемо вихідне значення напруги живлення $U_{\text{пуск}}$, щоб пусковий струм якоря $I_{\text{пуск}}$ не перевищував значення $I_{\text{пуск}} = 2,5I_{\text{аном}}$



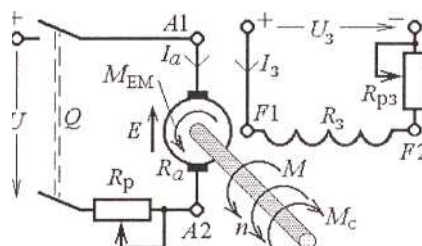
Рис

Приклад №3 Трифазний асинхронний двигун (ТАД) вмикається в мережу з лінійною напругою $U_{\text{л}} = 380 \text{ В}$ і має такі дані в номінальному режимі: потужність на валу $P_{2\text{ном}} = 65 \text{ кВт}$; напруга 220/380 В (фазна/лінійна); частота обертання ротора $n_{\text{ном}} = 580 \text{ об/хв}$; ККД $\eta_{\text{ном}} = 0,9$; коефіцієнт потужності $\cos \varphi_{\text{ном}} = 0,91$. Крім того, двигун має кратність пускового струму $k_{\text{пуск}} = 5,0$, а також переважувальну здатність обертального моменту $\lambda = 1,78$. Визначити номінальну споживану потужність двигуна $P_{1\text{ном}}$; суму всіх втрат потужності в двигуні $P_{\text{ном}}$; номінальний і пусковий струми обмотки статора; номінальний $M_{\text{ном}}$ і максимальний $M_{\text{мах}}$ обертальні моменти.

Завдання №31

Приклад №1 Двигун постійного струму (ДПС) з незалежним збудженням (див. рис.) має номінальну напругу $U_{\text{ном}} = 300 \text{ В}$ і струм якоря $I_a = 150 \text{ А}$; опір електричного кола його якоря $R_a = 0,15 \text{ Ом}$.

Визначимо опір регулювального реостата R_p у колі якоря, необхідний для обмеження пускового струму якоря до $I_{\text{пуск}} = 2,2I_{\text{аном}}$, якщо двигун вмикається відразу на номінальну напругу $U_{\text{ном}}$, а також знайдемо вихідне значення напруги живлення $U_{\text{пуск}}$, щоб пусковий струм якоря $I_{\text{пуск}}$ не перевищував значення $I_{\text{пуск}} = 2,5I_{\text{ном}}$



Рис

Приклад №2. Трифазний асинхронний двигун (ТАД) вмикається в мережу з лінійною напругою $U_{\text{л}} = 380 \text{ В}$ і має такі дані в номінальному режимі: потужність на валу $P_{2\text{ном}} = 57 \text{ кВт}$; напруга 220/380 В (фазна/лінійна); частота обертання ротора $n_{\text{ном}} = 580 \text{ об/хв}$; ККД $\eta_{\text{ном}} = 0,9$; коефіцієнт потужності $I_{\text{пуск}} = 0,91$. Крім того, двигун має кратність пускового струму $k_{I_{\text{пуск}}} = 5,0$, а також перевантажувальну здатність обертального моменту $\lambda = 1,68$. Визначити номінальну споживану потужність двигуна $P_{1\text{ном}}$; суму всіх втрат потужності в двигуні $P_{1\text{ном}}$; номінальний і пусковий струми обмотки статора; номінальний $M_{\text{ном}}$ і максимальний $M_{\text{мах}}$ обертальні моменти.

Приклад №3. Розрахунок залежності ККД від коефіцієнта струму навантаження.

Повна номінальна потужність однофазного трансформатора

$S_{\text{ном}} = 15 \text{ кВА}$; втрати потужності в режимі НХ $P_{\text{НХ}} = 50 \text{ Вт}$ і в режимі дослідного КЗ $P_{\text{кзк}} = 200 \text{ Вт}$. У активноіндуктивного навантаження $\cos \varphi_{\text{ном}} = 0,85$.

4. Додаток 1

1.1. Приклади розрахунку параметрів і характеристик двигунів постійного струму (ДПС)

1.1.1. Параметри і характеристики ДПС з паралельним і незалежним збудженням

Приклад 1.1. Двигуни постійного струму ДПС з паралельним збудженням (рис. 13.1) має номінальні дані: потужність $P_{2\text{НОМ}} = 90$ кВт; напруга $U_{\text{НОМ}} = 220$ В; частота обертання $n_{\text{НОМ}} = 1060$ об/хв; ККД $\eta_{\text{НОМ}} = 0,892$. Опір якорного кола $R_a = 0,03$ Ом; опір обмотки збудження $R_3 = 25,6$ Ом.

Визначимо на основі заданих величин наступні параметри ДПС для номінального режиму його роботи:

Потужність і струм, що споживаються з мережі:

$$P_{1\text{НОМ}} = \frac{P_{2\text{НОМ}}}{\eta_{\text{НОМ}}} = \frac{90}{0,892} = 100,9 \text{ кВт};$$
$$I_{\text{НОМ}} = \frac{P_{1\text{НОМ}}}{U_{\text{НОМ}}} = \frac{100,9 \cdot 10^3}{220} = 458,6 \text{ А}.$$

Струми обмотки збудження і якоря:

$$I_{3\text{НОМ}} = \frac{U_{\text{НОМ}}}{R_3} = \frac{220}{25,6} = 8,6 \text{ А}$$
$$I_{a\text{НОМ}} = I_{\text{НОМ}} - I_{3\text{НОМ}} = 458,6 - 8,6 = 450 \text{ А}$$

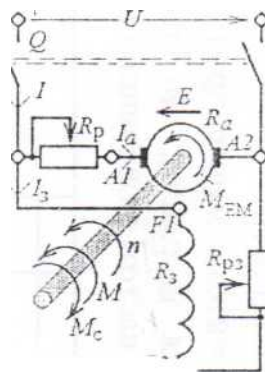


Рис. 1.1. Схема ДПС з паралельним збудженням.

Сумарні втрати потужності в ДПС:

$$\Delta P_{\text{НОМ}} = P_{1\text{НОМ}} - P_{2\text{НОМ}} = 100,9 - 90 = 10,9 \text{ кВт}$$

ЕРС якоря:

$$\Delta P_{\text{НОМ}} = U_{\text{НОМ}} - I_{a\text{НОМ}} R_a = 220 - 450 \cdot 0,03 = 206,5 \text{ В}$$

Електромагнітна потужність:

$$P_{\text{ЕМНОМ}} = E_{\text{НОМ}} I_{a\text{НОМ}} = 206,5 \cdot 450 = 92925 \text{ Вт}$$

Обертальні електромагнітний і корисний моменти та втрата обертального моменту в двигуні:

$$M_{\text{ЕМНОМ}} = 9,55 \cdot \frac{P_{\text{ЕМНОМ}}}{n_{\text{НОМ}}} = 9,55 \cdot \frac{92925}{1060} = 837,2 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

$$M_{\text{НОМ}} = 9,55 \cdot \frac{P_{2\text{НОМ}}}{n_{\text{НОМ}}} = 9,55 \cdot \frac{90 \cdot 10^3}{1060} = 810,8 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

$$\Delta M = M_{\text{ЕМНОМ}} - M_{\text{НОМ}} = 26,4 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Приклад 1.2. (Двигунів постійного струму) ДПС з незалежним збудженням (див. рис. 13.28) має номінальну напругу $U_{\text{НОМ}} = 440 \text{ В}$ і струм якоря $I_{a \text{ НОМ}} = 200 \text{ А}$; опір електричного кола його якоря $R_a = 0,15 \text{ Ом}$.

Визначимо опір регулювального реостата R_p , у колі якоря, необхідний для обмеження пускового струму якоря до $I_{a \text{ пуск}} = 2,2 \cdot I_{a \text{ НОМ}}$, якщо двигун вмикається відразу на номінальну напругу $U_{\text{НОМ}}$, а також **знайдемо** вихідне значення напруги живлення $U_{\text{пуск}}$, щоб пусковий струм якоря $I_{a \text{ пуск}}$ не перевищував значення $I_{a \text{ пуск}} = 2,2 \cdot I_{a \text{ НОМ}}$ у разі відсутності регулювального реостата.

Розрахунок. При *реостатному* пуску з вихідною напругою

$U_{\text{НОМ}}$ струм якоря:

$$I_{a \text{ пуск}} = \frac{U_{\text{НОМ}}}{R_a + R_p} = 2,2 I_{a \text{ НОМ}}$$

Звідси необхідний опір регулювального реостата:

$$R_p = \frac{U_{\text{НОМ}}}{2,2 I_{a \text{ пуск}}} - R_a = \frac{400}{2,2 \cdot 200} - 0,15 = 0,85 \text{ Ом}$$

При без реостатному пуску з пониженою напругою $U_{\text{пуск}}$ пусковий струм:

$$I_{a \text{ пуск}} = \frac{U_{\text{пуск}}}{R_c} = 2,5 \cdot I_{a \text{ НОМ}}$$

Звідси пускове значення напруги:

$$U_{\text{пуск}} = 2,5 \cdot I_{a \text{ НОМ}} \cdot R_a = 2,5 \cdot 200 \cdot 0,15 = 75 \text{ В}$$

Приклад 1.3. двигунів постійного струму має номінальні дані: напруга $U_{\text{НОМ}} = 220 \text{ В}$; струм якоря $I_{a \text{ НОМ}} = 130 \text{ А}$; частота обертання $n_{\text{НОМ}} = 1000 \text{ об/хв}$. Опір електричного кола якоря $R_a = 0,1 \text{ Ом}$.

Треба побудувати механічні характеристики $n(M)$ при номінальній напрузі $U_{\text{НОМ}}$: а) природну; б) штучну при вмиканні в коло якоря регулювального реостата з опором $R_p = 1 \text{ Ом}$, а також **визначити** частоту обертання якоря n при обертальному моменті $M = 0,5 M_{\text{НОМ}}$ ($M_{\text{НОМ}}$ — його номінальне значення).

Розрахунок. На основі формул (13.29) і (13.31) в ДПС електромагнітний момент $M_{\text{ЕМ}}$ і ЕРС якоря E , а також їхні значення в номінальному режимі:

$$M_{\text{ЕМ}} = C_M \cdot \Phi \cdot I_a; E = C_E \cdot \Phi \cdot n; \quad (1.1)$$

$$M_{\text{ЕМНОМ}} = C_M \cdot \Phi_{\text{НОМ}} \cdot I_{a \text{ НОМ}}; E_{\text{НОМ}} = C_E \cdot \Phi_{\text{НОМ}} \cdot n_{\text{НОМ}}; \quad (1.2)$$

Із формул (13.45) і (13.46) складаємо пропорції:

$$\frac{M_{EM}}{M_{EM\text{ ном}}} = \frac{\Phi \cdot I_a}{\Phi_{\text{ном}} \cdot I_{a\text{ ном}}}; \frac{E}{E_{\text{ном}}} = \frac{\Phi \cdot n}{\Phi_{\text{ном}} \cdot n_{\text{ном}}} \quad (1.3)$$

І виражаємо струм обмотки якоря і частоту обертання якоря:

$$I_a = I_{a\text{ ном}} \frac{M_{EM}}{M_{EM\text{ ном}}} \cdot \frac{\Phi_{\text{ном}}}{\Phi}; n = n_{\text{ном}} \frac{E}{E_{\text{ном}}} \cdot \frac{\Phi_{\text{ном}}}{\Phi} \quad (1.4)$$

У ДПС із паралельним збудженням при незмінному значенні напруги живлення Умагнітний потік Φ можна вважати незмінним навіть при зміні навантаження на залу, якщо реакцію якоря знехтувати. Тому при $U=U_{\text{ном}}$ буде $\Phi \approx \Phi_{\text{ном}}$ і формули (13.48) спрощуються до:

$$I_a = I_{a\text{ ном}} \frac{M_{EM}}{M_{EM\text{ ном}}}; n = n_{\text{ном}} \frac{E}{E_{\text{ном}}} \quad (1.5)$$

Із формули (13.30) ЕРС можна ще визначити таким чином:

$$E = U - I_a R_a \quad (1.6)$$

Вираз струму із (13.49) підставляємо в (13.50) і маємо при $U=U_{\text{ном}}$:

$$E = U_{\text{ном}} - I_{a\text{ ном}} R_a \frac{M_{EM}}{M_{EM\text{ ном}}} \quad (1.7)$$

5. Додаток2.

Приклади розрахунк параметрі і характеристик трифазних асинхронних двигунів (ТАД)

Приклад 2.1. ТАД має такі дані: номінальна напруга 220/380 В (фазна/лінійна) при частоті $f_1 = 50$ Гц; номінальне ковзання $s_{\text{ном}} = 0,05$; кількість пар полюсів $p = 6$; перевантажувальна здатність з обертального моменту $\lambda_m = 1,8$. Схема з'єднання обмотки статора — «зірка». Вибрати лінійну напругу живильної мережі U_M і визначити частоту обертання n_l поля статора, номінальну $n_{\text{ном}}$ і критичну $n_{\text{кр}}$ частоти обертання ротора.

Розрахунок. При з'єднанні обмоток статора «зіркою» $U_l = \sqrt{3}U_\phi$, де U_l і U_ϕ – відповідно лінійна і фазна напруги обмотки статора. Тому лінійна напруга мережі $U_M = U_l = 380$ В.

Частота обертання поля статора (1) і номінальна ротора (2):

$$1. n_1 = \frac{60 \cdot f_1}{p} = \frac{60 \cdot 50}{6} = 500 \frac{\text{об}}{\text{хв}};$$

$$2. n_{\text{ном}} = n_1(1 - s_{\text{ном}}) = 500(1 - 0,05) = 475 \frac{\text{об}}{\text{хв}}$$

Приклад 2.2. ТАД має такі дані в номінальному режимі: потужність на валу $P_{2\text{ном}} = 22$ кВт; напруга 220/380 В (фазна/лінійна); ККД $\eta_{\text{ном}} = 0,9$; коефіцієнт потужності $\cos\varphi_{1\text{ном}} = 0,88$. Кратність пускового струму $\kappa_{\text{пуск}} = 5,5$. Схема з'єднання обмоток статора — трикутник. Вибрати лінійну напругу живильної мережі U_M і визначити номінальні і пускові струми обмотки статора.

Розрахунок. При з'єднанні обмотки статора «трикутником» $U_{\text{л}} = U_{\text{ф}}$, тому лінійна напруга мережі $U_{\text{м}} = U_{\text{л}} = U_{\text{ф}} = 220 \text{ В}$.

Номінальна потужність, що споживається двигуном із мережі, має на основі (3) і (4) два вирази:

$$3. P_{1\text{НОМ}} = \sqrt{3} U_{\text{л}} I_{\text{ЛНОМ}} \cos \varphi_{1\text{НОМ}} \quad \text{і} \quad 4. P_{1\text{НОМ}} = \frac{P_{2\text{НОМ}}}{\eta_{1\text{НОМ}}}$$

Зрівнюючи їх, маємо номінальні лінійні і фазний струми обмотки статора:

$$I_{\text{ЛНОМ}} = \frac{P_{2\text{НОМ}}}{\sqrt{3} \eta_{\text{л}} I_{\text{ЛНОМ}} \cos \varphi_{1\text{НОМ}}} = \frac{22 * 10^3}{\sqrt{3} * 220 * 0,9 * 0,88} = 72,9 \text{ А};$$

$$I_{\text{ФНОМ}} = \frac{I_{\text{ЛНОМ}}}{\sqrt{3}} = \frac{72,9}{\sqrt{3}} = 41,7 \text{ А}.$$

Пускові лінійний і фазний струми обмотки статора двигуна:

$$I_{\text{ЛПУСК}} = K_{\text{ІПУСК}} I_{\text{ЛНОМ}} = 5,5 * 72,9 = 401 \text{ А};$$

$$I_{\text{ФПУСК}} = K_{\text{ІПУСК}} I_{\text{ФНОМ}} = 5,5 * 41,7 = 229 \text{ А}.$$

Приклад 2.3. ТАД вмикається в мережу з лінійною напругою $U_{\text{л}} = 380 \text{ В}$ і має такі дані в номінальному режимі: потужність на валу $P_{2\text{НОМ}} = 45 \text{ кВт}$; напруга 220/380 В (фазна/лінійна); частота обертання ротора $n_{\text{НОМ}} = 580 \text{ об/хв}$; ККД $\eta_{\text{НОМ}} = 0,9$; коефіцієнт потужності $\cos \varphi_{1\text{НОМ}} = 0,81$. Крім того, двигун має кратність пускового струму $K_{\text{ІПУСК}} = 5,0$, а також перевантажувальну здатність з обертового моменту $\lambda_{\text{м}} = 1,8$. Визначити номінальну споживану потужність двигуна $P_{1\text{НОМ}}$; суму всіх втрат потужності в двигуні $P_{1\text{НОМ}}$; номінальний і пусковий струми обмотки статора; номінальний $M_{\text{НОМ}}$ і максимальний M_{max} обертальні моменти.

Розрахунок. Номінальна потужність, що споживається ТАД із мережі:

$$P_{1\text{НОМ}} = \frac{P_{2\text{НОМ}}}{\eta_{\text{НОМ}}} = \frac{45}{0,9} = 50 \text{ кВт}.$$

Сума всіх втрат у двигуні $P_{\text{НОМ}} = P_{1\text{НОМ}} - P_{2\text{НОМ}} = 50 - 45 = 5$ кВт.

При заданій напрузі мережі $U_{\text{л}} = 380$ В фази обмотки статора з'єднуються «зіркою» Тоді лінійний і фазний струми:

$$I_{\text{л НОМ}} = I_{\text{ф НОМ}} = \frac{P_{2\text{НОМ}}}{\sqrt{3}U_{\text{л}}I_{\text{лНОМ}}\cos\varphi_{1\text{НОМ}}} = \frac{45 * 10^3}{\sqrt{3} * 380 * 0,9 * 0,81}$$

6. Додаток 3

Приклади розрахунку параметрів характеристик трансформаторів.

Приклад 3.1. Розрахунок напруг і струмів трансформатора.

Однофазний трансформатор має паспортні номінальні дані: повна потужність $S_{\text{НОМ}} = 12$ кВА; напруги первинної і вторинної обмоток $U_{1\text{НОМ}} = 220$ В, $U_{2\text{НОМ}} = 133$ В. Напруга короткого замикання $m_{\text{к}} = 5\%$. Струм неробочого ходу $\gamma_0 = 8\%$ (9.32).

Визначимо наступний ряд параметрів трансформатора.

$$\text{Коефіцієнт трансформації } n = \frac{U_{1\text{НОМ}}}{U_{2\text{НОМ}}} = \frac{220}{133} = 1,654.$$

Номінальні струми обмоток із

$$I_{1\text{НОМ}} = \frac{S_{\text{НОМ}}}{U_{1\text{НОМ}}} = \frac{12 * 10^3}{220} = 54,5 \text{ А};$$

$$I_{2\text{НОМ}} = \frac{S_{\text{НОМ}}}{U_{2\text{НОМ}}} = \frac{12 * 10^3}{133} = 90,2 \text{ А}.$$

Напруга в режимі дослідного КЗ із

$$U_{1\text{к}} = \frac{u_{\text{г}} * U_{1\text{НОМ}}}{100} = \frac{5 * 220}{100} = 11 \text{ В}.$$

Струми аварійного КЗ обмоток при номінальній напрузі

$$I_{1AK3} = I_{1НОМ} \frac{U_{1НОМ}}{U_{1К}} = 54,5 * \frac{220}{11} = 1090 \text{ A};$$

$$I_{2AK3} = I_{1AK3} * n = 1090 * 1.654 = 1803 \text{ A}.$$

$$\text{Стум у режимі НХ із } I_{10} = \frac{i_0 * I_{1НОМ}}{100} = \frac{8 * 54.5}{100} = 4.36 \text{ A}.$$

Приклад 3.2. Розрахунок зовнішньої характеристики. Однофазний трансформатор має номінальні дані: напруги первинної і вторинної обмоток $U_{1НОМ} = 660 \text{ В}$. $U_{2НОМ} = 400 \text{ В}$; струм первинної обмотки $I_{1НОМ} = 3.8 \text{ А}$. У режимі дослідного КЗ втрати потужності $P_K = 80 \text{ Вт}$ і напруга $U_{1К} = 33 \text{ В}$. Активно-індуктивне навантаження має $\cos \varphi_H = 0,75$.

Розрахуємо і побудуємо зовнішню характеристику трансформатора, а для цього підготуємо необхідні дані для формули (9.36): напруга короткого замикання у відсотках від номінального значення $u_K = \frac{U_{1К}}{U_{1НОМ}} * 100\% = 5\%$; напруга вторинної напруги в обмотки в режимі НХ $U_{20} = U_{2НОМ} = 400 \text{ В}$; кут зсуву фаз між струмом і напругою при дослідному КЗ :

$$\varphi_K = \arccos\left(\frac{P_K}{U_{1К} * I_{НОМ}}\right) = \arccos\left(\frac{80}{33 * 3,8}\right) = 50,36^\circ;$$

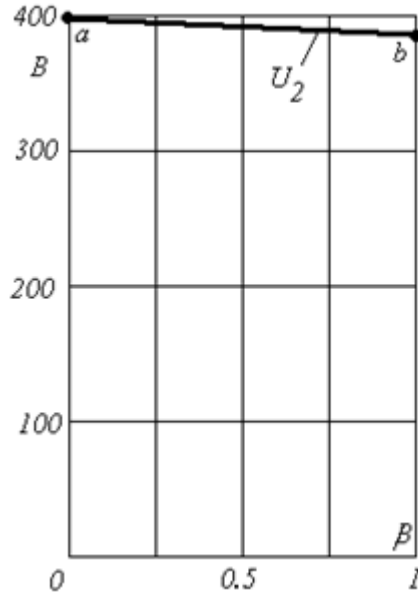


Рис.3.1. Зовнішня характеристика трансформатора.

Кут зсуву фаз між струмом і напругою на навантаженні $\varphi_k = \arccos(\cos\varphi_H) = \arccos(0,75) = 41,41^\circ$.

Після підстановок маємо формулу:

$$U_2 = 400 \left[1 - \beta \frac{5}{100} \cos(41,41^\circ - 50,36^\circ) \right] = 400(1 - 0,049\beta) \text{ В.}$$

Відповідно до цієї формули зовнішня характеристика (рис.3.1) є прямою лінією, яка проводиться через дві точки: a (координати $\beta=0$; $U_2 = 400 \text{ В}$), b (координати $\beta=1$; $U_2 = 380 \text{ В}$).

Приклад 3.3. Розрахунок залежності ККД від коефіцієнта струму навантаження.

Повна номінальна потужність однофазного трансформатора (див. рис. 9.2) $S_{\text{НОМ}} = 6 \text{ кВА}$; втрати потужності в режимі НХ $P_0 = 60 \text{ Вт}$ і в режимі дослідного КЗ $P_k = 200 \text{ Вт}$. У активно-індуктивного навантаження $\cos\varphi_H = 0,75$.

Підставимо відомі величини в формулу (9.40) для ККД і отримуємо для даного трансформатора:

$$\eta = \frac{\beta * 6 * 10^3 * 0,75}{\beta * 6 * 10^3 * 0,75 + 60 + \beta^2 * 200} = \frac{4500\beta}{4500\beta + 60 + \beta^2 * 200}$$

Для низки значень β від НХ ($\beta = 0$) до номінального навантаження ($\beta = 1$) розраховуємо за формулою числову залежність $\eta(\beta)$ (табл. 3.1) і будуємо графік на рис.3.2.

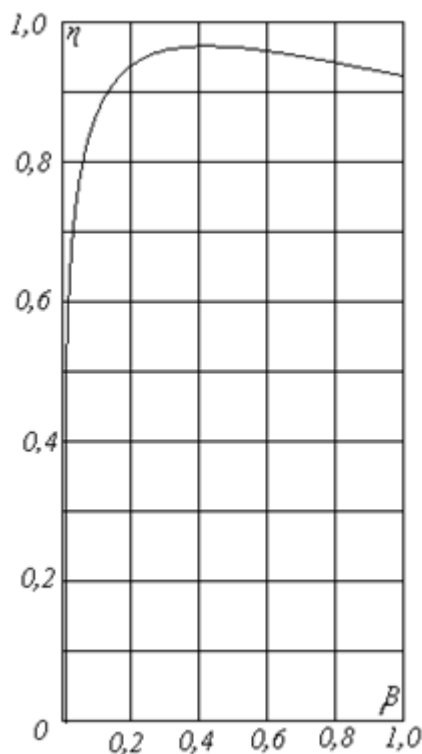


Рис 3.2. Характеристика ККД трансформатора

Таблиця 3.1. Дані розрахунку характеристики ККД трансформатора

β	0	0,05	0,1	0,2	0,3	0,4
η	0	0,788	0,879	0,93	0,945	0,951
β	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
η	0,953	0,953	0,952	0,95	0,948	0,945

7. Додаток4.

Приклади розрахунку параметрів і характеристик трифазних синхронних двигунів (ТСД)

Приклад 4.1. Трифазний синхронний двигун має номінальні параметри: потужність $P_{\text{ном}} = 800$ кВт; частота мережі $f = 50$ Гц; напруга (лінійна) $U_{\text{ном}} = 6000$ В; $\cos \varphi_{\text{ном}} = 0,9$; частота обертання $n_{\text{ном}} = 500$ об/хв; ККД $\eta_{\text{ном}} = 0,945$;

струм збудження $I_{f_{ном}} = 285$ А. Перевантажувальна здатність з обертового моменту $\lambda_M = 2,1$; схема обмотки статора — «зірка». На цій основі визначимо низку інших параметрів двигуна у номінальному режимі і побудуємо векторну діаграму.

Розв'язання.

Номінальна фазна напруга:

$$U_{\phi_{ном}} = \frac{U_{ном}}{\sqrt{3}} = \frac{6000}{\sqrt{3}} = 3460 \text{ В.}$$

Споживана потужність та її втрати:

$$P_{1ном} = \frac{P_{ном}}{\eta_{ном}} = \frac{800}{0,945} = 847 \text{ кВт.};$$

$$\Delta P = P_{1ном} - P_{ном} = 847 - 800 = 47 \text{ кВт.}$$

Фазний (і одночасно лінійний) струм обмотки статора:

$$I_{Sном} = \frac{P_{1ном}}{3V_{\phi_{ном}} \cos \varphi_{ном}} = \frac{847 * 10^3}{3 * 3460 * 0,9} = 90,7 \text{ А.}$$

Фазовий зсув між фазними напругою та струмом статора:

$$\varphi_{ном} = \arccos(\cos \varphi_{ном}) = \arccos(0,9) = 25,8^\circ.$$

Кількість пар полюсів:

$$p = \frac{60 * f}{n_{ном}} = \frac{650 * 50}{500} = 6.$$

Кутова швидкість обертання ротора та обертовий момент на його валу:

$$\Omega = \frac{2\pi f}{p} = \frac{2 * \pi * 50}{6} = 52,3 \text{ рад/с.}$$

$$M_{ном} = \frac{P_{ном}}{\Omega} = \frac{800}{52,3} = 15,3 \text{ кН * м.}$$

Максимальний момент та номінальний кут навантаження:

$$M_{max} = \lambda_M M_{ном} = 2,1 * 15,3 = 32,1 \text{ кН*м};$$

$$\theta = \arcsin\left(\frac{M_{ном}}{M_{max}}\right) = \arcsin\left(\frac{1}{\lambda_M}\right) = \arcsin\left(\frac{1}{2,1}\right) = 28,4^\circ$$

На рис. 15.26, а, побудовано векторну діаграму, співвідношення величин на якій відповідає номінальному режиму роботи синхронного двигуна.

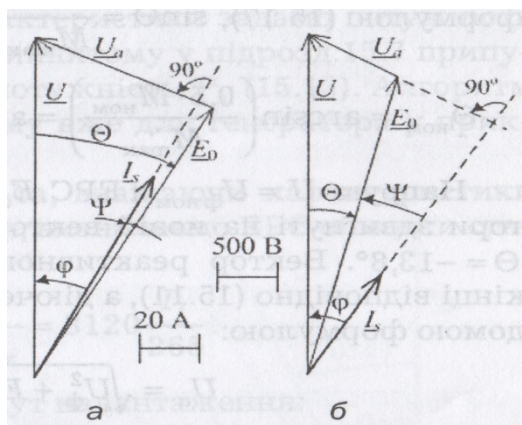


Рис. 4.1. Векторні діаграми для синхронного двигуна

Спочатку довільно проводиться вектор напруги $\underline{U} = \underline{U}_{\text{ном}}$, відносно цього під кутом $\varphi = \varphi_{\text{ном}}$ — вектор струму $\underline{I}_s = \underline{I}_{s\text{ном}}$ і під кутом $\Theta = -\Theta_{\text{ном}}$ — вектор ЕРС \underline{E}_0 . Вектор реактивного спаду напруги \underline{U}_a стикується з вектором \underline{U} і проводиться перпендикулярно \underline{I}_s . Довжини \underline{E}_0 і \underline{U}_a обмежені їхнім перетином.

З рис. 4.1, а очевидно, що $E_0 \cos \Psi = U_{\phi} \cos \varphi$, де за формулою Ψ маємо кут:

$$\Psi_{\text{ном}} = \varphi_{\text{ном}} + \Theta_{\text{ном}} = 25,8 - 28,4 = -2,6^\circ.$$

Звідси ЕРС:

$$E_{0\text{ном}} = \frac{U \cos \varphi_{\text{ном}}}{\cos \Psi_{\text{ном}}} = \frac{3460 * 0,9}{\cos(-2,6^\circ)} = 3120 \text{ В.}$$

Тепер з трикутника $\underline{U}_{\phi}, \underline{U}_a, \underline{E}_0$ за теоремою косинуса спад напруги:

$$U_a =$$

$$\sqrt{U_{\phi}^2 + E_0^2 - 2U_{\phi}E_0 \cos \Theta} = \sqrt{3460^2 + 3120^2 - 2 * 3460 * 3120 \cos(28,4^\circ)} = 1647$$

В,

а через це — синхронний індуктивний опір двигуна:

$$X_c = \frac{U_a}{I_{s\text{ном}}} = \frac{1650}{90,7} = 18,2 \text{ Ом.}$$

Приклад 4.2. Для трифазного синхронного двигуна, параметри якого подані та додатково розраховані у прикладі 15.3, визначити ще ті параметри, які зміняться при зменшенні обертового моменту M до $0,5 * M_{ном}$.

Розв'язання.

Відповідно кутової характеристики, поданій на рис. 15.21 і формулою (15.17), $\sin \Theta = \frac{M}{M_{max}}$. Тоді новий кут навантаження:

$$\Theta = \arcsin\left(\frac{0,5 * M_{ном}}{M_{max}}\right) = \arcsin\left(\frac{0,5}{\lambda_M}\right) = \arcsin\left(\frac{0,5}{2,1}\right) = 13,8^\circ$$

Напруга $U = U_{фном}$ і ЕРС $E_0 = E_{0ном}$ не змінюються, а їхні вектори здвигнуті на новій векторній діаграмі (рис. 15.26, б) на кут $\Theta = -13,8^\circ$. Вектор реактивного спаду напруги з'єднує їхні кінці відповідно (15.11), а діюче значення визначається за вже відомою формулою:

$$U_a = \sqrt{U_\phi^2 + E_0^2 - 2U_\phi E_0 \cos \Theta} = \sqrt{3460^2 + 3120^2 - 2 * 3460 * 3120 \cos(13,8^\circ)} = 860$$

В.

Фазний струм обмотки статора відповідно (15.8):

$$I_s = \frac{U_a}{X_c} = \frac{860}{18,2} = 47,3 \text{ А.}$$

На рис. 15.26, б вектор цього струму проведено перпендикулярно до вектора \underline{U}_a .

З діаграми (рис. 15.26, б) вимірюванням або розрахунками отримуємо фазовий зсув між напругою \underline{U}_i і струмом \underline{I}_s : $\varphi = 31,1^\circ$.

Корисна потужність двигуна на його валу:

$$P_2 = M \Omega = 0,5 M_{ном} \Omega = 0,5 * 15,3 * 52,3 = 400 \text{ кВт.}$$

Оцінка потужності (тому що використовуються спрощені векторні діаграми), споживаної з мережі:

$$P_1 = 3 U I_s \cos \varphi = 3 * 3460 * 47,3 * \cos(31,1^\circ) = 420 \text{ кВт.}$$

Усі зміни при зміні навантаження двигуна можна уявити, порівнюючи отримані тут значення зі значеннями з прикладу 15.3.

Приклад 4.3. Для трифазного синхронного двигуна, параметри якого подані та додатково розраховані у прикладі 15.3, розрахувати та побудувати U -подібні характеристики — залежності струму обмотки статора від струму збудження $I_s(I_f)$ при визначених рівнях потужності P і при постійних частоті обертання $n_{\text{ном}}$ та напрузі U .

Розв'язання.

Напруга мережі є незмінною і складає $U=U_{\phi} = 3460$ В. Для кожної окремої характеристики задамо потужність двигуна P , у якості якої, згідно прийнятому у підрозд.15.7 припущенню, треба брати електричну потужність P_1 (15.13). Алгоритм розрахунку подібний застосованому вже для генератора у прикладі 15.2 і має наступний порядок.

Задаємо струм збудження I_f та, вважаючи характеристики намагнічування двигуна лінійними, визначаємо ЕРС обмотки статора від магнітного поля ротора:

$$E_0 = E_{0\text{ном}} * \frac{I_f}{I_{f\text{ном}}} = 3120 \frac{I_f}{265}.$$

З формули (15.19) визначимо кут навантаження:

$$\Theta = \arcsin\left(\frac{P * X_c}{3U_{\phi} E_0}\right) = \arcsin\left(\frac{P * 18,2}{3 * 3460 * E_0}\right).$$

З рис. 15.26 за теоремою косинуса спад напруги, а потім і струм статора:

$$U_a = \sqrt{U_{\phi}^2 + E_0^2 - 2U_{\phi} E_0 \cos \Theta}; \quad I_s = \frac{U_a}{X_c} = \frac{U_a}{18,2}.$$

Якщо треба, можна з (15.13) визначити коефіцієнт потужності, бо фазовий зсув ϕ , природно, у визначених умовах теж змінюється при зміні I_f .

Ілюстрацію числових розрахунків дамо при $P = P_{1\text{ном}} = 847$ кВт і трьох значеннях струму збудження: $I_f = 0,75 I_{f\text{ном}} = 214$ А; $I_f = I_{f\text{ном}} = 285$ А; $I_f = 1,25 I_{f\text{ном}} = 356$ А. Дані усіх розрахунків за визначеним алгоритмом наведені у табл. 15.2, а також подані на рис. 15.27 векторною діаграмою (як і на рис. 15.25, очевидно, що при $P = \text{const}$ повинно бути $I_s \cos \phi = \text{const}$, а також $E_0 \sin \Theta = \text{const}$, тому при зміні I_f кінці векторів I_s та E_0 ковзають по проведених прямих лініях).

Для докладного подання 77-подібних характеристик розрахунки було проведено при значеннях потужності P , рівних $0; 1/3P_{1ном}; 2/3P_{1ном}; P_{1ном}; 1 2/3P_{1ном}$. При цьому струм збудження змінювався від 0 до значення, що істотно перевищує $I_{фном}$. Отримані таким чином 17-подібні характеристики зображено на рис. 15.28. Вони в цілому за характером аналогічні U -подібним характеристикам синхронного генератора (рис. 15.24), але зі зміною позицій зон $\varphi > 0$ і $\varphi < 0$. Обрив кривих в області низьких значень струму збудження свідчить, що тут досягнуто межу стійкої роботи: кут навантаження Θ сягає -90° .

На рис. 15.28 струми I_s та I_f значно перевищують їхні номінальні значення, що дало змогу продемонструвати повною мірою форму U -подібних характеристик. Реально ж область роботи синхронного двигуна обмежена прямокутником у межах $I_{фном}$ та $I_{сном}$, а точніше — не заштрихованим трикутником, обрізаним у прямокутнику лінією $P = 0$.

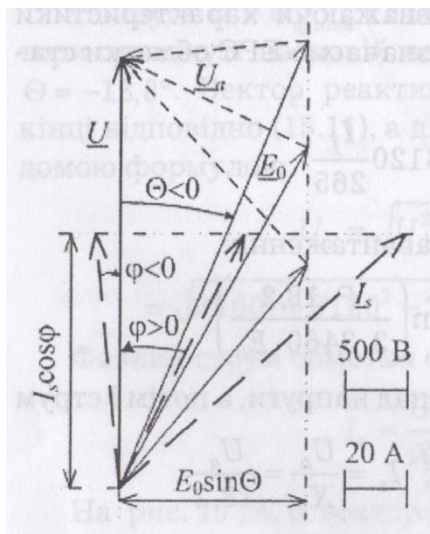


Рис. 4.2. Зміни векторної діаграми двигуна при зміні струму збудження

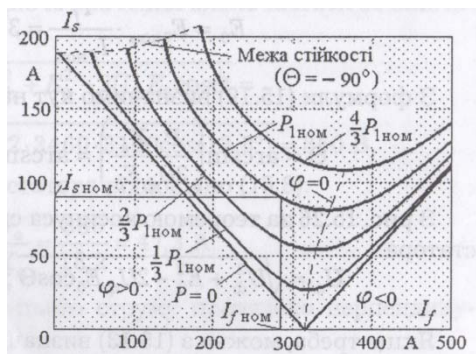


Рис. 4.3. U -подібні характеристики синхронного двигуна

*4.1. Дані розрахунку параметрів синхронного двигуна
при змінах струму збудження*

I_f, A	214	285	356
E_0, B	2340	3120	3900
θ , град.	-39,4	-28,4	-22,4
U_a, B	2220	1650	1490
I_s, A	122,0	90,6	82,0
φ , град.	48,0	25,7	-5,6

8. Список рекомендованої літератури

№	Автор, назва, видавництво, рік видання
1	<i>Волдек А.И.</i> Электрические машины. - М.: Энергия, 1979.-767с.
2	<i>Міліх В.К., Шавьолкін К.Н.</i> Електротехніка, електроніка та перетворювальна техніка 2006 р.- 465 с.
3	<i>Дубинець Л.В., Момот О.І., Маренич О.Л.</i> Електричні машини. Трансформатори. Асинхронні машини. – Дніпропетровськ: Вид. Дніпропетровський національний уні-тет зал.тр-ту. 2004.-207с.
4	<i>Дубинець Л.В., Момот О.І., Маренич О.Л.</i> Електричні машини. Синхронні машини. Машини постійного струму. – Дніпропетровськ: Вид. Дніпропетровський національний ун-тет зал.тр-ту, 2007.-200 с.
5	<i>Сергеев П.С.</i> и др. Проектирование электрических машин. – М: Энергия, 1969. – 259 с.
6	<i>Данку А., Фаркаш А., Надь Л.</i> Электрические машины: Сборник задач и упражнений.- М.: 1984. – 360 с., ил.

Доцент кафедри ТРС

В.І.Данилевський

Навчально-методичне видання

Данилевський Володимир Ілліч

Методичні вказівки

До виконання розрахунково-графічної роботи
з дисципліни «Електричні машини»
для студентів напряму підготовки
6.050702 «Електромеханіка» усіх форм навчання

Відповідальний за випуск: Данилевський В.І., к.т.н., доцент кафедри
“Тяговий рухомий склад залізничного транспорту”

За редакцією автора

Підписано до друку 30.03.2015. Формат 60/84/16

Зам. № 108/15

Підготовлено до подання в електронну бібліотеку

Редакційно-видавничим відділом ДЕГУТ

Свідоцтво про реєстрацію від 27.12.2007. року. Серія ДК № 3079

03049, м. Київ-49, вул. Миколи Лукашевича, 19.