

**УКРАЇНСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ**

**МЕХАНІКО-ЕНЕРГЕТИЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ**

**Кафедра електроенергетики, електротехніки та електромеханіки**

**РОЗРАХУНОК АСИНХРОННОГО ДВИГУНА**

**МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ**

**до виконання курсової роботи**

**з дисципліни**

***«ЕЛЕКТРИЧНІ МАШИНИ»***

**Харків – 2023**

Методичні вказівки розглянуто та рекомендовано до друку на засіданні кафедри електроенергетики, електротехніки та електромеханіки 08 лютого 2023 р., протокол № 6.

Методичні вказівки призначено для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня спеціальностей 273 «Залізничний транспорт» (освітня програма «Електровози та електропоїзди») та 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» (освітня програма «Електричний транспорт») денної та заочної форм навчання механіко-енергетичного факультету.

Укладачі:

професори О. М. Ананьєва,  
М. М. Бабаєв,  
доц. Н. П. Карпенко

Рецензент

доц. В. П. Нерубацький

## ЗМІСТ

|  |    |
|--|----|
| Вступ  | 5  |
| Завдання на проєктування                                     | 6  |
| 1 Визначення головних розмірів асинхронного двигуна          | 10 |
| 1.1 Зовнішній діаметр статора                                | 10 |
| 1.2 Внутрішній діаметр статора                               | 12 |
| 2 Розрахунок статора   | 15 |
| 2.1 Кількість пазів статора                                  | 16 |
| 2.2 Тип обмотки статора                                      | 16 |
| 2.3 Кількість витків у фазі обмотки статора                  | 19 |
| 2.4 Розміри трапецеїдальних пазів статора                    | 20 |
| 2.5 Діаметр елементарного ізольованого проводу               | 22 |
| 2.6 Розміри елементів обмотки статора                        | 24 |
| 3 Розрахунок ротора  | 25 |
| 3.1 Зовнішній діаметр ротора                                 | 26 |
| 3.2 Повітряний проміжок між осердям статора і осердям ротора | 26 |
| 3.3 Кількість пазів короткозамкненого ротора                 | 26 |
| 3.4 Внутрішній діаметр осердя ротора                         | 28 |
| 3.5 Магнітна індукція в спинці ротора                        | 29 |
| 3.6 Магнітна індукція в зубцях ротора                        | 29 |
| 3.7 Розміри напівзакритого паза ротора                       | 29 |
| 3.8 Розміри короткозамикального кільця                       | 31 |
| 4 Розрахунок магнітного кола                                 | 32 |
| 4.1 Основні положення  | 32 |
| 4.2 Магнітна напруга повітряного проміжку                    | 35 |
| 4.3 МРС зубців статора                                       | 36 |
| 4.4 МРС зубців ротора  | 38 |
| 4.5 МРС спинки статора                                       | 39 |

|                                    |    |
|------------------------------------|----|
| 4.6 МРС спинки ротора              | 40 |
| 4.7 Параметри магнітного кола      | 40 |
| Питання до захисту курсової роботи | 42 |
| Список літератури                  | 43 |
| Додаток А                          | 44 |
| Додаток Б                          | 52 |
| Додаток В                          | 53 |
| Додаток Г                          | 55 |
| Додаток Д                          | 57 |
| Додаток Е                          | 59 |

## ВСТУП

Асинхронні електричні машини застосовуються для перетворення електричної енергії на механічну. На сьогодні найбільшого поширення набули трифазні асинхронні електродвигуни (АД), які споживають більше 40 % всієї електричної енергії, що виробляється у світі. Вони широко використовуються на транспорті, у багатьох галузях промисловості, сільському господарстві (рисунок 1).

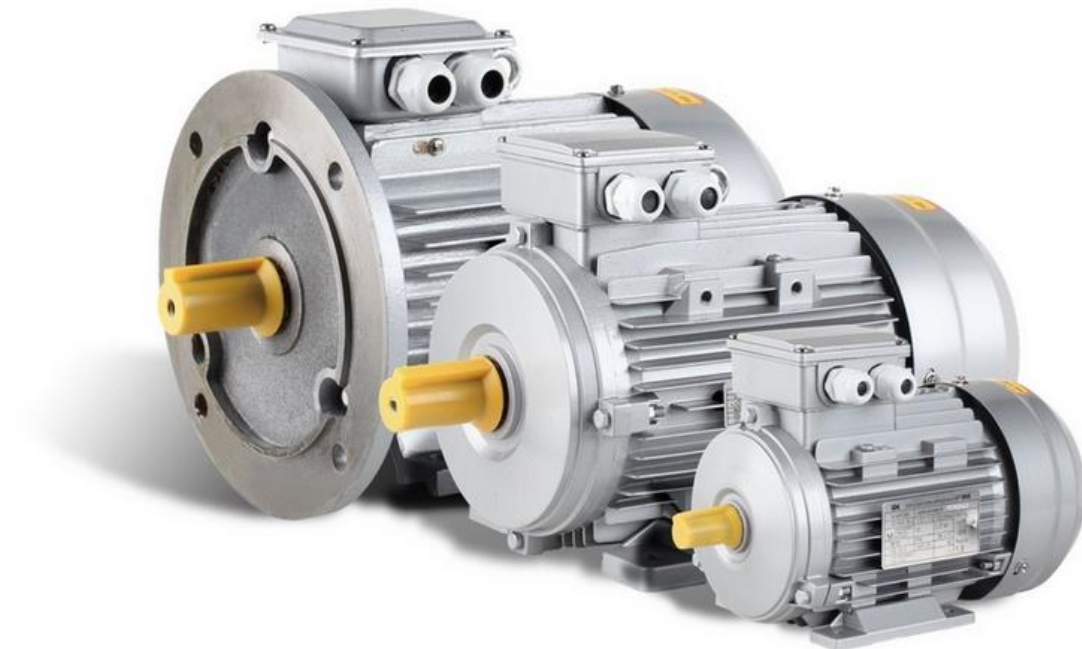


Рисунок 1 – Трифазні асинхронні електродвигуни

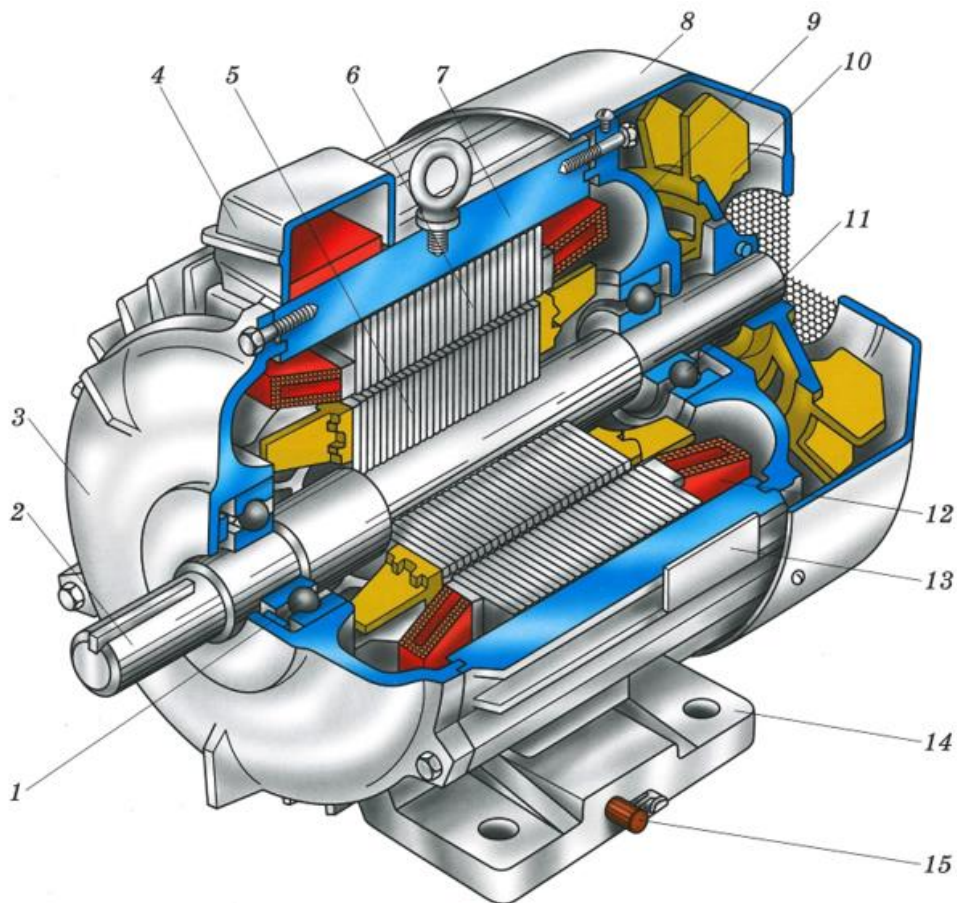
Застосування АД обумовлюється простотою їхньої конструкції, високим ККД, низькою вартістю, високою експлуатаційною надійністю при мінімальному обслуговуванні. Найбільш ефективно АД зарекомендували себе як виконавчі пристрої в системах електричної тяги, без якої не обходяться багато технологічних операцій. З розвитком обчислювальної техніки та силової електроніки, сфера застосування АД розширюється,

оскільки при цьому реалізуються алгоритми векторного управління, що забезпечують високу якість регулювання координат руху. Електродвигуни з короткозамкненим ротором використовуються в електроприводах верстатів, вентиляторів, ліфтів, насосів, побутових приладах. Вони дають змогу значно знизити енергоспоживання обладнання, забезпечити високий рівень його надійності, збільшити термін служби.

## **ЗАВДАННЯ НА ПРОЄКТУВАННЯ**

Згідно з навчальним планом здобувачі вищої освіти першого (бакалаврського) рівня спеціальностей 273 «Залізничний транспорт» (освітня програма «Електровози та електропоїзди») та 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» (освітня програма «Електричний транспорт») денної та заочної форм навчання виконують курсову роботу за розділом «Розрахунок асинхронного двигуна». Метою запропонованого завдання є допомога здобувачам при вивченні та закріпленні матеріалу з розділу «Електричні машини» шляхом розрахунку трифазного ( $m_s = 3$ ) асинхронного двигуна (АД), призначеного для роботи від мережі з частотою  $f_s = 50$  Гц у тривалому номінальному режимі, закритого виконання – IP44 (рисунок 2).

Курсова робота (КР) має складатися з пояснювальної записки та графіків до неї, оформлених з урахуванням вимог ЄСКД. Обсяг пояснювальної записки має становити 20-30 аркушів, розрахункової частини – не менше 30 % загального обсягу. Виконувати роботу належить на стандартних аркушах паперу формату А4 (210X297 мм), які потім зшиваються.



1 – підшипник; 2 – вал; 3 – підшипниковий щит; 4 – коробка виводів;  
 5 – осердя ротора з короткозамкненою обмоткою; 6 – осердя статора з обмоткою; 7 – корпус; 8 – кожух вентилятора; 9 – підшипниковий щит;  
 10 – вентилятор; 11 – підшипник; 12 – обмотка статора; 13 – табличка з паспортними даними; 14 – лапи; 15 – болт заземлення

Рисунок 2 – Конструкція асинхронного двигуна з короткозамкненим ротором

На титульному аркуші треба вказати кафедру, дисципліну, назву роботи, шифр, прізвище здобувача та викладача.

Розділи та підрозділи мають бути пронумеровані. Записка пишеться з одного боку кожного аркуша. З верхнього, правого та лівого боків аркуша

залишаються поля завширшки 20 мм, нижнього – 25 мм. Розрахунки в курсовій роботі супроводжуються поясненнями. Розрахункові формули наводяться в загальному вигляді з використанням літерних позначень, після чого у формулі вказується чисельне значення величин, що в ній містяться, і потім – результат.

Для посилань формули слід нумерувати.

Рисунки (графіки) і таблиці наводяться відразу після першого посилання на них у тексті (на наступній сторінці, якщо виконані на окремих аркушах).

Побудову графіків руху виконувати з дотриманням правильного співвідношення масштабів.

Сторінки, графіки, рисунки, формули, таблиці треба пронумерувати. Таблиці мають бути з назвами, рисунки та графіки – з підписаними підписами.

При використанні даних з літературних джерел здобувач повинен наводити посилання на джерело (автор, назва, місце, рік видання, кількість сторінок).

Після одержання попередньо перевіреної роботи здобувач повинен акуратно виправити помилки і зробити потрібні доповнення.

Стирати і закреслювати зауваження викладача заборонено.

Роботу треба підписати і вказати дату її виконання.

Виконання всіх вимог є обов'язковою умовою для подання роботи до захисту.

Вихідні дані, що необхідні для розрахунку, здобувач отримує від керівника (таблиця А.1). У таблиці А.1 наведено вихідні дані для проектування АД:

- номінальна потужність двигуна, кВт;
- лінійна напруга, В;
- синхронна частота обертання, об/хв;



- число фаз – 3;
- частота – 50 Гц;
- режим роботи – тривалий;
- конструктивне виконання ІМ1001;
- виконання за способом захисту від впливу навколишнього середовища ІР44 (закрите обдувне);
- категорія кліматичного виконання – У3;
- спосіб охолодження – самовентиляція;
- клас нагрівальності ізоляції – F.

Як перевірочні можуть бути прийняті дані асинхронних двигунів серій АІР (таблиці А.2 – А.4) та 4А (таблиці А.5 – А.7).

При виконанні роботи необхідно:

- вибрати розміри АД згідно з варіантом;
- вибрати типи обмоток;
- розрахувати обмотувальні дроти та ізоляцію;
- провести обґрунтування вибору та розрахунки активних матеріалів і конструктивних параметрів АД.

За результатами виконаної КР передбачається її захист. КР побудовано на матеріалах робіт [1 – 4]. Усі розрахунки, посилання на рисунки, таблиці, формули та додатки у КР наведено згідно з відомою методикою проектування АД, що розглянута у навчальних посібниках [1, 2]. Теоретичні матеріали з розділів електричних машин, які рекомендовано використовувати при виконанні розрахунків, наведено у роботах [5 – 8].

# 1 ВИЗНАЧЕННЯ ГОЛОВНИХ РОЗМІРІВ АСИНХРОННОГО ДВИГУНА

## 1.1 Зовнішній діаметр статора

Проектування АД починають з вибору базової моделі, на яку орієнтуються під час проведення всіх розрахунків, починаючи з вибору основних розмірів, і розроблення конструкції окремих вузлів. За базову зазвичай вибирається конструкція двигуна однієї з нових серій, що випускаються на сьогодні. Перед початком розрахунку слід вивчити конструкцію базового двигуна, критично оцінити прийняті в ній співвідношення розмірів, рівні електромагнітних навантажень та інші дані і після цього приступити до розрахунку (додаток А).

Розрахунок асинхронних машин починають з визначення головних розмірів: внутрішнього діаметра статора  $D$  і розрахункової довжини магнітопроводу  $l_\delta$ . Зовнішній діаметр статора має також відповідати певним умовам, що накладаються вимогами розкрою листів електротехнічної сталі з найменшими відходами при штампуванні. З урахуванням цих вимог при розрахунку АД більш доцільним є вибір головних розмірів, заснований на попередньому визначенні висоти осі обертання, ув'язці цього розміру з зовнішнім діаметром статора і подальшому розрахунку внутрішнього діаметра статора  $D$ . Однак внутрішній діаметр статора безпосередньо пов'язаний певними розмірними співвідношеннями з зовнішнім діаметром статора  $D_a$ , що у свою чергу, визначає висоту осі обертання  $h$ , значення якої при проектуванні нових двигунів може бути прийнято тільки зі стандартного ряду висот [3, 4].

При стандартних значення висоти осі обертання вала  $h$  потрібно проектувати двигун з найбільшим допустимим діаметром корпусу  $D_{корп}$ , що

забезпечує мінімально допустиму відстань  $h_1$  від нижньої частини корпусу до опорної площини лап (рис. 3) [1, 3].

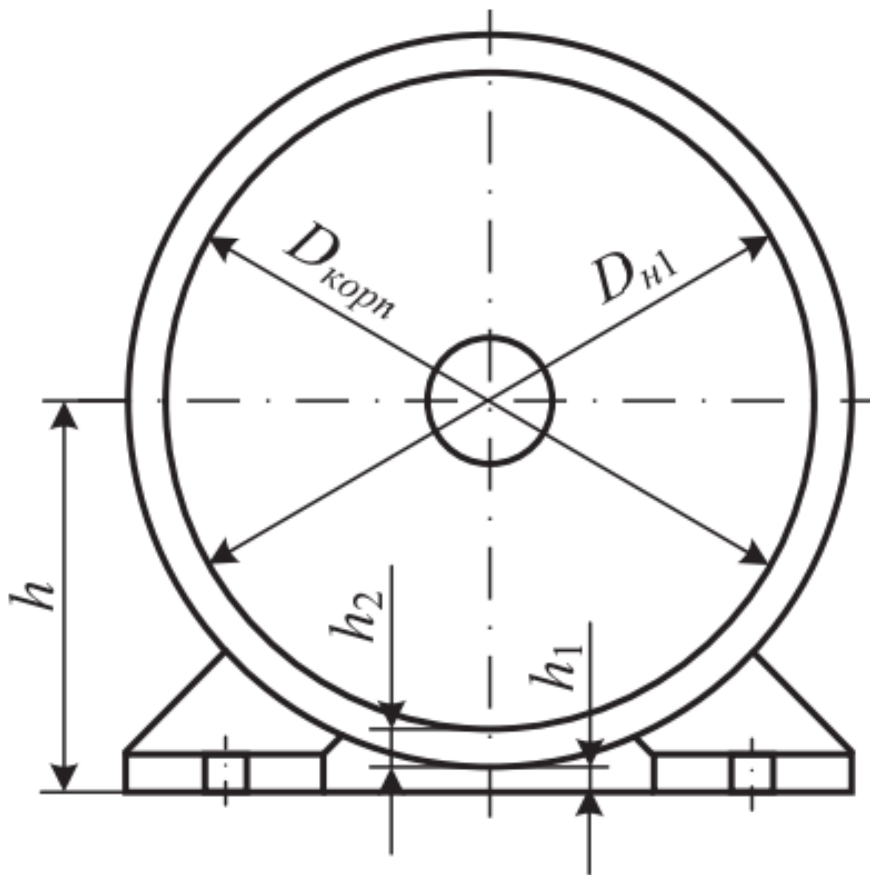


Рисунок 3 – Основні розміри асинхронного двигуна

Осердя статорів та роторів усіх АД загального призначення шихтують з листів електротехнічної сталі товщиною 0,5 мм (таблиці Д.1 – Д.4). При довжині сердечника менше 250...300 мм вони виконуються без вентиляційних каналів. При більшій довжині сердечники поділяють на пакети довжиною 40...50 мм кожен.

Зовнішній вигляд осердя статора зображено на рисунку 4.



Рисунок 4 – Зовнішній вигляд осердя статора асинхронного двигуна

Головні розміри двигуна вибираються з додатку Б.

## 1.2 Внутрішній діаметр статора

Попереднє значення внутрішнього діаметра осердя статора  $d_s$ , мм, визначається за співвідношенням  $d_s = k_{ds} \cdot d_{se}$  [2-4].

Попереднє значення довжини осердя статора, мм,

$$l'_s = \frac{8,62 \cdot 10^{10} \cdot P_{calc}}{d_s^2 \cdot A_s \cdot B_\delta \cdot K_{ws} \cdot n_s}, \quad (1.1)$$

де  $K_{ws}$  – обмотковий коефіцієнт, який для одношарових обмоток статора приймається рівним 0,95–0,96;

$P_{calc}$  – розрахункова потужність двигуна, кВт·А

$$P_{calc} = \frac{P_N \cdot K_E}{\eta_N \cdot \cos\varphi_N}. \quad (1.2)$$

У співвідношеннях (1.1) і (1.2) невідомі коефіцієнти визначаються за рисунками (5 – 9).

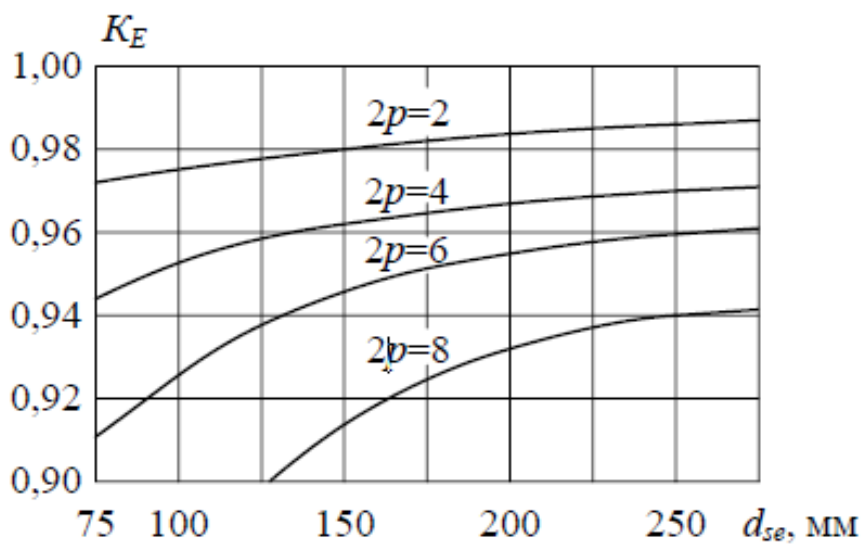


Рисунок 5 – Вибір коефіцієнта відношення ЕРС до номінальної напруги

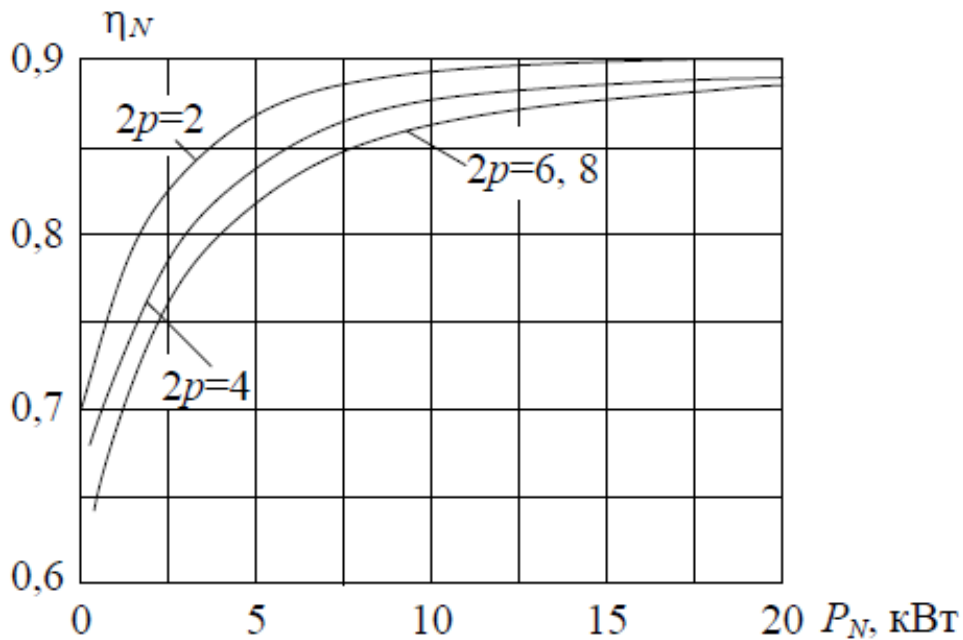


Рисунок 6 – Вибір номінального ККД

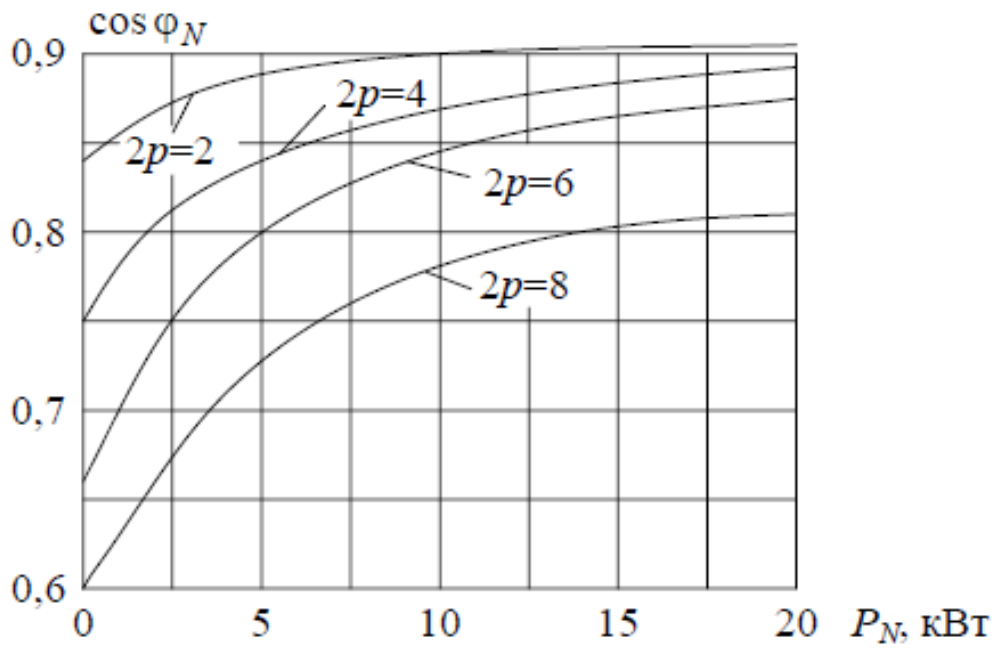


Рисунок 7 – Вибір номінального коефіцієнта потужності

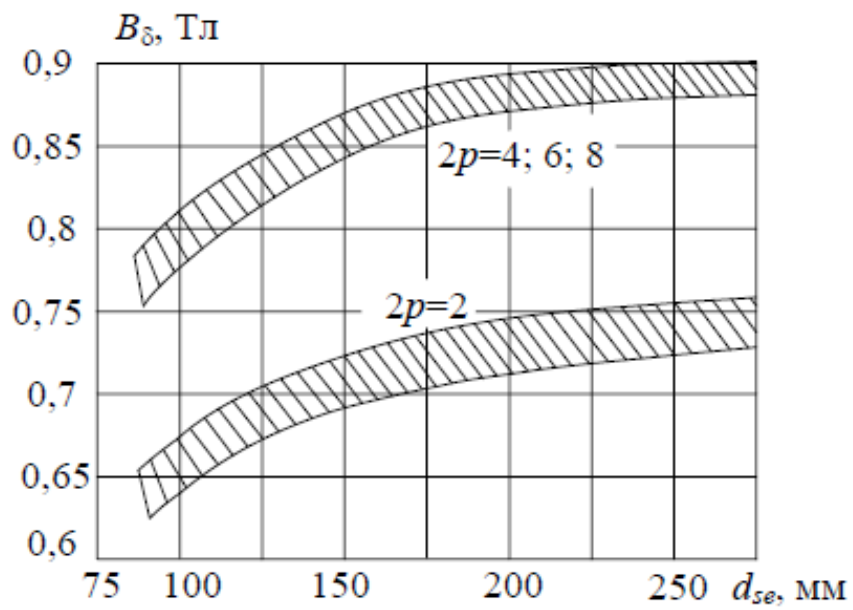


Рисунок 8 – Вибір магнітної індукції в повітряному проміжку

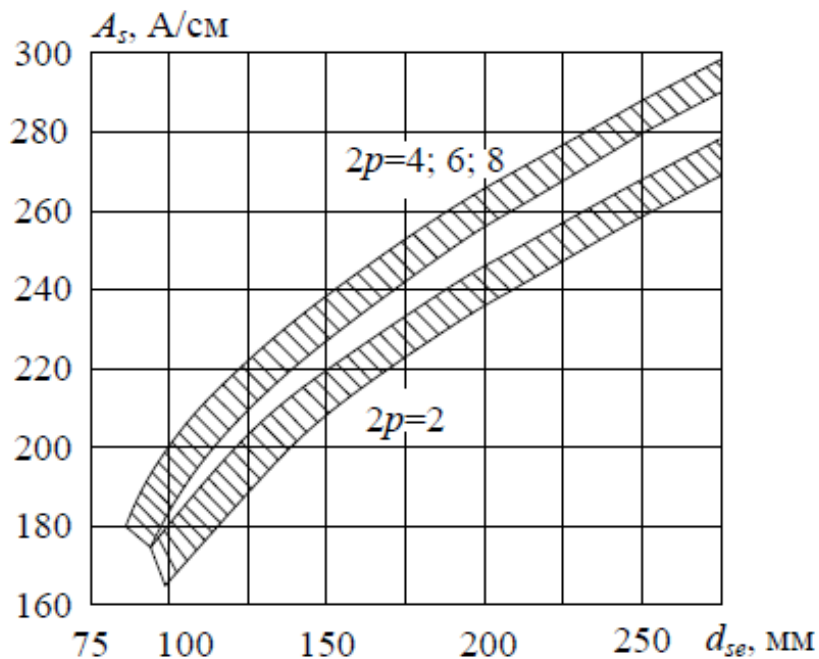


Рисунок 9 – Вибір лінійного струмового навантаження статора

Значення відношення  $\lambda_s = l_s/d_s$  має знаходитись у межах  $\lambda_s = 1,3-1,4$ . При перевищенні  $\lambda_s$  вказаної межі – значення висоти осі обертання  $h$  збільшується, якщо  $\lambda_s$  менше –  $h$  зменшується.

## 2 РОЗРАХУНОК СТАТОРА

Осердя статора асинхронних двигунів з висотою осі обертання  $h \leq 250$  мм збирають з листів завтовшки 0,5 мм, відштампованих з холоднокатаної ізотропної електротехнічної сталі однієї з марок 2013, 2312, 2411. Ізолювання листів зі сталі марки 2013 проводиться оксидуванням: у цьому разі коефіцієнт заповнення осердя сталлю  $K_{Fe} = 0,97$ ; для листів із сталей 2312 и 2411 рекомендується ізолювання лакуванням: тоді  $K_{Fe} = 0,95$  [2].

## 2.1 Кількість пазів статора

$$Q_s = 2 \cdot p \cdot m_s \cdot q_s, \quad (2.1)$$

де  $q_s$  – кількість пазів статора на полюс і фазу (таблиця В.1).

## 2.2 Тип обмотки статора

Основна вимога, що пред'являється до обмотки статора трифазного, асинхронного двигуна полягає в утворенні обертового поля при живленні обмотки від джерела трифазної напруги. У трифазного двигуна три статорних фазних обмотки. Основна вимога до конструкції обмотки полягає в забезпеченні синусоїдального розподілу індукції поля, що обертається в проміжку машини при проходженні по обмотці електричного струму. Останнє можливе у тому випадку, коли ефективна кількість витків, або ампервітків при проходженні струму по обмотці, розподілено по статору відповідно до синусного закону. Обмотки статорів складаються з котушок або секцій, що мають певну кількість витків мідного дроту. Кілька котушок, покладених у сусідні пази, об'єднуються у котушкові групи. Одна фаза може містити одну або кілька котушкових груп. Одна котушка має природно дві активні сторони і дві лобові. Останні не беруть участі у процесі перетворення енергії [3, 4].

В асинхронних двигунах з висотою осі обертання  $h \leq 160$  мм застосовують одношарові концентричні всіпні обмотки статора, призначені для механізованого укладання в напівзакриті пази трапецеїдальної форми. В одношарових концентричних обмотках кількість котушкових груп у фазній обмотці дорівнює кількості пар полюсів машини. При парному значенні  $p$  трифазна обмотка виходить повністю симетричною, незважаючи



на різні розміри котушок, оскільки в кожній фазній обмотці знаходиться однакова кількість великих і малих котушкових груп (рисунок 10) [2].

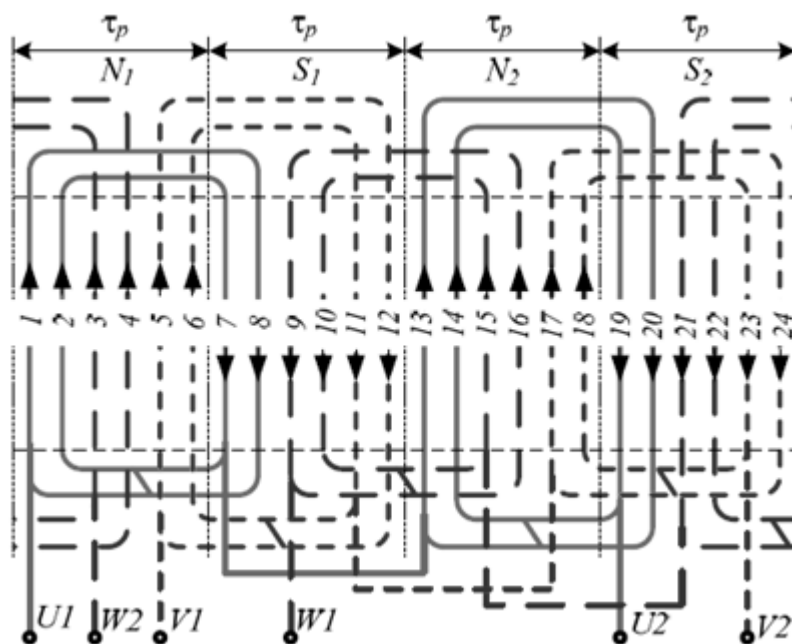


Рисунок 10 – Схема одношарової концентричної обмотки статора при парному значенні кількості пар полюсів ( $p = 2$ )

При непарному значенні  $p$  кожна фаза обмотки містить непарну кількість котушкових груп. Щоб укласти таку обмотку в машину, одну з котушкових груп роблять «кривою», тобто одну її сторону виконують за розміром великої котушкової групи, а іншу – за розміром малої (рисунок 11).

На рисунках 10 і 11 позначено чергування північних і південних полюсів ( $N$  і  $S$ ) машини, а також чергування напрямків струму обмотки на полюсних кроках  $\tau_p$ . Ці рисунки відповідають значенню  $q_s$ , яке дорівнює двом.

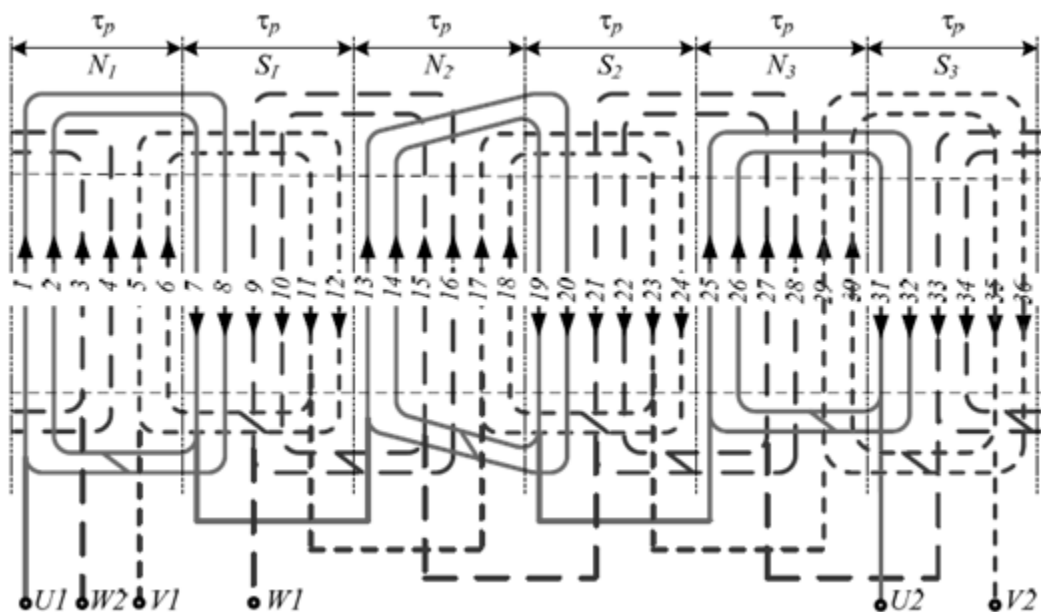


Рисунок 11 – Схема одношарової концентричної обмотки статора при непарному значенні кількості пар полюсів ( $p = 3$ )

Одношарова концентрична обмотка виконується з середнім кроком по пазах, еквівалентним діаметральному,

$$y_{Q_s} = \frac{Q_s}{2p}, \quad (2.2)$$

який дорівнює полюсному кроку машини  $\tau_p$ .

Коефіцієнт скорочення обмотки  $K_{ps} = 1$  і обмотувальний коефіцієнт  $K_{ws} = K_{ds} \cdot K_{ps}$  визначається коефіцієнтом розподілу обмотки  $K_{ds}$

$$K_{ws} = K_{ds} = \frac{0,5}{q_s \cdot \sin\left(\frac{30^\circ}{q_s}\right)}. \quad (2.3)$$

## 2.3 Кількість витків у фазі обмотки статора

Попередня кількість витків у фазі обмотки статора

$$N'_s = \frac{K_E \cdot U_{sN}}{4,44 \cdot f_s \cdot K_{W_s} \cdot \Phi'}; \quad (2.4)$$

де попереднє значення магнітного потоку, Вб,

$$\Phi' = \frac{B_{\delta} \cdot d_s \cdot l_s \cdot 10^{-6}}{p}; \quad (2.5)$$

кількість ефективних провідників в пазу

$$z'_{Q_s} = \frac{N'_s \cdot a_s}{p \cdot q_s}, \quad (2.6)$$

де  $a_s$  – кількість паралельних віток обмотки статора;

кількість витків у фазі обмотки статора

$$N_s = \frac{z'_{Q_s} \cdot p \cdot q_s}{a_s}; \quad (2.7)$$

магнітний потік, Вб,

$$\Phi = \frac{\Phi' \cdot N'_s}{N_s}; \quad (2.8)$$

магнітна індукція у повітряному проміжку, Тл,

$$B_{\delta} = \frac{\Phi \cdot p \cdot 10^6}{d_s \cdot l_s}; \quad (2.9)$$

лінійне струмове навантаження статора  $A_s$ , А/см,

$$A_s = \frac{10 \cdot z_{Qs} \cdot Q_s \cdot I_{sN}}{\pi \cdot d_s \cdot a_s}, \quad (2.10)$$

де  $I_{sN}$  – номінальний фазний струм обмотки статора, А,

$$I_{sN} = \frac{P_N \cdot 10^3}{3 \cdot U_{sN} \cdot \eta_N \cdot \cos\varphi_N}. \quad (2.11)$$

Уточнене значення  $A_s$  не має відрізнятися від попередньо прийнятого більш ніж на 10 %. Інакше слід змінити кількість витків  $N_s$  у фазній обмотці та знов перерахувати пов'язані з цим раніше визначені величини.

#### 2.4 Розміри трапецеїдальних пазів статора

Структуру осердя статора зображено на рисунку 12.

Зубцевий крок статора, мм,

$$\tau_s = \frac{\pi \cdot d_s}{Q_s}. \quad (2.12)$$

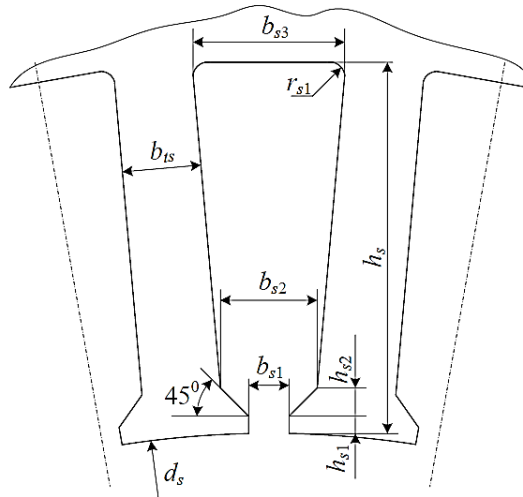


Рисунок 12 – Структура осердя статора

Висота паза статора, мм,

$$h_s = \frac{d_{se} - d_s}{2} - h_{ys}, \quad (2.13)$$

де  $h_{ys}$  – висота спинки статора, мм,

$$h_{ys} = \frac{\Phi \cdot 10^6}{2 \cdot K_{Fe} \cdot l_s \cdot B_{ys}}. \quad (2.14)$$

Середнє значення магнітної індукції в спинці статора  $B_{ys}$  (таблиця В.2).

Ширина зубця статора (рисунок 12)  $b_{ts}$ , мм,

$$b_{ts} = \frac{\tau_s \cdot B_\delta}{K_{Fe} \cdot B_{ts}}, \quad (2.15)$$

де  $B_{ts}$  – середнє значення магнітної індукції в зубцях статора 1,75-1,95 Тл,

якщо

$$h \geq 160 \text{ мм і } 2p \geq 4$$

$B_\delta = 1,6-1,8$  Тл, висота шліца  $h_{s1} = 0,5$  мм, ширина шліца, мм,  $b_{s1} \approx 0,3 \cdot \sqrt{h}$ , менша ширина паза  $b_{s2}$ , мм,

$$b_{s2} = \frac{\pi \cdot (d_s + 2 \cdot h_{s1} - b_{s1}) - Q_s \cdot b_{ts}}{Q_s - \pi}; \quad (2.16)$$

більша ширина  $b_{s3}$ , мм,

$$b_{s3} = \frac{\pi \cdot (d_s + 2 \cdot h_s)}{Q_s} - b_{ts}. \quad (2.17)$$

## 2.5 Діаметр елементарного ізолюваного проводу

Для обмоток статора застосовують провід ПЕТ-155, клас нагрівостійкості F.

Попереднє діаметр проводу  $d'_{scis}$ , мм,

$$d'_{scis} = \sqrt{\frac{K_{Qs} \cdot S_{sn}}{z_{Qs} \cdot N_c}}, \quad (2.18)$$

де  $K_{Qs} \leq 0,72$  – коефіцієнт заповнення паза;

$S_{sn}$  – площа поперечного перерізу паза, мм<sup>2</sup>,

$$S_{sn} = S'_{sn} - S_{isf} - S_{isp}; \quad (2.19)$$

$S'_{sn}$  – площа поперечного перерізу паза на провіт, мм<sup>2</sup>,

$$S'_{sn} = \left( \frac{b_{s2} + b_{s3}}{2} - 0,1 \right) \cdot \left( h_s - h_{s1} - \frac{b_{s2} - b_{s1}}{2} - 0,1 \right); \quad (2.20)$$

$S_{isfr}$  – площа поперечного перерізу корпусної ізоляції, мм<sup>2</sup>,

$$S_{isfr} = b_{isfr} \cdot (2 \cdot h_s + b_{s2} + b_{s3}); \quad (2.21)$$

$b_{isfr}$  – середнє значення однобічної товщини корпусної ізоляції, мм,  
(таблиця В.3)

$S_{isp}$  – площа поперечного перерізу прокладок на дні паза і під клином,  
м<sup>2</sup>,

$$S_{isp} = 0,5 \cdot b_{s3} + 0,75 \cdot b_{s2}; \quad (2.22)$$

$N_c$  – кількість елементарних провідників;

діаметр ізольованого проводу – таблиця В.4;

висота скосу коронки зубця (рисунок 12)

$$h_{s2} = \frac{(b_{s2} - b_{s1})}{2}; \quad (2.23)$$

$J_{sc}$  – густина струму в провіднику обмотки статора, А/мм<sup>2</sup>,

$$J_{sc} = \frac{I_{sN}}{N_c \cdot S_{sc} \cdot a_s}. \quad (2.24)$$

Добуток  $A_s J_{sc}$  потрібно порівняти з його середнім допустимим значенням (рисунок 13). Він не має перевищувати 15 %.

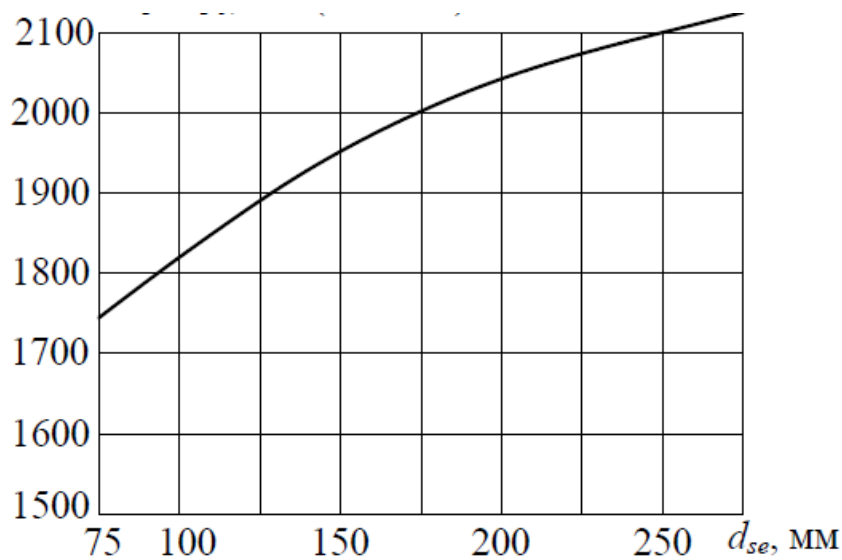


Рисунок 13 – Допустиме співвідношення струмових навантажень

## 2.6 Розміри елементів обмотки статора

Середній пазовий крок статора, мм,

$$\tau_{sav} = \frac{\pi \cdot (d_s + h_s)}{Q_s} \quad (2.25)$$

Середня ширина котушки обмотки статора, мм,

$$b_{wav} = \tau_{sav} \cdot y_{Qs} \quad (2.26)$$

Середня довжина однієї лобової частини котушки, мм,

$$l_{fn} = (1,16 + 0,14 \cdot p) \cdot b_{wav} + 15 \quad (2.27)$$

Середня довжина витка обмотки, мм,



$$l_{Wav} = 2 \cdot (l_s + l_{fh}) . \quad (2.28)$$

Довжина вильоту лобової частини обмотки, мм:

$$l_{fs} = (0,19 + 0,1 \cdot p) \cdot b_{Wav} + 10 \quad (2.29)$$

при  $h \leq 132$  мм

$$l_{fs} = (0,12 + 0,15 \cdot p) \cdot b_{Wav} + 10 \quad (2.30)$$

при  $h \geq 132$  мм

### 3 РОЗРАХУНОК РОТОРА

Зовнішній вигляд короткозамкненого ротора АД зображено на рисунку 14.



Рисунок 14 – Зовнішній вигляд короткозамкненого ротора АД

Обмотки ротора зображено на рисунку 15.

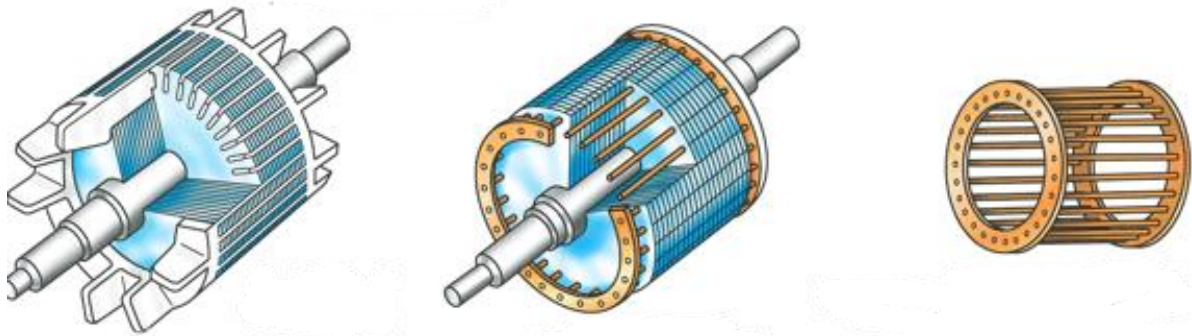


Рисунок 15 – Види обмоток короткозамкненого ротора АД

### 3.1 Зовнішній діаметр ротора

Зовнішній діаметр ротора, мм,

$$d_r = d_s - 2\delta . \quad (3.1)$$

Довжина пакету осердя ротора  $l_r$ , мм

$$l_r = l_s . \quad (3.2)$$

### 3.2 Повітряний проміжок між осердям статора і осердям ротора

Повітряний проміжок між осердям статора і осердям ротора знаходять у таблиці Г.1.

### 3.3 Кількість пазів короткозамкненого ротора

Кількість пазів короткозамкненого ротора знаходять у таблиці Г.2, а співвідношення кількості пазів статора і кількості пазів ротора – у таблиці Г.3.

Кількість пазів залежить від кількості полюсів, діаметра осердя і висоти осі обертання. Вибір співвідношення кількості пазів статора ( $Q_s$ ) і кількості пазів ротора ( $Q_r$ ) має проводитися з урахуванням багатьох параметрів двигуна: мінімальні додаткові втрати, відсутність провалів у механічній характеристиці, зменшення вібрації й ін.

Форма паза ротора зображена на рисунку 16.

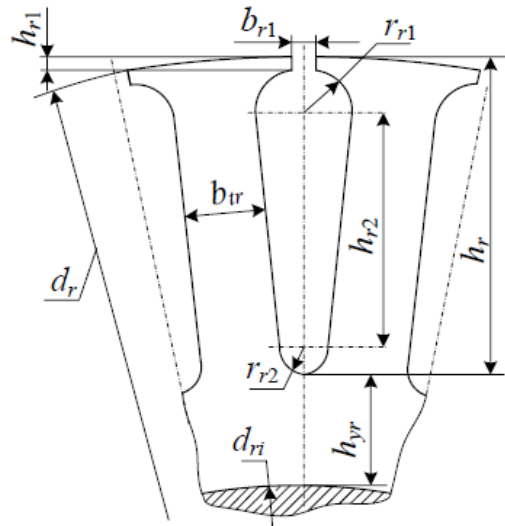


Рисунок 16 – Пазова структура короткозамкненого ротора

Вибір висоти паза ротора [1, с. 24].

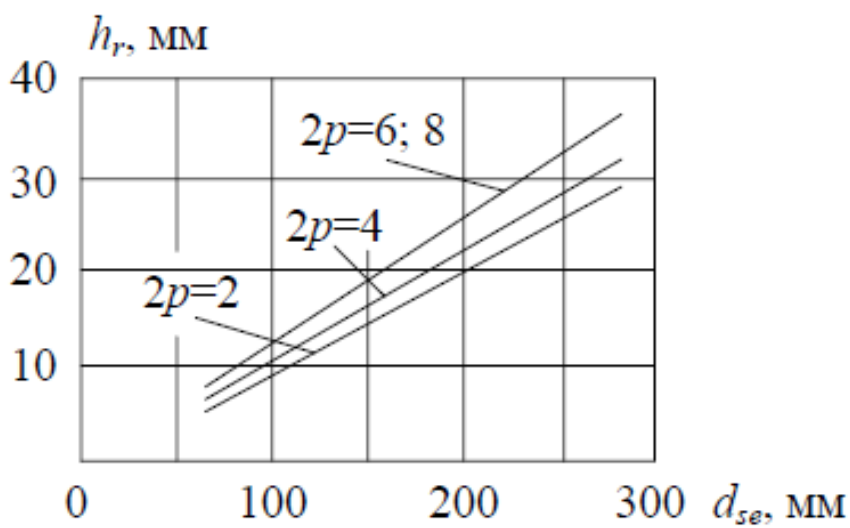


Рисунок 17 – Вибір висоти паза ротора

### 3.4 Внутрішній діаметр осердя ротора

Внутрішній діаметр осердя ротора, мм, якщо  $h = 50$  і  $63$  мм

$$d_{ri} \approx 0,19 \cdot d_{se}. \quad (3.3)$$

При  $h \geq 71$  мм

$$d_{ri} \approx 0,23 \cdot d_{se}, \quad (3.4)$$

значення  $d_{ri}$  (рисунок 18) підлягає уточненню, таблиця Г.4.

$$d_c = K_{dc} \cdot \sqrt[3]{\frac{P_N}{n_s}}. \quad (3.5)$$

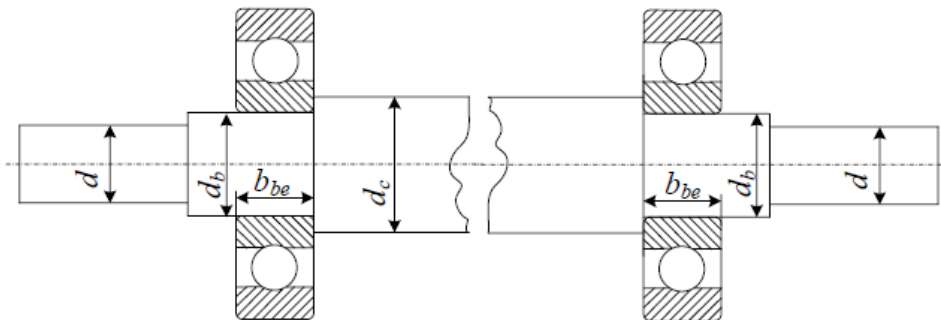


Рисунок 18 – Основні функціональні уступи вала

Висота спинки ротора визначається, мм,

$$\begin{aligned} \text{при } h \leq 63 \text{ мм і } 2p=2 & \quad h_{yr} = 0,49 \cdot d_r - h_r, \\ \text{при } h \leq 63 \text{ мм і } 2p \geq 4 & \quad h_{yr} = 0,4 \cdot d_r - h_r, \\ \text{при } h \geq 71 \text{ мм і } 2p=2 & \quad h_{yr} = 0,58 \cdot d_r - h_r, \\ \text{при } h \geq 71 \text{ мм і } 2p \geq 4 & \quad h_{yr} = 0,38 \cdot d_r - h_r. \end{aligned} \quad (3.6)$$

### 3.5 Магнітна індукція в спинці ротора

Магнітна індукція в спинці ротора, Тл,

$$B_{yr} = \frac{\Phi \cdot 10^6}{2 \cdot K_{Fe} \cdot l_r \cdot h_{yr}} \cdot \quad (3.7)$$

$B_{yr}$  не має перевищувати 1,6 Тл.

Зубцевий крок ротора, мм,

$$\tau_r = \frac{\pi \cdot d_r}{Q_r} \cdot \quad (3.8)$$

### 3.6 Магнітна індукція в зубцях ротора

Магнітна індукція в зубцях ротора  $B_{tr}$ , Тл, – таблиця Г.5.

Ширина зубця ротора, мм,

$$b_{tr} = \frac{B_{\delta} \cdot \tau_r}{B_{tr} \cdot K_{Fe}} \cdot \quad (3.9)$$

### 3.7 Розміри напівзакритого паза ротора

Розміри напівзакритого паза ротора (рисунок 16):

- висота і ширина шліца

$h_{r1}$  від 0,5 до 0,75 мм;

$b_{r1}$  від 1,0 до 1,5 мм;

- більший радіус, мм,

$$r_{r1} = \frac{\pi \cdot (d_r - 2 \cdot h_{r1}) - Q_r \cdot b_{tr}}{2 \cdot (Q_r + \pi)} \cdot \quad (3.10)$$

- менший радіус, мм,

$$r_{r2} = \frac{\pi \cdot (d_r - 2 \cdot h_r) - Q_r \cdot b_{tr}}{2 \cdot (Q_r - \pi)}; \quad (3.11)$$

- відстань між центрами дуг радіусів  $r_{r1}$  і  $r_{r2}$ , мм,

$$h_{r2} = h_r - h_{r1} - r_{r1} - r_{r2}; \quad (3.12)$$

- площа поперечного перерізу паза  $S_{rn}$ , мм<sup>2</sup>,

$$S_{rn} = S_{rc} = 0,5 \cdot \pi \cdot (r_{r1}^2 + r_{r2}^2) + (r_{r1} + r_{r2}) \cdot h_{r2}. \quad (3.13)$$

Перевірка правильності визначення  $r_{r1}$  і  $r_{r2}$

$$\pi \cdot h_{r2} - Q_r \cdot (r_{r1} - r_{r2}) \approx 0. \quad (3.14)$$

Розміри короткозамикального кільця зображено на рисунку 19.

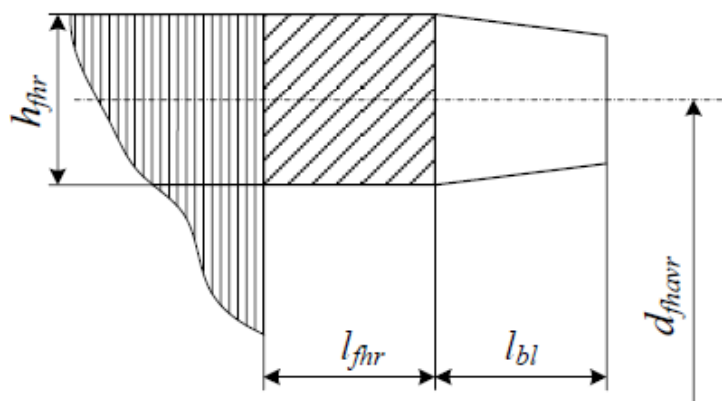


Рисунок 19 – Переріз короткозамикального кільця обмотки ротора

### 3.8 Розміри короткозамикального кільця

Розміри короткозамикального кільця [1, с. 64]:

- поперечний переріз кільця, мм<sup>2</sup>,

$$S_{fhr} = \frac{(0,35 \dots 0,45) \cdot Q_r \cdot S_{rn}}{2p}; \quad (3.15)$$

- висота кільця, мм,

$$h_{fhr} \approx (1,1 \dots 1,2) \cdot h_r; \quad (3.16)$$

- довжина кільця, мм,

$$l_{fhr} = \frac{S_{fhr}}{h_{fhr}}; \quad (3.17)$$

- середній діаметр кільця, мм,

$$d_{favr} = d_r - h_{fhr}; \quad (3.18)$$

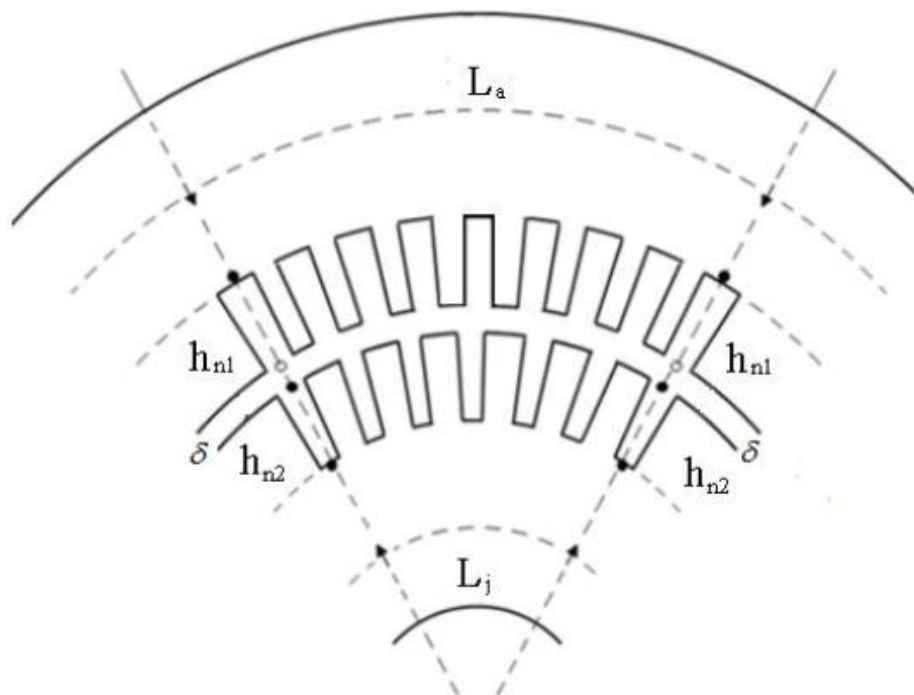
- кількість вентиляційних лопаток

$$n_{bl} = \frac{Q_r}{2 \dots 3}. \quad (3.19)$$

## 4 РОЗРАХУНОК МАГНІТНОГО КОЛА

### 4.1 Основні положення

Розрахунок магнітного кола асинхронного двигуна проводиться для визначення МРС і струму, що намагнічує статор та створює в двигуні необхідний магнітний потік. При цьому в електричних машинах із симетричним магнітним колом можна обмежитися розрахунком МРС на полюс. На рисунку 20 представлено розрахункову частину магнітного кола чотирьохполюсної асинхронної машини [1].



$L_a$  – ярмо статора,  $h_{n1}$  – висота зубця статора,  $h_{n2}$  – висота зубця ротора,  
 $\delta$  – повітряний проміжок,  $L_j$  – ярмо ротора

Рисунок 20 – Магнітне коло електричної машини з розподіленими обмотками

Магнітне коло асинхронного двигуна складається з п'яти однорідних ділянок, з'єднаних послідовно [1-4]:

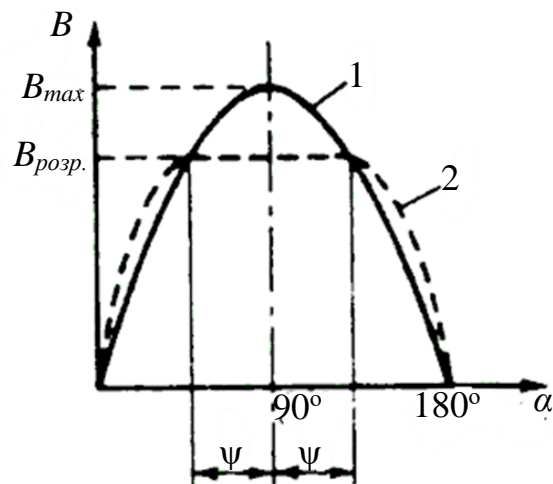


- повітряний проміжок між ротором та статором;
- зубці статора;
- зубці ротора;
- спинка статора;
- спинка ротора.

При розрахунку магнітної напруги кожної ділянки приймають, що її магнітна індукція розподілена рівномірно. Розраховують сумарну МРС у асинхронних двигунів лише для номінального режиму роботи у такій послідовності.

Для кожної ділянки визначають її площу поперечного перерізу, магнітну індукцію, напруженість поля, середню довжину шляху магнітного потоку, МРС ділянки, сумарну МРС. При цьому індукція в повітряному проміжку береться синусоїдальною.

Для асинхронних машин характерно відносно сильне насичення сталі зубців статора і ротора. Насичення зубцевих зон призводить до сплюснення кривої поля в повітряному проміжку (рисунок 21) [3].



1 – ненасиченого (синусоїдальна крива); 2 – насиченого (сплюснена крива)

Рисунок 21 – Розподіл індукції у повітряному проміжку асинхронного двигуна

Перетин реальної (сплощеної) кривої поля 2 в проміжку з основною гармонікою 1 відбувається в точках, віддалених від осі симетрії одного напівперіоду кривої на кут  $35^\circ$ . Тому за розрахункову індукцію приймається не амплітудне значення, а  $B_{розр.} = B_{max} \cos \psi \approx B_{max} \cos 35^\circ \approx 0,82 B_{max}$ . По  $B_{розр.}$  слід визначити  $H_{розр.}$  за основною кривою намагнічування і потім збільшити результат в  $k = 1/0,82$  разів, привівши напруженість до амплітудного значення індукції. Для повітряного проміжку, що має лінійну залежність  $H = f(B)$ , ця операція рівнозначна безпосередньому визначенню магнітної напруги проміжку  $B_\delta$ .

При визначенні магнітних напруг ділянок магнітного кола з нелінійними магнітними характеристиками вплив ущільнення враховується спеціальними кривими намагнічування для зубців і ярм асинхронних двигунів, побудованими за основною кривою намагнічування з урахуванням зазначених залежностей.

Основний опір магнітного кола асинхронного двигуна зосереджено у повітряному проміжку між ротором і статором. Цей опір збільшується додатково через зубчасту будову статора і ротора. Збільшення його враховується відповідним поправочним коефіцієнтом, який більший за одиницю. За наявності радіальних вентиляційних каналів у сердечнику статора чи ротора частина магнітного потоку проходить через канали, що знижує магнітний опір повітряного проміжку. Це зменшення враховується коефіцієнтом  $k_z$ , що залежить від співвідношення площ аналізованих поперечних перерізів зубця і паза. При магнітній індукції в зубцях статора або ротора  $\leq 1,8$  Тл приймають, що магнітний потік проходить тільки через зубці, а напруженість магнітного поля  $H$  визначають відповідно по кривих для зубців.

У таблицях Е.1 – Е.3 наведено намагнічування  $H = f(B)$  для зубців статора і ротора, обчислені з урахуванням сплюснення поля; ці таблиці використовують для розрахунку магнітної напруги ділянки зубців. При

розрахунку магнітного кола умовно приймають середню довжину шляху магнітного потоку в спинці статора або ротора. Насправді довжина цих шляхів різна – максимальна по краях полюсного поділу і мінімальна посередині. Відповідно нерівномірно розподіляється індукція.

Для спрощення розрахунку у таблицях Е.4 – Е.6 наведено намагнічування  $H = f(B)$  для спинки статора та ротора, обчислені з урахуванням синусоїдального розподілу індукції вздовж силової лінії. Ці таблиці використовують при розрахунку магнітної напруги спинки ротора та статора.

#### 4.2 Магнітна напруга повітряного проміжку

Коефіцієнти повітряного проміжку статора і ротора:

$$k_{\delta 1} = 1 + \frac{b_{u1\delta}}{t_1 - b_{u1\delta} + \frac{5\delta t_1}{b_{u1\delta}}}; \quad (4.1)$$

$$k_{\delta 2} = 1 + \frac{b_{u2}}{t_2 - b_{u2} + \frac{5\delta t_2}{b_{u2}}}. \quad (4.2)$$

При відкритих пазах в (4.1) і (4.2) замість  $b_{u1}$  і  $b_{u2}$  потрібно підставити відповідно  $b_{n1}$  і  $b_{n2}$ .

Коефіцієнт, що враховує зменшення магнітного опору повітряного проміжку:

- за відсутності радіальних каналів (довжина сердечників  $l_1$  і  $l_2$  менша 300 – 350 мм)  $k_k = 1$ ;
- наявності каналів на статорі і роторі, що збігаються:

$$k_{\kappa} = 1 - \frac{1,5\delta}{l_n + 1,5\delta \cdot \left(1 + \frac{l_n}{l_{\kappa}}\right)}, \quad (4.3)$$

де  $l_n$  – довжина пакета ( $l_n = l_{n1} = l_{n2}$ );  $l_{\kappa}$  – довжина каналу.

Спільний коефіцієнт повітряного проміжку

$$k_{\delta} = k_{\delta 1} k_{\delta 2} k_{\kappa}. \quad (4.4)$$

МРС повітряного проміжку, А,

$$F_{\delta} = 0,8\delta k_{\delta} B_{\delta\delta} \cdot 10^3. \quad (4.5)$$

### 4.3 МРС зубців статора

#### МРС для зубців при трапецеїдальних напівзакритих пазах статора

При  $B_{31} \leq 1,8$  Тл напруженість магнітного поля в зубцях статора  $H_{31}$  визначається з таблиць Е.1 – Е.3. Ці таблиці справедливі і для зубців ротора.

При  $B_{31} > 1,8$  Тл:

- зубцеве ділення на 1/3 висоти зубця, мм,

$$t_{1(1/3)} = \frac{\pi \cdot \left(D_1 + \frac{2}{3} \cdot h_{m1}\right)}{z_1}; \quad (4.6)$$

- зубцевий коефіцієнт статора

$$k_{31(1/3)} = \frac{t_{1(1/3)}}{b_{31}k_c} - 1; \quad (4.7)$$

- напруженість магнітного поля  $H_{31}$ , А/см, визначають з рисунків 22-24.

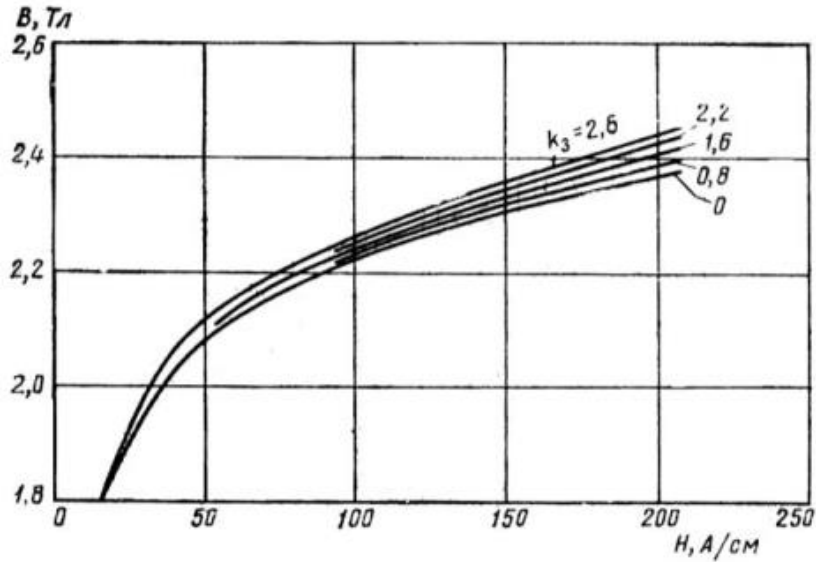


Рисунок 22 – Криві намагнічування для зубців при  $B_3 > 1,8$  Тл для сталі 2013

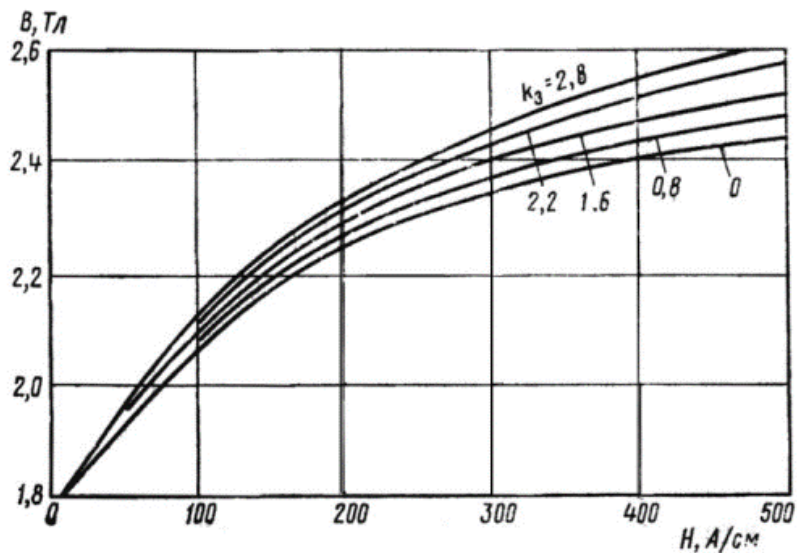


Рисунок 23 – Криві намагнічування для зубців при  $B_3 > 1,8$  Тл для сталі 2312

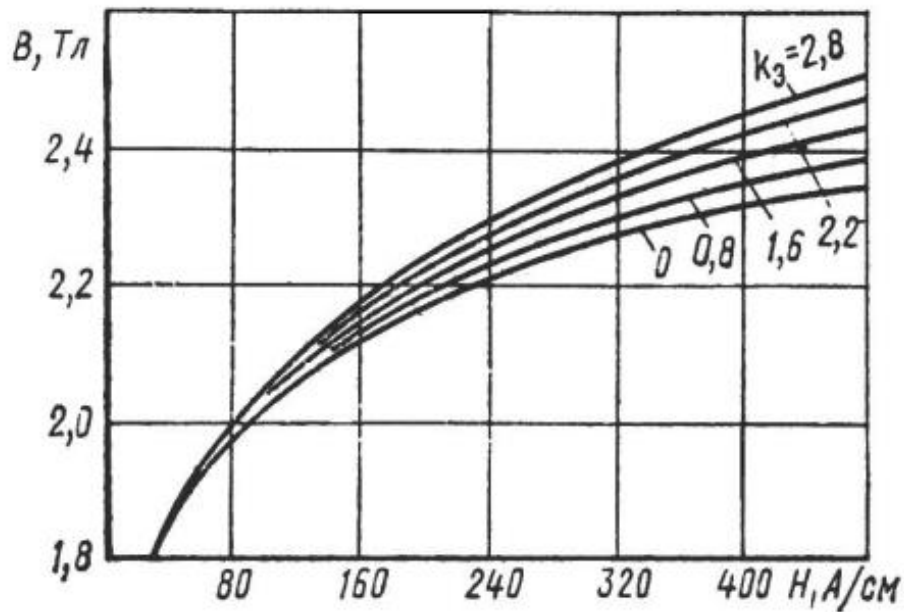


Рисунок 24 – Криві намагнічування для зубців  
при  $B_3 > 1,8$  Тл для сталі 2411

Середня довжина шляху магнітного потоку, мм,

$$L_{\text{з1}} = h_{\text{н1}}. \quad (4.8)$$

МРС зубців статора, А,

$$F_{\text{з1}} = 0,1 H_{\text{з1}} L_{\text{з1}}. \quad (4.9)$$

#### 4.4 МРС зубців ротора

Ураховуємо, що пази ротора є напівзакритими або закритими овальної форми.

При  $B_{\text{з2}} \leq 1,8$  Тл напруженість магнітного кола  $H_{\text{з2}}$ , А/см, вибирається з таблиць Е.1 – Е.3.

При  $B_{\text{з2}} > 1,8$  Тл:

- зубцеве ділення на 1/3 висоти зубця, мм,

$$t_{2(1/3)} = \frac{\pi \cdot \left( D_{n2} - \frac{4}{3} \cdot h_{n2} \right)}{z_2}; \quad (4.10)$$

- зубцевий коефіцієнт ротора

$$k_{z2(1/3)} = \frac{t_{2(1/3)}}{b_{z2} k_c} - 1; \quad (4.11)$$

- напруженість магнітного кола  $H_{z2}$ , А/см, вибирається залежно від марки сталі з рисунків 22 – 24.

Середня довжина шляху магнітного потоку, мм,

$$L_{z2} = h_{n2} - 0,2r_2. \quad (4.12)$$

МРС зубців ротора, А,

$$F_{z2} = 0,1H_{z2}L_{z2}. \quad (4.13)$$

#### 4.5 МРС спинки статора

Напруженість магнітного поля в спинці статора  $H_{c1}$ , А/см, при  $2p = 2; 4; 6; 8$  і  $B_{c1} \leq 1,4$  Тл та при  $2p = 2$  і  $B_{c1} > 1,4$  Тл вибирається з таблиць Е.4 – Е.6.

Середня довжина шляху магнітного потоку, мм,

$$L_{c1} = \frac{\pi \cdot (D_{n1} - h_{c1})}{4p}. \quad (4.14)$$

МРС спинки статора, А,

$$F_{c1} = 0,1H_{c1}L_{c1}. \quad (4.15)$$

#### 4.6 МРС спинки ротора

Напруженість магнітного поля спинки ротора, А/см, при  $2p = 2 H_{c2}$  та при  $2p \geq 4 H_{c2}$  вибирається з таблиць Е.4 – Е.6.

Середня довжина магнітного потоку, мм,

при  $2p = 2$ :

$$L_{c2} = h_{c2} + \frac{2}{3} \cdot d_{\kappa 2}; \quad (4.16)$$

при  $2p \geq 4$

$$L_{c2} = \frac{\pi \cdot \left( D_2 + h_{c2} + \frac{4}{3} \cdot d_{\kappa 2} \right)}{4p}. \quad (4.17)$$

Діаметр  $d_{\kappa 2}$ , мм, вентиляційних каналів в осерді ротора вибирають з таблиці Е.7.

МРС спинки ротора

$$F_{c2} = 0,1H_{c2}L_{c2}. \quad (4.18)$$

#### 4.7 Параметри магнітного кола

Сумарна МРС магнітного кола на один полюс, А,

$$F_{\Sigma} = F_{\delta} + F_{\kappa 1} + F_{\kappa 2} + F_{c1} + F_{c2}. \quad (4.19)$$



Коефіцієнт насичення магнітного кола

$$k_{нас} = \frac{F_{\Sigma}}{F_{\delta}}. \quad (4.20)$$

Струм намагнічування, А,

$$I_M = \frac{2,22 F_{\Sigma} p}{m_1 w_{1\delta} k_{об1}}. \quad (4.21)$$

Струм намагнічування у відносних одиницях

$$I_M^* = \frac{I_M}{I_{1H}}. \quad (4.22)$$

ЕРС холостого ходу, В,

$$E_{10H} = k_H U_{1H}. \quad (4.23)$$

Головний індуктивний опір, Ом,

$$X_M = \frac{E_{10H}}{I_M}. \quad (4.24)$$

Головний індуктивний опір у відносних одиницях

$$X_M^* = X_M \cdot \frac{I_{1H}}{U_{1H}}. \quad (4.25)$$

## ПИТАННЯ ДО ЗАХИСТУ КУРСОВОЇ РОБОТИ

- 1 Чому електродвигун називається асинхронним?
- 2 Який принцип дії АД?
- 3 Основні елементи конструкції АД.
- 4 Як змінити напрямок обертання АД?
- 5 Що є частиною, що обертається в АД?
- 6 Число пар полюсів асинхронного двигуна збільшили вдвічі. Як зміниться кількість обертів валу двигуна?
- 7 Чи може ротор АД обертатися синхронно з магнітним полем статора?
- 8 Як зміниться струм в обмотці статора при збільшенні механічного навантаження на валу двигуна?
- 9 Яким буде струм в обмотці ротора АД, якщо він обертається зі швидкістю обертання магнітного поля статора?
- 10 Як може бути включено обмотки статора трифазного АД?
- 11 З якою метою статор АД виготовляють із тонких електрично ізольованих феромагнітних пластин?
- 12 Як змінити напрямок обертання магнітного поля статора асинхронного трифазного двигуна?
- 13 Як зміниться частота обертання магнітного поля зі збільшенням пар полюсів асинхронного трифазного двигуна?
- 14 Яка максимальна швидкість обертання магнітного поля статора асинхронного двигуна, ввімкненого до мережі змінного струму промислової частоти?
- 15 Як здійснюється реверсування АД?
- 16 Що називається ковзанням двигуна та як його визначити?
- 17 Чому дорівнює ковзання ротора в момент пуску?

## СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1 Розводюк М. П., Левицький С. М., Бомбик В. С. Розрахунок і конструювання трифазних асинхронних двигунів з короткозамкненим ротором. Курсове проектування : навч. посіб. Вінниця : ВНТУ, 2018. 135 с.

2 Мілих В. І. Проектування трифазних асинхронних двигунів з короткозамкненою обмоткою ротора : навч. посіб. [для студ. електротехн. спеціальностей]. Харків : НТУ «ХПІ», 2009. 100 с.

3 *Proyektirovaniye elektricheskikh mashin : uchebnik dlya vtuzov / pod red. I. P. Kopylova. 4-ye izd., pererab. i dop. M. : Izdatel'stvo Yurayt, 2011. 767 s.*

4 *Proyektirovaniye elektricheskikh mashin : uchebnik dlya vtuzov / Gol'dberg O. D., Gurin YA. S., Sviridenko I. S. ; pod red. O. D. Gol'dberga. 2-ye izd. pererab. i dop. M. : Vyssh. shk., 2000. 430 s.*

5 Проектування електричних машин : навч. посіб. / Д. В. Циценков, О. Б. Іванов, О. В. Бобров, В. В. Кузнецов, В. В. Артемчук, М. О. Баб'як; Нац. техн. ун-т «Дніпровська політехніка». Дніпро : НТУ «ДП», 2020. 408 с.

6 Осташевський М. О., Юр'єва О. Ю. Електричні машини і трансформатори : навч. посіб. / за ред. В. І. Мілих. Київ : Каравела, 2022. 452 с.

7 Чуєнко Р. М. Електричні машини : навч. посіб. Київ : Вид-во «Компрінт», 2017. 462 с.

8 Яцун М. А. Електричні машини : підручник. Львів : Вид-во Львівської політехніки, 2011. 464 с.

## ДОДАТОК А

Таблиця А.1 – Вихідні дані для проектування

| Ва-рі-ант | висота осі, мм | $P_n$ , кВт | $U_n$ , В | $n_1$ , об/хв | Ва-рі-ант | висота осі, мм | $P_n$ , кВт | $U_n$ , В | $n_1$ , об/хв |
|-----------|----------------|-------------|-----------|---------------|-----------|----------------|-------------|-----------|---------------|
| 1         | 71             | 1,1         | 380       | 3000          | 26        | 200            | 37          | 380       | 3000          |
| 2         | 80             | 1,1         | 380       | 1000          | 27        | 225            | 37          | 380       | 1000          |
| 3         | 80             | 1,5         | 380       | 3000          | 28        | 200            | 37          | 660       | 1500          |
| 4         | 80             | 2,2         | 380       | 3000          | 29        | 200            | 37          | 380       | 1500          |
| 5         | 90             | 2,2         | 380       | 1500          | 30        | 250            | 37          | 380       | 750           |
| 6         | 100            | 2,2         | 380       | 1000          | 31        | 200            | 45          | 380       | 3000          |
| 7         | 112            | 2,2         | 380       | 750           | 32        | 200            | 45          | 660       | 1500          |
| 8         | 100            | 5,5         | 380       | 3000          | 33        | 250            | 45          | 380       | 1000          |
| 9         | 112            | 5,5         | 380       | 1500          | 34        | 250            | 45          | 380       | 750           |
| 10        | 132            | 11          | 380       | 1500          | 35        | 225            | 55          | 380       | 3000          |
| 11        | 132            | 11          | 380       | 3000          | 36        | 225            | 55          | 660       | 1500          |
| 12        | 160            | 15          | 380       | 3000          | 37        | 225            | 55          | 380       | 1500          |
| 13        | 160            | 15          | 660       | 1500          | 38        | 250            | 55          | 380       | 1000          |
| 14        | 160            | 15          | 380       | 1000          | 39        | 280            | 55          | 380       | 750           |
| 15        | 180            | 15          | 380       | 750           | 40        | 250            | 75          | 380       | 3000          |
| 16        | 160            | 18,5        | 380       | 3000          | 41        | 250            | 75          | 380       | 1500          |
| 17        | 180            | 18,5        | 380       | 1000          | 42        | 280            | 75          | 380       | 1000          |
| 18        | 160            | 18,5        | 380       | 1500          | 43        | 280            | 75          | 380       | 750           |
| 19        | 200            | 18,5        | 380       | 750           | 44        | 280            | 90          | 380       | 1000          |
| 20        | 180            | 22          | 380       | 3000          | 45        | 250            | 90          | 380       | 1500          |
| 21        | 180            | 22          | 660       | 1500          | 46        | 250            | 90          | 380       | 3000          |
| 22        | 180            | 22          | 380       | 1500          | 47        | 280            | 110         | 380       | 1500          |
| 23        | 180            | 30          | 660       | 3000          | 48        | 280            | 110         | 380       | 3000          |
| 24        | 180            | 30          | 380       | 3000          | 49        | 280            | 132         | 380       | 3000          |
| 25        | 180            | 30          | 660       | 1500          | 50        | 280            | 132         | 380       | 1500          |

Таблиця А.2 – Технічні параметри трифазних асинхронних двигунів серій АИР при напрузі 380 В, частоті 50 Гц

| Модель     | $m_{AM}$ , кг | $P_N$ , кВт | $k_{M1}$ | $k_M$ | $k_{\Gamma}$ | $\eta_N$ % | $\cos\varphi_N$ | $n_s$ , об/хв |
|------------|---------------|-------------|----------|-------|--------------|------------|-----------------|---------------|
| АИР 63 А6  | 5,8           | 0,18        | 2,0      | 2,3   | 3,0          | 56,5       | 0,63            | 1000          |
| АИР 63 А4  | 5,8           | 0,25        | 2,2      | 2,3   | 4,0          | 68,5       | 0,68            | 1500          |
| АИР 63 В6  | 7,0           | 0,25        | 2,0      | 2,3   | 3,0          | 59,0       | 0,65            | 1000          |
| АИР 63 А2  | 5,8           | 0,37        | 2,5      | 2,7   | 5,5          | 75,0       | 0,86            | 3000          |
| АИР 63 В4  | 6,6           | 0,37        | 2,2      | 2,3   | 4,0          | 69,0       | 0,70            | 1500          |
| АИР 63 В2  | 6,6           | 0,55        | 2,6      | 2,7   | 5,5          | 76,0       | 0,86            | 3000          |
| АИР 71 А6  | 8,1           | 0,37        | 2,3      | 2,3   | 4,5          | 66,0       | 0,66            | 1000          |
| АИР 71 А4  | 8,3           | 0,55        | 2,7      | 2,7   | 5,0          | 75,5       | 0,76            | 1500          |
| АИР 71 В6  | 9,7           | 0,55        | 2,4      | 2,3   | 4,5          | 69,0       | 0,70            | 1000          |
| АИР 71 А2  | 8,6           | 0,75        | 3,3      | 3,2   | 7,0          | 79,0       | 0,80            | 3000          |
| АИР 71 В4  | 9,4           | 0,75        | 2,7      | 2,7   | 5,0          | 76,0       | 0,76            | 1500          |
| АИР 71 В2  | 9,3           | 1,1         | 3,1      | 3,2   | 6,5          | 79,5       | 0,83            | 3000          |
| АИР 80 А8  | 12,1          | 0,37        | 2,0      | 2,3   | 3,5          | 63,5       | 0,59            | 750           |
| АИР 80 В8  | 13,0          | 0,55        | 2,0      | 2,1   | 3,5          | 65,0       | 0,60            | 750           |
| АИР 80 А6  | 12,3          | 0,75        | 2,1      | 2,2   | 4,0          | 71,0       | 0,71            | 1000          |
| АИР 80 А4  | 12,6          | 1,1         | 2,2      | 2,4   | 5,0          | 76,5       | 0,77            | 1500          |
| АИР 80 В6  | 15,3          | 1,1         | 2,2      | 2,3   | 4,5          | 75,0       | 0,74            | 1000          |
| АИР 80 А2  | 12,4          | 1,5         | 2,2      | 2,6   | 6,5          | 82,0       | 0,85            | 3000          |
| АИР 80 В4  | 14,2          | 1,5         | 2,2      | 2,3   | 5,3          | 76,5       | 0,77            | 1500          |
| АИР 80 В2  | 15,0          | 2,2         | 2,1      | 2,6   | 6,4          | 83,0       | 0,87            | 3000          |
| АИР 90 LA8 | 17,7          | 0,75        | 1,5      | 2,0   | 4,0          | 72,5       | 0,71            | 750           |
| АИР 90 LB8 | 20,5          | 1,1         | 1,5      | 2,0   | 4,5          | 76,0       | 0,72            | 750           |
| АИР 90 L6  | 19,0          | 1,5         | 2,0      | 2,3   | 5,0          | 78,5       | 0,72            | 1000          |
| АИР 90 L4  | 18,6          | 2,2         | 2,0      | 2,3   | 6,0          | 81,5       | 0,82            | 1500          |
| АИР 90 L2  | 19,6          | 3,0         | 2,3      | 2,6   | 7,0          | 84,0       | 0,90            | 3000          |
| АИР 100 L6 | 23,3          | 2,2         | 2,3      | 2,4   | 5,5          | 77,0       | 0,74            | 1000          |
| АИР 100 S4 | 21,6          | 3,0         | 1,8      | 2,2   | 6,0          | 80,0       | 0,74            | 3000          |
| АИР 100 S2 | 22,8          | 4,0         | 2,0      | 2,2   | 7,5          | 84,5       | 0,85            | 3000          |
| АИР 100 L2 | 31,5          | 5,5         | 2,4      | 2,7   | 8,0          | 87,0       | 0,89            | 3000          |
| АИР 100 L4 | 31,5          | 4,0         | 2,4      | 2,8   | 6,5          | 84,0       | 0,84            | 1500          |
| АД 112 МА6 | 36,9          | 3,0         | 2,1      | 2,7   | 5,5          | 82,0       | 0,8             | 1000          |
| АД 112 МВ6 | 40,4          | 4,0         | 2,1      | 2,8   | 5,5          | 82,5       | 0,79            | 1000          |
| АД 112 М4  | 43,2          | 5,5         | 2,3      | 3,0   | 6,0          | 86,0       | 0,81            | 1500          |
| АД 112 М2  | 44,2          | 7,5         | 2,5      | 3,4   | 9,0          | 88,0       | 0,9             | 3000          |

Таблиця А.3 - Установочно-приєднувальні розміри асинхронних двигунів серій АИР і АД  
зі способом монтажу IM1081 і IM1082

| Типорозмір | Кількість полюсів | $l_1$ | $l_{10}$ | $l_{17}$ | $l_{30}$ | $l_{31}$ | $l_{33}$ | $b_1$ | $b_{10}$ | $b_{16}$ | $b_{30}$ | $h$ | $h_1$ | $h_5$ | $h_{10}$ | $h_{31}$ | $d_1$ |
|------------|-------------------|-------|----------|----------|----------|----------|----------|-------|----------|----------|----------|-----|-------|-------|----------|----------|-------|
| АИР 63 А,В | 2,4,6             | 30    | 80       | 7        | 226      | 40       | 259      | 5     | 100      | 12       | 137      | 63  | 5     | 16    | 7        | 170      | 14    |
| АИР 71 А,В | 2,4,6             | 40    | 90       | 7        | 270      | 45       | 314      | 6     | 112      | 10       | 163      | 71  | 6     | 21,5  | 8        | 185      | 19    |
| АИР 80 А   | 2,4,6,8           | 50    | 100      | 10       | 296,5    | 50       | 350      | 6     | 125      | 12       | 177      | 80  | 6     | 24,5  | 9        | 204,5    | 22    |
| АИР 80 В   | 2,4,6             | 50    | 100      | 10       | 320,5    | 50       | 374      | 6     | 125      | 12       | 177      | 80  | 6     | 24,5  | 9        | 204,5    | 22    |
| АИР 80 В   | 8                 | 50    | 100      | 10       | 296,5    | 50       | 350      | 6     | 125      | 12       | 177      | 80  | 6     | 24,5  | 9        | 204,5    | 22    |
| АИР 90 L   | 2,4,6             | 50    | 125      | 10       | 337,     | 56       | 390      | 8     | 140      | 12       | 200      | 90  | 7     | 27    | 10       | 224,5    | 24    |
| АИР90 L,ЛВ | 8                 | 50    | 125      | 10       | 337,     | 56       | 390      | 8     | 140      | 12       | 200      | 90  | 7     | 27    | 10       | 224,5    | 24    |
| АИР100 S   | 2,4               | 60    | 140      | 12       | 390      | 63       | 455      | 8     | 160      | 16       | 227      | 100 | 7     | 31    | 12       | 242      | 28    |
| АИР100 L   | 2,4,6             | 60    | 140      | 12       | 390      | 63       | 455      | 8     | 160      | 16       | 227      | 100 | 7     | 31    | 12       | 242      | 28    |
| АД 112 М   | 2,4,6             | 80    | 140      | 12       | 470      | 70       | 555      | 10    | 190      | 16       | 245      | 112 | 8     | 35    | 12       | 265      | 32    |

Таблиця А.4 – Параметри трифазних асинхронних двигунів з короткозамкненим ротором по ГОСТ Р 51689

| h, мм                     | P <sub>N</sub> , кВт | Тип      | n <sub>N</sub> , об/хв | η, % |      | cosφ при навантаженні, % |      | I <sub>N</sub> , А при 380 В | k <sub>Г1</sub> | k <sub>М1</sub> | k <sub>М</sub> | J <sub>дин</sub> , кг·м <sup>2</sup> | m <sub>AM</sub> <sup>2)</sup> , кг |      |
|---------------------------|----------------------|----------|------------------------|------|------|--------------------------|------|------------------------------|-----------------|-----------------|----------------|--------------------------------------|------------------------------------|------|
|                           |                      |          |                        | 75   | 100  | 75                       | 100  |                              |                 |                 |                |                                      | Al                                 | Iron |
| 3000 об/хв ( 2 полюса )   |                      |          |                        |      |      |                          |      |                              |                 |                 |                |                                      |                                    |      |
| 71                        | 0.75                 | A71A2    | 2781                   | 74.0 | 73.7 | 0.83                     | 0.74 | 1.9                          | 5.3             | 2.5             | 2.7            | 0.0006                               | 8.7                                | -    |
| 71                        | 1.1                  | A71B2    | 2800                   | 77.0 | 77.5 | 0.86                     | 0.78 | 2.5                          | 5.2             | 2.6             | 2.8            | 0.0008                               | 10.5                               | -    |
| 80                        | 1.5                  | A80A2    | 2835                   | 79.0 | 80.2 | 0.87                     | 0.82 | 3.3                          | 6.5             | 2.8             | 3.0            | 0.0015                               | 13                                 | -    |
| 80                        | 2.2                  | A80B2    | 2820                   | 82.0 | 82.8 | 0.87                     | 0.82 | 4.6                          | 6.5             | 3.2             | 3.4            | 0.0018                               | 15                                 | -    |
| 90                        | 3.0 <sup>1)</sup>    | A90L2    | 2805                   | 82.0 | 82.6 | 0.86                     | 0.79 | 6.5                          | 6.5             | 3.1             | 3.2            | 0.0022                               | 17                                 | -    |
| 100                       | 4.0 <sup>1)</sup>    | A100S2   | 2805                   | 83.0 | 83.2 | 0.84                     | 0.82 | 8.8                          | 6.8             | 3.6             | 3.6            | 0.0028                               | 22                                 | -    |
| 100                       | 5.5                  | A100L2   | 2870                   | 87.0 | 88.3 | 0.87                     | 0.84 | 11                           | 7.0             | 2.5             | 3.4            | 0.0080                               | 31                                 | -    |
| 112                       | 7.5                  | A112M2   | 2886                   | 88.0 | 88.3 | 0.88                     | 0.84 | 14.7                         | 7.2             | 2.5             | 3.4            | 0.0070                               | 38                                 | 51   |
| 132                       | 11.0 <sup>1)</sup>   | A132M2   | 2868                   | 88.0 | 87.1 | 0.88                     | 0.84 | 22                           | 7.5             | 2.8             | 3.5            | 0.0195                               | 55                                 | 78   |
| 160                       | 15.0                 | AIP160S2 | 2940                   | 89.0 | 88.9 | 0.86                     | 0.82 | 30                           | 7.5             | 2.0             | 3.2            | 0.0500                               | 92                                 | 116  |
| 160                       | 18.5                 | AIP160M2 | 2940                   | 90.0 | 90.2 | 0.87                     | 0.83 | 35                           | 7.5             | 2.0             | 3.2            | 0.0550                               | 105                                | 125  |
| 1500 об / хв ( 4 полюса ) |                      |          |                        |      |      |                          |      |                              |                 |                 |                |                                      |                                    |      |
| 71                        | 0.55                 | A71A4    | 1410                   | 71.0 | 65.7 | 0.78                     | 0.65 | 1.5                          | 4.0             | 2.0             | 2.2            | 0.0012                               | 8.5                                | -    |
| 71                        | 0.75                 | A71B4    | 1406                   | 75.0 | 74.1 | 0.79                     | 0.67 | 2.2                          | 4.5             | 2.3             | 2.5            | 0.0016                               | 10                                 | -    |
| 80                        | 1.1                  | A80A4    | 1420                   | 77.0 | 76.6 | 0.80                     | 0.71 | 2.7                          | 5.5             | 2.3             | 2.6            | 0.0034                               | 14                                 | -    |
| 80                        | 1.5                  | A80B4    | 1420                   | 78.5 | 79.1 | 0.80                     | 0.71 | 3.6                          | 5.5             | 2.3             | 2.8            | 0.0042                               | 16                                 | -    |
| 90                        | 2.2                  | A90L4    | 1388                   | 79.0 | 80.8 | 0.83                     | 0.73 | 5.2                          | 5.0             | 2.2             | 2.6            | 0.0056                               | 18.5                               | -    |
| 100                       | 3.0 <sup>1)</sup>    | A100S4   | 1395                   | 79.0 | 79.6 | 0.80                     | 0.70 | 7.3                          | 5.5             | 2.7             | 3.0            | 0.0082                               | 21                                 | -    |
| 100                       | 4.0                  | A100L4   | 1425                   | 84.2 | 85.9 | 0.82                     | 0.77 | 8.8                          | 6.0             | 2.5             | 3.0            | 0.0101                               | 30                                 | -    |
| 112                       | 5.5                  | A112M4   | 1450                   | 86.0 | 86.8 | 0.83                     | 0.78 | 12.1                         | 6.6             | 2.7             | 3.4            | 0.0130                               | 38                                 | 51   |
| 132                       | 7.5                  | A132S4   | 1455                   | 88.0 | 88.9 | 0.83                     | 0.77 | 15.6                         | 7.0             | 2.8             | 3.2            | 0.0260                               | 52                                 | 75   |

Продовження таблиці А.4

| h,<br>мм                 | P <sub>л</sub> ,<br>кВт | Тип       | n <sub>л</sub> ,<br>об/хв | η, %<br>при навантаженні,<br>% |      | cos φ<br>при<br>навантаженні, % |      | I, А<br>при<br>380 В | k <sub>л1</sub> | k <sub>лП</sub> | k <sub>л</sub> | J <sub>дв</sub> ,<br>кг·м <sup>2</sup> | m <sub>дв</sub> <sup>2)</sup> , кг<br>ІМ1001 |      |
|--------------------------|-------------------------|-----------|---------------------------|--------------------------------|------|---------------------------------|------|----------------------|-----------------|-----------------|----------------|--|--|------|
|                          |                         |           |                           | 75                             | 100  | 75                              | 100  |                      |                 |                 |                |  | Al   | Іron |
| 132                      | 11.0 <sup>1)</sup>      | А132М4    | 1440                      | 88.0                           | 88.7 | 0.84                            | 0.79 | 23                   | 7.5             | 2.8             | 3.3            | 0.0321                                 | 62   | 87   |
| 160                      | 15.0                    | АІР160S4  | 1460                      | 89.0                           | 89.7 | 0.87                            | 0.83 | 29                   | 7.0             | 1.9             | 2.9            | 0.0600                                 | 98   | 120  |
| 160                      | 18.5 <sup>1)</sup>      | АІР160М4  | 1460                      | 90.0                           | 90.9 | 0.89                            | 0.87 | 35                   | 7.0             | 1.9             | 2.9            | 0.0650                                 | 112  | 142  |
| 1000 об/хв ( 6 полюсів ) |                         |           |                           |                                |      |                                 |      |                      |                 |                 |                |  |  |      |
| 80                       | 0.75                    | А80А6     | 930                       | 71.0                           | 72.9 | 0.70                            | 0.61 | 2.3                  | 4.0             | 2.0             | 2.4            | 0.0040                                 | 14   | -    |
| 80                       | 1.1                     | А80В6     | 930                       | 73.5                           | 75.7 | 0.72                            | 0.65 | 3.2                  | 4.0             | 2.0             | 2.4            | 0.0049                                 | 16   | -    |
| 90                       | 1.5 <sup>1)</sup>       | А90L6     | 920                       | 75.0                           | 78.0 | 0.73                            | 0.66 | 4.0                  | 4.5             | 2.4             | 2.5            | 0.0057                                 | 19   | -    |
| 100                      | 2.2                     | А100L6    | 940                       | 80.0                           | 79.8 | 0.72                            | 0.62 | 5.8                  | 4.3             | 2.0             | 2.2            | 0.0102                                 | 30   | -    |
| 112                      | 3.0                     | А112МА6   | 960                       | 83.0                           | 83.3 | 0.79                            | 0.70 | 7                    | 5.9             | 2.2             | 2.6            | 0.0309                                 | 41   | 59   |
| 112                      | 4.0                     | А112МВ6   | 960                       | 84.0                           | 85.0 | 0.80                            | 0.74 | 9                    | 6.0             | 2.2             | 2.6            | 0.0415                                 | 50   | 68   |
| 132                      | 5.5                     | А132S6    | 950                       | 84.0                           | 85.0 | 0.82                            | 0.74 | 12                   | 5.5             | 2.2             | 2.5            | 0.0482                                 | 56   | 79   |
| 132                      | 7.5 <sup>1)</sup>       | А132М6    | 960                       | 84.5                           | 85.0 | 0.77                            | 0.69 | 18                   | 6.5             | 2.8             | 3.1            | 0.0596                                 | 67   | 92   |
| 160                      | 11.0 <sup>1)</sup>      | АІР160S6  | 970                       | 87.0                           | 87.8 | 0.82                            | 0.75 | 23                   | 6.5             | 1.9             | 2.9            | 0.123                                  | 93   | 125  |
| 160                      | 15.0 <sup>1)</sup>      | АІР160М6  | 970                       | 89.0                           | 89.5 | 0.82                            | 0.75 | 31                   | 7.0             | 2.3             | 3.0            | 0.151                                  | 125  | 145  |
| 750 об/хв ( 8 полюсів )  |                         |           |                           |                                |      |                                 |      |                      |                 |                 |                |  |  |      |
| 160                      | 7.5                     | АІР160S8  | 730                       | 85.0                           | 85.4 | 0.73                            | 0.65 | 18                   | 5.5             | 1.6             | 2.4            | 0.0800                                 | 93   | 125  |
| 160                      | 11.0 <sup>1)</sup>      | АІР160М8  | 730                       | 87.0                           | 87.5 | 0.75                            | 0.68 | 26                   | 5.5             | 1.7             | 2.4            | 0.0850                                 | 120  | 150  |
| 500 об/хв (12 полюсів )  |                         |           |                           |                                |      |                                 |      |                      |                 |                 |                |  |  |      |
| 160                      | 5.5                     | АІР160М12 | 480                       | 80.5                           | -    | 0.60                            | -    | 17                   | 3.7             | 1.4             | 2.1            | 0.090                                  | -  | 155  |
| 375 об/хв (16 полюсів )  |                         |           |                           |                                |      |                                 |      |                      |                 |                 |                |  |  |      |
| 160                      | 4.0                     | АІР160М16 | 350                       | 72.0                           | -    | 0.48                            | -    | 17.6                 | 2.5             | 1.1             | 1.8            | 0.090                                  | -  | 155  |

<sup>1)</sup> Перевищення температури за класом F. <sup>2)</sup> Маса надана для двигунів в алюмінієвому (АІ) і чавунному (Іron) корпусі



Таблиця А.5 - Прив'язка потужностей асинхронних двигунів до установочно-проектувальних розмірів за ГОСТ Р 51689 (А) (розміри в мм)

| Тип      | Кількість полюсів | $l_{30}$ | $l_{33}$ | $h_{33}$ | $d_{30}$ | $l_1$ | $l_2$ | $l_{10}$ | $l_{11}$ | $l_{31}$ | $d_1$ | $d_2$ | $d_{10}$ | $b_1$ | $b_2$ | $b_{10}$ | $b_{11}$ | $b_{31}$ | $h$ | $h_5$ | $h_6$ | $h_{10}$ |
|----------|-------------------|----------|----------|----------|----------|-------|-------|----------|----------|----------|-------|-------|----------|-------|-------|----------|----------|----------|-----|-------|-------|----------|
| А71А     | 2,4               | 271      | 302      | 188      | 150      | 40    | 30    | 90       | 112      | 45       | 19    | 11    | 7        | 6     | 4     | 112      | 138      | 75       | 71  | 21,5  | 12,5  | 7        |
| А71В     | 2                 | 291      | 322      | 188      | 150      | 40    | 30    | 90       | 112      | 45       | 19    | 11    | 7        | 6     | 4     | 112      | 138      | 75       | 71  | 21,5  | 12,5  | 7        |
| А71В     | 4                 | 271      | 302      | 188      | 150      | 40    | 30    | 90       | 112      | 45       | 19    | 11    | 7        | 6     | 4     | 112      | 138      | 75       | 71  | 21,5  | 12,5  | 7        |
| А80А     | 2,4,6             | 300      | 342      | 207      | 175      | 50    | 40    | 100      | 130      | 50       | 22    | 19    | 10       | 6     | 6     | 125      | 160      | 75       | 80  | 24,5  | 21,5  | 8        |
| А80В     | 2,4,6             | 320      | 362      | 207      | 175      | 50    | 40    | 100      | 130      | 50       | 22    | 19    | 10       | 6     | 6     | 125      | 160      | 75       | 80  | 24,5  | 21,5  | 8        |
| А90L     | 2,4,6             | 350      | 392      | 217      | 175      | 50    | 40    | 125      | 155      | 56       | 24    | 19    | 10       | 8     | 6     | 140      | 174      | 75       | 90  | 27,0  | 21,5  | 10       |
| А100S    | 2,4               | 376      | 418      | 227      | 175      | 60    | 40    | 112      | 148      | 63       | 28    | 19    | 12       | 8     | 6     | 160      | 196      | 75       | 100 | 31,0  | 21,5  | 12       |
| А100L    | 2,4,6             | 420      | 473      | 277      | 218      | 60    | 50    | 140      | 176      | 63       | 28    | 24    | 12       | 8     | 8     | 160      | 200      | 83       | 100 | 31,0  | 27,0  | 9        |
| А112M    | 2,4               | 475      | 528      | 297      | 218      | 80    | 50    | 140      | 244      | 70       | 32    | 24    | 12       | 10    | 8     | 190      | 230      | 83       | 112 | 35,0  | 27,0  | 12       |
| А112M    | 6                 | 475      | 540      | 310      | 255      | 80    | 60    | 140      | 178      | 70       | 32    | 28    | 12       | 10    | 8     | 190      | 230      | 83       | 112 | 35,0  | 31,0  | 11       |
| А112M    | 6                 | 505      | 570      | 310      | 255      | 80    | 60    | 140      | 178      | 70       | 32    | 28    | 12       | 10    | 8     | 190      | 230      | 83       | 112 | 35,0  | 31,0  | 11       |
| А132S    | 4,6               | 505      | 570      | 330      | 255      | 80    | 60    | 140      | 184      | 89       | 38    | 28    | 12       | 10    | 8     | 216      | 260      | 83       | 132 | 41,0  | 31,0  | 13       |
| А132M    | 2                 | 505      | 570      | 330      | 255      | 80    | 60    | 178      | 222      | 89       | 38    | 28    | 12       | 10    | 8     | 216      | 260      | 83       | 132 | 41,0  | 31,0  | 13       |
| А132M    | 4,6               | 545      | 610      | 330      | 255      | 80    | 60    | 178      | 222      | 89       | 38    | 28    | 12       | 10    | 8     | 216      | 260      | 83       | 132 | 41,0  | 31,0  | 13       |
| АІР160SE | 4,6,8             | 735      | -        | 415      | 350      | 110   | -     | 178      | 218      | 108      | 48    | -     | 15       | 14    | -     | 254      | 304      | 160      | 160 | 51,5  | -     | 18       |
| АІР160ME | 4,6,8             | 775      | -        | 415      | 350      | 110   | -     | 210      | 250      | 108      | 48    | -     | 15       | 14    | -     | 254      | 304      | 160      | 160 | 51,5  | -     | 18       |
| 4АК160S  | 4,6,8             | 843      | -        | 430      | 358      | 110   | -     | 178      | 250      | 108      | 48    | -     | 15       | 14    | -     | 254      | 304      | 160      | 160 | 51,5  | -     | 18       |
| 4АК160M  | 4,6,8             | 886      | -        | 430      | 358      | 110   | -     | 210      | 294      | 108      | 48    | -     | 15       | 14    | -     | 254      | 304      | 160      | 160 | 51,5  | -     | 18       |
| АІР160S  | 2                 | 605      | 720      | 405      | 350      | 110   | 110   | 178      | 218      | 108      | 42    | 42    | 15       | 12    | 12    | 254      | 300      | 160      | 160 | 45,0  | 45,0  | 20       |
| АІР160S  | 4,6,8             | 605      | 720      | 405      | 350      | 110   | 110   | 178      | 218      | 108      | 48    | 42    | 15       | 14    | 12    | 254      | 300      | 160      | 160 | 51,5  | 45,0  | 20       |
| АІР160M  | 2                 | 645      | 760      | 405      | 350      | 110   | 110   | 210      | 250      | 108      | 42    | 42    | 15       | 12    | 12    | 254      | 300      | 160      | 160 | 45,0  | 45,0  | 20       |
| АІР160M  | 4,6,8,12,16       | 645      | 760      | 405      | 350      | 110   | 110   | 210      | 250      | 108      | 48    | 42    | 15       | 14    | 12    | 254      | 300      | 160      | 160 | 51,5  | 45,0  | 20       |

Таблиця А.6 – Технічні дані двигунів 4А (ІР44)

| Типорозмір<br>двигуна                         | $P$ ,<br>кВт | $B_{\delta}$ ,<br>Тл | $A$ ,<br>А/см | $j$ ,<br>А/мм <sup>2</sup> | ККД,<br>% | $\cos \varphi$ | $X_m$ | $R'_1$ | $X'_1$ | $R''_2$ | $X''_2$ |
|---|--------------|----------------------|---------------|----------------------------|-----------|----------------|-------|--------|--------|---------|---------|
| <i>Синхронна частота обертання 3000 об/хв</i> |              |                      |               |                            |           |                |       |        |        |         |         |
| 4А71В2У3                                      | 1,1          | 0,72                 | 200           | 8,5                        | 77,5      | 0,87           | 2,8   | 0,13   | 0,054  | 0,069   | 0,084   |
| 4А80А2У3                                      | 1,5          | 0,72                 | 194           | 6,1                        | 81,0      | 0,83           | 2,5   | 0,084  | 0,051  | 0,049   | 0,081   |
| 4А80В2У3                                      | 2,2          | 0,73                 | 218           | 6,5                        | 83,0      | 0,87           | 2,7   | 0,076  | 0,060  | 0,049   | 0,087   |
| 4А100L2У3                                     | 5,5          | 0,68                 | 247           | 5,6                        | 87,5      | 0,91           | 3,8   | 0,050  | 0,054  | 0,036   | 0,11    |
| 4А132М2У3                                     | 11,0         | 0,71                 | 248           | 5,9                        | 88,0      | 0,90           | 4,2   | 0,040  | 0,061  | 0,025   | 0,12    |
| 4А160S2У3                                     | 15,0         | 0,72                 | 335           | 6,3                        | 88,0      | 0,91           | 4,0   | 0,052  | 0,092  | 0,022   | 0,12.   |
| 4А160М2У3                                     | 18,5         | 0,70                 | 355           | 6,5                        | 88,5      | 0,92           | 4,5   | 0,049  | 0,092  | 0,022   | 0,12    |
| 4А180S2У3                                     | 22,0         | 0,78                 | 387           | 5,6                        | 88,5      | 0,91           | 3,6   | 0,035  | 0,091  | 0,020   | 0,11    |
| 4А180М2У3                                     | 30,0         | 0,79                 | 366           | 5,2                        | 90,5      | 0,90           | 3,8   | 0,033  | 0,073  | 0,018   | 0,11    |
| 4А200М2У3                                     | 37,0         | 0,82                 | 403           | 4,8                        | 90,0      | 0,89           | 4,1   | 0,029  | 0,094  | 0,021   | 0,12    |
| 4А200L2У3                                     | 45,0         | 0,79                 | 407           | 4,9                        | 91,0      | 0,90           | 4,9   | 0,027  | 0,088  | 0,020   | 0,13    |
| 4А225М2У3                                     | 55,0         | 0,74                 | 405           | 5,0                        | 91,0      | 0,92           | 5,6   | 0,026  | 0,092  | 0,019   | 0,12    |
| 4А250S2У3                                     | 75,0         | 0,77                 | 409           | 4,4                        | 91,0      | 0,89           | 4,8   | 0,021  | 0,080  | 0,015   | 0,13    |
| 4А250М2У3                                     | 90,0         | 0,76                 | 419           | 4,0                        | 92,0      | 0,90           | 5,2   | 0,026  | 0,078  | 0,016   | 0,13    |
| 4А280S2У3                                     | 110          | 0,79                 | 457           | 3,3                        | 91,0      | 0,89           | 3,8   | 0,017  | 0,097  | 0,013   | 0,10    |
| 4А280М2У3                                     | 132          | 0,77                 | 474           | 3,6                        | 91,5      | 0,89           | 4,2   | 0,017  | 0,095  | 0,013   | 0,10    |

Таблиця А.7 – Технічні дані двигунів 4А (ІР44)

| Типорозмір<br>двигуна                         | $P$ ,<br>кВт | $B_{\delta}$ ,<br>Тл | $A$ ,<br>А/см | $j$ ,<br>А/мм <sup>2</sup> | ККД,<br>% | $\cos \varphi$ | $X_m$ | $R'_1$ | $X'_1$ | $R''_2$ | $X''_2$ |
|---|--------------|----------------------|---------------|----------------------------|-----------|----------------|-------|--------|--------|---------|---------|
| <i>Синхронна частота обертання 1500 об/хв</i> |              |                      |               |                            |           |                |       |        |        |         |         |
| 4А90L4У3                                      | 2,2          | 0,88                 | 233           | 7,6                        | 83,0      | 0,83           | 2,1   | 0,098  | 0,076  | 0,06    | 0,13    |
| 4А112М4У3                                     | 5,5          | 0,85                 | 248           | 7,1                        | 85,5      | 0,85           | 2,8   | 0,034  | 0,078  | 0,041   | 0,13    |
| 4А132М4У3                                     | 11,0         | 0,89                 | 264           | 6,1                        | 87,5      | 0,87           | 3,2   | 0,043  | 0,085  | 0,032   | 0,13    |
| 4А160S4У3                                     | 15,0         | 0,72                 | 314           | 5,7                        | 88,5      | 0,88           | 4,0   | 0,047  | 0,086  | 0,025   | 0,13    |
| 4А160М4У3                                     | 18,5         | 0,69                 | 310           | 5,5                        | 89,5      | 0,88           | 4,3   | 0,042  | 0,085  | 0,024   | 0,13    |
| 4А180S4У3                                     | 22,0         | 0,74                 | 333           | 5,4                        | 90,0      | 0,90           | 4,0   | 0,041  | 0,080  | 0,021   | 0,12    |
| 4А180М4У3                                     | 30,0         | 0,79                 | 335           | 5,5                        | 91,0      | 0,89           | 3,9   | 0,034  | 0,088  | 0,018   | 0,12    |
| 4А200М4У3                                     | 37,0         | 0,76                 | 368           | 5,9                        | 91,0      | 0,90           | 4,4   | 0,039  | 0,086  | 0,018   | 0,14    |
| 4А200L4У3                                     | 45,0         | 0,73                 | 382           | 5,6                        | 92,0      | 0,90           | 4,6   | 0,034  | 0,082  | 0,017   | 0,14    |
| 4А225М4У3                                     | 55,0         | 0,76                 | 370           | 5,3                        | 92,5      | 0,90           | 4,2   | 0,027  | 0,086  | 0,015   | 0,14    |
| 4А250S4У3                                     | 75,0         | 0,74                 | 334           | 4,3                        | 93,0      | 0,90           | 4,4   | 0,025  | 0,089  | 0,014   | 0,11    |
| 4А250М4У3                                     | 90,0         | 0,70                 | 413           | 4,4                        | 93,0      | 0,91           | 5,0   | 0,024  | 0,093  | 0,014   | 0,12    |
| 4А280S4У3                                     | 110          | 0,75                 | 446           | 3,8                        | 92,5      | 0,90           | 4,9   | 0,023  | 0,122  | 0,019   | 0,16    |
| 4А280М4У3                                     | 132          | 0,79                 | 473           | 3,9                        | 93,0      | 0,93           | 4,5   | 0,021  | 0,115  | 0,018   | 0,15    |

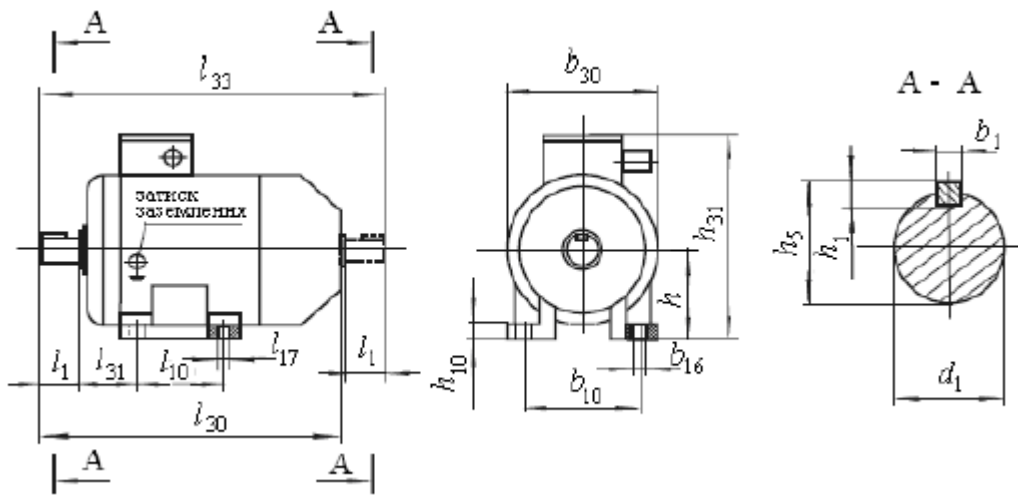


Рисунок А.1 – Позначення габаритних, установчих і приєднавчих розмірів асинхронних двигунів серій АИР і АД зі способом монтажу ІМ1081 і ІМ1082

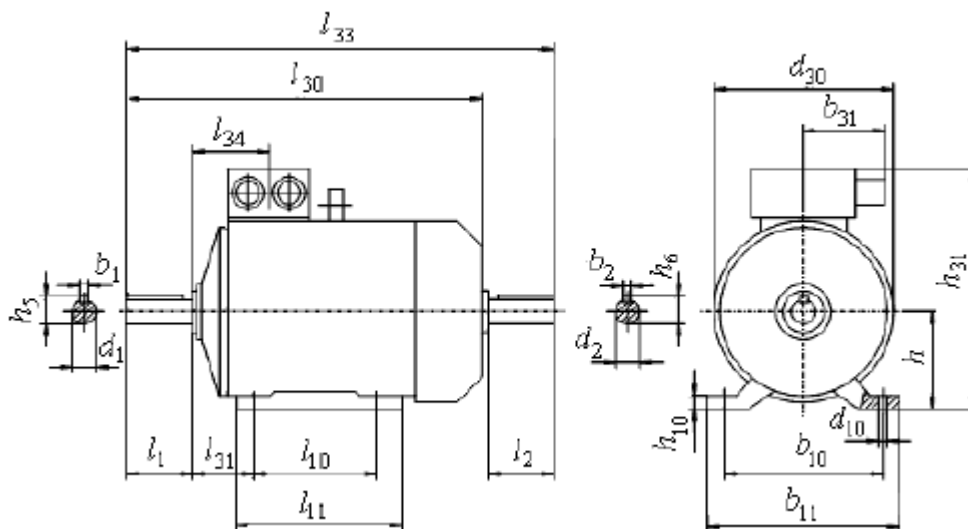


Рисунок А.2 – Позначення габаритних, установчих і приєднавчих розмірів асинхронних двигунів ELDIN

## ДОДАТОК Б

Таблиця Б.1 – Вибір висоти осі обертання вала двигуна

| $h$ , мм | $n_s$ , об/хв. |            |            |            |
|----------|----------------|------------|------------|------------|
|          | 3000           | 1500       | 1000       | 750        |
|          | $P_N$ , кВт    |            |            |            |
| 56       | 0,18; 0,25     | 0,12; 0,18 | -          | -          |
| 63       | 0,37; 0,55     | 0,25; 0,37 | 0,18; 0,25 | -          |
| 71       | 0,75; 1,1      | 0,55; 0,75 | 0,37; 0,55 | 0,25       |
| 80       | 1,5; 2,2       | 1,1; 1,5   | 0,75; 1,1  | 0,37; 0,55 |
| 90       | 3              | 2,2        | 1,5        | 0,75       |
| 100      | 4; 5,5         | 3; 4       | 2,2        | 1,5        |
| 112      | 7,5            | 5,5        | 3; 4       | 2,2; 3     |
| 132      | 11             | 7,5; 11    | 5,5; 7,5   | 4; 5,5     |
| 160      | 15; 18,5       | 15; 18,5   | 11; 15     | 7,5; 11    |

Таблиця Б.2 – Вибір зовнішнього діаметра статора

|               |    |     |     |     |     |     |     |     |     |
|---------------|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| $h$ , мм      | 56 | 63  | 71  | 80  | 90  | 100 | 112 | 132 | 160 |
| $d_{se}$ , мм | 89 | 100 | 116 | 131 | 149 | 168 | 191 | 225 | 272 |

Таблиця Б.3 – Коефіцієнт для визначення внутрішнього діаметра статора

|          |           |           |          |           |
|----------|-----------|-----------|----------|-----------|
| $2p$     | 2         | 4         | 6        | 8–12      |
| $k_{ds}$ | 0,52–0,57 | 0,64–0,68 | 0,7–0,72 | 0,74–0,77 |

## ДОДАТОК В

Таблиця В.1 – Вибір кількості пазів статора на полюс і фазу

| $h$ , мм | 50–132 |      |      |        | 160 |   |   |   |
|----------|--------|------|------|--------|-----|---|---|---|
| $2p$     | 2      | 4    | 6    | 8      | 2   | 4 | 6 | 8 |
| $q_s$    | 3; 4   | 2; 3 | 2; 3 | 1,5; 2 | 5   | 3 | 3 | 2 |

Таблиця В.2 – Рекомендоване значення магнітної індукції в спинці статора

| $2p$          | 2         | 4         | 6       | 8       |
|---------------|-----------|-----------|---------|---------|
| $B_{ys}$ , Тл | 1,55-1,75 | 1,55-1,75 | 1,4-1,6 | 1,1-1,3 |

Таблиця В.3 – Середня однобічна товщина корпусної ізоляції

| $h$ , мм               | 50–80 | 90–132 | 160–180 |
|------------------------|-------|--------|---------|
| $b_{is\ \hat{r}}$ , мм | 0,2   | 0,25   | 0,4     |

Таблиця В.4 – Діаметри і площі поперечного перерізу мідних проводів марки ПЭТ-155 (ГОСТ 21428)

| Діаметр ізолюваного проводу, мм | Діаметр неізолюваного проводу, мм | Площа поперечного перерізу неізолюваного проводу, мм <sup>2</sup> | Діаметр ізолюваного проводу, мм | Діаметр неізолюваного проводу, мм | Площа поперечного перерізу неізолюваного проводу, мм <sup>2</sup> |
|---------------------------------|-----------------------------------|---|---------------------------------|-----------------------------------|---|
| 0,080                           | 0,06                              | 0,00283   | 0,530                           | 0,49                              | 0,1886  |
| 0,090                           | 0,07                              | 0,00385   | 0,565                           | 0,51                              | 0,204   |
| 0,100                           | 0,08                              | 0,00503   | 0,585                           | 0,53                              | 0,221   |
| 0,110                           | 0,09                              | 0,00686   | 0,605                           | 0,55                              | 0,238   |
| 0,122                           | 0,10                              | 0,00785   | 0,625                           | 0,57                              | 0,255   |
| 0,132                           | 0,11                              | 0,00950   | 0,645                           | 0,59                              | 0,273   |
| 0,142                           | 0,12                              | 0,01131   | 0,675                           | 0,62                              | 0,302   |
| 0,152                           | 0,13                              | 0,01327   | 0,700                           | 0,64                              | 0,322   |
| 0,162                           | 0,14                              | 0,01539   | 0,730                           | 0,67                              | 0,353   |
| 0,180                           | 0,15                              | 0,01767   | 0,750                           | 0,69                              | 0,374   |
| 0,190                           | 0,16                              | 0,0201  | 0,780                           | 0,72                              | 0,407   |
| 0,200                           | 0,17                              | 0,0227  | 0,805                           | 0,74                              | 0,430   |
| 0,210                           | 0,18                              | 0,0255  | 0,835                           | 0,77                              | 0,466   |
| 0,220                           | 0,19                              | 0,0284  | 0,865                           | 0,80                              | 0,503   |
| 0,230                           | 0,20                              | 0,0314  | 0,895                           | 0,83                              | 0,541   |
| 0,240                           | 0,21                              | 0,0346  | 0,925                           | 0,86                              | 0,581   |
| 0,265                           | 0,23                              | 0,0415  | 0,965                           | 0,90                              | 0,636   |
| 0,285                           | 0,25                              | 0,0491  | 0,995                           | 0,93                              | 0,679   |
| 0,305                           | 0,27                              | 0,0573  | 1,025                           | 0,96                              | 0,724   |
| 0,325                           | 0,29                              | 0,0661  | 1,080                           | 1,00                              | 0,785   |
| 0,345                           | 0,31                              | 0,0755  | 1,120                           | 1,04                              | 0,849   |
| 0,365                           | 0,33                              | 0,0855  | 1,160                           | 1,08                              | 0,916   |
| 0,390                           | 0,35                              | 0,0962  | 1,200                           | 1,12                              | 0,985   |
| 0,420                           | 0,38                              | 0,1134  | 1,240                           | 1,16                              | 1,057   |
| 0,450                           | 0,41                              | 0,1320  | 1,280                           | 1,2                               | 1,131   |
| 0,480                           | 0,44                              | 0,1521  | 1,330                           | 1,25                              | 1,227   |
| 0,510                           | 0,47                              | 0,1735  | 1,385                           | 1,3                               | 1,327   |

## ДОДАТОК Г

Таблиця Г.1 – Рекомендовані значення повітряного проміжку

| Висота осі<br>обертання $h$ , мм | Довжина повітряного проміжку $\delta$ , мм |        |        |        |
|----------------------------------|--|--------|--------|--------|
|                                  | $2p=2$                                     | $2p=4$ | $2p=6$ | $2p=8$ |
| 56                               | 0,25                                       | 0,25   | -      | -      |
| 63                               | 0,30                                       | 0,25   | 0,25   | -      |
| 71                               | 0,35                                       | 0,25   | 0,25   | 0,25   |
| 80                               | 0,35                                       | 0,25   | 0,25   | 0,25   |
| 90                               | 0,40                                       | 0,25   | 0,25   | 0,25   |
| 100                              | 0,45                                       | 0,30   | 0,30   | 0,30   |
| 112                              | 0,50                                       | 0,30   | 0,30   | 0,30   |
| 132                              | 0,60                                       | 0,35   | 0,35   | 0,35   |
| 160                              | 0,80                                       | 0,50   | 0,40   | 0,40   |

Таблиця Г.2 – Рекомендована кількість пазів ротора з короткозамкненою обмоткою

| $2p$  | Кількість пазів статора | Кількість пазів ротора  |  |
|---|-------------------------|-------------------------|--|
|   |                         | Пази без скосу          | Пази зі скосом                                     |
| 2   | 12                      | 9*, 15*                 | -  |
|   | 18                      | 11*, 12*, 15*, 21*, 22* | 14*, (18), 19*, 22*, 26, 28*, (30), 31, 33, 34, 35 |
|   | 24                      | 15*, (16*), 17*, 19, 32 | 18, 20, 26, 31, 33, 34, 35                         |
|   | 30                      | 22, 38                  | (18), 20, 21, 23, 24, 37, 39, 40                   |
|   | 36                      | 26, 28, 44, 46          | 25, 27, 29, 43, 45, 47                             |
|   | 42                      | 32, 33, 34, 50, 52      | -  |
|   | 48                      | 38, 40, 56, 58          | 37, 39, 41, 55, 57, 59                             |
| 4   | 12                      | 9*                      | 15*  |
|   | 18                      | 10*, 14*                | 18*, 22*   |
|   | 24                      | 15*, 16*, 17, (32)      | 16, 18, (20), 30, 33, 34, 35, 36                   |
|   | 36                      | 26, 44, 46              | (24), 27, 28, 30, (32), 34, 45, 48                 |
|   | 42                      | (34), (50), 52, 54      | (33), 34, (38), (51), 53                           |
|   | 48                      | 34, 38, 56, 58, 62, 64  | (36), (38), (39), 40, (44), 51, 59                 |
|   | 60                      | 50, 52, 68, 70, 74      | 48, 49, 51, 55, 56, 64, 69, 71                     |
| 6   | 36                      | 26, 46 (48)             | 28*, 33, 47, 49, 50                                |
|   | 54                      | 44, 64, 66, 68          | 42, 43, 51, 65, 67                                 |
| 8   | 48                      | (34), 36, 44, 62, 64    | 35, 44, 61, 63, 65                                 |
| <p>1. Зірочкою відмічені кількості пазів, вживані в основному в машинах малої потужності: з технологічних міркувань в них звичайно <math>Q_r &lt; Q_s</math>.</p> <p>2. У дужках приведені кількості пазів, при яких можливе підвищення вібрації двигуна.</p> |                         |                         |  |

Таблиця Г.3 – Рекомендовані співвідношення кількості пазів статора і кількості пазів ротора

| Висота осі<br>обертання $h$ , мм | Співвідношення $Q_s/Q_r$ при кількості полюсів |        |        |        |
|----------------------------------|--|--------|--------|--------|
|                                  | $2p=2$   | $2p=4$ | $2p=6$ | $2p=8$ |
| 50–63                            | 24/19  | 24/18  | 36/28  | -      |
| 71                               | 24/19  | 24/18  | 36/28  | -      |
| 80–100                           | 24/19  | 36/28  | 36/28  | 36/28  |
| 112–132                          | 24/19  | 36/34  | 54/51  | 48/44  |
| 160                              | 36/28  | 48/38  | 54/51  | 48/44  |

Таблиця Г.4 – Діаметри основних уступів вала

|            |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
|------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| $d$ , мм   | 7  | 9  | 11 | 14 | 16 | 19 | 24 | 28 | 32 | 38 | 42 | 48 | 55 |
| $d_b$ , мм | 8  | 10 | 12 | 15 | 17 | 20 | 25 | 30 | 35 | 40 | 45 | 50 | 60 |
| $d_c$ , мм | 12 | 15 | 17 | 20 | 22 | 26 | 32 | 37 | 44 | 49 | 54 | 60 | 72 |

Таблиця Г.5 – Рекомендована магнітна індукція в зубцях ротора для двигунів із ступенем захисту IP44

| Висота осі обертання<br>$h$ , мм | Кількість полюсів<br>$2p$ | Магнітна індукція<br>в зубцях ротора $B_{gr}$ , Тл |
|----------------------------------|---------------------------|--|
| 50–132                           | 2; 4; 6; 8                | 1,60–1,80  |
| 160–250                          | 2                         | 1,75–1,95  |
|                                  | 4; 6; 8                   | 1,70–1,90  |



## ДОДАТОК Д

Таблиця Д.1 – Листова електротехнічна сталь марок 1211, 1212, 1311 (слабко-і середньолегована)

| В, Тл | 0       | 0,01   | 0,02    | 0,03   | 0,04   | 0,05   | 0,06   | 0,07   | 0,08   | 0,09   |
|-------|---------|--------|---------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
|       | H, А/м  |        |         |        |        |        |        |        |        |        |
| 0,4   | 140     | 143    | 146     | 149    | 152    | 153    | 158    | 161    | 164    | 167    |
| 0,5   | 171     | 175    | 179     | 183    | 187    | 191    | 195    | 199    | 203    | 207    |
| 0,6   | 211     | 216    | 221     | 226    | 231    | 236    | 241    | 246    | 251    | 256    |
| 0,7   | 261     | 266    | 271     | 276    | 281    | 287    | 293    | 299    | 306    | 312    |
| 0,8   | 318     | 324    | 330     | 337    | 344    | 352    | 360    | 369    | 378    | 387    |
| 0,9   | 397     | 407    | 417     | 427    | 437    | 447    | 458    | 469    | 480    | 491    |
| 1     | 502     | 514    | 527     | 541    | 555    | 570    | 585    | 600    | 615    | 631    |
| 1,1   | 647     | 664    | 682     | 701    | 720    | 739    | 859    | 779    | 800    | 821    |
| 1,2   | 843     | 866    | 891     | 918    | 946    | 976    | 1010   | 1040   | 1070   | 1100   |
| 1,3   | 1149    | 1180   | 1220    | 1260   | 1300   | 1340   | 1380   | 1430   | 1480   | 1530   |
| 1,4   | 1580    | 1640   | 1710    | 1780   | 1860   | 1950   | 2050   | 2150   | 2260   | 2380   |
| 1,5   | 2500    | 2640   | 2790    | 2950   | 3110   | 3280   | 3460   | 3660   | 3880   | 4120   |
| 1,6   | 4370    | 4630   | 4910    | 5220   | 5530   | 5880   | 6230   | 6600   | 6980   | 7370   |
| 1,7   | 7780    | 8200   | 8630    | 9070   | 9630   | 10100  | 10600  | 11 100 | 11 600 | 12200  |
| 1,8   | 12800   | 13400  | 14200   | 14600  | 15200  | 15900  | 16600  | 17300  | 18000  | 18800  |
| 1,9   | 19700   | 20600  | 21600   | 22600  | 23600  | 24600  | 25600  | 26800  | 28200  | 29600  |
| 2     | 31000   | 32500  | 34300   | 36500  | 39000  | 42000  | 45500  | 49500  | 54500  | 59500  |
| 2,1   | 65500   | 72500  | 80000   | 88000  | 96000  | 104000 | 112000 | 120000 | 128000 | 136000 |
| 2,2   | 144000  | 152000 | 160000  | 168000 | 176000 | 184000 | 192000 | 200000 | 208000 | 216000 |
| 2,3   | 224000  | 232000 | 240000  | 248000 | 256000 | 264000 | 272000 | 280000 | 288000 | 296000 |
| 2,4   | 304 000 | 312000 | 320 000 | 328000 | 336000 | 344000 | 352000 | 360000 | 368000 | 376000 |
| 2,5   | 384000  | 392000 | 400000  | 408000 | 416000 | 424000 | 432000 | 440000 | 448000 | 456000 |

Таблиця Д.2 – Листова електротехнічна сталь марок 1411, 1412, 1413 (підвищено-легована)

| В, Тл | 0      | 0,01   | 0,02   | 0,03   | 0,04   | 0,05   | 0,06   | 0,07   | 0,08   | 0,09   |
|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
|       | H, А/м |        |        |        |        |        |        |        |        |        |
| 0,2   | 44     | 45     | 47     | 48     | 49     | 50     | 51     | 52     | 54     | 55     |
| 0,3   | 56     | 57     | 58     | 59     | 60     | 61     | 63     | 64     | 65     | 66     |
| 0,4   | 67     | 68     | 69     | 70     | 71     | 72     | 73     | 74     | 75     | 76     |
| 0,5   | 77     | 78     | 79     | 80     | 81     | 83     | 84     | 86     | 87     | 89     |
| 0,6   | 90     | 92     | 94     | 96     | 97     | 99     | 101    | 103    | 105    | 107    |
| 0,7   | 109    | 111    | 113    | 115    | 117    | 119    | 122    | 124    | 127    | 130    |
| 0,8   | 133    | 135    | 138    | 141    | 144    | 147    | 150    | 154    | 158    | 162    |
| 0,9   | 166    | 170    | 174    | 179    | 184    | 189    | 194    | 199    | 205    | 211    |
| 1     | 217    | 223    | 230    | 237    | 241    | 252    | 260    | 269    | 278    | 288    |
| 1,1   | 298    | 309    | 320    | 332    | 345    | 359    | 374    | 390    | 407    | 425    |
| 1,2   | 444    | 465    | 487    | 510    | 535    | 562    | 590    | 620    | 652    | 686    |
| 1,3   | 722    | 760    | 800    | 850    | 900    | 960    | 1030   | 1110   | 1200   | 1300   |
| 1,4   | 1410   | 1530   | 1660   | 1810   | 1970   | 2140   | 2320   | 2510   | 2710   | 2920   |
| 1,5   | 3140   | 3370   | 3610   | 3870   | 4140   | 4420   | 4710   | 5010   | 5320   | 5640   |
| 1,6   | 5980   | 6330   | 6700   | 7090   | 7500   | 7930   | 8380   | 8850   | 9340   | 9860   |
| 1,7   | 10100  | 11000  | 11600  | 12300  | 13000  | 13700  | 14500  | 15300  | 16200  | 17100  |
| 1,8   | 18 100 | 19100  | 20200  | 21400  | 22700  | 24100  | 25600  | 27200  | 29000  | 31 100 |
| 1,9   | 33500  | 36300  | 39700  | 43700  | 48300  | 53700  | 59700  | 66200  | 73200  | 80600  |
| 2     | 88300  | 96100  | 104000 | 112000 | 120000 | 128000 | 136000 | 144000 | 151000 | 159000 |
| 2,1   | 167000 | 175000 | 183000 | 191000 | 199000 | 207000 | 215000 | 223000 | 231000 | 239000 |
| 2,2   | 246000 | 254000 | 262000 | 270000 | 278000 | 286000 | 294000 | 302000 | 310000 | 318000 |
| 2,3   | 326000 | 334000 | 342000 | 350000 | 358000 | 365000 | 373000 | 381000 | 389000 | 397000 |
| 2,4   | 405000 | 413000 | 421000 | 429000 | 437000 | 445000 | —      | —      | —      | —      |

Таблиця Д.3 – листові електрична сталь марок 1511, 1512, 1513 (високолегована)

| В, Тл | 0      | 0,01   | 0,02   | 0,03   | 0,04   | 0,05   | 0,06   | 0,07   | 0,08   | 0,09   |
|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
|       | H, A/m |        |        |        |        |        |        |        |        |        |
| 0,4   | 96     | 97     | 98     | 99     | 100    | 102    | 104    | 106    | 108    | 111    |
| 0,5   | 114    | 117    | 120    | 123    | 126    | 129    | 132    | 136    | 140    | 144    |
| 0,6   | 148    | 152    | 156    | 160    | 164    | 168    | 172    | 177    | 182    | 187    |
| 0,7   | 192    | 197    | 202    | 208    | 214    | 220    | 226    | 233    | 240    | 247    |
| 0,8   | 254    | 261    | 268    | 275    | 282    | 289    | 296    | 303    | 310    | 317    |
| 0,9   | 325    | 333    | 341    | 349    | 358    | 367    | 376    | 385    | 394    | 404    |
| 1     | 414    | 424    | 435    | 446    | 458    | 470    | 483    | 496    | 510    | 524    |
| 1,1   | 538    | 553    | 569    | 586    | 604    | 623    | 643    | 664    | 685    | 707    |
| 1,2   | 730    | 754    | 780    | 810    | 840    | 870    | 900    | 940    | 980    | 1030   |
| 1,3   | 1080   | 1140   | 1200   | 1270   | 1340   | 1410   | 1490   | 1590   | 1600   | 1720   |
| 1,4   | 1940   | 2060   | 2200   | 2340   | 2500   | 2700   | 2920   | 3140   | 3370   | 3600   |
| 1,5   | 3850   | 4060   | 4290   | 4520   | 4760   | 5000   | 5300   | 5650   | 6000   | 6350   |
| 1,6   | 6700   | 7100   | 7600   | 8100   | 8650   | 9300   | 10000  | 10700  | 11400  | 12200  |
| 1,7   | 13000  | 14000  | 15000  | 16000  | 17000  | 18000  | 19000  | 20000  | 21000  | 22000  |
| 1,8   | 23000  | 24000  | 25000  | 26000  | 27000  | 28000  | 29000  | 30000  | 31200  | 32500  |
| 1,9   | 34000  | 35500  | 37000  | 38500  | 40500  | 42500  | 45000  | 51000  | 57000  | 63000  |
| 2     | 70000  | 77000  | 84500  | 92000  | 100000 | 108000 | 116000 | 124000 | 138000 | 140000 |
| 2,1   | 148000 | 156000 | 164000 | 172000 | 180000 | 188000 | 196000 | 204000 | 212000 | 220000 |
| 2,2   | 228000 | 236000 | 244000 | 252000 | 260000 | 268000 | 276000 | 284000 | 292000 | 300000 |

Таблиця Д.4 – Листова електротехнічна сталь (холоднокатана) марки 3413

| В, Тл | 0      | 0,01  | 0,02  | 0,03  | 0,04 | 0,05 | 0,06 | 0,07 | 0,08  | 0,09  |
|-------|--------|-------|-------|-------|------|------|------|------|-------|-------|
|       | H, A/m |       |       |       |      |      |      |      |       |       |
| 0,6   | 81     | 83    | 85    | 87    | 89   | 91   | 93   | 95   | 97    | 99    |
| 0,7   | 110    | 112   | 114   | 116   | 118  | 120  | 122  | 124  | 126   | 128   |
| 0,8   | 130    | 132   | 134   | 136   | 138  | 140  | 142  | 144  | 146   | 149   |
| 0,9   | 152    | 155   | 158   | 161   | 164  | 167  | 170  | 173  | 176   | 179   |
| 1     | 182    | 185   | 188   | 192   | 195  | 198  | 201  | 204  | 207   | 210   |
| 1,1   | 213    | 216   | 219   | 222   | 225  | 228  | 231  | 234  | 237   | 240   |
| 1,2   | 243    | 246   | 249   | 252   | 255  | 258  | 261  | 264  | 267   | 271   |
| 1,3   | 275    | 279   | 283   | 287   | 291  | 295  | 300  | 305  | 310   | 315   |
| 1,4   | 320    | 326   | 332   | 338   | 344  | 350  | 358  | 366  | 374   | 382   |
| 1,5   | 390    | 402   | 414   | 426   | 438  | 450  | 464  | 478  | 492   | 506   |
| 1,6   | 520    | 544   | 566   | 588   | 610  | 632  | 665  | 698  | 732   | 766   |
| 1,7   | 800    | 840   | 890   | 940   | 990  | 1040 | 1132 | 1224 | 1316  | 1408  |
| 1,8   | 1500   | 1542  | 1700  | 1922  | 2144 | 2366 | 2888 | 2820 | 3080  | 3450  |
| 1,9   | 3825   | 4200  | 4600  | 5200  | 5800 | 7000 | 8200 | 9400 | 10900 | 13400 |
| 2     | 16000  | 20000 | 25000 | 30000 | —    | —    | —    | —    | —     | —     |

## ДОДАТОК Е

Таблиця Е.1 – Намагнічування зубців машин змінного струму, сталь 2013

| B, Т л | 0,00          | 0,01 | 0,02 | 0,03  | 0,04  | 0,05 | 0,06 | 0,07 | 0,08 | 0,09 |
|--------|---------------|------|------|-------|-------|------|------|------|------|------|
|        | <i>H, А/м</i> |      |      |       |       |      |      |      |      |      |
| 0,4    | 1,24          | 1,27 | 1,3  | 1,33  | 1,36  | 1,38 | 1,41 | 1,44 | 1,47 | 1,5  |
| 0,5    | 1,54          | 1,57 | 1,6  | 1,64  | 1,67  | 1,71 | 1,74 | 1,77 | 1,8  | 1,84 |
| 0,6    | 1,88          | 1,91 | 1,94 | 1,98  | 2,01  | 2,05 | 2,08 | 2,12 | 2,16 | 2,24 |
| 0,7    | 2,23          | 2,26 | 2,29 | 2,33  | 2,36  | 2,4  | 2,43 | 2,47 | 2,50 | 2,53 |
| 0,8    | 3,56          | 2,59 | 2,62 | 2,65  | 2,68  | 2,71 | 2,74 | 2,77 | 2,80 | 2,83 |
| 0,9    | 2,86          | 2,90 | 2,93 | 2,97  | 3,01  | 3,04 | 3,08 | 3,12 | 3,16 | 3,20 |
| 1,0    | 3,24          | 3,29 | 3,33 | 3,38  | 3,42  | 3,46 | 3,50 | 3,55 | 3,60 | 3,65 |
| 1,1    | 3,70          | 3,75 | 3,80 | 3,85  | 3,91  | 3,96 | 4,01 | 4,06 | 4,11 | 4,17 |
| 1,2    | 4,24          | 4,30 | 4,35 | 4,42  | 4,48  | 4,55 | 4,61 | 4,67 | 4,73 | 4,79 |
| 1,3    | 4,86          | 4,95 | 5,04 | 5,14  | 5,24  | 5,33 | 5,63 | 5,74 | 5,84 | 5,95 |
| 1,4    | 5,86          | 5,98 | 6,10 | 6,22  | 6,34  | 6,46 | 6,58 | 6,70 | 6,83 | 6,96 |
| 1,5    | 7,09          | 7,22 | 7,35 | 7,49  | 7,63  | 7,77 | 7,91 | 8,05 | 8,20 | 8,35 |
| 1,6    | 8,5           | 8,78 | 9,06 | 9,34  | 9,62  | 9,90 | 10,2 | 10,5 | 10,8 | 11,1 |
| 1,7    | 11,5          | 11,8 | 12,2 | 12,5  | 12,9  | 13,3 | 13,6 | 14,0 | 14,4 | 14,8 |
| 1,8    | 15,2          | 15,7 | 16,2 | 16,7  | 17,2  | 17,7 | 18,3 | 18,9 | 19,5 | 20,1 |
| 1,9    | 20,7          | 21,6 | 22,5 | 23,4  | 24,3  | 25,2 | 26,4 | 27,6 | 28,9 | 30,2 |
| 2,0    | 31,5          | 33,2 | 35,0 | 36,8  | 38,6  | 40,4 | 42,6 | 44,8 | 47,0 | 49,2 |
| 2,1    | 51,4          | 54,4 | 57,4 | 60,5  | 63,6  | 66,7 | 71,2 | 75,7 | 80,2 | 84,7 |
| 2,2    | 89,2          | 94,3 | 99,4 | 104,6 | 109,8 | 115  | 120  | 126  | 132  | 138  |
| 2,2    | 144           | 151  | 158  | 165   | 172   | 180  | 188  | 196  | 205  | 214  |

Таблиця Е.2 – Намагнічування зубців машин змінного струму, сталь 2312

| В, Тл | 0,00           | 0,01 | 0,02 | 0,03 | 0,04 | 0,05 | 0,06 | 0,07 | 0,08 | 0,09 |
|-------|----------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
|       | <i>H, А/см</i> |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 0,4   | 1,4            | 1,43 | 1,46 | 1,49 | 1,52 | 1,55 | 1,58 | 1,61 | 1,64 | 1,71 |
| 0,5   | 1,74           | 1,77 | 1,80 | 1,84 | 1,86 | 1,90 | 1,92 | 1,96 | 1,98 | 2,02 |
| 0,6   | 2,04           | 2,09 | 2,13 | 2,16 | 2,21 | 2,24 | 2,29 | 2,33 | 2,37 | 2,41 |
| 0,7   | 2,45           | 2,49 | 2,53 | 2,57 | 2,62 | 2,67 | 2,72 | 2,77 | 2,82 | 2,87 |
| 0,8   | 2,92           | 2,97 | 3,02 | 3,06 | 3,11 | 3,16 | 3,22 | 3,26 | 3,31 | 3,37 |
| 0,9   | 3,42           | 3,47 | 3,53 | 3,60 | 3,66 | 3,72 | 3,79 | 3,84 | 3,90 | 3,96 |
| 1,0   | 4,03           | 4,09 | 4,17 | 4,25 | 4,33 | 4,40 | 4,50 | 4,60 | 4,70 | 4,77 |
| 1,1   | 4,88           | 4,97 | 5,09 | 5,17 | 5,27 | 5,37 | 5,47 | 5,59 | 5,70 | 5,82 |
| 1,2   | 5,93           | 6,02 | 6,13 | 6,26 | 6,38 | 6,51 | 6,63 | 6,77 | 6,95 | 7,10 |
| 1,3   | 7,24           | 7,38 | 7,55 | 7,70 | 7,90 | 8,04 | 8,20 | 8,40 | 8,57 | 8,79 |
| 1,4   | 8,97           | 9,17 | 9,36 | 9,55 | 9,77 | 10,0 | 10,2 | 10,4 | 10,6 | 10,9 |
| 1,5   | 11,2           | 11,5 | 11,7 | 12,1 | 12,4 | 12,7 | 13,1 | 13,3 | 13,7 | 14,1 |
| 1,6   | 14,5           | 14,9 | 15,3 | 15,6 | 16,1 | 16,5 | 16,9 | 17,5 | 17,9 | 18,4 |
| 1,7   | 19,0           | 19,4 | 20,0 | 20,7 | 21,4 | 22,2 | 23,0 | 23,8 | 25,0 | 26,0 |
| 1,8   | 27,0           | 28,0 | 29,2 | 30,5 | 32,2 | 33,3 | 34,9 | 36,1 | 37,1 | 40,0 |
| 1,9   | 41,6           | 43,6 | 46,0 | 48,0 | 50,3 | 53,3 | 54,3 | 57,9 | 61,3 | 64,2 |
| 2,0   | 67,5           | 71,7 | 74,0 | 77,9 | 81,5 | 85,2 | 90,0 | 94,0 | 97,5 | 102  |
| 2,1   | 106            | 110  | 115  | 121  | 126  | 130  | 135  | 141  | 147  | 154  |
| 2,2   | 159            | 165  | 173  | 178  | 185  | 191  | 196  | 203  | 211  | 220  |
| 2,3   | 231            | 243  | 255  | 268  | 281  | 295  | 309  | 324  | 339  | 364  |

Таблиця Е.3 –Намагнічування зубців машин змінного струму, сталь 2411

| <i>B</i> , Тл | 0,00            | 0,01 | 0,02 | 0,03 | 0,04 | 0,05 | 0,06 | 0,07 | 0,08 | 0,09 |
|---------------|-----------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
|               | <i>H</i> , А/см |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 0,4           | 0,72            | 0,73 | 0,74 | 0,75 | 0,77 | 0,78 | 0,79 | 0,80 | 0,81 | 0,82 |
| 0,5           | 0,83            | 0,84 | 0,85 | 0,86 | 0,87 | 0,88 | 0,89 | 0,90 | 0,91 | 0,92 |
| 0,6           | 0,93            | 0,94 | 0,95 | 0,96 | 0,97 | 0,98 | 0,99 | 1,01 | 1,02 | 1,04 |
| 0,7           | 1,05            | 1,06 | 1,08 | 1,10 | 1,11 | 1,13 | 1,15 | 1,17 | 1,18 | 1,20 |
| 0,8           | 1,22            | 1,24 | 1,26 | 1,28 | 1,30 | 1,32 | 1,34 | 1,36 | 1,38 | 1,40 |
| 0,9           | 1,42            | 1,44 | 1,47 | 1,49 | 1,51 | 1,55 | 1,8  | 1,60 | 1,63 | 1,65 |
| 1,0           | 1,68            | 1,71 | 1,75 | 1,77 | 1,80 | 1,84 | 1,88 | 1,91 | 1,96 | 2,00 |
| 1,1           | 2,04            | 2,07 | 2,12 | 2,16 | 2,22 | 2,27 | 2,32 | 2,37 | 2,42 | 2,47 |
| 1,2           | 2,54            | 2,59 | 2,65 | 2,72 | 2,77 | 2,84 | 2,91 | 2,98 | 3,07 | 3,16 |
| 1,3           | 3,23            | 3,33 | 3,41 | 3,51 | 3,61 | 3,72 | 3,83 | 3,94 | 4,04 | 4,21 |
| 1,4           | 4,25            | 4,32 | 4,61 | 4,80 | 4,97 | 5,18 | 5,37 | 5,54 | 5,73 | 5,96 |
| 1,5           | 6,22            | 6,44 | 6,73 | 7,00 | 7,28 | 7,56 | 7,95 | 8,28 | 8,59 | 8,90 |
| 1,6           | 9,32            | 9,76 | 10,2 | 10,7 | 11,3 | 11,8 | 12,6 | 13,5 | 14,4 | 15,2 |
| 1,7           | 16,3            | 17,4 | 18,7 | 20,2 | 21,3 | 23,0 | 24,5 | 26,3 | 28,3 | 30,4 |
| 1,8           | 31,9            | 34,1 | 35,9 | 38,3 | 41,0 | 44,0 | 46,0 | 48,0 | 51,0 | 54,0 |
| 1,9           | 57,0            | 59,0 | 63,0 | 66,0 | 69,0 | 72,0 | 77,0 | 81,0 | 83,0 | 87,0 |
| 2,0           | 92,0            | 97,0 | 100  | 105  | 109  | 114  | 120  | 127  | 131  | 137  |
| 2,1           | 142             | 150  | 158  | 165  | 172  | 179  | 187  | 198  | 206  | 216  |
| 2,2           | 226             | 237  | 246  | 261  | 269  | 287  | 300  | 314  | 332  | 354  |
| 2,3           | 376             | 399  | 422  | 446  | 470  | 495  | 520  | 546  | 572  | 598  |

Таблиця Е.4 – Намагнічування спинки машин змінного струму, сталь 2013

| <i>B</i> ,<br>Тл | 0,00            | 0,01 | 0,02 | 0,03 | 0,04 | 0,05 | 0,06 | 0,07 | 0,08 | 0,09 |
|------------------|-----------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
|                  | <i>H</i> , А/см |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 0,4              | 0,52            | 0,53 | 0,54 | 0,55 | 0,56 | 0,58 | 0,59 | 0,60 | 0,61 | 0,62 |
| 0,5              | 0,64            | 0,65 | 0,66 | 0,67 | 0,69 | 0,71 | 0,72 | 0,74 | 0,76 | 0,78 |
| 0,6              | 0,80            | 0,81 | 0,83 | 0,85 | 0,87 | 0,89 | 0,91 | 0,93 | 0,95 | 0,97 |
| 0,7              | 1,00            | 1,02 | 1,04 | 1,06 | 1,08 | 1,11 | 1,13 | 1,15 | 1,18 | 1,21 |
| 0,8              | 1,24            | 1,26 | 1,29 | 1,32 | 1,35 | 1,38 | 1,40 | 1,43 | 1,46 | 1,47 |
| 0,9              | 1,52            | 1,55 | 1,58 | 1,61 | 1,64 | 1,68 | 1,71 | 1,74 | 1,77 | 1,81 |
| 1,0              | 1,85            | 1,88 | 1,91 | 1,95 | 1,99 | 2,03 | 2,06 | 2,09 | 2,13 | 2,17 |
| 1,1              | 2,21            | 2,25 | 2,29 | 2,33 | 2,37 | 2,41 | 2,45 | 2,49 | 2,53 | 2,57 |
| 1,2              | 2,62            | 2,67 | 2,72 | 2,77 | 2,83 | 2,89 | 2,95 | 3,01 | 3,07 | 3,13 |
| 1,3              | 3,20            | 3,27 | 3,34 | 3,41 | 3,49 | 3,57 | 3,65 | 3,73 | 3,82 | 3,91 |
| 1,4              | 4,00            | 4,10 | 4,20 | 4,30 | 4,40 | 4,50 | 4,64 | 4,78 | 4,92 | 5,06 |
| 1,5              | 5,20            | 5,42 | 5,64 | 5,86 | 6,08 | 6,30 | 6,54 | 6,78 | 7,02 | 7,26 |
| 1,6              | 7,50            | 7,88 | 8,26 | 8,64 | 9,02 | 9,40 | 9,82 | 10,2 | 10,7 | 11,1 |
| 1,7              | 11,5            | 12,2 | 12,9 | 13,6 | 14,3 | 15,0 | 16,0 | 17,0 | 18,0 | 19,0 |
| 1,8              | 20,0            | 21,6 | 23,2 | 24,9 | 26,5 | 28,1 | 29,6 | 31,1 | 32,7 | 34,2 |
| 1,9              | 35,7            | 38,0 | 40,3 | 42,6 | 44,9 | 47,2 | 49,3 | 51,4 | 53,5 | 55,6 |
| 2,0              | 57,7            | 60,0 | 63,0 | 66,0 | 70,0 | 74,0 | 79,0 | 84,0 | 90,0 | 97,0 |

Таблиця Е.5 – Намагнічування спинки машин змінного струму, сталь 2312

| В,<br>Тл | 0,00    | 0,01 | 0,02 | 0,03 | 0,04 | 0,05 | 0,06 | 0,07 | 0,08 | 0,09 |
|----------|---------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
|          | H, А/см |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 0,4      | 0,89    | 0,91 | 0,93 | 0,94 | 0,96 | 0,98 | 1,00 | 1,02 | 1,04 | 1,06 |
| 0,5      | 1,08    | 1,10 | 1,13 | 1,15 | 1,18 | 1,20 | 1,22 | 1,24 | 1,26 | 1,28 |
| 0,6      | 1,31    | 1,34 | 1,36 | 1,39 | 1,41 | 1,44 | 1,47 | 1,50 | 1,53 | 1,56 |
| 0,7      | 1,59    | 1,62 | 1,66 | 1,69 | 1,72 | 1,76 | 1,80 | 1,83 | 1,86 | 1,90 |
| 0,8      | 1,94    | 1,98 | 2,01 | 2,04 | 2,08 | 2,12 | 2,16 | 2,20 | 2,23 | 2,27 |
| 0,9      | 2,31    | 2,35 | 2,39 | 2,43 | 2,48 | 2,52 | 2,55 | 2,60 | 2,65 | 2,69 |
| 1,0      | 2,74    | 2,79 | 2,84 | 2,89 | 2,95 | 3,00 | 3,05 | 3,11 | 3,18 | 3,23 |
| 1,1      | 3,32    | 3,38 | 3,44 | 3,51 | 3,57 | 3,67 | 3,74 | 3,82 | 3,90 | 3,98 |
| 1,2      | 4,10    | 4,18 | 4,26 | 4,35 | 4,44 | 4,55 | 4,66 | 4,75 | 4,87 | 4,98 |
| 1,3      | 5,09    | 5,21 | 5,33 | 5,46 | 5,58 | 5,72 | 5,85 | 6,00 | 6,18 | 6,35 |
| 1,4      | 6,56    | 6,75 | 6,95 | 7,17 | 7,40 | 7,63 | 7,89 | 8,15 | 8,43 | 8,70 |
| 1,5      | 9,05    | 9,34 | 9,65 | 10,0 | 10,4 | 10,9 | 11,3 | 11,9 | 12,4 | 12,9 |
| 1,6      | 13,7    | 14,4 | 15,2 | 15,9 | 16,6 | 17,2 | 18,2 | 19,1 | 20,1 | 21,1 |
| 1,7      | 21,8    | 23,1 | 24,1 | 25,5 | 26,1 | 27,2 | 28,4 | 29,8 | 31,3 | 32,9 |
| 1,8      | 34,6    | 36,3 | 38,0 | 39,7 | 41,4 | 43,1 | 44,9 | 46,7 | 48,5 | 50,4 |
| 1,9      | 52,2    | 56,0 | 60,0 | 64,0 | 69,0 | 74,0 | 79,0 | 85,0 | 91,0 | 97,0 |
| 2,0      | 104     | 111  | 118  | 125  | 133  | 141  | 149  | 158  | 167  | 176  |



Таблиця Е.6 – Намагнічування спинки машин змінного струму, сталь 2411

| В,<br>Тл | 0,00    | 0,01 | 0,02 | 0,03 | 0,04 | 0,05 | 0,06 | 0,07 | 0,08 | 0,09 |
|----------|---------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
|          | Н, А/см |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 0,4      | 0,48    | 0,48 | 0,49 | 0,50 | 0,51 | 0,51 | 0,52 | 0,52 | 0,53 | 0,54 |
| 0,5      | 0,55    | 0,56 | 0,57 | 0,58 | 0,59 | 0,60 | 0,61 | 0,61 | 0,61 | 0,62 |
| 0,6      | 0,63    | 0,64 | 0,65 | 0,66 | 0,67 | 0,68 | 0,69 | 0,69 | 0,70 | 0,71 |
| 0,7      | 0,72    | 0,72 | 0,73 | 0,74 | 0,75 | 0,76 | 0,76 | 0,77 | 0,78 | 0,79 |
| 0,8      | 0,81    | 0,82 | 0,83 | 0,84 | 0,85 | 0,87 | 0,88 | 0,90 | 0,92 | 0,94 |
| 0,9      | 0,96    | 0,98 | 1,00 | 1,02 | 1,04 | 1,05 | 1,07 | 1,09 | 1,12 | 1,14 |
| 1,0      | 1,16    | 1,18 | 1,21 | 1,24 | 1,26 | 1,29 | 1,32 | 1,36 | 1,39 | 1,43 |
| 1,1      | 1,46    | 1,50 | 1,54 | 1,58 | 1,62 | 1,67 | 1,72 | 1,76 | 1,82 | 1,88 |
| 1,2      | 1,92    | 1,98 | 2,04 | 2,10 | 2,16 | 2,22 | 2,30 | 2,38 | 2,46 | 2,60 |
| 1,3      | 2,72    | 2,88 | 3,00 | 3,16 | 3,30 | 3,40 | 3,58 | 3,70 | 3,86 | 3,99 |
| 1,4      | 4,10    | 4,40 | 4,60 | 4,90 | 5,30 | 5,70 | 6,10 | 6,60 | 7,10 | 7,70 |
| 1,5      | 8,20    | 8,90 | 9,60 | 10,3 | 11,0 | 11,7 | 12,3 | 13,1 | 14,0 | 14,8 |
| 1,6      | 15,6    | 16,4 | 17,3 | 18,2 | 19,2 | 20,0 | 21,0 | 22,6 | 24,4 | 26,0 |
| 1,7      | 28,0    | 29,6 | 31,0 | 32,6 | 34,0 | 35,8 | 37,4 | 39,0 | 41,0 | 43,0 |
| 1,8      | 45,0    | 47,0 | 50,0 | 53,0 | 55,0 | 58,0 | 61,0 | 64,0 | 68,0 | 72,0 |
| 1,9      | 76,0    | 80,0 | 85,0 | 91,0 | 97,0 | 103  | 111  | 119  | 131  | 142  |
| 2,0      | 160     | 180  | 200  | 220  | 238  | 255  | 276  | 296  | 315  | 338  |



Таблиця Е.7 – Кількість  $n_{к2}$  і діаметр  $d_{к2}$ , мм, вентиляційних каналів в осерді ротора при різних значеннях  $2p$

| $h$ , мм | Кількість $n_{к2}$ і діаметр $d_{к2}$ , мм, вентиляційних каналів<br>при різних значеннях $2p$ |          |          |          |          |          |
|----------|--|----------|----------|----------|----------|----------|
|          | 2  |          | 4        |          | 6        |          |
|          | $n_{к2}$   | $d_{к2}$ | $n_{к2}$ | $d_{к2}$ | $n_{к2}$ | $d_{к2}$ |
| 250      | 10   | 15       | 10       | 20       | 10       | 30       |

# РОЗРАХУНОК АСИНХРОННОГО ДВИГУНА

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ  
до виконання курсової роботи

з дисципліни  
*«ЕЛЕКТРИЧНІ МАШИНИ»*

Відповідальний за випуск Карпенко Н. П.

---

Підписано до друку 01.06.2023 р.  
Умовн. друк. арк. 4,25. Тираж . Замовлення № .  
Видавець та виготовлювач Український державний університет залізничного  
транспорту,  
61050, Харків-50, майдан Фейєрбаха, 7.  
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 6100 від 21.03.2018 р.