

Модернізація електромеханічного обладнання агломашини в умовах аглофабрики №1 ПАТ ПівдГЗК»

Мазун Богдан Вячеславович

Група ЕЕМ-21ск

Керівник ТИТЮК В.К.

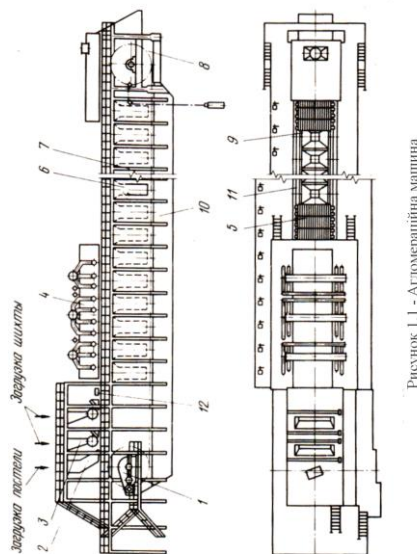
Розділ 1. ХАРАКТЕРИСТИКИ ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНОГО ОБЛАДНАННЯ АГЛОФАБРИКИ №1

1.1 Основні відомості про агломашину, її загальний вигляд, кінематика і режим роботи

Агломераційна машина являє собою машину конвеєрного типу і призначена для обгрудкування дріб'язку залізних руд і концентратів з частковим звільненням їх від шкідливих домішок (сірки, фосфору та ін.). Крім процесу спікання, в окремих випадках на стрічці спікальних візків може бути здійснено первинне охолодження готового агломерату.

Агломашина складається з таких головних частин (рис. 1.1): комплект спікальних візків (5), живильник постелі (2), живильник шихти (3), привод стрічки агломашини (1), запалювальний горн (4), розвантажувальна частина (8), вакуумне улаштування (6), ущільнення з пружним прижимом (9), каркас з обслуговувальними площадками (7), укриття (10), напрямні руху спікальних візків (11), насічений пристрій (12).

Робота агломашини здійснюється у наступній послідовності. На робочу (верхню) частину аглострічки, складену з неперервно рухаючихся спікальних візків, за допомогою живильника постелі завантажується шихтовий матеріал. Завантажені візки по напрямним переміщуються приводом стрічки. При проходженні насічного пристрою на поверхні шихтового матеріалу наносяться канавки-концентратори. Під запалювальним горном відбувається запалювання верхнього шару шихти. Подальший рух візків супроводжується спіканням усєї маси матеріалу за рахунок згорання палива (коксу) при продувці повітря і газу скрізь спікаємий матеріал.



При виході спікальних візків на криволінійні напрямні розвантажувальної частини піріг спеченого агломерату розламується, сходить зі спікальних візків на приймальну плиту та передається в дробарку горячого агломерату. Завдяки канавкам, створеним за допомогою насічного пристрою, піріг ламається по межах візків з мінімальною кількістю просипі. Звільнені візки, переміщуються на нижню (холосту) вітьв аглострічки і згодом підіймаються на верхню вітьв. Для уловлення і збору просипу агломерату на агломашині є система бункерів та тічок, передаючих зібрану просип на тракт повернення.

Стрічка агломашини складається з комплексу із 135 спікальних візків (ТСГ-4). Кожний візок (рис. 1.2) представляє собою литий трьохсекційний корпус (4), снабжений бортами (1) і (2), чотирма ходовими (8) і чотирма вантажними (10) роликми, встановленими на осях (12), запресованих у відповідні приливи корпусу (4). Нижня частина бортів (1) виготовлена із сталі, верхня — із жаростійкого чугуна. З'єднання бортів і секцій корпусу — болтові. Ролики (8) і (10) встановлені на роликопідшипниках (9) і (11), змазують набишкою, а також через спеціальні ковпачкові маслянки (7), вбудовані у кришки (6). Ходові ролики (8) служать для переміщення візків на прямих ділянках шляху. Вантажні ролики (10) служать для піднімання візків зубцями зірок привода на верхній горизонтальний шлях і для плавного спуску візків зубцями зірок розвантажувальної частини на нижній шлях. Рухаючись візок пластинами (3) контактує з пластинами прокольного ущільнення.

В пазах корпуса спікального візка складається комплект колосників (5), працюючих в умовах частих змін температури (70-1100°C), корозійного впливу середовища і абразивного зношування, що потребує від них підвищеної стійкості. Змазка підшипників роликів здійснюється без зупинки аглострічки двома спеціальними пристроями, спорядженими ручним приводом і встановленими з лівої і правої сторони машини. Пристрої переміщуються на катках разом з роликом, а після змазки повертаються в початкове положення.

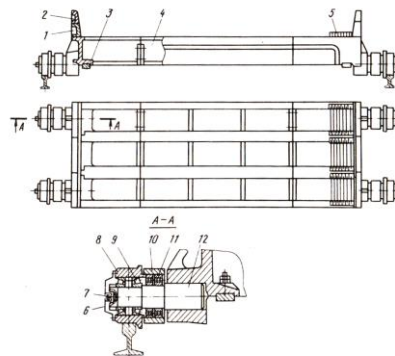


Рисунок 1.2 – Спікальний візок

1.1.1 Кінематика механізму

Привод стрічки агломераційних візків (рис. 1.3, 1.4) служить для переміщення візків по верхньому та нижньому горизонтальним шляхам та піднімання візків з нижнього шляху на верхній. Електродвигун (2) змінного струму, має тахогенератор (1) і тормоз (3), з'єднані пружною муфтою (4) з планетарно-циліндричним редуктором (5), приводним через зубчасту муфту (6) корінний вал (7), на якому закріплені дві сварні зірки (8) зі з'ємними сегментами, які мають по три зуба кожний. Корінний вал (7) встановлений на двох підшипниках кочення (10), корпуса яких закріплені через опорні плити на каркасі агломашини. Для регулювання положення підшипників у вертикальній площині під опорними плитами встановлені підкладки, а для регулювання у горизонтальній площині є спеціальні клинці. Між зірочками (8) розташовується барабан (9) з карманами для просипу.

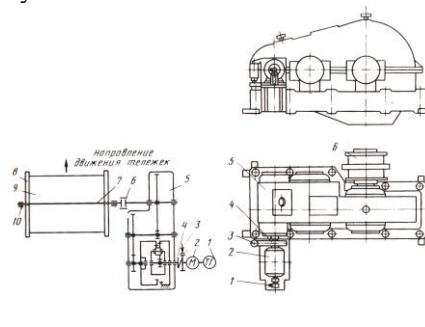


Рисунок 1.3 – а) кінематична схема привода аглострічки; б) загальний вид привода стрічки агломашини

1.2 Обґрунтування і вибір системи електропривода

Регулювання частоти обертання асинхронного двигуна можливе за наступними варіантами: реостатне регулювання в колі ротора, регулювання напруги статора за допомогою тиристорного регулятора напруги, перемикання числа пар полюсів, регулювання частоти живлячої мережі (ПЧ-АД).

Реостатне регулювання

Реостатне регулювання досягається введенням опору в коло ротора АД, що дозволяє дискретно змінювати частоту обертання двигуна. Регулювання дискретне, його плавність залежить від кількості секцій додаткового опору. Зміна частоти обертання можливе лише вниз від синхронної швидкості. Діапазон регулювання визначається типом і величиною навантаження. Такий спосіб регулювання є економічно не вигідним, тому він використовується в основному для керування пуском електроприводів в механізмах з повторно-короткочасним режимом роботи. У тривалому режимі роботи S1 через значні втрати енергії реостатний метод регулювання частоти обертання АД недоцільно.

ТРН-АД (тиристорний регулятор напруги – асинхронний двигун)

Регулювання швидкості АД тиристорним регулятором напруги здійснюється шляхом зміни напруги підведеної до статора двигуна, причому напруга змінюється від максимального значення і до нуля, а частота напруги не змінюється і залишається рівною 50 Гц. Вихідна напруга ТРН змінюється за допомогою регулювання кута керування тиристорів, які отримують зовнішні сигнали U_3 . Регулювання напруги на статорі АД не призводить до зміни швидкості холостого ходу, але значно впливає на величину максимального моменту (пропорційний квадрату напруги), тим самим зменшується перевантажувальна здатність двигуна. Перевагами ТРН є простота в обслуговуванні, легкість автоматизації роботи, формування необхідних динамічних характеристик електропривода в перехідних режимах, невеликі габарити. До недоліків відносяться: не-

великий діапазон регулювання, невисокі енергетичні показники, велика статична помилка, встановлена потужність електричного двигуна при використанні ТРН повинна бути на 20-30 % більше за розрахункову потужність робочої машини.

ПЧ-АД (перетворювач частоти – асинхронний двигун)

Регулювання частоти обертання ротора АД за допомогою перетворювача частоти здійснюється шляхом зміни діючого значення і частоти живлячої напруги. Частотно-регульований привод – система керування частотою обертання ротора АД.

Напівпровідниковий перетворювач частоти структурно має в своєму складі некерований діодний випрямляч, ланку постійного струму з пристроями електричного гальмування та інвертора. Функцією інвертора є перетворення постійної напруги в змінну потрібної частоти і амплітуди. Для згладжування пульсацій напруги у ланці постійного струму встановлюють згладжуючий конденсатор. За необхідності може бути використаний згладжуючий дросель. При значній довжині кабелю між інвертором та двигуном рекомендується використання ЕМС-фільтрів для зменшення впливу високочастотних електромагнітних перешкод.

При частотному керуванні АД можливе використання методів скалярного або векторного керування.

Скалярне керування використовується для механізмів з невисокими вимогами до динамічних показників регулювання та точності підтримання частоти обертання.

При векторному керуванні забезпечується пряме керування магнітним потоком ротора (FOC) або рушійним моментом асинхронного двигуна (DTC).

Основні переваги системи ПЧ-АД: плавне регулювання частоти обертання та значна жорсткість механічних характеристик, широкий діапазон регулювання частоти обертання; економічність регулювання у випадку зміни навантаження; можливість самоналаштування та віддаленої діагностики електропривода. Недоліками системи ПЧ-АД є висока початкова вартість технічного рішення; підвищені вимоги до кваліфікації ремонтно-обслуговуючого персонала.

Висновок: отже, зважаючи на всі переваги і недоліки усіх вищерозглянутих систем керування, а також на вищезазначені вимоги до електроприводу, обираємо систему ПЧ-АД.

1.3 Розрахунок потужності і вибір електродвигуна

Потужність двигуна розраховуємо за формулою:

$$P_{\text{розр}} = \frac{W_{\text{т}} \cdot V}{102 \cdot \eta_{\text{н}}} = \frac{660500 \cdot 3}{102 \cdot 0,9} = 21,58 \text{ кВт}, \quad (1.1)$$

де $W_{\text{т}}$ - тягове зусилля, кг;

V - швидкість руху стрічки, м/с;

$\eta_{\text{н}}$ - коефіцієнт корисної дії.

З розрахунку бачимо, що отриманий результат підтверджує доцільність обраного двигуна. Виконується умова:

$$P_{\text{двигуна}} \geq P_{\text{розр}};$$

$$22 \text{ кВт} \geq 21,58 \text{ кВт}.$$

Обираємо електродвигун 4A200L8УЗ, який має наступні характеристики:

серія асинхронного двигуна – 4А;

номінальна потужність – 22 кВт;

число обертів за хвилину – 750 об/хв.;

ковзання – 2,7 %;

номінальна лінійна напруга на обмотці статора АД – 380 В;

коефіцієнт корисної дії АД – 88,5 %;

коефіцієнт потужності АД – 0,84;

коефіцієнт кратності пускового струму – 6;

$$\text{перевантажувальна здатність } M_{\text{макс}} / M_{\text{ном}} = 2;$$

$$\text{відношення } M_{\text{пуск}} / M_{\text{ном}} = 1,2;$$

$$\text{відношення } M_{\text{мин}} / M_{\text{ном}} = 1.$$

1.4 Розрахунок перетворювача частоти та елементів силової частини

1.4.1 Розрахунок і вибір перетворювача частоти

Перетворювач частоти обираємо, виходячи з наступних умов:

$$1. U_{\text{вихПЧ}} \geq U_{\text{н}};$$

$$2. P_{\text{ПЧ}} \geq P_{\text{ном}}.$$

Згідно цих умов обираємо перетворювач частоти фірми HITACHI серії L300plus, модель HFE-220 на основі польових транзисторів IGBT з наступними параметрами:
номінальна потужність – 22 кВт;

напруга живлення – 380-480 В;
частота живлячої мережі – 50-60 Гц;
номінальна вихідна напруга – 380-480 В;
номінальний вихідний струм – 45 А;
частота на виході – 0,1-400(Гц);

перевантажувальна здатність по струму – 120% номінального струму, не більше 60 секунд та 150% – не більше 0,5 секунди.

Переваги транзисторних перетворювачів

Біполярні транзистори з ізолюваним затвором IGBT відрізняються від тиристорів повним керуванням, простою не енергоємною системою керування та самою високою робочою частотою. Завдяки цьому транзисторні перетворювачі частоти у порівнянні з тиристорними мають значніший діапазон керування частоти обертання двигуна та підвищену швидкодію в цілому.

Використання IGBT з вищою частотою перемикання разом з мікропроцесорною системою управління в перетворювачах частоти зменшує рівень вищих гармонік, властивих тиристорним перетворювачам. Це знижує додаткові втрати в обмотках і магнітопроводі електродвигуна, зменшує нагрівання електричної машини, зменшує пульсації моменту і запобігає так званому «крокуванню» ротора при низьких частотах. Також знижуються втрати в трансформаторах, конденсаторній батареї, збільшується їх строк служби та ізоляції провідників.

Перетворювачі на транзисторах IGBT в порівнянні з тиристорними перетворювачами при однаковій вихідній потужності відрізняються меншими габаритами, масою, підвищеною надійністю в силу модульного виконання електричних ключів, кращим тепловідводом з поверхні модуля и меншої кількості конструктивних елементів.

Вони дозволяють реалізувати більш повний захист від кидків струму і від перенапруги, що суттєво знижує вірогідність відмов і ушкоджень електропривода.

1.4.2 Вибір струмообмежуючого реактора

Обираємо струмообмежуючий реактор за значенням пускового струму, бо якщо будемо вибирати по номінальному струму статора то не зможемо запустити АД. Визначаємо номінальний струм статора:

$$I_n = \frac{1000 \cdot P_n}{\sqrt{3} \cdot U_n \cdot \cos \varphi_n \cdot \eta_n} = \frac{1000 \cdot 22}{\sqrt{3} \cdot 380 \cdot 0,84 \cdot 0,885} = 44,8 \text{ А}, \quad (1.2)$$

де P_n - номінальна потужність двигуна, кВт;

U_n - номінальна лінійна напруга на статорі АД, В;

$\cos \varphi_n$ - номінальний коефіцієнт потужності;

η_n - номінальний ККД.

Визначаємо пусковий струм:

$$I_{II} = I_n \cdot 6 = 44,8 \cdot 6 = 268,8 \text{ А}. \quad (1.3)$$

З переліку струмообмежуючих реакторів вибираємо найближчий з номінальним струмом більшим або таким самим як пусковий струм АД, отже отримуємо струмообмежуючий реактор типу РТСТ-410 з такими технічними даними:

номінальна лінійна напруга живлячої мережі – 380 В;

номінальний струм – 410 А;

номінальна індуктивність – 0,101 мГн;

активний опір обмотки – 0,0038 Ом.

1.4.3 Вибір згладжуючого дроселя

Згладжуючий дросель – це пристрій, який забезпечує зменшення пульсацій струму двигуна при роботі від тиристорного перетворювача. Також він застосовується для кращої комутації двигуна та зменшення його нагрівання. Визначимо згладжуючий дросель по номінальному струму. Визначаємо номінальний пусковий струм:

$$I_{н.п.} = I_n \cdot \sqrt{\frac{2}{3}} = 44,8 \cdot \sqrt{\frac{2}{3}} = 36,5 \text{ А}. \quad (1.4)$$

З переліку наявних дроселів вибираємо дросель за номінальним струмом, який був би більшим за значення пускового струму АД. Обираємо згладжуючий дросель типу ТТД1W-1,01/41 з наступними параметрами:

номінальний струм – 41 А;
 індуктивність – 1,01 мГн;
 активний опір обмотки – 0,102 Ом.

Висновки до розділу 1

У першому розділі було розглянуто характеристику електромеханічного об'єкту, обґрунтування застосування регульованого електропривода в такій системі, як привод конвеєра агломашини та розрахунок силового електрообладнання.

Частотне регулювання швидкості у даному випадку, завдяки транзисторному перетворювачу частоти є плавним та безступінчастим. Система ПЧ-АД на відміну від інших компактна за своїми масогабаритними показниками, адже і асинхронний двигун, і перетворювач частоти мають невеликі розміри. Великою перевагою частотного регулювання є можливість реалізації регульованих властивостей, що не поступаються приводу постійного струму, в електроприводі з асинхронним двигуном з короткозамкнутим ротором, найбільш простим у виконанні, невибагливим, надійним та дешевим електричним двигуном.

Обрано асинхронний двигун типу 4A200L8У3 22 кВт та частотою обертання 750 об/хв.

Розділ 2. ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНІ ТА ЕНЕРГЕТИЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЕЛЕКТРОПРИВОДА АГЛОМАШИНИ

2.1 Схема заміщення приводного двигуна та її параметри

2.1.1 Схема заміщення приводного двигуна та її параметри

T-подібна схема заміщення асинхронного двигуна має наступний вигляд, рис.2.1:

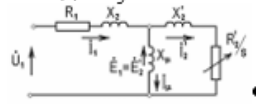


Рисунок 2.4 – T-подібна схема заміщення асинхронного двигуна

де R_1, X_1 – активний та індуктивний опір фази статора АД;

R_2, X_2 – активний та індуктивний опір фази ротора АД;

X_n – індуктивний опір контуру намагнічування АД;

За паспортними даними, наведеними у розділі 1.5, знаходимо параметри схеми заміщення.

Номінальна кутова швидкість:

$$\omega_{\text{ном}} = n_{\text{ном}} \cdot \frac{\pi}{30} = 76,65 \text{ 1/с}$$

Кутова швидкість холостого ходу:

$$\omega_0 = n_0 \cdot \frac{\pi}{30} = 78,75 \text{ 1/с}$$

Номінальне ковзання:

$$S_n = \frac{\omega_0 - \omega_{\text{ном}}}{\omega_0} = 0,027$$

Номінальний момент двигуна:

$$M_{\text{ном}} = 1000 \cdot \frac{P_{\text{ном}}}{\omega_{\text{ном}}} = 287 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Визначаємо номінальний струм статора за формулою:

$$I_{1\text{н}} = \frac{P_{\text{н}}}{3 \cdot U_{1\text{н}} \cdot \eta_{\text{н}} \cdot \cos \varphi_{\text{н}}} = 45 \text{ А}$$

де $P_{\text{н}}$ – номінальна потужність двигуна;

$U_{1\text{н}}$ – номінальна фазна напруга;

$\eta_{\text{н}}$ – номінальний ККД;

$\cos \varphi_{\text{н}}$ – номінальний коефіцієнт потужності;

Визначаємо струм статора при 75% навантаженні:

$$I_{1\text{р}} = \frac{p_* \cdot P_{\text{н}}}{3 \cdot U_{1\text{н}} \cdot \eta_{\text{р}_*} \cdot \cos \varphi_{\text{р}_*}} = 34,4 \text{ А}$$

де $p_* = P/P_{\text{н}}$ – коефіцієнт завантаження двигуна;

$\eta_{\text{р}_*}$ – ККД при частковому завантаженні;

$\cos \varphi_{\text{р}_*}$ – коефіцієнт потужності при частковому завантаженні;

Сучасні асинхронні двигуни проектується таким чином, щоб максимальний ККД досягався при навантаженні, що на 10-15% менше від номінального. Це пов'язано з тим, що більшість двигунів через стандартну

дискретну шкалу потужностей працюють з певним недовантаженням. Тому ККД при номінальному навантаженні та навантаженні $p_* = 0,75$ майже однакові, тобто можливо прийняти:

$$\eta_n = \eta_{0,75}$$

Значення коефіцієнту потужності при тому ж частковому навантаженні $p_* = 0,75$ може досить значно відрізнятись від номінального коефіцієнта потужності. Чисельні значення суттєво залежать як від номінальної потужності двигуна, так і від частоти обертання. Для відомих серій асинхронних двигунів з достатньою для практики точністю рекомендується використання залежності, рис. 2.5.

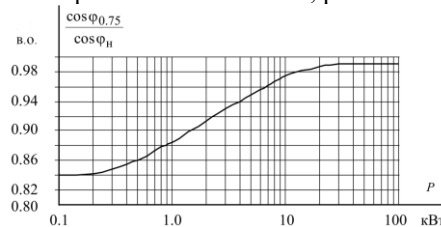


Рисунок 2.5 – Залежність відхилення коефіцієнту потужності при частковому навантаженні від потужності асинхронного двигуна

З вище приведеної залежності маємо, що для двигуна пересування візка:

$$\cos \varphi_{0,75} \approx \cos \varphi_n$$

Визначаємо струм холостого ходу:

$$I_0 = \sqrt{\frac{I_{1p}^2 - I_{1n}^2 \cdot [p_* \cdot (1 - s_n) / (1 - p_* \cdot s_n)]^2}{1 - [p_* \cdot (1 - s_n) / (1 - p_* \cdot s_n)]^2}} = 11,83 \text{ А}$$

де I_{1n} – номінальний струм статора;

I_{1p} – струм статора при 75% навантаженні;

s_n – номінальне ковзання;

Визначаємо критичне ковзання:

$$s_k = s_n \frac{(\lambda_m + \sqrt{\lambda_m^2 - [1 - 2 \cdot s_n \cdot \beta \cdot (k_m - 1)]})}{1 - 2 \cdot s_n \cdot \beta \cdot (k_m - 1)} = 0,11$$

де k_m – перевантажувальна здатність двигуна;

β – коефіцієнт, значення якого лежить у межах 0,6-2,5 (для асинхронних двигунів серії 4А $\beta = 1,3$);

Визначаємо коефіцієнт C_1 :

$$C_1 = 1 + \frac{I_0}{2 \cdot k_I \cdot I_{1n}} = 1,0219$$

де k_I – кратність пускового струму;

Визначаємо коефіцієнт A_1 :

$$A_1 = \frac{3 \cdot U_{1n}^2 \cdot (1 - s_n)}{2 \cdot C_1 \cdot k_m \cdot P_n} = 1,56$$

Активний опір ротора, приведений до обмотки статора АД:

$$R_2 = \frac{A_1}{(\beta + 1/s_n) \cdot C_1} = 0,1443 \text{ Ом}$$

Активний опір обмотки статора:

$$R_1 = C_1 \cdot R_2 \cdot \beta = 0,1916 \text{ Ом}$$

Визначимо параметр γ , який дозволяє знайти індуктивний опір короткого замикання R_{2k} :

$$\gamma = \sqrt{(1/s_k^2)^2 - \beta^2} = 9,21$$

Тоді:

$$X_{кн} = \gamma \cdot R_2 \cdot C_1 = 1,3578 \text{ Ом}$$

Для того, щоб виділити з індуктивного опору короткого замикання L_{2k} опори розсіювання фаз статора L_1 та ротора L_2 , скористаємося співвідношеннями, які справедливі для серійних асинхронних двигунів.

Індуктивний опір розсіювання фази роторної обмотки, приведеної до статорної, може бути розрахований за формулою:

$$X_2 = 0,58 \cdot X_{кн} / C_1 = 0,7706 \text{ Ом}$$

Індуктивний опір розсіювання фази статорної обмотки може бути розрахований за наступною формулою:

$$X_1 = 0,42 \cdot X_{кн} = 0,5703 \text{ Ом}$$

Електрорушійна сила на затискачах кола намагнічування E_m , що індукується головним магнітним полем у номінальному режимі роботи, дорівнює:

$$E_m = \sqrt{(U_{1н} \cdot \cos\varphi_n - R_1 \cdot I_{1н})^2 + (U_{1н} \cdot \sqrt{1 - \cos^2\varphi_n} - X_1 \cdot I_{1н})^2} = 198.95 \text{ В}$$

Визначимо індуктивний опір кола намагнічування:

$$X_\mu = E_m/I_0 = 16.82 \text{ Ом}$$

2.2 Особливості частотного керування асинхронним електроприводом з реактивним моментом опору

Для досягнення високих енергетичних показників частотно-регульованого асинхронного електродвигуна необхідно здійснювати спільне регулювання частоти і прикладеної напруги відповідно до закону Костенка.

1925 року академік М.П. Костенко сформулював загальний закон, що забезпечує оптимальні умови роботи асинхронного двигуна при різних методах визначення діючого значення напруги та частотою живлення статора. З метою забезпечення оптимального режиму роботи асинхронного двигуна при будь-яких значеннях частоти і навантаження необхідно змінювати відносну напругу двигуна пропорційно добутку відносної частоти на квадратний корінь з відносного моменту.

$$\gamma = \alpha \cdot \sqrt{\mu} \quad (2.1)$$

де $\mu = M/M_{\text{ном}}$ – відносний момент опору робочої машини. Якщо магнітне коло асинхронного двигуна не насичене та за умови нехтування активним опором статора, то в цьому випадку асинхронний двигун працюватиме при практично постійному абсолютному ковзанні та основного магнітного потоку. Це забезпечує оптимальні умови електромеханічного перетворення та високу енергетичну ефективність асинхронного двигуна.

Закон Костенка обґрунтовується наступними простими міркуваннями. З припущенням про незмінність перевантажувальної здібності під час регулювання, отримуємо, що критичний момент АД, який залежить від квадрата величини магнітного потоку, також повинен залишатися постійним. Таким чином, відношення моментів при двох різних частотах буде однаковим.

$$\frac{M_1}{M_2} = \frac{\phi_1^2}{\phi_2^2} \rightarrow \frac{\phi_1}{\phi_2} = \sqrt{\frac{M_1}{M_2}} \quad (2.2)$$

За умови нехтування впливом активного опору статора, прикладена напруга буде зрівноважуватися електрорушійною силою, що створюється основним магнітним потоком. Відношення напруг при різних частотах дорівнюватиме:

$$\frac{U_1}{U_2} \approx \frac{\phi_1 \cdot f_1}{\phi_2 \cdot f_2} \quad (2.3)$$

Поєднуючи вирази (2.2) та (2.3), одержимо відомий вираз для закону Костенка:

$$\frac{U_1}{U_2} = \frac{f_1}{f_2} \cdot \sqrt{\frac{M_1}{M_2}} \rightarrow U\alpha \cdot \quad (2.4)$$

Якщо відома залежність відносного моменту від кутової швидкості, то формулювання закону Костенка можна спростити. Оскільки з точністю до ковзання $\omega_1 = \omega$, то рівняння механічної характеристики робочої машини задаємо степеневою функцією $M_c \cdot \omega^k$ або, у відносних одиницях, як $\mu\alpha^k$. Тоді формула (2.1) прийме наступний вигляд

$$\gamma = \alpha^{1+k/2} \quad (2.5)$$

Отож для деяких стандартних типів навантаження одержимо такі вирази

	Вид навантаження		
	Статична $M = \text{const}; k = 0$	Вентиляторна $M = c \cdot \omega^2; k = 2$	Постійна потужність $M \cdot \omega = \text{const}; k = -1$
Закон керування	$\gamma = \alpha$	$\gamma = \alpha^2$	$\gamma = \sqrt{\alpha}$

Наведені закони частотного керування є фактичним «золотим» стандартом, який використовується в сучасних перетворювачах частоти. Закон Костенка можна застосовується як в розімкнутих, так і в замкнених системах автоматичного керування. Суть закону полягає у керуванні напругою (магнітним потоком) машини в залежності від навантаження на валу без його безпосереднього вимірювання. Якщо навантаження зменшується, магнітний потік також можна знизити, зменшивши напругу, не втрачаючи запас статичної стійкості.

Для механізмів з реактивним типом навантаження стосовно до номінальних параметрів мережевої напруги одержимо закон частотного керування:

$$\frac{U}{f} = \frac{U_{\text{ном}}}{f_{\text{ном}}} = \frac{220}{50} = 4.4 \quad (2.6)$$

2.3 Розрахунок природних статичних характеристик асинхронного електродвигуна

Для визначення необхідних характеристик асинхронного електродвигуна використаємо комплексний метод розрахунку кіл змінного струму.

Комплексний опір ротора визначається наступним чином:

$$Z_2(s) = \frac{r_2}{s} + j \cdot x_2$$

Комплексний опір ланцюгу намагнічування

$$Z_{\mu} = j \cdot x_{\mu}$$

Комплексний опір роторного кола схеми заміщення

$$Z_{20}(s) = \frac{Z_2(s) \cdot Z_{\mu}}{Z_2(s) + Z_{\mu}}$$

Комплексний опір ланцюгу статора

$$Z_1(s) = r_1 + j \cdot x_1$$

Повний комплексний опір схеми заміщення

$$Z_0(s) = Z_1(s) + Z_2(s)$$

Струм статора АД

$$I_1(s) = \frac{U_1}{Z_0(s)}$$

Напряга на затисках роторного кола

$$E_{20}(s) = U - I_1(s) \cdot Z_1(s)$$

Струм ротора АД

$$I_2(s) = \frac{E_{20}(s)}{Z_2(s)}$$

Електромагнітний момент АД

$$M_{\text{эм}}(s) = 3 \cdot (|I_2(s)|)^2 \cdot \frac{r_2}{\omega_0 \cdot s}$$

Активна та реактивна потужності, споживані АД з мережі:

$$P_{\text{АД}}(s) = 3 \cdot \text{Re} \left(U_1 \cdot \hat{I}_1(s) \right); Q_{\text{АД}}(s) = 3 \cdot \text{Im} \left(U_1 \cdot \hat{I}_1(s) \right)$$

Коефіцієнт корисної дії АД

$$\eta(s) = \frac{M_{\text{эм}}(s) \cdot \omega_0 \cdot (1 - s)}{P_{\text{АД}}(s)}$$

Коефіцієнт потужності АД

$$k_m(s) = \cos \left(\arg(Z_0(s)) \right)$$

Розрахунки по приведених вище формулах були виконані за допомогою програми MATHCAD. Результати розрахунків статичних і енергетичних характеристик електродвигуна приведені нижче на рис. 2.4.

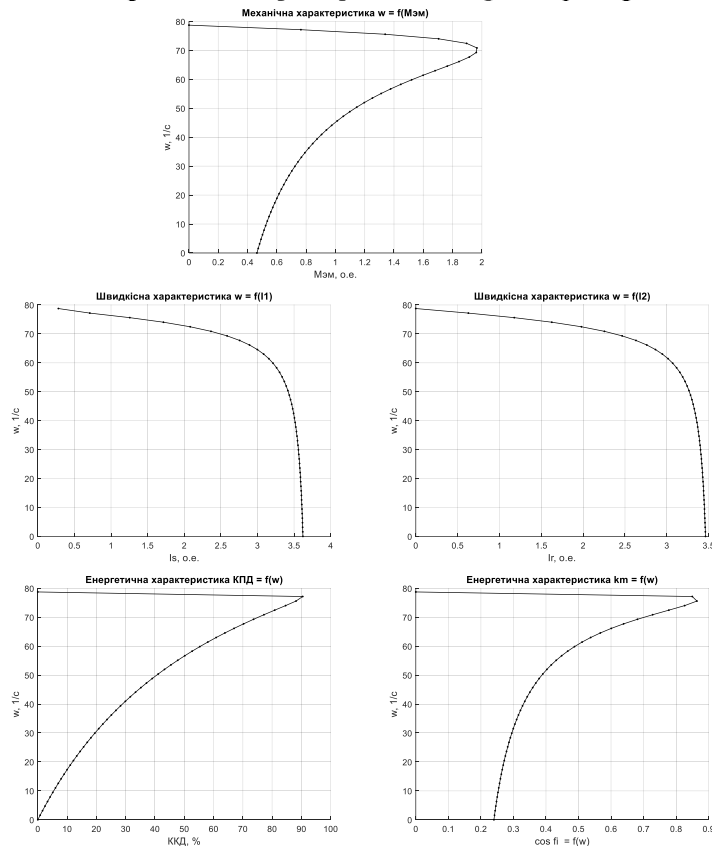


Рисунок 2.4 – Розраховані натуральні експлуатаційні характеристики асинхронного електродвигуна агло-
МАШИНИ

2.4 Розрахунок статичних характеристик частотно-керованого електроприводу у розімкненій системі керування

Оскільки частота живлячої напруги змінюється то необхідно врахувати, що індуктивні опори приводного асинхронного двигуна також не залишатимуться незмінними. За відомими значеннями індуктивних опорів при частоті живлячої мережі 50 Гц нескладно визначити й індуктивні опори при частоті живлячої мережі f Гц, відмінній від номінальної, за наступним виразом:

$$X_f = X_{50} \cdot \frac{f}{50}$$

Розрахунок експлуатаційних характеристик електроприводу у замкненій системі керування має враховувати одночасне керування напругою та частотою у відповідності до енергоефективного закону Костенка. Відповідно до виразу (2.6) при частоті живлячої мережі f Гц необхідно задати таке діюче значення фазної напруги:

$$U = 4.4 \cdot f \quad \text{В}$$

Для розрахунку необхідних характеристик асинхронного електродвигуна скористаємося символьним методом комплексним методом розрахунку кіл змінного струму.

Комплексний опір ротора

$$Z_2(s) = \frac{r_2}{s} + j \cdot x_2$$

Комплексний опір ланцюгу намагнічування

$$Z_\mu = j \cdot x_\mu$$

Комплексний опір роторного кола схеми заміщення

$$Z_{20}(s) = \frac{Z_2(s) \cdot Z_\mu}{Z_2(s) + Z_\mu}$$

Комплексний опір ланцюгу статора

$$Z_1(s) = r_1 + j \cdot x_1$$

Повний комплексний опір схеми заміщення

$$Z_0(s) = Z_1(s) + Z_{20}(s)$$

Струм статора АД

$$I_1(s) = \frac{U_1}{Z_0(s)}$$

Напруга на затисках роторного кола

$$E_{20}(s) = U - I_1(s) \cdot Z_1(s)$$

Струм ротора АД

$$I_2(s) = \frac{E_{20}(s)}{Z_2(s)}$$

Електромагнітний момент АД

$$M_{эм}(s) = 3 \cdot (|I_2(s)|)^2 \cdot \frac{r_2}{\omega_0 \cdot s}$$

Активна та реактивна потужності, споживані АД з мережі

$$P_{АД}(s) = 3 \cdot \text{Re} \left(U_1 \cdot \hat{I}_1(s) \right); Q_{АД}(s) = 3 \cdot \text{Im} \left(U_1 \cdot \hat{I}_1(s) \right)$$

Коефіцієнт корисної дії АД

$$\eta(s) = \frac{M_{эм}(s) \cdot \omega_0 \cdot (1 - s)}{P_{АД}(s)}$$

Коефіцієнт потужності АД

$$k_m(s) = \cos \left(\text{arg} \left(Z_0(s) \right) \right)$$

Розрахунки по приведених вище формулах були виконані за допомогою програми MATLAB. Результати розрахунків статичних і енергетичних характеристик електродвигуна приведені нижче на рис. 2.5–2.8.

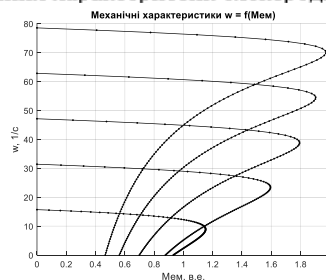


Рисунок 2.5 – Штучні механічні характеристики АД при частотному регулюванні. Частота живлячої напруги – 50, 40, 30, 20, 10 Гц

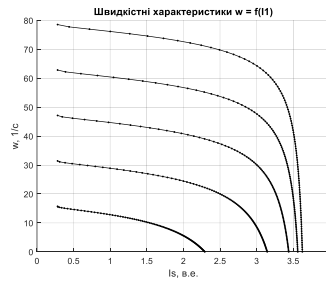


Рисунок 2.6 - Штучні швидкісні характеристики АД по струму статора при частотному регулюванні. Частота живлячої напруги – 50, 40, 30, 20, 10 Гц

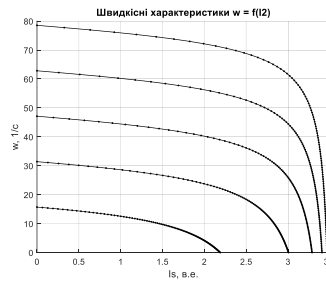


Рисунок 2.7- Штучні швидкісні характеристики АД по ротору при частотному регулюванні. Частота живлячої напруги – 50, 40, 30, 20, 10 Гц

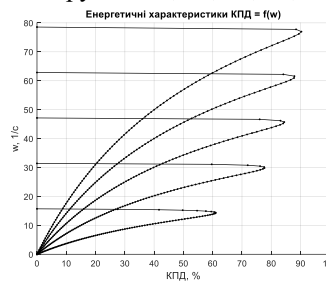


Рисунок 2.5 - Штучні залежності коефіцієнту корисної дії АД при частотному регулюванні. Частота живлячої напруги – 50, 40, 30, 20, 10 Гц

Висновки до розділу 2

Другий розділ присвячено розрахункам природних експлуатаційних характеристик приводного асинхронного двигуна за Т-подібною схемою заміщення. Обґрунтовано необхідність використання енергоефективного закону частотного керування $U/f = \text{const}$ з урахуванням реактивного характеру моменту опору конвеєра агломашини. Виконано розрахунки штучних електромеханічних та енергетичних характеристик електроприводу у замкненій системі керування при регулюванні частоти обертання вниз від номінальної. Статичні характеристики електроприводу мають задовільну жорсткість. Але регулювання частоти обертання призводить до помітного зменшення коефіцієнту корисної дії електроприводу.

Розділ 3 МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ЕЛЕКТРОПРИВОДА АГЛОМАШИНИ

3.1 Математична модель асинхронного двигуна в ортогональній системі координат « α , β , 0»

Для математичного моделювання асинхронного двигуна широко використовується відома, [12], система рівнянь, записана у координатній системі, нерухомій відносно статора АД – так звана система координат « α , β , 0». Саме ця система координат знаходить широке застосування при математичному моделюванні АД в симетричних режимах роботи.

Вісь α цієї системи координат збігається з віссю «А». При цьому усі перетворені змінні на цій осі збігаються з реальними фазними змінними.

Найчастіше диференціальні рівняння АД в системі « α , β , 0» записується відносно поточкозчеплень.

Математична модель АД матиме вигляд

$$\left\{ \begin{aligned} \frac{d\psi_{\alpha s}}{dt} &= U_{\alpha s} - AR_s(\psi_{\alpha s} L_r' - \psi_{\alpha r} L_{\mu}); \\ \frac{d\psi_{\beta s}}{dt} &= -U_{\beta s} - AR_s(\psi_{\beta s} L_r' - \psi_{\beta r} L_{\mu}); \\ \frac{d\psi_{\alpha r}}{dt} &= -AR_r'(\psi_{\alpha r} L_s - \psi_{\alpha s} L_{\mu}) + \psi_{\beta r} \omega; \\ \frac{d\psi_{\beta r}}{dt} &= -AR_r'(\psi_{\beta r} L_s - \psi_{\beta s} L_{\mu}) + \psi_{\alpha r} \omega; \\ M &= \frac{3}{2} p L_{\mu} A(\psi_{\alpha s} \psi_{\beta r} - \psi_{\beta s} \psi_{\alpha r}); \\ \frac{d\omega}{dt} &= \frac{1}{J} p M - M_c. \end{aligned} \right. \quad (3.1)$$

де $A = \frac{1}{L_s L_r - L_{\mu}^2}$, R_s , R_r - активний опір фази відповідно статора і ротора; L_s , L_r - повна індуктивність обмоток відповідно статора і ротора; L_{μ} - взаємна індуктивність між обмотками статора і ротора.

Значення струмів зв'язані з потокозчепленнями такими рівняннями:

$$i_{\alpha s} = A(L_s \psi_{\alpha s} - L_{\mu} \psi_{\alpha r}); \quad (3.2)$$

$$i_{\beta s} = A(L_r \psi_{\beta s} - L_{\mu} \psi_{\beta r}); \quad (3.3)$$

$$i_{\alpha r} = A(L_s \psi_{\alpha r} - L_{\mu} \psi_{\alpha s}); \quad (3.4)$$

$$i_{\beta r} = A(L_r \psi_{\beta r} - L_{\mu} \psi_{\beta s}). \quad (3.5)$$

Перетворені напруги

$$\left\{ \begin{aligned} U_{\alpha} &= U_A = U_m \cos(\omega_0 t + \varphi_0); \\ U_{\beta} &= U_m \sin(\omega_0 t + \varphi_0). \end{aligned} \right. \quad (3.6)$$

Саме ця система рівнянь й використовується при моделюванні АД в середовищі MATLAB/Simulink.

3.2 Математична модель асинхронного двигуна конвєсра агломашини у середовищі MATLAB/Simulink

Реалізація математичної моделі асинхронного двигуна при реактивному моменті опору з використанням елементів бібліотеки Simulink/Simscare наведена на рис.3.1.

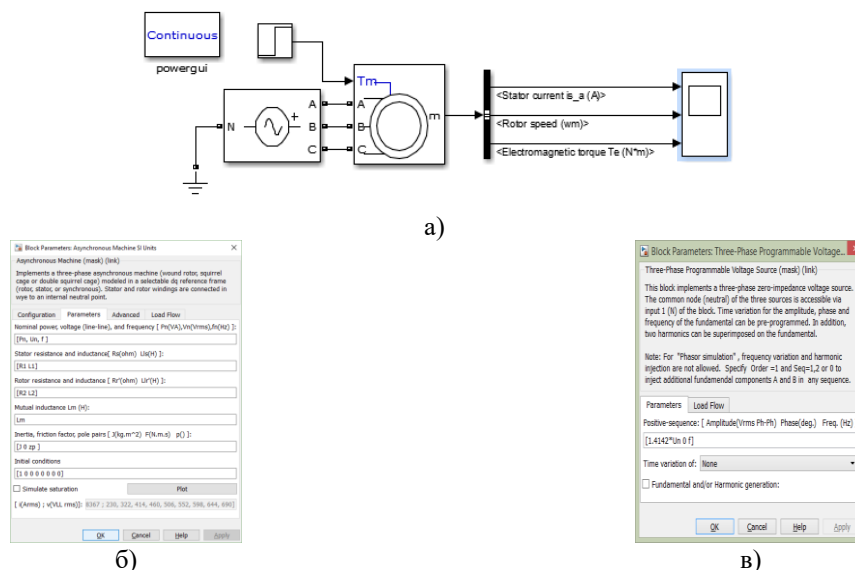
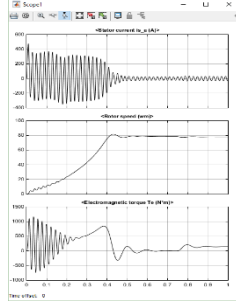


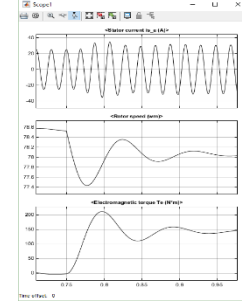
Рисунок 3.1 - Реалізація математичної моделі асинхронного двигуна з використанням бібліотеки Simulink/Simscare

Зображення рис.3.1.б, в містять діалогові вікна, що з'являються при налаштуванні відповідно параметрів асинхронного двигуна та параметрів трифазного джерела живлення.

Розраховані у наведеній моделі графіки перехідних процесів за струмом статора, кутовою швидкістю та рушійним моментом зображено на рис. 3.2. Приводяться графіки для струму фази статора, кутової швидкості та рушійного моменту АД при пуску без навантаження. В момент часу $t = 2$ с момент опору робочої машини стрибком збільшується до значення половини номінального моменту $M_{ст} = 0,5$ Мном. Рис.3.2.б містить часові діаграми тих самих процесів при накиді навантаження у збільшеному масштабі часу.



а) запуск



б) збільшення навантаження.

Рисунок 3.2 - Часові діаграми запуску АД та реакції на збільшення навантаження.

Отримані з діаграм рис.3.2 числові значення струмів та кутової швидкості при номінальному навантаженні співпадають з паспортними даними асинхронного двигуна, що підтверджує адекватність створеної моделі електроприводу конвеєра агломашини.

3.3 Математичне моделювання асинхронного електропривода з частотним керуванням з використанням MATLAB/Simulink

Для математичного моделювання асинхронного електропривода з частотним керуванням обираємо середовище MATLAB/Simulink, оскільки бібліотека бібліотеки SimScare містить готові рішення для нашої задачі.

Варіант реалізації математичної моделі асинхронного електропривода з векторним керуванням з використанням елементів бібліотеки SimScare/Electrical/Specialized Power Systems наведена на рис. 3.3.

Стандартний елемент частотно-керованого асинхронного електропривода цієї бібліотеки має вбудовані засоби для розрахунку параметрів регуляторів кутової швидкості та магнітного потоку ротору для векторної системи керування.

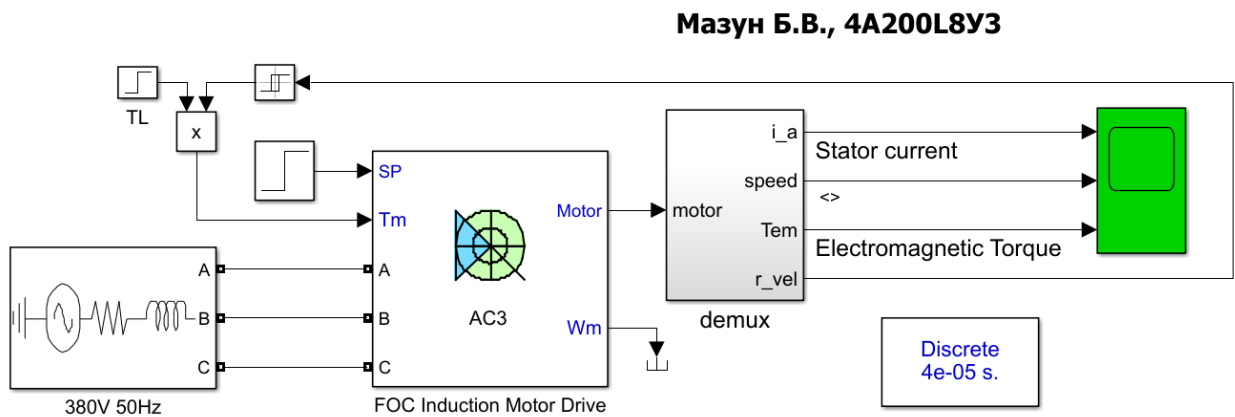
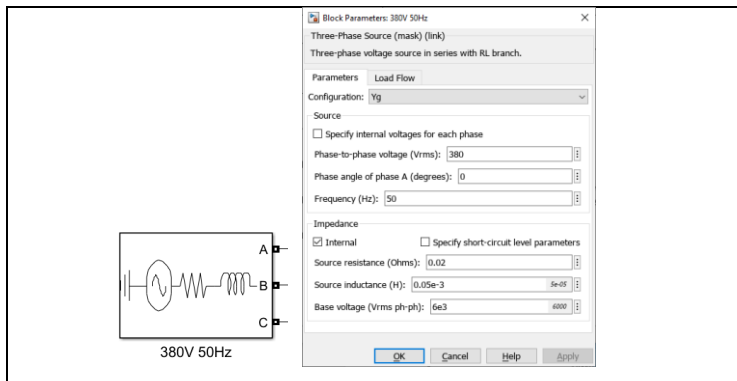
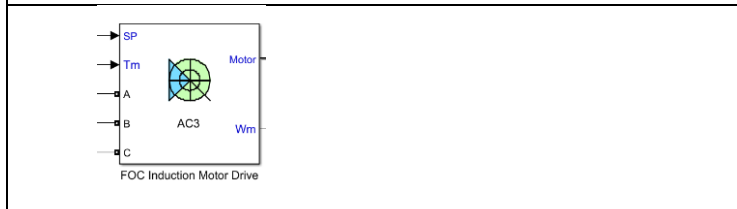
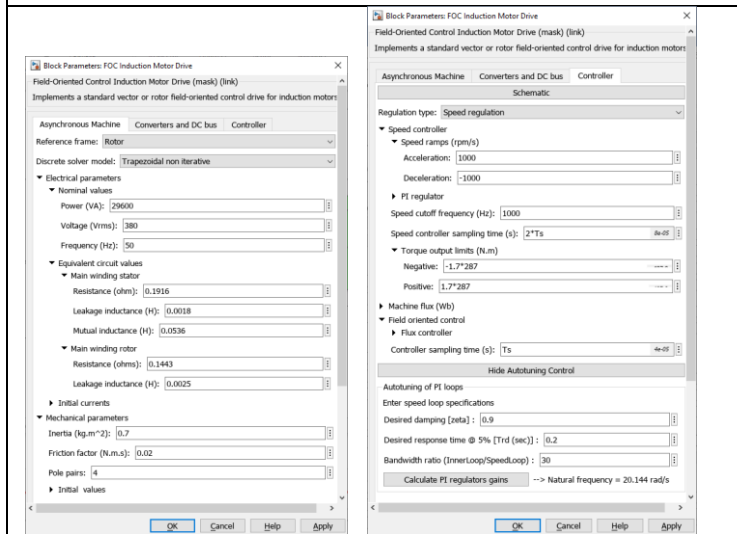
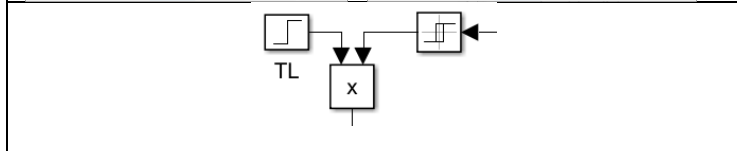


Рисунок 3.3 – Реалізація математичної моделі електроприводу конвеєра агломашини з асинхронним електроприводом з векторним керуванням

Таблиці 3.1 містить додаткові відомості про призначення та налаштування най важливіших елементів цієї моделі.

Таблиця 3.1 – Опис блоків математичної моделі

Зображення елемента	Опис елемента
---------------------	---------------

	<p>Блок живлячої мережі 380 В з внутрішніми опорами</p>
	<p>Блок частотно-керованого електроприводу з двигуном 4A200L8У3.</p>
	<p>Підсистема моделювання реактивного навантаження.</p>
	<p>Підсистема моделювання реактивного навантаження.</p>

Отримані графіки електромеханічних процесів у моделі з параметрами приводного асинхронного двигуна конвеєра агломашини типу 4A200L8У3 зображено на рис. 3.4. Зображено діаграми струму статора, частоти обертання та рушійного моменту АД. Запуск конвеєра агломашини здійснюється до пониженої частоти обертання, яка дорівнює 300 об/хв. При $t = 2$ с відбувається розгін електропривода конвеєра агломашини до номінальної швидкості 750 об/хв.

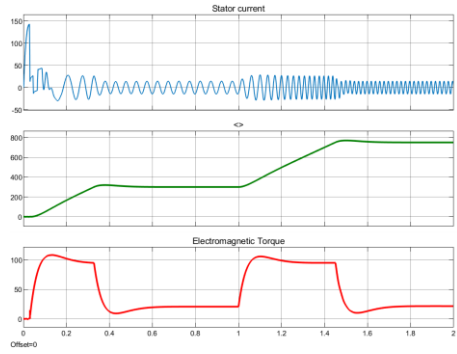


Рисунок 3.4 – Перехідні процеси запуску частотно-керованого електроприводу конвеєра агломашини та розгону до номінальної швидкості: відповідно струм статора, А; частота обертання, об/хв; електромагнітний момент, Нм.

Висновки до розділу 3

У третьому розділі наведено необхідні теоретичні лані про теоретичну математичну модель асинхронного двигуна у нерухомій відносно статора ортогональній системі координат « $\alpha, \beta, 0$ », яка використовується у Matlab/Simulink. Виконано перевірку адекватності математичної моделі асинхронного двигуна. За допомогою бібліотеки Matlab/SimScape/Electrical/Specialized Power Systems розроблено варіант реалізації системи векторного керування асинхронного двигуна, виконану автоматичну процедуру налаштування регуляторів замкненої системи керування. Розраховано типові електромеханічні процеси запуску та регулювання частоти обертання електроприводу конвеєра агломашини.

Розділ 4 МОНТАЖ ТА НАЛАГОДЖЕННЯ ЕЛЕКТРОПРИВОДА АГЛОМАШИНИ

4.1 Розробка структурної схеми силової частини електроприводу

Найпоширенішим типом перетворювачів частоти є двоступінчасте перетворювальне обладнання, виконане на основі випрямляча трифазної змінної напруги мережі й автономного інвертора напруги (АІН), що перетворює випрямлену напругу в змінну трифазну з регульованою частотою й амплітудою. Незважаючи на подвійне перетворення енергії й обумовлене цим деяке зниження ККД, такі перетворювачі частоти (із проміжною ланкою постійного струму) одержали найбільше поширення в різних типах електроустановок. На відміну від автономних інверторів струму, що містять на своєму вході індуктивність, обов'язковим елементом на вході автономного інвертора напруги є паралельно ввімкнена ємність. Використання некерованого діодного випрямляча дозволяє отримати високе, практично одиничне, значення коефіцієнта потужності на мережевих затискачах. Регулювання величини вихідної напруги здійснюється з використанням широтно-імпульсної модуляції (ШІМ) з різними значеннями кількості рівнів та полярності.

Спрощена функціональна схема частотно-керованого асинхронного електроприводу наведено на рис.4.1.

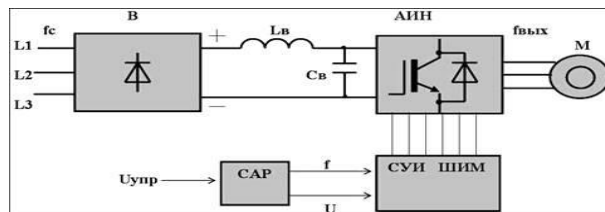


Рисунок 4.1 – Структурна схема перетворювача частоти.

Регулювання вихідної частоти $f_{\text{вих}}$ і напруги $U_{\text{вих}}$ здійснюється в АІН за рахунок високочастотного широтно-імпульсного (ШІМ) керування. ШІМ характеризується періодом модуляції, усередині якого обмотка статора електродвигуна підключається по черзі до додатного й від'ємного полюсів випрямляча. Тривалість цих підключень на протязі періоду ШІМ модулюється за синусоїдальним законом. В теперішній час перетворювачі частоти виконуються з високими (8...16 кГц) частотами модуляції. Тому через обмотки електродвигуна, враховуючи їх фільтруючі властивості, протікають струми практично синусоїдальної форми.

Отже, крива вихідної напруги має форму високочастотної двохполярної послідовності прямокутних імпульсів (рис. 4.2). Частота імпульсів визначається частотою модуляції ШІМ, а от тривалість окремих імпульсів всередині періоду вихідної частоти АІН визначається синусоїдальним сигналом модуляції.

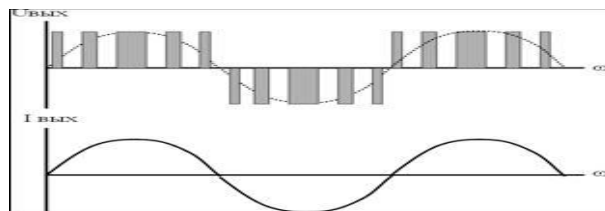


Рисунок 4.2 - Форма кривих напруги й струму на виході автономного інвертора напруги з широтно-імпульсною модуляцією.

Таке керування дозволяє одержати високий ККД перетворювача й еквівалентно аналоговому керуванню за допомогою частоти й амплітуди напруги.

Сучасні інвертори виконуються на основі повністю керованих силових напівпровідникових приладів –, що захищаються GTO – тиристорів, або біполярних IGBT - транзисторів з ізолюваним затвором. На рис. 4.3 представлена 3-х фазна мостова схема автономного інвертора на IGBT -Транзисторах. Вона складається із вхідного ємнісного фільтра C_f і шести IGBT транзисторів $V1-V6$ включеними паралельно діодами зворотного струму $D1-D6$.

За рахунок почергового перемикування вентилів $V1-V6$ по алгоритму, заданому системою керування, постійна вхідна напруга $U_{\text{в}}$ перетворюється в змінну прямокутно-імпульсну вихідну напругу. Через керовані

ні ключі V1-V6 протікає активна складова струму асинхронного електродвигуна АД, через діоди D1-D6 – реактивна складова струму АД

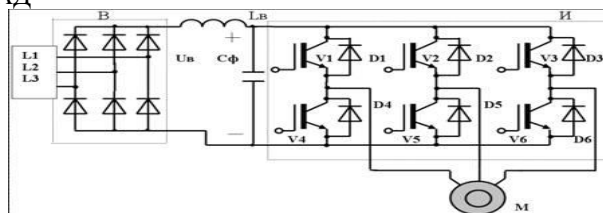


Рисунок 4.3 - Спрощена принципова схема силової частини перетворювача частоти.

4.1. Перетворювачі частоти ABB ACS550-02

Перетворювачі частоти компанії ABB є сучасними, високотехнологічними пристроями, що мають широкий діапазон регулювання, великий набір функцій для керування швидкістю обертання асинхронних двигунів.

Найвища якість і надійність дозволяють застосовувати перетворювачі частоти в різних галузях для керування приводами насосів, вентиляторів, машин, механізмів і т.п.

Перетворювач частоти ACS550 -02- 486A - 4 потужністю до 250 кВт з 3 - фазним напругою живлення 380-480 В розроблений компанією, має повний набір функцій для інтелектуального управління вентиляторами, насосами і компресорами. Застосування у складі систем HVAC будівель приводів ACS550 дозволяє отримати повністю автоматизовану систему навіть без застосування зовнішніх контролерів і, навпаки, розширити можливості інженерної системи, використовуючи вільні входи - виходи приводів для управління іншими зовнішніми пристроями від програмованих контролерів в складі систем диспетчеризації (BMS).

Крім того, застосування приводів ACS550 істотно знижує витрати на експлуатацію інженерних систем будівель. Для більш повної відповідності сучасним вимогам замовника вже в стандартній комплектації привід має :

- Вбудований фільтр електромагнітної сумісності для застосування в житлових будівлях.
- Запатентований ABB дросель із змінною індуктивністю, який забезпечує придушення гармонік на 25 % краще, ніж звичайний дросель такого ж розміру в режимах змінних навантажень.
- Змінну текстово - графічну російськомовну панель управління і відображення інформації з енергонезалежною FLASH - пам'яттю, алгоритм програмування якої ідентичний алгоритму мобільного телефону.
- Широкий набір інтерактивних програм - майстрів для скорочення часу та спрощення програмування приводу користувачем.
- Вбудовані захисту для запобігання пошкодження приводу або керованого ним механізму, у тому числі програмовані.
- 14 вбудованих заводських макросів для застосування у всіх додатках систем HVAC, що дозволяють створити потрібну конфігурацію параметрів приводу одним натисканням на клавішу панелі управління, а також 2 макросу користувача.
- Вбудована програма управління насосною станцією з функцією авточередування насосів.
- Функцію перевизначення («пожежного режиму»), що забезпечує безперервну роботу приводу в позаштатних ситуаціях, керуючи вентилятором для димовидалення або пожежним насосом.
- Вбудовані інтерфейси Fieldbus : Modbus RTU, N2, FLN і BACnet.
- 4 вбудованих таймера, програмовані по годинах реального часу і календарем.
- 2 незалежних ПД - регулятора для забезпечення заданих технологічних параметрів системи (витрата повітря, тиск, температура і т.д.).
- Плати з захисним покриттям, що продовжує термін служби приводу.
- У діапазоні потужностей від 0,75 до 132 кВт привід випускається в настінному варіанті монтажу і має класи захисту IP21 і IP54. Від 160 до 355 кВт - привід має підлогове виконання. Додаткові опції, пропоновані для серії ACS550, істотно розширюють можливості його застосування:
- Монтажний комплект для установки панелі управління на двері шафи, клас захисту IP21 і IP66.
- Вихідні дроселі, що дозволяють збільшити довжину кабелів двигуна.
- Модуль розширення релейних виходів.
- Програмне забезпечення для параметрування і управління від персонального комп'ютера DriveWindow Light 2.
- Пристрій FlashDrop для параметрування приводу без подачі на нього живлення.

У загальному випадку принципова схема живлення приводного двигуна через перетворювач частоти має вигляд, зображений на рис.4.4.

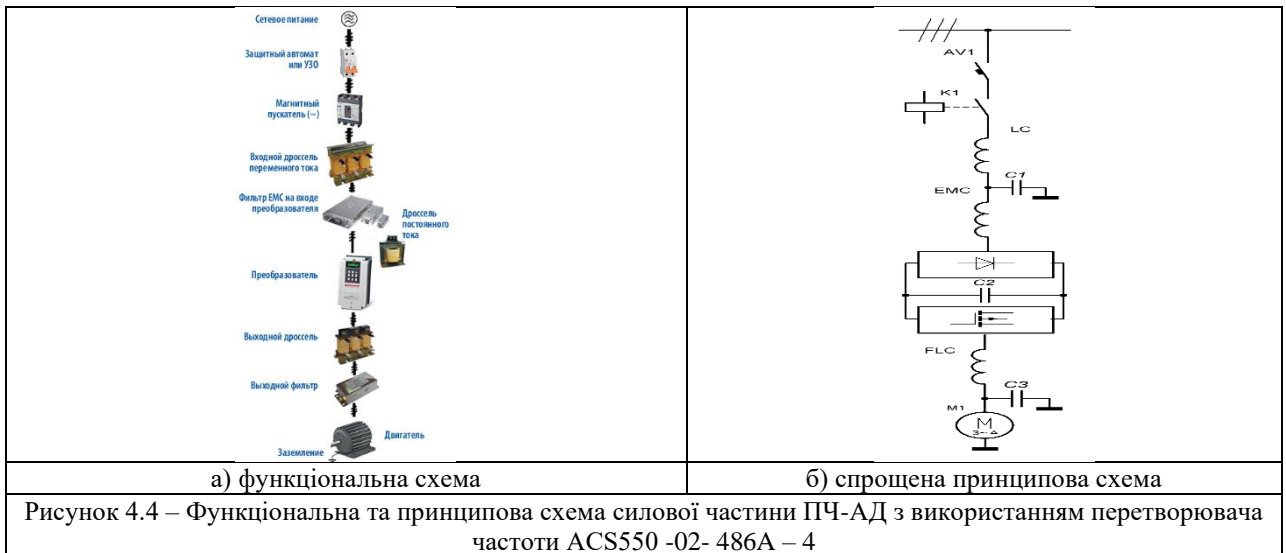


Рисунок 4.4 – Функціональна та принципова схема силової частини ПЧ-АД з використанням перетворювача частоти ACS550 -02- 486A – 4

Нижче, на рис.4.5 наведена структура умовного позначення, зазначеного на обох табличках з кодами типу та серійними номерами.

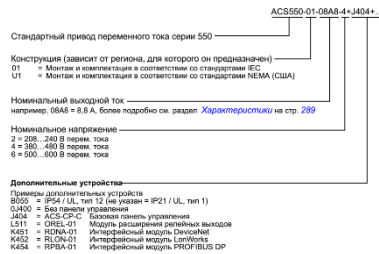


Рисунок 4.5. – Структура умовного позначення перетворювача ACS550-02-486A-4.

4.1.1. Технічні характеристики перетворювача частоти ACS550 -02- 486A - 4.

Технічні характеристики перетворювача частоти ACS550-02-486A-4.

Потужність електродвигуна, кВт

250

Вихідні параметри:

Струм при повному навантаженні, А

Напруга, В

три фази, 380

Частота, Гц

0,1 – 400

Вхідні параметри:

Напруга, В

3 фази, 380^{+10%}

Частота, Гц

50-60

Керування.

Спосіб керування. *U/f* керування. Бездавачеве векторне керування. Векторне керування з давачем (момент, кутова швидкість).

Дискретність налаштування частоти. Цифрове– 0,01 Гц (нижче 100 Гц), 0,1 Гц (вище 100 Гц). Аналогове – 0,03 Гц (максимальна частота 60 Гц).

Точність налаштування частоти. Цифрове– 0,01% від максимальної вихідної частоти. Аналогове – 0,1% від максимальної вихідної частоти.

Тип *U/f*керування. Можливість вибору лінійної або квадратичної залежності. Можливе налаштування довільної *U/f*залежності користувачем.

Допустиме перенавантаження. 1 хвилина при 150% перенавантаженні; 0,5 с при 200% перенавантаженні (час-струмова залежність обернено пропорційна часу).

Форсування моменту. Автоматичне або ручне, (0-15%).

Способи керування.

Пульт керування. 4-розрядний 7-сегментний дисплей.

Джерело керуючих сигналів: Пульт керування, багатофункціональні входи (вручну), опція комунікації з іншими пристроями.

Завдання частоти. Аналоговий сигнал 0-10 В/ 4-20 мА/, цифровим сигналом з пульта керування.

Функції керування. Обмеження частоти. Підключення другого двигуна. Компенсація ковзання. Запобігання реверсу. Автоматичний перезапуск при відновленні живлення. Гальмування двигуна. Вбудований ПІД-регулятор.

Вхідний сигнал.

Стартовий сигнал. Команди руху в прямому або зворотному напрямку.

Багатоступінчасте керування. До 8 уставок швидкості (з використанням , багатофункціональних входів).

Вибір швидкості та часу розгону/гальмування. 0 -6000 с. Характеристика розгону/гальмування – лінійна, U-подібна, S-подібна.

Аварійна зупинка. Відключення силового виходу перетворювача.

Перезапуск у випадку збоїв. Сигнал перезапуску при активованій захисній функції.

Вихідний сигнал.

Умови спрацьовування. Перевищення контрольної швидкості. Спрацьовування захисту від перенавантаження. Струмообмеження. Перенапруга. Понижена напруга. Перегрів перетворювача. Запуск і зупинка двигуна. Стала швидкість. Перемикання на живлячу мережу. Пошук швидкості. Вурассперетворювача.

Сигналізація. 1 перекидний контакт.

Індикація. Вихідна частота. Вихідний струм. Вихідна напруга. Напруга ланки постійного струму. Вихідний момент – по вибору користувача.

Захисні функції.

Відключення виходу.. Перенапруга. Понижена напруга. Перенавантаження по стуму 1, 2. Помилка заземлення. Перегрів перетворювача. Обрив фази. Перегрів двигуна. Перенавантаження. Обрив зв'язку. Відсутність команди швидкості. Несправність пристрою.

Сигналізація.«Опрокидування» двигуна. Перенавантаження. Несправність датчика температури.

Опції. Пульти дистанційного керування. Модулі зв'язку RS-485, ModbusRTU, DeviceNet, Profibus-DP, Fnet, гальмівний резистор, блок гальмування.

4.2. Підготовка до монтажу перетворювача частоти.

4.2.1. Блок-схема монтажу та введення в експлуатацію



4.2.2. Перевірка сумісності двигуна

1 . Вибирати двигун слід відповідно до вимог застосування.

2 . Вибирайте привід відповідно до таблиць характеристик, наведених в Технічних характеристиках. Якщо стандартні навантажувальні цикли незастосовні , скористайтеся комп'ютерним програмним забезпеченням DriveSize.

3 . Переконайтеся , що характеристики електродвигуна знаходяться в межах, допускаються програмою управління приводом:

- номінальна напруга двигуна лежить в межах $1/2 \dots 2 \cdot U_N$ приводу;

- номінальний струм двигуна знаходиться в межах $1/6 \dots 2 \cdot I_{2hd}$ привода в режимі векторного управління та $0 \dots +2 \cdot I_{2hd}$ при скалярному управлінні .

Режим керування вибирається з допомогою параметра 9904 MOTOR CTRL MODE.

4 . Перш ніж використовувати двигун в приводній системі , в якій номінальну напругу двигуна відрізняється від напруги джерела живлення змінного струму , проконсультуйтеся у виробника двигуна.

5 . Переконайтеся , що система ізоляції двигуна витримує максимальну пікове напругу, що виникає на клеммах двигуна. вимоги до системі ізоляції двигуна і фільтрам приводу.

Приклад 1. При напрузі пітанія440 У максимальне пікове напруга на клеммах двигуна можна приблизно розрахувати наступним чином: $440В \cdot 1,35 \cdot 2 = 1190В$. Перевірте , що система ізоляції двигуна витримує цю напругу.

4.2.3. Захист обмоток і підшипників двигуна

Вихідна напруга приводу (незалежно від вихідної частоти) містить імпульси з дуже короткими фронтами і амплітудою , приблизно в 1,35 рази перевищує напруга живильної мережі . Це відноситься до всіх приводам , в яких використовуються сучасні перетворювачі на біполярних транзисторах (IGBT) .

Напруга цих імпульсів може майже подвоюватися на клеммах двигуна в залежно від властивостей кабелю двигуна. Це, в свою чергу, може створювати додаткове навантаження на ізоляцію двигуна.

Сучасні приводи із змінною швидкістю обертання, характеризуються високою частотою комутації і наявністю імпульсів напруги з крутими фронтами, можуть створювати в підшипниках двигуна імпульсні струми, які поступово руйнують обидва підшипники.

Щоб уникнути пошкодження підшипників двигуна рекомендується на неприводній стороні застосувати ізольовані підшипники.

Крім того, кабелі повинні бути вибрані і змонтовані відповідно до інструкцій, наведеними в технічній документації.

Приводи ACS550-02/U2 оснащені фільтром синфазних перешкод (CMF), якого достатньо для усунення підшипникових струмів і напруг, які не перевищують 500В.

Фільтр синфазних перешкод складається з тороїдальних сердечників, які на заводі-виробнику встановлюються на вихідні шини усередині приводу.

4.2.4. Захист від короткого замикання в двигуні і в кабелі двигуна.

У приводі передбачений захист двигуна і кабелю двигуна від короткого замикання (перетину кабелів повинні відповідати номінальному струму приводу). Додаткові захисні пристрої не потрібні. Забезпечте захист у відповідності з наведеними нижче рекомендаціями:

Електрична схема	Захист від короткого замикання
	<p>Захистіть привід і кабель живлення плавкими запобіжниками або автоматичним вимикачем. Див виноска 1) і 2)</p>

1) Підберіть плавкі запобіжники відповідно до інструкцій, наведеними в технічній документації. Плавкі запобіжники захистять кабель живлення в разі короткого замикання, запобіжать пошкодження приводу, а також захистять від ушкодження підключене обладнання в разі короткого замикання всередині приводу.

2) Можна використовувати автоматичні вимикачі, випробувані корпорацією АВВ з приводам ACS550. Плавкі запобіжники повинні використовуватися з іншими автоматичними вимикачами. Захисні характеристики автоматичних вимикачів залежать від їх типу, конструкції і налаштувань. Існують також обмеження, пов'язані з стійкістю мережі живлення до коротких замикань.

4.2.5. Вибір силових кабелів

Загальні правила

Параметри мережевого кабелю (кабелю живлення) та кабелю електродвигуна повинні відповідати місцевим нормам і правилам:

- Кабель повинен витримувати струм навантаження приводу. відомості про номінальних токах.
- Провідники кабелю повинні бути розраховані на температуру не менше 70 °C в режимі тривалої роботи.

• Індуктивність і імпеданс провідника / кабелю захисного заземлення повинні задовольняти вимогам до напруги дотику, яке може виникнути в аварійній ситуації (при короткому замиканні на землю напруга в точці пробоя не повинно перевищувати гранично допустимий значення).

• Кабель, розрахований на напругу 600В ~, допускається застосовувати при напруженнях до 500В ~, що охоплює весь діапазон приводів ACS550.

В якості кабелів живлення і двигуна необхідно використовувати симетричні екрановані кабелі. Чотирипровідний кабель використовувати не можна.

У порівнянні з чотирипровідним кабелем, симетричний екранований кабель забезпечує менший рівень електромагнітного випромінювання всієї системи приводу, менше навантаження на ізоляцію двигуна, менші підшипникові струми і менший знос.

Для ефективного зменшення випромінюваних і кондуктивних радіочастотних перешкод провідність екрану повинна становити не менше 1/10 провідності фазного провідника. Ці вимоги виконуються при використанні мідного або алюмінієвого екрана. Нижче наведені мінімальні вимоги до екрану кабелю двигуна для приводу. Він складається з концентричного шару мідних провідів. Чим краще і щільніше екран, тим нижче рівень випромінювання і підшипниковий струм.

4.3. Монтаж і налагодження перетворювача частоти.

4.3.1. Транспортування перетворювача частоти.

Привід має велику масу (типорозмір R7 - 115кг , типорозмір R8 - 230кг) . Піднімайте привід тільки за верхню частину, використовуючи передбачені для цього монтажні вушка . При підйомі за нижню частину можлива деформація корпусу. Не від'єднуйте монтажний п'єдестал перед підйомом приводу. Не нахилийте привід. Центр ваги приводу знаходиться досить високо, тому при нахилі більшеб градусів можливе перекидання приводу.

Приводи типорозміру R8 оснащуються опорами корпусу , що перешкоджають нахилу. Під час виконання монтажу і при будь-якому переміщенні приводу на колесах вони повинні бути зафіксовані у відкритому положенні.

Не використовуйте колеса приводу для транспортування , за винятком переміщення приводу при монтажі (бажано рухати блок на передніх колесах , так як вони міцніші) . При переміщенні приводу на колесах зі знятим монтажним п'єдесталом можлива деформація шасі приводу. Якщо привід потрібно перемістити на велику відстань , покладіть його задній панеллю на вантажний візок за допомогою вантажопідійомника.

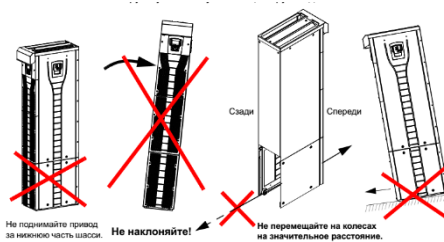


Рисунок 4.6 – Вимоги до транспортування приводу ACS550-02-486A-4

4.3.2. Необхідні інструменти

- набір викруток;
- динамометричний ключ з подовжувачем 500мм або 2х250мм;
- головка 19мм;
- для типорозміру R7: головка 13мм з магнітом;
- для типорозміру R8: головка 17мм із магнітом.

4.3.3. Перевірка ізоляції

Привід. Не виконуйте жодних перевірок електричної стійкості або міцності ізоляції (наприклад , за допомогою мегометра) компонентів приводу, оскільки це може привести до пошкодження приводу. Усі без винятку приводи пройшли заводську перевірку ізоляції між силовою схемою і шасі. Крім того , в приводі передбачені обмежувачі напруга ланцюга , які автоматично зрізають випробувальну напругу .

Кабель живлення. Перевірте ізоляцію перед підключенням приводу до електромережі.

Двигун і кабель двигуна. Перевірка ізоляції системи виконується вказаним нижче способом:

1 . Перевірте , що кабель двигуна приєднаний до двигуна , але від'єднаний від вихідних клем привода (U2 , V2 і W2) .

2 . Виміряйте опір ізоляції між кожним фазним проводом і проводом захисного заземлення , використовуючи напругу 500В = .

Опір ізоляції двигуна повинен перевищувати 10Мом (довідкове значення при 25 С). Відомості про опір ізоляції інших двигунів см. в інструкціях виготовлювачів . Примітка . наявність вологи всередині корпусу двигуна призводить до зниження опору ізоляції. Якщо є підозри про наявність вологи , висушіть двигун і повторіть вимірювання.

4.3.4. Схема підключення силових кабелів.

Схема підключення силових кабелів зображена на рис.4.7.

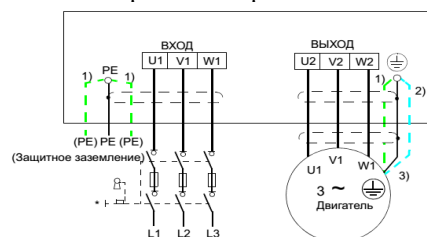


Рисунок 4.7 - Схема підключення силових кабелів.

Заземліть інший кінець екрану або провідника захисного заземлення кабелю живлення на розподільному щиті.

1) Альтернатива заземленню приводу і двигуна через екран або армування кабелю.

Примітка . Підключення четвертого провідника кабелю двигуна на стороні двигуна призводить до збільшення струмів в підшипниках і , отже, до додаткового зносу двигуна.

2) Використовується , якщо провідність екрану кабелю < 50 % провідності фазного провідника.

3) Для зведення до мінімуму високочастотних перешкод на стороні двигуна забезпечте 360 - градус-не заземлення екрану кабелю на вході в сполучну коробку двигуна;

Після завершення монтажних робіт та перед запуском приводу необхідно перевірити механічний і електричний монтаж. Усі перевірки за списком слід виконувати вдвох. Перед початком роботи з приводом прочитайте вимоги Техніки безпеки.

Перевірка монтажу перетворювача виконується у відповідності з контрольним листом, який наведено на рис.4.8.

Проверьте	
МЕХАНИЧЕСКИЙ МОНТАЖ	
Условия эксплуатации укладываются в допустимые пределы. См. раздел <i>Монтаж</i> на стр. 29, <i>Технические характеристики: Характеристики</i> на стр. 337, <i>Условия эксплуатации</i> на стр. 348.	<input type="checkbox"/>
Привод правильно закреплен на полу и на вертикальной стене из негорючего материала. См. раздел <i>Монтаж</i> на стр. 29.	<input type="checkbox"/>
Отсутствуют препятствия на пути потока охлаждающего воздуха.	<input type="checkbox"/>
ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ МОНТАЖ См. главу <i>Планирование электрического монтажа</i> на стр. 15 и <i>Монтаж</i> на стр. 29.	
Двигатель и подсоединенное к нему механическое оборудование готовы к работе. См. главу <i>Планирование электрического монтажа: Проверка совместимости двигателя</i> на стр. 15, <i>Технические характеристики: Подключение двигателя</i> на стр. 344.	<input type="checkbox"/>
Конденсаторы электромагнитного фильтра и варистор отключены, если привод подключен к IT- (незаземленной) системе или к TN-системе с заземленной вершиной треугольника. См. разделы	<input type="checkbox"/>
• <i>Отключение электромагнитного фильтра на IT- (незаземленных) и TN-системах (с заземленной вершиной треугольника) (типоразмер R7)</i> , на стр. 45	
• <i>Отключение варистора на IT- (незаземленных) и TN-системах (с заземленной вершиной треугольника) (типоразмер R7)</i> , на стр. 47	
• <i>Отключение варистора на IT- (незаземленных) и TN-системах (с заземленной вершиной треугольника) (типоразмер R8)</i> , на стр. 48.	
При хранении привода более одного года выполнена процедура повторного формирования конденсаторов. См. раздел <i>Формовка</i> на стр. 333.	<input type="checkbox"/>
Привод правильно заземлен.	<input type="checkbox"/>
Напряжение электросети соответствует номинальному входному напряжению привода.	<input type="checkbox"/>
Входное питание правильно подключено к выводам U1, V1 и W1; момент затяжки соединений соответствует требованиям.	<input type="checkbox"/>
Установлены соответствующие входные предохранители и разъединитель.	<input type="checkbox"/>
Двигатель правильно подключен к выводам U2, V2 и W2; момент затяжки соединений соответствует требованиям.	<input type="checkbox"/>
Кабель двигателя проложен на достаточном расстоянии от других кабелей.	<input type="checkbox"/>
Настройка трансформатора вентилятора.	<input type="checkbox"/>
Настройка трансформатора вспомогательного напряжения.	<input type="checkbox"/>
К кабелю двигателя не подключены конденсаторы коррекции коэффициента мощности.	<input type="checkbox"/>
Цели внешнего управления правильно подключены внутри привода.	<input type="checkbox"/>
Внутри привода не оставлены инструменты, посторонние предметы и металлическая стружка.	<input type="checkbox"/>
Входное напряжение питания не может быть подано на выход привода (в частности, с помощью байпаса).	<input type="checkbox"/>
Защитные крышки привода, соединительной коробки двигателя и пр. установлены.	<input type="checkbox"/>

Рисунок 4.8 – Контрольний лист перевірки монтажу перетворювача частоти.

4.3.5. Інтелектуальна панель управління

Основні особливості інтелектуальної панелі управління:

- алфавітно-цифрова панель управління з РК-дисплеєм,
- вибір мови для виведення інформації на дисплей,
- майстер запуску для спрощення введення приводу в експлуатацію,
- функція копіювання-значення параметрів можна копіювати в пам'ять панелі управління з метою подальшого перенесення в інші приводи або для створення резервної копії даних конкретної системи,
- функція контекстно-залежної довідки,
- годинник реального часу.

Зовнішній вигляд інтелектуальної панелі управління наведено на рис. 4.9.

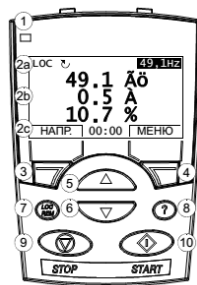


Рисунок 4.9 - Зовнішній вигляд інтелектуальної панелі управління

У наступній таблиці наведені функції кнопок і інформація, яка відображається на дисплеї інтелектуальної панелі управління.

Таблиця 4.1. Функції кнопок і інформація на дисплеї інтелектуальної панелі управління

№ п/п	Призначення

1	Світлодіод стану - зелене свічення при нормальній роботі. Якщо світлодіод блимає або світиться червоним, див. розділ Відображення діагностичної інформації на стор 313.
2	РК-дисплей - розділений на три основних інформаційних поля, а. Рядок стану - мінлива, залежить від режиму роботи, див. розділ Рядок стану на стор 80. б. Середня частина - змінна, зазвичай показує значення сигналів і параметрів, меню або списки. У ній відображаються також відмови і попередження, с. У нижньому рядку вказуються поточні функції двох програмованих кнопок, а також час (якщо включений висновок часом).
3	Програмована кнопка +1 - функція залежить від контексту. текст в лівому нижньому кутку РК-дисплея показує функцію.
4	Програмована кнопка 2 - функція залежить від контексту. Текст в правому нижньому кутку РК-дисплея показує функцію.
5	Вгору - • Переміщення вгору по меню або списку, отображаемому в середній частини дисплея. • Збільшення значення, якщо вибраний параметр. • Збільшення завдання, якщо виділений правий верхній кут. При тривалому натисканні на кнопку відбувається прискорена зміна величини.
6	Вниз — • Переміщення вниз по меню або списку, що відображається в середній частини дисплея. • Зменшення значення, якщо вибраний параметр. • Зменшення завдання, якщо виділений правий верхній кут. При тривалому натисканні на кнопку відбувається прискорена зміна величини.
7	LOC/REM — перемикання режимів місцевого та дистанційного керування приводом.
8	Довідка - при натисканні цієї кнопки виводиться контекстно-залежна довідка. Інформація, що виводиться на дисплей, відноситься до об'єкта, виділеному в даний момент в середній частині дисплея.
9	STOP — зупиняє привід в режимі місцевого управління.
10	START — запускає привід в режимі місцевого управління.

Висновки до розділу 4

У четвертому розділі розглянуто елементи конструкторської розробки частотно регульованого електроприводу конвеєра агломашини. Наведено відомості щодо конструкції та складових частин напівпровідникового перетворювача частоти типу ACS550-02-486A-4 виробництва ABB. Наведено дані відносно технічних характеристик технічних вузлів силового ко-ла напівпровідникового перетворювача ACS550-02-486A-4, приведено схеми підключення силових кабелів, наведено відомості щодо особливостей монтажу та налагодження напівпровідникового перетворювача ACS550-02-486A-4.