

УКРАЇНСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ

МЕХАНІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ

**Кафедра електроенергетики, електротехніки та
електромеханіки**

***ДОСЛІДЖЕННЯ ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ
І ХАРАКТЕРИСТИК СУЧАСНИХ ЕЛЕКТРОПРИВОДІВ***

***МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ
до виконання лабораторних робіт з дисципліни
«ТЕОРІЯ ЕЛЕКТРОПРИВОДА»***

Харків-2016

Методичні вказівки розглянуто та рекомендовано до друку на засіданні кафедри електроенергетики, електротехніки та електромеханіки 1 вересня 2016 р., протокол № 1.

Рекомендуються для студентів спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» денної та заочної форм навчання.

Укладачі:

проф. С.Г. Буряковський,
старш. викл. А.С. Маслій,
інж. А.Г. Мастепан

Рецензент

доц. С.І. Яцько

ЗМІСТ

Лабораторна робота 1.....	4
Лабораторна робота 2.....	12
Список літератури.....	22
Додаток А.....	23
Додаток Б.....	24
Додаток В.....	25

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА 1

Тема: дослідження електромеханічних властивостей і характеристик електропривода з двигуном постійного струму при живленні від імпульсного перетворювача.

Мета: вивчити характеристики двигуна постійного струму (ДПС) незалежного збудження при живленні від імпульсного перетворювача (ІП), практично ознайомитися з методами їх експериментального отримання.

Прилади й устаткування

Лабораторний стенд складається з:

- електромеханічного апарата, до якого входить асинхронний двигун АИР71А2У3 і двигун постійного струму П11М (характеристики надано у додатку А);
- перетворювача частоти, панелі приладів.

Теоретична частина

Плавне регулювання напруги на тягових двигунах здійснюють за допомогою перетворювачів. Сутність цього регулювання полягає у тому, що струм надходить у ланцюг двигунів імпульсами, які чергуються, накопичують і потім віддають електричну енергію реакторів і конденсаторів, в результаті формується безупинний струм тягових двигунів. Змінюючи співвідношення між тривалістю імпульсу і часом паузи, змінюється середня напруга на двигунах, тим самим регулюється швидкість руху потяга. Плавний безреостатний пуск та електричне гальмування здійснюють у широкому діапазоні швидкостей. Періодичне відключення і підключення ланцюгів навантаження до джерела енергії забезпечується напівпровідниковим пристроєм, який називається поривачем чи ключем. Для згладжування пульсацій струму в контактній мережі й у тягових двигунах, що неминуче виникають при імпульсному регулюванні, передбачаються спеціальні фільтри.

На рисунку 1.1 приведено принципову схему імпульсного керування двигуном за допомогою поривача $П$. Для згладжування пульсацій струму у двигуні послідовно з ним включено навантажувальний реактор L_H , паралельно до ланцюга тягового

двигуна – некерований діод V_0 , що називається зворотним. Через цей діод замикається ланцюг тягового двигуна при розімкненому ключі. На вході перетворювача встановлено для згладжування пульсацій струму в контактній мережі Γ -подібний фільтр, що складається з реактора L_ϕ і конденсатора C_ϕ . Конденсатор C_ϕ служить не тільки для згладжування пульсацій вхідного струму, але і для усунення впливу на перетворювач індуктивності контактної мережі. Для кращого згладжування пульсацій застосовують при необхідності і більш складні фільтри.

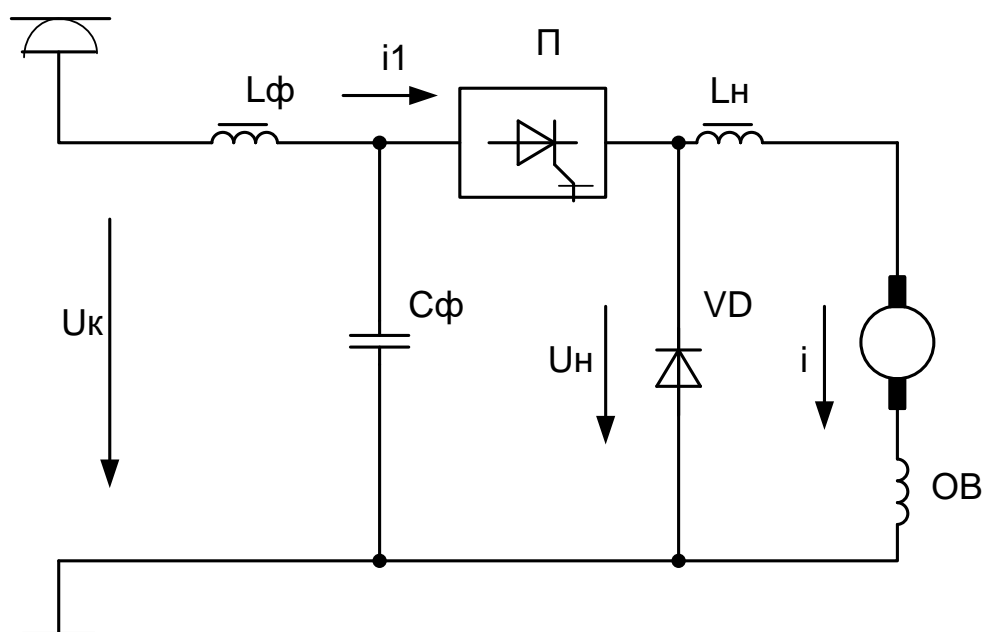


Рисунок 1.1 – Принципова схема імпульсного керування двигуном

На рисунку 1.2 *а*, *б* і *в* наведено відповідно діаграми змін напруги u_n у ланцюзі навантаження, струму i_1 , що надходить з мережі, струму i двигуна. Для згладжування пульсацій струму контактної мережі необхідний конденсатор великої ємності. Тому напруга на вході імпульсного перетворювача може бути прийнята постійною і дорівнювати напрузі U_k мережі. Для спрощення прийнято також, що поривач відключає і включає ланцюг навантаження миттєво; крім того, не враховано втрати енергії в елементах перетворювача. Тривалість періоду між двома включеннями поривача позначено T , а час, протягом якого поривач замкнутий, – t .

При замкнутому поривачі до ланцюга прикладено напругу, що дорівнює напрузі контактної мережі ($u_n = U_k$). Протягом часу t_A під дією напруги U_k збільшується струм i , рівний струму t_A . Енергія, що надходить з мережі, витрачається на роботу тягового двигуна і збільшення електромагнітної енергії його ланцюга

$$L_{HD} (i_k^2 - i_n^2) / 2, \quad (1.1)$$

де L_{HD} – сума індуктивностей реактора L_H і двигуна;

i_n і i_k – навантаження відповідно на початку і наприкінці інтервалу.

Іншу частину періоду $t_e = T - t$ навантаження відключено від мережі ($U_H = 0$), внаслідок чого струм i двигуна замикається через діод V_0 , поступово зменшуючись до значення i_n . Струм двигуна підтримується протягом періоду t_e за рахунок енергії, запасеної в навантажувальному контурі і зменшеної на $L_{HD} (i_k^2 - i_n^2) / 2$.

Середня напруга на двигуні, як впливає з рисунка 1.2, а:

$$U = \frac{1}{2} \int_0^T U_n dt \quad (1.2)$$

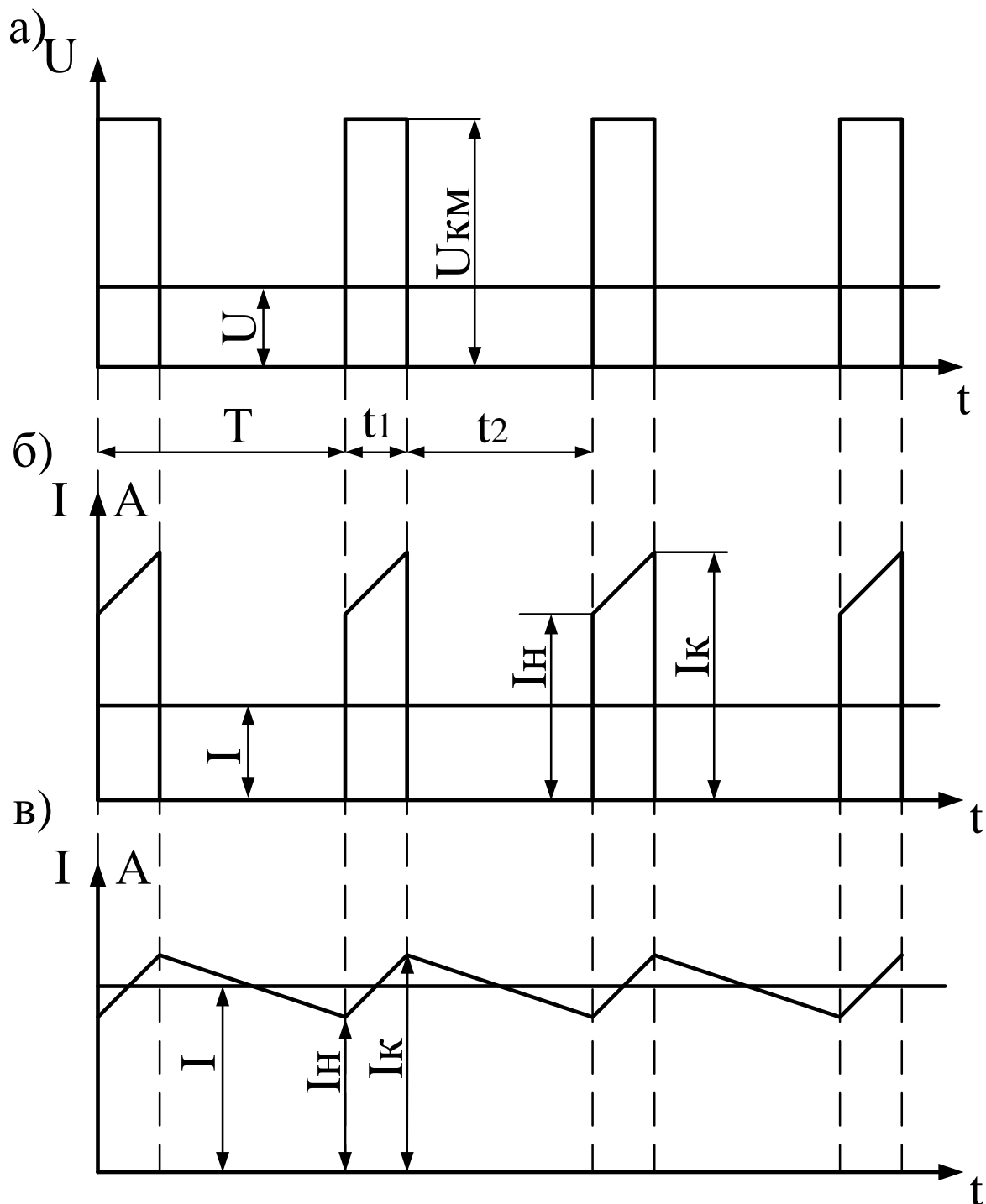
$$U = UKt / T. \quad (1.3)$$

Співвідношення між середнім струмом I двигуна і середнім струмом I_1 мережі можна приблизно визначити при незмінних U_k та I , зневажаючи втратами в перетворювачі, на підставі балансу первинної і вторинної потужностей $U_k I_1 = UI$, звідки

$$I_1 = I \frac{U}{U_k} = I \frac{t_A}{T}. \quad (1.4)$$

Відношення t/T називають коефіцієнтом заповнення імпульсів (чи періоду T). У розглянутому найпростішому випадку цьому коефіцієнту, що позначимо γ , дорівнює відношення напруг U/U_k . У реальних імпульсних системах відключення і включення поривачем ланцюга навантаження відбуваються не миттєво,

внаслідок чого відношення U/U_K дещо відрізняється від коефіцієнта $\gamma = t_A/T$.



а) напруга на вході перетворювача; б) струм у ключі;
в) струм у тяговому двигуні
Рисунок 1.2 – Епюра напруг і струмів у перетворювачі

З виразу (1.2) випливає, що напругу на двигуні можна регулювати, змінюючи тривалість як провідного стану поривача $t=\lambda T$, так і всього періоду T циклу. Систему імпульсного керування, при якій частота імпульсів i , отже, тривалість періоду незмінні, а змінюється тривалість імпульсу t , називають широтно-імпульсною, тому що регулюється ширина імпульсу. Якщо ж тривалість імпульсу зберігають постійною, а для регулювання напруги змінюють час T , тобто частоту проходження імпульсів, то таку систему називають частотно-імпульсною. Можливі комбіновані імпульсні системи, у яких змінюють як T , так і t_A .

При пуску двигуна в пускорегулювальній апаратурі виділяється потужність $\Delta P = P_I - P_D$, тобто, що дорівнює різниці потужностей джерела живлення P_I і потужності P_D , підведеної до двигуна. При цьому

$$P_I = U_k I_1; P_D = F_k v / \eta_k. \quad (1.5)$$

Якщо пуск відбувається при постійній силі тяги $F_H = const$, то

$$\Delta P = U_k I_1 - F_H v / \eta_k. \quad (1.6)$$

З виразу (1.6) видно, що при пуску $\Delta P = 0$, якщо $I_1 = \frac{F_H v}{U_k \eta_k}$, тобто споживаний струм при постійній напрузі U_K повинен зростати пропорційно швидкості. Оскільки $I_1 = \lambda$, то економічний режим розгону буде забезпечений, якщо змінювати коефіцієнт заповнення імпульсів за законом $\lambda = \frac{F_H v}{U_k I \eta_k}$.

За допомогою імпульсного регулятора можна плавно регулювати опір пускового резистора, періодично виводячи і вводячи резистор.

Середній опір R_{cp} за період роботи регулятора визначається коефіцієнтом заповнення, $R_{cp} = R(1-\lambda)$, тобто залежність опору R_{cp} резистора від λ лінійна. Такий пуск можна розглядати як пуск при плавній зміні R .

Опис лабораторного стенда

Лабораторний стенд складається із декількох основних частин, в сукупності вони дозволяють виконувати комплекс лабораторних робіт для вивчення електропривода. Принципову схему стенда наведено у додатку В.

Електромеханічний агрегат (ЕА) зроблено за схемою Г – Д (генератор – двигун). Як двигун використовується П11М, а як генератор – АИР71А2УЗ. Асинхронний двигун (АД) працює у режимі динамічного гальмування. Двигун та генератор змонтовані на жорсткій підставці та з'єднані жорсткою муфтою.

Для вимірювання швидкості обертання до вала АД підключено тахогенератор типу ТГП-1 (додаток А).

Робоча панель призначена для вимірювання електричних параметрів та керування силовою схемою стенда. Елементи які знаходяться на панелі, показані в додатку В.

Перетворювач зроблено за мостовою схемою. ПЧ забезпечує плавний частотний пуск, прискорення, уповільнення та довготривалу роботу механізму у робочому діапазоні частот обертання.

Технічні дані перетворювача:

Повна потужність, кВт	4,0
Напруга живлення, В	380
Струм навантаження, А	9,0
Вихідна напруга, В	0 – 380
Маса, кг	1,7

Систему керування зроблено на базі мікроконтролера.

Вказівки щодо виконання роботи

1 Переконайтеся, щоб тумблери на панелі знаходилися у такому положенні:

- «Q1», «Q2» – нижнє положення;
- «Напруга 110 В» – положення «Викл»;
- «Напря́м обертання АД» – середнє положення;
- «Напря́м обертання ДПС» – середнє положення;
- «Швидкість обертів ДПС» – крайнє праве положення;
- «Режим роботи АД» – середнє положення.

2 Скласти схему ШП – ДПС (якірна обмотка – напруга живлення – якірна обмотка) (див. додаток В).

3 Скласти схему динамічного гальмування АД (двигун – баластний резистор – регулюючий резистор – напруга живлення). Підключити вольтметр до виводів тахогенератора.

4 Перевірити положення опорів навантаження (максимальний опір) та відключення навантаження.

5 Увімкнути автоматичний вимикач «Q1», «Q2». Зачекати 10 – 15 с, час для увімкнення перетворювачів.

6 Увімкнути тумблер 110 В.

7 Увімкнути тумблер «Напряв обертання ДПС» у положення «Вправо».

8 Встановити значення $U_{я} = 50$ В за допомогою ручки «Регулятор швидкості ДПС».

9 Зняти показання у режимі ХХ.

10. Увімкнути перемикач режиму роботи АД у положення «Генератор».

11 Встановлюючи струм у фазі АД (1А, 2А, 3А, 4А), зняти показання при режимах навантаження, змінюючи положення ручки баластного резистора.

12 Увімкнути перемикач режиму роботи АД у середнє положення.

13 Змінюючи значення $U_{я}=20$ В та 40 В, повторити дослідження за пунктами 9–12.

14 Увімкнути перемикач режиму роботи АД у середнє положення.

15 Вимкнути автоматичний вимикач «110В», «Q1», «Q2».

Методика обробки результатів

Метою даної роботи є дослідження характеристик ДПС при живленні від ІІІ, вивчення методу розрахунку характеристик.

Отримані результати дослідження та розрахунків заносимо у таблицю (як приклад, таблиця 1.1). Для кожного з режимів живлення якірної обмотки існує окрема таблиця.

Момент на валу двигуна

$$M = 9,55 \cdot \frac{P_{EM}}{n} . \quad (1.7)$$

Електромагнітна потужність двигуна

$$P_{EM} = E_{я} \cdot I_{я} . \quad (1.8)$$

Проти ЕРС двигуна

$$E_{я} = U - I_{я} \cdot \sum R . \quad (1.9)$$

Таблиця 1.1 — Результати дослідження ($U_{я} = \text{const}$)

Іг, А	0	1	2	3	4
Ія, А					
U _{ТГ} , В					
n, оберт./хв					
Ея, В					
P _{ЕМ} , кВт					
М, Н·м					

Вказівки до оформлення звіту

Звіт повинен містити:

- найменування роботи;
- мету роботи;
- таблиці з результатами вимірювань та розрахунків;
- графіки $n=f(M)$, $n=f(I_{я})$, $n=f(P_{EM})$, $M=f(P_{EM})$;
- відповіді на контрольні питання.

Контрольні питання

1 За яким принципом виконується імпульсне керування двигуном постійного струму?

2 Які види імпульсного керування ви знаєте?

3 Як залежить вихідна напруга імпульсного перетворювача від коефіцієнта заповнення імпульсу?

4 За яким законом потрібно змінювати коефіцієнт заповнення імпульсу, щоби забезпечити економічний режим розгону двигуна?

5 За яким принципом виконується широтно-імпульсна система керування?

6 За яким принципом виконується частотно-імпульсна система керування?

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА 2

Тема: дослідження електромеханічних властивостей і характеристик електропривода з асинхронним двигуном при живленні від перетворювача частоти.

Мета: вивчити характеристики асинхронного двигуна при живленні від перетворювача частоти, практично ознайомитися з методами їх отримання під час експерименту.

Прилади й устаткування

Лабораторний стенд складається з:

- електромеханічного апарата, до якого входять асинхронний двигун АИР71А2У3 і двигун постійного струму П11М (характеристики надано у додатку А);
- перетворювача частоти, панелі приладів.

Теоретична частина

АД широко застосовуються у промисловості завдяки простоті їхньої конструкції, надійності в експлуатації і порівняно низькій вартості. Для забезпечення безступінчастого регулювання їх швидкості використовуються перетворювальні установки.

АД діляться на два основних типи: двигуни з короткозамкненим ротором і двигуни з фазним ротором.

Найбільше поширення у всіх галузях техніки має дешевий у виробництві і надійний в експлуатації двигун з короткозамкненим ротором, який і досліджується у даній роботі.

Для забезпечення плавного пуску та регулювання швидкості АД використовуються перетворювачі частоти.

Електромагнітний момент АД пропорційний електромагнітній потужності

$$M = \frac{P_{EM}}{\omega_1}, \quad (2.1)$$

де P_{EM} – електромагнітна потужність АД;

ω_1 – кутова швидкість поля статора (синхронна кутова швидкість).

$$\omega_1 = \frac{2\pi \cdot f_1}{p}, \quad (2.2)$$

де p – кількість пар полюсів поля статора;
 f_1 – частота мережі живлення.

Електромагнітний момент АД пропорційний потужності електричних втрат в обмотці ротора. Формула електромагнітного моменту АД така:

$$M = \frac{m_1 \cdot U_1^2 \cdot r_2' \cdot p}{2\pi \cdot f_1 \cdot s \left[\left(r_1 + \frac{r_2'}{s} \right)^2 + (x_1 + x_2')^2 \right]}, \quad (2.3)$$

де s – ковзання;
 m_1 – кількість фаз обмотки статора.

У виразі (2.3) єдина змінна величина – ковзання s , яке у різних режимах роботи АД може приймати значення у діапазоні від $-\infty$ до $+\infty$. Залежність $M=f(s)$ при $U=const$ та $f=const$ прийнято називати механічною характеристикою АД.

Механічна характеристика АД в координатах $M=f(s)$ наведена на рисунку 2.1, а в координатах $\omega=f(M)$ – на рисунку 2.2.

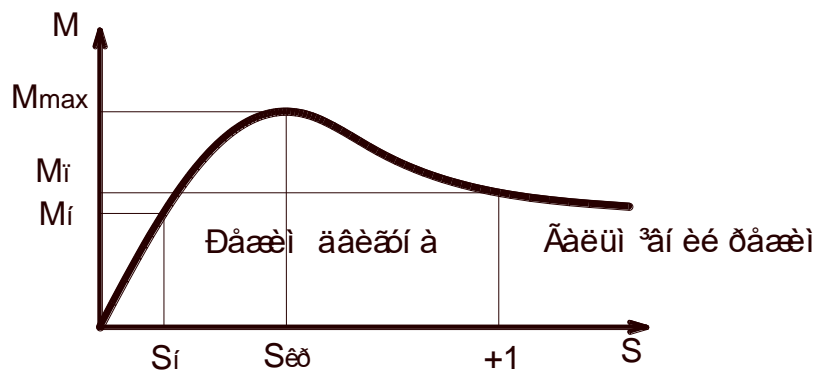


Рисунок 2.1 – Механічна характеристика АД в координатах $M=f(s)$

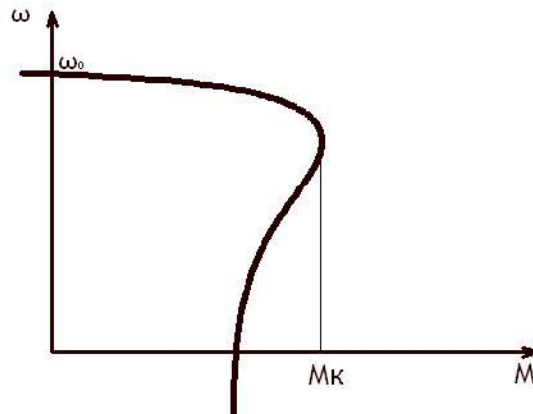


Рисунок 2.2 – Механічна характеристика АД в координатах $\omega=f(M)$

Робочі характеристики АД являють собою графічно виражені залежності частоти обертання ротора n_2 , корисного моменту (моменту на валу) M_2 , коефіцієнта потужності $\cos\varphi$, ККД η і струму статора I_1 від корисної потужності при $U=const$ та $f=const$.

Залежність $n_2=f(P_2)$. Частота обертання ротора АД визначається як

$$n_2 = n_1 - (1 - s) . \quad (2.4)$$

Ковзання визначається як

$$s = \frac{P_{E2}}{P_{EM}} , \quad (2.5)$$

$$n_2 = n_1 - \left(1 - \frac{P_{E2}}{P_{EM}} \right) . \quad (2.6)$$

Зі збільшенням навантаження на валу ковзання збільшується, отже, графік $n_2=f(P_2)$ має криволінійний вигляд.

Залежність $M_2=f(P_2)$. В АД зі збільшенням навантаження на валу частота обертання ротора дещо зменшується. Тому корисний момент на валу зростає швидше навантаження і, отже, графік $M_2=f(P_2)$ має криволінійний вигляд.

Залежність $\cos\varphi = f(P_2)$. У зв'язку з тим, що струм статора має реактивну (індуктивну) складову, необхідну для створення магнітного поля статора, коефіцієнт потужності АД – менше одиниці.

Найменше значення коефіцієнта потужності відповідає режиму холостого ходу. Пояснюється це тим, що струм холостого ходу при будь-якому навантаженні залишається практично незмінним. Тому при малих навантаженнях двигуна струм статора невеликий і в значній частині є реактивним. У результаті зрушення по фазі струму статора виходить значним, лише дещо менше 90° . При збільшенні навантаження зростає активна складова струму, і коефіцієнт потужності досягає свого максимального значення при навантаженні, близькому до номінального. Подальше збільшення навантаження супроводжується зменшенням $\cos\varphi$, що пояснюється збільшенням індуктивного опору ротора за рахунок збільшення ковзання, отже, і частоти струму в роторі.

Практично єдиним раціональним способом регулювання швидкості асинхронних двигунів є зміна частоти живильної напруги.

Більшість сучасних перетворювачів частоти (ПЧ) від часток до сотень кіловатів побудовано однаково (рисунок 2.3): мережа змінного струму – некерований випрямляч (В) – шини постійного струму – конденсатор LC-фільтра – автономний інвертор напруги (АІН) з широтно-імпульсною модуляцією (ШІМ) — асинхронний двигун (АД), до якого прикладено змінну трифазну напругу з регульованою частотою $f = \text{var}$ та амплітудою $U = \text{var}$; керування інвертором здійснюється блоком керування.

Ідею автономного інвертора напруги (АІН) проілюструємо на найпростішій однофазній схемі з чотирма ідеальними ключами 1, 2, 3, 4 та активним навантаженням R (рисунок 2.4, а).

При попарній комутації ключів 1,2 – 3,4 – 1,2 і т. д. через час $T/2$ (рисунок 2.4, б) до резистора буде прикладатися змінна напруга U_{ab} прямокутної форми з частотою $f = 1/T$. Струм при активному навантаженні буде повторювати форму напруги. Змінюючи комутаційний проміжок $T/2$, можна змінювати частоту в будь-яких межах.

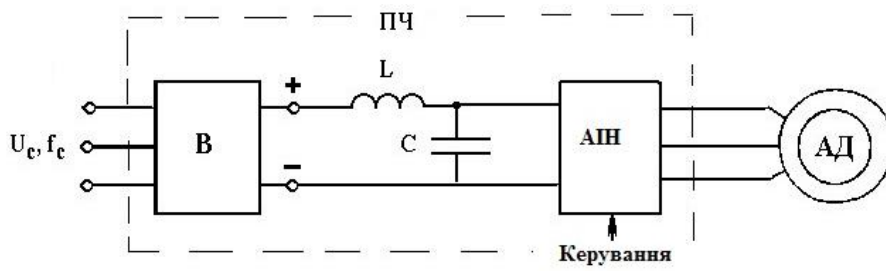


Рисунок 2.3 – Типова схема перетворювача частоти

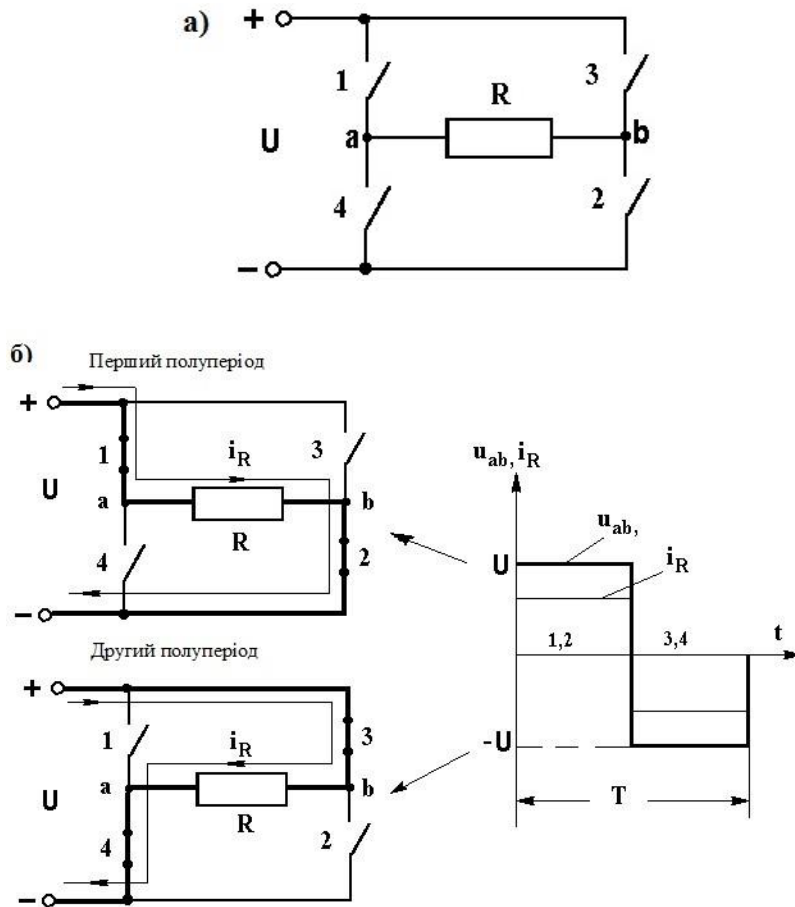


Рисунок 2.4 – Однофазний інвертор, навантажений активним опором (а), і діаграма роботи (б)

З викладеного випливає, що керувані ключі дозволяють перетворювати постійну напругу в m -фазну змінну напругу потрібної частоти, проте залишилося відкритим питання про керування амплітудою змінної напруги. Принципово є кілька можливостей. Перша й очевидна – застосовувати для зв'язку з мережею керований випрямляч замість некеруваного. Ця можливість використовується зазвичай в автономному інверторі

струму й останнім часом у деяких АІН для забезпечення рекуперації енергії в мережу і зниження шкідливого впливу інвертора на мережу. Друга можливість – варіювання тривалості імпульсу всередині кожного напівперіоду. Третя, яка повсюдно використовується у сучасних перетворювачах частоти на основі АІН, – широтно-імпульсна модуляція.

Ідею побудови автономного інвертора напруги з ШІМ проілюструємо на найпростішій ідеалізованій однофазній схемі з повністю активним навантаженням (рисунок 2.5, а).

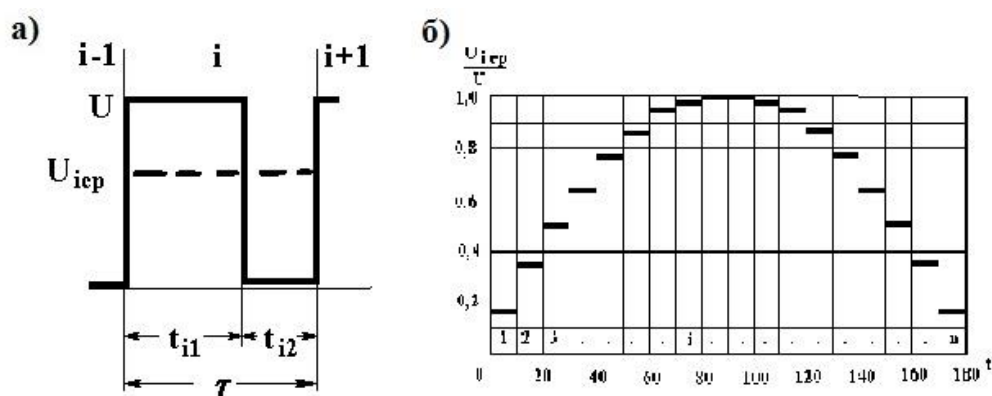


Рисунок 2.5 – ШІМ на інтервалі (а) і на половині періоду вихідної частоти (б)

Для зміни амплітуди та форми напруги на навантаженні роздроблюють кожен період T на n рівних частин (інтервалів) з тривалістю кожного $\tau = \frac{T}{n}$ та комутують ключі 1,2 на кожному інтервалі позитивного напівперіоду, а ключі 3,4 – на кожному інтервалі негативного напівперіоду, як показано на рисунку 2.5, а. Тоді на кожному інтервалі i до навантаження буде прикладатися не повна напруга U , а лише її частина U_{icp}

$$U_{icp} = \frac{U \cdot t_{i1}}{t_{i1} + t_{i2}} = \frac{U \cdot t_{i1}}{\tau} = U \varepsilon_i. \quad (2.7)$$

Змінюючи на кожному інтервалі відносну ширину імпульсу $\varepsilon_i = \frac{t_{i1}}{\tau}$, можна легко керувати середньою за інтервал напругою U_{icp} , тобто формувати на кожному напівперіоді будь-яку потрібну форму напруги, як показано на рисунку 2.5, б.

Використовуючи широтно-імпульсну модуляцію, можна формувати будь-які потрібні форми кривої струму, враховуючи, що змінюються у процесі роботи параметри навантаження. У сучасних добре зроблених перетворювачах частоти ШІМ дозволяє при будь-якій необхідній вихідній частоті перетворювача змінювати потрібним чином амплітуду напруги, керуючи магнітним потоком двигуна, і формувати при будь-якому навантаженні на валу близьку до синусоїдальної форму струму двигуна.

Опис лабораторного стенда

Лабораторний стенд складається з декількох основних частин, у сукупності вони дозволяють виконувати комплекс лабораторних робіт для вивчення електропривода. Принципову схему стенда наведено у додатку В.

Електромеханічний агрегат (ЕА) зроблено за схемою Г – Д (генератор – двигун). Як двигун використовується АІР71А2УЗ, а як генератор – П11М.

Для вимірювання швидкості обертання до вала АД підключено тахогенератор типу ТГП-1 (додаток А).

Робоча панель призначена для вимірювання електричних параметрів та керування силовою схемою стенда. Елементи, які знаходяться на панелі, наведено в додатку В.

Перетворювач ПЧРТ–03 призначений для регулювання частоти обертання насосів, вентиляторів, компресорів та інших механізмів, в яких використовуються приводні асинхронні електродвигуни з короткозамкненим ротором.

ПЧ забезпечує плавний частотний пуск, прискорення, уповільнення та довготривалу роботу механізму у робочому діапазоні частот обертання.

Технічні дані перетворювача:

Повна потужність, кВт	4,0
Напруга живлення, В	380
Струм навантаження, А	9,0
Вихідна напруга, В	0 – 380
Вихідна частота напруги, Гц	0,5 – 100
Маса, кг	1,7

У ПЧ реалізовано частотне керування АД, яке взаємопов'язано з регулюванням частоти та діючим значенням основної гармоніки вихідної напруги. Закон зміни частоти та напруги у робочому діапазоні майже лінійний $U/f = \text{const}$. Регулювання вихідної напруги виконується двозонним перетворювачем частоти на основі трифазного автономного інвертора напруги з широтно-імпульсним керуванням. Система керування виконана на базі мікроконтролера.

Вказівки щодо виконання роботи

1 Переконайтеся, щоб тумблери на панелі знаходилися у такому положенні:

- «Q1», «Q2» – нижнє положення;
- «Напря́м оберта́ння АД» – середнє положення;
- «Напря́га 110В» – положення «Викл»;
- «Напря́м оберта́ння ДПС» – середнє положення;
- «Швидкі́сть оберті́в ДПС» – крайнє праве положення;
- «Швидкі́сть оберті́в АД» – крайнє праве положення;
- «Режим роботи АД» – середнє положення.

2 Скласти схему гальмування ДПС (якірна обмотка – резистор – якірна обробка) (див. Додаток В).

3 Перевірити положення опорів навантаження та відключення навантаження.

4 Увімкнути автоматичний вимикач «Q1», «Q2». Зачекати 10–15 с, час для увімкнення перетворювачів.

5 Увімкнути значення «Fd» на панелі перетворювача АД.

6 Увімкнути перемикач «Режим роботи АД» у положення «Двигун».

7 Увімкнути перемикач «Напря́м оберта́ння АД» у положення «Вліво».

8. Обертаючи ручку швидкості АД, встановити значення «Fd» = 10 Гц.

9 Зняти показання вимірювальних приладів у режимі ХХ.

10 Увімкнути перемикач «Напря́м оберта́ння ДПС» у положення «Вліво».

11 Регулюючи резистор, зняти чотири показання.

12 Увімкнути перемикач «Напря́м оберта́ння ДПС» у середнє положення.

13 Обертаючи ручку швидкості АД, встановити значення «Fd» = 20, 30, 40, 50 Гц.

14 Повторити дослідження за пунктами 9-12.

15 Увімкнути перемикач режиму роботи АД у середнє положення.

16 Вимкнути автоматичний вимикач «Q1», «Q2».

Методика обробки результатів

Для машини, що має p пар полюсів ($p = 1, 2, 3, \dots$), синхронна кутова швидкість, тобто швидкість поля визначиться як, рад/с,

$$\omega_0 = \frac{2\pi f_0}{p}. \quad (2.8)$$

Для частоти обертання n_0 будемо мати, оберт./хв,

$$n_0 = \frac{60 f_0}{p}, \quad (2.9)$$

де f_0 — частота живлення АД.

Ковзання дорівнює

$$S = \frac{n_0 - n}{n_0}. \quad (2.10)$$

Момент на валу АД

$$M = 9,55 \cdot \frac{P_2}{n}. \quad (2.11)$$

Потужність, що передається від двигуна до генератора (корисна потужність двигуна), така:

$$P_2 = \frac{P_\Gamma}{\eta_\Gamma}, \quad (2.12)$$

де η_G — ККД генератора (значення беруться з графіка $\eta_G = f(P_G)$, який будується на основі таблиці 2.1, при цьому номінальна потужність генератора приймається з додатка А).

Таблиця 2.1 — Залежність ККД генератора від потужності

P_G/P_H	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0	1,2	1,4
η_G	0,73	0,79	0,8	0,78	0,76	0,72	0,68

Корисна потужність генератора постійного струму

$$P_G = U_{я} \cdot I_{я}. \quad (2.13)$$

Фазний струм АД

$$I_L = \sqrt{3} \cdot I_{\phi}. \quad (2.14)$$

Отримані результати досліджування та розрахунків заносимо у таблицю (як приклад, таблиця 2.2).

Таблиця 2.2 — Результати дослідження

Ія, А	0				
Uя, В	0				
n, оберт./хв					
I ϕ , А					
I $_L$, А					
n $_0$, оберт./хв					
S					
P $_G$, Вт					
η_G					
P $_2$, Вт					
M, Н·м					

Вказівки до оформлення звіту

Звіт повинен містити:

- найменування роботи;

- мету роботи;
- таблиці з результатами вимірювань та розрахунків;
- графіки $M = f(s)$, $n = f(M)$, $n = f(I\phi)$, $n_{xx} = f(f_0)$, $n = f(P_2)$,
 $M = f(P_2)$, $I\phi = f(P_2)$.
- відповіді на контрольні питання.

Контрольні питання

- 1 Чому зі збільшенням механічного навантаження на вал АД зростає потужність, споживана з мережі двигуном?
- 2 Які види втрат мають місце в АД?
- 3 Вказати статично нестійкі ділянки механічних характеристик АД.
- 4 Пояснити поведінку АД на статично нестійких ділянках механічних характеристик.
- 5 Чи може критичне ковзання АД мати значення, що перевищує одиницю?

Список літератури

- 1 Теорія електропривода [Текст]: підручник / за ред. М. Г. Поповича. – К.: Вища школа, 1993. – 494 с.
- 2 Чиликин, М. Г. Общий курс электропривода [Текст]: учебник для вузов / М. Г. Чиликин, А. С. Сандлер. – М.: Энергоиздат, 1981. – 576 с.
- 3 Автоматизация и привод [Текст]: каталог / ДП Сименс Украина. – К., 2003. – 250 с.
- 4 Частотно-регулируемые приводы [Текст]: каталог / ДП Сименс Украина. – К., 2003. – 200 с.

ДОДАТОК А
(довідковий)

Технічні характеристики електричних машин та приладів

Таблиця А.1

<i>Асинхронний двигун АИР71А2У3</i>	
Номінальна потужність, P_H	0,75 кВт
Номінальна напруга статора, U_H	220/380 В
Номінальна частота обертання, n_H	2850 оберт./хв
Номінальний струм статора, I_H	3,2/1,8 А
ККД, %	79
$\cos \varphi$	0,8
<i>Двигун постійного струму П11М</i>	
Номінальна потужність, P_H	0,5 кВт
Номінальна частота обертання, n_H	2800 оберт./хв
Номінальна напруга якоря, U_H	50 В
Номінальний струм якоря, I_H	14,5 А
Опір якірної ланки, $R_{я}+R_{дп}$	0,569 Ом
<i>Тахогенератор ТГП-1</i>	
Номінальна частота обертання, n_H	7000 оберт./хв
Нелінійність зміни вихідної напруги, H	0,8 %
Крутизна вихідної характеристики, S	5-6 мВ/(оберт./хв)

ДОДАТОК Б
(довідковий)
Керування перетворювачем

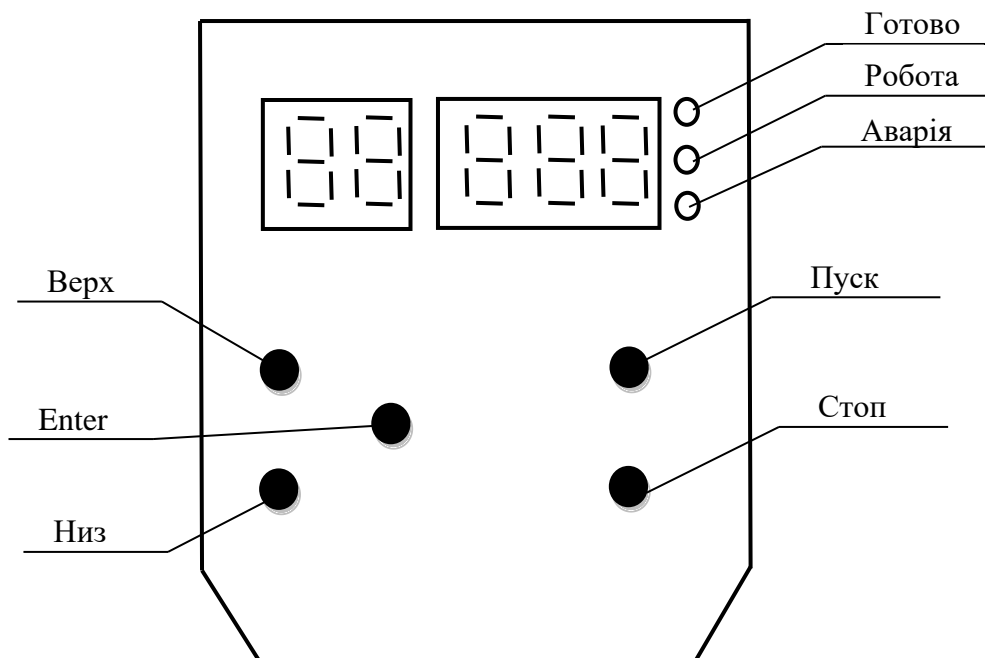


Рисунок Б.1

Опис перегляду та редагування пунктів меню

Перегляд пунктів меню виконують кнопками «Верх», «Низ».

Редагування пунктів у меню:

- натиснути кнопку «Enter»;
- кнопками «Верх», «Низ» встановити потрібне значення параметра меню;
- натиснути кнопку «Enter».

Таблиця Б.1 – Параметри перетворювача

Значення на панелі	Найменування
Fd	Значення частоти, Гц
Id	Струм у колі постійного струму, А
Ud	Напруга у колі постійного струму, В
Pd	Потужність у колі постійного струму, %

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №2

ПІДКЛЮЧЕННЯ НА ПАНЕЛІ ПРИЛАДІВ

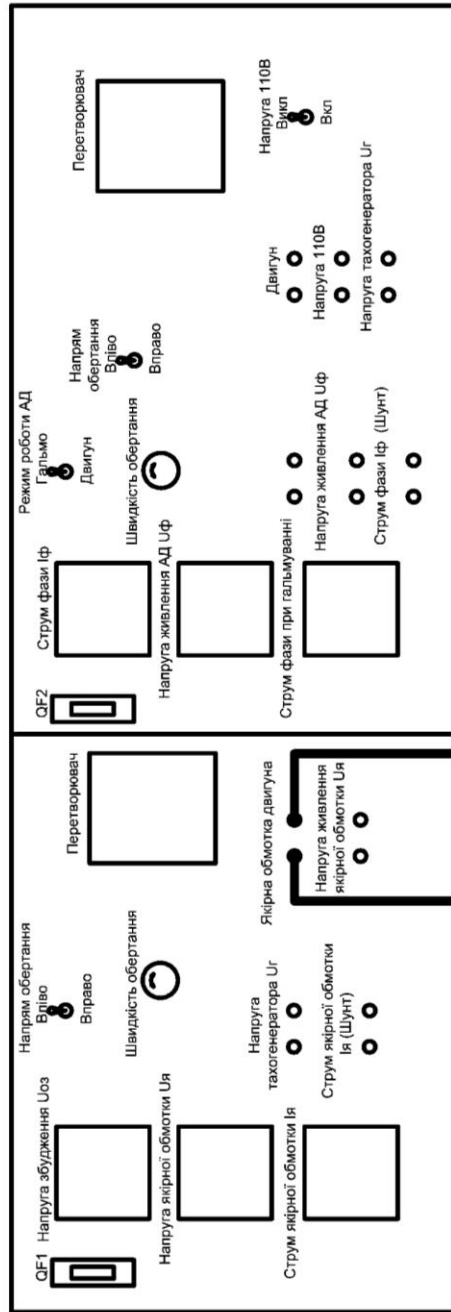


СХЕМА ДОСЛІДУ

