

Методичні вказівки
до виконання лабораторної роботи
з дисципліни "Спеціальні електричні машини"
на тему " Дослідження перетворювача струму "
для студентів напряму підготовки
"Електромеханіка"

Міністерство освіти і науки України
Вінницький національний технічний університет

Методичні вказівки
до виконання лабораторної роботи
з дисципліни "Спеціальні електричні машини"
на тему " Дослідження перетворювача струму "
для студентів напряму підготовки
"Електромеханіка"

Вінниця
ВНТУ
2014

Рекомендовано до друку Методичною радою Вінницького національного технічного університету Міністерства освіти і науки України (протокол № 10 від 23.05.2013 р.)

Рецензенти:

В. М. Кутін, доктор технічних наук, професор

М. Й. Бурбело, доктор технічних наук, професор

Методичні вказівки до виконання лабораторної роботи з дисципліни "Спеціальні електричні машини" на тему "Дослідження перетворювача струму" для студентів напряму підготовки "Електромеханіка" / Уклад. М. П. Розводюк, В. В. Грабко, М. О. Казак. – Вінниця : ВНТУ, 2014 – 34 с.

У методичних вказівках викладено підходи до експериментальних досліджень перетворювача струму. Наведено основні теоретичні відомості.

Призначений для студентів електромеханічних спеціальностей денної та заочної форм навчання.

Зміст

Вступ	4
1 Теоретичні відомості.....	5
1.1 Основні теоретичні відомості про перетворювачі	5
1.2 Загальні відомості про мікроконтролер ATmega 8535 та його реалізація.....	14
2 Експериментальні дослідження	17
2.1 Програма лабораторної роботи	17
2.2 Методичні вказівки до виконання лабораторної роботи	18
2.2.1 Будова лабораторного стенда	18
2.2.2 Визначення кількості зубців ротора та статора	22
2.2.3 Зняття характеристик перетворювача типу МА250-М	23
2.2.4 Паспортні дані електричних машин.....	26
2.2.5 Зміст звіту	27
2.2.6 Контрольні питання	28
Література.	29
Додаток А Лістинг програми для визначення швидкості обертання двигуна.....	30

Вступ

Методичні рекомендації та вказівки призначені для поглиблення знань студентів з дисципліни «Спеціальні електричні машини».

Наведено основні теоретичні відомості про перетворювачі на базі двигуна постійного струму й індукторного генератора та способи їх експериментального дослідження.

Разом із самостійними випробовуваннями передбачається аналіз отриманих результатів та порівняння їх з теоретичними положеннями.

Автори вдячні за допомогу:

- у підборі теоретичних відомостей к.т.н., доценту С. М. Левицькому;
- у виготовленні стенда для лабораторної роботи зав. лаб. каф. ТЕЕВ Я. О. Вишневському та студентам гр. Емп-08 В. С. Бомбику й М. В. Євтухівському.

1 ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ

1.1 Основні теоретичні відомості про перетворювачі

Електромашинні перетворювачі являють собою комбінований агрегат постійного струму з регулятором частоти обертання та генератором змінного струму. Однією з частин досліджуваного перетворювача є індукторний генератор.

Застосовуються індукторні генератори підвищеної частоти (400...3000 Гц) у високошвидкісному слідкувальному електроприводі, авіабудуванні, радіолокаційних установках тощо [1].

За швидкістю обертання електричні машини поділяються на:

- тихохідні (до 300 об/хв);
- середньої швидкості (від 300 об/хв до 1500 об/хв);
- швидкісні (від 1500 об/хв до 6000 об/хв);
- надшвидкісні (більше 6000 об/хв).

Найбільш широке застосування в промисловому електрообладнанні отримали однофазні й трифазні перетворювачі.

Перетворювач типу мотор-альтернатор (МА), тобто двигун-генератор складається з двох електромашин: електродвигуна постійного струму змішаного збудження та безколекторного однофазного синхронного генератора змінного струму індукторного типу.

Будова та принцип дії двигунів постійного струму змішаного збудження відомі з курсу електричних машин [1, 2].

Обмотки збудження двигуна змішаного збудження вмикаються узгоджено. Магнітний потік двигуна за рахунок послідовної обмотки буде збільшуватись із зростанням струму якоря. Крім того, збільшення магнітного потоку залежить від збільшення числа витків послідовної обмотки. Характеристики двигунів змішаного збудження займають проміжне положення

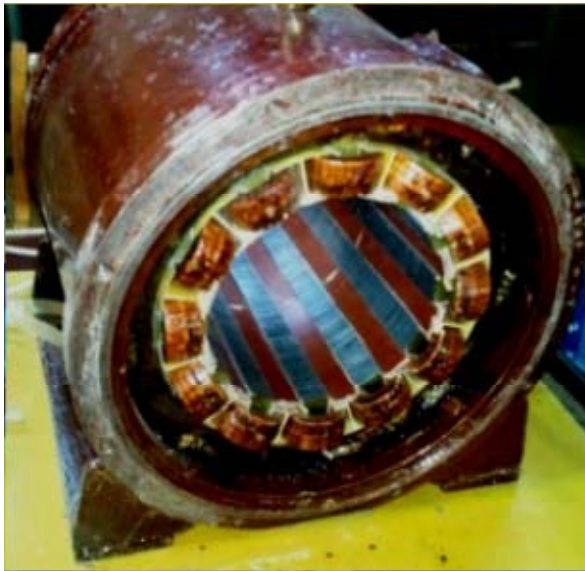
між характеристиками двигунів паралельного й послідовного збудження. При слабкій послідовній обмотці вони будуть наближатися до характеристик двигуна паралельного збудження, а при сильній – до характеристик двигуна послідовного збудження. Пусковий струм двигуна $I_n \leq (2 \dots 2,5) I_{аном}$, де $I_{аном}$ – номінальний струм якоря.

Синхронні генератори, які використовуються в галузі електропостачання, з частотою більше 50 Гц вихідної напруги для отримання струмів високої частоти не підходять. Збільшення швидкості обертання у них обмежене умовами механічної міцності, а збільшення числа полюсів обмежене мінімально можливою величиною полюсного ділення за умов розміщення обмоток. Тому в цих випадках застосовуються генератори особливої конструкції, які називаються індукторними, принцип дії яких базується на дії пульсацій магнітного потоку між зубцями [2].

Залежно від конструкції генераторів, які мають по два пакети статора й ротора, а також кільцеву обмотку збудження, називають *однойменнополюсними*. Генератори, в яких у великих пазах статора розміщена обмотка збудження, а в малих пазах – обмотка якоря, називається *різнойменнополюсними* [2]. Число пар полюсів, які створюються обмоткою збудження, зазвичай рівне 2...6.

На статорі індукторного генератора (рисунок 1.1, а) розміщені обмотка збудження та якірна обмотка, в якій індукується змінна ЕРС. Обмотка збудження живиться постійним струмом і створює нерухоме відносно статора магнітне поле. Ротори індукторних генераторів (рисунок 1.1, б) всіх типів виконуються без обмоток і мають зубці. Відсутність обмотки збудження на роторі та ковзних контактів для підведення до неї струму збільшує надійність роботи машин у порівнянні зі звичайними синхронними генераторами. Коефіцієнт корисної дії індукторного генератора менший, ніж в звичайних генераторах. При активному навантаженні коефіцієнт корисної дії

складає 0,4...0,75. Низьке значення ККД пояснюється збільшенням додаткових втрат в сталі та якірній обмотці через високу частоту перемагнічування [1].



а)



б)

Рисунок 1.1 – Зовнішній вигляд індукторного генератора:

а) статор; б) ротор

В генераторах індукторного типу обмотка збудження та якірна обмотка закладаються в одні й ті ж відкриті пази нерухомого статора (рисунок 1.2). Обмотка збудження не відрізняється від звичайних генераторів і живиться постійним струмом [3].

Зубчатий ротор індукторної машини створює в різних точках її повітряного зазору різний магнітний опір залежно від того, де знаходиться зубець ротора відносно полюсного ділення статора. Завдяки цьому індукція в зазорі розподіляється вздовж окружності якоря по кривій (рисунок 1.3), яка крім постійної складової магнітної індукції містить змінну складову $B_{\deltaзм}$, яка змінюється від мінімального до максимального значення [1].

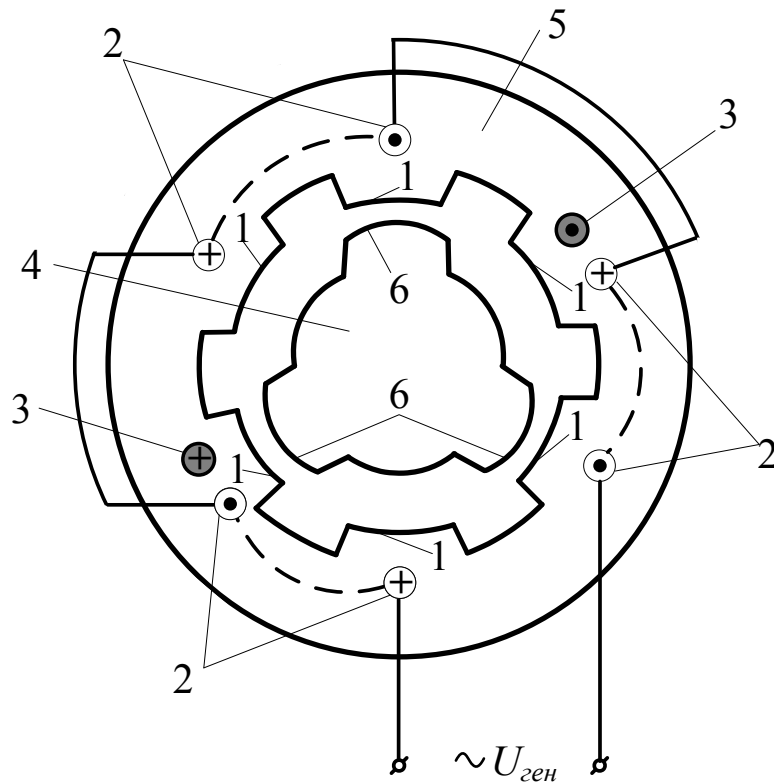


Рисунок 1.2 – Принципова схема індукторного генератора зубцевої будови статора і ротора: 1 – полюси, 2 – обмотки якоря, 3 – обмотка збудження, 4 – ротор, 5 – статор, 6 – зубці ротора

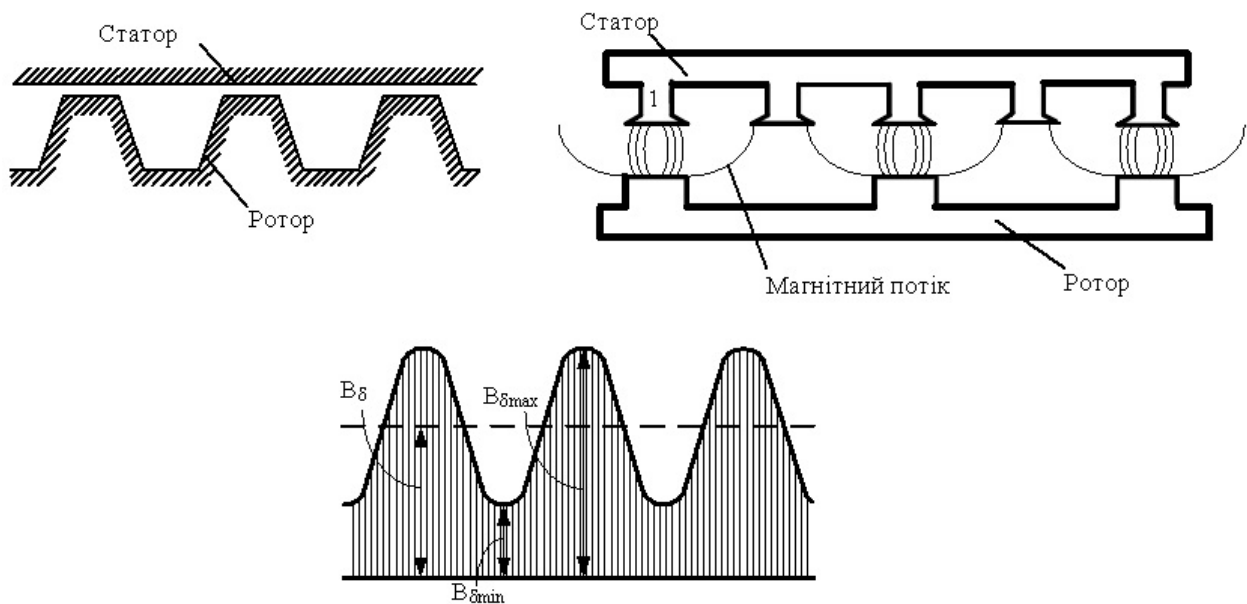


Рисунок 1.3 – Розподілення магнітної індукції в повітряному зазорі індукторного генератора

Магнітну індукцію можна визначити як відношення елементарного магнітного потоку $d\Phi$, що пронизує в перпендикулярному напрямку елементарну площадку ds , до розміру цієї площадки [4]:

$$B = \frac{d\Phi}{ds}. \quad (1.1)$$

Зубцям ротора задають таку форму, щоб змінна складова індукції в повітряному зазорі наближалась до синусоїдальної. Кожному зубцевому діленню ротора відповідає один період зміни індукції від $B_{\delta min}$ до $B_{\delta max}$, внаслідок чого результуюче магнітне поле машини можна розглядати як суму двох полів: постійного, що створюється обмоткою збудження, і синусоїдального, з числом полюсів, рівних числу зубців ротора. При обертанні постійне магнітне поле залишається нерухомим, а змінне переміщується разом із зубцями ротора, індукуючи в провідниках обмотки якоря ЕРС, яка змінюється з частотою:

$$f_1 = \frac{z_2 n_2}{60}, \quad (1.2)$$

де z_2 – число зубців ротора,

n_2 – швидкість обертання ротора.

В індукторних генераторах число зубців статора і ротора пов'язані співвідношенням:

$$z_1 = 2z_2 m q, \quad (1.3)$$

де m – число фаз;

q – число пазів на полюс і фазу.

В обмотці збудження змінна ЕРС практично не наводиться. Це обумовлено тим, що магнітний потік, поєднаний з нею, не змінюється. Якщо на

статорі є полюсні виступи, то крива розподілу індукції набуває більш складної форми (див. рисунок 1.3). Але і в цьому випадку перша гармоніка її буде індукувати в обмотці якоря ЕРС, частота зміни якої пропорційна числу зубців ротора згідно з формулою (1.2).

Для пояснення принципу дії розглянемо однофазний генератор.

Через зубчасту будову статора і ротора (див. рисунок 1.3) магнітний потік в межах полюсного ділення машини не буде розподілятися рівномірно. Більша його частина буде проходити по ділянках, де зубець ротора розміщується під зубцем статора, а найменша – де під зубцем статора розміститься паз ротора. Для даного моменту часу (див. рисунок 1.3) в зазорі під зубцем 1 статора індукція має максимальне значення $B_{\delta max}$. При обертанні ротора, коли він повернеться на половину свого зубцевого ділення, під зубцем 1 статора розміститься паз ротора, а індукція знизиться до $B_{\delta min}$.

Обмотка якоря в індукторних генераторах частіше всього виконується з кроком, який рівний зубцевому діленню ротора. В цьому випадку ЕРС, індуквані в двох сторонах кожної котушки, додаються арифметично. Окремі котушки обмотки якоря можуть з'єднуватися між собою за різними схемами і утворювати різну кількість фаз залежно від числа і кроку зубців ротора [1].

Характеристики індукторних генераторів подібні аналогічним характеристикам звичайних синхронних генераторів [2]. На їх характер суттєво впливає реакція якоря, яка залежно від виду навантаження може бути поздовжньою або поперечною. Через відносно великі значення індуктивних опорів зовнішня характеристика генератора має сильно спадний характер. Для зменшення зміни напруги паралельно з обмоткою якоря вмикають конденсатори, які компенсують вплив індуктивностей машини.

Як приклад перетворювача типу МА розглянемо систему управління та стабілізації напруги перетворювача МА-1500К, подану на рисунку 1.4.

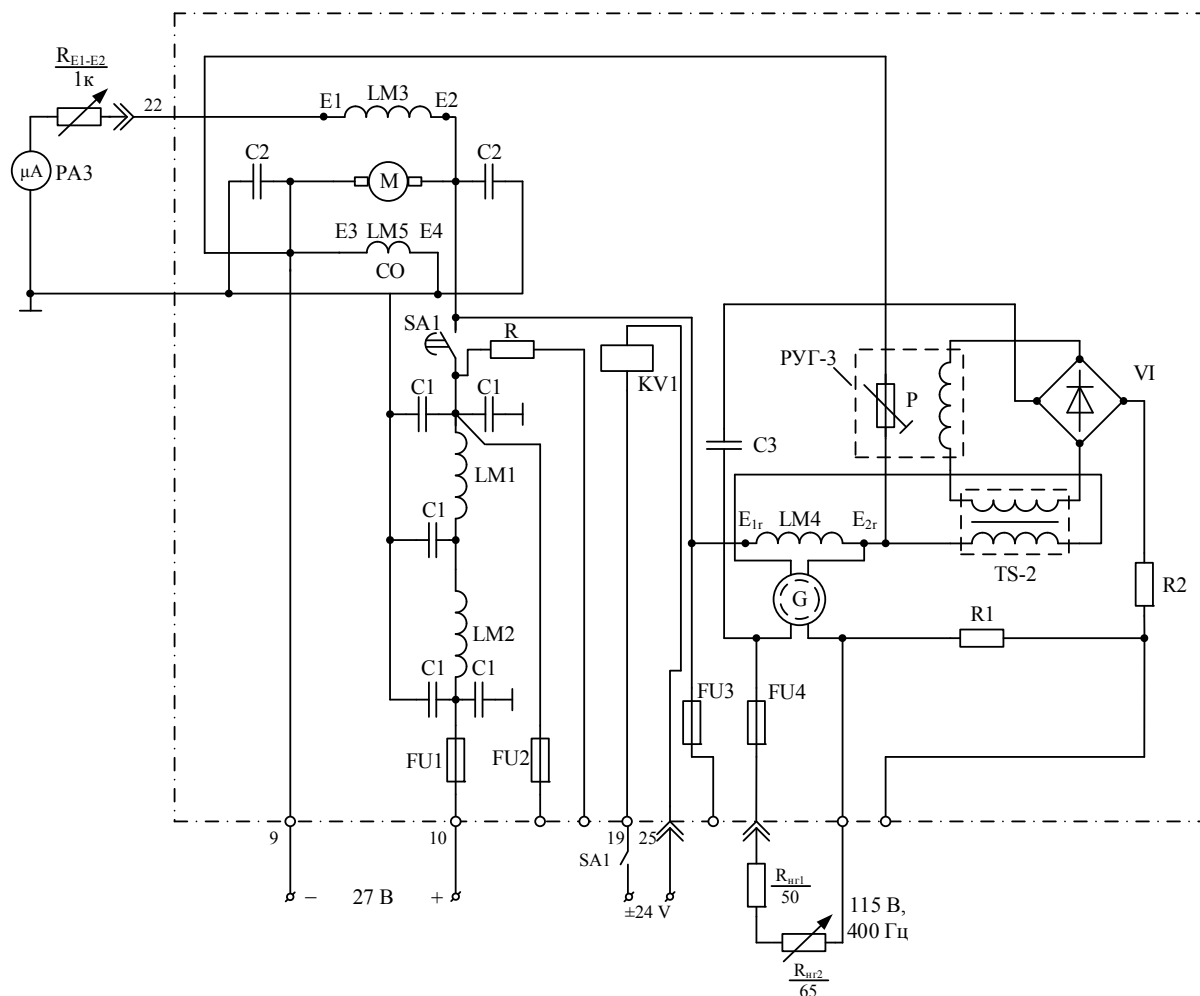


Рисунок 1.4 – Принципова електрична схема перетворювача МА-1500К

В перетворювачах серії МА застосовуються однофазний генератор індукторного типу з вугільним автоматичним регулятором напруги але без регулятора частоти.

Чотириполюсний (дві пари полюсів) двигун перетворювача М крім основної паралельної обмотки збудження LM3 має також спеціальну пускову обмотку збудження LM5 (CO), виконану з проводу відносно малого перерізу. Ця обмотка, розташована на головних полюсах (1 – 2 витки на полюс), ввімкнена послідовно в коло якоря.

На корпусі перетворювача закріплена коробка управління, в якій змонтовані реле напруги KV1 (КА-100/1) для реалізації ввімкнення перетворювача, вугільний регулятор напруги РУГ-3, стабілізуючий трансформатор

TS-2 з випрямлячем, дроселі й конденсатори фільтрів, опори й запобіжники.

На торцевій стороні коробки є штепсельний роз'єм для з'єднання зі споживачами змінного струму та дистанційного управління перетворювачем.

Оскільки пускова обмотка LM5 має відносно великий опір, значна частина напруги мережі врівноважується спадом напруги саме на ній. Через це пік пускового струму не перевищує п'ятикратного значення номінального струму електродвигуна.

Стабілізація напруги перетворювача MA-1500K здійснюється за допомогою вугільного регулятора РУГ-3, вугільний стрижень якого з'єднаний послідовно з обмоткою збудження LM5 генератора, а обмотка електромагніта LM4 живиться від вихідних затискачів через двопівперіодний випрямляч VI, конденсатор С3 і додаткові опори R1, R2. Додаткові опори, розміщені в коробці управління, а також виносний регульований опір $R_{нф}$, який вмикається паралельно нерегульованому опору R1, призначені для настроювання регулятора на номінальну напругу й зменшення впливу зміни температури.

В умовах експлуатації налаштування регулятора виконується тільки зміною виносного опору, встановленого в коробці дистанційного пуску на пульті оператора.

Для забезпечення стійкої роботи регулятора напруги при перехідних режимах в схемі стабілізації напруги застосований стабілізуючий трансформатор TS-2. Його первинна обмотка вмикається на затискачі обмотки збудження генератора, а вторинна – в коло обмотки електромагніта регулятора.

Принцип дії регулятора РУГ-3 нічим не відрізняється від принципу дії вугільних регуляторів, які використовуються для стабілізації генераторів постійного струму.

Зниження напруги генератора змінного струму внаслідок збільшення навантаження або зниження підведеної напруги викликає відповідне зменшення випрямленого струму в обмотці електромагніта регулятора. В результаті цього сила тяги електромагніта зменшується, і під дією сили пружин відбувається стискання вугільного стрижня, зменшення його опору та збільшення струму збудження генератора, що приводить до відновлення напруги, обумовленої настроюванням регулятора. Підвищення напруги генератора викликає обернену дію регулятора, що приводить до відновлення напруги в результаті зменшення струму збудження генератора.

Перетворювач МА-1500К, як і інші перетворювачі серії МА, призначений для живлення навантаження змінним струмом в межах $0,7 \dots 1$ номінального значення при коливаннях величини напруги (27 ± 2) В, що підводиться. Внаслідок цього регулятори напруги перетворювачів МА відрізняються вузькими межами зміни опору вугільного стрижня, а тому непридатні для тривалої роботи на холостому ході й при перевантаженні перетворювача.

При експлуатації перетворювачів серії МА необхідно строго дотримуватися таких основних вимог:

- 1) перетворювач повинен встановлюватись в горизонтальному положенні і тільки на спеціальних амортизаторах;
- 2) робота перетворювача на холостому ході і при перевантаженні, а також при відключенні напруги, більшої 30 В, не допускається.

Для вимірювання швидкості використовується схема на базі мікроконтролера АТmega 8535.

1.2 Загальні відомості про мікроконтролер ATmega 8535 та його реалізація

Схема з'єднань МК типу ATmega 8535 подана на рисунку 1.5.

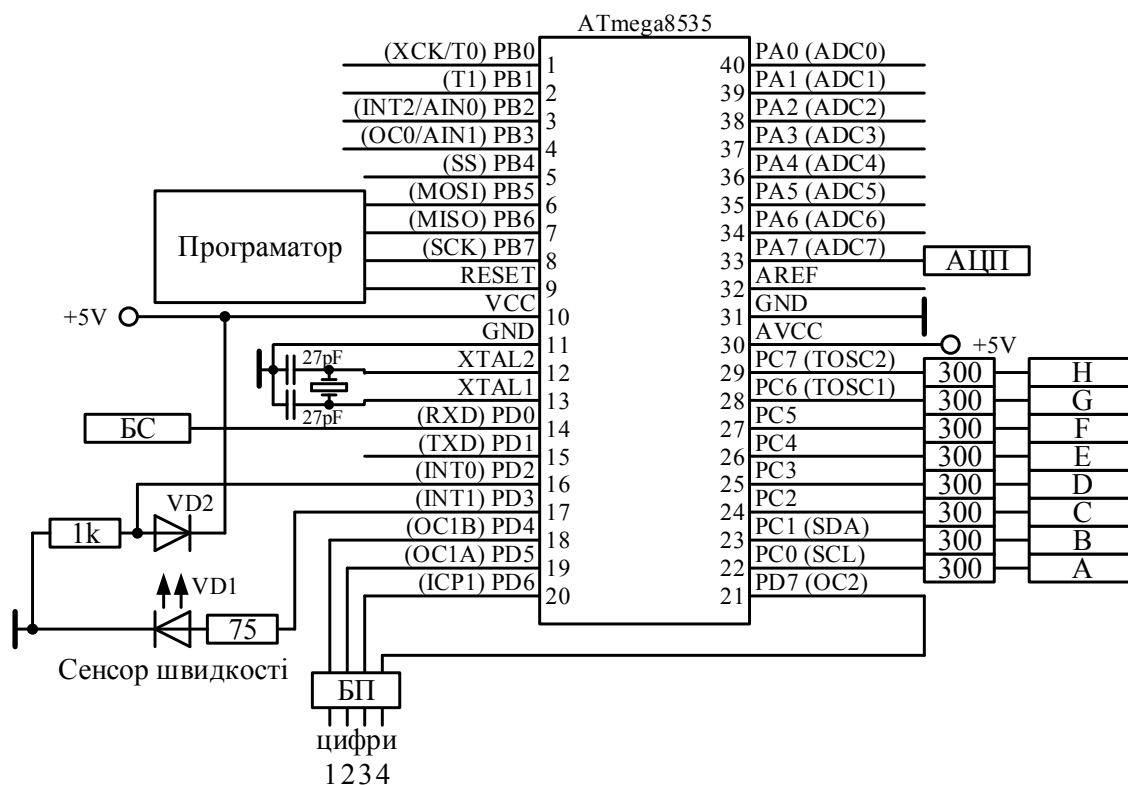


Рисунок 1.5 – Схема з'єднань МК типу ATmega 8535

Для вимірювання швидкості (див. рисунок 1.5) використовується оптичний датчик швидкості, який реалізований на інфрачервоних світлодіоді VD1 і фотодіоді VD2, між якими встановлений диск з виступом [5].

Структурна схема мікроконтролерів ATmega 8535 подана на рисунку 1.6.

ATmega 8535 має FLASH-пам'ять програми об'ємом 8 Кбайт. ОЗУ об'ємом 512 байт і EEPROM (пам'ять даних) об'ємом 512 байт [6].

Особливості цієї моделі МК:

- чотири 8-бітових порти введення/виведення (порт A...D);
- два 8-бітових (T0, T2) та один 16-бітовий T1 таймер/лічильник;

- 4 канали ШІМ (широтно-імпульсна модуляція);
- по одному інтерфейсному модулю USART, SP1 і TW1.

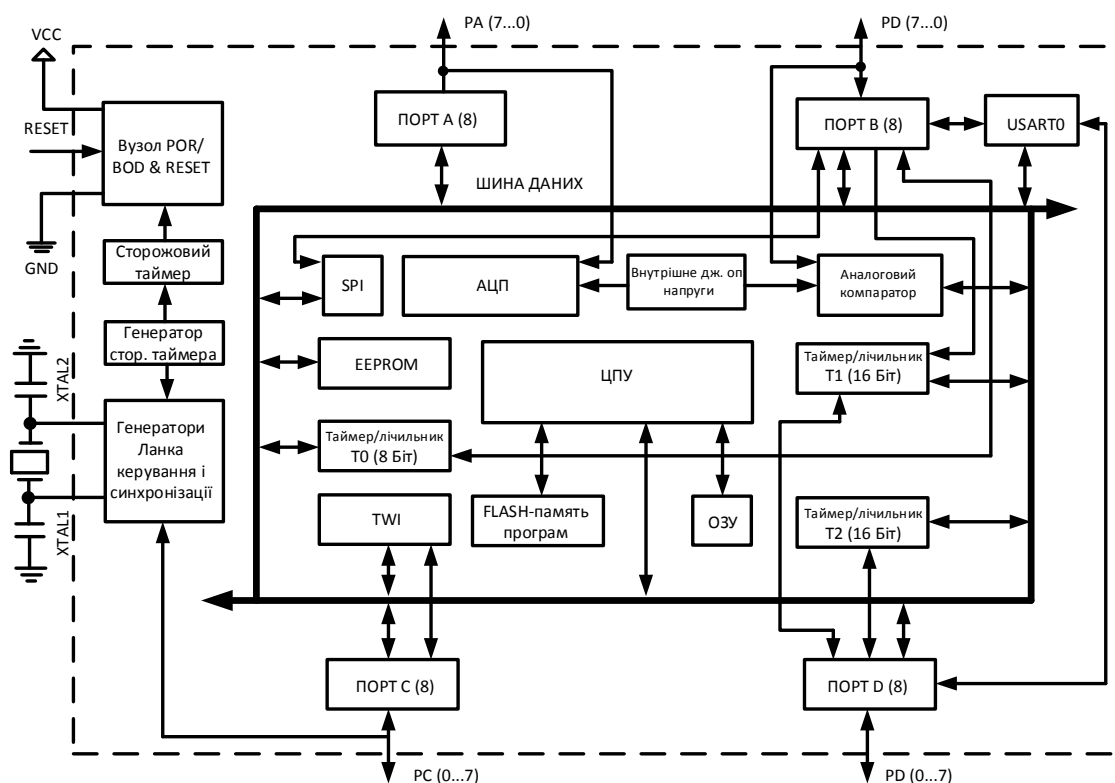


Рисунок 1.6 – Структурна схема мікроконтролера ATmega 8535

Мікроконтролери мають найбільш розвинуту переферію, найбільші об'єми пам'яті програми й даних. Вони призначені для використання в мобільних телефонах, офісній техніці тощо.

При обертанні диска за один оберт світловий промінь світлодіода короткочасно відкриває фотодіод, який запускає лічильник імпульсів складений на базі МК (рисунок 1.7), згідно із програмою, наведеною нижче. За кількістю імпульсів, що надійшли в лічильник імпульсів, відбувається візуальне відображення швидкості обертання двигуна, яка з використанням програми перетворення виводиться на семисегментний індикатор типу FYQ – 3641 BS – 21 (рисунок 1.7).

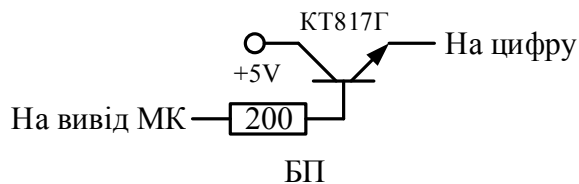
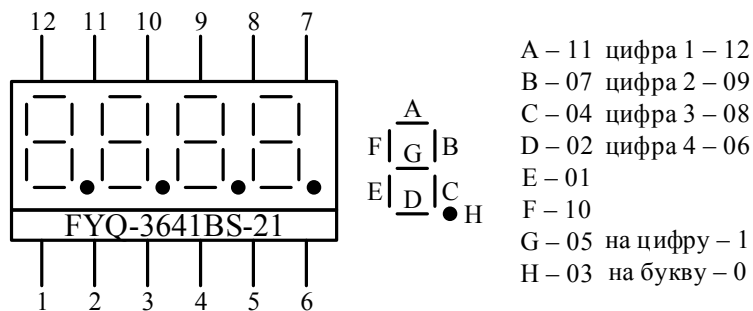


Рисунок 1.7 – Схема підключення семисегментного індикатора

Для програмування МК використовується програматор (рисунок 1.8).

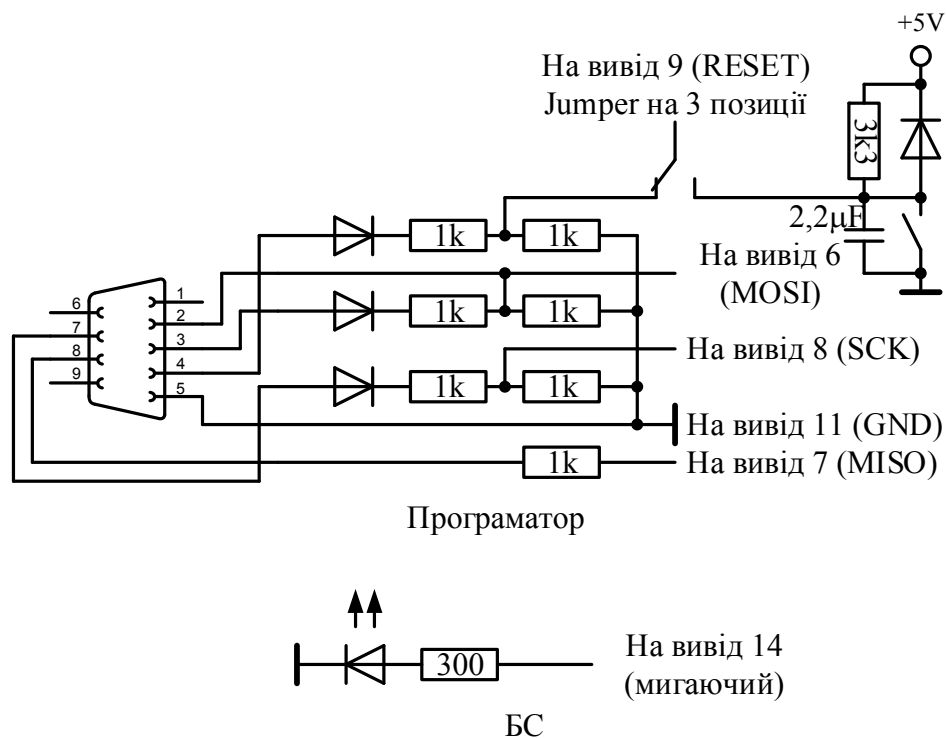



Рисунок 1.8 – Схема принципова програматора

Лістинг програми для визначення швидкості обертання двигуна перетворювача струму наведений в додатку А.

2 ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ

 Мета роботи: вивчення будови і принципу роботи індукторного генератора, зняття характеристик, визначення його основних параметрів.

2.1 Програма лабораторної роботи

1. Ознайомитись з будовою лабораторної установки, конструкцією та принципом роботи двигуна постійного струму змішаного збудження, генератора змінного струму.

2. За максимальними та мінімальними параметрами паспортних даних визначити число зубців ротора й статора.

3. Зняти та побудувати характеристики:

а) залежності швидкості, струму якоря двигуна та частоти перетворювача від напруги живлення;

б) залежності зміни струму збудження, вихідної напруги, струму навантаження генератора, швидкості обертання перетворювача від опору в колі збудження (визначається положенням повзунка потенціометра RP_{E1-E2} для зміни величини струму збудження двигуна перетворювача);

в) залежності струму збудження, вихідної напруги генератора, струму навантаження, швидкості обертання перетворювача від опору в колі навантаження (визначається положенням повзунка потенціометра $RP_{HГ2}$ для зміни величини навантаження генератора);

4. Зняти осцилограму та визначити параметри таблиці 2.4 (для трьох бригад різні вхідні напруги).

5. Зробити висновок за розрахованими даними та знятими характеристиками.

2.2 Методичні вказівки до виконання лабораторної роботи

Перед виконанням лабораторної роботи:

- а) повторити теоретичні матеріали щодо двигунів змішаного збудження, синхронних машин;
- б) ознайомитись з методичними рекомендаціями та вказівками за даними лабораторної роботи;
- в) підготувати протокол лабораторних випробувань;
- г) розібратися з правилами користування осцилографом С1-112.

2.2.1 Будова лабораторного стенда

Зовнішній вигляд лабораторної установки для дослідження перетворювача показаний на рисунку 2.1, а загальна схема – на рисунку 2.2.

Перелік використовуваних приладів на лабораторній установці (див. рисунок 2.2):

- 1 – перетворювач струму (МА-250М);
- 2 – знижувальний трансформатор TV1 та двопівперіодний випрямляч VD1-VD4;
- 3 – ЛАТР регулювання входної напруги TV2;
- 4 – реостат регулювання навантаження $RP_{нг2}$;
- 5 – реостат регулювання збудження RP_{E1-E2} ;
- 6 – блок вимірювання швидкості БК;
- 7 – вимикач автоматичний QF;
- 8 – осцилограф С1-112;
- 9 – стрілочні вимірювальні прилади PV1, PV2, PA1, PA3, PA2, PV3.

Призначення елементів загальної схеми перетворювача:

QF1 – вимикач автоматичний для живлення перетворювача;

TV2 – автотрансформатор для регулювання напруги живлення перетворювача;

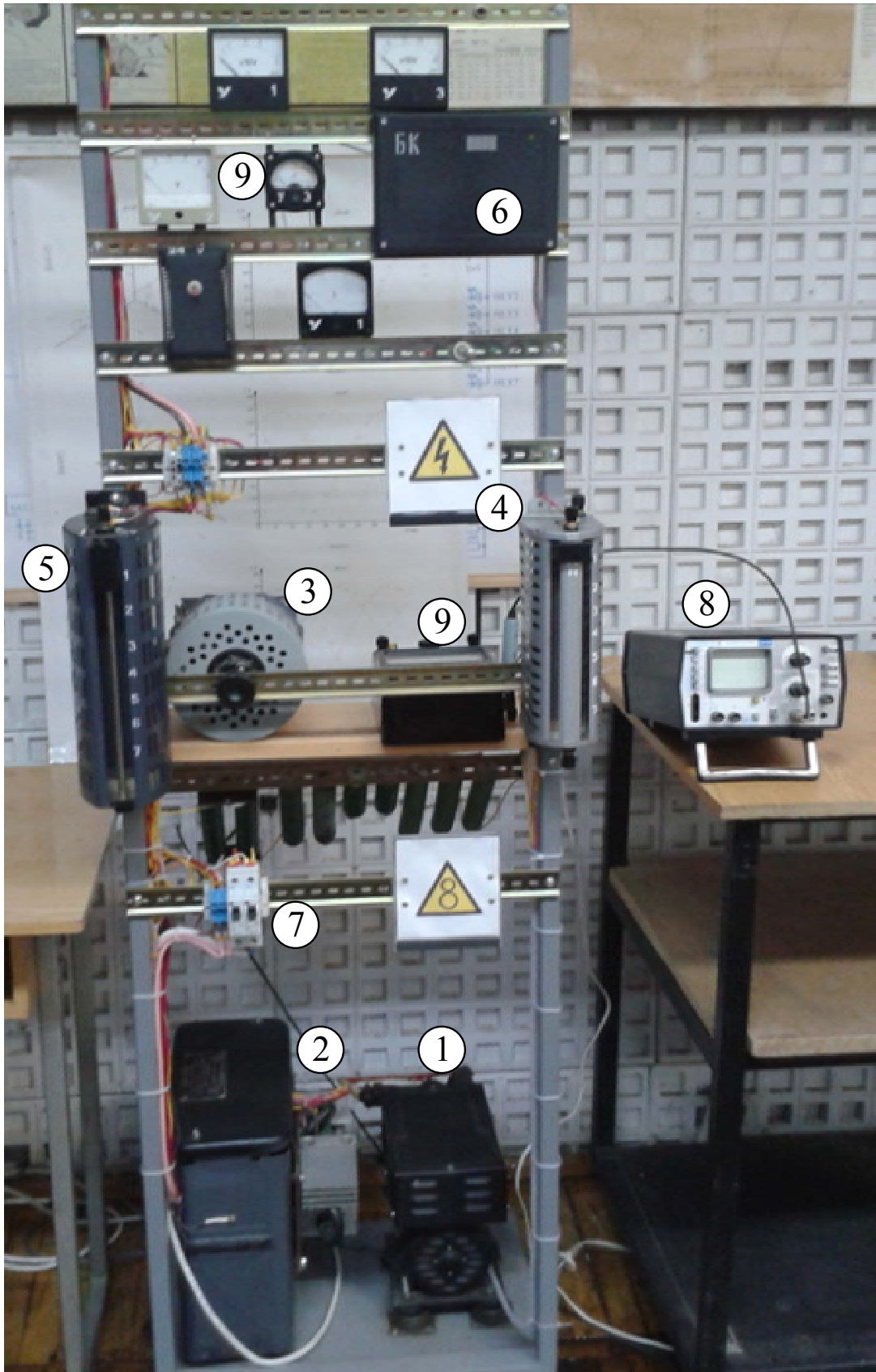


Рисунок 2.1 – Зовнішній вигляд лабораторної установки для дослідження перетворювача

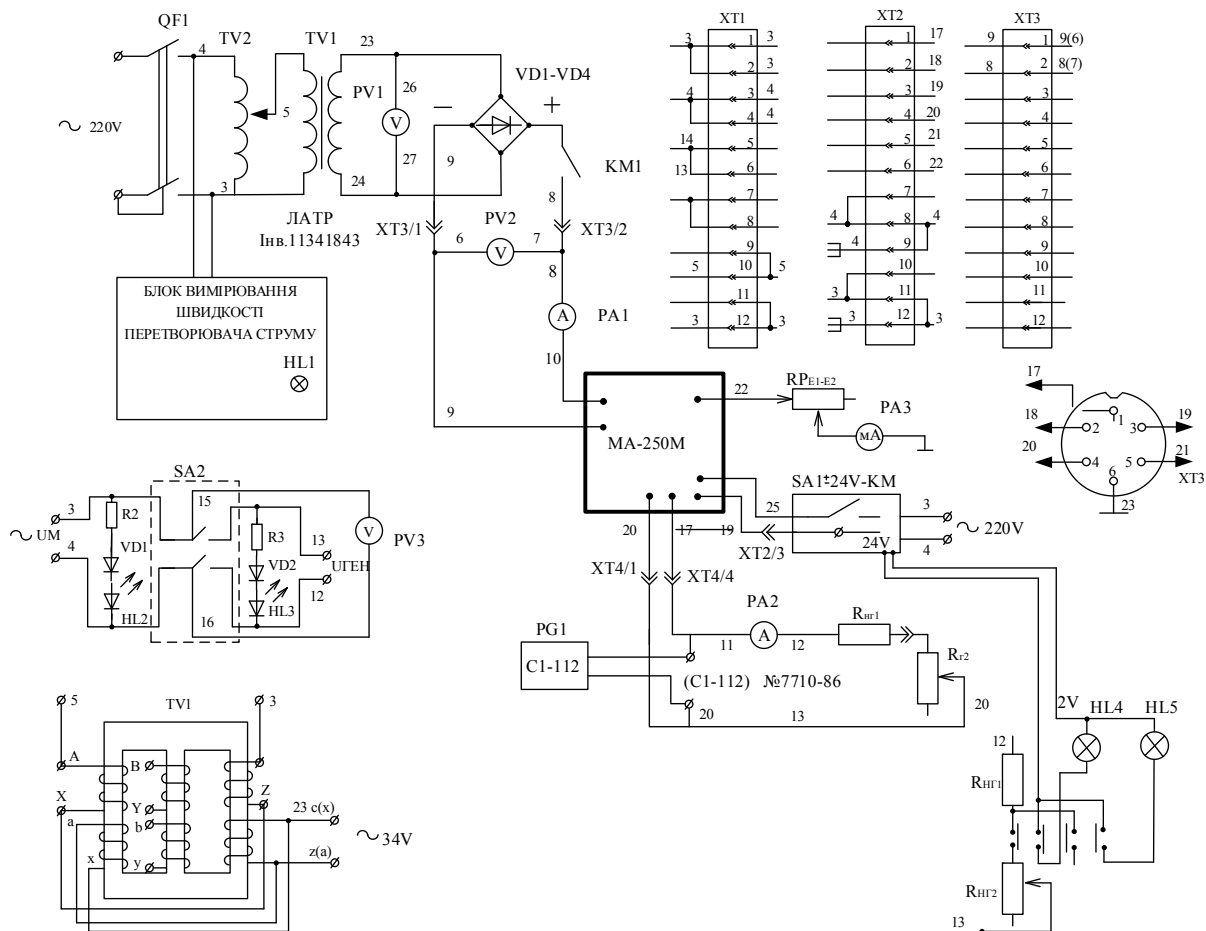


Рисунок 2.2 – Схема лабораторної установки для дослідження перетворювача струму

TV1 – однофазний понижувальний трансформатор та схема ввімкнення обмоток;

PV1 – вольтметр для контролю змінної напруги на вході двопівперіодного випрямляча VI;

VD1–VD4 – двопівперіодні випрямлячі;

KM1 – контакт контактора КМ ввімкнення живлення двигуна постійного струму змішаного збудження перетворювача;

PV2 – вольтметр контролю живлення перетворювача;

PA1 – амперметр контролю величини струму, який споживається перетворювачем;

MA-250M – досліджуваний пристрій;

RP_{E1-E2} – потенціометр для зміни величини струму збудження двигуна перетворювача;

$PA3$ – міліамперметр для контролю величини струму збудження двигуна;

$RP_{нг2}$ – потенціометр для зміни величини навантаження генератора;

$R_{нг1}$ – опір навантаження генератора;

$PA2$ – амперметр для контролю величини струму навантаження;

$SA1$ – перемикач для ввімкнення контактора КМ;

блок живлення $2 \times 12V (\pm 24V)$;

$HL1$ – світлодіод ввімкнення блока контролю швидкості;

$HL2$ – світлодіод контролю вимірювальної напруги в мережі;

$HL3$ – світлодіод напруги генератора перетворювача струму;

$HL4, HL5$ – лампочки контролю різновиду навантаження (для вдосконалення виду навантаження);

перемикач $SA2$ – для ввімкнення вольтметра $PV3$ та контролю напруги мережі й вихідної напруги генератора;

$C1-112$ – осцилограф для зняття осцилограми на виході генератора;

$БК$ – блок контролю швидкості на базі мікроконтролера;

$XT1, XT2, XT3$ і $XT4$ – з'єднання розбірні.

2.2.2 Визначення кількості зубців ротора та статора

Кількість зубців ротора визначається за формулами:

$$z'_2 = \frac{60 f_{1max}}{n_{2max}}, \quad (2.1)$$

де f_{1max} – максимальна частота перетворювача ($f_{1max} = 440$ Гц);

n_{2max} – максимальна швидкість обертання ротора генератора ($n_{2max} = 8800$ об/хв).

$$z'_2 = \frac{60 \cdot 440}{8800} = 3 \text{ (шт.)};$$

$$z''_2 = \frac{60 \cdot f_{1min}}{n_{2min}}, \quad (2.2)$$

де f_{1min} – мінімальна частота перетворювача ($f_{1min} = 380$ Гц);

n_{2min} – мінімальна швидкість обертання ротора генератора ($n_{2min} = 7600$ об/хв),

$$z''_2 = \frac{60 \cdot 380}{7600} = 3 \text{ (шт.)}.$$

Кількість зубців статора визначається за формулою (1.3), в якій відповідно до паспортних даних число фаз $m = 1$ (однофазна вихідна напруга) та число пазів на полюс і фазу $q = 1$:

$$z_1 = 2 \cdot 3 \cdot 1 \cdot 1 = 6 \text{ (шт.)}.$$

2.2.3 Зняття характеристик перетворювача типу МА250-М

Послідовність виконання операцій така.

1. Ввімкнути автоматичний вимикач QF1 та тумблер SA1 (рисунок 2.2). За допомогою автотрансформатора TV1, плавно збільшуючи вхідну напругу живлення перетворювача від 0 до 27 В, зняти характеристику залежності швидкості, струму якоря двигуна та частоти перетворювача від напруги живлення. Повзунки потенціометрів RP_{E1-E2} і $RP_{НГ2}$ встановленні в положення 1. Дані експерименту занести до таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Експериментальні дані для характеристик залежності швидкості, струму якоря двигуна та частоти перетворювача від напруги живлення

Номер досліджу	$U_{вх},$ В	Дослідні дані		Напруга генератора
		$n,$ об/хв.	$I_{дв},$ А	$U_{г},$ В
1				
2				
...				

2. При ввімкненому стенді зняти характеристики залежності зміни вихідної напруги, струму навантаження генератора, швидкості обертання перетворювача від струму збудження (опору в колі збудження) при вхідній напрузі $U_{вх} = U_{ном} = \text{const}$, ($RP_{НГ2}$ в положенні 1). Дані експерименту занести до таблиці 2.2 $R_{НГ} \rightarrow 1$.

Після виконання досліджу повзунок потенціометра RP_{E1-E2} встановити в положення 1.

3. При ввімкненому стенді зняти характеристики залежності струму збудження, вихідної напруги генератора, швидкості обертання перетворювача від струму навантаження (опору в колі навантаження) при вхідній на-

прузі $U_{ex} = U_{ном} = \text{const}$ (RP_{E1-E2} в положенні 1). Дані експерименту занести до таблиці 2.3.

Таблиця 2.2 – Експериментальні дані характеристик залежності зміни вихідної напруги, струму навантаження генератора, швидкості обертання перетворювача від струму збудження (опору в колі збудження)

Положення потенціометра RP_{E1-E2}	$I_{зб},$ мА	$U_{вих},$ В	$I_{нав},$ А	$n,$ об/хв
1				
2				
...				

Таблиця 2.3 – Експериментальні дані характеристик зміни залежності струму збудження, вихідної напруги генератора, струму навантаження, швидкості обертання перетворювача від опору в колі навантаження

Положення потенціометра $RP_{HГ2}$	$I_{нав},$ А	$U_{вих},$ В	$n,$ об/хв
1			
2			
...			

Після виконання досліду повзунок потенціометра $RP_{HГ2}$ встановити в положення 1.

4. При ввімкненому стенді зняти осцилограму (рисунок 2.3), визначити експериментальні дані та занести результати до таблиці 2.4.

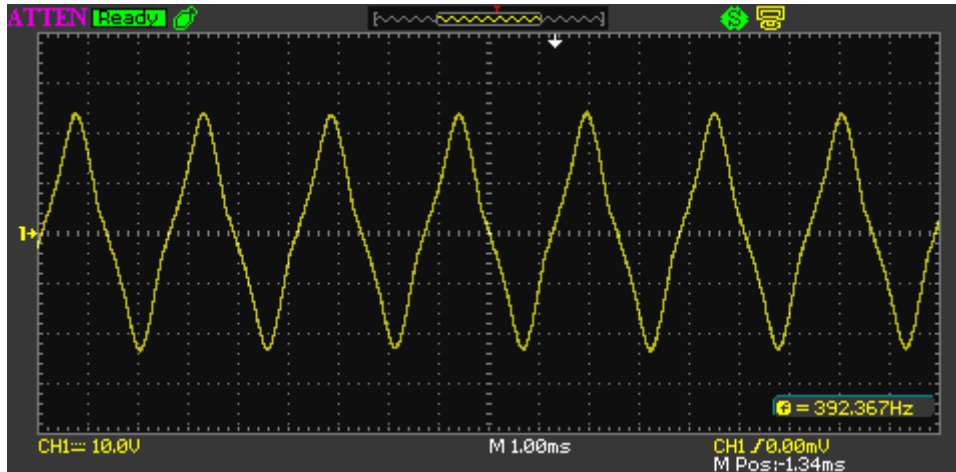


Рисунок 2.3 – Осцилограма вихідної напруги генератора

Таблиця 2.4 – Експериментальні дані з осцилограми

Номер бригади	$U_{вх},$ В	Дослідні величини					Розрахункові величини				
		$U_{вихген},$ В	$I_{нав},$ А	$n,$ об/хв.	за осцилогра- МОЮ		$f,$ Гц	$\omega,$ рад/с	$z_2,$ шт.	$z_1,$ шт.	$P_2,$ Вт
					$U,$ В	$T,$ с					
1	27										
2	24										
3	22										

Розрахункові формули.

Частота генератора за осцилограмою визначається як:

$$f = \frac{1}{T}. \quad (2.3)$$

Кутова частота змінного струму:

$$\omega = 2\pi f. \quad (2.4)$$

Швидкість обертання ротора:

$$n_2 = \frac{60 f_1}{z_2}. \quad (2.5)$$

Напруга U визначається за осцилограмою.

Корисна потужність індукторного генератора при активному навантаженні:

$$P = UI \cos \varphi. \quad (2.6)$$

Пристрої, які застосовуються в електровимірвальній техніці для вимірювання періодичних напруг і струмів, реєструють діючі значення напруг і струмів. Для цієї мети шкали приладів градууються відповідно до цих значень [4].

За табличними параметрами потрібно побудувати характеристики:

- відповідно до таблиці 2.1 графіки залежності швидкості та струму якоря двигуна від напруги живлення;
- відповідно до таблиці 2.2 графіки залежності вихідної напруги, струму навантаження генератора, швидкості обертання перетворювача від струму збудження;
- відповідно до розрахунків таблиці 2.3 графіки залежності струму збудження, вихідної напруги генератора, швидкості обертання перетворювача від струму навантаження.

2.2.4 Паспортні дані електричних машин

1. Перетворювач МА-250 М:

- потужність 150 Вт;
- лінійна напруга 150 В;
- струм навантаження 2,17 А;

- коефіцієнт потужності 0,9;
- струм, що споживається, ≤ 20 А;
- коефіцієнт корисної дії 0,38;
- швидкість обертання 7600...8800 об/хв;
- частота 380 ÷ 440 Гц;
- напруга живлення 27 В;
- маса 10 кг.

2. Трансформатор:

- тип ТСЗН 1,6 У2, УХЛ2
- потужність 1,6 кВА;
- частота 50...60 Гц;
- маса 25 кг;
- ТУ 16-б 17, випуск 1985 р.

2.2.5 Зміст звіту

Звіт повинен містити:

- титульний аркуш з указаною назвою міністерства, інституту, кафедри і теми роботи, групи і прізвища авторів, міста та року виконання;
- протокол, підписаний викладачем;
- мету роботи;
- короткі теоретичні положення;
- програму виконання роботи;
- номінальні величини досліджуваних машин і перелік використаних вимірювальних приладів (з робочого протоколу);
- електричні схеми для дослідів;
- таблиці з результатами вимірювань і розрахунків (таблиці повинні бути пронумеровані і названі);
- розрахункові формули й приклади розрахунку для одного з характерних режимів, а також графіки характеристик;

– висновки, в яких дається коротка характеристика досліджуваної машини, її основні відмінності та властивості, головні результати досліджень, фізичний зміст вимірювальних параметрів.

2.2.6 Контрольні питання

1. Будова, принцип дії та характеристики двигуна постійного струму змішаного збудження.
2. Будова, принцип дії та характеристики звичайних синхронних генераторів.
3. Особливості конструкції індукторного генератора.
4. Принципова електрична схема перетворювача МА-1500К.
5. Загальна схема перетворювача МА-250М.
6. Принцип вимірювання швидкості за допомогою контролера.

Література

1. Брускин Д. Э. Электрические машины и микромашины / Брускин Д. Э., Зорохович А. Е., Хвостов В. С. – М. : Высшая школа, 1971. – 430 с.
2. Вольдек А. И. Электрические машины / Вольдек А. И. – Л. : Энергия, 1974. – 839 с.
3. Блажкин А. Т. Общая электротехника / Блажкин А. Т. – Л. : Энергоатомиздат, 1986. – 591 с.
4. Загірняк М. В. Електричні машини / М. В. Загірняк, Б. І. Невзлін. – К. : Знання, 2009. – 399 с.
5. Монтік П. М. Електротехніка та електромеханіка / Монтік П. М. – Л. : Новий світ-2000, 2007. – 498 с.
6. Євстифеев А. В. Микроконтролери AVR семейства Mega / Євстифеев А. В. – М. : ОДЄКА, 2007. – 592 с.

Додаток А

Лістинг програми для визначення швидкості обертання двигуна

Лістинг програми для визначення швидкості обертання двигуна перетворювача струму має вигляд:

```
#include <iom8535.h>
#include "Delay.h"

char T0; // Використовується для переповнення таймера 0 (коэф. ділення 1024) і виведення швидкості кожні 0,1 сек
char T1; // T1 = коэф. ділення 1 тах швидкість = 8800 об/хв (440 Гц),
мін швидкість = 10 об/хв (0,5 Гц)
char K, L, i, P1,P2,z,P3,P4; // Змінна для кожного розряду швидкості
unsigned int W, Speed;

char Converter (char i)
{
    char y;
    if (i == 0) y = 0xC0; // 0x3f; //{a = 0x01;b = 0x02;c = 0x04;d = 0x08;e =
0x10;f = 0x20;g = 0x00;h = 0x00;}
    if (i == 1) y = 0xF9; // 0x06; //{a = 0x00;b = 0x02;c = 0x04;d = 0x00;e =
0x00;f = 0x00;g = 0x00;h = 0x00;}
    if (i == 2) y = 0xA4; // 0x5b; //{a = 0x01;b = 0x02;c = 0x00;d = 0x08;e =
0x10;f = 0x00;g = 0x40;h = 0x00;}
    if (i == 3) y = 0xB0; // 0x4f; //{a = 0x01;b = 0x02;c = 0x04;d = 0x08;e =
0x00;f = 0x00;g = 0x40;h = 0x00;}
    if (i == 4) y = 0x99; // 0x66; //{a = 0x00;b = 0x02;c = 0x04;d = 0x00;e =
0x00;f = 0x20;g = 0x40;h = 0x00;}
    if (i == 5) y = 0x92; // 0x6d; //{a = 0x01;b = 0x00;c = 0x04;d = 0x08;e =
0x00;f = 0x20;g = 0x40;h = 0x80;}
    if (i == 6) y = 0x82; // 0x7d; //{a = 0x01;b = 0x00;c = 0x04;d = 0x08;e =
0x10;f = 0x20;g = 0x40;h = 0x80;}
    if (i == 7) y = 0xF8; // 0x07; //{a = 0x01;b = 0x02;c = 0x04;d = 0x00;e =
0x00;f = 0x00;g = 0x00;h = 0x80;}
}
```



```
    if (i == 8) y = 0x80; // 0x7f; //{a = 0x01;b = 0x02;c = 0x04;d = 0x08;e =  
0x10;f = 0x20;g = 0x40;h = 0x80;}  
    if (i == 9) y = 0x90; // 0x6f; //{a = 0x01;b = 0x02;c = 0x04;d = 0x08;e =  
0x00;f = 0x20;g = 0x40;h = 0x80;}  
    return y;  
}
```

```
void main (void)  
{  
    MCUCR = 0x06 ; // Reserved... // INT1 - Any logical change // INT0 -  
The falling edge
```

```
    DDRC = 0xFF ; // Output  
    DDRD = 0xF9 ; // Input-Output (PD3 - for InfraRed VD)  
    PORTC = 0x00 ; // Init value  
    PORTD = 0x09 ; // Init value
```

```
    ADCSRA = 0x00 ;  
    ADMUX = 0x05 ; // 0x85 - old  
    ADC = 0x00 ;  
    SFIOR = 0x00 ;
```

```
    Delay_ms(500);  
    PORTD = 0x08 ; // Init value - VD is OFF
```

```
    T0 = 0;  
    T1 = 0;  
    W = 0;  
    Speed = 0;  
    K = 0;  
    L = 0;  
    i = 0;
```

```
    GICR = 0x40 ; // INT0 - enable  
    GIFR = 0x00 ;  
    SREG = 0x80 ; // Interrupts enabled
```

```

TCNT0 = 0x00 ;
TCCR0 = 0x05 ; // Timer0 divide on 1024
TIMSK = 0x05 ; // Timer1 and Timer0 Interrupt Overflow Enable
TIFR = 0x00 ;
TCNT1 = 0x00 ;
TCCR1A = 0x00 ;
TCCR1B = 0x01 ; // Timer1 divide on 1
//          z = 0;
while (1)
{
    if (L == 0) i = 0x08;
        else i = 0x09;
    P1 = Speed / 1000;
    P2 = (Speed - (P1 * 1000)) / 100;
    P3 = (Speed - ((P1 * 1000)+(P2 * 100))) / 10;
    P4 = (Speed - ((P1 * 1000)+(P2 * 100)+(P3 * 10)));
    PORTC = Converter(P1);PORTD = 0x10 + i;Delay_ms(1);
    PORTC = Converter(P2);PORTD = 0x20 + i;Delay_ms(1);
    PORTC = Converter(P3);PORTD = 0x40 + i;Delay_ms(1);
    PORTC = Converter(P4);PORTD = 0x80 + i;Delay_ms(1);
//    z++;
//    if (z==20) {Speed++;z = 0;}
}
}

interrupt [INT0_vect]
void INT0_Interrupt (void) // Тіло переривання виконується за 2117 так-
тів
{
    unsigned int WProm;
    long int Ost, Timer1;

    if (T1 < 245) // Якщо швидкість >= 10 об/хв
    {
        Ost = TCNT1; // Зчитуємо кількість імпульсів в лічильнику
        TCNT1 = 0x00; // Обнуляємо 16 розрядний лічильник
    }
}

```

```

    Timer1 = (T1 * 65535) + Ost; // Кількість імпульсів у лічильнику за
    один оберт диска

```

```

    WProm = 480000000 / Timer1; // Визначаємо поточну швидкість – 729

```

```

    Ost = 480000000 % Timer1; // Визначаємо залишок від ділення – 731

```

```

    if (Ost >= (Timer1 / 2)) WProm++; // Якщо залишок при діленні швид-
    кості більше, ніж 0,5, то збільшуємо швидкість на 1 if (W == 0)
    W = WProm;

```

```

        else W = (W + WProm) / 2;

```

```

    }

```

```

    T1 = 0;

```

```

}

```

```

interrupt [TIMER0_OVF_vect]

```

```

void TIMER0_OVF_Interrupt (void) // Тіло переривання (з умовою) ви-
конується за 4108 тактів {

```

```

    T0++;

```

```

    if (T0 == 10) // було число 6 для інтервалу між виводом чисел рівним
    0,2 сек

```

```

    {

```

```

        Speed = W;

```

```

        T0 = 0;

```

```

        K++; // перевірений світлодіод буде блимати один раз в секунду

```

```

        if (K == 3)

```

```

        {

```

```

            K = 0;

```

```

            L = ~L;

```

```

        }

```

```

    }

```

```

}

```

```

interrupt [TIMER1_OVF_vect]

```

```

void TIMER1_OVF_Interrupt (void) // Тіло переривання виконується за
13 тактів

```

```

{

```

```

    if (T1 < 245) T1++;

```

```

        else W = 0;

```

```

}

```

Інструктивно-методичне видання

**Методичні вказівки
до виконання лабораторної роботи
з дисципліни «Спеціальні електричні машини»
на тему «Дослідження перетворювача струму»
для студентів напряму підготовки
«Електромеханіка»**

Редактор В. Дружиніна
Коректор З. Поліщук

Укладачі: Михайло Петрович Розводюк
Валентин Володимирович Грабко
Микола Омелянович Казак

Оригінал-макет підготовлено М. Розводюком

Підписано до друку 01.12.2014 р.
Формат 29,7×42¼. Папір офсетний.
Гарнітура Times New Roman.
Друк різнографічний. Ум. друк. арк. 1,9
Наклад 75 прим. Зам. № 2014-098.

Вінницький національний технічний університет,
навчально-методичний відділ ВНТУ.
21021, м. Вінниця, Хмельницьке шосе, 95,
ВНТУ, к. 2201.
Тел. (0432) 59-87-36.
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи
серія ДК №3516 від 01.07.2009 р.

Віддруковано у Вінницькому національному технічному університеті
в комп'ютерному інформаційно-видавничому центрі.
21021, м. Вінниця, Хмельницьке шосе, 95,
ВНТУ, ГНК, к. 114.
Тел. (0432) 59-87-38.
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи
серія ДК №3516 від 01.07.2009 р.