

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Запорізький національний технічний університет

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до виконання лабораторної роботи № 4
«Дослідження магнітного підсилювача»
з дисципліни «Автоматичне керування зварюванням» для
студентів
спеціальності 131 «Прикладна механіка» усіх форм навчання

2017

Методичні вказівки до виконання лабораторної роботи № 4
«Дослідження магнітного підсилювача» з дисципліни «Автоматичне
керування зварюванням» для студентів спеціальності 131 «Прикладна
механіка» усіх форм навчання / Укл.: А.О. Шумілов, О.Є. Капустян –
Запоріжжя: ЗНТУ, 2017. - 14 с.

Укладачі: А.О. Шумілов, канд. техн. наук, доцент

О.Є. Капустян, ст. викладач;

Рецензент: Ю.М. Савонов, канд. техн. наук, доцент

Редактор: І.П. Аверченко

Відповідальний за випуск: О.Є. Капустян

Затверджено

на засіданні кафедри ОТЗВ

Протокол № 8 від 29.03.2017

Рекомендовано до видання

НМК ІФФ

Протокол № 8 від 11.04.2017

ЗМІСТ

1 МЕТА РОБОТИ.....	4
2 ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ	4
2.1 Опис установки	8
3 КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ ДЛЯ САМОПЕРЕВІРКИ І КОНТРОЛЮ ПІДГОТОВЛЕНOSTІ СТУДЕНТІВ ДО РОБОТИ.....	11
4 МАТЕРІАЛИ, ІНСТРУМЕНТ, ПРИЛАДИ, ОБЛАДНАННЯ. 11	
5 ВКАЗІВКИ З ТЕХНІКИ БЕЗПЕКИ	11
6 ПОРЯДОК ПРОВЕДЕННЯ ЛАБОРАТОРНОЇ РОБОТИ.....	11
7 ЗМІСТ ЗВІТУ	13
8 РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА.....	13

1 МЕТА РОБОТИ

Вивчити принцип дії магнітного підсилювача (ОМП) і зняти його характеристики.

2 ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ

Для підсилення сигналів в магнітних підсилювачах використовується властивість котушки з феромагнітним осередям змінювати індуктивний опір при підмагнічуванні осередя постійним струмом.

Магнітні підсилювачі використовуються як у точних вимірювальних пристроях потужністю в кілька частин ВА, так і в схемах автоматичного керування великими виробничими агрегатами, такими, як прокатні стани, екскаватори, металоріжуче обладнання та ін.

В галузі зварювання магнітні підсилювачі в останній час знаходять застосування для керування у регулюванні величини струму і напруги в деяких спеціальних джерелах живлення, а також для регулювання швидкості обертання двигуна подачі електродного дроту в системах автоматичного регулювання параметрів зварювання.

Широке використання магнітних підсилювачів (МП) у схемах автоматики обумовлено їх високими експлуатаційними якостями:

- вони не містять частин, що обертаються та труться і тому вони не піддаються механічному зносу;
- відрізняються великим строком служби, досить високою надійністю і простотою експлуатації;
- виконуються на широкий діапазон потужності;
- готові до роботи одразу після подачі напруги живлення;
- можуть просто складати на вході декілька керуючих сигналів (без електричного зв'язку) при наявності декількох обмоток керування;
- можуть тривалий час витримувати великі перенавантаження по струму, надійно працювати в умовах ударів і вібрації;
- в процесі експлуатації характеристики МП залишаються

практично не змінними, мало змінюються при коливаннях температури навколишнього середовища.

Головним недоліком є інерційність.

Магнітні підсилювачі умовно можуть бути поділені на три групи: вхідні, допоміжні і вихідні.

Магнітний підсилювач являє собою статичний безконтактний електромагнітний апарат, складений з двох сталевих осередь і двох груп обмоток вхідних і вихідних. Вхідні обмотки (обмотки керування) живляться постійним струмом, вихідні (навантажені) - змінним або випрямним. Посилення вхідних сигналів досягається завдяки нелінійності характеристики намагнічування осередя.

Розглянемо найпростіший магнітний підсилювач - так званий дросель насичення, з одним осередям (рис. 2.1).

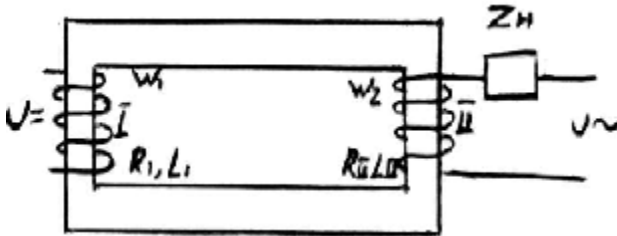


Рисунок 2.1 - Дросель насичення

На замкнутому осереді з феромагнітного матеріалу (частіше трансформаторна сталь або пермалой) розташовані дві обмотки W_1 і W_2 . Робочою обмоткою, яка ввімкнена послідовно з опором навантаження Z_H до джерела змінного струму, є обмотка W_2 . Як відомо, струм в цій обмотці (а як наслідок і навантаження) визначається за формулою:

$$I_H = U/Z = U/\sqrt{R_o^2 + (\omega \cdot L + X_H)^2}, \quad (2.1)$$

де R_o - сума активних опорів обмотки і навантаження;

ω - частота напруги;

L - індуктивність обмотки, залежна від магнітної проникненості сталевго осередя на змінному струмі і визначається за формулою:

$$L = 0,4\pi \cdot W \cdot \mu \cdot S_M / l_M \cdot 10^8, \quad (2.2)$$

$$\mu = B / 0.4\pi \cdot H, \quad (2.3)$$

де W - число витків обмотки;

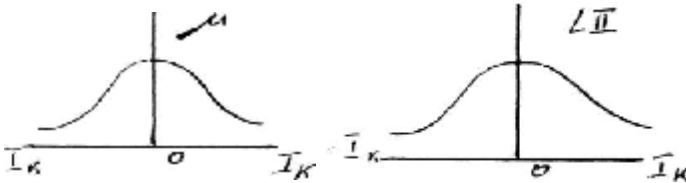
S_M - площа перерізу сталевго осередя;

l_M - довжина середньої лінії осередя.

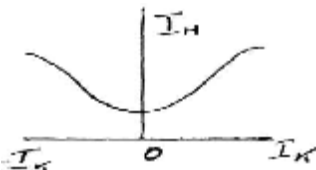
Якщо обмотка дроселя живиться постійною по амплітуді синусоїдальною напругою, то зневажаючи втратами, можна рахувати що магнітний потік і магнітна індукція в дроселі змінюються синусоїдально. Якщо вхідний сигнал відсутній, то напруженість змінного магнітного поля H пропорційна величині індукції B .

При наявності підмагнічування, створеного обмоткою I , середня робоча точка зміщується на нелінійний відрізок кривої намагнічування. В цьому випадку при збільшенні амплітуди H амплітуда B значно зменшується і величина магнітної проникненості μ на змінному струмі сталевго осередя зменшується.

Приклад залежності μ від підмагнічуючого струму показано на рис. 2.2 а. Отже, індуктивність обмотки L буде залежати від величини керуючого (підмагнічуючого) постійного струму I_K (рис. 2.2 б). Якщо змінна напруга U постійна по амплітуді, то з формули (2.1) видно, що струм I_n , а тобто і падіння напруги і потужності у навантаженні,



залежить від величини I_K (рис. 2.2 в).



а)

б)

в)

Рисунок 2.2 - Залежність магнітної проникненості, індуктивності і струму навантаження від величини підмагнічуючого струму

Якщо крива намагнічування матеріалу осередя має велику крутість лінійної частини, то при цьому стає можливим значно змінювати напругу і потужність навантаження за рахунок невеликих змін величини вхідного сигналу U , тобто посилювати цей вхідний сигнал. Цей принцип і використовують в магнітних підсилювачах.

Для усунення впливу обмоток навантаження на керуючі обмотки МП виробляються з двома осередями (Ш-, П- або О-образними). Обмотки навантаження намотують на кожний осередь і з'єднують зустрічно-послідовно або зустрічно-паралельно. При такому вмиканні змінні е.р.с. в керуючих обмотках взаємно компенсуються.

В МП малої і середньої потужності обмотки керування намотуються одночасно на обидва осередя. В МП великої потужності іноді кожний осередь наділяється відокремленими обмотками керування.

Нахил характеристики МП ($I_n = f(I_{\text{кер}})$), отже, й коефіцієнт підсилення, можна збільшити, вживаючи зворотній зв'язок (ЗЗ). В магнітних підсилювачах звичайно вживається позитивний ЗЗ по струму. Існує дві схеми ввімкнення ЗЗ: із зовнішнім ЗЗ і внутрішнім.

У схемі із зовнішнім зворотнім зв'язком струм навантаження (або частина його) випрямляється і подається в одну із обмоток керування (обмотка зворотнього зв'язку) згідно із задавальною (керуючою) обмоткою. Обмоткою зворотнього зв'язку називається обмотка, яка створює е.р.с. намагнічування пропорційно струму навантаження. Таким чином, при тому ж струмі керування струм навантаження збільшується за рахунок додаткового підмагнічування осередя. Якщо дія струму I_n в обмотках зворотного зв'язку посилює дію сигналу, то отримуємо позитивний ЗЗ, що зменшує негативний.

У схемі з внутрішнім зворотнім зв'язком (схема з самонасиченням) в якості обмотки ЗЗ вживається сама робоча обмотка. Для здійснення ЗЗ секції робочої обмотки вмикаються через діоди таким чином, що кожна напівобмотка працює тільки один напівперіод. Пульсуючий магнітний потік, що створюється напівобмотками в осереді сходиться з потоком від задавальної (керуючої) обмотки.

Результуюче значення індукції в осереді буде визначати величину струму у навантаженні. Крутість характеристики МП збільшується, тобто збільшується коефіцієнт підсилення.

При великому коефіцієнті зворотного зв'язку ($K_{зз} = 1$) можна отримати релейний режим роботи МП. За коефіцієнт ЗЗ приймають умовну величину, яка дорівнює відношенню числа витків обмотки ЗЗ до числа витків обмотки навантаження.

Одночасно зі збільшенням крутості характеристики, у схемах з самонасиченням (внутрішній ЗЗ) спостерігається зростання початкового струму навантаження (струм навантаження при відсутності струму керування). Окрім вхідних і вихідних обмоток МП має обмотку зміщення. Обмоткою зміщення називається обмотка, яка створює незмінну за величиною е.р.с. намагнічування, що зміщує робочу точку на загальній характеристиці при відсутності керуючого сигналу. Зміщення в МП застосовується для вибору робочої точки і отримання необхідного струму навантаження при заданому струмі керування.

Якщо змінювати величину постійного струму (від незалежного джерела) в обмотці зміщення можна перемістити характеристику МП по осі струму керування (без зміни кута нахилу).

Негативний струм зміщення (по відношенню до струму у обмотці, що задається) зміщує характеристику вправо, а позитивний - уліво.

2.1 Опис установки

На стенді змонтовано магнітний підсилювач типу ВПМБ -21.

Серія вхідних магнітних підсилювачів (ВПМ) призначена для посилення малопотужних сигналів у безконтактних схемах автоматичного керування. У якості виконавчих механізмів вживаються пускачі, реле і електромагніти постійного і змінного струму.

Найменування типу підсилювачів розшифровується наступним чином: ВПМ - вихідний підсилювач магнітний; А - загальнопромислове виконання; Б - виконання герметичне.

Перша цифра після букв А або Б означає номер габариту; перша цифра після тире - виконання кола обмоток навантаження (1,2); друга цифра - виконання кола обмоток керування і зміщення (1).

Підсилювачі серії ВПМ виконані на двох стрічкових осередях

тороїдальної форми з електротехнічної сталевий холоднокатаній стрічки марки Е-310.

У вхідних МП серії ВПМ використовується схема з нелінійним негативним зворотнім зв'язком.

У магнітних підсилювачах негативний зворотній зв'язок застосовується для стабілізації коефіцієнта підсилення, покращення лінійності характеристики навантаження і підвищення вхідного опору підсилювача. Негативний зворотній зв'язок також зменшує інерційність підсилювача.

Для вхідних МП з виходом на змінному струмі (рис 2.2) нелінійність негативного ЗЗ отримується шляхом послідовного вмикання дроселя L і активного опору R_3 , що регулюється у коло обмотки негативного ЗЗ, яка ввімкнута паралельно навантаженню. Дросель розрахований так, що при номінальній напрузі на навантаженні його осередка насичується. Він практично запирає коло ЗЗ при низькій напрузі на навантаженні, а при досягненні цієї напругою значення, близького до номінального виявляється нелінійний характер опору дроселя. Таким чином, малому змінненню напруги на навантаженні відповідає значна зміна ЗЗ. Завдяки цьому, знімається перенапруга на навантаженні, яке виникає при замкнутій магнітній системі виконавчого елемента схеми, а також досягається необхідна стабілізація напруги на навантаженні при коливаннях напруги загального джерела живлення.

Опір R_2 дозволяє зменшити вплив опору R_3 на нелінійність дроселя. Величина потужності на навантаженні R_H регулюється керуючим сигналом за допомогою потенціометра $K_{кер}$. Полярність керуючого сигналу змінюється перемикачем SA_4 . Для згладжування пульсацій керуючого сигналу ставиться конденсатор. При наявності ємності, яка шунтує обмотку керування, потужність керування знижується.

Живлення підсилювача здійснюється змінним струмом від мережі 220В, постійним струмом від випрямляча 20 В.

Необхідна величина е.р.с. зміщення встановлюється за допомогою додаткового опору R_1 потенціометра $Я_{зм}$. Робочі обмотки, ввімкнені паралельно, з'єднані зустрічно таким чином, щоб е.р.с. з частотою джерела живлення не наводилася у колі керування. Навантаження МП з'єднується послідовно з робочими обмотками.

Схема дослідження МП зібрана на стенді. Різні схеми вмикання

обмоток збираються за допомогою перемикачів.

3 КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ ДЛЯ САМОПЕРЕВІРКИ І КОНТРОЛЮ ПІДГОТОВЛЕНOSTІ СТУДЕНТІВ ДО РОБОТИ

1. Зобразити графік $\mu = f(I_{\text{кер}})$.
2. Чим пояснити наявність струму навантаження при нульовому вхідному сигналі?
3. Як залежить повний опір робочих обмоток від вхідного струму?
4. Що таке зворотній зв'язок і які вони бувають?
5. Призначення обмотки зміщення.
6. Як визначити коефіцієнт підсилення по струму у будь-якій точці характеристики $I_n = f(I_{\text{кер}})$?
7. Недоліки та переваги магнітних підсилювачів.

4 МАТЕРІАЛИ, ІНСТРУМЕНТ, ПРИЛАДИ, ОБЛАДНАННЯ

Стенд для досліджень.

5 ВКАЗІВКИ З ТЕХНІКИ БЕЗПЕКИ

1. До лабораторних робіт допускаються студенти після інструктажу з охорони праці та пожежної безпеки.
2. Забороняється вмикати електричні прилади та обладнання без дозволу завідуючого лабораторією, або викладача.
3. У випадку виявлення неполадок обладнання студент мусить негайно повідомити викладача, або завідуючого лабораторією.
4. При пожежі або ураженні електричним струмом студенти повинні діяти у відповідності до затверджених інструкцій з охорони праці та пожежної безпеки.

6 ПОРЯДОК ПРОВЕДЕННЯ ЛАБОРАТОРНОЇ РОБОТИ

Ознайомитись з конструкцією магнітного підсилювача і контрольно-вимірювальної апаратури.

Записати технічні дані магнітного підсилювача.

Зняти і побудувати в загальній системі координат характеристики навантаження $I_n = f(I_{\text{кер}})$ для наступних випадків:

- природна характеристика - без зворотних зв'язків (вимкнути вимикачі SA2, SA, 5SA6; ввімкнути SA1, SA3). Повільно змінюючи струм керування від 0 до 30 мА, фіксувати значення струму керування і навантаження; змінити полярність і повторити дослід;

- природна характеристика зі зміщенням (ввімкнути SA1, вимкнути SA2, SA6; перемикачем SA5 змінювати полярність в обмотці зміщення);

- з внутрішнім ЗЗ (ввімкнути SA1, SA2, SA3; SA5, SA6 вимкнені);

- з внутрішнім ЗЗ і зміщенням (ввімкнені SA1, SA2, SA3; SA6 вимкнено; перемикачем SA5 змінюють полярність в обмотці зміщення);

- із зовнішнім позитивним зворотнім зв'язком (вимикачі SA2 і SA5 вимкнені, SA1 і SA3 ввімкнені, SA5 ввімкнено на „зовн. ЗЗ+“);

- із зовнішнім негативним зворотнім зв'язком (вимикачі SA2 і SA5 вимкнені, SA1 і SA3 ввімкнені, SA5 ввімкнено на „зовн. ЗЗ-“);

- власна характеристика навантаження підсилювача із зовнішнім ЗЗ, з внутрішнім ЗЗ, з позитивним струмом зміщення (SA1, SA2, SA3 ввімкнені, SA6 ввімкнутий на „зовн. ЗЗ-“, SA5 ввімкнутий на позитивний струм зміщення).

Струм керування при знятті усіх характеристик змінювати в межах 0...30 мА за допомогою потенціометра $R_{\text{кер}}$. Полярність струму керування змінювати в усіх дослідах перемикачем SA4.

Потенціометром R.3М установлювати струм зміщення 0.01 тА. Для усіх дослідів зі зміщенням перемикачем SA5 змінювати напрям струму зміщення.

Для лінійної частини характеристики при позитивному струмі керування обчислити коефіцієнт підсилення МПІ по потужності (для

усіх дослідів) за формулою:

$$K_{\Pi} = (\Delta I_H^2 \cdot R_H) / (\Delta I_K^2 \cdot R_K), \quad (6.1)$$

де R_H - опір навантаження;

R_K - опір обмотки керування (150 Ом).

Примітка: опір навантаження буде різним по вказівці викладача.

Результати вимірювань та обчислень звести у табл. 6.1.

Таблиця 6.1 - Результати вимірювань при зніманні характеристики магнітного підсилювача

Найменування характеристики, що знімається	$I_{\text{кер}}$, мА	I_H , мА	$P_{\text{вх}}$, ВА	$P_{\text{вих}}$, ВА	K_{Π}

Побудувати графік $I_H = f(I_{\text{кер}})$ для усіх виконаних дослідів.

7 ЗМІСТ ЗВІТУ

1. Тема та мета роботи.
2. Порядок проведення лабораторної роботи.
3. Схема лабораторного стенда.
4. Результати дослідів, які оформлені у виді таблиць та графіків.
5. Результати розрахунків K_{Π} .
6. Висновки по роботі.

8 РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

1. Общая электротехника. Под ред. А.Т. Блажкина, 4-е издание - Л: Энергоатомиздат, 1986. – 596 с.
2. Шлядин В.М. Основы автоматики. - М.: Госэнергоиздат, 1958. – 592 с.
3. Розенблит Л. Г. Магнитные усилители. - М.: ВНИИЗМ, 1965.

– 97 с.

4. Справочное пособие по электротехнике и основам электроники. Под ред. А.В. Нетушила. - М.: Высшая школа, 1986. - 248 с.