

Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт СУЕ-11...СУЕ-14 з дисципліни "Проектування, налагодження та діагностування електроприводів для студентів спеціальності 7.092208/ Упорядн.: С.М. Довгань, - Дніпропетровськ: ДГА України, 1996. - 25 с.

Упорядники: С.М. Довгань, канд. техн. наук, доц.

Відповідальний за випуск завідуючий кафедрою електропривода
О.А.Воробйов, канд. техн. наук, доц.

Упорядник:

Сергій Михайлович Довгань

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

ДО ВИКОНАННЯ ЛАБОРАТОРНИХ РОБІТ СУЕ-11 ... СУЕ-14

З ДИСЦИПЛІНИ "ПРОЕКТУВАННЯ, НАЛАГОДЖЕННЯ ТА

ДІАГНОСТУВАННЯ ЕЛЕКТРОПРИВОДІВ"

для студентів спеціальності 7.092208

Підписано до друку 15.11.96. Формат 60x84/16. Папір друкарський. Офсетний друк. Умовн. друк. арк. 1,39. Умовн. фарб.-відб. 1,39. Тираж 50. Замовлення N 4834. Замовлене. ЗАТ Видавництво "Поліграфіст", 320070, м. Дніпропетровськ, вул. Серова, 7.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА СУЕ-11

1. НАЗВА РОБОТИ

Вивчення систем захисту та сигналізації комплектних тиристорних • електроприводів та налагодження блока захисту електропривода ЭТУ2-2.

2. МЕТА РОБОТИ

Вивчити призначення, склад та особливості функціонування вузлів захисту та сигналізації комплектних тиристорних електроприводів, що застосовуються у машинобудуванні та придбати навички налагодження цих вузлів.

3. ПРОГРАМА РОБОТИ

3.1. Вивчити призначення, склад та особливості функціонування вузлів захисту та сигналізації комплектних тиристорних електроприводів.

3.2. Вивчити принципову схему блока захисту (БЗ) електропривода ЭТУ2-2.

3.3. Налогодити БЗ електропривода ЭТУ2-2.

3.4. Скласти та захистити звіт.

4. СИСТЕМИ ЗАХИСТУ КОМПЛЕКТНИХ ТИРИСТОРНИХ ЕЛЕКТРОПРИВОДІВ

Сучасні комплектні електроприводи мають досить розвинені системи захисту та сигналізації, призначення яких своєчасно виявити та локалізувати аварію, зменшити її шкідливі наслідки та зафіксувати аварійні сигнали.

Більшість аварій викликає появу значних струмів у тих чи інших елементах силового кола електропривода. Деякі види аварій можуть вивести з ладу елементи схеми і без збільшення струму. Наприклад, вимкнення примусової вентиляції призводить до перегрівання тиристорів навіть при номінальному струмові, а деякі елементи виходять з ладу при появі перенапруг, що надходять з мережі живлення. До появи великих струмів призводять короткі замкнення у колах постійного та змінного струмів, одночасне видавання керуючих імпульсів на тиристори обох мостів перетворювача, перекидання інвертора, видавання керуючого імпульсу зі значним випередженням відносно потрібного моменту та інші причини. Найчастіше усі ці аварії трапляються через вихід з ладу елементів фазозсуваючих та перемикаючих пристроїв, старіння тиристорів, пошкодження у системах регулювання струму, глибокі просадки напруг: силової, опорної та власних потреб.

Для зменшення наслідків та припинення аварійного режиму використовують швидкодіючі автоматичні вимикачі у ланцюгах змінного та постійного струмів, а також різноманітні логічні схеми захисту.

Вхідні сигнали, що поступають на логічну схему, за типом та рівнем розділяють на три групи: дистанційні дискретні сигнали, що передають підвищеним рівнем напруги, внутрішні дискретні сигнали, що передають рівнем, прийнятим у конкретному електроприводі, та аналогові сигнали.

Перші з них перед подаванням до системи захисту потребують перетворення рівня та гальванічного розділення. Для цього використовують оптрони або герконові реле. Аналогові сигнали подають на нуль-органи, на виході котрих при перевищенні сигналом $u_{\text{вх}}$ попередньо встановленого рівня U_0 формуються логічні сигнали.

Зовнішні сигнали проектують таким чином, щоб при нормальній роботі ці ланцюги були замкнені. Внутрішні сигнали при застосуванні мікросхем типів

ТТЛ (наприклад, серій К155, К555) та ДТЛ (наприклад, серії К511) вибирають так, щоб при нормальній роботі вони відповідали логічному нулю. Аналогові сигнали в залежності від їхньої функції можуть видавати аварійні сигнали як при $u_{ax} > U_0$ (наприклад, захист від перевантаження), так і при $u_{ax} < U_0$ (наприклад, зникнення струму в обмотці збудження).

Якщо з'являється аварійний сигнал, то він запам'ятовується на К5-тригері. Кількість тригерів дорівнює кількості аварійних сигналів. У більшості випадків вмикання тригера супроводжується поданням світлового сигналу - запалюється індикатор, котрим може бути, наприклад, світлодіод.

Кількість входів логічної схеми, її структура та елементна база можуть бути різноманітні, але у більшості з них застосовують схожі підходи.

5. БЛОК ЗАХИСТУ ТА СИГНАЛІЗАЦІЇ КОМПЛЕКТНОГО ЕЛЕКТРОПРИВОДА ЭТУ2-2

Блок захисту та сигналізації електропривода ЭТУ2-2 є типовим для сучасних електроприводів, які застосовуються у машинобудуванні та робототехніці. Він забезпечує такі види захисту:

- від зникнення напруги у силовому колі та ланцюгах керування (у тому числі, за причиною перегорання запобіжника);
- від струмових перевантажень (максимально-струмовий та часово-струмовий захисти та захист на пусковій характеристиці двигуна);
- від перегрівання двигуна;
- від перегрівання перетворювача (у тому числі, від зникнення вентиляції);
- від перевищення максимальної швидкості ($n > n_{max}$);
- від розриву ланцюга тахогенератора;
- від невірного чергування фаз ланцюгів керування;
- від перевищення заданої швидкості.

Блок захисту та сигналізації виконано з використанням дискретних елементів К511ЛА5 (4 елементи „І – НІ”), операційних підсилювачів К157УД2 та світлодіодів АЛ102.

Для приведення електропривода до стану готовності необхідно виконати такі операції:

- подати живлення до системи керування (супроводжується запалюванням світлодіода зеленого кольору VD15 "В");
- ввімкнути силовий автомат;
- встановити тригери захистів у початковий стан (на виходах Q - логічна "1") короткочасним натисненням кнопки S1.

При цьому вмикається „сухий” контакт реле сигналізації „Готовність до роботи” К1, розташований на платі керування ПУ1, про що свідчить відсутність запалювання світлодіода VD50.

Усі види захистів діють на RS-тригер Т1, виконання на елементах D2.2, D2.3 (рис.1). Спрацювання будь-якого захисту супроводжується запалюванням відповідного світлодіода, що є досить зручним при експлуатації електропривода.

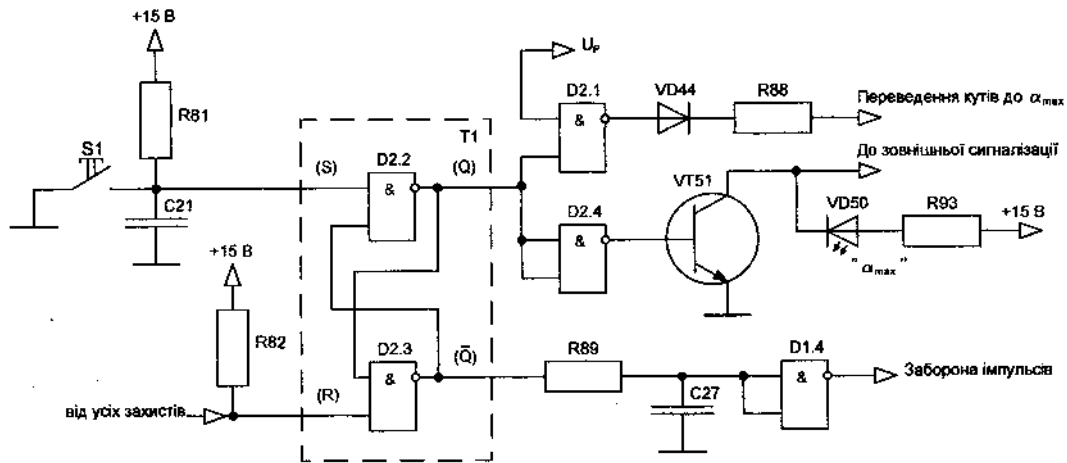


Рис.1. Принципова схема виконавчого вузла блока захисту.

При спрацюванні будь-якого із захистів тригер Т1 змінює свій початковий стан. Сигнал логічного "0" з виходу Q тригера через елемент D2.1, на другий вхід якого подано сигнал дозволу видавання керуючих імпульсів U_p від логічного пристрою роздільного керування, діод VD44, резистор R88 подається на вхід керуючого органа (КО) системи імпульсно-фазового керування (СІФК). Це викликає встановлення максимального кута регулювання α_{max} . Одночасно сигнал з інверсного виходу $\bar{Q}$ із затримкою часу, тривалість котрої визначається параметрами елементів R89, C27, подається на ланцюг заборони видавання керуючих імпульсів. Спрацювання захисту призводить до запалювання світлодіода VD50, ввімкненого у колекторний ланцюг транзистора VT51. На передній панелі електропривода цей світлодіод має позначення „ α_{max} ”.

5.1. Захист від зникнення напруги у силовому колі та ланцюгах керування

Принципова схема вузла захисту від зникнення напруги у силовому колі та ланцюгах керування наведена на рис.2. Символом „ж” позначено елементи, котрі підбирають під час регулювання блоку.

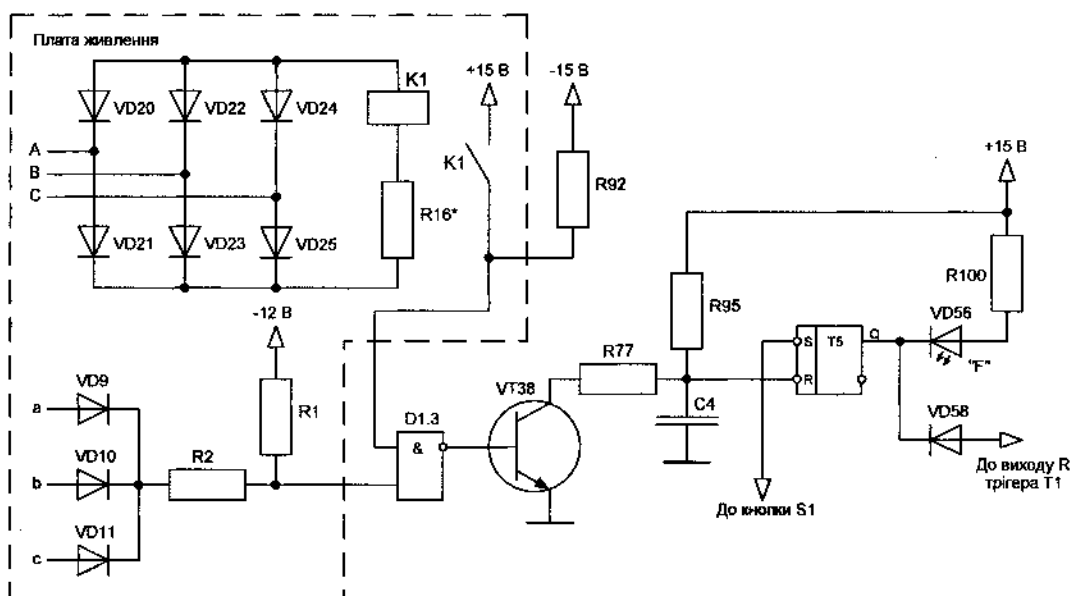


Рис.2. Принципова схема вузла захисту від зникнення напруги живлення

Захист від зникнення напруги у ланцюгах керування спрацьовує у випадку

зникнення напруги або зниження її понад 50% в усіх або одній із фаз. Він складається з трьох діодів VD9...VD11 та резисторів R1, R2, розташованих на платі живлення, елемента D1.3, транзистора VT38, фільтра R77, C4 та RS-тригера T5, котрий, як і решту тригерів, реалізовано аналогічно тригеру T1 на двох логічних елементах D4.3 і D4.4.

При номінальних значеннях напруги живлення системи керування напруга на конденсаторі C4 дорівнює логічній „1”. При зниженні напруги живлення або зникненні фази на вході елемента D1.3 з’являється сигнал логічного „0”, а на його виході - логічної „1”. Транзистор VT38 відчиняється і на вхід тригера T5 подається сигнал „0”. Тригер перемикається, кут регулювання переводиться до $\alpha_{\max}$ і одночасно запалюються світлодіоди VD56 (на лицевій панелі електропривода його позначено символом „F”) та VD50.

Захист від зникнення напруги у силовому колі виконаний на діодах VD20...VD25 та реле K1, розташованих на платі живлення. При зникненні фази або значному зниженні напруги реле K1 розімкне свій контакт і на вхід RS-тригера T5, поступить сигнал логічного „0”. Це призведе до переведення кута регулювання до $\alpha_{\max}$ та запалювання світлодіодів VD56 та VD50.

5.2. Максимально-струмовий захист

Цей захист (рис.3) починає працювати при струмах двигуна, що перевищують величину струмової уставки. Він виконаний на дільникові R71, R72 та транзисторі VT40. На вхід дільника подається негативна напруга від джерела живлення мінус 15 В і позитивна напруга з виходу датчика струму, величина котрої пропорційна струму двигуна.

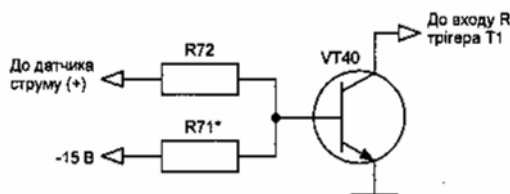


Рис.3. Принципова схема максимального-струмового захисту

Величина струму спрацювання визначається номіналом резистора R71. У випадку перевищення дозволеного струму навантаження транзистор VT40 відчиняється і на вхід тригера T1 подається сигнал „0”. Тригер перемикається і переводить кути регулювання до $\alpha_{\max}$.

5.3. Часово-струмовий захист

Часово-струмовий захист використовується при відсутності теплового захисту у двигуні і налагоджується на певний час протікання максимального струму.

Цей захист здійснюється інтегратором, що зібраний на підсилювачі А4.1 (рис.4). Напруга на виході підсилювача

$$U = K \int_0^t (I - I_{\text{уст}}) dt ,$$

де K - коефіцієнт пропорційності; I - поточна величина струму; $I_{\text{уст}}$ - величина струму уставки (регулюється резистором R70).

При струмах двигуна $I < I_{\text{уст}}$ на виході підсилювача А4.1 позитивна напруга, транзистор VT45 зачинений.

У випадку перевищення струмом величини уставки вихідна напруга А4.1 зменшується зі швидкістю, пропорційною навантаженню. Транзистор VT45 відчиняється, що викликає спрацювання трігерів T1 і T2. Трігер T1 переводить кут регулювання до $\alpha_{\max}$, а T2 вмикає світлодіод VD55 з позначенням „Т” на передній панелі електропривода, котрий сигналізує про спрацювання часово-струмового захисту.

Рис.4. Принципова схема вузлів максимально-струмового та пускового захистів

Пусковий захист обмежує час роботи двигуна у пуско-гальмівних режимах на граничній комутаційній механічній характеристиці з урахуванням роботи вузла залежного струмообмеження УЗТ і складається із таких функціональних блоків:

В режимі стопоріння двигуна захист налагоджується на час вимкнення приблизно 0,2 с. У випадку роботи електродвигуна з граничним струмом (у перехідних процесах та з навантаженням) на виході мікросхеми регулятора швидкості напруга стає максимальною, що призводить до зачинення транзистора VT53. При цьому сигнал, пропорційний струму двигуна, з виходу датчика струму починає поступати на елемент відліку часу R120, C37. У випадку довготривалого перевантаження напруга на C37 досягає рівня спрацювання компаратора A9.2, що призводить до спрацювання трігерів T1 та T2 і, як наслідок, до переведення кута регулювання до $\alpha_{\max}$ і видавання сигналу на зняття керуючих імпульсів. Запалювання світлодіодів VD55 та VD50 сигналізує про спрацювання захисту.

чину струму, при. якому розпочинається відлік часу, а резистор R122 - напругу спрацювання компаратора. Поміж контрольних точок 63 та 64 встановлено перемикач, котрий при налагодженні системи керування електроприводом випаюють у разі необхідності.

5.5. Захист від перегрівання двигуна

Цей захист (рис.5) здійснюється за допомогою датчика температури - терморезистора, вмонтованого у електродвигун і ввімкненого одним кінцем на загальну точку, а іншим - на вхід РТ°М. При перевершенні температурою дозволеної величини опір датчика зростає настільки, що тригер Т3 змінює свій стан, про що сигналізує світлодіод VD61, котрий має позначення „Т1”. Одночасно змінюється стан тригера Т1, тобто кут регулювання зсувається до $\alpha_{\max}$.

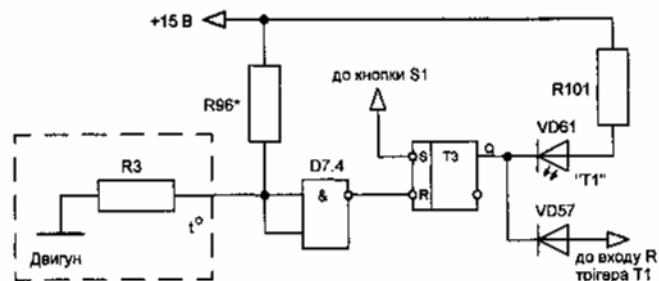


Рис.5. Захист від перегрівання двигуна

5.6. Захист від перегрівання перетворювача

Цей захист (рис.6) виконано на підсилювачі А7.2, на вхід якого поступають дві різнополярні напруги: опорна від джерела мінус 15 В через резистор R98 та позитивна через терморезистор R19, котрий встановлено у загальному охолоджувачі силового блока. Зі збільшенням температури росте опір терморезистора і у випадку перевершення нею дозволеного рівня стан нуля-органа змінюється з „1” на „0”. Це викликає спрацювання тригерів Т4 та Т1, тобто запалюється світлодіод VD62 з позначенням „Т2” і кут регулювання переводиться до $\alpha_{\max}$.

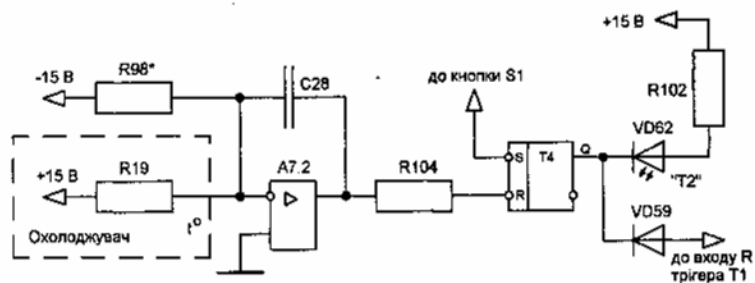


Рис.6. Захист від перегрівання перетворювача

5.7. Захист від невірного чергування фаз ланцюгів керування

Захист від невірного чергування фаз ланцюгів керування (рис.7) складається із формувача синхроімпульсів (елементи D7.1... D7.3, резистор R110 і конденсатор C31), пристрою порівняння (елементи D6.1 та D6.2) і тригера (елементи D6.3 та D6.4).

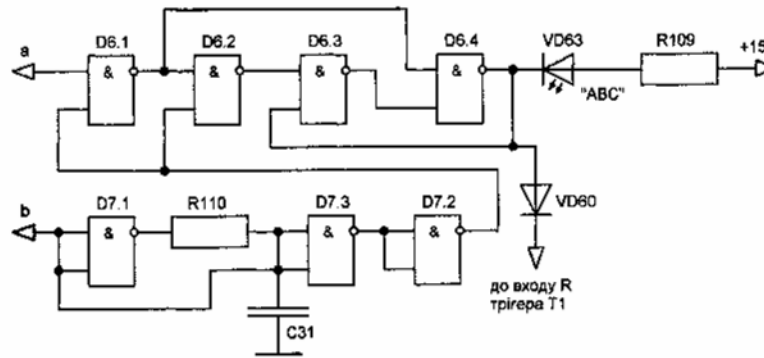


Рис.7. Захист від невірного чергування фаз в системі керування

На схему захисту із каналів фаз *a* та *b* поступають прямокутні імпульси. З каналу *b* вони поступають на формувач імпульсів (другий вхід елемента D7.3). По передньому фронту імпульсів СІФК формуються синхроімпульси, котрі із виходу D7.2 поступають на вхід пристрою порівняння D6.1.

У випадку вірного чергування фаз синхроімпульси співпадають за фазою із імпульсами СІФК каналу *a*. При цьому із пристрою порівняння на входи трігера поступають сигнали логічного „0” (перший вхід елемента D6.4) та логічної „1” (другий вхід елемента D6.3), котрі встановлюють його в стан, при якому світлодіод VD63 з позначенням „ABC” не запалено, що відповідає вірному чергуванню фаз.

При невірному чергуванні фаз синхроімпульси не співпадають із імпульсами СІФК, що призводить до зміни сигналів на вищезгаданих входах трігера на протилежні, тобто трігер перекидається. Це викликає спрацювання трігера T1, переведення кута регулювання до $\alpha_{\max}$ та запалення світлодіодів VD63 та VD50.

5.8. Захист від перевищення максимальної швидкості

Цей захист (рис.8) виконано на транзисторі VT69. На базу транзистора поступають два різнополярні сигнали: опорна напруга від джерела мінус 15 В через резистор R14 та випрямлена позитивна напруга тахогенератора із підсилювача A2.1 через резистор R13. Зі збільшенням швидкості напруга тахогенератора пропорційно зростає, що викликає підвищення потенціалу бази транзистора. У випадку перевершення максимальної швидкості понад 20% транзистор VT69 відчиняється, трігер T1 змінює свій стан, кут регулювання переводиться до $\alpha_{\max}$, запалюються світлодіоди VD52 (з позначенням „BR”) та VD50.

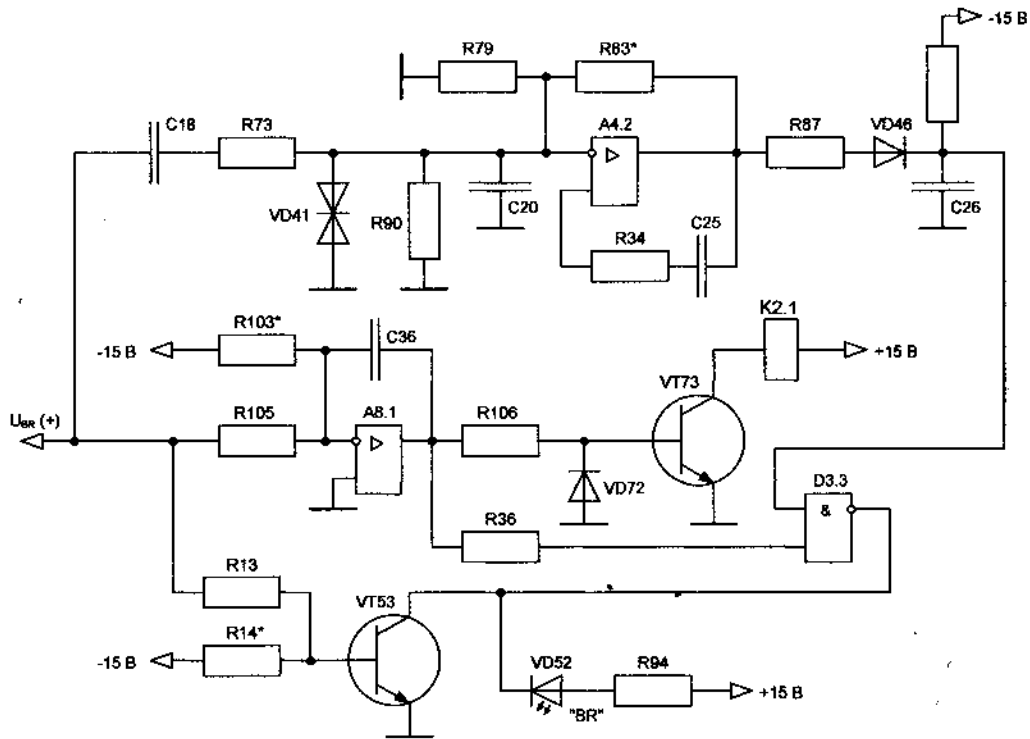


Рис.8. Принципова схема вузлів захисту від перевищення максимальної швидкості та розриву ланцюга тахогенератора

5.9. Захист від розриву ланцюга тахогенератора

Захист від розриву ланцюга тахогенератора (рис.8) здійснюється на підсилювачі А4.2, котрий виконує роль керованого генератора синусоїдальної напруги. При наявності зворотного зв'язку конденсатор С18 з'єднаний із загальною точкою, що порушує умови генерації, і тому напруга фільтра дорівнює нулю. У протилежному випадку генератор самозбуджується. Його напруга (випрямлена та згладжена) поступає на перший вхід елемента порівняння D3.3. На інший вхід цього елемента через резистор R36 поступає сигнал з виходу компаратора А8.1, котрий належить вузлу контролю мінімальної швидкості і контролює наявність напруги тахогенератора. Цим виключається помилкове спрацювання захисту при короткочасних порушеннях контакту у щітках тахогенератора на високих швидкостях.

Необхідною умовою спрацювання захисту є наявність логічних сигналів „1” одночасно на обох входах елемента R3.3, що можливе тільки при відсутності напруги на тахогенераторі та самозбудженні генератора, тобто при розриві ланцюга зворотного зв'язку. Сигналізує про спрацювання захисту запалювання світлодіодів VD52 (з позначенням „BR”) та VD50, а кут регулювання при цьому переводиться до $\alpha_{\max}$.

5.10. Захист від перевищення заданої швидкості

Цей захист (рис.9) працює у функції двох сигналів: напруги завдання U_z та напруги тахогенератора U_{BR} . До його складу входять: буферний підсилювач А10.1, підсилювач похибки А10.2, логічний пристрій ЛП, елементи затримки R138, C47 і сигналізації VD91.

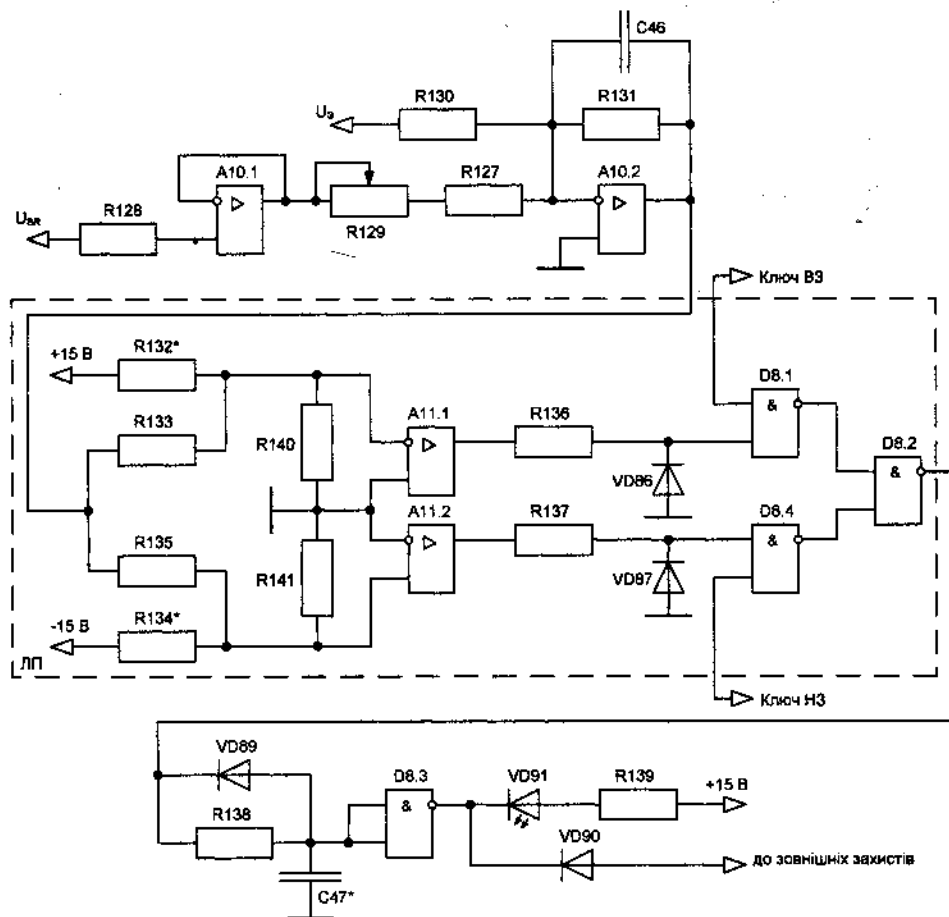


Рис.9. Принципова схема захисту від перевищення заданої швидкості

На інвертуючий вхід підсилювача A10.2 поступають сигнали завдання від датчика швидкості U_3 через резистор R130 та зворотного зв'язку U_{BR} через резистор R127. Сигнал U_0 з виходу підсилювача поступає на вхід логічного пристрою, котрий аналізує величину і знак похибки регулювання.

У випадку виникнення аварійної ситуації (наприклад, вихід з ладу регулятора швидкості), коли швидкість двигуна стає вищою, ніж задана, сигнал від тахогенератора змінить стан компаратора ЛП. В результаті на виході логічного пристрою встановиться сигнал логічної „1”, котрий, проінвертований елементом D8.3, викличе запалення світлодіода VD91. Крім цього, тригер T1 змінить свій стан і кут регулювання буде переведено до α_{max} . На вихід елемента D3.3 через діод VD90 можуть бути ввімкнені зовнішні вузли захисту, наприклад, технологічні.

6. ЗМІСТ ЗВІТУ

6.1. Назва, мета та програма роботи.

6.2. Принципові схеми вузлів захисту.

6.3. Висновки за результатами налагодження блока захисту.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА СУЕ-12

1. НАЗВА РОБОТИ

Налагодження контуру струму в електроприводі з системою-підлеглого керування методом експериментального визначення основних параметрів об'єкта керування.

2. МЕТА РОБОТИ

Придбати практичні навички налагодження, контуру струму в системах підлеглого керування електроприводами з використанням способу експериментального визначення основних параметрів об'єкта керування.

3. ПРОГРАМА РОБОТИ

3.1. Вивчити методику налагодження контуру струму електропривода з експериментальним визначенням параметрів об'єкта керування.

3.2. Ознайомитись із принциповою схемою електропривода, що підлягає налагодженню.

3.3. Скласти програму налагоджувальних робіт.

3.4. Розробити методику експериментального визначення параметрів об'єкта керування.

3.5. Провести необхідні експерименти і визначити параметри об'єкта керування.

3.4. Розрахувати номінальні значення елементів регулятора струму електропривода.

3.5. Виконати налагодження контуру струму електропривода.

3.6. Скласти та захистити звіт.

*Питання визначення параметрів об'єкта керування експериментальним шляхом розглядалися при виконанні лабораторних робіт з дисципліни "Теорія електропривода".

4. МЕТОДИКА НАЛАГОДЖЕННЯ

Даний метод застосовують у випадках налагодження електроприводів з системами підлеглого керування, до яких висувають високі технологічні вимоги, а також при умовах наявності достатнього часу для виконання робіт та при відсутності високого досвіду у налагоджувального персоналу.

Природно, що налагодження, як і розрахунок, таких систем регулювання починають з внутрішнього контуру. Здебільшого цим контуром у сучасних електроприводах є контур струму. Але в окремих випадках ним може бути і контур напруги (наприклад, високо динамічні тиристорні електроприводи постійного струму або електропривод за системою Г - Д).

На рис.10 наведено структурну схему контуру струму за умови нехтування внутрішнім зворотним зв'язком по ЕРС двигуна.

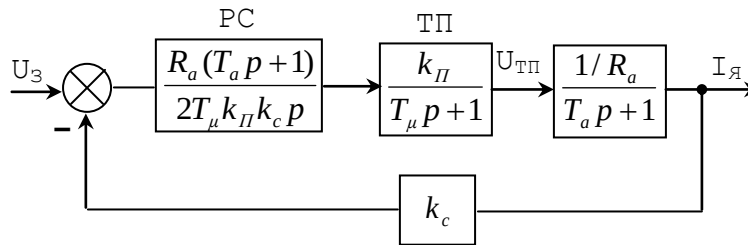


Рис.10. Структурна схема контуру струму

Контур струму розраховується виходячи з модульного критерію оптимізації і тому регулятор струму є пропорційно-інтегральним з передатною функцією

$$W_{pc}(p) = \frac{R_a(T_a p + 1)}{2T_\mu k_\Pi k_c p} \quad (1)$$

На рис. 11 наведено реалізацію регулятора струму. При цьому параметри елементів регулятора пов'язані з параметрами передатної функції співвідношеннями:

$$T_a = R_{oc} C_{oc}, \quad \frac{R_{oc}}{R_3} = \frac{R_a T_a}{2T_\mu k_\Pi k_c} \quad (2)$$

Рис.11. Принципова схема регулятора струму.

Налагодження контуру струму складається із кількох етапів.

На першому з них здійснюється ряд підготовчих операцій:

1. Зашунтувати конденсатор C_{oc} у зворотному зв'язку регулятора струму і, оскільки цю операцію можливо прийдеться повторювати декілька разів, бажано зробити це за допомогою тумблера.

2. Розімкнути ланцюг зворотного зв'язку по струмові, для цього відпаяти один з кінців резистора R_c .

3. Розімкнути всі інші ланцюги, через які в схему експерименту можливе випадкове проходження сигналу (компенсуючи й зв'язок по ЕРС, вихід регулятора швидкості та ін.) та зашунтувати функціональні блоки, які знаходяться в контурі струму між виходом регулятора і входом системи імпульсно-фазового керування {наприклад, нелінійна ланка}. У випадку налагодження систем електропривода, виконаних на основі уніфікованої ' блочної системи регулювання (УБСР) ця операція здійснюється шляхом виймання відповідних блоків зі своїх місць.

4. Зібрати допоміжну схему (рис. 12) для налагодження контуру і подати напругу на вхід регулятора струму. Напруга при цьому береться від джерела живлення, що входить до складу електропривода і використовується для живлення системи керування. Резистор R повинен бути більшим за 2 Ком .

5. Ввімкнути живлення силових ланцюгів перетворювача і обмотки збудування двигуна та подати на вхід регулятора струму напругу від допоміжної схеми. Напрямок обертання вала двигуна має відповідати заданій полярності напруги, ін-

акше слід змінити полярність напруги живлення обмотки збудження.

6. Вимкнути сигнал завдання та напругу живлення обмотки збудження, накласти електромагнітні гальма, якщо вони мають місце.

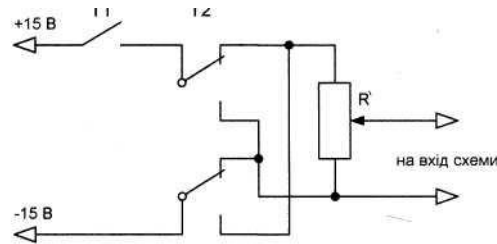


Рис.12. Допоміжна схема за датчика

На другому етапі експериментальним шляхом мають бути визначені такі параметри об'єкта керування:

- стала часу T_a і активний опір R_a якірного кола;
- коефіцієнти передачі тиристорного перетворювача K_n та датчика струму K_c ;
- "мала" стала часу T_μ .

Стала часу якірного кола T_a двигунів з електромагнітним збудженням визначається методом осцилографування процесу зростання струму при стрибкоподібній зміні напруги на вході регулятора струму (збудження знято - $\Phi=0$, двигун загальмований). При цьому величину напруги слід вибирати виходячи з номінального струму двигуна. З метою виключення впливу зони нечутливості у регульовальній характеристиці та зони переривчастого струму в перетворювачах з роздільним керуванням початковий струм слід встановити на рівні 10% від номінального. Для цього через додатковий потенціометр на вхід регулятора струму подати напругу від джерела живлення, яка забезпечувала б безперервний струм в якорі на вказаному рівні.

Для високомоментних двигунів із збудженням від постійних магнітів електромагнітна стала часу T_a може визначатися через гранично-безперервний струм, який створюється відповідним навантаженням двигуна. У випадку мостової схеми перетворювача

$$T_a = \frac{0.19 \cdot U_{2л}}{\omega_0 I_{rpm} R_a},$$

де $U_{2л}$ - лінійна напруга вторинної обмотки трансформатора, ω_0 - частота напруги мережі змінного струму, I_{rpm} - амплітуда гранично-безперервного струму.

Замість окремого визначення R_a , K_n та K_c може бути рекомендоване визначення сумарного коефіцієнта передачі об'єкта регулювання контуру струму $K_{cc} = K_n K_c / R_a$ одночасно з визначенням T_a . Для цього необхідно зафіксувати усталені значення сигналів на вході перетворювача (виході регулятора струму) прс та на виході датчика струму $U_{дс}$ і знайти K_{cc} :

$$K_{cc} = U_{дс} / U_{прс}.$$

"Мала" стала часу T_μ має визначатися як сума всіх інерційностей, які присутні в контурі (датчик струму, система імпульсно-фазового керування та ін.). Експериментальне визначення цієї сталої пов'язане з певними труднощами, тому при розрахунках для сучасних тиристорних електроприводів вона може бути прийнята в межах 3 - 5 мс.

Одночасно з визначенням сумарного коефіцієнта передачі об'єкта регулювання контуру струму K_{cc} перевірити полярність напруги на виході датчика струму, тобто впевнитись, що зворотній зв'язок буде від'ємним: полярність напруги на вході регулятора струму та на виході датчика струму має бути протилежною.

Після визначення параметрів об'єкта керування необхідно привести схему в вихідне становище.

На третьому етапі розраховують параметри елементів регулятора струму.

При цьому необхідно мати на увазі наступне:

Величина конденсатора C_{oc} повинна вибиратися в межах 0,5 - 4,0 мкФ, тому що при досить значній змінній складовій сигналу на вході еквівалентна передатна функція регулятора струму буде дещо іншою.

Величини резисторів R_z та R_c приймають рівними межах 10-50 ком. Це обумовлене навантажувальною здатністю операційних підсилювачів.

Надмірне збільшення величини резисторів R_z , R_c та R_{oc} (понад 500 - 700 кОм) призводить до зниження стійкості систем автоматичного керування впливу електромагнітних завад.

І, нарешті, четвертий етап - це безпосереднє налагодження контуру струму, яке здійснюється у такій послідовності:

1. Запаяти резистори і конденсатор у відповідності з результатами розрахунків. Конденсатор C_{oc} необхідно зашунтувати.

2. Ввімкнути живлення силових ланцюгів. Від'єднати осцилограф до виходу датчика струму. Якщо осцилограф двохпроменевий, то на другий вхід подати сигнал завдання.

3. Подати на вхід регулятора струму таку напругу, щоб струм електропривода був дещо більшим за гранично-безперервний. Потім поступово збільшуючи напругу завдання, довести струм якоря до номінального значення. Плавність зростання струму свідчить, що полярність зворотного зв'язку вибрано вірно. В іншому випадку спрацює максимально-струмовий захист.

4. Не змінюючи стану потенціометра R розімкнути тумблер $T1$, розшунтувати конденсатор C_{oc} і ввімкнути тумблер $T1$. На екрані осцилографа спостерігати перехідний процес, який має відповідати оптимальному (рис.13).

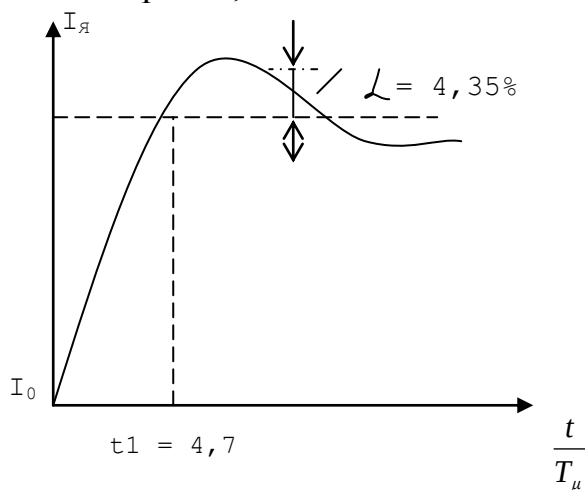


Рис. 13. Перехідний процес в контурі, налагодженому на модульний оптимум

Перехідний процес при першому ввімкненні може в незначній мірі відрізня-

тися від оптимального через недостатню точність визначення параметрів об'єкта керування. Для одержання бажаної якості регулювання струму необхідно скористатись рекомендаціями лабораторної роботи СУЕ - 14 цієї збірки і за характером перехідних процесів виконати підналагодження контуру.

5. ЗМІСТ ЗВІТУ

5.1. Назва, мета та програма роботи.

5.2. Програма робіт щодо налагодження контуру струму.

5.3. Методика експериментального визначення параметрів об'єкта керування.

5.4. Розроблені схеми дія експериментального визначення параметрів об'єкта та перелік необхідного для цього обладнання.

5.5. Експериментальне визначені параметри об'єкта та розрахунок параметрів регулятора струму.

5.6. Висновки за результатами налагодження контуру струму.

1. НАЗВА РОБОТИ

Налагодження контуру струму електропривода без попереднього в значення параметрів об'єкта керування.

2. МЕТА РОБОТИ

Оволодіти методикою налагодження контуру струму без попередньо визначення параметрів об'єкта керування.

3. ПРОГРАМА РОБОТИ

3.1. Вивчити принципову схему запропонованого для налагодження комплектного електропривода.

3.2. Ознайомитись зі схемою стенда з електроприводом, який має налагоджуватися.

3.3. Скласти програму налагоджувальних робіт.

3.4. Налагодити контур струму електропривода.

3.5. Скласти підсумковий звіт.

4. МЕТОДИКА НАЛАГОДЖЕННЯ

Цей спосіб налагодження систем підлеглого керування електроприводами спирається на знання типових перехідних процесів в контурах регулювання замкненої системи. Порівняно із іншими, він потребує найвищої кваліфікації та досвіду персоналу.

Головними критеріями вірного налагодження контуру при сходинкоподібній зміні сигналу на його вході є:

форма перехідного процесу;

- величина пере регулювання;

- час першого досягнення усталеного значення t_1 .

На рис.13 наведено реакцію у випадку сходинкоподібної зміни керуючої дії на вході контуру з одиничним зворотним зв'язком, налагодженого згідно модульного критерій оптимізації. Саме так здебільшого налагоджується контур струму в системах підлеглого керування швидкістю електропривода.

Мета налагодження - отримати подібний перехідний процес шлях: регулювання резисторів в об'язці операційного підсилювача, який реалізує регулятор струму.

Запишемо передатну функцію (1) у вигляді

$$W_{pc}(p) = K_p \frac{(T_0 p + 1)}{T_0 p}, \quad (2)$$

$$\text{де } K_p = \frac{R_a T_a}{2T_\mu K_\Pi K_c}, \quad T_0 = T_a. \quad (3)$$

Реалізація регулятора струму наведена на рис.11. Очевидно, що під час налагодження необхідно регулювати величини резисторів R_z , R_c , R_{oc} і тому замість них вмикають магазини опорів (типу РЗЗ) або змінні резистори. При цьому необхідно пам'ятати, що при розрахунках приймають $R_z = R_c$ і тому бажано мати здвоєний потенціометр, який би забезпечував одночасну зміну R_z та R_c .

Налагодження контуру складається з двох етапів. На першому з них виконують такі ж підготовчі операції, як і при налагодженні методом експериментального визначення параметрів (лабораторна робота СУЕ-12 цієї збірки).

Роботи другого етапу (безпосереднє налагодження контуру струму) починають з одержання монотонного експоненціального перехідного процесу в контурі при сходиноподібній зміні вхідного сигналу (рис. 14, крива 1). Для цього розрахункові (проектні) значення резисторів R_z , R_c та R_{oc} збільшують в 2 - 3 рази, залишивши величину конденсатора C_{oc} розрахунковою. У випадку відсутності характерного дотягування необхідно змінити R_c (одночасно з R_{oc}), а потім, змінюючи R_{oc} , отримати монотонний перехідний процес, що буде свідчити про приблизну компенсацію сталої часу T_a . Реакцію контуру, на керуючу дію не слід ототожнювати з перехідним процесом, який має місце при перекомпенсації T_a (крива 2 на рис. 14).

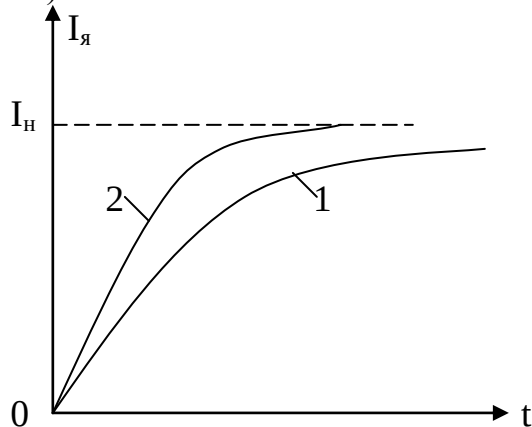


Рис.14. Отримання монотонного перехідного процесу в контурі струму

Далі необхідно одночасно зменшувати величину опорів R_z та R_c і контролювати осцилографом перехідний процес. Якщо стала часу якірного кола T_a скомпенсована точно ($T_o = T_a$), то при певних значеннях опорів: R_z та R_c буде досягнуто мети - контур налагоджено згідно модульного оптимуму (рис.15, крива 1).

У випадку перекомпенсації ($T_o > T_a$) при зменшенні R_z (R_c) до отримання величини пере регулювання струму $\sigma = 5 - 10\%$ перехідний процес буде відповідати кривій 2, а при недокомпенсації ($T_o < T_a$) кривій 3 (рис.15)

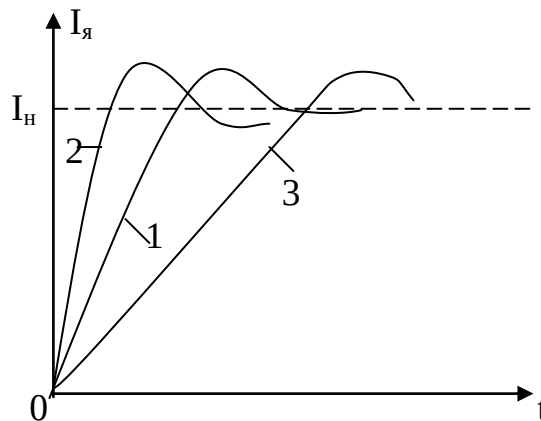


Рис. 15. Досягнення бажаного перерегулювання в контурі шляхом регулювання R_z (R_c)

В обох випадках перехідний процес буде подібний до оптимальної (крива 1), але відрізнятиметься часом першого досягнення усталеної, значення t_1 . Очікува-

ний час t , може бути визначений через проектне значення "малої" сталої часу T_{μ} .

Для одержання оптимального перехідного процесу у випадку перекомпенсації необхідно зменшувати R_{oc} , а при недокомпенсації - збільшувати R_{oc} ; після чого відновити коефіцієнт підсилення регулятора шляхом одночасної зміни R_z та R_c пропорційно зміні R_{oc} .

5. ЗМІСТ ЗВІТУ

5.1. Назва, мета та програма роботи.

5.2. Програма робіт щодо налагодження контура струму.

5.3. Висновки за результатами налагодження контуру струму.

1. НАЗВА РОБОТИ

Налагодження контура струму електропривода постійного струму за розрахунковими даними проекту.

2. МЕТА РОБОТИ

Оволодіти методикою налагодження контуру струму за проектними даними.

3. ПРОГРАМА РОБОТИ

3.1. Розрахувати параметри контуру струму електропривода, ще підлягає налагодженню.

3.2. Вивчити принципову схему запропонованого для налагодження комплектного електропривода.

3.3. Ознайомитись зі схемою стенда з електроприводом, який має налагоджуватися.

3.4. Скласти програму налагоджувальних робіт.

3.5. Налагодити контур струму електропривода.

3.6. Скласти підсумковий звіт.

4. МЕТОДИКА НАЛАГОДЖЕННЯ

Цей метод налагодження контуру струму (як і електропривода в цілому) спирається на проектні (розрахункові) дані. Отриманий перехідний процес в контурі порівнюється з типовим (рис.13)

Визначається причина, за якої вони відрізняються, і проводиться підналагодження параметрів регулятора.

З досвіду налагодження відомо, що у більшості випадків розрахункова величина сталої часу T_a є більшою за реальне її значення. З іншого боку "мала" стала часу T_μ також частіше більша за реальну. Але не виключена можливість відхилення зазначених параметрів і в протилежний бік. Тому цей метод налагодження також потребує доброго знання перехідних процесів і вимагає високої кваліфікації від персоналу.

На першому етапі налагодження контуру струму виконують такі ж підготовчі операції, як і в лабораторній роботі СУЕ-12.

На другому етапі осцилографують реакцію контуру при сходинкоподібній зміні керуючої дії та з'ясовують можливі причини відхилення перехідного процесу від стандартного (рис.16, крива 1).

З передатної функції (2) видно, що на якість перехідних процесів впливають два фактори: коефіцієнт підсилення регулятора K_p та стала часу регулятора T_o . Отже при налагодженні можливі такі варіанти: один з параметрів є оптимальним, а другий має відхилення в той чи інший бік від оптимального значення; відхилення обох параметрів від оптимального. На рис. 16 - 18 наведено графіки перехідних процесів для різних випадків відхилення параметрів регулятора від оптимальних, а в таблиці - рекомендації щодо налагодження контуру струму. На всіх рисунках крива 1 є графіком оптимального перехідного процесу. Ступінь відхилення перехідного процесу від оптимального визначається величиною відхи-

лення параметрів регулятора від оптимальних: чим більше відхилення параметрів, тим більше це позначається на динамічних показниках перехідного процесу.

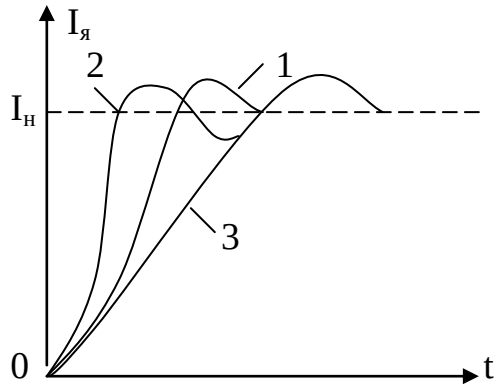


Рис.16. Графіки перехідних процесів при $K_p = K_{po}$
 1 - $T_0 = T_a$; 2 - $T_0 > T_a$; 3 - $T_0 < T_a$;

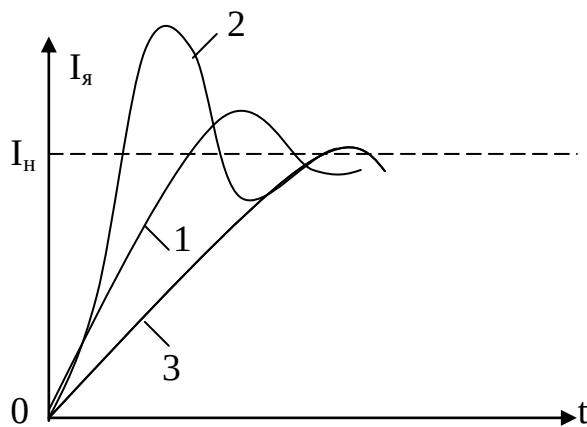


Рис.17. Графіки перехідних процесів при $T_0 = T_a$
 1 - $K_p = K_{po}$; 2 - $K_p > K_{po}$; 3 - $K_p < K_{po}$;

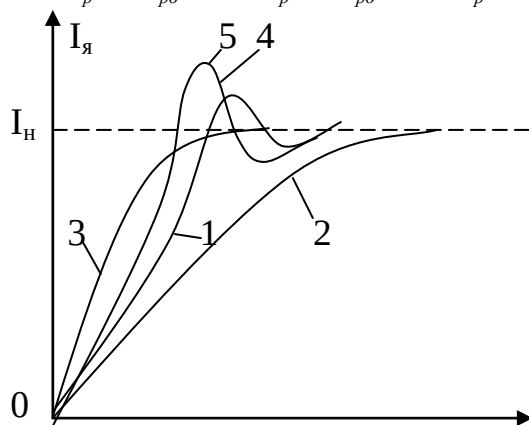


Рис.18. Графіки перехідних процесів при одночасному відхиленні параметрів регулятора від оптимальних

- 1 - $T_0 = T_a$, $K_p = K_{po}$;
- 2 - $T_0 < T_a$, $K_p < K_{po}$;
- 3 - $T_0 > T_a$, $K_p < K_{po}$;
- 4 - $T_0 < T_a$, $K_p > K_{po}$;
- 5 - $T_0 > T_a$, $K_p > K_{po}$;

Визначивши причину відхилення перехідного процесу від оптимального, не-

обхідно скористатись рекомендаціями таблиці та завершити налагодження контура.

№	Співвідношення параметрів	Рисунок, крива	Рекомендації щодо налагодження
1.	$K_p = K_{po}, T_o > T_a$	Рис.16, 2	зменшувати R_{oc}
2.	$K_p = K_{po}, T_o < T_a$	Рис.16, 3	збільшувати R_{oc}
3.	$K_p > K_{po}, T_o = T_a$	Рис.17, 2	одночасно збільшувати R_z та R_c
4.	$K_p = K_{po}, T_o > T_a$	Рис.17, 3	одночасно зменшувати R_z та R_c
5.	$K_p < K_{po}, T_o < T_a$	Рис.18, 2	збільшувати R_{oc}
6.	$K_p < K_{po}, T_o > T_a$	Рис.18, 3	зменшувати R_{oc}, R_z та R_c
7.	$K_p > K_{po}, T_o < T_a$	Рис.18, 4	збільшувати R_{oc} , зменшувати R_z та R_c
8.	$K_p > K_{po}, T_o > T_a$	Рис.18, 5	зменшувати R_{oc}