

На правах рукопису

МОРОЗ
Володимир Іванович

УДК 621.34:621.879.2-501.72

ВДОСКОНАЛЕННЯ ТА СПОСІБ АНАЛІЗУ
ЕЛЕКТРОПРИВОДУ ПОСТІЙНОГО СТРУМУ КАР'ЄРНИХ ЕКСКАВАТОРІВ
З ТИРИСТОРНИМ ЗБУДНИКОМ ГЕНЕРАТОРА

Спеціальність 05.09.03 - Електротехнічні комплекси і системи,
включаючи їх керування та регулювання

АВТОРЕФЕРАТ
дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

AB 34.905



00754633 (S)

- 2 -

кафедри електроприводу та автоматизації промислових установок та технологічних комплексів Державного університету "Львівська політехніка".

Наукові керівники:

кандидит технічних наук, доцент

Кішко Роман Степанович

доктор технічних наук, професор
Плахтина Омелян Григорович

Офіційні опоненти:

- 1) доктор технічних наук, професор
Ковярук Анатолій Євтихович
- 2) кандидат технічних наук, доцент
Селепина Роман Олександрович

Провідна організація: ЗАТ "Новокраматорський машинобудівний завод", м. Краматорськ Донецької обл.

Захист відбудеться 17 червня 1996 р. о 14 год. на засіданні спеціалізованої вченої ради КО4.06.17 у Державному університеті "Львівська політехніка" за адресою:

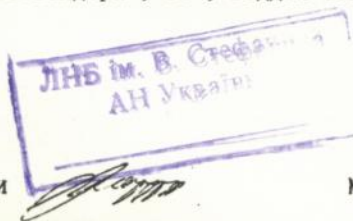
290646, м. Львів-13, вул. Ст.Бандери, 12, ауд.114 гол. корпусу.

З дисертацією можна познайомитися в науково-технічній бібліотеці ДУ "Львівська політехніка" (вул. Професорська, 1).

Автореферати розіслані 17 травня 1996 р.

Завірений печаткою відгук просимо вислати за нашу адресу: 290646, м. Львів, вул. Ст.Бандери, 12, відділ аспірантури.

Вчений секретар
спеціалізованої вченої ради



Марущак Я.Ю.

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність роботи. Розвиток науки і техніки сприяє постійному вдосконаленню екскаваторного електроприводу, що має три особливості:

- 1) тяжкі умови експлуатації, зокрема, широкий діапазон температур;
- 2) проблеми якості енергії в слабких кар'єрних електромережах;
- 3) складність ремонту та обслуговування.

Саме ці особливості зумовили той факт, що донедавна масові кар'єрні екскаватори комплектувались електроприводами за системою Г-Д з магнітними підсилювачами. Під час переходу до сучасніших систем ТП-Д і ТПЧ-АД виникають дві проблеми, які стоять на заваді їх широкому впровадженню:

- 1) спотворення напруги та низького $\cos \varphi$ у малопотужних кар'єрних електричних мережах;
 - 2) складність систем керування виконавчими двигунами (особливо, для ТПЧ-АД), що знижує їх надійність та ремонтпридатність.
- У цьому зв'язку залишається актуальною задача вдосконалення існуючого парку кар'єрних екскаваторів та тих, що продовжують випускатися, шляхом заміни магнітних підсилювачів сучаснішою системою тиристорного збудження генераторів до того часу, поки не буде створений працездатний тиристорний екскаваторний електропривід. На етапі розробки системи тиристорного збудження актуальна також задача аналізу вдосконаленого приводу.

Мета роботи. Метою роботи є встановлення основних залежностей, що описують роботу силової схеми з середньою точкою обмотки збудження генератора (ОЗГ), системи імпульсно-фазного керування (СІФК) тиристорного збудника (ТЗ) та електромагнітні процеси в колі збудження генератора постійного струму для вдосконалення та аналізу головних електроприводів з тиристорним збудником генератора кар'єрних екскаваторів, а також розробка додаткових вузлів для системи керування приводом повороту для покращення техніко-економічних показників кар'єрних екскаваторів.

Наукові положення, що захищаються в дисертації і розроблені особисто здобувачем.

1. Вдосконалення електроприводу кар'єрних екскаваторів з тиристорним збудником типу БУТВ, що включає:

- 1.1. СІФК та блок логічного керування для силової схеми з середньою точкою ОЗГ.

- 1.2. Вузол підтримання постійного прискорення приводу повороту.
- 1.3. Вузол вибору люфтів приводу повороту.
2. Спосіб аналізу електроприводу кар'єрних екскаваторів, що включає:
 - 2.1. Математичну модель тиристорного збудника типу БУТВ.
 - 2.2. Модель генератора з врахуванням впливу розподілу вихрових струмів у станині.
 - 2.3. Вибір оптимального методу для моделювання електроприводу кар'єрних екскаваторів.

Обґрунтованість і достовірність наукових положень і висновків впливає в коректності прийнятих допущень і вибору відповідних методів досліджень. Достовірність розроблених моделей підтверджується результатами експериментів на стендах і діючому екскаваторі, які показали, що розходження між реальними та змодельованими процесами не перевищує 1,5%.

Наукова новизна.

- Запропоновано для розрахунку динаміки екскаваторних електроприводів уточнені моделі генераторів постійного струму з врахуванням розподілу вихрових струмів у станині.
- Розроблено математичну модель і алгоритм функціонування тиристорного збудника на основі силової схеми з середньою точкою обмотки збудження генератора.
- Здійснено вибір ефективного чисельного методу розв'язку звичайних диференціальних рівнянь для розрахунку моделей екскаваторних електроприводів.

Практичне значення роботи полягає в тому, що розроблено шляхи вдосконалення електроприводів на базі системи Г-Д кар'єрних екскаваторів, що покращує їх техніко-економічні показники, а також запропоновано спосіб аналізу електроприводів екскаваторів. Розроблено технічні рішення з використанням сучасної елементної бази і створено комплекс програм для комп'ютерного моделювання екскаваторних електроприводів. Розроблені вузли і спосіб аналізу можуть застосовуватись при створенні електроприводів інших механізмів.

Реалізація в промисловості. Результати роботи впроваджені у дослідній партії (13 шт.) кар'єрних екскаваторів ЕКГ-5А та серії екскаваторів ЕКГ-10.

Апробація роботи. Основні положення дисертації доповідалися

на III Всесоюзній конференції з електроприводу екскаваторів (Новий Розділ, 1985 р.), IV Всесоюзній конференції з електроприводу екскаваторів (Свердловськ, 1989 р.), VII Республіканському семінарі "Преобразование и стабилизация параметров электрической энергии" (Алушта, 1992 р.), 1-ій Міжнародній науково-технічній конференції "Математичне моделювання в електротехніці й електроенергетиці" (Львів, 1995 р.), науково-технічних конференціях Львівської політехніки (1984-1995 рр.).

Публікації. За матеріалами роботи отримано 4 авторські свідоцтва на винаходи, опубліковано тези у матеріалах 4-ох конференцій та 3 статті.

Об'єм роботи. Дисертаційна робота складається зі вступу, чотирьох розділів, висновків, переліку літератури та додатків. Загальний обсяг роботи складає 173 сторінки машинопису, у тому числі 124 стор. основного тексту, 54 рисунки, 5 таблиць, 4 алгоритми, перелік літератури з 164 найменувань (15 стор.) і 4 додатки.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У **вступі** показана актуальність і вказана мета роботи.

У **першому розділі** коротко описано технологічний процес та визначено основні вимоги до головних електроприводів екскаватора. Показано, що на даний час, поки не створені працездатні серійні екскаваторні електроприводи за системою ТП-Д і ТПЧ-АД, актуальною є задача створення простого і надійного тиристорного збудника генератора для електроприводів за системою Г-Д як для екскаваторів, що випускаються, так і модернізації існуючих з магнітними підсилювачами.

Шляхом аналізу відомих силових схем випростувачів показано, що безсумнівну перевагу щодо простоти і надійності має силова схема з середньою точкою обмотки збудження генератора (рис. 1). Застосування такої силової схеми потребує створення відповідної системи імпульсно-фазного керування (СІФК), що враховувала б особливості силової схеми:

- великий кут комутації (до 60...70 ед. град.);
- відсутність аварійних режимів роботи, оскільки послідовно з кожною групою тиристорів ввімкнена півобмотка збудження генератора.

Для структури керування електроприводом доцільно застосувати систему підпорядкованого регулювання з внутрішнім контуром струму

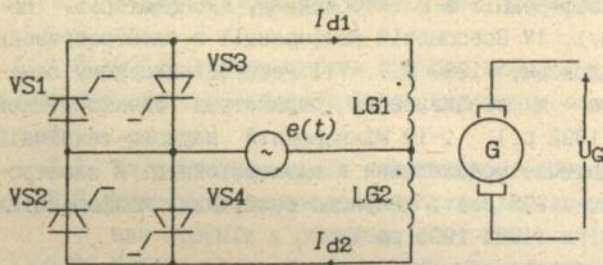


Рис. 1.
Силова схема
тиристорного
збудника.

якоря і зовнішнім контуром за напругою генератора.

Поставлена задача розробки для приводу обертання вузла підтримання постійного прискорення і вузла вибору люфтів.

Проведено аналіз існуючого програмного забезпечення IBM-сумісних персональних комп'ютерів, на основі якого прийнято рішення для розв'язку задач моделювання екскаваторних електроприводів використати мову програмування високого рівня з відповідним транслятором Turbo Pascal.

Показана необхідність вирішення задач:

- вибору оптимального чисельного методу для розв'язування задач моделювання екскаваторних електроприводів;
- створення моделі тиристорного збудника типу БУТВ;
- уточнення моделі генератора постійного струму.

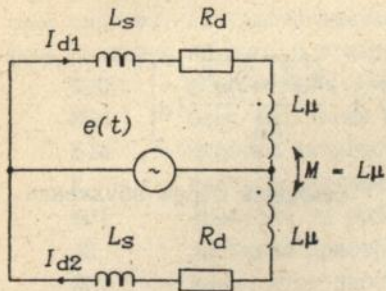
У другому розділі виведено основні співвідношення для силової схеми з середньою точкою ОЗГ. Так, середнє значення випростуваної напруги складає:

$$E_d = \frac{E_m}{\pi} (\cos \alpha + \cos(\alpha + \gamma)) = \frac{\sqrt{2}E_\Phi}{\pi} (\cos \alpha + \cos(\alpha + \gamma))$$

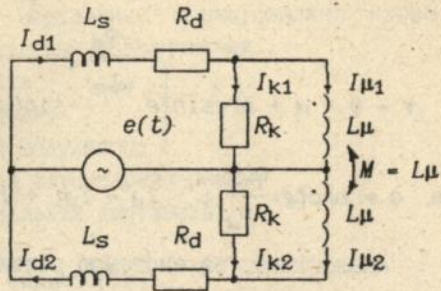
- де α - кут відкривання тиристорів;
 γ - кут комутації силової схеми;
 E_m - амплітуда напруги мережі;
 E_Φ - фазна напруга мережі.

Визначення кута комутації здійснено для заступних схем силової частини тиристорного збудника при роботі на обмотку збудження генератора з шихтованою (рис. 2а) і з масивною станиною (рис. 2б) за наступних допущень:

- індуктивність якоря є сталою;
- потік розсіювання головних полюсів пропорційний струмові збудження;



а) для генератора з шихтованою станиною



б) для генератора з масивною станиною

Рис.2. Заступні схеми силової частини тиристорного збудника у комутаційний період.

- розмагнічуюча для реакції якоря пропорційна струму якоря;
- відсутній вплив вихрових струмів (лише для шихтованої станини);
- трансформаторною ЕРС в обмотці якоря нехтуємо;
- коефіцієнт взаємного зв'язку між півобмотками рівний одиниці, тому $M = L_{\mu}$;
- для генератора з масивною станиною стала часу контура вихрових струмів незмінна: $T_k = const$.

З врахуванням того, що робота силової схеми на обмотку збудження генератора з шихтованою станиною описується системою диференціальних рівнянь:

$$\begin{cases} L_s \frac{dI_{d1}}{dt} + R_d I_{d1} + L_{\mu} \frac{dI_{d1}}{dt} + M \frac{dI_{d2}}{dt} = E_m \sin \omega t ; & (2.4) \\ L_s \frac{dI_{d2}}{dt} + R_d I_{d2} + L_{\mu} \frac{dI_{d2}}{dt} + M \frac{dI_{d1}}{dt} = -E_m \sin \omega t ; & (2.5) \end{cases}$$

- де R_d - опір обмотки збудження;
 L_s - індуктивність розсіювання ОЗГ;
 L_{μ} - індуктивність намагнічування ОЗГ;
 M - взаємна індуктивність між півобмотками;
 E_m - амплітуда ЕРС мережі;
 ω - кутова частота мережі;

I_{d1}, I_{d2} - струми у півобмотках генератора, отримано вираз для розрахунку кута комутації:

$$\gamma = \varphi - \alpha + \arcsin \left(e^{\frac{-R_d}{\omega L_s} \gamma} \cdot \sin(\alpha - \varphi) + \frac{\sqrt{R_d^2 + \omega^2 L_s^2}}{E_m} \cdot I_d \right),$$

де $\varphi = \arctg \frac{\omega L_s}{R_d}$; $I_d = I_{d1} + I_{d2}$ - сумарний струм збудження.

Аналогічно, за системою рівнянь

$$\left\{ \begin{array}{l} L_s \frac{dI_{d1}}{dt} + R_d I_{d1} + R_k I_{k1} = E_m \sin \omega t ; \\ L_\mu \frac{dI_{\mu 1}}{dt} + M \frac{dI_{\mu 2}}{dt} = I_{k1} R_k ; \\ L_s \frac{dI_{d2}}{dt} + R_d I_{d2} + R_k I_{k2} = -E_m \sin \omega t ; \\ L_\mu \frac{dI_{\mu 2}}{dt} + M \frac{dI_{\mu 1}}{dt} = I_{k2} R_k ; \\ I_{\mu 1} + I_{k1} - I_{d1} = 0 ; \\ I_{\mu 2} + I_{k2} - I_{d2} = 0 . \end{array} \right.$$

де R_k - еквівалентний опір контура вихрових струмів;

I_{k1} , I_{k2} - вихровий струм, створений однією півобмоткою;

$I_{\mu 1}$, $I_{\mu 2}$ - струм намагнічування, створений однією півобмоткою,

отримано вираз для розрахунку кута комутації для генераторів з масивною станиною:

$$\gamma = \varphi - \alpha + \arcsin \left(e^{\frac{-R_d}{\omega L_s} \gamma} \cdot \sin(\alpha - \varphi) + \frac{\sqrt{R_d^2 + \omega^2 L_s^2}}{E_m} \left(I_d + \frac{R_k (I_d - I_\mu)}{2R_d} \left(1 - e^{\frac{-R_d}{\omega L_s} \gamma} \right) \right) \right),$$

де $I_\mu = I_{\mu 1} + I_{\mu 2}$ - сумарний намагнічувальний струм;

$I_k = I_{k1} + I_{k2}$ - сумарний вихровий струм.

Після підстановки виразу для розрахунку кута комутації у формулу для визначення вихідної напруги силової схеми з середньою точкою ОЗГ і відповідних спрощень отримаємо:

$$E_d \approx (2E_m \cdot \cos \alpha - I_d \cdot \omega L_s) / \pi,$$

причому похибка у найгірших випадках не перевищує 2...5% .

Для роботи зі силовою схемою з середньою точкою ОЗГ розроблено систему імпульсно-фазного керування, функціональна схема якої показана на рис. 3 з відповідними позначеннями:

- ФФП - фазосувний пристрій;
- БВМ - блок виділення модуля;
- ШІМ - широтно-імпульсний модулятор;
- К - ключ перемикавання на інверторний режим;
- ФРІ - формувач та розподільник імпульсів;
- ЛП - логічний пристрій;
- ДПТ - давач провідності тиристорів;
- ФСІ - формувач синхронізувальних імпульсів;
- $U_{\alpha, \text{нв}}$ - напруга задання кута інвертування;
- $U_{\text{синхр}}$ - напруга синхронізації;
- $U_{\text{вх}}$ - вхідна напруга.

Формування у ШІМ пилкоподібної напруги відбувається шляхом заряджування конденсатора C_0 через опір R_0 від джерела напруги та його розряду транзисторним ключем. Така побудова ШІМ визначає залежність кута керування тиристорами α від вхідної напруги $U_{\text{вх}}$:

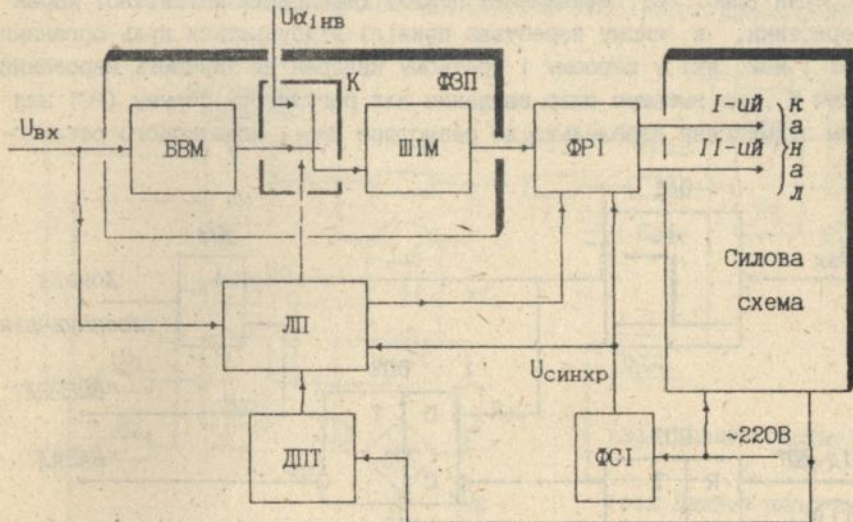


Рис. 3. Функціональна схема СІФК

$$\alpha = -\omega R_0 C_0 \ln \left(1 - \frac{2U_{\alpha_{\min}} - U_{ВХ}}{U_m} \right),$$

де $U_{\alpha_{\min}}$ - опорна напруга, що задає мінімальний кут відкривання тиристорів α_{\min} ;

U_m - напруга живлення СІФК.

Для реалізації роздільного закону керування групами тиристорів розроблено логічний пристрій (рис. 4), який складають:

- компаратор DA1, що переводить полярність вхідної напруги $U_{ВХ}$ у два логічні рівні - залежно від знаку вхідного сигналу;
- RS-тригер DD1, який формує у момент переходу синусоїди напруги мережі через нуль (збігається зі синхроімпульсом С.І.) сигнал дозволу на перемикання груп;
- D-тригер DD2, який містить логічний рівень, що відповідає напрямку струму в силовому колі;
- логічна схема "НЕРІВНОЗНАЧНІСТЬ" DD3, яка видає сигнал дозволу на перехід в режим інвертування.

Для підвищення продуктивності екскаватора у систему керування приводом обертання введено вузол підтримання постійного прискорення (рис. 5). Визначення режиму (квадранта механічної характеристики, в якому перебуває привід) відбувається нуль-органами НО1 і НО2, які у першому і третьому квадрантах вмикають керований ключ К, що зменшує опір завдання для регулятора струму (РС) шляхом підмикання паралельно до резистора R_{PC11} додаткового резисто-

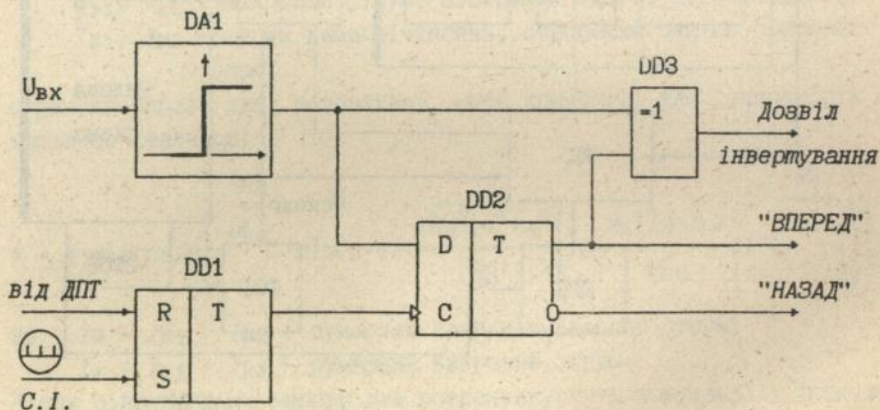


Рис.4. Логічний пристрій СІФК.

ра R_d , збільшуючи таким чином стопорний струм.

Для підвищення плавності роботи приводу обертання у систему

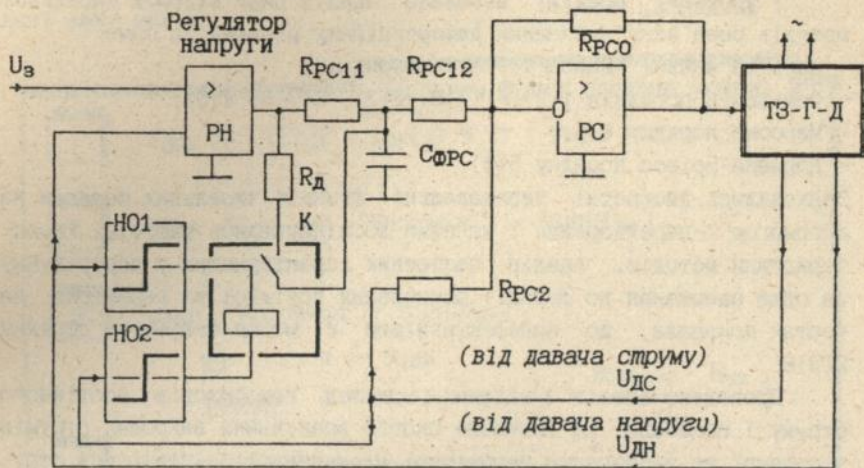


Рис. 5. Функціональна схема системи керування приводом обертання з розробленим вузлом підтримання постійного прискорення.

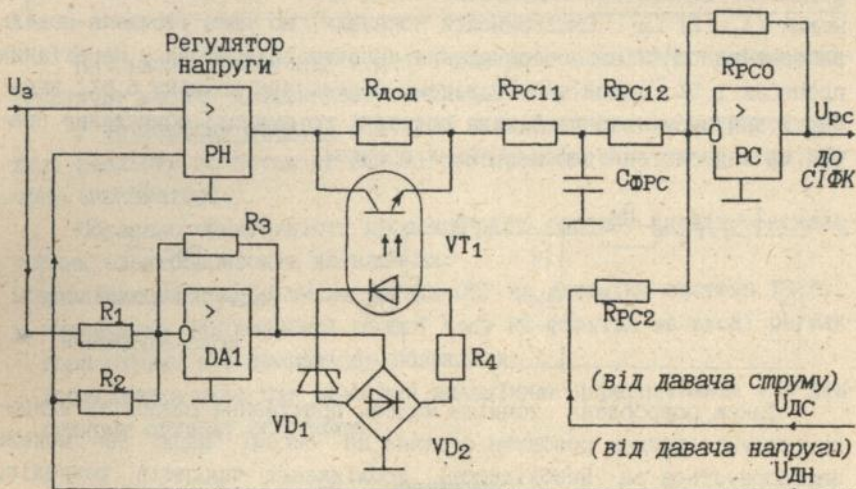


Рис. 6. Функціональна схема запропонованого вузла вибору лофтів приводу обертання.

його керування введено вузол вибору лофтів (рис. 6), робота якого ґрунтується на зміні опору завдання РС у залежності від розузгодження напруги завдання U_a і напруги $U_{дн}$.

У третьому розділі виконано аналіз ряду відомих чисельних методів розв'язку звичайних диференціальних рівнянь, а саме:

- явні та неявні Адамса 1...5-го порядків;
- Фельберга порядків 1(2), 1(2)В, 2(3), 2(3)В, 4(5);
- Мерсона порядку 4(5);
- Дормана-Прінса порядку 5(4).

Знаходились дискретні передавальні функції чисельних методів за допомогою Z-перетворення і за ними досліджувались частотні характеристики методів. Аналіз частотних характеристик у перерахунку на одне звертання до функції обчислення похідної та перевірка на тестах показала, що найефективнішим є метод Фельберга порядку 2(3)В.

Проведено аналіз відомих моделей генераторів постійного струму і показано, що існуючий спосіб врахування вихрових струмів у станині не забезпечує необхідної адекватності відтворення струму та напруги збудження генератора. Підвищення точності моделі можна досягти врахуванням розподілу вихрових струмів у станині, який можна наближено врахувати введенням у відому модель кола збудження додаткової індуктивності L_k (рис. 7), яка вибирається в межах (1...2) L_μ . Експерименти показали, що така уточнена модель забезпечує точність відтворення напруги генератора у перехідних процесах 1,5%, у той час як відома модель дає похибку 5,6%, вимагаючи при цьому втричі більше звертань до функції обчислення правих частин системи диференціальних рівнянь.

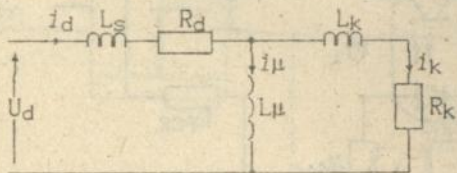


Рис. 7.
Заступна схема моделі
кола збудження

Також розроблена точніша модель врахування розподілу вихрових струмів шляхом розбиття станини на окремі шари. Ця модель застосовується за необхідності дослідження процесів розподілу вихрових струмів і магнітного поля у станині та для визначення величини індуктивності L_k попередньої моделі.

На основі отриманих у розд. 2 основних залежностей для сило-

вої схеми з середньою точкою ОБГ та кута керування для СІФК розроблено математичну модель ТЗ типу ВУТВ, алгоритм функціонування якої дано нижче.

Алгоритм функціонування моделі

1 $S_{дпт} := (|I_d| < I_{dmin}) \vee (\gamma < \gamma_{min}) ;$

2 якщо $S_{дпт}$ то "Напрямок" := $sign(U_{вх}) ;$

3 якщо "Напрямок" $\neq sign(U_{вх})$

то $\alpha := \alpha_{инв}$

інакше $\alpha := -\omega \cdot R_0 \cdot C_0 \cdot \ln\left(1 - \frac{2U_{\alpha_{min}} - U_{вх}}{U_m}\right) ;$

4 $\gamma :=$ (вираз для розрахунку) ;

5 $E_d := \frac{\sqrt{2} \cdot E_{\Phi}}{\pi} (\cos \alpha + \cos(\alpha + \gamma)) \cdot$ ("Напрямок") .

На основі створених моделей генератора та ТЗ розроблено математичну модель дводвигунного приводу обертання.

У четвертому розділі доведено адекватність математичної моделі реальним об'єктам на основі експериментів на стендах та діючому екскаваторі.

Показано ефективність пропонованого способу аналізу екскаваторних електроприводів на задачах:

- дослідження впливу числа витків ОБГ на динаміку системи ТЗ-Г;
- визначення раціональної сталої часу RC-фільтра на вході регулятора струму електроприводу обертання;
- дослідження способів зниження динамічних перевантажень у 2-двигунному приводі обертання.

ВИСНОВКИ

- 1) Запропоновано вдосконалення електроприводу постійного струму кар'єрних екскаваторів в використанням тиристорних збудників, що базуються на силовій схемі з середньою точкою обмотки збудження генератора, і спосіб його аналізу на основі комп'ютерно-

го моделювання.

- 2) Створені СІФК та блок логіки враховують особливості силової схеми тиристорного збудника, що живить ОЗГ в середньої точкою.
- 3) Розроблений вузол підтримання постійного прискорення привода обертання дає змогу підвищити продуктивність роботи кар'єрного екскаватора.
- 4) Розроблений вузол вибору лофтів забезпечує зниження динамічних перевантажень у механічному обладнанні під час роботи привода обертання.
- 5) Результати виконаних досліджень показали, що найефективнішим для цифрового моделювання описаних в дисертації екскаваторних електроприводів є метод Фельберга порядку $2(3)B$ числового інтегрування диференційних рівнянь.
- 6) Математичні моделі генератора постійного струму з врахуванням впливу розподілу вихрових струмів у станині забезпечують достатню для інженерних розрахунків точність відтворення реальних електромагнітних процесів у генераторах з масивною станиною.
- 7) Моделі тиристорного збудника типу БУТВ з різним рівнем деталізації процесів враховують комутаційний спадок напруги та нелінійність характеристик ТЗ.
- 8) Результати моделювання показали, що для генератора 4ГПЭМ-220 зменшення кількості витків з 240 до 180-200 витків на полюс відчутно покращує динамічні характеристики приводу.
- 9) На основі експериментальних досліджень встановлено, що вузол вибору лофтів приводу обертання разом з RC-фільтром на вході регулятора струму ефективно знижують динамічні перевантаження під час роботи екскаватора.
- 10) Розроблений спосіб аналізу екскаваторних електроприводів може бути застосований для дослідження будь-яких інших систем електроприводу за системою Г-Д чи систем зі зміною потоку збудження двигуна постійного струму.

Основні положення дисертації опубліковані в роботах:

1. Кияко Р.С., Мороз В.М., Ушаков Л.М. Тиристорное возбуждение электрических машин в электроприводе одноковшовых экскаваторов малой мощности / Тезисы докладов на III Всесоюзной конференции по электроприводе экскаваторов. - М.: Информэлектро, 1985, с. 21-23.
2. Буртиний В.В., Воднар Г.Й., Мороз В.М. Исследование электромаг-

- нитных явлений при работе однофазного тиристорного преобразователя на обмотку возбуждения со средней точкой / Тезисы докладов на IV Всесоюзной конференции по электроприводу экскаваторов. - М.: Информэлектро, 1989, с. 27-29.
3. **Кишко Р.С., Кузнецов В.И., Мороз В.И.** Электропривод карьерных экскаваторов по системе Г-Д с тиристорным возбудителем генератора / Вестн. Львов. политехн. ин-та, N194. Электроэнергетические и электромеханические системы. - Львів, Вища школа, Вид-во при Львів. ун-ті, 1985, стор. 35-38.
 4. **Бургий В.В., Мороз В.И.** Параметры силовой схемы блока тиристорного возбудителя типа ВЗ801 / Вестн. Львов. политехн. ин-та, N224. Электроэнергетические и электромеханические системы. - Львів, Вища школа. Вид-во при Львів. ун-ті, 1988, стор. 12-14.
 5. **Мороз В.И.** Математична модель електромагнітних процесів у тиристорному збуднику БУТВ кар'єрних экскаваторів / VII Республіканський семінар "Преобразование и стабилизация параметров электрической энергии": - Алушта, 21 - 25 вер. 1992, с. 39-43.
 6. **Кучабський І.М., Мороз В.И.** Моделювання тиристорного збудника типу В-3801 (БУТВ) генераторів головних приводів кар'єрних экскаваторів з об'ємом ківша до 10м^3 / Вісник Львів. політехн. ін-ту. 1992. N 263: Електроенергетичні та електромеханічні системи. - с.32-34.
 7. **Мороз В.** Уточнення моделі генератора постійного струму в розрахунках динаміки електроприводів. Тези доповідей 1-ої Міжнародної науково-технічної конференції "Математичне моделювання в електротехніці й електроенергетиці", 19-22 вересня 1995 р., Львів, Україна, с. 109-110.
 8. **А.с. N1283314** (СССР) / "Устройство для управления электроприводом механизма поворота одноковшового экскаватора" Р.С.Кишко, В.И.Мороз, Б.Ф.Иванков, Л.И.Ушаков, В.П.Толстоган. Оpubл. в Б.И., 1987, N2.
 9. **А.с. N1330712** (СССР) / "Логическое устройство для раздельного управления реверсивным тиристорным возбудителем" Л.Ф.Карплюк, Р.С.Кишко, В.И.Кузнецов, Л.И.Кунин, В.И.Мороз. Оpubл. в Б.И., 1987, N30.
 10. **А.с. N1429258** (СССР) / "Устройство для управления однофазным тиристорным возбудителем" Н.С.Адоньева, Б.Ф.Иванков, Л.Ф.Карплюк, Р.С.Кишко, В.И.Мороз. Оpubл. в Б.И., 1988, N37.
 11. **А.с. N1461839** (СССР) / "Устройство для управления электродви-

гателем механизма поворота карьерного экскаватора" Р.С.Кишко, В.И.Мороз, Б.Г.Бойчук, Л.И.Кунин, Б.В.Ольховиков, В.В.Березин. Оpubл. в Б.И., 1989, №8.

ABSTRACT

Moroz V. Improvement and method for the analysis of excavating machines' d.c. electric drives with the thyristor exciter of a generator.

The thesis for candidate degree. Speciality 05.09.03 - "Electrotechnical complexes and systems, including their controlling and regulating". State University "Lvivska Polytechnika", Lviv, 1996.

The work whose essence has been described in 11 scientific papers is defended. It describes the improvement of excavating machines' main electric drives based on the thyristor exciter with the middle point of exciting winding and elaborates the method for the analysis of those systems. The results may be used during the designing and investigating d.c. electric drives.

АННОТАЦИЯ

Мороз В.И. Усовершенствование и способ анализа электропривода постоянного тока карьерных экскаваторов с тиристорным возбудителем генератора.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.09.03 - "Электротехнические комплексы и системы, включая их управление и регулирование". Государственный университет "Львовская политехника", Львов, 1996 г.

Защита рукописи, сущность которой отражена в 11 научных работах, содержащая описание путей усовершенствования главных электроприводов карьерных экскаваторов на базе тиристорного возбудителя со средней точкой обмотки возбуждения, а также разработку способа анализа таких систем. Полученные результаты могут быть использованы при решении широкого круга задач разработки и исследования электроприводов постоянного тока.

Ключові слова: экскаваторний електропривід постійного струму, математичне моделювання, система імпульсно-фазового керування тиристорами, тиристорний збудник, чисельні методи розв'язку диференціальних рівнянь.

Папір офсетний. Друк офсетний.
№ зам. 96/5-12. Тираж 100 прим.
Друкарня ТзОВ «Простір-М»

447699

AB 34.905

AB 34.905