

АСИНХРОННИЙ ЕЛЕКТРОПРИВОД ДЛЯ ПОЛІГРАФІЧНИХ МАШИН ПОВТОРНО-КОРОТКОЧАСНОГО РЕЖИМУ РОБОТИ

Більшість приводів поліграфічних машин працює у тривалому режимі. Однак є також машини і механізми з повторно-короткочасним режимом роботи. Сюди належать бобінорізальні та парافیновальнорізальні машини, автооператори гальваноліній і подавачі паперорізальних машин з програмним керуванням. Потужність цих машин не перевищує 10 кВт, а потрібний діапазон регулювання швидкості значення 10 : 1. Створення раціонального регулювання електропривода поліграфічних машин малої і середньої потужності є важливою і актуальною проблемою поліграфічного машинобудування.

Приводи з електромагнітною муфтою ковзання за своїми показниками не відповідають сучасному рівню техніки. Вони неекономічні, мають великі габарити [3], складні та незручні в ремонті. Отже, їх необхідно замінити більш досконалою, сучасною системою. Одним із шляхів вирішення цього завдання є створення тиристорного асинхронного електропривода (ТАЕП).

Питанню керованого асинхронного електропривода приділяється велика увага [6, 7]. Підвищений інтерес до проблеми керованого асинхронного електропривода пояснюється високими техніко-економічними характеристиками, добрими експлуатаційними властивостями асинхронних двигунів. Основною причиною нечастого застосування цих двигунів у регульованих приводах є низькі природні регульовальні властивості. Однак досягнення напівпровідникової техніки відкрили ширші можливості для дальшого розвитку керованого асинхронного електропривода.

Розвиток ТАЕП малої і середньої потужності відбувається у двох основних напрямках: електроприводи з параметричним і ча-

стотним керуваннями. Частотно-керовані електроприводи складніші та дорожчі від параметрично-керованих. Разом з тим висока економічність і інші позитивні властивості цих електроприводів роблять їх конкурентноздатними, особливо у певних специфічних для поліграфії галузях [3].

Тиристорний електропривод з параметричним керуванням — це один з найновіших напрямів у розвитку асинхронного електропривода. За останні роки з'явилися різні системи ТАЕП з параметричним керуванням. Створені дослідні зразки, які успішно експлуатуються на підприємствах [6, 7]. Освоюється серійний випуск тиристорних пристроїв параметричного керування асинхронними двигунами [6, 7].

Параметричне регулювання швидкості асинхронного двигуна полягає в зміні підведеної напруги або додаткового опору в колі ротора. Зміна напруги переважно здійснюється шляхом фазового або імпульсного керування тиристорами регулятора напруги [2, 9], зміна еквівалентного додаткового опору в колі ротора — шляхом імпульсного закорочування резистора за допомогою тиристорного комутатора з широтно-імпульсною модуляцією [5, 7, 8].

Регулюванню швидкості двигуна зміною напруги на обмотці статора надається перевага, оскільки воно передбачає використання асинхронного двигуна з короткозамкненим ротором, який дешевий, надійний і менший від двигуна з фазним ротором. Правда, застосування асинхронного двигуна з короткозамкненим ротором становить певні труднощі, пов'язані з можливістю надмірного нагрівання двигуна під дією втрат ковзання, які зростають пропорційно ковзанню, тобто глибині регулювання швидкості. Постає необхідність збільшення габаритної потужності двигуна або винесення тепла з двигуна, що реалізується в ньому з фазним ротором, шляхом підключення до обмотки ротора резисторів. Все ж існують цілком означені області раціонального застосування ТАЕП з короткозамкненим двигуном. Застосування такого привода доцільне, зокрема, при повторно-короткочасному режимі роботи, коли потрібна нетривала робота на зниженій швидкості протягом часу, що не перевищує 20% часу роботи на повній робочій швидкості при діапазоні регулювання швидкості до 10:1 [1]. У такому специфічному режимі працюють приводи названих поліграфічних машин.

Треба зазначити, що регулювання швидкості асинхронного двигуна зміною напруги живлення має низькі енергетичні показники, зумовлені втратами ковзання у колі ротора та наявністю потужності спотворення несинусоїдного струму, який споживає статор при тиристорному керуванні. Однак при невеликій потужності двигуна першочергового значення набувають технічні й експлуатаційні властивості, вартість та маса установки, а не збільшення її к. к. д. і $\cos \phi$.

Тиристорні регулятори напруги (ТРН) систем ТАЕП з фазним керуванням будують за трьома схемами: симетричною, несиметричною і з трикутним тиристорним комутатором. Симетрична

нереверсивна схема складається з шести тиристорів, увімкнутих по два паралельно-зустрічно у кожну фазу живлення статора. Модифікацією симетричної схеми є схема з виведеною нульовою точкою обмотки статора двигуна. Несиметрична схема складається з трьох тиристорів і увімкнутих з ними паралельно-зустрічно трьох діодів. Трикутний тиристорний комутатор складається з трьох тиристорів, увімкнених трикутником у перетині нульової точки обмотки статора двигуна.

Схема ТРН відрізняються не лише кількістю елементів, але й гармонічним складом напруги.

Симетрична схема — найскладніша і найдорожча, але має найкращий гармонічний склад напруги: у кривій напруги на виході ТРН містяться лише непарні гармоніки, за винятком кратних трьом. Симетрична схема на відміну від інших дає змогу від'єднувати двигун від мережі. Доданням двох пар тиристорів можна здійснити безконтактне реверсування двигуна, а також найбільш ефективно двопульсне динамічне гальмування. Симетрична схема з виводом нейтралі двигуна має дещо гірший гармонічний склад, оскільки напруга містить усі непарні гармоніки, у цій схемі можливе симетричне динамічне гальмування без додаткових тиристорів.

Схема ТРН з трикутним тиристорним комутатором простіша, тому що має не шість, а лише три вентиля. Але в складі напруги на обмотці статора з комутатором у нейтралі виступають усі парні та непарні гармоніки, за винятком кратних трьом. За допомогою трикутного комутатора неможливо реверсувати двигун і від'єднувати його від мережі.

Гармонічний склад напруги має істотне значення для роботи ТАЕП. Його погіршення знижує навантажувальну здатність двигуна внаслідок збільшення втрат у двигуні від гармонік несинусоїдного струму. Ступінь перегрівання асинхронного двигуна, що живиться від джерела несинусоїдної напруги, оцінює коефіцієнт перевантаження двигуна за струмом, який дорівнює $K_n = I/I_1$, де I і I_1 — діюче значення несинусоїдного струму і його першої гармоніки. Значення K_n^2 показує, наскільки двигун перегрівается несинусоїдною напругою порівняно з живленням чисто синусоїдною напругою. У реальних зонах регулювання для симетричної схеми $K_n^2 < 10\%$, для симетричної схеми з виводом нейтралі $K_n^2 = 13 \div 18\%$, а для останніх двох схем $K_n^2 = 20 \div 25\%$.

Отже, за гармонічним складом найкращою є симетрична схема ТРН. Симетрична схема з виводом нейтралі дещо гірша, але наявність нульового проводу істотно полегшує симетрування тиристорів по фазах. Це має важливе значення, оскільки виключає необхідність відбору ідентичних за характеристиками тиристорів і спрощує налагодження блоків фазового керування. Симетрування ускладнюється асиметрією опорів фаз статора серійних двигунів: наприклад, у дослідженого нового двигуна типу АОЛС-32-4 вона досягала 10%. Факт несиметричності обмоток двигунів та неідентичності елементів ТРН і систем фазового ке-

рування не слід випускати з уваги при розрахунку потужності двигуна системи ТАЕП.

На підставі проведеного порівняння різних схем ТРН можна рекомендувати симетричну схему з виводом нульової точки двигуна.

Важливе значення при проектуванні ТАЕП має вибір типу приводного двигуна. Використання двигуна з короткозамкненим ротором нормального виконання здебільшого практично не здійснимо: двигун перегрівається як за рахунок втрат ковзання і спотворення, так і під дією великих пускових струмів, що досягають семикратного відносно номінального значення. Добрий результат може дати використання асинхронного двигуна з масивним феромагнітним ротором [4]. Протягом багатьох років ставиться питання про серійне виробництво таких двигунів [7], але до цього часу воно не вирішене.

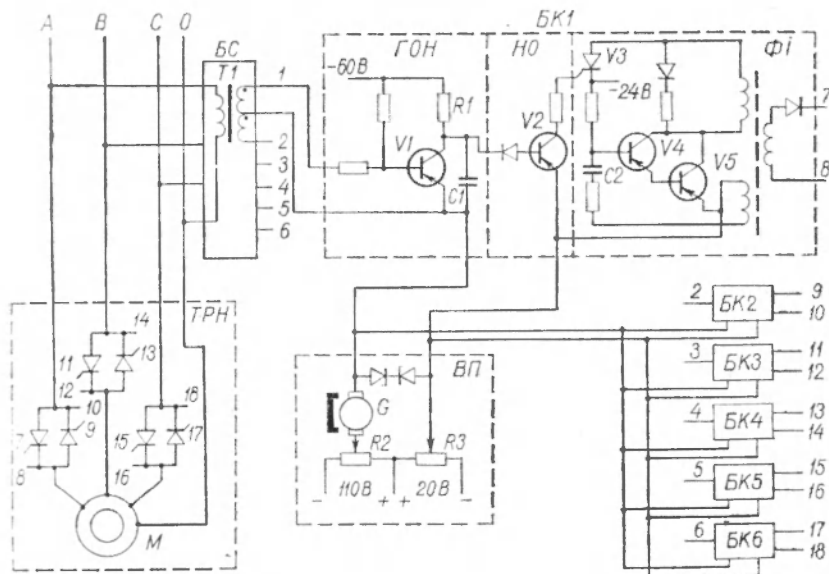
Найбільш придатними у нашому випадку є асинхронні двигуни з підвищеним ковзанням. Вони призначені для повторно-короткочасного режиму роботи, мають відносно малий пусковий струм (п'ятикратний) і великий пусковий момент, що дорівнює критичному. Відсутність вираженої нестійкої ділянки механічної характеристики забезпечує ширшу, ніж у двигунах нормального виконання, зону формування знижених швидкостей.

Двигуни з підвищеним ковзанням випускають у двох виконаннях за формою захисту від навколишнього середовища: захищеного і закритого обдуваного. З точки зору умов охолодження доцільно вибирати двигун захищеного виконання (наприклад, серії АС2). Однак для механізмів, які працюють у запиленому середовищі, характерному для деяких цехів поліграфічного виробництва, доводиться застосовувати двигуни закритого виконання (наприклад, серії АОС2). Треба підкреслити, що умови охолодження закритих двигунів при знижених швидкостях погіршуються внаслідок зменшення продуктивності вентилятора зовнішнього обдування. Ця обставина змушує дещо завищувати потужність двигуна або прибудовувати до двигуна незалежний вентилятор.

У випадку роботи привода на знижених швидкостях протягом часу, більшого, ніж вказано вище (20%), треба застосовувати асинхронний двигун з фазним ротором, який при постійно введених опорах у коло ротора може працювати без перегрівання скільки завгодно.

Керування ТРН можна здійснювати двома способами: імпульсним і фазоімпульсним. При імпульсному способі на керуючі електроди тиристорів подаються відкриваючі імпульси з періодичністю не синхронізованою з частотою напруги мережі і звичайно більшою цієї частоти. При цьому в обмотці статора двигуна можуть з'являтися вільні складові перехідних струмів, амплітуда яких залежить від моменту підключення відповідної фази до мережі і може досягати значної величини. Вільні складові струму статора створюють гальмівний момент, що проявляється у вигляді

Кращі властивості має фазоімпульсний спосіб керування, який полягає в тому, що на керуючі електроди тиристорів регулятора напруги подаються періодично, з частотою мережі позитивні імпульси, які відкривають у ці моменти тиристири. Змінюючи фазу



імпульсів керування відносно фази анодної напруги, можна регулювати тривалість відкритого стану тиристорів і таким чином змінювати напругу на виході ТРН.

Елементи *ГОН*, *НО* і *ФІ* утворюють блок керування тиристором *БК 1* (*БК 2*... *БК 6*).

Генератор пилоподібної напруги працює за принципом повільного заряду ємності $C1$ через резистор $R1$ і швидкого її розряду через транзистор $V1$. Подібні транзисторні RC -генератори характеризуються високою точністю і малим споживанням потужності.

Вхідний пристрій складається з задатчика $K2$, потенціометра зміщення $R3$ і датчика швидкості G .

Задатчик є джерелом постійної напруги задання швидкості. За допомогою напруги зміщення встановлюється максимальне значення кута керування α тиристорами, при якому тиристори при відсутності завдання залишаються закритими. Датчик швидкості здійснює негативний зворотний зв'язок за швидкістю в замкнутій САК електроприводом і призначений для забезпечення жорстких механічних характеристик електропривода на всьому діапазоні регулювання.

Напруга на виході вхідного пристрою, яка дорівнює різниці напруги завдання і напруг зміщення та зворотного зв'язку, порівнюється з опорною напругою. У момент зрівняння опорної і вхідної напруг, коли їх різниця змінює свій знак з плюса на мінус, нуль-орган $V2$ вмикає тиристор $V3$, який запускає формувач імпульсів керування.

Формувач імпульсів генерує імпульси позитивної напруги, які подаються на керуючі електроди тиристорів $ТРН$. Форма імпульса керування повинна бути прямокутною з крутим переднім фронтом, що забезпечує швидкодію і точність регулювання.

Тривалість імпульса керування залежить від схеми перетворювача і при достатньо широкому діапазоні регулювання повинна становити не менше $60 \dots 70^\circ$. Імпульс може бути суцільним або розбитим на короткі імпульси тривалістю не менше $60 \dots 80$ мкс (достатньою для наростання струму утримання тиристора) і частотою $3 \dots 4$ кГц [1, 9]; останнє дає змогу істотно зменшити габарити трансформатора ΦI .

Як формувач імпульсів найчастіше використовується блокінг-генератор. У схемі він зібраний на складеному транзисторі $V4, V5$. Для генерування пачки імпульсів у коло зворотного зв'язку блокінг-генератора вводять конденсатор $C2$, який переводить його в режим автоколивань або застосовують додатковий мультивібратор.

Розглянутий ТАЕП успішно експлуатується у виробництві на бобінорізальних машинах.

Список літератури: 1. Браславский И. Я. Исследование и формирование пуско-тормозных и регулировочных режимов тиристорных асинхронных электроприводов с фазовым управлением: Автореф. дис. д-ра техн. наук. — М., 1976. 2. Власов В. Г., Ссколов М. М., Липатов Д. Н. Взрывозащищенный тиристорный электропривод переменного тока. — М.: Энергия, 1977. 3. Волощак І. А. Перспективи застосування частотно регульованих електроприводів у поліграфії. — Поліграфія і видавнича справа, 1974, № 10. 4. Волощак І. А., Завгородня Т. І. Тиристорний привод подавача паперорізальної машини з програмним керуванням. — Поліграфія і видавнича справа, 1975, № 11. 5. Соколов М. М., Данилов П. Е. Асинхронный электропривод с импульсным управлением в цепи выпрямленного тока. — М.: Энергия, 1972. 6. Тиристорные

электроприводы с асинхронными двигателями: Тезисы докладов III конференции / УПИ. — Свердловск, 1974. 7. Труды V Всесоюзной конференции по автоматизированному электроприводу. — М.: Энергия, 1971. 8. *Шикуть Э. В., Крайцберг М. И., Фукс П. А., Газганов А. Э.* Импульсный регулируемый электропривод с фазными электродвигателями. — М.: Энергия, 1972. 9. *Шубенко В. А., Браславский И. Я.* Тиристорный асинхронный электропривод с фазовым управлением. — М.: Энергия, 1972.

I. A. VOLOSHCHAK, M. M. LUTSKIV, I. T. STREPKO

ASYNCHRONOUS ELECTRICAL DRIVE FOR POLYGRAPH MACHINES WITH REPEATEDLY-SHORT WORK DUTY

S u m m a r y

Diagrams of regulated thyristor electrical drive in reference to the polygraph machines of low and average capacity is analyzed here.

Thyristor phase-pulsed control system of bobbin-cutting machines working at repeatedly-short duty is considered here.

Стаття надійшла в редколегію 21. 12. 1978 р.