

Таблиця 2. Узагальнені результати дослідження

Назва i -го елемента конструкції стіни бокової	h_i^* , см	δ_i^* , см	Погонна маса \bar{m}_i , кг/м	Розрахунковий осьовий момент опору W_i , см ³	Допустимий осьовий момент опору $[W_i]$ ($\sigma_{max} = [\sigma]$), см ³
Обв'язування верхнє ($i=1$)	10	0,7	24,4	97,7	95,5
Обв'язування нижнє ($i=2$)	8,5	0,6	24,3	86,3	85,8
Розкос ($i=3$)	5,5	0,5	8,1	7,4	7,1

Висновки і рекомендації щодо подальшого використання

Висвітлені у статті результати впровадження запропонованого підходу до використання конструкційних резервів зниження матеріалоемності складових конструкцій окатишевозів засвідчили його доцільність та ефективність.

Використання запропонованого підходу для модернізації інших елементів конструкції вітчизняних напіввагонів-хоперів для гарячих окатишів та агломерату дозволить суттєво поліпшити їх ТЕП, що позитивно вплине на підвищення показників рентабельності їх експлуатації та конкурентоспроможності залізничного транспорту.

Список літератури: 1.Шадур Л.А. Вагоны [Текст]/. Изд. 2-е, перераб. и доп. Под ред. Л.А. Шадура. М., «Транспорт», 1973. - 440 с. 2.Конструирование и расчет вагонов [Текст]: учебник для вузов ж-д. трансп./ В.В.Лукин, Л.А.Шадур, В.Н.Котуранов, А.А.Хохлов, П.С.Анисимов.; под общ. ред. В.В.Лукина. - М.: УМК МПС России, 2000. 728с. 3.Мороз, В.І. Формалізоване описання конструкції залізничних напіввагонів-хоперів для гарячих окатишів та агломерату [Текст]/ В.І. Мороз, О.В. Фомін, В.В. Фомін // Зб. наук. праць. – Луганськ: СНУ ім. В.Даля, 2011. – Вип.№.1(155) Ч.2.- С.150-157 3.Фомін, В.В. Визначення структури матеріалоемності напіввагону-хоперу для гарячих окатишів та агломерату з використанням блочно-ієрархічного описання його конструкції [Текст]/ В.В. Фомін // Зб. наук. праць. – Донецьк: ДонІЗТ, 2011. – Вип.№.25.- С.115-120 4.Вагон-хопер чотиривісний для гарячих окатишів та агломерату моделі 20-9749 Технічні умови [Текст] ТУ У 35.2.–01124454-035:2005. м. Київ.5.Альбом чертежей К28.04-00.00.00.0-00 «Вагон-хоппер четырехосный для горячих окатышей и агломерата. Модель 20-9749». Киевское ПКТЬ по вагонам 2005г. м. Київ.6.Дитрих, Я. Проектирование и конструирование: Системный подход. [Текст]/ Я.Дитрих.– М.: Мир, 1981. – 456 с.7.Математическая теория планирования эксперимента [Текст]/ Под ред. С.М.Ермакова – М.: Наука, 1983. – 392 с.

Поступила в редколлегию 11.05.2011

УДК 621.757

С.В. РОМАНОВ, канд.техн.наук, ст. викл., УПА, Харків

МОДУЛЬНА СИСТЕМА УПРАВЛІННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИМ ІНДУКЦІЙНИМ НАГРІВОМ

У роботі розглядається задача побудови системи управління індукційними нагрівачами, сконструйованими за модульним принципом. Визначені вимоги до систем живлення модульних індукційних нагрівачів і запропонована узагальнена структурна схема таких систем. Ключові слова: індукційний нагрівач, модульний принцип, система управління.

В работе рассматривается задача построения системы управления индукционными нагревателями, сконструированными по модульному принципу. Определены требования к системам питания модульных индукционных нагревателей и предложена обобщённая структурная схема таких систем.

Ключевые слова: индукционный нагреватель, модульный принцип, система управления.

A task is in-process examined of construction of control system by induction heaters, constructed on module principle. Certain requirement to the systems of feed of module induction heaters and the generalized flow diagram of such systems is offered.

Keywords: induction heater, module principle, control system.

У механоскладальному і ремонтному виробництвах для складання або розбирання з'єднань з натягом, а так само розбирання з'єднань з адгезійним зв'язком, застосовується індукційний спосіб нагріву деталі з'єднання, що охоплює, для створення технологічного проміжку або руйнування адгезійних зв'язків. Найбільш висока швидкість нагріву, електричні і теплові характеристики досягаються за допомогою соленоїдного індуктора охоплюючого типу. Істотний недолік таких нагрівачів, це їх низька універсальність - можливо нагрівати 2-3 типи деталей. Це обумовлено тим, що збільшення проміжку між внутрішньою поверхнею індуктора і деталлю різко погіршує умови нагріву із-за послаблення магнітного поля, що впливає на деталь. Следствием є падіння електричного ККД - η .

Більшої універсалізації дозволяє досягти застосування індукційного устаткування, побудованого за модульним принципом. Під модульністю розуміється можливість нарощування числа індукційних котушок як для розподілу джерел теплової енергії уздовж осі деталі на одній позиції, так і зміна числа позицій нагріву.

Управління процесом нагріву за допомогою такої модульної системи вимагає особливий алгоритм роботи індукційних котушок.

Для забезпечення економічності нагріву необхідно щоб в кожен момент часу сумарна споживана потужність нагрівача не перевищувала б допустиму для електромережі. Крім того, необхідно забезпечити рівномірне завантаження фаз, щоб виключити вплив нагрівача на інших споживачів електроенергії.

Необхідний алгоритм функціонування трипозиційна система управління (СУ), структурна схема якої представлена на рис. 1

Ця схема припускає можливість нарощування модулів нагріву МН. Тут ТБ - транзисторний генератор; ИН - індукційний нагрівач; Про - об'єкт, що нагрівається; Д - датчики аналогових параметрів; АЦП - аналогово-цифрові перетворювачі; МК - мікропроцесорний контролер; УВВиО - пристрій введення-виводу і відображення інформації; ЦАП - цифро-аналоговий перетворювач; ШД - шина даних

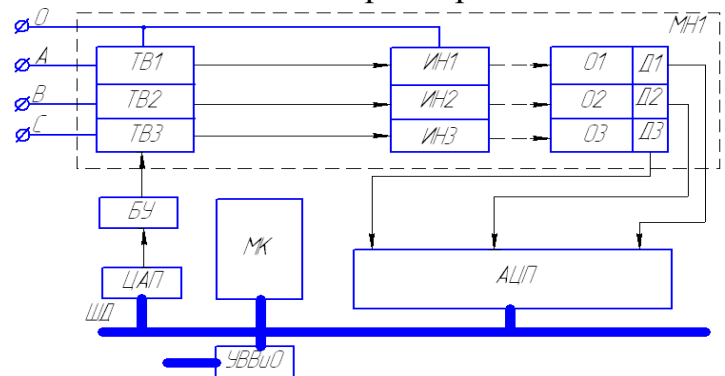


Рис. 1. Схема СУ для модульних нагрівачів

мікроконтролера; БУ - блок управління.

Сучасний транзисторний генератор стає невід'ємним елементом індукційно-нагрівальної установки (ІНУ) на промислових, підвищених і високих частотах й являє собою сплав силової електроніки, різноманітних вузлів управління, виконаних на швидкодіючих аналогових і цифрових компонентах, об'єднаних у єдину систему мікроконтролерами, технологією розподілених систем управління й людино-машинного інтерфейсу.

Контури й алгоритми управління ІНУ.

У наведеній на рис. 2 схемі у верхньому ряді представлені основні силові вузли ІНУ, у нижньому - вузли управління й зв'язку між ними. Активний випрямляч (АВ), фільтри (Ф), широтно-імпульсний перетворювач (ШИП), транзисторний інвертор (И) і пристрій узгодження (УС) утворюють систему живлення індукційного нагрівача (ИН). Електропривод (ЕП) знаходить

застосування у вузлах завантаження/вивантаження, нерідко - для організації поступального або зворотно-поступального руху заготівки в декількох індукторах для

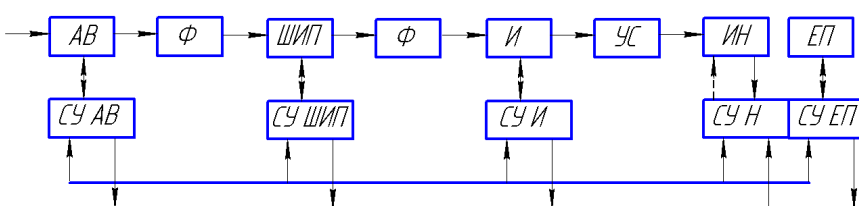


Рис. 2. Узагальнена структура технологічної установки індукційного нагріву

забезпечення необхідного розподілу температури.

Система управління нагріванням (СУ Н) є провідною серед вузлів управління. Вона визначає завдання для вузлів управління системи живлення й електропривода по заданій програмі або за показниками датчиків температури й поточному завданню. Система управління електроприводом (СУ ЕП) крім системи порушення регульованого транзисторного перетворювача включає датчики становища-переміщення заготівель, що нагрівають.

Серед пристроїв силової електроніки джерела живлення найбільш важливими й складними в керуванні є активний випрямляч, що забезпечує зниження впливу нелінійності перетворювача (як навантаження) на живильну мережу й транзисторний інвертор, що забезпечує необхідну частоту струму в навантаженні, як правило, виконаний за схемою інвертора напруги або інвертора струму. Нерідко до них додається широтно-імпульсний перетворювач для регулювання потоку енергії, що поставляє від випрямляча до інвертора. Блок узгодження, як правило, не містить керованих елементів, іноді використовуються силові контактори для підстроювання ємності, що компенсує, або витків трансформатора, що виконують перемикання в паузах протікання струму.

Вимоги до системи живлення в ІНУ:

1. Здатність енергетично ефективно працювати на індукційне навантаження в заданому діапазоні частот із широким діапазоном зміни параметрів (L й R) як у ході одного технологічного процесу, так і при зміні виробу, що нагріває, і індукційної системи.
2. Можливість глибокого регулювання вихідної потужності з вибором закону (стабілізація або по програмі) і параметра регулювання (потужність, струм, напруга).

Нерегульований випрямляч на діодах й, особливо, регульований на тиристорах мають небажаний гармонійний состав струму споживаного від мережі.

Алгоритми управління потужними (трифазними) активними випрямлячами перебувають у стадії активного розвитку [1], як у плані гармонійного состава споживаного струму, так і по шляху оптимізації числа й варіантів розміщення датчиків зворотного зв'язку. Для зниження габаритів фільтрів Вч-гармоник (20...200 кгц) на вході випрямляча використовують безперервний режим роботи. Варіації в керуванні Вч-ключами зводяться до вибору компромісу між способами з постійною частотою управління й самозбудження за критеріями складності реалізації й мінімізації потужності втрат у силових вентилях. Для спрощених алгоритмів управління існують готові спеціалізовані мікросхеми управління - Infineon TDA4862, Motorola MC33261/2, MC34167, MC33167, Thomson L6560 [2]. Більше складні й ефективні алгоритми вимагають застосування програмувальних контролерів і цифрових сигнальних процесорів [3].

Важливо відзначити, що АВ дозволяють регулювати вихідну напругу в деяких межах (20...40 %), що можна використати безпосередньо або для стабілізації випрямленої напруги Ud.

Способи регулювання потужності на виході транзисторного перетворювача:

1. Частотне согласуюче регулювання інвертора, що працює на високочастотний резонансний контур.
2. Фазове регулювання в інверторі шляхом затримки імпульсів управління одного плеча, стосовно іншого.
3. Регулювання напруги живлення інвертора з використанням широтно-імпульсного перетворювача (ШИП).

ШИП будується за схемою переривника, що знижує напругу за рахунок зменшення тривалості імпульсу пропущення струму при постійній частоті управління (20...50 кгц). Для порушення імпульсів управління сьогодні знаходять застосування як спеціалізовані мікросхеми з аналоговим управлінням, так й убудовані в більшість сучасних мікроконтролерів (МК) блоки цифрових лічильників, що працюють у режимі формування ШИМ.

Стримуючим фактором у застосуванні ШИП у якості основного регулюючого елемента є проблема зниження комутаційних втрат у силовому ключовому транзисторі, що вирішується вдосконалюванням динамічних властивостей розроблювачами IGBT і застосуванням спеціальних схем - снаберів з допоміжними керованими ключами.

При використанні схеми інвертора напруги найменші комутаційні втрати забезпечуються деяким індуктивним розладом резонансного контуру [4]. При цьому зберігаються можливості частотного й фазового регулювання.

При використанні схеми інвертора струму (ІТ) гарантія режиму роботи на частоті резонансу дозволяє мати комутацію з нульовою напругою й не використати послідовні діоди, що відтинають. У цьому режимі інвертор не може використатися для регулювання потужності.

В обох випадках система порушення інверторів повинна сама підбудовувати частоту й фазу імпульсів управління з урахуванням варіації параметрів

індукційної системи. Для цього застосовується принцип самозбудження (особливо застосуємо в ИТ), або частотний спосіб з незалежним порушенням і фазовим автопідстроюванням.

З урахуванням високої добротності індукційної системи (5...20) тут неприйнятний принцип цифрового перетворення код-частота, тому в СУ інверторів напруги знаходять застосування спеціалізовані мікросхеми фазового автопідстроювання частоти (ФАПЧ), що складаються з генератора керованого напругою й фазовим компаратором. Останній забезпечує задану фазу між переднім фронтом імпульсу управління й переходом струму інвертора через нуль.

Достоїнства перетворювачів для індукційних установок:

1. Універсальне джерело живлення для різних варіантів технологічних застосувань.
2. Модульність у нарощуванні потужності як при роботі на один індуктор (рис. 3 а), так і на багатосекційні індукційні системи (рис. 3 б).
3. Транзисторний генератор - як ядро системи автоматизації технологічної установки. Алгоритми регулювання (температури) технологічної установки: а) управління «по моделі» - таблична реалізація; б) з ОС (по температурі).

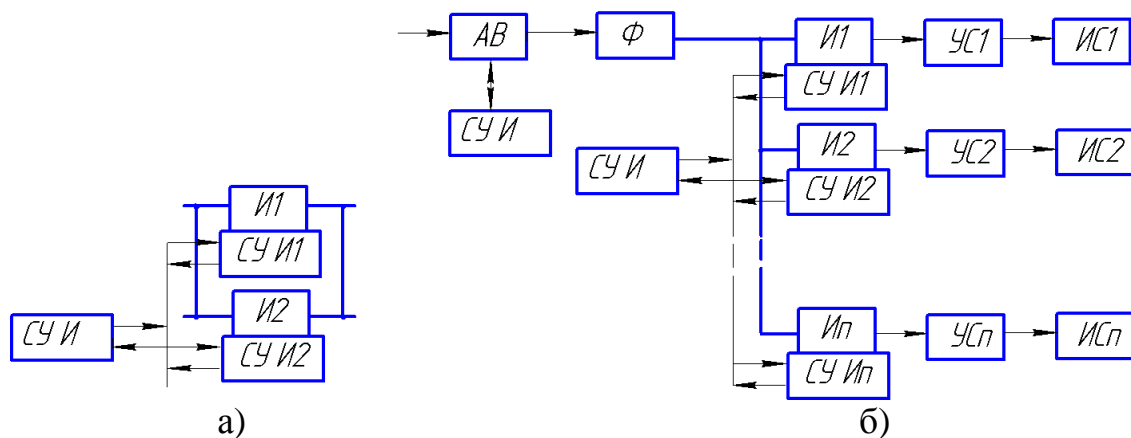


Рис. 3. Варіанти побудови багатоланкових систем живлення ІНУ

Переваги складної структури ИП з безліччю порівняно високочастотних ключових осередків проявляються тільки при грамотному сполученні режимів роботи (алгоритмів управління), конструкції силового осередку (включаючи силову ошиновку з мінімізацією паразитних індуктивностей у контурах комутації) і правильного вибору силових транзисторів і ланцюгів управління й захисти (драйверів) до них. Все перераховане вище висуває високі вимоги до кваліфікації й досвіду розроблювача: крім гарних конструкторських навичок потрібні глибокі знання в електротехніку й сучасній елементній базі, розуміння природи скороминучих фізичних процесів, особливо при комутаціях, а також володіння сучасним апаратом моделювання процесів в електронних схемах. Тому, базові силові вузли - інвертора, ШИП, активного випрямляча - повинні розроблятися досить ретельно (і довго) і вдосконалюватися не по логіці побудови того або іншого ИП, а в міру розвитку елементної бази силової електроніки й технологій сучасного монтажу. А от об'єднання цих якісних силових вузлів у систему живлення, що відповідає конкретному й досить широко варійованому набору вимог з боку технологічного процесу (ІНУ) - це вже чисто системне

завдання, і одним з важливих інтегруючих компонентів цієї системи виступають вузли й зв'язки міжблочного рівня.

Список літератури: 1. *Kolar, J.W.* Design and Experimental Investigation of a Three-Phase High Power Density High Efficiency Unity Power Factor PWM (Vienna) Rectifier Employing a Novel Integrated Power Semiconductor Module: *Kolar, J.W., Ertl, H., Zach, F.C.* / Proceedings of the 11th IEEE Applied Power Electronics Conference, San Jose (CA), USA, March 3-7, Vol.2, pp.514-523 (1998). 2. Микросхеми для сучасних імпульсних джерел живлення // Енциклопедія ремонту. - 1999 . - М: ДОДЭКА, - №11. - 288 с. 3. *Солонина, А.И.* Алгоритмы и процессоры цифровой обработки сигналов / *Солонина, А.И., Улахович, Д.А., Яковлев, Л.А.* - СПб.: БХВ-Петербург - 2001. - 464 с. 4. *Бондаренко, Д.Н.* Коммутационные процессы в транзисторных инверторах для индукционного нагрева / *Бондаренко, Д.Н., Дзлиев, С.В., Патанов, Д.А.* // Изв. ГЭТУ. - 1996. - № 497. - С.98-110.

Поступила в редколлегию 12.05.2011

УДК 519.683:517.9:629.36

О.Я. НИКОНОВ, докт. техн. наук, проф., НТУ «ХПИ», Харків

ПАРАМЕТРИЧНИЙ СИНТЕЗ ІНФОРМАЦІЙНО-КЕРУЮЧОЇ ПІДСИСТЕМИ ЕЛЕКТРОГІДРАВЛІЧНИХ СЛІДКУЮЧИХ ПРИВОДІВ БАГАТОЦІЛЬОВИХ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ

У статті розглянута задача параметричного синтезу інформаційно-керуючої підсистеми електрогидравлічних слідкуючих приводів багатоцільових транспортних засобів на основі методів імітаційного моделювання. Отримані оптимальні значення варійованих параметрів регулятора.

Ключові слова: параметричний синтез, інформаційно-керуюча система, електрогидравлічний слідкуючий привід, транспортний засіб.

В статье рассмотрена задача параметрического синтеза информационно-управляющей подсистемы электрогидравлических следящих приводов многоцелевых транспортных средств на основе методов имитационного моделирования. Получены оптимальные значения варьированных параметров регулятора.

Ключевые слова: параметрический синтез, информационно-управляющая система, электрогидравлический следящий привод, транспортное средство.

In paper the problem of parametric synthesis of informational-controlling subsystems of electrohydraulic servo drives of multi-purpose vehicles on the basis of methods imitative simulation is considered. Optimum values of the varied parameters of a regulator are obtained.

Keywords: parametric synthesis, informational-controlling system, electrohydraulic servo drive, vehicle.

Постановка проблеми

Результати фундаментальних досліджень зі створення інтелектуальних транспортних систем та технологій і прикладні розробки систем моніторингу транспортних комунікацій, які виконані науковцями Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут» і Харківського національного автомобільно-дорожнього університету доводять необхідність розроблення багатоцільових інтелектуальних систем моніторингу транспортних засобів на основі телематики, мехатроніки та синергетичного підходу [1-3]. Тому задача