

АЛЬТЕРНАТИВНОЕ ПРИМЕНЕНИЕ ИНДУКЦИОННОГО НАГРЕВА В АВТОМОБИЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

О.С. Сабокар, студент, ХНАДУ

Аннотация: Выполнен обзор существующих реализаций систем индукционного нагрева и их принципов действия. Обоснована необходимость разработки установки индукционного нагрева для применения в области технического обслуживания автомобилей. В статье не представлены принципиальные схемы и полученные аналитические зависимости расчетов цепей предполагаемой установки.

Ключевые слова: индукционный нагрев, токи высокой частоты (ТВЧ), установка индукционного нагрева.

АЛЬТЕРНАТИВНЕ ЗАСТОСУВАННЯ ІНДУКЦІЙНОГО НАГРІВУ У АВТОМОБІЛЬНІЙ ПРОМИСЛОВОСТІ

О.С. Сабокар, студент, ХНАДУ

Анотація: в статті виконано огляд існуючих реалізацій систем індукційного нагріву та їх принципів дії. Обґрунтовано необхідність розробки установки індукційного нагріву для застосування в області технічного обслуговування автомобілів. У статті не представлені принципові схеми і отримані аналітичні залежності розрахунків ланцюгів передбачуваної установки.

Ключові слова: індукційний нагрів, струм високої частоти (СВЧ), установка індукційного нагріву

THE ALTERNATIVE INDUCTION HEATING APPLICATION AT THE AUTOMOBILE INDUSTRY

O. Sabokar, student, KhNAHU

Annotation: In this article the review of existing implementations of induction heating systems and their operating principles was done. The necessity of the induction heating plants for using at vehicle maintenance was justified. Concepts and obtained analytical calculations of the based circuits of the plant, wasn't been proposed.

Keywords: induction heating, high-frequency current (HFC), induction –heating settings.

Ведение

Индукционный нагрев – это физическое явление, связанное с наведением вихревых токов Фуко от внешнего источника переменного магнитного поля в металле. Сопутствующее этому тепловыделение описывается по известному закону Джоуля-Ленца. Данный эффект используется в современной про-

мышленности так как позволяет осуществлять нагрев до высоких температур за достаточно короткое время. Так как природа носителя энергии есть электрический ток, это позволяет контролировать глубину и скорость прогрева участка металлического объекта. За счет возможности варьирования в указанных пределах частоты внешнего магнитного поля, можно изменять глубину про-

никновения магнитного поля и плотность индуцированного тока в объеме нагреваемого объекта соответственно.

Анализ публикаций

Первыми установками индукционного нагрева были индукционные плавильные печи с магнитопроводами. Опытная печь с открытым горизонтальным каналом была построена в Англии в 1887 г. Ферранти, а первая промышленная печь того же типа – в Швейцарии Кьеллином. В СССР печи данного принципа работы стали строить начиная с 30-х годов на Московском электрозаводе. Большую роль в разработке и проектировании этих печей сыграло ОКБ треста «Электротеперь», преобразованное в 1961 г. во ВНИПКТИ электротермического оборудования (ВНИИЭТО), который являлся ведущим в этой области. [1].

Помимо индукционной плавки металлов, так называемый сквозной индукционный нагрев широко применяется при выполнении поверхностной закалки и отпуска металлических изделий, широко начал применяться в промышленности СССР с 1947 года. [2]. Достаточно широко приведены результаты аналитических расчетов и экспериментально полученных опытных данных применимо к технической реализации установок индукционного нагрева и организации процесса нагрева непосредственно в серии брошюр «Библиотека высокочастотника – термиста» авторами Богдановым В.Н. и Рыскиным С.Е. В наши дни, такими фирмами как: ООО «ЭЛИСИТ», «МЕТАЛЛКРАФТ» тм., «NORDEX» спд. и др., осуществляется производство и поставка высокомоощных установок индукционного нагрева в промышленных масштабах. Подробное описание принципов работы таких установок и способов их реализации приведены в периодике [3-4], где описываются принципы синтеза силовых модулей, критерии и алгоритмы выбора оптимальных параметров используемой элементной базы.

Цель работы

Анализ альтернативной и уже существующих реализаций установок индукционного нагрева, их применения и принципов работы.

Индукционный нагрев

Альтернативным, является использование выше описанного явления при выполнении технического обслуживания автомобиля. При помощи установок индукционного нагрева можно ускорять демонтажные работы, такие как разогрев болтовых соединений, составных клееных частей, снятие лакокрасочного покрытия. Помимо прочего, реализация локального высокоточного нагрева кузовной поверхности автомобиля, дает возможность выполнять устранения вмятин, не обусловленных растяжением металла, путем ослабления внутренних напряженностей в металле. Идея использовать предварительный индукционный нагрев, так же, в технологиях магнитно-импульсной обработки металлов была предложена ещё в 1984г. [5]. Авторами предложения была разработана и создана система, инициирующая протекание тока в обмотке рабочего инструмента до момента силового воздействия. Предварительный индукционный нагрев позволял существенно повысить эффективность магнитно-импульсного деформирования в целом. Отличительная особенностью альтернативного использования индукционного нагрева является обеспечение высокого приращеня по температуре и ограниченность по самой температуре. Последнее связано с исключением появления структурных изменений в металле и связанных с ними упругих свойств объекта. Таким образом, при рассмотрении нагрева путем генерирования в металле вихревых токов, одной из проблем технической реализации данной установки является не только выполнение качественных оценок электромагнитных динамических процессов в металле [1,6] но и оценки схмотехнической реализации непосредственно самой установки. Говоря об оценке динамических процессов, подразумевается определение условий получения высокого коэффициента трансформации инструмент-индуктор – нагреваемый объект и плотности индуцируемых токов для выполнения эффективной передачи энергии от источника к объекту. Путем решение соответствующей математической модели и выполнения численного эксперимента определяется наиболее оптимальная частота генерируемого источником поля.

На данном этапе развития изделий промышленной силовой электроники, существует достаточное многообразие установок индук-

ционного нагрева. Перечень ряда предоставляемой продукции, одного из производителей,

представлены в сводной таблице технических характеристик, табл. 1.

Таблица 1 Техническое описание ТВЧ установок серии “ЭЛИСИТ”

Мощность, кВА	20, 30, 40, 50, 60, 80, 100, 120, 160, 200, 250, 300, 400, 500
Питающая сеть	~380В, 50Гц, 3ф
Тип генератора	транзисторный, IGBT модули последнего поколения
КПД генератора	0,95
Частотный диапазон работы, кГц	6÷30, 20÷50, 40÷80, 30÷80
Подстройка резонансной частоты	Автоматическая
Регулирование мощности, %	0, 5÷100
Охлаждение установки ТВЧ	водяное, технической водой
Охлаждение индукторов	водяное, технической водой
Интерфейс с оператором	ЖКИ, клавиатура, ДУ
Программирование режима нагрева	есть (программируются мощность, время, этапы нагрева, .
Измерение температуры	пирометр или контактные датчики
Электронные защиты	9 видов защит
Электронные быстродействующие защиты	5 видов защит
Коэффициент загрузки по времени работы	100%
Габариты и масса установок ТВЧ*	20кВА , 820×430×360мм, 32кг
	30кВА , 820×430×360мм, 38кг
	40кВА , 820×430×360мм, 45кг
	50кВА , 820×430×500мм, 52кг
	60кВА , 820×430×500мм, 56кг
	80кВА , 820×430×500мм, 64кг
	100кВА, 820×430×700мм, 78кг
	120кВА, 820×430×700мм, 100кг
	160кВА, 820×430×700мм, 116кг
	200кВА, 820×430×900мм, 126кг
250кВА, 820×430×900мм, 140кг	
300кВА, 820×430×900мм, 158кг	
Стоимость установок ТВЧ, цена	от 3 500 рублей за 1кВт

Как видно из табл.1., предлагаемые показатели выпускаемой продукции являются весьма высокими, и многократно превышают требуемые при использовании в автомобильном сервисе, т.к. изначально предполагается их использование при плавке, закалке, пайке и пр. При покупке таких установок, появляется вопрос о целесообразности применения данных систем с заявленной мощностью и ценой за единицу реализуемой мощности. К факторам, которые усложняют их использование, можно отнести:

1. Необходимость в доступе к трех-фазной сети соответствующей мощности, что иногда трудно реализуемо в условиях рядовой СТО;
2. Относительно высокие массо-габаритные показатели, которые снижают маневренность и эргономичность указанных установок; жесткость установки инструмента-индуктора

при подключении к источнику мощности;

3. Ввиду непосредственного присутствия оператора при выполнении сервисных работ по обслуживанию автомобиля, высокая передаваемая энергия означает повышенный уровень опасности, что требует наличия средств защиты и высокой квалификации самого оператора.

Исходя из вышеперечисленных недостатков, которые ограничивают область применения существующих сейчас установок, возникает проблема в необходимости создания безопасной, экономически выгодной, компактной, эргономичной, установки индукционного нагрева с мощностью, не превышающей необходимой для осуществления локального нагрева автомобильных металлических конструкций.

В качестве прототипа, можно привести модель комплекса индукционного нагрева "MINI-DUCTORII" от производителя Induction innovations.inc предназначенного для использования в условиях рядового СТО. Его заявленные технические характеристики полностью соответствуют требуемым для решения поставленных задач. [7]. Данная модель является ручным переносным прибором, с эффективной мощностью до 1кВт., питаем от однофазной сети с напряжением 120В. и стоимостью от производителя \$162.5. В комплекте разработчик поставляет набор цилиндрических индукторов различных размеров и собственно высокочастотный источник питания подключаемых индукторов.

Перспективным, является оптимизация существующих параметров и усовершенствование, в целом, комплекса описанного в качестве прототипа, с целью повышения эффективности и функциональности его использования в автомобильном сервисе. Говоря о создании улучшенного промышленного образца, имеется ввиду: оснащения описанного прототипа дополнительными системами контроля процесса нагрева; улучшение электродинамических параметров установки для возможности осуществлять нагрев не только ферромагнитных металлов, но и неферромагнетиков; расширение области возможных реализаций индукционного нагрева путем разработки рабочих инструментов-индукторов, включая и индуктора цилиндрической формы. Исследовательские работы в данном направлении позволят улучшить качество технического обслуживания автомобилей.

Выводы

Проанализированы области применения индукционного нагрева в качестве одного из технологических этапов производства технической промышленности.

Приведено описание альтернативного использование явления индукционного нагрева

применимо к выполнению технического обслуживания автомобиля. Разработки в данном направлении позволят исследовать оптимальные варианты реализации установок индукционного нагрева, что улучшит качество выполняемых работ и повысит скорость выполнения технологических операций по ремонту автомобиля.

Литература

1. Слухоцкий А.Е., Установки индукционного нагрева. //Ленинградское издание. Энергоиздат. Л.:1981. -330с.
2. Богданов В.Н., Рыскин С.Е., Применение индукционного сквозного нагрева в промышленности. //Изд. «Машиностроение». М.-Л.:1965. -96с.
3. Вилиулина З., Зинин Ю., Проектирование тиристорного инверторно-индукторного закалочного комплекса с выходным трансформатором. // Пер. изд. «Силовая Электроника», №3'2007
4. Преобразователь для индукционного нагрева концов заготовок под пластическую деформацию и объемно-поверхностной закалки шлицевых валов. // Пер. изд. «Силовая Электроника», №3'2008
5. Белый И.В., Горкин Л.Д., Хименко Л.Т., Деформирование металлов импульсным электромагнитным полем с предварительным индукционным нагревом заготовок. //Кузнечно-штамповочное производство. М:1984. №7. – с.6-8.
6. Батыгин Ю.В., Лавинский В.И. Магнитно-импульсная обработка тонкостенных металлов. –Т.2. – Харьков: МОСТ-Торнадо, 2002.- 288 с.
7. Induction innovations inc. MINI-DUCTORII // Матеріали сайту – 2013. – Режим доступу: <http://www.theinductor.com>

Рецензент: Ю.В. Батыгин, профессор, д.т.н., ХНАДУ.

Статья поступила в редакцию 21 сентября 2013 г.