

## МАГНИТНО-ИМПУЛЬСНАЯ УСТАНОВКА – ИСТОЧНИК МОЩНОСТИ, ОБЕСПЕЧИВАЮЩИЙ СЕРИЙНЫЙ РЕЖИМ ГЕНЕРАЦИИ РАЗРЯДНЫХ ИМПУЛЬСОВ

**А.В. Гнатов, доцент, к.т.н., А.М. Дробинин, магистрант, ХНАДУ**

*Аннотация.* В статье проводится рассмотрение основных элементов источника мощности – магнитно-импульсной установки, как одной из основных составных частей комплекса для внешней рихтовки повреждённых корпусов транспортных средств.

*Ключевые слова:* магнитно-импульсная обработка металлов, магнитно-импульсная установка, индуктор, внешняя рихтовка.

## МАГНІТНО-ІМПУЛЬСНА УСТАНОВКА – ДЖЕРЕЛО ПОТУЖНОСТІ, ЩО ЗАБЕЗПЕЧУЄ СЕРІЙНИЙ РЕЖИМ ГЕНЕРАЦІЇ РОЗРЯДНИХ ІМПУЛЬСІВ

**А.В. Гнатов, доцент, к.т.н., О.М. Дробінін, магістрант, ХНАДУ**

*Анотація.* У статті проводиться розгляд основних елементів джерела потужності - магнітно-імпульсної установки, як однієї з основних складових частин комплексу для зовнішньої рихтування пошкоджених корпусів транспортних засобів.

*Ключові слова:* магнітно-імпульсна обробка металів, магнітно-імпульсна установка, індуктор, зовнішнє рихтування.

## MAGNETIC PULSE PLANT – THE POWER SOURCE, PROVIDING SERIAL MODE OF GENERATION DISCHARGE IMPULSES

**A. Gnatov, associate professor, cand. eng. sc., A. Drobinin, postgraduate, KhNADU**

*Abstract.* The main elements of the power source - magnetic-pulse setup as one of the main components of the complex to the outer shells of straightening damaged vehicles was reviewed in the article.

*Key words:* Magnetic pulse treatment of metals, magnetic-pulse plant, the inductor, an external straightening.

### Введение

Разработка технических систем (комплексов) для выравнивания заданных участков тонкостенных листовых металлов с внешней стороны, является актуальной научно-технической задачей, ввиду высокого спроса на системы выполняющие операции по реставрации корпусов самолётов и кузовных покрытий автомобилей. Согласно статистике в авиа- и автопромышленности, около 80% приходится на небольшие и средние повреж-

дения. Половина из них – это вмятины, которые не требуют замены всего кузова (или отдельной его части) и могут быть успешно устранены с помощью рихтовки. Причём около половины из этих повреждений находятся в зонах с затрудненным или полностью закрытым доступом с внутренней стороны реставрируемого элемента. Все выше изложенное ещё раз подтверждает актуальность затронутого вопроса, и говорит о том, что разработка систем позволяющих производить внешнюю рихтовку без разбора корпуса

или кузова и с возможностью сохранения существующего лакокрасочного покрытия, является крайне необходимой в современной обслуживающей и обрабатывающей промышленности.

### **Анализ публикаций**

Информация о магнитно-импульсной обработке металлов (МИОМ) стала появляться в научной литературе, начиная с шестидесятых годов XX века. Существует достаточно большое число публикаций на эту тему, однако, обобщающих трудов только несколько. В первую очередь, это «Справочник по магнитно-импульсной обработке металлов», изданный в СССР в 1977 году [1], научные монографии «Импульсные магнитные поля для прогрессивных технологий» [2-4].

Данные монографии можно рассматривать как большой шаг в направлении использования магнитных полей для широкомасштабного производства. Они содержат анализ электромагнитных процессов в инструментах магнитно-импульсного метода.

В [4] и [5] приведены сведения о магнитно-импульсном притяжении листовых металлов, исторических аспектах его появления, физической сути, оборудовании и особенностях инструментов. Основное внимание сосредоточено на притяжении, как способе внешней рихтовки кузовных элементов автомобиля. Сформулированы и обоснованы основные преимущества внешней рихтовки с использованием энергии электромагнитных полей.

В наши дни фирмы «Boeing», «Electroimpact», «Fluxtronic» разрабатывают системы принципом действия которых является суперпозиция магнитных полей с разными рабочими частотами. Технической реализацией системы на таких принципах может служить двухчастотная магнитно-импульсная система [6-8].

Международный концерн «Beulentechnik AG» (Швейцария, Германия, Швеция, Чехия) специализирующийся на авторемонте и разработке соответствующих устройств, разрабатывает системы основанные на естественном притяжении ферромагнитных металлов при понижении рабочей частоты действующего поля [4,5].

### **Цель работы**

Рассмотрение и анализ основных элементов источника мощности – магнитно-импульсной установки, как составной части комплекса для внешней рихтовки повреждённых корпусов транспортных средств.

### **Магнитно-импульсная установка**

Магнитно-импульсные комплексы для внешнего устранения вмятин или рихтовки повреждённых корпусов транспортных средств, представляют собой лишь частный случай оборудования для реализации более обширных обрабатывающих технологий.

Совокупность технологий, объединённых признаком использования энергии электромагнитных полей получила название «Магнитно-импульсная обработка металлов» [9].

Авторским коллективом лаборатории электромагнитных технологий Харьковского национального автомобильно-дорожного университета проводятся исследования, по направлениям, непосредственно связанным с МИОМ.

1. Многократное силовое воздействие серий силовых импульсов на заданный участок обрабатываемого объекта, позволяющее существенно понизить уровень энергии, необходимый для реализации разрабатываемой производственной операции.
2. Притяжение листовых немагнитных металлов (например, сплавы алюминия) осуществляется в, так называемых, индукционных индукторных системах, где с помощью дополнительного вспомогательного экрана создаётся усилие, притягивающее заданный участок обрабатываемого объекта к индуктору-источнику поля.
3. Притяжение ферромагнетиков (различные автомобильные стали) осуществляется инструментами, принцип действия которых основан на экспериментально обнаруженном эффекте изменения направленности силового воздействия при вариации частот действующих полей.
4. Создание инструментов – индукторных систем с комбинированным принципом действия, позволяющих эффективное притяже-

ние как немагнитных, так и магнитных металлов.

Перечисленные направления работ основываются на использовании магнитно-импульсной установки-источника мощности, работающего в режиме многократного повторения разрядных импульсов.

Функциональная схема магнитно-импульсной установки (МИУ) с подключенной к ней индукторной системой, приведена на рис.1.

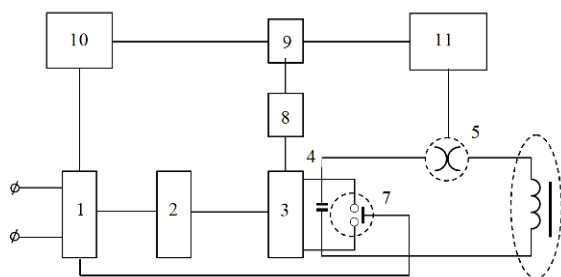


Рис.1. Функциональная схема магнитно-импульсной установки

В сущности, МИУ представляет собой генератор импульсных токов, состоящий из следующих элементов: пускорегулирующее устройство – 1; зарядное устройство, включающее в себя повышающий трансформатор – 2 и выпрямитель – 3; емкостный накопитель энергии – 4; коммутирующее устройство – 5; индукторную систему – 6; защитное устройство – 7; блок измерительной аппаратуры – 8; блок приборов автоматики – 9; датчик уровня энергии накопителя – 10; устройство для запуска коммутатора разрядного контура установки – 11. Вкратце осветим назначение и работу каждого из элементов схемы на рис.1.

Пускорегулирующее устройство предназначено для включения установки, регулировки токового режима при заряде емкостного накопителя и осуществления запуска защитных устройств в определенных ситуациях.

Зарядное устройство состоит из повышающего и выпрямительного блоков. Первый представляет собой высоковольтный трансформатор с ограничителем тока, второй – группу диодов.

Зарядное устройство, независимо от условий работы и схемы магнитно-импульсной уста-

новки, должно обеспечивать заданное время заряда емкостного накопителя и высокую надёжность.

Как правило, емкостные накопители энергии заряжают по двум схемам:

- 1) заряд от источника неизменного напряжения;
- 2) заряд от источника неизменного тока.

В случае первой, наиболее простой, схемы зарядное устройство может быть представлено тремя основными элементами. Это повышающий трансформатор, выпрямитель и ограничитель тока в виде активного или индуктивного сопротивления, включаемого последовательно в цепь выпрямителя.

Вторая схема заряда емкостного накопителя является более сложной, так как кроме элементов первой схемы она содержит дополнительные системы, регулирующие силу тока заряда. В отличие от схемы с источником неизменного напряжения, заряд от источника неизменного тока позволяет получить существенно более высокий коэффициент полезного действия всего процесса в целом.

Наиболее важным энергетическим узлом установки является емкостный накопитель, представляющий собой батарею конденсаторов.

К конденсаторам в магнитно-импульсных установках предъявляется ряд требований, обеспечивающих, в первую очередь, достаточную величину коэффициента полезного действия установки в целом, а именно:

- батарея конденсаторов должна обладать малой индуктивностью;
- способностью выдерживать максимально возможное число импульсных разрядов;
- иметь минимальную массу, габаритные размеры, стоимость и др.

Параметры конденсаторной батареи определяют основные технико-экономические показатели не только магнитно-импульсной установки, но и всего процесса рихтовки. Сюда относятся срок службы, габаритные размеры и масса установки, стоимость производства в пересчёте на одну операцию.

Долговечность конденсаторов определяет экономическую сторону всего технологического процесса с использованием энергии

импульсных магнитных полей и зависит от множества факторов. Не перечисляя их, укажем, что обычный срок службы конденсаторов составляет несколько миллионов циклов «заряд-разряд».

В качестве устройств для управления зарядом и разрядом емкостного накопителя используют различные коммутирующие устройства. Это могут быть электродные разрядники (игнитроны, тиратроны), вакуумные и воздушные трёхэлектродные разрядники (тригатроны), а также различные механические двухэлектродные системы. В последнее время в качестве коммутирующих устройств всё больше применяются твердотельные разрядники и различные варианты тиристорных ключей.

Далее, согласно схеме на рис. 1, опишем индукторную систему – инструмент для внешней рихтовки вмятин. Этот элемент входит в состав комплекса по восстановлению металлических поверхностей, и по своей значимости для конечного результата выполняемой производственной операции эквивалентен источнику мощности – магнитно-импульсной установке. Инструмент метода представляет собой достаточно важную и сложную проблему.

Защитное устройство состоит из проводящей вставки, шунтирующей через токоограничивающий резистор клеммы емкостного накопителя при подаче управляющего сигнала, различных блокировок и ряда других элементов.

Кроме того, в МИУ, как правило, предусматривается наличие нескольких механических систем для разряда конденсаторной батареи при нарушении техники безопасности.

Измерительная аппаратура содержит высоковольтный делитель напряжения и приборы, позволяющие контролировать работу функциональных систем МИУ.

Система автоматики состоит из, так называемого, задатчика, блока автоматики и устройства запуска коммутатора в разрядной цепи, предназначена для обеспечения действенности МИУ в заданных рабочих режимах. Задатчик устанавливает количество энергии, запасаемой конденсаторами емкостного накопителя. Он представляет собой многопо-

зиционный переключатель, каждое положение которого соответствует определённому уровню запасаемой энергии. С помощью задатчика обеспечивается срабатывание блока управления коммутатором в момент, когда энергия накопителя в процессе заряда достигает значения, необходимого для выполнения заданной технологической операции.

Все компоненты МИУ соединяются между собой проводниками, называемыми ошиновкой. К ошиновке предъявляются требования: высокая механическая прочность и способность выдерживать большие электродинамические нагрузки, минимальная собственная индуктивность и активное сопротивление, способность к работе в требуемом температурном режиме.

Ошиновка в МИУ выполняется либо из плоских параллельных, близко расположенных проводников, либо из коаксиального кабеля. Жёсткая плоская ошиновка не обладает достаточной гибкостью. Эта особенность ограничивает возможности её конструктивного исполнения, обеспечивающего минимум активного и индуктивного сопротивлений. Ошиновка из коаксиального кабеля является гибкой, что, в конечном итоге, позволяет снизить потери энергии и обеспечить довольно высокий коэффициент полезного действия всей установки в целом.

### **Выводы**

Проанализированы современные мировые достижения в области выравнивания участков корпусов самолётов и кузовных покрытий автомобилей с внешней стороны. Ведущее место в этой области технологий занимают фирмы США и Европы.

Представлена функциональная магнитно-импульсной установки, подробно описаны все ее составные элементы. Такая схема позволяет осуществлять многократное генерирование разрядных импульсов в индукторную систему- инструмент обработки мела. Это позволяет контролировать процесс обработки и дозировать величины сил магнитного давления - притяжения.

### **Литература**

1. Справочник по магнитно-импульсной обработке металлов. / Белый И.В., Фертик

- С.М., Хименко Л.Т. - Харьков, издательское объединение «Вища школа», 1977. - 168 с.
2. Батыгин Ю.В., Лавинский В.И. Магнитно-импульсная обработка тонкостенных металлов. –Т.2. – Харьков: МОСТ-Торнадо, 2002.- 288 с.
  3. Батыгин Ю.В., Лавинский В.И., Хименко Л.Т., Импульсные магнитные поля для прогрессивных технологий. – Т. 1. 2-е изд., перераб. и дополн. / Под ред. проф. Ю.В. Батыгина. – Харьков: МОСТ-Торнадо, 2003. – 288 с
  4. Туренко А.Н., Батыгин Ю.В., Гнатов А.В. Импульсные магнитные поля для прогрессивных технологий. - Том 3. Теория и эксперимент притяжения тонкостенных металлов импульсными магнитными полями: Монография. - Харьков: ХНАДУ, 2009. - 240 с.
  5. Гнатов А.В. Безконтактне магнітно-імпульсне рихтування автомобільних кузовів. Матеріали міжнародної науково-технічної конференції [«Фундаментальні та прикладні проблеми сучасних технологій»]. (Тернопіль, 19-21 травня 2010 р. ). – Тернопіль: Вісник ТДТУ, 2010.–Т.15.–№2.– С. 164 – 171.
  6. Electromagnetic Dent Removal: onsite repairs in minutes // Матеріали сайту – 2005. – Режим доступу: [http://www.boeing.com/commercial/aviationservices/brochures/34241\\_ElectDentRemoval04-05.pdf](http://www.boeing.com/commercial/aviationservices/brochures/34241_ElectDentRemoval04-05.pdf).
  7. Electromagnetic Dent Removal // Матеріали сайту – 2009. – Режим доступу: <http://www.electroimpact.com/EMAGDR/overview.asp>.
  8. Need an electromagnetic dent remover on hand. Fluxtronic offers the best: the Portable Flux 3 dent remover // Матеріали сайту – 2009. – Режим доступу: <http://www.fluxtronic.com/product.php>
  9. Батыгин Ю.В., Лавинский В.И., Бажинов А.В. Магнитно-импульсные методы и системы для притяжения тонкостенных листовых металлов // Труды международной научно-технической конференции «Магнитно-импульсная обработка металлов. Пути совершенствования и развития». - Самара: СГАУ: Изд-во учебной литературы, 18-19 сентября 2007.- С. 3-13
- Рецензент: Ю.В. Батыгин, профессор, д.т.н., ХНАДУ.
- Статья поступила в редакцию 18 октября 2011 г.