

А.В. ГНАТОВ, канд. техн. наук, доц., докторант, ХНАДУ, Харьков
Е.А. ЧАПЛЫГИН, канд. техн. наук, доц., ХНАДУ, Харьков

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ИНДУКТОРОВ – ИНСТРУМЕНТОВ ДЛЯ МИОМ

В рамках статьи проведены экспериментальные исследования индуктивности индукторов-инструментов, применяемых в магнитно-импульсной обработке металлов, разработанных в лаборатории электромагнитных технологий ХНАДУ. Сформулировано условие тонкостенности обрабатываемого объекта при магнитно-импульсном воздействии на него.

Ключевые слова: магнитно-импульсная обработка металлов, магнитно-импульсная установка, индуктор-инструмент, индуктивность.

Постановка проблемы. Для эффективной практической реализации магнитно-импульсных методов необходим индуктор-инструмент (индукторная система), который трансформирует энергию, накопленную в емкостных накопителях магнитно-импульсной установки (МИУ), в энергию импульсного магнитного поля. Эффективность (КПД) данного процесса определяется соотношением электротехнических параметров МИУ и инструмента-индуктора. Наиболее важным, из которых является индуктивность. Зная индуктивность индукторов-инструментов, и согласуя их с индуктивностью источника мощности МИУ, можно добиться эффективного выполнения необходимой производственной операции методами МИОМ [1-3].

Цель, задачи исследования. Цель – экспериментальное определение основного параметра – индуктивности индукторов-инструментов для магнитно-импульсных методов обработки металлов, разработанных в лаборатории электромагнитных технологий ХНАДУ.

Задачи исследования:

1. Измерение индуктивности комплекса для имитации процессов в инструментах магнитно-импульсной рихтовки вмятин в элементах автомобильных кузовов.

2. Измерение индуктивности индукционной индукторной системы (ИИС) с массивным дополнительным экраном и цилиндрическим индуктором (рис. 1, а).

3.Измерение индуктивности индукционно-индукторной системы с тонкостенным дополнительным экраном и цилиндрическим индуктором (рис. 1, б).

4.Измерение индуктивности индукционно-индукторной системы с тонкостенным дополнительным экраном и индуктором прямоугольной формы (рис. 1, в).

5.Измерение индуктивности цилиндрического индуктора, рабочая область которого в сечении имеет форму усеченного массивного конуса (рис. 1, г).

6.Измерение индуктивности индукционно-индукторной системы с массивным дополнительным экраном и двухвитковым цилиндрическим индуктором (рис. 1, д)

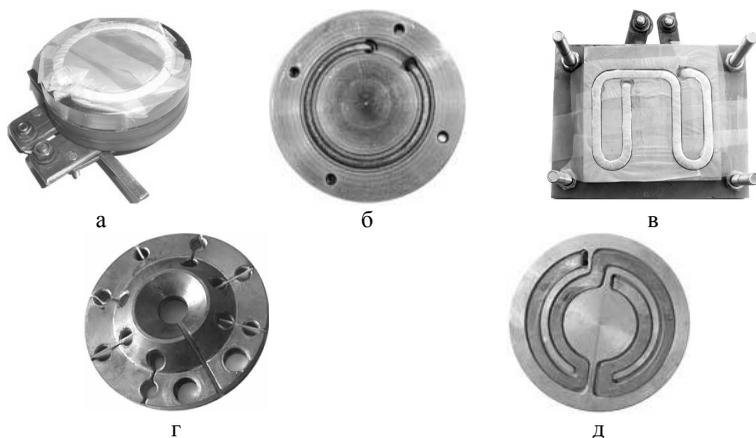


Рис. 1. Индукционные индукторные системы: а – с массивным дополнительным экраном и цилиндрическим индуктором; б – с тонкостенным дополнительным экраном и цилиндрическим индуктором; в – с тонкостенным дополнительным экраном и индуктором прямоугольной формы; г – рабочая область в сечении имеет форму усеченного массивного конуса; д – с массивным дополнительным экраном и двухвитковым цилиндрическим индуктором.

Условия эксперимента. В перечисленных задачах упоминаются массивный и тонкостенный дополнительный экран. Для большей наглядности поставленных задач следует раскрыть физическую значимость данных определений.

Металлическую заготовку следует считать тонкостенной, если для нее выполняется условие [3, 4]:

$$\omega \cdot \tau \ll 1, \quad (1)$$

где ω – угловая частота спектра действующего магнитного поля; τ –

характерное время диффузии поля в проводящий слой с электропроводимостью γ и толщиной d , $\tau = \mu_r \mu_0 \gamma d^2$.

Для выяснения физического значения условия тонкостенности преобразуем его так, чтобы выделить отношение толщины проводящего слоя d к эффективной глубине проникновения поля δ .

После несложных преобразований в выражении (1) получаем эквивалентное неравенство:

$$\left(\frac{d}{\delta}\right) \ll \frac{1}{\sqrt{2}}, \quad (2)$$

где $\delta = \sqrt{\frac{2}{\omega \cdot \mu \cdot \gamma}}$, μ – абсолютная магнитная проницаемость среды.

$\mu = \mu_0 \cdot \mu_r$, μ_r – магнитная проницаемость металла.

Соотношение (2) количественно показывает, что металлическая заготовка является тонкостенной с физической точки зрения, если ее толщина много меньше эффективной глубины проникновения поля в среду с идентичными параметрами.

Экспериментальные исследования проводились на комплексе для имитации и моделирования процессов в инструментах магнитно-импульсной обработки металлов, разработанного в лаборатории электромагнитных технологий ХНАДУ, рис. 2

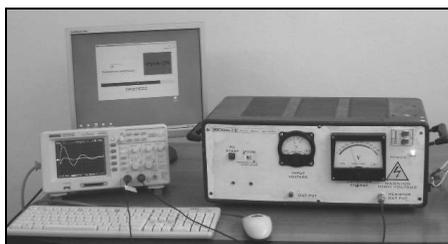


Рис. 2. Комплекс для имитации и моделирования процессов в инструментах магнитно-импульсной обработки металлов.

Комплекс работал в серийном режиме генерации разрядных импульсов, при следующих параметрах:

- напряжение питающей сети $\sim U_c = 220$ В;
- напряжение заряда емкостных накопителей $U_3 = 650$ В;
- ёмкость конденсаторов комплекса $C = 33$ мкФ;
- частота следования разрядных импульсов $f_{\text{имп.}} = 20$ Гц.

Осциллограммы сигналов измерялись в разрядной цепи комплекса с помощью цифрового осциллографа PV6501 включенный в разрядную цепь через шунт с сопротивлением $R_{\text{ш}} = 12,5 \cdot 10^{-3}$ Ом.

Полученные осциллограммы сигналов в соответствии с поставленными задачами представлены на рис. 3.

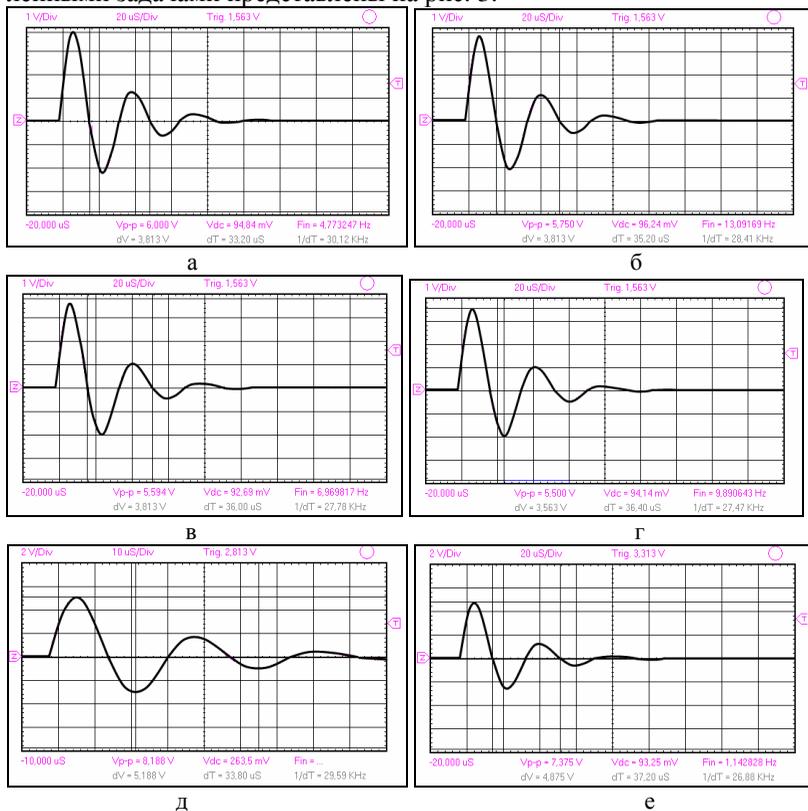


Рис. 3. Осциллограммы разрядных сигналов: разрядный импульс комплекса на закороченый вывод (а); ИИС с массивным дополнительным экраном и цилиндрическим индуктором (б); ИИС с тонкостенным дополнительным экраном и цилиндрическим индуктором (в); ИИС с тонкостенным дополнительным экраном и индуктором прямоугольной формы (г); цилиндрический массивный индуктор, рабочая область которого в сечении имеет форму усеченного конуса (д); ИИС с массивным дополнительным экраном и двухвитковым цилиндрическим индуктором (е).

Индуктивность L вычислялась с помощью осциллограмм по хорошо известной формуле:

$$L = \frac{1}{\omega^2 \cdot C} \quad (3)$$

где $\omega=2\pi f$ – угловая частота разрядного импульса, рад/с; C – ёмкость накопителя энергии, Ф.

Результаты обработки осциллограмм сведены в таблицу.

Таблица – Результаты обработки осциллограмм

Исследуемое устройство	Частота сигнала, f , кГц	Индуктивность L , нГн
Комплекс для имитации процессов	30,12	847
Индукционная индукторная система с массивным дополнительным экраном и цилиндрическим индуктором (рис. 1, а)	28,41	105
Индукционная индукторная система с тонкостенным дополнительным экраном и цилиндрическим индуктором (рис. 1, б)	27,78	149
Индукционная индукторная система с тонкостенным дополнительным экраном и индуктором прямоугольной формы (рис. 1, в)	27,47	171
Цилиндрический массивный индуктор, рабочая область которого в сечении имеет форму усеченного конуса (рис. 1, г)	29,59	30
ИИС с массивным дополнительным экраном и двухвитковым цилиндрическим индуктором (рис. 1, д)	26,88	237

Выводы. Проведенные экспериментальные исследования индукторов-инструментов с последующей их обработкой позволяет сделать следующие выводы.

- Наибольшей индуктивностью обладают индукторные системы с двухвитковыми индукторами: ИИС с массивным дополнительным экраном и двухвитковым цилиндрическим индуктором ИИС $L=237$ нГн; ИИС с двухвитковым индуктором прямоугольной формы $L=171$ нГн.

- Наименьшей индуктивностью обладает цилиндрический массивный индуктор, рабочая область которого в сечении имеет форму усеченного конуса $L=30$ нГн.

Список литературы: 1. Справочник по магнитно-импульсной обработке металлов / [авт. сот. И.В. Белый, С.М. Фертик, Л.Т. Хименко]. – Харьков: Вища школа, 1977. – 190с. 2. Батыгин Ю.В. Импульсные магнитные поля для прогрессивных технологий / Ю.В. Батыгин, В.И. Лавинский, Л.Т. Хименко. – Т.1; под ред. Ю.В. Батыгина. – [2-е изд.]. – Харьков: МОСТ-Торнадо, 2003. – 284 с. 3. Туренко А.Н. Импульсные магнитные поля для прогрессивных технологий. Теория и эксперимент притяжения тонкостенных металлов импульсными магнитными полями / А.Н. Туренко, Ю.В. Батыгин, А.В. Гнатов. – Т. 3, – Харьков: ХНАДУ, 2009. – 240 с. 4. Ландау Л.Д. Электродинамика сплошных

сред / Л.Д. Ландау, Е.М. Лифшиц, – М: "Наука", 1982. – 620 с.



Гнатов Андрей Викторович, доцент, кандидат технических наук. Защитил диплом инженера, диссертацию кандидата технических наук в Харьковском военном университете по специальности вооружение и военная техника, соответственно в 1998, 2004 гг. Доцент кафедры "Автомобильная электроника" Харьковского национального автомобильно-дорожного университета. Основные направления научной деятельности: магнитно-импульсная обработка листовых металлов.



Чаплыгин Евгений Александрович, кандидат технических наук. Защитил диплом инженера, диссертацию кандидата технических наук в Национальном техническом университете "ХПИ" по специальности техника сильных электрических и магнитных полей, соответственно в 2003, 2009 гг. Доцент кафедры физики Харьковского национального автомобильно-дорожного университета. Основные направления научной деятельности: магнитно-импульсная обработка листовых металлов.

Поступила в редколлегию 27.09.2012

УДК 621.318

Экспериментальные исследования индукторов-инструментов для МИОМ / Гнатов А.В., Чаплыгин Е.А. // Вісник НТУ "ХПИ". Серія: Проблеми удосконалення електричних машин і апаратів. Теорія і практика. – Х.: НТУ "ХПИ", 2012. – № 49 (955). – С. 79-84. Бібліогр.: 4 назв.

У рамках статті проведені експериментальні дослідження індуктивності індукторів-інструментів, що застосовуються у магнітно-імпульсній обробці металів, розроблених у лабораторії електромагнітних технологій ХНАДУ. Сформульовано умову тонкостінності оброблюваного об'єкта при магнітно-імпульсному впливі на нього.

Ключові слова: магнітно-імпульсна обробка металів, магнітно-імпульсна установка, індуктор-інструмент, індуктивність.

Experimental investigations of inductor-tools inductance, which are used in magnetic-pulse metal working, developed in KhNAHU laboratory of electromagnetic technology, have been carried out in the paper. A condition of a thin-walled work piece at magnetic-pulse impact on it has been formulated.

Key words: magnetic-pulse metal working, magnetic-pulse plant, inductor – work tool, inductance.