

Болюх В.Ф., Олексенко С.В.

ВЛИЯНИЕ ПАРАМЕТРОВ НАРУЖНОГО ЭКРАНА НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИНДУКЦИОННО-ДИНАМИЧЕСКОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ

Введение. Индукционно-динамические преобразователи (ИДП) применяются в различных областях научных исследований, промышленности, технологии и сферах безопасности для создания механических импульсов ударного действия.

В этих преобразователях, имеющих коаксиальную конфигурацию, неподвижный индуктор возбуждается от емкостного накопителя энергии, и посредством импульсного магнитного поля в электропроводящем якоре индуцируются вихревые токи. Это приводит к возникновению электродинамических усилий (ЭДУ), вследствие чего якорь перемещается относительно индуктора в аксиальном направлении.

Традиционные ИДП, как правило, не содержат специальных элементов, обеспечивающих снижение внешних магнитных полей, возбуждаемых при работе. Вследствие этого возникает проблема электромагнитной совместимости с близко расположенными электронными приборами и негативное влияние импульсных магнитных полей на обслуживающий персонал.

Использование наружного экрана позволяет снизить внешнее магнитное поле создаваемое ИДП. Однако при этом происходит усложнение конструкции, увеличение массогабаритных параметров ИДП и изменение эффективности преобразователя. Все это обуславливает задачу выбора параметров наружного экрана рассматривать как многокритериальную, учитывающую ряд различных факторов.

Целью статьи является оценка влияния материала, конструкции и геометрической конфигурации наружного экрана на эффективность ИДП при учете внешнего магнитного поля рассеяния, рабочих показателей и массогабаритных параметров.

Математическая модель ИДП

Для исследования ИДП с наружным экраном было проведено компьютерное моделирование в программном пакете *COMSOL Multiphysics 4.4*, основанное на решении дифференциальных уравнениях в частных производных и использовании метода конечных элементов. Программное обеспечение позволяет осуществлять адаптивное изменение построенной сетки и контроль ошибок при работе с различными численными решателями.

При расчете определяется векторный магнитный потенциал A с использованием условия Дирихле на внешних границах расчетной области:

$$\frac{\partial}{\partial r} \left(\frac{1}{r\mu(B)} \frac{\partial(rA)}{\partial r} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(\frac{1}{\mu(B)} \frac{\partial A}{\partial z} \right) - \gamma \frac{\partial A}{\partial t} = 0, \quad (1)$$

где $\mu(B)$ – магнитная проницаемость материала ФМЭ, зависящая от индукции магнитного поля B ; γ – электропроводность материала.

Составляющие вектора магнитной индукции находятся по известным соотношениям:

$$B_z = \frac{1}{r} \frac{d(rA)}{dr}; B_r = -\frac{dA}{dz}. \quad (2)$$

Плотность тока в конечных элементах якоря определяется по известному выражению:

$$j = -\gamma \frac{\partial A}{\partial t}. \quad (3)$$

Аксиальная сила, действующая на ускоряемый якорь, определяется следующим образом:

$$f_z = 0,5 \iint (H(B \cdot n)) + B(H \cdot n) - n(H \cdot B)) dS, \quad (4)$$

где S – поверхность, охватывающая якорь в поперечном сечении; H – напряженность магнитного поля.

Для материала ФМЭ в расчетах используется нелинейная кривая намагничивания $B = f(H)$. Импульс электродинамических усилий (ЭДУ), действующий на якорь, определяется следующим образом:

$$F_z = \int_0^t f_z dt. \quad (5)$$

При расчете быстропротекающих электромагнитных, электродинамических и тепловых процессов ИДП предполагаем отсутствие механических перемещений (отдачи) индуктора и деформации элементов ИДП.

Геометрические параметры ИДП

Таблица 1 – Основные параметры ИДП основного исполнения

| Показатель | Обозначение | Величина |
|---|--------------|----------------------|
| Внешний диаметр индуктора | D_{ex1} | 100 мм |
| Внутренний диаметр индуктора | D_{in1} | 10 мм |
| Высота индуктора | H_1 | 10 мм |
| Внешний диаметр якоря | D_{ex2} | 100 мм |
| Внутренний диаметр якоря | D_{in2} | 10 мм |
| Высота якоря | H_2 | 3 мм |
| Исходное расстояние между индуктором и якорем | δ | 1 мм |
| Количество витков индуктора | N_1 | 46 шт. |
| Сечение шины индуктора | $a \times b$ | 8,64 мм ² |
| Масса исполнительного элемента | $m_я$ | 0.48кг |
| Емкость емкостного накопителя энергии | C | 2850 мкФ |
| Напряжение емкостного накопителя энергии | U_0 | 400 В |

Основные параметры ИДП основного исполнения (без наружного экрана) приведены в табл. 1. На рис. 1 представлен общий вид исследуемого ИДП с указанием гра-

ниці, на которой рассчитывается поле рассеяния. Показано распределение магнитного поля через 1 мс после начала возбуждения ИДП. На рис. 1 означены: 1 – неподвижный индуктор; 2 – подвижный электропроводящий якорь; 3 – граница измерения поля рассеяния, определяемая на расстоянии $2H_1$ от нижней и боковой и на расстоянии $4H_1$ от верхней наружной поверхности индуктора.

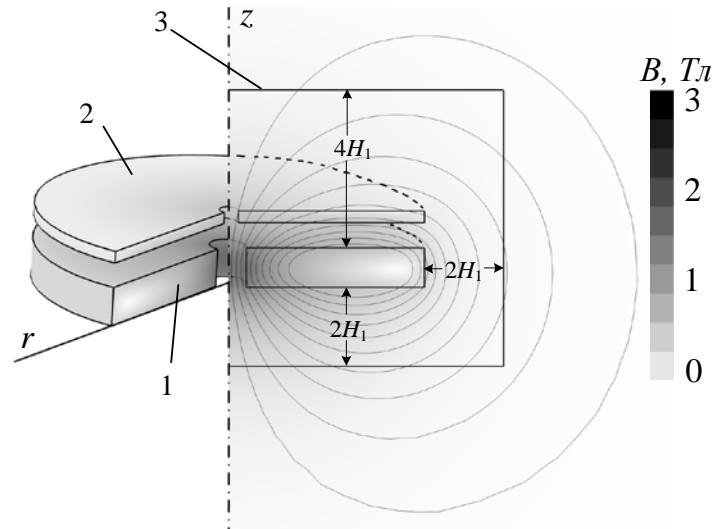


Рисунок 1 – Схема ИДП основного исполнения и распределение магнитного поля через 1 мс после начала возбуждения индуктора

Рассмотрим электромагнитный экран (ЭМЭ), выполненный из технической меди толщиной 1 мм, и ферромагнитный экран (ФМЭ), выполненный из технической стали марки Ст.10 (AISI 1010) шихтованным и прилегающим к индуктору с внешней и нижней стороны через изоляционный зазор 1 мм.

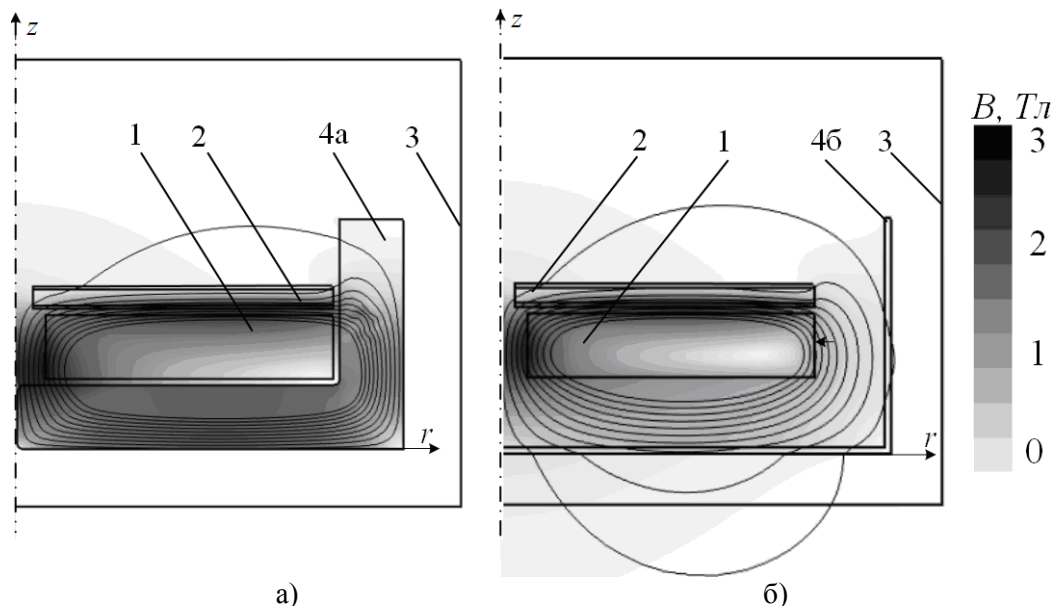


Рисунок 2 – Сечение ИДП с ФМЭ (а) и с ЭМЭ (б) и распределением магнитного поля в момент максимума ЭДУ: 1 – индуктор; 2 – якорь; 3 – граница расчета поля рассеяния; 4а – ФМЭ; 4б – ЭМЭ

На рис. 2 представлены ИДП с ФМЭ и ИДП с ЭМЭ, где показаны распределения магнитных полей в момент максимума ЭДУ. В данных расчетах использовались одинаковые наружные габариты экранов. Как следует из представленных расчетов, толсто-стенный ФМЭ усиливает, а тонкостенный ЭМЭ – ослабляет магнитное поле в зоне индуктора и якоря. При этом магнитное поле практически не выходит за наружную поверхность ФМЭ, в то время как это поле проникает за наружную поверхность ЭМЭ.

Все варьируемые геометрические параметры наружного экрана ИДП опишем безразмерными величинами (χ – для ФМЭ, ε – для ЭМЭ):

$$\chi = \frac{H_{4б}}{H_1}; \varepsilon = \frac{H_{4а}}{H_1}, \quad (6)$$

где $H_{4а}$ – расстояние от нижней (боковой) поверхности индуктора до нижней (боковой) наружной поверхности ФМЭ; $H_{4б}$ – расстояние от нижней (боковой) поверхности индуктора до наружной нижней (боковой) поверхности ЭМЭ.

Для анализа будем использовать относительные показатели ИДП с наружным экраном: максимальное значение скорости якоря с исполнительным элементом – v_m^* , усредненное значение поля рассеяния B^* , масса ИДП с экраном m^* , радиальные – G_d^* и аксиальные – G_h^* габариты ИДП с учетом экрана; КПД Ek^* .

Значение КПД рассчитывается как отношение кинетической энергии якоря с исполнительным элементом к энергии емкостного накопителя энергии:

$$Ek = \frac{m_{я} \cdot v_{\max}^2}{C \cdot U_0^2}. \quad (7)$$

Все относительные показатели ИДП с наружным экраном приведены к показателям ИДП основного исполнения (без экрана).

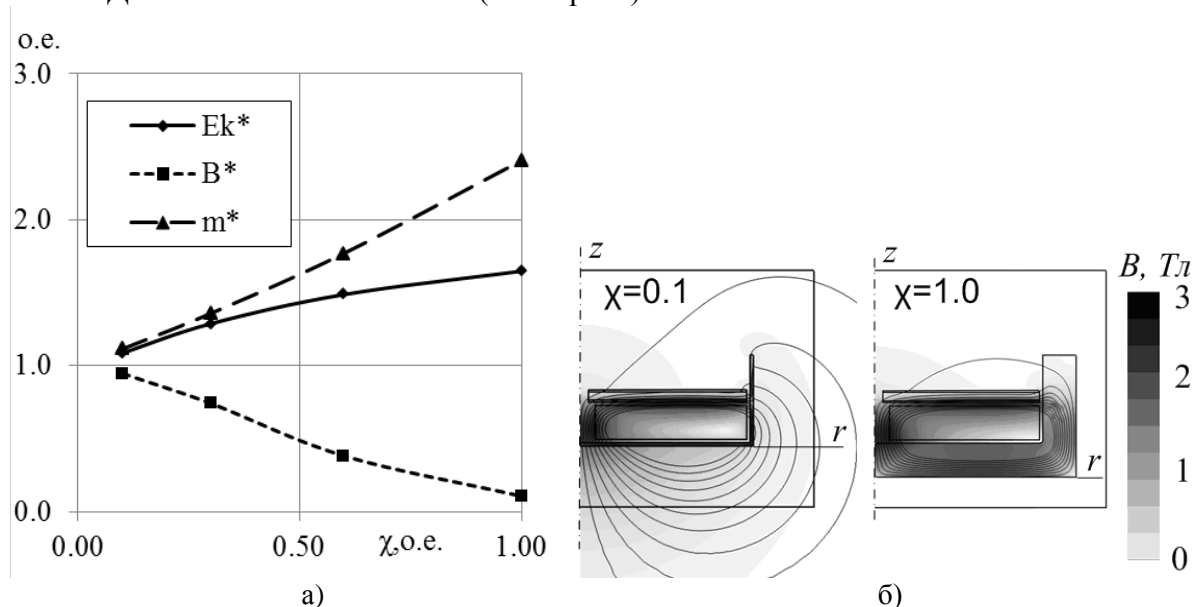


Рисунок 3 – Зависимость относительных показателей ИДП от толщины ФМЭ (а) и распределение магнитного поля в момент максимума ЭДУ для граничных значений параметра χ (б)

Как следует из расчетов, ЭМЭ уменьшает максимальную скорость и КПД преобразователя, в то время как ФМЭ – увеличивает эти показатели по отношению к ИДП основного исполнения. При удалении ЭМЭ от индуктора магнитное поле рассеяния снижается, а скорость и КПД возрастают. При увеличении толщины ФМЭ поле рассеяния также снижается, но при этом скорость и КПД возрастают.

На рис. 3,а показано влияние толщины ФМЭ на основные показатели ИДП, а на рис. 3,б показано распределение магнитных полей в ИДП при использовании тонкого ($\chi=0,1$) и толстого ($\chi=1,0$) ФМЭ. При увеличении толщины ФМЭ происходит практически линейное увеличение массы преобразователя. При геометрическом параметре $\chi=1,0$ масса ИДП возрастает практически в 2,4 раза, КПД повышается в 1,65 раз, а магнитное поле уменьшается больше, чем в 9 раз по сравнению с ИДП основного исполнения.

На рис. 4,а показано влияние зазора между ЭМЭ и индуктором на основные показатели ИДП, а на рис. 4,б показано распределение магнитных полей в ИДП при использовании близко расположенного ($\varepsilon =0,1$) и удаленного ($\varepsilon =1,0$) ЭМЭ. При увеличении зазора между ЭМЭ и индуктором происходит незначительное увеличение массы преобразователя. При геометрическом параметре $\varepsilon =1,0$ масса ИДП возрастает на 16 %, КПД уменьшается на 20 % 1,65 раз, а магнитное поле уменьшается больше, чем в 3,8 раз по сравнению с ИДП основного исполнения.

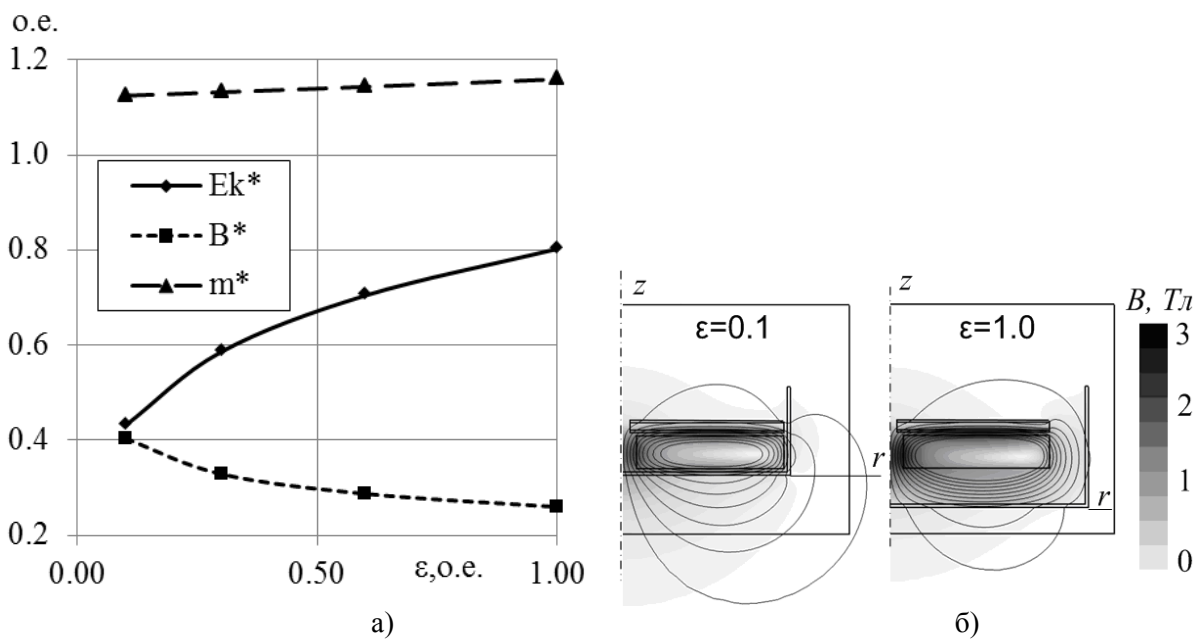


Рисунок 4 – Зависимость относительных показателей ИДП от зазора между ЭМЭ и индуктором (а) на рабочие показатели ИДП (а) и распределение магнитного поля в момент максимума ЭДУ для граничных значений параметра ε (б)

Поскольку ЭМЭ выполняется тонкостенным, то для него актуальной является проблема ЭДУ, способных вызвать механическую деформацию. На рис.5 показано распределение удельных аксиальных ЭДУ f_z , действующих на нижнюю стенку ЭМЭ, и распределение удельных радиальных f_r , действующих на боковую стенку ЭМЭ. Указанные силы распределяются неравномерно по соответствующей поверхности с максимумом в области, расположенной напротив центра обмотки индуктора. Причем силы в аксиальном направлении f_z , действующие на нижнюю стенку ЭМЭ, более чем на порядок превышают силы в радиальном направлении f_r , действующие на боковую стенку ЭМЭ.

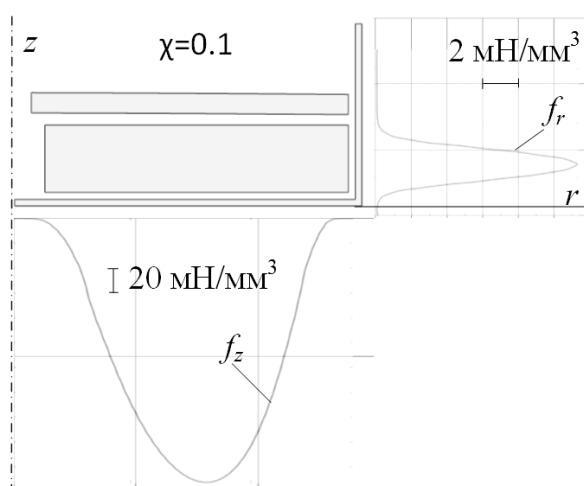


Рисунок 5 – Распределение удельных ЭДУ действующих на поверхность ЭМЭ в момент времени $t=0.4$ мс

Как показывают расчеты, каждый из рассмотренных экранов имеет свои преимущества и недостатки. Для максимального экранирования магнитного поля, обеспечения минимальных массогабаритных показателей и обеспечения повышенного КПД рассмотрим комбинированный экран. Этот экран состоит из прилегающего к индуктору ФМЭ, который снаружи охвачен тонкостенным ЭМЭ. В этом случае ферромагнитный экран, который служит опорой для электромагнитного экрана, может быть выполненным относительно тонкостенным.

На рис. 6 показан ИДП с комбинированным экраном и пространственные распределения плотности тока и магнитного поля.

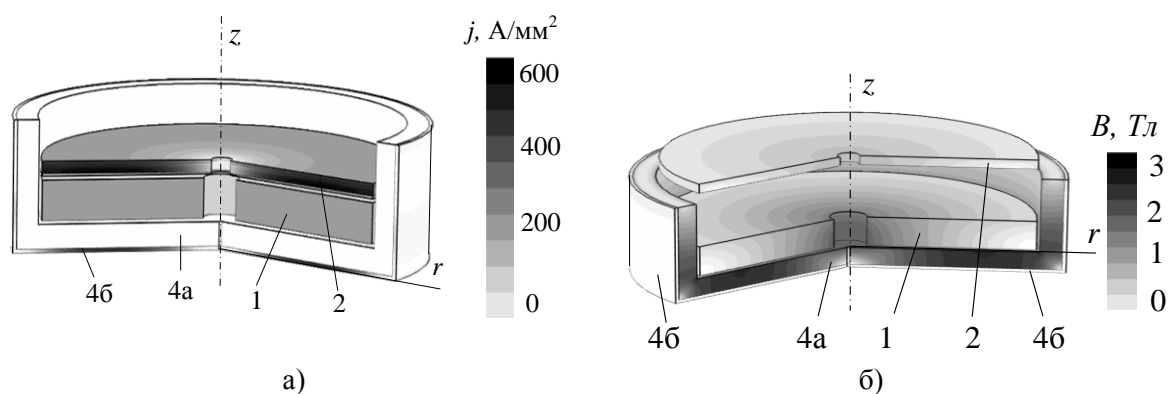


Рисунок 6 – ИДП с комбинированным экраном и распределение плотности тока в момент максимума ЭДУ (а) и распределение магнитного поля при $t=2$ мс: 1 – индуктор; 2 – якорь; 4а – ФМЭ; 4б – ЭМЭ

На рис. 7 показано распределение поля в ИДП с комбинированным экраном, у которого ЭМЭ имеет одинаковую толщину 1 мм, а ФМЭ выполнено с различной толщиной стенок. Как показывают расчеты комбинированный экран обеспечивает по сравнению с ФМЭ снижение магнитных полей примерно в 4 раза при одинаковых габаритах. При геометрическом параметре $\chi=0,4$ магнитное поле частично выходит за поверхность дискового основания ЭМЭ. Однако уже при $\chi=0,4$ магнитное поле практически «закупорено» внутри комбинированного экрана.

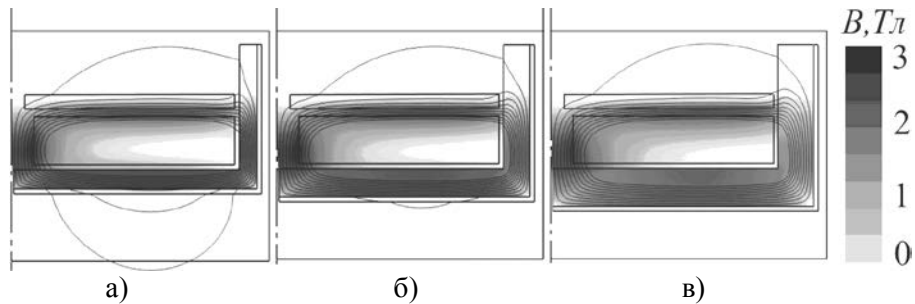


Рисунок 7 – Распределение поля в ИДП с комбинированным экраном, у которого ЭМЭ имеет толщину 1 мм, а ФМЭ выполнено с геометрическим параметром χ : 0,4 (а); 0,6 (б); 0,8 (в)

На рис. 8,а показана зависимость относительных показателей ИДП от толщины ферромагнитной части комбинированного экрана при фиксированной толщине электромагнитной части, равной 1мм. Необходимо отметить, что магнитные поля рассеяния при этом малы даже при небольшой толщине ферромагнитной части ($\chi=0,4$). При этом с увеличением толщины ферромагнитной части экрана увеличение КПД происходит не линейно, а имеет характер насыщения.

На рис. 8,б показана зависимость относительных показателей ИДП от толщины и электромагнитной части комбинированного экрана при фиксированной толщине ферромагнитной части, равной 6 мм. При увеличении толщины электромагнитной части экрана наблюдается уменьшение магнитных полей рассеяния. Однако массогабаритные показатели и КПД меняются незначительно.

Необходимо отметить, что комбинированный экран имеет более сложную конструкцию по сравнению с ФМЭ.

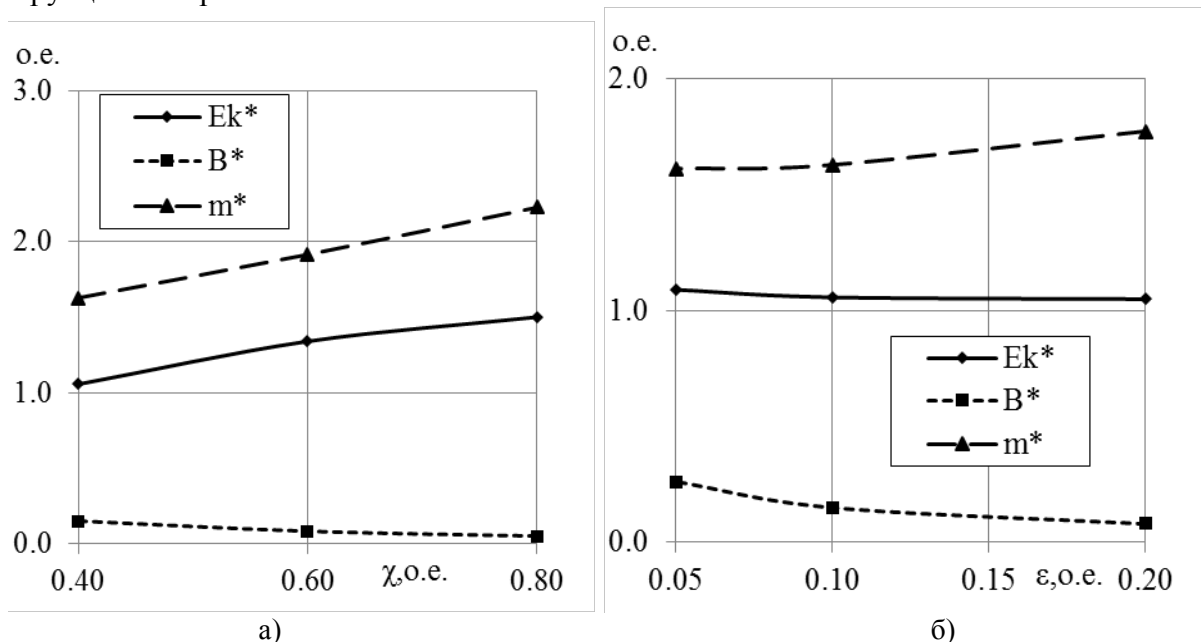


Рисунок 8 – Зависимость относительных показателей ИДП от толщины ферромагнитной части при толщине ЭМЭ 1мм (а) и электромагнитной части при толщине ФМЭ 6 мм (б) комбинированного экрана

Таким образом, каждый из рассмотренных типов наружных экранов (ферромагнитный, электромагнитный и комбинированный) имеет свои достоинства и недостатки,

что требует оптимизационного подхода, учитывающего различные аспекты и показатели ИДП.

Критерии эффективности ИДП с НЭ

Влияние типа и геометрических параметров наружного экрана на эффективность ИДП целесообразно оценивать с помощью обобщенного критерия:

$$\eta^* = \sum_{j=1}^5 K_j^* \cdot \beta_j, \quad (8)$$

где K_j – относительный j -ый показатель эффективности ИДП.

β_j – весовые коэффициенты соответствующих относительных показателей эффективности ИДП, удовлетворяющие соотношению:

$$\sum_{j=1}^5 \beta_j = 1. \quad (9)$$

В качестве показателей эффективности использовано: КПД (Ek), масса (m), усредненное значение полей рассеяния (B), радиальные (G_d) и аксиальные (G_h) габариты ИДП с наружным экраном.

В расчетах каждый из показателей $K_j = \{K_{ji}\}$ варьируется в диапазоне от минимального до максимального значения согласно:

$$B_{\min}^* = \min\{B_1^*, B_2^*, \dots, B_n^*\}; \quad B_{\max}^* = \max\{B_1^*, B_2^*, \dots, B_n^*\}.$$

где i -ый вариант экрана; n - число вариантов экрана; K_{ji} – значение i -го варианта j -го показателя эффективности.

$$K_{1i} = \frac{B_{\max}^* - B_i^*}{B_{\max}^* - B_{\min}^*};$$

$$Ek_{\min}^* = \min\{Ek_1^*, Ek_2^*, \dots, Ek_n^*\}; \quad Ek_{\max}^* = \max\{Ek_1^*, Ek_2^*, \dots, Ek_n^*\};$$

$$K_{2i} = \frac{Ek_i^* - Ek_{\min}^*}{Ek_{\max}^* - Ek_{\min}^*};$$

$$m_{\min}^* = \min\{m_1^*, m_2^*, \dots, m_n^*\}; \quad m_{\max}^* = \max\{m_1^*, m_2^*, \dots, m_n^*\};$$

$$K_{3i} = \frac{m_{\max}^* - m_i^*}{m_{\max}^* - m_{\min}^*};$$

$$G_{h \min}^* = \min\{G_{h 1}^*, G_{h 2}^*, \dots, G_{h n}^*\}; G_{h \max}^* = \max\{G_{h 1}^*, G_{h 2}^*, \dots, G_{h n}^*\};$$

$$K_{4i} = \frac{G_{h \max}^* - G_{h i}^*}{G_{h \max}^* - G_{h \min}^*};$$

$$G_{d \min}^* = \min\{G_{d 1}^*, G_{d 2}^*, \dots, G_{d n}^*\}; G_{d \max}^* = \max\{G_{d 1}^*, G_{d 2}^*, \dots, G_{d n}^*\};$$

$$K_{5i} = \frac{G_{d \max}^* - G_{d i}^*}{G_{d \max}^* - G_{d \min}^*}.$$

В таком случае каждый коэффициент K_{ji} находится в интервале $[0, 1]$. При расчетах обобщенного критерия эффективности ИДП с наружным экраном использовано 5 вариантов оценки эффективности ИДП (табл.2). Указанные варианты оценивают эффективность ИДП путем выбора значения весового коэффициента соответствующего показателя. При выборе варианта оценки эффективности весовой коэффициент β_1 оценивает поле рассеяния B , β_2 – оценивает КПД Ek , β_3 – оценивает массу m , β_4 – оценивает аксиальные габариты G_h и β_5 – оценивает радиальные габариты G_d преобразователя.

Таблица 2 – Варианты оценки эффективности ИДП

| Вариант | β_1 | β_2 | β_3 | β_4 | β_5 |
|---------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| 1 | 0.2 | 0.3 | 0.3 | 0.1 | 0.1 |
| 2 | 0.25 | 0.25 | 0.25 | 0.125 | 0.125 |
| 3 | 0.3 | 0.5 | 0.1 | 0.05 | 0.05 |
| 4 | 0.3 | 0.1 | 0.5 | 0.05 | 0.05 |
| 5 | 0.5 | 0.1 | 0 | 0.2 | 0.2 |

На рис. 9 показаны зависимости обобщенного критерия эффективности для вариантов весовых коэффициентов от толщины ФМЭ и от величины зазора между ЭМЭ и индуктором.

По варианту оценки эффективности 2, при котором все показатели рассматриваются равноценными, целесообразно увеличение толщины ФМЭ до значения показателя $\chi=1$. Аналогичное увеличение толщины ФМЭ справедливо при использовании варианта 5, при котором наибольший приоритет отдан уменьшению магнитного поля рассеяния. В вариантах оценки эффективности 1, 3 и 4 целесообразно выбирать ФМЭ с геометрическим параметром $\chi=0,1-0,5$.

При оценке эффективности ЭМЭ по варианту 2, при котором все показатели рассматриваются равноценными, целесообразно увеличение зазора до значения $\varepsilon=1$. Но при использовании варианта 5, при котором наибольший приоритет отдан уменьшению магнитного поля рассеяния целесообразно выбирать значение $\varepsilon=0,1$. В вариантах оценки эффективности 1, 3 и 4 целесообразно выбирать ЭМЭ с геометрическим параметром $\chi=0,2-0,4$.

Исходя из анализа представленных зависимостей, можно сделать вывод, что толщину ФМЭ целесообразно выбирать с параметром $\chi=0,8$ только при использовании

варианта оценки эффективности 2. Во всех остальных вариантах этот параметр целесообразно выбирать в интервале $\chi=0,4-0,5$.

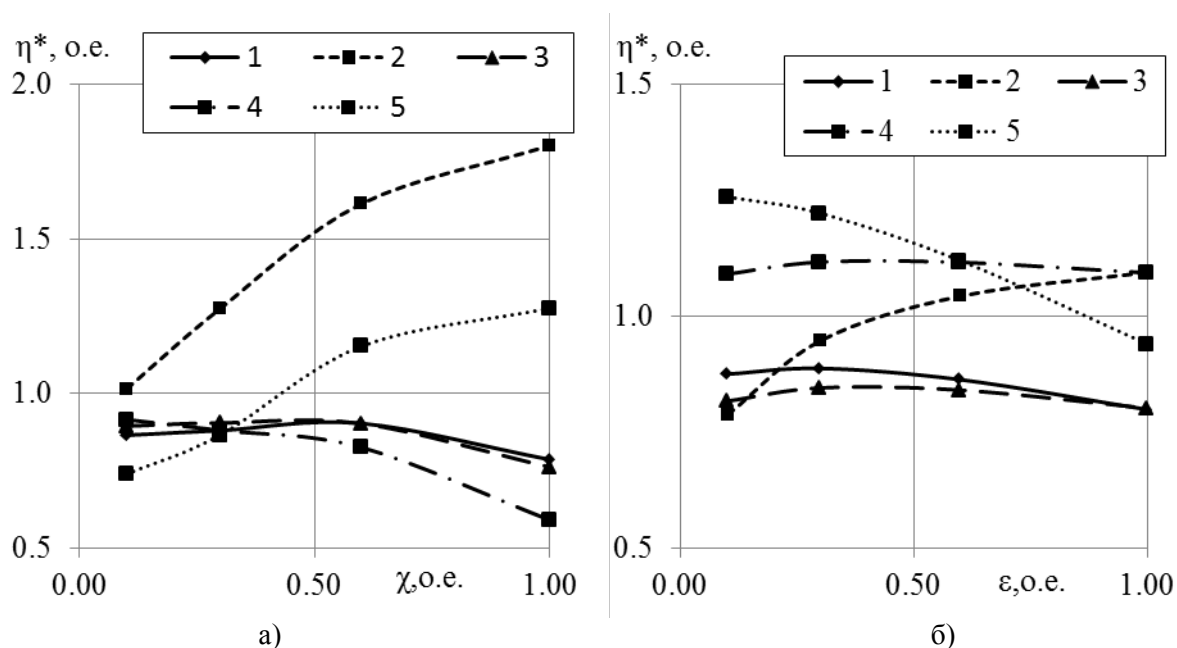


Рисунок 9 – Зависимость обобщенного критерия эффективности для вариантов весовых коэффициентов от толщины ФМЭ (а) и от величины зазора между ЭМЭ и индуктором (б)

На рис. 10 представлена зависимость обобщенного критерия эффективности для вариантов весовых коэффициентов от толщины ферромагнитной и электромагнитной части комбинированного экрана.

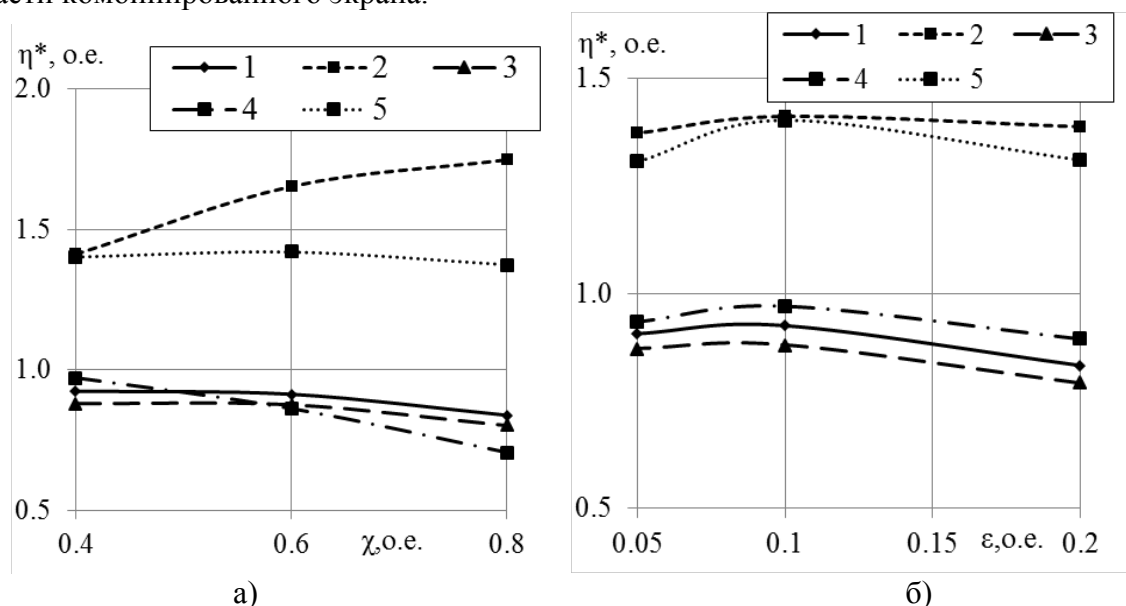


Рисунок 10 – Зависимость обобщенного критерия эффективности для вариантов весовых коэффициентов от толщины ферромагнитной части (а) и от толщины электромагнитной части комбинированного экрана (б)

Для ЭМЭ во всех вариантах целесообразно выбирать геометрический параметр $\epsilon=0,1$. На основании проведенных расчетов для заданных вариантов весовых коэффи-

циентов получены оптимальные геометрические параметры ε и χ для всех рассмотренных типов наружных экранов, которые сведены в табл. 3. Исходя из полученных результатов, можно сделать вывод о целесообразности использования комбинированного экрана

Таблица 3 – Значения относительных показателей ИДП при оптимальных геометрических показателях

| Экран | χ о.е. | ε , о.е. | B^* , Тл | v_{max}^* , м/с | Ek^* , % | m^* , кг | G_h^* , мм | G_d^* , мм |
|---------|----------------|-------------------------|---------------|----------------------|---------------|---------------|-----------------|-----------------|
| ЭМЭ | - | 0.60 | 0.29 | 0.84 | 0.70 | 1.14 | 2.29 | 1.16 |
| ФМЭ | 1.00 | - | 0.11 | 1.28 | 1.65 | 2.41 | 2.57 | 1.24 |
| ФМЭ+ЭМЭ | 0.60 | 0.70 | 0.08 | 1.16 | 1.34 | 1.92 | 2.36 | 1.18 |

Выводы

Предложено задачу выбора наружного экрана ИДП рассматривать как многокритериальную, учитывающую ряд противоречивых положительных (повышение КПД и силовых показателей, снижение магнитного поля рассеивания) и отрицательных факторов (увеличение массы и габаритов ИДП, повышение сложности конструкции).

Предложена математическая модель ИДП с наружным экраном, учитывающая взаимосвязанные электрические, магнитные, механические и тепловые процессы, протекающие при возбуждении индуктора от емкостного накопителя.

На основании компьютерного моделирования установлено влияние материала и геометрических параметров наружного экрана на показатели эффективности ИДП. Для заданных критериев получены оптимальные варианты. Показано, что при определенных параметрах экран более чем в 10 раз снижает уровень полей рассеивания при незначительном повышает эффективности ИДП на 1,5–2 % и приемлемым изменением массогабаритных параметров.

Показана целесообразность использования комбинированного экрана, внутренняя часть которого выполнена ферромагнитной, а наружная – электромагнитной.

Литература

1. Livshiz. Y., Izhar A., Gafri O. One turn coil for industrial use of magnetic pulse processes. // Proceedings of 9th Mega-Gauss Conference. – 2002. – P. 125–131.
2. Chemerys V.T., Bolyukh V.F. Prospectives of new coilgun design development // Артиллерийское и стрелковое вооружение.– 2008.– № 3.– С. 44–52.
3. Barmada S. Field analysis in tubular coilguns by wavelet transform // *IEEE Trans. Magnetics*. – 2003.– Vol. 39, № 1– P. 120–124.
4. Болюх В.Ф., Олексенко С.В., Шукин И.С. Влияние параметров ферромагнитного сердечника на эффективность индукционно-динамического двигателя // *Електротехніка і електромеханіка*. – 2012.– №6. – С. 20–27.
5. Bolyukh V.F., Oleksenko S.V., Katkov I.I. The use of fast cryogenic cooling and ferromagnetic core greatly increases efficiency of a linear induction-dynamic converter // Proceedings of the 13th cryogenics 2014 IIR international conference. – Praha, Czech Republic. – April 7–11, 2014. – Paper ID: 012. – P. 268–275.

6. Engel T.G., Surls D., Nunnally W.C. Prediction and verification of electromagnetic forces in helical coil launchers // IEEE Trans. Magnetics. – 2003. – Vol. 39, № 1.– P. 112–115.

Bibliography (transliterated)

1. Livshiz. Y., Izhar A., Gafri O. One turn coil for industrial use of magnetic pulse processes. Proceedings of 9th Mega-Gauss Conference. – 2002.– P. 125–131.

2. Chemerys V.T., Bolyukh V.F. Prospectives of new coilgun design development Artilleriyskoe i strelkovoє vooruzhenie.– 2008.– # 3.– P. 44–52.

3. Barmada S. Field analysis in tubular coilguns by wavelet transform IEEE Trans. Magnetics. – 2003.– Vol. 39, # 1– P. 120–124.

4. Bolyukh V.F., Oleksenko S.V., Schukin I.S. Vliyanie parametrov ferromagnitnogo serdechnika na effektivnost induktsionno-dinamicheskogo dvigatelya Elektrotehnika I elektromehanika. – 2012.– #6. – S. 20–27.

5. Bolyukh V.F., Oleksenko S.V., Katkov I.I. The use of fast cryogenic cooling and ferromagnetic core greatly increases efficiency of a linear induction-dynamic converter Proceedings of the 13th cryogenics 2014 IIR international conference. – Praha, Czech Republic. – April 7–11, 2014. – Paper ID: 012. – P. 268–275.

6. Engel T.G., Surls D., Nunnally W.C. Prediction and verification of electromagnetic forces in helical coil launchers IEEE Trans. Magnetics. – 2003. – Vol. 39, # 1.– P. 112–115.

УДК 621.313:536.2.24:539.2

Болюх В.Ф., Олексенко С.В.

**ВПЛИВ ПАРАМЕТРІВ ЗОВНІШНЬОГО ЕКРАНА НА ЕФЕКТИВНІСТЬ
ІНДУКТИВНО-ДИНАМІЧНОГО ПЕРЕТВОРЮВАЧА**

Запропоновано математичну модель індукційно-динамічного перетворювача із зовнішнім екраном, що враховує взаємозалежні електричні, магнітні, механічні та теплові процеси, що протікають при збудженні індуктора від ємкісного накопичувача. Встановлено вплив матеріалу і геометричних параметрів зовнішнього екрана на показники ефективності індукційно-динамічного перетворювача. Показано доцільність використання комбінованого екрана, внутрішня частина якого виконана ферромагнітною, а зовнішня – електромагнітною.

Bolyukh V.F., Oleksenko S.V.

**INFLUENCE OF PARAMETERS ON THE PERFORMANCE OF THE SCREEN
INDUCTIVELY DYNAMIC CONVERTER**

A mathematical model of induction-dynamic transducer with an external screen, taking into account the related electrical, magnetic, mechanical and thermal processes occurring during the excitation inductor of bone-eating drive. The influence of material and geometric parameters of the outer shield on performance of induction-dynamic transducer. Shown the feasibility of using a combined screen, the inner part of which is made of a ferromagnetic and an outer – electromagnetic.