

Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт»  
ОАО завод «Потенциал»

## АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ РАССОГЛАСОВАНИЙ ПАРАМЕТРОВ ЛИНЕЙНОГО ИМПУЛЬСНОГО ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ НА ЕГО РАБОЧИЕ СВОЙСТВА

Посредством численных расчетов проведен анализ влияния начального положения реактора и якоря, а также рассогласований в источниках питания обмоток линейного импульсного электродвигателя на его рабочие параметры. Выявлено, что в вероятных диапазонах рассогласований эти параметры двигателя оказываются устойчивыми.

За допомогою чисельних розрахунків проведено аналіз впливу початкового положення реактора і якоря, а також розбіжностей в джерелах живлення обмоток лінійного імпульсного електродвигуна на його робочі параметри. Виявилось, що у вірогідних діапазонах розбіжностей ці параметри двигуна є досить стабільні.

By means of numeral calculations the analysis of influencing of initial position of reactor and anchor is conducted, and also distinctions in the sources of feed of windings of linear impulsive electric motor on his operating parameters. It is revealed the probable ranges of these discrepancies engine parameters are stable.

**Введение.** Рассматриваемый линейный импульсный электродвигатель (ЛИЭД) предназначен для сейсморазведки полезных ископаемых. Он представлялся в [1,2], а его электрохимическая схема дана на рис.1. Здесь и далее индексные добавки  $r$  и  $a$  в обозначениях соответствуют реактору и якорю.

От емкостных накопителей  $C_{Er}$  и  $C_{Ea}$  в независимо питаемые обмотки реактора и якоря подаются импульсы токов  $i_r$  и  $i_a$ , что порождает действующие на них противоположно электромагнитные силы  $F_{em}$ . Якорь через опорную плиту ударно воздействует на грунт, который отвечает упругой силой реакции  $F_{gr}$ , а инерционный реактор отскакивает вверх.

ЛИЭД с независимым включением обмоток уже анализировался в [2] в предположении идентичной работы источников питания. В данном случае, как продолжение проводимых исследований, целью работы является исследование влияния на работу ЛИЭД возможных рассогласований этих источников, а также рассогласования начального взаимного аксиального положения реактора и якоря.

**Основы исследования.** Электромагнитные и механические процессы в рабочем режиме ЛИЭД при независимом питании обмоток в соответствии с его схемой (рис.1) описываются уравнениями [2]:

$$\frac{d\Psi_r}{dt} + u_{Rr} + L_{cr} \frac{di_r}{dt} = u_{Cr}; \quad \frac{d\Psi_a}{dt} + u_{Ra} + L_{ca} \frac{di_a}{dt} = u_{Ca};$$

$$F_{em} = P_r + F_{mr}; \quad F_{em} = F_{ma} + F_{gr} - P_a,$$

где  $t$  – время;  $\Psi_r, \Psi_a$  – магнитные потокоцепления обмоток;  $u_{Rr} = i_r(R_r + R_{cr})$ ,  $u_{Ra} = i_a(R_a + R_{ca})$  – падения напряжения на сопротивлениях обмоток и подводных кабелей;  $L_{cr}, L_{ca}$  – индуктивности последних;  $u_{Cr}, u_{Ca}$  – изменяющиеся напряжения конденсаторов,  $F_{mr} = m_r a_r$ ,  $F_{ma} = m_a a_a$ ;  $P_r = m_r g_{gr}$ ;  $P_a = m_a g_{gr}$  – силы инерции и гравитации;  $m_r, m_a, a_r, a_a$  – массы и ускорения движения;  $g_{gr} = 9,81 \text{ м/с}^2$ .

Ударный рабочий режим ЛИЭД рассчитывается как переходной процесс на ЭВМ численно [1,2].

Кроме упомянутых величин в результате расчета определяются скорости, движется  $v_r, v_a$ , а также смещения  $\zeta_r, \zeta_a$  реактора и якоря (рис.1).

Оценка эффективности работы ЛИЭД проводится на основе [1,2] по максимумам токов  $I_{rmax}$  и  $I_{amax}$ ; максимумам сил электромагнитной  $F_{emmax}$  и реакции грунта  $F_{grmax}$ , импульсам этих же сил  $S_{em}$  и  $S_{gr}$ , условному КПД  $\eta$ .

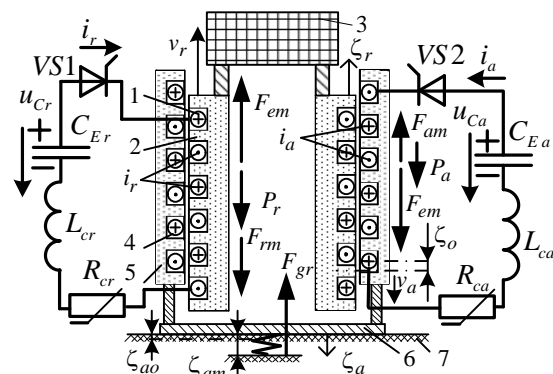


Рис.1. Схема активной электросилового части ЛИЭД: 1, 2, 3 – обмотка, сердечник и балласт реактора; 4, 5 – обмотка, сердечник и плита якоря; 7 – грунт

**Расчетный анализ.** Конструктивные параметры ЛИЭД соответствуют показанному в [1, 2], т.е. длина сердечников реактора и якоря – 533 мм; зазор между ними – 2 мм; зубцовое деление – 84 мм; диаметр по зазору – 416 мм;  $m_r = 1500 \text{ кг}$ ,  $m_a = 750 \text{ кг}$ ; начальные значения напряжений конденсаторов  $U_{Cro} = U_{Cao} = 600 \text{ В}$ ; их емкости  $C_{Er} = C_{Ea} = 0,17 \text{ Ф}$ .

Для электромагнитного взаимодействия реактора и якоря важно их взаимное смещение  $\zeta = \zeta_r + \zeta_a + \zeta_o$ , где  $\zeta_o$  – начальное смещение реак-

тора (рис.1 и [1,2]) из положения «нейтрал», в котором зубцы расположены против пазов.

Результаты при варьировании  $\zeta_o$  представлены на рис.2. Отрицательные значения  $\zeta_o$  соответствуют смещению реактора из положения «нейтрал» против дальнейшего движения. Влияние  $\zeta_o$  на рабочие параметры ЛИЭД очевидно, и по основным величинам  $S_{em}$ ,  $S_{gr}$ ,  $\eta$  и др. можно выбрать  $\zeta_o = -9$  мм.

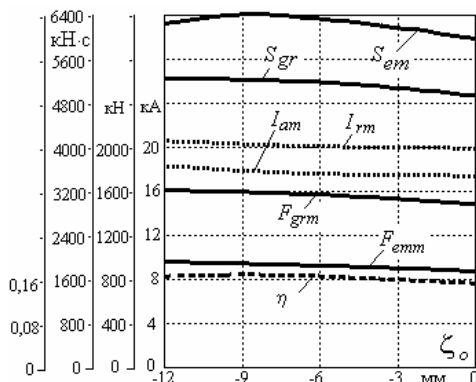


Рис.2. Оценка изменения эффективности работы ЛИЭД при изменении  $\zeta_o$

Известно, что конденсаторы могут иметь заметное отклонение по емкости от их номиналов. Поэтому было проверено, насколько отклонение емкости одного из них (в данном случае – питающего реактор) влияет на параметры ЛИЭД. Результаты расчетов при очевидных отклонениях  $C_{Er}$  от 0,17 Ф представлены на рис.3. Изменения очевидны, но они не носят радикального характера.

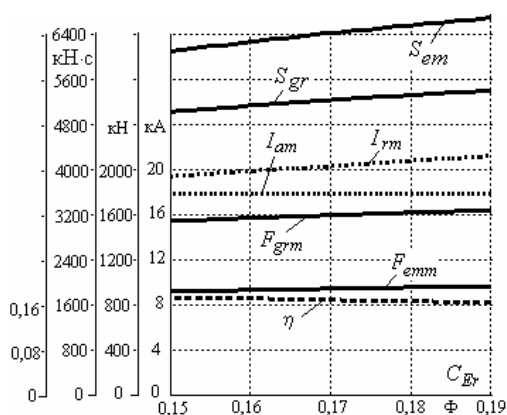


Рис.3. Оценка изменения эффективности работы ЛИЭД при рассогласовании емкостей конденсаторов

В схеме на рис.1 могут иметь место самопроизвольные или преднамеренные (с целью управления) рассогласования времен включения тиристоров VS1 и VS2. Это приведет к неодновременности импульсов токов реактора и якоря. Для оценки этого расчеты были проведены при опережающей  $\Delta t_{com} < 0$  и запаздывающей  $\Delta t_{com} > 0$  коммутации обмотки реактора по отношению к коммутации обмотки якоря. Соответствующие изменения параметров ЛИЭД представлены на рис.4. Укажем, что длительности импульсов

токов реактора и якоря составляли примерно 12..14 мс. Влияния временных рассогласований на  $S_{gr}$ ,  $I_{rmax}$  и  $I_{amax}$  могут быть ощутимы при управлении ЛИЭД с помощью  $\Delta t_{com}$ , но в вероятном диапазоне  $\Delta t_{com}$  они не столь существенны.

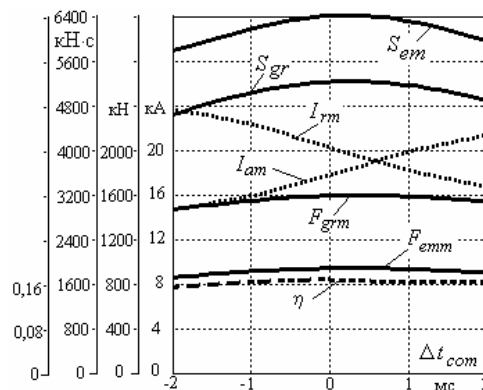


Рис.4. Оценка изменения эффективности работы ЛИЭД при рассогласованной коммутации обмоток

**Выводы.** Расчетный анализ показал степень влияния рассогласований в электрической и механической системах ЛИЭД на его основные рабочие параметры в ударном режиме работы. Выявлено, что в вероятных диапазонах рассогласований эти параметры двигателя оказываются устойчивыми. С другой стороны, преднамеренные рассогласования в расширенном диапазоне могут быть использованы для регулирования его силовой эффективности.

Список использованной литературы

1. Милых В.И. Алгоритмизированная математическая модель линейного импульсного электродвигателя как ударного источника слабых сейсмических колебаний // В.И.Милых, С.В.Ткаченко // Электротехника і електромеханіка. – 2011. – № 1. – С.33-38.
2. Милых В.И. Математическая модель и анализ импульсного режима работы линейного электродвигателя при независимом питании его обмоток // В.И.Милых, С.В.Ткаченко // Электротехніка і електромеханіка. – 2011. – № 2. – С.31-36.

Получено 30.06.2011



Милых Владимир Иванович,  
д.т.н., зав.каф. «Электрические  
машины» НТУ «ХПИ»,  
61002, Харьков, ул.Фрунзе, 21,  
тел. (057) 707-65-14;  
e-mail: mvikpi@kpi.kharkov.ua



Ткаченко Сергей Валериевич,  
директор ОАО з-д «Потенциал»;  
Харьков, ул. Индустриальная, 17  
тел. (0572) 99-11-27;  
e-mail: sergeySV7@rambler.ru