УДК 62.52:621.9.06

Белокузов Евгений Витальевич
ФГБОУ ВПО «Санкт-Петербургский государственный политехнический университет»
Институт машиностроения (ЛМЗ-ВТУЗ)
Россия, Санкт-Петербург[1]
Аспирант кафедры автоматизации технологических комплексов и процессов (АТКиП) ИМаш «ЛМЗ-ВТУЗ»
E-Mail: be1389@mail.ru

Шестаков Вячеслав Михайлович
ФГБОУ ВПО «Санкт-Петербургский государственный политехнический университет»
Институт машиностроения (ЛМЗ-ВТУЗ)
Россия, Санкт-Петербург
Заведующий кафедрой автоматизации технологических комплексов и процессов (АТКиП) ИМаш «ЛМЗ-ВТУЗ»
Доктор технических наук, профессор
E-Mail: atkip@zavod-vtuz.ru

Принципы управления автоматизированными многоприводными вибрационными установками

Аннотация: Расширение зоны и стабилизация колебательных режимов являются основной задачей при проектировании новых промышленных многороторных вибрационных установок, обеспечивающих возможность перемещения рабочих органов по нескольким степеням свободы. Современные многоприводные испытательные вибростенды, генерирующие большой диапазон колебательных режимов, позволяют более точно воспроизводить условия эксплуатации исследуемых объектов. Многороторные вибрационные установки характеризуются сложной механикой (кинематикой) систем, поэтому для решения поставленных задач и обеспечения высокого качества их функционирования требуется создание адекватного математического описания электромеханических систем, унифицированных способов построения и оптимизации динамики систем автоматического регулирования, а также разработка эффективных алгоритмов управления мехатронными агрегатами. В статье предложены структурированные математические модели, рациональные принципы управления и проведены многофакторные имитационные исследования взаимосвязанных электромеханических систем многороторных вибрационных установок. Результаты компьютерных исследований показывают, что применение рациональных алгоритмов управления позволяет улучшить энергетические показатели работы и качество параметров квазистационарных режимов виброустановок. Полученные результаты и рекомендации предназначены для системного проектирования высокопроизводительных установок и вибростендов различного назначения с формированием широкого спектра управляемых плоскостных и пространственных колебаний рабочих органов.

Ключевые слова: Вибрационные установки; управляемые колебания; электромеханические системы; автоматизированные электроприводы; принципы управления; математические модели; способы построения и оптимизации динамики; алгоритмы управления; компьютерные исследования; рекомендации по системному проектированию агрегатов.

Идентификационный номер статьи в журнале 57TVN214

[1] 197101, Санкт-Петербург, ПС Большой пр., д.51/9, кв.12

До недавнего времени *вибрационные установки (ВУ)* с электромеханическими вибровозбудителями, оснащенные нерегулируемыми *электроприводами (ЭП)* переменного тока, широко применялись в промышленности. В испытательных вибростендах различного назначения большее распространение, несмотря на чувствительность к внешним возмущениям и относительную сложность конструкции получили электродинамические вибровозбудители, обладающие лучшей управляемостью. Развитие технологий производства и применения силовой и регулирующей электроники привело к появлению новых регулируемых *систем электропривода (СЭП)* постоянного и переменного тока, которые стали внедряться в *электромеханические системы (ЭМС)* виброагрегатов [1,2]. Дальнейшее совершенствование ЭМС агрегатов шло по пути увеличения количества *дебалансных роторов (ДР)* с индивидуальными ЭП. Так были разработаны СЭП двух-, трех-, четырех-, и шестироторных ВУ, генерирующие широкий спектр плоскостных и пространственных колебаний *рабочих органов (РО)* [3,6,7]. Вместе с тем появились проблемы управления такими сложными ЭМС и трудности оптимизации их квазистационарных и динамических режимов.

Сформулируем основополагающие принципы построения взаимосвязанных ЭМС и управления многоприводными ВУ, открывающие пути решения ряда вытекающих задач:

- структуризация математических моделей ЭМС агрегатов с выделение базовых модулей механической, электрической и информационно-управляющей частей;
- иерархия управления локальными ЭП многороторной механической системы ВУ;
- унификация способов построения, оптимизации динамики и режимной настройки *систем автоматического управления (САУ)*;
- необходимость подавления внешних и внутренних возмущений;
- достаточность быстродействия многоконтурных САУ;
- формирование эффективных алгоритмов управления ЭМС.

Ниже рассматриваются примеры применения указанных принципов к анализу и синтезу ЭМС многоприводных ВУ.

В рамках Федеральной целевой программы "Интеграция науки и высшего образования России", группой специалистов ИПМАШ РАН, СПбГЭТУ «ЛЭТИ», СПбГБТУ и СПбИМаш «ЛМЗ-ВТУЗ» разработан и создан двухроторный стенд СВ-2 для исследования возможностей агрегатов рассматриваемого класса (проект 2.1-589) [11]. Для расширения диапазона колебательных режимов вибростенд обеспечивает независимое изменение углов наклона осей вращения ДР и регулирование угла рассогласования между ними. В настоящее время на кафедре АТКиП ИМаш «ЛМЗ-ВТУЗ» СПбГПУ создан ряд имитационных моделей многороторных установок и продолжаются многофакторные компьютерные исследования автоматизированных ЭМС.

На рис.1 представлены 3D-модели трех- и четырехроторной установок (рис.1.а и рис.1.б соответственно), являющихся развитием вибростенда СВ-2. ЭМС ВУ состоит из рабочего органа (платформы), установленного на *пружинных виброизоляторах (ПВ)*, ДР 1,2 с регулируемыми углами наклона осей вращения роторов, а также закрепленных на платформе дебалансных вибродвигателей 3,4. Привод ДР выполнен с применением серводвигателей. В качестве приводных двигателей могут использоваться двигатели постоянного или переменного тока. Все компьютерные имитационные модели сформированы по принципу модульного математического описания и построения ЭМС ВУ [6].

Математическое описание механической части ВУ определяется линейными и угловыми перемещениями платформы и записывается в виде дифференциальных уравнений, описывающих взаимодействие кинетической и потенциальной энергий с учетом влияния диссипативных сил.

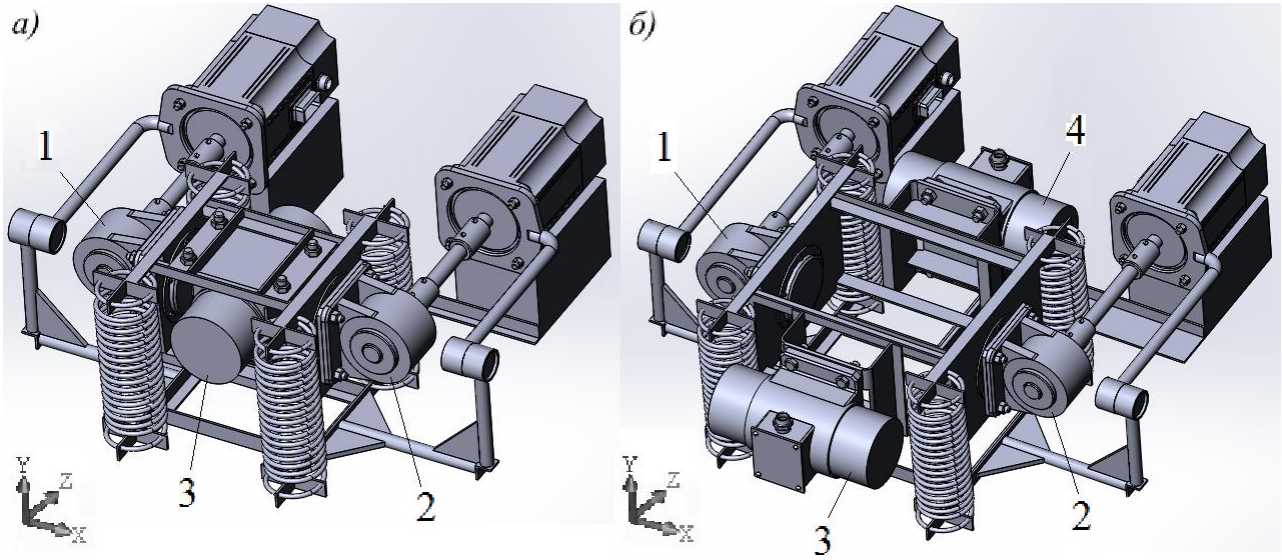

Рис. 1. *3D-модели вибрационных установок*

Уравнение поступательного движения платформы по оси Y:

$$m_0 \ddot{y}_П + b_Y \dot{y}_П + c_Y y_П + m_0 g = \Sigma F_Y, \quad (1)$$

где m_0 - полная масса платформы с дебалансами;

c_Y, b_Y - продольная (осевая) жесткость и демпфирование ПВ;

ΣF_Y - сумма проекций вынуждающих сил ДР на ось Y.

Уравнение углового перемещения платформы относительно оси Y:

$$J_{0Y} \ddot{\psi}_П + b_z a^2 \dot{\psi}_П + c_z a^2 \psi_П = \Sigma M_Y, \quad (2)$$

где c_Z, b_Z - поперечная (тангенциальная) жесткость и демпфирование ПВ;

ΣM_Y - сумма проекций поворотных моментов ДР в плоскости XZ.

Уравнение поступательного движения платформы по оси Z:

$$m_0 \ddot{z}_П + b_Z \dot{z}_П + c_Z z_П = \Sigma F_Z, \quad (3)$$

где ΣF_Z - сумма проекций вынуждающих сил ДР на ось Z.

Уравнение углового перемещения платформы относительно оси Z:

$$J_{0Z} \ddot{\varphi}_П + b_Y a^2 \dot{\varphi}_П + c_Y a^2 \varphi_П = \Sigma M_Z, \quad (4)$$

где ΣM_Z - сумма проекций поворотных моментов ДР в плоскости XY.

Уравнение поступательного движения платформы по оси X:

$$m_0\ddot{x}_П + b_X\dot{x}_П + c_X x_П = \Sigma F_X, \tag{5}$$

где c_X, b_X - поперечная (тангенциальная) жесткость и демпфирование ПВ;

ΣF_X - сумма проекций вынуждающих сил ДР на ось X.

Уравнение углового перемещения платформы относительно оси X:

$$J_{0X}\ddot{\chi}_П + b_Y d^2\dot{\chi}_П + c_Y d^2\chi_П = \Sigma M_X, \tag{6}$$

где ΣM_X - сумма проекций поворотных моментов ДР в плоскости ZY.

Уравнение движения дебалансных роторов:

$$J_i\ddot{\varphi}_{Бi} = M_{Дi} - M_{Ci} - M_{Бi}, \tag{7}$$

где $J_i = J_{Бi} + m_{Бi}\rho_{Бi}^2$ - моменты инерции ДР, приведенные к валам двигателей; $J_{Бi}$ – центральные моменты инерции ДР; $M_{Дi}$ – моменты приводных электродвигателей; M_{Ci} – моменты сопротивления ДР вследствие сухого и вязкого трения; $M_{Бi}$ – гармонические моменты сопротивления ДР.

Для трехроторной ВУ, показанной на рис.1.а уравнения вынуждающих сил и моментов будут иметь вид:

$$\Sigma F_X = F_{1X} + F_{2X} + F_{3X},$$

где $F_{iX} = m_{Бi}\rho_{Бi}(\ddot{\varphi}_{Бi}\cos\varphi_{Бi} + \dot{\varphi}_{Бi}^2\sin\varphi_{Бi})$ - проекции вынуждающих сил на ось X, ($i = 1, 2, 3$), 1-я составляющая – тангенциальная сила, 2-я составляющая – центробежная сила ДР.

$$\Sigma F_Y = F_{1Y}\cos\alpha_1 + F_{2Y}\cos\alpha_2 + F_{3Y},$$

где $F_{iY} = -m_{Бi}\rho_{Бi}(\ddot{\varphi}_{Бi}\sin\varphi_{Бi} + \dot{\varphi}_{Бi}^2\cos\varphi_{Бi})$ - проекции вынуждающих сил на ось Y, ($i = 1, 2, 3$).

$$\Sigma F_Z = F_{1Z}\sin\alpha_1 + F_{2Z}\sin\alpha_2,$$

где $F_{iZ} = m_{Бi}\rho_{Бi}(-\ddot{\varphi}_{Бi}\sin\varphi_{Бi} + \dot{\varphi}_{Бi}^2\cos\varphi_{Бi})$ - проекции вынуждающих сил на ось Z, ($i = 1, 2$).

$J_{0Y} = J_{ПY} + 2m_{Бi}r^2$ - общий момент инерции платформы относительно оси Y.

$$\Sigma M_Y = M_{1Y}\sin\alpha_1 + M_{2Y}\sin\alpha_2,$$

где $M_{iY} = m_{Бi}\rho_{Бi}r[\mp\ddot{\varphi}_{Бi}\sin(\varphi_{Бi} - \psi_П) \pm \dot{\varphi}_{Бi}{}^2\cos(\varphi_{Бi} - \psi_П)]$, ($i = 1, 2$), верхний знак из "+"/"-" соответствует $i = 1$, а нижний - $i = 2$.

$J_{0Z} = J_{ПZ} + 2m_{Бi}r^2$ - общий момент инерции платформы относительно оси Z.

$$\Sigma M_Z = M_{1Z}\cos\alpha_1 + M_{2Z}\cos\alpha_2,$$

где $M_{iZ} = m_{Бi}\rho_{Бi} r[\pm\ddot{\varphi}_{Бi}\sin(\varphi_{Бi} - \varphi_П) \mp \dot{\varphi}_{Бi}{}^2\cos(\varphi_{Бi} - \varphi_П)]$, ($i = 1, 2$), верхний знак из "+"/"-" соответствует для $i = 1$, а нижний - $i = 2$.

$$M_{Бi} = M_{БiY}\sin\alpha_i + M_{БiZ}\cos\alpha_i,$$

где $M_{БiZ} = m_{Бi}\rho_{Бi}[\ddot{y}_П\sin\varphi_{Бi} + g\sin\varphi_{Бi} - r(\ddot{\varphi}_П\sin(\varphi_{Бi} - \varphi_П) - \dot{\varphi}_П^2\cos(\varphi_{Бi} - \varphi_П))]$ - гармонические моменты сопротивления ДР относительно оси Z;

$M_{БiY} = m_{Бi}\rho_{Бi}[\ddot{z}_П\sin\varphi_{Бi} - r(\ddot{\psi}_П\sin(\varphi_{Бi} - \psi_П) - \dot{\psi}_П^2\cos(\varphi_{Бi} - \psi_П))]$ - гармонические моменты сопротивления ДР относительно оси Y, ($i = 1, 2$).

При иерархическом построении ЭМС в качестве ведущего выбран 3-й (средний) ротор, управляемый по скорости. Ведомыми, регулируемыми по положению относительно ведущего ДР, являются роторы 1,2 с изменяемыми углами наклона осей вращения. Исследования проводились при условиях $\alpha_1 = \alpha_2 = \alpha$, $\theta_{13} = -\theta_{23} = \theta$ и следующих конструктивных параметрах - $m_{Б1} = m_{Б2} = m_Б$ и $m_{Б3} = 2m_Б$, что обеспечивает расширенный диапазон колебательных режимов. Модификацией данного вибростенда является конструкция трехроторной ВУ со средним поворотным ротором, обладающая большинством свойств рассматриваемой структуры при более простом построении ЭМС [10].

Четырехроторная установка, представленная на рис.1.б, является ВУ с крестообразной схемой расположения роторов, рассмотренной в [8]. Исследования проводились при $m_{Б1} = m_{Б2} = m_{Б3} = m_{Б4}$. Введение дополнительной системы регулирования углов наклона ДР 1,2 обеспечивает управление колебаниями по шести координатам. При этом уравнения вынуждающих сил и моментов примут следующий вид:

$$\Sigma F_X = F_{1X} + F_{2X},$$

где $F_{iX} = m_{Бi}\rho_{Бi}(\ddot{\varphi}_{Бi}\cos\varphi_{Бi} + \dot{\varphi}_{Бi}^2\sin\varphi_{Бi})$ - проекции вынуждающих сил на ось X, ($i = 1, 2$), 1-я составляющая – тангенциальная сила, 2-я составляющая – центробежная сила ДР.

$$\Sigma F_Y = F_{1Y}\cos\alpha_1 + F_{2Y}\cos\alpha_2 + F_{3Y} + F_{4Y},$$

где $F_{iY} = -m_{Бi}\rho_{Бi}(\ddot{\varphi}_{Бi}\sin\varphi_{Бi} + \dot{\varphi}_{Бi}^2\cos\varphi_{Бi})$ - проекции вынуждающих сил на ось Y, ($i = 1, 2, 3, 4$).

$$\Sigma F_Z = F_{1Z}\sin\alpha_1 + F_{2Z}\sin\alpha_2 + F_{3Z} + F_{4Z},$$

где $F_{iZ} = m_{Бi}\rho_{Бi}(-\ddot{\varphi}_{Бi}\sin\varphi_{Бi} + \dot{\varphi}_{Бi}^2\cos\varphi_{Бi})$ - проекции вынуждающих сил на ось Z, ($i = 1, 2$).

$F_{iZ} = m_{Бi}\rho_{Бi}(\ddot{\varphi}_{Бi}\cos\varphi_{Бi} + \dot{\varphi}_{Бi}^2\sin\varphi_{Бi})$ - проекции вынуждающих сил на ось Z, ($i = 3, 4$).

$J_{0X} = J_{ПX} + 2m_{Бi}h^2$ - общий момент инерции платформы относительно оси Y.

$$\Sigma M_X = M_{3X} + M_{4X},$$

где $M_{iX} = m_{Бi}\rho_{Бi}h[\mp\ddot{\varphi}_{Бi}\sin(\varphi_{Бi} - \chi_{П}) \pm \dot{\varphi}_{Бi}{}^{2}\cos(\varphi_{Бi} - \chi_{П})], (i = 3, 4)$, причем верхний знак из "+"/"-" действителен для $i = 3$, а нижний знак для $i = 4$.

$J_{0Y} = J_{ПY} + 2m_{Бi}r^{2} + 2m_{Бi}h^{2}$ - общий момент инерции платформы относительно оси Y.

$$\Sigma M_{Y} = M_{1Y}\sin\alpha_{1} + M_{2Y}\sin\alpha_{2},$$

где $M_{iY} = m_{Бi}\rho_{Бi}r[\mp\ddot{\varphi}_{Бi}\sin(\varphi_{Бi} - \psi_{П}) \pm \dot{\varphi}_{Бi}{}^{2}\cos(\varphi_{Бi} - \psi_{П})], (i = 1, 2)$, причем верхний знак из "+"/"-" действителен для $i = 1$, а нижний знак для $i = 2$.

$J_{0Z} = J_{ПZ} + 2m_{Бi}r^{2}$ - общий момент инерции платформы относительно оси Z.

$$\Sigma M_{Z} = M_{1Z}\cos\alpha_{1} + M_{2Z}\cos\alpha_{2},$$

где $M_{iZ} = m_{Бi}\rho_{Бi}r[\pm\ddot{\varphi}_{Бi}\sin(\varphi_{Бi} - \varphi_{П}) \mp \dot{\varphi}_{Бi}{}^{2}\cos(\varphi_{Бi} - \varphi_{П})], (i = 1, 2)$, причем верхний знак из "+"/"-" действителен для $i = 1$, а нижний знак для $i = 2$.

$$M_{Бi} = M_{БiX} + M_{БiY} + M_{БiZ},$$

где $M_{БiX} = M_{БiX}, (i = 3, 4)$; $M_{БiY} = M_{БiY}\sin\alpha_{i}, (i = 1, 2)$; $M_{БiZ} = M_{БiZ}\cos\alpha_{i}, (i = 1, 2)$;

$M_{БiX} = m_{Бi}\rho_{Бi}[\ddot{y}_{П}\sin\varphi_{Бi} + \ddot{z}_{П}\cos\varphi_{Бi} + g\sin\varphi_{Бi} \mp h(\ddot{\chi}_{П}\sin(\varphi_{Бi} - \chi_{П}) \mp \dot{\chi}_{П}^{2}\cos(\varphi_{Бi} - \chi_{П}))]$

- гармонические моменты сопротивления ДР относительно оси X, причем верхний знак из "+"/"-" действителен для $i = 3$, а нижний знак для $i = 4$;

$M_{БiY} = m_{Бi}\rho_{Бi}[\ddot{x}_{П}\sin\varphi_{Бi} + \ddot{z}_{П}\cos\varphi_{Бi} \mp r(\ddot{\psi}_{П}\sin(\varphi_{Бi} - \psi_{П}) \mp \dot{\psi}_{П}^{2}\cos(\varphi_{Бi} - \psi_{П}))]$ - гармонические моменты сопротивления ДР относительно оси Y, причем верхний знак из "+"/"-" действителен для $i = 1$, а нижний знак для $i = 2$;

$M_{БiZ} = m_{Бi}\rho_{Бi}[\ddot{y}_{П}\sin\varphi_{Бi} + \ddot{x}_{П}\cos\varphi_{Бi} + g\sin\varphi_{Бi} \mp r(\ddot{\varphi}_{П}\sin(\varphi_{Бi} - \varphi_{П}) \mp \dot{\varphi}_{П}^{2}\cos(\varphi_{Бi} - \varphi_{П}))]$ - гармонические моменты сопротивления ДР относительно оси Z, причем верхний знак из "+"/"-" действителен для $i = 1$, а нижний знак для $i = 2$.

На рис. 2 представлены *динамические структурные схемы (ДСС)* трех- (рис.3.а) и четырехроторной (рис.3.б) ВУ, построенные согласно уравнениям динамики (1, …, 7) с соответствующими линейными ($x_{П}, y_{П}, z_{П}$) и угловыми ($\chi_{П}, \psi_{П}, \varphi_{П}$) перемещениями платформы. В ДСС выделены базовые модули структурных подсистем ЭМС ВУ: ДСС платформы по координатным осям, ДСС вибровозбудителей и система управления ЭП.

Система управления ЭП разделена на два уровня: верхний – технологический, осуществляющий формирование рабочих режимов ВУ и нижний – электромеханический, объектом управления которого являются двигатели. Нижний уровень включает *системы автоматического регулирования скоростей (САРС) и положений (САРП)* индивидуальных приводов ДР. Электромеханический уровень является объектом управления для технологического уровня системы, вырабатывающего задающие воздействия на входы САРС и САРП согласно заложенным алгоритмам управления. Функционально различающиеся уровни системы управления конструктивно могут выполняться из раздельных блоков или в виде объединенного устройства управления с программируемым контроллером [4,5].

Рекомендации по синтезу и режимной настройке регуляторов нижнего уровня (САРС и САРП), а также способы оптимизации параметров работы ВУ были даны в [6,7].

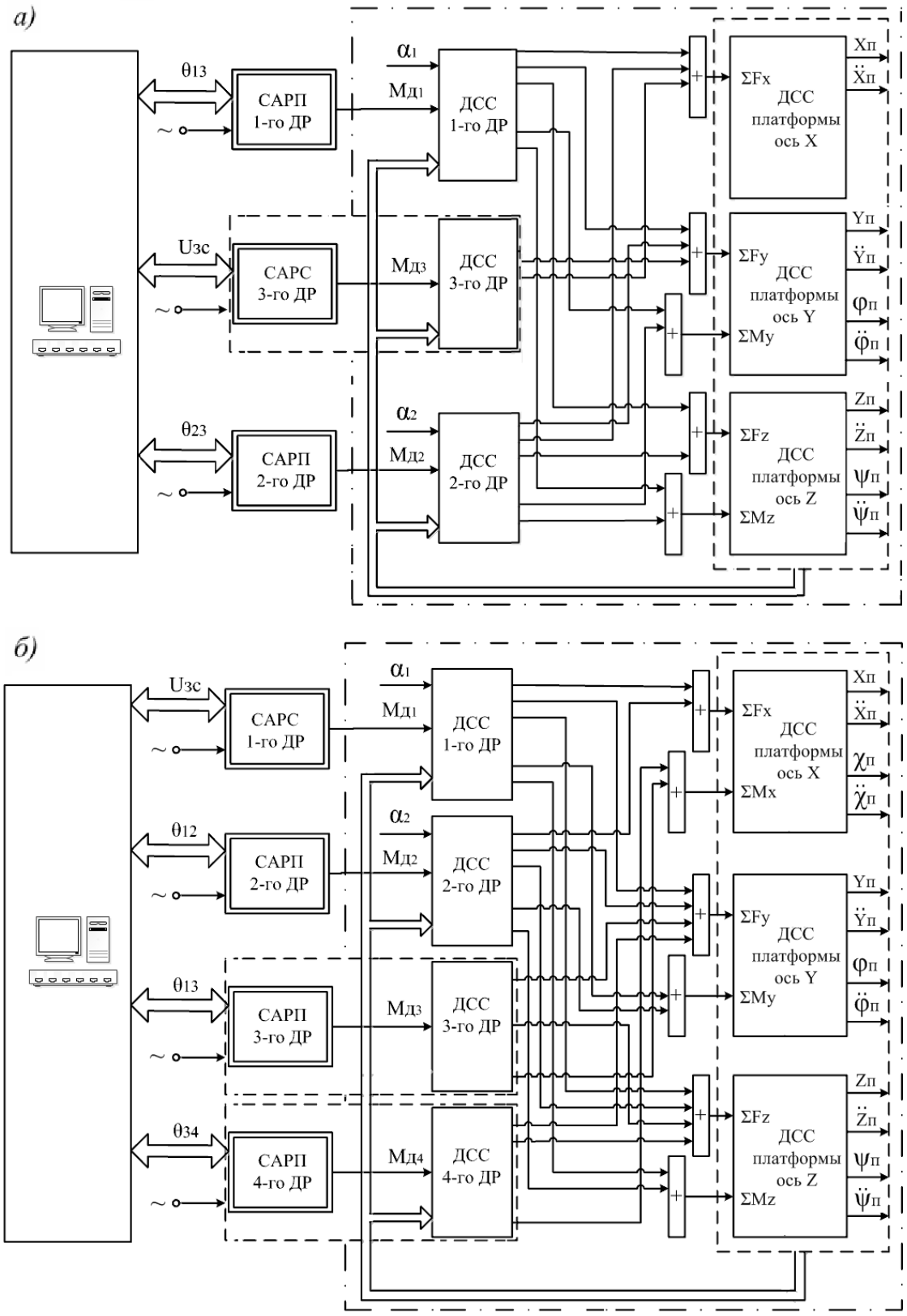

Рис. 2. *Динамические структурные схемы ЭМС ВУ*

На рис. 3 и 4 представлено формирование алгоритмов управления для трехроторной виброустановки. Методика разработки мехатронного управления ЭМС ВУ приведена в [9] и включает следующие этапы:

- прямой синтез управления ЭМС (определение выходных координат по задающим сигналам);
- обратный синтез управления ЭМС (определение задающих сигналов по выходным координатам);
- формирование алгоритмов управления заданного технологического режима ВУ;
- реализация полученных алгоритмов аппаратным или программным путем;
- многофакторное имитационное исследование динамики ЭМС ВУ.

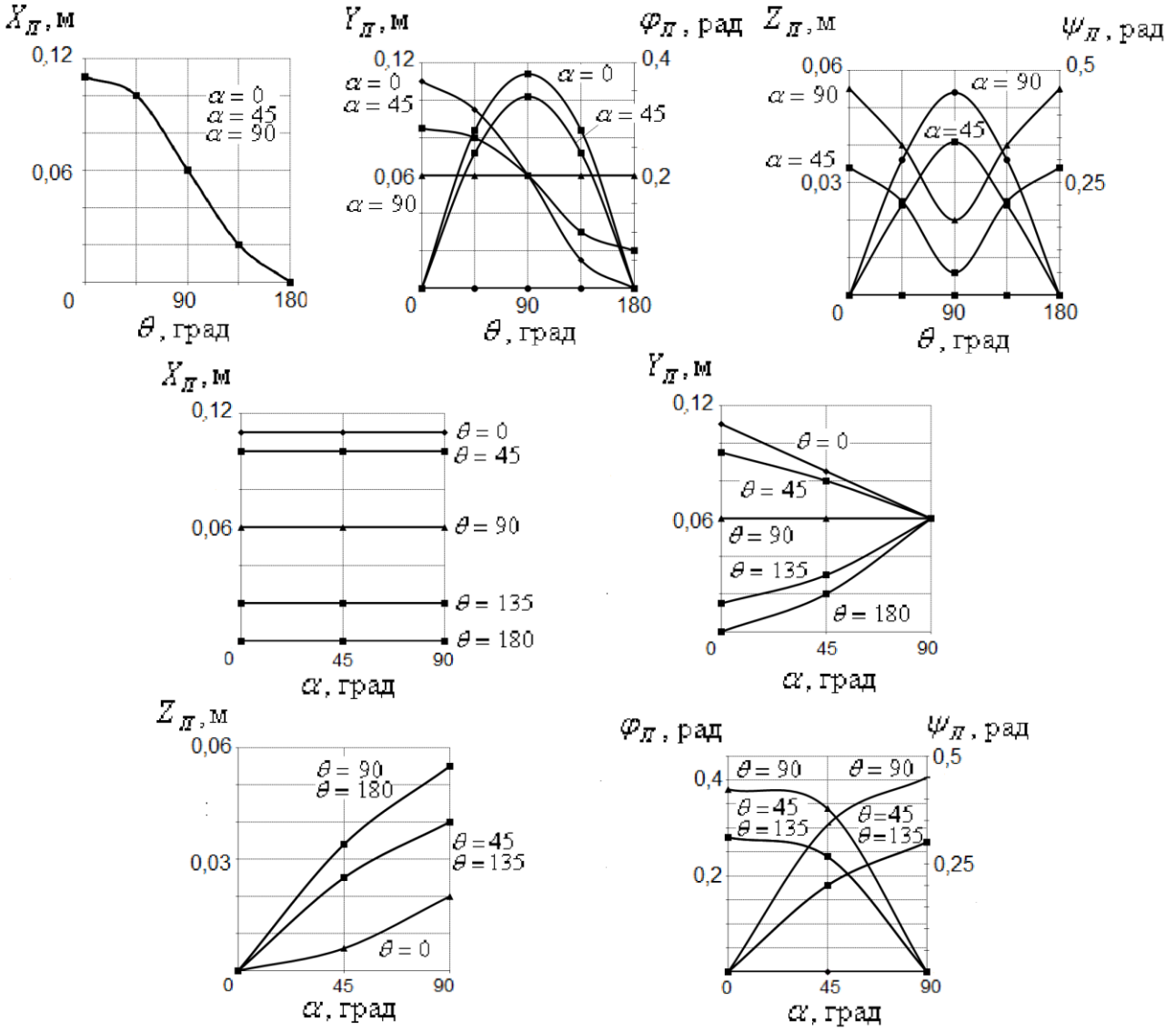

Рис. 3. *Зависимости регулируемых параметров при прямом синтезе управления трехроторной ЭМС ВУ*

При анализе результатов компьютерных исследований имитационных моделей ЭМС ВУ в MATLAB-Simulink на первом этапе были определены возможные колебательные режимы работы рассматриваемых систем и получены зависимости выходных параметров

плоскостных и пространственных колебаний РО ВУ от величин задающих воздействий системы управления.

При обратном синтезе по результатам первого этапа построены номограммы управления ВУ, связывающие задающие воздействия с выходными координатами РО, позволяющие формировать алгоритмы системы управления для заданных режимов работы ВУ с необходимыми параметрами вибрации РО.

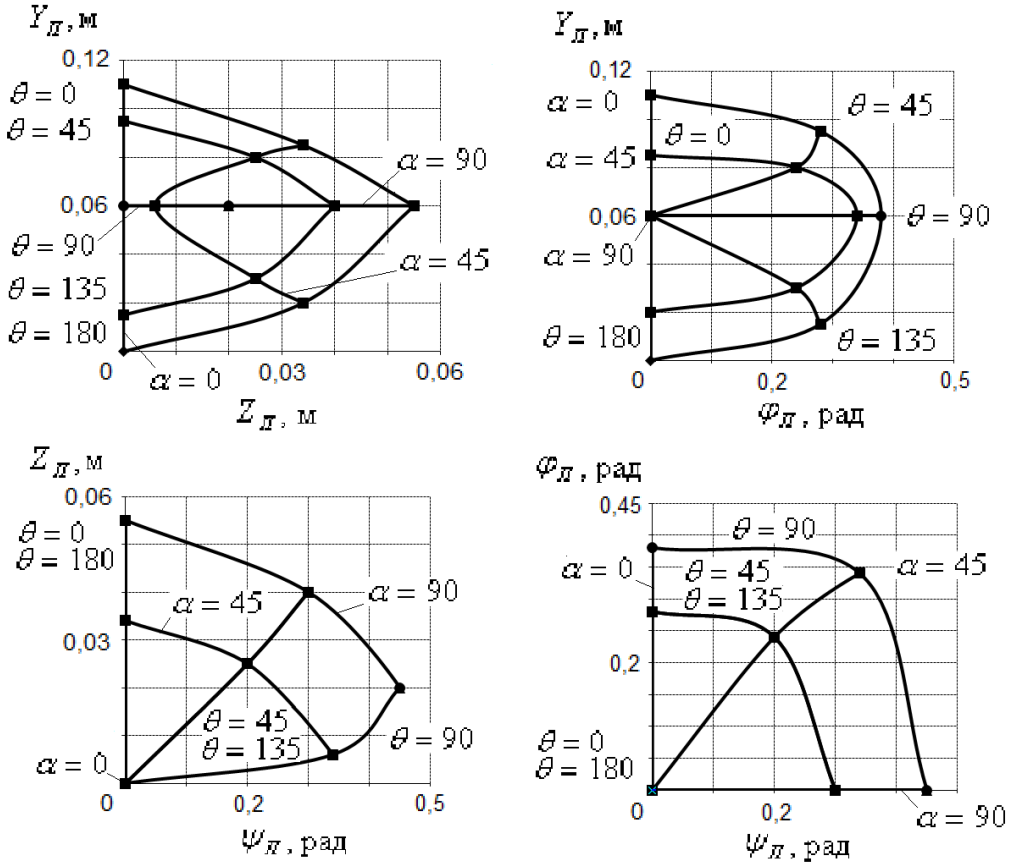

Рис. 4. *Зависимости регулируемых параметров при обратном синтезе управления трехроторной ЭМС ВУ*

Вывод: Реализация требуемых технологических режимов ВУ с получением управляемых плоскостных и пространственных колебаний рабочих органов достигается путем создания адекватного математического описания ЭМС, рационального выбора способов построения и оптимизации динамики систем автоматического регулирования, а также формирования эффективных алгоритмов управления взаимосвязанными ЭМС агрегатов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Блехман И.И. Вибрационная механика. – М.: Физматлит, 1994. – 400 с.
2. Лавендел Э.Э. Вибрации в технике: Справочник. В 6-ти т. – М.: Машиностроение, 1981. Т.4. – 509с.
3. Управление мехатронными вибрационными установками / Б.Р.Андриевский [и др.]; под ред. И.И. Блехмана и А.Л. Фрадкова. – СПб.: Наука, 2001. – 278 с.
4. Белов М.П. Инжиниринг электроприводов и систем автоматизации. – М.: Академия, 2006. – 368с.
5. Терехов В.М., Осипов О.И. Системы управления электроприводов. – М.: Академия, 2008, - 304с.
6. Шестаков В.М. Динамика автоматизированных электромеханических систем вибрационных установок / В.М. Шестаков, А.Е. Епишкин. – СПб.: СПбГПУ, 2005. – 94с.
7. Шестаков В.М. Динамика взаимосвязанных электромеханических систем многороторных вибрационных установок / В.М. Шестаков, А.Е. Епишкин, В.А. Шаряков. – СПб.: СПбГПУ, 2009. – 108с.
8. Епишкин А.Е., Шестаков В.М. Взаимосвязанные электромеханические системы четырехроторных вибрационных установок // Электричество. 2011. №2. с.64-68.
9. Шестаков В.М., Белокузов Е.В., Епишкин А.Е. Синтез законов управления режимами работы автоматизированных вибрационных установок // Электричество. 2013. №11. с.31-35.
10. Белокузов Е.В., Шестаков В.М. Исследование и оптимизация динамики трехроторной вибрационной установки со средним поворотным ротором // Интернет-журнал «Науковедение», 2014 №1 (20) [Электронный ресурс] - М.: Науковедение, 2014. URL: http://naukovedenie.ru/PDF/54TVN114.pdf (дата обращения: 20.02.2014).
11. Разработка, изготовление и исследование электромеханической системы учебно-исследовательской вибрационной установки // Отчет по НИР, тема №2.1-589 ФЦП "Интеграция", ИПМАШ РАН, СПб, 1998.

Рецензент: Ефимов Александр Андреевич, профессор кафедры управления в технических системах Санкт-Петербургского государственного университета аэрокосмического приборостроения, доктор технических наук, Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения (ГУАП).

Evgeniy Belokuzov
St. Petersburg State Polytechnical University, Institute of Machine-Building
Russia, Saint-Petersburg
E-Mail: be1389@mail.ru

Vyacheslav Schestakov
St. Petersburg State Polytechnical University, Institute of Machine-Building
Russia, Saint-Petersburg
E-Mail: atkip@zavod-vtuz.ru

Principles for control of automated multi-drive vibration installations

Abstract: The increase in working area and stabilization of the vibrational modes are one of big subjects in the field of designing of new industrial multi-rotor vibration installations which are providing the ability of movement with several degrees of freedom to the working bodies. Modern multi-drive vibration test rigs which are generating a wide range of vibrational modes allow more accurately recreate actual real-life conditions of the studied objects. Multi-rotor vibration installations are characterized by complex mechanics (kinematics) of the systems, so to solve the assigned tasks and ensure the high-quality of their functioning requires the creation of adequate mathematical description of the electromechanical systems, unified methods for building and optimization the dynamics of automatic control systems, and development of effective algorithms for control of mechatronic units. The article offers the structured mathematical models, rational principles for control and results of multi-factor simulating the interconnected electromechanical systems of multi-rotor vibration installations. The results of computer researches show that the application of rational control algorithms allows improving energy performance and quality of parameters the quasi-steady operating conditions of installations. The findings and recommendations are intended to the system for designing of a high-performance vibration installations and test rigs for different purposes with a wide range of controlled planar and spatial oscillations of the working bodies.

Keywords: Vibration installations; controlled oscillations; electromechanical systems; automated electro drives; principles for control; mathematical models; methods for building and optimization the dynamics; algorithms for control; computer researches; recommendations for system of design.

Identification number of article 57TVN214

REFERENCES

1. Blekhman I.I. Vibrating mechanics. - M: Физматлит, 1994. - 400 pages.
2. Lavendel E.E. Vibrations in equipment: Directory. In 6 t. - M: Mechanical engineering, 1981. T.4. - 509c.
3. Management mekhatronny vibrating installations / B.R.Andriyevsky [etc.]; under the editorship of I.I.Blekhman and A.L.Fradkov. - SPb.: Science, 2001. - 278 pages.
4. Belov M.P. Engineering of electric drives and automation systems. - M: Academy, 2006. - 368c.
5. Terekhov V. M., Osipov O. I. Control systems of electric drives. - M: Academy, 2008, - 304c.
6. Shestakov V. M. Dynamics of the automated electromechanical systems of vibrating installations / Century M. Shestakov, A.E.Epishkin. - SPb.: СПбГПУ, 2005. - 94c.
7. Shestakov V. M. Dynamics of the interconnected electromechanical systems of multirotor vibrating installations / Century M. Shestakov, A.E.Epishkin,

V.A.Sharyakov. - SPb.: To SPBGP, 2009. - 108c.

8. Epishkin A.E., Shestakov V. M. The interconnected electromechanical systems of four-rotor vibrating installations//the Electricity. 2011. No. 2. page 64-68.
9. Shestakov V. M., Belokuzov E.V., Epishkin A.E. Synthesis of laws of management by operating modes of the automated vibrating installations//the Electricity. 2013. No. 11. page 31-35.
10. Belokuzov E.V., Shestakov V. M. Research and optimization of dynamics of three-rotor vibrating installation with an average rotary rotor//the Naukovedeniye Internet magazine, 2014 No. 1 (20) [An electronic resource] - M: Naukovedeniye, 2014. URL: http://naukovedenie.ru/PDF/54TVN114.pdf (address date: 2/20/2014).
11. Development, manufacturing and research of electromechanical system of educational and research vibrating installation//Report on NIR, subject No. of 2.1-589 FTsP “integratsiya”, ИПМАШ Russian Academy of Sciences, SPb, 1998.