

Рецензент: В.М. Оленів, к.військ.н., проф., Військова академія (м.Одеса)

ПРОБЛЕМЫ ЗАЩИТЫ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ В ВООРУЖЕННЫХ СИЛАХ УКРАИНЫ

Б.А. Демьянчук, В.Г. Головань, В.И. Дяченко, Ж.А. Хижняк

Осуществляется анализ актуальных проблем системной организации действительной правовой защиты изобретений путем: финансового обеспечения процедуры патентования разработок военными заведениями; объективной экспертизы качества изобретений во время проведения Всеармейских конкурсов; создания системы внедрения изобретений. Предложена оригинальная методика экспертного согласованного сравнения изобретений независимыми экспертами во время проведения Всеармейских конкурсов.

Ключевые слова: правовая защита интеллектуальной собственности, патентование разработок военными заведениями, экспертиза качества изобретений, система внедрения изобретений, методика экспертного согласованного сравнения изобретений.

PROBLEMS OF INTELLECTUAL PROPERTY'S DEFENCE IN UKRAINIAN ARMED FORCES

B.O. Demyanchuk, V.G. Golovan, V.I. Dyachenko, Z.O. Khyzhnyak

The analysis of the nowadays system organization of legal defense of inventions is carried out by a way: financial providing of the procedure of patenting developments by soldiery establishments; objective examination of of the inventions' quality during the leadthrough of the Vsearmeyskikh competitions; creation the system of the inventions' introduction. The original method of the expert concerted comparison of inventions by independent experts during the Vsearmeyskikh competitions is offered.

Keywords: legal defense of intellectual property, patenting of developments by soldiery establishments, examination of the inventions' quality, the system of the inventions' introduction, method of the expert concerted comparison of inventions

УДК 621.316.79:621.576

О.Я. Карпович, к.т.н.¹,

О.А. Онищенко, д.т.н.², проф.

¹Одесская национальная академия пищевых технологий, Украина

²Военная академия (г. Одесса), Украина

СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОПРИВОДОМ ГЕРМЕТИЧНОГО КОМПРЕССОРА ХОЛОДИЛЬНОЙ УСТАНОВКИ С РАСШИРЕННЫМ ДИАПАЗОНОМ РЕГУЛИРОВАНИЯ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ГЕРМЕТИЧНЫХ ОДНОПОРШНЕВЫХ КОМПРЕССОРОВ СРЕДСТВАМИ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО УПРАВЛЕНИЯ

Представлена новая методика, обеспечивающая, при введении в систему регулируемого электропривода герметичного компрессора средств адаптивного управления, расширение диапазона регулирования холодопроизводительности в два-три раза при одновременном снижении уровней пульсаций частоты вращения компрессора.

Ключевые слова: герметичный однопоршневой компрессор – Адаптивная система – Регулируемый электропривод.

Введение. В настоящее время существенно возрос интерес исследователей и производителей холодильного оборудования к системам регулирования холодопроизводительности средствами автоматизированного электропривода (АЭП) [1]. Основная проблема при регулировании производительности однопоршневых герметичных компрессоров малых холодильных установок заключена в невозможности обеспечения относительно низких частот их вращения [2].

При снижении производительности таких компрессоров средствами АЭП, запас кинетической энергии перемещающихся масс кривошипно-шатунного (КШМ) или кривошипно-кулисного механизма снижается, пульсации частоты вращения резко возрастают и, при уже относительно небольших изменениях производительности компрессора в сторону ее уменьшения ($D=1/3 \dots 1/4$), компрессор останавливается.

Понятно, что решение задачи обеспечения работоспособности герметичного однопоршневого компрессора при сниженной его производительности весьма актуально и сводится к расширению диапазона регулирования частоты вращения герметичного компрессора.

Основная часть. Известно, что применение адаптивных систем позволяет эффективно осуществлять управление электроприводами в условиях изменяющихся параметров и статических нагрузок.

Один из наиболее простых и эффективных способов основан на применении в контуре управления явной эталонной модели (ЯЭМ) желаемой динамики электропривода с формированием бесперебойной сигнальной самонастройки (ССН) регулятора основной координаты. Типовая структурная схема такой системы автоматизированного управления (САУ) приведена на рис. 1.

Из структурной схемы (рис. 1) можно записать для выходной координаты $y(s)$:

$$y(s) = \frac{x_1(s) \cdot W_P(s) \cdot W_O(s) \cdot (1 + W_K(s)) \times \dots \rightarrow}{(1 + W_{OC}(s) \cdot W_P(s) \cdot W_O(s)) \times \dots \rightarrow} \times \frac{W_{ЭМ}(s) - F(s) \cdot W_O(s)}{(1 + W_K(s))} \quad (1)$$

При $W_K(s) = k_k \rightarrow \infty$, получим:

$$y(s) = x_1(s) \cdot W_{ЭМ}(s) / W_{OC}(s), \quad (2)$$

т.е. выходная координата $y(s)$ становится нечувствительной к действию на объект управления $W_O(s)$ возмущений – абсолютно инвариантна к $F(s)$.

Теория адаптивного управления показывает, что в системах с ССН и ЯЭМ проявляются свойства робастности – нечувствительности к изменениям параметров объекта управления $W_O(s)$. Пусть основной контур $W_P(s) - W_O(s) - W_{OC}(s)$ настроен на симметричный оптимум, содержит малую некомпенсируемую постоянную времени T_T и постоянную времени T_O (рис. 2), а перед задающим входом установлен входной фильтр. Так, при $T_T=0,1$ с, $T_O=0,2$ с, $K_{OC}=0,1$, $W_K(s) = k_k \rightarrow \infty$ и $T_{OC} = 0$, динамические и статические показатели системы полностью соответствуют свойствам примененной ЯЭМ ($W_{ЭМ}(s) = K_{ЭМ} / (T_{ЭМ} \cdot s + 1)$), а гармонические возмущения $F(s)$ высокой амплитуды и частоты, также как и изменения параметров $W_O(s)$, не оказывают заметного влияния на выходную координату (рис. 3).

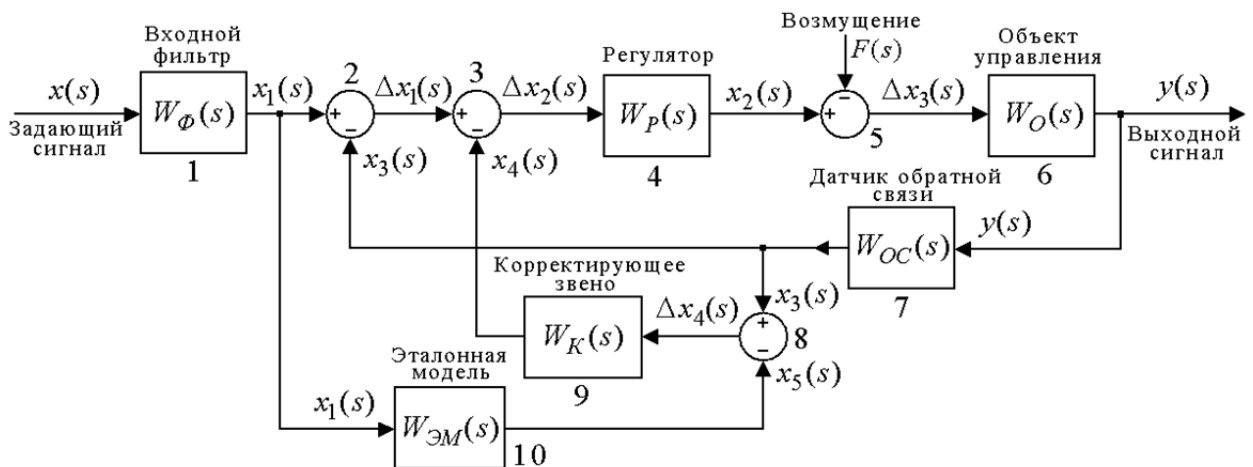


Рис. 1 – Структурная схема адаптивной идеализированной системы с явной эталонной моделью в контуре управления

Очевидно, что столь высокого качества результаты могут быть получены только в идеализированном случае (бесконечно большой коэффициент усиления корректирующего звена, отсутствие нелинейностей в контурах, бесконечно большие амплитуды сигналов) и противоречат принципу Эшби о физической реализуемости.

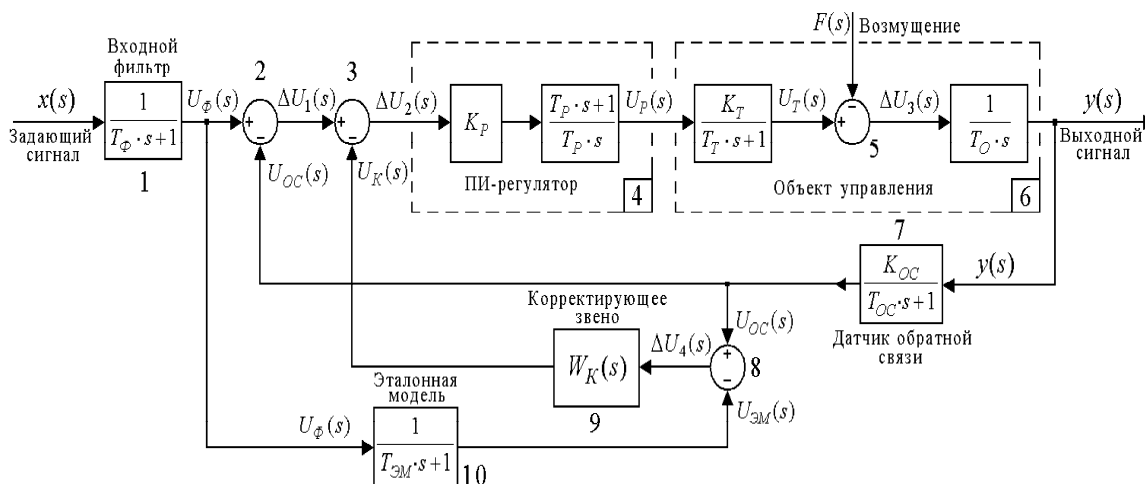


Рис. 2 – Структурная схема адаптивной системы с явной эталонной моделью в контуре управления и инерционной обратной связью

В исследовании установлено, что известная идеология построения адаптивных систем с ССН и ЯЭМ практически перестает выполняться при наличии в системе управления инерционной обратной связи, сопоставимой с инерционностью основного контура.

Проведенный анализ систем с ССН и ЯЭМ показал, что если цепь главной отрицательной обратной связи обладает фильтрующими свойствами, то система, настроенная, например, на симметричный оптимум, теряет устойчивость. Для восстановления устойчивости требуется резкое снижение коэффициента усиления корректирующего звена k_k и, в результате, исчезают свойства робастности и частичной инвариантности системы к возмущениям.

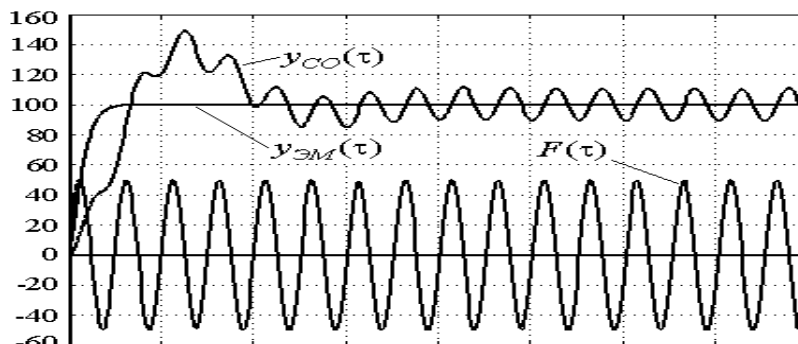


Рис. 3 – Реакция на периодическое возмущение $F(\tau)$: $u_{СО}(\tau)$ – при настройке на симметричный оптимум; $u_{ЭМ}(\tau)$ – при прежней настройке, но с адаптивной системой с ССН и ЯЭМ при $T_{OC} = 0$ и $W_K(s) = k_k = 10^{16}$

При обеспечении работы на границе устойчивости, система с ССН, ЯЭМ и инерционной обратной связью переходит в скользкий режим и, если в контурах управления присутствуют нелинейные звенья типа «Ограничение», то исчезают астатические свойства системы по задающему и возмущающему воздействиям.

Некоторые известные технические реализации АЭП компрессора [3] содержат совмещенный импульсный датчик положения и скорости, где для формирования отрицательной обратной связи по частоте вращения применена схема учетверения импульсов с фильтром Баттерворта. Такой способ

организации отрицательной обратной связи по скорости обладает инерционностью порядка $T_{OC} \approx 0,022$ с, доминирующей во всей системе управления компрессором.

Таким образом, применение известных принципов адаптивного управления с ССН и ЯЭМ в контуре управления АЭП и задержанной отрицательной обратной связью по частоте вращения для регулируемых по производительности однопоршневых компрессоров становится практически невозможным.

Проведем анализ известного решения. Для замкнутой системы (рис. 2) при $F(s) = 0$, $T_{OC} = 0$ и конечном, но достаточно большом значении k_k (10^{16}) построим ЛАЧХ – логарифмические амплитудно-частотные характеристики (см. рис. 4) по задающему и возмущающему каналам, причем выходом является безынерционный сигнал датчика обратной связи γ и, с целью упрощения анализа, ЯЭМ по прежнему описывается аperiodическим звеном $W_{ЭМ}(s) = K_{ЭМ}/(T_{ЭМ} \cdot s + 1)$.

Из анализа ЛАФЧХ системы с разорванной цепью ССН ($k_k = 0$, $T_{OC} = 0$), приведенных на рис. 4, графики 1, следует, что уже в диапазоне частот возмущений $1 \dots 10$ рад/с система достаточно быстро приближается к границе устойчивости и не в состоянии их эффективно подавлять. Из графиков 2 рис. 4 видно, что ЛАФЧХ (в зоне низких и средних частот) идеализированной замкнутой системы с ССН и ЯЭМ (наклоны 0 , -20 дБ/дек – по заданию, и $+20$ дБ/дек – по возмущению) обладает абсолютной устойчивостью, а фазовый сдвиг (рис. 4, а, граф. 2) не превышает 90° во всем диапазоне частот. Т.е. такая система обладает свойствами аperiodического звена первого порядка и любой сигнал, находящийся в полосе пропускания частот такого фильтра, пройдет на выход без искажений. При этом возмущения, приложенные к идеализированной системе с ССН и ЯЭМ (при $k_k \rightarrow \infty$ – любой амплитуды и частоты), будут эффективно подавлены (см. рис. 4, б, граф. 2), а на выходе установится сигнал, определяемый уровнем сигнала задания.

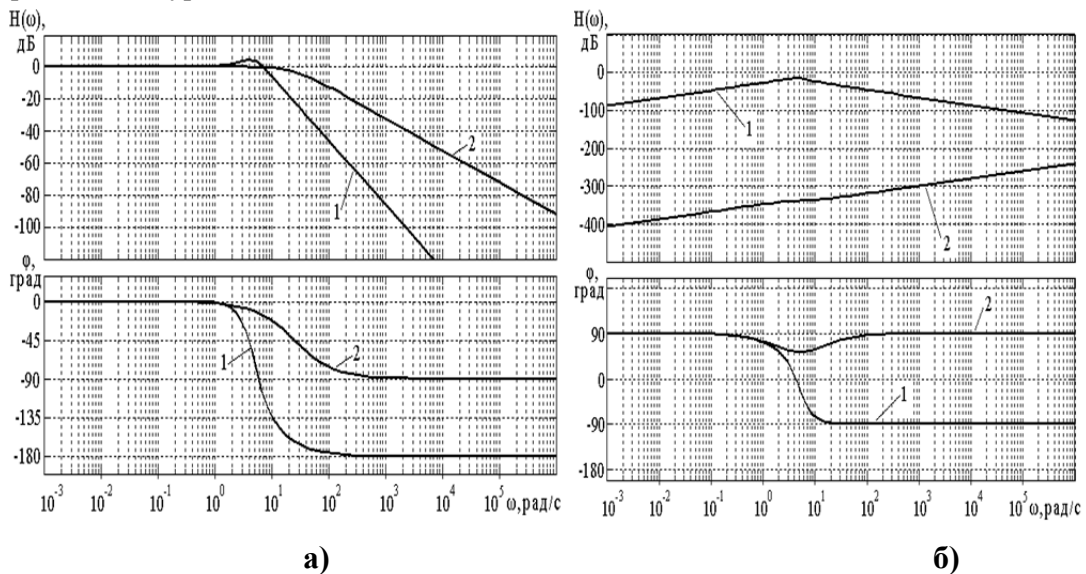


Рис. 4 – ЛАФЧХ идеализированной САУ (при $T_{OC} = 0$ и $W_K(s) = k_k = 10^{16}$) по заданию (а) и возмущению (б): 1 – при разрыве цепи ССН; 2 – с цепью ССН

Понятно, что установившееся значение (при $s = 0$) выходной координаты в системе с ССН и ЯЭМ будет определяться выражением:

$$y_{уст} = x_{зад} \cdot K_{ЭМ}/K_{OC}, \quad (3)$$

где $K_{ЭМ}$ и K_{OC} – коэффициенты передачи эталонной модели и датчика обратной связи.

Предлагается методика синтеза цепи корректирующей обратной связи. Из анализа структурных схем, приведенных на рис. 1 и рис. 2, следует, что передаточная функция (ПФ) замкнутой системы $W_{зам.эм}(s)$ с ССН и ЯЭМ при $F(s) = 0$ равна:

$$W_{3AM.ЭМ}(s)|_{F(s)=0} = \frac{W_P(s) \cdot W_O(s) \times \dots \rightarrow}{1 + W_{OC}(s) \cdot W_P(s) \times \dots \rightarrow} \times \frac{(1 + W_K(s) \cdot W_{ЭМ}(s))}{\times W_O(s) \cdot (1 + W_K(s))}. \quad (4)$$

Из (4) ПФ корректирующего звена, получим:

$$W_K(s) = \frac{W_{3AM.ЭМ}(s) \cdot (W_{OC}(s) \cdot W_P(s) \times \dots \rightarrow)}{W_P(s) \cdot W_O(s) \cdot (W_{ЭМ}(s) - \dots \rightarrow)} \times \frac{W_O(s) + 1 - W_P(s) \cdot W_O(s)}{-W_{3AM.ЭМ}(s) \cdot W_{OC}(s)}. \quad (5)$$

В (5) $W_P(s)$, $W_O(s)$ и $W_{OC}(s)$ определяются настройкой на симметричный оптимум и параметрами исходной системы.

Аналитическому определению динамических свойств и установлению требований к ЭМ для различных типов САУ посвящен обширный ряд исследований и в настоящее время не существует однозначных рекомендаций по их выбору. Тем не менее, можно утверждать, что динамические свойства ЯЭМ в системе с ССН должны быть близки к свойствам настроенного замкнутого контура САУ, функционирующей в номинальных невозмущенных условиях. И, если не требовать от системы управления предельного быстродействия, можно принять, что ЯЭМ должна описываться процессами, близкими к процессам в замкнутой невозмущенной системе и с результирующим коэффициентом передачи $K_{ЭМ} = 1$, определенным из (3). В ходе исследования установлено, что если динамические свойства ЯЭМ будут более инерционными, чем у настроенного контура, функционирующего без ССН, то коррекция становится неэффективной, а если динамические свойства ЯЭМ обладают очень «быстрой» динамикой, то система с ССН теряет устойчивость. Поэтому зададимся желаемыми свойствами ПФ–ЯЭМ, определенными из ПФ невозмущенного контура, настроенного на симметричный оптимум с входным фильтром:

$$W_{CO}(s) = \frac{(T_T \cdot s + 1)}{K_{OC}} \cdot \frac{1}{(32T_T^4 \cdot s^4 + \dots \rightarrow \dots \rightarrow + 64T_T^3 \cdot s^3 + 32T_T^2 \cdot s^2 + 8T_T \cdot s + 1)}, \quad (6)$$

и приняв $T_{ЭМ} = T_T/m$, при $m \in (2 \dots 10)$ и $T_{\phi} = 8T_{ЭМ}$, с учетом выполнения условия (3), получим:
– ПФ замкнутой системы с ЯЭМ и ССН:

$$W_{3AM.ЭМ}(s) = K_{OC}^{-1} \left(\frac{T_T}{n} \cdot s + 1 \right)^k, \quad (7)$$

где $n > 1$, а $k = 2, 3, \dots$

Подставляя (7) и (8) в (5), при рассчитанной ПФ ПИ-регулятора и известных ПФ объекта и инерционного датчика обратной связи, получаем решение следующего вида:

$$W_K(s) = (T_D \cdot s) \cdot W_{П}(s) \approx T_D \cdot s, \quad (8)$$

где $W_{П}(s)$ – ПФ влиянием которой пренебрегаем.

Так, при $m = k = n = 4$, $T_T = 0,1$ с, $T_O = 0,2$ с, $K_{OC} = 0,1$, $T_{OC} = 0,1$ с получаем:

$$W_{ЭМ}(s) = \frac{(0,025 \cdot s + 1)}{(1,25 \cdot 10^{-5} \cdot s^4 + 1 \cdot 10^{-3} \cdot s^3 + \dots \rightarrow \dots \rightarrow + 0,02 \cdot s^2 + 0,2 \cdot s + 1)}. \quad (9)$$

$$W_{ЗАМ.ЭМ}(s) = \frac{1/0,1}{(0,025 \cdot s + 1)^4}, \quad (10)$$

и, после соответствующей подстановки, получаем значение $T_D=10$ с.

Динамические процессы, рассчитанные для такой системы (рис. 2) при гармоническом возмущении $F(\tau)$ приведены на рис. 5.

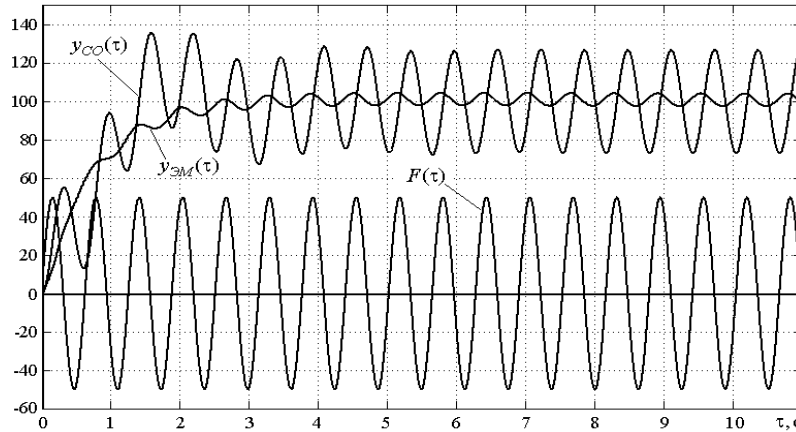


Рис. 5 – Реакция на периодическое возмущение $F(\tau)$: $y_{ССН}(\tau)$ – при настройке на симметричный оптимум; $y_{ЭМ}(\tau)$ – при настройке на симметричный оптимум при $T_{OC} = T_T$ в адаптивной системе с ССН и ЯЭМ по (9) и $W_K(s) = T_D \cdot s$

Нормированные к безынерционному выходу ЛАФЧХ (замкнутая система, зона низких и средних частот) по задающему и возмущающему каналам – на рис. 6.

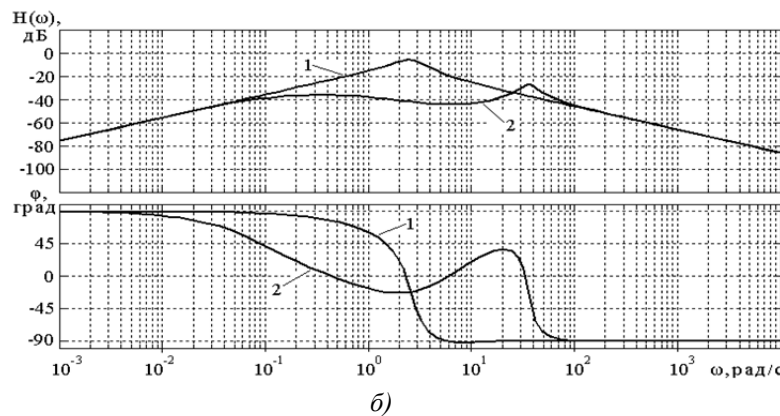
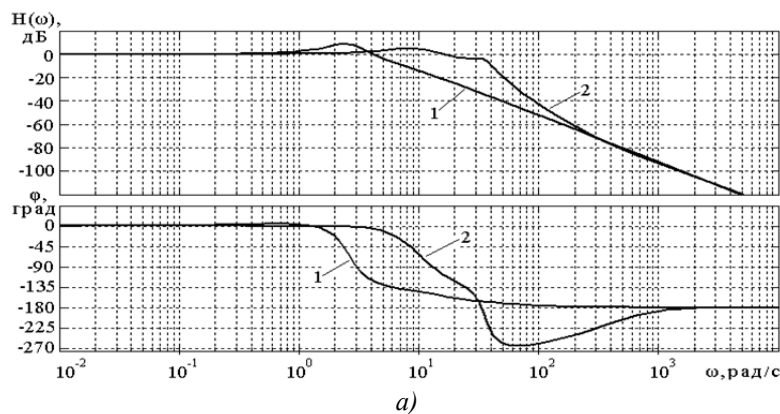


Рис. 6 – ЛАФЧХ системы при $T_{OC} = T_T$ по заданию (а) и возмущению (б): 1 – при разрыве цепи ССН; 2 – с цепью ССН и $W_K(s) = T_D \cdot s$

Некоторые из результатов моделирования вентиляно-индукторного электропривода (ВИП) [3] герметичного компрессора на различных частотах вращения приведены в табл. 1.

Таблиця 1

Сравнение работы САУ

$\omega_{зад}$, рад/с	Настройка на симметричный оптимум		Настройка на симметричный оптимум с ЯЭМ и ССН	
	$\Delta\omega$, рад/с	$\Delta\omega$, %	$\Delta\omega$,	$\Delta\omega$, рад/с
90	10,39	11,544	8,63	9,589
80	12,45	15,563	8,03	10,038
70	14,95	21,357	7,66	10,943
60	18,82	31,367	7,15	11,917
50	25,23	50,460	6,54	13,080
40	34,51	86,275	6,38	15,950
30	-	-	6,19	20,633
25	-	-	5,80	23,200
20	-	-	-	-

Заключение. Анализ данных таблицы и динамических режимов показывает, что при уровне пульсаций частоты вращения герметичного компрессора не превышающем 20% для ВИП:

– при настройке на симметричный оптимум обеспечивается диапазон регулирования скорости менее чем 1/2 ($D = \omega_{НОМ} / \omega_{МИН} = 142/72 = 1,97$);

– при введении в его систему управления адаптивных свойств с ССН с ЯЭМ обеспечивается диапазон регулирования скорости более чем 1/4 ($D = \omega_{НОМ} / \omega_{МИН} = 142/32 = 4,43$).

Таким образом доказано, что применение изложенных принципов синтеза САУ герметичными компрессорами обеспечивает для современных холодильных установок существенное расширение диапазона регулирования их холодопроизводительности.

Список использованных источников

1. Войтех В.А. Частотное регулирование скорости вращения асинхронных двигателей компрессоров холодильных агрегатов и кондиционеров [Электронный ресурс] // В.А. Войтех. – Режим доступа: <http://www.ied.org.ua/ansborn/sb206.s33.html>.

2. Карпович О.Я. Оценка свойств однопоршневого герметичного компрессора в режимах регулирования его холодопроизводительности / О.Я. Карпович, О.А. Онищенко // Системные технологии. – №4(81). – Днепропетровск, 2012. – С. 95-102.

3. Карпович О.Я. Система управления вентиляно-индукторным электродвигателем микрокомпрессора / О.Я. Карпович, О.А. Онищенко // Електротехнічні та комп'ютерні системи. – 2011. – № 03(79). – С. 204-206.

**СИСТЕМА УПРАВЛІННЯ ЕЛЕКТРОПРИВОДОМ ГЕРМЕТИЧНОГО КОМПРЕСОРА
ХОЛОДИЛЬНОЇ УСТАНОВКИ З РОЗШИРЕНИМ ДІАПАЗОНОМ РЕГУЛЮВАННЯ
ПРОДУКТИВНОСТІ ГЕРМЕТИЧНИХ ОДИНПОРШНЕВИХ КОМПРЕСОРИВ ЗАСОБАМИ
АВТОМАТИЗОВАНОГО УПРАВЛІННЯ**

О.Я. Карпович, О.А. Онищенко

Представлена нова методика, що забезпечує розширення діапазону регулювання холодопродуктивності в два-три рази з одночасним зниженням рівнів пульсацій частоти обертання компрессора, при введенні в систему регульованого електроприводу герметичного компрессора засобів адаптивного управління

Ключові слова: герметичний одинпоршневий компрессор, адаптивна система, регульований електропривод.

SYSTEM MANAGEMENT BY ELECTROMECHANIC AIR-TIGHT COMPRESSOR OF REFRIGERATION UNIT WITH EXTENDED BY THE RANGE OF ADJUSTING OF THE PRODUCTIVITY AIR-TIGHT ONE-PISTON COMPRESSORS IN THE WAYS AUTOMATED MANAGEMENT

O.Y. Karpovych, O.A. Onishchenko

The new technique providing expansion of the range of regulation of refrigerating capacity by two-three times with simultaneous decrease in levels of pulsations of frequency of rotation of the compressor is provided, when entering to system of the regulated electric drive of the hermetic compressor of means of adaptive management

Keywords: Hermetic One-Piston Compressors, Adaptive system, Controlled electric drive.

УДК 681.518.54

В.Ф. Миргород, д.т.н., доц.

А.Ю. Сергеев, к.т.н., доц.

А.С. Ободовский, к.т.н., доц.

Т.М. Могилянец

Военная академия (г. Одесса), Украина

ДИАГНОСТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ И МЕТОДЫ ТРЕНДОВОГО АНАЛИЗА ОЦЕНКИ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ГАЗОТУРБИННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ В СОСТАВЕ СИЛОВЫХ УСТАНОВОК

Приведены результаты применения диагностических моделей и методов трендового анализа применительно к задаче диагностирования технического состояния газотурбинного двигателя в длительной эксплуатации.

Ключевые слова: техническая диагностика, регрессионная модель, методы трендового и сингулярного анализа.

Введение. Проблемным вопросом продления жизненного цикла газотурбинных двигателей (ГТД) является достоверная оценка технического состояния по данным регистрации термогазодинамических и вибропараметров во время эксплуатации. Переход к более совершенной стратегии управления ресурсом ГТД требует решения ряда научных и прикладных задач, важнейшими из которых являются задачи построения адекватных диагностических моделей и методов оценки отклонений от номинального состояния параметров ГТД при эксплуатации.

1. Постановка проблемы и цель исследования

Наиболее совершенные диагностические модели ГТД [1, 2, 3, 4] основаны, как правило, на нелинейной полиномиальной аппроксимации его характеристик и имеют высокий уровень соответствия двигателю-эталону. Предлагаемые [4] и используемые [3, 4] методы оценки отклонений параметров ГТД основаны на разнообразных трендовых статистиках [4], в частности, Хальда-Аббе, кумулятивных сумм и других. Наиболее совершенными являются трендовые в виде Ф-критерия [7]. В передовых АСД используются методы нелинейного представления характеристик [2]: полиномиальная регрессионная аппроксимация трендов [3], статистики прогнозирования на основе имитационных моделей [5]. Однако известные диагностические модели недостаточно учитывают индивидуальные различия двигателей, которые могут быть весьма существенными. Наиболее