

ВЫСОКОТОЧНАЯ КВАЗИИТЕРАЦИОННАЯ ДВУХКАНАЛЬНАЯ ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКАЯ СИСТЕМА С МЕХАНИЧЕСКИМ ДИФФЕРЕНЦИАЛОМ

А.А.Худяев, канд.техн.наук, Т.Ю.Кунченко
Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт»,
ул. Фрунзе, 21, Харьков, 61002, Украина.
e-mail: medvedeva_14@mail.ru

Рассмотрены кинематическая схема и математическая модель движения приводного механизма, функциональная и структурно-алгоритмическая схемы квазиитерационной двухканальной системы управления дифференциального электропривода с типовой настройкой каналов применительно к подаче рабочего органа металлорежущего станка. Приведены результаты компьютерного моделирования электродинамических и точностных характеристик. Показаны преимущества в быстродействии и точности управления предлагаемой двухканальной системы по сравнению с традиционной одноканальной системой управления электропривода подачи. Преимущества в быстродействии двухканального электропривода из-за малой мощности дополнительного (точного) канала управления могут быть реализованы только в зоне малых и, частично, средних перемещений рабочего органа. Библ. 8, табл. 2, рис. 6.

Ключевые слова: квазиитерационная двухканальная система, дифференциальный электропривод, механизм подачи, точность управления.

Постановка задачи. К электроприводам (ЭП) механизмов подач (МП) металлорежущих станков с ЧПУ и обрабатывающих центров предъявляются все более возрастающие требования по быстродействию и точности управления инерционными рабочими органами (РО), прежде всего, рабочим столом с изделием [1,2]. Для достижения желаемых динамических характеристик от традиционного одноканального ЭП подачи с типовой настройкой часто требуется чрезмерно большой коэффициент усиления и практически нереализуемая полоса воспроизводимых частот. Эффективным структурным средством повышения быстродействия и точности управления МП, особенно в динамических режимах, при сохранении требуемых силовых воздействий на объект управления может служить применение различных многоканальных следящих приводов, построенных и функционирующих по итерационному [1–4] или близким к итерационному [6] принципам. В таких приводах при условии компенсации негативного динамического взаимовлияния каналов (ДВВК) по нагрузке может быть принята типовая настройка каналов управления по принципу систем подчиненного регулирования (СПР) [2,5]. При отсутствии компенсирующих связей между каналами в многоканальном ЭП подачи может быть реализована упрощенная типовая настройка, когда по принципу СПР предварительно настраиваются автономные каналы управления, а окончательная настройка контуров положения отдельных взаимосвязанных через нагрузку приводов осуществляется в процессе компьютерного моделирования и экспериментальных исследований многоканального следящего ЭП в целом.

Одним из вариантов построения итерационных следящих ЭП МП являются многоканальные ЭП подачи РО на базе многодвигательных приводных механизмов (ПМ) с суммирующими дифференциальными редукторами – механическими дифференциалами (МД). Сегодня для итерационных двух- и трехканальных ЭП подачи с МД в ПМ полностью не исследована эффективность возможных вариантов соответствующих структурных схем системы управления, не разработаны с учетом ДВВК по нагрузке математические и компьютерные модели для их анализа и выработки практических рекомендаций. В частности, отсутствует анализ эффективности двухканального следящего ЭП МП с суммирующим симметричным МД в ПМ и маломощным исполнительным двигателем (ИД) в точном канале управления.

Целью работы является получение уточненной математической модели движения двухдвигательного дифференциального ПМ и оценка потенциальной эффективности применения (с точки зрения повышения быстродействия и точности управления) соответствующей квазиитерационной двухканальной системы управления энергосберегающего ЭП МП с типовой настройкой каналов и МД в ИУ применительно к подаче РО крупного многоцелевого металлорежущего станка повышенной точности типа «обрабатывающий центр IP800ПМФ4» (масса станка 13 т).

Материал исследований. Предлагаемая двухканальная система управления дифференциального ЭП подачи, построенная по итерационному принципу, включает первый – основной (грубый) К-1 и второй – дополнительный (точный) К-2 каналы управления по углу с соответствующими подчиненными контурами скорости, настроенными на технический (модульный) оптимум. Такой двухканальный ЭП из-за наличия в нем ДВБК по нагрузке, обусловленного общими элементами в механической части, может быть отнесен к подклассу квазиитерационных многоканальных систем, поскольку основные свойства собственно итерационных систем автоматического управления (САУ) для него в общем случае выполняются лишь частично. В частности, свойство автономности по устойчивости итерационного двухканального дифференциального привода без применения в его управляющей части компенсаторов ДВБК по нагрузке при некоторых настройках каналов управления может не выполняться.

Варианты обобщенной структурной схемы квазиитерационной двухканальной системы управления дифференциального ЭП подачи РО с учетом моментов статической нагрузки $M_{c,1}$, $M_{c,2}$, преобразованных к выходам разомкнутых контуров положения соответствующих каналов управления, показаны на рис. 1.

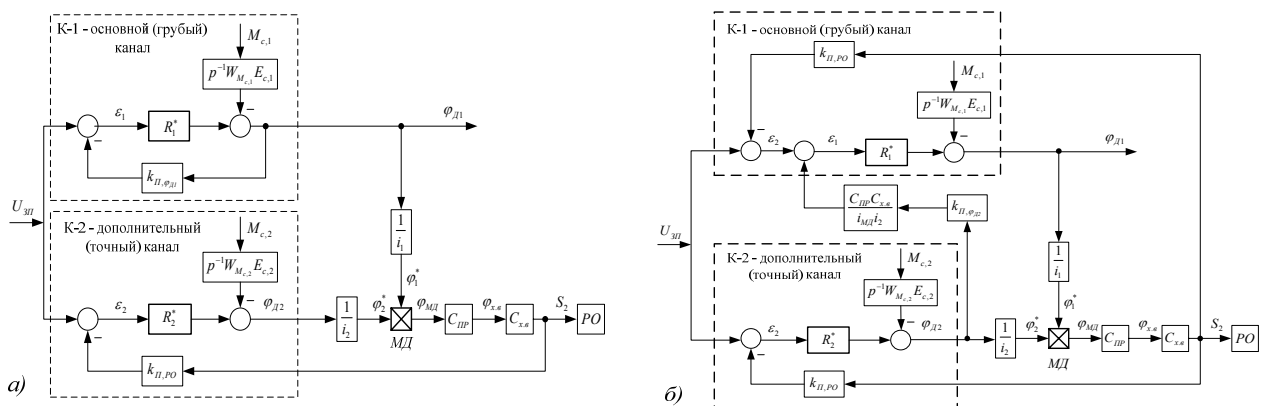


Рис. 1

Оба варианта структуры равноценны с точки зрения свойств рассматриваемой двухканальной системы. Вместе с тем, при обязательном наличии в каждом из вариантов высокоточного датчика положения РО $k_{п,РО}$ структуры отличаются использованием в системе различных датчиков положения валов ИД отдельных приводов: $k_{п,φ_{д1}}$ или $k_{п,φ_{д2}}$. Кроме того, на рис. 1 обозначены: $R_i^*(p)$ ($i=1,2$) – дифференциальные операторы разомкнутых контуров положения отдельных приводов с учетом соответствующих управляющих и исполнительных элементов и устройств; $p=d/dt$ – оператор дифференцирования по времени t .

Электроприводы основного К-1 и дополнительного К-2 каналов могут быть построены на базе типовых транзисторных ЭП подачи постоянного тока с силовыми частями типа ШИП-ДПТ. Для этого могут быть использованы современные модификации широко известных глубокорегулируемых комплектных ЭП, например, «ЭШИР-1-2» или «Модуль регулирования серии MR-DC». В качестве ИД Д1 основного (грубого) привода МП станка предлагается использовать высокомоментный ДПТ с постоянными магнитами типа 2ПБВ112L ($P_{ном,1}=1,1$ кВт). Во втором, точном канале К-2 предлагается применить быстродействующий ЭП подачи небольшой мощности с широкой полосой пропускания. Например, современный комплектный ЭП постоянного тока «Модуль регулирования MR10M-DC» на базе высокомоментного маломощного ИД Д2 типа ДК2-3,5-100АТ ($P_{ном,2}=0,35$ кВт). Поскольку номинальная мощность традиционных одноканальных (автономных) тиристорных ЭП подачи типа ТПН-ДПТ фирмы «Геттис» (США), установленных на действующих металлорежущих станках данной модели, равна $P_{ном,авт.}=2,8$ кВт, а суммарная мощность приводов двух каналов предлагаемого ЭП подачи составляет $P_{ном,Σ}=1,45$ кВт, то рассматриваемый вариант квазиитерационного двухканального ЭП МП можно считать энергосберегающим ЭП подачи.

На рис. 2, а показана кинематическая схема приводного механизма двухканального дифференциального ЭП подачи РО (рабочего стола с изделием). Двудвигательный ПМ построен на основе симметричного конического МД ($i_{МД}=2$) с последующим ПР ($i_{ПР}=0,5$), соединяющим выходной вал МД с ходовым винтом ($C_{х.в.}=1,5916 \cdot 10^{-3}$ м/рад) МП поперечно-подвижного стола (ось X) станка.

Математическая модель движения двухдвигательного дифференциального ПМ квазиитерационного двухканального ЭП подачи РО в установившихся режимах механообработки, полученная на основании рис. 2, а при $i_1=1,27$; $i_2=2,45$ и $i_{\text{ПР}}=0,5$, имеет вид

$$M_{\text{Д1}}(t) - J_{\Sigma,1} p^2 \varphi_{\text{Д1}}(t) \mp \frac{J'_{\text{МД}}}{4i_1 i_2 \eta_{\text{ц.р}} \eta_{\text{МД}}} p^2 \varphi_{\text{Д2}}(t) - M_{\text{с},1} = 0; \quad (1)$$

$$M_{\text{Д2}}(t) - J_{\Sigma,2} p^2 \varphi_{\text{Д2}}(t) - \frac{J'_{\text{МД}}}{4i_1 i_2 \eta_{\text{ц.р}} \eta_{\text{МД}}} p^2 \varphi_{\text{Д1}}(t) - M_{\text{с},2} = 0; \quad (2)$$

$$S_{\text{РО}}(t) \equiv S_2(t) = C_{\text{х.в.}} \varphi_{\text{х.в.}}(t) = C_{\text{х.в.}} \frac{\varphi_{\text{МД}}(t)}{i_{\text{ПР}}} = \frac{t_{\text{г}}}{2\pi i_{\text{ПР}}} \varphi_{\text{МД}}(t); \quad (3)$$

$$\varphi_{\text{МД}}(t) = \frac{\varphi_1^*(t) \pm \varphi_2^*(t)}{i_{\text{МД}}} = \frac{\varphi_{\text{Д1}}(t)}{i_1 i_{\text{МД}}} \pm \frac{\varphi_{\text{Д2}}(t)}{i_2 i_{\text{МД}}} = \frac{\varphi_{\text{Д1}}(t)}{2i_1} \pm \frac{\varphi_{\text{Д2}}(t)}{2i_2}, \quad (4)$$

где

$$J_{\Sigma,1} = J'_{\text{ПМ},1} + \frac{J'_{\text{МД}}}{4i_1^2 \eta_{\text{ц.р}} \eta_{\text{МД}}}, \quad J_{\Sigma,2} = J'_{\text{ПМ},2} \pm \frac{J'_{\text{МД}}}{4i_2^2 \eta_{\text{ц.р}} \eta_{\text{МД}}}; \quad (5)$$

$$M_{\text{с},1} = \frac{M'_c}{2i_1 \eta_{\text{ц.р}} \eta_{\text{МД}}}, \quad M_{\text{с},2} = \frac{M'_c}{2i_2 \eta_{\text{ц.р}} \eta_{\text{МД}}}; \quad (6)$$

знаки « \rightarrow » и « \leftarrow » перед третьим слагаемым в левой части уравнения (1), и знаки « \leftarrow » и « \rightarrow » в правых частях соотношений (4) и (5) соответствуют согласному и встречному вращениям двигателей Д1 и Д2; $J'_{\text{ПМ},i}$ ($i=1,2$) и $J'_{\text{МД}}$ – моменты инерции ПМ, приведенные к валам соответствующих ИД и дифференциала МД; $J'_{\text{ПМ},1} \approx 0,389$ кг·м², $J'_{\text{ПМ},2} \approx 0,132$ кг·м², $J'_{\text{МД}} \approx 1,223$ кг·м²; M'_c – максимальный момент статической нагрузки (в рабочих режимах резания с учетом ПВ), приведенный к валу МД, $M'_c \approx 15,646$ Н·м; $t_{\text{г}}$ – шаг ходового винта, $t_{\text{г}}=0,01$ м; $\eta_{\text{ц.р.}}$ и $\eta_{\text{МД}}$ – КПД цилиндрического зубчатого редуктора и конического МД: $\eta_{\text{ц.р.}} \approx 0,9$, $\eta_{\text{МД}} \approx 0,95$.

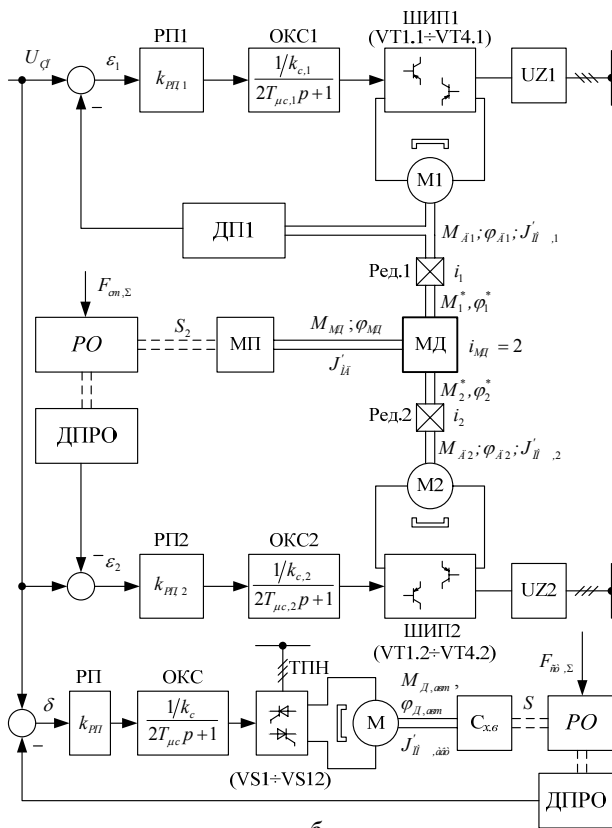
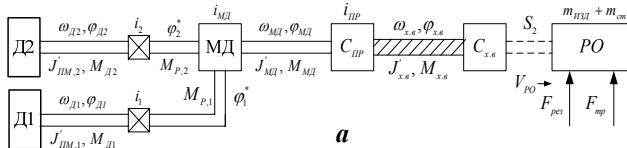


Рис. 2

Упрощенные структурно-функциональные схемы предлагаемой квазиитерационной двухканальной и сравниваемой (аналогичной по назначению) традиционной одноканальной (автономной) системы управления ЭП подачи показаны на рис. 2, б, где обозначены ОКС1, ОКС2 и ОКС – оптимизированные контуры скорости соответствующих приводов; $J'_{\text{ПМ,авт}}$ – момент инерции ПМ, приведенный к валу ИД одноканального ЭП, $J'_{\text{ПМ,авт}} \approx 0,06763$ кг·м². На рис. 3 показана структурно-алгоритмическая схема квазиитерационной двухканальной САУ дифференциального ЭП с СПР-настройкой и учетом ДВБК по нагрузке применительно к МП РО станка. Расчет и моделирование двухканального привода выполнены с учетом полученной модели движения (1)÷(6), но без учета связей между каналами, компенсирующих влияние ДВБК.

Результаты исследований. Результаты сравнительного компьютерного моделирования электродинамических (временных и частотных) характеристик предлагаемой двухканальной и

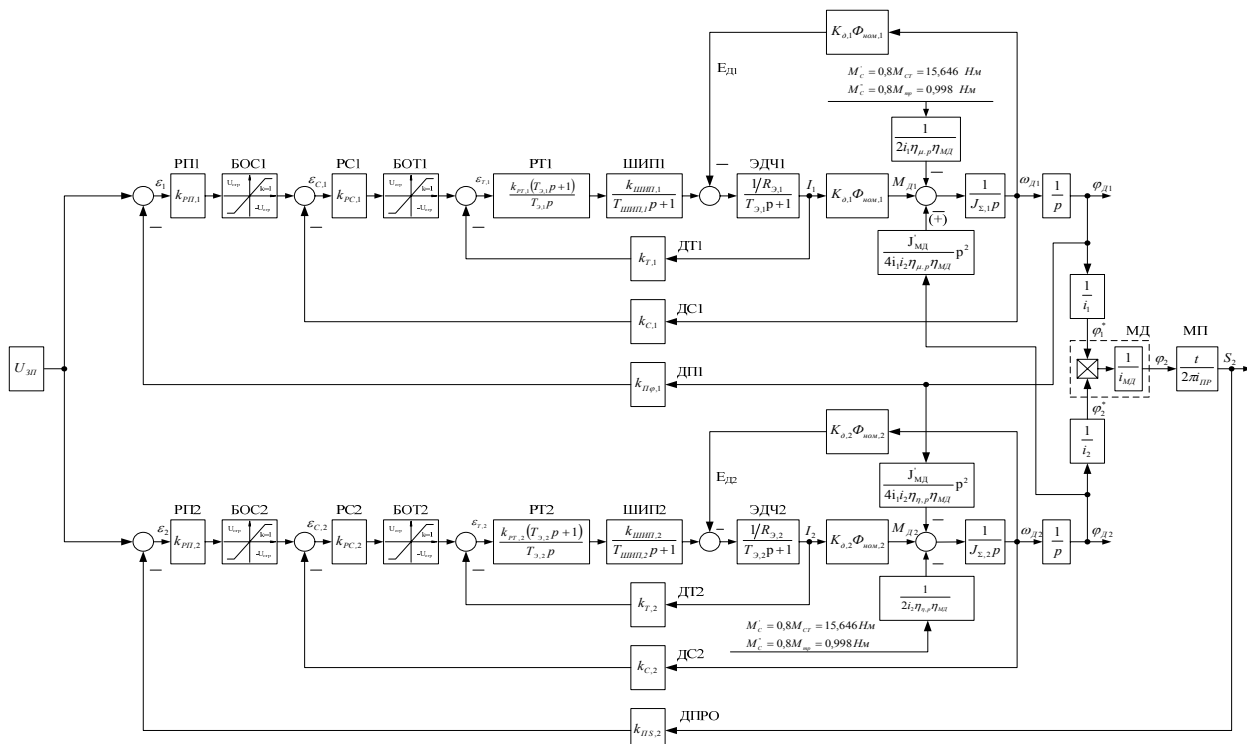


Рис. 3

традиционной одноканальной системой управления ЭП подачи показаны на рис. 4÷6, где обозначены: цифрами «1» и «2» – графики характеристик приводов соответственно первого (основного) К-1 и второго (дополнительного) К-2 каналов управления, работающих в квазиитерационном режиме в составе двухканальной САУ ЭП; цифрами «1+2» и «1авт» – графики характеристик квазиитерационной двухканальной системы управления дифференциального ЭП в целом и традиционной одноканальной системы управления ЭП, работающей в автономном режиме. Характеристики систем получены с учетом технических данных станка модели ИР800ПМФ4 для рабочих подач РО в режиме механообработки изделия (перерегулирование по положению РО не допускается) при максимальной статической нагрузке привода. Значения основных показателей качества работы сравниваемых ЭП сведены в табл. 1 и 2, где обозначено: S_M , S_C и S_B – заданные перемещения РО в зоне малых, средних и больших перемещений МП станка.

Таблица 1

Вариант САУ ЭП	Заданное перемещение РО	Качество ПП		Точность воспроизведения	
		Время регулирования по уровню 0,01: $t_{рег,i} (i = 1,2), c$	Выигрыш в быстродействии раз	Статическая ошибка $\varepsilon_{уст,i} (i = 1,2), мкм$	Выигрыш в статической точности, раз
Одноканальная САУ ЭП	S_M (0,005 мм)	–	–	–	–
	S_C (0,15 мм)	0,24	–	116,6	–
	S_C (2 мм)	0,24	–	116,5	–
	S_B (500 мм)	6,095	–	120	–
Двухканальная САУ ЭП	S_M (0,005 мм)	0,0265	–	0,033	–
	S_C (0,15 мм)	0,081	2,963	0,08	1457,5
	S_C (2 мм)	0,38	0,632	1,7	68,5
	S_B (500 мм)	7,555	0,8	5,97	20,1

Теоретические и компьютерные исследования показали значительные преимущества в быстродействии и точности управления подачей РО предлагаемой двухканальной системы управления ЭП МП по сравнению с традиционной одноканальной САУ тиристорного ЭП подачи, применяемой на действующих обрабатывающих центрах данного типа. Однако преимущества в быстродействии энергосберегающего двухканального ЭП из-за малой мощности дополнительного (точного) канала управления К-2 могут быть реализованы только в зоне малых и, частично, средних перемещений РО (до $S_C \approx 0,5$ мм).

Таблица 2

Вариант САУ ЭП	Заданное перемещение РО	Полоса воспроизводимых частот по уровню 0,707: $\omega_{\Pi i} (i = 1,2)$		Расширение полосы пропускания в двухканальной САУ ЭП, раз	Динамическая ошибка отработки линейно нарастающего сигнала $U_{3П}(t)=0,1t$ при $t=3$ с, м	Выигрыш в динамической точности (при $t=3$ с), раз
		Гц	рад/с			
Одноканальная САУ ЭП	S_M (0,005 мм)	–	–	–	0,06	–
	S_C (0,15 мм)	6,7	42,1	–		
	S_C (2 мм)	6,7	42,1	–		
Двухканальная САУ ЭП	S_M (0,005 мм)	24,83	156	–	0,003	20
	S_C (0,15 мм)	8,5	53,4	1,27		
	S_C (2 мм)	4,15	26,1	0,62		

В диапазоне подач РО $0 < S_{PO} \leq 0,2$ мм двухканальный ЭП позволяет существенно повысить быстродействие отработки небольших заданий в статических режимах работы. Так, время регулирования по уровню $0,01U_{уст}$ двухканального ЭП $t_{пер,2}$ в недостижимой для одноканального привода зоне особо малых перемещений (до $S_M=0,005$ мм) составляет не более, чем $t_{пер,2}=0,0265$ с (рис. 4, а и табл. 1), а на нижней границе зоны средних перемещений ($S_C=0,15$ мм) – не более чем $t_{пер,2}=0,081$ с, что почти в 3 раза меньше времени регулирования одноканального ЭП $t_{пер,1}=0,24$ с (рис. 4, б и табл. 1). Вместе с тем, уже на верхней границе зоны средних перемещений ($S_C=2$ мм) двухканальный привод запаздывает по отношению к одноканальному приводу более чем на 0,14 с (рис. 4, в и табл. 1). В то же время статическая точность двухканального ЭП может быть значительно (на порядок и более) повышена во всем диапазоне рабочих подач РО: $0 < S_{PO} \leq 1000$ мм. Например, при подаче РО на полметра ($S_B=500$ мм) установившаяся статическая ошибка двухканального привода составляет не более $\epsilon_{уст,2} = 0,006$ мм, а его выигрыш в статической точности по сравнению с одноканальным ЭП – не менее, чем в 20 раз (табл. 1).

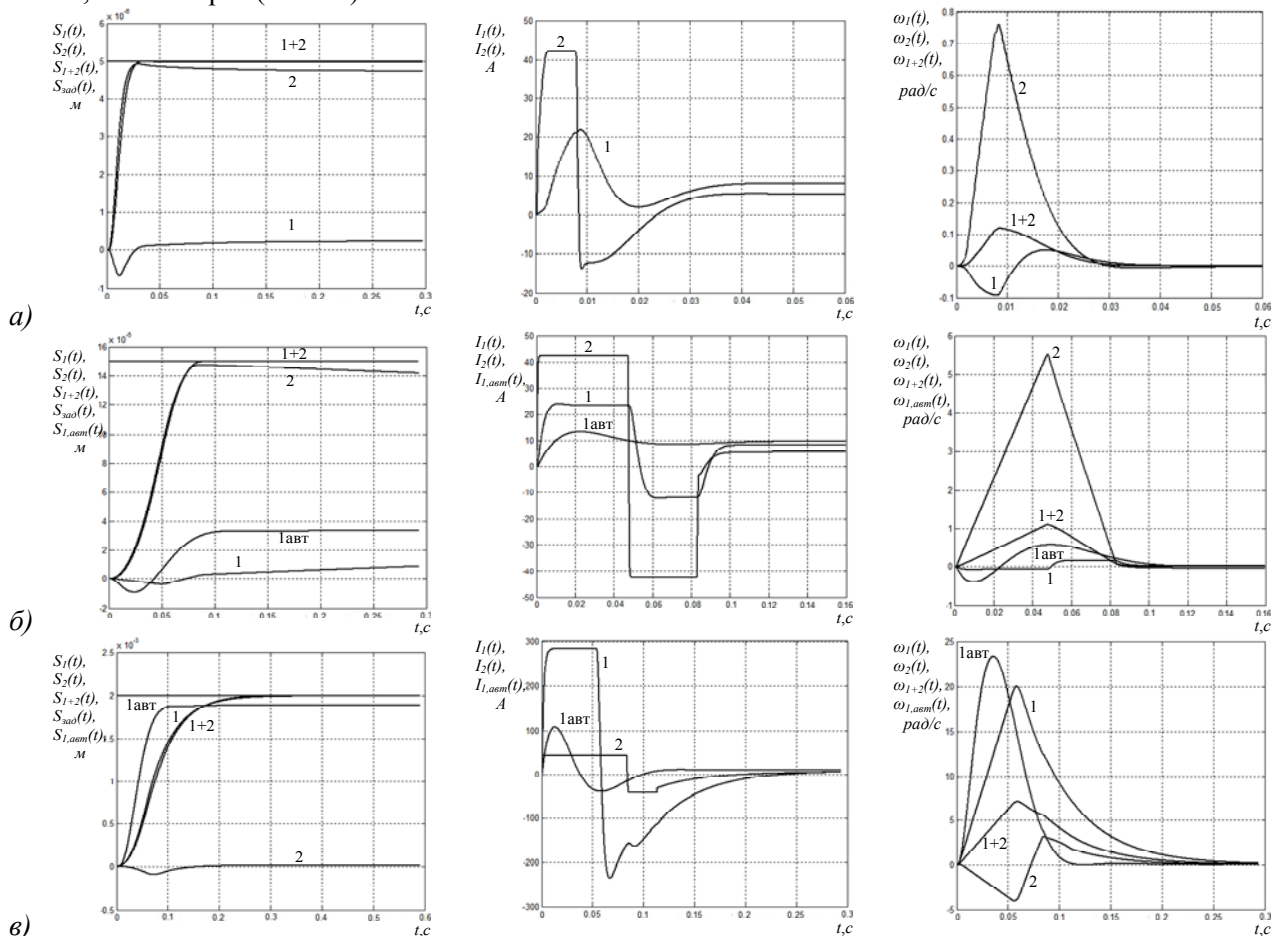


Рис. 4

Наибольший эффект повышения точности управления РО с помощью двухканального ЭП подачи наблюдается при воспроизведении изменяющихся задающих воздействий. Так, при отработке линейно нарастающего управляющего сигнала величина динамической ошибки по положению (при $t=3$ с) для двухканального привода составляет $\varepsilon_{\text{дин},2}=3$ мм, что в сравнении с соответствующей ошибкой одноканального ЭП $\varepsilon_{\text{дин},1}=60$ мм обеспечивает 20-кратное повышение точности подачи РО с постоянной скоростью уже при его перемещении на расстояние $S_{PO}=300$ мм от начала механообработки (рис. 5, а и табл. 2). При большей величине подачи РО с заданной постоянной скоростью (до $S_{PO}=1000$ мм) соответствующий выигрыш двухканальной системы в динамической точности возрастает.

При наиболее сложных синусоидальных задающих воздействиях малой амплитуды $U_{3И}(t)=U_{\text{макс}}\sin 2\pi ft$ точностные возможности двухканальной системы проявляются в наиболее полной мере. При отработке синусоидальных воздействий с частотой до $f=10\div 12$ Гц в недостижимой для одноканального привода зоне особо малых перемещений ($S_{\text{макс}}\leq 0,005$ мм) двухканальный ЭП воспроизводит гармонические полезные сигналы практически без искажений (рис. 5, б). Аналогичный характер имеет процесс воспроизведения двухканальным ЭП синусоидальных воздействий с частотой до $f=4\div 5$ Гц и на нижней границе зоны средних перемещений ($S_{\text{макс}}=0,15$ мм). При этом традиционный одноканальный ЭП обрабатывает аналогичный сигнал с частотой $f=4$

Гц уже с существенным запаздыванием по фазе (фазовым сдвигом) – более, чем в 10 угл. град (рис. 5, в). Начиная с верхней границы зоны средних перемещений ($S_{\text{макс}}\geq 2$ мм), преимущества двухканального ЭП в точности воспроизведения синусоидальных воздействий из-за относительно высокой инерционности ПМ и предельно малой мощности ИД дополнительного канала К-2 значительно снижаются.

Двухканальная система управления ЭП в зоне малых и частично средних перемещений (до $S_C=0,2$ мм) позволяет существенно расширить полосу воспроизводимых частот $\omega_{п,2}$ без ухудшения качества апериодического переходного процесса (ПП) по положению в системе. Так, при настройках системы на отработку особо малых перемещений (до $S_M=0,005$ мм) полоса пропускания двухканального ЭП составляет $\omega_{п,2}=156$ рад/с (24,8 Гц), что практически нереализуемо в традиционных одноканальных САУ тиристорных ЭП подачи (рис. 6, а и табл. 2). Для настройки соответствующей нижней границы зоны средних перемещений ($S_C=0,15$ мм) имеем $\omega_{п,2}=53,4$ рад/с (8,5 Гц), что обеспечивает расширение полосы пропускания по сравнению с одноканальным ЭП в 1,27 раза (рис. 6, б и табл. 2).

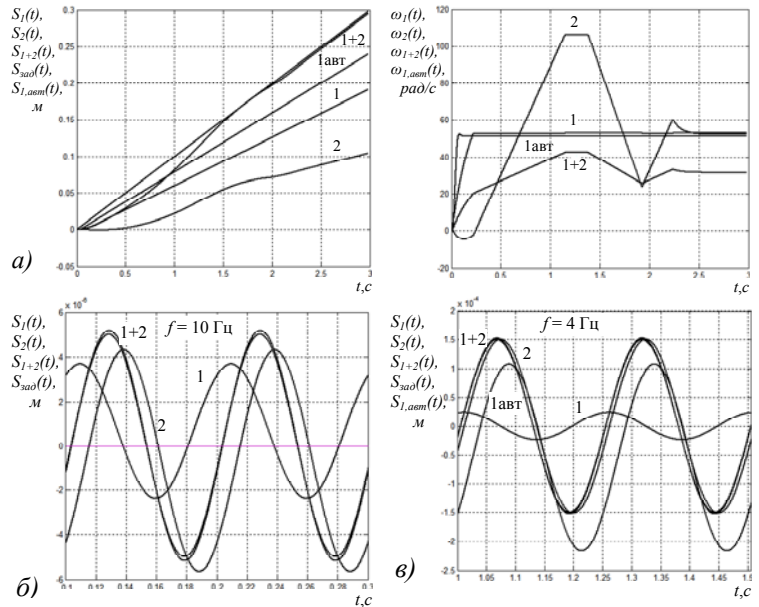


Рис. 5

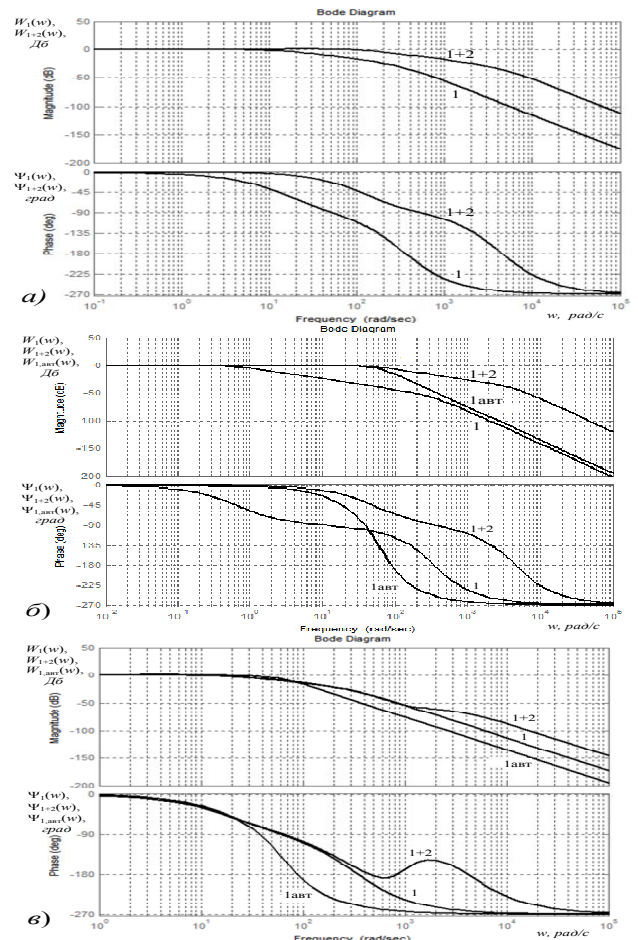


Рис. 6

Насыщение по току второго, дополнительного канала К-2, возникающее при отработке приводом относительно больших перемещений PO $0,5 \text{ мм} \leq S_{PO} \leq 1000 \text{ мм}$, приводит к необходимости существенного снижения коэффициента усиления k_2 точного и увеличения коэффициента усиления k_1 грубого каналов управления. Это, как следствие, приводит к сужению полосы пропускания энергосберегающего двухканального ЭП подачи в области низких и средних частот (рис. 6, в и табл. 2), что не позволяет с помощью такого привода в зоне средних и больших перемещений PO в полной мере реализовать преимущества квазиитерационных двухканальных систем управления дифференциальных ЭП.

Анализ наличия нелинейных элементов в различных точках структуры системы управления (рис. 1) показал, что наиболее существенными с точки зрения качества работы двухканального привода являются нелинейности в дополнительном (точном) канале К-2. Влияние возможных нелинейностей, например, типа «люфт» или «зона нечувствительности» в основном канале К-1 на свойства двухканальной системы практически полностью могут быть скомпенсированы (ослаблены в k_2 раз) работой второго, дополнительного привода К-2 с выбранной требуемой мощностью ИД Д2.

Влияние ДВБК по нагрузке в двухканальном дифференциальном приводе существенно проявляется только в зоне малых перемещений (до $S_M=0,02 \text{ мм}$). При необходимости влияние ДВБК целесообразно компенсировать за счет применения специальных компенсаторов – синтезируемых внутренних перекрестных компенсирующих связей между каналами. Введение таких компенсаторов в структурно-алгоритмическую схему (рис. 3) позволит перевести рассматриваемую двухканальную систему управления ЭП МП из подкласса квазиитерационных в класс итерационных многоканальных САУ.

Вместе с тем, следует отметить, что реализация квазиитерационных двухканальных САУ дифференциальных ЭП МП для металлорежущих станков требует наличия в них двух (вместо одного) отдельных следящих приводов по выбранной координате подачи, одного высококачественного МД и одного высокоточного (не хуже десятых долей микрона) датчика положения PO . Кроме того, разработка и эксплуатация таких многоканальных ЭП возможна в условиях высокой культуры производства.

Выводы.

1. Квазиитерационная двухканальная система управления дифференциального ЭП подачи с типовой настройкой каналов управления для металлорежущих станков с ЧПУ обладает новыми, существенно улучшенными показателями качества управления подачей PO по сравнению с традиционными одноканальными САУ тиристорных ЭП подачи. Однако в связи с принятым энергосберегающим характером двухканального привода его преимущества в быстродействии и динамической точности могут быть реализованы только в зоне малых и, частично, средних перемещений PO (до $S_c=0,5 \text{ мм}$ – для станков модели ИР800ПМФ4).

2. Если вопрос энергосбережения не является определяющим, то в основном и дополнительном приводах двухканального ЭП подачи целесообразно применять ИУ с мощностью, соответствующей мощности ИУ аналогичного типового одноканального ЭП подачи, устанавливаемого на станки данного типа. В этом случае в квазиитерационной двухканальной системе управления дифференциального ЭП МП может быть реализовано повышенное качество (быстродействие и точность) управления во всем диапазоне подачи PO по выбранной координате перемещений (например, по координате X : $0 \leq S_x \leq 1000 \text{ мм}$ – для станков модели ИР800ПМФ4). Достижение максимально возможной точности управления в таком приводе практически ограничивается только точностными возможностями передаточных и исполнительных механизмов и устройств ПМ, а также разрешающей способностью используемого датчика положения PO .

3. Структура квазиитерационной двухканальной САУ дифференциального ЭП подачи с типовой настройкой каналов сравнительно проста даже с учетом ДВБК по нагрузке, а её расчет и оптимизация не вызывают особых трудностей. Применение квазиитерационной двухканальной системы управления энергосберегающего ЭП подачи целесообразно в тех случаях, когда от традиционного одноканального ЭП подачи инерционного PO станка требуются очень высокие быстродействие и динамическая точность отработки малых управляющих сигналов при значительных нагрузках на выходе привода. Такие требования в полной мере соответствуют растущим требованиям к качеству работы приводов МП современных металлорежущих станков и обрабатывающих центров повышенной и особо высокой точности.

1. Лебедев А.М., Орлова Р.Т., Пальцев А.В. Следящие электроприводы станков с ЧПУ. – М.: Энергоатомиздат, 1988. – 223 с.
2. Михайлов О.П. Автоматизированный электропривод станков и промышленных роботов. – М.: Машиностроение, 1990. – 303 с.
3. Никольский А.А. Новые высокоточные электроприводы с пьезокомпенсаторами для станков, механизмов и приборов // Электротехника. – 1993. – № 1. – С. 27-31.
4. Худяев А.А., Червоний А.В. Электродинамика двухдвигательных линейных электроприводов механизмов подачи высокой точности // Электротехнические и компьютерные системы. – 2011. – № 3 (79). – С. 209-213.
5. Худяев А.А., Литвиненко Д.Г. Итерационное подчиненное управление следящими электроприводами // Вісник Національного технічного університету «ХПІ». – 2011. – № 4. – С. 141-171.
6. Худяев А.А. Механика и электродинамика комбинированного трехканального следящего электропривода подачи для тяжелого станка особо высокой точности // Електромеханічні і енергозберігаючі системи. – 2012. – Вип. 3 (19). – С. 386-392.

УДК 681.5.033 + 681.587'57

ВИСОКОТОННА КВАЗИТЕРАЦІЙНА ДВОКАНАЛЬНА ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНА СИСТЕМА З МЕХАНІЧНИМ ДИФЕРЕНЦІАЛОМ

О.А.Худяев, канд.техн.наук, Т.Ю.Кунченко

Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»,

вул. Фрунзе, 21, Харків, 61002, Україна.

e-mail: medvedeva_14@mail.ru

Розглянуто кінематичну схему та математичну модель рухів приводного механізму, функціональну та структурно-алгоритмічну схеми квазіітераційної двоканальної системи керування диференціального електропривода з типовим настроюванням каналів стосовно до подачі робочого органу металорізального верстата. Наведено результати комп'ютерного моделювання електродинамічних й точнісних характеристик. Показано переваги у швидкодії й точності керування запропонованої двоканальної системи в порівнянні із традиційною одноканальною системою керування електропривода подачі. Переваги у швидкодії двоканального електропривода через малу потужність додаткового (точного) каналу керування можуть бути реалізовані тільки в зоні малих і, частково, середніх переміщень робочого органу. Бібл. 8, табл. 2, рис. 6.

Ключові слова: квазіітераційна двоканальна система, диференціальний електропривод, механізм подачі, точність керування.

HIGH PRECISION KVAZYITERATIVE TWO-CHANNEL SERVOSYSTEM WITH DIFFERENTIAL GEAR

A.Khudiayev, T.Kunchenko

National Technical University "Kharkov Polytechnic Institute",

Frunze str., 21, Kharkiv, 61002, Ukraine.

e-mail: medvedeva_14@mail.ru

The mechanics' kinematical diagram and mathematical model, kvazyiterative two-channel control system functional and block diagrams of the differential servodrives with channels standard tuning for high-precision metal-cutting machine tool workpiece feeding mechanism are considered. Electrical dynamics and accuracy characteristics computer simulation results are provided. Considerable advantages of rapidity control accuracy of the presented two-channel servodrives as compared to the common one-channel feeding mechanism servodrives are presented. The advantages of the two-channel servodrives due to the low power of an additional (precise) control channel can only be realised in the range of minor and partially, medium displacement of the workpiece.

References 8, tables 2, figures 6.

Key words: kvazyiterative two-channel systems, differential servodrives, feeding mechanism, control precision.

1. Lebedev A.M., Orlova R.T., Paltsev A.V. Servo drives of numerical control machine. – Moskva: Energoatomizdat, 1988. – 223 p. (Rus)
2. Mykhailov O.P. The automatic electric drive of machines and industrial robots. – Moskva: Mashinostroenie, 1990. – 303 p. (Rus)
3. Nikolskii A.A. New high-precision electric drives with piezoelectric compensators for machines, mechanisms and instruments. // Elektrotehnika. – 1993. – № 1. – Pp. 27-31. (Rus)
4. Khudyayev A.A., Chervonyi A.V. Electrodynamics of high-precision feed mechanisms double-motor linear electric drives. // Elektrotehnicheskie i kompiutornye sistemy. – 2011. – № 3 (79). – Pp. 209-213. (Rus)
5. Khudyayev A.A., Litvinenko D.G. The iterative subordinated control of servo drives // Visnyk Natsionalnoho tekhnichnoho universytetu "Kharkivskiyi Politekhnichnyi Instytut". – 2011. – № 4. – Pp. 141-171. (Rus)
6. Khudyayev A.A. Mechanics and electrodynamics of the combined three-channel feed mechanism servo drive for the very high-precision heavy machine // Elektromekhanichni i Enerhozberihaiuchi systemy. – 2012. – № 3 (19). – Pp. 386-392. (Rus)

Надійшла 03.02.2014
Остаточний варіант 11.11.2014