

УДК 681.5.033 + 681.587'57

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИТЕРАЦИОННОГО ДВУХКАНАЛЬНОГО ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОГО ЭЛЕКТРОПРИВОДА ПОДАЧИ С РАЗЛИЧНЫМИ ТИПАМИ СИЛОВОЙ ЧАСТИ УТОЧНЯЮЩЕГО КАНАЛА

А. А. Худяев, В. В. Поленок

Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт»
ул. Фрунзе, 21, г. Харьков, 61002, Украина. E-mail: vitaliy_polenok@inbox.ru

Применительно к электроприводу механизма подачи станка модели ИР800ПМФ4 получена структурно-алгоритмическая схема итерационного двухканального дифференциального электропривода подачи с различными типами силовой части уточняющего привода и подчиненной настройкой каналов управления. Двухканальная система управления привода учитывает подключение компенсаторов динамического взаимовлияния между каналами по нагрузке. Выполнен сравнительный анализ показателей качества динамических и точностных характеристик предлагаемого двухканального электропривода и аналогичных одноканальных приводов подачи, применяемых на станках рассматриваемого типа. Приведены результаты компьютерного моделирования динамических и точностных характеристик, позволяющие оценить потенциальную эффективность применения предлагаемого двухканального дифференциального электропривода подачи с различными типами силовой части привода уточняющего канала.

Ключевые слова: двухканальный дифференциальный электропривод, точность управления.

АКТУАЛЬНОСТЬ РАБОТЫ. Одним из наиболее простых и надежных вариантов технической реализации многоканальных следящих электроприводов (ЭП), построенных по итерационному принципу, является двухканальный привод с суммирующим дифференциальным редуктором – механическим дифференциалом (МД) [1, 2]. В итерационных двухканальных ЭП с МД при условии компенсации негативного динамического взаимовлияния каналов (ДВВК) по нагрузке обеспечивается возможность применения унифицированной типовой настройки автономных приводов по принципу СПР.

Быстродействие и точность двухканального дифференциального ЭП подачи станка или механизма могут зависеть не только от полосы пропускания, но и от перегрузочной способности по моменту уточняющего привода [3]. Поэтому в зависимости от типа привода, применяемого во втором уточняющем канале, эффективность соответствующего двухканального ЭП подачи в целом может быть различной.

Целью работы является сравнительная оценка потенциальной эффективности (с точки зрения повышения быстродействия и точности управления) итерационного двухканального дифференциального компенсированного ЭП с СПР-настройкой каналов и различными типами силовой части привода уточняющего канала применительно к подаче рабочего органа (РО) металлорежущего станка.

МАТЕРИАЛ И РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ. Рассматривается двухканальный дифференциальный ЭП подачи РО (рабочего стола с изделием) многоцелевого станка с ЧПУ повышенной точности модели ИР800ПМФ4. Двухканальный ЭП подачи, построенный по итерационному принципу, включает первый (основной) К-1 и второй (уточняющий) К-2 каналы управления по углу с соответствующими подчиненными контурами скорости, настроенными на симметричный оптимум.

Электроприводы основного К-1 и уточняющего К-2 каналов целесообразно строить на базе типовых

транзисторных ЭП постоянного тока с силовыми частями типа ШИП–ДПТ. В качестве ИД Д1 основного и Д2 уточняющего приводов дифференциального приводного механизма предполагается использовать одинаковые высокомоментные ДПТ с постоянными магнитами типа 2ПБВ 132S ($P_{i,ном} = 1,94$ кВт, $M_{i,ном} = 37$ Н·м, $I_{i,ном} = 51$ А, $i = 1,2$). Как вариант, второй, уточняющий канал К-2 может быть построен на базе широкополосного ЭП переменного тока с частотно-токовым векторным управлением (типа ПЧТ–АД) и сопоставимым по мощности АД типа АИР112МВ8 специального исполнения ($P_{2,ном} = 3$ кВт, $M_{2,ном} = 40,35$ Н·м, $I_{2,ном} = 7,8$ А).

Сравнение производится с аналогичным по назначению традиционным одноканальным (автономным) безредукторным ЭП подачи типа ТПН–ДПТ, установленным на действующих станках данной модели. В качестве ИД тиристорного ЭП может быть использован высокомоментный электродвигатель постоянного тока типа ПБВ 112L ($P_{авт,ТПН} = 1,1$ кВт, $M_{авт,ТПН} = 21$ Н·м). Как вариант для сравнения рассматривается современный одноканальный глубоко-регулируемый ЭП подачи типа ШИП–ДПТ на базе высокомоментного ДПТ НВ типа 2ПБВ 112L ($P_{авт,ШИП} = 1,15$ кВт, $M_{авт,ШИП} = 22$ Н·м).

На рис. 1 приведена структурно-алгоритмическая схема двухканального дифференциального ЭП подачи станка с СПР-настройкой каналов и различными типами силовой части привода уточняющего канала К-2. Возможность реализации силовой части типа ШИП–ДПТ вместо ПЧТ–АД показана пунктирными линиями; компенсация негативного взаимовлияния каналов К-1 и К-2 по нагрузке выполнена с помощью компенсаторов ДВВК С12 и С21.

Характерные результаты сравнительного компьютерного моделирования электродинамических характеристик предлагаемого двухканального и традиционных одноканальных ЭП подачи, полученные

с учетом технических характеристик станка, приведены на рис. 2 и 3. На рисунках обозначены: цифрами «1*» и «2*» – графики характеристик приводов основного К-1 и уточняющего К-2 каналов, работающих в итерационном режиме в составе двухканального ЭП с уточняющим приводом типа ШИП–ДПТ; цифрами «1+2*» и «1+2» – аналогичные гра-

фики двухканального ЭП с уточняющим приводом соответственно типа ШИП–ДПТ и типа ПЧТ–АД; цифрами «1тпн» и «1шип» – аналогичные графики характеристик сравнимых одноканальных ЭП подачи соответственно типа ТПН–ДПТ и ШИП–ДПТ.

В работе показано, что быстрое насыщение по тока привода второго канала К-2, возникающее при

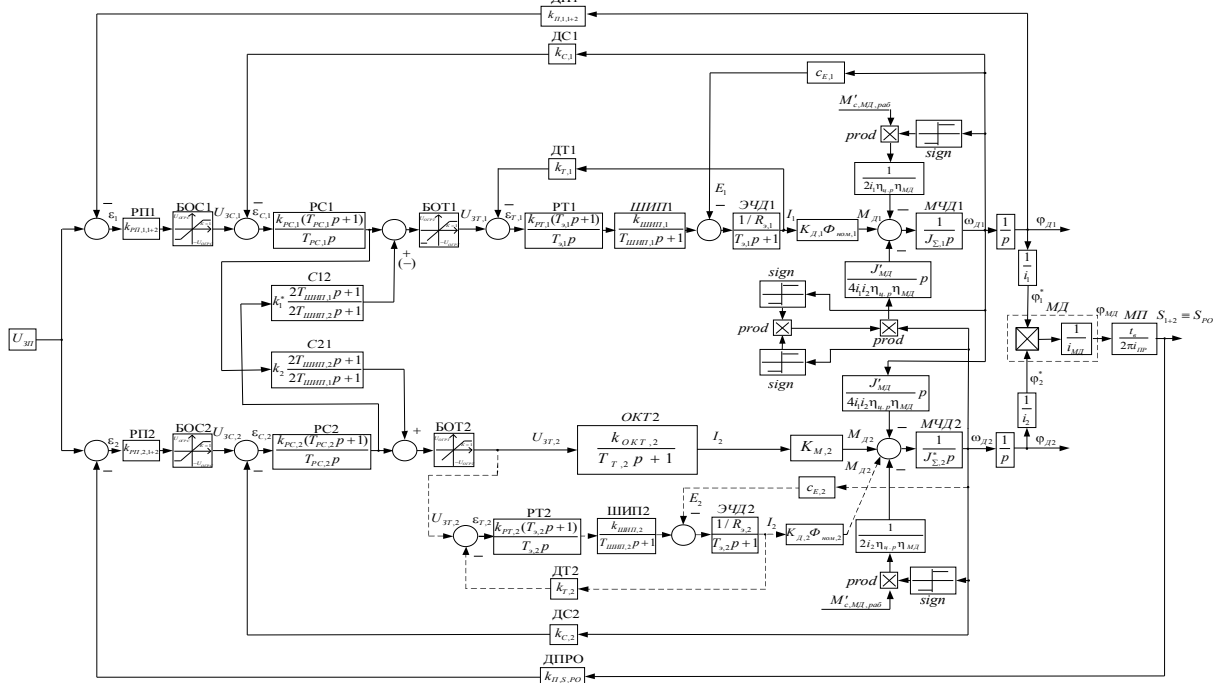


Рисунок 1 – Структурно-алгоритмическая схема итерационного двухканального дифференциального ЭП подачи с СПР-настройкой каналов и различными типами силовой части привода уточняющего канала К-2

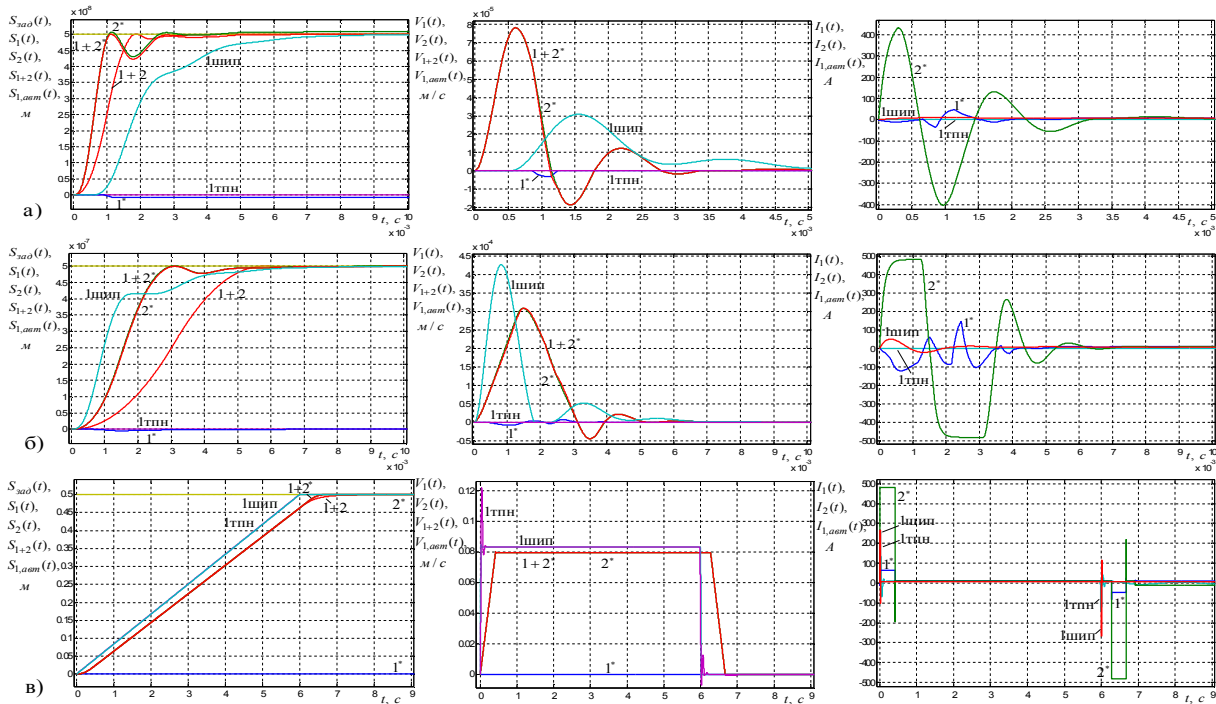


Рисунок 2 – Сравнительные переходные процессы положения, линейной скорости и тока двухканального дифференциального ЭП и одноканального (автономного) ЭП с различными типами приводов при отработке особо малых (а), малых (б) и больших (в) перемещений РО: а) $S_M^* = 0,05$ мкм; б) $S_M = 0,5$ мкм; в) $S_B = 500$ мм

обработке двухканальным ЭП с уточняющим приводом типа ПЧТ–АД сравнительно больших перемещений РО ($0,1 \text{ мм} < S_{PO} \leq 1000 \text{ мм}$) приводит к необходимости существенного снижения коэффици-

ента усиления k_2 второго и увеличения коэффициента усиления k_1 первого (основного) каналов управления. Как следствие, это вызывает сужение полосы пропускания двухканального ЭП в целом.

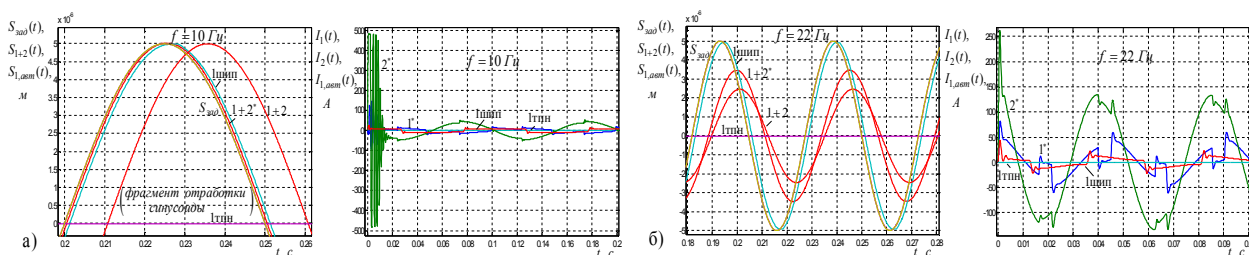


Рисунок 3 – Сравнительные графики обработки синусоидального управляющего сигнала $U_{3П}(t) = U_{3П, \max} \sin 2\pi f t$ (в установившемся режиме) двухканальным дифференциальным ЭП и одноканальным (автономным) ЭП с различными типами приводов в зоне средних перемещений РО ($S_C = 0,005 \text{ мм}$): а) $f = 10 \text{ Гц}$, б) $f = 22 \text{ Гц}$

ВЫВОДЫ. 1. Получена структурно-алгоритмическая схема итерационного двухканального дифференциального ЭП подачи с различными типами силовой части уточняющего привода и СПР-настройкой каналов управления, учитывающая подключение компенсирующих перекрестных связей.

2. Показаны значительные потенциальные преимущества в быстродействии и точности управления предлагаемого итерационного двухканального дифференциального ЭП подачи с различными типами силовой части уточняющего привода и оптимальной подчиненной настройкой каналов по сравнению с аналогичными одноканальными безредукторными ЭП подачи типа ТПН–ДПТ и ШИП–ДПТ, традиционно применяемыми на станках рассматриваемого типа.

3. Показано, что с точки зрения повышения бы-

стродействия управления подачей РО двухканальный ЭП с силовой частью уточняющего привода типа ШИП–ДПТ значительно эффективнее аналогичного двухканального ЭП с уточняющим приводом типа ПЧТ–АД.

ЛИТЕРАТУРА

1. Следящие приводы. В 2-х кн. / Под ред. Б.К. Чемоданова. – М.: Энергия, 1976. – Кн. 1. – 480 с.
2. Кузнецов Б.И., Новоселов Б.В., Богаенко И.Н., Рюмшин Н.А. Проектирование многоканальных систем оптимального управления. – К.: Техніка, 1993. – 245 с.
3. Худяев А.А., Кунченко Т.Ю. Высокоточная квазиитерационная двухканальная электромеханическая система с механическим дифференциалом // Техническая электродинамика. – 2015. – Вып. 1. – С. 21–28.

EFFICIENCY OF ITERATIVE TWO-CHANNEL DIFFERENTIAL FEEDING ELECTRIC DRIVE WITH DIFFERENT TYPES OF CLARIFYING CHANNEL POWER PART

A. Khudiyev, V. Polenok

National Technical University “Kharkiv Polytechnic Institute”
ul. Frunze, 21, Kharkov, 61002, Ukraine. E-mail: vitaliy_polenok@inbox.ru

The block diagram of iterative two-channel differential feeding electric drive with different types of clarifying drive power part and subordinate tuning of control channels applied to feed electric drive of machine-tool model IP800ПМФ4 is obtained. Two-channel drive control system takes into account connection of compensators of dynamic interconnection between channels by load. The quality indexes comparative analysis of dynamic and accuracy characteristics of proposed two-channel electric drive and similar one-channel feeding drives, applied on the machine-tools such type are done. The computer simulation results of dynamic and accuracy characteristics which allow to estimate a potential efficiency of the proposed two-channel differential feeding electric drive with different types of clarifying drive power part applying are given.

Key words: two-channel differential electric drive, accuracy of control.

REFERENCES

1. Chemodanov, B.K. (1976), *Sledyashchie privody* [Servodrives], Energiya, Moscow. (in Russian)
2. Kuznetsov, B.I., Novoselov, B.V., Bogaenko, I.N. and Riumshin, N.A. (1993), *Proektirovaniye mnogokanalnykh sistem optimalnogo upravleniya* [Constructing of optimal control multichannel systems], Tekhnika, Kyiv. (in Russian)
3. Khudiyev, A.A. and Kunchenko, T.Yu. (2015), “High-precision kvazyiterativna two-channel electromechanical system with mechanical differential”, *Tekhnicheskaya elektrodinamika*, no. 1, pp. 21–28. (in Russian)