

СПОСОБ МИНИМИЗАЦИИ ДИНАМИЧЕСКИХ НАГРУЗОК ПРИ СОГЛАСОВАНИИ ПРОСТРАНСТВЕННОГО ПОЛОЖЕНИЯ НОЖЕЙ ЛЕТУЧИХ НОЖНИЦ С ПЕРЕДНИМ КОНЦОМ ДВИЖУЩЕГОСЯ РАСКАТА

Минтус А.Н., Романовский В.Б.

*Донецкий национальный технический университет, НПО "Доникс" г. Донецк
ua@elf.dgtu.donetsk.ua*

A way of construction and algorithm of system operation of a flying shears knives attitude synchronization with the forward end of a driven hot-rolled breakdown are offered. Its permitting to realize knives positioning with minimum - possible misalignments by yardstick of improvement for fixed accelerations time.

Целый ряд механизмов крупных металлургических предприятий относится к разряду уникальных, т.е. выпускаемых либо очень мелкими партиями, либо же в единичном экземпляре по специальным проектам в привязке к требованиям и особенностям конкретного производства. Стоимость ремонтов, вызванных поломками механической части, ввиду уникальности оборудования очень высока, поскольку многие детали могут быть изготовлены только на специализированных предприятиях, а зачастую лишь непосредственно на заводе-изготовителе. Следует отметить, что по требованиям технологии многие механизмы работают с предельно допустимыми динамическими и статическими нагрузками, что несколько противоречит возможности «бережного» отношения к их механической части.

К отмеченному классу механизмов относятся и летучие ножницы непрерывно-заготовочных станов, задачей которых является: зачистка переднего конца, порезка на мерные длины, или же безостаточно с минимально-допустимой величиной зачистки заднего конца движущегося раската.

Работу летучих ножниц можно классифицировать по следующим признакам:

- старт-стоповый режим, когда для порезки каждого раската осуществляется запуск ножниц, а зачистка его переднего конца обеспечивается точным позиционированием ножей в заданную точку останова после порезки с последующим пуском ножниц в определенный момент времени.
- режим постоянного вращения, когда запуск осуществляется один раз, а зачистка достигается за счет согласования положения ножей с передним концом движущегося раската, путем их позиционирования, с обязательным выходом на заданную скорость к моменту реза.

И в первом и во втором случаях в момент первого реза линейная скорость движения ножей должна быть равна линейной скорости разрезаемого раската, а безостаточная порезка достигается укорочением отрезаемой штанги за счет превышения скорости ножей над скоростью раската на $0 \div 10\%$ [1].

Сигнал на превышение скорости формируется машиной раскря и должен обрабатываться двигателем за минимально-возможное время, что достигается путем его подачи непосредственно на регулятор скорости и дальнейшей отработки с максимально допустимым током (током упора). В этом случае минимизация динамических нагрузок невозможна.

Динамические нагрузки на механизм можно ограничить в процессе пуска за счет использования задатчика интенсивности путем обеспечения рационального ускорения и минимизировать в процессе синхронизации пространственного положения ножей и переднего конца раската при работе летучих ножниц в режиме постоянного вращения.

Рассмотрим способ построения системы регулирования электропривода летучих ножниц, обеспечивающий минимум динамических нагрузок на механизм в процессе согласования пространственного положения ножей и переднего конца раската.

В зависимости от скорости прокатки, количества клетей в чистовой группе непрерывно-заготовочного стана и географического расположения оборудования время от момента получения рассогласования текущего и заданного положения ножей летучих ножниц до момента реза для разных станов может быть различным. Например, для группы 500 непрерывно-заготовочного стана 900/700/500 цеха Блюминг-2 КГТМК «Криворожсталь» это время составляет 5÷8 с, если рассогласование в положении ножей определяется в момент появления раската в 10-й (второй по ходу прокатки) клетке. Величина рассогласования меняется от раската к раскату и находится в пределах 0-180 град оборота ножей между резами, поскольку рассогласования до 180град отрабатываются в режиме превышения, а выше 180 град – снижением скорости вращения двигателя летучих ножниц относительно заданной.

Поскольку для данного механизма необходимо заканчивать отработку требуемых рассогласований по положению к моменту реза, то ее целесообразно производить за фиксированное максимально допустимое по условиям технологии время, то есть с регулируемым в зависимости от величины отрабатываемого рассогласования ускорением (замедлением). Это позволит снизить динамические нагрузки на механическое оборудование и, кроме того, положительно скажется на нагреве двигателя и надежности его работы, поскольку

при малой статической нагрузке, характерной для летучих ножиц, количество тепла, выделяемого при обработке заданного перемещения в обмотке якоря двигателя, обратно пропорционально кубу времени, за которое это перемещение производилось [2].

В данной постановке задача может быть решена посредством цифрового задающего устройства, формирующего на входе контура регулирования с линейным регулятором желаемый закон изменения положения.

Структурная схема цифрового задающего устройства ЗУ, регулятора положения РП, узла формирования обратной связи и блока расчетного перемещения БРП представлена на рис. 1.

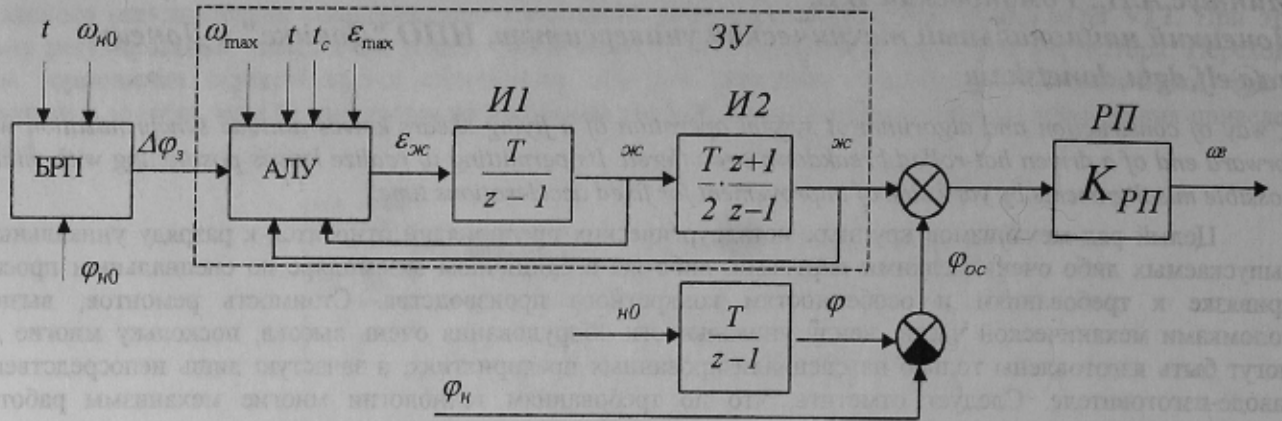


Рисунок 1

В момент появления металла в 10-й клетке фиксируется информация о текущем положении ножей $\varphi_{н0}$, определяемом по данным фотоимпульсного датчика, и скорости вращения ножей $\omega_{н0}$. На основании этой информации и информации о максимально допустимом времени отработки t в блоке расчетного перемещения БРП рассчитывается величина рассогласования $\Delta\varphi_3$ в положении ножей и переднего конца раската, а также направление отработки рассогласования посредством подразгона или притормаживания ножиц.

Алгоритм БРП представлен на рис. 2.

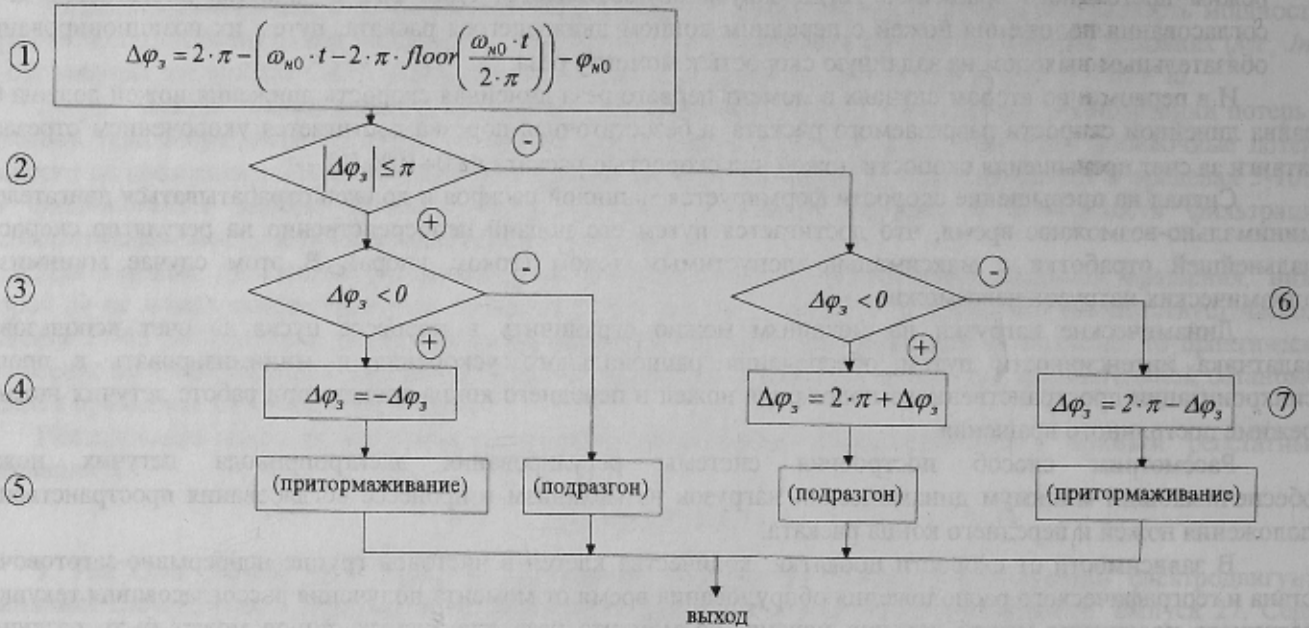


Рисунок 2

Сформированное задание $\Delta\varphi_3$ поступает на вход задающего устройства, состоящего из арифметического логического устройства АЛУ и двух интеграторов И1 и И2. АЛУ на основании информации о максимально допустимых значениях скорости ω_{max} , ускорения ε_{max} , заданных величин рассогласования по положению $\Delta\varphi_3$, допустимого времени его отработки t и времени первого согласования тока якоря двигателя с его установившимся значением t_c , а также значений $\omega_{жс}(nT)$ и $\varphi_{жс}(nT)$ формирует желаемый закон изменения ускорения $\varepsilon_{жс}(nT)$. Следовательно, на выходах двух интеграторов И1 и И2 в соответствии с уравнениями

$$\omega_{жс}(nT) = T\varepsilon_{жс}(nT - T) + \omega_{жс}(nT - T), \quad (1)$$

$$\varphi_{жс}(nT) = \frac{T}{2} (\omega_{жс}(nT) + \omega_{жс}(nT - T)) + \varphi_{жс}(nT - T) \quad (2)$$

формируются сигналы, пропорциональные желаемым значениям скорости $\omega_{жс}$ и положения $\varphi_{жс}$.

В узле формирования сигнала обратной связи по рассогласованию в положении $\varphi_{ос}$ применен способ выделения величины текущего рассогласования из полного перемещения φ_n , получаемого с фотоимпульсного датчика положения. Это достигается путем вычитания расчетного перемещения φ_p , которое бы производилось при движении ножей на установившейся скорости $\omega_{н0}$ из полного перемещения φ_n .

Регулятор положения РП выполнен линейным с передаточной функцией:

$$K_{РП}(z) = \frac{k_c}{k_n \cdot T_n} \quad (3)$$

где k_n, k_c - коэффициенты обратных связей по положению и скорости соответственно,

T_n - постоянная времени интегрирования разомкнутого контура регулирования положения.

Сигнал с выхода РП преобразуется в аналоговую форму и подается на вход контура регулирования скорости.

Алгоритм работы задающего устройства представлен на рис.3. В блоке (1) определяется значение максимально допустимого превышения скорости $\Delta\omega_{max}$ над $\omega_{н0}$. Далее (2) рассчитывается желаемое время $t_{жс}$, за которое $\varphi_{жс}$ должно достигнуть заданного значения $\Delta\varphi_3$. На следующем (3) шаге определяется минимальное время отработки перемещений с максимальным ускорением ε_{max} , когда достигается значение $\Delta\omega_{max}$; и производится сравнение с рассчитанным по (2) $t_{жс}$. При невыполнении условия (3) максимальное перемещение, которое возможно отработать за желаемое время $t_{жс}$, рассчитывается по (4). Иначе, оценка значения максимального перемещения $\Delta\varphi_{max}$, которое может быть отработано за желаемое время $t_{жс}$, производится согласно (5).

Если заданное перемещение превышает $\Delta\varphi_{max}$, то его отработку невозможно осуществить за время $t_{жс}$. В этом случае работа должна производиться с максимальным значением ускорения. При невыполнении условия (20) отработка производится по треугольной диаграмме скорости (13), в противном случае - по трапецидальной диаграмме с максимальными значениями ускорения ε_{max} и скорости ω_{max} в соответствии с алгоритмом [3].

В случае если заданное перемещение $\Delta\varphi_3 \leq \Delta\varphi_{max}$, то его отработка может быть произведена за конечное время $t_{жс}$ по треугольному или трапецидальному графикам изменения скорости. Максимальное перемещение, которое может быть отработано за заданное время $t_{жс}$ по треугольной диаграмме скорости (в дальнейшем именуемое критическим $\Delta\varphi_{кр}$), определяется согласно (10). Если заданное рассогласование меньше критического $\Delta\varphi_{кр} \geq \Delta\varphi_3$, то его отработка ведется по треугольному графику с желаемым ускорением разгона (торможения) $\varepsilon_{жс}$, определяемым в (12). Желаемые значения скорости $\omega_{жс}(nT)$ и перемещения $\varphi_{жс}(nT)$ формируются в подпрограмме расчета текущих значений ППРТЗ (31), а момент переключения работы с участка разгона на участок торможения определяется по условию (14).

Если $\Delta\varphi_{кр} < \Delta\varphi_3 \leq \Delta\varphi_{max}$, то отработка ведется по трапецидальному графику с выходом на максимальную скорость $\Delta\omega_{max}$ и с ускорением $\varepsilon_{жс}$, определяемым согласно (21). Момент времени переключения с участка разгона на участок равномерного движения происходит при достижении текущей величиной $\omega_{жс}(nT)$ значения $\Delta\omega_{max}$ (24), а с участка равномерного движения на участок торможения - при выполнении условия (27).

В случае отработки по трапецидальному графику для точного достижения величиной $\omega_{жс}(nT)$ значения $\Delta\omega_{max}$ вне зависимости от величины периода дискретности T производится квантование $\varepsilon_{жс}(nT)$ по уровню (22). Работа заканчивается при достижении $\varphi_{жс}(nT)$ заданного значения $\Delta\varphi_3$ (17), (30). При этом значения $\varepsilon_{жс}(nT)$, $\omega_{жс}(nT)$ обнуляются.

В соответствии с описанным алгоритмом и реальными для электропривода летучих ножиц цеха Блюминг-2 КГТМК "Криворожсталь" параметрами было проведено моделирование работы летучих ножиц

при условии, что $t_{жс} = 6c$. Электропривод ЛН выполнен по схеме "тиристорный преобразователь-генератор-двигатель постоянного тока" с типовой трехконтурной системой подчиненного регулирования скорости.

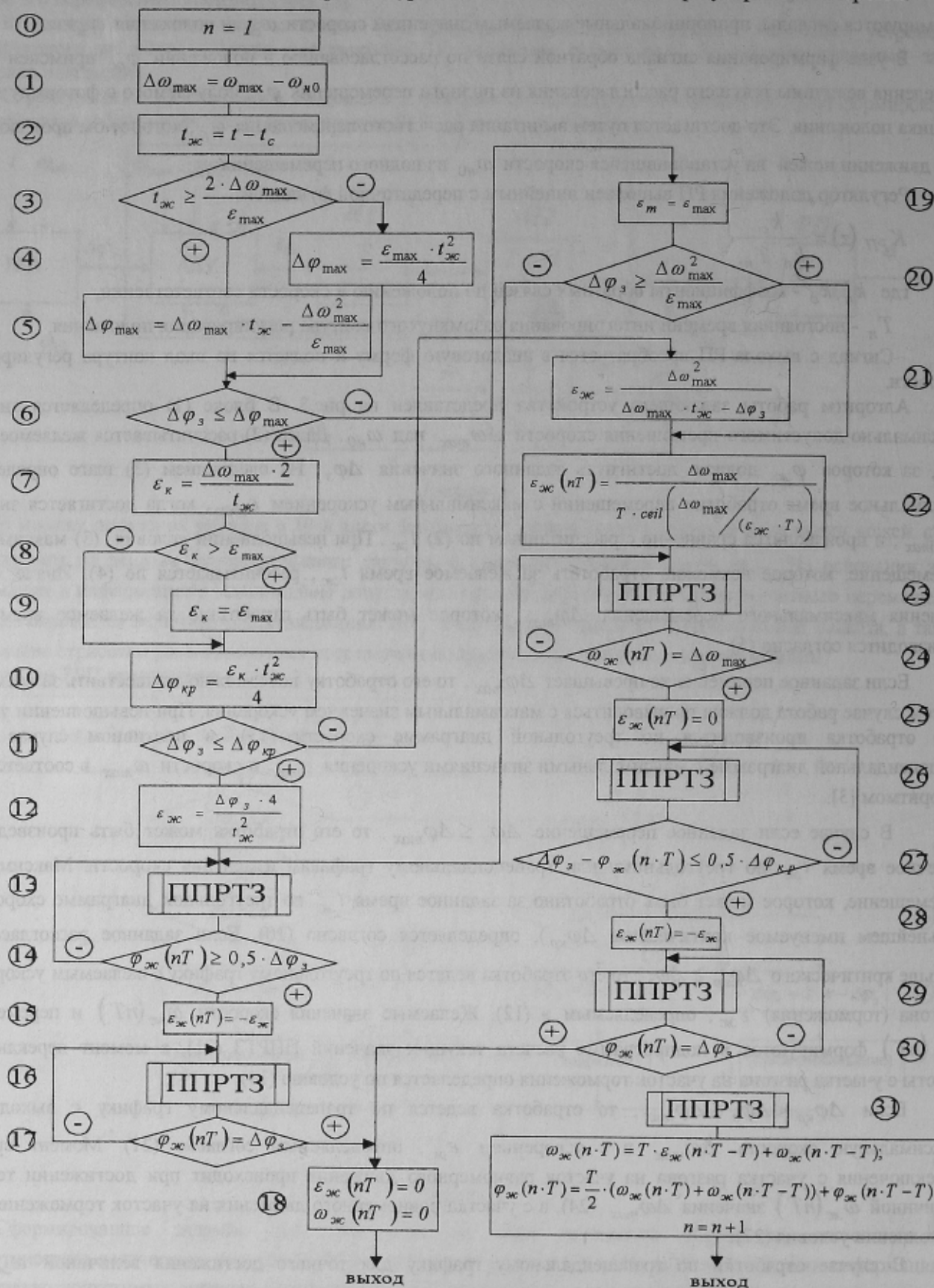


Рисунок 3 – Алгоритм работы задающего устройства

Максимально допустимые значения динамических параметров для данного привода составляют: $\omega_{\max} = 4,21 \text{ рад/с}$; $\epsilon_{\max} = 0,705 \text{ рад/с}^2$; $I_{\max} = 3600 \text{ А}$. Результаты моделирования представлены на рис.4, где показаны режим разгона летучих ножиц и отработка различных рассогласований.

На рис.4 приняты следующие обозначения: $\varphi_{жс}$, $\Delta\omega_{жс}$, $\varepsilon_{жс}$ - желаемые траектории изменения положения, скорости и ускорения, формируемые задающим устройством, $\omega_{д}$, $I_{я}$ - скорость и ток якоря двигателя летучих ножиц, $\varphi_{ос}$ - сигнал обратной связи по рассогласованию в положении.

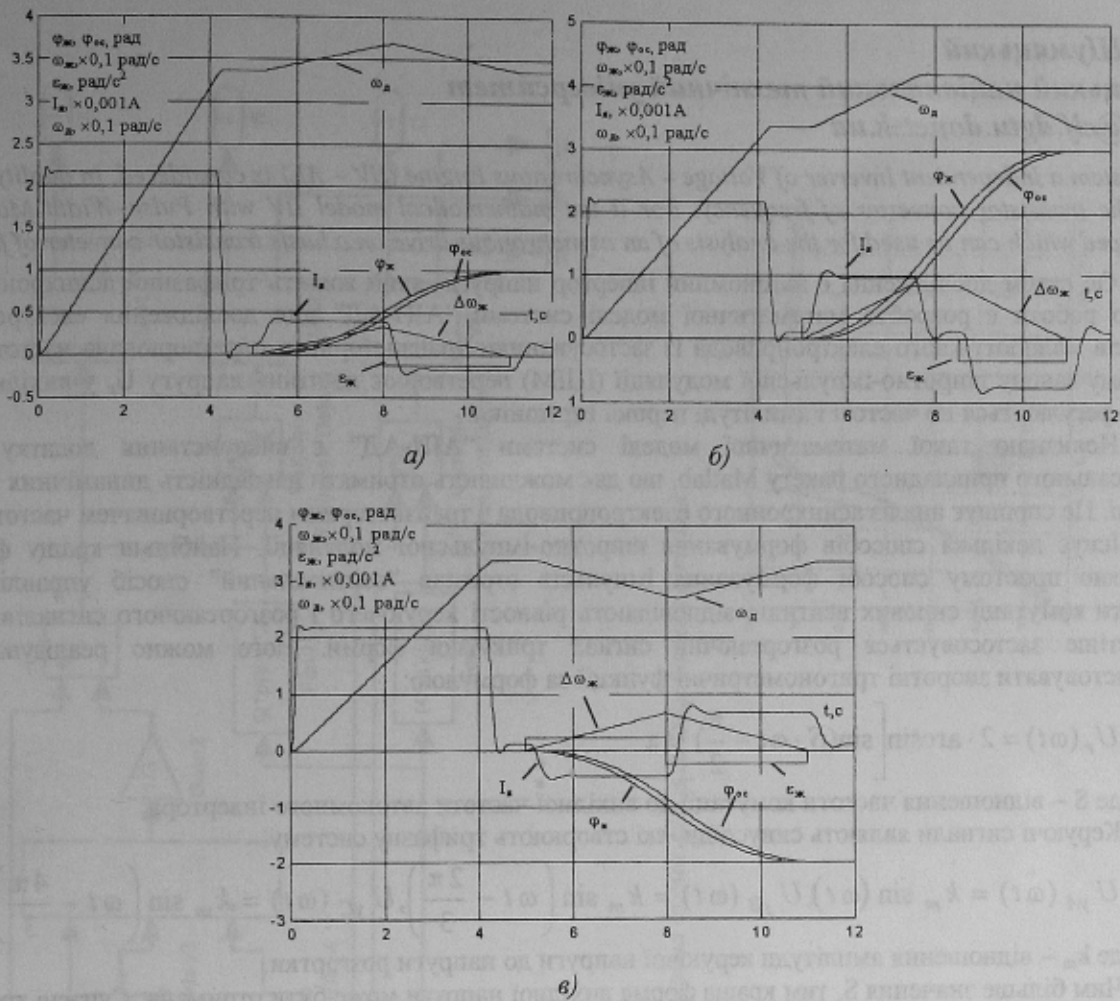


Рисунок 4 – Разгон и отработка заданного перемещения $\Delta\varphi_3$:
а) $\Delta\varphi_3=1\text{рад}$; б) $\Delta\varphi_3=3\text{рад}$; в) $\Delta\varphi_3=-2\text{рад}$.

Из приведенных на рис.4 графиков видно, что разработанное задающее устройство обеспечивает формирование желаемой траектории изменения перемещения $\varphi_{жс}$ до заданного уровня $\Delta\varphi_3$ с минимально допустимым для отработки этого перемещения $\Delta\varphi_3$ за фиксированное время $t_{жс}$ ускорением. Так при отработке $\Delta\varphi_3 = 1\text{рад}$ ускорение составляет $\varepsilon_{жс} = 0,111\text{рад}/\text{с}^2$, для $\Delta\varphi_3 = 3\text{рад}$ ускорение $\varepsilon_{жс} = 0,345\text{рад}/\text{с}^2$, а для $\Delta\varphi_3 = -2\text{рад}$ ускорение $\varepsilon_{жс} = 0,222\text{рад}/\text{с}^2$.

Выводы:

1. Разработаны способ построения и алгоритм работы системы синхронизации пространственного положения ножей летучих ножиц с передним концом движущегося раската, позволяющие осуществить позиционирование ножей с минимально-возможными по критерию отработки за фиксированное время возникающих рассогласований ускорениями.

2. Предложенный способ построения системы гарантированно обеспечивает отработку возникающих рассогласований к моменту первого реза с минимально возможными динамическими нагрузками на механизм летучих ножиц.

ЛИТЕРАТУРА:

- Афанасьев В.Д. Электропривод автоматических летучих ножиц. М.-Л.: Госэнергоиздат, 1962. – 143 с.
- Кожевников К.И. Производительность вспомогательных механизмов прокатных станков, форма диаграммы тока якоря двигателя и передаточное число редуктора / Автореферат дисс. на соискание ученой степени канд. техн. наук. - М.: МЭИ, 1957. -22 с.
- Коцегуб П.Х., Губарь Ю.В., Толочко О.И., Иванченко И.В. Реализация и исследование микропроцессорной системы позиционного электропривода с датчиком положения // Изв. вузов. Электромеханика. - 1988. - №2. - С.88-93.