

УДК 65.011.56

КАЧЕСТВЕННАЯ ОЦЕНКА ПРОЦЕССА СТАБИЛИЗАЦИИ ЗАХВАТНО-СРЕЗАЮЩЕГО УСТРОЙСТВА МАНИПУЛЯТОРА

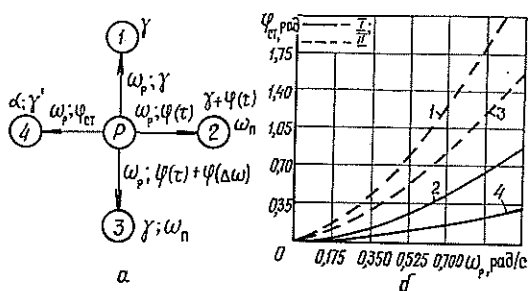
В. В. ХАРИТОНОВ, Б. Г. СТАРОДУБЕЦ

Московский лесотехнический институт, ЦНИИМЭ

Один из основных показателей качества управления движением манипуляторов — точность отработки управляющего воздействия, которая характеризуется абсолютной и относительной погрешностями позиционирования рабочего органа [2]. Для лесных манипуляторных машин, технологический цикл которых включает валку деревьев, наиболее важный параметр — точность стабилизации рабочего органа в вертикальной плоскости при наведении на объект труда. Ограничение здесь — максимально допустимое отклонение от вертикали $\pm \gamma$ элемента крепления (вала подвески, стойки и т. п.) рабочего органа (захватно-срезающего устройства).

Вопросам автоматической стабилизации рабочего органа манипуляторов универсальных и применяемых в лесных машинах посвящен ряд исследований [1, 3], в которых, в частности, дан анализ процесса наведения рабочего органа по оптимальной траектории; один из определяющих временных элементов ее — режим с поворотом рукоятки. Целесообразно дать качественную оценку, характеризующую процесс автоматической стабилизации рабочего органа относительно вертикали с учетом влияющих факторов.

Рис. 1. Процесс стабилизации в условиях непрерывного возмущающего воздействия: *a* — граф состояний рабочего органа (1...4) при повороте рукоятки *P*; *b* — зависимости $\varphi_{ст}$ от ω_p при $\Delta\omega$, равном 0,175 рад/с (1 и 2), 0,35 рад/с (3) и 1,05 рад/с (4); $T = \tau = 0,1$ с, $H = 0,3$ с



На рис. 1, *a* приведены параметры процесса стабилизации рабочего органа в условиях непрерывного режима возмущающего воздействия (движения рукоятки). При повороте рукоятки, а следовательно и стабилизируемого органа на угол γ (положение 1), система управления должна выработать управляющий сигнал на отработку возмущающего воздействия. С учетом запаздывания τ исполнительное устройство начнет отработку возмущающего воздействия при новом положении 2 рабочего органа. При этом угол поворота рукоятки

$$\varphi(\tau) = \omega_p \tau, \tag{1}$$

где ω_p — средняя угловая скорость рукоятки, рад/с.

Угол отклонения рабочего органа от вертикали в положение 2 равен $\gamma + \varphi(\tau)$.

Отработка возмущающего воздействия происходит путем одновременного поворота рабочего органа со средней угловой скоростью ω_n в направлении, противоположном возмущающему воздействию ω_p . Естественное условие достижения стабилизированного по углу γ положения рабочего органа: $\omega_n > \omega_p$, что имеет место в лесных манипуляторных машинах.

С учетом разности угловых скоростей $\Delta\omega = \omega_n - \omega_p$ угол поворота рукоятки, при котором достигается отработка возмущающего воздействия в положение \mathcal{J} , составит

$$\varphi(\Delta\omega) = \frac{\omega_p^2 \tau}{\Delta\omega}, \quad (2)$$

а угол поворота рукоятки с момента начала отработки угла γ равен $\varphi(\tau) + \varphi(\Delta\omega)$.

По управляющему сигналу исполнительное устройство отключится в положении \mathcal{J} с запаздыванием τ , чему будет соответствовать новое положение рабочего органа. Угол поворота рукоятки за время τ определяется по формуле (1), при этом рабочий орган займет положение \mathcal{K} с поворотом на угол $\alpha = \Delta\omega\tau$. Отклонение рабочего органа от вертикали по абсолютной величине

$$|\gamma'| = |\gamma| - \Delta\omega\tau. \quad (3)$$

Условие выполнения системой стабилизации своей основной функции: $|\gamma'| < |\gamma|$. Из уравнения (3) находим

$$\Delta\omega = \frac{|\gamma| - |\gamma'|}{\tau}. \quad (4)$$

В формуле (4) разность $|\gamma| - |\gamma'|$ является запасом по точности рассматриваемого процесса стабилизации рабочего органа.

Например, для обеспечения стабилизации рабочего органа в пределах угла отклонения от вертикали $\pm 0,105$ рад (обусловленного допуском на косорез при валке дерева) с максимальным запасом по точности ($\gamma' = 0$) при запаздываниях системы 0,1 и 0,3 с значения $\Delta\omega$ не должны превышать соответственно 1,05 и 0,35 рад/с. На основании выражения (4) можно дать оценку запаса по точности процесса стабилизации для валочно-трелевочной машины типа ЛП-49, где $\Delta\omega$ составляет около 0,175 рад/с. Задавая $\tau = 0,3$ с, получим $|\gamma| - |\gamma'| = 0,0053$ рад.

Важный параметр режима стабилизации рабочего органа при непрерывном возмущающем воздействии задающего органа (рукоятки) — его угол поворота (из положения 1 в положение 4), соответствующий периоду стабилизации:

$$\varphi_{ст} = \varphi(\tau) + \varphi(\Delta\omega) + \varphi(\tau) = \omega_p\tau \left(2 + \frac{\omega_p}{\Delta\omega} \right), \quad (5)$$

где дополнительное слагаемое $\varphi(\tau) = \omega_p\tau$ соответствует углу поворота рукоятки из положения \mathcal{J} в положение \mathcal{K} при отключении с запаздыванием τ .

На рис. 1, б показаны пределы изменения $\varphi_{ст}$ в зависимости от ω_p для обеспечения отклонения рабочего органа от вертикали не более $\pm 0,105$ рад при запаздываниях системы 0,1 и 0,3 с и максимальном запасе по точности.

На этом же рисунке приведены графики зависимости $\varphi_{ст}$ от ω_p при значении $\Delta\omega = 0,175$ рад/с для машины ЛП-49. С учетом того, что средняя угловая скорость рукоятки составляет около 0,7 рад/с, угол поворота $\varphi_{ст}$ может достигать 1,25 рад, т. е. более половины рабочего диапазона поворота рукоятки. В соответствии с технологией использования манипуляторных машин наведение и валка деревьев осуществляется,

как правило, на средних вылетах, ограничивающих угол $\varphi_{ст}$. Поэтому указанное обстоятельство ограничивает эффективное использование стабилизации рабочего органа при непрерывном повороте рукояти.

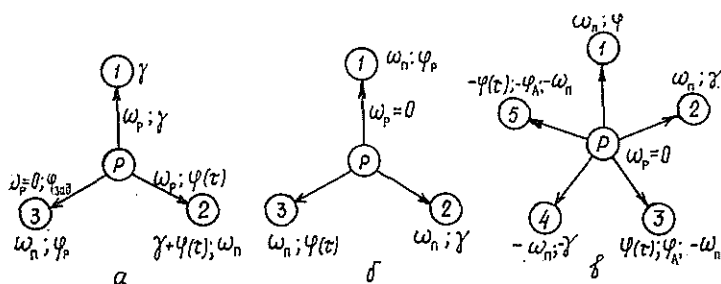


Рис. 2. Процесс стабилизации при фиксированном повороте рукояти: а — граф состояний рабочего органа (1...3) при повороте рукояти P на $\varphi_{зад}$; б — граф состояний рабочего органа (1...3) при отработке рассогласования φ_p ; в — граф состояний рабочего органа (1...5) в режиме автоколебаний

Процесс стабилизации рабочего органа при фиксированном угле поворота рукояти $\varphi_{зад}$ рассмотрен на рис. 2, а. Для данного режима наведения рабочего органа можно определить угол рассогласования φ_p в конце движения рукояти ($\omega_p = 0$), который характеризует незавершенность процесса стабилизации во времени.

Из условия

$$\frac{\varphi_{зад} - \gamma - \varphi_p}{\omega_n} = \frac{\varphi_{зад} - \gamma - \varphi(\tau)}{\omega_p} \quad (6)$$

с учетом (1) при $\omega_n - \omega_p > 0$ находим

$$\varphi_p = (\omega_p + \Delta\omega) \tau - (\varphi_{зад} - \gamma) \frac{\Delta\omega}{\omega_p}. \quad (7)$$

Численная оценка значений φ_p по выражению (7) в условиях режимных параметров работы лесосечной машины типа ЛП-49 $\omega_p = 0,7$ рад/с и $\Delta\omega = 0,175$ рад/с при $\gamma = \pm 0,105$ рад показал, что в диапазоне изменения угла $\varphi_{зад}$ от 0,175 до 1,05 рад/с φ_p изменяется по абсолютной величине от 0,07 до 0,149 рад при $\tau = 0,1$ с и от 0,0175 до 0,2 рад при $\tau = 0,3$ с.

Наличие угла рассогласования φ_p в процессе наведения рабочего органа при фиксированных углах поворота рукояти обуславливает необходимость в затрате системой управления дополнительного времени на отработку рассогласования φ_p , что показано на рис. 2, б. При движении рабочего органа со средней угловой скоростью ω_n в положении 2 с помощью первичного преобразователя в системе управления со временем запаздывания τ формируется команда на отключение исполнительного устройства. Угол поворота рабочего органа $\varphi(\tau) = \omega_n \tau$, и условие обеспечения отработки рассогласования в положении 3 определяется так:

$$\omega_n < \frac{2\gamma}{\tau}. \quad (8)$$

Например, для обеспечения стабилизации в пределах $\gamma = \pm 0,105$ рад при $\tau = 0,1$ с угловая скорость рабочего органа не должна превышать 1,75 рад/с, а при $\tau = 0,3$ с $\omega_n < 0,58$ рад/с.

При несоблюдении условия (8) отработка рассогласования осуществляется по схеме рис. 2, в. В положении 3 происходит включение обратного движения рабочего органа, а в положении 4 — отключение с за-

паздыванием τ . При этом рабочий орган займет положение *Б*, в котором вновь включается исполнительный орган для отработки рассогласования. Следовательно, в системе возникает автоколебательный процесс, который характеризуется амплитудой:

$$\varphi_a = \omega_n \tau - \gamma. \quad (9)$$

В диапазоне угловых скоростей рабочего органа от 0,7 до 1,05 рад/с при $\tau = 0,3$ с и $\gamma = \pm 0,105$ рад значения амплитуды находятся в пределах от 0,087 до 0,174 рад.

Для обеспечения $\varphi_p = 0$ из выражения (7) получаем

$$\Delta\omega = \frac{\omega_p^2 \tau}{\varphi_{зад} - \omega_p \tau - \gamma}. \quad (10)$$

На рис. 3 приведены зависимости, связывающие $\Delta\omega$ и ω_p для обеспечения $\gamma = \pm 0,105$ рад при различных фиксированных углах поворота рукояти. Из графиков видно, что наиболее приемлемые соотношения между $\Delta\omega$ и ω_p обеспечиваются при запаздывании системы управления не более 0,1 с. При этом для диапазона средних угловых скоростей рукояти от 0,7 до 0,875 рад/с в условиях фиксированных углов поворота рукояти, не превышающих одной трети максимального значения, диапазон изменения $\Delta\omega$ находится в пределах от 0,0875 до 0,48 рад/с. При $\tau = 0,3$ с верхняя граница $\Delta\omega$ для тех же условий превышает реально возможные значения.

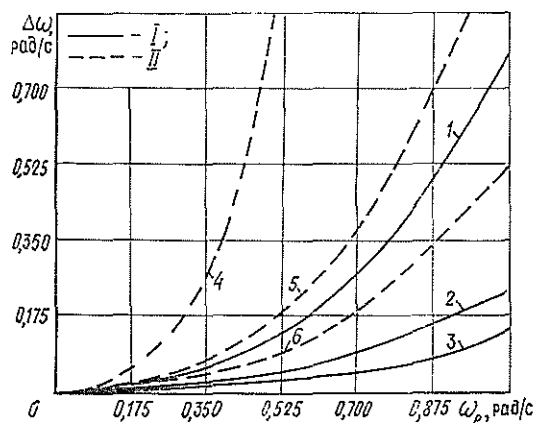


Рис. 3. Зависимости $\Delta\omega$ от ω_p при $\varphi_{зад}$, равном 0,35 рад (1 и 4); 0,7 рад (2 и 5) и 1,05 рад (3 и 6); I — $\tau = 0,1$ с, II — 0,3 с

Проведенный анализ дает возможность оценить основные параметры процесса наведения рабочего органа с точки зрения возможности обеспечения заданной точности. В условиях непрерывного режима возмущающего воздействия стабилизация рабочего органа на углах поворота рукояти в диапазоне от 0,35 до 0,70 рад обеспечивается при значениях ω_p от 0,7 до 0,9 рад/с, $\Delta\omega = 0,175$ рад/с и $\tau = 0,1$. Снижение быстродействия системы управления обуславливает необходимость увеличения $\Delta\omega$ более чем в 3 раза.

Автоколебания в режиме наведения рабочего органа при фиксированном угле поворота рукояти исключаются только при наличии достаточно быстродействующей системы управления. При изменении кинематических параметров процесса наведения увеличивается время соответствующего элемента цикла работы лесосечной машины.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Рабинович А. Н., Горбунов В. В. К вопросу о выборе схемы управления универсальным манипулятором: Науч. тр. Волгоград. политехн. ин-та, 1975.— Вып. 6.— С. 120—126. [2]. Саблин А. Д., Сорин В. М. Некоторые методы оценки точности позиционирования манипулятора // Робототехника.— Л., 1976.— С. 50—54. [3]. Цветков А. А., Илюхин Ю. В. Рекомендации по разработке перспективной системы управления манипуляторами лесосечных машин // Системы автоматизированного управления мобильными лесозаготовительными машинами: Тр. ЦНИИМЭ, 1981.— С. 61—73.

Поступила 14 апреля 1986 г.

УДК 65.011.56 : 621.311.1

К СОЗДАНИЮ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКОЙ ЧАСТИ ЛЕСОПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

В. М. АЛЯБЬЕВ, А. В. ТОЛОКОННИКОВ

Ленинградская лесотехническая академия

ГПИ Гипролестранс

Традиционные, ранее использовавшиеся методы проектирования, основанные на опыте проектных работников, полученном при создании аналогичных промышленных объектов и предприятий, не обеспечивают требуемого повышения технико-экономических показателей объектов, сокращения сроков проектирования, роста производительности труда строителей и монтажников, быстреего внедрения достижений научно-технического прогресса в практику проектирования и, в конечном итоге, интенсивного повышения качества проектирования.

Все более широкое применение в промышленности автоматизированного электропривода, автоматического дистанционного управления, технологической автоматизации и сигнализации, систем контроля и управления производством и энергетикой приводит к лавинообразному увеличению числа различных элементов, входных и выходных устройств, соответствующих кабельных связей, использованию сложного электро-технического оборудования, включающего электронные управляющие и вычислительные машины. Поэтому в условиях изменяющихся исходных данных поиск оптимального варианта решения проектных задач, с использованием новейших результатов научных исследований, становится невозможным без ЭВМ.

Именно вычислительная техника должна производить логическую обработку информации, всевозможные расчеты и оформление части проектных материалов (описаний, таблиц, схем, чертежей и графиков). За счет оптимизации проектных решений, лучшего использования материалов и оборудования должны быть снижены капитальные вложения на строящиеся объекты и обеспечен экономический эффект при их дальнейшей эксплуатации.

Возможности применения ЭВМ для решения задач проектирования определяются, с одной стороны, развитием теории и практики программирования, а с другой — быстродействием процессора и емкостью памяти машины. Современные универсальные цифровые машины позволяют решить практически любую задачу, если разработан численный метод решения и составлено ее формальное описание — алгоритм данной задачи.

Эффективное использование ЭВМ для решения задач проектирования электротехнической части лесопромышленных предприятий требует