

О. Н. ГАСПАРЯН

АНАЛИЗ АВТОКОЛЕБАНИЙ И ЧАСТОТНЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ КАЧЕСТВА СИСТЕМЫ ПРЕЦИЗИОННОЙ СТАБИЛИЗАЦИИ ТЕЛЕСКОПА СТАНЦИИ «АСТРОН»

Введение. На работу системы прецизионной стабилизации (СПС) положения изображения звезд в фокальной плоскости телескопа космической станции «Астрон» большое влияние может оказать нелинейность статических характеристик астродатчиков (АД), в частности ограниченность их линейной зоны. При неправильном выборе параметров отдельных каналов СПС указанные нелинейности могут привести к автоколебаниям (предельным циклам) и тем самым полностью нарушить работоспособность системы. Поэтому на стадии проектирования был осуществлен всесторонний анализ динамики СПС с учетом нелинейностей АД. Это позволило, во-первых, показать, что автоколебания в разработанной СПС отсутствуют и, во-вторых, более строго обосновать выбранную кинематическую схему установки и наведения офсетного АД. Следует отметить, что основное внимание в статье уделено вопросам анализа СПС в офсетном режиме. Это объясняется тем, что в режиме автосопровождения СПС распадается на два независимых канала, исследование возможных автоколебаний в которых может быть произведено классическими методами нелинейной теории регулирования [1].

В первой части статьи дается общее описание предложенного автором метода исследования одночастотных автоколебаний в нелинейных взаимосвязанных системах гидрирования (ВСГ) астрономических телескопов. Во второй части проведен сравнительный анализ динамики СПС станции «Астрон» при двух основных кинематических схемах установки офсетного АД. Третья часть посвящена вопросу оценки качества СПС при помощи введенного понятия показателя колебательности.

1. Анализ одночастотных автоколебаний в нелинейных ВСГ. Рассмотрим нелинейную ВСГ, матричная структурная схема которой представлена на рис. 1, где $W(p) = \{W_{lm}(p)\}$ — $n \times n$ матрица линейной части, а $F(\bar{x}) = \{F_{lm}(x_m)\}$ — $n \times n$ матрица нечетно-симметричных нелинейностей. В одноосных ВСГ $n=2$, а в трехосных — $n=3$.

Допустим, при отсутствии входных воздействий в ВСГ устанавливается режим одночастотных симметричных автоколебаний с частотой Ω и, кроме того, выполняется свойство фильтра линейной части [1]. Тогда, осуществляя гармоническую линеаризацию нелинейностей, получим в первом приближении (без учета высших гармоник) следующее векторное уравнение ВСГ на рис. 1.

$$[I + W(j\Omega)G(\bar{A})]\bar{x} = \bar{0}, \quad (1)$$

где I — единичная матрица; $G(\bar{A})$ — матрица, составленная из коэффи-

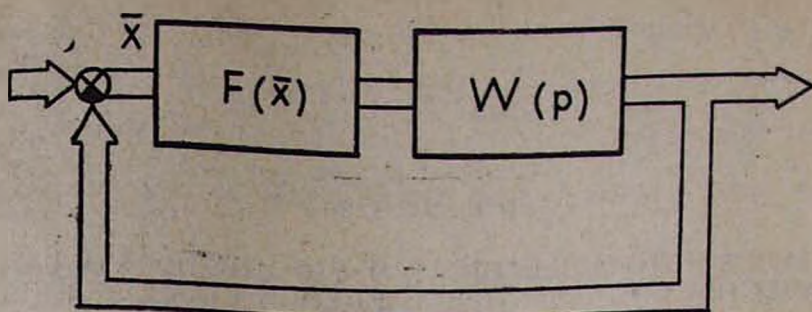


Рис. 1. Матричная структурная схема нелинейной ВСГ

диентов гармонической линейризации нелинейностей $F_{im}(x_m)$; $\bar{A}$ —вектор амплитуд колебаний переменных x_i в отдельных каналах.

Матрица $Q(j\Omega, \bar{A}) = W(j\Omega) G(\bar{A})$ является передаточной матрицей разомкнутой гармонически линейризованной ВСГ. В соответствии с известным в теории многосвязного регулирования методом характеристических передаточных функций (ХПФ) [2] её можно записать при помощи преобразования подобия в диадной формы записи в виде

$$Q(j\Omega, \bar{A}) = C(j\Omega, \bar{A}) \text{diag} \{q_i(j\Omega, \bar{A})\} C^{-1}(j\Omega, \bar{A}) \quad (2)$$

и

$$Q(j\Omega, \bar{A}) = \sum_{i=1}^n \bar{C}_i(j\Omega, \bar{A}) q_i(j\Omega, \bar{A}) \bar{C}_i^+(j\Omega, \bar{A}), \quad (3)$$

где $C(j\Omega, \bar{A})$ —модальная матрица, составленная из нормированных собственных векторов $\bar{C}_i(j\Omega, \bar{A})$ матрицы $Q(j\Omega, \bar{A})$; $\bar{C}_i^+(j\Omega, \bar{A})$ —векторы, двойственные к $\bar{C}_i(j\Omega, \bar{A})$; $q_i(j\Omega, \bar{A})$ —собственные значения (характеристические числа) матрицы $Q(j\Omega, \bar{A})$.

Функции $q_i(j\Omega, \bar{A})$ назовем характеристическими передаточными функциями, а базис, составленный из $\bar{C}_i(j\Omega, \bar{A})$ —каноническим базисом гармонически линейризованной ВСГ. Нелинейные свойства линейризованной ВСГ проявляются именно в зависимости ХПФ и осей канонического базиса от вектора амплитуд $\bar{A}$.

Диадная форма записи (3) допускает наглядную геометрическую интерпретацию. ХПФ $q_i(j\Omega, \bar{A})$ можно считать передаточными функциями некоторых разомкнутых одномерных «характеристических» систем, каждая из которых «действует» вдоль определенного направления (оси канонического базиса) в n -мерном пространстве векторов $\bar{x}$. Подобная трактовка позволит, как будет видно ниже, выявить важные геометрические особенности поведения автоколебательных ВСГ.

Подстановка (2) в (1) дает

$$C(j\Omega, \bar{A}) \text{diag} \{1 + q_i(j\Omega, \bar{A})\} C^{-1}(j\Omega, \bar{A}) \bar{x} = \bar{0}. \quad (4)$$

Периодическое синусоидальное решение $\bar{x}$ уравнения (1) (или (4)) соответствует чисто мнимым корням характеристического уравнения

$$\det[I + Q(j\Omega, \bar{A})] = \prod_{i=1}^n [1 + q_i(j\Omega, \bar{A})] = 0. \quad (5)$$

Из (5) следует, что гармонически линейризованная ВСГ будет иметь чисто мнимый корень только в том случае, если такой же корень име-

ет одна из замкнутых одномерных характеристических систем. Далее, для существования автоколебаний необходимо, чтобы остальные корни уравнения (5) находились в левой полуплоскости. С позиций метода ХПФ это означает, что остальные характеристические системы должны быть устойчивыми. Перепишем уравнение (1), с учетом диадного представления (3), в виде

$$\bar{x} = -Q(j\Omega, \bar{A})\bar{x} = - \left[\sum_{l=1}^n \bar{C}_l(j\Omega, \bar{A}) > q_l(j\Omega, \bar{A}) < \bar{C}_l^+(j\Omega, \bar{A}) \right] \bar{x}. \quad (6)$$

Отсюда вытекает, что вектор $\bar{x}$ может быть решением уравнения (1), если только он направлен по какой-либо одной, например r -й, оси канонического базиса, при дополнительном условии

$$q_r(j\Omega, \bar{A}) = -1, \quad (7)$$

являющемся записанным в частотной форме условием нахождения r -й характеристической системы на границе устойчивости.

Таким образом, в режиме установившихся автоколебаний в гармонически линеаризованной ВСГ «возбуждается» только одна из одномерных характеристических систем. Остальные характеристические системы при этом устойчивы, а вектор $\bar{x}$ направлен по той оси канонического базиса, которая соответствует возбуждаемой системе, т. е.

$$\bar{x} = \alpha \bar{C}_r(j\Omega, \bar{A}), \quad (8)$$

где α — комплексный скаляр, модуль которого равен $|\alpha| = |\bar{x}| = |\bar{A}|$.

Условие (8) назовем условием коллинеарности векторов $\bar{x}$ и $\bar{C}_r(j\Omega, \bar{A})$. Из него непосредственно вытекает коллинеарность вектора амплитуд $\bar{A}$ и действительного вектора $\bar{m}_r(\Omega, \bar{A})$, составленного из модулей компонент вектора $\bar{C}_r(j\Omega, \bar{A})$, т. е.

$$\bar{A} = |\bar{A}| \bar{m}_r(\Omega, \bar{A}). \quad (9)$$

Из (8) также имеем, что сдвиги фаз колебаний в отдельных каналах равны аргументам компонент возбуждаемой оси канонического базиса $\bar{C}_r(j\Omega, \bar{A})$. Условия (7), (8) (или (9)), дополненные условием устойчивости остальных характеристических систем, представляют собой необходимые условия существования одночастотных симметричных автоколебаний в нелинейной ВСГ на рис. 1.

При численном исследовании автоколебаний в ВСГ следует, с целью выявления всех возможных периодических режимов, последовательно проверить по указанным условиям каждую из двух (или трех) одномерных характеристических систем.

На основе полученных необходимых условий существования была разработана вычислительная процедура анализа автоколебаний на ЦВМ, а также методы анализа устойчивости автоколебаний, учета высших гармоник и ненулевых входных сигналов [2].

Суть численного метода исследования вкратце заключается в построении на комплексной плоскости, при каждом r , семейства характеристических годографов $q_r(j\Omega, \bar{A})$ при различных $|\bar{A}| = \text{const}$ и изменении частоты Ω , где векторы $\bar{A}$ удовлетворяют условию коллинеарности (9) (рис. 2). Если вектор $\bar{A}_+$ и частота Ω_+ удовлетворяют условиям (7) — (9), то годограф $q_r(j\Omega, \bar{A})$ при $\bar{A} = \bar{A}_+$ и $\Omega = \Omega_+$ проходит через точку $-1, j0$. Для проверки устойчивости остальных характе-

ристических систем нужно подставить найденный вектор $\bar{A}_+$ в передаточную матрицу $Q(j\Omega, \bar{A})$ и построить характеристические годографы $q_r(j\Omega, \bar{A}_+)$ последней при изменении частоты Ω . Тогда остальные характеристические системы будут устойчивыми в окрестности выявленного периодического режима с возбуждением r -й системы, если ни один из годографов $q_i^+(j\Omega, \bar{A}_+)$ ($i \neq r$) не охватывает точку $-1, j0$

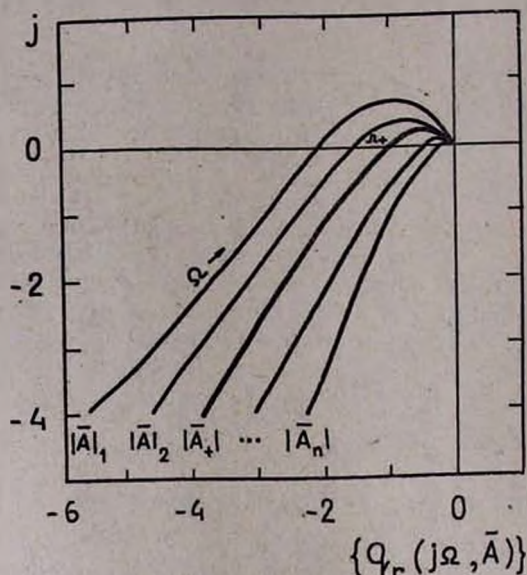


Рис. 2. Численное исследование автоколебаний

На практике очень важным классом является класс однотипных ВСГ (ОВСГ), в которых передаточные функции отдельных каналов одинаковы (обозначим их через $W(p)$), а взаимные связи описываются некоторой числовой матрицей R (эти связи обусловлены несоответствием осей чувствительности АД с осями гидирования телескопа [3]). Передаточная матрица $Q(j\Omega, \bar{A}) = W(j\Omega)N(\bar{A})$ при этом совпадает с точностью до скалярного множителя $W(j\Omega)$ с матрицей $N(\bar{A}) = RG(\bar{A})$. Отсюда вытекает, что канонический базис гармонически линейризованной ОВСГ совпадает с каноническим базисом матрицы $N(\bar{A})$ и не зависит от $W(p)$, а ХПФ равны $q_i(j\Omega, \bar{A}) = \lambda_i(\bar{A}) W(j\Omega)$, где $\lambda_i(\bar{A})$ — собственные значения матрицы $N(\bar{A})$. Последнее обстоятельство позволяет максимально приблизить методику исследования автоколебаний в ОВСГ к классической методике Гольдфарба [1]. Для этого представим условие (7) в форме

$$W(j\Omega) = -\frac{1}{\lambda_r(\bar{A})}. \quad (10)$$

Согласно (10), для определения $\bar{A}$ и Ω , при которых r -я характеристическая система находится на границе устойчивости, необходимо построить на комплексной плоскости годографа $W(j\Omega)$ параметрическую (с параметром $|\bar{A}|$) кривую $-1/\lambda_r(\bar{A})$ для векторов $\bar{A}$, удовлетворяю

ших условию коллинеарности (9) (рис. 3). Тогда точка пересечения этой кривой с $W(j\Omega)$ дает искомые $\bar{A}_+$ и Ω_+ . Для проверки устойчивости остальных характеристических систем нужно отложить на той же плоскости критические точки $-1/\lambda_i(\bar{A}_+)$ ($i \neq r$) матрицы $N(\bar{A}_+)$ и проанализировать их расположение относительно годографа $W(j\Omega)$.

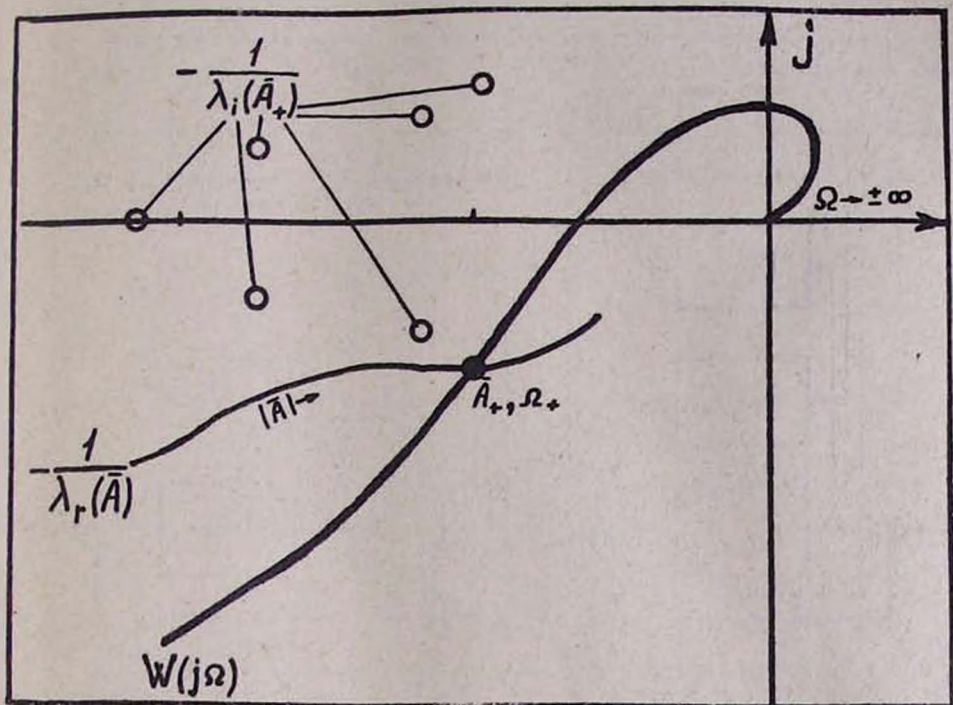


Рис. 3. Исследование автоколебаний при одинаковых отдельных каналах

Еще одним важным классом ВСГ является класс циркулянтных и антициркулянтных ВСГ (ЦВСГ и АВСГ), описываемых циркулянтными и антициркулянтными передаточными матрицами [2]. Как будет видно далее, к этому классу относится СПС телескопа станции «Астрон». В ЦВСГ и АВСГ имеется внутренняя симметрия между отдельными каналами, что приводит к возможности существования автоколебательных режимов с одинаковыми амплитудами $A_i = A$ в отдельных каналах. При $A_i = A$ передаточные матрицы ЦВСГ и АВСГ представляются в виде линейных полиномов от ортогональной матрицы перестановок U и матрицы перестановок U_- с изменением знака последнего элемента [2]. Канонический базис ЦВСГ (АВСГ) при этом совпадает с ортогональным каноническим базисом матрицы U (U_-) и является постоянным. Можно показать, что модули компонент всех собственных векторов матриц U и U_- одинаковы. Это значит, что при исследовании режима равных амплитуд в ЦВСГ и АВСГ необходимое условие коллинеарности (9) выполняется заведомо (что доказывает возможность существования такого режима), и вся задача сводится к определению частоты Ω и единственной амплитуды A , при которых некоторая r -я характеристическая система находится на границе устойчивости, а все остальные системы — устойчивы. При этом можно применять стандартные методы классической теории регулирования [1].

2. Анализ автоколебаний в СПС космической станции «Астрон» в офсетном режиме. На рис. 4 изображена развернутая структурная схема каналов гидирования СПС с выделенными статическими характеристиками АД в виде нелинейностей типа насыщения. На этой схеме одноканальный тракт передачи офсетного АД по модулированному сигналу приведен к эквивалентной двухканальной части по компонен-

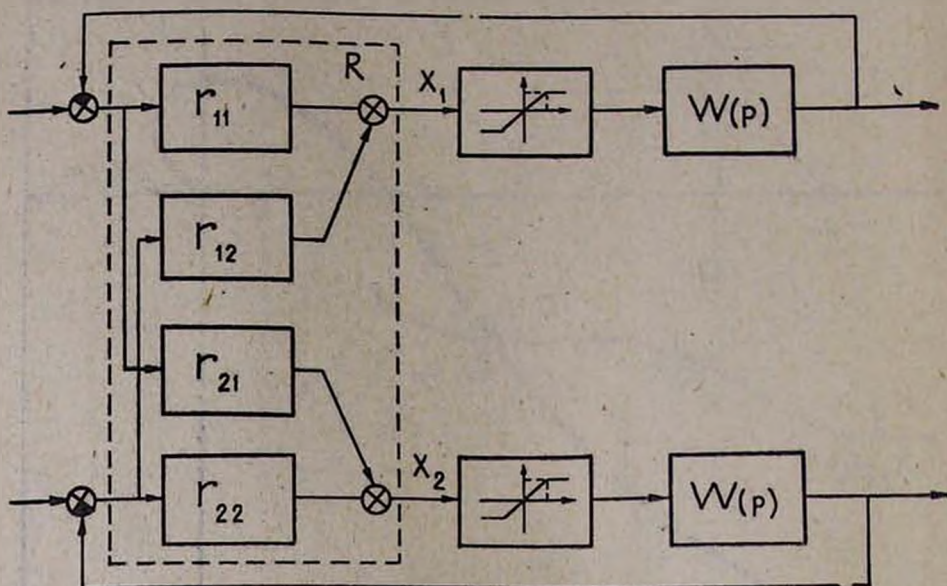


Рис. 4. Структурная схема каналов гидирования СПС

там вектора отклонений. Пунктиром показаны взаимные связи, характеризующие антисимметрической матрицей R с элементами $r_{11} = r_{22} = \cos \varepsilon$, $r_{12} = \sin \varepsilon$, $r_{21} = -\sin \varepsilon$. Структурная схема на рис. 4 описывает СПС в офсетном режиме при обоих основных кинематических схемах установки и наведения АД [3]. При плоскопараллельном способе наведения угол ε характеризует неточность выставки осей генератора опорных напряжений (ГОН) применяемого АД с полудисковой модуляцией светового потока и не превышает $1^\circ - 2^\circ$. При радиальном способе установки АД этот угол равен сумме той же погрешности выставки осей ГОНа и угла α , на который поворачивается вокруг оптической оси телескопа офсетный АД при его наведении на изображение опорной звезды (рис. 5). Во втором случае величина угла α определяется взаимным положением опорной и исследуемой звезд и угловой ориентацией объекта-носителя (станции «Астрон»).

Поскольку матрица R относится к антициркулянтным и оба канала СПС—идентичны, то, очевидно, рассматриваемая СПС является однотипной циркулянтной, с диагональной матрицей нелинейностей. Условие (10) нахождения i -й характеристической системы на границе устойчивости при этом удобно записать в виде

$$\lambda_i W(i\Omega) = -\frac{1}{q(A)}, \quad (11)$$

где $\lambda_1 = e^{+i\alpha}$ и $\lambda_2 = e^{-i\alpha}$ — собственные значения матрицы R , а $q(A) = \frac{2}{\pi} \left(\arcsin \frac{b}{A} + \frac{b}{A} \sqrt{1 - \frac{b^2}{A^2}} \right)$ — коэффициент гармонической линеаризации нелинейности типа насыщения [1] (здесь $b = 1,5''$ — половина зоны линейности АД).

Анализ возможных автоколебаний в СПС по (11) проведем на плоскости логарифмических характеристик отдельных каналов. На рис. 6 показаны логарифмические амплитудно-частотная $L(\Omega)$ и фазо-частотная $\varphi(\Omega)$ характеристики (ЛАЧХ и ФЧХ) передаточной функции $W(j\Omega)$ и нанесена фазовая граница устойчивости (ФГУ), построенная для нелинейности типа насыщения по обычным правилам [1]. Как видно из рис. 6, пересечения ФЧХ и ФГУ отсутствуют, т. е. в отдельных каналах СПС (иными словами — в режиме автосопровождения) автоколебания отсутствуют.

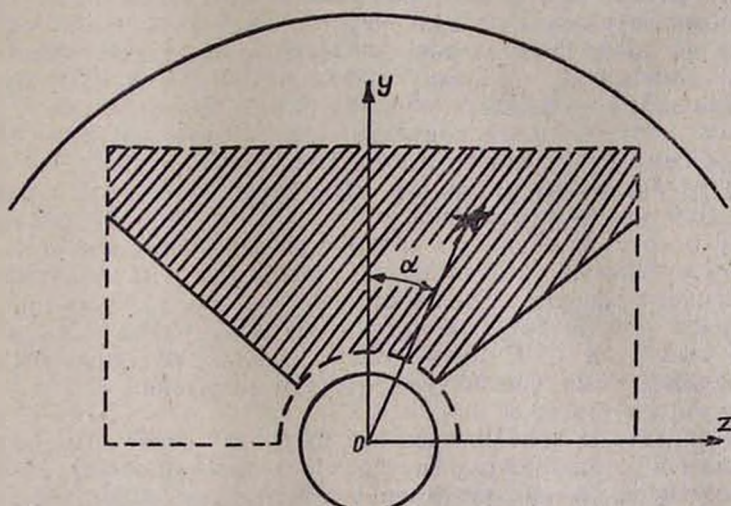


Рис. 5. Наведение офсетного астродатчика на опорную звезду

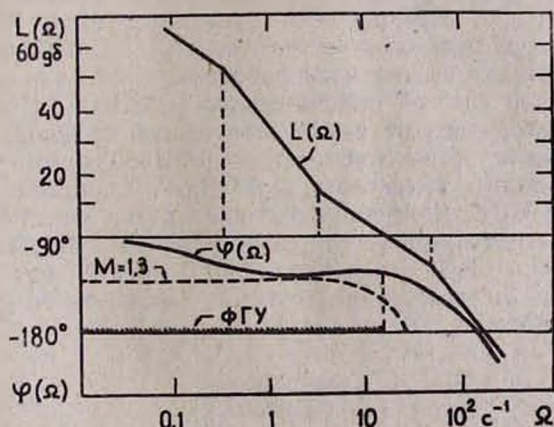


Рис. 6. Анализ автоколебаний и определение показателя колебательности СПС

Рассмотрим теперь динамику СПС в офсетном режиме. Согласно выражению (11), влияние взаимных связей на устойчивость СПС учитывается комплексными множителями $\lambda_{1,2} = e^{\pm i\varepsilon}$, модуль которых равен единице, а аргументы — $\pm\varepsilon$. Следовательно, изменение угла ε на плоскости логарифмических характеристик отражается смещениями ФЧХ вдоль оси ординат на величины $\pm\varepsilon$. Очевидно, для первой ХПФ ($\lambda_1 = e^{+i\varepsilon}$) ФЧХ смещается на величину ε вверх и эти смещения не могут привести к пересечению ФЧХ и ФГУ. Что же касается второй ХПФ ($\lambda_2 = e^{-i\varepsilon}$), то для нее ФЧХ смещается вниз, в направлении к ФГУ. Анализ кривых на рис. 6 показывает, что при изменении угла ε от 0° до 50° пересечений не будет и автоколебания в СПС отсутствуют. При $\varepsilon = 50^\circ$ происходит касание ФЧХ с ФГУ на частоте $\Omega = 1,5$ 1/с. Данный случай является бифуркационным и характеризует полуустойчивые автоколебания. При дальнейшем увеличении угла ε имеются две точки пересечения, левая из которых (с меньшей частотой) определяет, исходя из правила штриховки ФГУ [1], устойчивые автоколебания, а правая — неустойчивые. При $\varepsilon > 58^\circ$ существует только одна точка пересечения, характеризующая устойчивые автоколебания. Напомним, что ввиду антициркулянтности СПС амплитуды автоколебаний в отдельных каналах будут одинаковыми.

Таким образом, нами показано, что автоколебания в СПС в офсетном режиме будут отсутствовать только при $\varepsilon < 50^\circ$. Это означает, что при «радиальной» установке АД область возможного расположения опорной звезды ограничена углом $\alpha < 50^\circ (\pm 1^\circ - 2^\circ)$ (заштрихованная зона на рис. 5). Если же опорная звезда лежит вне этой области, то в СПС возникают устойчивые автоколебания. При плоскопараллельном способе установки АД имеем $\varepsilon \approx 1^\circ - 2^\circ$ и автоколебания в СПС отсутствуют при любом положении опорной звезды. На основании данного вывода в СПС космической станции «Астрон» был принят плоскопараллельный способ установки и наведения АД в офсетном режиме.

3. Показатель колебательности СПС. В устойчивых нелинейных ВСГ, как и в любых других системах регулирования [1], за областью устойчивости положения равновесия в большинстве случаев лежит область автоколебаний, причем в режиме установившихся автоколебаний в ВСГ возбуждается только одна из характеристических систем, а вектор комплексных амплитуд $\bar{x}$ направлен по соответствующей оси канонического базиса гармонически линеаризованной ВСГ (см. раздел 1). Грубо говоря, это означает, что нелинейная ВСГ может перейти из области равновесно сходящихся процессов в область автоколебаний только вдоль одной из осей канонического базиса. Следовательно, чем дальше будут находиться от автоколебательной границы устойчивости одномерные характеристические системы, тем большими запасами устойчивости и лучшим качеством переходных процессов будет обладать нелинейная ВСГ. Частотной оценкой запаса устойчивости характеристической системы может служить ее показатель колебательности M_i [1, 2], определяемый как наибольшая относительная величина резонансного пика амплитудно-частотной характеристики замкнутой системы по ошибке, т. е.

$$M_i = \sup_{\Omega} \left| \frac{1}{1 + q_i(j\Omega, \bar{A})} \right|, \quad (12)$$

где векторы $\bar{A}$ должны удовлетворять условию коллинеарности (9).

Для графического определения M_i отобразим уравнение (12) на комплексную плоскость семейства годографов $q_i(j\Omega, \bar{A})$ построенных при «коллинеарных» $\bar{A}$. Возводя левую и правую части в (12) в квадрат, после несложных преобразований получим

$$[\operatorname{Re}\{q_i(j\Omega, \bar{A})\} + 1]^2 + [\operatorname{Im}\{q_i(j\Omega, \bar{A})\}]^2 = \frac{1}{M_i^2}. \quad (13)$$

Геометрически это есть уравнение окружности с центром в точке $-1, j0$ и радиусом $r_i = 1/M_i$, т. е. постоянным значением $M_i = \text{const}$ соответствует на плоскости $\{q_i(j\Omega, \bar{A})\}$ семейство концентрических окружностей с центром в $-1, j0$. Отсюда приходим к выводу, что показатель колебательности M_i равен обратной величине радиуса той окружности, которая касается огибающей семейства годографов $q_i(j\Omega, \bar{A})$, используемых при анализе автоколебаний в ВСГ. Нетрудно понять, что максимальный из показателей M_i ($i=1, 2, (3)$) является частотной мерой запаса устойчивости и, как следствие, показателем качества колебательных переходных процессов нелинейной ВСГ. В случае однотипных систем, подставив выражение для ХПФ ОВСГ в (13), это уравнение можно привести к виду

$$\left[\operatorname{Re}\{W(j\Omega)\} + \operatorname{Re}\left\{\frac{1}{\lambda_i(\bar{A})}\right\} \right]^2 + \left[\operatorname{Im}\{W(j\Omega)\} + \operatorname{Im}\left\{\frac{1}{\lambda_i(\bar{A})}\right\} \right]^2 = \frac{1}{[|\lambda_i(\bar{A})| M_i]^2}. \quad (14)$$

На комплексной плоскости годографа $W(j\Omega)$ отдельных каналов ОВСГ это есть уравнение окружности с центром в точке $-1/\lambda_i(\bar{A})$ и радиусом $r_i = 1/|\lambda_i(\bar{A})| M_i$. Если построить окружности для всех «коллинеарных» $\bar{A}$ при $M_i = \text{const}$, то их огибающая образует запретную зону для $W(j\Omega)$. Ясно, что величина показателя колебательности характеристической системы равна параметру M_i той запретной зоны, которая касается годографа $W(j\Omega)$, не пересекаясь с ним. Отметим, что для случая ЦВСГ и АВСГ в (13) и (14) нужно заменить векторы амплитуд $\bar{A}$ на скалярную величину $\bar{A}$ (так как амплитуды автоколебаний в отдельных каналах ЦВСГ и АВСГ одинаковы), что существенно упрощает расчеты.

Определим, основываясь на изложенной методике, показатель колебательности СПС космической станции «Астрон». Можно показать, что, ввиду диагональности матрицы нелинейностей и антициркулянтности СПС, запретные зоны постоянных значений $M_i = \text{const}$ одномерных характеристических систем совпадают с обычными запретными зонами, используемыми в классической теории регулирования [1]. На рис. 6 пунктиром нанесена запретная зона для ФЧХ отдельного канала СПС (в режиме автосопровождения), построенная по известным правилам и соответствующая значению $M=1,3$. Поскольку при этом имеется касание ФЧХ и данной запретной зоны, то показатель колебательности СПС в режиме автосопровождения при учете насыщения АД равен 1,3. При работе СПС в офсетном режиме ФЧХ первой характеристической системы смещается вверх на угол $\varepsilon = 1^\circ - 2^\circ$, т. е. ее показатель колебательности M_1 становится меньше. Что же касается ФЧХ второй характеристической системы, то она смещается вниз на те же один-два градуса, что приводит к неравенству $M_2 > M$. Однако ввиду малости угла ε увеличение значения M_2 не превышает единиц процентов. Таким образом, показатели колебательности нелинейной

СПС в режимах автосопровождения и офсетного гидирования при принятом плоскопараллельном способе установки и наведения АД практически совпадают.

10 мая 1984 г.

Օ. Ն. ԳԱՍՊԱՐՅԱՆ

«ԱՍՏՐՈՆ» ԿԱՅԱՆԻ ԱՍՏՂԱԴԻՏԱԿԻ ԳԵՐՃՇԳՐԻՏ ԿԱՅՈՒՆԱՑՄԱՆ
ՀԱՄԱԿԱՐԳԻ ԻՆՔՆԱՏԱՏԱՆՈՒՄՆԵՐԻ ՎԵՐԼՈՒԾՈՒԹՅՈՒՆԸ ԵՎ ՈՐԱԿԻ
ՀԱՃԱԽԱԿԱՆԱՅԻՆ ՑՈՒՑԱՆԻՇՆԵՐԸ

Հետազոտված է «Աստրոն» տիեզերակայանի աստղադիտակի գերճշգրիտ կայունացման համակարգի դինամիկան հաշվի առնելով աստղատվիչների ստատիկ բնութագրերի ոչգծայնությունը, նկարագրված է կայունացման համակարգում ինքնատատանումների վերլուծության եղանակը, բերված են ինքնատատանումների հաշվարկի արդյունքները, որոշված է համակարգի տատանողականության ցուցանիշը:

O. N. GASPARIAN

ANALYSIS OF SELF-OSCILLATIONS AND FREQUENCY
RESPONSE QUALITY INDICES OF THE „ASTRON“
SPACE TELESCOPE IMAGE FINE STABILIZATION SYSTEM

The dynamics of the fine stabilization system of the „Astron“ space station telescope is investigated taking into account the star trackers static non-linearity. The method of the analysis of the stabilisation system self-oscillations is described. The results of calculations of self-oscillations are presented and the oscillation index of the system is determined.

ЛИТЕРАТУРА

1. Е. Л. Попов, Прикладная теория процессов управления в нелинейных системах. М., Наука. 1973.
2. О. Н. Гаспарян, Тезисы докладов республиканской научно-технической конференции «Современные системы автоматического управления и их элементы», Ереван, с. 3, 1981.
3. О. Н. Гаспарян, Г. Г. Егиазарян, «Изв. АН АрмССР (серия тех. н.)», 33, 10, 1980.