

ՀԱՅԿԱԿԱՆ ՍՍՀ
ԳԻՏՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ԱԿԱԴԵՄԻԱՅԻ

ՏԵԴԵԿԱԳԻՐ ИЗВЕСТИЯ

АКАДЕМИИ НАУК АРМЯНСКОЙ ССР

ՏԵԽՆԻԿԱԿԱՆ ԳԻՏՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ՍԵՐԻԱ
СЕРИЯ ТЕХНИЧЕСКИХ НАУК

Журнал издается с 1948 г.
Выходит 6 раз в год на русском языке

Կ Ր Ա Վ Ր Ա Վ Ա Ն Վ ՈՒ Ն Վ Ր Ա

Պատյան Դ. Վ. (պատ. խմբագիր), Աղոնց Հ. Տ. (պատ. խմբագրի տեղակալ),
Ալեքսենսկի Վ. Վ., Զաղոյան Դ. Ա., Հակոբյան Ռ. Ե.,
Սարգսյան Յու. Լ., Ստակյան Բ. Գ., Տեր-Ազարի Ի. Ա.,
Փինաջյան Վ. Վ. (պատ. խմբագրի տեղակալ),
Պատասխանատու քարտուղար Սեմիրանյան Զ. Կ.

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Касьян М. В. (ответ. редактор), Авоиц Г. Т. (зам. ответ. редактора),
Алексеевский В. В., Акопян Р. Е., Зисовиц М. А.,
Пинадзян В. В. (зам. ответ. редакт. ра), Саркисичи К. Л.,
Стокян М. Т., Тер-Азарьян Н. А.
Ответственный секретарь Степанян З. К.

Н. Р. ДЖАВАХЯН

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ РАЗЛИЧНЫХ ФАКТОРОВ
НА ДВИЖУЩИЕ СИЛЫ ПАНТОГРАФНОГО МАНИПУЛЯТОРА

За последнее десятилетие делаются интенсивные шаги по разработке и внедрению ручных манипуляторов (РМ)—новых универсальных средств механизации погрузочно-разгрузочных и складских работ, сборочных операций и обслуживания металлорежущих станков. Основной характеристикой, определяющей качество РМ, является величина потребного усилия оператора для горизонтального перемещения манипулируемого объекта. Это усилие зависит от степени уравновешенности РМ и совершенства его узлов трения и не должно превышать 50 Н [1].

В настоящей работе предложена методика определения усилия оператора, необходимого для преодоления трения в кинематических парах пантографных РМ, изучено влияние различных факторов на величину этого усилия и выполнено рациональное уравновешивание РМ по условию одновременной минимизации потребных движущих сил.

Для определения потребного усилия оператора рассмотрим предельное равновесное положение манипулятора. В этом положении для каждого звена линия действия равнодействующей внешних сил и линии действия реакций в двух его шарнирах с учетом сил трения, согласно теореме о трех силах, пересекаются в одной точке (рис. 1), а треугольных сил замкнут. Реакции в шарнирах проходят по касательным к кругам трения [2] радиуса

$$r_p = r_p \sin \varphi_p \approx r_p f_p,$$

где φ_p , f_p и r_p — угол, коэффициент трения и радиус цапфы шарниров; $p = A, D, E, B, H$.

Положение точек касания реакций с соответствующими кругами трения определяется в зависимости от направления относительных угловых скоростей ω_{ij} на возможных перемещениях звеньев так, чтобы моменты реакций R_{ij} относительно центров шарниров были сонаправлены с ω_{ij} ($i, j = 1, 2, 3, 4$). Направления ω_{ij} определяются направлением усилия T оператора, которое может быть представлено коэффициентом $n = \pm 1$ ($n = +1$ при $\vec{T} \cdot \vec{OX}$ и $n = -1$ при $\vec{T} \cdot \vec{OX}$). Решение задачи упрощается особенностью пантографных механизмов, а именно равенством абсолютных угловых скоростей параллельных звеньев, приводящим к равенству модулей относительных скоростей, и осуществляется при следующих допущениях:

—система сил, действующих на звенья палтографа, рассматривается как плоская, приложенная в срединной плоскости РМ, содержащей грузозахватный орган;

—вес звена 4 незначительный и не учитывается.

Второе допущение при заданном направлении искомой силы T однозначно определяет направления реакций R_{41} и R_{34} и сильно упрощает решение задачи силового анализа с учетом трения.

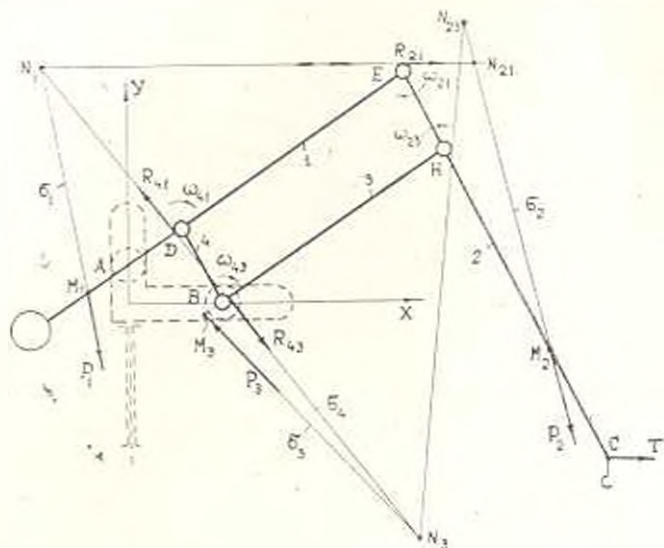


Рис. 1. Схема нагружения звеньев палтографной стрелы манипулятора с учетом трения в его кинематических парах.

Величину требуемого усилия T оператора определим последовательным рассмотрением равновесия звеньев 4, 1, 2 и 4, 3, 2 с использованием теоремы о трех силах. С этой целью сначала для звеньев $i=1, 2, 3$ находим модули P_i линии действия z_i , равнодействующих P_i и точки пересечения M_i последних с продольными осями соответствующих звеньев (рис. 1). По известной линии действия z_1 реакций R_{41} и R_{13} определяем точки N_1 и N_2 ее пересечения с линиями действия равнодействующих P_1 и P_2 . Затем из точек N_1 и N_2 с учетом направлений ω_{21} и ω_{23} проводим касательные к кругам трения шарниров E и H соответственно, которые пересекутся с линией действия равнодействующей P_2 в точках N_{21} и N_{22} . Задача сводится к определению значения усилия оператора, при котором точки N_{21} и N_{22} совпадут ($Y_{21} = Y_{22}$). Требуемое значение усилия T оператора, при котором в предельном равновесном положении преодолеваются все силы трения покоя, определяем решением нелинейного уравнения

$$\Delta = Y_{21} - Y_{22} = \Delta(T) = 0. \quad (1)$$

Итерационный процесс нахождения искомого значения T осуществляем от начального значения $T_0 > 0$, для которого определяем функцию (1). Если значение Δ превышает заданную точность вычисления

е. продолжаем поиск решения до достижения заданной точности. Для проведения расчетов была составлена программа на языке ФОРТРАН-IV, позволяющая отдельно исследовать влияние различных параметров манипулятора на величину требуемого усилия оператора. Исследования проведены на примере манипулятора УМР со следующими параметрами (рис. 2): вес подвижных частей $G_1 = 4000$ Н; грузоподъемность $G = 1000$ Н; —геометрические параметры: $DB = 210$ мм, $q = AE/EC = AD/DB = 1$; коэффициент подобия пантографа $k = AE/AD = 7$; коэффициент трения в кинематических парах $f = 0,1$; $X_0 = 84$ мм, $X_1 = 252$ мм, $Y_0 = 84$ мм, $Y_1 = 252$ мм.

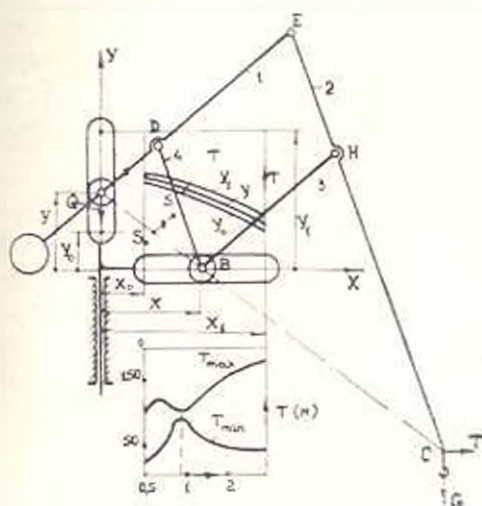


Рис. 2. Расчетная схема манипулятора с графиками изменения усилия оператора.

Результаты расчетов показали, что усилие оператора при работе манипулятора в ненагруженном режиме не превышает допустимого значения $T_{\max} = 50$ Н, поэтому было исследовано влияние на величину требуемого усилия оператора при работе манипулятора в нагруженном режиме следующих факторов: k , n , X , Y , q , f , b , a .

Параметры $b = BS_1/BA$ и $a = S_1/S$ (рис. 2) определяют положение центра масс S пантографной стрелы РМ [3].

Расчеты показали, что величина усилия оператора в заданной точке зоны обслуживания практически не зависит от коэффициента подобия k пантографа и направления горизонтального перемещения манипулируемого груза, определяемого параметром n .

На рис. 2 представлены графики зависимостей $T(X, Y_k)$, $T_{\max}(q)$ и $T_{\min}(q)$, откуда следует, что усилие T переменнo по зоне обслуживания, определяемой обобщенными координатами X и Y . Оно увеличивается с уменьшением X и с увеличением Y , т. е. с приближением к граничной точке зоны обслуживания ($X = X_{\min}$, $Y = Y_{\max}$). На границы изменения усилия $T \in [T_{\min}, T_{\max}]$ существенно влияет гео-

метрический параметр манипулятора q . Значение $q = 0,8$ для рассматриваемого манипулятора является оптимальным, ибо выравнивает по всей зоне обслуживания величину усилия оператора.

Далее было изучено влияние на T величины коэффициента трения f в трех очагах трения: между роликом и пазом горизонтального перемещения ($f_B = f$), роликом и пазом вертикального перемещения ($f_A = f$) и трение во вращательных парах ($f_{\theta} = f$).

На рис. 3 представлены графики зависимости усилия оператора от коэффициентов трения f в каждом из трех очагов трения при фиксированных значениях f^* коэффициентов трения в двух других очагах, из которых видно, что силы трения, возникающие в поступательной паре вертикального перемещения и во вращательных парах (кривые 2, 3) практически не оказывают влияния на усилие T , в то время, как последнее существенно зависит от силы трения между роликом и пазом горизонтального перемещения (кривая 1).

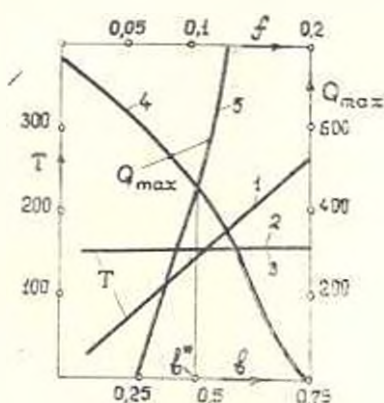


Рис. 3. Графики изменения движущих сил для горизонтального и вертикального перемещений манипулируемого объекта.

Изучение влияния параметров a и b на величину T показало, что T практически не зависит от коэффициента b и увеличивается с ростом a . Поэтому оптимальным следует считать значение $a=0$, при котором центр масс стрелы находится в точке S_2 на шарнирной прямой ABC и при горизонтальном перемещении точки C подвеса манипулируемого объекта перемещается по горизонтальной прямой $Y_x = bY$. При этом значение b может быть найдено из условия минимизации усилия Q вертикального перемещения, развиваемого силовым цилиндром подъема манипулируемого объекта. На рис. 3 представлены графики $Q_{max}(b)$ при работе манипулятора в нагруженном (кривая 4) и ненагруженном (кривая 5) режимах с учетом трения в кинематических парах. Значение b^* , при котором кривые 1 и 2 пересекаются, определяет положение центра масс на шарнирной прямой, оптимальное с точки зрения минимизации движущих сил T и Q . Из этого следует, что полное уравновешивание пантиграфной стрелы РМ ($a=0, b=0$), при котором

ее центр масс совмещается с центром шарнира B [3], не является оптимальным. Частичное уравнивание стрелы ($a=0$, $b=b^*$) позволяет значительно уменьшить энергозатраты путем одновременной минимизации движущих сил Q и T .

ЕрПН им. К. Маркса

10. VI 1987

Ն. Բ. ԶԱՎԻՅԱՆ

ՏԱՐԲԵՐ ԳՈՐԾՈՂՆԵՐԻ ԱՋԴԵՑՈՒԹՅԱՆ ՈՒՍՈՒՄԱՍԻՐՈՒԹՅՈՒՆԸ ՊԱՆՏՈՐԱՅԱՆՈՆ ՄԱՆԻՊՈՒԼԱՏՈՐԻ ՇԱՐՈՒՄ ՈՒՅԻՐԻ ՎՐԱ

Ա. Վ. Փ. Ո. Փ. Ո. Փ.

Առաջարկված է տեղափոխվող օբյեկտի հորիզոնական տեղաշարժի մասնակ ձեռքի կառավարմամբ պանտոգրաֆային մանիպուլյատորի կինեմատիկական զույգերում շփումը հաղթահարելու համար անհրաժեշտ սպերատորի ուժի որոշման մեթոդիկա և ուսումնասիրված է տարբեր զործոնների ազդեցությունը այդ ուժի մեծության վրա: Ցույց է արված, որ այդ ուժի վրա դերակշռող ազդեցություն ունեն պանտոգրաֆի այն օղակների երկարությունների հարաբերությունը, որոնց վրա կիրառվում են շարժիչ ուժերը, և շփումը հորիզոնական շարժման համընթաց զույգում:

Մշակված է ձեռքի կառավարմամբ պանտոգրաֆային մանիպուլյատորի նպատակահամար հավասարակշռման մեթոդ, որը թույլ է տալիս տեղափոխվող օբյեկտի հորիզոնական և ուղղաձիգ տեղաշարժերի համար անհրաժեշտ շարժիչ ուժերը բերել փոքրագույնի:

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Попов М. В. Усилие горизонтальной подачи сбалансированных манипуляторов пантографного типа // Проектирование механизмов и динамика машин: Межвузовский сб. нап. трудов ВЗМН.—М., 1986.—Вып. 20.—С. 111—115.
2. Кожевников С. Н. Теория механизмов и машин.—М.: Машиностроение, 1973.—591 с.
3. Саркисян Ю. Л., Давидян Н. Р. Рациональное уравнивание неопозитальных механизмов манипулятора // Изв. ВУЗ-ов. Машиностроение.—1988.—№ 7.—С. 44—48.

Изв. АН АрмССР (сер. ТН), т. XLII, № 5, 1988

МАШИНОСТРОЕНИЕ

А. В. ХЕЧУМЯН, Г. С. МАРТИРОСЯН, Р. С. МАРТИРОСЯН

ВЛИЯНИЕ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ШПИНДЕЛЬНОГО УЗЛА НА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ ДЕТАЛИ

Известно, что на шероховатость поверхности влияет большое количество факторов: скорость резания, подача, радиус закругления при вершине реза, главный и вспомогательный углы и плане и др. Однако

при равных перечисленных условиях, в результате фрезерования плоскостей на десяти вертикально-фрезерных станках мод. 6540 было обнаружено, что шероховатость обработанных поверхностей имеет разброс. При выяснении причин разброса было допущено предположение, что он является следствием наличия дефектов в шпиндельных узлах станков, для чего было проведено исследование технического состояния шпиндельных узлов на диагностическом устройстве [1]. К дефектам сборки были причислены неравнозначное усилие затяжки и перекос передней опоры шпиндельного узла, к дефектам изготовления — отклонение отверстия и гильзы шпиндельного узла от круглости в виде овальности и трехгранности, а также эксцентриситет приводной шлицевой втулки, который явился следствием несовершенной технологии изготовления [2].

Зависимость шероховатости от режимов и геометрии резания для различных материалов различна, поэтому рассмотрено влияние дефектов сборки и изготовления шпиндельного узла на шероховатость обработанной поверхности алюминиевого сплава АЛ9, бронзы БрАЖ9-4, чугуна СЧ21, сталей 45, 65Г, ШХ15 и У8. Производилось чистовое фрезерование, а для идентификации условий обработки и более чистого выделения влияния дефектов параметры фрезерования были приняты постоянными. С целью исключения влияния износа зубьев фрезы производилась их наработка на износ по стали 45. Измерение величины шероховатости поверхности производилось по параметру R_a согласно ГОСТ 2789-73.

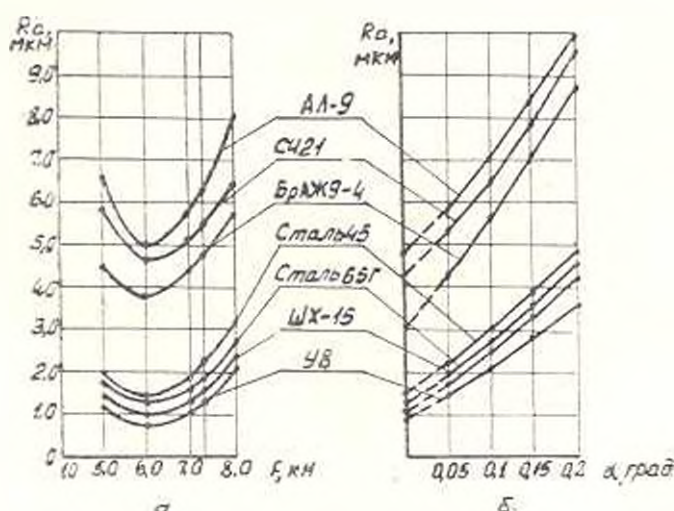


Рис. 1.

На рис. 1 а, б приведены зависимости шероховатости обработанной поверхности от неравнозначного усилия затяжки и перекоса передней опоры. Из [3] известно, что влияние осевого зазора передней опоры шпиндельного узла на шероховатость различна и зависит также от

степени разогретости станка, поэтому для исключения влияния температуры напрева шпиндельного узла эксперименты производились при определенной температурной стабилизации.

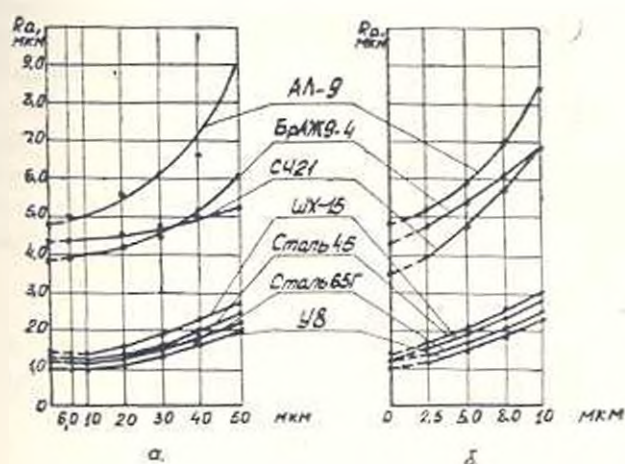


Рис. 2.

Полученные результаты показывают, что при разных усилиях затяжки передней опоры (рис. 1 а) шероховатость обработанной поверхности меняется. Однако, это влияние не может быть охарактеризовано однозначно, т. к. с увеличением усилия затяжки до 6 кН, шероховатость поверхности уменьшается, но дальнейшее же его увеличение приводит к увеличению шероховатости для всех обрабатываемых материалов. Из рис. 1 б видно, что с увеличением перекоса наружного кольца передней опоры шероховатость увеличивается для всех материалов. При перекосе, равном $0,23^\circ$, шероховатость увеличивается по сравнению с исходным состоянием при обработке алюминиевого сплава на 5,2 мкм, бронзы—4,8 мкм, чугуна—5,55 мкм, стали 45—2,8 мкм, стали 65Г—3,43 мкм, стали ШХ 15—3 мкм и стали У8—1,9 мкм. На рис. 2а, б приведены зависимости шероховатости обработанной поверхности от овальности и трехгранности. По оси координат отложены значения шероховатостей обработанных поверхностей, принятых за исходное состояние. Полученные результаты показывают, что при обоих видах дефектов с ростом их величины увеличивается значение шероховатости.

Анализируя зависимость шероховатости обработанной поверхности от дефекта овальности между разными материалами (рис. 2а), легко заметить, что при овальности, равной 50 мкм, шероховатость увеличивается по сравнению с величинами в исходном состоянии соответственно на 3,2, 2,3, 1,15, 1,13, 1,18, 1,7 и 1,25 мкм. При дефекте трехгранности (рис. 2б), равном 10 мкм, шероховатость увеличивается соответственно на 3,6, 3,1, 2,55, 1,7, 1,53, 2 и 1,5 мкм. Здесь также наблюдается резкое увеличение шероховатости для легких и цветных сплавов.

Рассматривая совместно влияние дефектов овальности и трехгранности на шероховатость обработанной поверхности отметим, что

треугольность влечет за собой большее отклонение шероховатости по сравнению с величиной в исходном состоянии, чем овальность.

Изучая зависимость шероховатости поверхности от эксцентриситета шлицевой втулки, изменяющегося в пределах $e=1,5-2,2$ мм (рис. 3), нетрудно заметить, что с увеличением e шероховатость поверхности, в основном, у всех рассматриваемых материалов увеличивается. У бронзы и чугуна она меняется пропорционально, что нельзя утверждать для сталей 45 и У8. Так, при величине эксцентриситета, равном 1,7 мм, наблюдается уменьшение величины шероховатости поверхности у стали 45 на 0,5 мкм, а У8—0,2 мкм. Аналогичная картина наблюдается и при величинах эксцентриситета, равных 2 мм и 2,2 мм.

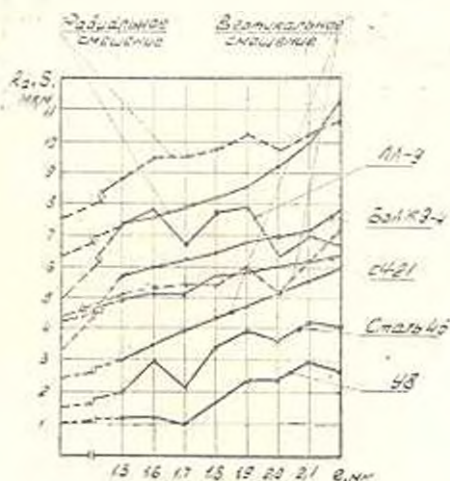


Рис. 3.

Анализируя зависимость шероховатости обработанной поверхности от эксцентриситета шлицевой втулки между рассматриваемыми материалами, находим, что при $e=2,2$ мм шероховатость увеличивается по сравнению с величинами в исходном состоянии при обработке бронзы БрАЖ9-4 на 4,3 мкм, чугуна СЧ21—2,15 мкм, стали 45—2,7 мкм и стали У8—1,8 мкм. На рис. 3 приведена зависимость шероховатости обработанной поверхности алюминиевого сплава от эксцентриситета шлицевой втулки, откуда видно, что с увеличением e шероховатость существенно не меняется, как это наблюдалось при обработке бронзы и чугуна, и находится в пределах 6,3—8 мкм.

По сравнению же с исходным состоянием ($e=1,5-2,2$ мм) шероховатость поверхности алюминиевого сплава увеличивается на 1,5—3,2 мкм. Вид кривых шероховатостей поверхностей при обработке алюминиевого сплава и у стальных материалов объясняется характером и величинами изменения выбросов шпиндельного узла относительно стола в вертикальном направлении и в направлении подачи стола. На рис. 3 зависимости выбросов стола от эксцентриситета шлицевой втулки при обработке алюминиевого сплава обозначены

пунктиром. При обработке бронзы и чугуна вид кривых, характеризующих величины выбросов от эксцентриситета шлицевой втулки, подобен кривым, характеризующим зависимость шероховатости обработанной поверхности. Приведенная кривая получена при обработке чугуна СЧ21.

Из рис. 3 видно, что характер изменения кривых, определяющих зависимость шероховатости обработанной поверхности, идентичен и подобен кривым, характеризующим выбросы между шпиндельным узлом и столом станка при обработке данного материала.

Черенц. опыты. 3-д «Кайн»

20. VIII. 1986

Ա. Վ. ԿԵՐԵՆՑՅԱՆ, Գ. Ս. ԽԱՐՏԻՐՈՅԱՆ, Ի. Ս. ՄԱՐՏԻՐՈՅԱՆ

ԻՎԱՅԻՆ ՀԱՆՐԱՊԵՏՈՒԹՅԱՆ ՏԵԽՆԻԿԱԿԱՆ ՎԻՃԱԿԻ ԱԶԳԻՅԱՆՈՒԹՅՈՒՆԻ
ՄԵԿԱՆԱՄԱՍԵՐԻ ՏԵԽՆՈԼՈԳԻԱԿԱՆ ԶԱՓԱՆԻՇՆԵՐԻ ՎՐԱ

. Ա մ փ ո փ ո լ մ

Հետազոտված է ուղղաձիգ ֆրեզերային հաստոցների իրային հանդույցների մեքենամասերի պատրաստման և հաժաքման թերությունների աղբյուրները մշակվող մեքենամասի տեխնոլոգիական պարամետրերի վրա:

Բերված է մակերեսների անհարթությունների փոփոխության օրինաչափությունը կոնստրուկցիոն և դործիրային պողպատների, թուջի և թեթև համառվածքների մշակման մասանակ, կախված տեխնոլոգիական թերությունների տեսակից և չափից: Միաժամանակ հետազոտվել է իրային հանդույցի և սեղանի շարարերական տատանումից առաջացած շեղման բնույթը:

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. А. с 599174 СССР, М. Клз G 01M7/0 Устройство для диагностики шпиндельных узлов металлорежущих станков. / А. В. Хезумян, Г. С. Мартirosян, Р. С. Мартirosян (СССР).—№ 2101290/25—28; Заяв. 14. 09 76; Оpubл. 15. 03. 78, 45юл. № 11.—138 с.
2. Хезумян А. В. Вибрационный контроль шпиндельного узла станка // Изв. АН АрмССР. Сер. ТН.—1976.—Т. XXIX, № 3.—С. 15—22.
3. Опитц Г. Современная техника производства. М.: Машиностроение, 1975—279 с.

Изв. АН АрмССР (сер. ТН), т. XLII, № 5, 1988

МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ

Ю. А. АВЕТИСЯН, В. Г. ГОРБАЧ, И. Ю. ВОЛОСЕВИЧ, О. А. МКРГЧЯН

СТРУКТУРНЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ СТАЛИ Х18Н10Т ПРИ ЦИКЛИЧЕСКОМ ДЕФОРМИРОВАНИИ С МЯГКИМ НАГРУЖЕНИЕМ

Цель настоящей работы—изучение структурных изменений, возникающих в γ -железе (ГЦК решетка) при нагрузках, превышающих предел текучести материала.

Для создания равномерного распределения напряжений по всему сечению образца применяли циклическое растяжение—сжатие. Образцы изготавливали из нержавеющей стали X18H10T (0,13% С, 0,53% Si, 1,7% Mn, 9,57% Ni, 0,61% Ti, 17,9% Cr). Испытания проводили на пульсаторе ЦДМ-ПУ10 при симметричном цикле нагружения с частотой 750 цик/мин в условиях 20 и 900°C. После циклической деформации готовили шлифы из поперечного сечения образца, которые травились в 5%-ном растворе щавелевой кислоты в воде (электролитическое травление). Электронно-микроскопические исследования на просвет проводились на электронном микроскопе JEM—6A, а металлографическое изучение на микроскопе «Neophot—2». Плотность дислокаций определялась по методике, описанной в [1]. Исследовались крупнозернистые (отжиг 1300°C—2 ч, $d=103$ мкм) и мелкозернистые образцы (отжиг 1100°C—1 ч, $d=12$ мкм).

Значения пределов текучести и прочности стали X18H10T при статическом растяжении приведены в таблице.

Таблица

Температура, °C	Крупнозернистая $\sigma_{0.2}, \sigma_{0.2}, \text{ МПа}$	Мелкозернистая $\sigma_{0.2}, \sigma_{0.2}, \text{ МПа}$
20	180-563	253-597
900	32-93	77-137



Рис. 1. Микроструктура исследуемой стали X18H10T в отожженном состоянии. $\times 300$.

В исходном отожженном состоянии микроструктура образцов характеризуется равноосными зёрнами аустенита, а иногда—с двойниками отжига (рис. 1). При электронно-микроскопическом исследовании в исходном состоянии обнаруживаются выделения карбида Cr_{23}C_6 , которые располагаются внутри (преимущественно на дислокациях) и по границам зёрен. Плотность дефектов составляет $10^8—10^9 \text{ см}^{-2}$.

твердость $HV=1060$ МПа. Структурные изменения при циклической деформации стали X18H10T существенны, когда напряжения превышают статический предел текучести.

Крупнозернистый образец при циклической деформации с нагрузкой, несколько превышающей предел текучести ($\sigma=\pm 220$ МПа), разрушается через $N=5000$ циклов, но уже через 500 циклов заметно увеличивается плотность дислокаций до 10^{10} см $^{-2}$, а твердость повышается до $HV=1530$ МПа. После 5000 циклов наблюдаются глубокие линии скольжения, деформация по зернам распределяется очень неравномерно. Внутри крупных зерен аустенита образуется ячеистая структура с размерами ячеек 1—2 мкм (рис. 2). В местах, где образование этой структуры замедлено, в процессе испытания может образоваться α -пакетный мартенсит. В случае присутствия ячеистой структуры на электронограммах наблюдается азимутальное размытие рефлексов, что свидетельствует об увеличении угла азимутальной разориентировки между формирующимися фрагментами кристаллической решетки. Твердость при этом повышается примерно в 1,5 раза, доходя до значения $HV=1710$ МПа.



Рис. 2. Дислокационная структура стали X18H10T после циклической деформации при 20°C ($\sigma=\pm 220$ МПа, $N=5000$ цикл), $\times 2500$.

С увеличением нагрузки до $\sigma=\pm 235$ МПа увеличивается число зерен, в которых наблюдаются структурные изменения, вызванные деформацией (рис. 3). При нагрузке $\sigma=\pm 250$ МПа крупнозернистый образец разрушается через 1300 циклов. При этом наблюдается общее возрастание плотности дислокаций до 10^{10} — 10^{11} см $^{-2}$ с формированием слабо выраженной ячеистой структуры. Но это число циклов оказывается недостаточным для формирования четко выраженной ячеистой структуры и твердость растет до $HV=1800$ МПа.

Число циклов до разрушения в стали X18H10T существенно зависит от величины зерна, что вполне объяснимо, поскольку предел текучести мелкозернистых образцов значительно выше, чем у крупнозерни-

нистых, а на структурные изменения в данном случае размер зерна мало влияет.



Рис. 3. Микроструктура стали X18H10T после циклической деформации при 20°C ($\sigma = \pm 235$ МПа, $N = 5000$ цикл), $\times 300$.

С увеличением нагрузки выше σ_c ($\sigma = \pm 270$ МПа) возрастает общая плотность дислокаций и появляется слабо выраженная ячеистая структура. Величина расщепления одиночных и групповых дефектов упаковки уменьшается. Твердость растет приблизительно в 1,5 раза, достигая величины $HV = 2000$ МПа. Описанные структурные изменения происходят во внутренних слоях металла, где и впоследствии распространяется усталостная трещина.

Сравнивая усталостные кривые стали X18H10T при 900°C с аналогичными кривыми, полученными при 20°C, заметно почти десятикратное увеличение относительной долговечности при повышении температуры испытания, что связано с развитием процессов разупрочнения. Усталостная прочность зависит от размера зерна: при нагрузке $\sigma = \pm 78$ МПа крупнозернистая сталь разрушается через $N = 25500$ циклов, а мелкозернистая — через $N = 86000$ циклов.

При нагрузке $\sigma = \pm 78$ МПа и числе циклов $N = 25500$ наблюдаются неравномерно распределенные по сечению образца области с повышенной (до 10^{10} см⁻²) плотностью дислокаций и участки слабо выраженной ячеистой структуры (рис. 4). Затем при повышении нагрузки ($\sigma = \pm 127$ МПа, $N = 1300$) структурные изменения становятся видны металлографически (линии скольжения) и образуется ячеистая структура [2], особенностью которой при температуре 900°C является более крупный размер ячеек, чем при 20°C, а также невысокая плотность дислокаций внутри ячеек и слабая азимутальная ориентировка между ячейками в пределах одного зерна. Твердость растет незначительно (до $HV = 1300-1400$ МПа). В мелкозернистых образцах при $\sigma = \pm 78$ МПа ячеистая структура выражена более чет-

կո, наблюдается также наличие одиночных расщеплений дислокаций, частота которых невелика, а твердость несколько выше ($HV=1590$ МПа), чем в крупнозернистых.



Рис. 4. Слабо выраженная ячеистая структура, образовавшаяся после циклической деформации стали X18H10T при 900°C ($\sigma = \pm 78$ МПа, $N = 2550$ цикл), $\times 25000$.

Таким образом, в стали X18H10T при циклической деформации с мягким нагружением при 20 и 900°C происходят значительные структурные изменения: на два порядка возрастает общая плотность дислокаций, увеличивается угол азимутальной разориентировки между формирующимися фрагментами кристаллической решетки, возникают глубокие линии скольжения и формируется ячеистая структура, что приводит к значительному упрочнению металла.

ЕрПН им. К. Маркса

27. IV. 1987

Յ. Ա. ԱՎԵՏԻՅԱՆ, Վ. Դ. ԶՈՐԲԱԶ, Պ. Յ. ՎԱՐՍԵՎԻԶ, Ո. Հ. ՄՈՐՏԶԱՆ

ՊՐԼՊԱՏ X18H10T-ի ԿԵՌՈՒՅՎԱԾՔԱՅԻՆ ՓՈՓՈԽՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԸ
ՓԱՓՈԽ ԲԵՐՆԱՎՈՐՄԱՄԸ ՑԻԿԼԱՅԻՆ ԿԵՅՈՐՄԱՑՄԱՆ ԺԱՄԱՆԱԿ

Ա. Վ. Փ. Ո. Վ. Ո. Վ.

Ցույց է տրված, որ առատներության X18H10T պողպատում փոփոխ բեռնափորմամբ սլաքատիկ դեֆորմացիաների հետևանքով 20°C -ում տեղի են ունենում զգալի կառուցվածքային փոփոխություններ, դիսլոկացիաների խտությունը մեծանում է երկու կարգով, մեծանում է բյուրեղային ցանցի կողմնորոշման անկյունը, առաջանում են սահմանի զծեր և ձևավորվում է բջջային կառուցվածք, որոնք բերում են մեծազոր զգալի ստրաժման (կարծրությունը ըստ HV-ի բարձրանում է 1,5 անգամ)։

Բարձր ջերմաստիճանում ցիկլային դեֆորմացիաների ժամանակ կառուցվածքային փոփոխությունները մոտավորապես նույնն են, ինչ որ 20°C -ի դեպքում։ Բջջիկները չափերը առաջ դեպքում ավելի մեծ են, նրանց ներսում

գիտականության խառնժյունը մեծ չէ և մեկ հատիկի սահմանում ագրիգուլացիան կողմնորոշումը թույլ է: Մետաղի ամրացումը 900°С-ում զգալիորեն ցածր է, քան 20°С-ում, որը կապված է փուլային փոխակերպման դադարեցման և առատենիտի ջերմային թուլացման հետ:

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Штрель М. А., Беляков Б. Г. Возможности электронномикроскопического измерения плотности дислокаций // ФММ.—1968.—Т. 25, вып. 1.—С. 140—151.
2. Yamaguchi Koji, Kanazawa Kenji. Dislocation substructures of austenitic stainless steels after low-cycle fatigue at high temperatures // Trans. Nat. Res. Inst. Metals. — 1984. — 26, № 3. — P. 210—214.
3. Kestelbach H. J. The effect of applied stress on partial dislocation separation and dislocation substructure in austenitic stainless // Phil. Mag. — 1977. — 36, № 6. — P. 1509—1515.

Изв. АН АрмССР (сер. ТН), т. XLI, № 5, 1988

ЭНЕРГЕТИКА

А. М. ВАРТАНЯН, Ю. А. КАЗАРЯН, Г. Д. БЕДЖАНИЯН

ОБ ОДНОМ МЕТОДЕ РАСЧЕТА ПОТОКОРАСПРЕДЕЛЕНИЯ БОЛЬШИХ ГАЗОТРАНСПОРТНЫХ СИСТЕМ

В энергетическом балансе народного хозяйства потребность в природном газе в настоящее время занимает ведущее место. При этом проблема расчета потокораспределения в газотранспортной сети является одной из основных задач при оперативном маневрировании потоками газа с целью получения народнохозяйственного эффекта. За последние годы особое внимание стало уделяться вычислительным аспектам этой проблемы [1—3 и др.]. В настоящей работе предлагается метод расчета потокораспределения в сложной газотранспортной сети, обеспечивающий оперативность решения при малом объеме используемой памяти ЭВМ. Метод основан на анализе структурных особенностей исследуемой системы с помощью ее информационного графа и применении некоторой модификации метода Ньютона [4, 5].

Математическая модель базовой задачи потокораспределения, описываемая законами Кирхгофа и замыкающими соотношениями расчетного звена [1, 2], имеет вид

$$\sum_{j \in I_i} X_j = Q_i, \quad i = \overline{1, m}, \quad (1)$$

$$m_i P_i^2 - P_i^1 = f_i X_i |\lambda_i|, \quad i = \overline{1, n}, \quad (2)$$

$$\sum_c (P_c^2 - P_{c+1}^2) = 0, \quad c = \overline{1, q}, \quad (3)$$

где X_i — потоки; Q_i — отборы (притоки) газа; P_i — давление газа; m_i — коэффициенты компрессорной станции; f_i — коэффициенты сопро-

тивления; J_i — множество номеров всех участков в схеме, смежных с узлом i ; i_1 и i_2 в соотношении (2) — начало и конец участка i ; сумма в (3) берется по всем независимым контурам c ; $[i, i+1]$ — участок контура.

При переходе к детальной технологической схеме размеры системы (1) — (3) значительно возрастают и она становится сильно разреженной [6]. В данной работе по возможности максимально используется свойство разреженности, и с учетом этого рекомендованы методы многократного решения системы (1) — (3). На каждом очередном этапе решения системы (1) — (3) принимаются заданными коэффициенты m_{ij} , а также фиксированы отборы (притоки) Q_i , которые могут быть регулированы с помощью внешних итераций. Построим информационный граф системы (1) — (3) и выберем информационные переменные [4]. Исходную систему разделим на две условные подсистемы. В первой подсистеме содержатся уравнения, информационные переменные которых входят линейно, а во второй подсистеме — уравнения, информационные переменные которых входят нелинейно. Подставив информационные переменные из первой подсистемы во вторую, получим систему меньшей размерности

$$F_i(X_x) = 0, \quad i = \overline{1, q}, \quad (4)$$

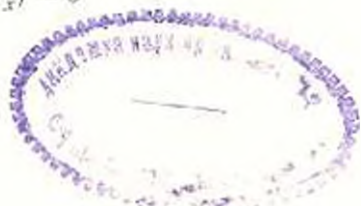
где через X_x обозначены часть переменных потоков, выбранных во второй подсистеме в качестве информационных.

В работе предложен способ построения информационного графа системы (4), исходя только из информационного графа системы (1) — (3), не имея дела с конкретными значениями уравнений. При этом обеспечивается разреженность матрицы смежностей информационного графа системы (4). И хотя система (4) в явном виде не рассматривается, имеем возможность простыми вычислениями в любой точке этой системы получить значения уравнений и коэффициентов матрицы Якоби. При этом есть возможность решать систему (4) методом Ньютона, тем более, что доказывається диагональное преобладание матрицы Якоби. Однако здесь не была использована разреженность системы (4), которая при рассмотрении больших газотранспортных систем может иметь еще довольно большую размерность.

Пусть $G = (V, E)$ — информационный граф системы (4), где $V = \{V_1, \dots, V_q\}$ — множество вершин, соответствующих уравнениям системы; E — множество ребер, при этом ребро $(V_i, V_j) \in E$ тогда и только тогда, когда информационная переменная i -го уравнения содержится в j -ом уравнении системы. Здесь получаем, что информационной переменной для i -го уравнения системы (4) является X_i , т. е. этого всегда можно достичь изменением нумерации. Заметим, что матрица инцидентности графа оказывается симметричной, и, следовательно, граф G рассматривается как неориентированный.

Найдем наибольшее устойчивое множество графа G [7]. Пусть

$$\Phi_1(X_x) = 0 \quad (5)$$



является подсистемой системы (4), где $\Phi_j(X_j) = \{F_j(X_j)\}$, $j \in I_1$; I_1 — множество номеров вершин устойчивого множества G_1 ; при этом $X^1 = \{X_j\}$, $j \in I_1$ — множество информационных переменных подсистемы (5); обозначим через $X^2 = \{X_j\}$ и $\Phi_j^2(X_j) = \{F_j(X_j)\}$, $j \in (I_1)$, $I = \{1, \dots, n\}$.

Выразим переменные X^1 из подсистемы (5) через оставшиеся переменные X^2 и подставим в систему $\Phi_j^1(X_j) = 0$. Получим новую систему

$$\Phi_j^2(X_j) = 0 \quad (6)$$

относительно переменных X^2 . Так как система (5) нелинейная, то в явном виде сделать такую подстановку невозможно. Предлагается аппарат, позволяющий построить граф системы (6), исходя только из графа G , и получить значения уравнений системы и коэффициентов матрицы Якоби в любой точке X^1 . При этом, если размеры системы (6) остаются еще большими, то при указанных преобразованиях ее информационная матрица сохраняет разреженность. Далее аналогичная процедура проводится с новой системой (6). Процесс завершается, когда граф новой системы получается полным.

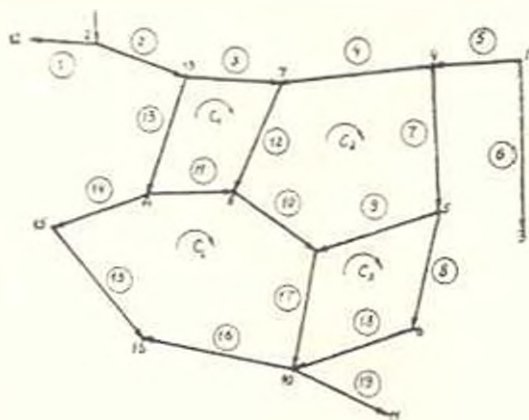


Рис. 1. Схема газотранспортной системы Армянской ССР.

В качестве примера рассмотрена схема газотранспортной сети Армянской ССР (рис.), состоящая из замурованных 16 узлов и 19 участков. Узел 7 выбран как балансирующий. Выбраны четыре нелинейных контура

$$\begin{aligned} c_1 &= \{13, 7, 8, 14, 13\} & c_2 &= \{7, 4, 5, 9, 8, 7\}; \\ c_3 &= \{9, 5, 6, 10, 9\} & c_4 &= \{14, 8, 9, 10, 16, 15, 14\}. \end{aligned}$$

Участкам газопроводов дана предварительная ориентация. В схеме имеются два притока в узлах 1 и 2. Заданы векторы отборов и сопровитвлений: $Q = (6270, 10830, 2570, 3310, 390, 145, 1535, 170, 2610, 3250, 260, 140, 0, 800, 340, 290)$ (м³/ч, 10^6 м³/ч); $f = (0,83 \cdot 10^{-3},$

$0,48 \cdot 10^{-5}$, $0,23 \cdot 10^{-5}$, $0,31 \cdot 10^{-2}$, $0,31 \cdot 10^{-2}$, $0,31 \cdot 10^{-2}$, $0,25 \cdot 10^{-3}$, $0,26 \cdot 10^{-2}$, $0,54 \cdot 10^{-3}$, $0,19$, $0,61 \cdot 10^{-5}$, $0,35 \cdot 10^{-2}$, $0,17 \cdot 10^{-4}$, $0,68 \cdot 10^{-3}$, $0,42 \cdot 10^{-2}$, $0,16 \cdot 10^{-5}$, $0,35 \cdot 10^{-3}$, $0,15 \cdot 10^{-4}$, $0,22 \cdot 10^{-1}$, $0,15 \cdot 10^{-2}$). Задано давление балансирующего узла $P_2 = 4 \text{ МПа}$.

Выберем информационную переменную систему и разделим ее на две подсистемы, в зависимости от того, информационные переменные входят в уравнениях линейно или нелинейно. После преобразований и иерархизации первая подсистема примет следующий вид (слева указываются информационные переменные):

$$\begin{array}{lll} X_1 = Q_{13}; & X_2 = Q_2 - X_1; & X_3 = -Q_3 + X_2 - X_{13}; \\ X_6 = Q_{12}; & X_5 = Q_1 - X_6; & X_4 = -Q_4 + X_5 - X_9; \\ X_{10} = Q_{11}; & X_{11} = -Q_{14} + X_{12} - X_{14}; & X_{15} = -Q_{12} + X_{11}; \\ X_{14} = Q_{10} - X_{16}; & X_9 = -Q_5 + X_2 - X_9; & X_{18} = -Q_8 + X_9; \\ X_{13} = Q_{10} - X_{14} + X_{10} + X_{16}; & X_{10} = Q_2 - X_2 - X_{12}; & X_{12} = Q_1 - X_{11} + X_{10}; \\ P_3^2 = P_7^2 - f_{13} X_{12}^2; & P_2^2 = P_6^2 - f_{10} X_{10}^2; & P_{13}^2 = P_9^2 - f_{17} X_{17}^2; \\ P_8^2 = P_{10}^2 + f_{18} X_{18}^2; & P_5^2 = P_9^2 + f_9 X_9^2; & P_{16}^2 = P_{10}^2 - f_{16} X_{16}^2; \\ P_{11}^2 = P_{16}^2 + f_{16} X_{16}^2; & P_{14}^2 = P_8^2 + f_{11} X_{11}^2; & P_{11}^2 = P_{12}^2 - f_{15} X_{15}^2; \\ P_4^2 = P_7^2 + f_4 X_4^2; & P_1^2 = P_8^2 + f_2 X_2^2; & P_3^2 = P_1^2 - f_6 X_6^2; \\ P_{13}^2 = P_7^2 + f_3 X_3^2; & P_2^2 = P_{13}^2 + f_3 X_3^2; & P_{12}^2 = P_1^2 - f_1 X_1^2. \end{array}$$

Вторая подсистема имеет вид

$$\begin{array}{ll} X_{13}^2 = (P_{14}^2 - P_{13}^2) / f_{13}, & X_2^2 = (P_4^2 - P_2^2) / f_2, \\ X_1^2 = (P_1^2 - P_2^2) / f_1, & X_{14}^2 = (P_{14}^2 - P_{12}^2) / f_{14}. \end{array}$$

Здесь под выражением X_i^2 подразумевается $X_i \cdot |X_i|$. Выражая информационные переменные первой подсистемы через X_i и подставляя во вторую подсистему, получаем систему

$$\begin{array}{ll} F_1(X_{13}, X_1, X_{14}) = 0, & F_2(X_{13}, X_2, X_1, X_{14}) = 0, \\ F_3(X_1, X_2, X_{14}) = 0, & F_4(X_{13}, X_1, X_2, X_{14}) = 0. \end{array}$$

где подчеркнуты информационные переменные.

В результате расчета получены следующие значения: $X = (1400, 9430, 8290, -225, 3700, 2570, 585, 215, -20, 6360, 0, 6530, 1140, 340, 0, 290, 3700, 70, 2600)$; $p = (43,21, 46,74, 11,71, 37,99, 23,50, 22,97, 40,0, 29,58, 25,07, 20,49, 17,84, 23,62, 41,93, 29,58, 19,75, 19,75)$. Здесь знак минус в векторе потоков X означает, что поток на данном участке имеет противоположное направление относительно принятой ориентации в схеме.

Таким образом, исходная система уравнений сводится к системе, намного меньшей размерности, которая решается методом Ньютона.

Предварительные расчеты показали высокую эффективность предложенного подхода.

ЕКО ВНИИЭГазпром

10.1.1987

Ա. Մ. ՎԱՐՈՒՅԱՆ, ՅՈՒ. Հ. ՂԱԶԱՐՅԱՆ, Դ. Դ. ՌԵԶԱՆՅԱՆ

ԿԱԶՄՏՐԱՆՈՒՐՈՒՄՆԵՐԻ ՄԵՆ ՀԱՄԱԿԱՐԳԵՐԻ ՀՈՐԲԱՐԱԺԱՆՈՒՄԸ ՀԱՇՎԱՐԿԻ ՄԵԿ ՄԵԹՈԴԻ ՄԱՍԻՆ

Ո. Վ. Փ. Ո. Փ. Ո. Փ.

Առաջարկվում է գազատրանսպորտային բարդ ցանցում գազի չոսքի հաշվարկման մեթոդ, հիմնված հետազոտվող համակարգի կառուցվածքային առանձնահատկությունների վերլուծման վրա, որը իրականացվում է վերջինիս ինֆորմացիոն զրաֆիկ օգնությանը և նյութունի ծափոխված մեթոդի կիրառմամբ: Մշակված մեթոդը նպաստում է բարդ ցանցի չոսքարածանման խնդրի զործադրական լուծմանը էՀՄ-ի հիշողության փոքր ծավալի օգտագործման պայմաններում:

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Берман Р. Я., Понкратов В. С. Опыт использования ЭВМ для расчета сложных газопроводов // Автоматизация, телемеханизация и связь в газовой промышленности. 1978—С. 21—26.
2. Грубопроводный транспорт газа / С. А. Бобровский, С. И. Щербяков, Е. И. Яковлев и др.—М.: ВНИИЭГазпром.—М.: Наука. 1976—195 с.
3. Киселёв А. С., Брезинский В. Е., Яковлев Е. М. Анализ оперативных режимов газотранспортных систем. // Транспорт и хранение газа. М.: ВНИИЭГазпром. 1986—Вып. 7.—42 с.
4. Писеницкий Б. И., Варшавяк А. М. О решении систем урловений заданной структуры.—Киел, 1984.—84 с. (Печеринт АН УССР, Ин-т Кибернетики, 81—20).
5. Варшавяк А. М. Метод расчета гидравлических систем большого размера // Изв: АН СССР, Энергетика и транспорт.—1984—№ 4—С. 47—54.
6. Тиминский Р. Разреженные матрицы.—М.: Мир, 1977—189 с.
7. Харари Ф. Теория графов.—М.: Мир, 1978.—300 с.

Изв. АН АрмССР (сер. ТН), т. XLII, № 5, 1988

ЭНЕРГЕТИКА

А. С. АВАКИМОВ, Г. А. АМРАТЕЯՆ, Դ. Մ. ԱՏԱՐՅԱՆ, Բ. Դ. ՄՐԱԴՅԱՆ

РЕАЛИЗАЦИЯ ПРОТИВОАВАРИЙНОЙ АВТОМАТИКИ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМ НА БАЗЕ МИКРО-ЭВМ

Технические характеристики установленных в настоящее время в электроэнергетических системах (ЭЭС) устройств противоаварийной автоматики (ПА) не удовлетворяют современным требованиям. Низкими являются всеогабаритные показатели, практически отсутствуют

системы самоконтроля и диагностики, устарела основанная на электромеханических реле элементная база, из-за недостатка необходимой информации и несовершенства средств дозирования управляющие воздействия сильно завышены.

Для современного состояния противоаварийного управления характерен новый этап в развитии: комплексы средств ПА перестают быть вспомогательным средством и становятся основным фактором, кардинально влияющим на перспективы развития ЭЭС. Дальнейшее развитие и совершенствование ПА связано с внедрением управляющих ЭВМ. Для обеспечения аппаратно-вычислительной части, связанной с задачами управления установленными и переходными режимами ЭЭС, в мировой практике находит широкое применение микропроцессоров, обеспечивающих высокое быстродействие при повышенной живучести. Прогресс в области создания отечественной микропроцессорной техники, неуклонное повышение технико-экономических показателей разрабатываемых и выпускаемых микро-ЭВМ побуждает разработку комплексов ПА (КПА), в состав которых входят микропроцессоры, выполняющие функции отдельных звеньев ПА.

В Армянском научно-исследовательском институте энергетики разработан КПА предотвращения нарушения устойчивости ЭЭС при возникновении аварий на межсистемных связях (МС).

В состав КПА входят следующие устройства [1-3].

1. Центральный анализатор режима (ЦАР), осуществляющий функции определения значений предельно допустимых перетоков по различным сечениям МС, ориентировочных объемов разгрузки с распределением по объектам установок для установления факта аварии, а также преобразования этой информации с целью передачи ее через телеканалы на объектные дозирующие устройства. Функции ЦАР выполняет ЭВМ, установленная на диспетчерском пункте ЭЭС.

2. Объектные дозирующие устройства (ДУ), выполняющие функции автоматов дозирования воздействий (АДВ), автоматов запоминания дозирования (АЗД), преобразователей сигналов, устройств фиксации факта и тяжести аварии на МС, а также функции определения объемов экстренной разгрузки при перегрузке МС. В качестве устройств ДУ используются микропроцессоры, устанавливаемые на объектах противоаварийного управления ЭЭС.

3. Устройства сопряжения с объектными исполнительными органами (УСО) ПА, предназначенные для коммутации выходных цепей АЗД и исполнительных органов. УСО представляет из себя релейную панель.

4. Передача информации в ЦАР и от ЦАР к ДУ осуществляется с помощью телеканалов в двоичном коде. При этом используются устройства УТК-1.

ЦАР постоянно находится в рабочем состоянии. Согласно информации о перетоках активной мощности по МС, поступающей в ЭВМ, для возможных аварийных ситуаций выбираются объекты противоаварийного управления, определяются уставки, по которым может быть

на объекте фиксирован факт аварии, определяются предельные значения перетоков в нормальном и послеаварийном режимах. С этой целью используется также поступающая в ЦАР экспресс-информация о мощности ряда станций ЭЭС.

Информация, необходимая для дозировки противоаварийных воздействий, передается в ДУ только тех объектов, которые определены в ЦАР как объекты противоаварийного управления в данном режиме. В основе алгоритма расчета дозировки лежат следующие выражения:

$$P_T = \frac{P_{TO}(\delta_{ПВ} - \delta_0) + P_m'' \cos \delta_{кр} - P_m' \cos \delta_0 + (P_m' - P_m'') \cos \delta_{отк}}{\delta_{ПВ} - \delta_{отк}}; \quad (1)$$

$$\delta_0 = \arcsin \frac{P_{TO}}{P_n}; \quad \delta_{кр} = 180^\circ - \arcsin \frac{P_T}{P_m'}; \quad (2)$$

$$\delta_{отк} = \delta_0 + t_{отк} \frac{\Delta \omega_{отк} + \Delta \omega_n}{2} = \delta_0 + t_{отк} \frac{\Delta \omega_{отк}}{2}; \quad (3)$$

$$\Delta \omega_{отк} = \sqrt{\frac{2 \cdot 314}{T_j} [P_{TO}(\delta_{отк} - \delta_0) + P_m'' (\cos \delta_{отк} - \cos \delta_0)]}; \quad (4)$$

$$\delta_{ПВ} = \delta_{отк} + \frac{\Delta \omega_{ПВ} + \Delta \omega_{отк}}{2} (t_{ПВ} - t_{отк}); \quad (5)$$

$$\Delta \omega_{ПВ} = \sqrt{\frac{2 \cdot 314}{T_j} [P_{TO}(\delta_{ПВ} - \delta_{отк}) + P_m'' (\cos \delta_{ПВ} - \cos \delta_{отк})]}. \quad (6)$$

где заданными являются следующие величины: P_{TO} — мощность передаваемого генератора, эквивалентно замещающего избыточную энергосистему; P_n , P_m' , P_m'' — пределы передаваемой мощности по сечению МС в доаварийном, аварийном и послеаварийном режимах, рассчитываемые в микро-ЭВМ по полиномам в зависимости от количества агрегатов на отпавных электростанциях; $t_{отк}$, $\delta_{отк}$ — время и электрический угол отключения короткого замыкания (к. з.); $t_{ПВ}$, $\delta_{ПВ}$ — время и электрический угол противоаварийного воздействия.

В процессе расчета организуются три итерации соответственно между формулами (3) и (4), (5) и (6), (1) и (3) для различных случаев повреждения на каждой из МС (условно-тяжелое, среднее и легкое к. з., определяемое уровнем напряжения прямой последовательности). После завершения итерационного процесса определяется величина разгружаемой мощности по выражению

$$\Delta P = P_{TO} - P_T, \quad (7)$$

согласно которой в режиме выдачи мощности производится отключение генераторов на электрических станциях, а в режиме приема — фидеров на подстанциях.

В случае импульсной разгрузки тепловых турбин величина разгружаемой мощности пересчитывается в соответствующую длительность импульса согласно полиному

$$T_{11} = a_0 + a_1 \Delta P + a_2 \Delta P^2. \quad (8)$$

Расчет коэффициентов полинома для конкретного типа паровых турбин предварительно производится по специальной методике, где в зависимости от базисной разгружаемой мощности определяется равнозначная в смысле количества рассеянной энергии длительность импульса. Из условия обеспечения статической устойчивости послеаварийного режима производится также расчеты амплитуды остаточного импульса на входе электрогидропреобразователя (ЭГП) и длительности сигнала на входе механизма изменения скорости вращения (МИСВ) турбины. Полученная дозировка заносится в специально отведенные под АЗД ячейки памяти микро-ЭВМ. Поступающая по телеканалам информация анализируется и повторная процедура производится в случае, если переток по одной из МС изменился на некоторую величину, большую ϵ .

При поступлении в микро-ЭВМ сигнала об аварии на одной из МС и фиксации аварийного отключения производится цифро-аналоговое преобразование дозировки, согласно которой производится воздействие на объектах противоаварийного управления.

Фиксация перегрузки МС сверх предельно допустимых значений осуществляется путем определения разности мощностей в двух соседних информационных сериях, поступающих с интервалом 0,01 с. После чего определяется объем экстренной разгрузки и формируется соответствующий сигнал для реализации противоаварийных воздействий.

Высокая надежность функционирования КПА обеспечивается сопоставлением входных величин, а также мажоритарным сопоставлением результатов, полученных на трех микро-ЭВМ.

Арм НИИЭ

17. IV. 1986

Ա. Ս. ԱՎԱԿԻՄՈՎ, Գ. Ա. ՀԱՅՐԱՊԵՏՅԱՆ, Ի. Պ. ԱՍՏԱՏՅԱՆ, Ի. Ջ. ՄԵՐԵՐԵՅԱՆ

ԷԼԵԿՏՐԱԷՆԵՐԳԵՏԻԿԱԿԱՆ ՀԱՄԱԱՐԿԵՐԻ ՀԱՆԱԳԹԱՐԱՅՈՒ
ԱՎՏՈՐԱՏԻՈՆԻ ԻՐԱԳՈՐԾՈՒՄԸ ՄԻԿՐՈՎԷՄ-Ի ԿԻՐԱՅՈՒՄԸ

Ա Վ Փ Ո Փ Ո Ւ Մ

Հոդվածը նվիրված է միկրովԷՄ-ի կիրառմամբ հակավթարային ափսոսալից համադրի իրադրմանը, որը նախատեսված է էլեկտրակայանների հակահամակարգերի կազմակերպման խանգարման կասեցմանը միջհամակարգային կապերի մթարային անջատման կամ գերբեռնման զեպրում: Բերված է հակավթարային զեկավարող ազդեցությունների շարքի որոշման ազդրիթմը:

1. Савалов С. А. Режимы единой энергосистемы.—М.: Энергоатомиздат, 1983.—384 с.
2. Иоффе Б. И. Автоматическое аварийное управление мощностью энергосистем.—М.: Энергия, 1974.—416 с.
3. Порной М. Г., Рабинович Р. С. Управление энергосистемами для обеспечения устойчивости.—М.: Энергия, 1978.—352 с.

Изв. АН АрмССР (сер. ТН), т. XLI, № 5, 1988

СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ

С. В. ПАМБУХЧЯН, Л. С. КОСТАНИАН

СИНТЕЗ КВАЗИОПТИМАЛЬНЫХ СИСТЕМ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ ТРЕТЬЕГО ПОРЯДКА С ПРИМЕНЕНИЕМ НЕЛИНЕЙНОГО ПРОГРАММИРОВАНИЯ

Системы автоматического управления (САУ), синтезированные на основе линейной модели объекта, на практике могут оказаться неработоспособными. Причиной этому может послужить тот факт, что часто в состав автоматических систем входят существенно нелинейные элементы, которые меняют характер системы и придают ей такие свойства, которые никак не могут быть исследованы в рамках линейной теории [1].

В настоящей работе на примере объекта третьего порядка решается задача синтеза квазиоптимальной САУ с учетом в канале управления нелинейности типа зоны нечувствительности (ЗН). Синтез проводим в два этапа. На первом этапе пренебрегаем существенными нелинейностями и считаем, что объект управления является линейным. На втором этапе, используя результаты первого этапа, с помощью метода нелинейного программирования находим квазиоптимальный закон управления, обеспечивающий более низкий уровень амплитуды возникших автоколебаний.

Рассмотрим линеаризованный объект третьего порядка с математической моделью

$$\dot{X} = AX + BY, \quad Y = U. \quad (1)$$

Требуется определить U , минимизирующего критерий качества

$$J = \int_0^{\infty} (x_1^2 + x_2^2 + y^2 + u^2) dt. \quad (2)$$

Оптимальный закон управления будет [2]

$$u = k_1^0 x_1 + k_2^0 x_2 + k_3^0 y, \quad (3)$$

где $X = \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \end{bmatrix}$ — вектор фазовых координат; $A = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} \\ a_{21} & a_{22} \end{bmatrix}$ — постоян-

ная неустойчивая матрица; $B = \begin{bmatrix} b_1 \\ b_2 \end{bmatrix}$ — известный вектор; k_0 — вектор коэффициентов обратных связей.

Согласно [3] неустойчивость матрицы A не ограничивает применение принципа максимума при оптимальном синтезе системы (1). На втором этапе в системе (1) учитывается реально существующая нелинейность в канале управления, что приводит к нелинейному описанию объекта управления

$$\dot{X} = AX + BY, \quad \dot{Y} = U, \quad U = \varphi(\sigma), \quad \sigma = k_1 x_1 + k_2 x_2 + k_3 y, \quad (4)$$

где $\varphi(\sigma)$ — нелинейная характеристика ЗН.

Структурная схема системы (1) приведена на рисунке.

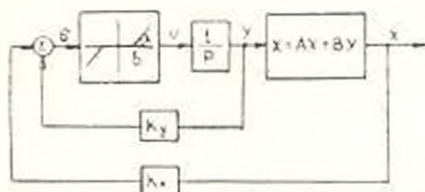


Рис.

Характерным отличием системы (4) от оптимально синтезированной линейной системы (1) является образование области в пространстве параметров системы, где движение носит автоколебательный характер.

Действительно, при $|\sigma| < b$ (b — половина ЗН, рис.) обратные связи отключены ($U=0$), тогда в силу вступает неустойчивость матрицы A и фазовая точка стремится покинуть область зоны нечувствительности. Это приводит к подключению обратных связей ($|\sigma| > b$), которые переводят фазовую точку обратно в ЗН и процесс повторяется заново.

Методом гармонической линеаризации определим амплитуду и частоту автоколебаний. Известно, что

$$\tau(z) = g z, \quad (5)$$

где

$$g = k - \frac{2k}{\pi} \left(\arcsin \frac{b}{A_m} + \frac{b}{A_m} \sqrt{1 - \frac{b^2}{A_m^2}} \right). \quad (6)$$

Здесь k — угловой коэффициент ($k = \tan z$) наклона линейной части ЗН (рис. 1), A_m — амплитуда автоколебаний. Подставляя (5) в (4), получаем:

$$\dot{X} = AX + BY; \quad \dot{Y} = U; \quad U = g\sigma; \quad \sigma = k_1 x_1 + k_2 x_2 + k_3 y \quad (7)$$

или

$$\begin{bmatrix} \dot{x}_1 \\ \dot{x}_2 \\ \dot{y} \end{bmatrix} = Q \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ y \end{bmatrix}, \quad (8)$$

где

$$Q = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} \end{bmatrix}, \quad a_{ii} = k_i g \quad (i = 1, 2, 3), \quad a_{12} = b_1, \quad a_{23} = b_3. \quad (9)$$

В результате характеристическое уравнение матрицы принимает вид

$$D(p) = (-p)^3 + c_1(-p)^2 + c_2(-p) + c_3 = 0, \quad (10)$$

где

$$c_1 = \sum_{i=1}^3 a_{ii}, \quad c_2 = \sum_{i < j}^3 \begin{vmatrix} a_{ii} & a_{ij} \\ a_{ji} & a_{jj} \end{vmatrix}, \quad c_3 = \det Q \quad (11)$$

являются главными минорами (или их суммами) матрицы Q .

Подставляя k^* в (11), получаем c_i как функцию от единственного параметра g . Для нахождения g (и соответствующей A_m) приравняем нулю предпоследний определитель Гурвица характеристического уравнения (10)

$$\Delta_2(g) = -c_1 c_2 + c_3. \quad (12)$$

При этом необходимо, чтобы остальные определители были положительными: $\Delta_i(g) > 0$ ($i = 1, 2$). Решая уравнение (12), находим g , а по (6) — амплитуду автоколебаний A . Затем по известной методике найдем частоту автоколебаний. Исходя из особенностей системы (7) можно утверждать, что автоколебания имеют устойчивый характер. Если амплитуда автоколебаний A_m не удовлетворяет требованиям, предъявленным к системе (11), необходимо уменьшить их до требуемого значения. Для этого зададимся значением $A_m^* < A_m$ (соответственно $g^* < g$). Подставим g^* в (10) и получим коэффициенты характеристического уравнения в виде функции от параметров обратных связей (k_i). В результате задача сводится к нахождению таких значений $k_i = k_i^*$, которые обеспечили бы условие $A_m^* < A_m$.

Для решения этой задачи применяются методы нелинейного программирования и соответствующий алгоритм скользящего допуска. В качестве целевой функции выбираем

$$F(k_i) = [\Delta_2(k_i^*) - \Delta_2(k_i)]^2. \quad (13)$$

Ограничениями в виде неравенств служат условия положительности коэффициентов характеристического уравнения (10)

$$c_i(k_i) - c_i(k_i^*) > 0, \quad (i = 1, 2, 3). \quad (14)$$

В результате решения задачи получим новые значения параметров k_i^* . Соответствующее квазиоптимальное управление будет

$$u = k_1^* x_1 + k_2^* x_2 + k_3^* y. \quad (15)$$

В алгоритме скользящего допуска сходимость к экстремальному значению целевой функции во многом зависит от выбора начальной

точки в пространстве вынужденных параметров. В этой задаче за начальную точку приняты значения коэффициентов k_i^0 из (3), чем была достигнута быстрая сходимость алгоритма.

Пример. при $A = \begin{bmatrix} 1 & 2 \\ -1 & 3 \end{bmatrix}$, $B = \begin{bmatrix} 1 \\ -2 \end{bmatrix}$ коэффициенты обратных связей, обеспечивающие оптимальность (1) по критерию (2), имеют следующие значения: $k_1^* = -2,543$; $k_2^* = 20,863$; $k_3^* = -9,462$.

После введения нелинейности ($b = 2$, $k = 1$) появляются автоколебания с амплитудой $A_{нл} = 4,72$ и частотой $\omega = 3,33 \text{ с}^{-1}$. Зададимся новым значением $A_{нл}^* < A_{нл}$, где $A_{нл}^* = 3,1$ ($\lambda^* = 0,219$). Для этого случая получим коэффициенты квазиоптимального закона управления

$$k_1^* = -2,74, \quad k_2^* = 22,79, \quad k_3^* = -10,59. \quad (16)$$

Время решения задачи нахождения параметров (16) на ЭВМ ЕС-1022 вместе с трансляцией программы составляет около одной минуты. Результаты моделирования движения системы на аналоговой машине МН-7М приведены в таблице.

Движения системы	Амплитуды фазовых координат (В)			
	x_1	x_2	y	u
При k_i^0	0,9	0,6	1,0	3,3
При k_i^*	0,6	0,3	0,8	2,3

Данные нижней строки таблицы соответствуют значениям обратных связей при учете ЗН, а верхней строки — без учета. Из сравнения результатов моделирования следует, что действительно движение системы улучшается, т. е. амплитуды фазовых координат x_1 , x_2 , y и u уменьшаются соответственно на 33, 50, 20 и 30%.

Разработанная методика нахождения квазиоптимального закона управления может быть применена при синтезе систем по заданным показателям качества и оптимизации операторов управления (регуляторов, корректирующих устройств).

Ерлнн ач. К. Маркел

10. V. 1987

Ս. Վ. ՓԱՐՄԵՆՅԱՆ, Լ. Ս. ԿՈՍՏԱՆՅԱՆ,

ԵՐԲՐՈՒՄ ԿԱՐԳԻ ԿԵՂԾ ՕՓՏԻՄԱԼ ՂԵՂԱՎԱՐՄԱՆ ՀԱՄԱԿԱՐԳԵՐԻ
ՀԱՄԱԿՐԻՈՒՄԸ ՈՉ ԴԵԱՅԻՆ ՄՐԱԳՐԱՎՈՐՄԱՆ ԿԵՐԱՌՄԱՄԸ

Ս. Վ Փ Ր Մ Ն Ն Վ

Ոչ զծային համակարգի օպտիմալ համադրումը իրականացված է երկու փուլով: Առաջին օպտիմալ ղեկավարման օրինքը որոշված է զծային համա-

կարգի համար. իսկ երկրորդում հաշվի է առնվում անզգայնության դոմանե առկայությունը ղեկավարման կապուղում: Այնուհետև ոչ զմային ծրագրավորման մեթոդով գտնում են ղեկավարման նոր օրենք՝ ինքնաապահովմանը ամպլիսուդը փոքրացնելու համար:

Л И Т Е Р А Т У Р А

- 1 Аббасов Н. Д., Петров Ю. Н. Теория и методы проектирования оптимальных регуляторов.—Л. Энергоатомиздат, 1986—240 с.
- 2 Памбухиян С. В., Кистаян А. С., Беслерян А. А. Определение моментов переключения при оптимальном движении на фазовом пространстве // Изв. АН АрмССР. Сер. ТН.—1986.—Т XXXIX, № 1.—С 19—24.
- 3 Математическая теория оптимальных процессов / Л. С. Понтрягин, В. Г. Болтянский, Р. В. Гамкрелидзе и др.—М. Физматгиз, 1969—391 с.

Изв. АН АрмССР (сер. ТН), т. XLII, № 5, 1988

СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ

Э. С. АРУТЮНЯН, А. А. МУРАДХАНИЯН, Р. М. ТАШЯН

СИНТЕЗ УСТАНОВОЧНОЙ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТИ ДЛЯ ГЕНЕРАЦИИ ТЕСТОВ ДИСКРЕТНЫХ УСТРОЙСТВ С ПАМЯТЬЮ

Проблема автоматической генерации контролирующих и диагностических тестов для дискретных устройств с памятью (ДУП) приобретает особую актуальность из-за увеличения сложности выпускаемых средств вычислительной техники, построенных на элементной базе ИС с высоким уровнем интеграции. В частности, при исследовании и разработке такой компоненты тестового диагноза, как синтез установочной последовательности для ДУП, особое внимание уделяется повышению эффективности предлагаемых алгоритмов.

В данной работе предложен алгоритм синтеза установочной последовательности, который в отличие от существующих методов [1, 2] позволяет находить существующие решения без наложения ограничений на структуру ДУП. Основные понятия и терминология, используемые в работе, определены в [3, 4]. Задача синтеза установочной последовательности для ДУП формулируется следующим образом.

Дана структура ДУП с потенциальным управлением, представленная базовой системой логических элементов И, ИЛИ, И-НЕ, ИЛИ-НЕ, МОД-2, неисправность $f \in (0, 1)$, множество устанавливаемых контуров $U = \{u_i | i \in \overline{1, m}\}$, значения их элементов в алфавите $\{0, 1, x\}$, а также номера входных и выходных элементов контуров.

Требуется построить установочную последовательность X длиной L , подача которой на входы ДУП устанавливает контуры множества U , независимо от исходного состояния, в требуемое состояние.

Примем, что входной набор контура типа α устанавливает контур в определенное состояние σ (установочный набор, набор типа β не изменяет состояния контура—нейтральный набор). Прежде чем начать описание процесса синтеза установочной последовательности, введем и обозначим ряд операций:

а) Op_1 —операция «однозначной фиксации в обратном направлении». Эта операция выполняется над такими элементами схемы, выходные значения которых однозначно определяют все неустановленные входные значения, т. е. входные координаты выбранных элементов устанавливаются из неопределенного состояния x в определенные 0 или 1 в соответствии с функцией реализуемой элементом;

б) Op_2 —операция «однозначной фиксации в прямом направлении». Она выполняется над элементами схемы, чьи выходные значения однозначно определяют выходные значения, т. е. выходные координаты выбранных элементов устанавливаются из неопределенных состояний x в определенные 0 или 1 в соответствии с функциями реализуемыми элементами. В процессе выполнения этих операций одновременно производится проверка физической непротиворечивости установленных значений;

в) Op_3 —операция «расширения фиксации». Она выполняется над элементами схемы, чьи выходы получили значения 0 или 1, а входные значения в зависимости от количества неустановленных входов можно установить несколькими вариантами. Op_3 —позволяет заменять противоречивую фиксацию на непротиворечивую, а также, функционировав с Op_1 и Op_2 , расширять непротиворечивую фиксацию на первичных входов схемы.

Вычисление установочной последовательности выполняется двумя процедурами. Для первой процедуры предполагаем, что заданы несправильность $f \in (0,1)$ и множество U устанавливаемых контуров с требуемыми состояниями. Требуется определить контуры $ai \in U$, на входах которых образуется нейтральный набор β в результате влияния несправильности f .

Процедура начинается с выбора пар f_i и a_i . Выбор контуров a_i производится по одному из множества U . По значениям выбранной пары выполняется операция Op_1 и Op_2 , в которых фиксируется признак «нет соответствия». Затем анализируется наличие набора β на входах выбранного контура. При отсутствии такого набора выбирается очередной контур из U и над значениями последнего вновь выполняются операции Op_1 и Op_2 . Этот процесс выполняется до тех пор, пока не будут рассмотрены все контуры. При наличии нейтрального набора хотя бы на входах одного из выбранных контуров, процесс прекращается.

При отсутствии набора β переходим к выполнению второй процедуры, т. е. к синтезу установочной последовательности входных наборов X длины L .

Вычисление установочной последовательности выполняется в два этапа. На первом этапе всем контурам из U приписываются заданные

состояния. На внешних входах, посредством которых можно изменять эти состояния, устанавливаются значения, запрещающие изменение заданных состояний. Затем выполняются Op_1 и Op_2 . По завершении этого этапа выделяется подмножество U_1 контуров, получивших на своих внешних входах набор типа β . На втором этапе на входах всех контуров $a_i \in U/U_1$ устанавливаются значения, обеспечивающие заданные состояния контуров, выполняются Op_1 , Op_2 и Op_3 , после чего получается установочный набор X_1 , устанавливающий контуры $a_i \in U/U_1$ в заданные состояния — при этом сохраняющий состояния контуров подмножества U_1 .

Затем процедура повторяется сначала для контуров $a_i \in U$, до тех пор, пока все контуры не будут установлены. Наборы в установочной последовательности нумеруются в обратном порядке, т. е. вычислительный набор X_1 в установочной последовательности занимает первое место, а набор X_n — последнее.

Предложенный алгоритм предусматривает перебор всех возможных вариантов установки контуров и если нельзя построить по этому алгоритму установочный набор, то такой последовательности входных наборов для обнаружения неисправности f_i не существует.

Предложенный способ синтеза установочной последовательности для ДУП позволяет оптимизировать построение установочной последовательности для исследованных ДУП. Легко показать, что задача «Синтез установочной последовательности для ДУП» в общем случае NP считается полной.

Программа, составленная на основе предложенного способа, реализована на ЕС—ЭВМ и занимает около 4400 байтов памяти. Программа опробована в процессе отладки и экспериментальной эксплуатации на достаточно большом количестве схем, разнообразных по степени сложности и функциональному назначению. Для всех схем установочная последовательность была синтезирована за приемлемое время. Полученные результаты подтверждают, что время синтеза установочной последовательности в основном зависит от глубины логической структуры и степени ее связанности.

ВГ. Микантограке АрмССР

21. IV. 1986

Է. Ս. ՇԱՐԻՔՅԱՆՆԵԱՆ, Ս. Ա. ՄԱՐԿԻՅԱՆՆԵԱՆ, Ի. Մ. ՔԱՇԵՅԱՆ

ԴՐՈՒՅԹԱՅԻՆ ՀԱՋՈՐԴԱԿԱՆՈՒԹՅԱՆ ՄԻՔՐՈՊՐՈԲԸ ՀԻՇՈՂՈՒԹՅԱՆ
ՊԱՐԱՆԱԿՈՂ ԸՆԴՀԱՆ ՍԱՐԳԱՎՈՐՈՒՄՆԵՐԻ ՏԵՍՏԵՐԻ ՀԱՄԱՐ

Ա. մ. փ. և փ. ո. մ.

Առաջարկվում է L երկարությամբ դրույթային Δ հաջորդականության սինթեզի մեթոդ: Հաջորդականությունը նախատեսված է պրոտեկտիվ ղեկավարմամբ հիշողություն պարունակող ընդհանու առքավորումներում բողբոջան և արվածները պահանջվող գիծակին բերելու համար, անկախ նախնական գիծակից:

Մեթոդը հիմնվում է արժագծերի բերան ցուցանելու հաջորդական սկրզ-
բների վրա՝ օգտագործելով հնարավոր տարրերակների նշանակույթն սնա-
րուր:

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. *Карибский В. В.* Об установке элементов памяти в заданные состояния и обнаружении неисправности в дискретных устройствах // Техническая диагностика // Тр. I Всесоюзного совещания по технической диагностике.—М.: Наука—1972.—С. 218—223.
2. *Карибский В. В.* О методе «существенных» путей для дискретных устройств с обратными связями // Автоматика и телемеханика.—1973—№ 8—С. 126—137.
3. *Казначеев В. И.* Диагностика неисправностей цифровых автоматов.—М.: Сов. радио, 1976.—255 с.
4. *Арутюнян Э. С., Мурадхяня А. А.* Метод синтеза контролирующих тестов для дискретных устройств с памятью // Вопросы радиоэлектроники. Сер. ЭВТ—1981.—Вып. 16—С. 62—69.

Изв. АН АрмССР (сер. ТНД), т. XI.1, № 5, 1988

СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ

Г. Б. МУРАДЯН

ОБ ОДНОМ ПОДХОДЕ К ОПРЕДЕЛЕНИЮ ЦЕЛЕСООБРАЗНОГО УРОВНЯ ИНТЕГРАЦИИ АВТОНОМНЫХ АСУ

Одним из направлений повышения эффективности автоматизированных систем управления является интеграция автономно функционирующих АСУ—создание интегрированных автоматизированных систем управления (ИАСУ) для целостных многофункциональных систем. При этом интегрирование автоматизированных систем не может рассматриваться как цель, поскольку оно является лишь средством, позволяющим в определенных случаях повысить совокупную эффективность интегрируемых систем. Более высокая эффективность ИАСУ достигается за счет создания общих баз данных, позволяющих исключить дублирование информации, рациональное использование вычислительной техники и применение наиболее подходящих СУБД. Наличие общей базы данных предполагает не только информационное обеспечение систем, интегрированных в рамках ИАСУ, но и решение задач, которые в рамках отдельных АСУ не могут быть решены. Количество задач и частота их решения существенно важны для эффективности функционирования ИАСУ.

Другим направлением повышения эффективности АСУ, которому уделяется большое внимание в связи с интенсивным развитием средств малой вычислительной техники, является создание локальных автономных АСУ на базе автоматизированных рабочих мест (АРМ). Удобство доступа и эксплуатации таких систем, их гибкость, невысокая стоимость вычислительной техники, нескритичность к условиям эксплуатации делают подобные системы достаточно эффективными.

Таким образом, при планировании разработки ИАСУ встает задача нахождения оптимального сочетания интегрированных и автономных АСУ при одновременном определении состава интегрируемых АСУ.

Постановка задачи. Имеются n ($i=1, 2, \dots, n$) автономно функционирующих АСУ. Объем информации, требуемый для функционирования каждой системы, равен D_i . Известна информационная совместимость систем, под которой подразумевается наличие в каждой системе информации, которая содержится по меньшей мере в одной из остальных систем. Сказанное можно представить в виде квадратной матрицы $A=\|a_{ij}\|$ размерности n , элементы которой a_{ij} характеризуют степень информационной совместимости систем i и j и тесноту их информационной связи. Матрица является симметричной относительно главной диагонали, а диагональные величины a_{ii} характеризуют степень информационной «самообеспеченности» систем. В рамках каждой системы i решаются $p=1, 2, \dots, P$ задач с частотой h_i .

Обозначим через a_{ijp} коэффициент, определяющий часть информации a_{ij} , необходимой системе i для решения задачи p . Соответствующий объем информации равен a_{ijp} , $a_{ij} \leq a_{ijp}$, поскольку $x_{ijp} \leq 1$.

Средневзвешенная частота функционирования системы i равна

$$h_i = \frac{\sum_{p=1}^P h_p \sum_{j=1}^n x_{ijp} a_{ij}}{\sum_{j=1}^n a_{ij} \sum_{p=1}^P x_{ijp}}$$

С учетом изложенного получим несимметричную матрицу $B = \|a_{ij} h_i\| = \|b_{ij}\|$, характеризующую интенсивности информационных связей систем i и j , которые по сути отражают функциональные связи систем. Очевидно, что $\sum_{j=1}^n b_{ij} = \sum_{j=1}^n b_{ji}$, $i, j = \overline{1, n}$.

Задачу можно сформулировать следующим образом: имеющееся множество из n автономных систем, интенсивность взаимосвязей которых задана матрицей B , требуется разбить на подмножества интегрируемых систем таким образом, чтобы это разбиение было оптимальным в соответствии с принятым критерием.

Принимаем, что число систем, включенных в подмножество, т. е. в ИАСУ, $1 \leq n_k \leq n$, где $k=1, 2, \dots, K$ — число ИАСУ, $\sum_{k=1}^K n_k = n$.

В частном случае, когда $n_k = 1$, рассматриваемая система остается автономной. Естественно ИАСУ формировать таким образом, чтобы внутри них достигалась максимальная интенсивность взаимосвязей между интегрируемыми системами, или, что то же самое, минимальная интенсивность взаимосвязей между ИАСУ. Критерий эффективности в таком случае будет иметь вид [1, 2]

$$S = \sum_{k=1}^K \sum_{i=1}^{I_{k1}} \sum_{j=1}^{I_{k2}} B_{ij} \longrightarrow \max \quad (1)$$

$$S' = \left[\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n b_{ij} - \sum_{k=1}^K \sum_{i=l_{k1}}^{l_{k2}} \sum_{j=l_{k1}}^{l_{k2}} b_{ij} \right] \rightarrow \min, \quad (2)$$

где l_{k1} и l_{k2} — текущие значения соответственно нижней и верхней границ k -той ИАСУ.

Особенностью диагональных величин матрицы b_{ii} является то, что они характеризуют уровень функциональной независимости систем и определяют степень целесообразности их автономного функционирования или включения в состав ИАСУ [2, 3]. Это условие можно учесть, наложив на (1) и (2) следующие ограничения:

$$\text{при } n_k > 1, b_{ii} = 0; \quad \text{при } n_k = 1, b_{ii} = b_{ii}.$$

Приведенный критерий позволяет формировать ИАСУ функционально максимально автономные. Это достигается путем всевозможных перестановок элементов из одного подмножества в другое с одновременным изменением, если это необходимо, в пределах заданных ограничений самих границ ИАСУ. Интеграция систем, как было отмечено, позволяет устранить избыточную информацию.

Суммарная информация всех автономных систем равна

$$D = \sum_{i=1}^n D_i = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n a_{ij},$$

а информация k -той ИАСУ —

$$D_k = \sum_{i=l_{k1}}^{l_{k2}} \sum_{j=1}^n a_{ij} = 0,5 \left[\sum_{i=l_{k1}}^{l_{k2}} \sum_{j=l_{k1}}^{l_{k2}} a_{ij} - \sum_{i=l_{k1}}^{l_{k2}} a_{ii} \right].$$

Избыточная информация k -той ИАСУ —

$$D_{\text{изб}, k} = 0,5 \left[\sum_{i=l_{k1}}^{l_{k2}} \sum_{j=l_{k1}}^{l_{k2}} a_{ij} - \sum_{i=l_{k1}}^{l_{k2}} a_{ii} \right],$$

а суммарная информация всех ИАСУ —

$$D_{\text{изб}} = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n a_{ij} - 0,5 \left[\sum_{k=1}^K \sum_{i=l_{k1}}^{l_{k2}} \sum_{j=l_{k1}}^{l_{k2}} a_{ij} - \sum_{k=1}^K \sum_{i=l_{k1}}^{l_{k2}} a_{ii} \right].$$

Суммарная избыточная информация:

$$D_{\text{изб}} = 0,5 \left[\sum_{k=1}^K \sum_{i=l_{k1}}^{l_{k2}} \sum_{j=l_{k1}}^{l_{k2}} a_{ij} - \sum_{k=1}^K \sum_{i=l_{k1}}^{l_{k2}} a_{ii} \right].$$

А. В. МАРКАРЯН

МОДИФИКАЦИЯ КОДОВ БОУЗА-ЧОУДХУРИ-ХОКВИНГЕМА

Рассмотрена разработка кодов с конструктивным расстоянием $\alpha=5$, позволяющих построить коды по модульной структуре и эффективно использовать существующие разработки БИС кодеров на основе кодов Хэмминга с $d=3$ [1] для исправления двойных ошибок (ДО).

Необходимым и достаточным требованием достижения цели является выбор таких кодов, подматрицы и матрицы H контроля четности которых совпадают с H кодов Хэмминга. В этих условиях среди известных наиболее целесообразно использование кодов Боуза-Чоудхури-Хоквингема (БЧХ) с $d=5$, которые являются расширением кодов Хэмминга на случай исправления многократных ошибок и принадлежат с точки зрения корректирующей способности и информационной избыточности к наилучшему классу кодов [2].

Ниже анализируется структура H кодов БЧХ с $d=5$ с учетом указанного требования и показывается, что это требование выполняется не для всех длин n кодов. На этой основе предлагается модификация кодов БЧХ (МБЧХ) с $d=5$ и показывается, что цель достигается только за счет несущественного ухудшения корректирующей способности.

Матрица H кодов БЧХ может быть реализована и представлена в наиболее близкой к H кодов Хэмминга форме [2]

$$H = \begin{bmatrix} 1 & \alpha^1 & \alpha^2 & \dots & \alpha^i & \dots & \alpha^{(n-1)} & 1 \\ 1 & \alpha^n & \alpha^{2n} & \dots & \alpha^{in} & \dots & \alpha^{(n-1)n} & 1 \end{bmatrix}^T, \quad (1)$$

где α^i — примитивный элемент поля Галуа $GF(2^r)$ по модулю неприводимого примитивного многочлена степени r ; $r = \log_2(n-1)$; $n = 2^r - 1$; $i = 0 - (n-1)$; значения i и $3i$ берутся по mod n ; число m информационных разрядов определяется как $m = n - 2r$, а разрядность синдрома S равна $2r$; $\alpha^n = 1$; H имеет размеры $2r \times n$. Подматрицы $H_1 = [1 \ \alpha^1 \ \alpha^2 \ \dots \ \alpha^i \ \dots \ \alpha^{(n-1)}]$ совпадают с H кодов Хэмминга для любых n , поскольку α^i является примитивным элементом $GF(2^r)$, а подматрица $H_2 = [1 \ \alpha^n \ \alpha^{2n} \ \dots \ \alpha^{in} \ \dots \ \alpha^{(n-1)n}]$ не совпадает с H кодов Хэмминга в случае $n \neq 0 \pmod 3$ (n , кратных 3), поскольку α^n не является примитивным элементом $GF(2^r)$ [2]. Отсюда следует, что в общем случае коды БЧХ не удовлетворяют указанному требованию совпадения H .

Определим коды, подматрицы которых совпадают с H кодов Хэмминга. Представим H в виде

$$H = \begin{bmatrix} 1 & \alpha^1 & \alpha^2 & \dots & \alpha^i & \dots & \alpha^{(n-1)} \\ f(0) & f(1) & f(2) & \dots & f(i) & \dots & f(n-1) \end{bmatrix}. \quad (2)$$

где $f(i)$ некоторая функция от i . Указанное требование предлагается удовлетворить выбором $f(i)$ так, чтобы любой элемент a^i имел свое „отражение“ в $f(i)$, т. е. чтобы в H' существовали такие $i_1 \neq i_2 \in I$, для которых выполняется $a^{i_1} = f(i_2)$. Такое отражение в отличие от $H(1)$, где выбрано $f(i) = a^{3i}$, можно обеспечить с учетом $a^{-i} = a^{3-i}$ и выбором $f(i) = a^{-i}$.

Докажем теорему о корректирующей способности кодов, для которых $f(i) = a^{-i}$. Предложенные в результате коды назовем кодами МБЧХ, учитывая, что значения H_1 для МБЧХ и БЧХ кодов совпадают.

Теорема. Двоичные коды МБЧХ с матрицей

$$H = \begin{bmatrix} 1 & a^1 & a^2 & \dots & a^i & \dots & a^{(n-1)} \\ 1 & a^{-1} & a^{-2} & \dots & a^{-i} & \dots & a^{-(n-1)} \end{bmatrix} \quad (3)$$

исправляют для $n \not\equiv 0 \pmod 3$ все n одиночных ошибок (ОО) и все сочетания $\binom{n}{2}$ ДО, а для $n \equiv 0 \pmod 3$ — все ОО и $\left(\binom{n}{2} - n\right)$ ДО.

Доказательство. Коды МБЧХ исправляют все ОО независимо от n , т. к. H_1 совпадает с H кодов Хэмминга.

В случае ДО, обозначив для $H(3)$ соответственно номера первой и второй ошибок через a^i и a^j , с учетом $f(i) = a^{-i}$ верна следующая система уравнений:

$$\begin{cases} a^i + a^j = S_1; \\ a^{-i} + a^{-j} = S_{-1} \end{cases} \quad (4)$$

где $S = [S_1 \ S_{-1}]$.

Система (4) является системой из двух независимых уравнений, т. к. $S_{-1}(a^i + a^j) = a^i a^j$ и $a^i a^j = S_1 S_{-1}$. Следовательно, по $H(3)$ можно отличить значения $S = [S_1 \ S_{-1}]$ всех $\binom{n}{2}$ ДО. Однако представляется возможным случай, когда $S_1^{-1} = S_{-1}$, что также выполняется в случае ОО. Тогда кодек не сможет отличить ОО от ДО. Определим в каких случаях выполняется $S_1^{-1} = S_{-1}$, если имеет место ДО. С этой целью преобразуем систему (4) к виду

$$\begin{cases} a^i + a^j = S_1 \\ 1/a^i + 1/a^j = 1/S_1 \end{cases} \quad (5)$$

Откуда $S_1 = a^i a^j (a^i + a^j)$ и после подстановки в это уравнение значения $a^j = S_1/a^i$ из верхнего уравнения системы (5) получим $(a^i)^2 - S_1 a^i - S_1^2 = 0$. Разделив все члены последнего уравнения на S_1^2

$$(x^2/S_1)^2 + (x^2/S_1) + 1 = 0. \quad (6)$$

Нетрудно показать, что в $GF(2^n)$ корнями $X^2 + X + 1 = 0$ являются $X^{2^n-1/3}$ и $1/X$, если $(2^n - 1)$ делится на 3, а в противном случае $-X^2 + X + 1 \neq 0$. Приняв $X = \alpha^{1/n} S_1$, следует, что равенство (6) выполняется, т. е. $S_1^{-1} = S_{-1}$ только в случаях, когда $\alpha^{1/n} S_1 = \alpha^{1/n}$ и $n \equiv 0 \pmod 3$, а учитывая, что S_1 по $H(3)$ может принимать максимум n значений — для $n \equiv 0 \pmod 3$ из возможных $\binom{n}{2}$ сочетаний существует n сочетаний пары (i, i_2) , для которых $S_1^{-1} = S_{i_2}$. Откуда и вытекает доказательство теоремы.

Поскольку размеры $H(1)$ и $H(3)$ совпадают, то коды МБЧХ характеризуются такой же избыточностью, что и коды БЧХ.

Докажем, что корректирующая способность кодов МБЧХ несущественно хуже, чем кодов БЧХ. Вероятность $P_{до}$ исправления ДО, равная отношению числа исправляемых ДО к возможному, для любых n кодов БЧХ равна 1. Из приведенной теоремы вытекает, что для кодов МБЧХ

$$P_{до} = \begin{cases} 1, & \text{если } n \not\equiv 0 \pmod 3, \\ \binom{n}{2} - n \bigg/ \binom{n}{2} = (n-1)(n-3), & \text{если } n \equiv 0 \pmod 3, \end{cases}$$

т. е. с возрастанием n значение $P_{до}$ стремится к 1. Так, при $18 \leq n \leq 31$ значение $P_{до} = 1$ и практически для всех $n \geq 63$ также можно принять $P_{до} \approx 1$. Исключая случай $n < 8$, не представляющий практического интереса, минимальное $P_{до} \approx 0,95$ получается при $n = 32$, которое, очевидно можно считать несущественно меньшим относительно $P_{до} = 1$.

В заключение отметим, что предложенные коды МБЧХ позволяют без потерь на проектирование и освоение новых модификаций БИС эффективно использовать существующие разработки БИС кодеков на основе кодов Хэмминга для исправления ДО — цель достигается только за счет несущественного ухудшения корректирующей способности кодов МБЧХ по сравнению с наилучшим в этом отношении кодами БЧХ с $d=5$.

ЕрнИИММ

10. VII. 1986

Ա. Վ. ՄԱՐԿԱՆՅԱՆ

ԲՈՈՒԳ-ԶՈՈՒԴՀՈՒՐԻ-ՀՈՒԼԻՆԳՆԵՐԻ ԿՈԴԵՐԻ ԶԻՆԱՓՈԽՈՒԹՅՈՒՆԸ

Ա. Վ. ՄԱՐԿԱՆՅԱՆ

ԲԶԶ-ի կոդերը վերլուծվում են կրկնակի սխալներն ուղղող կոդերի կառուցման տեղանկյունով Հեմինգի կոդերի՝ ներկայումս գոյություն ունեցող ԲԻՍ կոդերի մշակումների օգտագործմամբ: Չուշյ է արվում, որ ալգորիթ

իրագործումը նպատակահարմար է միայն 3-ի բաժանվող ու երկարության կողերի համար: Առաջարկվում է P_{92} -ի կողերի մի ձևափոխություն, որը հնարավորություն է տալիս 3-ի շանկացած արժեքների դեպքում կրկնակի օբյեկտներն ուղղելու համար արդյունավետ օգտագործել դոշություն ունեցող K_{92} կողերները: Յուրյ է տրվում, որ նախնական P_{92} -ի կողերի հետ նպատակին կարելի է հասնել քնդամենը ուղղող հատկությունների ոչ էական վատացման հաշվին:

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Борисов В. С. Обнаружение и исправление ошибок в запоминающих устройствах // Зарубежная радиоэлектроника — 1984 — № 10. — С. 24—44.
2. Миссильман Ф. Дж., Слоэн Н. Дж. Теория кодов, исправляющих ошибки — М.: Связь, 1979. — 741 с.

Изв. АН АрмССР (сер. ТН), т. XLI, № 5, 1988

ГИДРАВЛИКА

А. А. МИХНЮК, В. Б. ЦАГРЯН, Т. Д. ГОЦЕРИДЗЕ

НЕЛИНЕЙНЫЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ВОЛН ПРИ ЛАБОРАТОРНОМ МОДЕЛИРОВАНИИ НЕРЕГУЛЯРНОГО ВОЛНЕНИЯ

Моделирование волн больших водоемов с помощью создания регулярных волн на модели не позволяет с точностью воспроизвести их воздействие на береговые участки. В настоящее время осуществляется постепенный переход к воспроизведению реального или близкого к нему нерегулярного волнения. Наиболее перспективным направлением развития методов генерации нерегулярного волнения считается введение в системы управления волновоспроизводящими установками ЭВМ, работающих в реальном режиме времени [1]. При этом предусматривается как прямое воспроизведение нерегулярного волнения с натурной записи с использованием встроенных или программно заданных передаточных функций типа функции Базеля, так и синтез управляющего воздействия с использованием обратного преобразования Фурье или методов цифровой фильтрации [2].

В работе приводятся результаты изучения взаимодействия волн различных частот, при которых происходит искажение высокочастотной области спектра нерегулярного волнения. Эти искажения существенно влияют на фазовые скорости данной области спектра.

Рассмотрим взаимодействие двух гармоник спектра, которые значительно отличаются по частоте и по волновому числу. Такое взаимодействие можно рассматривать по типу «волна на течении». Исходя из уравнения адиабатического приближения, записанного в системе координат, движущейся с фазовой скоростью длинной волны C , в первом

приближении по малому параметру U (U — орбитальная скорость длинной волны) можно получить

$$k = k_0(1 + U/C), \quad a = a_0(1 + U/C), \quad (1)$$

где k — волновое число короткой волны; a — амплитуда короткой волны; k_0, a_0 — средние за период длинной волны параметры короткой волны.

Тогда частота короткой волны, наблюдаемая в неподвижной системе координат, имеет вид

$$\omega = \omega_0 + k_0 U, \quad (2)$$

где ω_0 — средняя за период длинной волны частота короткой волны.

Таким образом, имеет место амплитудная (1) и частотная модуляция (2) параметров короткой волны в поле горизонтальных орбитальных скоростей длинной волны. Легко показать, что наличие частотной модуляции приводит к появлению в спектре короткой волны дополнительных гармоник на частотах $\omega \pm N\Omega$ (Ω — частота длинной волны, N — целое число), причем амплитуды этих гармоник полностью определяются параметром частотной модуляции $\beta = k_0 U_0 / \Omega$ [3]. Также нетрудно показать, что амплитудная модуляция полностью определяется параметром $\gamma = U_0 / C$ и дает две дополнительные гармоники в спектре на частотах $\omega \pm \Omega$ [3]. Здесь U_0 — амплитуда горизонтальной орбитальной скорости длинной волны.

Рассмотрим параметры частотной и амплитудной модуляции отдельно для глубокой и мелкой воды относительно длинных волн, предполагая, что для коротких волн влиянием дна можно пренебречь

$$\beta = k_0 \frac{AgK}{\Omega^2} \begin{cases} k_0 A & \text{— для глубокой воды,} \\ k_0 \frac{A}{d} & \text{— для мелкой воды,} \end{cases} \quad (3)$$

$$\gamma = \frac{U_0}{C} = \begin{cases} kA & \text{— для глубокой воды,} \\ \frac{A}{d} & \text{— для мелкой воды,} \end{cases}$$

где A — амплитуда длинной волны; k — волновое число длинной волны; a — глубина воды.

Из (3) следует, что параметр амплитудной модуляции в обоих случаях мал и, следовательно, им можно пренебречь. Параметр частотной модуляции β при увеличении частоты длинной волны Ω неограниченно растет

$$\beta = \frac{k_0}{k} \frac{A}{d} = \frac{k_0 A}{\Omega} \sqrt{\frac{g}{d}}. \quad (4)$$

В спектре короткой волны присутствуют все частоты из диапазона: $(\omega_0 - k_0 U_0, \omega_0 + k_0 U_0)$ и, следовательно, ширина предельного спектра оценивается формулой

$$\Delta\omega = 2k_0 U_0 = 2\beta\Omega = 2k_0 A \sqrt{\frac{g}{d}}. \quad (5)$$

В рамках задачи корректного моделирования спектра нерегулярных волн представляет интерес экспериментальное изучение взаимодействия различных частот. Эксперименты проводились с использованием программно управляемой волнопроизводящей установки на базе информационно-вычислительного комплекса ИВК-3 и волнопродуктора с электрогидравлическим приводом.

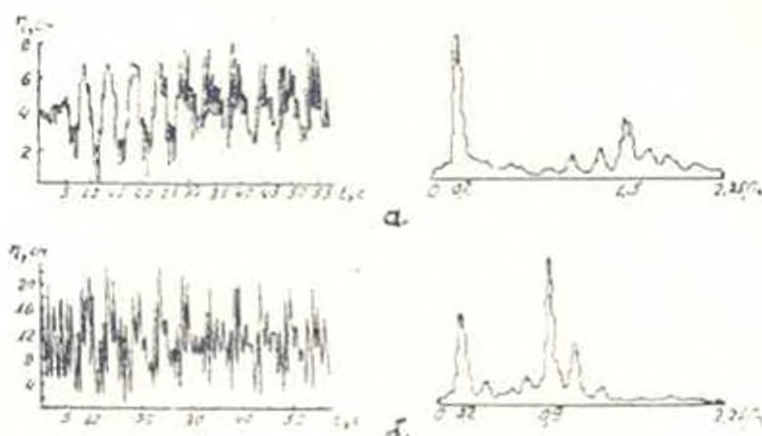


Рис. 1. Взаимодействие длинных и коротких волн: а) длинная — 0,2 Гц; короткая — 1,5 Гц; б) длинная — 0,2 Гц, короткая — 1,5 Гц.

На рис. 1 а, б представлены реализации и спектры взаимодействия волн с сильно отличающимися частотами и волновыми числами. Их анализ дает основания полагать, что взаимодействие длинных и коротких волн по типу «волна на течении» действительно приводит к значительному искажению спектра коротких волн полем горизонтальных орбитальных скоростей длинной волны. Гармоники, возникающие при взаимодействии длинных и коротких волн, удовлетворяют соотношению $n \pm N\Omega$, причем достаточно сильно выраженные третьи и четвертые гармоники спектра коротких волн свидетельствуют о том, что доминирующим фактором в формировании подобного спектра является именно частотная модуляция, поскольку амплитудная модуляция может давать только лишь две дополнительные спектральные компоненты на частотах $\omega \pm \Omega$.

На рис. 2 а, б представлены результаты взаимодействия волн, частоты которых отличаются незначительно. В этом случае взаимодействие уже нельзя рассматривать как волну на течении в адиабатическом приближении. Однако, для этого случая взаимодействия также имеет место появление дополнительных гармоник, но уже на других частотах, которые можно охарактеризовать формулой $\Omega + N(\omega - \Omega)$. Появление этих гармоник связано с нарушением адиабатического характера изменения сгибающей суперпозиции взаимодействующих гармоник. Частота этой сгибающей равна $\omega - \Omega$, а форма высокочастотной области спектра взаимодействующих гармоник напоминает форму спектра нерегулярных волн. Таким образом, для нерегулярного подмешивания

конечной амплитуды имеет место нелинейное взаимодействие гармоник, которое можно подразделить на две группы:

— взаимодействие длинных и коротких волн с появлением гармоник на частотах $\omega \pm N\Omega$, которое в первом приближении может быть описано с помощью уравнений адиабатического изменения волны на течении;

— взаимодействие близких гармоник типа неадиабатического изменения огибающей с образованием гармоник на частотах $\Omega \pm \Delta$ ($\omega - \Omega$).

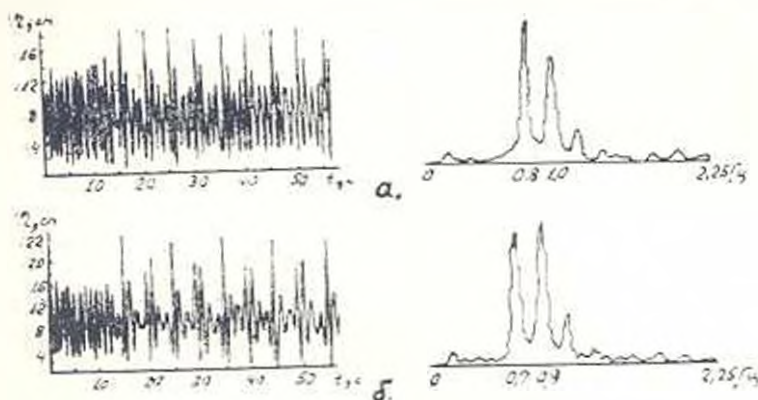


Рис. 2. Взаимодействие волн близких частот: а) 0.8 и 1 Гц; б) 0.7 и 0.9 Гц.

Оба типа взаимодействия проявляются сильнее с ростом амплитуды взаимодействующих волн. Взаимодействие первого типа оказывается сильнее, если для длинной волны характерно приближение мелкой воды, а второго типа формирует высокочастотную область спектра, близкую к натурному волнению. Оба типа взаимодействия могут быть привлечены для объяснения особенностей измерения фазовых скоростей высокочастотной области спектра реального нерегулярного волнения.

Учет такого рода нелинейных искажений спектра приведет к необходимости отказаться от спектрального представления нерегулярного волнения при его воспроизведении в лабораторных условиях и перейти к моделированию заданной реализации нерегулярного волнения.

Армения

20 XII. 1986

Ա. Ա. ՄԱՅՆՅԱՆԻ, Վ. Բ. ՈՍԵՐՅԱՆ, Տ. Դ. ԳՈՅԵՐԻՉԵ

ԱՐԻՏՄԵՐԻ ՈՉ ԴԵՄԱՅԻՆ ՓՈՆԱԶԳԻՅՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԸ ԱՆՎԱՆՈՆ ԱՆԿՈՑՄԱՆ
ԼԱՌՈՐԱՏՈՐ ՄՈԴԵԼԱՎՈՐՄԱՆ ԴԵՊՐՈՒՄ

Ա Մ Փ Ո Փ Ո Ս

Դիսպոզիցիոնալ և տարրեր համախառնություններով աղիքների ոչ գծային փոխազդեցությունների փորձնական և տեսական հետազոտությունների արդյունքները, որոնց պետությունը առաջ է դրվում սպեկտրի շեղում: Նման շեղումները

պէտք է հաշվի առնվեն սպեկտրալ րնոթագրերով բնականին մոտ անկանոն
ալիկոթման լարորատոր մոդելավորման ժամանակ: Ինկանոն ալիկոթումով
փորձերի կատարումը թույլ է տալիս ավելի ճիշտ կանխատեսել ջրամբարնե-
րի ափերի ձևափոխումը իրական ալիքային ազդեցություններից:

ЛИТЕРАТУРА

1. Pfoeg J., Funke E. R. A Survey of Random Wave Generation Techniques // Proc. 17th Coast Eng. Conf. Sydney, 23—28 March 1980. — New York, 1981. — V. 1. — P. 135—13.
2. Peyer D. K., Gilbert J., Winkle M. J. A Wave Spectrum Synthesizer // Journal of Hydraulic Research, Delft, 1973, — 11, 3. — P. 55—66.
3. Харкевич А. А. Спектры и анализ — М. Энергия, 1957 — 236 с

Изв. АН АрмССР (сер. ТН), т. XLII, № 5, 1988

НАУЧНОЕ ПРИБОРОСТРОЕНИЕ

Л. Г. КАРАПЕТЯН

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОТНОШЕНИЯ ШУМ-СИГНАЛ В МАТРИЧНЫХ ФОТОПРИЕМНИКАХ НА ПРИБОРАХ С ЗАРЯДОВОЙ СВЯЗЬЮ

При конструировании телевизионной измерительной аппаратуры проявляются преимущества матричных фотоприемников на приборах с зарядовой связью (ПЗС) перед вакуумными формирователями изображения [1]. Однако присущие ПЗС физические ограничения [2] приводят к определенным затруднениям при проектировании измерительных систем. Так, для повышения точности измерения координат точечных объектов применяются специальные алгоритмы обработки видеосигнала [3, 4], эффективность которых зависит от ряда параметров ПЗС. К одному из основных параметров относится шум, возникающий в процессе формирования изображения и вытекающее из него отношение шум-сигнал (ш/с) в фотоприемнике.

В данной статье приведен способ, позволяющий определить отношение ш/с в матричных фотоприемниках на ПЗС. Координаты центра тяжести изображения в системе координат ПЗС матрицы можно оценить по формулам

$$\bar{x} = \frac{\sum_{ij} U_{ij} x_{ij}}{\sum_{ij} U_{ij}}, \quad \bar{y} = \frac{\sum_{ij} U_{ij} y_{ij}}{\sum_{ij} U_{ij}}, \quad (1)$$

где U_{ij} — энергии, зафиксированные в каждом элементе разрешения;
 x_{ij} , y_{ij} — координаты элемента разложения.

Среднеквадратическая погрешность определения координат m_x^2 и m_y^2 определяется дифференцированием выражения (1) по U_{ij} , x_{ij} и y_{ij} [5]:

$$m_x^2 = \sum_{ij} (x_{ij} - \bar{x})^2 \frac{m_{ij}^2}{\left(\sum_{ij} U_{ij}\right)^2} + \frac{\sum_{ij} U_{ij}^2}{\left(\sum_{ij} U_{ij}\right)^2} m_s^2, \quad (2)$$

$$m_y^2 = \sum_{ij} (y_{ij} - \bar{y})^2 \frac{m_{ij}^2}{\left(\sum_{ij} U_{ij}\right)^2} + \frac{\sum_{ij} U_{ij}^2}{\left(\sum_{ij} U_{ij}\right)^2} m_s^2, \quad (3)$$

где $\frac{m_{ij}}{\sum_{ij} U_{ij}}$ — отношение шум-сигнал; m_i и m_j — неопределенность, вносимая элементом разложения матрицы по осям X и Y .

Так как в уравнениях (2) и (3) отношение ш/с входит в одинаковом виде, то достаточно рассмотреть одно из них. Приняв, что на светочувствительную поверхность матрицы проецируется изображение точки с нормальным распределением энергии, и подставив $\bar{x} = x_0$, где x_0 — геометрический центр изображения, из уравнения (2) имеем

$$\frac{m_i}{\sum U_{ij}} = \left[\frac{m_x^2 - m_x^2 \sum \left\{ \frac{1}{r \sqrt{\pi}} \int_{x_i-1/2}^{x_i+1/2} \exp \left[- \left(\frac{x-x_0}{r} \right)^2 \right] dx \right\}^2}{\sum_{ij} (x_{ij} - x_0)^2} \right]^{1/2}. \quad (4)$$

Задаваясь размером изображения ($n \times n$) и приняв $r = \frac{1}{6} n$, нетрудно рассчитать значения

$$\sum_i \left\{ \frac{1}{r \sqrt{\pi}} \int_{x_i-1/2}^{x_i+1/2} \exp \left[- \left(\frac{x-x_0}{r} \right)^2 \right] dx \right\}^2 \text{ и } \sum_{ij} (x_{ij} - x_0)^2.$$

Для определения отношения ш/с в (4) остается неизвестной лишь величина m_x^2 . На рис. 1 приведена схема установки, на которой определялась среднеквадратическая ошибка определения координат. Световой поток от осветителя 1 через диафрагму 2 попадает в светометрический шар 3. На выходе светометрического шара образуется рассеянный свет, который, проходя через текст 4, проецируется объективом 5 на светочувствительную поверхность ПЗС — матрицы 6.

Тест представляет собой затемненную стеклянную пластину с окном определенной формы и размера. Он закреплен на двухкоординатной каретке 8, которая снабжена микрометрическими винтами и дает возможность перемещения изображения по светочувствительной поверхности ПЗС. Блок 7 позволяет регулировать интенсивность изображения. Блок управления ПЗС 9 генерирует последовательности импульсов, необходимых для накопления, хранения и считывания видеосигнала, который через видеоусилитель 10 и схему двойной коррелированной выборки 11 подается на ВКУ 12 и осциллограф 13 для визуального контроля за изображением и на блок определения координат центра тяжести изображения 14.

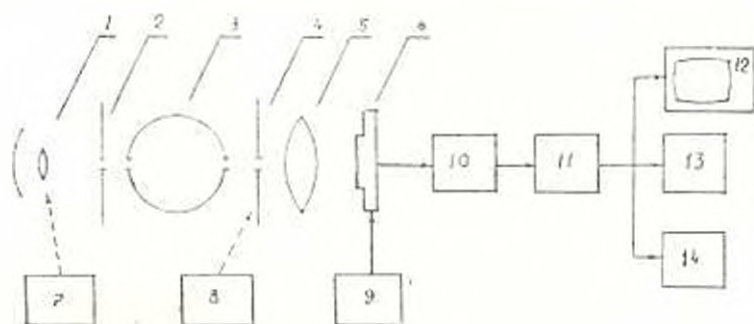


Рис. 1.

Выставив изображение теста на некоторую область светочувствительной части ПЗС-матрицы, изменяя и фиксируя его положение параллельно оси Y , с помощью блока 14 определяются координаты x_1 центра тяжести изображения в каждом фиксированном положении. Затем производится сдвиг изображения по оси X и вновь определяются координаты центра тяжести изображения x_1 для второго столбца и т. д. Размер изображения и сдвиг выбираются так, чтобы перекрыть по возможности большую часть чувствительной области матрицы. На рис. 2 показана траектория движения изображения по поверхности светочувствительной области ПЗС-матрицы. Крестиками обозначены измеренные значения центров тяжести изображения для первого столбца — x_{1r} . Среднеквадратическая погрешность определения координат определяется следующим образом:

$$m_x^2 = \frac{1}{KL} \sum_{r=1}^K (\bar{x}_r - x_{r1})^2,$$

где K — число столбцов; L — число измерений в каждом столбце:

$$\bar{x}_r = \frac{1}{L} \sum_{i=1}^L x_{r,i}$$

Экспериментально отношение m/ϵ было определено для среднеформатных ПЗС-матриц типа А 1042. С помощью блока 7 (рис. 1) на выходе светометрического шара устанавливалась освещенность, соответствующая некоторому отношению m/ϵ , измерялась величина m_x^2 и из

выражения (4) рассчитывалось отношение ш/с. Не изменяя общей энергии, зафиксированной в элементах разложения ПЗС, с помощью расфокусировки изменялся размер изображения на 2—5 элементах разложения, для каждого размера измерялась величина m_x^2 и рассчитывалось отношение ш/с. При этом отношение ш/с для разных размеров изображения практически не изменялось.

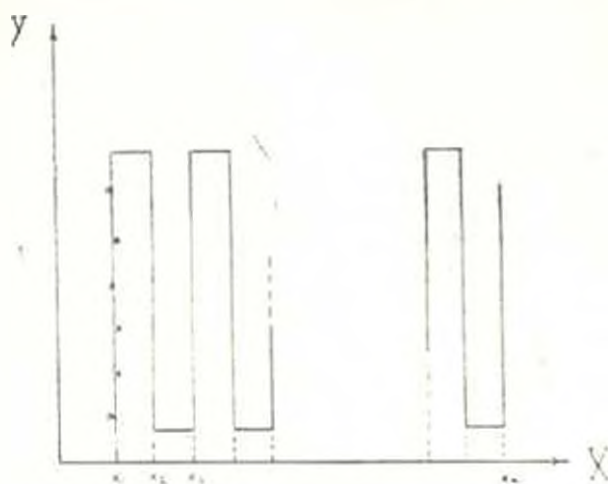


Рис. 2.

При измерении величины $(x_s - x_{s1})^2$ в некоторых областях светочувствительной поверхности матрицы наблюдалось незначительное отклонение этой величины от m_x^2 . Это обстоятельство свидетельствует о том, что в этих областях матрица имеет большее значение геометрического шума. Таким образом, по величине $m_x^2 - (x_s - x_{s1})^2$ можно судить о степени неоднородности матрицы по чувствительности, току, неэффективности переноса в той или иной ее области.

Измерения проводились для нескольких экземпляров матриц. При одинаковых условиях измерения отношение ш/с для различных экземпляров отличались друг от друга на 20—30%.

20 III 1986

1. 2. ԿԱՐԱԳԵՏԱՆ

ՄԵՐԱՆՈՒ ԿԱԿՈՎ ԱՐԻՔԵՐՈՎ ՄԱՏՐԻՑԱՅԻՆ ՖՈՏՈՐԵՊՈԴՆԵՐՈՒՄ ԱՂԱՌԱԿ-ԱՂԳԱՆՇԱՆ ԶԱՐԱՐԵՐՈՒԹՅԱՆ ՈՐՈՇՈՒՄԸ

Ա Մ Փ Ո Փ Ո Ւ Մ

Բերվում է լիցքային կապով սարքերով մատրիցային ֆոտոռեպոդնիկների աղմուկ-աղդանշան հարաբերության որոշման ձև. հիմնված պատկերի կոորդինատների որոշման միջին քառակուսային սխալի չափման վրա՝ նկարագրված է սարքավորում, որը թույլ է տալիս իրականացնել եղանակը, բերված ձև չափման արդյունքները A 1042 տիպի մատրիցաների համար:

1. *Alfred Dörmlein*, Optische Datenerfassung mit CCD — Kamera // *Elektronik*, — 1982, — 25, 17, 12, — S. 89 — 92.
2. *К. Стивен, М. Томпсон*. Приборы с переносом заряда — М.: Мир, 1978 — 155 с.
3. *Phil M. Salomon*. Charge-coupled device (CCD) trackers for high-accuracy guidance applications // *Optical Engineering*, — 1981, — January (February), V. 20, №. 1, — P. 135 — 142.
4. *Андреев А. Г., Кузнецов В. И., Пишиков В. С.* Использование метода конечных разностей при обработке сигнала в телевизионном измерителе координат на ПЗС // *Техника средства связи. Сер. Техника телевидения*, — 1981 — Вып. 6, С. 58—62.
5. Математическое обеспечение определения ориентации КА по изображениям звездного неба / Г. А. Авадесов, Е. П. Алексашин, Г. А. Алексашина и др. // *Сб.: Оптико-электронные приборы в космических экстремальных условиях. Институт космических исследований АН*. — М.: Наука, 1983. — С. 124—157.

ՄԱՅԻՆԱՇՆՈՒԹՅՈՒՆ

- Ն. Ի. Զավախյան: Տարբեր դորժոնների աղղեցության ուսումնասիրությունը 3
 Լ. Վ. Լեշույան, Դ. Լ. Մառախույան, Բ. Լ. Մառախույան: Դրանց հանգույցի տեղ-
 եկեղան վեհակի աղղեցությունը մեքենամասերի տեխնոլոգիական շախմատ-
 ներքի վրա 7

ՆՅՈՒԹԱԿՅՈՒԹՅՈՒՆ

- Լ. Լ. Լվախյան, Վ. Դ. Դուրաչ, Դ. Յ. Վոլսկիչ, Ս. Չ. Բելաշյան: Պողոսառ X18HCT-ի
 հաստցվածքային փոփոխությունները միափուկ բեռնամուղումը ցիկլային ղեկար-
 ամարման ժամանակ 11

ԵՐԻՐՆՏԻՎՈՒ

- Լ. Լ. Վարդանյան, Յու. Չ. Ղազարյան, Դ. Դ. Բնջալյան: Բազատրանսպորտային մեծ
 համակարգերի հոսքարժանման հաշվարկի մեկ մեթոդի մասին 16
 Լ. Լ. Լվախյան, Դ. Լ. Լուրապետյան, Բ. Չ. Բուրաչյան: Հեկարային դեղնաթիկակա-
 համակարգերի հանգույցային աշխատանքային իրադրությունը ՄԻԿՐՈՆԷՄ-ի կի-
 ռամամբ 20

ԿԱՌԱՎՈՐՈՒՄ, ՀԱՅՐԱՊԵՐՈՒՄ

- Լ. Վ. Փամբուխյան, Լ. Լ. Կոստանյան: Երրորդ կարգի կեղծ ուղղումներ զեկալարման
 մակարդերի համադրումը աշխատանքի մոտավորապես կիրառմամբ 24
 Է. Լ. Զարուբյուլյան, Լ. Լ. Կոռաղխանյան, Լ. Լ. Խաչյան: Դրոյնային նախարհակա-
 նության սինթեզում ինտեգրացիոն տեխնոլոգիայի բնական տարաբնույթների տե-
 րերի համար 28
 Չ. Բ. Կոռաղխան: Ինչպե՞ս կազմակերպել հաշվարկային աշխատանքային մակարդակի
 օրգանիզմի մեկ մասնաճյուղի մասին 31

ՀԱՇՎՈՒԹՅՈՒՆ, ՏՆՈՒՄՈՒՄ

- Լ. Վ. Կոռաղխան: Բուր-Չուր-Չուր-Հոգեկանների կողմից ձեռնարկություններ 35

ՀԻՊՈԿՐՈՒՄ

- Լ. Լ. Լվախյան, Վ. Լ. Կոռաղխան, Տ. Դ. Կոռաղխան: Լվախյանի աշխատանքի ժամանակ
 ինտեգրացիոն տեխնոլոգիայի կիրառում 38

ԿԵՏԱԿԱՆ, ԿԱՌԱՎՈՐՈՒՄ, ՀԱՅՐԱՊԵՐՈՒՄ

- Լ. Չ. Կոռաղխան: Լվախյանի կողմից տարբերակ մասերիցային ֆորմալիզացիայի աղ-
 մակազգեստային հոսքերի մասին որոշում 42

СОДЕРЖАНИЕ

Стр.

МАШИНОСТРОЕНИЕ

Н. Р. Джавахан	Исследование влияния различных факторов на движущие силы пультотрафного манипулятора	3
А. В. Хечумян, Г. С. Мартirosян, Р. С. Мартirosян	Влияние технического состояния шпиндельного узла на технологические параметры детали	7

МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ

Ю. А. Аюсегян, В. Г. Горбач, П. Ю. Волосевич, О. А. Мкртчян	Структурные изменения стали Х18Н10Т при циклическом деформировании с мягким нагружением	11
---	---	----

ЭНЕРГЕТИКА

А. М. Нартян, Ю. А. Казарян, Г. Д. Беджакян	Об одном методе расчета потокораспределения больших газотранспортных систем	17
А. С. Авакимов, Г. А. Айрапетян, Т. П. Асатрян, Р. Д. Мурадян	Реализация противопожарной автоматики электроэнергетических систем на базе микро-ЭВМ	26

СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ

С. В. Памбухчян, Л. С. Костанян	Синтез квазиоптимальных систем автоматического управления третьего порядка с применением нелинейного программирования	24
Э. С. Арутюнян, А. А. Мурадхакян, Р. М. Тацян	Синтез установочной последовательности для генерации тестов дискретных устройств с памятью	28
Г. Б. Мурадян	Об одном подходе к определению целесообразного уровня интеграции автономных АСУ	31

ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА

А. В. Маркрян	Модификация кадров Боуза-Чоудхури-Хоквингема	35
---------------	--	----

ГИДРАВЛИКА

А. А. Мхчян, В. Б. Цитрян, Т. Д. Гоцеридаз	Нелинейные взаимодействия волн при лабораторном моделировании нерегулярного волнения	38
--	--	----

НАУЧНОЕ ПРИБОРОСТРОЕНИЕ

Л. Г. Карапетян	Определение отношения шум-сигнал в матричных фотоприемниках на приборах с цифровой связью	42
-----------------	---	----