

Журнал издается с 5.01. 1948 г.

Выходит 3 раза в год

ԽՄԲԱԳՐԱԿԱՆ ԿՈԼԵԳԻԱ

Ի. Մարտիրոսյան (գլխավոր խմբագիր), Ի. Աթոյան (զին. խմբ. տեղակալ), Հ. Թերզյան (զին. խմբ. տեղակալ), Ս. Ղազարյան, Մ. Կասյան, Ո.Մարության, Ն. Մանուկյան, Ֆ. Սարգսյան, Յու. Սարգսյան, Վ. Սարգսյան, Ս. Ստակյան (զին. խմբ. տեղակալ), Զ. Ստեփանյան (պատասխանատու քարտուղար), Վ. Խաչատրյան, Հ. Զոհինյան:

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Р.М. Мартиросян (главный редактор), Р.В. Атоян (зам. глав. редактора), С.М. Казарян, М.В. Касьян, Г.А. Кочинян, Н.В. Манукян, В.З. Марухян, В.Х. Саркисян, Ф.Т. Саркисян, Ю.Л. Саркисян, М.Г. Стакян (зам. глав. редактора), З.К. Степанян (ответственный секретарь), А.А. Терзян (зам. глав. редактора), В.С. Хачатрян.

EDITORIAL BOARD

R.M. Martirosian (Editor-in-Chief), R.V. Atoian (Vice-Editor-in-Chief), S.M. Ghazarian, M.V. Kassian, V.S. Khachatrian, H.J. Kochinian, N.V. Manoukian, V.Z. Maruchian, F.T. Sarkissyan, V.X. Sarkissyan, Yu.L. Sarkissyan, M.G. Stakian (Vice-Editor-in-Chief), Z.K. Stepanian (Secretary-in-Chief), H.H. Terzian (Vice-Editor-in-Chief).

© Издательство ГИУА Армении

Известия НАН и ГИУ Армении (сер. техн. наук), 1995

Г.Б. БАГДАСАРЯН, Е.А. АРУТЮНЯН, В.Е. БАГДАСАРЯН

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОСНОВНЫХ УГЛОВ РЕЗЦА ПО РАЗРЫВНОМУ ПОЛЮ ОБРАБАТЫВАЕМОГО МЕТАЛЛА

Гործիչ նիմուշան անկյունների որոշման համար առաջարկվում է նոր մեթոդ, ըստ որի, օգտվելով նյութից օտարաբանվում է նմուշ և սխեմաներ ձգվում են ներառվում փորձարկման ֆորմավորման ծնան թելում է, նմուշի տեսքը և կոտորվում մետաղի հոսանքային հարթությունում խզման դաշտի արագությունների գրաֆիկը: Ենթադրվում է, որ նմուշի խզման արագությունը, կոտորվողությունը և խզման գծերում ներգրավվում է, կոտորվող հարթությունը: Ենթադրվում է, որ շարք փորձարկումներից՝ առաջարկվում են գործիչ մեթոդը, համար և կոտորվողի գլխավոր անկյունների որոշման բանաձևեր:

Предлагается новый метод для определения основных углов резца. По предложенному методу из обрабатываемого материала изготавливается образец, который подвергается испытанию на одноосное растяжение. После испытания приводится вид образца и строится эпюра скоростей разрывного поля на плоскости течения металла. Устанавливаются условие разрыва образца, угол конуса, вычисляется мощность среза на линиях разрыва. После ряда преобразований предлагаются формулы для определения переднего, заднего углов и главного угла в плане резца.

Ил. 3. Библиогр. 1 наименование.

A new method for determining angles of a cutting edge is suggested. According to the proposed method a specimen is made of a metal treated subjected to uniaxial tensile testing. After testing a specimen view is given and a velocity diagram for breakage field on the plane of flow of a metal is constituted. Rupture condition of the specimen, cone angle is set, shearing power at rupture lines is calculated. As a result of transformations the formulae for defining rake, end-clearance angles and back rake angle are proposed.

Ил. 3. Рег. 1.

Известно, что геометрические параметры режущего инструмента, в частности резца, выбираются с учетом физико-механических свойств обрабатываемого и режущего материалов, а также жесткости технологической системы. В настоящее время оптимальные величины углов режущего инструмента определяются исключительно опытным путем.

Предлагается принципиально новый метод для определения основных углов резца. Суть метода заключается в том, что из обрабатываемого материала изготавливается образец, который подвергается испытанию на растяжение, и по разрывной схеме образца определяются основные углы резца. Эти углы можно определить, учитывая угол конуса деформированного образца, отношение диаметров номинального образца и деформированного, а также угол скольжения или разрыва, полученный вследствие деформации образца. Очевидно также, что при использовании резцов, углы которых определены по данному методу, стружкообразование при резании будет протекать в условиях наименьшего сопротивления обрабатываемого материала. Это означает, что минимальными будут также энергозатраты при резании и повысится стойкость резца, так как она прямо зависит от работы стружкообразования.

Предложенный метод частично обосновывается тем, что стружкообразование является одной из разновидностей пластической деформации материала и существует определенная связь между деформацией образца, испытанного на разрыв, и деформацией, возникающей в зоне резания. Установлено также, что при резании пластичных материалов преобладает деформация сдвига, которую можно выразить через обобщенную деформацию.

Для определения основных углов реза предложенным методом из обрабатываемого материала изготавливается стандартный образец, который подвергается испытанию на одноосное растяжение на машине марки МР-1. На рис. 1 представлен образец после испытания.

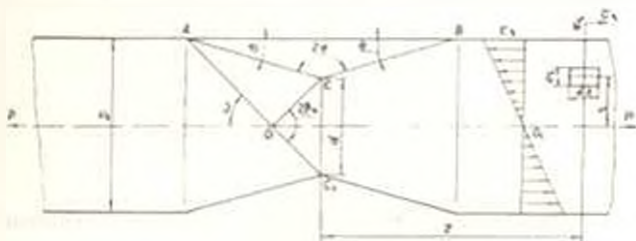


Рис. 1 Вид образца после испытания

Как известно, разрыв образца происходит тогда, когда на линии \$OO_1\$ касательные напряжения $\tau \rightarrow 0$. В этом можно убедиться, если составить дифференциальные уравнения равновесия и интегрировать их от значения нуля до \$D/2\$. В данном случае порядок определения дифференциального уравнения равновесия следующий:

а) на образце берется элементарная частица с ребрами \$dx, dy\$ и \$dz\$, для нее составляется условие равновесия в прямоугольной системе координат; б) учитывая конкретные условия задачи

($\sigma_y = 0, \tau_{xy} = \tau_{yx} = 0, \frac{\partial \sigma_x}{\partial r} = 0$), составляются дифференциальные уравнения равновесия [1]:

$$\begin{cases} \frac{\partial \sigma_r}{\partial r} + \frac{1}{2} \frac{\partial \tau_{rz}}{\partial z} + \frac{\sigma_r}{r} = 0, \\ \frac{\partial \tau_{rz}}{\partial r} + \frac{\partial \sigma_r}{\partial z} + 2 \frac{\tau_{rz}}{r} = 0; \end{cases} \quad (1)$$

в) интегрируются уравнения в пределах от нуля до \$D(2, r)\$; г) решается полученное дифференциальное уравнение и определяется значение τ_{rz} ; д) построением эпюры касательных напряжений проверяется ход решения задачи.

В дальнейшем для определения угла конуса \$2\beta_1\$ составляется разрывное поле образца. С этой целью область течения разбивается на две части, для каждой из которых потенциалом $\omega_1(z)$ определяется поле скоростей деформации. Поле имеет простой вид, если

$$\omega_1(z) = az + b, \quad (2)$$

где \$a\$ и \$b\$ — некоторые комплексные величины: $a = \alpha + \beta i, b = \alpha_1 + \beta_1 i$.

Для этого случая задача сводится к вычислению мощности среза на линиях разрыва, т.е.

где q - среднее удельное давление:

$$q = \frac{\tau_s}{\Delta\psi} (|cc'| + |bb'| + 2\mu|ab'|) : \quad (4)$$

$\Delta\psi$ - разность потенциалов на поверхности ω ; cc' , bb' , ab' - длины соответствующих отрезков на плоскости ω (определяются непосредственно из рис. 2).

После ряда преобразований из (4) получается уравнение для определения переднего угла резца γ :

$$\gamma = \frac{\pi}{2} - \arctg \left[\frac{(1-d/D) \operatorname{ctg} \theta}{d/D} \right] \quad (5)$$

$$r_{12} \frac{d}{D} = \frac{1}{1 + 2 \cos \theta}.$$

Следовательно,

$$\gamma = \frac{\pi}{2} - \arctg(2 \cos \theta). \quad (6)$$

Главный угол в плане φ_0 определяется как

$$\varphi_n = 90 - \theta. \quad (7)$$

Угол θ определяется опытным путем после испытания образца на одноосное растяжение. Главный задний угол реза α определяется как угол перелома оси образца на границе упругой и пластической зон, возникающий при растяжении испытуемого образца (рис. 3):

$$E_1 = \frac{D-d}{D} = \frac{\cos(45^\circ + \alpha) - \cos(45^\circ - \alpha)}{\cos(45^\circ + \alpha)} \quad (8)$$

После некоторых преобразований получим:

$$\alpha = \arccos \frac{D}{\sqrt{2(D-d)}} \quad (9)$$

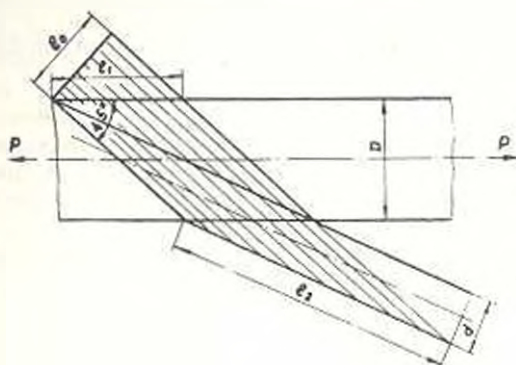


Рис. 3. Геометрическая схема удлинения образца, образованная под действием касательных напряжений

Таким образом, для каждого конкретного случая, исходя из физико-механических свойств обрабатываемого материала, можно определить основные углы реза.

ЛИТЕРАТУРА

1. Качанов Л.М. Основы теории пластичности. - М.: Гостиздат, 1956. - 324 с.

ГИУА

20. XI.1993

Изв. НАН и ГИУ Армении (сер. ТН), т. XI, VIII, №1, 1995, с. 7-11.

УДК 624.012.4

СТРОИТЕЛЬНЫЕ КОНСТРУКЦИИ

Т.Г. МАРКАРЯН, С.А. ИСРАЕЛЯН

ПРОЧНОСТНЫЕ И ДЕФОРМАЦИОННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПРИ ПЕРЕКОСЕ ФРАГМЕНТОВ ЛЕГКОБЕТОННЫХ СТЕН С НЕСЪЕМНОЙ ОПАЛУБКОЙ ИЗ СТЕКЛОФИБРОБЕТОННЫХ ПЛИТ

Рассмотрены и описаны конструктивные особенности и технологические процессы, связанные с изготовлением и применением легких бетонов, а также с их применением в строительстве. Рассмотрены и описаны конструктивные особенности и технологические процессы, связанные с изготовлением и применением легких бетонов, а также с их применением в строительстве. Рассмотрены и описаны конструктивные особенности и технологические процессы, связанные с изготовлением и применением легких бетонов, а также с их применением в строительстве.

Приведены результаты экспериментов фрагментов стен при перекосе, при изготовлении которых использованы в качестве несъемной опалубки стеклофибробетонные тонкостенные листы, имеющие с тыльной стороны ребра с сечением "ласточкинго хвоста". Установлено, что стеклофибробетонная плита с анкеровкой в виде "ласточкинго хвоста" под нагрузкой работает совместно с бетоном элемента. Показано, что несущая способность при перекосе со стеклофибробетонной плитой (несъемной опалубкой) существенно больше несущей способности эталонных образцов.

Ил. 2 Табл. 1. Библиогр.: 3 назв.

The experimental results of the skewed wall fragment, were represented, for their fabrication glass fibrous concrete thin-wall sheets having ribs with dovetail section at the rear side were used as a retained formwork. It is found that a glass fibrous concrete plate with dovetail anchoring under load works simultaneously with concrete of the element. It is shown that the carrying faculty in skewing with a glass fibrous concrete plate (retained formwork) is substantially greater than that of standard patterns.

Ил. 2, Table 1, Ref. 3

Применение стеклофибробетона на основе портландцемента и щелочестойкого стекловолокна признано целесообразным в производстве целого ряда строительных конструкций и изделий, в том числе в виде тонкостенных плит в качестве несъемной опалубки для возведения монолитных бетонных и железобетонных стен. Использование такой опалубки из стеклофибробетона (СФБ) позволит снизить трудоемкость опалубочных, облицовочных и штукатурных работ, а также сократить сроки возведения монолитных сооружений.

Отличительной особенностью новой конструкции несъемной опалубки из стеклофибробетона, технология изготовления которой разработана в АрмНИИСА [1], является то, что она имеет ребра в виде "ласточкинго хвоста", которые обеспечивают жесткости конструкции и надежную анкеровку опалубки в монолитном бетоне без использования дополнительных конструктивных и технологических мероприятий, что приводит к экономии трудовых затрат на устройство несъемной опалубки.

Проведенные эксперименты на образцах-призмах размерами $0,2 \times 0,2 \times 0,8$ м подтвердили предположение о совместной работе при центральном и внецентренном сжатии бетона и облицовки-несъемной опалубки из СФБ плит, имеющих с тыльной стороны ребра с формой сечения "ласточкинго хвоста" [2]. В дальнейшем проводились эксперименты уже на образцах-фрагментах стен размерами $1,2 \times 1,2 \times 0,25$ м при перекосе под перпендикулярным-диагональным воздействием нагрузки. Образцы были изготовлены из бетонов классов по прочности на сжатие В 5, В 7,5 и В 10 на арктических заполнителях.

В настоящей статье приводятся результаты экспериментов фрагментов стен в случае перекоса. Для изготовления образцов были использованы следующие исходные материалы:

- портландцемент Араратского цементно-шиферного комбината активностью 56 Н/мм^2 в возрасте 28 суток;
- щебень из Арктического туфа размерами 5...40 мм. Порода имеет следующие характеристики: объемная плотность 1370 кг/м^3 , предел прочности при сжатии 13 Н/мм^2 ;
- дробленый туфовый песок Арктического месторождения с модулем крупности $M_k=1,67$;
- стеклофибробетонные плиты размерами $0,6 \times 1,5$ м. По ширине плиты имели ребра с формой сечения в виде "ласточкинго хвоста" шагом по ширине 0,2 м.

Образцы были изготовлены на крытом полигоне экспериментальной базы АрмНИИСа и испытаны в лаборатории испытаний материалов и конструкций в возрасте 10...12 мес.

В процессе испытания образцов-фрагментов всех серий измерялись их вертикальные и горизонтальные диагональные деформации. Применялись мессуры с точностью 0,01 мм, установленные на обеих сторонах образцов. Для измерения диагональных деформаций образцов было применено приспособление крепления измерительных приборов по системе "цепочки". Характеристики образцов и результаты их испытания при перекосе приведены в таблице.

Вид образца	Возраст образца в момент испытания	Кубиковая прочность	Разрушающая нагрузка, кН
		бетона $R_{куб}$, Н/мм ²	
Эталонный	10 мес. 3 дн.	8,4	600
	10 мес. 14 дн.	9,0	800
Со СФБ	11 мес.	9,5	1150
	11 мес. 10 дн.	9,2	1000
Эталонный	10 мес. 6 дн.	11,0	950
	11 мес. 17 дн.	10,0	900
Со СФБ	10 мес. 27 дн.	13,0	1300
	11 мес. 5 дн.	13,6	1350
Эталонный	11 мес. 18 дн.	17,7	1000
	11 мес. 26 дн.	17,2	1200
Со СФБ	12 мес. 5 дн.	17,2	1500
	12 мес. 15 дн.	17,4	1450

Результаты показывают, что несущая способность образцов со стеклофибробетонной плитой (с несъемной опалубкой) существенно больше несущей способности эталонных образцов. С повышением прочности бетона повышается также несущая способность образцов.

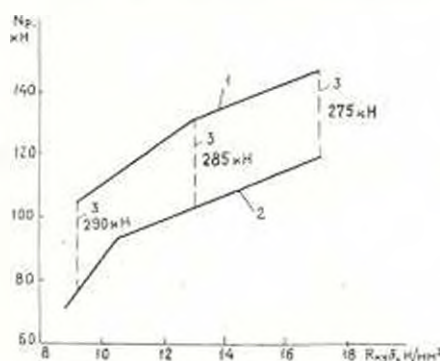


Рис. 1. Зависимости несущей способности фрагмента стены от куб. прочности бетона

1-зависимость несущей способности фрагмента стены от куб. прочности для чисто бетонного образца; 2-зависимость несущей способности фрагмента стены от куб. прочности для образца со стеклофибробетонной плитой; 3-разности несущей способности эталонного образца и образца со стеклофибробетонной плитой.

На рис. 1 приведены экспериментальные данные зависимости несущей способности фрагментов от кубиковой прочности бетона. Если опытные данные привести в сопоставимых прочностных показателях бетонов-образцов, то прослеживается стабильное влияние несъемной опалубки на несущую способность образцов при перекосе. Оно составляет при прочности бетона образца 9,4 13,3 и 17,3 МПа соответственно 290, 285 и 275 кН. Таким образом, несущая способность

бетонных образцов при использовании несъемной опалубки из СФБ листов с вышеописанными конструктивными решениями повышалась при перекосе в среднем на 283 кН.

Характер трещинообразования и разрушения эталонных образцов с несъемной опалубкой показал, что несъемная опалубка работает совместно с бетоном фрагмента-образца вплоть до разрушения.

Несмотря на то, что увеличение прочности бетона приводит к повышению несущей способности образца при перекосе, характер разрушения всех образцов фрагментов стены остается одинаковым. Разрушение происходило по диагонали в вертикальной плоскости и по бокам примерно под углом 45° к диагонали. Разрушение образцов при перекосе начиналось с появлением трещин в центре с дальнейшим мгновенным распространением по сжатой диагонали. Поскольку при перекосе образцов (из кирпичной и каменной кладки, бетона, железобетона и др.) наибольшие деформации по сжатой диагонали имеют место в углах, где приложена нагрузка, то разрушение должно произойти вблизи приложения сжимающей нагрузки. Объяснение сущности этого явления в достаточной мере показано в [3], согласно которой отсутствие трещин в вершине и вблизи сжатых углов связано с условиями двухосного сжатия образца в этих углах, что благоприятно сказывается на его прочности, в то время, как в средней части действуют наибольшие растягивающие напряжения, что создает менее благоприятные условия для прочности бетона и несъемной опалубки в центральной части образца. В результате обработки полученных данных были составлены кривые относительных деформаций по направлению сжатой и растянутой диагоналей в зависимости от диагональной нагрузки (рис. 2).

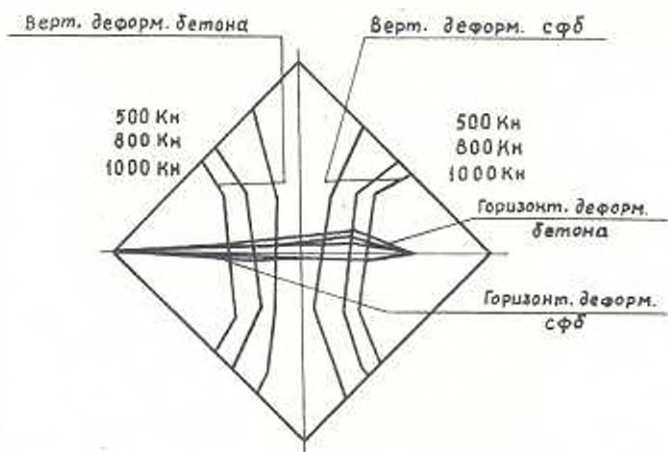


Рис. 2

Таким образом, облицовочный слой, имея достаточную прочность и высокое сцепление с бетонным слоем, которое обеспечивается дополнительной анкерровкой, имеющей форму сечения в виде "ласточкиного хвоста", работает с ним совместно, вплоть до разрушения, и существенно увеличивает несущую способность образца при перекосе.

ЛИТЕРАТУРА

1. А.с. 1350962 СССР. Устройство для формирования изделий из фибробетона / Р.М. Мхикян, Т.Г. Маркарян и др. Заявлено 30.11.84; Оpubл. 1987. - 3 с.
2. Израелян С.А., Маркарян Т.Г. Экспериментальное исследование совместной работы под нагрузкой шлакобетонных сжатых элементов и несъемной опалубки из стеклофибробетонных плит //Бетонные и железобетонные конструкции: Межвуз. сб. тр. по стр. и арх. - Ереван, 1989. - С. 71-76.
3. Поляков С.В. Каменная кладка в каркасных зданиях.-М., 1956.-188 с.

ЕрАСИ

20.III.1992

Изв. НАН и ГИУ Армении (сер. ТII), т. XLVIII, №1, 1995, с. 11-15

УДК 621.762

МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ

С.Г. МАМЯН, А.А. АЛАА ЭЛЬДИН, Л.И. ПАХЛЕВАНИАН

ПОВЫШЕНИЕ СОПРОТИВЛЕНИЯ ХРУПКОМУ РАЗРУШЕНИЮ ПОРОШКОВЫХ СТАЛЕЙ МЕТОДОМ ТЕРМОМЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ

Դիտարկված է փոշեմետալուրգիայի եղանակով բարձրամուր պողպատների տաքման ժամանակ ջրածնային բեկուճության առաջացման խնդիրը: Մարտենսիտի կառուցվածքի ռենտգենակառուցվածքային վերլուծության և մեխանիկական հատկությունների փորձարկման արդյունքներով սահմանված են ջերմամեխանիկական մշակման և ջրածնազրկման թրժման ռեժիմներ, որոնք ապահովում են առավելագույն ամրացող արդյունք:

Рассмотрена проблема водородного охрупчивания в области порошковой металлургии при получении высокопрочных материалов. При помощи рентгеноструктурного анализа и механических испытаний установлены режимы ТМО и обезводороживающего отжига порошковых сталей, обеспечивающие максимальный упрочняющий эффект.

Табл. 2. Библиогр: 2 назв.

A problem of making hydrogen brittle for obtaining high-strength materials in the field of powder metallurgy is considered. Thermomechanical treating and powder steel dehydrogenization annealing schedules with maximum hardening effect are established by means of X-ray structure analysis and mechanical testing.

Tables. Reg. 2.

Разработка экологически чистых, ресурсосберегающих прогрессивных технологий, обеспечивающих получение изделий с высокой прочностью, долговечностью и надежностью, весьма актуальна. Этим требованиям удовлетворяет технология получения стальных изделий методами порошковой металлургии с применением термомеханической обработки (ТМО). Ограниченность широкого использования этой уникальной технологии объясняется отсутствием фундаментальных металлопедческих исследований.

В ранее опубликованных работах исследование структурных особенностей при ТМО порошковых сталей показало, что при правильном выборе схемы и режимов ТМО путем предварительной ТМО (ПТМО), высокотемпературной ТМО (БТМО) и ПТМО-БТМО можно достигнуть значительного повышения комплекса механических свойств [1, 2].

Анализ литературы показывает, что при достижении высокой прочности компактных порошковых сталей ($\sigma_s = 1500 \dots 2000$ МПа) из-за сравнительно высокого содержания в них кислорода и водорода, сконцентрированных преимущественно на границах зерен аустенита, наблюдается процесс охрупчивания, приводящий к межзеренному разрушению. Водород в сталях находится в твердом растворе или скапливается в порах и на дислокациях. Хрупкость, обусловленная водородом, проявляется тем резче, чем выше прочность материала и меньше его растворимость в кристаллической решетке. Наиболее сильно процесс охрупчивания наблюдается в закаленных сталях с мартенситной структурой. Очевидно, что при спекании стальных пористых заготовок в среде водорода происходит их наводороживание. При 910°C растворимость водорода в Fe, составляет $6,5 \text{ см}^3/100 \text{ г.}$, а при 1150°C - $8 \text{ см}^3/100 \text{ г.}$ При указанных температурах часто производят уплотняющую горячую обработку давлением.

Кроме атомарного водорода, находящегося в твердом растворе, значительное количество его в молнизованном состоянии аккумулируется в порах, объем которых обычно составляет 10...25%. С точки зрения экономичности и технологичности, формирование деталей методом горячей деформации часто осуществляется непосредственно с температуры спекания. При этом происходит захлопывание пор, в которых задерживается и находится под большим давлением значительное количество водорода. Это и является причиной флокенообразования послековки, штамповки и экструзии, приводящего к резкому снижению показателей пластичности и характерному интеркристаллитному излому.

Таким образом, при порошковой технологии изготовления высокопрочных деталей неизбежен процесс наводороживания. Однако этому важному вопросу не уделено должного внимания.

Для изучения проблемы водородного охрупчивания (за исключением таких факторов, как чистота и дисперсность порошков), а также создания наилучших условий при рентгеноструктурных исследованиях тонкого строения мартенсита основные исследования проводились на сталях марок ПУ8, П40Х, П40ХН, П40ХНМ, П12ХН3А, полученных на основе сверхчистого карбонильного железного порошка марки А2. С целью обеспечения однородности сталей шихта изготовлялась из дисперсных порошков ($< 50 \text{ мкм}$) путем механического смешивания.

Спрессованные плоские и цилиндрические брикеты спекались в атмосфере водорода (точка росы - 27°C), выбранные режимы обеспечивали получение однородных структур.

Часть образцов после спекания с пористостью 6...8% остуживали до температурного интервала 800...900 °С и подвергали высокотемпературной термомеханической обработке (ВТМО) методом экструзии с шестикратным обжатием. Другую часть образцов после спекания подвергали вакуумному отжигу при температуре 500...550 °С (обезводороживание), после чего осуществляли ВТМО с аналогичными режимами.

С целью выявления эффекта ТМО образцы после экструзии подвергали в вакуумной печи полному отжигу при 870 °С с выдержкой 3ч и дальнейшей закалке и отпуску.

Плоские образцы из стали марки У8 подвергались упрочняющей обработке по схеме ПТМО (тепловая дробная деформация с суммарным обжатием $\lambda=50\%$, стабилизирующий отжиг при 450 °С и закалка с быстрым нагревом в соляной ванне до 900 °С), ВТМО (горячая деформация со степенно обжатия $\lambda=50\%$ при температуре 900 °С и непосредственная закалка) и ПТМО+ВТМО (холодная дробная деформация, стабилизирующий отжиг, быстрый нагрев до 900 °С, горячая деформация и непосредственная закалка).

Для определения количества водорода и кислорода образцы подвергались газовому анализу методом вакуум-плавления.

Для металлопорошковой стали с содержанием 0,8% С был проведен рентгеноструктурный анализ мартенсита после различных режимов термической обработки: ОТО (1), ПТМО (2), ВТМО (3) и ПТМО+ВТМО (4). Содержание углерода в мартенсите определяли путем анализа дифракционной линии [211] α по методике, разработанной в Московском институте сталей и сплавов. Съемку линии проводили по точкам на установке УРС-50 ИМ.

Условия съемки (время, угловой интервал) обеспечивали возможность получения достоверного профиля линии, последующий анализ которого позволял определить тетрагональность мартенсита и степень его распада. Помимо этих параметров, имеет место также физическое уширение линии [211] α .

Анализ результатов механических испытаний всех указанных сталей показал, что при всех режимах термомеханического упрочнения наблюдается резкое повышение (на 40...60%) прочностных и одновременно пластических характеристик по сравнению с ОТО. Например, для стали марки ПУ8К, несмотря на промежуточный вакуумный обезводороживающий отжиг, механические свойства очень высокие. При температуре 300 °С получается $\sigma_t=1300$ МПа, $\delta=1...2\%$. Максимальные свойства наблюдаются при совмещении уплотняющей и термомеханической обработки по схеме ПТМО+ВТМО. При $t=250$ °С имеем $\sigma_t=2150$ МПа, $\sigma_{0.2}=1850$ МПа, $\delta=6\%$, $\psi=15\%$. Это объясняется развитой фрагментированной субструктурой мартенсита, а также резким снижением концентрации водорода - до $2,5 \text{ см}^3/100 \text{ г}$ металла.

Согласно проведенным опытам и литературным данным, выявлено, что содержание водорода в компактной высокопрочной порошковой стали после ВТМО с экструзией или динамического горячего прессования составляет в среднем $12...20 \text{ см}^3/100 \text{ г}$ металла, в то время как содержание водорода в кислой мартеновской стали колеблется в пределах от 3...4 до $5...7 \text{ см}^3/100 \text{ г}$ металла.

Проблема водородного охрупчивания возникает при изготовлении порошковых массивных деталей с использованием более жестких схем деформации: экструзии,ковки и штамповки. Анализ механических свойств после ВТМО цилиндрических ($\phi 40$ мм) брикетов (экструзия с шестикратным обжатием) с исходной пористостью 10% показал, что

процесс обезводороживания перед ВТМО приводит к резкому повышению комплекса механических свойств (табл. 1). При осуществлении ВТМО непосредственно после спекания (содержание водорода - $16 \text{ см}^3/100 \text{ г}$ металла) из-за водородного охрупчивания наблюдается процесс флокенообразования, приводящий к интеркристаллическому хрупкому разрушению, вплоть до высоких температур отжига ($400...500^\circ\text{C}$).

После обезводороживания (когда содержание водорода не превышает $1,5 \text{ см}^3/100 \text{ г}$ металла), как видно из табл. 1, резко повысились как прочностные, так и пластические свойства, особенно ударная вязкость (KCU) и работа распространения трещины (KCT).

Механические свойства порошковых сталей
после ВТМО с экструзией

Таблица 1

Марка порошковой стали	$t_{\text{ВТМО}},$ $^\circ\text{C}$	$\sigma_{\text{в}},$ МПа	$\sigma_{0,2},$ МПа	$\delta,$ %	$\psi,$ %	KCU, МДж/м ²	KCT, МДж/м ²
У8К	300	2050	1730	8	20	0,35	0,09
		1900	1610	2,5	10	0,15	0,02
	400	1400	1220	12	35	0,55	0,15
40Х		1250	1050	6,0	10	0,2	0,02
	200	1980	1700	8	24	0,62	0,21
		1800	1500	3	12	0,36	0,05
40ХН	200	2200	1910	6	20	0,60	0,2
		1900	1670	3	10	0,35	0,04
40ХНМ	200	2400	2190	6	20	0,52	0,24
		2100	1870	1,2	8	0,32	0,12
	300	1920	1760	10	40	0,6	0,28
30		1860	1710	6	20	0,35	0,18
	200	1800	1650	10	30	0,45	0,15
		1750	1	5	10	0,14	0,1
	300	1400	1240	16	40	0,8	0,35
12ХН3А		1380	1200	10	15	0,4	0,25
	200	1400	1210	26	60	1,4	0,8
		1370	1200	20	50	0,9	0,65

Примечание. В числителе отмечено обезводороживание до ВТМО, в знаменателе - ВТМО непосредственно после спекания в водороде.

Как видно на примере стали марки У8К, после ВТМО вне зависимости от содержания водорода наблюдается значительное повышение механических свойств по сравнению с ОТО. В данном случае резкое повышение комплекса механических свойств можно объяснить как процессом обезводороживания, так и структурными особенностями.

Исследование тонкой структуры мартенсита электронно-микроскопическим методом на "просвет", а также результаты рентгеноструктурного анализа показывают, что термомеханическая обработка порошковых сталей приводит к получению развитой субструктуры с высокой плотностью дислокаций, в результате чего изменяется строение мартенсита: снижается тетрагональность c/a , увеличивается объем малоуглеродистого кубического мартенсита V , уменьшается содержание углерода в тетрагональном мартенсите C_1 .

Таким образом, ТМО приводит к существенному изменению субструктуры и морфологии мартенсита, а следовательно, и распределению углерода и водорода, чем и объясняется значительное повышение механических свойств по сравнению с ОТО даже без обезводороживающего отжига. Однако для достижения максимального эффекта упрочнения необходимо в схему ТМО порошковых сталей включить обезводороживающий отжиг.

Таблица 2

Влияние режимов обработки порошковой стали с содержанием 0,8 % С на состояние мартенсита

Режим обработки	c/a	V	$C_1, \% \text{ вес}$	Физическое уширение (211), рад
1	$1,032 \pm 0,001$	$0,16 \pm 0,03$	$0,70 \pm 0,02$	$0,046 \pm 0,001$
2	$1,025 \pm 0,002$	$0,48 \pm 0,02$	$0,55 \pm 0,03$	$0,045 \pm 0,001$
3	$1,031 \pm 0,001$	$0,23 \pm 0,02$	$0,68 \pm 0,02$	$0,045 \pm 0,001$
4	$1,028 \pm 0,001$	$0,25 \pm 0,02$	$0,61 \pm 0,02$	$0,047 \pm 0,001$

ЛИТЕРАТУРА

1. Применение термомеханической обработки в порошковой металлургии /М.Я. Берштейн, С.Г. Мамян, С.Б. Фельдман и др. /Технология автомобилестроения. М., 1970, - № 1. - С. 14-18.
2. Берштейн М.Я., Мамян С.Г., Саклавский В.В. Высокотемпературное термомеханическое упрочнение спеченных конструкционных сталей //Повышение конструкционной прочности сталей и сплавов: Сб. ст. М., 1970. - С. 126-133.

ГИУА

20.V.1993

Изв. НАН и ГИУ Армении (сер. ТН), т. XLVIII, №1, 1995, с. 15-21.

УДК 621.3.01

ЭЛЕКТРОТЕХНИКА

Г.Д. АКОПДЖАНИЯН

О МАШИННОМ РАСЧЕТЕ ШЕСТИПОЛЮСНЫХ СХЕМ

Բարդ էլեկտրական շղթաներում, որոնք դիտարկվում են որպես 2n-բևանդեր, հաճախ հանդիպում են խնդիրներ, երբ անհրաժեշտ է լինում որպէջ սեղմակներում գործող

լարամուկը և նրանց մեղքումը անհավասարաչափ խառնուրդի հզորությունների միջոցով, կամ մեծությամբ հզորությունները՝ հասնելի լարամուկի և ավելի հզորությունների միջոցով: Այդպիսի խնդիրները, որոնք $n=3$ դիֆերենտ, հաշվարկում են հաջորդական մոտեցումների մեթոդով՝ հստակեցնում ստորինը ևն վերինը: Խառնուրդի նշված խնդիրների հաշվարկային բովանդակը անհավասարաչափ, որոնք օգնությունը կազմվում են ճյուղերի խնդիրների բովանդակը էՆՈ-ի վրա խառնուրդի խառնուրդ: Այսպիսով անհավասարաչափ խառնուրդում են բնական կառուցել արդյունքի հաշվարկներ ավելի բարդ շղթաների խառնուրդ ($n>3$), որոնք կարելի է գրանցել արդյունքի վերինը ևն ստորինը:

При исследовании сложных электрических цепей, рассматриваемых в виде $2n$ -полюсников, часто ставятся задачи определения напряжений на зажимах и их фаз по известным значениям входных активных и реактивных мощностей, или задачи определения реактивных мощностей по заданным напряжениям и активным мощностям. Эти задачи, начиная с $n=3$ (шестиполюсник), решаются итерационными методами. В настоящей статье применительно к шестиполюснику разработаны алгоритмы аналитических решений указанных задач, реализуемых на ЭВМ. Указанные алгоритмы позволяют проводить аналогичные расчеты для более сложных схем ($n>3$), состоящих из соединений шестиполюсников.

Библиогр.: 3, назв.

Studing complex electric circuits considered as $2n$ unipoles problems are stated in determining terminal voltages and their phase by well-known values of input active and reactive power or problems in determining reactive power for given voltages and active power. These problems beginning with $n=3$ (six-terminals) are solved by iteration methods. In this paper analytical solving algorithms for mentioned problems realized on an electronic computer are developed for a six-terminal. The indicated algorithms allow to make similar calculations for more complex circuits ($n>3$) consisting of six-terminal connections.

Ref. 3.

При исследовании сложных электрических цепей их обычно рассматривают как многополюсники с определенным числом n пар зажимов, служащих для присоединения к ним внешних ветвей (источников, нагрузок и т.д.). Рассматривая такие $2n$ -полюсники при известных значениях параметров Y и напряжений U на зажимах, легко определяются активные P и реактивные Q мощности на любых k -ых парах их зажимов при помощи соотношения [1-3].

$$P_k = \sum_{m=1}^n U_k U_m y_{km} \cos(\psi_k - \psi_m + \varphi_{km}), \quad (1)$$

$$Q_k = \sum_{m=1}^n U_k U_m y_{km} \sin(\psi_k - \psi_m + \varphi_{km}), \quad (k=1, 2, \dots, n)$$

где U_k , U_m - действующие значения напряжений на k -й и m -й парах зажимов; ψ_k , ψ_m - фазы этих напряжений; y_{km} , φ_{km} - модули и аргументы Y -параметров $2n$ -полюсника.

При расчетах и исследованиях электроэнергетических систем, а также иных сложных электрических цепей часто сталкиваются с задачами определения напряжений и сдвигов фаз между ними при известных значениях активных, реактивных мощностей и параметров

многополюсника, а также с задачами, требующими определения реактивных мощностей по заданным активным мощностям и величинам напряжений на зажимах и параметрам многополюсника. В частности, к ним можно отнести задачи, когда при заданных активных мощностях в узловых точках цепи требуется определить значения генерируемых реактивных мощностей, обеспечивающих заданные уровни напряжений в них.

Аналитическое решение перечисленных задач вызывает затруднение, т.к. требует решения систем трансцендентных уравнений. Такие задачи обычно решают, применяя приближенные методы расчета. Если аналитическое решение отмеченных задач в случае четырехполюсника ($n=2$) не представляет трудностей, то уже при шестиполюснике достаточно осложняется, и получаемые при этом алгоритмы расчетов требуют их реализации на ЭВМ.

В настоящей статье рассматривается шестиполюсник и приводятся аналитические решения поставленных выше задач: 1) определение реактивных мощностей и фаз напряжений при заданных активных мощностях и величинах напряжений; 2) определение напряжений и их фаз при заданных значениях активных и реактивных мощностей. В обеих задачах параметры шестиполюсника принимаются известными. Излагаются алгоритмы расчетов для реализации решений указанных задач на ЭВМ.

Запишем уравнения (1) для определения активной и реактивной мощностей на k -ых парах зажимов шестиполюсника:

$$\begin{aligned} P_k &= S_{kk} \cos \varphi_{kk} + S_{k,k-1} \cos(\psi_{k,k-1} + \varphi_{k,k-1}) + S_{k,k+2} \cos(\psi_{k,k+2} + \varphi_{k,k+2}), \\ Q_k &= S_{kk} \sin \varphi_{kk} + S_{k,k-1} \sin(\psi_{k,k-1} + \varphi_{k,k-1}) + S_{k,k+2} \sin(\psi_{k,k+2} + \varphi_{k,k+2}), \end{aligned} \quad (2)$$

($k=1, 2, 3$).

Здесь введены обозначения: $S_{km} = U_k U_m y_{km}$, $\psi_{km} = \psi_k - \psi_m$, причем m может равняться k , $k+1$ или $k+2$, если при этом m становится больше трех, то $m=m-3$. Это относится ко всем математическим соотношениям, приводимым в статье.

Пользуясь равенствами (2), произведя математические преобразования, приходим к заключению, что выражение $S_k = 2S_{k+1,k+2} \cos \psi'_{k+1,k+2}$ может быть определено двумя разными соотношениями:

$$\begin{aligned} S_k &= (1+a_{kk})U_{kk} + S_k/U_{kk} - 2a_{kk}S_k \cos(\varphi_k - \varphi_{kk}) - \sum_{n=1}^3 U_n = \\ &= 2S_{kk} \cos(\varphi_{kk} - \varphi'_k) - 2S_k \cos(\varphi_k - \varphi'_k) + \sum_{n=1}^3 [S_n \cos(\varphi_n - \varphi'_n) - \\ &\quad - S_n \cos(\varphi_n - \varphi'_n)]. \quad (k=1, 2, 3). \end{aligned} \quad (3)$$

Из (2) получим также следующее выражение:

$$S_{kk} \sin(\varphi_{kk} - \varphi'_k) - S_k \sin(\varphi_k - \varphi'_k) = -S_{k,k-1} \sin \psi'_{k,k-1} + S_{k,k+2} \sin \psi'_{k,k+2} \quad (4)$$

($k=1, 2, 3$).

В этих соотношениях $S_k = \sqrt{P_k^2 + Q_k^2}$ - полная мощность, $\varphi_k = \arctg Q_k / P_k$ - сдвиг фаз между напряжением и током на k -ых зажимах шестиполюсника.



$$U_{kk} = S_{kk} / a_{kk}, \quad a_{kk} = \frac{Y_{kk} Y_{k-k+2}}{Y_{kk+1} Y_{k+2k}}, \quad \varphi'_k = \varphi_{kk+1} - \varphi_{k-k+1} + \varphi_{k+2k}, \quad (5)$$

$$\psi'_{kk+1} = \psi_{kk+1} - \varphi_{k-k+1} + \varphi_{k+1k+2}.$$

Преобразуя равенство (3) и введя новые обозначения, получим

$$P_k^2 + 2a_k U_{kk} P_k - w U_{kk} + Q_k^2 + 2b_k U_{kk} Q_k - v U_{kk} + c_k U_{kk}^2 - t U_{kk} = 0, \quad (6)$$

где

$$a_k = \cos \varphi'_k - a_{kk} \cos \varphi_{kk}, \quad b_k = \sin \varphi'_k - a_{kk} \sin \varphi_{kk},$$

$$c_k = 1 - 2a_{kk} \cos(\varphi'_k - \varphi_{kk}) + a_{kk}^2, \quad d_k = -1 + a_{kk} \cos(\varphi'_k - \varphi_{kk}),$$

$$a) \quad w = \sum_{i=1}^3 P_i \cos \varphi'_i, \quad б) \quad v = \sum_{i=1}^3 Q_i \sin \varphi'_i, \quad в) \quad t = \sum_{i=1}^3 d_i U_{ii}. \quad (7)$$

Таким образом, получаем три равенства типа (6) при $k=1, 2, 3$. Каждое из них связывает активную, реактивную мощности и напряжения на всех трех парах зажимов шестиполюсника. Равенства (6) с учетом (7) можно рассматривать как систему из трех квадратных параметрических уравнений относительно неизвестных P_k , Q_k или U_{kk} в зависимости от решаемой задачи. Выпишем эти уравнения для всех трех случаев:

а) при известных реактивных мощностях и напряжениях (6) может быть рассмотрено как квадратное уравнение относительно активных мощностей P_k с параметром w , зависящим от активных мощностей на всех трех парах зажимов:

$$P_k^2 + 2a_k U_{kk} P_k - U_{kk} w + E_k = 0, \quad (k=1, 2, 3),$$

где

$$E_k = Q_k^2 + 2b_k U_{kk} Q_k + c_k U_{kk}^2 - (v + t) U_{kk};$$

б) при известных активных мощностях и напряжениях (6) может быть рассмотрено как квадратное уравнение относительно реактивных мощностей Q_k с параметром v , зависящим от реактивных мощностей на всех трех парах зажимов:

$$Q_k^2 + 2b_k U_{kk} Q_k - U_{kk} v + F_k = 0, \quad (k=1, 2, 3),$$

где $F_k = P_k^2 + 2a_k U_{kk} P_k + c_k U_{kk}^2 - (w + t) U_{kk}$;

в) при известных активных и реактивных мощностях (6) может быть рассмотрено как квадратное уравнение относительно U_{kk} с параметром t , зависящим от напряжений на всех трех парах зажимов:

$$c_k U_{kk}^2 + (H_k + t) U_{kk} + S_k = 0, \quad (k=1, 2, 3),$$

где $H_k = 2(a_k P_k + b_k Q_k) - w - v$.

В зависимости от поставленной задачи решением соответствующих квадратных уравнений получим искомые величины в функции от параметров: $P_k(w)$, $Q_k(v)$ или $U_{kk}(t)$.

Учитывая, что эти уравнения для случаев "а" и "б" идентичны, идентичными будут и их решения. Рассмотрим только случаи "б" и "в", которые соответствуют поставленным в статье практическим задачам.

Для искоемых величин из квадратных уравнений получим

$$б) Q'_k = -b'_k \pm \sqrt{b'^2_k + U''_{kk} v - F'_k}, \quad (k=1,2,3), \quad (8)$$

где $Q'_k = Q_k \sin \varphi'_k$, $b'_k = b_k U_{kk} \sin \varphi'_k$, $U''_{kk} = U_{kk} \sin^2 \varphi'_k$, $F'_k = F_k \sin^2 \varphi'_k$;

$$в) U'_{kk} = -e_k - f_k t \pm \sqrt{f^2_k t^2 + 2e_k f_k t + e^2_k}, \quad (9)$$

где

$$U'_{kk} = U_{kk} d_k, \quad e_k = H_k d_k / 2c_k, \quad f_k = d_k / 2c_k,$$

$$S'_k = d^2_k S_k / c_k, \quad e'_k = e^2_k - S'_k.$$

При определении реактивных мощностей Q_k ("б") полученные из квадратных уравнений Q'_k (8) подставляем в (7 б), а при определении напряжений U_k ("в") — определенные из квадратных уравнений U'_{kk} (9) подставляем в (7в). В обоих случаях преобразования указанных уравнений приводят к уравнению восьмой степени:

$$\alpha_8 x^8 + \alpha_7 x^7 + \alpha_6 x^6 + \alpha_5 x^5 + \alpha_4 x^4 + \alpha_3 x^3 + \alpha_2 x^2 + \alpha_1 x + \alpha_0 = 0.$$

В первом случае ("б") x есть неизвестная v , во втором ("в") — 1.

Алгоритм расчета коэффициентов α приведен в приложении.

Решив уравнение восьмой степени, определив действительные его корни и подставив поочередно их значения в (8) или соответственно в (9), определим в первом случае ("б") $Q'_k = Q_k \sin \varphi'_k$, во втором ("в") —

$U'_{kk} = U_{kk} d_k$ (при $k=1, 2, 3$). Для каждой из определяемых величин получим по два различных значения. Истинные их значения выбирают из условий выполнения соответствующих равенств (7).

Имея значения Q'_k ("б") и соответственно U'_{kk} ("в"), определяем в первом случае искомые реактивные мощности:

$$Q_k = Q'_k / \sin \varphi'_k,$$

а также

$$S_k = \sqrt{P_k^2 + Q_k^2}, \quad \varphi_k = \arctg Q_k / P_k, \quad (k=1,2,3),$$

во втором случае — искомые напряжения:

$$U_{kk} = U'_{kk} / d_k, \quad S_{kk} = a_{kk} U_{kk}, \quad U_k = \sqrt{S_{kk} / y_{kk}}, \quad (k=1,2,3)$$

Поскольку в уравнениях восьмой степени могут иметь место и посторонние корни, то выясняется правильность решения обеих задач из условий выполнения равенств (3) для всех значений $k=1, 2, 3$. Неудовлетворение хотя бы одного из этих условий свидетельствует о несоответствии полученных для Q_k и U_k значений по отношению к решаемой задаче. В этом случае отбрасываются полученные для Q_k или соответственно U_k значения и определяются их новые значения, соответствующие следующему действительному корню уравнения восьмой степени. При выполнении же указанных равенств решения соответствуют действительности.

Пользуясь равенством (4) и произведя математические преобразования, получим

$$\begin{aligned} S_{kk+1} \sin \psi'_{kk+1} = & \{ [S_{kk} \sin(\varphi'_k - \varphi_{kk}) - S_k \sin(\varphi'_k - \varphi_k)] S_{kk+1} \cos \psi'_{kk+1} - \\ & - [S_{k+1k+1} \sin(\varphi'_{k+1} - \varphi_{k+1k+1}) - S_{k+1} \sin(\varphi'_{k+1} - \varphi_{k+1})] U_{kk} \} / \\ & H(U_{kk} + S_{kk+1} \cos \psi'_{kk+1} + S_{k+2k} \cos \psi'_{k+2k}), \quad (k=1,2,3). \end{aligned} \quad (10)$$

Пользуясь выражениями (3) и (10), определим углы ψ_{kk+1} а из (5) - сдвиги фаз напряжений на зажимах шестиполосника ψ_{kk+1} . Достоверность полученных результатов проверяется выражением

$$\psi_{12} + \psi_{23} + \psi_{31} = 0.$$

Несовпадение этого равенства свидетельствует о несоответствии полученных для ψ_{kk+1} результатов реальным условиям задачи. При этом, как и в случае невыполнения равенств выражений (3), следует заново решить задачу для следующего действительного корня уравнения восьмой степени. При выполнении же этого равенства следует считать задачу решенной.

По описанным выше алгоритмам составлены программы. Задачи решены для схем энергосистем, представленных тремя эквивалентными генераторными станциями, питающими электрическую сеть, с нагрузками и линиями электропередач.

Отметим также, что разработанные методы расчета дают возможность рассчитывать более сложные схемы, которые приводятся к различным способам соединений шестиполосников.

Приложения

Расчет коэффициентов уравнения восьмой степени:

1. К задаче определения реактивных мощностей Q_k ("а"):

$$h_k = h_k'^2 - F_k', \quad b = \sum_{k=1}^3 b_k', \quad b_{hh} = b^2 - \sum_{k=1}^3 h_k, \quad h_{hh} = h_1 h_2 h_3,$$

$$h_{hh} = h_1^2 - 4(h_1 h_2 + h_2 h_3 + h_3 h_1), \quad b_u = 2b - \sum_{k=1}^3 U_{kk}',$$

$$h_{uu} = h_u b_u - 2[h_1(U_{22}' + U_{33}') + h_2(U_{33}' + U_{11}') + h_3(U_{11}' + U_{22}')],$$

$$U_{uu} = h_1 h_2 U_{22}' + h_2 h_3 U_{33}' + h_3 h_1 U_{11}', \quad U_{uu} = U_{11}' U_{22}' U_{33}',$$

$$b_{uu} = b_u^2 + 2b_u - 4(U_{11}' U_{22}' + U_{22}' U_{33}' + U_{33}' U_{11}'),$$

$$h_{uu} = U_{11}' U_{22}' h_3 + U_{22}' U_{33}' h_1 + U_{33}' U_{11}' h_2,$$

$$\alpha_1 = h_{hh}^2 - 64b^2 h_{hh}, \quad \alpha_2 = 4[b_{uh} b_{hh} - 16b(2h_{hh} + bU_{hh})],$$

$$\alpha_3 = 2[b_{uh} + b_{uu} b_{hh} - 32(h_{hh} + 2bU_{hh} + b^2 h_{uu})],$$

$$\alpha_4 = 4[b_u b_{hh} + b_{uu} b_{uh} - 16(U_{uu} + 2bh_{uu} + b^2 U_{uu})],$$

$$\alpha_5 = b_{uu}^2 + 8b_u b_{uh} + 2b_{hh} - 64(2bU_{uu} + h_{uu}),$$

$$\alpha_6 = 4(b_{hh} + b_u b_{uu} - 16U_{uu}),$$

$$\alpha_7 = 2(2b^2 + b_{uu}), \quad \alpha_8 = 4b_u, \quad \alpha_9 = 1.$$

2. К задаче определения напряжений U_k :

$$e = \sum_{k=1}^3 e_k, \quad f = 1 + \sum_{k=1}^3 f_k, \quad l_1 = f^2 - \sum_{k=1}^3 f_k^2, \quad l_2 = 2 \left[ef - \sum_{k=1}^3 e_k f_k \right],$$

$$\begin{aligned}
l_1 &= e^2 - \sum_{k=1}^l e'_k, \quad g_1 = l_1^2 - 4 \sum_{k=1}^l f_k^2 f_{k+1}^2, \\
g_2 &= 2[l_1 l_2 - 4 \sum_{k=1}^l e_k f_k (f_{k+1}^2 + f_{k+2}^2)], \\
g_3 &= l_2^2 + 2l_1 l_2 - 4 \sum_{k=1}^l [f_k^2 (e'_{k+1} + e'_{k+2}) + 4e_k e_{k+1} f_k f_{k+1}], \\
g_4 &= 2[l_2 l_3 - 4 \sum_{k=1}^l e_k f_k (e'_{k+1} + e'_{k+2})], \quad g_5 = l_1^3 - 4 \sum_{k=1}^l e'_k e'_{k+1}, \\
r_1 &= f_1^2 f_2^2 f_3^2, \quad r_2 = 2f_1 f_2 f_3 \sum_{k=1}^l f_k f_{k+1} e'_{k+2}, \\
r_3 &= \sum_{k=1}^l f_k^2 f_{k+1}^2 e'_{k+2} + 4f_1 f_2 f_3 \sum_{k=1}^l e_k e_{k+1} f_{k+2}, \\
r_4 &= 2 \sum_{k=1}^l f_k f_{k+1} e'_{k+2} (e_k f_{k+1} + e_{k+1} f_k) + 8e_1 e_2 e_3 f_1 f_2 f_3, \\
r_5 &= \sum_{k=1}^l [f_k^2 e'_{k+1} e'_{k+2} + 4e_k e_{k+1} f_k f_{k+1} e'_{k+2}], \\
r_6 &= 2 \sum_{k=1}^l e'_k e'_{k+1} e_{k+2} f_{k+2}, \quad r_7 = e'_1 e'_2 e'_3, \\
\alpha_1 &= g_1^2 - 64e^2 r_7, \quad \alpha_2 = 2[g_4 g_5 - 32(e r_6 + 2f r_1)], \\
\alpha_3 &= g_1^2 + 2g_1 g_5 - 64(e^2 r_5 + 2e f r_6 + f^2 r_7), \\
\alpha_4 &= 2[g_2 g_5 + g_3 g_4 - 32(e^2 r_4 + 2e f r_5 + f^2 r_6)], \\
\alpha_5 &= g_1^2 + 2(g_1 g_4 + g_1 g_5) - 64(e^2 r_1 + 2e f r_1 + f^2 r_5), \\
\alpha_6 &= 2[g_1 g_4 + g_2 g_1 - 32(e^2 r_2 + 2e f r_3 + f^2 r_4)], \\
\alpha_7 &= g_1^2 + 2g_1 g_3 - 64(e^2 r_1 + 2e f r_2 + f^2 r_4), \\
\alpha_8 &= 2[g_1 g_2 - 32(2e f r_1 + f^2 r_2)], \quad \alpha_9 = g_1^2 - 64f^2 r_1.
\end{aligned}$$

ЛИТЕРАТУРА

1. Азатян Г. Т. Многополюсник. Ереван: Изд-во АН АрмССР, 1965. - 468 с.
2. Акобджанян Г. Д. Определение величин в фаз эл.с. генераторных станциях ЭСВ. научн. трудов ЕрПИ. - 1968. - Т. 24. - Вып. 1. - С. 201-207.
3. Кирипетян М. А., Акобджанян Г. Д. Теоретические основы электротехники. Ереван: Луис, 1986. - 567 с. (на арм. яз.)

ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА ПЕРЕМЕННЫХ ПАРАМЕТРОВ В МНОГОМЕРНЫХ СИСТЕМАХ

Рассматривается задача последовательной оценки матрицы состояния при наблюдаемом векторе состояния. Матрица состояния системы представляется в виде суммы матриц с постоянными и переменными параметрами. Оценка определяется последовательно в два этапа. Во время первого этапа определяется оценка матрицы с постоянными параметрами при заданной оценке матрицы с переменными параметрами. Во время второго этапа определяется новая оценка матрицы с переменными параметрами при заданной оценке матрицы с постоянными параметрами, найденной после первого этапа. Для обоих этапов предлагаются специфические алгоритмы, в которых определяются оценки матриц с постоянными и переменными параметрами. Полученные результаты применяются в конкретном примере.

Рассматривается задача последовательной оценки матрицы состояния при наблюдаемом векторе состояния. Матрица состояния системы представляется в виде суммы матриц с постоянными и переменными параметрами. Оценка определяется последовательно в два этапа. Во время первого этапа определяется оценка матрицы с постоянными параметрами при заданной оценке матрицы с переменными параметрами. Во время второго этапа определяется новая оценка матрицы с переменными параметрами при заданной оценке матрицы с постоянными параметрами, найденной после первого этапа. Для обоих этапов предлагаются специфические алгоритмы, в которых определяются оценки матриц с постоянными и переменными параметрами. Полученные результаты применяются в конкретном примере.

Библиогр.: 6 назв.

A problem on matrix state sequential evaluation with observable state vector is considered. A matrix state of a system is represented as a matrix sum with constant and variable parameters. The evaluation is determined sequentially in two stages. During the first stage the matrix estimation with constant parameters is designed at a given matrix estimation with variable parameters. During the second stage a new matrix estimation with variable parameters at a given matrix estimation with constant parameters found after the first stage is defined. For both stages specific algorithms are proposed with constant and variable parameters. The results obtained are applied to a concrete example.

Reg. 6.

Постановка задачи. Рассмотрим непрерывную линейную систему, описываемую уравнением

$$\dot{x} = Ax + Du, \quad x(t_0) = x_0, \quad (1)$$

где x — n -мерный вектор состояния, u — m -мерный вектор управления. Предполагается, что $n \times n$ -мерная матрица A системы может быть представлена в виде суммы матриц A_0 с постоянными и A_1 с переменными во времени параметрами: $A = A_0 + A_1$. Предполагается также, что $n \times m$ -мерная матрица D известна и вектор состояния x измерен во время интервала наблюдения $[t_0, T]$.

Задача оценки, связанная с уравнением (1), заключается в том, чтобы оценить суммарную матрицу A при заданном векторе x и в отсутствие статистической информации о шуме измерения и шумов системы. Подобные задачи встречались в [1,2]. Однако в этих работах принятые значения переменных параметров системы в процессе функционирования полностью соответствуют их действительным значениям. В работах [3,4] рассматривается корректность динамических характеристик системы к изменениям ее параметров. В настоящей статье в процессе работы оценки параметров системы, как уже отмечено, не остаются постоянными и принятые вначале значения не соответствуют режиму работы системы.

В связи с этим оценка производится последовательно в два этапа. Во время первого этапа производится оценка A_0 с постоянными параметрами при заданной оценке A_1 . Во время второго этапа производится оценка A_1 при заданной оценке A_0 , найденной после первого этапа.

Сначала рассмотрим второй этап оценки. Пусть

$$y_1 = x - x_1, \quad (2)$$

$$\dot{x}_1 = A_0 x_1 + Du, \quad x_1(t_0) = x_0 \quad (3)$$

Из уравнения (1) - (3) следует, что

$$\dot{y}_1 = A_0 y_1 + A_1 x = A_0 y_1 + K(x)V, \quad y_1(t_0) = 0. \quad (4)$$

В уравнении (4) V - вектор, компоненты которого являются переменными параметрами A_1 . Уравнение $A_1 x = K(x)V$ определяет матрицу K , элементы которой являются линейной функцией вектора x . Пусть

$$l = x - x_1, \quad h = [l(t) - l(t - \Delta)] / \Delta. \quad (5)$$

В уравнении (5) x_1 определяется уравнением (3), x предполагается известным и h является аппроксимацией $\dot{l}$ с точностью аппроксимации, зависящей от фиксированного приращения времени Δ .

Рассмотрим следующий квадратичный показатель оценки (КПО):

$$J = \frac{1}{2} \int_{t_0}^T \left[\|y_1 - l\|_{B_1}^2 + \|\dot{y}_1 - h\|_{B_2}^2 \right] dt, \quad (6)$$

где B_1 и B_2 - положительно определенные весовые матрицы.

Из уравнений (2) - (6) следует, что $\lim_{\Delta \rightarrow 0} J = 0$, если вектор V с переменными параметрами точно известен. Таким образом, уравнения (4) и (6) могут быть использованы для того, чтобы сформулировать задачу оптимальной оценки. В этой задаче очевидно, что вектор V с переменными параметрами является вектором управления для системы, описываемой уравнением (4). Оптимальное управление осуществляется минимизацией КПО (6), где l и h - известные функции.

Алгоритм оценки матрицы A_1 . Минимизация КПО (6) с учетом уравнения динамики (4) является известной задачей в теории оптимального управления [3,5]. Гамильтониан для этой задачи имеет вид

$$H = p' [A_0 y_1 + K(x)V] - (1/2) \{ (y_1 - l)' B_1 (y_1 - l) - \\ - (A_0 y_1 + K(x)V - h)' B_2 (A_0 y_1 + K(x)V - h) \},$$

где штрих означает транспонирование.

Сопряженное уравнение и условие для градиента имеют вид

$$\begin{aligned} \dot{p} &= -H_x = -A_0' p - B_1'(y_1 - l) + A_0' B_2(A_0 y_1 + K(x)V - h), \quad p(T) = 0, \\ H_x &= K'(x)[p - B_2(A_0 y_1 + K(x)V - h)]. \end{aligned} \quad (7)$$

Решая последнее уравнение относительно вектора управления, получим

$$V = [K'(x)B_2, K(x)]^{-1} K'(x)[p - B_2(A_0 y_1 - h)]. \quad (8)$$

Существование V для сформулированной задачи может быть рассмотрено как условие управляемости в функциональном пространстве Ω элементов (l, h) , где h либо равно l , либо является аппроксимацией l .

Известно, что система (4) управляема в пространстве Ω , если существует вектор управления V такой, что элемент $(y_1 - l, y_1 - h)$ имеет минимальное значение [5]. Для того, чтобы удовлетворить это условие, необходимо обеспечить существование обратной матрицы в выражении (8). Уравнения (4), (7) и (8) образуют граничную задачу. После линеаризации уравнений легко можно найти решение этой задачи, используя известные методы [5]. Пусть $W(x) = [K(x)B_2, K(x)]^{-1} K'(x)$. Подставляя выражение (8) в уравнения (4) и (7), получим

$$\begin{bmatrix} \dot{y}_1 \\ \dot{p} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \lambda_1 & -\lambda_1' \\ \lambda_2 & -\lambda_2' \end{bmatrix} \begin{bmatrix} y_1 \\ p \end{bmatrix} + g, \quad (9)$$

где

$$\lambda_1 = (I - WB_2)A_0, \quad \lambda_2 = A_0' B_2 \lambda_1 - B_1, \quad g = \begin{bmatrix} WB_2 h \\ B_1 l - A_0' B_2 (I - WB_2) h \end{bmatrix}$$

Общее решение уравнения (9) имеет вид

$$\begin{bmatrix} y_{11} \\ p_{11} \end{bmatrix} = \varphi(T, t_0) \begin{bmatrix} y_{10} \\ p_{10} \end{bmatrix} + r, \quad r = \begin{bmatrix} r_1 \\ r_2 \end{bmatrix} = \int_{t_0}^T \varphi(T, \tau) g(\tau) d\tau, \quad (10)$$

где $\varphi(t, \tau)$ - фундаментальная матрица состояния для (9). Из уравнения (10) очевидно, что r может быть найдено путем решения уравнения (9) при начальных значениях $y_{10} = p_{10} = 0$. Фундаментальная матрица определяется из решения (9) при $\varphi(t_0, t_0) = I$ и $g = 0$. Подставляя граничные условия в (10) и представляя $\varphi(T, t_0)$ в виде

$$\varphi(T, t_0) = \begin{bmatrix} \varphi_{11} & \varphi_{12} \\ \varphi_{21} & \varphi_{22} \end{bmatrix}, \quad \text{получим } p_0 = -\varphi_{22}^{-1} r_2. \quad \text{Это начальное состояние}$$

вместе с уравнениями (4), (7) и (8) определяет оценку вектора V в интервале $[t_0, T]$. Минимизация КПО (6) с учетом уравнения динамики (4) применима для оценки состояния. Однако существует различие в задачах. При формулировании задачи оценки (4), (6) заменяются уравнениями

$$\dot{\tilde{x}} = A\tilde{x} + D\tilde{u}, \quad x(t_0) = x_0, \quad (11)$$

$$\tilde{J} = \frac{1}{2} \int_0^T \left(\|\tilde{y} - \tilde{x}\|_R^2 + \|\dot{\tilde{x}} - A\tilde{x}\|_R^2 \right) dt \quad (12)$$

Минимизация КПО (12) с учетом (11) является задачей фильтрации. Она может быть рассмотрена как задача нахождения аппроксимации $\tilde{x}$ к y так, чтобы ошибка $(\tilde{y} - \tilde{x})$ имела бы минимальное значение. Решение двухточечной граничной задачи получается при помощи инвариантного положения или при решении уравнения Риккати [3]. Из сравнения (6) и (12) очевидно, что существует различие между задачами оценки $\tilde{x}$ состояния x и оценки y . Это различие проявляется аналитически и в условии управляемости (существование $W(x)$ в (8), которое не возникает при решении задачи оценки состояния).

Двухэтапная оценка матриц A_0 и A_1 . Выше представлен алгоритм для второго этапа оценки, во время которого производится оценка A_1 с использованием A_0 . Уравнение (3) определяет динамику, связанную с первым этапом оценки. Если после измерения получим вектор x_1 , то (3) может быть дискретизировано. В результате может быть произведена оценка A_1 при помощи известной оценки минимальной среднеквадратичной ошибки. Однако нельзя получить непосредственно x_1 . Кроме того, в двухэтапной оценке следует принять во внимание взаимодействие между этапами. Можно дополнить уравнение (4) состояниями и управляющими воздействиями (УВ), чтобы уменьшить ошибки квантования. Очевидно, что использование дополнительных состояний (ДС) и УВ приводит к быстрой сходимости оценок. ДС и УВ определяются последовательным интегрированием уравнения (3).

$$z_i = A_0 z_i + Du_i, \quad z_i(t_0) = \begin{cases} x(t_0), & \text{если } i=1, \\ 0, & \text{если } i>1, \end{cases} \quad (13)$$

$$\text{где } z_i = \int_0^1 z_{i-1} d\tau, \quad z_1 = x_1, \quad u_i = \int_0^1 u_{i-1} d\tau, \quad u_1 = u.$$

Для составной оценки матрицы A последовательное интегрирование уменьшает влияние переменных компонент матрицы A_1 на ДС. Уравнение (13) является дискретной и преобразуется в множество линейных алгебраических уравнений. Оптимальная оценка для матрицы A_0 получается в случае минимальной среднеквадратичной ошибки решения.

В случае составной оценки указанная выше операция должна быть немного изменена, так как вектор x_1 не может быть непосредственно получен. Вектор x_1 должен быть оценен при помощи полученных данных. Из уравнений (2) и (4) видно, что

$$x_1 = x - \tilde{y}_1, \quad (14)$$

где

$$\dot{\tilde{y}}_1 = A_0 \tilde{y}_1 + K(x)V, \quad \tilde{y}_1(t_0) = 0.$$

В (15) $\hat{A}_n$ и $\hat{V}$ являются оценками A_n и V . Первый этап оценки состоит из решения с минимальной среднеквадратичной ошибкой уравнения (13), используя (14), (15) для определения x_1 . Новая оценка $\hat{A}_n$ используется вместо старой при условии, что она приводит к лучшему предсказанию состояния системы. Для принятия такого решения используется следующий КПО: $J_1 = \frac{1}{2} \int_{t_0}^T \|x - x_1 - \tilde{y}_1\|_{B_1}^2 dt$, $B_1 \geq 0$. Скорость

изменения J_1 между интервалами оценки служит для определения длины смещения ($j\Delta$) интервала наблюдения.

Приложение полученных результатов. Прежде чем перейти к рассмотрению примера, отметим, что используются следующие вычислительные операции. Двухточечная граничная задача решается с использованием метода Рунге-Кутты четвертого порядка с шагом интегрирования 40^{-1} [6]. Переменные оценки $\hat{V}(t)$ получаются в ЭВМ при помощи запоминания величин в точках сетки и использования кусочно-постоянной аппроксимации

$$\hat{V}(t) = \hat{V}(t_0 + j\Delta), \quad j\Delta \leq t \leq (j+1)\Delta, \quad j=0,1,\dots$$

Рассмотрим систему второго порядка

$$\begin{cases} \dot{x}_1 = -(1 + b_1 \sin \omega_1 t)x_2 + u_1, & x_1(0) = 0, \\ \dot{x}_2 = -(2 + b_2 \sin \omega_2 t)x_1 - x_2 + u_2, & x_2(0) = 0, \end{cases}$$

где u_1 представлен в виде ступеньки величиной, равной 2, и

$$u_2 = \begin{cases} 1 & \text{при } 0 \leq t \leq 3 \\ 1 & \text{при } t \geq 3 \end{cases}$$

$$i=4, \quad n=80, \quad b_1=4^{-1}, \quad b_2=6^{-1}, \quad \omega_1=3, \quad \omega_2=2.$$

Длина всего периода управления выбирается равной 10 с. Длина интервала оценки, как видно, равна $n\Delta=2$ с. Максимальные значения ошибок оценки параметров $a_1(t)=b_1 \sin \omega_1 t$, $a_2(t)=b_2 \sin \omega_2 t$ равны: 0,006 при a_1 и 0,01 при a_2 соответственно. Расчеты показывают, что предложенный алгоритм и метод двухэтапной оценки могут дать точные оценки параметров многомерных систем.

ЛИТЕРАТУРА

1. Пагурек Б. Чувствительность оптимальных систем регулирования к изменениям параметров объекта // Чувствительность автоматических систем: Ки.- М.: Наука, 1988, - С. 209-216.
2. Тихонов А.Н., Арсенин В.Я. Методы решения некорректных задач. - М.: Наука, 1979, - 285 с.
3. Брутян В.К. Основные аспекты теории марковских управляемых систем и ее приложение. - Ереван: Айастан, 1984, - 296 с.

4. Брутян В.К. Об одной задаче корректировки критерия оптимальности в марковских автоматических системах // Уч. зап. Ер. гос. ун-та. Сер. естеств. наук. - 1986. - Т. 131, № 1. - С. 3-12.

5. Мороз А.И. Курс теории систем. - М.: Высш. школа, 1987. - 304 с.

6. Светозарова Г.И., Сигитов Е.В., Козловский А.В. Практикум по программированию на алгоритмических языках. - М.: Наука, 1980. - 320 с.

ЕРИНХ

30.III. 1993

Изв. НАН и ГИУ Армении (сер. ТН), т. XLVIII, №1, 1995, с. 27-32.

УДК 62-83-52(075.8)

СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ

С.Е. ЧИМИШКЯН

МОДЕЛЬ ДИНАМИКИ ВЕНТИЛЬНОГО ДВИГАТЕЛЯ. ПИТАЕМОГО ОТ ШИМ-РЕГУЛЯТОРА НАПРЯЖЕНИЯ

Ստացված է լարման ՀԱՄ - կարգավորիչով սնվող վենտիլային շարժիչի դինամիկայի գծայնացված մոդելը: Այն նախատեսված է էլեկտրաշարժարժի արագարժիք կարգավորող էլեկտրոնիկայի նախագծման համար:

Получена линеаризованная модель динамики вентильного двигателя, питаемого ШИМ - регулятором напряжения. Модель предназначена для расчета контура регулирования оборотов электродвигателя.

Ил. 3. Библиогр.: 3 назв.

A linearized valve engine dynamic model by voltage regulator-BPM is obtained. The model is designed for calculating electric drive turn regulating circuit.

Ил. 3. Рег. 3.

В современных электроприводах с большим диапазоном регулирования оборотов (1:100 ... 1:100000) широко применяются вентильные (бесколлекторные) двигатели с ротором на постоянных магнитах. Эти двигатели обладают преимуществами коллекторных двигателей постоянного тока и в то же время лишены их недостатков, обусловленных наличием механического коллектора. Функции которого у вентильных двигателей выполняет полупроводниковый коммутатор [1]. Регулирование оборотов осуществляется, как правило, за счет изменения питающего коллектор напряжения в звене постоянного тока.

На рис. 1 изображена общая функциональная схема контура регулирования оборотов вентильного двигателя (ВД). Задающее воздействие U_d подается на корректирующее устройство (КУ), сюда же поступают сигналы обратных связей: U_d от датчика напряжения в звене постоянного тока (ДН), I_d от датчика тока в звене постоянного тока (ДТ), Ω_d от датчика оборотов (ДО). На основании этих сигналов КУ управляет скважностью импульсов в ШИМ-регуляторе напряжения (ШИМ) и, следовательно, напряжением в звене постоянного тока U .

Последнее подается на ВД. Вращение вала ВД передается на исполнительный механизм (ИМ) например, шпиндель станка.

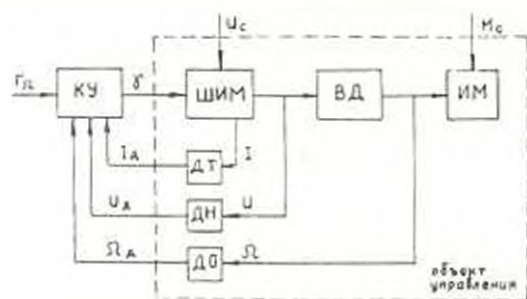


Рис. 1. Функциональная схема контура регулирования скорости

Традиционная цель построения замкнутого контура регулирования оборотов заключается в следующем: обеспечить достаточно малое влияние изменения момента сопротивления M_c и напряжения питающей сети U_c на обороты и сформировать желаемый переходный процесс в определенном интервале скорости нарастания уставки оборотов γ_d при изменении момента инерции звена "ВД + ИМ" в определенных пределах. Перечисленные требования в каждом конкретном случае имеют четкие количественные характеристики [2].

Для построения контура регулирования (рис. 1) необходимо прежде всего описать динамику той его части, которую можно считать объектом регулирования благодаря сравнительной неизменности. Традиционно применяемое рассмотрение звена "ВД + ИМ" и ШИМ-регулятора не позволяет рассмотреть различные колебательные эффекты в замкнутом контуре, благоприятная почва для которых создается нелинейной амплитудной характеристикой ШИ-модулятора, колебательным характером звена "ВД + ИМ" и фильтра ШИМ и наличием в контуре регулирования пульсаций с широким спектром, генерируемых при работе коммутатора ВД и ШИ-модулятора.

С учетом изложенного сформулируем цель статьи следующим образом: для фрагмента рис. 1, изображенного в виде отдельного блока-объекта, необходимо построить линеаризованную модель в приращениях, т.е. определить (3×3) передаточную матрицу (ПМ) объекта $G(s)$:

$$\Delta y_d(s) = G(s) \Delta x(s), \quad (1)$$

что позволит произвести в дальнейшем синтез многоконтурной системы регулирования оборотов современными методами. Здесь

$$\Delta y_d(s) = [\Delta \Omega_d(s) \quad \Delta U_d(s) \quad \Delta I_d(s)]^T, \quad (2)$$

$$\Delta x(s) = [\Delta \gamma(s) \quad \Delta U_c(s) \quad \Delta M_c(s)]^T,$$

а γ - относительная длительность замыкания ключа ШИ-модулятора.

Упрощенная схема ШИМ-регулятора напряжения, нагруженного ВД, изображена на рис.2, где U_c - постоянное (выпрямленное) напряжение сети, $u(t)$ - импульсное напряжение на выходе ШИ-модулятора (ключа):

$$u(t) = U_c \sum_{i=0}^{\infty} [I(t - iT) - I(t - iT - \gamma(1)T)]; \quad (3)$$

L и C - индуктивность дросселя и емкости конденсатора, входящих в ШИМ-регулятор; f - частота модуляции ($f = T^{-1}$); γT - часть периода T , в течение которого ключ замкнут.

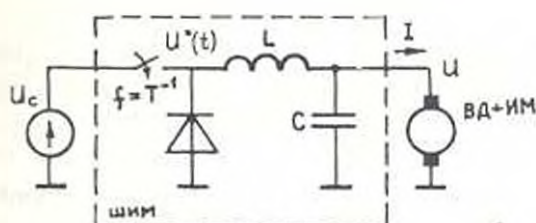


Рис. 2. Упрощенная электрическая схема ШИМ-регулятора с двигателем

Уравнения динамики ВД с ИМ в виде жесткого механического звена записаны по аналогии с коллекторным двигателем [2]:

$$\begin{cases} I(s)[R_a + L_a s] = U(s) - k_1 \Omega(s), \\ k_2 I(s) - M_{\text{л}}(s) = Js \Omega(s), \end{cases} \quad (4)$$

где R_a и L_a - сопротивление и индуктивность рассеяния якоря двигателя; k_1 и k_2 - параметры двигателя [2], причем $k_2 = k_1 \eta$; η - КПД; J - момент инерции ИМ и ВД, приведенный к валу ВД.

На основании рис. 3 и системы уравнений (4) можно записать модель звена "LC - цепочка - ВД - ИМ" в виде

$$y(s) = W(s) \begin{bmatrix} U(s) \\ M_{\text{л}}(s) \end{bmatrix}, \quad y(s) = [\Omega(s) U(s) I(s)]^T, \quad (5)$$

где

$$w_{11}(s) = 1/k_1 \rho(s),$$

$$w_{12}(s) = -(L_a LCs^2 + R_a LCs^2 + (L + L_a)s + R_a) / k_1 k_2 \rho(s),$$

$$w_{21}(s) = (T_M T_a s^2 + T_M s + 1) / \rho(s), \quad w_{22}(s) = -Ls / k_2 \rho(s),$$

$$w_{11}(s) = T_M s / R_a \rho(s), \quad w_{12}(s) = (LCs^2 + 1) / k_1 \rho(s), \quad (6)$$

$$\rho(s) = T_M T_a LCs^4 + T_M LCs^3 + (LT_M R_a^{-1} + LC + T_M T_a)s^2 + T_M s + 1.$$

$$T_M = \frac{R_a J}{k_1 k_2}, \quad T_a = \frac{L_a}{R_a}.$$

Здесь T_M и T_a - электромеханическая и электрическая постоянные ВД + ИМ; $\rho(s)$ - характеристический полином звена "LC - цепочка + ВД + ИМ".

Пульсации напряжения, тока и оборотов ВД, возникающие из-за работы ШИМ-регулятора, обычно невелики благодаря низкочастотным свойствам "LC - цепочка + ВД + ИМ". Однако в большинстве случаев желательно дальнейшее уменьшение пульсаций за счет фильтрующих свойств датчиков обратных связей с передаточными функциями (ПФ) $W_{дi}(s)$, $i=1,3$. С учетом этого можно перейти в (5) к новому вектору выходов $y_d(s)$:

$$y_d(s) = W_d(s)y(s).$$

$$W_d(s) = \text{diag}\{w_{дi}(s)\}, \quad y_d(s) = [\Omega_d(s)U_d(s)I_d(s)]^T. \quad (7)$$

Теперь перейдем к описанию в приращениях (1). Применим следующий метод линеаризации: фиксируем для из трех внешних воздействий, и в момент времени t_0 возмущаем третье из них на малую величину Δx_1 . Тогда элементы ПМ $G(s)$ определяются следующим образом:

$$g_{ij}(s) = \lim_{\Delta x_1 \rightarrow 0} \frac{\Delta y_{di}(s)}{\Delta x_1(s)}. \quad (8)$$

Таким образом, можно сформулировать основной результат: ПМ линеаризованного объекта (1) имеет вид

$$G(s) = W_d(s)W(s) \begin{bmatrix} 1 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} W_{\text{шим}}(s), \quad (9)$$

где $W_d(s)$ - ПМ датчиков (7); $W(s)$ - ПМ звена "LC - цепочка + ВД + ИМ" (5), (6); $W_{\text{шим}}(s)$ - ПМ, обусловленная ключом ШИМ-регулятора, причем

$$\begin{aligned} W_{\text{шим}}(s) &= \text{diag}\{W_{\text{шим}i}(s)\}, \\ W_{\text{шим}1}(s) &= U_1 e^{-\tau_1 s} e^{-\gamma T_1} T_1 / (1 - e^{-T_1 s}), \\ W_{\text{шим}2}(s) &= e^{-\tau_2 s} (1 - e^{-\gamma T_2}) / (1 - e^{-T_2 s}), \\ W_{\text{шим}3}(s) &= 1, \end{aligned} \quad (10)$$

и τ_1 и τ_2 - случайным образом изменяющиеся запаздывания из интервала $0 < \tau_i < T$ (конкретное значение τ_1 зависит от соотношения t_0 и T : $\tau_1 = [t_0 T^{-1} + 1]T - t_0$).

Соотношения (1)-(10) служат основой для рационального выбора таких параметров контура регулирования скорости, как L , C , частота f . ПФ датчиков $W_{дi}(s)$, $i=1,3$, и также служат для построения КУ. Однако эти вопросы выходят за рамки настоящей статьи.

Заметим, что аналитические соотношения (1) - (10) описывают вентиляльный двигатель с ШИМ-регулятором лишь в первом приближении, поскольку ряд естественных допущений (пренебрежение реакцией якоря и зависимостью потерь в магнитопроводе от оборотов двигателя и др.) вносит определенные погрешности. Более точную модель можно построить экспериментально, например, по методике [3].

Пример. Рассмотрим двигатель 2ДВУ215, разработанный в НИИЭлектромаш для модернизации привода главного движения

токарно-винторезного станка 16ИО5АФ10, выпускаемого Ванадзорским станкостроительным ПО.

Основные данные двигателя:

$$n = 300 \text{ об/мин}, \quad U_{\text{max}} = 450 \text{ В}, \quad M_{\text{max}} = 37 \text{ Н.м}, \quad I = 36 \text{ А},$$

$$R_{\text{я}} = 0,144 \text{ Ом}, \quad K_1 = 1,4, \quad K_2 = 1,03 \quad (\eta = 0,72),$$

$$L_{\text{я}} = 0,008 \text{ Г}, \quad T_{\text{м}} = 2 T_{\text{я}},$$

$$2 \cdot p = 6 \text{ (шестиполюсный ротор)}.$$

Подобранные эмпирически параметры ШИМ-регулятора:

$$L = 10^{-3} \text{ Г}, \quad C = 10^{-4} \text{ Ф}, \quad f = 3 \text{ кГц}, \quad U_{\text{с}} = 500 \text{ В}.$$

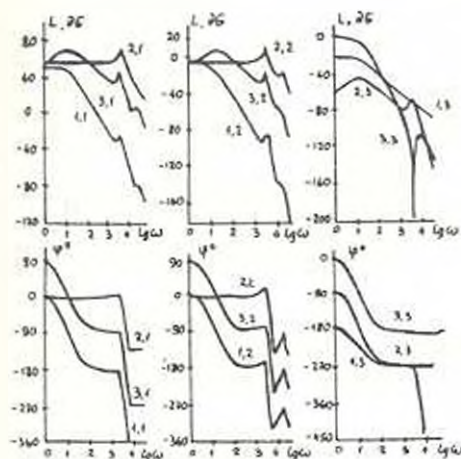


Рис. 3. Логарифмические частотные характеристики элементов ПМ $G(s)$

На рис. 3 изображены логарифмические частотные характеристики элементов ПМ $G(s)$ без учета датчиков (7) при $\gamma = 0,5$ и при наихудших значениях запаздывания $\tau_c = T(10)$. Здесь низкочастотная динамика ($\omega < 100$) обусловлена двигателем с нагрузкой, а резонансный пик при $\omega = 3 \cdot 10^3$ соответствует LC-цепочке.

Анализ рис. 3 показывает, что пульсации Ω , U и I с частотой ШИМ хорошо подавляются и не представляют опасности, так как их частота f лежит выше частоты резонансного пика. Первая гармоника пульсаций, обусловленных коммутатором (частота 3Ω), также не опасна, так как при любых Ω она лежит ниже резонансного пика и может быть эффективно подавлена НЧ-фильтрами и датчиками обратных связей. Некоторую опасность могут представлять лишь высшие гармоники этих пульсаций, так как при определенных оборотах Ω их частота совпадает с частотой резонансного пика, что может вызвать колебательные эффекты. Это необходимо учитывать в дальнейшем при синтезе контура регулирования.

ЛИТЕРАТУРА

1. Овчинников И.Е. Теория вентиляльных электрических двигателей. - Л.: Наука, 1985. - 164 с.
2. Чиликия М.Г. Теория автоматизированного электропривода. - М.: Энергия, 1979. - 616 с.
3. Чимшикян С.Е., Мероян Е.А. Экспериментальная "линеаризация в области" многомерного нелинейного объекта // Вопросы повышения эффективности систем управления технологическими процессами : Сб. статей / АРМТЕГ - Ереван, 1991. - С. 80-81.

НИИЭлектромаш

28.11.1992

Изв. НАН и ГИУ Армении (сер. ТН). т. XLVIII, №1, 1995, с. 32-36.

УДК 681.325.6

ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА

С.О. МКРТЧЯН, Т.П. АЛТУНЯН

МЕТОД МОДЕЛИРОВАНИЯ АНАЛОГО-ЦИФРОВОГО ПРЕОБРАЗОВАНИЯ НА ЭВМ

Դիֆուզիոնային էլեկտրոնային սխեմաների մոդելավորման համար, որն արագացված է և արհեստական ինտելեկտի ծավալի տեսակետից ամեն արդյունավետ է, բոլոր հիմնական մեթոդները:

Описывается метод моделирования на ЭВМ аналого-цифрового преобразования, который более эффективен, чем известные методы, с точки зрения быстроденствия и требуемого объема памяти ЭВМ.

Ил. 1. Библиогр. 3 назв.

A method for analog-digital conversion simulation on an electronic computer is described, which is more effective than the well-known methods as to computer speed and its required storage size.

Ил. 1. Ref. 3.

При моделировании электронных схем, содержащих аналого-цифровые преобразователи (АЦП), с помощью ЭВМ возникает задача локального моделирования на ЭВМ самого процесса аналого-цифрового преобразования (А/Ц-преобразования). Математическую модель А/Ц-преобразования можно вывести на основе известных электронных схем параллельных АЦП [1-3]. Недостатком известных методов является применение громоздких программ описания схем АЦП и пакетов-анализаторов, что чрезмерно нагружает ОЗУ ЭВМ и не позволяет работать в реальном масштабе времени.

Цель настоящей работы - разработка более эффективного метода моделирования А/Ц-преобразования на ЭВМ.

Пусть на аналоговый вход АЦП подан аналоговый уровень A , вследствие чего на его n -разрядном выходе формируется цифровой двоичный код $\langle a_0, a_1, a_2, \dots, a_{n-1} \rangle$, где $\forall i, a_i \in \{0, 1\}$, $i = 0, n-1$.

a_i - состояние i -го выходного разряда АЦП. Формально-математическое описание функционирования любого АЦП задается очевидным соотношением

$$A = \sum_{i=0}^{n-1} a_i 2^i, \quad A \in N, \quad (1)$$

которое, по существу, является обычным разложением целого десятичного числа A в цифровой двоичный код $\langle a_n, a_1, \dots, a_{n-1} \rangle$. Причем каждому целому десятичному числу A по (1) однозначно соответствует один и только один цифровой двоичный набор $\langle a_n, a_1, \dots, a_{n-1} \rangle$. Однако соотношение (1) не является математической моделью А/Ц-преобразования, так как не позволяет определить выходной цифровой двоичный код $\langle a_n, a_1, \dots, a_{n-1} \rangle$ АЦП по заданной аналоговой величине A . Для того, чтобы однозначно определить набор $\langle a_n, a_1, \dots, a_{n-1} \rangle$ по заданной A , удовлетворяющей условию (1), необходимо определить множество $\{a_i, i = \overline{0, n-1}\}$ из (1) путем следующих преобразований. Запишем (1) в следующем виде:

$$A = \sum_{i=0}^{n-2} a_i 2^i + a_{n-1} 2^{n-1}, \quad (2)$$

которое имеет место при $n \geq 1$, и разделим обе части (2) на 2^{n-1} , т.е.

$$\frac{A}{2^{n-1}} = \sum_{i=0}^{n-2} a_i 2^{i-n+1} + a_{n-1}. \quad (3)$$

Для первого члена правой части выражения (3) справедлива следующая оценка:

$$\sum_{i=0}^{n-2} a_i 2^{i-n+1} \leq \sum_{i=0}^{n-2} 2^{i-n+1} = 1 - 2^{1-n} < 1. \quad (4)$$

Запишем соотношение (3) в целых частях, применяя при этом функцию $\text{int}(\cdot)$ выделения целой части своего аргумента в виде

$$\text{int}\left(\frac{A}{2^{n-1}}\right) = \text{int}\left(\sum_{i=0}^{n-2} a_i 2^{i-n+1} + a_{n-1}\right). \quad (5)$$

Из оценки (4) следует тождество

$$\text{int}\left(\sum_{i=0}^{n-2} a_i 2^{i-n+1} + a_{n-1}\right) \equiv \text{int}(a_{n-1}) \equiv a_{n-1}. \quad (6)$$

С учетом (6) из (5) получаем

$$a_{n-1} = \text{int}\left(\frac{A}{2^{n-1}}\right). \quad (7)$$

Через некоторое число аналогичных преобразований достигнем величины a_0 . Тогда на основе (7) можно записать обобщенное соотношение для определения $\{a_i, i = \overline{0, n-1}\}$ в виде

$$a_j = \text{int}\left(\frac{A}{2^j} - \sum_{i=j+1}^{n-1} a_i 2^{i-j}\right), \quad j = \overline{n-1, 0}. \quad (8)$$

Запись $j = \overline{n-1, 0}$ означает, что j от начального значения $j = n-1$ уменьшается с шагом 1, пока не достигает конечного значения $j = 0$. Выражение (8) позволяет определить все a_j при изменении j от $n-1$ до 0 с шагом уменьшения 1 для заранее заданного значения A .

Для того, чтобы пользоваться выражением (8), необходимо заранее иметь значение n . Следовательно, значение n для выражения (8) следует определить, исходя из значения A , до того как будет применена формула (8). Поскольку $A \leq 2^n - 1$, то

$$n \geq \frac{\ln(A+1)}{\ln(2)} \quad (9)$$

Так как $n \in \mathbb{N}$, то минимальное значение n , удовлетворяющее условию (9), можно определить в виде

$$n = \begin{cases} \frac{\ln(A+1)}{\ln(2)}, & \text{if } \frac{\ln(A+1)}{\ln(2)} \in \mathbb{N}, \\ 1 + \text{int}\left(\frac{\ln(A+1)}{\ln(2)}\right), & \text{if } \frac{\ln(A+1)}{\ln(2)} \notin \mathbb{N}. \end{cases} \quad (10)$$

Благодаря определению n по (10) значение n всегда равно ближайшему верхнему целому числу значения $\ln(A+1)/\ln(2)$. Однако легко заметить, что соотношение (10) непригодно для программирования на ЭВМ.

Таким образом, возникает задача преобразования соотношения (10) в форму, пригодную для программирования на ЭВМ. Для этого введем переменную ξ в следующем виде:

$$\xi = \frac{\ln(A+1)}{\ln(2)} - \text{int}\left(\frac{\ln(A+1)}{\ln(2)}\right) \quad (11)$$

и рассмотрим свойства этого выражения. Если $\ln(A+1)/\ln(2) \in \mathbb{N}$, то $\text{int}\{\ln(A+1)/\ln(2)\} = \ln(A+1)/\ln(2)$, следовательно, $\xi = 0$. Если же $\ln(A+1)/\ln(2) \notin \mathbb{N}$, то всегда $\text{int}\{\ln(A+1)/\ln(2)\} < \ln(A+1)/\ln(2)$, и, следовательно, $\xi > 0$. Получается, что

$$\frac{\ln(A+1)}{\ln(2)} \in \mathbb{N} \Rightarrow \xi = 0, \quad \frac{\ln(A+1)}{\ln(2)} \notin \mathbb{N} \Rightarrow \xi > 0. \quad (12)$$

Тогда соотношение (10) можно записать в виде

$$n = \text{int}\left(\frac{\ln(A+1)}{\ln(2)}\right) + \text{sgn}(\xi), \quad (13)$$

где функция $\text{sgn}(\cdot)$ есть обычная знакопеременная функция вида

$$\text{sgn}(x) = \begin{cases} 1, & \text{if } x > 0, \\ 0, & \text{if } x = 0, \\ -1, & \text{if } x < 0. \end{cases} \quad (14)$$

Подстановка (11) в (13) дает

$$n = \text{int} \left(\frac{\ln(A+1)}{\ln(2)} \right) + \text{sgn} \left\{ \frac{\ln(A+1)}{\ln(2)} - \text{int} \frac{\ln(A+1)}{\ln(2)} \right\} \quad (15)$$

Это и есть искомая преобразованная форма соотношения (10). Она позволяет определить значение n для любого заранее заданного A . Кроме того, выражение (15) очень удобно для программирования на ЭВМ, так как функции $\text{int}(\cdot)$, $\text{sgn}(\cdot)$ и $\ln(\cdot)$ имеются в составе библиотечных функций любого алгоритмического языка высокого уровня.

На основе выражений (8) и (15) составим схему алгоритма для эффективного определения всех членов множества $\{a_i, i = \overline{0, n-1}\}$ по заданному значению A ($A \in N$). Предварительно введем следующие обозначения:

$$S_i = \sum_{j=i+1}^{n-1} a_j 2^{j-i}. \quad (16)$$

$$p = \frac{\ln(A+1)}{\ln(2)}. \quad (17)$$

Из (16) следует, что $S_{n-1} = 0$ и справедливо рекуррентное соотношение

$$S_i = 2(S_{i+1} + a_{i+1}). \quad (18)$$

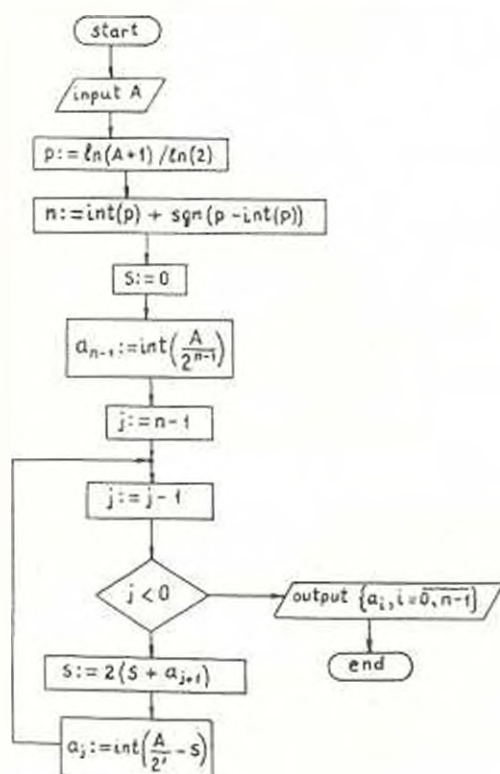


Рис. Схема алгоритма программы А/Ц-преобразования на ЭВМ

С учетом обозначений (16) и (17) выражения (8) и (15) запишутся в виде

$$a_j = \text{int} \left(\frac{A}{2^j} - S_j \right), \quad j = \overline{n-1, 0}, \quad (19)$$

$$n = \text{int}(P) + \text{sgn}(P - \text{int}(P)). \quad (20)$$

Схема алгоритма, реализующая вычисление коэффициентов $\{a_j, j = \overline{0, n-1}\}$ ряда (1) по заданной A , представлена на рисунке. За ее основу положены выражения (17)-(20), и предлагаемый алгоритм определения $\{a_j, j = \overline{0, n-1}\}$ по заданной A имеет всего лишь n циклов обращений к подциклическим соотношениям. Этим и обусловлена высокая скорость работы алгоритма.

ЛИТЕРАТУРА

1. Федорков Б.Г., Телец В.А. Микросхемы ЦАП и АЦП: Функционирование, параметры, применение. - М.: Энергоатомиздат, 1990. - 320 с.
2. Коломбет Е.А. Микроэлектронные средства обработки аналоговых сигналов. - М.: Радио и связь, 1991. - 376 с.
3. Марцинкявичус А.К. Быстродействующие АЦП и ЦАП для обработки широкополосных сигналов//Электронная промышленность. - 1986. - Вып. 10. - С. 5-8.

ГИУА

20.IX.1993

Изв. НАН и ГИУ Армении (сер. ТН), т. XLVIII, №1, 1995, с. 36-40.

УДК 621.391.1

РАДИОЭЛЕКТРОНИКА

Б.Г. ГЕМИЛЯН, Л.М. ТАТИКЯН

К ВОПРОСУ ПРИМЕНЕНИЯ АНАЛОГОВЫХ ФИЛЬТРОВ ЧЕБЫШЕВА И БАТТЕРВОРТА ПРИ ЦИФРОВОЙ ОБРАБОТКЕ СИГНАЛОВ

Նախկինում առաջարկված մեթոդիկային համապատասխան բերված են հաշվարկային բանաձևեր հաճախականությունների շերտում նմանակային ազդանշանների բվային մշակման ոչ գծային աղավաղումների գնահատման համար: Անցկացված են աղավաղումների հաշվարկները Չեբիշևի և Բատթերվորտի նմանակային ֆիլտրերի դեպքերի համար և նրանց համեմատումը:

В соответствии с предложенной ранее методикой приведены расчетные формулы для оценивания нелинейных искажений при цифровой обработке аналоговых сигналов в полосе частот. Проведены расчеты искажений для случаев чебышевских и баттервортовских аналоговых фильтров. Дается их сравнение.

Ил. 3. Библиогр. 3 назв.

In accordance with the early proposed technique the design formulae are given for evaluating non-linear distortions during digital treatment of analog signals in a frequency

hand. The distortion designs are given for Chebyshev and Butterworth analog filter cases. Their comparison is also given.

III. 3. Reg. 3.

В работе [1] предложена методика оценивания нелинейных искажений при цифровой обработке аналоговых сигналов в полосе частот по схеме, показанной на рис. 1. На нем АФНЧ1 и АФНЧ2 обозначают антизализговый и сглаживающий фильтры соответственно, а ЦАП предполагается цифроаналоговым преобразователем (с фиксатором нулевого порядка) на выходе блока цифровой обработки сигнала ЦОС. Одна из формул для оценки нелинейных искажений в общем виде записывается следующим образом:

$$K_{20} = \sqrt{P_n / (P_0 + P_n)}, \quad (1)$$

где P_0 - энергия полезного сигнала в интересующей полосе частот;

P_n - энергия паразитных, искажающих спектральных составляющих сигнала.

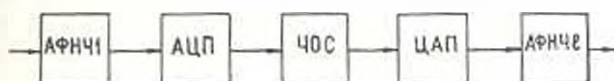


Рис. 1. Типовая функциональная схема цифровой обработки аналогового сигнала

В настоящей работе выведены формулы оценки нелинейных искажений для случаев применения одинаковых фильтров Чебышева или Баттерворта в качестве АФНЧ1 и АФНЧ2. Проведено сравнение по результатам расчетов нескольких примеров.

Фильтр Чебышева имеет передаточную функцию, квадрат модуля которой выражается формулой [2]:

$$|H_c(j\omega)|^2 = 1 / (1 + \epsilon^2 C_N^2(\omega)) , \quad (2)$$

где N - порядок фильтра, $C_N(\omega)$ - полином Чебышева степени N ,

$\epsilon = \sqrt{10^{A_m/10} - 1}$, A_m - максимальная величина относительного затухания в полосе пропускания, выраженная в дБ.

Формула (1) для случая одинаковых чебышевских фильтров АФНЧ1 и АФНЧ2 переписывается в виде

$$K_{20} = \sqrt{(E_2 + E_1) / E_1} , \quad (3)$$

где

$$E_1 = \int_{-\omega_c/\omega_d}^{\omega_c/\omega_d} \left(\frac{1}{1 + \epsilon^2 C_N^2(\omega_n)} \right)^2 \frac{\sin^2(\pi \omega_n / \omega'_d)}{(\pi \omega_n / \omega'_d)^2} d\omega_n ,$$

$$E_2 = 2\omega_n / \omega_c - E_1, \quad \omega_n = \omega / \omega_c, \quad \omega'_d = \omega_d / \omega_c.$$

$$E_1 = \sum_{n=-\infty}^{\infty} \int_{\omega_n/\omega_0 - \pi/\omega_0}^{\omega_n/\omega_0 + \pi/\omega_0} \sum_{p=-\infty}^{\infty} \frac{1}{1 + \varepsilon^2 C_N^2(\omega_H + p\omega'_a)} \times \\ \times \frac{\sin^2(\pi\omega_H/\omega'_a)}{(\pi\omega_H/\omega'_a)^2} \frac{1}{1 + \varepsilon^2 C_N^2(\omega_H)} d\omega_H,$$

ω - угловая частота сигнала, ω_0 - угловая частота среза АФНЧ, ω_a - угловая частота среза цифрового фильтра, ω'_a - угловая частота дискретизации, N - порядок фильтра.

Напомним, что для упрощения расчетов предполагалось, что блок ЦОС на рис. 1 реализует идеальный фильтр нижних частот с АЧХ вида [1]:

$$H_{\text{цфнч}}(\omega) = \begin{cases} 1, & \text{для } k\omega_a - \omega_a \leq \omega \leq k\omega_a + \omega_a, \quad k=0, \pm 1, \pm 2, \dots \\ 0, & \text{для остальных } \omega. \end{cases} \quad (4)$$

Сопоставление качества фильтров Баттерворта и Чебышева с точки зрения коэффициентов нелинейных искажений (1) должно проводиться по энергетической полосе с использованием следующей формулы [3]:

$$\Delta\omega_{\text{эф}} = \frac{\left[\int_0^{\infty} H(\omega) d\omega \right]^2}{\int_0^{\infty} H^2(\omega) d\omega}, \quad (5)$$

где $H(\omega)$ - передаточная характеристика соответствующего фильтра. Однако при вычислении $\Delta\omega_{\text{эф}}$ по приведенной формуле приходится иметь дело с довольно громоздкой вычислительной сложностью (например, для фильтров Баттерворта получаются В-функции). Поэтому для получения практического результата применен несколько другой подход, приводящий к упрощенным выкладкам, что не влияет на качество полученных результатов.

Для сравнения качества обработки сигналов по схеме на рис. 1 в случае применения одинаковых фильтров АФНЧ1 и АФНЧ2 чебышевского и баттервортовского типов следует учесть следующее. Обычно для фильтров Баттерворта частоту нормируют по частоте среза, определяемой уровнем 0.5 (3) дБ. Для фильтров Чебышева частота среза определяется иначе и связана с неравномерностью ε в полосе пропускания, как показано на рис. 2. Здесь цифрами 1, 2, 3 обозначены передаточные характеристики фильтров Баттерворта, Чебышева и приведенного Баттерворта соответственно. Поэтому представляется правомочным сравнивать фильтры с аналогичным поведением в полосе пропускания, т.е. потребовать, чтобы, например, максимальная величина затухания, связанная с параметром ε для фильтра Чебышева, совпала с максимальным затуханием в той же полосе для фильтров Баттерворта. При этом квадрат модуля приведенной таким образом передаточной функции фильтра Баттерворда записывается в виде

$$|H_{\text{БП}}(j\omega)|^2 = 1/(1 + \bar{\omega}^{2N}), \quad (6)$$

где $\tilde{\omega} = \omega \sqrt{\epsilon}$, ϵ - то же, что и в формуле (2).

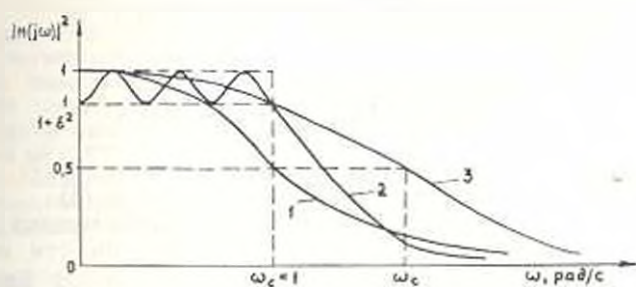


Рис. 2. Процедура получения приведенной передаточной характеристики фильтра Баттерворта

С учетом (5) формула (1) для случая одинаковых баттервортовских фильтров АФНЧ1 и АФНЧ2 переписывается следующим образом:

$$K_{\text{нлн}} = \sqrt{(E_1 - E_1 + E'_1)/E_1}, \quad (7)$$

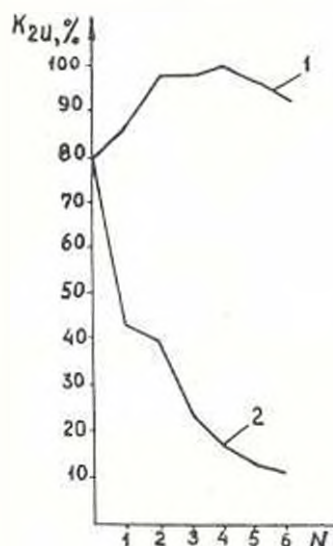


Рис. 3. Зависимость коэффициента нелинейных искажений от порядка фильтров: $2\omega_p/\omega_r = 0,1$, $A_M = 3$ дБ

где

$$E_1 = \int_{-\omega_p/\omega_c}^{\omega_p/\omega_c} \left(\frac{1}{1 + \omega_H^{2N} \cdot \epsilon^2} \right)^2 \frac{\sin^2(\pi \omega_H / \omega'_c)}{(\pi \omega_H / \omega'_c)^2} d\omega_H.$$

$$E'_1 = 2\omega_p/\omega_c - E_1.$$

արժեքով մնում է մի քանի տեղանոց փոքր՝ մինչ լողկերային սարքումք liquid միժոյրանով համեմատով:

Показана возможность корректировки начального напряжения элемента Холла в магнитоуправляемых интегральных схемах (МИС) путем воздействия мощными наносекундными импульсами сфокусированного лазерного луча. Благодаря прецизионности процесса корректировку величины начального напряжения можно довести до значения 0 ± 0.03 мВ. В диапазоне температур от комнатной до $125^\circ\text{C} \pm 5^\circ\text{C}$ после лазерного воздействия температурная зависимость несколько больше первоначальной, оставаясь по абсолютному значению в несколько раз меньше, чем до облучения.

Ил. 2, Табл. 1. Библиогр.: 2 назв.

A possibility of initial Hall element voltage correction in magnetic-controlled integral circuits (MIC) with high-power nanosecond impulse effect by a focused laser beam is shown. Owing to the process precision the quantity correction of the initial voltage may be brought up to the value of 0 ± 0.03 mV. In the room temperature range up to $125^\circ\text{C} \pm 5^\circ\text{C}$ after laser effect the temperature dependence is greater by several fold than the initial one remaining by its absolute value less by several fold than before radiation.

Ил. 2, Table 1. Ref. 2

Начальное или остаточное напряжение U_{xo} представляет собой паразитное напряжение на выходе холловского элемента в отсутствие магнитного поля. В производстве магнитоуправляемых интегральных схем (МИС) определенный процент брака обусловлен отклонением от нормы величины начального элемента Холла. Основными причинами такого отклонения являются несовершенства технологического процесса (например, несимметричность расположения холловских контактов из-за неточного совмещения, неоднородное распределение удельного сопротивления в полупроводнике и т.д.) и тензорезистивные эффекты [1]. Действие этих факторов можно представить с помощью мостовой эквивалентной схемы элемента Холла [2] (рис. 1). Начальное напряжение, обусловленное асимметрией моста, определяется выражением

$$U_{xo} = \frac{R_1 R_4 - R_2 R_3}{(R_1 + R_2)(R_3 + R_4)} U_{пит} \quad (1)$$

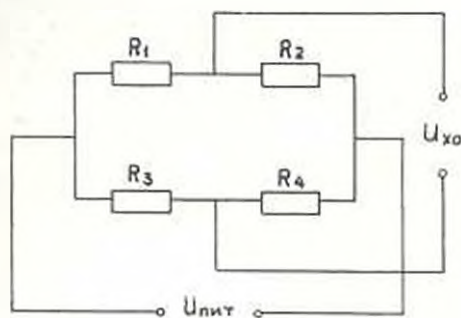


Рис. 1. Мостовая эквивалентная схема элемента Холла

При фиксированной полярности $U_{пит}$ формула (1) дает возможность в зависимости от знака U_{xo} определить, какую пару

сопротивления необходимо изменять, увеличивая или уменьшая величину сопротивления, чтобы сбалансировать мост.

В данной работе приведены результаты корректировки начального напряжения элемента Холла МИС путем воздействия на соответствующее плечо мощными наносекундными импульсами лазерного излучения, приводящего к модификации свойств приповерхностной области полупроводника. Для корректировки использовались МИС, изготовленные на основе кремниевых р-п эпитаксиальных структур с ориентацией подложки (100). Толщина эпитаксиального слоя составляла 12 мкм, величина удельного сопротивления - 12 Ом·см. На рис. 2 представлена фотография участка поверхности МИС с элементом Холла.

Токоподводящие и холловские контакты обозначены цифрами 1,2 и 3,4 соответственно. Кристаллики МИС приклеивались к основанию металлического корпуса теплопроводящим клеем. Для надежного контактирования при подаче напряжения питания и измерении начального напряжения контактные площадки соединялись с выводами корпуса алюминиевыми проволоками. Облучение производилось на экспериментальной установке, специально сконструированной для локального прецизионного воздействия фокусированным лазерным излучением. Использовался лазер ЛТИ-504. Диаметр пятна на уровне 1/e интенсивности составлял 8 мкм для $\lambda = 1,064$ мкм и 4 мкм для $\lambda = 0,532$ мкм. Плотность энергии в импульсе при длительности $\tau_n = 150$ нс можно было изменять в пределах от нуля до 20 Дж/см². Предметный столик обеспечивал перемещение в двух взаимоперпендикулярных направлениях с шагом 5 мкм. Процесс облучения контролировался визуально под микроскопом. Плотность энергии выбиралась из условия

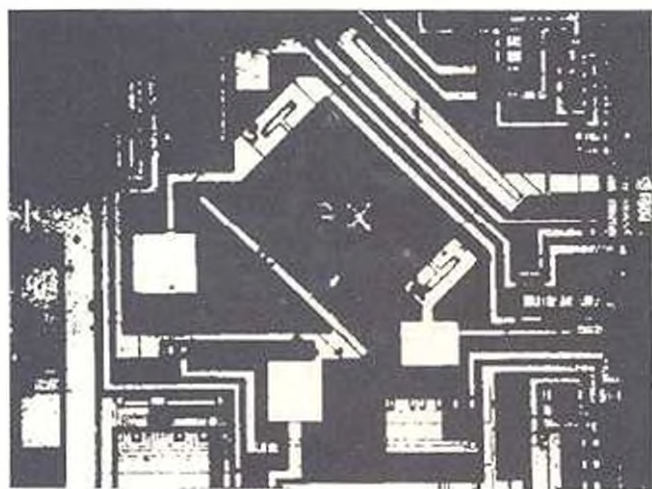


Рис. 2 Фотография участка поверхности МИС с элементом Холла (HX)

сохранения окисной пленки на поверхности элемента Холла. С учетом просветляющего действия пленки двуокиси кремния ее величина варьировалась в пределах от 8 до 12 Дж/см². Величину начального напряжения можно было контролировать после каждого очередного импульса излучения. В наиболее чувствительной к лазерному воздействию области поверхности элемента Холла, вблизи холловских контактов, облучение одним импульсом приводило к изменению U_H на

величину $\Delta U = 0,05 \dots 0,1$ мВ в зависимости от координаты и плотности энергии. По мере удаления от холловских контактов величина ΔU уменьшалась. Измеренное минимальное значение ΔU равно 0,01 мВ. Благодаря такой чувствительности корректировку величины U_{∞} удавалось довести до $0 \pm 0,03$ мВ при напряжении питания 3,5 В. Перед лазерным воздействием и после него определялось изменение U_{∞} при нагревании до $T = 125^\circ\text{C} \pm 5^\circ\text{C}$. Результаты измерения собраны в таблице.

Таблица

Образец	U_{∞} до лазерного воздействия, мВ						U_{∞} после лазерного воздействия, мВ
	$T = 20^\circ\text{C}$	$T = 125^\circ\text{C}$	ΔU_{∞}	$T = 20^\circ\text{C}$	$T = 125^\circ\text{C}$	ΔU_{∞}	
1	4,7	5,1	0,4	0,04	0,93	0,89	
2	3,7	4,1	0,4	0,05	0,68	0,63	
3	5,2	5,6	0,4	0,03	1,02	0,99	
4	6,9	7,3	0,4	-0,04	+1,1	1,14	

Как видно из таблицы, начальные напряжения у корректируемых образцов зависели от температуры. Изменение на одну и ту же величину 0,4 мВ и в одну и ту же сторону скорее надо рассматривать как случайное совпадение, чем как закономерное явление. Зависимость

U_{∞} от температуры свидетельствует о том, что причиной асимметрии моста в образцах может быть не только неточное размещение холловских контактов. После лазерной корректировки величина начального напряжения стала более чувствительной к температурному изменению, оставаясь по абсолютному значению в несколько раз меньше, чем до облучения. Возросшую чувствительность к температуре можно, по-видимому, объяснить вероятным изменением энергии активации проводимости облученной области полупроводника. Предположим, $R_1 = R_2 = R_4 = R$ и $R_3 = R - \Delta R$ (рис. 1), причем $\Delta R \ll R$. Тогда из (1) получаем, что

$$U_{\infty} \approx \frac{\Delta R}{4R}. \quad (2)$$

Чтобы скорректировать U_{∞} до нуля, необходимо увеличить величину сопротивления R_3 на $\Delta R' = \Delta R$. Однако $\Delta R' = \Delta R$ при той температуре, при которой происходила корректировка. Если температурные зависимости облученной и необлученной областей различные, то при любой другой температуре $\Delta R' \neq \Delta R$. Это приведет к асимметрии моста и, следовательно, к появлению

$$U_{\infty} = \frac{\delta R}{4R} \neq 0,$$

где $\delta R = \Delta R' - \Delta R$.

Напряжение отличается от нуля тем больше, чем больше рабочая температура отличается от температуры корректировки. С другой стороны, величина δR при фиксированной температуре пропорциональна площади облученной области. Поэтому элементы

Холла, первоначально имеющие небольшие отклонения U_H от нуля, могут быть скорректированы облучением небольших по площади участков и иметь соответственно меньший температурный уход начального напряжения. Как следует из таблицы, такая корреляция наблюдается.

ЛИТЕРАТУРА

1. Баятес Г.П., Попович Р.С. Интегральные полупроводниковые датчики магнитного поля // ГИИЭР. - Т. 74. № 8. 1986. - С. 60-90.
2. Y. Kanda and Migitaka. Effect of mechanical stress on the offset voltage of Hall devices in the si IC. Phis Status Solid (a), vol. 35, 1976, P. K115 - K118.

ИПО "Ани"

27. III .1991

Изв. НАН и ГИУ Армении (сер. ТН), т. XLVIII, №1, 1995, с. 44-48.

УДК 534.852.2 (088.8); 681.846.7 (088.8)

РАДИОЭЛЕКТРОНИКА

Н.З. ГРИГОРЯН, Б.Л. АРЕВШАТЯН

АНАЛИЗ ЗАВИСИМОСТИ ЭФФЕКТА ПЕРЕЗАПИСИ ОТ КОНФИГУРАЦИИ ЗАЗОРА ГОЛОВКИ СТИРАНИЯ ПРИ СТИРАНИИ ПЕРЕМЕННЫМ ПОЛЕМ

Վերլուծական է ենթարկվել վերագրանցման երևույթը, կախված ցնցող դիֆիկի բացվելի ուղղագծից՝ բարձր հաճախականության փոփոխական դաշտով ցնցման դեպքում: Վերադրանքի մասնակի ցնցող դիֆիկի ուղղագծի անկյան համար վերագրանցված ազդանշանի առաջադրած էլեկտրաշարժ ուժի փոքրագույն արժեքի դեպքում առաջվել է վերլուծական արտահայտություն:

Проведен анализ зависимости эффекта перезаписи от некоторых конфигураций зазора головки стирания при стирании высокочастотным переменным полем. Получены аналитические выражения для угла конфигурации зазора при минимальном значении ЭДС перезаписанного сигнала стирающей головки при воспроизведении сигналограммы, подвергшейся стиранию.

Ил. 3. Библиогр.: 6 назв.

A rewritting effect dependence analysis on certain configurations of the erasing head dearence with high-frequency alternative field erasing is given. Analytical expressions at minimum value of e.m.f. are obtained for a clearance configuration angle of a rewritten erasing head signal for reproducing a signalogram subjected to erasing.

Ил. 3. Рег. 6.

Проблема перезаписи рассматривалась в ряде работ [1-3]. В частности, в [1] было установлено, что при стирании намагниченной ленты присутствует эффект перезаписи. В [2,3] показаны методы определения относительного уровня перезаписи. Однако в них не дано ни аналитической, ни качественной оценки эффекта для случая зазоров, не перпендикулярных направлению движения ленты.

Цель настоящей работы — исследовать зависимость эффекта перезаписи от угла наклона зазора φ и длины волны записи при различных конфигурациях зазора стирающей головки (рис. 1).

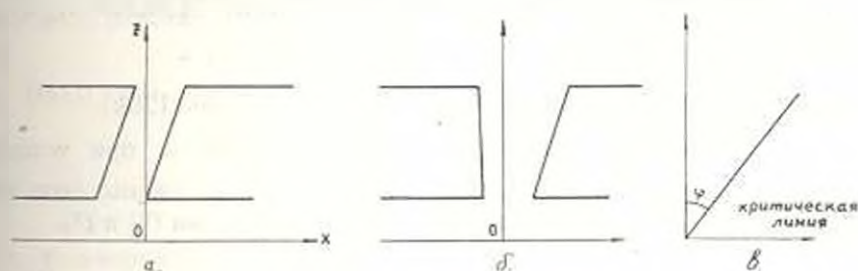


Рис. 1. а, б - конфигурации зазоров стирающих магнитных головок, в - направление критической линии при $H_{\text{нас}} = H_c$.

В работе приняты следующие допущения: ширина зазора стирания на порядок меньше его длины, на поверхности головки магнитные силовые линии имеют только перпендикулярные к ней составляющие, распределение остаточной намагниченности $M_{\text{ост}}(l)$ на ленте согласно [1] равно $M_{\text{ост}}(l) = \frac{2}{\pi} \arctg(l/l_0)$, где $l = v \cdot t$ - координата, связанная с носителем; l_0 - значение, соответствующее величине намагниченности, равной половине намагниченности насыщения ($M_{\text{нас}}$); v - скорость воспроизведения.

Для ЭДС сигнала перезаписи при стирании наклонным зазором в общем случае можно записать [5]:

$$e(t) = e_0(t) \left(\frac{\sin(2\pi b + g\varphi/\lambda)}{2\pi b + g\varphi/\lambda} \cos\varphi + k \frac{\Delta z}{d} \right) \quad (1)$$

где b - ширина записанной дорожки, d - толщина рабочего слоя носителя.

Первый сомножитель в скобках описывает влияние непараллельности зазоров "записи" и воспроизведения на угол φ , а второй член - влияние уменьшения глубины стирания в зависимости от φ , d , H [5]. Здесь H - напряжение поля, а $k = k(\varphi, d, H)$ - численный множитель.

Это обусловлено тем, что наличие угла φ зазора стирающей головки по отношению к движению магнитной ленты приводит к уменьшению поля стирания. Это чувствительно на удаленных рабочих слоях Δz магнитного носителя, которые составляют $\Delta z/d$ часть всего рабочего слоя. Предполагается, что в этой части остаточная ЭДС возрастает на $k \cdot \Delta z \cdot e(t)/d$.

В зависимости от угла наклона φ и длины волны записи λ выражение (1) имеет локальные экстремумы. Определим экстремумы. Приняв, что $\Delta z = d(1 - \cos\varphi)$, подставив его в (1) и решая относительно φ , получим

$$\varphi = \varphi \pm \arcsin \sqrt{[10(2\pi b/\lambda)^2 + 30 + 30k] / [5(2\pi b/\lambda)^2 + (2\pi b/\lambda)^4 + 60 + 60k]} \quad (2)$$

Для φ можно получить более точное аналитическое выражение

$$\varphi_1 = \varphi = \arcsin 2 \sqrt{(2\pi b/\lambda)^6 + 20(2\pi b/\lambda)^5 + 375(2\pi b/\lambda)^4 + 130(2\pi b/\lambda)^3 k /} \\ / [20(2\pi b/\lambda)^2 + (2\pi b/\lambda)^4 - 120 - 120k] - \{2(5(2\pi b/\lambda)^2 + \\ + (2\pi b/\lambda)^4 + 60 + 60k) / [20(2\pi b/\lambda)^2 + (2\pi b/\lambda)^4 - 120 - 120k]\}. \quad (3)$$

На рис. 2 приведены зависимости значений φ от λ при условии $l(t) = \min$, полученные согласно (1)-(3). откуда видно, что для инженерных расчетов можно пользоваться выражениями (2) и (3).

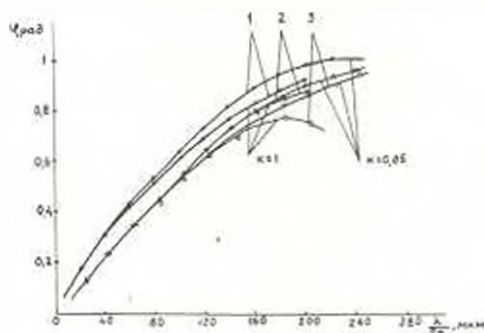


Рис. 2. Зависимость $\varphi - \lambda/2\pi$: 1 - согласно (2), $c(t) = \min$, $k = 0,05$ и 1; 2 и 3 - согласно (3), (4), $k = 0,05$ и 1

На рис. 3 приводится зависимость $I(t)/I_0(t) - \varphi$: при сравнительно больших углах зависимость $I(t)/I_0(t)$ стремится к нулю для всех случаев λ . Однако в случае длинных волн величина $I(t)/I_0(t)$ может быть весьма чувствительной.

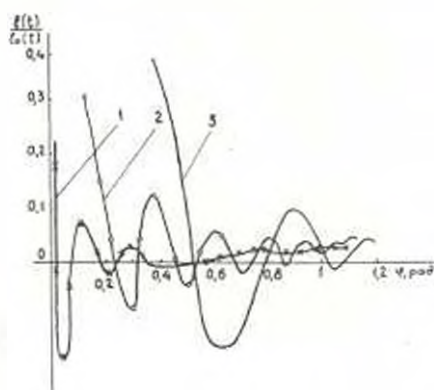


Рис. 3. Зависимость $I(t)/I_0(t) - \varphi$ при $k = 0,05$ и $\lambda/2\pi = 0,5$ мкм (1), 30 мкм (2), 100 мкм (3)

Рассмотрим случай стирающей головки, ребра зазора которой перпендикулярны направлению движения ленты, но сердечник которой

выбран из n слоев с разной проницаемостью. Учитывая, что $H_i = \mu_i H_1$, где μ_i - проницаемость i -го слоя, $i = 1, \dots, n$; H_1 - напряженность поля внутри зазора при условии, что весь поток замыкается через зазор однородной головки, можно записать

$$H_i = \mu_i H_1 / \mu_1 \quad (4)$$

Из [1] для i -го слоя можно записать

$$x_i = \sqrt{\frac{2\delta y}{\lg \pi H_i / H_1} - y^2 - \delta^2} \quad (5)$$

где x, y - координаты, связанные с головкой; H_1 - коэрцитивная сила носителя; δ - ширина зазора стирающей головки.

Значение μ_i можно подобрать так, чтобы критическая линия имела вид, приведенный на рис. 1 в, тогда можно получить закон измерения μ_i , приводящий к виду на рис. 1в. Для x можно записать $x = x_i + \lg \varphi Z$. Тогда, учитывая (4) - (5) для μ_i , получим

$$\mu_i = \frac{\pi \mu_1 H_1}{H_i} / \operatorname{arctg} \frac{2\delta y}{(x_i + Z \lg \varphi)^2 + y^2 + \delta^2}$$

Таким образом, получаем выражение для μ_i , учитывающее геометрические параметры головок. Для напряженности в зазоре можно записать [4]:

$$H = \frac{Iw}{l_0 + bh(l_1/b_1h_1 + (2/\mu_1) \sum b_1/S_1)}$$

где w - число витков обмотки, I - амплитудное значение тока, bh - площадь грани зазора, l_1 - ширина заднего зазора, b_1h_1 - площадь грани заднего зазора, l_1 - длина средней линии i -го участка сердечника, S_1 - площадь поперечного сечения i -го участка (усредненная).

Совместно решая (4), (5) и учитывая $x = x_i + Z \lg \varphi$, получим

$$\mu_i = \frac{\pi I_0 bh 2 \sum \frac{l_1}{S_1}}{I w \operatorname{arctg} \frac{2\delta y}{(x_i + Z \lg \varphi)^2 + y^2 + \delta^2} - l_0 - bh \frac{l_1}{h_1 l_1}}$$

Рассмотрим случай зазора с непараллельными гранями (рис. 1б). Особенность здесь в том, что по длине зазора напряженность H не изменяется. Решая выражение (5) относительно δ и подставляя в него $x = x_i + Z \lg \varphi$, вновь получим случай наклонной критической линии, для которой также справедливы все выкладки.

Таким образом, из условия минимальности $I(t)$ в выражении (1) для φ получено приближенное аналитическое выражение. При этом значения φ хорошо совпадают со значениями, полученными из (1) прямыми численными методами. Сделав анализ некоторых возможных видов стирающих МГ. В частности, показано, что критическая линия по длине зазора в случае стирающей головки с непараллельными гранями зазора не имеет вида прямой линии.

Полученные результаты можно использовать при разработке специальных стирающих головок для получения наибольших уровней стирания данного узкого диапазона частот.

ЛИТЕРАТУРА

1. Физические основы магнитной звукозаписи /А.А. Вроблевский, В.Г. Корольков и др. - М.: Энергия, 1970. - 427 с.
2. А.с. 932541 СССР М. Кл³ С 11 В 5/46. Способ определения относительного уровня перезаписи стирающей магнитной головки /Н.С. Епишкин, А.А. Якскас, Р.П. Ясинавичюс (СССР) - № 296751/1810. Заявл. 28.07.80. Опубл. 30.05.82. Бюл. № 20.-2 с.
3. А.с. 932535 СССР М. Кл³ С 11 В 5/027. Способ определения относительного уровня перезаписи в процессе стирания /Ю.С. Епишкин, А.А. Якскас, Р.П. Ясинавичюс (СССР) - № 2955788/18-10. Заявл. 10.07.80. Опубл. 30.05.82. Бюл. № 20.-2 с.
4. Вашкевич И.П., Сергеев И.П., Чижухин Г.Н. Электромагнитная техника. - М.: Высшая школа, 1975 - 246 с.
5. Григорян Н.З., Аревшатян Б.Л. Анализ зависимости эффекта перезаписи при стирании переменным полем от конфигурации зазора // Математическое моделирование при проектировании магнитных головок для аналоговой и цифровой звукозаписи: Тез. докл. Всесоюзной конференции. г. Вильнюс, 4-6 янв., 1988 г. - Вильнюс, 1988 - С. 51-52.
6. Аксенов В.В., Вичес А.И., Гитлиц М.В. Точная магнитная запись. - М.: Энергия, 1973. - 280 с.

СКБ АПО "Электрон"

23.IX.1989

Изв. НАН и ГИУ Армении (сер. ТН), т. XLVIII. №1, 1995, с. 48-51.

УДК 556:576.8

ГИДРАВЛИКА

С.М. КАЗАРЯН, А.А. САРГСЯН, О.П. КОЧАРЯН

ПРОСТРАНСТВЕННАЯ ЗАДАЧА РАСПРЕДЕЛЕНИЯ РАСТВОРЕННЫХ, ЭМУЛЬГИРОВАННЫХ И ВЗВЕШЕННЫХ ВЕЩЕСТВ В ВОДНОМ ПОТОКЕ

Դիսկրկվում է տարածական խնդիր չրի հոսանքում մոտոր դրոշմող նյութերի ցրման և բաշխման վերաբերյալ: Մաթեմատիկական մոդելի լուծման հիման վրա ստացվել է վերլուծական աղելություն, որը թույլ կտա կանխորոշել նյութերի խտություն փոփոխությունը չրի հոսանքում ժամանակի ցանկացած պահին և տարածության ցանկացած կետում:

Рассматривается пространственная задача рассеяния или распределения попадающих в водный поток загрязняющих веществ. На основе решения математической модели получены аналитические зависимости, позволяющие прогнозировать изменение концентрации в водном потоке для любого момента времени и для любой координаты.

Ил. 1. Библиогр.: 3 назв.

A spatial problem on distributing dissolved emulgated and weighed substances in a water flux. A spatial problem on dissipating or distributing contaminants hit in the water flux is viewed. Analytical dependences permitting to forecast concentration variation in the water flux for any moment of time and for any coordinates are obtained on the bases of mathematical model solution.

III. 1. Reg. 3.

В процессах загрязнения водных экосистем особую роль имеют вынос веществ поверхностным путем, сброс стоков в водные объекты и т.д. При этом загрязняющие вещества встречаются как в растворенном, так и в эмульгированном и взвешенном состояниях.

В работе [1] рассматривалась плоская задача распределения концентрации взвешенных наносов в склоновом дождевом стоке, при решении которой принято допущение относительно уравнения материального баланса и осреднено распределение концентрации по глубине потока, вследствие чего плоская задача превратилась в одномерную, которая также решена с применением метода осреднения и допущения.

В работе [2] рассматривались ряд моделей формирования поверхностного стока и распределение в нем растворенных веществ без трактовки инженерных решений и практического применения.

Рассмотрим рассеяние или распределение попадающих в водный поток загрязнений и распределение веществ в водном слое при вымыве из поверхности склонов.

Математическая модель распределения растворенных, эмульгированных и взвешенных веществ в водном потоке описывается уравнениями конвективной диффузии и кинетики физико-химических процессов, имеющих вид [3]

$$-D\Delta c + u_x \frac{\partial c}{\partial x} + u_y \frac{\partial c}{\partial y} + u_z \frac{\partial c}{\partial z} + q + \frac{\partial c}{\partial t} = 0, \quad (1)$$

$$q = \alpha \frac{\partial c}{\partial t}, \quad (2)$$

где D - коэффициент турбулентной дисперсии; Δ - оператор Лапласа; c - концентрация вещества; u_x, u_y, u_z - составляющие скорости в направлении соответствующих осей координат; q - функция, характеризующая кинетику физико-химических процессов; α - коэффициент скорости происходящих физико-химических процессов; x, y, z - декартовы координаты; t - время.

Подставляя q из уравнения (2) в (1), получаем

$$-D^* \Delta c + u_x^* \frac{\partial c}{\partial x} + u_y^* \frac{\partial c}{\partial y} + u_z^* \frac{\partial c}{\partial z} + \frac{\partial c}{\partial t} = 0, \quad (3)$$

где $D^* = D/(1+\alpha)$, $u_i^* = u_i/(1+\alpha)$, $i = x, y, z$.

Решение рассматриваемых задач наиболее просто может быть найдено с помощью обобщенного принципа суперпозиции, согласно которому искомое решение находится как сумма произведений элементарных решений c_k .

Если функция $c_k(i, t)$ ($k=1, 2, \dots, n$) удовлетворяет одномерному уравнению (3), то выражения

$$\bar{c} = \sum_{k=1}^{\infty} \prod_{i=x}^3 c_k(i,t) = \sum_{k=1}^{\infty} c_k(x,t) \cdot c_k(y,t) \cdot c_k(z,t) \quad (4)$$

$$\bar{c} = \sum_{k=1}^{\infty} \prod_{i=x}^3 \bar{c}_k(i,t) = \sum_{k=1}^{\infty} \bar{c}_k(x,t) \cdot \bar{c}_k(y,t) \cdot \bar{c}_k(z,t)$$

будут удовлетворять соответственно двух- и трехмерному уравнениям (3). Сказанное справедливо для таких произведений из множителей $\bar{c}_k$, у которых величины x, y, z входят лишь в один из этих множителей. Если функция $\bar{c}_k(i, t)$ удовлетворяет нулевым условиям 1-Ш рода на концах отрезка прямой $i=0$ и $i=1$, то функция $\bar{c}(x, y, z, t)$ выполняет те же условия на гранях прямоугольной призмы $x, y, z=0$ и $x, y, z=1_x, 1_y, 1_z$.

Функция $\bar{c}_k(i, t)$ часто находится из известных решений обычного диффузионного уравнения без конвекции посредством замены i на $i - u_i^* t$.

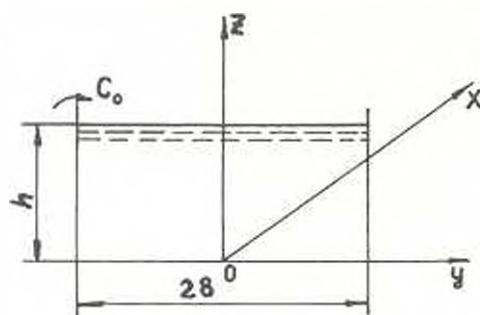


Рис.

Пусть в прямоугольный призматический канал сбрасываются сточные воды с концентрацией c_0 , а в канале вода имеет до сброса концентрацию c_e . Канал имеет ширину $2b$ и высоту h (рис.). Тогда задача сводится к интегрированию (3) при условии

$$c(0, -b, h, 0) = c_0, \quad c(x, y, z, 0) = c_e.$$

Согласно второму уравнению (4), решение его имеет вид

$$\bar{c} = \frac{c - c_e}{c_0 - c_e} = c(x, t) \cdot c(y, t) \cdot c(z, t), \quad (5)$$

$$c(i, t) = 0.5(\operatorname{erf} \eta_i - \operatorname{erf} \xi_i), \quad (6)$$

где

$$\eta_i, \xi_i = \frac{i \pm p - u_i^* t}{2\sqrt{D^* t}}, \quad (i = x, y, z, \quad p = 0, -b, h), \quad (7)$$

$$\operatorname{erf} z = \frac{2}{\sqrt{\pi}} \int_0^z e^{-t^2} dt \quad \text{— функция Крампла.}$$

Здесь η , соответствует знак "плюс", а ξ - "минус".

Иначе уравнение (5) можно представить в виде

$$c = 0.125(\operatorname{erf} \eta_x - \operatorname{erf} \xi_x)(\operatorname{erf} \eta_y - \operatorname{erf} \xi_y)(\operatorname{erf} \eta_z - \operatorname{erf} \xi_z) \quad (8)$$

где η и ξ , определяются по формуле (7).

Пусть поток воды, сформировавшийся вследствие дождя, охватывает ширину склона $2b$ и вымывает вещества из склона на расстояние l . Толщина слоя воды равна h . В начальный момент дождя на этом участке в нижней части потока принимаем концентрацию вещества в воде, равную $c_0 > 0$, а в потоке воды - $c_c = 0$.

Тогда задача сводится к интегрированию (3) при условии

$$\begin{aligned} c(x, y, 0, 0) &= c_0, \quad 0 \leq x \leq l, \quad -b \leq y \leq b, \\ c(x, y, z, 0) &= c_c = 0, \quad 0 < z \leq h. \end{aligned} \quad (9)$$

Таким образом, решение (3) при условии (9) имеет вид (8), где в (7):

$$p = 1/2, \quad 0, \quad 0, \quad \text{а} \quad \bar{c} = c/c_0.$$

В решениях параметры D и α определяются экспериментальным путем.

Полученные зависимости позволяют для практических целей с достаточной точностью прогнозировать изменения значений c и q в любой момент времени и для любой координаты.

ЛИТЕРАТУРА

1. Мясникова Е.В. Расчет концентрации взвешенных наносов и склоновом дождевом стоке // Тр. ин-та ВНИИ ВОДГЕО. - М., 1989. - Вып. Численное моделирование и автоматизация эксперимента в гидравлических исследованиях. С. 28-35.
2. Кучмент Л.С., Демидов В.Н., Мотовилов Ю.Г. Формирование речного стока. Физико-математические модели. - М.: Наука, 1983. - 216 с.
3. Левин В.Г. Физико-химическая гидродинамика. - М.: Изд-во АН СССР, 1952. - 538 с.

НИИВП и Г

15. IV 1992

Изв. НАН и ГИУ Армении (сер. ТН), т. XLVIII, №1, 1995, с. 51-55.

УДК 621.317.39(088.8)

КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

Б.М. МАМИКОНЯН

ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ БОЛЬШИХ ЛИНЕЙНЫХ ПЕРЕМЕЩЕНИЙ

Նկարագրված է մեծ գծային տեղափոխումներ չափելու համար նախատեսված անհարկ էլեկտրամագնիսական ձևափոխիչ, որը պարունակում է պրոֆիլավորված դող՝ միացված սնման աղբյուրին, և մագնիսական գլխիկ՝ միացված չափիչ սարքին: Ցույց է տրված, որ դողի պրոֆիլավորությունը հիպերբոլի օրենքով ապահովում է ձևափոխման գծային ֆունկցիա:

Описан бесконтактный электромагнитный преобразователь для измерения больших линейных перемещений, содержащий профилированную шину, подключенную к источнику питания, и магнитную головку, подключенную к индикатору. Показано, что профилирование шины по гиперболе обеспечивает линейную функцию преобразования.

Ил. 3. Библиогр.: 3 назв.

A contactless electromagnetic transducer for measuring large linear displacements containing a profiled bus connected to the power source and a magnetic head connected to the indicator is described. It is shown that bus profiling in hyperbolic provides a linear function of the transformation.

Ил. 3. Ref. 3

Для бесконтактного измерения больших линейных перемещений широкое применение нашли электромагнитные преобразователи (П) с подвижными экраном, обмоткой или магнитом [1]. Основным недостатком этих П является низкая точность воспроизведения линейной функциональной зависимости выходного сигнала от измеряемого перемещения (степень нелинейности этой зависимости достигает 15-20%), что исключает возможность их использования в качестве компенсирующего П в автоматических мостах и компенсаторах. К тому же эти П могут работать лишь в системах переменного тока.

Частично лишены этих недостатков П [2], содержащие распределенную вдоль направления перемещения профилированную шину, подключенную к источнику питания, и магнитную головку, размещенную перпендикулярно продольной оси профилированной шины. С целью обеспечения функции преобразования профилированная шина выполнена в виде равнобедренного треугольника, медиана которого расположена вдоль направления перемещения, а источник питания подключен к вершине и основанию треугольника. Однако, как будет показано ниже, такое выполнение П не обеспечивает необходимую линейность функции преобразования.

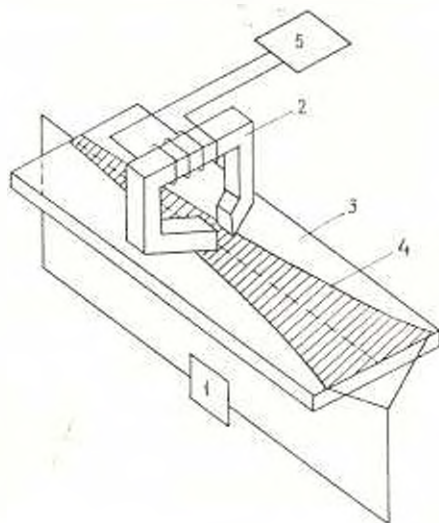


Рис. 1 Принципиальная схема преобразователя

Сравнительно лучшими метрологическими показателями обладают П, разработанные на кафедре электротехники и автоматики

Гюмрийского филиала ГИУА [3]. П содержит (рис. 1) источник питания 1, магнитную головку 2, диэлектрическое основание 3 с нанесенной на него профилированной шиной 4, например, из фольги, устройство отображения информации 5. Профилирование слоя фольги выполняется по гиперболе вдоль направления контролируемого перемещения. Если магнитная головка выполнена чувствительной к изменению магнитного потока (индукционного типа), то источник питания должен быть переменного тока. Если магнитная головка может быть выполнена чувствительной к силе магнитного потока, например, гальваномагнитного типа, то источник питания может быть как переменного, так и постоянного токов.

При подключении источника питания к шине 4 ток протекает через шину, равномерно распределяясь по всей ширине в каждом ее поперечном сечении. При этом плотность тока минимальна у основания треугольника и увеличивается по мере удаления от него. Площадь шины под зазором магнитной головки постоянна, а магнитный поток, проходящий через магнитную головку, пропорционален произведению этой площади на плотность тока. В результате этого выходной сигнал магнитной головки оказывается зависящим от ее положения относительно основания 3.

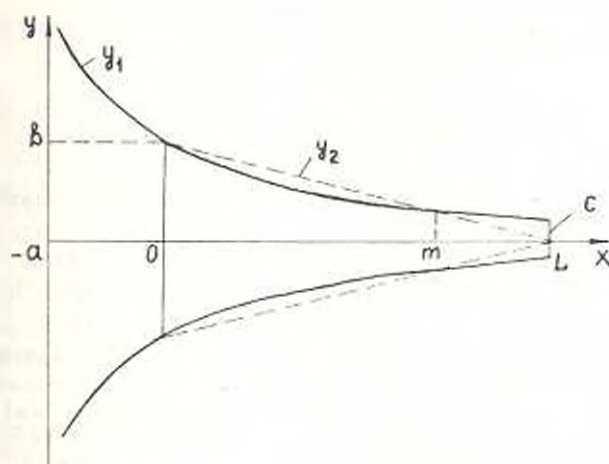


Рис. 2. График функции контура профилированной шины

Для определения функции преобразования П на рис 2 представлен в координатах x и y график функции контура профилированной шины y_1 . Там же приведен для сравнения график аналогичной функции y_2 для прямолинейно-треугольной шины. Координата x измеряемого перемещения меняется вдоль шины в пределах $0 \leq x \leq L$. Через c обозначена ширина шины в конечной точке диапазона перемещения, т.е. при $x=L$ (для $y_2 c=0$). В этих обозначениях текущие значения полуширины шины равны

$$y_1 = k/x + a, \quad y_2 = b(1 - x/L),$$

где параметры k и a гиперболы связаны с размерами шины соотношениями

$$k = ab, \quad a = cL/b - c.$$

Если через шину протекает ток I , а толщина шины равна δ , то плотность тока в поперечном сечении шины в координате x равна

$$i_1(x) = I/2\delta y_1 = I(a+x)/2k\delta, \quad i_2(x) = IL/2b\delta(L-x).$$

Если обозначить через S коэффициент преобразования магнитной головки, то выходная ЭДС П:

$$E_1 = Si_1(x) = E_0(1+x/a), \quad (1)$$

$$E_2 = E_0L/(L-x), \quad (2)$$

где $E_0 = SI/2b\delta$ - начальная ЭДС П при $x=0$.

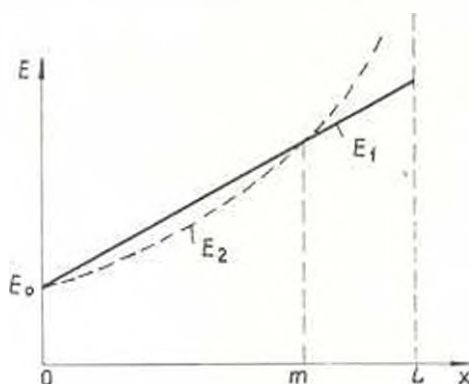


Рис. 3. График функции преобразования преобразователя

На рис. 3 представлены графики функций $E_1(x)$ и $E_2(x)$. Точка m соответствует значению координаты x , при котором ширины обеих шин равны: из условия $E_1 = E_2$ следует, что $m = L - a$. Сравнение функций (1) и (2) и графиков рис. 3 показывает, что линейная функция преобразования обеспечивается только при профилировании шины по гиперболе. Поскольку большинство параметрических первичных преобразователей неэлектрических величин (металлические терморезисторы, тензорезисторы и др.) имеют функцию преобразования, подобную (1), то описанный П может быть использован в качестве компенсирующего П в автоматических мостах и компенсаторах.

Лабораторный образец преобразователя изготовлен и испытан со следующими параметрами: $a = 25 \cdot 10^{-3}$ м, $b = 15 \cdot 10^{-3}$ м, $c = 3 \cdot 10^{-3}$ м, $\alpha = 0,1$ м, $\delta = 10^{-4}$ м. При питании шины измерительным током $I = 30$ мА и использовании магнитной головки с коэффициентом преобразования $S = 10^{-6}$ Вм²/А выходная ЭДС преобразователя изменяется в пределах $E_1 = (10 \dots 50)$ мВ строго линейно, т.е. чувствительность преобразования составляет 0,4 мВ/мм.

ЛИТЕРАТУРА

1. Зарипов М.Ф. Функциональные преобразователи перемещений - М: Машиностроение, 1976. - 104 с.
2. А.с. 892197 СССР, А1G01В 7/00. Датчик перемещений /И.Р. Доброшинский, В.А. Иванов, В.В. Марченко, С.П. Пискарев, Л.П. Чепасов (СССР). - N 2834934/25-28; Заяв. 30.10.79; Оpubл. 23.12.81. Бюл. № 47 - 3 с.
3. А.с. 1796881 СССР, А1G01В 7/00. Электромагнитный датчик линейных перемещений /Б.М. Мамиконян (СССР). - N 4923354/28; Заяв. 23.03.91; Оpubл. 23.02.93. Бюл. № 7 - 2 с.

Гюмрийский фил. ГИУА

23 III 1993

Изв. НАН и ГИУ Армении (сер. ТН), т. XLVIII, №1, 1995, с. 55-58.

УДК 621.314

КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

В.М. МОВСЕСЯН, Н.Н. ПЕТРОСЯН, А.Ш. АРУТЮНЯН

ЭЛЕКТРОННЫЙ СЧЕТЧИК ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ

Դիտարկվում է էլեկտրամիջավայրի կենտրոնացին հաշվիչի կառուցման սկզբունքը. բերված է հաշվիչի գզայուն մասի սկզբունքային սխեման: Նվարագրված է կոմպակտ հաշվիչի փորձարարական նմանատիպը: Որոշված է հաշվիչի գզայնության չափը և քննված են տարբեր կարգության գործակիցների դեպքում հարաբերական սխալի գրաֆիկական անալիզությունները բնույթ կարգությամբ: Դիտարկված հաշվիչը բոլոր պահանջներով գերազանցում է ներկայումս լայն տարածված ինդուկցիոն հաշվիչներին:

Рассматривается принцип построения электронного счетчика электроэнергии. Приведена принципиальная схема измерительной части счетчика. Описано экспериментальное исследование построенного счетчика. Определен порог чувствительности счетчика и приведены графические зависимости относительной погрешности от мощности нагрузки при разных значениях коэффициента мощности. Рассмотренный счетчик по всем параметрам превосходит ныне широко применяемые индукционные счетчики.

Ил. 2. Библиогр.: 3 назв.

A design philosophy of an electronic electricity meter is viewed. A schematic diagram of the meter measuring part is given. An experimental testing of the designed meter is described. Threshold sensitivity of the meter is defined and graphic dependences regarding power load error with different values of power coefficient are given. This meter surpasses now widely used induction meters by all parameters.

Ill 2 Ref. 3.

Одной из проблем в системе производства, распределения и потребления электроэнергии является учет ее расхода. Эта проблема приобретает важный характер в условиях энергодефицита и непрерывного роста себестоимости электроэнергии. В настоящее время в Армении учет потребляемой электроэнергии производится главным образом с помощью однофазных и трехфазных индукционных счетчиков. Эти счетчики обычно имеют погрешность 2,5% при номинальном токе. Однофазные счетчики в основном рассчитаны на номинальный ток 10 А и максимальный ток 30 А. При этом указанные погрешности [1] нормируются в следующих условиях: форма напряжения сети - идеально синусоидальная, напряжение сети - 220 В, частота сети - 50

Гц. Любое отклонение от указанных условий вводит дополнительные погрешности. В реальных условиях при больших перегрузках и общей сети отклонение указанных параметров от номинальных значений значительно: напряжение может падать до 150 В, а частота - до 46 Гц. В таких условиях учет расхода электроэнергии с помощью индукционных электромеханических счетчиков становится невозможным из-за недопустимо больших погрешностей.

В настоящей работе рассматривается вариант построения электронного счетчика электроэнергии, свободного от указанных недостатков.

Структурная схема счетчика представлена на рис. 1 а. Она включает измерительную часть - схему измерения мгновенной мощности (СИММ), масштабирующий усилитель (МУ), преобразователь напряжение-частота (ПНЧ), делитель частоты (ДЧ) и регистрирующее устройство. Основным звеном счетчика электроэнергии является СИММ, которая определяет точность измерения расхода электроэнергии.

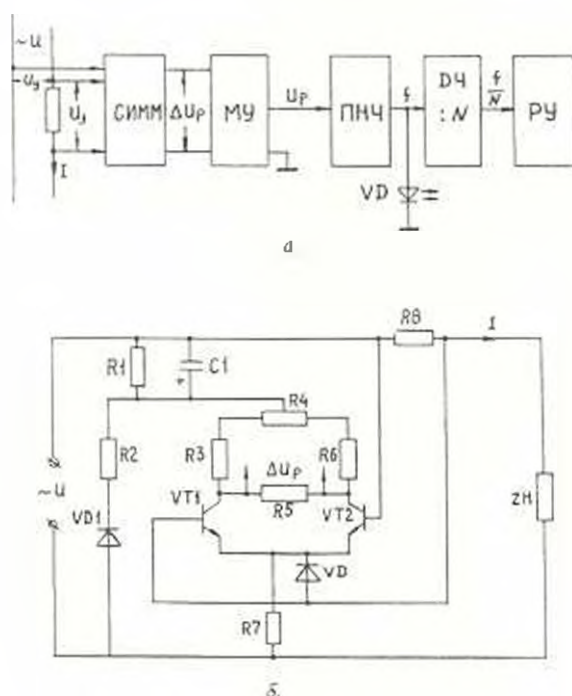


Рис. 1

Принципиальная схема СИММ представлена на рис. 1 б [2]. Схема измеряет мгновенную мощность.

$$\Delta u_p(t) = kP(t) = k(UI \cos \varphi - UI \cos(2\omega t - \varphi)),$$

где U , I - действующие значения напряжения сети и тока нагрузки;
 φ - фазовый сдвиг между током и напряжением;

$\Delta u_p(t)$ - дифференциальное выходное напряжение измерительной схемы.

Ток нагрузки измеряется с помощью шунта R8. Использование маломощных высокочувствительных транзисторов VT1 и VT2 позволяет применять низкоомный шунт. Схема обладает высокой чувствительностью (несколько ватт при номинальной мощности 6 кВт) при сопротивлении шунта не более 0,001 Ом. Мощность, потребляемая схемой, без учета потерь на шунте составляет всего 0,5 Вт, погрешность измерения - примерно 1% полной шкалы (0-6 кВт) при изменениях напряжения сети 220 В...50%.

Масштабирующий усилитель построен на маломощном операционном усилителе по схеме с дифференциальным входом. Одновременно он служит для развязки СИММ от остальной части устройства и сглаживания сигнала $\Delta u_p(t)$, т.е. для выделения активной мощности $U_n = k_2 P = k_2 U \cos \varphi$. Это напряжение не зависит от частоты в сети, поэтому значительные изменения частоты в сети не влияют на точность измерения мощности и энергии.

В качестве ПНЧ применяется высокоточный серийный интегральный преобразователь КР1108ПП1, который обеспечивает преобразование во всем диапазоне (0...10 В) изменения входного напряжения нелинейностью преобразования не более 0,01% [3].

Делитель частоты реализован на микросхемных счетчиках. Для обеспечения максимальной чувствительности и точности коэффициенты передачи масштабирующего усилителя и ПНЧ, а также коэффициент деления делителя частоты выбираются таким образом, чтобы при изменении мощности на нагрузке от 0 до максимального значения P_{max} входное напряжение ПНЧ изменялось в диапазоне 0...10 В, входная частота ПНЧ - 0...10 кГц, а при мощности $P=1 \text{ кВт}$ импульсы, поступающие в РУ, имели частоту 1/360 Гц (один счет в шесть минут).

РУ должно сохранять накопленную сумму и иметь возможность индигировать ее при отключении напряжения в сети. Проще всего в качестве РУ применять электромагнитные счетчики импульсов.

Экспериментально исследованы точность и чувствительность счетчика. Показания счетчика сравнивались с показаниями измерительного комплекса К-50, который имеет класс точности 0,5.

С помощью прибора измерялись ток I_n , напряжение U_n и мощность P_n . За время каждого измерения мощность на нагрузке поддерживалась постоянной с помощью автотрансформатора. Время проведения измерения энергии для каждого значения мощности фиксировалось.

Порог чувствительности составляет 3 Вт. Он контролируется с помощью светодиода VD (рис. 1 а). Светодиод может служить также индикатором работы счетчика. На рис. 2 представлены зависимости относительной погрешности от значения мощности.

$$\delta = (P_w t - W_{сч}) 100\% / P_w t,$$

где P_w - мощность, измеренная ваттметром прибора К-50; t - время измерения; $W_{сч}$ - расход энергии, зарегистрированной счетчиком.

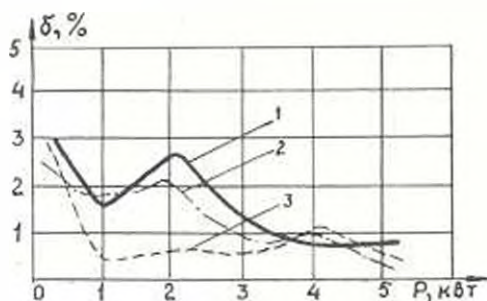


Рис. 2

Погрешности, усредненные во всем диапазоне изменения мощности, составляют: $\delta=0.95\%$ при $\cos\varphi=0.5$; $\delta=0.67$ при $\cos\varphi=0.74$, $\delta=0.50\%$ при $\cos\varphi=1$. Во время проведения измерений напряжение сети изменялось в пределах 178...214 В, а частота - 46...47 Гц.

ЛИТЕРАТУРА

1. ГОСТ 8. 259-77. Счетчики электрические активной и реактивной энергии индукционные. Методы и средства проверки. - М.: Изд-во стандартов.
2. Граф Р. Электронные схемы. - М.: Мир, 1989. - 686 с.
3. Вениаминов В.И., Лебедев О.И., Мирошниченко А.И. Микросхемы и их применение. - М.: Радио и связь, 1989. - 240 с.

ГИУА

17. VI.1993

Изв. НАН и ГИУ Армении (сер. ТН). т. XLVIII. №1. 1995, с. 58-61.

УДК 691.81.012:666.972.125

КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

Р.А. КОТИКЯН, К.С. КАРАПЕТЯН, С.М. СААКЯН

ПРОЧНОСТЬ ГРУНТОБЛОКОВ ПРИ СЖАТИИ

Ինքնաշարժ և Սպիտակ քաղաքում ամերիկյան համակարգչային կառավարումով աշխատող АСКТ մեքենայով պատրաստված գրունտաբլոկների ամրության հետազոտման արդյունքները: Հետազոտությունը ցույց է տալիս, որ բոլոր ցուցանիշներով գրունտաբլոկները պիտանի են մեկ և երկու հարկանի բնակարաններ և շենքեր կառուցելու համար:

Приводятся результаты исследования прочности грунтоблоков, изготовленных в г. Спитяке с помощью разработанной американскими специалистами автоматической машины АСКТ с компьютерным управлением. Исследование показало, что по всем показателям грунтоблоки могут применяться в строительстве одно- и двухэтажных индивидуальных жилых домов и зданий другого назначения.

Табл. 3.

The results of studying groundblock strength fabricated in Spitak with the help of automatic machine ASKT having computer control developed by Armenian specialists are given. Testing showed that groundblocks by all the factors can be used in building one- and two-storeyed individual dwelling houses and buildings for other purposes.

Table 3.

Во многих странах мира в строительстве одно- и двухэтажных зданий различного назначения кладка стен осуществляется из блоков, формованных из грунта под высоким давлением. Грунтоблоки используются в строительстве индивидуальных жилых домов, ресторанов, магазинов, полицейских участков, товарных складов, фермерских пунктов, пожарных станций и др.

Грунтоблоки производят с помощью разработанной американскими специалистами автоматической машины АСКТ с компьютерным управлением. По данным Передового восточного строительного технологического института США, производительность машины составляет 6000 блоков в течение восьмичасового рабочего дня. Грунтоблоки размерами $36 \times 26 \times 8 \text{ см}^3$ в любом измерении отличаются друг от друга не более чем на 3 мм, что весьма важно при кладке стен. Для кладки стен применяется слой литого цементно-грунтового или просто грунтового раствора. После нанесения на поверхность уложенных блоков толстого слоя раствора и укладки взятых с конвейера свежесформованных блоков через некоторое время трудно их оторвать от лежащих блоков.

Расчеты показывают, что машина АСКТ всего за 9 часов может изготовить необходимое количество блоков для постройки жилого здания размерами в плане 100 м^2 , высотой 3 м. Производимые машиной грунтоблоки под высоким давлением получают весьма прочными и зависят от состава грунта. При этом желательно наличие в грунте суглинки. Применение грунтоблоков для строительства одно- и двухэтажных зданий экономически весьма выгодно: по американским данным, грунтоблоки в 2-4 раза обходятся дешевле, чем полые бетонные блоки.

В статье приводятся результаты исследования прочности и деформированности грунтоблоков, выполненных в Институте механики АН Армении.

Испытания грунтоблоков представляют определенные трудности, особенно в вопросе измерения их продольных деформаций по высоте, в соответствии с их работой в конструкции стены. Однако эти трудности были преодолены разработкой специальной методики измерения кратковременных и длительных деформаций грунтоблоков. Испытания на прочность и деформации половинок грунтоблоков производились универсальной испытательной машиной ОМ-40. Для проведения исследования физико-механических свойств грунтоблоков в Институт механики АН Армении в разное время были доставлены из зоны землетрясения г. Спитак три партии грунтоблоков. Количество блоков в первой, второй и третьей партиях составляло 24, 32 и 69 шт. соответственно. В первых опытах на прочность испытаны грунтоблоки из второй партии образцов. Испытанию подверглись 4 грунтоблока натуральных размеров, а также две половинки одного и того же грунтоблока в возрасте 14 сут. Результаты испытаний приведены в табл.1.

Таблица 1

Номер образца	Размеры образца, см			Площадь образца, см ²	Разрушающая нагрузка, кН	Предел проч- ности на сжатие, МПа	Средняя прочность, МПа	Общая деформация к моменту начала разрушения, мм
	a	b	h					
Грунтоблоки натуральных размеров								
1	35,0	25,2	8,9	882	920	10,24	10,46	6,5
2	35,5	25,5	9,1	905	920	9,97		6,0
3	35,5	25,5	8,9	900	976	10,62		7,0
4	35,1	25,1	9,1	881	990	11,01		7,5
Половинки грунтоблока								
1	16,2	25,1	9,1	407	290	7,12	7,69	8,0
2	16,2	25,1	9,1	407	336	8,25		8,0

Испытания показали, что из-за большой площади и малой высоты разрушение грунтоблока начинается с боковых периферийных слоев, где более свободно развиваются поперечные деформации. Затем разрушаются последующие периферийные свободные слои, и наконец, вся оставшаяся часть.

Так как грунтоблочные стены являются многослойными конструкциями, то важно было испытать прочность составных грунтоблочных образцов, состоящих из нескольких грунтоблоков, уложенных друг на друга. Испытанию подверглись одиночный грунтоблок и один трехслойный образец, состоящий из трех уложенных друг на друга блоков (табл. 2). Результаты этих опытов приводят к выводу, что на основании прочности одиночного грунтоблока невозможно оценить прочность грунтоблочной стены. Исходя из этого, испытанию были подвергнуты трехслойные образцы следующих разновидностей: А - без раствора между грунтоблоками; Б - с тонким

Таблица 2

Номер грунтоблока	Возраст к моменту испытания, сут	Размеры грунтоблоков, см			Площадь образца, см ²	Разрушающая нагрузка, кН	Предел прочности, МПа	Прочность трехслойного образца от прочности одиночного грунтоблока, %	
		a	b	h					
Одиночный грунтоблок									
1	6	35,5	25,5	9,8	905	652	7,06	26,05	
Составной образец									
2	6	35,4	25,4	9,9	905	170	1,84		
3		35,5	25,5	9,6					
4		35,5	25,5	9,9					

слоем грунтового раствора между ними; В-с тонким слоем грунта между ними.

В этих опытах одновременно были испытаны три грунтоблока в отдельности. Результаты испытаний приведены в табл. 3.

Таблица 3

Номер грунто- блока	Возраст к моменту испытания, сут	Размеры грунтоблоков, см			Пло- щадь образца, см²	Разру- шаю- щая нагрузка, кН	Предел проч- ности, МПа	Средний предел проч- ности, МПа	Проч- ность трех- слойного образца от проч- ности оди- ночного грунто- блока, %
		a	b	h					
Одиночные грунтоблоки									
1	16	35,5	25,4	9,7	902	691	7,5	7,35	100
2			25,5	9,9	905	600	6,5		
3			25,5	9,8	905	752	8,14		
Образец А									
4	16	35,5	25,5	9,8	903	182	1,98		26,9
5			25,4	9,6					
6			25,5	9,6					
Образец Б Серия N 1									
7	16	35,5	25,5	9,8	905	152	1,65		
8				9,5					
9				9,8					
Серия N 2									
10	16	35,5	25,5	9,7	903	92	1,00	1,55	21,0
11			25,4	9,9					
12			25,4	10,0					
Серия N 3									
13	16	35,4	25,4	9,7	902	135	1,45		
14			25,4	9,8					
15			25,5	10,0					
Образец В Серия N 1									
16	16	35,5	25,5	9,8	905	206	2,23		33,5
17				9,9					
18				9,9					
Серия N 2									
19	16	35,5	25,5	9,7	905	250	2,71		
20				9,5					
21				9,9					

Существенное снижение прочности составных трехслойных образцов наблюдается и в остальных двух случаях, когда кладка стен осуществляется грунтовым раствором или введением между блоками слоя грунта (табл. 3): в первом случае прочность трехслойного образца в 5 раз ниже прочности одиночного грунтоблока, а во втором случае - в 3 раза. Несомненно, что с увеличением количества слоев прочность образцов окажется низкой, чем при описанных выше опытах.

Расчеты показали, что при высоте стен двухэтажного дома 6 м, толщине 26 см и объемной массе блоков 2000 кг/м³ напряжение в грунтоблоках первого ряда от собственного веса стены составляет всего 0,12 МПа.

ПЕРСОНАЛИИ

МАРТЫН ВАГАНОВИЧ КАСЬЯН

К 90 - ЛЕТИЮ СО ДНЯ РОЖДЕНИЯ

14 сентября 1995 г. исполняется 90 лет со дня рождения выдающегося ученого в области машиностроения академика Национальной Академии наук Армении, лауреата Государственной премии Армении, заслуженного деятеля науки и техники Армении, доктора технических наук, профессора Мартына Вагановича Касьяна.



Мартын Ваганович родился в 1905 г. Среднюю школу окончил в 1923 г., а в 1928 г. завершил высшее образование и получил квалификацию инженера-механика. С 1927 г. начал работать на производстве и прошел все этапы инженерной деятельности на машиностроительных предприятиях. Совмещая работу на производстве с работой на кафедре механической технологии Грузинского политехнического института, он с 1927 г. начинает свою самостоятельную научно-педагогическую деятельность. Собирав вокруг себя молодых специалистов, М.В. Касьян активно включается в организацию машиностроительной и, в частности, станкостроительной промышленности Грузии. Для решения многих вопросов требовались исследования, и М.В. Касьян с присущими ему энергией и знанием дела создает лабораторию кафедры технологии машиностроения ГПИ. В дальнейшем под руководством М.В. Касьяна эта лаборатория стала одним из очагов машиностроительной мысли Советского Союза. Обобщением работ, выполненных в лаборатории, стали кандидатская и докторская диссертации М.В. Касьяна, которые он блестяще защитил соответственно в 1937 и 1943 гг.

С именем М.В. Касьяна связана организация аспирантуры при кафедре технологии машиностроения ГПИ, где под его руководством были подготовлены и защищены 30 диссертаций.

В 1943 г. на М.В. Касьяна была возложена огромной сложности задача по организации на предприятиях Грузии производства боевой техники и боеприпасов для нужд фронта.

В 1949 г. М.В. Касьян по приглашению Ереванского политехнического института переезжает в Ереван, назначается заместителем директора института по учебной и научной работе и избирается заведующим кафедрой технологии машиностроения. Одновременно АН Армении поручает ему разработать основы теории резания камней. Результатом этих обширных исследований, проведенных с привлечением большого числа сотрудников Института камня и силикатов, явилось создание гаммы камнеобрабатывающих станков. В указанном институте под руководством М.В. Касьяна были подготовлены десятки кандидатов наук для Армении, Украины и других союзных республик.

Исследования в области обработки металлов получили особое развитие именно в Ереване на базе работ кафедры технологии машиностроения. Исследовательские работы проводились не только в лабораториях института, но и в заводских лабораториях, каждая из которых получила свое научное направление для решения конкретных научных и производственных задач. Были налажены творческие связи со многими ведущими специалистами Союза и зарубежных стран. Благодаря неутомимым усилиям М.В. Касьяна и его учеников кафедра в скором времени получила общее признание. Здесь под его непосредственным руководством изучались самые актуальные вопросы современного машиностроения.

Для более полного удовлетворения растущей потребности республики в научных работниках и создания возможностей повышения квалификации специалистов из производства М.В. Касьян впервые в Союзе в 1962 г. организует общественную аспирантуру, за время существования которой были подготовлены и защищены более ста шестидесяти диссертаций по различным отраслям науки и техники. Опыт такой работы получил всесоюзное распространение и полное признание ВАКа.

В 1953 г. М.В. Касьян избирается членом-корреспондентом, а в 1956 г. — академиком АН Армении по машиностроению.

Он занимал должности академика-секретаря Отделения технических наук и АН Армении.

В 1957 г. в связи с организацией Государственного научно-технического Комитета Совета Министров Армении М.В. Касьян назначается его председателем, где под его руководством решается ряд крупнейших задач, имеющих важное значение для республики, и создается ряд научно-исследовательских институтов.

За время своей научно-педагогической работы М.В. Касьян участвовал в подготовке более десяти тысяч инженеров-машиностроителей. Под его непосредственным научным руководством подготовили и защитили кандидатские и докторские диссертации свыше 150 человек.

Наряду с научно-исследовательской работой, итоги которой опубликованы в более чем 270 статьях, книгах и брошюрах, М.В. Касьян ведет активную инженерную работу. Он вместе со своими учениками является автором многих изобретений в области станкостроения и режущего инструмента для обработки металла и камня.

В 1970 г. М.В. Касьян был удостоен Государственной премии Армении в области науки и техники за расширение возможностей вихрекопировального станка.

Большую и плодотворную работу ведет М.В. Касьян по общественной линии. Будучи одним из организаторов журнала "Гитутюн ев техника", он является бессменным редактором этого журнала, а с 1962 г. по 1988 г. редактором и ныне членом редакции технической серии "Известия АН Армении".

В обществе "Знание", членом которого он состоит со дня его организации, М.В. Касьян руководит Методическим советом по науке и технике. Он был избран членом Президиума Армянского Правления этого общества.

В 1955 г. под его председательством было организовано Республиканское правление НТО Машпром.

Он является членом секции "Резания металлов" машиностроительного Совета ГКНТ Совета Министров СССР, а в настоящее время - членом нескольких ученых советов вузов и НИИ.

За выдающиеся заслуги в деле развития машиностроения, подготовки научных и инженерных кадров М.В. Касьян награжден двумя орденами "Трудового Красного Знамени", орденом "Дружба народов", орденом "Знак почета", тремя медалями, грамотами Президиума Верховного Совета Армении, ВЦСПС, ВСНТО и других организаций. В 1960 г. ему было присвоено почетное звание заслуженного деятеля науки и техники Армении, в 1963 г. звание - "Почетный член НТО". Он является лауреатом имени Тиме. С 1985 г. он почетный член общества "Знание" с занесением его фамилии в книгу почта ВО "Знание". В 1984 г. М.В. Касьян избирается заместителем председателя Армянского Правления "Знание" и за долгую плодотворную работу награждается медалью имени Вавилова. Он награжден специальным значком ВЦСПС и медалью "40 лет Великой Победы" над фашистской Германией. В связи с 50-летием Ереванского политехнического института (ныне Государственного инженерного университета Армении) награжден почетной грамотой Верховного Совета Армении. За активную научную работу М.В. Касьян награжден почетной грамотой Академии наук Армении "Мецарман гир".

В канун своего девяностолетия М.В. Касьян ведет большую и активную работу по подготовке инженерных и научных кадров в области машиностроения и в решении актуальных задач, стоящих перед машиностроением.

Многочисленные ученики и коллеги желают М.В. Касьяну - выдающемуся ученому, доброму и высокоинтеллигентному человеку, создателю Армянской школы машиностроителей, крепкого здоровья и дальнейшей плодотворной научной работы.

Редколлегия

АНДРОНИК ГЕВОНДОВИЧ ИОСИФЬЯН

(1905-1993)

К 90 - ЛЕТИЮ СО ДНЯ РОЖДЕНИЯ

21 июля 1995 г. исполняется 90 лет со дня рождения выдающегося ученого и крупнейшего инженера в области электротехники-электромеханики, одного из организаторов электротехнической науки и промышленности России, Армении и других бывших союзных республик, представителя славной плеяды основоположников ракетостроения и космонавтики, основателя и первого руководителя ВНИИЭлектромеханики, академика НАН Армении и Академии Космонавтики им. Циолковского, Героя Социалистического Труда, лауреата Ленинской и Государственной премий, заслуженного деятеля науки и техники России и Армении, доктора технических наук, профессора Андроника Гевондовича Иосифьяна.



Андроник Гевондович родился 21 июля 1905 г. в семье учителя и небольшого армянском селении Цмакагог Нагорного Карабаха.

В 1922 г. вступил добровольцем в Особую Кавказскую армию РККА, стал телефонистом батальона связи. Службу в армии он совмещал с учебой на вечерних общеобразовательных курсах при Наркомпросе. После демобилизации из армии поступил в институт.

Уже в студенческие годы проявились особенности личности А.Г. Иосифьяна, которые стали характерными для него и в дальнейшем: неиссякаемая энергия, стремление к самостоятельным исследованиям и необыкновенная работоспособность, которая позволяла ему успешно

совмещать учебу и работу с исследованиями в области военной электротехники. Описание своего изобретения "Электрическая винтовая пушка" он послал в Москву, откуда был вызван в Техштаб вооружений РККА. Его направили для консультаций в ВЭИ. В машинно-аппаратном отделе акад. К.И. Шенфера ему, студенту последнего курса института, предложили защитить диплом на тему его изобретения. После защиты его пригласили по окончании института на работу в ВЭИ, где он проработал в отделе акад. Шенфера до 1941 г. Здесь в полной мере проявился его талант ученого и изобретателя. Им разработана теория и созданы образцы линейных двигателей переменного тока, один из которых демонстрировался в 1939 г. на Всемирной выставке "Мир" будущего" в Нью-Йорке. Он первым в мире предложил конструкцию бесконтактной электрической машины, выведя магнитный поток из ротора во внешний магнитопровод. Найти подобное решение можно было, только смело выйдя за рамки известных принципов. Идея была реализована в изобретении бесконтактного сельсина.

В 1941 г., через 3 месяца после начала Великой Отечественной войны, в обстановке стремительного приближения немцев к Москве и массовой эвакуации из города предприятий и организаций, доктор технических наук, профессор А.Г. Иосифьян был назначен директором Государственного Союзного завода № 627 Наркомата электротехнической промышленности. Завод, который впоследствии перерос в крупнейший научный центр - Всесоюзный научно-исследовательский институт электромеханики (ВНИИЭМ), был создан для разработки и выпуска новых образцов военной электротехники, средств связи, источников электропитания и вооружения для Красной Армии.

Радары с огневой наводкой, использующие сельсины Иосифьяна, появились уже в декабре 1942 г., за что А.Г. Иосифьян получил свой первый орден Ленина. Управляемые по проводам электроганкетки - торпеды, морские торпеды со специальными моторами, различные типы источников электропитания, поставлялись заводом института армейскими частями, подразделениями ПВО и радиолокации.

Все электротехнические системы, включая синхронно-следящую систему управления орудийным огнем, были созданы в НИИ-627 для тяжелого бомбардировщика "ТУ-4". Для этого были разработаны 42 типа новых отечественных электрических машин и аппаратов, не уступающих современным американским образцам того времени.

А.Г. Иосифьян, будучи специалистом и ученым-новатором в области электрических машин, комплексных энергосистем и автоматики, возглавлял обширные научные исследования и разработки как Главный конструктор, научный руководитель или просто инициатор и вдохновитель и способствовал становлению электромеханики как науки. При этом он всегда находил и поддерживал ростки научных и технических новшеств, которые потом развивались в самостоятельные научные направления. Решая задачи сегодняшнего дня, он всегда заглядывал и в завтрашний. Так, в 1953-55 гг., в период неприятия кибернетики, А.Г. Иосифьян руководил созданием в НИИ-627 совместно с ЛУМС АН СССР первой в стране цифровой малогабаритной вычислительной машины "М-3". Разработка ЭВМ велась вне тематического плана, почти подпольно, небольшим коллективом энтузиастов, и "М-3" в дальнейшем сыграла колоссальную роль в развитии вычислительной техники. Она стала родоначальницей серий машин "Минск" и "Раздан", способствовала становлению еще нескольких баз вычислительной техники у нас и за рубежом.

В 1945 г. А.Г. Иосифьян был избран членом-корреспондентом, а в 1950 году - академиком АН Армении. Несколько раз он избирался ее

вице-президентом, оставаясь директором ВНИИЭМ. Он осуществлял тесное взаимодействие ВНИИЭМ с наукой и промышленностью Армении, что во многом способствовало развитию электротехнической отрасли как в республике, так и в стране. Первый филиал ВНИИЭМ в Ереване возник в 1956 г., а первый завод по выпуску генераторов для колхозных микроГЭС А.Г. Иосифьян организовал в Ереване еще во время войны. Ереванский филиал ВНИИЭМ стал в дальнейшем Всесоюзным НИИ комплексного электрооборудования и Главным в стране по целому ряду направлений. Опираясь на природные и кадровые ресурсы Армении, А.Г. Иосифьян поддерживал строительство в Армении новых крупных заводов по серийному выпуску электротехники, новых предприятий в смежных отраслях электропромышленности, в том числе по производству современных ЭВМ. По инициативе А.Г. Иосифьяна свои филиалы в Армении создали многие научные организации Союза. Ученики "Электрикоса всех армян" (так в шутку называли его единомышленники) возглавляют многие научные и промышленные организации Армении. Сейчас, как никогда, исторический пример и опыт деятельности А.Г. Иосифьяна, его воля к достижению цели вопреки обстоятельствам могут стать источником силы, мужества и мудрости.

С началом работ по ракетной технике в СССР НИИ 627 становится головным по разработке бортового электротехнического оборудования ракет, а А.Г. Иосифьян - его Главным конструктором и членом Совета Главных конструкторов КБ С.П. Королева, а затем и М.К. Янгеля. Первая межконтинентальная баллистическая ракета, с помощью которой запускались первый спутник (1957 г.) и гагаринский "Восток" (1961 г.), была буквально начинена уникальным электрооборудованием, созданным под руководством А.Г. Иосифьяна. В 1961 г. "за успехи в развитии ракетной техники и обеспечение первого полета человека в космос" А.Г. Иосифьян был награжден орденом Ленина и золотой медалью Героя Социалистического Труда.

Постоянное стремление А.Г. Иосифьяна применять электротехнику в новых, неизведанных областях привело ВНИИЭМ к созданию собственных спутников. Впервые в мировой практике искусственным спутником Земли стала Космическая Электротехническая Лаборатория - КЭЛ "ОМЕГА". Она позволила исследовать в натурных условиях космического полета работу основных систем космических аппаратов: энергетики, терморегулирования, ориентации, управления, стабилизации. Эти системы для "ОМЕГ" создавались на базе специально разработывавшегося уникального электрооборудования и оригинальных электромеханических комплексов. В них были синтезированы последние достижения электромеханики, следящего привода, систем управления, электронных систем. Два спутника "ОМЕГА", созданные под руководством А.Г. Иосифьяна, стартовавшие в 1963 г., были среди первых спутников серии "КОСМОС" (КОСМОС-14 и 23). Результаты их испытаний позволили приступить во ВНИИЭМ к созданию первого в мировой технике метеорологического космического аппарата "МЕТЕОР" с трехосной пространственной ориентацией приборного контейнера на Землю и автономной ориентацией солнечных батарей на Солнце. Система трехосной ориентации впервые создавалась с использованием электродвигателей-маховиков и не требовала топлива.

В 1967 г. три искусственных спутника земли "МЕТЕОР" образовали экспериментальную метеорологическую систему, которая в 1969 г. была принята в постоянную эксплуатацию как Государственная станция "МЕТЕОР". В 1970 г. за создание "МЕТЕОРОВ" Главный конструктор А.Г. Иосифьян получил Ленинскую премию.

Основные новаторские решения, примененные в космическом аппарате "МЕТЕОР", вскоре нашли широкое применение и других

космических аппаратах, в том числе и в пилотируемых космических кораблях. В дальнейшем А.Г. Иосифьян руководил созданием метеорологических спутников второго поколения - "МЕТЕОР-2", спутника для дистанционного зондирования Земли - "МЕТЕОР-ПРИРОДА", спутников для комплексного изучения ионосферы и магнитосферы - "ИНТЕРКОСМОС-БОЛГАРИЯ-1300". Во всех этих проектах А.Г. Иосифьян далеко выходил за рамки интересов Главного конструктора собственно спутника и глубоко вникал в физический смысл работы и принципы конструкции устанавливаемых на спутнике приборов, обсуждал с исполнителем их схемы и устройства, обеспечивая творческую координацию работы многих организаций. Личный авторитет А.Г. Иосифьяна, его широкая научная эрудиция, доброжелательность во взаимоотношениях обеспечивали эффективное творческое взаимодействие коллектива Головного Института с многочисленными организациями-соисполнителями.

Поражает результативность и масштабность деятельности А.Г. Иосифьяна по управлению, научному руководству и созданию крупных комплексных систем (разработок) новой техники с участием многих научных и производственных коллективов-заводов и НИИ.

Несколько десятков организаций различных отраслей народного хозяйства эффективно взаимодействовали при создании по ВНИИЭМ комплексного электроэнергетического оборудования для электродвижения атомных кораблей и подводных лодок.

Среди других примеров деятельности А.Г. Иосифьяна по кооперации с большим числом предприятий является создание серии асинхронных двигателей 4А, состоящей из 760 модификаций. За эти разработки А.Г. Иосифьян был удостоен Государственной премии.

Удивительно плодотворна научная деятельность А.Г. Иосифьяна. Опубликованные его научные труды охватывают области автоматики, телемеханики, автоматического управления, следящего привода, вопросов теории электрических машин, теоретической электромеханики и электродинамики, космической техники. Многие из них широко известны и вошли в учебники.

В работах, посвященных теории электромагнитного поля и гравитации, А.Г. Иосифьян предлагает новые уравнения гравитации, новую систему дифференциальных уравнений электродинамики, инверсно-сопряженных основным уравнениям Максвелла и дополняющих их, открывающую, по мнению А.Г. Иосифьяна, возможности синтеза классической и квантовой электродинамики. В этих работах он развивает идеи В.Ф. Миткевича, опираясь на научное наследие Фарадея-Максвелла, идеях П.М. Дирака, М. Планка, открытиях в области сверхпроводимости. В конце 80-х годов А.Г. Иосифьян открыл по этим работам дискуссию на страницах журнала "Электричество".

А.Г. Иосифьян отличался широтой научных интересов, незаписанным и нестандартным мышлением. В нем удивительно сочетались глубина мышления теоретика и яркая интуиция экспериментатора, широкие знания специалиста и активность выдающегося организатора. Он всегда был полон творческих идей, многие из которых до сих пор еще не исчерпали себя. Среди них - новый подход к некоторым важным вопросам теории электромагнетизма; предложения, открывающие возможности синтеза классической и квантовой электродинамики; широкая интеллектуализация электромеханики на основе встроенных вычислительных средств, работающих на молекулярном уровне, и др.

По своей натуре Андриик Гелондович был добрым и демократичным человеком, всегда доступным и щедрым на идеи и предложения. Общение с ним всегда дарило радость. Он обладал особым

талантом: умел увлечь не только учеников и соратников, но и большие научные и производственные коллективы своими новаторскими идеями, умел создать в них атмосферу творческой заинтересованности.

В день 90-летия со дня рождения А.Г. Иосифьяна мы отмечаем его громадный вклад в теоретическую и практическую электротехнику, его государственный подход к решению научно-теоретических и практических задач электромеханики, который способствовал развитию науки и техники. Однако сегодня самым важным результатом яркой, многогранной и необычайно продуктивной деятельности А.Г. Иосифьяна является наличие в СНГ нескольких поколений созданной им замечательной школы электротехников, среди которых — ученые, инженеры, кандидаты и доктора наук, организаторы науки и производства. Им предстоит возрождать и развивать интеллектуальный и экономический потенциал нашего общества.

Редколлегия

ԲՈՎԱՆԴԱԿՈՒԹՅՈՒՆ

Խմբագրական կոլեգիայի կողմից	3
Հ. Բ. Բաղդասարյան, Հ.Հ. Հարությունյան, Վ.Հ. Բաղդասարյան. Կտրիչի հիմնական անկյունների որոշումն ըստ մշակվող մետաղի խզման դաշտի	4
Թ.Գ. Մարգարյան, Ս. Հ. Իսրաելյան. Ապակե ֆիբրաբետոնե սալով չհանվող կաղապարամածով ստացված թեթև բետոնե պատի հատվածի ամրության և դեֆորմացիայի բնութագրերը շեղածոման դեպքում	7
Ս.Գ. Մամյան, Ա.Ա. Ալաա Էլդին, Լ.Ի. Փահլևանյան. Փոշե պողպատների բեկուն քայքայման դիմադրողականության բարձրացումը ջերմամեխանիկական մշակման եղանակով	11
Գ.Դ. Հակոբջանյան. Վեցբևեռային սխեմաների մեքենայական հաշվարկի մասին	15
Վ.Կ. Բրուտյան. Բազմաչափ համակարգերում փոփոխական ուղարամետրերի հաջորդական գնահատումը	22
Ս.Ե. Չիմիշկյան. Լարման ԼՍՄ-կարգավորիչով սնվող վենտիլային շարժիչի դինամիկայի մոդելը	27
Ս.Հ. Մկրտչյան, Տ.Պ. Աթունյան. ԷՆՄ-ի միջոցով նմանակաթվային կերպափոխման մոդելավորման մեթոդ	32
Բ.Գ. Գեմիլյան, Լ.Մ. Թաթիկյան. Ազդանշանների թվային մշակման դեպքում Չեբիշևի և Բաթերվորդի նմանակային ֆիլտրերի կիրառման հարցի վերաբերյալ	36
Ա.Ռ. Համբարյան, Մ.Ա. Ղուկասյան. Մագնիսադեկավարվող ինտեգրալ սխեմաներում Հոյլի տարրի սկզբնական լարման մեծության չափաբերումը լազերային ազդեցության միջոցով	40
Ն.Զ. Գրիգորյան, Բ.Լ. Արևշատյան. Վերագրանցման երևույթի վերլուծությունը ջնջման գլխիկի բացակի ուղվագծից՝ փոփոխական դաշտով ջնջման դեպքում	44
Ս.Մ. Ղազարյան, Ա.Ա. Սարգսյան, Հ.Պ. Զոչարյան. Տարածական խնդիր չրի հոսանքում լուծված, էճույացված եվ կախված նյութերի տեղաբաշխման վերաբերյալ	48
Բ.Մ. Մամիկոնյան. Մեծ գծային տեղափոխումների ձևափոխիչ	51
Վ.Մ. Մովսեսյան, Ն.Ն. Պետրոսյան, Ա.Շ. Հարությունյան. Էլեկտրաէներգիայի էլեկտրոնային հաշվիչ	55
Ռ.Ա. Կոտիկյան, Կ.Ս. Կարապետյան, Ս.Մ. Սահակյան. Գերունտաբույսերի ամրությունը սեղմման դեպքում	58
Մարտին Վահանի Կասյան՝ ծննդյան 90-ամյակի առթիվ	62
Անդրոնիկ Ղեռնդի Իոսիֆյան՝ ծննդյան 90-ամյակի առթիվ	65

СОДЕРЖАНИЕ

От редакционной коллегии	3
Г.Б. Багдасарян, Г.А. Арутюнян, В.Г. Багдасарян. Определение основных углов резца по разрывному полю обрабатываемого металла	4
Т.Г. Маркарян, С.А. Израелян. Прочностные и деформационные характеристики при перекосе фрагментов легкобетонных стен с несъемной опалубкой из стеклофибробетонных плит	7
С.Г. Мамян, А.А. Алаа Эльдия, Л.И. Пахлеваян. Повышение сопротивления хрупкому разрушению порошковых сталей методом термомеханической обработки	11
Г.Д. Акопджанян. О машинном расчете шестиполусных схем	15
В.К. Брутян. Последовательная оценка переменных параметров в многомерных системах	22
С.Е. Чимижьян. Модель динамики вентильного двигателя, питаемого от ШИМ - регулятора напряжения	27
С.О. Мкртчян, Т.П. Алтуян. Метод моделирования аналого-цифрового преобразования на ЭВМ	32
Б.Г. Гемиян, Л.М. Татикян. К вопросу применения аналоговых фильтров Чебышева и Баттерворта при цифровой обработке сигналов	36
А.Р. Амбарян, М.А. Гукасян. Корректировка величины начального напряжения элемента Холла в магнитоуправляемых интегральных схемах лазерным воздействием	40
Н.З. Григорян, Б.Л. Аревшатын. Анализ зависимости эффекта перезаписи от конфигурации зазора головки стирания при стирании переменным полем	44
С.М. Казарян, А.А. Саргсян, О.П. Кочарян. Пространственная задача распределения растворенных, эмульгированных и взвешенных веществ в водном потоке	48
Б.М. Мамиконян. Преобразователь больших линейных перемещений	51
В.М. Мовсесян, Н.Н. Петросян, А.Ш. Арутюнян. Электронный счетчик электроэнергии	55
Р.А. Котикян, К.С. Карапетян, С.М. Саакян. Прочность грунтоблоков при сжатии	58
Мартын Ваганович Касьян. К 90-летию со дня рождения . . .	62
Авдроник Гевондович Иосифьян. К 90-летию со дня рождения	65

CONTENTS

From the Editorial Board	3
G.B. Baghdassarian, G.A. Harutunian, V.G. Baghdassarian. Determining basic cutting angles in breakage field for metal treated	4
T.S. Markarian, S.A. Israelian. Strength and deformative characteristics obtained in fragment skewing of the light-weight concrete walls with a retained formwork made of glass fibrous concrete plates	7
S.G. Mamian, A.A. Alaa Eldin, L.I. Pahlevanian. Brittle fracture resistance increasing of the powder steels by thermomechanical treatment	11
G.D. Hakopjanian. Machine calculation of six-terminal circuits	15
V.K. Brutian. Sequential evaluation of variable parameters in multidimensional sysytems	22
S.E. Chimishkian. A value engine dynamics model energized by voltage regulator - VPM	27
S.O. Mkrtchian, T.P. Altunian. A method for analog-digital conversion simulation on an electronic computer	32
B. G. Gemilian, L.M. Tatikian. A problem on Chebishev-Butterwort analog filter applicallon in digital treatment of signals	36
A.R. Hambarian, M.A. Ghukassian. Quantity correction of initial Hall element voltage in magnetocontrolled integral circuits by laser effect	40
N.Z. Grigorian, V.L. Arevshatian. Rewriting effect dependence analysis on configuration of the erasing head clearance with alternative field erasing	44
S.M. Ghazarian, A.A. Sarkissian, O.P. Kocharian. A spatial problem on distributing dissolved emulgated and weighed substances in a water flux	48
B.M. Mamikonian. A large linear displacement transducer	51
V.M. Movsessian, N.N. Petrossian, A.Sh. Harutunian. An electronic electricity meter	55
R.A. Kotikian, K.S. Karapetian, S.M. Sahakian. Compression strength of grounblocks	58
Kassian, Martin Vahan - To the 90-th anniversary	62
Iosifian. Andranik Ghevond - To the 90-th anniversary	65