

ՀԱՅԿԱԿԱՆ ՍՍՀ
ԳԻՏՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ԱԿԱԴԵՄԻԱՅԻ

ՏԵԴԵԿԱԳԻՐ ИЗВЕСТИЯ

АКАДЕМИИ НАУК АРМЯНСКОЙ ССР

ՏԵԽՆԻԿԱԿԱՆ ԳԻՏՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ՍԵՐԻԱ
СЕРИЯ ТЕХНИЧЕСКИХ НАУК

ԽՄԲԱԳՐԱԿԱՆ ԿՈՒՆԻՒՆ

Ժառանգ Մ. Վ. (պատ. խմբագիր) Ազոնց Հ. Տ. (պատ. խմբագրի տեղակալ), Արևեսենի
Վ. Վ., Անանյան Ա. Կ., Գրոսյան Տ. Ա., Զալոյան Մ. Ա., Նազարով Ա. Դ., Տեր-Ազարե Ի. Ա.,
Փինեյսյան Վ. Վ. (պատ. խմբագրի տեղակալ)
Պատասխանատու քարտուղար Ստեփանյան Չ. Կ.

Кисьян М. В. (ответ редактор) Азонц Г. Т. (зам. ответ редактора), Аревесенский
В. В., Ананян А. К., Гросьян Т. А., Залоян М. А., Назаров А. Д., Пинеисян В. В. (зам.
ответ. редактора), Тер-Азарян И. А.
Ответственный секретарь Степанян З. К.

Խմբագրությունը հասցեն՝ Երևան, Բարեկամության 24.
Адрес редакции: Ереван. Барекамутян, 24

МАШИНОСТРОЕНИЕ

М. Б. ЭДИЛЯН, Г. Т. АГАРОНЯН

СИНТЕЗ РЫЧАЖНО-ЦЕПНОГО МЕХАНИЗМА С
ПЕРИОДИЧЕСКИМ ПОВОРОТОМ ВЕДОМОГО ЗВЕНА

В последние годы заметно возрос интерес к задачам проектирования механических систем с периодическим движением рабочего звена. Объясняется это тем, что при проектировании новых машин-автоматов и при модернизации существующего парка требуется воспроизведение новых разнообразных форм прерывистого движения. Особенно быстро развиваются аналитические методы проектирования, так как только они могут обеспечить ту точность воспроизведения заданных условий (функций), которая определяется современными требованиями к машинам-автоматам, системам управления и приборам.

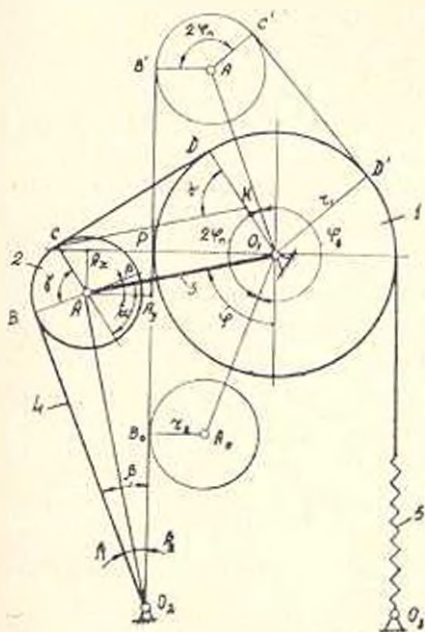


Рис. 1:

В настоящей работе приводится методика кинематического исследования и синтеза рычажно-цепного механизма с периодическим пово-

ртом ведомого звена, прототип которого предложен в [1].

Кратко опишем принцип действия этого механизма, изображенного на рис. 1.

В состав механизма входят: ведущее водило 3, ролик 2, гибкое звено, состоящее из цепи 4 с неподвижным концом и пружины 5, и ведомая звездочка 1, совершающая одностороннее прерывистое вращательное движение.

При переходе водила из начального положения O_1A_0 в текущее положение O_1A , в связи с увеличением длины гибкого звена, за счет растяжения пружины 5, звездочка 1 получает принужденное вращательное движение. Поворот звездочки происходит до тех пор, пока водило занимает положение O_1A^1 . При последующем повороте водила до исходного положения O_1A_0 звездочка остается неподвижной. Продолжительность выстоя определяется углом

$$\varphi_0 = 2\pi - 2\varphi_n.$$

Для улучшения условий зацепления в исследуемом нами механизме, в отличие от его прототипа, ролик 2 заменен звездочкой. Целесообразность такой модернизации подтверждена экспериментами.

Возможности механизма значительно расширяются, если использовать многорядные цепи, в частности трехрядные. При этом звездочка 1 сцепляется со средним рядом, а звездочка 2 — с крайними, что дает возможность увеличить угол выстоя или уменьшить угол поворота ведомого звена до значения $2\pi\left(1 - \frac{1}{z_1}\right)$ (за счет уменьшения длины l).

Однако в тех случаях, когда это конструктивно невозможно, можно применять двухрядные цепи.

Кинематика механизма. Рассмотрим механизм в текущем положении O_1A (рис. 1). Введем следующие обозначения:

φ — текущее значение угла вращения водила 3;

$2\varphi_n$ — максимальный угол вращения водила, соответствующий повороту выходного звена 1;

φ_0 — угол выстоя;

φ — текущее значение угла вращения звена 1;

φ_n — полный угол поворота звена 1;

r_1 — радиус делительной окружности звездочки 1;

r_2 — радиус делительной окружности звездочки 2;

l — длина водила.

Из рис. 1 следует, что

$$\varphi = \frac{O_1B + \overset{\frown}{BC} + CD - O_2P - \overset{\frown}{PD}}{r_1} \quad (1)$$

Из прямоугольных треугольников O_1BA и O_2A_0A имеем

$$O_1B = \sqrt{O_1A^2 - r_1^2} = \sqrt{O_2A_0^2 + AA_0^2 - r_1^2} = \sqrt{a^2 + b^2 - r_1^2},$$

где

$$a = O_2 A_y = O_2 P - A_y P = O_2 P - l \cos \varphi;$$

$$b = A A_y = O_1 A_x - r_1 = l \sin \varphi - r_1.$$

Для определения величины $\widehat{BC} = r_2 \gamma$ необходимо выразить γ через φ . Из рис. 1 очевидно, что

$$\gamma = \alpha + \beta - \angle O_1 A A_y,$$

где

$$\alpha = \arccos \frac{l}{r_1 - r_2};$$

$$\beta = \arcsin \frac{r_2}{\sqrt{a^2 + b^2}} + \arcsin \frac{a}{\sqrt{a^2 + b^2}};$$

$$\angle O_1 A A_y = \arcsin \frac{a}{\sqrt{a^2 + b^2}}.$$

Отрезок CD равен:

$$CD = \sqrt{l^2 - (r_1 - r_2)^2}.$$

Длина дуги PD составляет:

$$\widehat{PD} = r_1 (\angle P O_1 D) = r_1 (\angle A O_1 D - \angle A O_1 A_y) = r_1 \left(\arccos \frac{l}{r_1 - r_2} - \frac{\pi}{2} + \varphi \right).$$

Таким образом, все переменные параметры, входящие в (1), выражены через угол φ , что позволяет определить передаточную функцию механизма $\psi = \psi(\varphi)$. Дифференцируя эту зависимость, можно получить соответствующие выражения скоростей и ускорений выходного звена.

Величину полного угла поворота звездочки I находим из выражения

$$\psi_n = \frac{1}{r_1} (PB' + \widehat{B'C'} + C'D' - \widehat{PD}').$$

Так как $PB' = C'D'$, то

$$\psi_n = \frac{1}{r_1} (2PB' + \widehat{B'C'} - \widehat{PD}'), \quad (2)$$

где

$$PB' = (r_1 - r_2) \operatorname{tg} \varphi_n;$$

$$\widehat{B'C'} = r_2 2\varphi_n;$$

$$\widehat{PD}' = r_1 2\varphi_n.$$

С учетом вышенприведенных выражений формула (2) принимает вид:

$$\psi_n = \frac{2}{r_1} (r_1 - r_2) (\operatorname{tg} \varphi_n - \varphi_n). \quad (3)$$

Синтез механизма и способ его регулирования. При синтезе механизма задаются угол выстоя ведущего водила и полный угол поворота звездочки I , которые определяются так:

$$\varphi_n = 2\pi - 2\varphi_n; \quad (4)$$

$$\varphi_n = \frac{2\pi}{z_1} K, \quad (5)$$

где z_1 — число зубьев звездочки I;

K — число зубьев этой же звездочки, соответствующее ее повороту на угол φ_n .

Из рис. 1 видно, что $\varphi_n > \pi$.

Выразим r_1 и r_2 через шаг t и число зубьев z_1 и z_2 .

$$r_1 = \frac{t}{2 \sin \frac{\pi}{z_1}}, \quad r_2 = \frac{t}{2 \sin \frac{\pi}{z_2}}. \quad (6)$$

Подставляя (5) и (6) в (3), получим:

$$z_2 = \frac{\pi}{\arcsin \frac{\sin \frac{\pi}{z_1}}{1 - \frac{\pi K}{z_1(\lg \varphi_n - \varphi_n)}}}. \quad (7)$$

где z_1 и K выбираются в зависимости от угла φ_n по табл. 1. В этой таблице значения z_1 подобраны так, чтобы получить либо целые значения φ_n , либо значения с удобной дробной частью, причем указаны значения $\varphi_n \leq 120^\circ$. $z_1 = 18 + 90$.

Таблица 1

K	z_1										
	18	20	24	30	36	40	45	48	60	72	90
φ_n в градусах											
1	20	18	15	12	10	9	8	7.5	6	5	4
2	40	36	30	24	20	18	16	15	12	10	8
3	60	54	15	36	30	27	24	22.5	18	15	12
4	80	72	60	48	40	36	32	30	24	20	16
5	100	90	75	60	50	45	40	37.5	30	25	20
6	120	108	90	72	60	54	48	45	36	30	24
7			105	84	70	63	56	52.5	42	35	28
8			120	96	80	72	64	60	48	40	32
9				108	90	81	72	67.5	54	45	36
10				120	100	90	80	75	60	50	40
11					110	99	88	82.5	66	55	44
12					120	108	96	90	72	60	48
13						117	104	97.5	78	65	52
14							112	105	84	70	56
15							120	112.5	90	75	60
16								120	96	80	64
17									102	85	68
18									108	90	72
19									114	95	76
20									120	100	80

Примечание. Для достижения больших углов φ_n лучше подобрать малые значения z_1 .

Из табл. 1 видно, что существует определенный набор значений φ_n , регулируемых с помощью рассматриваемого механизма.

За счет изменения l , при одном и том же z_1 , угол φ_n может принимать любое из значений, приведенных в соответствующем столбце таблицы. В зависимости от требуемого числа позиций рабочего звена может быть получен другой ряд значений z_1 . Например, если требуется спроектировать семипозиционный автомат, то z_1 подбирается среди чисел, кратных 7. Величина z_2 , вычисленная по (7), округляется, а затем производится перерасчет угла φ_n по выражению, полученному из (7),

$$\lg \varphi_n' - \varphi_n = \frac{\pi K \sin \frac{\pi}{z_2}}{z_1 \left(\sin \frac{\pi}{z_2} - \sin \frac{\pi}{z_1} \right)} \quad (8)$$

где z_2 — округленное значение z_2 ;

φ_n' — новое значение φ_n , соответствующее z_2 .

Для оценки погрешности угла выстоя имеем:

$$\Delta \varphi_n = |\varphi_n - \varphi_n'|,$$

где

$$\varphi_n' = 2\pi - 2\varphi_n.$$

Величина l вычисляется по выражению

$$l = \frac{r_1 - r_2}{\cos \varphi_n} = \frac{l \left(\sin \frac{\pi}{z_1} - \sin \frac{\pi}{z_2} \right)}{2 \sin \frac{\pi}{z_1} \cdot \sin \frac{\pi}{z_2} \cdot \cos \varphi_n} \quad (9)$$

где значение l устанавливается при силовом расчете.

Пример. Спроектировать механизм, осуществляющий угол поворота выходного звена $\varphi_n = 30^\circ$ и последующий выстой, соответствующий углу

$$\varphi_n = 240^\circ - 30^\circ.$$

Из табл. 1 подбираем следующие варианты, обеспечивающие $\varphi_n = 30^\circ$:

1. $z_1 = 24$, $K = 2$;
2. $z_1 = 36$, $K = 3$;
3. $z_1 = 48$, $K = 4$;
4. $z_1 = 60$, $K = 5$;
5. $z_1 = 72$, $K = 6$.

Для этих значений из (7) получаем:

1. $z_2 = 14,87$ ($z_2 = 15$);
2. $z_2 = 22,25$ ($z_2 = 22$);
3. $z_2 = 29,62$ ($z_2 = 30$);
4. $z_2 = 37,12$ ($z_2 = 37$);
5. $z_2 = 44,54$ ($z_2 = 45$).

где в скобках указаны округленные значения z_2 .
Действительные значения угла выстоя равны:

1. $\varphi'_n = 239^\circ 20'$;
2. $\varphi'_n = 240^\circ 20'$;
3. $\varphi'_n = 238^\circ 10'$;
4. $\varphi'_n = 239^\circ 50'$;
5. $\varphi'_n = 239^\circ 40'$.

Таким образом, остаются три варианта, отвечающие требованиям задачи, а именно:

2. $\varphi'_n = 240^\circ 20'$;
4. $\varphi'_n = 239^\circ 50'$;
5. $\varphi'_n = 239^\circ 40'$.

Погрешности угла выстоя соответственно равны:

2. $\Delta\varphi_n = +20'$;
4. $\Delta\varphi_n = -10'$;
5. $\Delta\varphi_n = -20'$.

Здесь уже вариант выбирается либо конструктивно, либо с учетом возможности регулирования. Допустим выбран второй вариант:

$z_1 = 36$, $K = 3$, $z_2 = 22$, а $l = 12,7$ мм.

По формуле (9) $l = 56,38$ мм. При изменении длины l изменится угол ψ_n (табл. 1, пятый столбец) и φ_n , значение которого можно определять по формуле (8), изменив только величину K . Приводим параметры механизма ($K=1 \div 9$):

1. $K=1$,	$\psi_n = 10^\circ$,	$\varphi_n = 268^\circ 50'$,	$l = 40,37$ мм;
2. $K=2$,	$\psi_n = 20^\circ$,	$\varphi_n = 251^\circ$,	$l = 48,80$ мм;
3. $K=3$,	$\psi_n = 30^\circ$,	$\varphi_n = 240^\circ 20'$,	$l = 56,39$ мм;
4. $K=4$,	$\psi_n = 40^\circ$,	$\varphi_n = 233^\circ$,	$l = 63,50$ мм;
5. $K=5$,	$\psi_n = 50^\circ$,	$\varphi_n = 227^\circ 20'$,	$l = 70,60$ мм;
6. $K=6$,	$\psi_n = 60^\circ$,	$\varphi_n = 222^\circ 50'$,	$l = 77,03$ мм;
7. $K=7$,	$\psi_n = 70^\circ$,	$\varphi_n = 219^\circ 20'$,	$l = 84,22$ мм;
8. $K=8$,	$\psi_n = 80^\circ$,	$\varphi_n = 216^\circ 10'$,	$l = 90,48$ мм;
9. $K=9$,	$\psi_n = 90^\circ$,	$\varphi_n = 213^\circ 40'$,	$l = 97,85$ мм.

ЕрПИ им. К. Маркса

Поступило 12.VI.1974

Մ. Բ. ԷԴԻԼՅԱՆ, Գ. Թ. ԱԳԱՐՈՆՅԱՆ

ՏԱՐՎԱԴ ՈՂԱԿԻ ՊԱՐԲԵՐԱԿԱՆ ՊՏՈՒՅՏՈՎ ՇՂԹԱՅԱՆ-ԼՈՒԿԱԿԱՅԻՆ
ԴՆԵԱՆՆԵԶԻԻ ՍԻՆԹԵԶ

Ա. մ. փ. ս. փ. ո. և մ.

Հողվածում ներկայացված է պարբերական պոտյո ապահովող շղթայա-
թանկային մեխանիզմի կինեմատիկական համադրությունը և սինթեզի մե-

Քննարկված է տարվող «զանգի» հանդադիր տեղափոխան և դիրքերի թվի հարադրման հղանակ: Քննարկված է թվային օրինակ:

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. *Погосян А. С.* Механизм для преобразования непрерывного вращательного движения во вращательное движение с остановками. Авторское свидетельство №371371, кл. МКУФ 16b 19/00.
2. *Артоболовский И. И., Левитский Н. И., Черкудинов С. А.* Синтез плоских механизмов. Физматгиз, М., 1959.
3. *Готовцев А. А. и др.* Проектирование цепных передач. «Машиностроение», М., 1973.

МАШИНОСТРОЕНИЕ

М. Г. СТАКЯН, С. А. ГАСПАРЯН

О СТРОЕНИИ ТИПИЧНЫХ УСТАЛОСТНЫХ ИЗЛОМОВ
ДЕТАЛЕЙ МАШИН

Характерные особенности разрушения деталей машин чаще всего устанавливаются изучением кинетики и строения излома—поверхности сечения, по которому произошло полное разрушение детали. Это позволяет иногда без каких-либо специальных лабораторных анализов определять причину поломок деталей и на этой основе при проектировании управлять надежностью правильным выбором материала, а также конструктивных и технологических средств. Нагрузки, вызывающие в сечениях деталей переменные во времени напряжения, наиболее характерны для машин, и подавляющее большинство поломок деталей происходит вследствие усталости.

В связи с этим представляет интерес изучение и систематизация особенностей строения усталостных изломов, присущих основным видам нагружения деталей машин. В таблицах 1 и 2 приводятся схемы строения изломов на основе [1] и [2], дополненные нами строением изломов при совместном действии циклического изгиба и статического кручения. Для общего представления вкратце рассмотрим общие положения процесса развития видимой усталостной трещины и некоторые особенности строения изломов, приведенных в таблицах.

На поверхности усталостного излома отчетливо выделяются две зоны. Около области зарождения трещины поверхность имеет гладкий, пришлифованный вид. Эта зона начинается от очага зарождения трещины, который возникает в месте наиболее неблагоприятного сочетания напряжений и локальной прочности материала. Вторая—зона статического разрушения—на вид менее гладкая; здесь трещина распространяется в ускоренном темпе. Эта зона носит характер хрупкого излома при статическом разрушении. Наличие блестящей усталостной зоны излома является следствием многократного раскрытия и закрытия усталостной трещины, приводящего к взаимной «обработке» поверхностей излома.

Соотношение площадей зон усталостного и статического разрушений излома, а также следы развития усталостной трещины зависят от уровня приложенной циклической нагрузки и вида напряженного состояния. Чем больше площадь зоны усталостного разрушения и отчетливее ее притертость, тем ниже циклическая нагрузка, так как соответственно меньше скорость роста трещины. При высокой частоте

нагружения изломы имеют более развитую усталостную зону. Рельефность этой зоны зависит также от материала. У пластичных материалов она выявляется отчетливее, чем у хрупких.

При высоких перенапряжениях усталостная трещина развивается с большой скоростью, и тогда, вследствие меньшего числа смыканий этих поверхностей, зона усталостного разрушения имеет более шероховатый вид и менее резко отличается от зоны статического разрушения. Усталостные изломы характеризуются числом очагов, характером линии фронта распространения трещины, следами линии фронта [1]. Эти признаки наряду с упомянутыми особенностями усталостного излома: наличие зоны усталостного разрушения, ее характерный вид и соотношение площадей,—обусловлены характером нагружения и позволяют вскрывать причины поломки деталей. На изменение этих основных признаков усталостного излома влияют, в основном, три фактора: величина циклического нагружения, вид нагружения, характер и величина концентрации напряжений. Влияние концентрации напряжений обусловлено тем, что усталостное разрушение происходит без макروпластической деформации, наличие которой вызывает перераспределение напряжений. Рассмотрим некоторые особенности влияния перечисленных факторов на изменение признаков усталостных изломов.

Появление следов линии фронта усталостной трещины обусловлено временными остановками продвижения трещины вглубь. Очевидно, что появившаяся трещина является концентратором напряжений, остроту надреза которой, следовательно, и коэффициент концентрации напряжений в среднем можно считать величиной постоянной. Действующее при росте трещины напряжение равно произведению номинального напряжения в сечении на этот коэффициент. Тогда продвижение усталостной трещины происходит при условии, что величина действующих напряжений выше предела усталости встречающихся на пути трещины микрообъемов металла. В противном случае происходит остановка роста трещины. Дальнейший рост усталостной трещины возможен при обходе этих сравнительно прочных объемов металла, чем определяется избирательность путей развития трещины. При этом величина номинального компонента действующих напряжений, меняющаяся с изменением сечения детали и внешних факторов нагружения, предопределяет, наряду со структурой кристаллического строения материала, отчетливость следов линии и расстояние между ними. Общий характер линии раздела зон—линии фронта—зависит от скорости распространения отдельных участков усталостной трещины вглубь. Число очагов разрушения зависит, в основном, только от величины перенапряжения [3].

Рассмотрим особенности изломов при разных видах нагружения.

При нагружении детали циклическим растяжением-сжатием линия фронта распространения трещины напоминает дугу с центром кривиз-

Таблица 1

Характер нагружения	Без микроскопического концентратора напря- жений		При небольшой конден- сации напряжений		При значительной кон- центрации напряжений	
	При умерен- ной цикли- ческой пере- грузке	При значи- тельной цик- лической пе- регрузке	При умерен- ной цикли- ческой пере- грузке	При значи- тельной цик- лической пе- регрузке	При умерен- ной цикли- ческой пере- грузке	При значи- тельной цик- лической пе- регрузке
Растяжение-сжатие; односторонний изгиб						
Двухсторонний изгиб						
Круговой изгиб вращающейся детали						
Круговой изгиб с кручением вращающейся детали						

Таблица 2

Характер нагружения	Без микроскопического концентратора напря- жений		При небольшой кон- центрации напряжений		При значительной кон- центрации напряжений	
	При умерен- ной цикли- ческой пе- регрузке	При значи- тельной цик- лической пе- регрузке	При умерен- ной цикли- ческой пе- регрузке	При значи- тельной цикли- ческой пе- регрузке	При умерен- ной цикли- ческой пе- регрузке	При значи- тельной цик- лической пе- регрузке
Растяжение- сжатие, односторонний изгиб						
Двусторонний изгиб						
Круговой изгиб вращающейся детали						
Круговой изгиб с кручением вращающейся детали						

ны в очаге. Изломы, полученные при высоком номинальном нагружении, отличаются лишь величиной площади усталостной зоны. При наличии концентратора напряжений на периферии сечения выпуклость дуги линии фронта, особенно по ее краям, превращается в вогнутость по мере продвижения трещины вглубь. Изломы, полученные при одностороннем циклическом изгибе, подобны изломам при растяжении, с той лишь разницей, что выпуклость дуги линии фронта менее выражена, а иногда, при слабом концентраторе напряжений, приближается к прямой линии.

При двустороннем изгибе возникают два (минимально) очага разрушения в диаметрально противоположных местах, где величина действующих напряжений максимальна. Соотношение площадей характерных зон при действующем умеренном напряжении может быть различным в силу неоднородности свойств материала; при высоком напряжении они, в основном, равны по величине.

При симметричном изгибе с вращением изломы весьма характерны. При высоком номинальном напряжении линия фронта выпуклая, подобно излому при растяжении. При действующих умеренных напряжениях эта линия, переходя середину сечения, превращается в вогнутую, с опережением развития трещины на флангах. Это объясняется влиянием вращения—непрерывного перемещения объемов металла на флангах в область высоких напряжений. При сильном концентраторе по контуру сечения фронт распространяется по периметру, образуя пояс усталостной зоны.

Представляет интерес случай совместного действия циклического изгиба и статического кручения—наиболее распространенный вид нагружения в практике машиностроения. Влияние касательных напряжений сказывается тем, что поверхность зоны усталостного разрушения оказывается менее притертой—имеет несколько неровный характер и лишена блеска [4]. Поверхность излома образует небольшой угол ($5 \div 8^\circ$) с плоскостью, перпендикулярной к оси детали. С увеличением отношения касательных и нормальных напряжений возрастает величина угла. Усталостное разрушение, в основном, развивается из одного очага вследствие влияния наложенного статического кручения. Влияние касательных напряжений на вид и расположение излома деталей с контурными надрезами проявляется в изменении направления развития трещин. Если в зоне, где начинается разрушение, трещины имеют радиальную ориентацию, то по мере проникновения вглубь они искривляются, оставляя конхональные следы, а в зоне, примыкающей к области долома, направление их почти тангенциальное. В области низких перенапряжений действуют сравнительно небольшие касательные напряжения, поэтому здесь искривление усталостных трещин незначительно. Относительно симметричное расположение окончательного долома наблюдается только в области высоких напряжений.

Нестационарность нагружения на изломах детали проявляется в

образовании следов линии фронта распространения усталостной трещины. При программном нагружении усталостные трещины распространяются сравнительно регулярно. Каждое кольцо на поверхности излома соответствует продвижению трещины в течение одного блока изменения величины амплитуды напряжения [5]. Сказывается своеобразный отдых—изменение величины напряжений, когда трещина развивается избирательно. Эллипсоидальные кольца, подобно колец ракушки, получаются на поверхности излома при разрушении детали вследствие внутреннего порока—очага [6]. В этом случае трещина распространяется по контуру детали и редко выходит на поверхность.

ЕрПН им. К. Маркса

Поступило 18.VI.1974

Մ. Գ. ՍՏԱԿԻՆ, Ս. Ն. ԳԱՍՊԱՐՅԱՆ

ՄԵԹԵՆԱՆԵՐԻ ՄԱՍԵՐԻ ՀՈԳՆԱԾՈՒԹՅԱՆ ՏՆՓԱԿԱՆ ԿՈՏՐՈՒԹՅՆԵՐԻ ԿԱՌՈՒՅՎԱԾՔԻ ՎԵՐԱԵՐՅԱՆ

Ա. Ֆ. Ի. Ո. Ի. Ո. Ի. Ո. Ի.

Հոդվածում բերված են մեքենաների մասերի կոտրվածքների կառուցվածքի զննարկների աղյուսակը, րոտված ցիկլային ծովան և ստատիկ ոլորման համառոտ աղգիցության դեպքին համապատասխանող զննարկերով, և նրանց պատկերավորող բնակազմ կոտրվածքների համաձև աղյուսակը: Համառոտակի դիտում են աղյուսակում բերված կոտրվածքների կառուցվածքի առանձնահատկությունները և հոդվածության տեսանկի ճաքի պարզացման պրոցեսի բնգհանուր գրուցքները:

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Одинс Н. А. Структурные признаки усталости металлов как средство установления причины аварий машин Изд. АН СССР, М.—Л., 1949.
2. Lipson Ch. Why machine parts fail? Machine Design, no. no May—December, 1950.
3. Фридман Я. Б., Гордеева Т. А., Зайцев А. М. Стрессин и анализ изломов металлов, Машгиз, М., 1960.
4. Мак С. Դ., Գասպարյան Տ. Ա., Տակյան Մ. Դ. Օ ծրոսումն Իզլոմով օբրազцов, Իսպытываемых при нагружении их циклическим изгибом и статическим кручением. Сб. «Детали машин», № 13, Изд. «Техника», Киев, 1971.
5. Форрест Н. Усталость металлов Изд. «Машиностроение», М., 1968.
6. Николаев Р. С. Причины поломок деталей подвижного состава и рельсов. Трансжелдориздат, М., 1954.

МАШИНОСТРОЕНИЕ

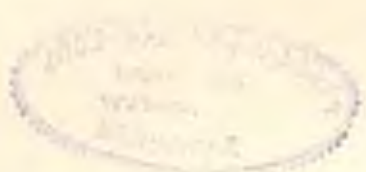
Э. А. АКОПЯН

СИНТЕЗ ПЛОСКИХ КУЛИСНЫХ МЕХАНИЗМОВ
С КРИВОЛИНЕЙНОЙ КУЛИСОЙ

В конструкциях многих современных машин применяются различные кулисные механизмы. Однако, эти применения, в основном, ограничиваются механизмами с прямолинейной кулисой, что объясняется легкостью проектирования и изготовления таких механизмов, их хорошими силовыми и прочностными характеристиками. С другой стороны, в центральных кулисных механизмах с ведомой кулисой угол давления во всех положениях равен нулю, т. е. обеспечиваются наилучшие условия передачи сил. Однако, перечисленные выше достоинства кулисных механизмов с прямолинейной кулисой не могут компенсировать их недостатки. Основным недостатком этих механизмов является предельно малое число неизвестных параметров, определяемых при кинематическом синтезе. Вследствие этого кинематические возможности механизмов с прямолинейной кулисой строго ограничены. Например, в центральных кулисных механизмах с прямолинейной кулисой единственным неизвестным параметром является отношение длины кривошипа к длине стойки. При проектировании таких механизмов как правило задается коэффициент изменения средней скорости холостого хода (коэффициент производительности). Из этого условия определяется единственный неизвестный параметр механизма. Следовательно, при синтезе таких механизмов не могут быть предъявлены более или менее строгие требования к приближенному воспроизведению какого-либо закона движения ведомого звена.

В кулисных механизмах с криволинейной кулисой в зависимости от геометрической формы паза можно воспроизводить любой закон движения ведомого звена. В этом смысле они похожи на кулачковые механизмы. Наряду с этим, необходимо отметить, что проектирование и изготовление таких механизмов гораздо труднее, угол давления — величина переменная и, наконец, при одинаковых габаритах в этих механизмах силы должны быть гораздо меньше, чем в механизмах с прямолинейной кулисой.

Таким образом, механизмы с прямолинейной кулисой обладают хорошими динамическими качествами и ограниченными кинематиче-



В начальном положении механизма обозначим координаты точки O_1 через (a_1, b_1) , а координаты точки $O_2 = (a_2, b_2)$. Уравнение оси паза кулисы, т. е. теоретического профиля, рассматривается в системе координат $\{O_2'$, жестко связанной с кулисой, причем $\vec{O_2'O_1} \parallel \vec{OX}$, $\vec{O_2'O_2} \parallel \vec{OY}$.

При синтезе такого кулисного механизма координаты теоретического профиля кулисы могут быть определены следующими параметрическими уравнениями:

$$\begin{aligned} \xi(t) &= (S_{x_1} - S_{x_2} + a_1 - a_2) \cos \varphi_2 + (S_{y_1} - S_{y_2} + b_1 - b_2) \sin \varphi_2; \\ \zeta(t) &= (S_{y_1} - S_{y_2} + b_1 - b_2) \cos \varphi_2 - (S_{x_1} - S_{x_2} + a_1 - a_2) \sin \varphi_2, \end{aligned} \quad (2)$$

которые получаются из выражений (14) работы [2] подстановкой значений $P_1(t) = Q_1(t) = 0$, $P_2(t) = \xi(t)$, $Q_2(t) = \zeta(t)$.

Неизвестными параметрами механизма являются разности $a_1 - a_2$ и $b_1 - b_2$, которые должны быть определены исходя из дополнительных требований. Как известно, при кинематическом синтезе в качестве дополнительного условия требуется обеспечить углы передачи в заданных пределах. Это условие с учетом выражений (6), (12) и (13) работы [2] и полученных параметрических уравнений (2) данной работы сводится к неравенству

$$\left| \frac{V \dot{S}_{y_1} - U \dot{S}_{x_1}}{U^2 + V^2 - (U \dot{S}_{y_1} + V \dot{S}_{x_1})} \right| \geq \operatorname{tg} \gamma_{\min}, \quad (3)$$

где

$$\begin{aligned} U &= S_{y_1} - \dot{S}_{y_1} - \varphi_2 (S_{x_1} - S_{x_2} + a_1 - a_2); \\ V &= \dot{S}_{x_1} - \dot{S}_{x_2} + \dot{\varphi}_2 (S_{y_1} - S_{y_2} + b_1 - b_2); \end{aligned} \quad (4)$$

$\gamma_{\min}$ — допустимое минимальное значение угла передачи.

При больших силах взаимодействия элементов высшей кинематической пары возникает необходимость ограничения кривизны, ибо от кривизны зависят контактные напряжения. Контактные напряжения в высших кинематических парах плоских механизмов можно определить по формуле Герца:

$$\sigma_k = 0,418 \sqrt{\frac{P E_{\text{уп}}}{L_k \rho_{\text{кр}}}}, \quad (5)$$

где σ_k — величина напряжения в зоне контакта; P — нормальная сила взаимодействия звеньев; $E_{\text{уп}}$ — приведенный модуль упругости; L_k — длина линии контакта; $\rho_{\text{кр}}$ — приведенный радиус кривизны.

Проектировщиком должно быть обеспечено условие

$$\sigma_k \leq |\sigma_k|_{\text{доп}}, \quad (6)$$

где $|\sigma_k|_{\text{доп}}$ — допустимое значение контактных напряжений для выбранных материалов.

Из (5) и (6) получаем следующее неравенство:

$$\rho_{\text{нр}} \geq \left(\frac{0,418}{|z_k|_{\text{нр}}} \right)^2 \frac{P E_{\text{нр}}}{L_k} \quad (7)$$

При постоянной силе взаимодействия звеньев правая часть неравенства (7) представляет допустимое минимальное значение приведенного радиуса кривизны. Если же сила P переменная, то с некоторым запасом можно пользоваться следующим неравенством:

$$\rho_{\text{нр}} \geq \left(\frac{0,418}{|z_k|_{\text{нр}}} \right)^2 \frac{P_{\text{max}} E_{\text{нр}}}{L_k} (\rho_{\text{нр}})_{\text{нр}} \quad (8)$$

предполагая, что максимальная сила действует во всех положениях.

В рассматриваемых кулисных механизмах будем иметь

$$\rho_{\text{нр}} = \frac{R_p(\rho - R_p)}{\rho} \quad (9)$$

где ρ — текущий радиус кривизны теоретического профиля кулисы;
 R_p — радиус ролика.

Из (9) следует, что минимальное значение $\rho_{\text{нр}}$ при выбранном R_p соответствует минимальному радиусу кривизны, т. е.

$$\min \rho_{\text{нр}} = \frac{R_p(\rho_{\text{min}} - R_p)}{\rho_{\text{min}}} \quad (10)$$

С другой стороны, при том же ρ_{min} величина $\min \rho_{\text{нр}}$ достигает своего максимума при

$$R_p = 0,5 \rho_{\text{min}} \quad (11)$$

Следовательно, для минимизации наибольших контактных напряжений радиус ролика должны определять по (11). При этом будем иметь

$$(\min \rho_{\text{нр}})_{\text{max}} = 0,25 \rho_{\text{min}} \quad (12)$$

Таким образом, с учетом (8), (11) и (12) получаем следующее допустимое минимальное значение радиуса кривизны оси паза кулисы (теоретического профиля):

$$\rho_{\text{нр}} \sim \left(\frac{0,836}{|z_k|_{\text{нр}}} \right)^2 \frac{P_{\text{max}} E_{\text{нр}}}{L_k} \quad (13)$$

Из вышесказанного следует, что в числе дополнительных требований, предъявляемых к проектируемому кулисному механизму, необходимо учесть условие

$$\rho \geq \rho_{\text{нр}} \quad (14)$$

где ρ — текущий радиус кривизны паза кулисы (теоретического про-

филя); $\rho_{\min}$ — допустимое минимальное значение величины ρ , определяемое по (13).

Пользуясь соответствующей формулой радиуса кривизны и параметрическими уравнениями (2), вместо (14) получим следующее условие:

$$(U^2 + V^2)^{3/2} \geq |\dot{U}V - U\dot{V} - (U^2 + V^2)\varphi_2|/\rho_{\min}, \quad (15)$$

где U и V определяются по выражениям (4).

Из (3), (4) и (15) следует, что при поступательном движении кулисы параметры $a = a_1 - a_2$ и $b = b_1 - b_2$ не влияют как на угол передачи, так и на кривизну паза кулисы, так как при этом $\varphi_2 = 0$.

Следовательно, при синтезе механизмов с поступательно движущейся кулисой отпадает необходимость определения параметров a и b из этих неравенств, а обеспечение этих условий сводится к соответствующему выбору закона движения эвольвенты.

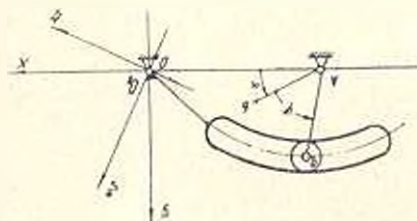


Рис. 2.

Применением разработанного метода рассмотрим решение задачи синтеза кулисного механизма, изображенного на рис. 2. В этом механизме центр ролика O_1 движется по дуге окружности вокруг неподвижной точки A , а кулиса вращается вокруг неподвижной точки O_2 . AB — начало отсчета угла поворота φ ведомого звена AO_1 .

Следовательно, в выбранных координатных системах будем иметь:

$$S_{x_1} = AO_1[\cos(\varphi + \alpha) - \cos\alpha]; \quad S_{y_1} = AO_1[\sin(\varphi + \alpha) - \sin\alpha];$$

$$S_{x_2} = S_{y_2} = a_2 = b_2 = 0; \quad a_1 = AO_1 \cos\alpha - AO_2; \quad b_1 = AO_1 \sin\alpha; \quad (16)$$

$$\varphi_1 = \dot{\varphi}; \quad \varphi_2 = \dot{\psi}(\varphi),$$

где ψ — угол поворота ведомого звена, отсчитанный от начального положения механизма. Оси $O_2\tilde{x}$ и $O_2\tilde{y}$ в начальном положении совпадают с OX и OY . Таким образом, параметрические уравнения оси паза кулисы (т. е. теоретического профиля) в системе $\tilde{O}_2\tilde{x}\tilde{y}$ с учетом (2) и (16) будут иметь следующий вид:

$$\tilde{x}(\varphi) = AO_1[\tilde{x} \cos(\varphi + \alpha - \psi) - \cos\psi];$$

$$z(\varphi) = AO_2 \left[\lambda \sin(\varphi + \alpha - \psi) + \sin \psi \right], \quad (17)$$

где $\lambda = AO_1/AO_2$.

В данном случае вместо (4) с учетом (16) получаем:

$$\begin{aligned} U &= AO_2 \left[\frac{d\psi}{d\varphi} - \lambda \left(\frac{d\psi}{d\varphi} - 1 \right) \cos(\varphi + \alpha) \right] \frac{d\varphi}{dt}; \\ V &= AO_2 \lambda \left(\frac{d\psi}{d\varphi} - 1 \right) \sin(\varphi + \alpha) \frac{d\varphi}{dt}. \end{aligned} \quad (18)$$

Таким образом, при синтезе кулисных механизмов с криволинейной кулисой по схеме, изображенной на рис. 2, неизвестные параметры определяются совместным решением неравенств (3) и (15), где U и V определяются из равенств (18).

Во всех кулисных механизмах рассматриваемого типа, независимо от формы паза, имеют место следующие равенства:

$$\frac{d\psi}{d\varphi}|_{\varphi=\varphi_{\min}} = \frac{\lambda}{\lambda-1}; \quad \frac{d\psi}{d\varphi}|_{\varphi=\varphi_{\max}} = \frac{\lambda}{\lambda+1}, \quad (19)$$

которые следуют из теоремы Виллиса. При постановке конкретных задач синтеза и выборе закона движения ведомого звена должны быть учтены условия (19).

Пример. Спроектировать кулисный механизм с криволинейной кулисой по схеме, изображенной на рис. 2, по следующим данным:

$$\psi = \varphi/3; \quad AO_2 = r_{\text{дон}} = 100 \text{ мм}; \quad \gamma_{\min} = 45^\circ; \quad 0 \leq \varphi \leq 90^\circ.$$

Постановкой этих величин в (18) получаем:

$$U = \frac{100}{3} \left[1 + 2\lambda \cos(\varphi + \alpha) \right] \frac{d\varphi}{dt}; \quad V = -\frac{200}{3} \lambda \sin(\varphi + \alpha) \frac{d\varphi}{dt}.$$

С учетом полученных выражений из (3) и (15) будем иметь:

$$\begin{aligned} 3\lambda |\sin(\varphi + \alpha)| &\geq |1 - 2\lambda^2 + \lambda \cos(\varphi + \alpha)|; \\ |1 - 4\lambda^2 + 4\lambda \cos(\varphi + \alpha)|^2 &\leq 8\lambda^2 - 1 + 2\lambda \cos(\varphi + \alpha). \end{aligned}$$

Решением последних неравенств определяются параметры λ и α . Рассмотрим одно из возможных решений поставленной задачи, соответствующее значениям $\lambda = 0,5$, $\alpha = 45^\circ$. Подстановкой этих значений в (17) получаем следующие уравнения теоретического профиля кулисы:

$$z(\varphi) = 50 \cos\left(\frac{2}{3}\varphi + 45^\circ\right) - 100 \cos \frac{1}{3}\varphi;$$

$$\bar{z}(\varphi) = 50 \sin\left(\frac{2}{3}\varphi + 45^\circ\right) + 100 \sin \frac{1}{3}\varphi.$$

Численные значения координат приведены в табл. 1. На рис. 3 изображен полученный механизм.

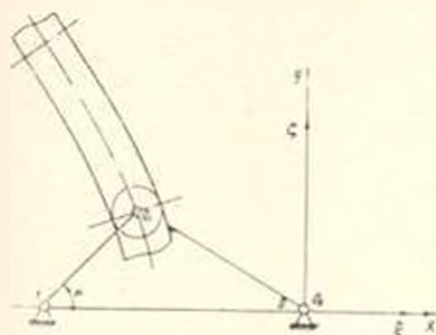


Рис. 3.

Таблица 1

Значения координат

φ°	$-x(\varphi)$, мм	$y(\varphi)$, мм	φ°	$-x(\varphi)$, мм	$y(\varphi)$, мм
0	61.645	35.355	48	81.879	76.282
3	65.845	38.313	51	86.090	78.319
6	67.136	41.225	54	87.284	80.286
9	68.397	44.091	57	88.458	82.184
12	69.666	46.907	60	89.611	84.012
15	70.941	49.673	63	90.741	85.768
18	72.220	52.386	66	91.846	87.453
21	73.503	55.045	69	92.923	89.065
24	74.786	57.648	72	93.971	90.605
27	76.069	60.194	75	94.989	92.071
30	77.350	62.680	78	95.972	93.464
33	78.626	65.106	81	96.923	94.783
36	79.896	67.470	84	97.835	96.028
39	81.159	69.771	87	98.709	97.199
42	82.411	72.007	90	99.544	98.296
45	83.652	74.178			

В заключение отметим, что применением выражений (2) — (4) и (15) можно произвести синтез любого плоского кулисного механизма, так как эти выражения получены решением наиболее общей задачи синтеза кулисных механизмов.

ЕрПИ им. К. Маркса

Поступило 24 IV.1971

Г. П. ЗАКАРЯН

ԿՈՐԱԳԻԾ ԿՈՒՆԻՍՈՎ, ՀԱՐՔ ԿՈՒՆԻՍԱՅԻՆ ՄԵԽԱՆԻԶՄՆԵՐԻ ՍԻՆԹԵԶ

Ա Վ Փ Ո Փ Ո Ն Վ

Հողվածում շարադրված է կորագիծ կուլիսով հարթ կուլիսային մեխանիզմների նախագծման ամենաընդհանուր անալիտիկ մեթոդը, որը հիմնվում է Դեղինակի կողմից ղեկավարված համապատասխան բոլորեցրային մեխանիզմների

րի նախագծման մեթոդների վրա:

Որպես ընդհանուր գեպը դիտվում է այն մեխանիզմի նախագծման խնդիրը, որի կուլիսի շարժումը տրված է մի կետի տեղափոխման երկու պրոյեկցիաներով և այդ կետի շուրջը կատարվող պտույտով, իսկ տանող օղակի շարժումը՝ հոլովակի կենտրոնի տեղափոխման երկու պրոյեկցիաներով: Որպես մասնավոր գեպը դիտվում է այնպիսի եռօղակ կուլիսային մեխանիզմների սինթիզի խնդիրը, որոնց շարժական օղակները հենարանի հետ միացած են զնալական հողակապերով: Լուծված է թվային օրինակ:

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Акоюн З. А. Синтез плоских кулачковых механизмов минимальных габаритов с роликовым, дуговым и заостренным толкателем. Сборник научных трудов Ереванского политехнического института, т. 24, серия «Машиностроение», вып. 1. Изд. «Айастан», Ереван, 1972.
2. Акоюн З. А. Синтез плоских кулачковых механизмов со сложным движением кулачки и ведомого звена. Сб. «Механика машин», вып. 42, Изд. «Наука», М., 1973.

ГИДРАВЛИКА

А. С. САРКИСЯН, Г. М. ТОРГОМЯН

РАСЧЕТ УРОВЕННОЙ ПОВЕРХНОСТИ И ФУНКЦИИ
 ПОЛНЫХ ПОТОКОВ ДЛЯ ОЗЕРА СЕВАН

Многочисленные работы по расчету течений для различных районов океанов и морей [4—7] способствовали попытке применить установившуюся методику для расчета течений в таком относительно небольшом водоеме как озеро Севан. Поле температуры озера Севан изучено неплохо, вопрос же о течениях в озере обсуждался лишь качественно, исходя из немногочисленных прямых измерений.

Для настоящих расчетов нами использовались данные режима над озером [2, 3] и температурных измерений*, по которым были построены поля плотности. Расходы рек не учитывались являясь малыми, по сравнению с общей циркуляцией.

Постановка задачи. Имеется замкнутый водоем с произвольными формами рельефа дна и берегового очертания, заполненный бароклинной жидкостью. Заданы: трехмерное поле аномалии плотности, поля тангенциальных напряжений ветра на поверхности. На границах водоема расходы воды приняты равными нулю.

На дне принимаются условия прилипания:

$$v_x^{(n)} = v_y^{(n)} = v_z^{(n)} = 0,$$

В работе [6] показано, что при такой постановке задача определения скоростей v_x , v_y , v_z может быть сведена к задаче определения уровенной поверхности $\zeta(x, y)$ или функции полных потоков $\psi(x, y)$.

В данной статье в полных решениях для $\zeta(x, y)$ и $\psi(x, y)$ эффект инерционных сил и бокового обмена, вклад которых сравнительно невелик [5, 6], пренебрегаем. Тогда для ζ и ψ приходим к линейным уравнениям эллиптического типа:

$$L(\zeta) = F(x, y); \quad (1)$$

$$L(\psi) = \Phi(x, y). \quad (2)$$

где
$$L = \frac{1}{2\alpha} \Delta + A(x, y) \frac{\partial}{\partial x} + B(x, y) \frac{\partial}{\partial y};$$

* Материалы наблюдений на озере Севан за 1961—1970 гг., УГМС АрмССР.

$$A(x, y) = \frac{H\dot{z}}{l} - \frac{\partial H}{\partial y}; \quad B(x, y) = \frac{\partial H}{\partial x};$$

$$F(x, y) = \frac{1}{\rho_0 g} \left(\frac{\partial \sigma_z^{(0)}}{\partial x} - \frac{\partial \sigma_z^{(0)}}{\partial y} \right) - \frac{1}{2\rho_0} \int_0^H z \dot{z} dz +$$

$$+ \frac{1}{\rho_0} \left(\frac{\partial H}{\partial y} \int_0^H \frac{\partial \rho}{\partial x} dz - \frac{\partial H}{\partial x} \int_0^H \frac{\partial \rho}{\partial y} dz \right) - \frac{\beta}{\rho_0 l} \int_0^H (H - z) \frac{\partial \rho}{\partial x} dz;$$

$$\Phi(x, y) = \frac{H}{l\rho_0} \left(\frac{\partial \sigma_z^{(0)}}{\partial x} - \frac{\partial \sigma_z^{(0)}}{\partial y} \right) - \frac{g}{2\rho_0 l} \int_0^H z \dot{z} dz + \frac{g}{\rho_0 l} \left(\frac{\partial H}{\partial x} \int_0^H z \frac{\partial \rho}{\partial y} dz - \right.$$

$$\left. - \frac{\partial H}{\partial y} \int_0^H z \frac{\partial \rho}{\partial x} dz \right).$$

Здесь ось x направлена с запада на восток; ось y — с юга на север; ось z — вертикально вниз; Δ — оператор Лапласа в декартовых координатах; $\rho_0 = 1 \text{ г/см}^3$; g — ускорение силы тяжести; $z = \sqrt{\frac{T}{2}}$, где l — параметр Кориолиса; $\cdot$ — коэффициент вертикального турбулентного перемешивания воды; H — глубина; $\dot{z} = \frac{dl}{dy}$.

Граничные условия для $\psi(x, y)$ определяем из уравнений:

$$\frac{\partial \sigma_x}{\partial x} = -\frac{1}{H\rho_0 g} \int_0^H (H - z) \frac{\partial \rho}{\partial x} dz + \frac{\sigma_z^{(0)}}{\rho_0 g H}; \quad (3)$$

$$\frac{\partial \sigma_x}{\partial y} = -\frac{1}{H\rho_0 g} \int_0^H (H - z) \frac{\partial \rho}{\partial y} dz + \frac{\sigma_z^{(0)}}{\rho_0 g H}, \quad (4)$$

а граничное условие для $\psi(x, y)$ есть $\psi(x, y) = 0$.

Решение задачи. Берговую линию аппроксимируем отрезками прямых, параллельных осям x и y . Для участка границы, параллельного оси x , пользуемся уравнением (3), а для параллельного оси y — уравнением (4).

Дифференциальные уравнения (1) и (2) решаем методом сеток, заменяя производные в узлах внутри области найденными конечно-разностными отношениями. Полученные разностные схемы дают численное решение, аппроксимирующее точное с первым порядком точности. Шаг сетки взят равным 2 км, кроме области пролива, где шаг — 1 км. Шаг по координате z взят равным 5 м.

Выписывая разностный аналог дифференциального уравнения (1) и решая его относительно ψ_{ij} , получаем систему алгебраических уравнений, которая решается итерационным методом Гаусса-Зейделя.

Аналогично решается уравнение (2). Методы решения уравнений (1) — (4) приведены в [4—7]. Самой неопределенной величиной является коэффициент вертикального турбулентного перемешивания χ . Для Севана в [3] был рассчитан коэффициент вертикальной турбулентной диффузии тепла χ , который получается $0,85 \text{ см}^2/\text{сек}$. Считая, что коэффициенты эти приблизительно равны, χ принимался равным $1 \text{ см}^2/\text{сек}$.

Правые части уравнений (1) и (2) состоят из групп слагаемых, обусловленных различными физическими факторами. Первая группа слагаемых обусловлена касательным напряжением ветра, вторая — бароклинным эффектом трения о дно, третья — совместным эффектом бароклинности и рельефа дна — СЭБИР, четвертая — бароклинным β -эффектом. Полезно оценить вклад каждой группы в правую часть уравнений (1) и (2) при $\chi = 1 \text{ см}^2/\text{сек}$. В табл. 1 приведены значения каждой группы.

Таблица 1

Значения групп слагаемых правых частей уравнений для $\zeta(x, y)$ и $\psi(x, y)$ при $\chi = 1 \text{ см}^2/\text{сек}$

Группа слагаемых	Правая часть для $\zeta(x, y)$			Правая часть для $\psi(x, y)$		
	min	max	среднее	min	max	среднее
I-касательное напряжение ветра	$-0,18 \cdot 10^9$	$0,56 \cdot 10^9$	$0,11 \cdot 10^9$	$-0,40 \cdot 10^4$	$0,33 \cdot 10^4$	$0,62 \cdot 10^3$
II-бароклинное трение о дно	$-0,39 \cdot 10^{10}$	$0,54 \cdot 10^{10}$	$0,31 \cdot 10^9$	$-0,59 \cdot 10^4$	$0,80 \cdot 10^4$	$0,54 \cdot 10^3$
III-СЕБИР	$-0,11 \cdot 10^{11}$	$0,38 \cdot 10^{11}$	$0,11 \cdot 10^{10}$	$-0,2 \cdot 10^5$	$0,57 \cdot 10^5$	$0,19 \cdot 10^4$
IV-бароклинный β -эффект	$-0,15 \cdot 10^9$	$0,75 \cdot 10^9$	$0,1 \cdot 10^9$	—	—	—
Сумма	$-0,15 \cdot 10^{11}$	$0,43 \cdot 10^{11}$	$0,14 \cdot 10^{10}$	$-0,26 \cdot 10^5$	$0,65 \cdot 10^5$	$0,24 \cdot 10^4$

На рис. 1 приведена карта уровенной поверхности $\zeta(x, y)$, а на рис. 2 — карта функции полных потоков $\psi(x, y)$. Стрелками на них указаны направления течений. По рис. 1 легко можно рассчитать градиентные скорости на поверхности, а по рис. 2 — интегральные переносы, используя формулы:

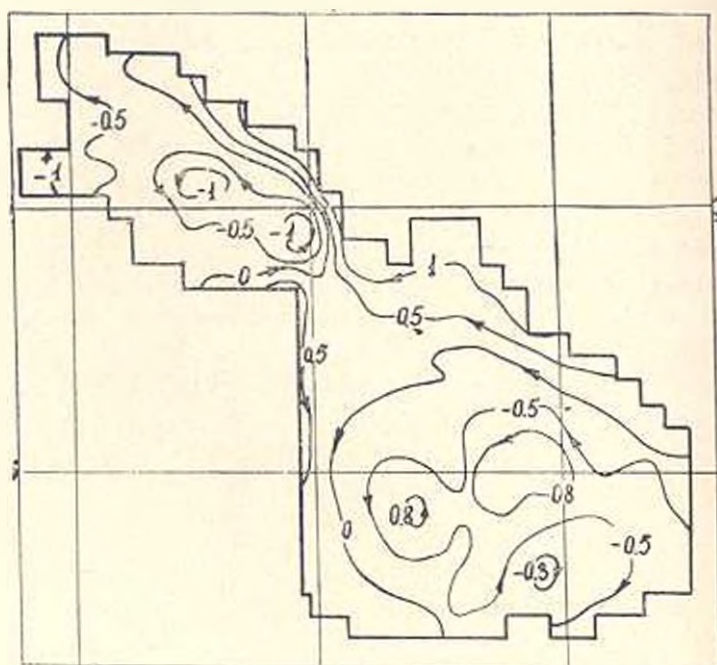


Рис. 1. Уровенная поверхность $I(x, y)$ в с.м., полученная путем решения уравнения (1)

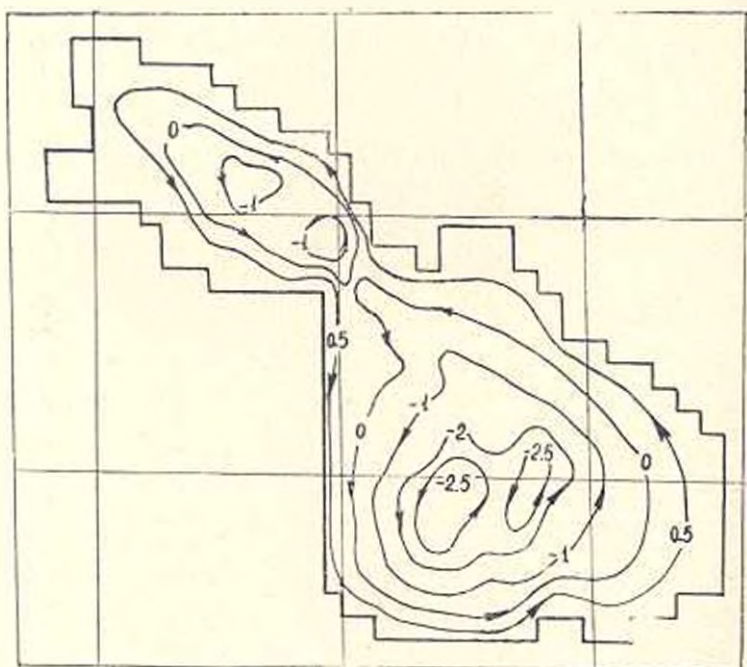


Рис. 2. Функция полных потоков $I(x, y)$ в $10^{10} \text{ м}^3/\text{сек.}$, полученная путем решения уравнения (2)

$$v_x^{(0)} = -\frac{g}{l} \frac{\sigma_z}{\partial y}, \quad v_y^{(0)} = \frac{g}{l} \frac{\sigma_z}{\partial x};$$

$$S_x = \int_0^H v_x dz = -\frac{\sigma_z}{\partial y}; \quad S_y = \int_0^H v_y dz = \frac{\sigma_z}{\partial x}.$$

Исходя из рис. 1 и 2, можно сказать, что обе части озера охвачены довольно интенсивными циклоническими круговоротами, со скоростями 1-15 см/сек. Заметим, что в замкнутых водоемах северного полушария по наблюдениям и расчетам [5] преобладает циклоническая циркуляция вод.

В юго-восточной части озера получен небольшой антициклон. По всей вероятности он обусловлен особенностями рельефа дна, температуры и берегового очертания в данном районе. По поверхности из Большого Севана в Малый Севан вдоль восточного берега пролива идет сильное течение в виде «струи», продолжающееся вдоль всего Гюнейского берега. Согласно рис. 2 водообмен между двумя частями озера идет вдоль берегов пролива. Любопытно, что небольшое число измерений течений в проливе привели к такому же результату [1].

Институт океанологии
им. П. П. Ширшова АН СССР

Поступило 21.X.1974

Ա. Ս. ՍԱՐԴՅԱՆ, Կ. Մ. ՔՈՐԿՈՐՅԱՆ

ՄԻԻ ԴԱՆԵՐԵՎՈՒՅԹԻ ԵՎ ԸՐԻՎ ՀՈՍԱՆՔՆԵՐԻ ՀԱՆՐԱՅԻՆՔԻ ՀԱՇՎԱՐԿԸ
ՍԽԻՍՆԱԼ ԷՃԻ ՀԱՄԱՐ

Ա. Վ Վ Ի Ն Փ Ո Ւ Մ

Հողվածում բերված են Մեծանա լճի ջրի մակերևույթի և լրիվ հոսանքների դիֆերենցիալ հաշվառումների թվային բաժան աղյուսները՝ ըստ նախապես տրված ամսաշին սեղների քամու և խտության դաշտերի:

Հաշվարկը կատարված է ներկայումս գոյություն ունեցող խտությունների և ափային եզրագծի համար:

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Айбунд М. М. Об особенностях термического режима в проливе между Б. и М. Севаном. «Изв. АН АрмССР. Науки о земле», т. XVII, № 1, 1964.
2. Метеорологический режим озера Севан (под ред. М. П. Тимофеева). Гидрометеопиздат, Л., 1960.
3. Мхитарян А. М. Некоторые вопросы гидродинамики пограничного слоя атмосферы. Водный и тепловой балансы водоемов. Изд. «Айтастан», Ереван, 1970.
4. Саркисян А. С. Основы теории и расчет океанических течений. Гидрометеопиздат, Л., 1966.

5. Саркисян А. С., Джигоев Т. З. Расчет течений Черного моря, «Метеорология и гидрология», № 3, 1974.
6. Саркисян А. С., Кеонджян В. П. Расчет уровенной поверхности и функции полных потоков для Северной Атлантики. «Физика атмосферы и океана», т. 8, № 11, 1972.
7. Саркисян А. С., Пастухин А. Ф. Поле плотности как основной индикатор стационарных морских течений. «Физика атмосферы и океана», т. 7, № 2, 1971.

ЭНЕРГЕТИКА

В. С. ХАЧАТРЯН, М. А. БАЛАБЕКЯН

МЕТОД ПРЕДСТАВЛЕНИЯ БОЛЬШИХ СИСТЕМ КАК
СОВОКУПНОСТИ РАДИАЛЬНО СВЯЗАННЫХ
ОПТИМАЛЬНЫХ ПОДСИСТЕМ

В связи с появлением современных больших энергосистем проблема построения АСУ в энергетике принимает качественно новый характер. Успешное построение АСУ органически связано с возможностями современных автоматических цифровых вычислительных машин (АЦВМ). Учитывая ограниченную возможность АЦВМ, как по оперативной памяти, так и по скорости действия, одним из решающих факторов становится проблема построения новых вычислительных алгоритмов для решения режимных вопросов современных больших энергосистем. Исходя из вышесказанного, становится ясно, что новые алгоритмы должны удовлетворять двум основным критериям:

- 1) минимизации объема вычислительных работ;
- 2) минимизации исходной информации, вводимой в память АЦВМ.

Как известно, в настоящее время для обеспечения этого требования принимается идея подсистемы, согласно которой, рассматриваемая большая энергосистема представляется как совокупность радиально связанных подсистем путем удаления определенного количества связывающих линий [1, 2]. Исследование показало, что в зависимости от числа удаленных линий сильно изменяются как объем занимаемой памяти машины, так и вычислительные работы.

Цель настоящей статьи — установление оптимального числа узлов отдельных подсистем при построении расчетной Z матрицы, необходимой в уравнениях установившегося режима. При решении вопроса минимизации исходной информации, вводимой в память машины, решается также вопрос минимизации числа вычислительных операций. Поэтому в настоящей работе в качестве критерия оптимальности выбирается минимум информации, вводимой в память цифровых вычислительных машин. Исходную информацию, необходимую для расчета узловых режимных параметров, можно представить в виде (1).

$Z_{i_1 j_1}$				Z_{i_7}
	$Z_{i_2 j_2}$			
		...		
			$Z_{i_n j_n}$	
Z'_{i_7}				Z_{o_7}

(1)

Подматрица Z_{i_7} определяется непосредственно из квазидиагональной матрицы, подматрица Z'_{i_7} — путем транспонирования Z_{i_7} . С другой стороны, подматрица Z_{o_7} получается из подматрицы Z'_{i_7} и диагональной матрицы, составленной из элементов разрезанных линий.

На основании вышеизложенного нетрудно убедиться в том, что исходную матрицу, которую первоначально необходимо вводить в память АЦВМ, можно представить в следующем виде:

$Z_{i_1 j_1}$				Z_{o_1}
	$Z_{i_2 j_2}$			
		...		
			$Z_{i_n j_n}$	

Z_{o_1}				Z_{o_n}
	Z_{o_2}			
		...		
			Z_{o_n}	

(2)

Верхняя квазидиагональная матрица устанавливает предварительные порядки отдельных подсистем, входящих в большую систему. Нижняя квазидиагональная матрица устанавливает число разрезанных линий. С изменением числа разрезанных линий определенно изменяется число вычислительных операций. С увеличением числа разрезанных линий увеличивается расход памяти машины, с одной стороны, и число вычислительных операций, с другой, и наоборот. Поэтому можно поставить следующую реальную, имеющую практическую ценность, задачу — определение порядков отдельных подсистем, с целью минимизации исходной информации, при условии разделения большой энергосистемы по минимальным разрезам. Поскольку отдельные подматрицы квазидиагональной матрицы (2) квадратичные, то минимизируемая функция примет следующий вид:

$$\begin{aligned}
 H &= M_1^2 + M_2^2 + \dots + M_n^2 + M^2; \\
 M_1 + M_2 + \dots + M_n &= M,
 \end{aligned}
 \tag{3}$$

где $M_1, M_2, \dots, M_n$ — порядок отдельных подматриц или число узлов соответствующих подсистем; n — число радиально связанных подсистем; M_n — общее число разрезанных ветвей; M — число узлов энергосистемы. Задача сводится к минимизации функции (3). Нетрудно заметить, что порядок отдельных подматриц характеризуется числом узлов соответствующей подматрицы.

При решении поставленной задачи можно наложить ограничение на число узлов отдельных подсистем. Абсолютной минимизации занимаемой памяти можно достичь, не накладывая ограничения на число узлов отдельных подсистем.

До последнего времени при использовании метода разбиения для расчета сложных сетей разбивка этих сетей производилась вручную. Ручное разбиение на подсистемы может привести к погрешностям. Кроме того, ручное разбиение требует много времени и споровки, а иногда и трудно достигаемо.

Существует несколько алгоритмов автоматического разбиения. Один из них [5] предназначен, в первую очередь, для «методов граничной итерации». Он разлагает подсистемы электрической сети путем отбора для разрезания линий с высоким сопротивлением. Если находят, что какая-либо из полученных подсистем имеет больше узлов, чем нужно, то она разлагается дальше при дополнительном требовании. Из-за этих дополнительных ограничений число разрезанных линий получается слишком большим. Другой алгоритм разложения [3] для минимизации памяти использует динамическое программирование. Метод налагает ограничение на число подсистем.

В настоящей статье описывается процесс автоматического разложения электрической системы на подсистемы. Критерием разложения является минимизация всей требуемой (оперативной) памяти вычислительной машины. Для достижения данной цели используется принцип оптимальности Беллмана вместе с логическими заключениями. Принцип оптимальности формулируется следующим образом: «Оптимальная стратегия обладает таким свойством, что каково бы не было начальное состояние и начальное решение, последующие решения должны приниматься, исходя из оптимальной стратегии с учетом состояния, вытекающего из первого решения». Использование принципа оптимальности является гарантией того, что решение, принимаемое на каждой стадии, является наилучшим с точки зрения всего процесса в целом. Процесс оптимальной разбивки заданной большой системы на радиально связанные отдельные подсистемы производится в четырех этапах:

1. Нумеруются узлы рассматриваемой энергосистемы, приписывая первый номер узлу, имеющему минимальные связывающие линии с другими узлами.
2. Группируются узлы по принципу их электрической связанности.
3. Создаются элементарные подсистемы. В общем случае элемен-

тарные подсистемы могут состоять как из отдельных узлов, так и из группы узлов. В случае, когда элементарная подсистема состоит из группы узлов, требуется, чтобы все узлы были электрически связаны. С другой стороны, требуется, чтобы при создании отдельных элементарных подсистем, число удаленных или разрезанных линий было минимальным. В частном случае, в качестве элементарных подсистем можно выбрать отдельные узлы рассматриваемой большой энергосистемы.

В случае, когда создаем элементарную подсистему из группы электрически связанных узлов, необходимо учитывать ограничение, налагаемое на число узлов отдельных подсистем.

4. Формирование отдельных оптимальных подсистем, что и является конечным этапом рассматриваемой задачи. Построение окончательных подсистем производится на основании объединения отдельных подсистем, с учетом налагаемых соответствующих ограничений на число их узлов.

Поставленную задачу можно решить и без наложения ограничений на число узлов отдельных подсистем. Отсюда становится ясным, что построение окончательных подсистем может требовать объединения множества элементарных подсистем. Объединение рассмотренных двух элементарных подсистем в одну производится в том случае, когда оно приводит к минимизации занимаемой памяти АЦВМ.

Для получения критерия объединения двух элементарных подсистем рассмотрим следующий случай. Предположим, что должны объединить в одну две элементарные подсистемы a и b , имеющие соответственно число узлов M_a и M_b . Число разрезанных линий между подсистемами a и b обозначим через M_{ab} . До объединения этих двух элементарных подсистем требуемую память АЦВМ, согласно (3), можно представить в следующем виде:

$$P_{ab} = M_a^2 + M_b^2 + M_p^2. \quad (4)$$

После объединения указанных подсистем требуемая память АЦВМ представляется как:

$$P'_{ab} = (M_a + M_b)^2 + (M_p - M_{ab})^2. \quad (5)$$

В выражениях (4) и (5) величина M_p изображает общее число разрезанных линий до объединения двух элементарных подсистем. Величина $(M_p - M_{ab})$ показывает уменьшение общего числа разрезанных линий в результате объединения двух элементарных подсистем. Две элементарные подсистемы объединяются в одну в случае, когда обеспечивается следующее условие:

$$P_{ab} = P'_{ab} - P_{ab} > 0; \quad P_{ab} \rightarrow \max \quad (6)$$

или
$$P_{ab} = 2M_p M_{ab} - 2M_a M_b - 2M_{ab}^2 \rightarrow \max. \quad (7)$$

Таким образом попарно рассматриваем все элементарные под-

системы; окончательно объединяются те две, относительно которых обеспечиваются условия (7). Если ограничение числа узлов отдельных подсистем характеризуется величиной $M_{\text{ис}}$, тогда при объединении двух элементарных подсистем должны обеспечить и следующее условие:

$$M_a + M_b \leq M_{\text{ис}}. \quad (8)$$

Для иллюстрации предложенного метода представления заданной электрической схемы как совокупности радиально связанных оптимальных подсистем, рассматриваются два конкретных примера. Рассматриваемые схемы состоят из 46 узлов, 92 ветвей и из 66 узлов, 130 ветвей. Результаты проведенных исследований относительно данных схем приводятся в табл. 1.

Результаты установления оптимальных подсистем

Таблица 1

Число узлов системы	Варианты	Ограничения по числу отдельных подсистем	Число подсистем	Число разрывных линий	Порядок деления подсистем	Требуемое минимальное время, сек.	Число записанных ячеек
46	1	46	1	—	46.	—	2116
	2	46	2	5	37,9	40	1475
	3	46	3	10	14,23,9	42	906
	4	46	4	16	14,10,9,13	33	802
	5	10	6	21	5, 9,10,6,7,9	48	813
	6	8	8	27	8,6,3,7,6,7,4,5.	52	1026
66	7	66	1	—	66	—	4356
	8	66	2	6	32,31	60	2216
	9	66	3	12	32,17,17	56	1746
	10	66	4	17	15,17,17,17	50	1381
	11	12	8	30	10,5,12,5,9,8,11,6	64	1496
	12	6	12	45	5,5,5,6,6,5,6,6,5,5,6,6	81	2391

Для ясности рассмотрим подробно четвертый вариант примера, приведенный в таблице, где налагаются ограничения по числу отдельных подсистем.

После перераспределения узлов по минимальным связывающим линиям и их группировки по принципу их электрической связанности, обрываются 47 линий и получаются 14 подсистем. Соединение производим по следующей последовательности.

8-я подсистема, которая состоит из одного узла, электрически связана с 7 и 9-й подсистемами. 7-я подсистема имеет 7 узлов и связана с 8-й одной линией, а 9-я состоит из 5 узлов и связана с 8-й двумя линиями. Если соединить 8 и 7-ю подсистемы, то по (7) выигрыш ячеек памяти машины получается 79, а если соединить 8 и 9-ю подсистемы, то выигрыш памяти будет равен 174. Поэтому 8 и 9-я под-

системы объединяются в одну. После соединения этих подсистем в одну, перенумеровываются подсистемы и начинают аналогично соединяться в другие подсистемы. Процесс кончается тогда, когда для любого варианта соединения подсистем выигрыш памяти получается отрицательным.

Таким образом, сделав все возможные соединения подсистем, получаются четыре радиально связанные подсистемы и 16 разрезанных линий, для которых оперативная память машины получается минимальной.

Приведенные в табл. 1 результаты показывают, что порядок отдельных подсистем и число удаленных связывающих ветвей действительно сильно влияет на память АЦВМ. Из таблицы нетрудно заметить, что по мере увеличения числа подсистем, при обеспечении минимальности удаленных ветвей, требуемая память АЦВМ уменьшается. Дальнейшее увеличение числа подсистем, при котором увеличивается число удаленных ветвей, приводит к росту памяти машины. Если представить зависимость между требуемой памятью АЦВМ и числом подсистем, то графически она будет иметь вид U-образной кривой с точкой абсолютного минимума.

В ы в о д ы

1. Автоматическое разложение больших систем на отдельные подсистемы дает экономию в оперативной памяти АЦВМ и минимизирует объем вычислительных работ при построении расчетной Z-матрицы, необходимой в уравнении установившегося режима.

2. Время вычислений разложения электрических систем на оптимальные подсистемы составляет очень малую часть общего времени, требуемого при построении расчетной Z-матрицы.

АрмИИЭ

Поступило 22.V.1974

Վ. Ս. ԿԱԶԱՏՔՅԱՆ, Մ. Ա. ԲԱԼԱԲԱՅԱՆ

ԵՆՑ ՈՐՈՏԵՄԵՆԵՐԸ ՈՐՊԵՍ ՇԱՌԱՎՈՐԵՆ ԿԱՊՎԱՅ ՕՊՏԻՄԱԼ
ԱՆՔԱՍԻՍՏԻՄԵՆԵՐԻ ԱՐԲՈՂՋՈՒԹՅՈՒՆ ՆԵՐԱՅԱՆՆԵԼՈՒ ՄԵՐՈՒ

Ա. Վ. Ի. Ս. Վ. Ս. Վ.

Ըստ հոդվածում առաջարկվող մեթոդի, մեծ էլեկտրական սխեմաները բաժանվում են շտապիդորեն կապված օպտիմալ ենթասխեմաների բազմության: Մշակված է ալգորիթմը և կազմված է ծրագիրը այդ բաժանումը ափսոսանքով կատարելու համար: Ծրագիրը կազմված է ալգորիթմ, որ հնարավորություն է ընձևնում խնդիրը լուծել, երբ սահմանափակում է դրված կամ չի դրված ենթասխեմաների հանգույցների թվի վրա: Լուծված է 2 թվային օրինակ, որից հետևում է, որ հաշվիչ մեքենայի հիշողության կապը ենթասխեմաների թվից գրաֆիկորեն կարելի է ներկայացնել U-ձևի կորով:

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Хачатрян В. С., Суханов О. А. Диагностика и задача определения обобщенных параметров больших энергосистем. «Электричество», 1973, № 4.
2. Хачатрян В. С. Метод и алгоритм расчета установившихся режимов больших электроэнергетических систем. «Известия АН СССР. Энергетика и транспорт», 1973, № 4.
3. Undrill J. M., Hopp H. H. Automatic Sectionalization of Power System Networks for Network Solution. IEEE Trans. Power. Appar. and Systems, vol. pas-90. Jan/Feb 1971.
4. Mahendra K. J., Rao Dharma N. A power system networks decomposition algorithm for network solutions, IEEE. Trans Power. Appar. and systems, vol. pas-92, №2, 1973.
5. Bayles and Sosson A. M. A power system decomposition algorithm. PICA Proceedings, p p. 448—452, 1971.
6. Sigmund Dietmer. „Wiss. z. Techn. Univ. Dresden“. 1972, 21. №2.
7. Орлова Г. И., Дорфман Я. Г. Оптимальное деление графа на несколько подграфов. «Известия АН СССР. Техническая кибернетика», 1972, № 1.

НАУЧНЫЕ ЗАМЕТКИ

Г. Т. АДОНИС, Р. М. ГАБРИЕЛЯН

К МЕТОДАМ ОБЕСПЕЧЕНИЯ СХОДИМОСТИ ИТЕРАЦИЙ В
 РАСЧЕТАХ УСТАНОВИВШИХСЯ РЕЖИМОВ ЭНЕРГОСИСТЕМЫ

В настоящее время в ВЦ энергетики решается целый ряд задач по расчетам установившихся режимов энергосистем. В этих задачах схемы замещения электрических сетей, так называемые открытые схемы, большей частью представляются параметрами $[Y]$. Последняя форма уравнений целесообразна для случаев систем с большим числом узлов.

В отличие от представления схем замещения открытыми в АрмНИИЭ развиваются методы расчетов, основанные на представлении схемы замещения эквивалентными многополюсниками. Из математических методов, применяемых для решения этих задач, отметим следующие: метод итераций, метод Гаусса с выбором главного элемента, метод Ньютона, метод градиента.

Практика решения задач по расчету установившихся режимов показала, что в ряде случаев получаются сходящиеся решения, которые не могут быть реализованы в энергосистеме, т. е. решения, не имеющие физического смысла.

Задача обеспечения сходимости итераций к единственному физически реализуемому решению становится наиболее трудной в случае задания напряжения только одного узла баланса мощностей. В связи с этим стала актуальной задача обеспечения сходимости решений к единственному физически реализуемому. Здесь возможны разные подходы к решению этой задачи.

Цель настоящей заметки — рассмотрение примера обеспечения сходимости итераций, при задании напряжения только балансирующего узла, к единственному физически реализуемому решению.

Постановка задачи. Принимаются заданными: а) параметры d_{mk} , b_{mk} ($m, k = 1, \dots, n$) эквивалентного многополюсника с выделенными генераторными и нагрузочными узлами системы; б) активные (P) и реактивные (Q) мощности генерирующих и нагрузочных узлов, кроме узла баланса мощностей; в) модуль (U) и фаза (ψ) напряжения узла баланса; г) ограничения, налагаемые на искомые модули напряжений.

Принимаются искомыми: а) модуль и фаза комплексных напряжений генераторных и нагрузочных узлов; б) реактивные и активные мощности узла баланса.

Комплексные токи в ветвях и активные и реактивные мощности в них могут быть определены по результатам расчета параметрон режима многополюсника.

Уравнения, используемые для решения этой задачи, берутся согласно [1, 2].

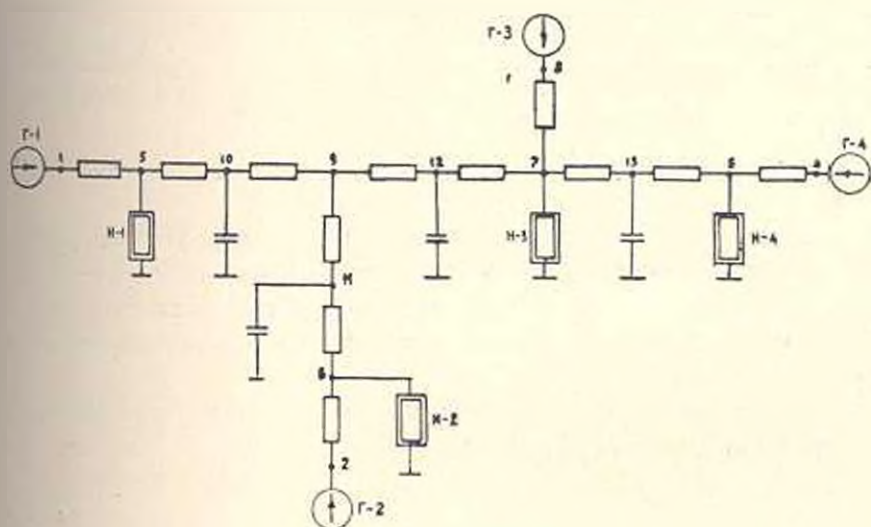


Рис. 1.

Пример расчета. Рассматривается схема (рис. 1) с 4-я генераторными, 1-я нагрузочными и 5-ю линейными узлами ($n = 13$). Параметры многополюсника, эквивалентного этой схеме, приводятся в табл. 1.

Таблица 1

m, k	1.1	2.2	3.3	4.4	5.5	6.6	7.7	8.8
g	195.461	70.8854	73.5112	731.707	525.772	320.763	640.829	1159.50
b	1811.45	1086.91	1492.5	3414.63	3835.54	2948.18	4533.09	5202.99

Продолжение таблицы 1

m, k	1.5	2.6	3.7	4.8	5.6	5.7	6.7	7.8
g	-195.461	-70.8854	-73.5112	-731.707	-219.17	-111.071	-94.5442	-427.499
b	-1841.45	-1086.91	-1492.50	-3414.63	-1316.42	-705.443	-576.851	-1857.13

Величины, приведенные в табл. 1, следует умножить на 10^{-5} (СИМ).

Заданные активные и реактивные мощности генераторных (1, 2, 4) и нагрузочных (5, 6, 7, 8) узлов, а также напряжение узла (3) баланса мощностей приводятся в табл. 2.

Таблица 2

$m =$	1	2	4	5	6	7	8	$m =$	3
$P(\text{Мвт})$	157.7	-54.6	418.3	-229	-116.9	-64.7	-322.8	$U(\text{кв})$	259
$Q(\text{Мвар})$	131.8	137.1	87.1	-79.5	-67.7	-32.4	-81.2	$\varphi(\text{град})$	0

Ограничение по искомым модулям напряжений принято $U_{\min} \geq 170 \text{ кв}$, $U_{\max} \leq 250 \text{ кв}$.

Для решения этой задачи были использованы: программа АрмНИИЭ, программа Сибирского энергетического института (СибЭИ), основанная на применении метода Ньютона, и программа Киевского института электродинамики (КИЭД), основанная на методе итерации по Зейделю.

Результаты расчетов, выполненных по программе СибЭИ и по программе КИЭД, приводятся в табл. 3.

Таблица 3

$m =$	1	2	4	5	6	7	8	$m =$	3
$U(\text{кв})$	319.3	332.4	296.0	294.3	294.9	278.3	281.9	$P(\text{Мвт})$	241.4
$\varphi(\text{град})$	-21.55	-31.77	-2.22	-26.24	-28.79	-12.98	-9.92	$Q(\text{Мвар})$	-48.4

Результаты расчета, выполненного по программе АрмНИИЭ, приводятся в табл. 4.

Таблица 4

$m =$	1	2	4	5	6	7	8	$m =$	3
$U(\text{кв})$	207.1	227.1	187.9	171.6	173.0	184.6	172.2	$P(\text{Мвт})$	284.5
$x = \sin^2 \delta$	-0.2055	-0.6338	0.5339	-0.4121	-0.5284	0.2093	0.3275	$Q(\text{Мвар})$	334.8

Анализ результатов расчета. Согласно табл. 3 в узлах 1, 2 получились напряжения свыше 300 кв, что свидетельствует о физической нереализуемости полученного решения. В отличие от этого, результаты расчета, приведенные в табл. 4, полученные по программе АрмНИИЭ,

являются единственными физически реализуемыми параметрами режима.

Заметим, что, в отличие от ограничений $U_{\min}$ и $U_{\max}$, используемых в программе АрыНИИЭ, в программе СибЭИ используется принцип контроля по максимуму небаланса и по величине шага. В программе КИЭД используется принцип ограничения по максимальным и минимальным реактивным мощностям.

Отличительной особенностью решения задачи по программе АрыНИИЭ является также и следующее: при выборе нулевого приближения величины искомых напряжений в первом шаге итерации принимаются

$$U_m^{i-0} = U_m^{\text{ном}} - \sqrt{Q_m^0 - C},$$

где $U_m^{\text{ном}}$ — номинальное напряжение сети; Q_m — заданная реактивная мощность узла; C — константа; i — индекс шага итерации. В рассмотренном примере были приняты следующие нулевые приближения искомых величин:

m	1	2	4	5	6	7	8
$U^{i-0}(\text{кВ})$	225.3	225.2	215.6	214.1	213.5	211.1	214.7
$\varphi^{i-0}(\text{град})$	0	0	0	0	0	0	0

В ы в о д ы

1 Метод представления схемы замещения электроэнергетической системы эквивалентным многополюсником обладает преимуществом по сравнению с методом представления систем открытыми схемами при решении задач расчетов установившихся режимов с обеспечением сходимости к единственному физически реализуемому решению.

2 Ограничения, налагаемые на модули искомых напряжений, а также выбор начальных значений искомых напряжений в зависимости от заданных реактивных мощностей оказывают существенное влияние на сходимость итерации к единственному физически реализуемому решению.

АрыНИИЭ

Поступило 24.VII. 1974

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Адоц Г. Т. Метод расчета установившегося режима электрической системы. «Электростроение», № 5, 1972.
2. Адоц Г. Т. О сходимости итерации к единственному решению в расчетах установившихся режимов электрической системы. «Нав. АН СССР. Энергетика и транспорт», № 3, 1971.
3. Оксужан Н. А. К исследованию сходимости итерации в расчетах установившихся электрических режимов энергосистем. «Изв. АН АрмССР (серия Т. II.)», т. XXVI, № 3, 1973.

4. Круим Л. А. Применение метода Ньютона—Рафсона для расчета стационарного режима сложных электрических систем. «Изв. АН СССР. Энергетика и транспорт», № 5, 1965.
5. Кичанови И. А. и др. Новые программы института электродинамики АН УССР расчетов на ЦВМ установившихся электрических режимов сложных энерго-систем. «Применение вычислительной техники в электроэнергетике», № 1, М., 1970.

НАУЧНЫЕ ЗАМЕТКИ

К. А. ГУЛГАЗАРЯН

ЖАЛЮЗИЙНЫЙ ФОТОУМНОЖИТЕЛЬ С УПРАВЛЯЮЩЕЙ СЕТКОЙ

Среди фотоумножителей (ф. э. у.), выпускаемых промышленностью, специальный электрод для управления фототоком имеют только фотоумножители с жалюзиными динодами. Этот электрод—модулятор—обычно имеет форму, близкую к цилиндрической, и находится между фотокатодом и умножительной системой. Управляющее напряжение подается на электроды модулятор—фотокатод. Для полного управления фототоком необходимы большие напряжения (десятки вольт), что является недостатком этих устройств.

В [1] описываются фотоумножители, где фототок можно управлять малыми напряжениями ($\sim 1\text{ в}$). От обычных фотоумножителей они отличаются тем, что и катодной камере имеются два дополнительных электрода—ускоряющий и отсекающий. Присутствие этих электродов несколько затрудняет изготовление прибора.

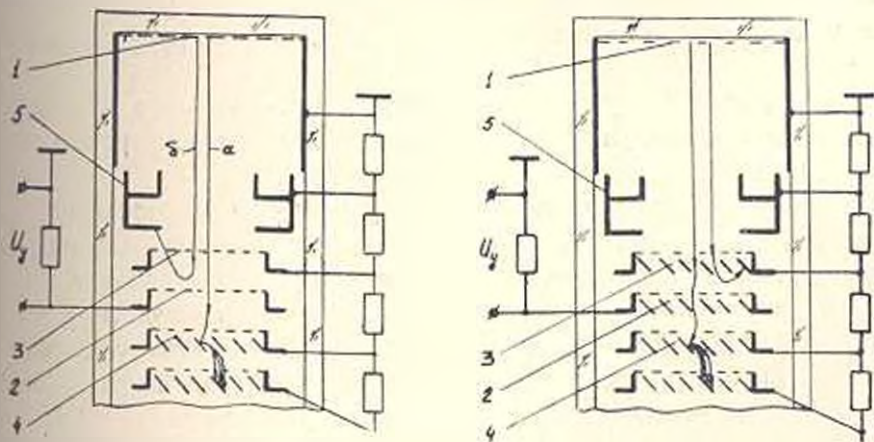


Рис. 1. Схема устройства жалюзийного ф. э. у. с управляющей сеткой.

- 1 — полупрозрачный фотокатод;
 2 — управляющая сетка; 3 — ускоряющая сетка;
 4 — первый динод; 5 — модулятор.

Рис. 2. Схема обычного жалюзийного ф. э. у.

- 1 — полупрозрачный фотокатод;
 2 — второй динод; 3 — первый динод;
 4 — третий динод; 5 — модулятор.

В данной заметке рассматривается фотоумножитель с управляющей сеткой, изготовление которого предельно упрощается. Оно сводится к тому, что при монтаже динодов на первые два «динода» жалюзы не крепятся, после чего они приобретают вид сеток, как это показано на рис. 1.

Принцип действия фотоумножителя, схема которого представлена на рис. 1, не отличается от принципа действия прибора, описанного в [1]. Процесс управления фототоком качественно объясняется следующим образом. Пусть электроны из полупрозрачного фотокатода 1 (рис. 1) вылетают с нулевой начальной скоростью, а управляющая сетка 2 электрически не прозрачна. В области между электродами фотокатод-ускоряющая сетка 3 электроны ускоряются, приобретая энергию eU_0 , где U_0 — разность потенциалов между электродами 1 и 3. С такой энергией они входят в область между сетками 3 и 2, где поле тормозящее. Электроны могут преодолеть это тормозящее поле и пройти через управляющую сетку 2, если ее потенциал будет чуть выше потенциала фотокатода. Действительно, при этом разность потенциалов между сетками 2 и 3 равна $U_0 - U_y$. Поэтому при торможении в этой области электроны теряют меньшую энергию $e(U_0 - U_y)$, чем приобрели при ускорении и, следовательно, энергия на поверхности управляющей сетки будет $eU'_0 = e(U_0 - U_y) = eU_y$. Под действием этой небольшой энергии (небольшой скорости электронов) электроны пролетают через сетку 2, попадают под действие ускоряющего поля первого динода 4 и, соударяясь с ним, вызывают вторичную эмиссию. Далее вторичные электроны умножаются умножительной системой. Траектория движения такого электрона на рис. 1 показана кривой *a*.

При подаче на управляющий электрод отрицательного потенциала относительно фотокатода, электроны, не долетая до управляющего электрода, возвращаются обратно (кривая *b*).

В реальных условиях для полного управления фототоком необходимо некоторое небольшое напряжение из-за наличия начальных скоростей электронов и полей, проникающих через управляющую сетку. Для уменьшения последнего можно, например, управляющую сетку 2 выполнить в виде двух соединенных между собой сеток, установленных параллельно на некотором расстоянии друг от друга. Тогда величину управляющего напряжения можно уменьшить до ~ 1 в.

Другим преимуществом прибора является широкий диапазон модулирующих частот. Верхняя частота этого диапазона обусловлена паразитными индуктивностями выводов сеток 2 и 3, паразитными емкостями этих электродов, а также временем пролета между сетками 2 и 3 [1]. Если это расстояние равно 3 мм, что имеет место во многих типах жалюзийных ф. э. у., а напряжение между сетками 2 и 3 равно 100 в, то в соответствии с [1] верхняя граничная частота $f_{0,1} = 0,56/\tau$ будет 560 МГц.

Весьма важным обстоятельством является то, что для фокусировки и ускорения фотоэлектронного пучка не следует конструировать новую систему для каждого конкретного типа жалюзийного ф. э. у., обычно отличающегося формой модуляторов. Они осуществляются теми же электродами (3 и 5), что и в случае до изменения конструкции.

Основные положения этой заметки были проверены на стандартном жалюзийном ф. э. у. (рис. 2). Роль ускоряющей сетки выполнял первый динод 3, а управляющей сетки—второй динод 2. Дело в том, что $\sim 10\%$ электронов фотокатода пролетают мимо жалюз первого динода. Именно эти электроны управляются вторым динодом, на который подается управляющий потенциал. Если, например, его потенциал будет чуть выше потенциала фотокатода 1, то, аналогично вышеописанному, фотоэлектроны пролетают через сетку второго динода и попадают под действие ускоряющего поля третьего динода 4. Вследствие этого электроны, минуя жалюзы второго динода, движутся к третьему и, соударяясь с ним, вызывают вторичную эмиссию.

Эксперименты на ФЭУ-84 показали, что верхняя граничная частота управления фототоком обусловлена паразитными резонансными свойствами выводов ф. э. у. и составляет ~ 200 Мгц. Напряжения отпирания и запираания ф. э. у. составляют 2—3 в.

ЕрПИ им. К. Маркса

Поступило 8 II 1974

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Гуагалири К. А. Сверхвысокочастотные фотоумножители со скоростной модуляцией электронного потока. «Изв. АН АрмССР (серия Т. II.)», № 3, 1973.

Ր Ա Վ Ա Ն Դ Ա Կ Ո Ւ Թ Յ Ո Ւ Ն

«ՀԱՅԱՍՏԱՆԻ ՏՆՆԱԿԱՆ ԳԻՏՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ՄԵՐԻԱԿ» ՀԱՆԳՆԱԿԻ 27-ՐԻ ՀԱՏՈՐԻ

Մ Ե Բ Ե Ն Ա Ղ Ի Ն Ո Ւ Ր յ Ո Ւ Ն

Լ. Ա. Հակոբյան. Կորագրած կուլիտով հարթ կուլիտային մեխանիզմների սինթեզ	6—15
Ա. Պ. Քաջենյան, Գ. Պ. Վստյախով. Վերադասարանական մեթոդների ուղղորդման համակարգի ռեգրեսիոն մոդելների կառուցման վերաբերյալ	1—20
Լ. Ի. Գրիգորյան, Վ. Պ. Անիսիմով, Վ. Վ. Վարդանյան. Հիդրոստատիկ հենարաններով իյալիս հանգույցների դինամիկ բեռնավորների հաշվարկի մի բանի առանձնահատկություններ	2—35
Գ. Բ. Դավյան, Ա. Գ. Հովակիմյան. Մետաղական մայրածածկ սոսնձային միացությունների ամրության վրա նրանց հզորների կոնստրուկցիայի ազդեցության ուսումնասիրություններ	2—10
Մ. Վ. Կապան, Հ. Բ. Բաղդասարյան, Հ. Հ. Հաբուլյունյան. 7ԱՅ6 ուսնողման հաստացի հիդրոշարժարներից առաջացած թրթուրմաները	2—4
Յու. Լ. Սարգսյան. Պատական պոլիմերով շփակված հոսողի կինեմատիկական շղթայի բառակազմության սինթեզը	2—13
Յու. Լ. Սարգսյան. Ուղղագիծ բառակազմության կետերի խնդիրը տարածական շարժման ընթացքում	3—3
Մ. Գ. Ուսուկյան, Մ. Հ. Կապանյան. Մեքենաների մասերի հոգնածության սինթեզի կառուցման համակարգի կառուցման վերաբերյալ	6—10
Ի. Զա. Տոկաչ, Վ. Վ. Հովհաննիսյան. Պլունկային պոլիմերի լուծման հաշվարկի լուծումը	2—27
Կ. Խ. Դանիսյան, Գ. Ա. Ջալալյանյան. Ենթամեխանիկ կորերի փոխակերպման հարցի շուրջը	2—20
Կ. Խ. Դանիսյան, Ս. Ս. Կապանյան. Տարածական փոխանցիչ BCCB մեխանիզմի սինթեզի կինեմատիկ դարձկոնյուն մեթոդով	4—16
Ս. Է. Եմուսև, Ի. Ա. Մալոյան, Ի. Լ. Հայրիկյան. Խորհրդային Միության կոսմոսային ֆունկցիոնալ ծրագրի մշակման մեխանիզմի հատկությունների բնութագրի	3—8
Կ. Խ. Դանիսյան, Վ. Ա. Ջալալյանյան. Մոնոմեր ուղղագիծ-ուղղաձիգ մեխանիզմների սինթեզման մի անալիտիկ մեթոդի մասին	1—37
Մ. Բ. Լիլիյան, Հ. Խ. Անուսյան. Տարվող օդակի պարբերական պատկերով շղթայի լծակային մեխանիզմի սինթեզ	6—3

Է Ե Ն Բ Ե Ն Ո Ւ Կ Ս

Հ. Տ. Աղոնց, Ա. Ս. Ավակյան, Ռ. Տ. Եմեկով. Կորուստների երկրորդ մասնակի անալիզի մասերից առաջացող օդադարձմամբ ախտիկ հիպոթիզան կորուստների ինիքումի հաշվարկի շուրջը	3—3
Ջ. Մ. Մալոյան, Տուրքոզեկյանյանների հաշվարկային բեռնավորների ճշտության մասին՝ նոր բնութագրերն օդադարձմում են ընթացիկ կառավարման ռեգիմի օպերատիվության համար	4—54
Վ. Մ. Մալոյան, Հիդրոստատիկական աշխատանքային ստուգումների անցկացման և փորձականության օպերատիվ պարբերականության որոշումը	3—9
Ս. Գ. Մուրադյան, Վ. Ն. Մալոյան, Էլեկտրամեխանիկական անցողիկ երևույթներում էլեկտրաէներգետիկական համակարգի հանգույցների դիֆուզիոն համակարգում լուծող ԱՄԷՍ—2Մ անալոգային սարքեր	1—11

- Վ. Ս. Խաչատրյան, Մեծ Հեռագրամակարդերի ցանցի դուռնի կոորդինատների նախաբերական
աշխարհի որոշման մեթոդ՝ երբ այսօրվա են կալանների 1—1) ուղիղության պարա-
մետրները 2—57
- Վ. Ս. Խաչատրյան, Մեծ Հեռագրակալի սխեմաների կալանի ուղիղության մի
այդորի թմբի մասին 3—19
- Վ. Ս. Խաչատրյան, Մ. Ա. Բալասանյան, Մեծ սխեմաների որպես շատափղորհեն կալված
պարհապան ենթասխեմաների ամբողջության ներկայացնելու մասին 6—29

Է չ ե կ տ ւ ու ե լ ու ե կ ա

- Ե. Լ. Արևշյան, Բարախոզ հոսանքով միաֆազ ինդուկտորային պենետրացիայի մագ-
նետական ակն-էֆեկտը՝ չափի առնելու տեսության 5—15
- Ե. Ա. Կարապետյան, Մասնակների յիցքավորումը զազի ինտենսիվ, երբ չափի է առնե-
լու մեկարանյան զաչի հաստատման անցողիկ բնույթը 1—3
- Ե. Դ. Լիկիյան, Հրադոցի կոորդինատները բացահայտ բեռներով սխեման մեքենայի
ստատորի պողպատում ստատորի անսխեմայիկ և ոչ-սխեմատիկային հոսանքների
զեղվում 5—23

Զ յ ղ ւ ո ղ յ լ կ ա, Զ յ ղ ւ ո ա ե լ ու ե կ ա

- Զ. Պ. Աշխիյան, Պոմպակայանի մոլման խողովակաշարում բացասական չիզրավելի
կան չարմածի հարցի շուրջը 1—48
- Ա. Բ. Ողակասարյան, Ողակայան պատկերով չիզ-ստացիոնար շարժումը հնչման խողո-
վակաշարում 3—42
- Ա. Բ. Կարապետյան, Յա. Ա. Ալմասյան, Ռ. Լ. Նալկարյան, Անդրոսկոպիկորհի տեղա-
դրման խողովակաշարի չափումը 3—51
- Ա. Բ. Մուխանյան, Խողովակաշարում հոսանքի խողովակ ուղեկցող չհաստատված
շարժման հարցի շուրջը 5—37
- Ա. Ս. Սարգսյան, Գ. Ս. Քարամյան, Ջրի մակերևույթի և լճի մոտակայի Ֆունկցիո-
նալ չափարկը Սեանա լճի համար 6—23
- Զ. Դ. Խաչիկյան, Բարձր հնչյունային լույսի լույսի շեմնետոցման պարա-
մետրների մասին 4—11

Չ ա լ լ ո ղ ա կ ա ե ու ե լ ու ե կ ա

- Չ. Մ. Սարգսյան, Տեղադրման երկրաչափական տարբերությունները մեկ
դասի չափարկման ընդհանուր դրույթները 1—22
- Ա. Ն. Սարգսյան, Գ. Ս. Կարապետյան, Զ. Զ. Սարգսյան, Ողակայան աղակաշարի
բացահայտումը խանգարումների ֆունկցիոնալ ոչ-դասի սխեմայի միջոցով 2—46
- Ա. Ն. Սարգսյան, Գ. Ս. Կարապետյան, Զ. Զ. Սարգսյան, Ողակայան աղակաշարի
բացահայտումը խանգարումների ֆունկցիոնալ ոչ-դասի սխեմայի միջոցով 3—33
- Չու. Մ. Խաչիկյան, Ա. Ս. Նալկարյան, Ջրի մակերևույթի աղակաշարային դիսպոզիցիո-
նալ չափարկը Սեանա լճի համար 1—17

Հ ա ղ ղ ո ղ ա կ ա ե ու ե լ ու ե կ ա

- Հ. Ս. Սարգսյան, Ս. Ա. Նալկարյան, Ս. Վ. Արևշյան, Վերադրված հոսանքի պար-
մետրների կոորդինատի ֆունկցիոնալ որոշման հարցի վերաբերյալ 5—41
- Հ. Ս. Սարգսյան, Գ. Լ. Նալկարյան, Ս. Ա. Խաչատրյան, Ինտենսիվ սխեմայի պար-
մետրի աղակաշարային քայլերի հստակումը՝ բացասական ոչ-դասի բնու-
յթի հարկանական դրույթի արտադրության 3—27

2. 2. Ասորդարյուն. Կոմիտեի անդամների հետապնդման զենամատեր միակի սխալների նկատմամբ՝ հաշվի առած սխեմայի էլեմենտների կարևորությունը 1—28

Ն ի ն ա բ ա ռ ա կ ա ն մ և ի ս ո ն ի կ ա

1. 17. Կոյստովա. Երկաթբետոնե կոնստրուկցիաներում հիմնական բարձրության վերաբերյալ ժամանակ սողքի տեսության հատկության ու վարքագիծը համապատասխան կիրառման վերաբերյալ 4—33
- Տ. Ա. Կոտլյան. Բետոնի առաձգա-պլաստիկական հատկությունների հաշվարկով երկաթբետոնե կարկասային շենքերի ազատ տատանումների պարբերություններ 4—22
- Տ. Ա. Կոտլյան. Բետոնի առաձգա-պլաստիկական հատկությունների ազդեցությունը երկաթբետոնե կարկասային շենքերի ազատ տատանումների ձևերի և սեյսմիկ բեռնվածքների կազմավորման վրա 5—30
17. Ա. Ջաղոյան. Սողքի տեսության վարքագիծն ու մեթոդների կիրառումը երկաթբետոնյա կոնստրուկցիաների հաշվարկում 1—42

Ջ և ր մ ա տ և ի ս ո ն ի կ ա

1. 11. Ապուլյան, Ա. Լ. Սուրբա, Ս. Ն. Շոբին. Տարրաբանական թմբի և թթվածնի թիրմողիկական հատկությունները 3—57
11. 2. Կոմանյան. Օդի կոնդիցիոնացման օբյեկտների համար ֆրեզայի և կոնսերվացիայի տարբերակումների աստիճանի տիպի բնութագրի մասին 4—46
- Վ. 11. Պոդոսյան, 17. Ա. Սուրբա, Ե. Ռ. Ֆինկելշտեյն. Խոնավ ջերմամեկուսիչի հետ կոնտակտում պողպատի կոռոզիայի արագության վրա փոխադրման պրոցեսների ազդեցության տեսական վերլուծություն 3—65
- Ա. Վ. Թադևոսյան, Ս. Ս. Խաչատրյան, Յու. Պ. Կուրնով. Գործընթացային համաարակելության պրոցեսի մոդելացում 3—72

Տ և ի ն է ի կ ա ն է լ լ և կ տ Ե ո ն ի կ ա

- Վ. 11. Առուստամյան. Բազմակողմնադրային տրանզիտորների դժային տեսության ներածություն 5—49

Ն յ ա բ ա զ ի տ ո լ ը յ ո ն

11. Յու. Թադևոսյան. Դնշման տակ հոսակայան քանակային հաշվարկ 4—5
- Վ. 11. Պոդոսյան, 17. Ա. Սուրբա, Ե. Ռ. Ֆինկելշտեյն. Պողպատի կոռոզիոն փորձարկումների ամփոփագրային փոփոխականների և բիոհոմոմալիտիտի հետ կոնտակտում 4—7

Դ ի տ ա կ ա ն և ո լ լ Ե

2. Տ. Աղունգ, 17. 17. Գալբելյան. Էներգահամակարգի մեայուն ուժիմների հաշվարկումներում իտերաքային զուգամիտումը ապահովելու մեթոդների յուրյր 6—36
11. 11. Գուլյուգուրյան. Ղեկավարող ցանցով մայրուղային ֆուտրազմապատկիչ 6—41
- Ս. Վ. Կասյան, 17. 17. Կապրյան. Պոլիմերային մշակելիության մոդել 4—59
- Կ. Ա. Մխիթարյան. Ընթացողական կոնստրուկցիաների մոդելացման համար բնական ընթացման մեթոդիկայի յուրյր 2—66
11. 1. Ստեփանյան. Գլանաձև դետալների արտադրման պրոցեսի վրա առաջնական ազդեցության մասին 4—62

СОДЕРЖАНИЕ

XXVII тома журнала «Известия АН АрмССР
(Серия технических наук)».

Машиностроение

Э. А. Акопян. Синтез плоских кулисных механизмов с криволинейной кулисой	6—15
А. П. Бешегя, Г. П. Варламов. О построении стационарных резонансных режимов вибрационной плодуборочной машины	4—20
Л. И. Густин, В. Г. Аджемян, В. В. Варданян. Некоторые особенности динамических характеристик шпиндельных узлов на гидростатических опорах	2—35
Д. Б. Давидян, А. Г. Овакимян. Исследование влияния конструкции концов металлических пехлесточных клеевых соединений на их прочность	2—40
М. В. Касьян, Г. Б. Багдасарян, Г. А. Арутюнян. К вибрациям от гидропривода строгального станка 7М36	2—3
Ю. Л. Саркисян. Квадратический синтез разомкнутой трехзвенной кинематической цепи с вращательными парами	2—13
Ю. Л. Саркисян. Задача о прямолинейных квадратических точках в пространственном движении	3—3
М. Г. Стаян, С. А. Гаспарян. О строении типичных усталостных изломов деталей машин	6—10
Н. Я. Токарь, В. В. Оганесян. К расчету смазки плунжерных пар	2—27
К. Х. Шахбазян, Д. А. Джагацян. К вопросу инвертирования шатунных кривых	2—20
К. Х. Шахбазян, С. Б. Гирамян. Синтез пространственного передаточного механизма типа ВССВ методом кинетического обращения	1—16
С. Л. Шмютер, Р. А. Кочарян, Р. Л. Айриян. Корреляционная функция шероховатости как характеристика свойств обработанной поверхности	3—8
К. Х. Шахбазян, Д. А. Джагацян. Об одном аналитическом методе синтеза приближенных правил	1—37
М. Б. Эдильян, Г. Т. Азаронян. Синтез рычажно-цепного механизма с периодическими поворотами ведомого звена	6—3

Энергетика

Г. Т. Адонц, А. С. Авакимов, Р. А. Ермакова. К расчету минимума активной мощности с использованием матриц вторых частных производных от потерь	5—3
Д. М. Бабалян. О точности расчетных характеристик турбогенераторов	4—54
В. М. Маркарян. Определение оптимальной периодичности проведения проверок и восстановления работоспособности гидроагрегатов	5—9
С. Г. Мурадян, В. Ш. Мартиросян. Аналоговые устройства АМЭС-2М, предназначенные для решения дифференциальных уравнений узлов электроэнергетической системы и расчетах электромеханических переходных процессов	1—11
В. С. Хачатрян. Метод определения относительных приростов потерь в сетях больших энергосистем при задании $P-Q$ режимных параметров станционных узлов	2—57

В. С. Хачатрян. Об одном алгоритме расчета установившихся режимов больших электрических систем	3—19
В. С. Хачатрян, М. А. Балабекян. Метод представления больших систем как совокупности радиально-связанных оптимальных подсистем	6—29

Электротехника

Г. Л. Арешян. Теория учета магнитного скин-эффекта в однофазных индукторных генераторах с пульсирующим потоком	5—15
М. А. Каранетян. Зарядка частиц ионами газа при учете переходного характера установления электрического поля	1—3
Н. Г. Никитян. Дополнительные потери в стали статора индукционной синхронной машины при несимметричных и несинусоидальных токах статора	5—23

Гидравлика и гидротехника

З. И. Ацилянц. К вопросу об отрицательном гидравлическом ударе в нагнетательном трубопроводе насосной станции	1—48
А. Б. Бигдагсарян. Нестационарное движение воды в напорных трубопроводах с воздушными полостями	3—42
А. М. Гаспарян, Я. А. Алмасян, Р. Е. Акопян. Расчет трубопроводов для перемещения взроемесей	3—51
Р. М. Рафаэлян. К вопросу о неустановившемся движении в трубопроводе, сопровождающемся отрывом потока	5—37
А. С. Саркисян, Г. М. Торгомян. Расчет уроченной поверхности и функции полных потоков для озера Саян	6—23
Г. Г. Хачикян. О параметрах глубинной цементации в высоконапорных туннелях	4—41

Измерительная техника

Б. М. Мамиконян. Общие положения для расчета трансформаторных преобразователей одного класса	1—22
А. Н. Мадоев, Г. С. Каранетян, А. О. Минисян. Обнаружение полезного сигнала-отклика нелинейной системой на фоне помех	2—16
А. Н. Мадоев, Г. С. Каранетян, А. О. Минисян. Обнаружение полезного сигнала-отклика нелинейной системой на фоне помех	3—33
Ю. М. Ходжаянц, А. С. Шахкяян. Расчет мостовой схемы подавления нерабочего диапазона т. з. д. с. с автоматической компенсацией т. з. д. с. свободных концов терморпарм	1—17

Вычислительная техника

Э. С. Бурунсузян, С. А. Акопян, О. В. Леонов. К вопросу определения корреляционной функции преобразованных процессов	5—44
Р. С. Рафаэлян, Г. Л. Кантарджян, Р. А. Хачатрян. Оптимизация инерционных систем с корректировкой рабочих шагов по скорости горизонтального дрейфа статической нелинейной характеристики	3—27
Г. Г. Сирдарян. Оценка надежности комбинационных схем по отношению к одиночным сбоям с учетом важности элементов схемы	1—28

Строительная механика

Л. М. Гайтова. О применении вариационного ураниения Кастильяно теории ползучести при анализе усадочных напряжений в железобетонных конструкциях	4—33
---	------

- Т. А. Гороян. К определению периодов свободных колебаний железобетонных каркасных зданий с учетом упруго-пластических свойств бетона 4—27
- Т. А. Гороян. Влияние упруго-пластических свойств бетона на формы свободных колебаний железобетонных каркасных зданий и формирование сейсмических нагрузок 5—30
- М. А. Задоян. О применении вариационных методов теории ползучести при расчете статически-неопределимых железобетонных конструкций 1—42

Теплотехника

- Л. С. Аслаян, А. Л. Сурис, С. Н. Шорян. Термодинамические свойства диссоциированных кислорода и серы 3—57
- Р. А. Думаян. К выбору типа ступени фреоновой центробежного турбокомпрессора для систем кондиционирования воздуха 4—46
- В. С. Погосян, М. А. Сурис, Э. Б. Финкельштейн. Теоретический анализ влияния процессов переноса на скорость коррозии стали в контакте с влажной теплоизоляцией 3—65
- А. В. Татевосян, С. С. Хачатрян, Ю. П. Кулецови. Моделирование процесса парожидкостного равновесия 3—72

Техническая электроника

- В. Е. Арустиян. Введение в линейную теорию многоколлекторных транзисторов 3—49

Материаловедение

- М. Ю. Бильшин. Количественный расчет спекания под давлением 4—3
- В. С. Погосян, М. А. Сурис, Э. Б. Финкельштейн. Коррозионные испытания стали в контакте с автоклавным пенобетоном и битумоперлитом 4—7

Научные заметки

- Г. Т. Адонц, Р. М. Габриелян. К методам обеспечения сходимости итераций в расчетах установившихся режимов энергосистемы 6—36
- К. А. Гулгасарян. Жалюзный фотоумножитель с управляющей сеткой 6—41
- М. А. Касьян, М. Т. Наджарян. Модель обрабатываемости меди МЗ 4—59
- Д. А. Мхитарян. К методике подбора бетонов для моделирования строительных конструкций 2—66
- Р. Л. Степанян. О влиянии упрочнения на процесс вытяжки цилиндрических деталей 4—62

Синтез рычажно-цепного механизма с периодическим поворотом ведомого звена. Эдлиян М. Б., Агаронян Г. Т. «Известия АН АрмССР (серия Т. Н.)», т. XXVII, № 6, 1974, 3—9.

В статье представлена методика кинематического исследования и синтеза рычажно-цепного механизма с периодическим поворотом ведомого звена. Описан способ регулирования продолжительности выстоя и числа позиций ведомого звена. Приведен численный пример.

Илл. 1. Табл. 1. Библ. 3 назв.

УДК 621.81.004.62+620.178.3.05+621.81:539.373

О строении типичных усталостных изломов деталей машин. Стакян М. Г., Гаспарян С. А. «Известия АН АрмССР (серия Т. Н.)», т. XXVII, № 6, 1974, 10—14.

Приводится таблица схем строения изломов, дополненная для случая нагружения деталей совместным действием циклического изгиба и статического кручения, а также иллюстрирующая эти схемы таблица натуральных изломов деталей. Вкратце рассматриваются общие положения процесса развития видимой усталостной трещины и особенности строения изломов, приведенных в таблице.

Табл. 2. Библ. 6 назв.

УДК 62—341+513.6

Синтез плоских кулисных механизмов с криволинейной кулисой. Акопян Э. А. «Известия АН АрмССР (серия Т. Н.)», т. XXVII, № 6, 1974, 15—22.

Изложен общий аналитический метод синтеза плоских кулисных механизмов с ведомой криволинейной кулисой. Решена задача при ведущей криволинейной кулисе.

Илл. 3. Табл. 1. Библ. 2 назв.

УДК 556.532+517.9

Расчет урванной поверхности и функции полных потоков для оз. Севан. Саркисян А. С., Торгомян Г. М. «Известия АН АрмССР (серия Т. Н.)», т. XXVII, № 6, 1974, 23—28.

Приводятся результаты численного решения дифференциальных уравнений для урванной поверхности и функции полных потоков по заданным полям плотности и ветра для летнего сезона. Расчеты проводились для глубин и очертания береговой линии, существующих в настоящее время.

Табл. 1. Илл. 2. Библ. 7 назв.

УДК 620.9+621.311+62—50:519.3

Метод представления больших систем как совокупности радиально связанных оптимальных подсистем. Хачатрян В. С., Балабекиан М. А. «Известия АН АрмССР (серия Т. Н.)», т. XXVII, № 6, 1974, 29—35.

Предлагается метод представления больших энергосистем как совокупности радиально связанных оптимальных подсистем. На основании предложенного метода разработан алгоритм и составлена программа, при помощи которой большие энергосистемы автоматически разбиваются на радиально связанные оптимальные подсистемы.

Рассмотренный вопрос является одним из решающих моментов при

построении теории решения установившихся режимов современных больших энергетических систем.

Табл. 1. Библ. 7 назв.

УДК 621.383

Жалюзийный фотоумножитель с управляющей сеткой Гулгазари К. А. «Известия АН АрмССР (серия Т. II)», т XXVII, № 6, 1974, 41—43.

Предлагается жалюзийный фотоумножитель, где первые два динода заменены сетками. Первая сетка—ускоряющая—совместно с модулятором предназначена для ускорения и фокусировки фотоэлектронного пучка, вторая, установленная на месте второго динода,—является управляющей. Управляющее напряжение подается на электроды фотокатод—управляющая сетка.

Илл. 2. Библ. 1 назв.

ԲՈՎԱՆԴԱԿՈՒԹՅՈՒՆ

Մ Ե Ն Ե Մ Ջ Ի Ն Ա Ր Յ Ո Ւ Ն

Ա. Ս. Էյլիլյան, Հ. Թ. Անաստեյան, Տարգագ օգտակիր պարբերական պատասխան շղթայա յմանային մեխանիզմի սինթեզ	3
Ա. Դ. Ստուկյան, Ս. Հ. Դասպալյան, Մեքենաների մասերի հագեցման արդյունավետ կառուցման կառուցվածքի վերաբերյալ	10
Է. Ա. Հակոբյան, Կորագիծ կոնյուգով հարթ կոնյուսային մեխանիզմների սինթեզ	15

Հ ի Պ Ե Մ Վ ի Կ Մ

Ա. Ս. Սարգսյան, Դ. Մ. Քարամյան, Ջրի մեկնությունից և յրիվ հասանքների ֆունկցիո- նների հաշվարկը Սեռեա լճի համար	23
---	----

Է Ե Ե Դ Ե Մ Ի Կ Մ

Վ. Ս. Խաչատրյան, Ս. Ա. Բալասեկյան, Մեծ սխառնակները սրպես լատիվներին հապկած սպտիմայ և նիստիստիստիկայի ամբողջություն և ներկայացնելու մեթոդ	29
---	----

Ի ի Մ Մ Կ Մ Ե Ե Ե Ե

Հ. Տ. Աղոնց, Ռ. Մ. Գարեխչյան, Հենթադատակարգի մեխանիզմների հաշվարկում ներում խառնարանի զուգամիտումը ապահովելու մեթոդների շուրջը	36
Կ. Ա. Գուլյազարյան, Ղեկավարող ցանցով մայրագային ֆուրադմատային	41
47-րդ հատորի բովանդակությունը	44

СОДЕРЖАНИЕ

Машиностроение

М. Б. Эдилян, Г. Т. Агаронян. Синтез рычажно-цепного механизма с периодическими поворотами ведомого звена	3
М. Г. Стакян, С. А. Гаспарян. О строении типичных усталостных изломов деталей машин	10
Э. А. Акобян. Синтез плоских кулисных механизмов с криволинейной кулисой	15

Гидравлика

А. С. Саркисян, Г. М. Горгомян. Расчет уровней поверхности и функции полных потоков для озера Севан	23
---	----

Энергетика

В. С. Хачатрян, М. А. Балабекян. Метод представления больших систем как совокупности радиально связанных оптимальных подсистем	29
--	----

Научные заметки

Г. Т. Адрянц, Р. М. Габриелян. К методам обеспечения сходимости итераций в расчетах установившихся режимов энергосистемы	36
К. А. Гудгазарян. Жалюзиный фотоумножитель с управляющей сеткой	41
Содержание XXVII тома	47

