

ՀԱՅԿԱԿԱՆ ՍՍՀ
ԳԻՏՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ԱԿԱԴԵՄԻԱՅԻ

ՏԵԴԵԿԱԳԻՐ ИЗВЕСТИЯ

АКАДЕМИИ НАУК АРМЯНСКОЙ ССР

ՏԵԽՆԻԿԱԿԱՆ ԳԻՏՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ՍԵՐԻԱ
СЕРИЯ ТЕХНИЧЕСКИХ НАУК

ԽՄԲԱԴՐԱԿԱՆ ԿՈՆՖԻԱ

Ազոնց Զ. Ջ. Ալեքսեևսկի Վ. Վ., Եղիազարյան Ի. Վ., Կասյան
Ս. Վ. (պատ. խմբագիր), Խոսրոբով Ա. Գ., Սիմոնով Ռ. Ջ.,
Փիեուզյան Վ. Վ. (պատ. խմբագիր-սեղանակ)

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Азоян Г. Ж. Алексеевский В. В., Егизаров Н. В., Касьян
М. В. (отв. редактор), Хосровов А. Г., Симонян Р. Ж.
(зам. отв. редактора), Симонов М. З.

ЭНЕРГЕТИКА

Г. Т. АТОНЦ

ИССЛЕДОВАНИЯ АЛГОРИТМА РАСЧЕТА СТАЦИОНАРНЫХ
РЕЖИМОВ ПАССИВНОГО МНОГОПОЛЮСНИКА

В Армянской энергетике за последние годы был выполнен ряд работ по расчету стационарных режимов Армянской, Волгоградской, Закавказской энергосистем. Целью настоящей статьи является изложение результатов исследований алгоритма таких расчетов и рекомендаций по широкому использованию программ, реализующих на ЦВМ указанный алгоритм.

1. О рекомендуемых параметрах многополюсника. Исследования показали, что применение матрицы коэффициентов уравнений многополюсника с параметрами $Y_{mk} = g_{mk} - jb_{mk}$ имеет следующие преимущества по сравнению с матрицей с параметрами $Z_{mk} = r_{mk} + jx_{mk}$:

а) обеспечивается возможность выбора в качестве независимых переменных $PQU\varphi$ и как следствие, итерация ведется по компонентам комплексных напряжений ($U\varphi$), в противоположность выбору в качестве переменных $IQI\gamma$, приводящих к итерации по компонентам комплексных токов ($I\gamma$);

б) матрицы g и b оказываются содержащими по 4–6% ненулевых элементов, что, в свою очередь, приводит к лучшему использованию возможностей оперативной памяти ЦВМ. Заметим, в процессе итерации эффект малого процента ненулевых элементов матрицы Y не используется.

2. Выбор независимых переменных для отдельных узлов многополюсника. В зависимости от характера задачи, в решении которой используется также алгоритм расчета стационарного режима энергосистемы, могут быть следующие четыре способа задания независимых переменных для отдельных узлов многополюсника:

а) заданы модули (U) и аргументы (φ) комплексных напряжений, являются искомыми активные и реактивные мощности;

б) заданы P и Q , искомые — U и φ ;

в) заданы U и P , искомые — Q и φ ;

г) заданы φ и Q , искомые — P и U .

На рис. 1 показаны эти способы задания независимых (заштрихованные клетки) и зависимых (белые клетки) переменных для отдельных узлов.

В общем случае и расчете стационарного режима многополюсника могут быть использованы все четыре способа задания независимых переменных для отдельных и группы его внешних узлов.

Узлы	P	ψ	U	Q
a				
f				
b				
z				

Рис. 1. Четыре различных способа задания независимых переменных для внешних узлов многополюсника.

3. Задача расчета стационарного режима пассивного многополюсника. Задаются: активные мощности P_a (для группы узлов b и v), реактивные мощности Q_f (для группы узлов b и b), модули напряжений U_m (для группы узлов a и v), фазы напряжений ψ_a (для группы узлов a и z), соответственно для узлов a, f, m, β — из числа n -независимых узлов многополюсника, т. е. $a, f, m, \beta = 1 \dots n$, при следующих ограничениях: $a \neq \beta; m \neq f$.

Требуется определить: активные мощности P_z (для узлов a и z), реактивные мощности Q_a (для узлов a и v), модули напряжений U_f (для узлов b и z), фазы комплексных напряжений ψ_v (для узлов b и v), соответственно, для β, m, f, a -узлов многополюсника, при указанных выше ограничениях: $a \neq \beta, m \neq f$.

На искомые величины могут быть наложены и другие ограничения, в частности, для величин β , принимаются две области допустимых значений, первая из них $\pm \frac{\pi}{2}$, а вторая $\pm \pi$, если не обеспечи-

вается решение в первой области, т. е. в $\pm \frac{\pi}{2}$.

4. Уравнения стационарного режима внешних узлов пассивного многополюсника.

а. Уравнения для определения активных мощностей P_β β -узлов и фаз комплексных напряжений ψ_a a -узлов, где $\beta \neq a; a, \beta = 1 \dots n$

$$P_\beta = U_\beta^2 \sum_{k=1}^n U_k^2 \{ g_{\beta k} [V \sqrt{(1-x_\beta^2)^2 (1-x_k^2)^2} - b_{\beta k} |x_\beta| \sqrt{(1-x_k^2)^2} - \\ - x_k^2 |1-x_\beta^2|] \} \quad (1)$$

$$\sum_{k=1}^n U_k b_{\beta k} x_k^2 = \frac{Q_\beta^f}{U_\beta^f} x_\beta^2 + \frac{P_\beta^f}{U_\beta^f} \sqrt{(1-x_\beta^2)^2} - \sum_{k=1}^n U_k^2 g_{\beta k} V \sqrt{(1-x_k^2)^2} -$$

$n = \beta$

$$- \sum_{\substack{\beta=1 \\ \beta \neq c}}^n U_{\beta}^i b_{c\beta} x_{\beta}, \quad \text{если } Q_c > 0 \quad (2)$$

$$\sum_{\alpha=1}^n U_{\alpha}^i b_{c\alpha} x_{\alpha}^{i+1} - \frac{Q_c^i}{U_c^i} x_c^{i+1} = \frac{P_c}{U_c^i} \sqrt{(1-x_c^2)^i} - \sum_{k=1}^n U_{kGck}^i \sqrt{(1-x_k^2)^i} -$$

$$- \sum_{\substack{\beta=1 \\ \beta \neq c}}^n U_{\beta}^i b_{c\beta} x_{\beta}, \quad \text{если } Q_c < 0,$$

где c — индекс строки уравнений, приобретающий значения α .

б. Уравнения для определения реактивных мощностей Q_m m -узлов и модулей комплексных напряжений U_f f -узлов, где $m \neq f$; $m, f = 1 \dots n$

$$Q_m^i = U_m^i \sum_{k=1}^n U_{mk}^i \{ g_{mk} [x_m^i \sqrt{(1-x_k^2)^i} - x_k^i \sqrt{(1-x_m^2)^i}] + \\ + b_{mk} [1 - \sqrt{(1-x_m^2)^i} \sqrt{(1-x_k^2)^i} + x_m^i x_k^i] \}, \quad (3)$$

$$\sum_{\substack{t=1 \\ t \neq m}}^n U_t^{i-1} b_{et} [1 - \sqrt{(1-x_m^2)^i} \sqrt{(1-x_t^2)^i} + x_m^{i-1} x_t^i] = \frac{Q_e}{Q_e^i} - \\ - \sum_{k=1}^n U_k^i g_{ek} [x_e^{i-1} \sqrt{(1-x_k^2)^{i-1}} - x_k^{i-1} \sqrt{(1-x_e^2)^{i-1}}] - \\ - \sum_{\substack{m=1 \\ m \neq e}}^n U_m b_{em} [1 - \sqrt{(1-x_e^2)^{i-1}} \sqrt{(1-x_m^2)^{i-1}} + x_e^{i-1} x_m^{i-1}], \quad (4)$$

где e — индекс строки уравнений, приобретающий значения f .

В уравнениях (1) и (4) верхний индекс i — номер шага итерации.

В этих уравнениях принято обозначение $x_r = \sin \varphi_r$ ($r = c, k, m, e$). Вывод уравнений (1) и (4) приводится в [1]. В качестве нулевых приближений для определения искомых $P_r^1, x_r^1, Q_m^1, U_f^1$ в первом шаге итерации ($i = 1$) могут быть приняты произвольные величины. Рекомендуются следующие нулевые приближения:

$$x_c^0 = 0, \quad U_f^0 = U_{ном}, \quad P_r^0 = P_{ном}, \quad Q_m^0 = Q_{ном}$$

для соответствующих c -, f -, β -, m -узлов многополюсника.

5. Уравнения для определения режима внутренних узлов многополюсника.

а) уравнения комплексных напряжений внутренних узлов многополюсника:

$$[\dot{U}_1] = - [Y_{22}]^{-1} [Y_{21}] [\dot{U}_m], \quad (5)$$

где s — индекс внутренних узлов;

m — индекс внешних узлов;

$[Y_{ss}]$ — матрица с элементами $Y_{ss} = g_{ss} - jb_{ss}$, соответствующая внутренним узлам многополюсника;

$[Y_{sm}]$ — матрица с элементами $Y_{sm} = g_{sm} - jb_{sm}$, соответствующая связям внутренних узлов с внешними узлами многополюсника;

$[\dot{U}_m]$ — вектор комплексных напряжений внешних узлов, часть элементов которого является заданной, а остальные определяются в результате решения уравнений режима внешних узлов, т. е. (1) — (4).

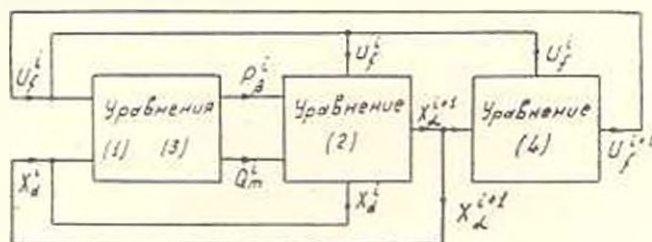


Рис. 2. Схема итерации по уравнениям (1) — (4).

Как видно из уравнений (3), комплексные напряжения внутренних узлов находятся без итерации с использованием результатов решения уравнений (1) — (4).

б) Уравнения комплексных токов в ветвях схемы многополюсника:

$$I_{km} = (U_k - U_m) Y_{km}, \quad (6)$$

где k, m — индексы узлов многополюсника;

$Y_{km} = g_{km} - jb_{km}$ — комплексная проводимость между k - и m -узлами многополюсника;

U — комплексные напряжения, найденные в результате решений уравнений (1) — (5).

в) Уравнения комплексных мощностей в ветвях схемы, направленных от узла k к узлу m многополюсника

$$P_{km} - jQ_{km} = (U_k - U_m) I_{km}^*, \quad (7)$$

6. Фаза напряжения балансирующего узла. В существующих методах расчета стационарного режима энергосистемы фаза напряжения балансирующего узла принимается равной нулю, относительно которой определяются фазы всех остальных независимых узлов схемы сети. Такое ограничение в определении фаз комплексных напряжений приводит к тому, что в ряде случаев из-за неудачного выбора балансирующего узла итерация оказывается несходящейся. Предлагаемый алгоритм позволяет отказаться от такого ограничения и, следовательно, предотвращать случаи несходящихся итераций из-за неудачного выбора балансирующего узла. Согласно уравнениям (2) не обязательно, чтобы фаза одного из комплексных напряжений прини-

малась равной нулю. Поэтому, строго говоря, в данном алгоритме не имеется в виду выделение балансирующего узла. Просто требуется, чтобы из комплексных напряжений n -независимых узлов многополюсника в числе заданных параметров режима было комплексное напряжение хотя бы одного из n -узлов, для которого и принимается название балансирующего узла. При этом, фаза напряжения балансирующего узла может иметь любое численное значение. Практика расчетов показала, что с целью обеспечения лучшей сходимости итерации целесообразно после первого шага итерации фазе балансирующего узла придать такое численное значение, чтобы вектор его напряжения оказался примерно в середине сектора комплексной плоскости, образуемого крайними векторами искомых комплексных напряжений.

7. Область допустимых значений (ОДЗ) фаз. Решая в каждом шаге итерации систему уравнений (2), можно получить для отдельных $x_i = \sin \varphi_i$ значения (2) больше $+1$ или меньше -1 . Это означает, что вектора комплексных напряжений таких узлов (т. е. a) стремятся расположиться в левой полуплоскости комплексного переменного. А, между тем, расчеты стационарных режимов для большого числа реальных энергосистем показывают, что ОДЗ векторов комплексных напряжений находится в пределах $\pm \frac{\pi}{2}$, т. е. в правой полуплоскости. Предлагаемый алгоритм обеспечивает сначала такой процесс итерации, при котором ОДЗ фаз комплексных напряжений находится в пределах $\pm \frac{\pi}{2}$. С этой целью перед радикалами, входящими в уравнения системы (2), берутся сначала положительные знаки. Если, с учетом сказанного выше о выборе величины фазы балансирующего узла, окажется, что крайние вектора искомых комплексных напряжений действительно выходят за пределы $\pm \frac{\pi}{2}$, то путем замены знаков радикалов, соответствующих крайним векторам, на отрицательные, можно обеспечить распространение ОДЗ векторов и на левую часть комплексной плоскости.

8. Сходимость итерации. Практика расчетов стационарных режимов энергосистем, базирующаяся на условии задания напряжения только одного узла (балансирующего), приводит, в целом ряде случаев, или к расходящейся итерации, или к ее сходимости к режиму, не имеющему физического смысла, т. е. к неисктому. О такого рода режимах говорят, что они стационарно неустойчивы. Вопрос этот в предлагаемом алгоритме решается по-другому. Здесь имеется в виду, что расчет стационарного режима при условии задания напряжения только одного балансирующего узла не является приемлемым, т. е. допустимым, во всех случаях. Возникает необходимость отказаться от этого условия, заменив его требованием, чтобы расчет ста-

ционарного режима проводился при условии задания напряжений двух и более узлов схемы. В частности, это условие легко реализуемо, если иметь в виду задание величин P и U для отдельных генераторных узлов схемы энергосистемы, взамен обычно задаваемых P и Q параметров режима этих узлов. Вопрос о сходимости итерации к единственному, физически реализуемому, решению может быть проанализирован на основе следующих приближенных критериев, получаемых согласно теореме сходимости [2] с использованием коэффициентов уравнений (2) и (4)

при

$$e = 1 - n$$

$$e \neq \beta$$

$$e \neq \gamma$$

$$\left| U_e^i b_{ee} \right| > \sum_{\substack{\alpha=1 \\ \alpha \neq \beta \\ \alpha \neq \gamma}}^n |U_e^i b_{e\alpha}|, \quad \text{если } Q_e > 0$$

$$\left| U_e^i b_{ee} - \frac{Q_e}{U_e^i} \right| > \sum_{\substack{\alpha=1 \\ \alpha \neq \beta \\ \alpha \neq \gamma}}^n |U_e^i b_{e\alpha}|, \quad \text{если } Q_e < 0 \quad (8)$$

при

$$e = 1 - n$$

$$e \neq m$$

$$e = \bar{e}$$

$$|b_{ee}| \geq \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq m \\ j \neq e}}^n |b_{ej}| [V(1-x_e^2)^{i+1}(1-x_j^2)^{i+1} + x_e^{i+1}x_j^{i+1}], \quad (9)$$

где $\bar{e}$ — индекс балансирующего узла.

Из этих уравнений видно, что условию задания модулей комплексных напряжений для большего числа независимых узлов многополюсника соответствует более устойчивая сходимость итерации по уравнениям (1)–(4) к единственному решению, по сравнению с условием задания напряжения только балансирующего узла.

9. Ускорение итерации. Исследования показали, что определенный эффект в ускорении итерации достигается при использовании следующей формулы

$$Y^{i+1} = Y^i + \frac{1}{2} (Y^{i+1} - Y^i), \quad (10)$$

где Y — искомый параметр режима, т. е. P , Q , U , f .

Эту формулу рекомендуется применять после второго шага итерации ($i = 2$) и до пятого ($i = 5$) шага.

Примеры расчета, иллюстрирующие результаты исследований алгоритма расчета стационарного режима, соответствуют одной схеме замещения Закавказской энергосистемы, представляемой эквивалент-

ным многополкусником с $n = 28$ независимыми узлами. Некоторые из параметров g_{mk} ; $b_{m,k}(m, k = 1 \div 28)$ приведены в табл. 1.

Таблица 1

m, k	1.1	2.2	3.3	4.4	26.26	27.27	28.28
g_{mk}	0	4,472	0	0	6,943	68,564	3,396
b_{mk}	0,1	0,0585	0,0101	0,0667	0,119	0,162	0,230

Для определения стационарного режима были заданы $2n$ параметра, а именно $x_4 = -0,3$; U_m ; $m = (1 \div 10)$; P_α ; ($\alpha \neq 4$; $\alpha = 1 \div 28$), Q_f ($f = 11 \div 28$), в том числе следующие:

Узлы	1	2	3	4	5	25	26	27	28
U	225	223	215	228	230	—	—	—	—
P	75	136,7	45	—	325	-187	-44	-537	-72
Q	—	—	—	—	—	-118,5	-28	-250	-48

Задачей расчетного стационарного режима служило определение остальных $2n$ ($n = 28$) параметров, а именно: P_α ; x_α ($\alpha \neq 4$; $\alpha = 1 \div 28$), Q_m ($m = 1 \div 10$); U_f ($f = 11 \div 28$).

Расчеты, выполненные по заданным модулям напряжений только одного узла, только двух узлов, только трех узлов дали результаты, несопадающие с данными расчета по заданным модулям напряжений только четырех узлов.

Результаты расчетов для случаев задания модулей напряжений от 5 до 10 узлов оказались совпадающими. Часть этих результатов приводится ниже в табл. 2, соответствующих заданию U первых 10 узлов, $\psi = -0,3$ ускорения итерации после 2-го шага до 5 шага.

Таблица 2

$f =$	ψ_f при $l =$				x_α^l при $l =$	
	1	2	7	8	7	8
10	—	—	—	—	0,7729	0,7731
11	222,815	222,434	222,573	222,574	-0,5379	-0,5380
12	211,926	213,644	212,645	212,649	-0,5521	-0,5521
13	215,593	215,792	215,680	215,677	-0,5338	-0,5339
14	183,407	196,193	189,507	189,166	-0,5937	-0,5941
27	216,286	215,562	215,404	215,404	0,7005	0,7009
28	227,672	227,326	227,389	227,385	0,7499	0,7500

Заметим, в этом примере крайними оказались вектора комплексных напряжений, соответствующие узлам 10 и 14, а именно, $\sin \psi_{10} = 0,7731$, $\sin \psi_{14} = -0,5941$.

Фазы напряжений всех остальных узлов оказались в промежутке между указанными величинами.

Таким образом было установлено, что в данном примере для получения единственного, физически реализуемого, стационарного режима энергосистемы необходимо, чтобы в числе заданных величин были модули напряжений четырех или больше четырех узлов. Из таблицы 2 видно также, что результаты второго шага ($i = 2$) расчета U_i составляют примерно 99% от результатов, соответствующих последнему ($i = 8$) шагу итерации. Весь расчет был выполнен с точностью $x_i^{i-1} - x_i^i = 10^{-4}$, где $i = 7$.

Для проверки эффективности ускорения, обеспечиваемого путем использования формулы (10), был повторен указанный расчет, в котором ускорение по x_i и U_i вводилось после второго шага и прекращалось после пятого шага итерации. В результате общее число шагов итерации сократилось до 8, против 11 шагов расчета, выполненного без ускорения итерации.

10. Сведения о программе расчета стационарного режима, реализующей предлагаемый алгоритм. Программа, составленная для машины „Урал-3“, позволяет решать задачу для многополюсника с числом независимых узлов до 38. Программа, составляемая для машины М-220, позволит решать задачи для большего числа узлов. Время расчета для одного шага итерации при $n = 23$ составляет порядка одной минуты. Уравнения (2) и (4) решаются по методу Гаусса с выбором главного элемента. Если система содержит большее число независимых узлов, т. е. $n > 38$, то рекомендуется ее эквивалентировать несколькими многополюсниками, связанными между собой, с использованием для каждого из составных многополюсников предлагаемого алгоритма расчета.

В ы в о д ы

1. Предлагаемый алгоритм расчета стационарного режима пассивного многополюсника, эквивалентного схеме замещения электрических сетей энергосистемы, основан на принципе последовательного решения системы из $2n$ уравнений (1)–(4), позволяющих находить $2n$ параметра режима внешних узлов многополюсника, а именно: P_i , $\sin \varphi_i$, Q_i , U_i , где i, x, m, f — индексы независимых узлов многополюсника. В рассматриваемой задаче заданными являются другие $2n$ параметра режима, а именно: P_i , $\sin \varphi_i$, Q_i , U_m при этом принимаются: $x \neq f$, $m \neq f$. Схема итерации показана на рис. 2.

2. Режимы внутренних узлов многополюсника находятся без итерации, согласно уравнениям (5)–(7) по полученным в результате итерации параметрам режима внешних его узлов.

3. Для обеспечения быстрой сходимости итерации предлагается величину фазы напряжения балансирующего узла системы выбирать как среднюю между фазами крайних векторов напряжений, получае-

мыми после первого шага итерации. Кроме того, рекомендуется пользоваться формулой (10) для ускорения итерации.

4. Согласно предлагаемым критериям (8) и (9) сходимости итерации к единственному искомому решению, для обеспечения такой сходимости необходимо стремиться к тому, чтобы в числе заданных величин были модули напряжения большего числа узлов многополюсника, принимая для тех же узлов в качестве искомого их реактивные мощности.

5. Программа, реализующая данный алгоритм на ЦВМ „Мрал-3“, неоднократно использовалась для расчетов стационарных режимов Армянской, Закавказской, Волгоградской энергосистем. Время расчета режима для случаев многополюсников с $n = 20-30$ независимых узлов находится в пределах от 4-х до 10 минут.

6. Приведенные в статье данные расчета стационарного режима многополюсника с 28 независимыми узлами соответствуют схеме замещения Закавказской энергосистемы с 46 узлами.

Согласно этим данным синусы фаз крайних некоторых напряжений оказались равными 0,7731 и —0,5941. Сходимость итерации была обеспечена за 8 шагов, время расчета порядка 8 минут.

7. Программа расчета стационарного режима многополюсника очень удобна для ее сопряжения с программами расчетов: динамической устойчивости энергосистемы; оптимальных ее режимов, определяемых с учетом потерь мощности в электрических сетях; режимов энергосистем с учетом нелинейных характеристик генераторов и нагрузок и других аналогичных режимов систем.

АрмНИИэнергетики

Поступило 31.11.1969.

Հ. Տ. ԱՊՈՆՅԱՆ

ՓԱՄԱՐՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐ ԴՆԱՅՈՒՆ, ԽԵԹՐԵՐ ԶԱՇՏԻՄԱՆ ԱԿՊՐԻԹՐԵՐ ԶԵՏԱԶՈՏՈՒՄԸ

Ա. մ. փ. ո. փ. ո. և մ.

Հողմածուժ շարժարժած է ու թվով անկախ հանգույցներով բաղմարենի կոմպլեքսային լարումների ու ունակաթիվ հզորությունների մոդուլների ու թվով հավասարումների և լարումների ու ակտիվ հզորությունների փուլերի ու թվով հավասարումների կրկնապահ համառոտ լուծման ալգորիթմը: Խնդիրը լուծվում է իտերացիայի մեթոդով: Տրված է իտերացիայի դուզամիտման շափանիշը: Դիտվում է իտերացիայի դուզամիտմանն օժանդակող հավասարակշռող հանգույցի և նրա լարման փուլի ավտոմատիկ քննարման հարցը: Հետազոտված է լուծման միակություն հարցը լարումների վեկտորների փուլերի թույլատրելի արժեքների տիրույթում: Առաջարկվում է իտերացիան արագացնելու պարզ եղանակ: Քերվում են տեղեկություններ ալգորիթմը իրականացնող ծրագրի վերաբերյալ, ինչպես նաև դիտվող խնդիրը կոնկրետ էներգասխտեմի համար լուծելուց առաջված տվյալները:

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Адонц Г. Т. Многополюсник. АН АрмССР, 1965.
2. Демидович Б. Н., Марон И. А. Основы вычислительной математики. Физматгиз, 1960.

Б. Я. ЛИХТЦИНДЕР, М. Г. ПАГЛАВЯН

ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ СООТНОШЕНИЯ ОБОБЩЕННОЙ ЦЕПИ СРАВНЕНИЯ

У всех электронизмерительных цепей сравнения, т. е. у всех мостовых, дифференциальных, компенсационных цепей для измерения двухполюсных элементов есть некоторое общее свойство. Например, у всех цепей сравнения есть измеряемый элемент, эталонный элемент и измеритель. Если вывести из схемы уравнивания эти три двухполюсных элемента, остальную часть схемы можно представить в виде автономного шестиполюсника. На рис. 1 (а) и (б) представлены обобщенные электронизмерительные цепи уравнивания параметров двухполюсников в виде автономного шестиполюсника.

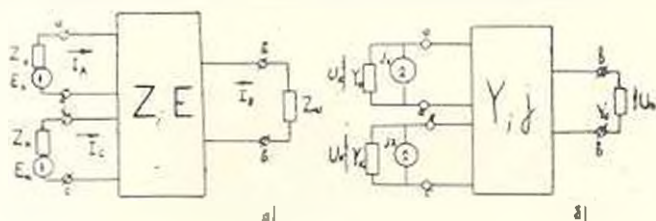


Рис. 1.

Электронизмерительная схема уравнивания, представляющая собой автономный шестиполюсник, характеризуется пассивными Z -параметрами и автономными E -параметрами, или пассивными Y -параметрами и автономными j -параметрами. К первым входным зажимам шестиполюсника подключается измеряемый двухполюсник Z , и E , или Y , и j , ко вторым входным зажимам — сравнивающий двухполюсник Z_0 и E_0 или Y_0 и j_0 , а к выходным зажимам подключается измеритель с Z_0 - или Y_0 -параметром. В принципе, мощность, передаваемая измерителю при заданной расстройке измерительной цепи, может быть сделана сколь угодно большой, увеличением напряжений, приложенных к измерительной цепи. Однако, в действительности, возможности увеличения напряжения ограничены: с увеличением напряжения увеличивается мощность, которая рассеивается во всех ветвях цепи. А так как допустимая нагрузка каждого сопротивления ограничена, то практически напряжение питания необходимо выбирать таким, чтобы ни в одном из элементов цепи не выделялась мощность больше допустимой. Могут быть и другие причины, ограничи-

вающие величины питающих напряжений, например, ограниченная мощность источников напряжения. Поэтому параметры и режим работы измерительной цепи целесообразно выбирать так, чтобы нагрузки наиболее маломощных элементов цепи были близки к предельным и чтобы при этом мощность, передаваемая измерителю, была максимальной. Для подобных расчетов удобно пользоваться соотношениями, связывающими мощность, рассеиваемую в какой-либо ветви схемы (условно назовем ее датчиком) с мощностью, передаваемой измерителю (4). Схему замещения электроизмерительных цепей уравнивания рис. 2 представим следующим образом. Обозначим

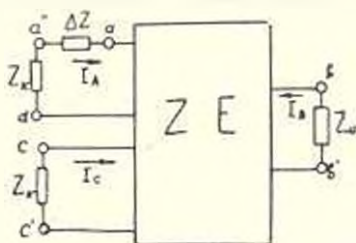


Рис. 2.

I_A — ток через датчик при равновесии, Z_x — сопротивление датчика при равновесии, $Z_{a''b}$ — взаимное сопротивление ветвей a и b в нагруженном режиме. Полагая, что ток I_B в измерителе вызван изменением сопротивления датчика на величину ΔZ_x , можем написать:

$$I_B = - \frac{I_{A_1}}{Z_{a''b}} \cdot \frac{\Delta Z_x Z_{a''b}}{\Delta Z_x + Z_{c'e}} = - \frac{I_{A_1} \Delta Z_x}{Z_{a''b}} \cdot \frac{1}{1 + \lambda}, \quad (1)$$

$$\text{где } \lambda = \frac{\Delta Z_x}{Z_{a''a}},$$

$Z_{a''a}$ — входное сопротивление цепи по отношению к зажимам $a''a$,

I_{A_1} — ток через датчик до введения ΔZ_x .

Полная мощность, передаваемая измерителю, равна:

$$\begin{aligned} P_{BK} &= |I_B^2 Z_b| = \left| \frac{I_{A_1}^2}{Z_{a''b}^2} \cdot \Delta Z_x^2 \frac{Z_b}{(1 + \lambda)^2} \right| = \\ &= |I_{A_1}^2 \cdot Z_{x_0}| \cdot \left| \frac{Z_{x_0} \cdot Z_b}{Z_{a''b}^2} \right| \cdot \left| \frac{\Delta Z_x^2}{Z_{x_0}} \right| \cdot \frac{1}{|1 + \lambda|^2}. \end{aligned} \quad (2)$$

Однако $|I_{A_1}^2 Z_{x_0}| = P_{x_0}$ — мощность датчика при равновесии схемы и поэтому

$$P = P_{x_0} \left| \frac{Z_{x_0} \cdot Z_b}{Z_{a''b}^2} \right| \cdot \left| \frac{\varepsilon}{1 + \lambda} \right|^2, \quad (3)$$

$$\text{где } \varepsilon = \frac{\Delta Z_x}{Z_{x_0}}.$$

Сказанное относится к режиму равновесия. При сильно расстро-

енной схеме мощность P_{Σ} , рассеиваемая датчиком, может заметно отличаться от мощности $P_{\Sigma 0}$, рассеиваемой в состоянии равновесия:

$$P_{\Sigma} = |I_A|^2 \cdot |Z_{\Sigma}| = |I_A + \Delta I_A|^2 \cdot |Z_{\Sigma 0} + \Delta Z_{\Sigma}|, \quad (4)$$

где согласно теореме об эквивалентной э.д.с.:

$$\Delta I_A = -\frac{I_A}{Z_{a \cdot a}} \cdot \frac{\Delta Z_{\Sigma} \cdot Z_{a \cdot a}}{\Delta Z_{\Sigma} + Z_{a \cdot a}} = -I_A \cdot \frac{\lambda}{1 + \lambda}. \quad (5)$$

В силу (3) — (5) получим:

$$P_{\text{перем.}} = P_A \cdot \left| \frac{Z_{\Sigma 0} \cdot Z_a}{Z_{a \cdot a}^2} \right| \left| \frac{\varepsilon^2}{1 + \varepsilon} \right|, \quad (6)$$

где $\varepsilon = \frac{\Delta Z_{\Sigma}}{Z_{\Sigma 0}}$.

Выражения (3) и (6) являются общими для всех электроизмерительных цепей уравнивания. Они позволяют при заданной мощности датчика и известных общих параметрах измерительной цепи (шести-полюсника) определять мощность, передаваемую измерителю через мощность датчика. Кроме этого, при расчете n цепей сравнения вычислительной машине необходимо подавать только одну программу, общую для всех цепей сравнения.

АрмНИИэнергетики

Поступило 5.11.69.

Р. ՅԱ. ԼԻԽՏԵՐԻՆԵՐ, Մ. Գ. ՊԱԶԼԱՎՅԱՆ

ՀԱՄԱՄԱՏՄԱՆ ԸՆԴՀԱՆՐԱՅՎԱԾ ՇՂԹԱՆԵՐԻ ԷՆԵՐԳԵՏԻԿ
ՀԱՐԱՐԵՐԱՑՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԸ

Ա. մ. փ. ո. փ. ո. ի. մ.

Դիտված են էլեկտրաչափիչ շղթաներ և արտածված են համապատասխան էներգետիկ հարաբերակցություններ, որոնց կարելի է ծրագրել էլեկտրոնային հաշվիչ մեքենայի օգնությամբ հաշվարկ կատարելու համար և ունենալ մեկ միասնական ծրագիր համեմատման աարքեր շղթաների համար:

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Адоки Г. Т. Многополюсник. Изд. АН АрмССР, Ереван, 1965.
2. Зелях Э. В. Основы общей теории линейных электрических схем. Изд. АН СССР, М., 1951.
3. Сигорский В. И. Методы анализа электрических схем с многополюсными элементами. Изд. АН УССР, Киев, 1958.
4. Левин М. И. Электрические измерения. М., 1963.

МАШИНОСТРОЕНИЕ

В. М. ТАИРЯН

К СИНТЕЗУ ПЛОСКОГО ПРЯМОЛИНЕЙНО-НАПРАВЛЯЮЩЕГО
МЕХАНИЗМА С ЧЕРТЯЩЕЙ ТОЧКОЙ НА ОСИ ШАТУНА

1. В [1] при решении задачи синтеза направляющих механизмов становится возможным определить только часть параметров кинематической схемы механизма, причем даже при определении четырех параметров коэффициенты приближающей функции вычисляются из системы нелинейных уравнений. В данной статье дается метод, с помощью которого решается поставленная задача синтеза по шести параметрам прямолинейно-направляющего механизма, где коэффициенты приближающей функции вычисляются из системы линейных уравнений, а параметры механизма определяются из системы шести уравнений, которые приводятся к двум нелинейным уравнениям.

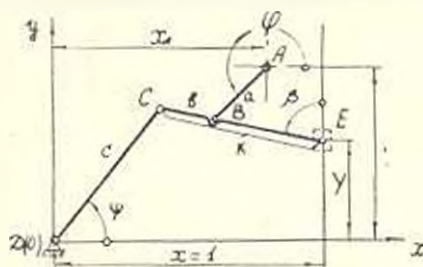


Рис. 1.

Изображенный на рис. 1 четырехшарнирный механизм на участке прямолинейного движения точки E можно представить как два кривошипно-ползунных механизма ДСЕ и АВС с общим шатуном, тем самым сведя поставленную задачу к проектированию двух кривошипно-ползунных механизмов, имеющих на участке приближения общий закон движения шатуна. Для рассматриваемых кривошипно-ползунных механизмов общим, связывающим является переменный параметр β (угол между направлением движения точки E и осью шатуна).

Механизм, представленный на рис. 1 при $x = l$ (удаление прямолинейного участка траектории чертящей точки E от оси Oy) определяется следующими шестью постоянными параметрами:

a — длина звена AB ; b — длина звена BC ; c — длина шатуна CD ; k — расстояние чертящей точки E от точки C ; x_A и y_A — координаты шарнира A .

Для рассматриваемых кривошипно-ползунных механизмов имеем

$$Y^2 - 2Yc \sin \psi + 1 + c^2 - k^2 - 2c \cos \psi = 0; \quad (1)$$

$$Y^2 - 2Y(y_A + a \sin \varphi) + x_A^2 + y_A^2 + a^2 + 1 - k^2 - b^2 + 2kb - 2x_A + \\ + 2x_A a \cos \varphi - 2a \cos \varphi + 2y_A a \sin \varphi = 0, \quad (2)$$

где φ и ψ углы, образованные звеньями AB и CD с осью ox .

Выразим углы φ и ψ через переменные β и Y (рис. 1).

$$\left. \begin{aligned} \sin \varphi &= \pm \frac{(k-b) \cos \beta + Y + y_A}{a}, \\ \cos \varphi &= \pm \frac{1 - x_A - (k-b) \sin \beta}{a}, \\ \sin \psi &= \frac{k \cos \beta + Y}{c}, \\ \cos \psi &= \frac{1 - k \sin \beta}{c}. \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

Подставив (3) в (1) и (2), получим:

$$Y^2 + 2Yk \cos \beta + 1 + k^2 - c^2 - 2k \sin \beta = 0; \quad (4)$$

$$Y^2 + 2Y[(k-b) \cos \beta - y_A] + x_A^2 + y_A^2 + 1 + b^2 - a^2 - 2kb - \\ - 2x_A + 2x_A(k-b) \sin \beta - 2(k-b) \sin \beta - 2y_A(k-b) \cos \beta = 0. \quad (5)$$

При нашей постановке задачи уравнения (4) и (5) имеют общий корень, который определяется через коэффициенты квадратных уравнений:

$$Y = \frac{p_2 q_1 - p_1 q_2}{q_1 - q_2}, \quad (6)$$

где

$$\left. \begin{aligned} p_1 &= 2k \cos \beta; \\ p_2 &= 2[(k-b) \cos \beta - y_A]; \\ q_1 &= L - 2k \sin \beta; \end{aligned} \right\} \quad (7)$$

$$\left. \begin{aligned} q_2 &= M + 2(k-b)(x_A - 1) \sin \beta - 2y_A(k-b) \cos \beta; \\ L &= 1 + k^2 - c^2; \\ M &= 1 + k^2 + b^2 - a^2 - 2kb - 2x_A + x_A^2 + y_A^2. \end{aligned} \right\} \quad (8)$$

Подстановка выражения (6) в (4) или (5) тождественна и приводит к следующему уравнению:

$$p_2^2 q_1 + p_2^2 q_1 - p_1 p_2 (q_1 + q_2) + (q_1 - q_2)^2 = 0. \quad (9)$$

2. Выражение (9) позволяет вычислить все шесть параметров прямолинейно-направляющего механизма с чертящей точкой E на оси шатуна. Учитывая (7), после соответствующих преобразований (9), можем записать

$$A [p_0 f_0(\xi) + p_1 f_1(\xi) + \dots + p_s f_s(\xi) - F(\xi)] = 0, \quad (10)$$

$$F(\beta) = \cos^3 \beta; \quad (11)$$

$$\left. \begin{aligned} f_0(\beta) &= 1; & f_3(\beta) &= \sin 2\beta; \\ f_1(\beta) &= \sin \beta; & f_4(\beta) &= \cos^2 \beta; \\ f_2(\beta) &= \cos \beta; & f_5(\beta) &= \sin 2\beta \cos \beta; \end{aligned} \right\} \quad (12)$$

$$A = 8 kby, (k - b); \quad (13)$$

$$P_2 = \frac{4Ly_A^2 + (L-M)^2 + 4(kx_A - bx_A + b)^2}{8kb_Y(k-b)}.$$

$$\rho_1 = - \frac{(I - M)(kx_A - bx_A + b) + 2ky_A^2}{2kby_A(k - b)}$$

$$p_1 = \frac{L + M}{2k(k-b)}; \quad (14)$$

$$p_3 = \frac{k(x_A - 2) - b(x_A - 1)}{2k(k - b)}.$$

$$p_4 = \frac{l \cdot b^2 - kb(l - M) - y_A^2(k^2 - b^2) - (kx_A - bx_A + b)^2}{2kby_A(k - b)};$$

$$p_B = \frac{x_A}{2y_A}.$$

Задача решается как методом квадратического приближения, так и методом интерполирования. При квадратическом приближении коэффициенты приближающей функции $p_0, p_1, \dots, p_2$ вычисляются из системы линейных уравнений

$$\begin{aligned} c_{00}D_0 + c_{01}D_1 + \dots + c_{05}D_5 &= \gamma_0; \\ \vdots &\vdots \\ c_{50}D_0 + c_{51}D_1 + \dots + c_{55}D_5 &= \gamma_5. \end{aligned} \quad (15)$$

$$C_{lk} = \int_{\Omega} f_l(\beta) f_k(\beta) d\beta, \quad \begin{matrix} l = 0, 1, \dots, 5 \\ k = 0, 1, \dots, 5 \end{matrix}; \quad (16)$$

$$\gamma_l = \int_{\Omega} F(\beta) f_l(\beta) d\beta, \quad (l = 0, 1, \dots, 5). \quad (17)$$

* Все интегралы берутся в квадратурах.

$$L = \frac{p_1 k (k-b) (kx_A - bx_A + b) - p_1 kby_A (k-b) - ky_A^2}{kx_A - bx_A + b} \quad (22)$$

$$M = \frac{p_2 k (k-b) (kx_A - bx_A + b) + p_1 kby_A (k-b) + ky_A^2}{kx_A - bx_A + b} \quad (23)$$

Далее с помощью (22) и (23) из уравнений (8) определяем

$$a = \sqrt{1 + (k-b)^2 + x_A^2 + y_A^2 - 2x_A - M}; \quad (24)$$

$$c = \sqrt{1 + k^2 - L}. \quad (25)$$

После определения параметров механизма, по формуле (6) вычисляем Y_1 и Y_2 , соответствующие началу и концу интервала приближения по переменному β .

Отклонение от прямолинейности приближенно определяем по формуле:

$$\Delta = \frac{m_1 (1 + n_2) - m_2 (1 + n_1)}{n_1 - m_2}, \quad (26)$$

где

$$n_1 = -2k \sin \beta;$$

$$n_2 = -2[(k-b) \sin \beta - x_A]; \quad (27)$$

$$m_1 = k^2 - c^2 + Y^2 - 2kY \cos \beta;$$

$$m_2 = (k-b)^2 + x_A^2 - a^2 + (Y - y_A)^2 + 2(k-b)x_A \sin \beta + 2(k-b)(Y - y_A) \cos \beta.$$

В выражении (27) Y определяется по формуле (6).

Пример. Требуется спроектировать четырехшарнирный прямолинейно-направляющий механизм по заданным значениям $\beta_1 = 70^\circ$, $\beta_2 = 120^\circ$. Задачу решаем методом квадратического приближения. По формулам (16) и (17) определяем величины c_{ik} и γ_i .

Подставляя эти величины в (15) и решая полученную систему уравнений, находим значения коэффициентов:

$$p_0 = -1.287028; \quad p_3 = -0.6854649;$$

$$p_1 = 1.285575; \quad p_4 = -0.426580;$$

$$p_2 = 1.392158; \quad p_5 = 0.578848.$$

Подставив эти коэффициенты в (19) и решая систему уравнений, получим

$$k = 1.22183; \quad b = 0.89771.$$

Из выражений (20), (21), (24) и (25) получаем численные значения остальных параметров:

$$x_A = 3.09468; \quad y_A = 2.67314;$$

$$a = 2.41889; \quad c = 2.67911.$$

По формуле (6) вычисляем

$$Y_1 = 2.26613; \quad Y_2 = 3.28486.$$

Полученный механизм изображен на рис. 2, где двумя тонкими линиями представлен так же преобразованный по теореме Роберта второй четырехзвенник с внешним расположением чертящей точки E ,

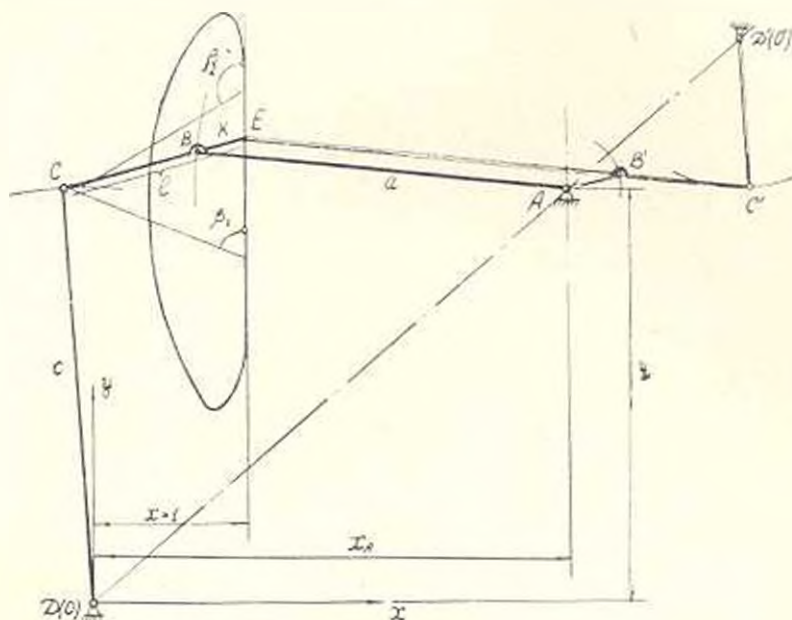


Рис. 2.

причем углам β соответствуют углы поворота звена AB' преобразованного четырехзвенника. Из этих двух четырехзвенников выбирается тот, который в условиях конкретной задачи представляется наи-

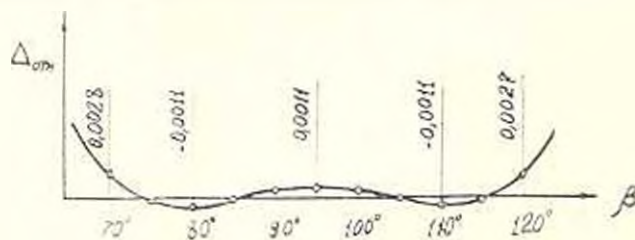


Рис. 3.

более удобным. Отклонения от прямолинейности на участке приближения (рис. 3) определяются по формуле (26).

Ереванский политехнический институт
им. К. Маркса

Поступило 6.III.1969.

4. 15. 1943

ՀԱՐԺ ՈՒՂՂԱԳԻԾ-ՈՒՂՂՈՐԳՈՅԻՆ ՄԵԼԱՆԻՋՄԻ ՍԻՆԹԵԶԸ, ԵՐՐ ԳԵՈՂ
ԿԵՏԸ ԴՏՆԵՎՈՒՄ Է ՀԱՐԺԱԹԵՎԻ ԱՌԱՆՑՔԻ ՎՐԱ

11. of the number of

Հոգվածում տրվող մեխոդի օգնությամբ հնարավոր է նախագծել հարկ ազդագրած-ուղղորդաչին մեխանիզմի վեց անհայտ պարամետրներով: Մնացված է երկու շտուտովիկ-սողակաչին մեխանիզմների համաաեղոթյան պայմաներ և վեց պարամետրների հաշվման համար այն բերված է բազմանդամի տեսքի: Լեռնածված են բանաձևեր մեխանիզմի անհայտ պարամետրները հաշվելու համար: Ցույց է տրվում, որ այդ գեպրում մոտարկվող ֆունկցիայի պարամետրները որոշվում են գծաչին հավասարումների սխեմիիդ, իսկ մեխանիզմի պարամետրները որոշող բանաձևերը բերվում են երկու ոչ զծալին հավասարումների սխեմիի:

Լուծված է մասնավոր դրինակի, Էրր շարժաթևի և դժուր կեախի հետադրի միջև կազմմաա աոկոյունը ուիի $\beta_1 = 70^\circ$ և $\beta_2 = 120^\circ$ արժեքները:

ЛИТЕРАТУРА

1. Артоболовский И. И., Левитский И. И., Черкудинов С. А. Синтез плоских механизмов. Физматгиз, 1959.
2. Демидович В. И., Марон И. А. Основы вычислительной математики, Физматгиз, 1966.

ТЕПЛОТЕХНИКА

Д. М. БАБАЯН

АЛГОРИТМ ОПТИМИЗАЦИИ РЕЖИМА КОТЕЛЬНОЙ ГРУППЫ
ТЭС ПРИ ЗАДАННОМ РАСХОДЕ ОДНОГО ИЗ ВИДОВ ТОПЛИВА

1. В эксплуатационных условиях часто возникает необходимость оптимизации режима котельной группы ТЭС при заданном расходе газа на станции. Подобная задача была решена В. М. Синьковым [1]. В основу построения алгоритма по невыгоднейшему распределению нагрузки в котельных, работающих на двух видах топлива, был положен классический метод отыскания условного экстремума целевой функции, сводящийся к решению системы нелинейных алгебраических уравнений $4n$ степени, где n — число котлоагрегатов. Реализация этого алгоритма на АЦМ встречает ряд трудностей. Во-первых, при некоторых значениях соотношения газа и смеси ϵ и неопределенного множителя Лагранжа β , определяемого заданным балансом расхода газа, характеристики относительных приростов расхода смеси топлива становятся немонотонными. Это обстоятельство делает особенно неблагоприятным приложение классического анализа, так как получаемая в подобных случаях многозначность решения становится почти непреодолимым препятствием на пути реализации метода. Во-вторых, возникают значительные осложнения, связанные с учетом ограничений по ϵ . В-третьих, при большом числе котлов, установленных на станции, оптимизация режима котельной с учетом ограничений по топливу сводится к решению системы нелинейных алгебраических уравнений довольно высокого порядка, что само по себе представляет значительные трудности вычислительного характера. Перечисленные недостатки классического метода явились определяющими для изыскания новых математических средств, которые не в ущерб корректности поставленной задачи могут обойти возникающие трудности.

Предварительный анализ существующих математических методов показал, что для подобного класса задач наиболее целесообразным с точки зрения алгоритмизации является аппарат двумерного динамического программирования в дискретном приближении [2]. Использование этого метода во многом упрощает вычислительный план оптимизации, исключает необходимость решения системы нелинейных алгебраических уравнений высокого порядка, позволяет преодолеть

проблему многозначности решения и совершенно просто учитывает ограничение по Σ .

2. Рассматривается тепловая электростанция, состоящая из различных типов котлов, работающих на общий коллектор по острому пару. Состав работающей котельной группы ТЭС считается известным. Необходимо заданные тепловую нагрузку котельной и суммарный расход газа распределить между котлоагрегатами так, чтобы суммарный расход топлива по станции был бы минимальным. Фактически эта задача сводится к минимизации не всего используемого на станции топлива, а только той его части, из которой не накладывается ограничение. Однако на этот расход оказывает влияние режим распределения топлива, на который накладывается ограничение. Для заданного состава, включенного в работу котлов, необходимо минимизировать функцию:

$$\Phi_0 = \sum_{i=1}^k B_i(Q_i, A_i) \quad (1)$$

по Q_i и A_i при ограничениях

$$\left. \begin{aligned} \text{а)} \quad & \sum_{i=1}^k Q_i = Q_2 \quad Q_i^0 \leq Q_i \leq Q_i^* \\ \text{б)} \quad & \sum_{i=1}^k A_i = A_2 \quad Q \leq A_i \leq A_i^* \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

где B_i — расход условного топлива i -го котла;

Q_i — тепловая нагрузка i -го котла;

A_i — расход газа на котле;

A_2 — заданный по станции часовой расход газа;

Q_2 — суммарная тепловая нагрузка котельной;

k — общее число находящихся в работе котлов.

Здесь индексом 0 обозначены минимальные значения переменных, а индексом * — максимальные. Используя идею множителя Лагранжа, рассмотрим видоизмененную функцию

$$\Phi = \Phi_0 + \lambda \sum_{i=1}^k A_i = \sum_{i=1}^k B_i(Q_i, A_i) + \lambda \sum_{i=1}^k A_i \quad (3)$$

при ограничениях

$$\left. \begin{aligned} \sum_{i=1}^k Q_i = Q_2 \quad & Q_i^0 \leq Q_i \leq Q_i^* \\ & 0 \leq A_i \leq A_i^* \end{aligned} \right\} \quad (4)$$

Введем обозначения долевого расхода газа в смеси:

$$\xi_i = \frac{A_i}{B_i}$$

Отсюда

$$A_i = \xi_i B_i \quad (5)$$

С учетом уравнения (5) минимизируемая функция (3) записывается так:

$$\Phi = \sum_{i=1}^k B_i(Q_i, \xi_i) + \lambda \sum_{i=1}^k \xi_i B_i(Q_i, \xi_i) = \sum_{i=1}^k B_i(Q_i, \xi_i)(1 + \lambda \xi_i) \quad (6)$$

при ограничениях

$$\left. \begin{aligned} \sum_{i=1}^k Q_i &= Q_2 \\ Q_i^0 &\leq Q_i \leq Q_i^1 \\ 0 &\leq \xi_i \leq 1 \end{aligned} \right\} \quad (7)$$

При различных соотношениях расходов двух потребляемых видов топлива действительный расход смеси при постоянной нагрузке будет лежать между двумя крайними значениями, соответствующими работе котла на отдельных видах топлива.

Принимая близкую к действительности линейную интерполяцию расхода топлива при работе котла на смеси, в зависимости от долевого соотношения расходов различных видов топлива, можно записать:

$$B_i(Q_i, \xi_i) = A_{oi}\xi_i + B_{oi}(1 - \xi_i), \quad (8)$$

где A_{oi} — расход газа при данной нагрузке, когда котел работает на чистом газе;

B_{oi} — расход второго вида топлива при той же нагрузке, когда газ полностью отсутствует.

С учетом (8) минимизируемая функция примет вид:

$$\Phi = \sum_{i=1}^k [A_{oi}\xi_i + B_{oi}(1 - \xi_i)](1 + \lambda \xi_i) \quad (9)$$

при ограничениях

$$\left. \begin{aligned} \sum_{i=1}^k Q_i &= Q_2 \\ Q_i^0 &\leq Q_i \leq Q_i^1 \\ 0 &\leq \xi_i \leq 1 \end{aligned} \right\} \quad (10)$$

где λ — предполагается на время фиксированным параметром.

Наиболее рациональным аппаратом для минимизации функции (9) с учетом ограничений (10), как было отмечено выше, является аппарат двумерного динамического программирования в дискретном приближении. Переменными величинами в этих выражениях являются тепловые нагрузки котлоагрегатов Q_i и доленое соотношение расхода газа в смеси ξ_i . Минимизацию по ξ_i можно выполнить независимо от минимизации по Q_i . Поэтому вводим функцию:

$$\begin{aligned} \varphi_i(Q_i, \lambda) &= \varphi_i(Q_i) = \min [A_{oi}\xi_i + B_{oi}(1 - \xi_i)](1 + \lambda \xi_i) \\ 0 &\leq \xi_i \leq 1 \end{aligned} \quad (11)$$

для всех $i = 1, 2, \dots, k$.

Таким образом, построив функции $\varphi_i(Q_i)$ для всех k котлов, поставленную задачу можно свести к типу задач, наиболее успешно

решаемых аппаратом одномерного динамического программирования, т. е. минимизация функции:

$$\sum_{i=1}^k \varphi_i(Q_i) = \min \quad (12)$$

при ограничениях:

$$\left. \begin{aligned} \text{а) } \sum_{i=1}^k Q_i &= Q_0, \\ \text{б) } Q_i^0 &\leq Q_i \leq Q_i^1. \end{aligned} \right\} \quad (13)$$

Теперь необходимо минимизировать одну k -мерную функцию

$$\begin{aligned} f(Q) &= \min \varphi(Q_1, Q_2, \dots, Q_k) \\ Q_i^0 &\leq Q_i \leq Q_i^1 \end{aligned} \quad (14)$$

при ограничении:

$$\sum_{i=1}^k Q_i = Q_0. \quad (15)$$

Используя принцип оптимальности, эту задачу сводим к решению k -одномерных задач. С этой целью построим следующие рекуррентные соотношения:

$$\left. \begin{aligned} U_1(Q) &= \varphi_1(Q_1); \\ U_2(Q) &= \min [\varphi_2(Q_2) + U_1(Q - Q_2)]; \\ &Q_2^0 \leq Q_2 \leq Q_2^1; \\ &\dots \dots \dots \\ U_k(Q) &= \min [\varphi_k(Q_k) + U_{k-1}(Q - Q_k)]; \\ &Q_k^0 \leq Q_k \leq Q_k^1. \end{aligned} \right\} \quad (16)$$

где $\varphi_1(Q_1), \varphi_2(Q_2), \dots, \varphi_k(Q_k)$ — вычисленные по уравнению (11) функции.

Функция $U_1(Q)$ структурно отличается от всех остальных функций системы (16). Для универсализации программы, реализующей данный алгоритм на АЦМ, необходимо в первое уравнение системы (16) ввести функцию $U_0(Q)$, придав ей заведомо большое значение. Тогда функция $U_1(Q)$ примет вид:

$$\begin{aligned} U_1(Q) &= \min [\varphi_1(Q_1) + U_0(Q - Q_1)]; \\ Q_1^0 &\leq Q_1 \leq Q_1^1. \end{aligned} \quad (17)$$

Реализация построенного алгоритма на АЦМ позволяет определить искомые переменные — тепловые нагрузки и соотношение различных видов топлива всех находящихся в работе котлоагрегатов, а также расход топлива на каждом котле, который по выражению (5)

определяет соответствующий расход газа. После этого проверяется условие баланса расхода газа по станции, выполнение которого достигается с помощью изменения коэффициента λ .

АрмНИИэнергетики

Поступило 11.XII.1968.

Չ. Ծ. ՐԱՔԱՅԱՆ,

ՋԷԿ-ի ԿԱԹՈԱՅԱԿԱՆ ԽՄՐԻ ՌԵԺԻՄԻ ՕՊՏԻՄԱԼԱՑՄԱՆ ԱԼԴՈՐԻԹՄԸ ՈՐԵՎԷ
ՏԵՍԱԿԻ ՎԱՌԵԼԻՔԻ ՏՎԱՐ ՄԱԼՈՒ ԴԵՊԳՈՒՄ

Ա. մ. փ. ո. փ. ո. մ.

Դիտված է ՋԷԿ-ի կաթսայական խմբի ռեժիմի օպտիմալացումը ԹՀՄ-ի վրա հաշվելու ալգորիթմը՝ օդաազործվող որևէ տեսակի վառելիքի սահմանափակման դեպքում: Ալգորիթմը կառուցված է մաթեմատիկական: Երկու մեթոդների՝ դինկրևտ մոտեցումով դինամիկ ծրագրման և կլասիկ սնայիդի, դուալիցման հիման վրա:

Օդաազործված է շափաղականության իջեցման հստակեցիչ բաղադրատեղիի զաղափարը, որը թույլ է տալիս խնդիրը բերել միաչափ տեսքի: Այդ դեպքում խնդիրը լուծվում է Բեկյմանի ֆունկցիոնալ համապարտմաների օգնությամբ:

Առաջարկվող ալգորիթմը թույլ է տալիս օպտիմալացնել կաթսայական ռեժիմը վառելիքների խառնուրդով աշխատելիս և միաժամանակ կառուցել երա հաշվարկի բնութագիրը, որն անհրաժեշտ է կայանի ընդհանուր ռեժիմի օպտիմալացման համար:

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Сивьяков В. М. Экономическое распределение нагрузки между паровыми котлами на электростанциях, сжигающих два вида топлива. ИТЭЛ, Киев, 1966.
2. Бедяков Р., Дрейфус С. Прикладные задачи динамического программирования. Изд. "Наука", М., 1965.

СТРОИТЕЛЬНАЯ МЕХАНИКА

Г. А. АБОВЯН, Э. Е. ХАЧЯН, Г. Ц. ПОГОСЯН

К ИССЛЕДОВАНИЮ СЕЙСМОСТОЙКОСТИ ВИСЯЧИХ ПОКРЫТИЙ

За последние годы в сейсмических районах возводятся большие пролетные общественные и промышленные сооружения. Разработка методов расчета таких сооружений на вертикальное сейсмическое воздействие имеет важное теоретическое и практическое значение [1]. В статье рассматриваются вопросы определения частот и форм свободных колебаний, а также сейсмической нагрузки для висячего покрытия круглого очертания с радиальным расположением вант (рис. 1, а), нагруженного равномерно-распределенной нагрузкой по всей поверхности покрытия, опорный контур которого колеблется в вертикальной плоскости по произвольному закону. При решении задачи предполагается, что опорный контур недеформируем; благодаря осевой симметрии покрытия и нагрузки работа всех элементов одинакова, что позволяет свести расчет пространственной системы к расчету отдельной плоской системы (рис. 1, б); расчет двухпоясной системы приводится к однопоясной с учетом безынерционной нагрузки от натягивающего пояса (рис. 1, е); постоянная нагрузка с учетом веса внутреннего кольца P (рис. 1, д), приведенная к горизонтальной плоскости, принята в виде параболы (рис. 1, е). Применимость указанных допущений доказана многочисленными исследованиями [3, 4, 5, 6]. Таким образом расчетная схема висячего покрытия приводится к гибкой нити (рис. 1, е), нагруженной нагрузкой, распределенной по закону

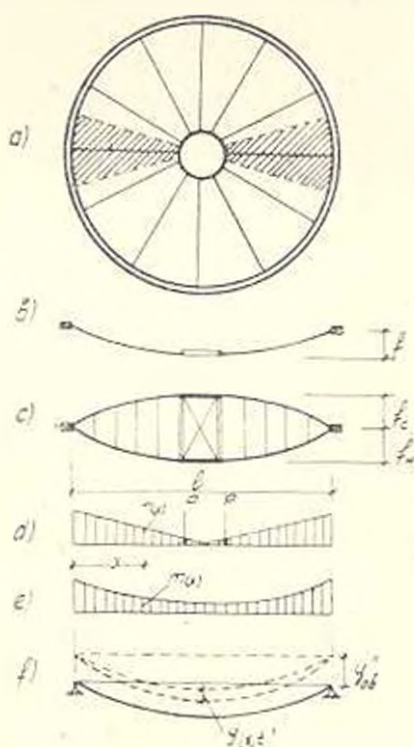


Рис. 1.

Приравнивая нулю определитель системы (7), получим уравнение n -го порядка относительно квадрата круговой частоты P_i . Решение полученного частотного уравнения можно представить в виде

$$P_i = \alpha_i \frac{\pi}{T} \sqrt{\frac{N}{m_0}}, \quad (10)$$

где α_i — числовой коэффициент, зависящий от формы колебания и от количества взятых членов в ряде (6).

Значения α_i для первых пяти форм колебания, полученные решением частотного уравнения при разных приближениях, приведены в табл. 1.

Таблица 1

Приближ.	I	II	III	IV	V
Форма колебан.					
I	1,721	1,713	1,710	1,708	1,707
II	3,113	3,032	2,995	2,993	2,992
III	4,517	4,506	4,495	4,491	4,491
IV	5,788	5,786	5,784	5,783	5,782
V	7,020	7,016	7,013	7,011	7,011

Из таблицы видно, что для практических целей достаточно ограничиться вычислением частот форм колебаний с точностью трех приближений. В качестве примера рассмотрим проект висячего покрытия Дворца спорта в Ереване пролетом 100 м. При стреле провисания 4 м, расчетной нагрузке 460 кг/м², количестве вант 96, с преднатяжением равным 100% от внешней нагрузки, усилие в одной ванте $N = 157,5$. Подстановкой значения N в (10) получены следующие три периода свободных колебаний покрытия:

$$T_1 = \frac{2\pi}{P_1} = \frac{2\pi}{1,707 \frac{3,14}{100} \sqrt{\frac{157500}{150}}} = 3,59 \text{ сек};$$

$$T_2 = \frac{2\pi}{P_2} = \frac{2\pi}{2,992 \frac{3,14}{100} \sqrt{\frac{157500}{150}}} = 2,02 \text{ сек};$$

$$T_3 = \frac{2\pi}{P_3} = \frac{2\pi}{4,491 \frac{3,14}{100} \sqrt{\frac{157500}{150}}} = 1,35 \text{ сек}.$$

2. С целью определения сейсмической нагрузки рассмотрены вынужденные колебания покрытия при перемещении опорного контура в вертикальной плоскости по произвольному закону. Дифференциальное уравнение вынужденных колебаний будет

$$m(x) \frac{\partial^2 y(x, t)}{\partial t^2} - N \frac{\partial^2 y(x, t)}{\partial x^2} = -m(x) \ddot{y}_{\text{он}}(t), \quad (11)$$

где $\ddot{y}_{\text{он}}(t)$ — вертикальное ускорение движения опорного контура (вертикальная составляющая ускорения движения грунта при землетрясении).

Решение уравнения (11) ищем в виде

$$y(x, t) = \sum_{i=1}^{\infty} Y_i(x) V_i(t), \quad (12)$$

где $Y_i(x)$ — решение уравнения (4); $V_i(t)$ — неизвестные функции времени. Подставляя (12) в (11), получим

$$\sum_{i=1}^{\infty} [m(x) Y_i(x) \ddot{V}_i(t) - N Y_i'(x) V_i'(t)] = -m(x) \ddot{y}_{\text{он}}(t). \quad (13)$$

Учитывая (4), получим

$$m(x) \sum_{i=1}^{\infty} Y_i(x) [V_i''(t) + P_i^2 V_i(t)] = -m(x) \ddot{y}_{\text{он}}(t). \quad (14)$$

Умножая обе части уравнения (14) на $Y_j(x)$ и интегрируя в пределах $[0, l]$, получим

$$\int_0^l m(x) \sum_{i=1}^{\infty} Y_i(x) Y_j(x) [V_i''(t) + P_i^2 V_i(t)] dx = -\ddot{y}_{\text{он}}(t) \int_0^l m(x) Y_j(x) dx. \quad (15)$$

Легко доказать, что при любых $i \neq j$ имеет место равенство

$$\int_0^l m(x) Y_i(x) Y_j(x) dx = 0 \quad (16)$$

и поэтому выражение (15) примет вид

$$V_i''(t) + P_i^2 V_i(t) = F_i(t), \quad (17)$$

где

$$F_i(t) = -\ddot{y}_{\text{он}}(t) \frac{\int_0^l m(x) Y_i(x) dx}{\int_0^l m(x) Y_i^2(x) dx}, \quad (18)$$

При учете внутреннего трения по эквивалентной гипотезе Фохта, уравнение (17) записывается в виде

$$V_i''(t) + P_i^2 V_i(t) + \frac{2\gamma_i}{P_i} V_i'(t) = F_i(t), \quad (19)$$

где ψ_i — коэффициент внутреннего трения при i -ой форме колебания. Окончательное решение неоднородного дифференциального уравнения (19) при нулевых начальных условиях будет

$$V_i(t) = -\frac{1}{P_i} \int_0^t F_i(\tau) e^{-\frac{\psi_i P_i}{2}(t-\tau)} \sin P_i(t-\tau) d\tau \quad (20)$$

Общее значение перемещения можно представить в виде

$$y(x, t) = -\sum_{i=1}^n Y_i(x) \frac{\int_0^l m(x) Y_i(x) dx}{\int_0^l m(x) Y_i^2(x) dx} \times \\ \times \frac{1}{P_i} \int_0^t y_{ob}(\tau) e^{-\frac{\psi_i P_i}{2}(t-\tau)} \sin P_i(t-\tau) d\tau \quad (21)$$

Выражение сейсмической нагрузки

$$S(x, t) = m(x) [y_{ob}''(t) + y_i''(x, t)] \quad (22)$$

для висячего покрытия на основании (21) примет вид

$$S(x, t) = \frac{Q(x)}{g} \cdot \sum_{i=1}^n \eta_{in}(x) z_i(T_{in}, \psi_{in}, t), \quad (23)$$

где

$$\eta_{in}(x) = Y_i(x) \frac{\int_0^l m(x) Y_i(x) dx}{\int_0^l m(x) Y_i^2(x) dx}$$

коэффициент формы вертикального колебания по i -ой форме;

$$z_i(T_{in}, \psi_{in}, t) = \frac{2\pi}{T_{in}} \int_0^t y_{ob}''(\tau) e^{-\frac{\psi_i \pi}{T_{in}}(t-\tau)} \sin \frac{2\pi}{T_{in}}(t-\tau) d\tau - \text{приведенное}$$

сейсмическое ускорение опорного контура от вертикальной составляющей колебания грунта [2]. Полученная формула (24) позволяет определять сейсмическую инерционную нагрузку при произвольной вынуждающей силе.

Պ. Ա. ԱՐՈՎՅԱՆ, Է. Ե. ԿԱՐՔՅԱՆ, Ն. Յ. ՊԱՂՈՍՅԱՆ

ԿԱՆՈՎՈՐ ՄԱՐԻՆԵՐԻ ՍԵՅՍՄԱՆԱՅՈՒՆՈՒԹՅԱՆ ՀԵՏԱԶՈՏՄԱՆ ՇՈՒՐՋԸ

Ա Վ Վ Ի Ս Վ Ի Ս Վ

Հոգնվածում ուսումնասիրվում է հետազոտված կար եզրագծով շառափրդավանաչին ծածկերի դինամիկ բեռնթաղիրը: Ստացված է խնդրի ազատ տատանումների հիմնական (2) զիֆերենցիալ հավասարումը, որի լուծումը Կալյուրկինի եզանակով բերվում է ազատ տատանումների հաճախության ոլորտին (10) տրապաշարությունը:

Ստիպողական տատանումների հիմնական զիֆերենցիալ հավասարման լուծումով ստացված է սեյսմիկ ուժի արտաշարունակունը կախովի ծածկերի համար:

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. СНиП 11-А. 12—62 «Строительство в сейсмических районах. Нормы проектирования». М., 1963.
2. Хачиян Э. Е. Некоторые прикладные задачи теории сейсмостойкости сооружений, Ереван, 1963.
3. Ржаница А. Р. Статика и динамика пологих упругой шти. Сб. под ред. И. М. Рабиновича. М., 1962.
4. Лесников В. В., Харитонова Е. П. Экспериментальные исследования висячих оболочек кругового очертания в плане. Сб. под ред. И. Г. Людкового, М., 1962.
5. Гасанов А. И. Сейсмостойкость зданий с висячими покрытиями. Автореферат диссертации. Баку, 1966.
6. Степанянц А. А. Экспериментальное исследование двухпоясных пространственных предварительно напряженных висячих систем с гибким и жестким круглым контуром. Научные труды ВУЗ-ов Литовской ССР. Строительство и архитектура, V.1. 1966.

A. B. НИКОЛАЕВ, Б. Л. ДОННЕР, П. М. ШАТАХЯН

Рассматривается система тестов для выходного контроля схемы триггера, описанного в [1] с импульсно-потенциальным управлением, работающего в статическом режиме, то есть без учета емкостей (рис. 1) Одним из устойчивых состояний триггера является случай,

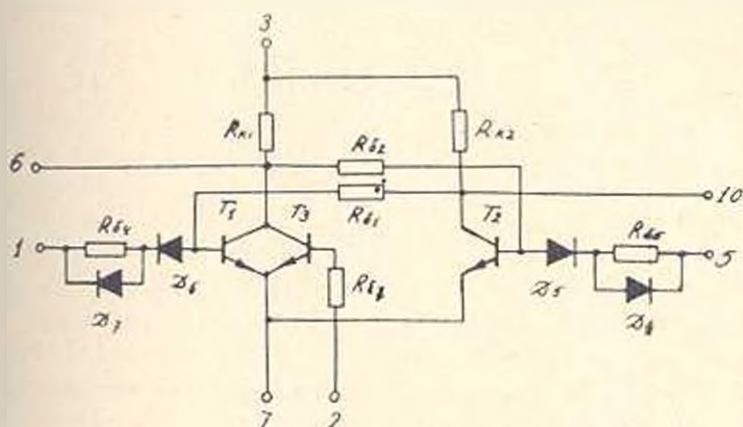


Fig. 1.

Исходя из соображений, приведенных выше, а также учитывая особенности работы данной схемы триггера, можно составить следующую систему тестов, показанную в табл. 1

7TH, N. 4

№ тестов	Предмет измерения	Размерность	Последовательность тестов							Пределы измерений	
			точка 1	точка 2	точка 3	точка 5	точка 6	точка 7	точка 10	мин.	макс.
1	$U_{\text{вх}}$	в		$E_{\text{в}}$	$E_{\text{в мин}}$			$E_{\text{в}}$	$U_{\text{вх в мин}}$		$U_{\text{вх в макс}}$
2	I_{10}	мА		$E_{\text{в}}$	$E_{\text{в мин}}$	$U_{\text{вх в макс}}$		$E_{\text{в}}$	$U_{\text{вх в мин}}$	$I_{\text{нагр}}$	
3	$U_{\text{вх}}$	в		$U_{\text{вх в макс}}$	$E_{\text{в мин}}$		$U_{\text{вх в мин}}$	$E_{\text{в}}$			$I_{\text{нагр в макс}}$
4	I_0	мА	$U_{\text{вх в макс}}$	$U_{\text{вх в макс}}$	$E_{\text{в мин}}$		$U_{\text{вх в мин}}$	$E_{\text{в}}$		$I_{\text{нагр}}$	
5	I_2	мА		$U_{\text{вх в мин}}$	$E_{\text{в мин}}$			$E_{\text{в}}$	$U_{\text{вх в макс}}$		I_1
6	I_3	мА		$U_{\text{вх в макс}}$	$E_{\text{в макс}}$			$E_{\text{в}}$	$U_{\text{вх в мин}}$		$I_{\text{обн}}$
7	I_2	мА		$U_{\text{вх в макс}}$	$E_{\text{в макс}}$			$E_{\text{в}}$	$U_{\text{вх в мин}}$		$I_{\text{вз рас}}$
8	I_3	мА		$E_{\text{в}}$	$E_{\text{в макс}}$		$U_{\text{вх в мин}}$	$E_{\text{в}}$			$I_{\text{обн в макс}}$
9	I_{10}	мА			$E_{\text{в макс}}$		$E_{\text{в}}$	$E_{\text{в}}$	$U_{\text{вх в макс}}$		$I_{\text{вз рас}}$
10	I_4	мА		$E_{\text{в}}$	$E_{\text{в макс}}$		$U_{\text{вх в макс}}$	$E_{\text{в}}$	$E_{\text{в}}$		$I_{\text{вз рас в макс}}$

ние не выше $U_{\text{вх в макс}}$ — так как при подаче на нагрузку это напряжение суммируется с помехой по включению $\Delta U^{(1)}$. Полученное входное напряжение не должно превосходить некоторую величину $U_{\text{вх в макс}}$, при которой схема еще может считаться закрытой. Наихудшей нагрузкой будет случай, когда на выходе открытой схемы нет нагрузки. Действительно, чем меньше параллельно соединенных входо-нагрузок, тем выше выходное напряжение. А входным током одной закрытой схемы, у которой огромное входное сопротивление, можно пренебречь. Потому измеряется напряжение непосредственно на выходе открытой схемы. Для получения на выходе 6 наибольшего выходного напряжения нужно, чтобы через $R_{\text{дт}}$ текли минимальные токи открытого плеча, для чего на вход одного из спаренных транзисторов подается уровень минимальной единицы, вход другого транзистора T_2 заземляется. Непосредственно на точку 10 можно подавать $U_{\text{вх в мин}}$, так как одним из последующих тестов проверяется нагрузочная способность закрытого плеча триггера, потому, если схема годная, при любой нагрузке высокое выходное напряжение не может быть ниже $U_{\text{вх в мин}}$. Последняя величина взята с учетом помехи по выключению $\Delta U^{(1)}$, то есть даже при максимальной помехе напряжение на входе T_1 будет не ниже $U_{\text{вх в мин}}$ [2]:

$$U_{\text{вх в мин}} = U_{\text{вх в мин}} - \Delta U^{(1)}. \quad (1)$$

Для нахождения выходного напряжения насыщенного транзистора

стора используются параметры кусочно-линейной аппроксимации выходной характеристики транзистора $I_k = f(U_{кз})$ при $I_0 = \text{const}$ (рис. 2).

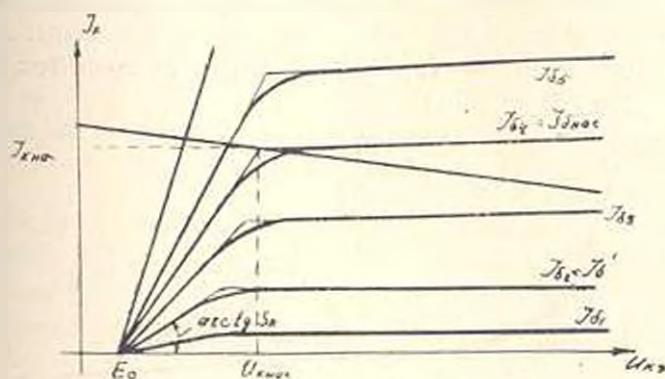


Рис. 2.

Здесь E_0 — пороговое напряжение на коллекторе, при котором коллекторный ток еще равен нулю, β_N^* — коэффициент передачи базового тока в схеме с общим эмиттером на границе насыщения при нормальном включении транзистора, S_k — величина проводимости аппроксимированного активного участка выходной характеристики транзистора при некотором входном токе $I_0 = I_0'$. Характеристику S_k можно аппроксимировать прямыми

$$S_k = \begin{cases} \frac{I_0 S_k}{I_0} & \text{при } I_0 \leq I_0' \\ \frac{I_0 S_k}{I_0'} + a(I_0 - I_0'), & \text{при } I_0 > I_0'. \end{cases} \quad (2)$$

Величина степени насыщения транзистора равна

$$S_1 = \frac{\beta_N^* I_{01}}{I_{к\text{нас}}}. \quad (3)$$

Базовый ток I_{01} без учета сдвига входных характеристик от насыщения [3] можно определить из входной характеристики транзистора, снятой для степени насыщения $S = 1$.

Коллекторный ток насыщения определяется из выходной характеристики $I_k = f(U_{кз})$ при $I_0 = \text{const}$ с помощью выражения

$$I_{к\text{нас}} = \frac{E_{к\text{нас}} - I_{01} R_{к1} - E_{01}}{1 + R_{к1} S_{к1}} S_{к1}. \quad (4)$$

Обычно $R_k \gg 1/S_k$, тогда $I_{к\text{нас}}$ без большой погрешности можно принять не зависящим от изменения $S_{к1}$, в противном случае следует вычислить $S_{к1}$ с помощью выражения (2) и только потом подставить его в (4).

После нахождения степени насыщения с помощью выражений (2)–(4) могут представиться два случая.

1°. $S_1 > 1$. Тогда необходимо учесть сдвиг входных характеристик, так как $U_{кз}$ зависит от $S_{к1}$, а $S_{к1}$ в свою очередь — от I_0 .

От изменения степени насыщения S_n почти не меняется, изменяет свое значение только U_{00} . На рис. 3 показана зависимость U_0/U_{00} от S , меняющаяся во всем возможном диапазоне. Здесь U_0 — величина входного напряжения, при котором входной ток принимает-

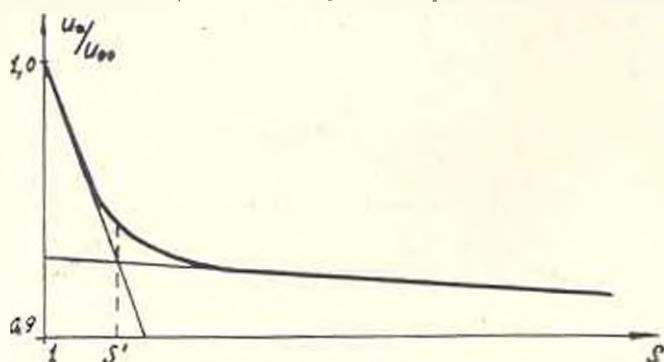


Рис. 3.

ся равным нулю для любой величины S . Эту характеристику можно аппроксимировать следующей прямой

$$U_0 = U_{00} \left(a - \frac{S_n - 1}{b} \right), \quad (5)$$

где S_n — величина степени насыщения, определенная без учета сдвига входных характеристик

$$\begin{aligned} a &= a_1, \quad b = b_1 && \text{при } S_n \leq S'; \\ a &= a_2, \quad b = b_2 && \text{при } S_n > S'. \end{aligned} \quad (6)$$

Здесь a_1, a_2, b_1, b_2, S' — экспериментально найденные параметры кусочно-линейной аппроксимации $U_0 = f(S)$, единицы для всех транзисторов, полученные по методу наименьших квадратов.

Тогда

$$I_{01} = \frac{U_{00} \left(a - \frac{S_1 - 1}{b} \right)}{r_{01} + R_{01}}, \quad (7)$$

$$S_{кр1} = \begin{cases} \frac{I_{01}}{I_0} S_{01} & \text{при } I_{01} \leq I_0 \\ \frac{I_0}{I_0} S_{01} + c(I_{01} - I_0) & \text{при } I_{01} > I_0. \end{cases} \quad (8)$$

Выходное напряжение открытой насыщенной части схемы определится из рис. 2 с помощью выражения

$$U_{вых11} = U_{вых10} = E_{01} + \frac{E_{к мин} - I_{к03} R_{03} - E_{01}}{1 + R_{01} S_{кр1}} \quad (9)$$

2°. $S_1 < 1$. Для определения $U_{вых10}$ можно использовать передаточную характеристику $I_k = f(U_{кз})$, снятую при $E_k = E_{к мин}$

$$I_{к1} = I_{к01} + \frac{U_{вых\ и\ мин} - U_{вых1}}{r_{к1}}, \quad (10)$$

$$U_{вых\ иб} = E_{к\ мин} - R_{к1} \left(I_{к01} + I_{к03} + \frac{U_{вых\ и\ мин} - U_{вых1}}{r_{к1}} \right). \quad (11)$$

В обоих случаях необходимо, чтобы удовлетворялось неравенство

$$U_{вых\ иб} \leq U_{вых\ и\ макс}. \quad (12)$$

Тест № 2. Проверяется нагрузочная способность триггера, когда его правое плечо закрыто. В этом случае с точки 10 должна сниматься необходимая выходная мощность, достаточная, чтобы преодолеть возможную помеху по включению и открыть схемы-нагрузки, — $U_{вых\ и\ мин} \cdot I_{нагр10}$. Вместо эквивалентного сопротивления в качестве нагрузки к выходу схемы можно подключать эквивалентный источник постоянной э.д.с. $E = U_{вых\ и\ мин}$ и потребовать, чтобы протекающий через него ток был не меньше $I_{нагр} = N \cdot I_{нх\ макс}$, где N — требуемая нагрузочная способность, $I_{нх\ макс}$ — максимальный ток, потребляемый входными цепями исследуемых схем. Для наилучшего случая нужно добиться максимального уровня логического нуля на базе транзистора T_2 , потому, наряду с тем, что на базу T_1 подается $U_{вых\ и\ мин}$, вход транзистора T_2 заземляется, а на вход 5 подается максимально возможный уровень логического нуля и помеха по включению. В этом случае входное напряжение и входной ток транзистора T_2 будут максимально возможными, выходное напряжение и нагрузочная способность — минимальными.

Выходное высокое напряжение — минимальный уровень логической единицы без нагрузки можно найти, используя аппроксимированную характеристику

$$U_{вых\ и2} = E_{к\ мин} - R_{к2} (I_{к02} + I_{вх1}). \quad (13)$$

В качестве входного напряжения на базе транзистора T_2 можно использовать величину $U_{вых\ иб}$, полученную в тесте № 1 из выражения (11). Тогда коллекторный ток закрытого транзистора T_2 окажется равным:

$$I_{к02} = \begin{cases} I_{к02} & \text{при } U_{вых\ иб} \leq U_{пхо2} \\ I_{к02} + \frac{U_{вых\ иб} - U_{пхо2}}{r_{к2}} & \text{при } U_{вых\ иб} > U_{пхо2} \end{cases} \quad (14)$$

$I_{вх1}$ — часть тока через $R_{к2}$, отвечающая н базу транзистора T_1 , определяемая из выражения (7).

При подключении к выходу правого плеча триггера источника э.д.с. $E = U_{вых\ и\ мин}$ ток через него будет равен

$$I_{вых10} = \frac{U_{вых\ и2} - U_{вых\ и\ мин}}{R_{к1}}. \quad (15)$$

Для получения на выходе необходимой мощности нужно, чтобы

$$U_{вых\ и\ мин} I_{нагр} \leq U_{вых\ и\ мин} I_{вых10} \quad (16)$$

или

$$I_{\text{вых II}} > I_{\text{нагр.}} \quad (17)$$

Тест № 3. Проверяется выходное низкое напряжение триггера, когда ее левое плечо находится в закрытом состоянии, а правое — в открытом. Условия наихудшего случая здесь аналогичны тем же, что и в тесте № 1, только на вход 2 подается напряжение $U_{\text{вх II макс}}$ для того, чтобы транзистор T_2 был возможно ближе к порогу открывания, его коллекторный ток будет максимальным для закрытого состояния, что приведет к еще большему снижению высокого выходного напряжения в точке 6. Тогда, если триггер работоспособный, будет соблюдаться неравенство

$$U_{\text{вых II 0}} < U_{\text{вх II макс.}}$$

Тест № 4. Проверяется нагрузочная способность триггера в том же состоянии, в котором он находился при реализации теста № 3. Наихудший случай и тестовый параметр $I_{\text{нагр.}}$ определяются аналогично тесту № 2. Здесь должно удовлетворяться неравенство

$$I_{\text{нагр.}} > I_{\text{нагр.}}$$

Тест № 5. Этим тестом отбраковывается триггер по максимальному входному току, то есть проверяется способность схемы служить нагрузкой. Действительно, нагрузочная способность оценивается по выходной мощности $U_{\text{вых в мин.}} I_{\text{нагр.}}$, точнее — по току через эквивалентный источник э.д.с. $E = U_{\text{вых в мин.}}$, подключенный к выходу закрытого плеча. Но, чтобы поддерживалось на выходе нагруженной схемы напряжение не ниже $U_{\text{вых в мин.}}$, необходимо, чтобы вся нагрузка потребляла ток не более $I_{\text{нагр.}}$, или чтобы каждая схема нагрузки в наихудшем случае потребляла ток не более $\frac{I_{\text{нагр.}}}{N}$ при приложении к нему

напряжения $U_{\text{вх в мин.}}$. Максимальный ток может протекать во входной сбросовой цепи, когда к точке 10 прилагается напряжение $U_{\text{вх II макс.}}$. В этом случае коллекторный ток насыщения транзистора T_1 получится минимальным, а насыщение, сдвиг входных характеристик и потребляемый ток — максимальными. При параллельно соединенных двух и более

сильно насыщенных транзисторах их общее коллекторное напряжение оказывается порядка E_a , то есть для каждого отдельного транзистора можно считать напряжение его коллекторного питания равным нулю. В таком случае транзистор можно заменить двумя диодами (рис. 4), причем характеристикой перехода база—коллектор может служить уже известная прямая ветвь диода. Для этого

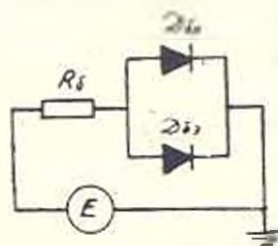


Рис. 4.

типа транзистора вследствие геометрических размеров его переходов всегда $U_{\text{вх}} > U_{\text{ш}}$. Тогда входной ток схемы определится из выражения

$$I_{\text{нз}} = \frac{U_{\text{вх в мин}}(r_{\text{бз}} + r_{\text{нз}}) - U_{\text{боз}}r_{\text{нз}} - U_{\text{анз}}r_{\text{бз}}}{R_{\text{бз}}r_{\text{бз}} + R_{\text{бз}}r_{\text{нз}} + r_{\text{бз}}r_{\text{нз}}} \quad (18)$$

Для того, чтобы схема оказалась годной, необходимо удовлетворение неравенства

$$I_{\text{нз}} < I_{\text{с}} = \frac{I_{\text{сат}}}{N} \quad (19)$$

Тест № 6. Проверяется рассеиваемая мощность триггера, когда его левая сторона открыта, а правая закрыта. Наихудшего режима можно добиться, подавая на вход 2 (рис. 1) напряжение $U_{\text{вх в макс}}$, полностью нагружая правую сторону, то есть подсоединяя к точке 10 источник э.д.с. $E = U_{\text{вх в мин}}$. Отклонение величины коллекторного питания $E_{\text{к}}$ должно быть в большую сторону, так что к точке 3 подсоединяется источник э.д.с. $E_{\text{к}} = E_{\text{к макс}}$. Тогда через цепь $E_{\text{к}}$ будет течь максимально возможный ток. В точку 10 подается не $U_{\text{нз в макс}}$, а $U_{\text{вх в мин}}$ по той причине, что $R_{\text{к}} \gg \frac{1}{S_{\text{кр}}}$ и независимо от величины базового

тока насыщенного транзистора его коллекторный ток насыщения почти не меняется, в то же время через $R_{\text{кз}}$ в этом случае текут максимально возможные токи закрытой нагруженной схемы. Полная рассеиваемая мощность складывается из мощности, рассеиваемой в базовой цепи транзистора T_2 с одной стороны и в цепи питания — с другой.

$$P_{\text{рас}} = U_{\text{вх в макс}} I_{\text{нз3}} + E_{\text{к макс}} I_{\text{обнц}} \quad (20)$$

В этом тесте проверяется $I_{\text{обнц}}$, который равен

$$I_{\text{обнц}} = I_{\text{кз1}} + I_{\text{кз2}} \quad (21)$$

Так как напряжение в точке 6 при параллельно подсоединенных насыщенных транзисторах почти равно нулю, то

$$I_{\text{кз1}} = \frac{E_{\text{к макс}}}{R_{\text{н1}}} \quad (22)$$

Ток через $R_{\text{к2}}$ равен:

$$I_{\text{кз2}} = \frac{U_{\text{нх в мин}} I_{\text{вх в мин}}}{R_{\text{к2}}} \quad (23)$$

где

$$U_{\text{нх в мин}} = E_{\text{к макс}} - R_{\text{кз}}(I_{\text{нз1}} + I_{\text{кз2}}) \quad (24)$$

Ток $I_{\text{нз1}}$ можно найти аналогично $I_{\text{нз3}}$, используя выражение (18):

$$I_{\text{нз1}} = \frac{U_{\text{вх в мин}}(r_{\text{б1}} + r_{\text{н1}}) - U_{\text{боз1}}r_{\text{н1}} - U_{\text{ан1}}r_{\text{б1}}}{R_{\text{н1}}r_{\text{б1}} + R_{\text{б1}}r_{\text{н1}} + r_{\text{б1}}r_{\text{н1}}} \quad (25)$$

Суммарный ток $I_{\text{нц}}$ не должен превосходить некоторой величины

$$I_{\text{обнц}} < I_{\text{обнц1}}.$$

Тест № 7. Проверяется рассеиваемая мощность во входной цепи транзистора T_2 при тех же условиях, что и в тесте № 6. Должно соблюдаться неравенство

$$U_{вх \text{ н макс}} I_{вхз} \leq U_{вх \text{ н макс}} I_{вх \text{ рас}}$$

или

$$I_{вхз} \leq I_{вх \text{ рас}}$$

Здесь

$$I_{вх \text{ рас}} = \frac{P_{рас \text{ топ}} - E_{к \text{ макс}} I_{обн1}}{S_{вх \text{ н макс}}}, \quad (26)$$

$$I_{обн1} = \frac{U_{вх \text{ н макс}} (r_{бз} + r_{дз}) - U_{обз} r_{дз} - U_{вбз}}{R_{б1} r_{бз} + R_{бз} r_{бз} + r_{бз} r_{дз}}. \quad (27)$$

Тест № 8. Проверяется рассеиваемая мощность в случае, когда правое плечо триггера насыщено, а левое — закрыто и предельно нагружено. Наихудшие внешние условия аналогичны тесту № 6, только здесь вся мощность рассеивается в цепи $E_{к \text{ макс}}$ точка 3 — земля.

Величина тока в этой цепи должна удовлетворять условию

$$I_{обн2} \leq I_{обн2}.$$

где

$$I_{обн2} = \frac{P_{рас \text{ топ}}}{E_{к \text{ макс}}}. \quad (28)$$

Тест № 9. Проверяется высокое выходное напряжение схемы на выходе 10 с точки зрения рассеиваемой мощности на входе нагрузки. Из выражения (26) видно, что напряжение на входе нагруженной схемы не должно превосходить $U_{вх \text{ н макс}}$, если по входной цепи нагрузки течет ток $I_{вх \text{ рас}}$. Наихудший случай нагрузки — это нагрузка из одной схемы, так как чем меньше количество параллельно подсоединенных схем в нагрузке, тем выше выходное напряжение. Нагрузку можно заменить эквивалентным генератором постоянной э.д.с. $E = U_{вх \text{ н макс}}$, подключенным к выходу 10 закрытого плеча схемы. Выход 6 заземляется для того, чтобы транзистор T_2 был в глубоком закрытом состоянии, вход транзистора T_3 также заземляется, чтобы насыщение, сдвиг и потребляемый входной ток транзистора T_1 были минимальными, что сделает напряжение на выходе 10 и ток через источник э.д.с., подключенный к этому выходу, максимальными.

Тогда ток, протекающий по источнику э.д.с. $E = U_{вх \text{ н макс}}$, будет равен току, который протекал бы по входной цепи наихудшей нагрузки, будь она подключена к выходу 10. В случае годности схемы этот ток не должен превышать величину $I_{вх \text{ рас}}$ (26):

$$I_{10} = \frac{U_{вх \text{ н}} - U_{вх \text{ н макс}}}{R_{к2}} - I_{б1} \leq I_{вх \text{ рас}}, \quad (29)$$

где

$$U_{вх \text{ н}} = E_{к \text{ макс}} - R_{к1} I_{обн2}. \quad (30)$$

Ток I_{d1} находится аналогично входному току транзистора T_1 в тесте № 1, только здесь на его вход подключается напряжение $U_{вх}$ и т.д., а не $U_{вх1}$ и т.д.

Тест № 10. Проверяется выходное напряжение схемы в точке 6 аналогично предыдущему тесту № 9.

Таким образом, полученные выражения связывают между собой входные и выходные напряжения и токи, вычисленные в наихудшем случае для каждого отдельного теста, с требуемыми качественными показателями, параметрами активных и пассивных компонентов данной интегральной схемы и тестовыми параметрами. В совокупности они составляют тестовую модель. Схема будет считаться годной, если ее входные и выходные напряжения и токи окажутся внутри области ограниченной тестовыми параметрами. Из бесконечного множества таких областей нужно найти такую, которая обеспечивала по возможности максимальный процент выхода годных схем. Это можно осуществить, используя статистический метод расчета схем. Для этого необходимо знать распределения электрических параметров активных и пассивных компонентов схем, так как вследствие несовершенства технологии производства всегда имеется разброс параметров. Далее по составленной тестовой модели можно рассчитывать схему триггера методом Монте-Карло и произвести оптимизацию, принимая за критерий оптимизации процент выхода годных схем, а за параметры оптимизации — сами тестовые параметры.

В ы в о д ы

1. Тестовыми параметрами являются граничные значения входных и выходных напряжений и токов схем.

2. Выражения, связывающие искомые напряжения и токи с требуемыми качественными показателями и электрическими параметрами компонентов интегральных схем, выводятся при наихудших внешних условиях работы проверяемой схемы, в то же время параметры активных и пассивных компонентов внутри схемы являются распределенными по какому-то статистическому закону.

3. В качестве критерия оптимизации при нахождении оптимальных тестовых параметров необходимо использовать процент выхода годных схем, непосредственно связанный с производством.

4. По указанному принципу можно составить систему тестов для выходного контроля любых других видов интегральных схем, работающих в статическом режиме.

Поступило 4.1.1969.

Ա. Վ. ՆԿՈԼԱԵՎ, Բ. Լ. ԴՈՆԵՐ, Պ. Մ. ՇՈՏԱՆՅԱՆ

ՏԵՍՏԵՐԻ ՄԵՍՏԵՐԻ ՄՇԱԿՈՒՄ՝ ՎԵՃԱԿԱԳՐԱԿԱՆ ՄԵԹՈԴՈՎ ՏՐԻԳԵՐԻ ԻՆՏԵԳՐԱԿԱՆ ՈՒՆԵՄԱՅԻ ԹՈՂԱՐԿՄԱՆ ՍՏՈԽՈՒՄ ԿԱՏԱՐԵԼՈՒ ՀԱՄԱՐ

Ա. մ. փ. ո. փ. ո. մ.

Քերպած է վիճակագրական մեթոդների միջոցով տրիգերի ինտեգրալ սխեմայի թաղանթման ստուգում կատարելու համար սխեմաների սխեմայի հաշվարկի մեթոդիկայի համառոտ նկարագրությունը: Տրված է ստատիկ սխեմայի մոտ տրիգերի սխեմայի տեսության մոդելի կառուցման սխեմա, որում մուտքի և ելքի շարժումներն ու հոսանքներն արտահայտված են սխեմայի արտահայտված շարժանքներին ներկայացվող պահանջներից անմիջականապես կախված սխեմային պարամետրների և ինտեգրալ սխեմայի ակտիվ ու պասսիվ կոմպոնենտների պարամետրների միջոցով:

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Малин Б. В., Трутко А. Ф. Кремниевые интегральные схемы. Сб. „Микроэлектроника“, под общей ред. Ф. В. Лукина, М., 1967.
2. Лоу А. Физическая реализации цифровых логических схем. „Микромошная электроника“, под ред. Е. И. Гальперина, М., 1967.
3. Николаев А. В., Паратов Г. М. О некоторых вопросах контроля параметров элементов, рассчитанных статистическим методом. Тр. МИЭМ, вып. 2, М.—Л., 1966.

НАУЧНЫЕ ЗАМЕТКИ

В. А. СКУДНОВ, Л. Д. СОКОЛОВ, А. Н. ГЛАДКИХ

О ПЛАСТИЧНОСТИ ПРАЗЕОДИМА

Празеодим Pr относится к редкоземельным металлам цериевой группы. В нашем распоряжении имелись слитки толщиной 8–10 мм, весом 90 г, химического состава (вес. %): Pr—90,2; La—1,9; Ce—4,0; Nd—3,7; Y—0,2; Ca < 0,02; Fe < 0,01; Cu < 0,005. Подготовка образцов из Pr [1] состояла в разрезке слитка и механической обработке штабиков, прессовании в нагретом состоянии при 600–650°C, термообработке (отжиге) в вакуумной печи (10^{-3} – 10^{-1} мм рт. ст.) при температуре $0,5 T_{пл}$ °K ($T_{пл}$ — температура плавления 1208°K)*, правке и разрезке на образцы. Метод испытания — сжатие. Размеры образцов: диаметр $3,0 \pm 0,01$ мм; высота $4,50 \pm 0,01$ мм. Температура опытов: –196, –100, –31,5; 89,3; 210; 330,9; 451,7; 572,5 °C. Скорости деформации: $4,7 \cdot 10^{-3}$; $2 \cdot 10^{-2}$ сек^{–1}. Предельная пластичность празеодима определялась по моменту появления первой трещины, видимой невооруженным глазом. Для точного установления момента разрушения при осадке использовалось не менее трех образцов. Охлаждение образцов производилось вместе с приспособлением для осадки в среде жидкого азота (–196 °C) или в смеси спирта и азота. Опыты с нагревом производились в печи сопротивления в среде чистого аргона, который поступал в печь через медную трубку, вваренную в корпус нагревателя. Осадка осуществлялась после выдержки образца при температуре опыта в течение 10–15 мин. В качестве показателя пластичности при осадке служило относительное сжатие:

$$\varepsilon = \frac{h_0 - h_1}{h_0} 100\%,$$

где h_0 и h_1 — начальная и конечная высота образца.

Результаты опытов представлены на рис. 1 в виде температурной зависимости предельного (до разрушения) значения ε при двух скоростях деформации: $4,7 \cdot 10^{-3}$ и $2 \cdot 10^{-2}$ сек^{–1}. Здесь каждая точка получена как средний результат из трех испытаний. Лишь две точки при 0,5 и 0,6 $T_{пл}$ °K, лежащие выше графика, показывают, что осадка

* Здесь и на рисунке условно принята температура плавления чистого празеодима. Фактически она может быть несколько ниже. Это, однако, не скажется существенно на результатах отжига при 0,5 $T_{пл}$ °K.

образцов до заведомо больших степеней деформации, действительно приводит к сильному разрушению прутков. Стрелками показано, что момент начала разрушения лежит ниже. Зависимость $\varepsilon(T)$ носит немонотонный характер. На графиках наблюдается два „провала“

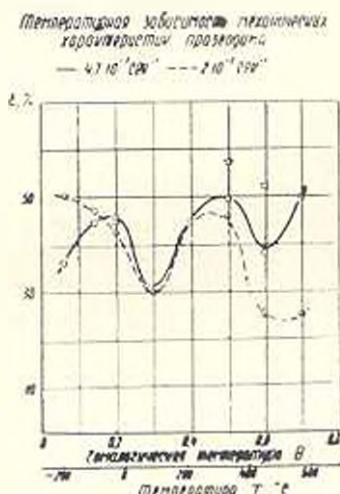


Рис. 1.

пластичности: при $T = 0,3 T_{\text{пл}}$ К (100°C) и при $\sim 0,6 T_{\text{пл}}$ К (450°C). С увеличением скорости деформации примерно на один порядок оба минимума смещаются в область более высоких температур, особенно заметно это смещение для второго из них.

Природа отмеченных минимумов может быть связана: первого с деформационным старением [1], второго — с эквикоэзивным переходом [2], однако, несмотря на то, что подобные явления наблюдаются не только в чистых металлах, но и в сплавах [3], другим возможным объяснением отмеченных аномалий могут быть структурные изменения сильно загрязненного (в нашем случае) металла. В интервале температур для полиморфного Рг наблюдается переход из одной модификации $I-II$ в другую $K-II$. Выше $0,7 T_{\text{пл}}$ К пластичность заметно повышается, что характерно для решетки ГЦК, если считать, что наличие примесей снижает температуру перехода. В общем пластичность является достаточной для пластической обработки его при наличии мягких схем деформации.

Горьковский политехнический институт

Поступило 19.I.1968.

ЛИТЕРАТУРА

1. Соколов Л. Д. Физика металлов и металловедение. 14. 6. 1962. 104.
2. Савицкий Е. М. Влияние температуры на механические свойства металлов и сплавов. Изд. АН СССР, М., 1957.
3. Станюкович Л. В. Хрупкость и пластичность жаропрочных материалов. М., 1967.

А. Т. ПАРИНОВ

К ВОПРОСУ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ПРЕДНАПРЯЖЕННЫХ
ПЛИТ 2Т ИЗ ЛЕГКОГО БЕТОНА

В настоящее время для изготовления предварительно напряженных конструкций на предприятиях стройиндустрии Армянской ССР используются преимущественно легкие бетоны и в основном на литонидной основе. Опыты, проведенные в АНСМ, показали, что семипроволочные стальные пряди диаметром 12—15 мм при соблюдении соответствующих технологических и проектных требований надежно самонакериваются в литонидомбетоне марки 300—400. К тому же условия анкеровки таких прядей в элементах балочного типа сплошного поперечного сечения при воздействии равномерно-распределенной нагрузки наиболее благоприятны. Эти условия открывают реальные возможности для организации промышленного производства плит 2Т с применением напрягаемой пряденой арматуры и легких бетонов на местных заполнителях.

Использование плит 2Т в промышленном строительстве способствует скоростному возведению зданий с плоской кровлей. Они могут успешно применяться в крупнопанельном строительстве жилых и общественных зданий для перекрытий и покрытий. В этом случае при замене обычных многопустотных настилов длиной до 6 м плитами 2Т длиной 12 м исключается необходимость в продольной несущей стене, либо ригелях с колоннами, а наружные стены оказываются более нагруженными. Помимо упрощения технологии строительного производства и экономии средств и времени, в случае применения плит 2Т, создаются возможности для более свободной планировки и решения интерьеров. Эффективность замены ныне применяемых пустотных плит длиной до 6 м плитами 2Т характеризуется примерно одинаковым расходом бетона на 1 кв. м перекрытия. В то же время относительная высота плит 2Т оказывается меньшей, чем у многопустотных плит, при этом получают известные экономические выгоды, связанные с укрупнением элементов и упрощением схемы зданий за счет исключения промежуточных несущих конструкций. Применение плит 2Т в сейсмических районах не должно вызывать опасений, так как по сравнению, например, с применяемыми ныне в строительстве сборными железобетонными фермами, не имеющими связей по нижнему поясу, плиты 2Т более устойчивы, а перекрытие с их применением после сборки и замоноличивания представляет собой жесткий горизонтальный диск.

Рассматривая перспективу массового изготовления преднапряженных плит 2Т нельзя не коснуться особенностей их производства с учетом затрат, обуславливающих и целом себестоимости изделия. Преднапряженные плиты 2Т могут изготавливаться как по одностадийной (одновременное формирование бетона одинаковой прочности в ребрах и полке плиты), так и по двухстадийной (плита 2Т изготавливается в два приема: сначала в вертикальных групповых кассетах формируются ребра плиты с

применением бетона повышенной прочности, затем после его термообработки ребра транспортируются для установки в специальный кондуктор, в котором производится армирование и формование бетона плиты с применением бетона пониженной прочности) стендовой технологии. Одностадийная технология изготовления плит на длинных стендах с взаимозаменяемым комплексом технологических операций на двух ручьях более целесообразна, ввиду возможности осуществления непрерывного производства плит по сетевому графику с возможной механизацией и автоматизацией ряда производственных процессов (раскладка прядей и групповое формование плит с помощью навесного оборудования, устанавливаемого на порталных кранах, разгрузка и погрузка изготовленных плит на железнодорожные платформы с применением тех же кранов, нагибание прядей и их отпуск группами с применением стационарной натяжной станины, последовательная термообработка бетона в плитах по опалубочным отсекам и т. д.). Поэтому изготовление плит по одностадийной технологии более эффективно по суммарным затратам ресурсов, энергии и времени по сравнению с двухстадийной, при которой необходимость раздельного бетонирования плиты требует выполнения дополнительного вышеописанного комплекса производственных операций. Совершенно очевидно, что возможность существенного снижения общих затрат на одно изделие по одностадийной технологии является не менее важным, чем выигрыш от дифференцированного проектирования прочности бетона в полке и ребрах плиты 2Т при двухстадийной технологии их изготовления.

При расчете, проектировании, изготовлении и эксплуатации преднатяженных плит 2Т с применением легкого бетона и прядей, учитывая сравнительную новизну этих материалов, следует строго соблюдать выполнение нормативных требований и отклонений трещиностойкости. При проектировании плит 2Т, предназначенных для изготовления по двухстадийной технологии, следует учитывать, что сечение напрягаемой арматуры, подсчитанное по моменту обжатия, может оказаться чрезмерно большим, ввиду повышенной гибкости сравнительно тонких ребер на восприятие усилия обжатия и ослабления растянутой от обжатия их зоны сечения в связи с отсутствием полки плиты 2Т, способной воспринять значительную долю растяжения при изгибе в момент отпуска натяжения арматуры. Расход арматуры в ребрах плиты 2Т (при одностадийном ее изготовлении) на восприятие поперечной силы может быть существенно сокращен и даже исключен полностью ввиду технической возможности и целесообразного отгиба большей части прядей к опорам ребер. Следует учитывать, что сечение одиночной напрягаемой арматуры по условию достаточной трещиностойкости элемента балочного типа, как правило, превышает количество той же арматуры, установленной по расчету прочности по сечениям, нормальным к продольной его оси.

Резюмируя изложенное, представляется возможным сделать вывод о том, что проектирование плит 2Т с использованием напрягаемой

прялевой арматуры и литопеномбетона должно учитывать не только требования по их расчету, сводящиеся к соблюдению равенства деформаций от внецентренного обжатия сечения ребер плиты и перемещений изогнутой оси от эксплуатационных нагрузок, но и рациональное использование свойств материалов при наиболее оптимальных геометрических характеристиках конструкций, а также достижение наименьшей себестоимости с учетом общих затрат, относящихся к изготовлению плит.

Разумеется, до массового производства плит 2Т с использованием прядей и легкого бетона необходимо произвести соответствующие исследовательские и проектно-конструкторские работы.

Ростовский ПромстройНИИпроект

Поступило 3.II.1969.

Исследования алгоритма расчета стационарных режимов пассивного многополюсника. Алоши Г. Т. «Известия АН АрмССР (серия Т II)», с. XXII, № 4, 1969, 3—11.

Излагается алгоритм расчета, предусматривающий совместное решение в два этапа n -уравнений модулей комплексных напряжений и реактивных мощностей и n -уравнений фаз напряжений и активных мощностей для многополюсника с n -независимыми узлами. Задача решается итерационным методом. Даются критерии сходимости итерации. Рассматривается вопрос автоматического выбора балансирующего узла и величины фазы его напряжения, способствующие сходимости итерации. Исследуется вопрос единственности решения в области допустимых значений фаз векторов напряжений. Предлагается простой способ ускорения итерации. Таблица 2. Библиографий 2. Иллюстраций 2.

УДК 621.311+681.142.32

Энергетические соотношения обобщенной цепи сравнения. Лихтиндер Ё. Я., Паглавиш М. Г. «Известия АН АрмССР (серия Т II)», т. XXII, № 4, 1969, 12—14.

Рассматриваются электронизмерительные цепи и выводятся соответствующие энергетические соотношения, которые можно запрограммировать для расчетов при помощи ЦВМ и иметь одну единую программу для различных цепей сравнения. Библиографий 4. Иллюстраций 2.

УДК 621.827+62—232

К синтезу плоского прямолинейно-направляющего механизма с чертящей точкой на оси шатуна. Гапрян В. М. «Известия АН АрмССР (серия Т II)», т. XXII, № 4, 1969, 17—21.

Предлагается метод, с помощью которого определяются шесть параметров прямолинейно-направляющего механизма. Рассматриваемая схема механизма заменяется двумя кривошипно-ползунными механизмами, имеющих на участке приближенно общий закон изменения шатуна и выводится условие совместности, которое приведено к виду полинома для вычисления шести параметров.

Коэффициенты приближающей функции вычисляются из системы линейных уравнений, а параметры механизма определяются из системы шести уравнений, которые приводятся к двум нелинейным уравнениям. Решен частный пример при заданных условиях между направлением прямолинейного движения чертящей точки и шатуном в начале и конце интервала приближения. Библиографий 2. Иллюстраций 4.

Алгоритм оптимизации режима котельной группы ТЭС при заданном расходе одного из видов топлива. Бабян Д. М. «Известия АН АрмССР (серия Т. Н.)», т. XXII, № 1, 1969, 22–26.

Рассматривается алгоритм расчета на ЦВМ оптимального режима котельной группы ТЭС при ограничении на один из видов потребляемого топлива, построенный на основе сочетания двух математических методов: динамического программирования и дискретном приближении и классического анализа. Используется идея множителя Лагранжа для понижения размерности, что позволяет свести задачу к классу одномерных, решаемых с помощью функциональных уравнений Беллмана.

Предложенный алгоритм позволяет одновременно оптимизировать режим котельной при работе на смеси топлив и построить ее расчетную характеристику, необходимую для оптимизации режима станции и целом. Библиографий 2.

УДК 699.84

К исследованию сейсмостойкости асфальтовых покрытий. Абовян Г. А., Хачин Э. Е., Погосян Г. Ц. «Известия АН АрмССР (серия Т. Н.)», т. XXII, № 1, 1969, 27–32.

Рассматриваются динамические характеристики радиальных чантовых систем. Дифференциальное уравнение свободных колебаний решено методом Галеркина и в результате приведено выражение для определения частоты свободных колебаний. Решением основного дифференциального уравнения вынужденных колебаний получено выражение для определения сейсмической силы, действующей на асфальтовое покрытие. Таблица 1. Библиографий 6. Иллюстрация 1.

УДК 621.371.3

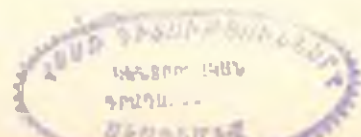
Разработка системы тестов для внешнего контроля интегральной схемы триггера статистическим методом. Николаев А. В., Доннер Б. Л., Шагахан П. М. «Известия АН АрмССР (серия Т. Н.)», т. XXII, № 1, 1969, 33–42.

Приводится краткое описание методики расчета системы тестов для внешнего контроля интегральной схемы триггера статистическим методом. Приводится пример построения тестовой модели для схемы триггера в статическом режиме, где входные и выходные напряжения и токи выражаются через параметры активных и пассивных компонентов интегральной схемы и через тестовые параметры, непосредственно связанные с заданными требованиями на качественные показатели схем. Таблица 1. Библиографий 3. Иллюстраций 4.

УДК 669.856+62-75+539.37/38

О пластичности празеодима. Скудинов В. А., Соколов Л. Д., Гладких А. Н. «Известия АН АрмССР (серия Т. Н.)», т. XXII, № 1, 1969, 43–44.

Приводятся температурные зависимости относительного обжатия до разрушения при осадке предварительно пропрессованного при 600–650°C и отожженного празеодима со скоростями деформации 0,0047 и 0,02 сек⁻¹. Зависимость ϵ (Т) носит немонотонный характер: при $\sim 0,3 T_{пл}$ К (100°C) и $\sim 0,6 T_{пл}$ (450°C) наблюдаются «провалы» пластичности, которые с увеличением скорости деформации смещаются в область более высоких температур. Отмечается, что в условиях мягких схем деформации пластичность празеодима достаточно высока. Библиографий 3. Иллюстрация 1.



Բ Ո Վ Ա Ն Դ Ե Մ Ի Թ Յ Ո Ւ Ն

ԷԼԵՐԳԵՏԻԿԱ

- Ա. Տ. Աղոնց. Պատիվ րադաբունդի մնացուց ունեցողի հաշվման այդորիթի հետադարձումը 25
 Բ. Յա. Ախտիցիցեր, Մ. Դ. Պանկովյան. Համեմատման բնդհանրացված շղթաների էներգետիկ հարաբերակցությունները 12

ՄԵԶՆԱՆՈՒԹՅՈՒՆ

- Վ. Ս. Խաչիյան. Հարթ ուղղադիօ-ուղղորդային մեխանիզմի սինթեզը, երբ դժուր կենտրոնացվում է շարժանի առանցքի վրա 15

ՋԵՐՄԱՆՈՒԹՅԱՆ

- Ջ. Ս. Բաբայան. Ջէկ-ի կաթնալանդան խմբի սեղանի օպտիմալացման այդորիթի որոնումը և վառարկի տված ծախսի դեպքում 23

ՇԻՆԱԲԱՐԱԿԱՆ ՄԵԿԱՆԻԿԱ

- Դ. Ա. Արովյան, Է. Խ. Խաչիյան, Հ. Յ. Պետրոսյան. Գալեոմի ժամկերի սեյսմակայունության հետազոտման շուրջը 27

ՀԱՆՎՈՐԱԿԱՆ ՏԵԽՆԻԿԱ

- Ա. Վ. Նիկոլյան, Բ. Լ. Դաշնեց, Պ. Մ. Դառախյան, Տեղադրի սխեմայի մշակում՝ վիճակագրական մեթոդով տրիգերի ինտեգրացիայի մոդելի մասնակցության հաշվարկի համար 33

ԳԵՏԱԿԱՆ ՆՈԹՆԵՐ

- Վ. Ա. Սիլոգոսով, Է. Դ. Սիլոգով, Ա. Խ. Դադկիլս. Դադեդի միջատիկային վերաբերյալ 43
 Ա. Տ. Պուրիցով, Թեթև բնությունը 23 տարի նախադարձած սակերի նախադրման հարցի շուրջը 45

СО Д Е Р Ж А Н И Е

Энергетика

<i>Г. Т. Авож.</i> Исследования алгоритма расчета стационарных режимов пассивного многополюсника	3
<i>В. Я. Лихтицандер, М. Г. Наглавян.</i> Энергетические соотношения обобщенной цепи сравнения	12

Машиностроение

<i>В. М. Тицрян</i> К синтезу плоского прямолинейно-направляющего механизма с чертящей точкой на оси шатуна	15
---	----

Теплотехника

<i>Д. М. Бабаян.</i> Алгоритм оптимизации режима котельной группы ТЭС при заданном расходе одного из видов топлива	22
--	----

Строительная механика

<i>Г. А. Абовян, Э. Е. Хачиян, Г. П. Ногосян.</i> К исследованию сейсмостойкости висячих покрытий	27
---	----

Вычислительная техника

<i>А. В. Николаев, Б. Л. Домкер, П. А. Шатахян.</i> Разработка системы тестов для выходного контроля интегральной схемы триггера статистическим методом	33
---	----

Научные заметки

<i>В. А. Скурнов, Л. Д. Соколов, А. П. Гладких.</i> О пластичности прайеодима . .	43
<i>А. Т. Паринюв.</i> К вопросу проектирования преднапряженных плит 21 из легкого бетона	45