

ՀԱՅԿԱԿԱՆ ՍՍՀ
ԳԻՏՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ԱԿԱԴԵՄԻԱՅԻ

ՏԵԴԵԿԱԳԻՐ
ИЗВЕСТИЯ

АКАДЕМИИ НАУК АРМЯНСКОЙ ССР

ՏԵԽՆԻԿԱԿԱՆ ԳԻՏՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ՍԵՐԻԱ
СЕРИЯ ТЕХНИЧЕСКИХ НАУК

ԽՄՐԱԳՐԱԿԱՆ ԿՈՒՆԳՐԱ

Աղանց Հ. Տ., Ալեխանյան Վ. Վ., Եղիազարյան Ի. Վ., Կասյան
Մ. Վ. (պատ. խմբագիր), Լազարյան Ա. Գ., Սիմոնով Մ. Զ.,
Փինաջյան Վ. Վ. (պատ. խմբագրի տեղակալ)

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Адонц Г. Т., Алексеевский В. В., Егиазаров И. В., Касьян
М. В. (ответ. редактор), Назаров А. Г., Пиниджян Б. В.
(зам. отв. редактора), Симонов М. З.

ПРИБОРОСТРОЕНИЕ

В. П. ДОЛГИН, М. Э. ФИШ, Ю. М. ХОДЖАЯНЦ

ОСНОВЫ РАСЧЕТА ЧАСТОТНО-ИМПУЛЬСНЫХ
 УСТРОЙСТВ ИНТЕГРАЛЬНОЙ ОЦЕНКИ НА ХИМОТРОННЫХ
 ИНТЕГРИРУЮЩИХ ТЕТРОДАХ

За последние годы устройства интегральной оценки (ХИО), построенные на основе использования специфических свойств химотронных интегрирующих тетродов (ХИТ), привлекают все большее внимание [1, 2]. Указанные устройства могут быть успешно применены в качестве счетчиков количеств, ампер-часов, вольт-часов, генераторов импульсов управляемой частоты следования, задатчиков временных интегралов и т. д. Реализованные по частотно-импульсному принципу, они отличаются схемной простотой, большой надежностью, высокой чувствительностью и малым потреблением [2]. В этих условиях возникает необходимость разработки методов расчета, которые позволили бы проектировать такие устройства для конкретных технических задач.

1. В оптимальной структурной схеме частотно-импульсного устройства интегральной оценки на базе ХИТ (ЧИУ) основными узлами являются собственно тетрод, входной (ВБ), пороговый (ПБ), командный (КБ) и запоминающий (ЗБ) блоки [1, 2, 3]. При данном тетроде характеристики и возможности устройства определяются, в основном, входным и пороговым блоками. Выбор схем этих блоков и параметров элементов, из которых они состоят, являются главными задачами расчета. Что касается запоминающего блока, то обычно это того или иного типа сумматор, позволяющий осуществить индикацию или электрический съем выходной информации ХИО [2].

На рис. 1 для примера приведена схема одного из типичных ЧИУ, разработанных авторами и успешно работавшего от первичного датчика с электрическим выходом в качестве счетчика количества в дозаторе сыпучей массы, а также задатчиком временных интервалов [2].

Входной блок схемы представляет собой транзисторный переключатель (транзисторы T_1 и T_2). Как показывают исследования, такое схемное решение ВБ в подавляющем большинстве случаев является оптимальным. Пороговый блок выполнен по типу триггера Шмитта [4] (транзисторы T_3 и T_4). Для удобства согласования выход ХИТ соединен с входом ПБ выбранного типа через делитель (резис-

торы R_1 и R_2), который одновременно обеспечивает питание выходной цепи тетрода стабилизированным напряжением. Такой способ согласования выхода ХИТ со входом триггера Шмитта позволяет также повысить стабильность последнего в режиме порогового блока*. Командный блок реализован в виде транзисторного ключа (транзистор

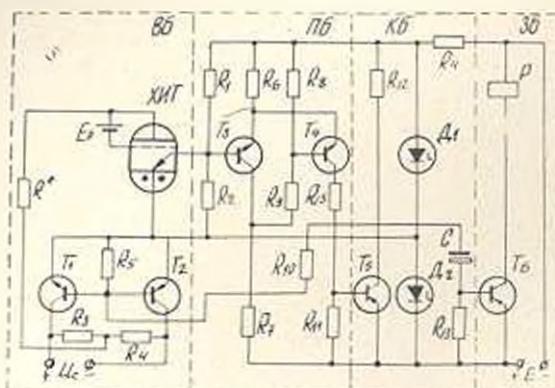


Рис. 1. Электрическая схема частотно-импульсного устройства.

T_5). Запоминающий блок — электромеханический импульсный счетчик, управляемый транзисторным ключом (транзистор T_6).

2. Выходной сигнал датчика первичной информации (напряжение U_c или ток I_c) преобразовывается блоком ВВ по входной ток I_b интегрируемый тетродом. Пороговый блок обеспечивает циклическую работу ХИТ, осуществляя фиксацию верхнего и нижнего пороговых значений его выходного сигнала. В общем случае это могут быть как соответствующие значения выходного тока тетрода (I_{x1} , I_{x2}), так и напряжения (U_{x1} , U_{x2}), подаваемого с выхода ХИТ на вход ПБ. Выходной сигнал ПБ преобразовывается блоком КБ в импульсы, посылаемые на вход ЗБ, и сигнал, управляющий работой ВВ. В итоге всякий раз при достижении выходным сигналом ХИТ соответствующих пороговых значений изменяется на противоположное направление ток I_b , а на выходе КБ формируются импульсы, поступающие на вход ЗБ**.

Показание импульсного счетчика в ЗБ прямо пропорционально интегралу входного сигнала U_c :

$$N = K K_{ВВ} K_{ПБ} K_{КБ} K_{ЗБ} \int U_c dt. \quad (1)$$

* В других случаях может оказаться целесообразным в качестве ПБ использовать схемы реле с самозахватом, на базе туннельных, химотронных диодов и т. д. [2].

** Количество электричества, проходящее через входную цепь тетрода за интервал между каждым переключением, равно $\Delta Q = K (I_{x1} - I_{x2}) = K \Delta I_c$, где K [сек] — чувствительность тетрода [2].

В формуле (1) $K_{ВБ}$; $K_{НБ}$; $K_{КБ}$; $K_{ЗБ}$ — коэффициенты передачи соответствующих блоков. Выражение (1) справедливо для систем данного типа независимо от конкретного схемного решения. Произведение $K_{КВБ}K_{ПБ}K_{КБ}K_{ЗБ}$ в общем случае может рассматриваться как коэффициент передачи ЧИУ в целом.

Помимо общих требований, предъявляемых к устройствам подобного рода (надежность, стабильность, простота схемы, экономичность и т. д.), специфичными для ЧИУ и определяющими их проектирование в подавляющем большинстве являются требования максимального коэффициента передачи устройства (максимальная чувствительность) и минимальных искажений выходного сигнала ХИТ при заданной точности работы ЧИУ. Проанализируем возможности реализации этих требований, используя в качестве основного выражение (1).

Входной блок осуществляет согласование выхода датчика со входом ХИТ, обеспечивая его работу от практического генератора тока. Необходимость работы ЧИУ в большинстве случаев от датчиков напряжения приводит к включению добавочного сопротивления последовательно во входную цепь ХИТ [3, 5].

Коэффициент передачи ВБ, выполненного по предложенной схеме (рис. 1), может быть записан в виде [1]:

$$K_{ВБ} = \frac{R_2 R_4}{R_3 [(R_c + R_3)(R_1 + R_4) + R_4 R_1] + R_4 [(R_c + R_4)(R_1 + R_3) + R_3 R_1]}$$

где $R_3 = R^* + r_x$; r_x — входное сопротивление ХИТ,

R_c — выходное сопротивление датчика.

Нетрудно видеть, что $K_{НБ}$ равен эквивалентной проходной проводимости ВБ.

Будучи функцией значений R_3 и R_4 , величина $K_{ВБ}$ достигает максимума при $R_3 = R_4 = \sqrt{R_c R_x}$. В этом случае коэффициент передачи входного блока рассчитывается по формуле:

$$K_{ВБ} = \frac{0,5}{(\sqrt{R_c} + \sqrt{R_x})^2 + R_x} \quad (2)$$

Заметим, что эти сопротивления имеют достаточно общий характер, так как другие модификации ВБ легко приводятся к рассматри-

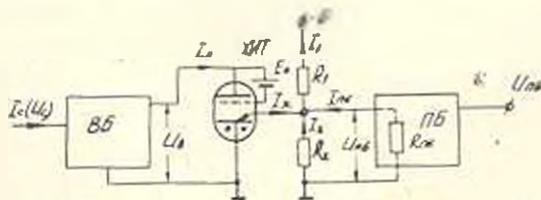


Рис. 2. Упрощенная схема частотно-импульсного устройства.

ваемой. В общем виде коэффициент передачи порогового блока можно выразить через эквивалентное сопротивление нагрузки выходной цепи ХИТ $R_{Н}$, входное сопротивление порогового блока $R_{ПБ}$ и диа-

пазон настройки ПБ по выходному напряжению тетрода $\Delta U_x = U_{x1} - U_{x2}$.

На рис. 2 в упрощенном виде представлена схема ЧИУ, аналогичная изображенной на рис. 1. Составив для нее систему уравнений

$$I_1 = I_x + I_2 + I_{ПБ}$$

$$E = I_1 R_1 + I_2 R_2$$

$$I_2 R_2 = I_1 R_1 = U_x$$

и решив ее относительно выходного напряжения ХИТ, получим:

$$U_x = \frac{E - I_x R_1}{(R_{П} + R_{ПБ}) R_1} R_{ПБ} R_{П} \quad (3)$$

где $R_{П} = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$.

Диапазон настройки ПБ по напряжению ΔU_x можно определить как разность напряжений верхнего и нижнего порогов срабатывания, полученных из формулы (3) после подстановки соответствующих выходных токов тетрода I_{x1} и I_{x2} :

$$\Delta U_x = \Delta I_x \frac{R_{ПБ} R_{П}}{R_{П} + R_{ПБ}} \quad (4)$$

Заметим, что выражение (4) для диапазона настройки по выходному напряжению остается неизменным и при включении входа ПБ параллельно резистору R_1 (рис. 1). Таким образом, коэффициент передачи ПБ с учетом зависимости (4) можно определить как [1]:

$$K_{ПБ} = \frac{R_{ПБ} R_{П}}{(R_{П} + R_{ПБ}) \Delta U_x} \quad (5)$$

Согласование входа ПБ с выходом ХИТ в рассматриваемом случае (рис. 1 и рис. 2) требует реализации соотношения $R_{П} \ll R_{ПБ}$. Выполнение этого неравенства обеспечивает стабильную работу триггера Шмитта, а также позволяет добиться минимального искажения выходного сигнала ХИТ.

Необходимо отметить, что использование ПБ, имеющих малое входное сопротивление (например, на базе туннельных диодов), позволяет производить фиксацию результата интегрирования непосредственно по выходному току ХИТ. Это иногда упрощает согласование выхода ХИТ со входом ПБ подобного типа. Коэффициент передачи ПБ в этом случае оказывается равным

$$K_{ПБ} = \frac{1}{\Delta I_x} \quad (6)$$

где $\Delta I_x = I_{x1} - I_{x2}$ — диапазон настройки ПБ по выходному току ХИТ. Нетрудно видеть, что это получается подстановкой (4) в (5). В большинстве случаев наиболее простое схемное решение ЧИУ в целом и блоков КБ и ЗБ получается при $K_{КБ} K_{ЗБ} = 0,5$. При таком схемном

решении один отсчет счетчика ЗБ происходит один раз за цикл интегрирования, т. е. один раз после того, как тетродом будет проинтегрировано количество электричества, равное $2 \frac{\Delta I_x}{K}$ [1, 3, 5]. Однако на практике произведение коэффициентов передач может быть больше или меньше 0,5. Когда за цикл интегрирования КБ формирует несколько импульсов, которые регистрируются затем запоминающим блоком, $K_{НБ} K_{ЗБ} > 0,5$, при формировании за несколько циклов одного импульса, регистрируемого с помощью ЗБ, $K_{НБ} \cdot K_{ЗБ} < 0,5$.

В приведенной на рис. 1 схеме КБ формирует за один цикл два импульса, один из которых отрицательной, а другой положительной полярности. Отрицательный импульс проходит и регистрируется счетчиком ЗБ, а положительный необходим для контроля исходного состояния счетчика и через ключ Т6 на счетчик не проходит. Поэтому для этой схемы $K_{КБ} K_{ЗБ} = 0,5$.

Уменьшение цепи одного отсчета, т. е. повышение чувствительности устройства при данном тетроде возможно путем соответствующего увеличения коэффициентов передач блоков ЧИУ. Из выражения (2) следует, что увеличения $K_{ВБ}$ можно достичь уменьшением величины R^* . К сожалению, величина R^* не может быть сделана очень малой так как именно R^* обеспечивает работу входной цепи ХИТ от практического генератора тока и необходим для задания номинального режима работы этой цепи. Другая возможность состоит в увеличении коэффициента передачи $K_{НБ}$, что в соответствии с (4) означает необходимость уменьшения диапазона настройки ПБ.

Выбор величины настройки ПБ следует производить с учетом допустимой погрешности интегрирования M , необходимости обеспечения заданной величины искажения γ выходного сигнала ХИТ и обеспечения надежного режима работы ПБ.

Величина погрешности M интегрирования тетрода может быть определена как [2, 5]:

$$M = \frac{E_0}{U_b} = \frac{E_0}{K_{ВБ} U_c R_x}, \quad (7)$$

где E_0 — концентрационная э.д.с. тетрода.

Сопоставляя (2) и (7) можно видеть, что требование повышения коэффициента передачи входного блока находится в противоречии со стремлением повысить точность интегрирования. Увеличение R_x ведет к снижению M , но уменьшает и $K_{ВБ}$. Из формулы (7) следует, что величина погрешности M будет максимальной при минимальном выходном сигнале датчика $U_{c \text{ min}}$. Поэтому максимально допустимая величина концентрационной э.д.с. должна удовлетворять условию:

$$E_{0 \text{ max}} \leq U_{c \text{ min}} K_{ВБ} R_x M. \quad (8)$$

По найденной таким образом величине $E_{0 \text{ max}}$ можно, с учетом параметров тетрода, определить максимально допустимый диапазон настройки [1, 2].

Циклично-импульсный режим работы ЧИУ определяет возникновение искажений выходного сигнала тетрода. При смене состояний ПБ в моменты достижения выходным сигналом ХИТ пороговых значений изменяется его входное сопротивление $R_{ПБ}$ и это приводит к скачкообразному изменению величины выходного напряжения тетрода U_x . На рис. 3 приведена временная диаграмма работы выходной цепи тетрода, которая содержит графики изменения выходного тока $I_x(t)$ и выходного напряжения $U_x(t)$ тетрода при совместной работе ХИТ с ПБ. На графике $U_x(t)$ сплошной линией показано изменение выходного напряжения ХИТ для случая, когда входное сопротивление ПБ, включенного по схеме рис. 2, скачком уменьшается в момент достижения выходным током тетрода значения I_{x2} и увеличивается при достижении выходным током тетрода значения I_{x1} (например, ПБ типа триггера Шмитта). Пунктирной линией изображено изменение выходного напряжения ХИТ при включении входа ПБ такого же типа параллельно резистору R_1 (рис. 1). Пунктирный график справедлив и для случая

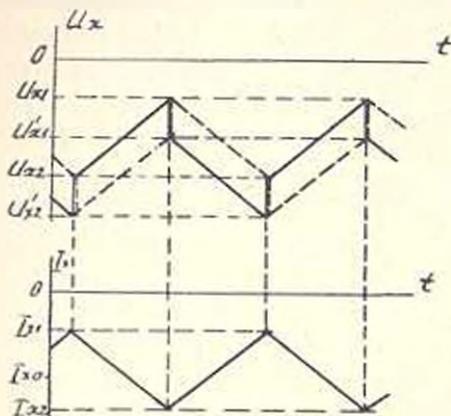


Рис. 3. Временная диаграмма работы выходной цепи тетрода.

включения параллельно R_2 (рис. 2) входа ПБ, входное сопротивление которого уменьшается при достижении верхнего порога (I_{x1}) и увеличивается при достижении нижнего порога (I_{x2}) настройки ПБ (например, ПБ на туннельном диоде) [2]. Величина относительной ошибки γ , учитывающей искажение выходного напряжения U_x , может быть выражена как отношение приращения напряжения (за счет изменения входного сопротивления ПБ до значения $R_{ПБ}$) к выходному напряжению:

$$\gamma = \frac{U_x - U_x'}{U_x}. \quad (9)$$

Подставив в выражение (9) значения U_x и U_x' , полученные на основании формулы (3), после преобразований находим:

$$\gamma = \frac{R_1 R_2 (R_{ПБ} - R_{ПБ}')}{[R_2 (R_1 + R_{ПБ}') + R_1 R_{ПБ}] R_{ПБ}}$$

Иногда возникает необходимость обеспечить возможность считывания или регистрации текущего значения интеграла. В этих случаях величина относительной ошибки задается $\gamma_{инт}$, и необходимо, чтобы

$$\gamma_{инт} > \frac{R_1 R_2 (R_{ПБ} - R_{ПБ}')}{[R_2 (R_1 + R_{ПБ}') + R_1 R_{ПБ}] R_{ПБ}} \quad (10)$$

Это неравенство позволяет осуществить выбор эквивалентного сопротивления нагрузки выходной цепи тетрода R_H , исходя из величины допустимых искажений $\gamma_{заг.}$. Оказывается, что для обеспечения заданного качества выходного сигнала ХИТ необходимо выполнение неравенства $R_H \leq \gamma_{заг.} R_{ПБ}$. Это получается из формулы (10) после ряда упрощений. В тех случаях, когда величина γ не задана и не имеет решающего значения, при выполнении условий согласования выхода ХИТ со входом ПБ для обеспечения стабильной работы необходимо выполнить условие $U_{x2} > U_{x1}$ (рис. 3). Раскрытие этого неравенства необходимо производить с учетом номинального режима работы выходной цепи ХИТ*: минимальная величина выходного напряжения ХИТ не должна быть меньше 0,3 в, а максимальная — не более 0,9 в. Исходя из этого, $U_{x1} \geq 0,3$ в; $U_{x2} \leq 0,9$ в, а $U_{x1} \leq 0,9(1 + \gamma)^{-1}$ в. Учет этих соотношений позволяет получить максимально допустимую величину коэффициента $\gamma < 0,7$. Раскрытие неравенства $U_{x2} > U_{x1}$ с использованием соотношения (3) дает возможность получить выражение для минимально допустимого диапазона настройки ПБ по выходному току ХИТ, при котором не нарушается надежная работа ПБ:

$$\Delta I_x > \left[1 - \frac{(R_{ПБ} - R_H) R_{ПБ}}{(R_{ПБ} + R_H) R_{ПБ}} \right] \frac{E - I_{x2} R_T}{R_0} \quad (11)$$

Исходя из полученных зависимостей представляется возможным произвести расчет устройства интегральной оценки на основании данных технического задания. Изложенный в статье подход был использован авторами при разработке интегральных устройств различного назначения [2, 3]. Удобство и вполне удовлетворительная для инженерной практики точность полностью подтвердились.

Поступило 2.IV.1968.

д. т. чини, в. л. збс, зор. в. юнгузавс

ՔԻՄԱՏՐՈՆԵ ՏԵՏՐՈՒԳԵՆԻՐՈՎ ԻՆՏԵԳՐԱԼ ԳՆԱՀԱՏՈՒՄԸ ԻՄՊՈՒԼՍՈՒ-ՀԱՆԱԽԱՆԱԿՈՒՆԱՅԻՆ ԱՍՐԳԵՐԻ ՀԱՇՎԱՐԱԿՄԱՆ ՀԻՄՈՒՆԵՐԻՐԸ

Ա մ փ ո փ ո մ

Քիմատրոնն ինտեգրող տետրոդների սուրյն հատկությունների օգտագործման հիման վրա իրականացված ինտեգրալ գնահատման իմպուլսա-հաճախականային սարքերը եմանատիպ ալլ սարքերի նկատմամբ օժտված են մի շարք առավելություններով: Հողվածում բնդհանրացված են այդ սարքերի հաշվարկման եղանակներն ու տրված են գործնական բանաձևեր:

* Условие $0,3$ в $U_{x1} < 0,9$ в определяется необходимостью обеспечения работы выходной цепи ХИТ в режиме предельного диффузионного тока в водном растворе $KJ - J_2$ [2].

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Долгин В. П. Некоторые вопросы проектирования устройств интегральной оценки на хматронных тетрадах. Сб. „Приборостроение“, „Техника“, Киев, 1968.
2. Фиш М. Л. Хматронные приборы в автоматике. „Техника“, Киев, 1967.
3. Фиш М. Л., Долгин В. П. Устройства интегрирования на хматронных тетрадах Сб. „Приборостроение“, № 2, Киев, 1966.
4. Степаненко И. П. Основы теории транзисторов и транзисторных схем. Госэнергоиздат, М., Л., 1963.
5. Фиш М. Л., Богомаз А. С. Интегрирующий тетрад. „Автоматика и приборостроение“, ГОСИНТИ УССР, № 2, Киев, 1965.

$$\left. \begin{aligned} C_n \delta^n &\leq a_1 |a_0| \\ C_n \delta^n &\leq a_2 |a_0| \\ \dots &\dots \\ C_n \delta^n &\leq a_n |a_0| \end{aligned} \right\} \quad (6)$$

Отсюда непосредственно следует (4). Равенство имеет место при всех кратных корнях.

Поскольку рассматриваются только устойчивые системы, то действительные части всех корней имеют одинаковые (отрицательные) знаки. При этом корни могут быть действительными и комплексно-сопряженными, так как коэффициенты уравнения (1) вещественные.

Обозначая сопряженные корни с черточкой легко показать, что

$$\begin{aligned} \text{а) } p_k + \bar{p}_k &= 2 \operatorname{Re}(p_k); \\ \text{б) } p_k \cdot \bar{p}_k &= |p_k|^2 \geq r_k^2. \end{aligned} \quad (7)$$

Справедливость соотношений (4) очевидна для уравнения первого порядка и легко доказывается относительно уравнений второго и третьего порядков. Покажем справедливость (4) для уравнения четвертого порядка. Не теряя общности доказательства можно предполагать, что все корни полинома комплексные, следовательно, при $n=4$ система (2) примет вид:

$$\begin{aligned} p_1 + \bar{p}_1 + p_2 + \bar{p}_2 &= -a_1/a_0 \\ p_1 \bar{p}_1 + p_1 p_2 + \bar{p}_1 \bar{p}_2 + p_1 \bar{p}_2 + \bar{p}_1 p_2 + p_2 \bar{p}_1 &= a_2/a_0 \\ p_1 \bar{p}_1 p_2 + p_1 p_1 \bar{p}_2 + p_1 \bar{p}_2 p_2 + p_1 p_2 \bar{p}_2 &= -a_3/a_0 \\ p_1 \bar{p}_1 \cdot p_2 \bar{p}_2 &= a_4/a_0. \end{aligned} \quad (8)$$

Используя свойства комплексных чисел, систему уравнений (8) можно представить в виде:

$$\begin{aligned} (p_1 + \bar{p}_1) + (p_2 + \bar{p}_2) &= -a_1/a_0 \\ p_1 \bar{p}_1 + p_2 \bar{p}_2 + (p_1 + \bar{p}_1)(p_2 + \bar{p}_2) &= a_2/a_0 \\ p_1 \bar{p}_1 (p_2 + \bar{p}_2) + p_2 \bar{p}_2 (p_1 + \bar{p}_1) &= -a_3/a_0 \\ p_1 \bar{p}_1 \cdot p_2 \bar{p}_2 &= a_4/a_0. \end{aligned} \quad (9)$$

Учитывая (7), заменяя модули всех корней полинома через δ и используя вещественность коэффициентов полинома и отрицательность действительных частей его корней, из системы (9) получаем систему неравенств (6):

Нижнюю границу наиболее удаленного от мнимой оси корня определим при помощи следующего неравенства:

$$M = \max_k |p_k| \geq \max_k \left| \frac{a_k}{a_0 C_n^k} \right|^{1/k}, \quad k = 1, 2, \dots, n. \quad (10)$$

Систему (2) можно преобразовать в систему неравенств:

$$\begin{aligned} |p_1| + \dots + |p_n| &\geq + \left| -\frac{a_1}{a_0} \right| \\ \dots &\dots \\ |p_1| \cdot |p_2| \cdot \dots \cdot |p_n| &\geq |(-1)^n| \frac{a_n}{a_0^n}. \end{aligned} \quad (11)$$

Отсюда

$$\left. \begin{aligned} C_n^1 M &> \left| -\frac{a_1}{a_0} \right| \\ C_n^2 M^2 &> \left| \frac{a_2}{a_0} \right| \\ &\dots \\ C_n^n M^n &> \left| (-1)^n \frac{a_n}{a_0} \right| \end{aligned} \right\} \quad (12)$$

Из системы неравенств (12) непосредственно вытекает неравенство (10). Заметим, что результат (10) имеет место не только для устойчивых систем, но и для общего случая.

Если наиболее удаленный от мнимой оси корень — действительный, то из (3) и (10) можем определить его границы:

$$\max_k \left| \frac{a_k}{a_n C_n^k} \right|^{1/k} < \Delta < n D_n, \quad k = 1, 2, \dots, n. \quad (13)$$

Перейдем к определению нижней границы степени устойчивости. Докажем, что если ближайший к мнимой оси корень действительный, то степень устойчивости системы больше значения a_n/a_{n-1} .

Произведем подстановку

$$p = \frac{1}{Z}. \quad (14)$$

тогда уравнение (1) примет вид:

$$a_n Z^n + a_{n-1} Z^{n-1} + \dots + a_0 = 0. \quad (15)$$

Легко показать, что все корни уравнения (15) имеют отрицательные действительные части. По условию p_1 действительный, следовательно, z_1 тоже будет действительным, при этом он является наиболее удаленным от мнимой оси корнем уравнения (15). По аналогии (13) можно записать: $|z_1| < \frac{a_{n-1}}{a_n}$.

Но так как $\delta = |p_1| = \frac{1}{|z_1|}$, то

$$\delta > \frac{a_n}{a_{n-1}}. \quad (16)$$

Таким образом, степень устойчивости рассматриваемых систем можно оценивать интервалом:

$$\frac{a_n}{a_{n-1}} < \delta \min_k \left(\frac{a_k}{a_0 C_n^k} \right)^{1/k}, \quad (17)$$

где нижний предел справедлив, если ближайший к мнимой оси корень действительный. Величина δ может служить для приближенной оценки скорости затухания переходного процесса, поскольку составляющая этого процесса, отвечающая наиболее близкому к мнимой оси корню, затухает медленнее других. Время регулирования [1]:

$$T \approx \frac{\ln m}{\delta} \quad (18)$$

где m — кратность уменьшения отклонения регулируемой величины за время регулирования.

Из (17) и (18) следует, что

$$D_0 \ln m < T < \frac{a_{n-1}}{a_n} \ln m, \quad (19)$$

где верхний предел справедлив, если ближайший к мнимой оси корень действительный.

Определим границы коэффициента затухания. Докажем, что если система устойчива, то ее коэффициент затухания не превосходит величины D_0/Ω_0 .

Рассмотрим выражение:

$$|p_1 \cdot p_2 \cdots p_n| = \frac{a_n}{a_0} = \Omega_0^2$$

или

$$\frac{r_1 \cdot r_2 \cdots r_n}{\cos \varphi_1 \cdot \cos \varphi_2 \cdots \cos \varphi_n} = \Omega_0^2,$$

где φ_k ($k = 1, 2, \dots, n$) — аргументы корней.

Это равенство можно привести к следующим неравенствам, заменяя φ_k через φ , и, имея в виду, что $\varphi = \max(\varphi_1, \varphi_2, \dots, \varphi_n)$:

$$\frac{r_1 \cdot r_2 \cdots r_n}{\cos^n \varphi} > \Omega_0^2. \quad (20)$$

Поскольку $r_1 + r_2 + \dots + r_n = nD_0 = \text{const}$, то их произведение получается наибольшим при равенстве всех сомножителей.

Поэтому неравенство (20) можно усиливать следующим образом:

$$\frac{D_0^n}{\cos^n \varphi} > \Omega_0^n.$$

Откуда

$$\cos \varphi \leq D_0/\Omega_0, \quad (21)$$

где равенство имеет место при всех кратных комплексных корнях.

Нижнюю границу коэффициента затухания определим с помощью круга, внутри которого расположены все корни уравнения (1). Величина радиуса R этого круга определяется формулой [2]:

$$R = 1 + \frac{A}{a_1}, \quad (22)$$

где $A = \max(a_1, a_2, \dots, a_n)$.

Из (16) и (22) следует, что

$$\cos \varphi > \frac{a_n}{a_{n-1} R}.$$

Таким образом, коэффициент затухания можно грубо оценивать интервалом:

$$\frac{a_*}{a_{n-1} R} < \cos \varphi \leq \frac{D_0}{Q_0}, \quad (23)$$

где нижний предел справедлив, если ближайший к мнимой оси корень действительный.

В заключение отметим, что коэффициенты характеристического уравнения имеют различные веса по влиянию на качество переходного процесса. Границы показателей указывают пути повышения устойчивости и быстродействия систем регулирования.

АриНИИЭ

Поступило 27.VI.1967

Գ. Ն. ՄԵԼՔՈՒՄՅԱՆ

ԱՆՅՈՂԻԿ ՊՐՈՑԵՍԻ ՈՐԱԿԻ ՑՈՒՑԱՆԻՇՆԵՐԻ ՈԱՀՄԱՆՆԵՐԻ ՎԵՐԱՐՆԵՐՅԱԼ

Ա. մ. փ. ո. փ. ո. լ. մ.

Կարգավորման սխեմանի բնութագրիչ հավասարման գործակիցների միջոցով անցողիկ պրոցեսի ցուցանիշների ճշգրիտ որոշելը բավականաչափ դժվար է և առանց զգալի հաշվումների դրանց արժեքների կոսլիտ ղնահատումը որոշակի գործնական հետաքրքրություն է ներկայացնում:

Հողվածում բերված է անցողիկ պրոցեսի որակի ցուցանիշների (կարգավորման ժամանակի, կայունության աստիճանի, մարման գործակցի) ստորին ու վերին սահմանների որոշման եղանակ՝ ելնելով բնութագրիչ հավասարման գործակիցների հայտնի մեծություններից: Անցողիկ պրոցեսի որակի ղնահատականը տրվում է արմատների բաշխման մեթոդով:

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Иващенко Н. Н. Автоматическое регулирование. Машгиз, 1962.
2. Демидович Б. П. и Марон Н. А. Основы вычислительной математики. Физматгиз, 1963.

ЭНЕРГЕТИКА

Г. А. АЙРАПЕТЯН, А. Н. МУСАЕЛЯН

НЕКОТОРЫЕ ВОПРОСЫ РЕГУЛИРОВАНИЯ ВОЗБУЖДЕНИЯ
 СИНХРОННЫХ ГЕНЕРАТОРОВ

В статье рассматривается вопрос математического моделирования и изучения поведения синхронных генераторов, регулирование возбуждения которых фактически осуществляется по трем параметрам: току статора, отклонению напряжения на шинах и частоте в системе. Однако частота в рассматриваемом типе регулятора не является независимым параметром регулирования. Для осуществления независимой коррекции регулирования по частоте необходимо снабдить регулятор измерительным частотным органом. Целью проводимых исследований является выявление передаточной функции частотного органа регулирования, обеспечивающей оптимальные для энергосистемы законы регулирования возбуждения отдельных генераторов. В аварийных режимах, связанных со снижением частоты, такой закон регулирования обеспечит снижение дефицита мощности. В работе, которая является первым этапом указанных исследований, составлены алгоритм и программа расчета режима регулирования, в которой частота рассматривается как зависимый параметр. В качестве исходной информации принимаются параметры синхронного генератора, возбудителя, а также автоматического регулятора возбуждения (в данном случае параметры схемы компаундирования с электромагнитным корректором напряжения). Требуется определить в каждом промежуточном режиме процесса снижения частоты напряжение на шинах генератора U шин, э.д.с. возбуждения E_f и э.д.с. за синхронным сопротивлением E_d в зависимости от выдаваемой им активной и реактивной мощности.

Сравнительно длительное время протекания процессов снижения частоты вследствие больших постоянных времени машины (порядка 10—15 сек) позволяет в каждом промежуточном режиме не учитывать электромагнитные переходные процессы в контурах генератора и динамические процессы в системе регулирования. Это дает возможность при исследовании указанных процессов пользоваться параметрами установившегося режима генератора при различных дискретных значениях частоты, тока статора и коэффициента мощности.

В рассматриваемом случае закон регулирования может быть записан в виде следующих двух уравнений:

$$\dot{i}_n = k_1 I + k_2 U_n + k_3; \quad (1)$$

$$\dot{E}_n = [i_{\text{корр.к}} - a_{\text{кор.к}} (U_n - U)] \cdot \frac{1}{T_n}. \quad (2)$$

Здесь I — ток статора; U — напряжение шин; U_n — номинальное напряжение генератора; f^* — частота в относительных единицах; U_a — напряжение возбудителя, равное напряжению на кольцах ротора; i_a — ток возбуждения от цепей компаундирования и самовозбуждения; i_s — ток возбуждения возбудителя от цепи корректора напряжения; $k_1, k_2, k_3, a_{кор}, i_{корrx}$ — постоянные, зависящие от параметров системы регулирования и возбуждения.

Токи i_a и i_s в сумме дают полный ток возбуждения возбудителя, т. е.

$$i_a = i_s + i_a. \quad (3)$$

Нагрузочная характеристика возбудителя $U_a = \Phi(i_a)$ аппроксимируется уравнением вида

$$U_a = \left(\frac{a i_a}{b + i_a} + c i_a \right) f^*. \quad (4)$$

где a, b и c — постоянные, выбранные таким образом, чтобы уравнение наилучшим образом совпало с заданной кривой намагничивания возбудителя [1].

Ток ротора i_p и э.д.с. возбуждения E_f генератора пропорциональны напряжению возбудителя и определяются по формулам:

$$i_p = \frac{U_a}{r_p}; \quad (5)$$

$$E_f = \frac{k_f}{i_{p0}} f^* U_a. \quad (6)$$

где r_p — сопротивление обмотки ротора, i_{p0} — ток ротора при холостом ходе и номинальном напряжении генератора по спрямленной в начальной части характеристике холостого хода (х.х.х.).

Переход от э.д.с. E_f к синхронной э.д.с. E_d связан с учетом насыщения синхронной машины. Принимается обычное допущение, что насыщение является функцией потока воздушного зазора или пропорциональной ей по величине э.д.с. E_d .

Как видно из векторной диаграммы¹ (рис. 1), э.д.с. E_d получается вычитанием от э.д.с. E_f поправки на насыщение — вектора $\Delta E_{нас}$, совпадающего по фазе с $\dot{E}_d = U + j X_s \dot{I}$, где X_s — индуктивное сопротивление рассеяния генератора. Вычитание $\Delta E_{нас}$, совпадающей по фазе с E_f , а не с \dot{E}_d , дает очень маленькую ошибку в э.д.с. E_d [1]. В этом случае справедливо равенство

$$E_d = E_f - \Delta E_{нас}. \quad (7)$$

E_q определяется с помощью той же векторной диаграммы по формуле

¹ Рассматривается невынужденный синхронный генератор

$$E_2 = \sqrt{\left(\frac{U}{f^*}\right)^2 + 2\sqrt{3} X_s \frac{U}{f^*} I \sin \varphi + (\sqrt{3} X_s I)^2}. \quad (8)$$

Значение $\Delta E_{нас}$ в функции от E_2 находится по характеристике холостого хода следующим образом (рис. 2). Предварительно х.х.х. генератора методом кусочно-линейной аппроксимации изменяется отрезками прямых вида

$$E = (\alpha_{kl} i_p + \beta_{kl}) U_n,$$

где α_{kl} и β_{kl} — коэффициенты уравнения прямой на участке kl , ограниченном ординатами E_k и E_l . Для ординаты E_2 по аппроксимированной х.х.х. определяется i_{p2} , а по спрямленной характеристике

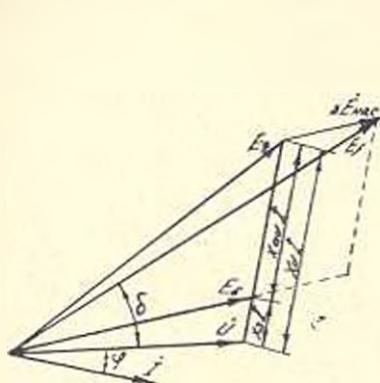


Рис. 1. Векторная диаграмма напряжений неэвмпольного синхронного генератора.

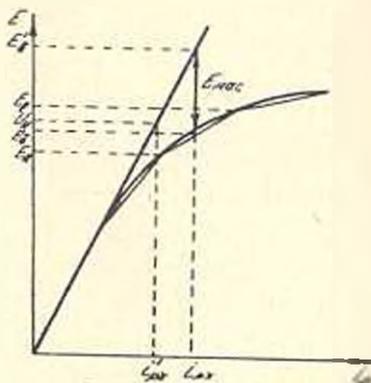


Рис. 2. Графическое построение для определения составляющей э.д.с., обусловленной насыщением.

$$E = \frac{i_p}{i_{pX}} U_n \quad (9)$$

находится соответствующая ей э.д.с., равная по величине

$$E_2 = E_1 + \Delta E_{нас}. \quad (10)$$

Совместное решение уравнений (9) и (10) дает формулу для определения

$$\Delta E_{нас} = \left(\frac{E_2 - \beta_{kl}}{\alpha_{kl} i_{pX}} - E_1 \right) f^*. \quad (11)$$

Это уравнение также составлено с учетом изменения частоты.

Уравнение связи генератора с энергосистемой, очевидное из векторной диаграммы (рис. 1)

$$U = \left| \sqrt{\left(\frac{E_2}{f^*}\right)^2 - (\sqrt{3} X_d I \cos \varphi)^2} - \sqrt{3} X_d I \sin \varphi \right| f^*. \quad (12)$$

Здесь X_d — ненасыщенное значение синхронной реактивности генератора.

Система уравнений (1)–(12) решается итеративным методом на ЭЦВМ. Произведены расчеты для различных турбо-и-гидрогенераторов с указанным типом регулятора, с помощью которых получены

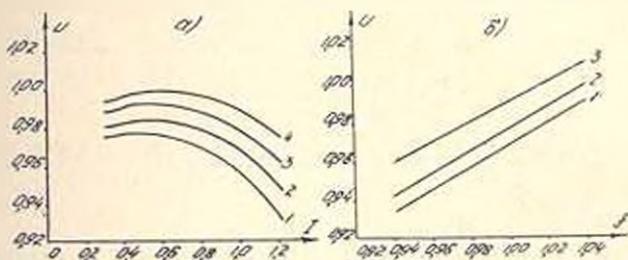


Рис. 3. Характеристики турбогенератора типа Т2–25–2, снабженного регулятором пропорционального типа: а) $U(I)$ при $\cos \varphi = 0,8$ и различных частотах. 1— $f=0,96$; 2— $f=0,98$; 3— $f=1,00$; 4— $f=1,02$. б) $U(I)$ при $I=1,0$ и различных коэффициентах мощности. 1— $\cos \varphi=0,7$; 2— $\cos \varphi=0,8$; 3— $\cos \varphi=0,9$.

семейства кривых зависимости $U_{\text{ном}}$, E_f и E_q от частоты и нагрузки генераторов при различных $\cos \varphi$. Переменные параметры варьировались в пределах, возможных в условиях реальной эксплуатации. На рис. 3 приводятся некоторые из указанных характеристик турбогенератора мощностью 31250 ква. Параметры режима даны в относительных единицах.

АрмНИИЭ

Поступило 20.VI.1968.

Գ. Ա. ՀԱՏԲԱՅԵՏՅԱՆ, Ա. Ն. ՄՈՒՍԱԶԻԶՅԱՆ

ՍԻՆԽՐՈՆ ԳՆՆԵՐԱՏՈՐՆԵՐԻ ԳՐԿՈՄԱՆ ԿԱՐԳԱՎՈՐՄԱՆ ՈՐՈՇ ՀԱՐՑԵՐ

Ա. Մ Փ Ո Փ Ո Ւ Մ

Ասթեմատիկական մոդելացման հիման վրա ուսումնասիրված է սինխրոն գններատորների վարքը, Էրբ նրանց զրգոման կարգավորումը կատարվում է Լրեր պարամետրերով՝ ստատորի հոսանքով, զոդերին կիրառված լարումով և սխտեմի հաճախականությամբ:

Քանի որ այդ մեքենաներն ունեն ժամանակի հաստատունի մեծ արժեքներ (10–15 վրկ) և հաճախականության ցածրացման պրոցեսը նրանց մեջ համեմատաբար երկար է տևում, ապա յուրաքանչյուր միջակա ռեժիմում կարելի է հաշվի չառնել ինչպես էլեկտրամագնիսական անցողիկ պրոցեսները, դնեերատորի կոնտուրներում, այնպես և դինամիկ պրոցեսները կարգավորման սխտեմում: Դա հնարավորություն է բնձնոնում օգտվել գններատորի կայունացված ռեժիմի պարամետրերից՝ հաճախականության, ստատորի հոսանքի և հզորության դորմակցի տարբեր դիսկրետ արժեքների դեպքում:

Կազմված է կարգավորման ռեժիմի հաշվարկման սխեման ու ալգորիթմը, ըստ որում՝ հաճախականությունը դիտվում է որպես կախյալ պարամետր: Խնդիրը լուծվում է էԲՀՄ-ի վրա խտերացիոն մեթոդով:

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Кижбарк Э. Синхронные машины и устойчивость электрических систем. Госэнергиздат, 1960.

МАШИНОСТРОЕНИЕ

Т. А. НАЛЧАДЖЯН

СТАТИСТИЧЕСКАЯ ОПТИМИЗАЦИЯ АВТОМАТИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Существующие методы изучения поведения автоматических систем при случайных параметрах позволяют определить поведение систем при заранее заданных определенных номиналах и программ управления, которые являются исходными и не подлежат изменению.

Недавно был предложен метод повышения эффективности случайных процессов при помощи оптимального изменения настроек и программы [1]. Этот метод основывается на использовании вероятностных характеристик параметров процесса и элементов автоматических систем.

Одним из основных методов повышения точности и тем самым повышения эффективности работы систем является метод уменьшения дисперсий, который связан с конструктивными изменениями. А установка той или другой настройки обычно не связана с конструкцией. Идею метода статистической оптимизации можно пояснить на следующем примере. Пусть имеется определенное количество деталей, изготовленных на каком-нибудь автоматическом станке. Предположим, что в результате статистического исследования был определен закон распределения отклонений размеров деталей от заданного номинального значения диаметра d , и этот закон нормален с среднеквадратическим отклонением σ

$$f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi} \sigma} e^{-\frac{(x-d)^2}{2\sigma^2}} \quad (1)$$

На рис. 1а приведена кривая распределения вероятностей (1) и пределы допусков $a_{1,1}$ и $a_{2,1}$. Детали, размеры (случайные величины) которых попадают в I область, считаются годными, а в области II и III — негодными. В более общем случае принимаем, что имеется несимметричное поле допусков

$$d - a_{1,1} \leq x \leq d + a_{2,1} \quad (2)$$

Для удобства рассуждения пользуемся центрированными, относительными случайными величинами (относительно среднеквадратической

ошибке σ , например, $x = \frac{x_{\text{зад}}}{d}$, $a_1 = \frac{a_{1, \text{зад}}}{d}$ и т. д.). Тогда нормальный закон и поле допусков примут вид:

$$f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} e^{-\frac{x^2}{2\sigma^2}} \quad (1')$$

$$a_1 < x < a_2 \quad (2')$$

Известно, что вероятности попадания случайного диаметра в I, II и III области соответственно равны:

$$P_1 = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} \int_{a_1}^{a_2} e^{-\frac{x^2}{2\sigma^2}} dx; \quad P_2 = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} \int_{-\infty}^{a_1} e^{-\frac{x^2}{2\sigma^2}} dx;$$

$$P_3 = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} \int_{a_2}^{\infty} e^{-\frac{x^2}{2\sigma^2}} dx. \quad (3)$$

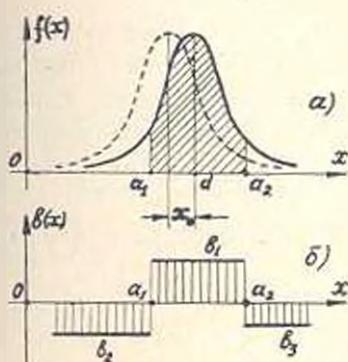


Рис. 1.

Следуя [1] в качестве критерия оптимизации принимаем максимизацию разностей „желательных“ и „нежелательных“ вероятностей, т. е. максимум выражения

$$P_1 - P_2 - P_3. \quad (4)$$

Обозначая разность вероятностей (4) через ΔP , получим

$$\Delta P = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} \left[\int_{a_1}^{a_2} e^{-\frac{x^2}{2\sigma^2}} dx - \int_{-\infty}^{a_1} e^{-\frac{x^2}{2\sigma^2}} dx - \int_{a_2}^{\infty} e^{-\frac{x^2}{2\sigma^2}} dx \right]. \quad (5)$$

Смещая центр распределения на некоторую величину x_0 (рис. 1а), получим следующее выражение для ΔP

$$\Delta P(x_0) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} \left[\int_{a_1}^{a_2} e^{-\frac{(x+x_0)^2}{2\sigma^2}} dx - \int_{-\infty}^{a_1} e^{-\frac{(x+x_0)^2}{2\sigma^2}} dx - \int_{a_2}^{\infty} e^{-\frac{(x+x_0)^2}{2\sigma^2}} dx \right]. \quad (6)$$

Обычно разные сорта выпускаемой продукции имеют разные стоимости, причем относительные стоимости годных и забракованных деталей могут сильно отличаться друг от друга. Принимаем, что стоимость единицы годной продукции равна b_1 , а негодной продукции — b_2 и b_3 , причем последние могут быть и отрицательными. Принятое дискретное поле стоимостей приведено на рис. 1б. Считаем, что b_1 , b_2 и b_3 постоянные и отнесены к σ . Умножая отдельные вероятности на соответствующие „стоимости“, получим:

$$J(x_0) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} \left[b_1 \int_{a_1+x_0}^{a_2+x_0} e^{-\frac{x^2}{2\sigma^2}} dx - b_2 \int_{-\infty}^{a_1+x_0} e^{-\frac{x^2}{2\sigma^2}} dx - b_3 \int_{a_2+x_0}^{\infty} e^{-\frac{x^2}{2\sigma^2}} dx \right]. \quad (7)$$

Величина $J(x_0)$ достигает своего экстремального значения, когда

$$b_1 \int_{a_1}^{a_2} (x+x_0) e^{-\frac{(x+x_0)^2}{2}} dx = b_2 \int_{-\infty}^{a_1} (x+x_0) e^{-\frac{(x+x_0)^2}{2}} dx + \\ + b_3 \int_{a_2}^{\infty} (x+x_0) e^{-\frac{(x+x_0)^2}{2}} dx. \quad (8)$$

После интегрирования и преобразований получим

$$x_0 = \frac{1}{a_1 - a_2} \ln \frac{b_1 + b_2}{b_1 + b_3} - \frac{a_1 - a_2}{2}. \quad (9)$$

Откуда при заданных значениях a_1 , a_2 , b_1 , b_2 и b_3 можно определить ту величину смещения x_0 , при которой $I(x_0)$ достигает экстремума. Обычно по технологическим соображениям сразу можно определить характер экстремума (максимум или минимум), но при необходимости можно провести исследования известными методами математического анализа.

В частном случае, когда все полосы допусков равноценны, т. е. когда $b_1 = b_2 = b_3$, получим

$$x_0 = -\frac{a_1 + a_2}{2},$$

что означает симметричность выбора установки номинала в поле допусков. А если одновременно имеется симметричное поле допусков, т. е. $|a_1| = |a_2| = |a|$, получается $x_0 = 0$. В другом частном случае, когда имеется некоторое дискретное поле стоимостей b_1, b_2, b_3 , но симметричное поле допусков получается

$$x_0 = -\frac{1}{2a} \ln \frac{b_1 - b_2}{b_1 + b_3}.$$

При нормальном распределении значение x_0 обычно лежит в пределах $-3 < x_0 < 3$. Значения x_0 , выходящие за эти пределы, представляют лишь теоретический интерес и при решении практических задач их можно не принимать во внимание.

Если случайная величина x распределена не по нормальному, а по любому другому модальному закону $f(x)$, то получим:

$$\sum_{i=1}^n b_i \int_{a_i}^{a_{i+1}} \frac{df(x+x_0)}{dx_0} dx = \sum_{i=1}^n b_i \int_{a_i}^{a_{i+1}} \frac{df(x+x_0)}{dx_0} dx. \quad (10)$$

Теперь вместо ступенчатой функции стоимости b_i рассмотрим любую непрерывную (в определенных пределах) функцию $b(x)$. Такую функцию можно, например, получить из дискретных b_i способом наименьших квадратов. Тогда оптимальное значение номинальной настройки, согласно [1], можно определить, исследуя максимум выражения

$$\varphi(x_0) = \int_{a_1}^{a_2} b(x) \cdot f(x+x_0) dx, \quad (11)$$

где $f(x)$ — плотность распределения вероятностей. Значение x_0 при этом определяется из условия

$$\int_{a_1}^{a_2} b(x) \frac{\partial f(x+x_0)}{\partial x_0} dx = 0, \quad (12)$$

если известны a_1 , a_2 и функции $b(x)$ и $f(x)$.

При нормальном законе распределения условие (12) принимает вид:

$$\int_{a_1}^{a_2} b(x) \cdot (x+x_0) e^{-\frac{(x+x_0)^2}{2}} dx = 0. \quad (13)$$

Рассмотрим более сложный случай, когда функция $b(x)$ зависит от некоторого параметра, например, от времени t , т. е. имеется $b(x, t)$. Такая функция может учесть изменения во времени ширины областей, стоимости каждого элемента области и т. д. Тогда величина смещения x_0 также будет функцией времени $x_0(t)$. При этом необходимо исследовать выражение

$$\varphi[x_0(t)] = \int_{a_1}^{a_2} b(x, t) \cdot f[x+x_0(t)] dx \quad (14)$$

в интервале времени от t_1 до t_2 . Здесь функция $x_0(t)$ — искомая оптимальная программа изменения настройки во времени, обеспечивающая экстремальную эффективность исследуемого процесса в принятом нами выше смысле. Максимизация эффективности достигается тогда, когда достигает максимума следующий функционал:

$$I[x_0(t)] = \int_{t_1}^{t_2} \varphi[x_0(t)] dt. \quad (15)$$

Подставляя (14) в (15), получим:

$$I[x_0(t)] = \int_{t_1}^{t_2} \int_{a_1}^{a_2} b(x, t) \cdot f[x+x_0(t)] dx dt. \quad (16)$$

Определение функции $x_0(t)$ сводится к решению вариационной задачи. Для рассматриваемого случая подинтегральная функция не зависит от скорости изменения оптимальной программы $x_0(t)$ и поэтому дифференциальное уравнение Эйлера принимает следующий более простой вид

$$\frac{\partial \varphi[x_0(t)]}{\partial x_0(t)} = 0, \quad (17)$$

решение $x_0(t)$ которого есть искомая оптимальная программа. Оптимальную программу можно определить также прямыми методами вариационного исчисления.

Выше были изложены некоторые вопросы определения оптимальной настройки и оптимальной программы управления процесса с учетом вероятностных характеристик исследуемых процессов.

Применение этого метода можно рекомендовать для большого числа различных типов существующих автоматических и неавтоматических процессов и систем. Этот метод особенно эффективен при оптимизации непрерывных процессов, входные и выходные параметры которых в большинстве случаев вероятностны по своему характеру.

При практическом использовании метода статистической оптимизации, исследование процессов осуществляется на самом объекте (взамен макетов и моделей) и при определении вероятностных характеристик нет необходимости возмущать существующий режим, что широко принято при других методах исследования. Кроме того, необходимо отметить, что оптимизация по этому методу не требует затрат, что почти всегда имеет место при оптимизации процессов другими методами.

ИИИ Автоматики

Поступило 28.1.1967.

Թ. Ա. ՆԱԼՉԱԺՅԱՆ

ԱՎՏՈՄԱՏ ՍԻՍՏԵՄՆԵՐԻ ՎԵՐՈՎԱԿԱԳՐԱԿԱՆ ԹՊՏԻՄԱԼԱՅՈՒՄԸ

Ա մ փ ո փ ո ս ի մ

Հողվածում քննարկվում են սերիական արտադրանքի թողարկող ավտոմատի ոչ ավտոմատ սխեմաների տնտեսական շահավետության բարձրացման որոշ հարցեր: Առաջարկված են հաշվային բանաձևեր, որոնց միջոցով հնարավոր է քնարել հետազոտվող արտադրական պրոցեսի ղեկավարման սյնայիսի նոր պարամետրեր կամ ծրագրեր, որոնց ղեկքում առանց լրացուցիչ ծախսերի և կոնստրուկտիվ փոփոխությունների սխեմայից ստացվում է անավելագույն տնտեսական էֆեկտ: Նշվում է, որ օպտիմալացումը կիրառելի է բազմաթիվ արտադրական պրոցեսների համար, որոնց մուտքի և ելքի պարամետրերն սենն համանականական բնութագրեր:

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Свечарник Л. В. Задача об оптимальности номинала при вероятностных расчетах. Труды института машиностроения АН СССР, вып. 10, 1957.

ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА

Р. Х. ГРИГОРЯН

АНАЛОГО-ЦИФРОВОЕ ПРЕОБРАЗОВАНИЕ ПЕРЕМЕННОГО
 ТОКА ПРОМЫШЛЕННОЙ ЧАСТОТЫ

1. Выбор частоты преобразования. Для повышения точности измерения в сети переменного тока частотой 50 гц предлагается схема, дающая возможность на базе преобразователя „аналог-код“ УВМ построить двухполярный аналого-цифровой преобразователь, который будет передавать в машину не значение активной мощности P , а ее компоненты — U , I , $\cos \varphi$. Преобразование указанных величины в двоичный код производится в преобразователях, работающих по принципу поразрядного кодирования и обеспечивающих точность и быстрдействие [1]. Для этой цели предусматривается два преобразователя: один для измерения напряжения, другой — для тока. В соответствии с требованиями государственной системы приборов на входы преобразователя нужно подавать напряжение переменного тока U_c , изменяющееся по синусоидальному закону с амплитудой напряжения 10 в или 5 ма. Частота преобразования f_k зависит от метода принятой аппроксимации, дающей возможность восстановить непрерывный сигнал измерением мгновенных значений и заданной погрешности аппроксимации [2]

$$f_k = \sqrt{\frac{U_x(t)}{8\gamma U_{max}}} \quad (2)$$

где $U_x = U_{max} \sin \omega t$; $\gamma = (0,1\%)$ — погрешность аппроксимации.

$$\text{Поэтому } f_k = 22,2 \frac{f_c}{\sqrt{\gamma}}$$

где f_c — частота сети. При $f_c = 50$ гц; $f_k = 70$ измер/период или 35(х) изм. в 1 сек.

Точность преобразования оценивается разрешающей способностью

$$\Delta U = \frac{U_{max} - U_{min}}{2^n - 1} \quad (3)$$

где n — число разрядов (при $\Delta U = 10$ мв, $n = 10$ разрядам).

Для достижения указанной точности нужно, чтобы скорость преобразования была выше, чем скорость изменения сигнала, и чтобы

за это время входной сигнал изменился не более чем на 0,5 часть от ΔU . Тогда время преобразования будет [1]

$$t_{пр} = \frac{0,5(U_{max} - U_{min})}{(2^n - 1) V_{max}}, \quad (4)$$

где V_{max} — максимальная скорость изменения сигнала.

При $V_{max} = U_{max} \cdot \omega = 10 \text{ в} \cdot U_{min} = 0$ и $n = 10$ согласно (4) время преобразования

$$t_{пр} = 1,57 \cdot 10^{-6} \text{ сек.}$$

Для обеспечения такого времени преобразования требуется, чтобы за 1 секунду было произведено 650 тысяч преобразований. Это вызывает существенные затруднения, и поэтому необходимо осуществить режим фиксации напряжения в момент измерений.

2. **Схема фиксации напряжений (рис. 1).** Генератор тактовых импульсов (ГТИ) работает с частотой 50 кГц, что обеспечивает период повторения импульсов 20 мксек. Из схемы видно, что когда приходит команда „начало преобразования“ на дешифраторе устанавливается код 11. При этом ключ КЗ отпирается, а К2 и К3 запираются. Происходит разряд фиксирующего конденсатора С на нуль-орган НО. После окончания преобразования на Тг3

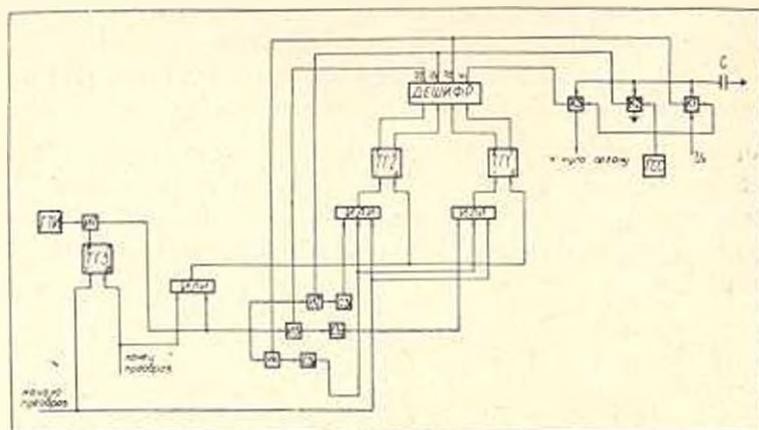


Рис. 1. Схема фиксации.

поступает сигнал „конец преобразования“ — Z, который устанавливает его в положение 0. Импульсы ГТИ через соответствующие цепи устанавливают Тг1 и Тг2 в положения 00, 01, 10, 11. В зависимости от установленного кода на дешифраторе выбирается один из четырех выходов. В процессе изменения кода на триггерах Тг1 и Тг2 они каждый раз устанавливаются на нуль. Это предохраняет ключи от ошибочных переключений, которыми управляет дешифратор. Полученная очередность отпираания и запираания ключей обеспечивает разряд и заряд конденсатора С.

Выбор величины фиксирующего конденсатора необходимо произвести из условия — заряд конденсатора за $t = 20$ мксек:

$$U_c = U_m (1 - e^{-\frac{t}{\tau}}), \quad (5)$$

При сопротивлении открытого ключа $r = 1,5$ ом, $U_c = 9,995 U_m$, величина емкости конденсатора согласно (5) будет $C = 1,75 \mu\text{F}$.

Если учесть, что время преобразования с учетом контроля правильности преобразования при 10-и разрядном коде равно 240 мксек, то придется, исходя из этого условия, выбрать время разряда конденсатора на нуль-орган. При этом величина спада напряжения на конденсаторе должна быть не более чем $0,05\%$.

Исходя из условия разряда

$$U_c = U_m e^{-\frac{t}{\tau}}$$

можно определить допустимую величину входного сопротивления R нуль-органа, который обеспечивает за 240 мксек требуемый спад (275 м.в.) Поэтому, если входное сопротивление нуль-органа низкое, то необходимо либо на выходе схемы запоминания установить усилитель с высоким выходным сопротивлением, либо ввести поправку по входу.

В настоящее время разработаны буферные транзисторные усилители с коэффициентом усиления равным 1 с погрешностью $0,1\%$, на входе которых установлен полевой триод или электрометрическая лампа. Эти усилители имеют высокий входной импеданс [3, 4]. Указанные усилители являются незначительными потребителями мощности и фактически управляются напряжением. Имеются ряд схем с непосредственными связями, схемы с малым дрейфом и хорошей линейностью. Они дают возможность, благодаря высокому входному сопротивлению до 10^{12} ом, считывать напряжение с конденсатора без его разряда.

3. Преобразователь аналог-цифра (рис. 2). Он представляет из себя преобразователь двухполярных сигналов, работающий по принципу поразрядного кодирования с системой контроля и исправления ошибок. Преобразователь состоит из десятиразрядного регистра, преобразователя „код-напряжение“ и системы коммутации и контроля. В преобразователе установлены два нуль-органа, один для сигналов положительной, другой для сигналов отрицательной полярности. С приходом сигнала „начало преобразования“ вырабатывается сигнал $y \theta 1$, который устанавливает регистр преобразователя в состояние 0111111111 , что соответствует $U_x = 0$ на выходе преобразователя „код-напряжение“. В указанном состоянии преобразователь подготовлен для преобразования напряжений отрицательной полярности. Одновременно сигнал $y \theta 1$ устанавливает в 0 счетчик тактов, в $1 T \Gamma 1$, и через задержку поступает на схему И, которая анализируется нуль-органом $H0-2$. Если входное напряжение U_x имеет отрицательную полярность, то регистр преобразователя не меняет своего состояния. При положительной полярности $H0-2$ выдаст разрешение на формирование

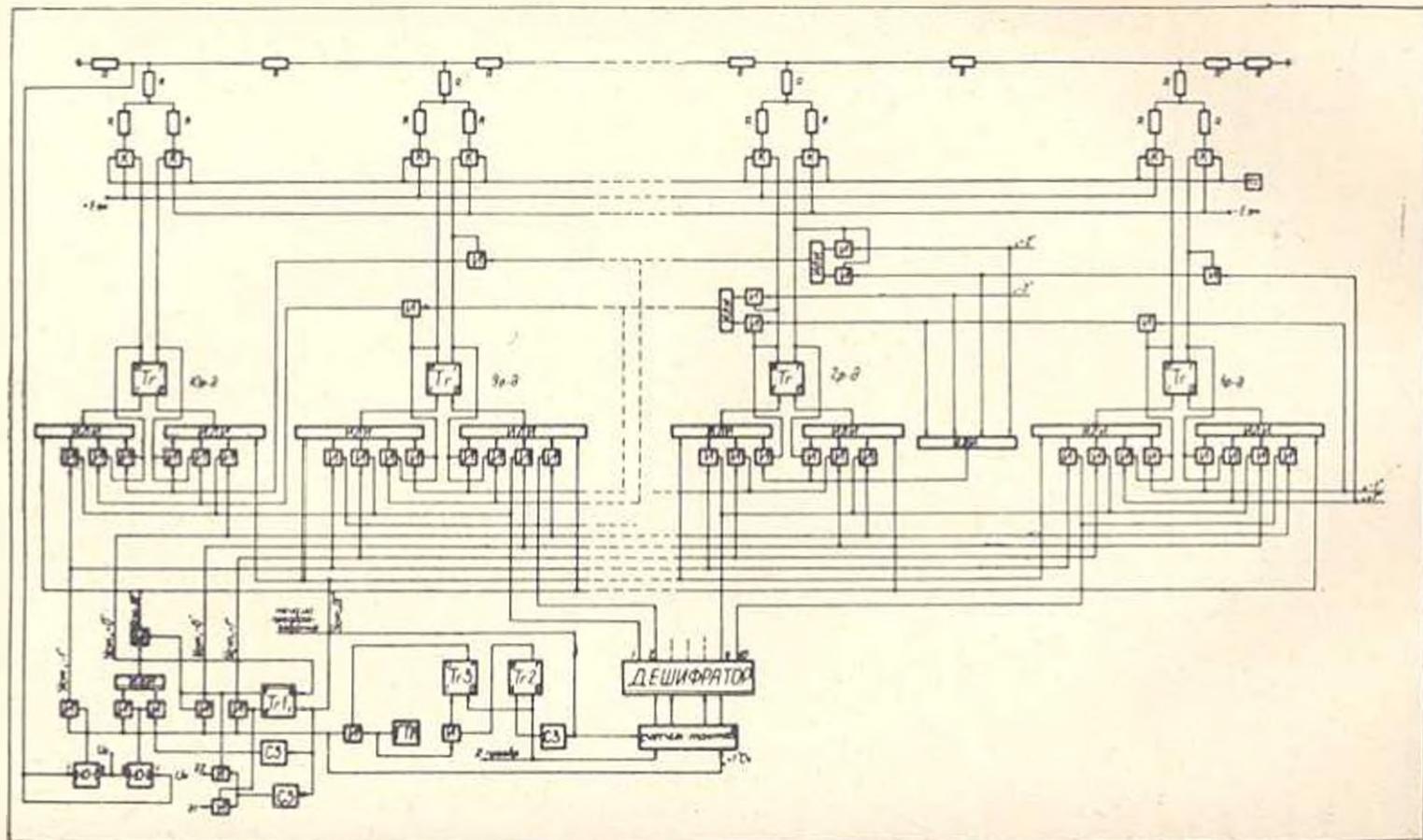


Рис. 2. Преобразователь двухполярного напряжения в код.

сигнала 10 , который в свою очередь установит регистр преобразователя в состояние 1000000000 , $Tg1$ в 0 и тем самым подготовит его к преобразованию положительной полярности. При этом коде напряжение U_x также равно нулю. Итак, если U_x имеет положительную полярность, то сигналы ГТИ формируются в $Y+0$, $Y+1$ и $Y+1C$ ч. Преобразование происходит за 10 тактов, в течение которого происходит

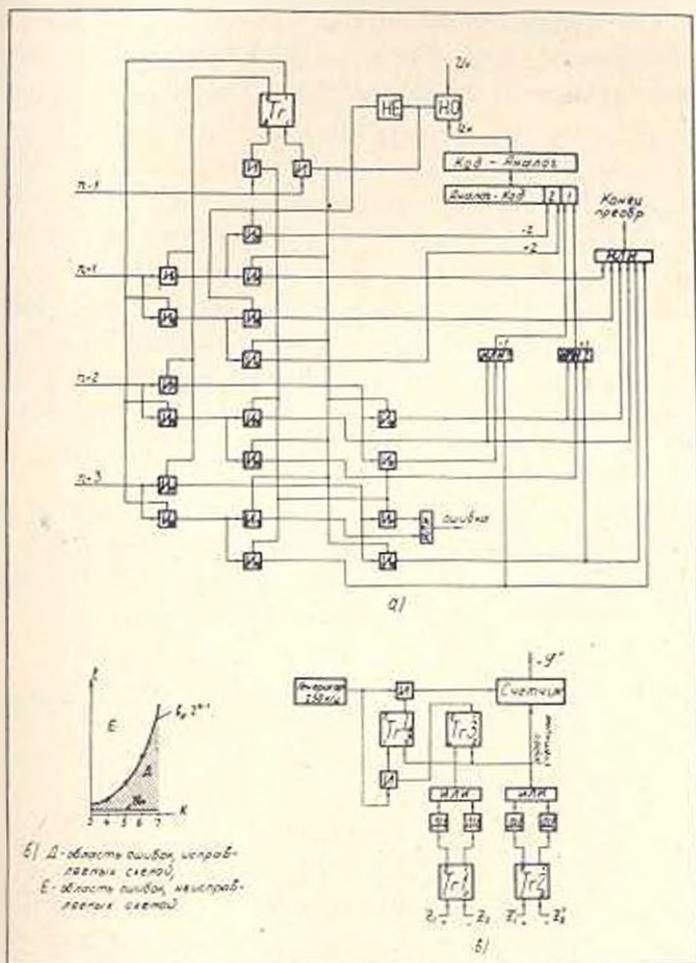


Рис. 3. а) схема контроля; б) график зависимости I от k ; в) схема измерения

преобразование входного напряжения U_x в код. Переключение разрядов начинается от старшего к младшему. Управление переключением производит дешифратор.

Если U_x имеет отрицательную полярность, то сигналы ГТИ формируются в сигнал $Y-1$ (с анализом от ПУ-1) $+1C$ ч и $Y-0$. Далее преобразование происходит тем же способом. В конце преобразования вырабатывается сигнал «конец преобразования» Z , устанавливающий $Tr1$ и $Tr2$ в 0 и производящий выдачу кода. Аналогичный пре-

образователь предусматривается для преобразования величины переменного тока I_x .

Показанные на схемеходы $+2, -2, +1, -1$ служат для возможности работы преобразователя в режиме реверсивного счетчика, необходимого для целей контроля.

4. Система контроля. Для повышения надежности работы преобразователя введена система контроля, которая вводит коррекции и дает возможность судить о правильности преобразования. Регистр преобразователя имеет возможность работать в режиме реверсивного счетчика. После окончания преобразования системой контроля проверяется равенство U_x и U_k . Если $U_x - U_k > \frac{\varepsilon}{2}$ (ε — зона нечувствительности нуль-органа), то преобразование неверно, в этом случае нужно произвести дополнительные такты. Этим самым напряжению U_k

придаем приращение, выходим из зоны нечувствительности нуль-органа и далее возвращаемся в ту же зону. Рассмотрим работу схемы контроля (рис. 3а). Обозначим U_x — через A , U_k — через B , n — число тактов, необходимых для преобразования (соответствует числу разрядов преобразователя). При

$$B_{n-1} < A < B_n \text{ и } B_{n-1} > A > B_n \quad (6)$$

импульс $n+1$ такта пройдет через вентили H_1-H_3 или H_2-H_6 и выработает сигнал об окончании преобразования с блокировкой импульсов последующих тактов. Если указанные неравенства не соблюдаются, то работа схемы происходит в соответствии с

$$B_{n+i-1} < A < B_{n-i} \text{ и } B_{n+i-1} > A > B_{n-i}. \quad (7)$$

Если $U_k > U_x$, тогда импульс $n+1$ такта пройдет через вентили H_1-H_3 и вычитет из B величину $2b_0$, где

$$2b_i = 2(B_i - B_{i-1}) \quad i = 1, 2, 3, \dots, k.$$

Импульс следующего $n+2$ такта, пройдя через вентиль H_7 , поступает на вход вентилях H_8 и H_9 . Если при этом $U_k < U_x$, то к B прибавляется b_0 с выдачей сигнала об окончании преобразования и блокировкой последующих тактов, если $U_k > U_x$, то импульс пройдя через H_8 и H_{10} из B снова вычитет b_0 . Импульс $n+3$ такта, пройдя через H_{10} , поступает на вход H_{11} и H_{12} . Если происходит изменение знака неравенства $U_k < U_x$, то через H_{12} проходит сигнал с прибавлением величины b_0 к B , в противном случае выдается сигнал ошибки. Таким образом, схема контроля анализирует возможные варианты в соответствии с неравенствами (6) и (7) и исправляет ошибки в диапазоне $2b_0 < I_0 < 4b_0$. Диапазон исправляемых ошибок l можно увеличить количеством дополнительных тактов k , так как они связаны друг с другом следующим соотношением

$$2b_0 < b < b_0 2^{k-1}. \quad (8)$$

График зависимости l от k с учетом b_0 представлен на рис. 36. Как видно из графика, все ошибки, лежащие в области, ограниченной сверху кривой $b_0 \cdot 2^{k-1}$, а снизу прямой, параллельной оси абсцисс, корректируются до величины $2b_0$.

5. Измерение φ . Угол сдвига фаз φ между напряжением и током необходим при определении величины мощности. Измерение φ производится в момент перехода напряжения и тока через нуль. Через задержку после команды „начало преобразования“ и зависимости от полярности преобразуемого сигнала вырабатывается импульс Z_1 или Z_2 и Z'_1 или Z'_2 . На рис. 3в показана блок-схема измерения φ .

Импульсы из кварцевого генератора тактовых импульсов с частотой 150 кГц заполняют счетчик до того момента, пока сигналы Z_1 или Z'_2 из преобразователя, измеряющего величину тока, не установят Тг3 и Тг4 в положение 0 и тем самым прекратят заполнение счетчика. Этим же сигналом происходит выдача результата. Надо отметить, что схема измерения будет выдавать правильные результаты через один период после поступления команды „начало преобразования“. Код, полученный на счетчике, пропорционален углу φ , 10-ти разрядный счетчик дает возможность при данной частоте измерить φ в пределах более чем от 0 до $\frac{\pi}{3}$. Запуск обоих преобразователей происходит одновременно. Предложенным способом возможно с точностью до 0,1% проводить измерения компонентов мощности переменного тока и измерять его мгновенные значения. Скорость преобразования с учетом контроля составляет около 33(X) преобразований в 1 сек. Имеется возможность использовать такой преобразователь в многоканальной системе с циклическим или программным опросом нужных узлов энергосистемы. В заключении автор выражает благодарность проф. Г. Т. Адонцу за ценные советы, учтенные им при подготовке статьи.

ЕрНИИММ

Поступило 5.V.1968.

Ի. Կ. ԳՐԳՈՐՅԱՆ

ԱՐԳՅՈՒՆԱԲԵՐԱԿԱՆ ՀԱՃԱԽՈՒԹՅԱՆ ՓՈՓՈԽԱԿԱՆ ՀՈՍԱՆՔԻ
ԱՆԱՆՈ՞ՒՄ-ԹՎԱՅԻՆ ԿԵՐՊԱՓՈԽՈՒՄ

Ա մ փ ո փ ո լ մ

Հողվածում ցույց է տրված արդյունարևրական հաճախութեան փոփոխական հոսանքի կարողութեան չափման հնարավորությունը՝ նրա բաղադրիչները երկուական հիմքով կոդի կերպափոխման միջոցով:

Տրված է անալոգային մեծութեան սխեման, որն անհրաժեշտ է կերպափոխման ճշտութեանը մեծացնելու համար: Բերված են՝ լարման ու հոսանքի ֆազերի շեղման անկյան չափման սխեման, երկրեկո ապրանշանների կերպափոխիչի սխեման և նրա աշխատանքի մերահսկման սխեմանը:

Նշվում է, որ սուսչարկվող մեթոդը հնարավորություն է բնձնում մինչև 0,1% ճշտությամբ չափել փոփոխական հասանքի ակնթարթային կարողության մեծությունը:

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Дроздов Е. А., Пятибратов А. М. Автоматическое преобразование и кодирование информации. Изд. «Советское радио», М., 1964.
2. Хлестунов В. И. Основы цифровой электроизмерительной техники и цифровые преобразователи. Издательство «Энергия», 1966.
3. Делигранж А. Д. Усилитель с входным импедансом 10^{15} ом. Электроника, № 17, 1966.
4. Laishleg F. H. Low Voltage, High Input Impedance Hybrid Amplifier Circuits. Electronic Engineering, 1964.

СТРОИТЕЛЬНЫЕ КОНСТРУКЦИИ

А. Г. АКОПЯН

ОБ ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРАХ ФЕРМ С УДЛИНЕННЫМИ
 РАДИАЛЬНЫМИ ВАНТАМИ

В статье [1] приводится общее решение и стандартная программа расчета предложенной автором фермы с удлиненными радиальными вантами. По этой программе были вычислены ординаты линий влияния узловых моментов и нормальных усилий в балке жесткости, усилий в вантах и перемещений узлов фермы для основного варианта (рис 1), имеющего следующие характеристики: модуль упругости материала балки $E = 0,21 \cdot 10^6 \text{ кг/см}^2$, момент инерции сечения балки $I = 22,06 \cdot 10^8 \text{ см}^4$, модуль упругости материала вант и оттяжек $E_1 = 1,6 \cdot 10^6 \text{ кг/см}^2$, площадь сечения вант $F = 131,6 \text{ см}^2$, площадь сечения оттяжек $F_1 = 263,2 \text{ см}^2$, проекция оттяжки $b = 42 \text{ м}$, высота пилона $h = 27 \text{ м}$, эксцентриситет пропуска вант под балкой жесткости $d = 1 \text{ м}$, длина панели фермы $a = 21 \text{ м}$. Эти характеристики соответствуют среднему пролету построенного через рску Днепр в Киеве трехпролетного радиально-вантового моста с железобетонной балкой жесткости. В следующих семи вариантах изменялась величина момента инерции сечения балки жесткости в пределах $I = 0,005 \text{ м}^4 - 1,4 \text{ м}^4$. В вариантах 9—12 изменялся эксцентриситет пропуска вант под балкой жесткости в пределах $0 - 140 \text{ см}$. В вариантах 13—18 при фиксированной величине d изменялась высота пилона h в пределах $20 - 60 \text{ м}$. В вариантах 19—21 изменялась площадь сечения вант и оттяжек в пределах $F = 83 \text{ см}^2$ и $F_1 = 166 \text{ см}^2$ до $F = 150 \text{ см}^2$ и $F_1 = 300 \text{ см}^2$. В варианте 22 длина панели была принята равной $a = 25 \text{ м}$. Наконец, в вариантах 23—29 при фиксированных значениях $a = 25 \text{ м}$, $h = 37 \text{ м}$, изменялась величина момента инерции сечения балки жесткости в диапазоне $I = 0,005 - 1,4 \text{ м}^4$. Во всех вариантах учитывался предварительный выгиб балки жесткости, величина которого характеризовалась ординатами узлов фермы. С целью оценки влияния выгиба на расчетные усилия, кроме того, были рассчитаны три варианта системы без учета выгиба балки жесткости. По полученным данным были построены линии влияния моментов, усилий и перемещений для перечисленных вариантов системы.

На рис. 2 приведены кривые зависимости узловых моментов в балке жесткости и усилий в вантах фермы от жесткости балки. На оси ординат отложены отношения момента инерции сечения балки жесткости I к длине панели a . На оси абсцисс отложены значения λ ТН, № 6.

узловых моментов балки жесткости и усилий в вантах фермы. Как видно из рис. 2, изменение величины момента инерции сечения балки жесткости в широком диапазоне мало влияет на величину усилий

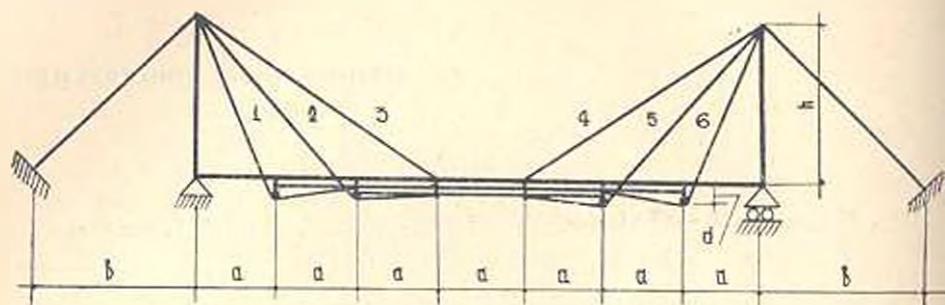


Рис. 1. Схема фермы с удлиненными развальными вантами.

в вантах фермы, но в сильной мере влияет на величину изгибающих моментов в самой балке. Поэтому жесткость балки необходимо назначать из условий жесткости и прочности при работе на междузловую нагрузку. Однако, необходимо считаться с тем обстоятельством, что небольшое изменение жесткости балки сильно влияет на величину изгибающих моментов, и связи с чем небольшим изменением жесткости балки можно регулировать величину изгибающего момента в ней.

На рис. 3 показана зависимость узловых моментов в балке жесткости и усилий в вантах фермы от величины эксцентриситета d пропуска вант под балкой жесткости. Нетрудно заметить, что с увели-

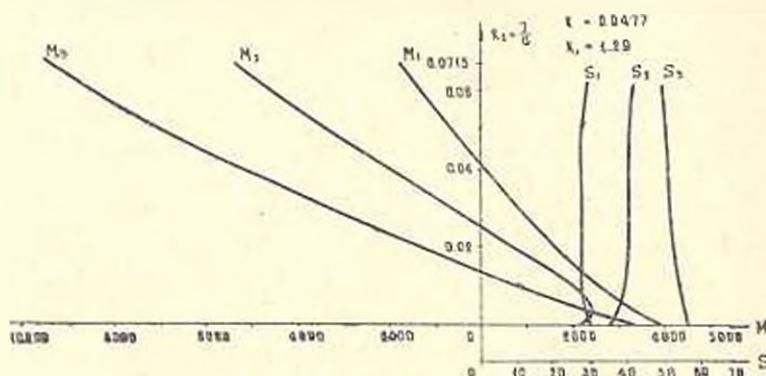


Рис. 2. Зависимость узловых моментов в балке и усилий в вантах от жесткости балки.

чением эксцентриситета, величина узловых моментов значительно уменьшается. Одновременно, хотя и незначительно уменьшаются и величины усилий в вантах. Изменением величины эксцентриситета можно добиться выравнивания напряжений в балке жесткости. Необходимо также учесть, что с изменением эксцентриситета изменяется жесткость фермы в целом и это создает дополнительные возможности для регулирования системы.

На рис. 4 приведена кривая изменения узловых моментов в балке жесткости и усилий в вантах фермы в зависимости от величины $K_1 = h/a$. Из рис. 3 видно, что моменты и усилия претерпевают относительно большие изменения при росте отношения K_1 в пределах от 1 до 2. Вне этих пределов влияние K_1 на изменение моментов и усилий уменьшается. Наиболее сильно изменяются момент в третьем узле балки M_3 и усилие в третьей ванте S_3 . Это объясняется тем обстоятельством, что с ростом высоты пилона наиболее сильно изменяется величина угла наклона третьей нити к горизонту.

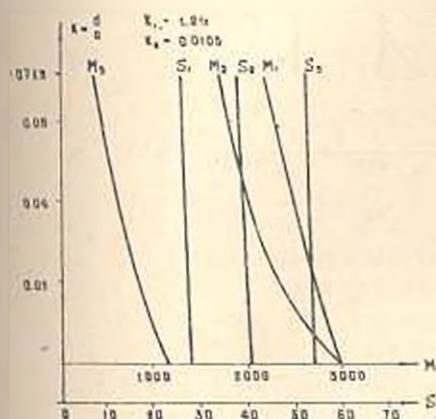


Рис. 3. Зависимость узловых моментов в балке и усилий в вантах от величины эксцентриситета.

зависит на величинах узловых моментов и практически не влияет на величину усилий и самих вантах. Поэтому изменение площадей сечения вант для регулирования усилий в системе не целесообразно.

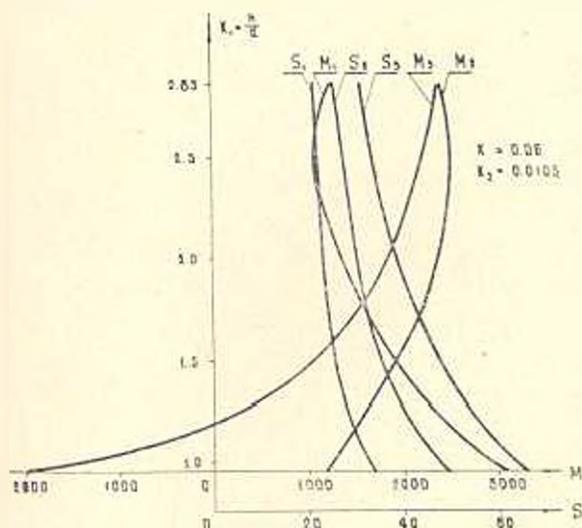


Рис. 4. Зависимость узловых моментов в балке и усилий в вантах от высоты пилона.

и площадь их сечения необходимо назначать из условия прочности вант.

На рис. 6 приведена зависимость узловых моментов и усилий в вантах от жесткости балки I . В рассматриваемом случае длина панели принята равной $a = 25$ м, высота пилона $h = 37$ м, величина эксцентриситета $d = 1,5$ м.

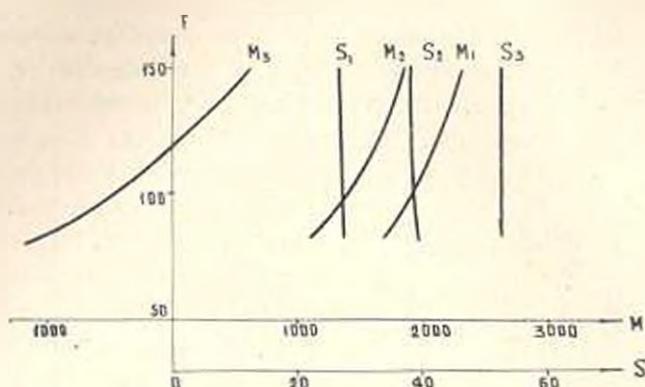


Рис. 5. Зависимость узловых моментов в балке и усилий в вантах от площади сечения вант.

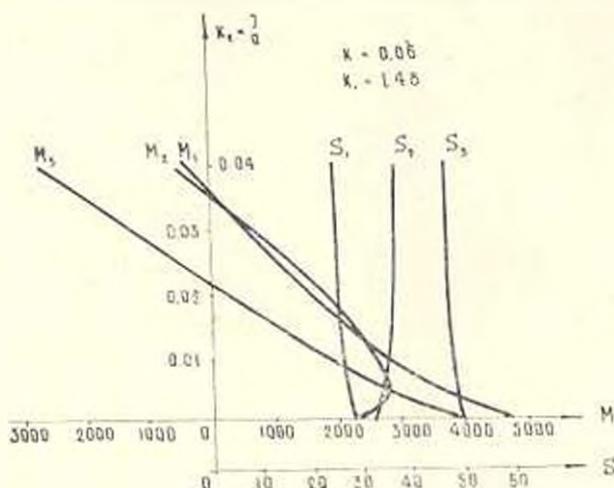


Рис. 6. Зависимость узловых моментов в балке и усилий в вантах от жесткости балки ($h = 37$ м; $a = 25$ м).

Сопоставляя кривые на рис. 2 и рис. 6 и учитывая данные, приведенные на рис. 3 и 4, приходим к выводу, что при одинаковых отношениях высоты шпона к длине панели K_1^* , величины эксцентриситета к длине панели K и момента инерции сечения балки к длине панели K_2 , форма диаграммы не зависит от абсолютного значения длины панели, а следовательно, и от величины пролета фермы. Поэтому приведенными диаграммами можно пользоваться при расчете предлагаемой вантовой фермы любого пролета.

Анализ результатов расчета вариантов 30—32 системы показывает, что предварительный выгиб балки жесткости практически не влияет на величины узловых моментов и усилий в вантах фермы, и поэтому создание предварительного выгиба балки жесткости в фермах с удлиненными радиальными вантами не требуется.

На рис. 7 результаты расчета обычной радиально-вантовой системы (эпюры А) сопоставлены с результатом, полученным для предлагаемой автором системы (эпюра В), там же приведены эпюры для

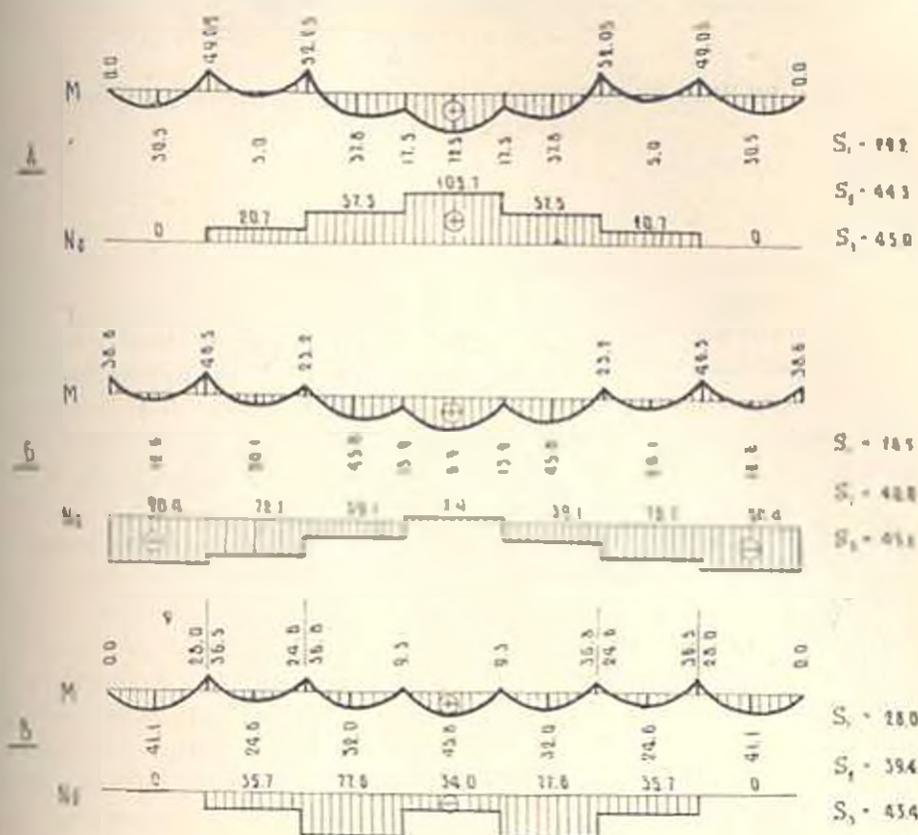


Рис. 7. Эпюры изгибающих моментов и нормальных (осевых) усилий в балке жесткости: А — однопролетной радиально-вантовой фермы; Б — среднего пролета трехпролетной радиально-вантовой фермы; В — однопролетной фермы с удлиненными радиальными вантами

среднего пролета вантового моста через р. Днепр в Киеве. Сопоставляя эпюры изгибающих моментов M и нормальных усилий в балке жесткости N , приходим к выводу: что величина наибольшего изгибающего момента в балке жесткости фермы с удлиненными радиальными вантами составляет всего лишь 63% от величины наибольшего изгибающего момента в балке жесткости однопролетной радиально-вантовой фермы и 66% от наибольшего момента в среднем пролете трехпролетной радиально-вантовой фермы (Киевский мост); эпюра изгибающих моментов в балке жесткости предлагаемой системы более плавная, чем в обычной радиально-вантовой ферме.

Величина наибольшего нормального усилия в балке жесткости фермы с удлиненными радиальными вантами составляет 73% от усилия в балке жесткости однопролетной радиально-вантовой фермы и 85% усилия в среднем пролете трехпролетной радиально-вантовой фермы. В заключение автор выражает благодарность Г. А. Аболыну и П. Г. Вугайцу за советы, учтенные им при выполнении этой работы.

Ереванский политехнический институт

им. К. Маркса

Поступило 25 IX.1968.

Ա. Գ. ԱԿՈՅԱՆ

ԵՐԿԱՐԱՅՐԱԾ ՀԱՌԱՎՈՂԱՅԻՆ ՎԱՆՏԵՐՈՎ ՖԵՐՄԱՆՆԵՐԻ ՀԻՄՆԱԿԱՆ
ՊԱՐԱՄԵՏՐԵՐԻ ՄԱՍԻՆ

Ա մ փ ո փ ու լ մ

« Ուսումնասիրված է երկարացրած շառավիղային վանասերով ֆերմաների հաշվային նիզերի վրա հիմնական պարամետրերի փոփոխության ազդեցությունը: Քննարկված է կոշտության հեծանի իներցիայի մոմենտի փոփոխության, կոշտության հեծանի տակով վանտերի թողարկման արտակենտրոնության մեծության, պիլոնի բարձրության, վանտերի կարվածքի մակերեսի մեծության ազդեցությունը: Բերված է երկարացրած շառավիղային վանտերով և սովորական շառավիղա-վանտային ֆերմաների համեմատությունը: »

К. Т. АБРАМЯН, С. А. АКОПЯН

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ АЦЕТИЛЯТОРА НЕПРЕРЫВНОГО ДЕЙСТВИЯ

Ацетилятор непрерывного действия предназначен для получения ацетилцеллюлозы. В качестве исходных реагентов используются древесная целлюлоза, уксусный ангидрид и уксусная кислота. Процесс ацетилирования происходит в присутствии катализатора—серной кислоты. Опыт эксплуатации ацетилятора на Ереванском заводе „Поливинилацетат“ свидетельствует о том, что фильтруемость и вязкость ацетилцеллюлозы, характеризующие ее качество, существенно зависят от расходов и температур реагентов. Однако, исключительно сложный характер процесса ацетилирования и его недостаточная изученность не позволяют использовать химические соотношения для получения количественных зависимостей, связывающих качество конечного продукта с параметрами исходных продуктов. В связи с этим в настоящей статье делается попытка для получения упомянутых зависимостей использовать математические методы множественной корреляции.

Ацетилятор рассматривается как управляемая система, характеризующаяся следующими входными и выходными параметрами: X_1 — сухость целлюлозы на входе в ацетилятор; X_2 — расход целлюлозы; X_3 — температура уксусной кислоты (УК) на входе в ацетилятор; X_4 — температура уксусного ангидрида (УА) на входе в ацетилятор; X_5 — температура целлюлозной суспензии на входе в ацетилятор; X_6 — расход УК; X_7 — расход УА; X_8 — расход серной кислоты; Y_1 — фильтруемость конечного продукта (ацетилцеллюлозы); Y_2 — вязкость ацетилцеллюлозы; Y_3 — разность между температурами массы на выходе из ацетилятора и входе в отдел прекращения ацетилирования. Все перечисленные входные параметры являются регулируемыми. Однако в силу некоторых специфических условий X_1 и X_2 могут случайным образом колебаться около значений, устанавливаемых оператором. Это обстоятельство значительно усложняет регулирование процесса ацетилирования. В дальнейшем параметры X_1 и X_2 рассматриваются как неуправляемые. Задача заключается в нахождении количественных зависимостей между входными и выходными параметрами и использовании этих зависимостей для отыскания такой области изменения регулируемых входных параметров, которая при заданных значениях нерегулируемых параметров X_1 и X_2 обеспечивает приемле-

мые значения выходных параметров. Для нахождения указанных зависимостей был собран статистический материал, характеризующий работу ацетилятора за достаточно длительный период времени. Накопленный материал был подвергнут корреляционному и регрессионному анализу. Было установлено, что эмпирические линии парной регрессии носят почти прямолинейный характер. На основании этого уравнения множественные регрессии приняты в форме

$$y_j = a_0 + \sum_{i=1}^n a_i X_i.$$

В результате обработки статистического материала были найдены следующие зависимости:

$$\begin{aligned} y_1 &= -1598,69 - 6,07X_1 - 0,79X_2 - 7,47X_3 + 2,63X_4 + \\ &\quad + 10,56X_5 + 1,27X_6 + 0,69X_7 - 0,96X_8; \\ y_2 &= -981,76 - 1,22X_1 + 1,12X_2 - 3,83X_3 - 0,61X_4 + 11,66X_5 + \\ &\quad + 0,73X_6 - 0,14X_7 - 2,83X_8; \\ y_3 &= -51,91 - 0,3X_1 - 0,02X_2 - 0,7X_3 + 0,03X_4 + 0,21X_5 + \\ &\quad + 0,046X_6 + 0,002X_7 - 0,06X_8. \end{aligned} \quad (1)$$

Связь между расходами реагентов на входе в ацетилятор определялась модулем ванны, т. е. отношением всей реакционной массы к массе твердого реагента. Для рассматриваемого ацетилятора модуль ванны допускается в пределах 6.8÷7.2 [1].

Следовательно,

$$6,8 \leq \frac{X_2(100 - X_1)}{X_1} + X_6 + X_7 + X_8 \leq 7,2, \quad (2)$$

где $\frac{X_2(100 - X_1)}{X_1}$ — расход УК, поступавшей с целлюлозой.

Кроме соотношения (2), при решении системы (1) необходимо учесть обусловленные эксплуатационными характеристиками ацетилятора ограничения:

$$\begin{aligned} 18 &\leq X_3 \leq 24; \quad -10 \leq X_4 \leq 0; \\ 24 &\leq X_5 \leq 32; \quad 1100 \leq X_6 \leq 1250; \\ 1100 &\leq X_7 \leq 1300; \quad 20 \leq X_8 \leq 26. \end{aligned} \quad (3)$$

Таким образом, задача сводится к тому, чтобы для любой случайной пары значений параметров X_1 и X_2 из соотношений (1), (2) и (3) определить такую область регулирования управляемых параметров, которая обеспечивает значения выходных параметров, удовлетворяющие следующим критериям качества ацетилцеллюлозы:

$$\begin{aligned} 250 &\leq y_1 \leq 1000; \\ 500 &\leq y_2 \leq 600; \\ 0 &\leq y_3 \leq 0,5. \end{aligned} \quad (4)$$

Так как в каждый момент времени X_1 и X_2 могут быть измерены, то можно их для данного момента времени принять как постоян-

вые. Фактически задача сводится к решению системы неравенств с двусторонними ограничениями.

Для нахождения области решений таких неравенств разработан алгоритм, по которому можно определить искомые значения управляемых параметров для данного момента времени.

Ереванский политехнический институт
им. К. Маркса

Поступило 9.X.1967.

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Роговин Э. А. и Шорыгина Н. Н. Химия целлюлозы и ее спутников. М., 1965.

Б. С. ГУКАСЯН

К МЕТОДИКЕ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СИЛ ДЕМПФИРОВАНИЯ В СИСТЕМЕ СТАНОК—ПРИСПОСОБЛЕНИЕ—ИНСТРУМЕНТ— ДЕТАЛЬ

1. Вопрос способности машин и его узлов демпфировать колебания остается слабым местом, между тем он является важным и актуальным в машиностроении.

Если полную энергию системы, находящейся в колебании соответственно обозначать через W , а потери энергии за период колебаний через ΔW , то:

$$\frac{\Delta W}{W} = f(h)$$

будет характеризовать демпфирующее свойство системы.

Расхождение энергии колебаний происходит в материале деталей машины вследствие внутреннего трения, в местах контактов сопрягаемых деталей вследствие внешнего трения, а также в масляных слоях в основном от вязкого трения жидкости.

Дифференциальное уравнение системы станок—приспособление—инструмент—деталь (СПИД) с одной степенью свободы можно представить в виде:

$$m \ddot{z} + f(h) \dot{z} + kz = p(p_2), \quad (1)$$

где m — приведенная масса колеблющегося узла по направлению оси z ;

k — коэффициент жесткости;

$p(p_2)$ — сила восстановления или возбуждения.

Величины m , k , z , $p(p_2)$ можно определить экспериментальным путем. Перейдем к определению функции $f(h)$.

2. В случае, когда колебания затухают по экспоненциальному закону, демпфирующая сила определяется выражением

$$D(x, V_0) = F_c = h \frac{dz}{dt}. \quad (2)$$

вые. Фактически задача сводится к решению системы неравенств с двусторонними ограничениями.

Для нахождения области решений таких неравенств разработан алгоритм, по которому можно определить искомые значения управляемых параметров для данного момента времени.

Ереванский политехнический институт
им. К. Маркса

Поступило 9.X.1967.

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Роговин Э. А. и Шорыгина Н. Н. Химия целлюлозы и ее спутников. М., 1965.

Б. С. ГУКАСЯН

К МЕТОДИКЕ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СИЛ ДЕМПФИРОВАНИЯ В СИСТЕМЕ СТАНОК—ПРИСПОСОБЛЕНИЕ—ИНСТРУМЕНТ— ДЕТАЛЬ

1. Вопрос способности машин и его узлов демпфировать колебания остается слабым местом, между тем он является важным и актуальным в машиностроении.

Если полную энергию системы, находящейся в колебании соответственно обозначать через W , а потери энергии за период колебаний через ΔW , то:

$$\frac{\Delta W}{W} = f(h)$$

будет характеризовать демпфирующее свойство системы.

Расхождение энергии колебаний происходит в материале деталей машины вследствие внутреннего трения, в местах контактов сопрягаемых деталей вследствие внешнего трения, а также в масляных слоях в основном от вязкого трения жидкости.

Дифференциальное уравнение системы станок—приспособление—инструмент—деталь (СПИД) с одной степенью свободы можно представить в виде:

$$m \ddot{z} + f(h) \dot{z} + kz = p(p_2), \quad (1)$$

где m — приведенная масса колеблющегося узла по направлению оси z ;

k — коэффициент жесткости;

$p(p_2)$ — сила восстановления или возбуждения.

Величины m , k , z , $p(p_2)$ можно определить экспериментальным путем. Перейдем к определению функции $f(h)$.

2. В случае, когда колебания затухают по экспоненциальному закону, демпфирующая сила определяется выражением

$$D(x, V_0) = F_c = h \frac{dz}{dt}. \quad (2)$$

Тогда дифференциальное уравнение свободно колеблющегося узла системы будет иметь вид:

$$\frac{d^2 z}{dt^2} + 2\delta \frac{dz}{dt} + \omega^2 z = 0,$$

где $\delta = \frac{h}{2m}$ коэффициент затухания.

$$\text{Поэтому } F_i = \frac{\omega m}{z} \ln \frac{z_i}{z_{i+1}} \cdot \frac{dz_i}{dt}.$$

Работа сил сопротивления при затухании колебаний за один период колебания будет выражаться зависимостью:

$$R = z_i^2 \omega^3 m \ln \frac{z_i}{z_{i+1}},$$

где ω — круговая частота колебательной системы;

z_i — амплитуда затухающих колебаний.

3. В случае автоколебательного движения, автором в результате экспериментального исследования при резании стали 45 обычным проходным резцом с пластижкой T15K6, было получено следующее выражение для возбуждающей силы

$$p(p_z) = p_0 + a v^b \cdot e^{-c v}, \quad (3)$$

где p_0, a, c, v, b — некоторые постоянные.

В силу (3) выражение (1) примет вид

$$m \ddot{z} + h \dot{z} + k z = p_0 + 1,5 v^2 e^{-0,1 v}, \quad (4)$$

а демпфирующая сила будет определяться выражением

$$F_c = \mu \left(1,5 \frac{\omega}{h} v^2 e^{-0,1 v} - v \right),$$

где μ — положительный параметр меньше единицы.

4. Экспериментальные данные затухающих колебаний не всегда соответствуют выражению (2). С другой стороны непосредственное изучение сил трения связано с очень большими экспериментальными затруднениями. Для случая, когда логарифмический декремент затухания не является постоянной величиной в начале и в конце затухания, демпфирующая сила может быть определена по формуле

$$F_c = \varepsilon C |v|^n.$$

Следуя методу Крылова-Боголюбова в (1), можно подставить следующее выражение

$$\varepsilon C = \frac{4 \left(\frac{u+1}{2} \right)^{1^2}}{\pi (u+1)} 2^u \left(\frac{2}{\omega} \right)^{u-2} \gamma_0, \quad (5)$$

где u и γ_0 — некоторые постоянные, определяемые из осциллограмм.

ЛИТЕРАТУРА

1. Коудрер Г. Нелинейная механика. М., 1955.

Л. А. ЗАХАРОВ

ОБ УПРУГИХ СВОЙСТВАХ И ПОЛЗУЧЕСТИ БЕТОНА
НА ГЛИНОЗЕМИСТО-БЕЛИТОВОМ ЦЕМЕНТЕ

Глиноземисто-белитовый цемент является новым видом гидравлического вяжущего вещества [1]. Поэтому представляет интерес выявление упругих свойств и ползучести бетонов на этом цементе. В табл. 1 приведены составы изученных бетонов.

Таблица 1

Марка бетона	Заполнители		Состав бетона (номинальный, по объему)
	песок	щебень	
.150°	Кварцевый (речной)	Базальтовый	1:2,4:3,2
.300°	"	"	1:1,4:1,9
.150°	Литондно-пемзовый		1:1,9:2,5
.300°	"		1:1,2:1,6

Полученные на глиноземисто-белитовом цементе бетонные смеси имели хорошую обрабатываемость и не обнаруживали признаков расщепления. Наблюдение показало, что характер роста прочности глиноземисто-белитового цемента сохраняется и у бетонов, а именно: интенсивное нарастание прочности имеет место лишь в ранние (1—3 суток) и поздние (3—6 месяцев) сроки твердения. Определенные модуля упругости бетонов проводилась статическим и динамическим методами [2]. Модуль упругости определялся на призмах размерами 10×10×40 см при возрасте бетона 28 суток. Хранение образцов было стандартное. В табл. 2 приведены результаты определений модуля упругости.

Таблица 2

Вид бетона	Марка бетона	Величина модуля упругости кг/см ²	
		статического	динамического
Тяжелый	.150°	167000	261000
"	.300°	200000	684000
Легкий	.150°	73000	98000
"	.300°	111000	141000

ЛИТЕРАТУРА

1. Коудрер Г. Нелинейная механика. М., 1955.

Л. А. ЗАХАРОВ

ОБ УПРУГИХ СВОЙСТВАХ И ПОЛЗУЧЕСТИ БЕТОНА
НА ГЛИНОЗЕМИСТО-БЕЛИТОВОМ ЦЕМЕНТЕ

Глиноземисто-белитовый цемент является новым видом гидравлического вяжущего вещества [1]. Поэтому представляет интерес выявление упругих свойств и ползучести бетонов на этом цементе. В табл. 1 приведены составы изученных бетонов.

Таблица 1

Марка бетона	Заполнители		Состав бетона (номинальный, по объему)
	песок	щебень	
.150°	Кварцевый (речной)	Базальтовый	1:2,4:3,2
.300°	"	"	1:1,4:1,9
.150°	Литондно-пемзовый		1:1,9:2,5
.300°	"		1:1,2:1,6

Полученные на глиноземисто-белитовом цементе бетонные смеси имели хорошую обрабатываемость и не обнаруживали признаков расщепления. Наблюдение показало, что характер роста прочности глиноземисто-белитового цемента сохраняется и у бетонов, а именно: интенсивное нарастание прочности имеет место лишь в ранние (1—3 суток) и поздние (3—6 месяцев) сроки твердения. Определенные модуля упругости бетонов проводилась статическим и динамическим методами [2]. Модуль упругости определялся на призмах размерами 10×10×40 см при возрасте бетона 28 суток. Хранение образцов было стандартное. В табл. 2 приведены результаты определений модуля упругости.

Таблица 2

Вид бетона	Марка бетона	Величина модуля упругости кг/см ²	
		статического	динамического
Тяжелый	.150°	167000	261000
"	.300°	200000	684000
Легкий	.150°	73000	98000
"	.300°	111000	141000

В табл. 3 для сравнения даны значения модуля упругости, приведенные для бетонов, приготовленных на портландском и глиноземистом [3] цементах. Сопоставление данных таблиц 2 и 3 позволяет

Таблица 3

Тип цемента	Вид бетона	Марка бетона	Величина модуля упругости $KГ/см^2$
Портландский	Тяжелый бетон (на базальтовом щебне и кварцевом песке)	.150*	225000 ÷ 230000
		.300*	325000 ÷ 330000
	Легкий бетон (на антоново-пемловых заполнителях)	.150*	120000 ÷ 130000
		.300*	160000 ÷ 170000
Глиноземистый	Тяжелый бетон (на гранитном щебне и кварцевом песке)	.200*	165000 ÷ 190000
		.350*	200300 ÷ 220000

константировать, что модуль упругости бетона на глиноземисто-белитовом цементе, примерно такой же как и для бетонов на глиноземистом цементе и выше модуля упругости бетонов на портландцементе.

На рис. 1 приведена экспериментальная кривая ползучести призмы размерами $10 \times 10 \times 60$ см из тяжелого бетона марки .150* на глиноземисто-белитовом цементе при относительном сжимающем напряжении, равном 0,5.

Для сравнения на том же рисунке приведена экспериментальная кривая ползучести тяжелого бетона на портландцементе при том же относительном напряжении. Кривые на рис. 1 показывают, что бетон на глиноземисто-белитовом цементе обладает значительно большей ползучестью, чем бетон на портландцементе.

Это закономерно, так как бетоны, приготовленные на цементах с повышенным содержанием белита, всегда обладают повышенной ползучестью.

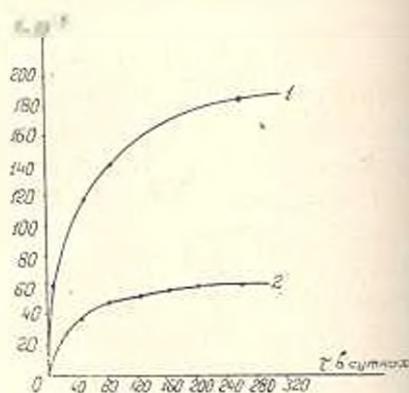


Рис. 1. Ползучесть тяжелого бетона нагружаемого после 28 суток воздушного твердения: 1 — бетон на глиноземисто-белитовом цементе; 2 — бетон на портландцементе

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Захаров Л. А. Глиноземисто-белитовый цемент. Тр. III-го Всесоюзного совещания по химии и технологии цемента. М., 1967.
2. Худавердян В. М. Вторичное твердение летнего бетона при его обводнении. Известия АН АрмССР (серия ТН)*, т. X. № 2, 1957.
3. Чебуков М. Ф. Глиноземистый цемент. ГОНТИ, 1938.

Г. Д. СТЕПАНЯН

К МЕТОДИКЕ ОПРЕДЕЛЕНИЯ РАСЧЕТНОЙ ВОДООБЕСПЕЧЕННОСТИ И К. П. Д. ПРОЕКТИРУЕМЫХ ИРРИГАЦИОННЫХ СИСТЕМ

Важной проблемой в развитии сельскохозяйственного производства в нашей стране является вопрос эффективного использования водных и земельных ресурсов районов развития ирригации. При этом одной из основных задач проектирования таких ирригационных систем является наиболее эффективное использование земельных и водных ресурсов, а также капитальных вложений, выделяемых на орошение. За основу расчетов параметров проектируемых оросительных систем принимается показатель обеспеченности, обычно выражаемый в процентах от числа лет, в течение которых средний годовой сток не снижается за пределы некоторого определенного минимума. Этот показатель, являющийся в известной мере основным при проектировании оросительных систем, имеет особо важное значение для объектов, сооружаемых в районах с ограниченными водными ресурсами. каковыми является большинство районов Армянской ССР.

В сообщении автора излагаются методические вопросы определения оптимального значения расчетной обеспеченности во взаимосвязи ее с коэффициентом полезного действия. В исследовании рассматривался водосточник с незарегулированным стоком, используемый в условиях, характерных для Армянской ССР.

В основу расчетов был положен следующий состав сельскохозяйственных культур: виноградники — 20%, сады — 20%, овоще-бахчевые культуры — 25%, корнеплоды — 5%, озимые (с подсевом) — 7,5%, люцерна — 15%, кукуруза на зерно — 5%, яровые — 2,5%, кукуруза пожнивная — 5%, а также теоретическая кривая обеспеченности расходов водосточника со следующими параметрами: $Q_0 = 3,9 \text{ м}^3/\text{сек}$, $C_v = 0,3$ и $C_w = 2C_v$. В качестве критерия оптимальности был использован коэффициент рентабельности капитальных вложений.

Для установления эффективности затрат по осуществлению противифльтрационных мероприятий был использован характерный для республиканских условий орошения пример планового расположения постоянных каналов и временной оросительной сети при бетонировании только постоянных каналов. Были рассмотрены различные вариан-

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Захаров Л. А. Глиноземисто-белитовый цемент. Тр. III-го Всесоюзного совещания по химии и технологии цемента. М., 1967.
2. Худавердян В. М. Вторичное твердение летнего бетона при его обводнении. Известия АН АрмССР (серия ТН)*, т. X. № 2, 1957.
3. Чебуков М. Ф. Глиноземистый цемент. ГОНТИ, 1938.

Г. Д. СТЕПАНЯН

К МЕТОДИКЕ ОПРЕДЕЛЕНИЯ РАСЧЕТНОЙ ВОДООБЕСПЕЧЕННОСТИ И К. П. Д. ПРОЕКТИРУЕМЫХ ИРРИГАЦИОННЫХ СИСТЕМ

Важной проблемой в развитии сельскохозяйственного производства в нашей стране является вопрос эффективного использования водных и земельных ресурсов районов развития ирригации. При этом одной из основных задач проектирования таких ирригационных систем является наиболее эффективное использование земельных и водных ресурсов, а также капитальных вложений, выделяемых на орошение. За основу расчетов параметров проектируемых оросительных систем принимается показатель обеспеченности, обычно выражаемый в процентах от числа лет, в течение которых средний годовой сток не снижается за пределы некоторого определенного минимума. Этот показатель, являющийся в известной мере основным при проектировании оросительных систем, имеет особо важное значение для объектов, сооружаемых в районах с ограниченными водными ресурсами. каковыми является большинство районов Армянской ССР.

В сообщении автора излагаются методические вопросы определения оптимального значения расчетной обеспеченности во взаимосвязи ее с коэффициентом полезного действия. В исследовании рассматривался водосточник с незарегулированным стоком, используемый в условиях, характерных для Армянской ССР.

В основу расчетов был положен следующий состав сельскохозяйственных культур: виноградники — 20%, сады — 20%, овоще-бахчевые культуры — 25%, корнеплоды — 5%, озимые (с подсевом) — 7,5%, люцерна — 15%, кукуруза на зерно — 5%, яровые — 2,5%, кукуруза пожнивная — 5%, а также теоретическая кривая обеспеченности расходов водосточника со следующими параметрами: $Q_0 = 3,9 \text{ м}^3/\text{сек}$, $C_1 = 0,3$ и $C_2 = 2C_1$. В качестве критерия оптимальности был использован коэффициент рентабельности капитальных вложений.

Для установления эффективности затрат по осуществлению противифльтрационных мероприятий был использован характерный для республиканских условий орошения пример планового расположения постоянных каналов и временной оросительной сети при бетонировании только постоянных каналов. Были рассмотрены различные вариан-

ты сочетаний облицованных и земляных каналов (вся сеть в земляном русле; магистральный канал бетонированный; магистральный канал и распределители 1-го порядка бетонированные; магистральный канал и распределители 1-го и 2-го порядка бетонированные; облицована вся сеть, кроме распределителей 4-го порядка; вся сеть бетонированная).

Для определения потерь воды из каналов и к. п. д. в случае земляного русла применена формула В. В. Ведерникова, а в случае бетонированного русла — формула С. Ф. Аверьянова. С целью определения размеров капитальных вложений и издержек производства были установлены общие и удельные стоимости строительства оросительной системы и затрат по их эксплуатации с учетом противофильтрационных мероприятий.

Таблица 1

Технико-экономические показатели по вариантам

Вариант	Обеспеченность— P в %	Расчетные расходы брутто в $M^3/сек$	К. П. Д.	Площади орошения нетто, поливаемые в среднем за многолетие в га		Совокупные капитальные вложения в тыс. руб.	Чистый доход хозяйств с учетом потери в тыс. руб.	Коэффициент эффективности капитальных вложений Эр	Погрешность в грунтовых ресурсах в тыс. чел/дней	Частный доход на 1 чел/день, в руб.
				полным режимом	сокращенным режимом					
1	46	3,98	0,68	4419	581	16235	6000	0,369	761,8	7,9
2	52	3,82	0,71	4520	480	16320	6080	0,372	766,5	7,9
3	61	3,56	0,76	4661	339	16470	6200	0,376	787,0	7,9
4	67	3,38	0,80	4741	259	16615	6310	0,380	791,3	8,0
5	71	3,18	0,85	4806	191	16950	6400	0,377	792,8	8,1
6	76	3,06	0,89	4835	165	17298	6500	0,376	835,1	7,8

В табл. 1 приводятся технико-экономические показатели рассмотренных шести вариантов решений.

На рис. 1 приводятся зависимости $\Omega^H = f(P)$ для шести вариантов противофильтрационных мероприятий (Ω^H — площадь орошения нетто, P — расчетная обеспеченность).

Исходя из условия рентабельности капитальных вложений Эр = max, оптимальным является вариант 4, в котором к. п. д. оросительной системы — $\eta = 0,80$, а расчетная водообеспеченность $P = 67\%$.

В случае проектирования мелких внутрихозяйственных ирригационных систем, продукция которых не может влиять на районные и республиканские ресурсы, из системы вариантов выбирался вариант с максимальной эффективностью использования капитальных вложений с учетом трудовых ресурсов и других возможностей хозяйства.

При уменьшении P на некоторую величину ΔP увеличивается площадь орошения (на $\Delta \Omega$) и чистый доход. При этом возрастают также потери хозяйств в связи с возрастанием дефицита в воде. До-

пустимый предел снижения P , и зависимости от различных вариантов противифльтрационных мероприятий, определяется сравнением данных по приращениям чистого дохода и стоимости ущербов (их равенство) (рис. 2).

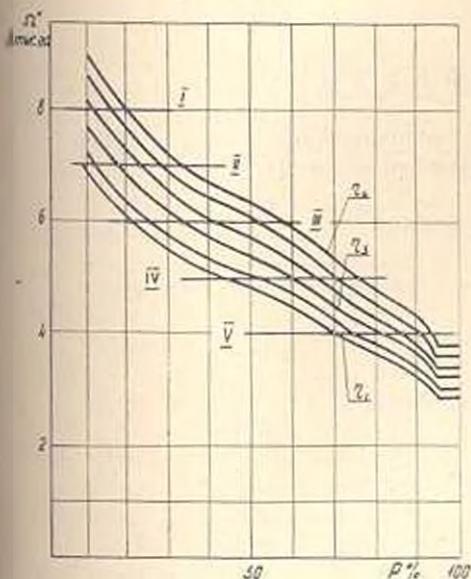


Рис. 1. Зависимость между площадью орошения (нетто) ирригационной системы и расчетной водообеспеченностью: I, II, III, IV, V — различные уровни выхода равной продуктивности.

I—16 тыс. тонн винограда и 12,8 тыс. тонн плодов; II—14 тыс. тонн винограда и 11,2 тыс. тонн плодов; III—12 тыс. тонн винограда и 9,6 тыс. тонн плодов; IV—10 тыс. тонн винограда и 8,0 тыс. тонн плодов; V—8 тыс. тонн винограда и 6,4 тыс. тонн плодов, η_1 ; η_2 ; η_3 ; η_4 ; η_5 — к. п. д. ирригационных систем при вариантах противифльтрационных мероприятий.

В районах с ограниченными водными ресурсами наиболее важным является вопрос полного использования этих ресурсов. В связи с этим целесообразно снизить расчетную обеспеченность до $P_{\text{к}}=35\%$, благодаря чему значительно увеличивается площадь орошения и, соответственно, чистый доход хозяйств. Это позволяет достигнуть значительного роста продуктивности земель.

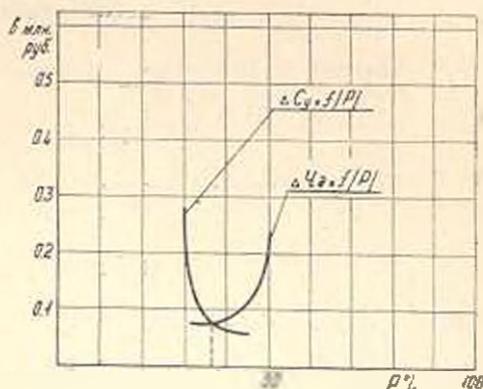


Рис. 2. Определение экономически допустимого предела снижения расчетной водообеспеченности:

ΔC_x — приращение стоимости ущерба (потери) хозяйств; Δr_{θ} — приращение чистого дохода хозяйств.

Ր Ո Վ Ա Ն Կ Ե Ա Կ Ո Ւ Թ Յ Ո Ւ Ն

«Հայկական ՍՍՀ ԳՍ. տեղեկագրի» (տեխնիկական գիտությունների սերիա) XXI հատորում զետեղված հայվածներ

ՀԱՇՎՈՂԱԿԱՆ ՏՆՆՆԵԿԱ

Ռ. Խ. Գրիգորյան, Արդյունաբերական հաճախության փոփոխական հոսանքի անալոգա- թվային կերպագրություն	6—25
Պ. Ա. Մարտոսյան, Անալոգիային մաթեմատիկական մոդելների ճշտության հաշվարկի հարցի շարքը	1—28
Ք. Ա. Նուրաշյան, Նոմինալի օպտիմում, մեթոդով սխեմաների օպտիմալացման սրուշ հարցերը	2—31

ՀԻԳՐԱԿՐԻԿԱ, ՀԻԳՐԱՏՆՆԵԿԱ

Հ. Մ. Այվազյան, Գիտողությունների Շեղիի գործակցի հաշվման սրուշ բաանձների վերաբերյալ	1—56
Ա. Կ. Անանյան, Ս. Ս. Վազարյան, Բազմաշերտ ֆիլտրացիոն միջավայրում ուղղանկյ ղործածի հաշվարկի շարքը	2—36
Գ. Ա. Հովսեփ-Օսովյան, Հիդրադինի փակոցով միջանցիկ խիանի հիդրոմեխանիկական հաշվարկի հարցի շարքը	5—32
Ռ. Մ. Աբրեգալյանյան, Ա. Մ. Գասպարյան, Խոշորահատիկ նյութերի խիտ շերտով պնե- մափոխադրում	3—8
Ն. Ա. Նեղոյանիճօգա, Զրի մեջ ածխածնի երկօքսիդի լուծելիության հարցի շարքը	3—11

ՈԱՎՎԱՆՆԱՈՒԹՅՈՒՆ

Վ. Ն. Գուլյիև, Մ. Լ. Ֆիշ, Յու. Մ. Խոշալունց, Զիմատրոնի տեսությունով ինտեգրալ զնաճատման իմպուլսա-հաճախականային սարքերի հաշվարկման փոփոխները	6—3
Գ. Հ. Մելիքյան, Անցողիկ պրոցեսի սրակի ցուցանիշների սահմանների վերաբերյալ	6—11

ՉԱՖՈՂԱԿԱՆ ՏՆՆՆԵԿԱ

Է. Վ. Վազարյան, Ա. Պ. Գուրյիև, Աշխատամասանակի էլեկտրաքիմիական հաշվիչների հաճախական հասկությունները	4—3
Մ. Ա. Կուրալյան, Մեծահաշվի բարձր հաճախության հոսանքների համար	3—23
Վ. Ա. Մակարով, Ռ. Է. Ալազյան, Ի. Մ. Կոռնենկո, Ա. Կ. Սոլովյով, Ն. Ա. Չարիկով, Մնացորդային լարումները p-n-p-n տիպի շահողիզող ստրուկտուրաներում	2—5

ԷՆԵՐԳԵՏԻԿԱ

Հ. Տ. Այրոց, Ռ. Հ. Ամիրիկյան, Հանդուցային լարումների հափասարումների զրանց- ման ափսոսապիման մեթոդիկա	1—3
Ռ. Ա. Երմեկովա, Էլեկտրական ցանցերի լիարդափորձող տրանսֆորմատորների ճյու- ղափորումների բնորման հարցի շարքը	5—20
Գ. Ա. Հայրապետյան, Ա. Ն. Մուսալեյան, Սինխրոն զննարատրների զրդուման կարդա- վորման սրուշ հարցերը	6—16

Ս. Վ. Եանվերդյան, Չ. Մ. Ռարսյան, էներգիաստեմում ՁԷԿ-ի աշխատանքի ուժեղացումը	5—26
է Ս. Պողոսյան, Զերմային արտադրության զարգացումը և արտադրության կարգավորման հարցերի մեթոդիկայի շարքը	1—16

ԷԼԵԿՏՐԱՏԵԽՆԻԿԱ

Վ. Ա. Արաբաբյան, Վ. Ն. Կրավիլին, Մորուն նյութերի պենետրացիայի մասնակատարող ստատիկ էլեկտրականության լիցքերի շեղումը հարցի շարքը	2—16
Ս. Ա. Գրիգորյան, Ինդուկտիվ և Կոնդենսատիվային ազդեցություններ կարբոնային զանգվածներում	3—15
Ս. Ա. Գրիգորյան, Սիլիցիումի կարբիդի տեսականորեն դիմադրության որոշման հիման վրա վարիտների անհրաժեշտ նմանակների ստացումը	2—24
Վ Ս. Խաչատրյան, Հողում և օդում հողում կորուստների մասնակի անհատականությունների որոշման արդյունքները	4—19
Ս. Ն. Զակարյան, Գ. Ն. Տևր-Վազարյան, Կիսահաղորդիչներում առաջացող էլեկտրոնային հոսանքի հիմնական հատկությունների հանդիմանում և նրանցից փոխազդեցության հարցերի շարքը	4—12

ՄԵԲԵՆԱՇԵՆՈՒԹՅՈՒՆ

Գ. Լ. Արեշյան, Ս. Ս. Ստամբուլյան, Վիտամինների սինթեզի կոնտակտային ապարատի փոխանցման ֆունկցիաների հարցերի շարքը	1—22
Ս. Ս. Կոնյուսյան, Ի. Վ. Նիկոլայան, Հոգեմտական և քիմիական կազմակերպության հարցերի շարքը և նրանցից փոխազդեցության հարցերի շարքը	5—12
Վ Ս. Մանուկյան, Ն. Վ. Լուրյան, Հոգեմտական և քիմիական կազմակերպության հարցերի շարքը և նրանցից փոխազդեցության հարցերի շարքը	5—16
Ք. Ս. Նալբանդյան, Արտադրության փոխանցման փունկցիաների վիճակագրական օպտիմալացումը	6—20
է. Լ. Ստամբուլյան, Տարբեր օդակի թափի մեծ անկյուն ունեցող շարժական-սինթետիկ մեխանիզմ	5—3

ՄԵՏԱՂԱԳԻՏՈՒԹՅՈՒՆ

Վ Ս. Մելիքյան, Բարձրամուր և բարձրացված ամրություն ունեցող շարժական-սինթետիկ մեխանիզմի կազմակերպության հարցերի շարքը	3—36
Ս. Ս. Քարամյան, Ն. Մ. Վոլոցոյ, Գ. Մ. Ռուբին, Բարձր և շարժական կարգավորող մեխանիզմում ալյումինի միացվածքների հոսքի շարքը	4—27

ՇԽԱՐՀԱՐԱՎԱՆ ԿՈՆՍՏՐՈՒԿՏՈՒՄԵՐ ԵՎ ՇԽԱՐՀԱՐԱՎԱՆ ՄԵԽԱՆԻԿԱ

Ս. Ս. Քարամյան, Ալյումինի միացվածքից ծողերի կազմակերպության էքսպերիմենտալ ուսումնասիրությունը սեղմող օժի կիրառման տարատեսակի ապակենտոնությունների դեպքում	5—38
Ս. Վ. Քելյուսյան, Թեթև և ծանր մետաղների կազմակերպության էքսպերիմենտալ ուսումնասիրությունը ծովային և արտադրության համարող ազդման դեպքում	5—44
Յ. Ա. Գրիգորյան, Ք. Մ. Մարտիրոսյան, Ս. Ա. Փիլոսոֆյան, Լ. Վ. Մանուկյան, Տարբեր-տարբեր 1966 թվականի երկրաշարժի հետևանքների ինժեներական հետազոտության որոշ արդյունքները	3—29
Ս. Ս. Գրիգորյան, Կառուցվածքների սեյսմակազմակերպության խնդիրները երկրաշարժերի ակտիվացման օգտագործման մեթոդիկայի մասին	4—34
է. Ս. Խաչատրյան, Մոման և սահմանի դիֆուզիաների համարող հարցերի շարքը և նրանցից փոխազդեցության հարցերի շարքը	4—41
Վ Ս. Կարամյան, Թեթև և ծանր մետաղների ծովային էքսպերիմենտների արդյունքները	4—50

II. Կ. Լակերյան. Երկարացված շառավղային վանկերով ֆերմաներ	1—16
Ա. Գ. Լակերյան. Երկարացրած շառավղային վանկերով ֆերմաների հիմնական պարամետրերի մասին	6—33
Ք. Գ. Մարգարյան, Լ. Վ. Շահնավարյան. Կանոնավոր ձևի ուռնաքարերից արտակենտրոն սեղմված պատերի ֆրագմենտների ամբօթյունը և ձևափոխելիությունը	1—18
Լ. II. Շախարյան. Զոդային ամբուսի և յիթոիդային պեղծայով թևին բնուսին չափակայման հարցի շուրջը	1—41
II. Ա. Վալդասյան. Թեական թևին լցելներով պատրաստված երկաթթեռանն սեղմված էկուս էլեմենտների կրողունակությունը գերաբերյալ	3—31

ՅԻՏԱԿԱՆ ԵՐԹԵՐ

Կ. Գ. IIրուսիանյան, II. Ա. Լակերյան. Աերեզնա գործողության անտարիքատորի մասնատակական մողեր	6—19
Կ. Գ. Արսևանյան, Ս. Ա. Լակերյան. Արտադրական պրոցեսների ազատակով մողելի կատուցման որոշ հարցերը	5—54
Խ. Զ. Գևորյան. Դենտոպոլի թրծման կանոնակարգի պրոցեսների բնույթի վերաբերյալ	2—44
Գ. Գ. Կիսիյան. Ընասնարաչխուսիդ հաժաղ արանաֆորմատորներում ու սիմետրիկ սեծիմենտում	3—43
Լ. II. Զախարով. Կապահողա-բնիտային ցեմենտով բնուսի առակայական հատկությունների և սողի մասին	6—41
Լ. Յ. Կուլիկովսկի, Փ. Յա. Կիտացեկեր, Մ. Գ. Գանչովյան. Ընդհանրացված արտահայտություն բուր սեռակի համեմատության չափաների զգայունության համար	3—49
Զ. Տ. Գուրյան, Զ. II. Մելիքյան. Եներքին շերմանեղատուսիների հաշվաման և ցրտասպատման նորմաների վերաբերյալ	5—53
Բ. Ա. Վուկասյան. Հաստոց հարմարանք գործիք-գետու սիտանում հանդարտել սուների որոշման մեթոդիկայի շուրջը	6—41
Կ. Գ. Լակերյանյան. Վեցրենտի հաշվարկի շուրջը	2—43
Ս. Ն. Մելիքյան. Տուֆաքարի հեռ խարամարեռանի չաղկայման ամբօթյան վերաբերյալ	2—43
Լ. Ա. Լեռնյան. Թաղաքային էլեկտրական ցանցերի բնակարանա-կենցաղային բնուսվածություն կանխագուշակման հարցի շուրջը	4—56
Զ. Կ. Լուկասյան. Լախագծիզ ուղղման սիտանների հաշվային չրաապահովվածություն և զզգ-ի որոշման մեթոդիկայի շուրջը	6—41
Զ. Վ. Փելչումալյան. Երկաթթեռանն պատային պոսելների ուսումնասիրությունը հորիզոնական ուժի ազդեցության տակ	3—13

СОДЕРЖАНИЕ

XXI тома «Известий АН Армянской ССР» (серия технических наук)

Стр.

Вычислительная техника

- Р. Х. Григорян.* Аналого-цифровое преобразование переменного тока промышленной частоты 6—25
- П. А. Матевосян.* К вопросу о расчете точности аналоговых математических моделей 1—28
- Т. А. Налчаджян.* Некоторые вопросы оптимизации систем методом „оптимальная номинала“ 2—31

Гидравлика, гидротехника

- О. М. Айвазян.* Замечания о формулах по расчету коэффициента Шези 1—56
- А. К. Ананян, С. М. Казарян.* К расчету вертикального дренажа в многослойной фильтрующей среде 2—36
- Г. А. Амбарцумян.* К вопросу гидромеханического расчета сквозной шпору с гидравлическим барьером 5—32
- Г. М. Мирзаханян, А. М. Гислярян.* Пневмотранспорт крупнозернистых материалов в плотном слое 3—3
- Н. А. Нездойминова.* К вопросу о растворимости двуокиси углерода в воде 3—11

Приборостроение

- В. П. Долгин, М. Л. Фиш, Ю. М. Ходжанци.* Основы расчета частотно-импульсных устройств интегральной оценки на химотронные интегрирующие тетроды 6—3
- Д. О. Милкумян.* О границах показателей качества переходного процесса 6—11

Измерительная техника

- М. А. Карапетян.* Измеритель емкости при высокой частоте 3—23
- Э. В. Казарян, А. П. Шорыгин.* Сравнительные свойства электрохимических счетчиков времени параболки 4—3
- В. А. Макаров, Р. Э. Аязян, Н. М. Коронивский, А. К. Соловьев, Н. А. Чарыков.* Остаточное напряжение в насыщенющихся структурах типа $p-n-p-n$ 2—5

Энергетика

- Г. Т. Адоци, Р. А. Амирян.* Методика автоматизации записи уравнений узловых напряжений 1—3
- Г. А. Айрапетян, А. Н. Мусаелин.* Некоторые вопросы регулирования возбуждения синхронных генераторов 6—16
- Р. А. Ермекова.* К вопросу выбора ответвлений нерегулируемых трансформаторов электрических сетей 5—20

- Э. С. Погибеков. К методике расчета многолетнего регулирования газоиспользования теплоэлектростанции 1—16
- С. В. Шахвердян, Д. М. Бабаян. Алгоритм оптимизации режима работы ТЭС в энергосистеме 5—26

Электротехника

- В. К. Абрамий, Л. Е. Крапивин. К вопросу нейтрализации зарядов статического электричества, возникающих при пневмотранспортировке сыпучих материалов 2—16
- Р. Е. Аюбян, Г. Н. Тер-Газарян. Применение эффекта Холла в полупроводниках для измерения токов в стержневых успокоительных обмотках гидрогенераторов 4—12
- А. А. Григорян. Получение необходимых помпалов варисторов на основе определения удельного сопротивления карбида кремния 2—24
- А. А. Григорян. Влияние импульсной тренировки на приповерхностную проводимость карборунда 3—18
- В. С. Хачатрян. Алгоритм определения частных производных от потерь мощностей по мощностям отдельных стационарных узлов 4—18

Машиностроение

- Г. Л. Арешин, С. С. Захарьян. Расчет передаточных функций контактного аппарата синтеза виниллацетата 1—22
- С. С. Дмитриченко, Р. В. Нирсисян. О выборе верхней и нижней границ суммирования повреждений при расчетной оценке усталостной долговечности 5—12
- Э. Л. Джавадян. Шатуно-кулачковый механизм с большим углом размаха ведомого звена 5—3
- В. С. Макукян, Е. В. Хлебалов. К расчету частоты собственных колебаний подвижного шпинделя горизонтально-расточного станка 5—18
- Т. А. Налчаджян. Статистическая оптимизация автоматических систем 6—20

Металловедение

- Р. С. Карамиян, Н. М. Воропай, Д. М. Рабкин. К вопросу сварки алюминиевых сплавов в контролируемой атмосфере повышенного давления 4—27
- Л. М. Мелконян. Коррозионная стойкость термоупрочненных сталей повышенной и высокой прочности в атмосферных условиях 3—36

Строительные конструкции и строительная механика

- А. Г. Аюбян. Фермы с удлиненными радиальными вангами 1—3
- А. Г. Аюбян. Об основных параметрах ферм с удлиненными радиальными вангами 6—33
- С. А. Багдасарян. Экспериментальное исследование несущей способности сжатых стержней из алюминиевого сплава при неодинаковых эксцентриситетах приложения нагрузки 5—38
- А. В. Белубекян. Экспериментальное исследование несущей способности балок из легкого железобетона при совместном действии изгиба и кручения 5—44
- А. А. Вартапетян. О несущей способности гибких сжатых элементов из легкого железобетона на естественных заполнителях 5—51
- Т. А. Горони, Т. Г. Маркисян, С. А. Цирулян, Л. В. Шахсуварян. О некоторых результатах инженерного обследования последствий ташкентского землетрясения 1966 года 3—29
- С. С. Дарбинян. О методике использования акселерограмм землетрясений в задачах сейсмостойкости сооружений 4—34

- В. А. Карапетян.* К вопросу границы армирования изгибаемых элементов из легкого железобетона на литойной мембе 4—50
- Т. Г. Маркрян, Л. В. Шахсуварян.* Прочность и деформативность внецентренно сжатых фрагментов стен из туфовых камней правильной формы 21—49
- Э. Е. Хачиян.* К определению частот и форм колебаний стержней при совместном учете деформаций изгиба и сдвига 4—41
- Л. С. Шакарян.* К вопросу сцепления стержневой арматуры и легкого бетона на литойной мембе 1—41

Научные заметки

- Г. Д. Аколджиян.* К расчету шестиугольников 2—43
- К. Г. Абрамян, С. А. Акопян.* Некоторые вопросы построения адаптивной модели производственного процесса 5—56
- К. Г. Абрамян, С. А. Акопян.* Математическая модель ацетилятора непрерывного действия 6—39
- Х. О. Геворкян.* О природе контактных процессов обжига фосфора 2—45
- Г. Г. Гимоян.* Токораспределение в трехфазных трансформаторах при несимметричных режимах 3—43
- Б. С. Гукасян.* К методике определения сил демпфирования в системе станок-приспособление-инструмент-деталь 6—41
- Л. А. Захаров.* Об упругих свойствах и ползучести бетона на глиноземистобелитовом цементе 6—43
- Л. Ф. Куликовский, Б. Я. Лихтендер, М. Г. Наглави.* Обобщенное выражение для чувствительности всех видов цепей сравнения 3—49
- Л. Т. Кудоян, Э. А. Аволян.* Об учете внутренних тепловыделений и нормах хладопотребления 5—59
- С. Н. Меккиян.* О прочности сцепления шлакобетона с туфовым камнем 2—48
- Е. А. Норсисян.* К вопросу прогнозирования жилищно-бытовой нагрузки городских электрических сетей 4—56
- О. В. Пештмалджян.* Исследование моделей железобетонных панелей при действии горизонтальных сил 3—45
- Г. Д. Степанян.* К методике определения расчетной водообеспеченности и к. п. д. проектируемых ирригационных систем 6—45

Основы расчета частотно-импульсных устройств интегральной оценки на хомотронных интегрирующих тетрадах. Долгин В. Н., Финн М. Л., Ходжаянц Ю. М. „Известия АН АрмССР (серия ТН)“, т. XXI, № 6, 1968, 3—10.

Обобщены способы расчета устройств интегральной оценки, построенных на принципе использования некоторых специфических свойств хомотронных интегрирующих тетрадов. Даны практические формулы расчета таких устройств. Библиографий 5. Иллюстраций 3.

О границах показателей качества переходного процесса. Мелкумян Д. О. „Известия АН АрмССР (серия ТН)“, т. XXI, № 6, 1968, 11—15.

Определяются границы показателей качества переходного процесса системы регулирования (время регулирования, степени устойчивости, коэффициент затухания и др.) по известным коэффициентам характеристического уравнения. Библиографий 2.

Некоторые вопросы регулирования возбуждения синхронных генераторов. Айрапетян Г. А., Мусаелян А. П. „Известия АН АрмССР (серия ТН)“, т. XXI, № 6, 1968, 16—19.

На основе математического моделирования изучается поведение синхронных генераторов, регулирование возбуждения которых осуществляется по трем параметрам: току статора, отклонению напряжения на шинах и частоте в системе. Составлены алгоритм и программа расчета режима регулирования, в которой частота рассматривается как зависимый параметр. Сравнительно длительное время протекания процессов снижения частоты вследствие больших постоянных времени машины (порядка 10—15 сек) позволяет в каждом промежуточном режиме не учитывать как электромагнитные переходные процессы в контурах генератора, так и динамические процессы в системе регулирования. Это дает возможность пользоваться параметрами установившегося режима генератора при различных дискретных значениях частоты, тока статора и коэффициента мощности. Задача решается на ЭЦВМ итеративным методом. Библиографий 1. Иллюстраций 3.

Статистическая оптимизация автоматических систем. Налчаджян Т. А. „Известия АН АрмССР (серия ТН)“, т. XXI, № 6, 1968, 20—24.

Рассматриваются вопросы повышения экономической эффективности автоматических установок, выпускающих серийную продукцию. Предложены конкретные расчетные формулы для выбора новых значений параметров и программ управления процессом. Решение задачи оптимизации по предлагаемому методу не требует конструктивных изменений, что обычно имеет место при других методах оптимизации. Отмечается, что метод оптимизации применим для многочисленных технологических процессов, входные и выходные параметры которых имеют вероятностный характер. Библиографий 1. Иллюстраций 1.

УДК 621.3.025

Аналого-цифровое преобразование переменного тока промышленной частоты. Григорян Р. Х. „Известия АН АрмССР (серия ГН)“, т. XXI, № 6, 1968, 25—32

Показана возможность измерения мощности переменного тока промышленной частоты путем преобразования ее компонентов в двучинный ход. Приводятся схема фиксации аналоговой величины, необходимая для повышения точности преобразования; схемы измерения угла сдвига фаз между напряжением и током; схема преобразователя двухполярных сигналов и система контроля его работы.

Отмечается, что предполагаемый метод дает возможность измерять мгновенные значения мощности переменного тока с точностью до 0,1%. Библиографий 4. Иллюстраций 3.

УДК 624.023.8+69.023.8

Об основных параметрах ферм с удлиненными радиальными вантами. Акопян А. Г. „Известия АН АрмССР (серия ГН)“, т. XXI, № 6, 1968, 33—38.

Исследуется влияние изменения основных параметров ферм с удлиненными радиальными вантами на расчетные усилия в них. Изучено влияние изменения момента инерции балки жесткости, величины эксцентриситета пропуска вант под балкой жесткости, высоты пилона, площади сечения вант. Отмечаются достоинства конструкции фермы с удлиненными радиальными вантами по сравнению с обычной радиально-вантовой фермой в отношении жесткости и возможности регулирования усилий в элементах. Иллюстраций 6.



Բ Ո Վ Ա Ն Դ Ա Կ Ո Ւ Ք Յ Ո Ւ Ն

ՍԱՐԲԱՇԻՆՈՒԹՅՈՒՆ

- Վ. Ն. Սոյգին, Մ. Ա. Ֆիլ, Յու. Մ. Խաթայանց, Քիմատրոնե տետրոգներով ինտեգրալ գնահատման իմպուլսա-հանախականային սարքերի հաշվարկման հիմունքները 3
- Գ. Հ. Լեյբուվյան, Անցողիկ պրոցեսի որակի ցուցանիշների սահմանների վերաբերյալ 11

ԷՆԵՐԳԻՏԻԿԱ

- Դ. Ա. Հայրապետյան, Ա. Ն. Խուսայկյան, Սինթրոն զեննրատորների զրգուման կարգափորման որոշ հարցեր 14

ԻՆԲԵՆԱՇԻՆՈՒԹՅՈՒՆ

- Թ. Ա. Խալչոյան, Ավտոմատ սխեմաների վիճակագրական սպտիմալացումը 20

ՀԱՇՎՈՎԱԿԱՆ ՏԵԽՆԻԿԱ

- Ռ. Խ. Գրիգորյուն, Արդյունաբերական հաստատության փոփոխական հոսանքի անալոգա-իզային կերպափոխում 25

ՇՆՆԱԲԱՐԱՐԱԿԱՆ ԿՈՆՍՏՐՈՒԿՏԻՎՆԵՐ

- Ա. Գ. Հակոբյան, Արկարացած շտապիղային վանտերով ֆիլմաների հիմնական պարամետրերի մասին 27

ԳԻՏԱԿԱՆ ՆՈՒԹՅՐ

- Կ. Գ. Արուստամյան, Ս. Ս. Հակոբյան, Աներոզատ գործողության ացետիլատորի մաթեմատիկական մոդելը 39
- Ր. Ս. Ղուկասյան, Հաստոց հարմարանք գործիք-ղեկող սխեմանում հանդարտիչ ուժերի որոշման մեթոդիկայի շուրջը 47
- Լ. Ա. Չախաբով, Կավահոդային բնիտային ցնմանետով բնտեռի առաձգական հատկությունների և սողքի մասին 49
- Հ. Գ. Ստեփանյան, Նախադժվող ռոտզման սխեմաների հաշվային զրտապահոփածաթյան և ՈԳԳ-ի որոշման մեթոդիկայի շուրջը 45
- ԱՄ հատորի բովանդակությունը 49

СОДЕРЖАНИЕ

Стр.

Приборостроение

- В. П. Долгин, М. Л. Фил, Ю. М. Ходжаянц.* Основы расчета частотно-импульсных устройств интегральной оценки на хомотропных интегрирующих тетрадах 3
- Д. О. Мелкуш* и др. О границах показателей качества переходного процесса 11

Энергетика

- Г. А. Айрапетян, А. Н. Мусаянц.* Некоторые вопросы регулирования возбуждения синхронных генераторов 16

Машиностроение

- Т. А. Налчаджян.* Статистическая оптимизация автоматических систем 20

Вычислительная техника

- Р. Х. Григорян.* Аналого-цифровое преобразование переменного тока промышленной частоты 25

Строительные конструкции

- А. Г. Акопян.* Об основных параметрах ферм с удлиненными радиальными вантами 33

Научные заметки

- К. Г. Абрамян, С. А. Акопян.* Метаматематическая модель эцилятора непрерывного действия 39
- Б. С. Гукасян.* К методике определения сил демпфирования в системе станок-приспособление-инструмент-деталь 41
- Л. А. Захаров.* Об упругих свойствах и ползучести бетона на глиноземистобелитовом цементе 43
- Г. Д. Степанян.* К методике определения расчетной водообеспеченности и к. п. д. проектируемых ирригационных систем 45
- Содержание XXI тома 51