сообщения
объединенного
института
ядерных
исследований
дубна

13-80-797

Б.А.Аликов, В.Ф.Борейко, И.Н.Егошин,
А.Б.Йорданов, С.И.Орманджиев, К.Д.Янакиев

МАТЕМАТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ МОДЕЛИ УСТРОЙСТВА ВРЕМЕННОЙ ПРИВЯЗКИ К ПОСТОЯННОЙ ЧАСТИ АМПЛИТУДЫ ВХОДНЫХ ИМПУЛЬСОВ РАСШИРЕННОГО ДИНАМИЧЕСКОГО ДИАПАЗОНА

1980

Метод временной привязки к точке пересечения нулевого уровня биполярным импульсом [1–11] находит широкое применение в ядерной электронике. В работах [8-11] формирование биполярного импульса основано на вычитании дифференциальным усилителем двух сдвинутых по времени однополярных импульсов. Влияние коэффициента подавления синфазных помех на "гуляние" точки привязки в случае бесконечной полосы пропускания дифференциального усилителя и линейно возрастающего входного напряжения исследовалось в работах [8,11]. При этом влияние амплитудного ограничения сигналов усилительных каскадов на время привязки не анализировалось.

В данной работе было исследовано влияние скорости нарастания входного напряжения, а также параметров реального дифференциального усилительного каскада и дискриминатора на время привязки. Представление входного сигнала в виде линейно возрастающей функции времени дает хорошее приближение как для сигналов с ППД, так и для импульсов с ФЭУ. Численные расчеты проводились на ЭВМ "Изот-310". Схема рассмотренного нами трехкаскадного устройства показана на рис.1а. Модель одного каскада состоит из дифференциального усилителя с частотно-независимым коэффициентом усиления К, максимальной амплитудой выходного напряжения А /рис.1б/ и бесконечным входным сопротивлением. На входе усилителя включена интегрирующая RC-цепь с постоянной времени τ_u, отражающая частотные свойства каскада.

Сигнал в выбранной точке многокаскадного усилителя можно представить суммой приложенных в разное время напряжений, усиленных дифференциальным усилителем с бесконечно удаленными уровнями ограничения и проинтегрированных соответственное количество раз:

$$U(t) = \sum_{j=1}^{3} \sum_{\ell=1}^{j} A(j,\ell)\, Y_t(j,n) \cdot \Theta[t(\ell)] , \qquad /1a/$$

где t - текущее время; $U(t)$ - суммарное напряжение в выбранной точке; $Y_t(j,n)$ - вид данной составляющей входного напряжения после $(n-1)$ -кратного RC-интегрирования; $j=1$ - линейно нарастающее входное напряжение; $j=2$ - единичный скачок напряжения; $j=3$ - дельта-импульс; $A(j,\ell)$- коэффициенты включенных входных функций; $\Theta[t(\ell)]$ - единичный скачок $\Theta(t) = \begin{cases} 1 & \text{при } t \geq t(\ell) \\ 0 & \text{при } t < t(\ell) \end{cases}$;
ℓ - порядковый номер включаемой функции.

Для удобства вычисления на ЭВМ выражение /1а/ нормируем к времени задержки, полагая

$$\frac{t}{t_з} = X_1 ; \quad \frac{t_\ell}{t_з} = X(\ell) ; \quad \frac{\tau_и}{t_з} = \frac{1}{\eta} = \frac{1}{N} ; \quad \frac{U(t)}{t_з} = U(X_1) ; \quad \psi = \frac{U_{02}}{U_{01}} .$$

Тогда выражение для нормировочного суммарного напряжения примет вид

$$U(X_1) = \sum_{j=1}^{3} \sum_{\ell=1}^{1} A(j,\ell) \cdot Y(j,n)\,\Theta[X(\ell)]. \qquad /1б/$$

Аналитические выражения для $Y(j,n)$ различных значений параметров j и n приведены в табл.1.

Например, выражение для напряжения на выходе 1а /рис.1а/ получим, положив /рис.2а,3а/

$$A(1,1) = -kmF; \quad Y(1,1) = t; \quad t(1) = 0;$$

$$A(1,2) = kF; \quad Y(1,2) = (t - t_з); \quad t(2) = t_з.$$

Таблица 1

j \ n	1	2	3	4
1	$Y_{11} = X_1 - X_\ell$	$Y_{12} = X_1 - X_\ell - \frac{1}{N}\left[1 - e^{-(X_1 - X_\ell)N}\right]$	$Y_{13} = X_1 - X_\ell - \frac{2}{N} + \left(X_1 - X_\ell + \frac{2}{N}\right)e^{-(X_1 - X_\ell)N}$	$Y_{14} = X_1 - X_\ell - \frac{3}{N} + \left[\frac{(X_1 - X_\ell)^2}{2}N + 2(X_1 - X_\ell) + \frac{3}{N}\right]e^{-(X_1 - X_\ell)N}$
2			$Y_{23} = 1 - [(X_1 - X_\ell)N + 1]e^{-(X_1 - X_\ell)N}$	$Y_{24} = 1 - \left[\frac{(X_1 - X_\ell)^2}{2}N^2 + (X_1 - X_\ell)N + 1\right]e^{-(X_1 - X_\ell)N}$
3				$Y_{34} = \frac{(X_1 - X_\ell)^2 N^2}{2} e^{-(X_1 - X_\ell)N}$

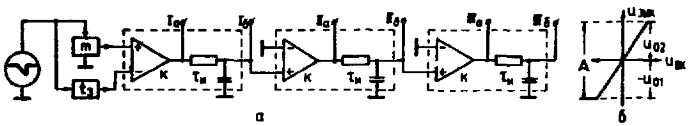


Рис.1. Схема модели трехкаскадного блока временной привязки/а/; выходная характеристика модели каскада дифференциального усилителя с бесконечной полосой пропускания /б/.

Для неограниченного по амплитуде выходного сигнала выражения для напряжения в разных точках устройства /рис.1а/ примут вид

$$U_{I_а}(t) = kF[-mt\Theta(0) + (t - t_з)\cdot\Theta(t_з)], \qquad /2а/$$

$$U_{I_б}(t) = kF\{(1-m)t\cdot\Theta(0) + \tau_0 e^{-t/\tau_и}(e^{t_з/\tau_и} - m)\cdot\Theta(t_з) - [\tau_и(1-m) + t_з]\}, \qquad /2б/$$

$$U_{II_б}(t) = kF\{(1-m)t\cdot\Theta(0) - m(t+2\tau_И)e^{-t/\tau_И}\cdot\Theta(0) + (t-t_з+2\tau_И)e^{-(t-t_з)/\tau_И}\Theta(t_з) - [2\tau_И(1-m)+t_з]\}, \qquad /2в/$$

$$U_{III_б}(t) = kF\{(1-m)t\cdot\Theta(0) - m(\frac{t^2}{2\tau_И} + 2t + 3\tau_И)e^{-t/\tau_И}\Theta(0) + [\frac{(t-t_з)^2}{2\tau} + 2(t-t_з) + 3\tau_И]e^{-(t-t_з)/\tau_И}\Theta(t_з) - [3\tau_И(1-m)+t_з]\}. \qquad /2г/$$

Точки начала и конца ограничений /рис.2б,3б/ есть точки пересечения неограниченного сигнала с уровнями ограничения $-U_{01}$, U_{02}:

$$U(t_{огр.}) \equiv U_{огр.}\,. \qquad /3/$$

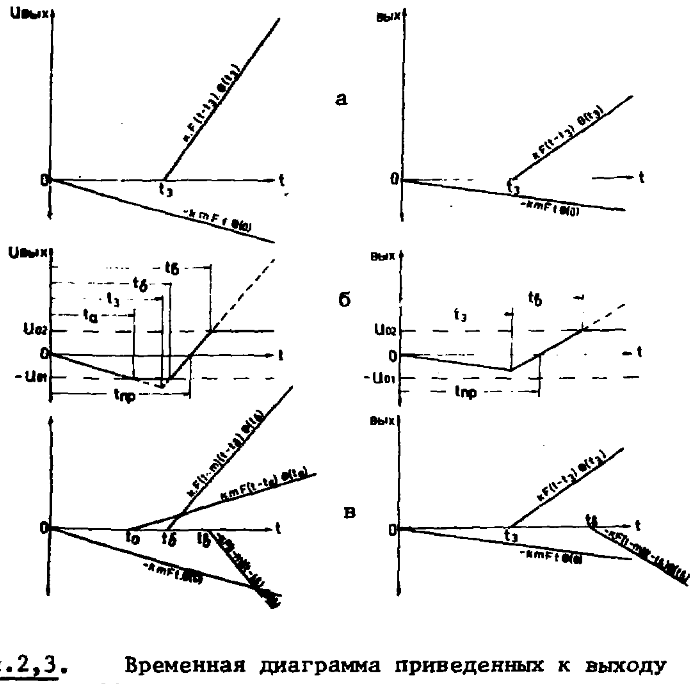


Рис.2,3. Временная диаграмма приведенных к выходу первого дифференциального усилительного каскада составляющих выходного напряжения /а/; суммарное напряжение на выходе дифференциального усилителя /б/; составляющие ограниченного выходного напряжения /в/.

В случае ограниченного, неинтегрированного, линейно изменяющегося сигнала /рис.2б,2в,3б,3в/ по формуле /3/ легко получить аналитические выражения, позволяющие найти точки пересечения функции с уровнями ограничения /табл.2/, где $\Psi = \frac{U_{02}}{|-U_{01}|}$, а Z имеет вид, приведенный в формуле /6/.

Таблица 2

n \ $t_i/t_з$	$X_0 = \frac{t_0}{t_з}$	$X_д = \frac{t_д}{t_з}$	$X_б = \frac{t_б}{t_з}$	$X_1 = t_{пр}/t_з$: $t_{пр} < t_б$	$X_1 = t_{пр}/t_з$: $t_{пр} > t_б$
1	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{(1-m)}\left[1-\frac{\Psi}{2}\right]$	$\frac{1}{(1-m)}\left[1+\frac{m\Psi}{2}\right]$	$\frac{1}{1-m}$	—
2	∞ или $\frac{1}{2KZ}\times\left(1+\sqrt{1+\frac{4KZ}{\eta}}\right)$	∞ или $\frac{KZ-m}{2KZ(1-m)}\times\left[1+\sqrt{1+\frac{4K^2Z^2(1-m)}{\eta^2(KZ-m)^2}}\times\sqrt{(1-e^{\eta})+\frac{\eta(KZ-m)}{KZ}}\right]$	$\frac{KZ+\Psi m}{2KZ(1-m)}\times\left[1+\sqrt{1+\frac{4K^2Z^2(1-m)}{\eta^2(KZ+\Psi m)^2}}\times\sqrt{1-e^{\eta}+\frac{\eta(KZ+\Psi m)}{KZ}}\right]$	$\frac{1}{2(1-m)}\times\left[1+\sqrt{1+\frac{4(m+\eta-e^{\eta})}{\eta^2}}\right]$	$\frac{1}{\eta}\ln\frac{\eta[1-X_б(1-m)]}{(1-m)e^{\eta X_б}-e^{\eta}(1-m)}$

Эти выражения показывают, что ограничение по нижнему уровню зависит от скорости нарастания F входного сигнала, а по верхнему уровню - и от его длительности. При одно-, двух- и трехкратном интегрировании напряжения получаем трансцендентные уравнения для точек пересечения. В этом случае можно использовать только приближенные аналитические выражения. Аппроксимация вида $e^{-\eta X_i} = \frac{1}{1+X_i}$ для случая однократного интегрирования ($n=2$) неограниченного входного сигнала, а затем его ограничения приводит к выражениям, представленным в табл.2. Аналитическое выражение для ограниченного напряжения на выходе дифференциального усилительного каскада получим, если в момент времени t_a ко входу первого каскада приложим компенсационное напряжение $G(t-t_a)$, удовлетворяющее уравнению

$$U(t) - G(t-t_a)\cdot\Theta(t_a) = -U_{01} \quad \text{при} \quad t \geq t_a . \qquad /4а/$$

Для случая $n=1$ компенсационные члены имеют вид линейно изменяющихся функций времени. Если ограничение произошло после усиления интегрированного сигнала, аналитическое выражение для компенсационного выражения имеет более сложную форму и может содержать до трех функций разного вида, умноженных на отличающиеся константы. В табл.3 в каждой колонке при $n=\text{const}$ записаны коэффициенты всех функций, появляющихся при первом ограничении после $(n-1)$ -го интегрирования. Коэффициенты C_{jnr} функции $Y(j, n)$ содержатся в ячейке табл.3 с соответствующими индексами / $r=1$ соответствует ограничению только после второго интегрирования; $r=2$ - ограничению уже ограниченного после первого интегрирования сигнала/.

Таблица 3

$j \backslash n$	1	2	3
1	$C_{111}=1$	$C_{121}=1$	$C_{131}=1$
2		$C_{221}=\frac{1}{N}\left(1-e^{-[F(q)-X(e)]N}\right)$	$C_{231}=-\frac{1}{N}\left(e^{-[F(q)-X(e)]N}\{2+[F(q)-X(e)]-2\}\right)$
			$C_{232}=\{1+[F(q)-X(e)]N\}e^{-[F(q)-X(e)]N}$
3			$C_{331}=-\frac{1}{N}\left(e^{-[F(q)-X(e)]N}\{1+[F(q)-X(e)]N\}-1\right)$
			$C_{332}=[F(q)-X(e)]e^{-[F(q)-X(e)]N}$

В интервале между точками начала ограничения t_a и конца ограничения $t_б$ другие компенсационные члены не включаются. В точке $t_б$, где кончается ограничение, необходимо снова восстановить вид неограниченной функции, то есть

$$-U_{01}+G_б(t-t_б)\cdot\Theta(t_б)=U(t) \quad \text{для} \quad t \geq t_б . \qquad /4б/$$

Ограничение сигнала после точки $t_в$ можно получить, включая компенсационную функцию:

$$U(t)+G_в(t-t_в)\cdot\Theta(t_в)=U_{02} \quad \text{для} \quad t \geq t_в . \qquad /4в/$$

Конечная цель анализа - нахождение точки "привязки" напряжения $U(t)$, то есть нахождение такой точки $t_{пр}>t_з$, время достижения которой не зависит от скорости нарастания F входного напряжения. Положение точки найдем, приравняв к нулю производную

$$\frac{d}{dF}[U(t, m, F, \Psi)] . \qquad /5/$$

Это выражение позволяет определить $t_{пр}$ /табл.2/. Заменив переменную t на $t_{пр}$ в уравнении /2а/ для неинтегрированного суммарного напряжения, увидим, что эта точка соответствует $U(t_{пр}) = 0$, то есть переходу через нуль суммарного напряжения. Амплитудное ограничение напряжения влияет только на положение точек $t_а$, $t_б$ и $t_в$ неинтегрированного сигнала, а $t_{пр}$ остается константой.

Уже для случая однократного RC-интегрирования получить точные аналитические выражения для времени привязки невозможно /табл.2/, поэтому решение находим численно с помощью ЭВМ. Поскольку положение точки привязки меняется, когда интегрированный суммарный сигнал превышает уровни ограничения усилительных каскадов, удобно ввести соотношение

$$Z = \frac{kmFt_з}{U_{01}}, \qquad /6/$$

где Z - коэффициент перегрузки входного дифференциального усилительного каскада. Поделив обе части формулы /2а/ на U_{01}, выразим это соотношение через Z; приравняв последовательно $U(t)$ к $-U_{01}$ и U_{02}, получим через параметр Z выражение для точек $t_а$, $t_б$ и $t_в$ неинтегрированного напряжения. Поскольку сумма $U_{01}+U_{02}=A$ остается константой при варьировании отношением $\Psi = \frac{U_{02}}{U_{01}}$, введем "приведенный" коэффициент перегрузки:

$$Z_{пр} = \frac{kmFt_з}{A/2} = Z \cdot \frac{2}{1+\Psi}. \qquad /7/$$

Когда $\Psi = 1$, выражения /6/ и /7/ совпадают. При перегрузке возможен случай, когда из-за большого синфазного сигнала дифференциальный усилитель перейдет в область ограничения раньше перехода через нуль суммарного напряжения.

Для интегрированных импульсов переход через нуль может наступить после точки ограничения $t_в$ неинтегрированного напряжения. Учитывая все это, необходимо ограничить Z по максимально допустимому значению. Для дальнейшего анализа положим

$$U_c = D \cdot A, \qquad /8/$$

где U_c - максимально допустимое синфазное напряжение на входе первого дифференциального усилительного каскада, при котором его коэффициент усиления остается постоянным; D - константа. Имея в виду, что ограничение сигнала может наступить, когда задержанное на время $t_з$ входное напряжение достигнет величины

$$F(t_в - t_з) = DA, \qquad /9/$$

а также подставив в формулу выражение для $t_з$ /табл.1/, получим

$$Z \le D(1+\Psi)(1-m)-\Psi, \qquad /10/$$

$$Z_{пр} \le 2[D(1-m) - \frac{\Psi}{1+\Psi}. \qquad /11/$$

Коэффициенты перегрузки следующих каскадов определим с помощью соотношения

$$Z = \frac{U_{BX\ min} \cdot K}{U_{01}}, \qquad /12/$$

где $U_{BX\ min}$ - наибольшее отрицательное значение суммарного выходного напряжения данного каскада.

Коэффициент усиления синфазного сигнала M изменяет выражение /2а/ для суммарного напряжения на выходе первого дифференциального каскада с бесконечной полосой пропускания:

$$U(t) = kF(1-\frac{M}{2K})[-m\cdot\frac{2K+M}{2K-M}\cdot t\cdot\Theta(0)+(t-t_з)\cdot\Theta(t_з)]. \qquad /13/$$

Уменьшение скорости нарастания входного напряжения, вызванное наличием коэффициента M, несущественно, но, поскольку меняется также и коэффициент ослабления незадержанного сигнала, наблюдается нестабильность времени привязки, вследствие чего необходимо избегать режима работы устройства в области, где $M \ne const$. Зависимость времени привязки от коэффициента усиления синфазного сигнала M имеет вид

$$t_{пр} = \frac{t_з}{1-m\frac{2K+M}{2K-M}}. \qquad /14/$$

До сих пор мы проводили анализ, считая, что дискриминатор является полностью безынерционным устройством. Это приводит к значительной ошибке при малых входных сигналах, поэтому проведен анализ совместно работающих дифференциального усилителя и дискриминатора Шмитта, выполненного на основе двухкаскадного усилителя с положительной обратной связью.

В результате получим зависимости задержки выходного импульса от скорости нарастания входного, а также от времени полной задержки, получаемой при совместной работе усилителя и дискриминатора. Модель дискриминатора показана на рис.3. В ней использован аналогичный усилительный каскад /см. рис.1/, а глубина обратной связи задается частотно-независимым делителем с коэффициентом деления β.

В зависимости от величины скорости нарастания входного сигнала имеется три возможных режима работы:

1/ скорость нарастания настолько велика, что первый каскад переходит в режим насыщения до открытия второго каскада, то есть работает в режиме двухкаскадного усилителя с насыщением;

2/ ограничение наступает во втором каскаде под воздействием положительной обратной связи;

3/ работа дискриминатора начинается регенеративным процессом, а после ограничения сигнала первым каскадом второй каскад переключается линейно нарастающим напряжением $U_в$.

В табл.4 даны формулы, показывающие изменения напряжения во времени в разных точках схемы модели /рис.4/. Здесь $v_{пр}$ - скорость изменения входного напряжения в точке пересечения порога дискриминатора; $a = K\sqrt{\beta}$; T - время задержки выходного напряжения в соответствующей точке схемы.

Результаты расчета времени срабатывания дискриминатора, который проводился на ЭВМ, показывают, что время задержки значительно увеличивается с уменьшением $v_{пр}$ /рис.5/.

Численные расчеты времени привязки проводились по программе, блок-схема которой приведена на рис.6. Функция $U(X_1)$ рассчитывалась по формуле /16/ и сравнивалась с заданными уровнями ограничения.

Для записи точек ограничения выделен массив $F(Q)$ /рис.6/, в который заносятся величина X_1 в точках равенства $U(t_{огр}) = U_{огр}$ и индексы коэффициентов "C" перед компенсационными функциями. Все функции $Y(j,n)$, включаемые в одной точке оси X, умножаются на коэффициенты:

$$B(j,q)_{j=1} = (-1)^r \sum_{\ell=1}^{i} A(1,\ell)\cdot C(1,n,1), \qquad /15а/$$

$$B(j,q)_{j=2} = (-1)^r \sum_{\ell=1}^{i} [A(1,\ell)\cdot C(2,n,1) + A(2,\ell)C(2,n,2)], \qquad /15б/$$

$$B(j,q)_{j=3} = (-1)^r \sum_{\ell=1}^{i} [A(1,\ell)C(3,n,1) + A(2,\ell)C(3,n,2)] \qquad /15в/$$

и затем суммируются. Здесь r - количество последовательных ограничений; q - ячейка в массиве, определяющая значения B при различных r.

Схема, иллюстрирующая способ нахождения самих функций нормализованного времени, показана на рис.7. Индекс функции, включаемой вместе с данным коэффициентом "C", обозначен кружочком, от которого направлена стрелка с константой. В табл.1 индексы функций соответствуют индексам, указанным в кружочке.

Последовательность операций при вычислении $t_{пр}$ и $v_{пр}$ показана на блок-схеме программы /рис.6/. Результаты расчетов для двух- и трехкаскадных усилителей с $m=0,2$ для различных

Таблица 4

$U_A(t)$	$-\frac{V_{пр}K}{(1-a)}\left[\frac{t}{t_з}-\frac{T}{t_з}\frac{2a}{1-a}-\frac{T}{t_з}\frac{\sqrt{a}(1-\sqrt{a})^2}{2(1-a)}e^{-\left(\frac{1+\sqrt{a}}{T}t\right)}+\frac{T}{t_з}\frac{\sqrt{a}(1+\sqrt{a})^2}{2(1-a)}e^{-\frac{1-\sqrt{a}}{T}t}\right]$
$U_B(t)$	$-\frac{V_{пр}K}{(1-a)}\left[\frac{t}{t_з}-\frac{T}{t_з}\frac{1+a}{1-a}+\frac{T}{t_з}\frac{(1-\sqrt{a})^2}{2(1-a)}e^{-\frac{1+\sqrt{a}}{T}t}+\frac{T}{t_з}\frac{(1+\sqrt{a})^2}{2(1-a)}e^{-\frac{1-\sqrt{a}}{T}t}\right]$
$U_C(t)$	$-\frac{V_{пр}K^2}{(1-a)}\left[\frac{t}{t_з}-\frac{T(1+a)}{t_з(1-a)}+\frac{T}{t_з}\frac{(1-\sqrt{a})^2}{2(1-a)}e^{-\frac{1+\sqrt{a}}{T}t}+\frac{T(1+\sqrt{a})^2}{t_з(1-a)}e^{-\frac{1-\sqrt{a}}{T}t}\right]$
$U_D(t)$	$-\frac{V_{пр}K^2}{(1-a)}\left[\frac{t}{t_з}-\frac{T}{t_з}\frac{2}{1-a}-\frac{T}{t_з}\frac{(1-\sqrt{a})^2}{2\sqrt{a}(1-a)}e^{-\frac{1+\sqrt{a}}{T}t}+\frac{T}{t_з}\frac{(1+\sqrt{a})^2}{\sqrt{a}(1-a)}e^{-\frac{1-\sqrt{a}}{T}t}\right]$

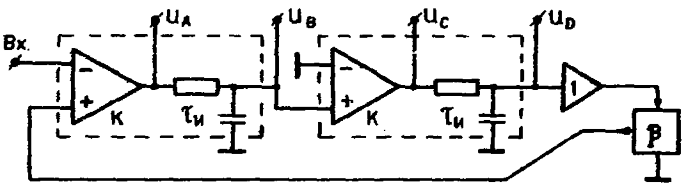


Рис.4. Модель дискриминаторов Шмитта.

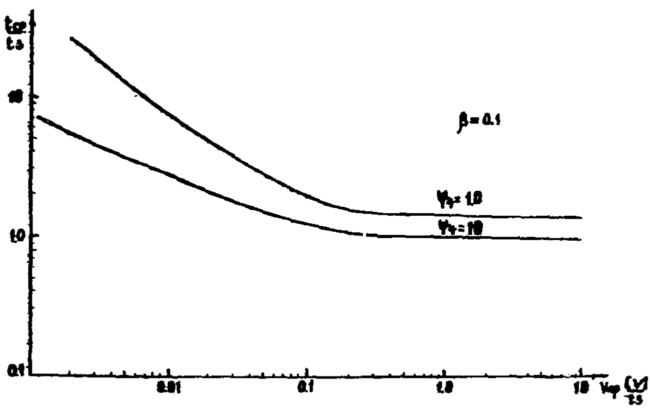


Рис.5. Зависимость нормированного времени задержки выходного напряжения $\frac{t_{ср}}{t_з}$ дискриминатора от скорости нарастания входного напряжения $v_{пр}$.

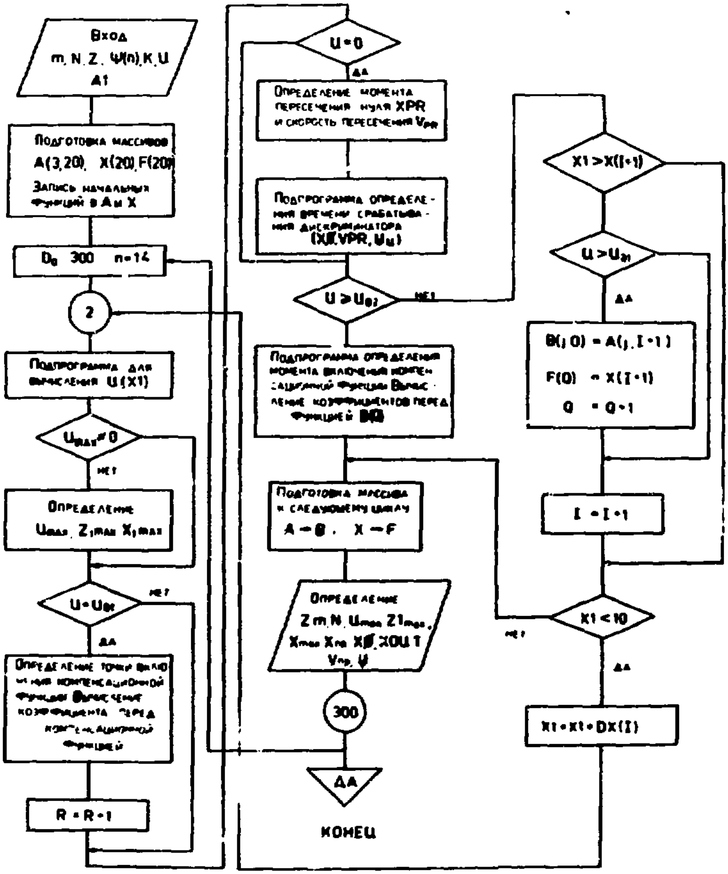


Рис.6. Блок-схема программы для анализа модели блока временной привязки и дискриминатора Шмитта.

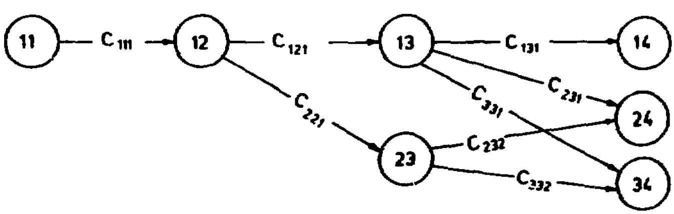


Рис.7. Диаграмма связей между индексами коэффициентов $C(j, n, r)$ и индексами нормированной переменной $Y_{j,n}$.

величин параметров Ψ, Z, N показаны на рис.8. Плоскости постоянного времени привязки пересекают поверхности $P = \Delta x(\Psi, Z)$ так, что при малых перегрузках существует слабая зависимость Δx от асимметрии Ψ. Имеется значение асимметрии ($\Psi \neq 1$), при котором получается значительно меньший разброс по времени P в большом динамическом диапазоне амплитуд входных напряжений.

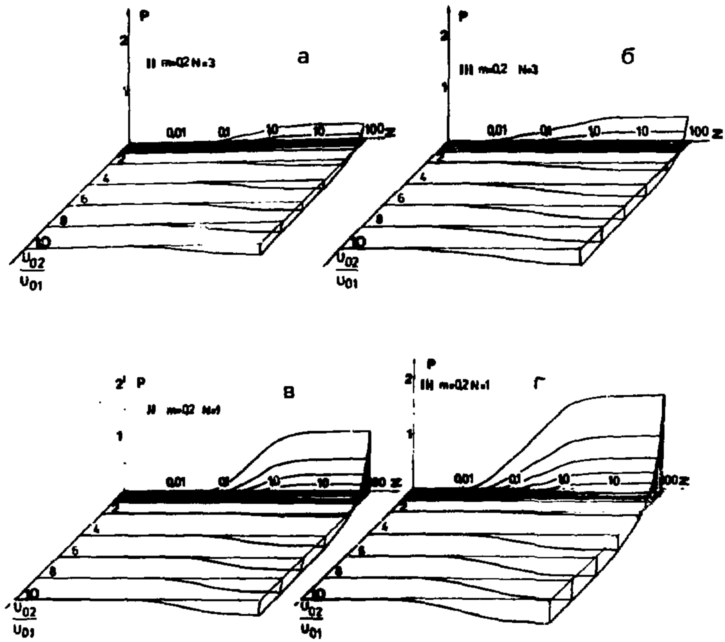
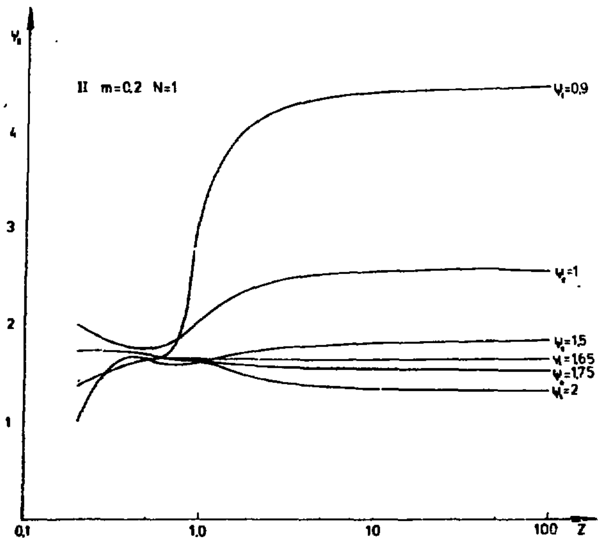
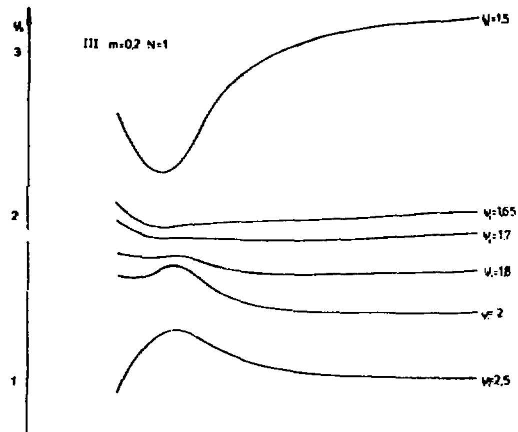


Рис.8. Зависимость изменения времени привязки на выходе второго и третьего каскада от коэффициента перегрузки Z и коэффициента асимметрии $\Psi = \dfrac{U_{02}}{|-U_{01}|}$ при $m=0{,}2$ и $N = \dfrac{t_з}{\tau_и} = 1;3$.

На рис.9 изображена более детально узкая область, в которой при $P=0$ изменение незначительно. На рис.10 показана зависимость Δx от Z для выбранных значений Ψ_1 и Ψ_2.


II m=0,2 N=1
ψ_1=0,9
ψ_1=1
ψ_1=1,5
ψ_1=1,65
ψ_1=1,75
ψ_1=2
0,1
1.0
10
100
Z

а


III m=0,2 N=1
ψ_1=1,5
ψ_1=1,65
ψ_1=1,7
ψ_1=1,8
ψ_1=2
ψ_1=2,5
0,0
1,0
10
100
Z

б

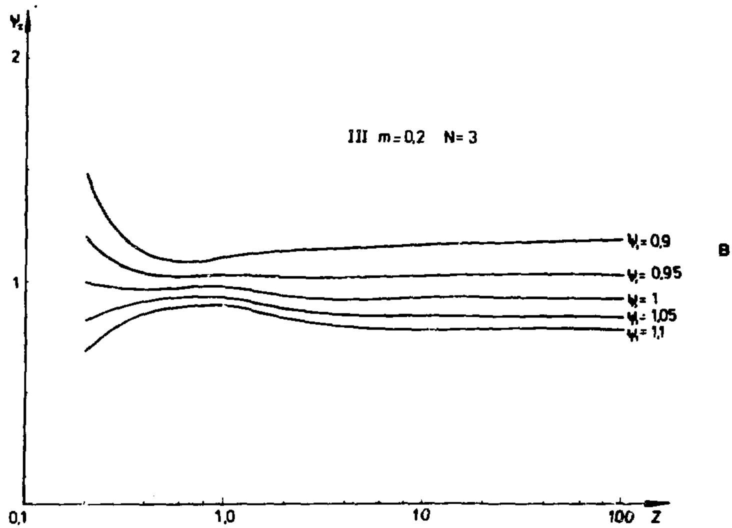


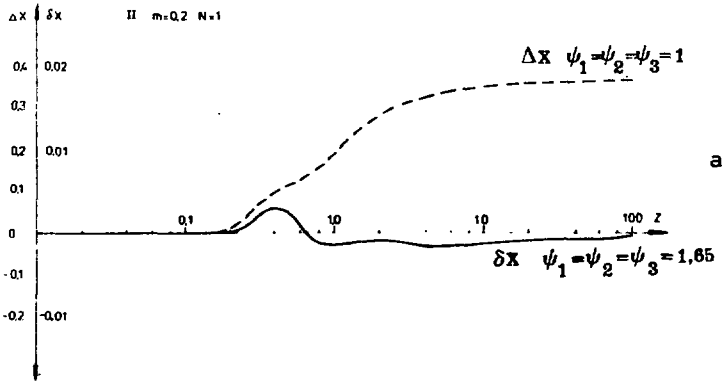
Рис.9. Зависимость Ψ_2 от Z при $\Delta x = 0$, $\Psi_1 = const$, N =1,3 .

Для сравнения приведены и значения Δx при $\Psi_1 = \Psi_2 = \Psi_3 = 1$. На всех приведенных графиках в динамическом диапазоне 1:100 наблюдается уменьшение "гуляния" точки привязки более чем в 10 раз. Таким образом, выбирая подходящие значения коэффициентов асимметрии разных каскадов Ψ_1, Ψ_2, Ψ_3, удается значительно повысить качество работы схем привязки с безынерционными дискриминаторами. Результаты анализа совместной работы усилителя и дискриминатора показаны на рис.11. Очевидно, что, варьируя значением $\frac{U_{02}}{U_{01}}$, можно также найти области достаточно постоянного значения P.

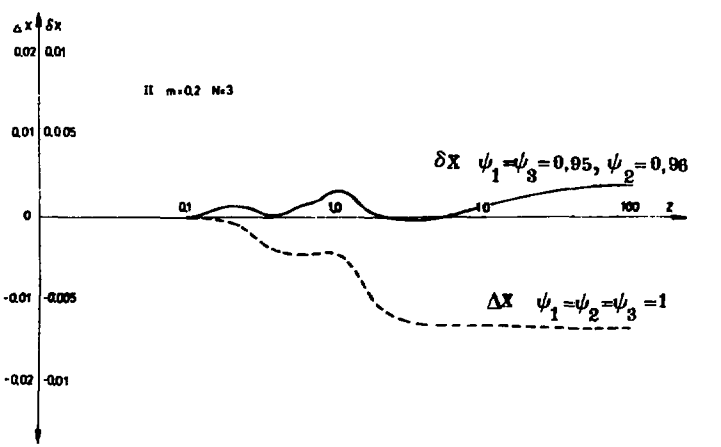
ВЫВОДЫ

Получены расчетные зависимости времени привязки от степени перегрузки и асимметрии характеристик дифференциальных усилителей, а также отношение времени задержки неослабленного импульса к постоянной времени интегрирования усилительного каскада.

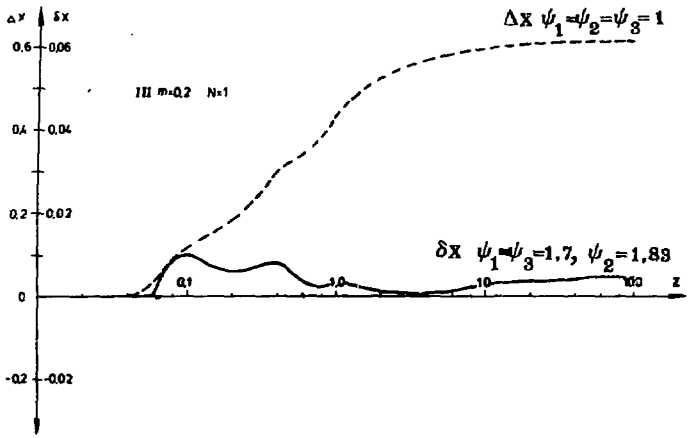
Рис.10. Зависимость δX от Z при Ψ_1 , Ψ_2 , Ψ_3=const на выходе второго и третьего каскадов.



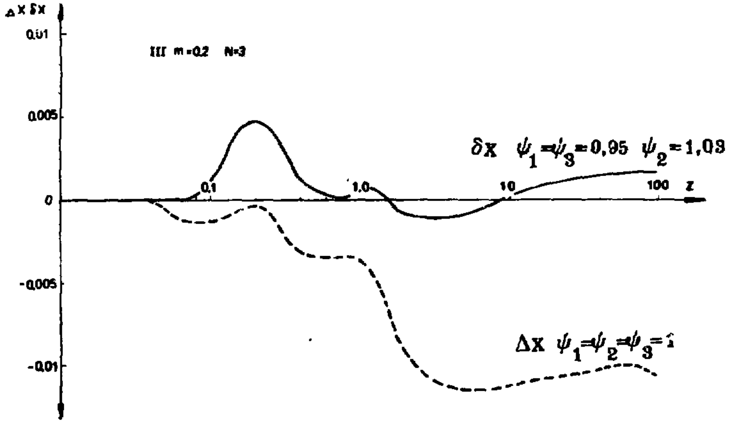
а



б



в



г

Введен критерий для оценки степени перегрузки. Показано влияние инерционности дискриминатора Шмитта на время привязки. Результаты анализа показывают, что введение асимметричных режимов работы усилительных каскадов и дискриминаторов дает возможность улучшить характеристики блоков временной привязки.

В заключение авторы благодарят В.Г.Зинова за полезные обсуждения, а также Н.В.Оганесян и В.М.Голикова за качественное выполнение чертежей.

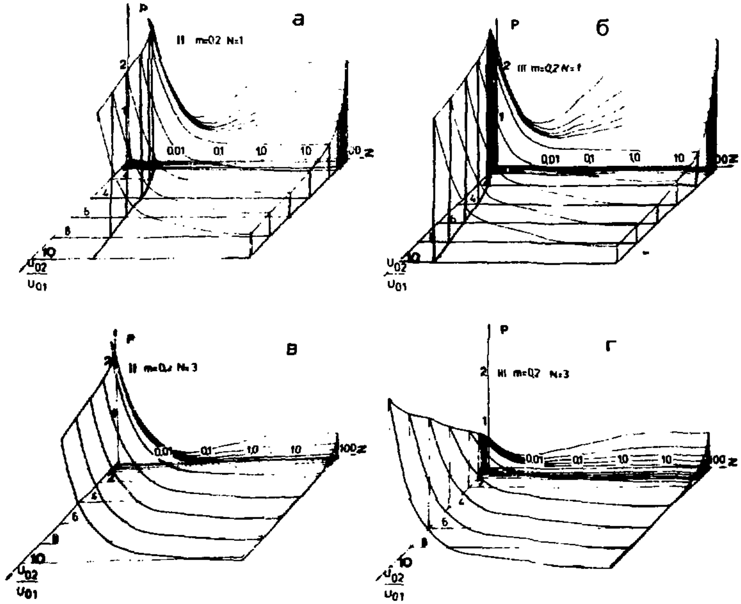


Рис.11. Зависимость $\Lambda x = P$ от Z и X на выходе дискриминатора Шмитта, работающего в оптимизированной системе усилитель-дискриминатор.

ЛИТЕРАТУРА

1. Chase R.L. RCJ, 1960, 31, p.945.
2. Emmer T. IRE Trans.Nucl.Sci., 1962, NS-9, No.3, p.305.
3. Orman P.R. NIM, 1963, 21, p.121.
4. Garvey J. NIM, 1964, 29, p.137.
5. Gedcke D.A., McDonald W.J. NIM, 1967, 55, p.377.
6. Chase R.L. RCJ, 1968, 39, No.9, p.1318.
7. Maier M.R., Sperr P. NIM, 1970, 87, p.13.
8. Акимов Ю.К. и др. NIM, 1972, 104, с.581.
9. Балдин Б.Ю. и др. ОИЯИ, 13-9850, Дубна, 1976.
10. Басиладзе С.Г., Юдин В.К. ОИЯИ, 13-10016, Дубна, 1976.
11. Bedwell M.O., Paulus T.J. IEEE Trans.Nucl.Sci., 1976, 23, No.1.

Рукопись поступила в издательский отдел
22 декабря 1980 года.