

УДК 519.95

О РЕЗУЛЬТАТАХ ИСПЫТАНИЯ МАКЕТА КРИОТРОННОЙ
ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ СРЕДЫ

В.Ф. Гурко

Для проверки возможности построения и выявления недостатков криотронных элементов вычислительной среды III-го типа [1] был изготовлен и экспериментально проверен в жидком гелии тринадцатизаэлементный макет вычислительной среды.

Поле макета показано на рис. 1. Структурная схема элемента [2], содержащая функциональный криотрон и соединительные ветви α, δ, ϵ , показана на рис. 2. Для упрощения рисунка настроечные контуры не показаны.

Исследуемый макет собирался на проволочных криотронах, изготовленных в Харьковском физико-техническом институте. Параметры криотрона сведены в таблицу I.

Т а б л и ц а I

ΔT	I_{gc} ма	I_{cc}° ма	R_{δ} ом	L_c гн
0,1	500	170	10^{-4}	10^{-8}

Здесь $\Delta T = T_c - T$ - разность между критической температурой материала вентиля и рабочей температурой ванны; I_{gc} - критический ток вентиля; I_{cc}° - критический ток сетки; R_{δ} - сопротивление вентиля криотрона; L_c - индуктивность сетки.

На рис. 3,а показана фотография макета среды со стороны криотронов, которые расположены в пазах, профрезерованных по всей длине платы. На рис. 3,б показан вид макета со стороны печатного монтажа.

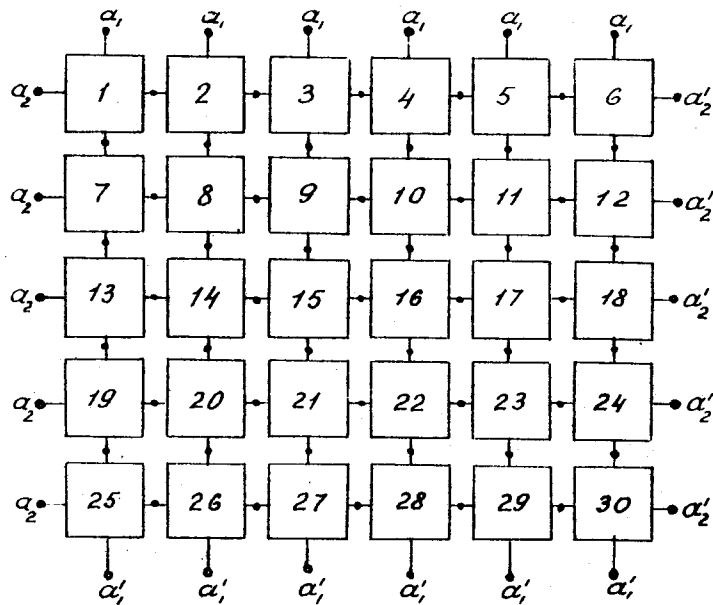


Рис. 1.

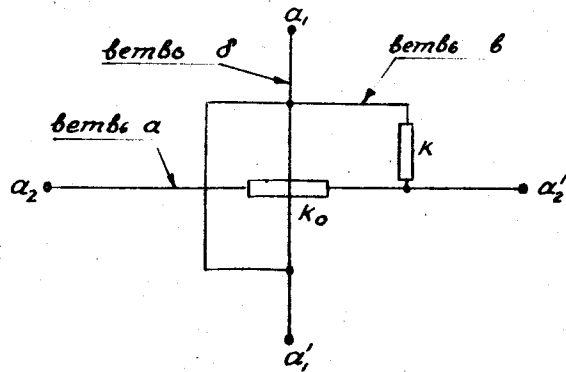


Рис. 2.

Проверка работы триггера показала хорошее соответствие полученных данных с (I) при $K \sim 10$.

Ограничение (I) является недостатком для схемы элемента такого типа. Однако этот недостаток легко устраняется путем включения криотрона в сеточную цепь K_0 (рис. 2).

Блок-схема для измерения времени переключения триггера показана на рис. 6.

Измерения времени производились по методу Я.С. Кана. Метод основан на свойстве сверхпроводящих схем сохранять значения токов в ветвях, которые были в момент исчезновения внешнего воздействия.

Обозначим время, в течение которого ток i , в триггерной ветви меняется от I_0 до $I_{кр}^*$ через τ_1 , а через τ_2 время, в течение которого ток меняется от "0" до $I_{кр}$ (рис. 4). Соотношение этих времен определяет работу триггера.

Положим в качестве начального состояния $i_1 = I_0$, $i_2 = 0$ и импульс $I_{вх_1} = 1$. Этот импульс переведет клапан криотрона K_1 (рис. 4) из сверхпроводящего состояния в нормальное мгновенно. В течение действия этого импульса, пока клапан криотрона K_1 находится в нормальном состоянии, часть тока i , переключится в параллельную сверхпроводящую ветвь. После прекращения действия импульса распределение тока I_0 останется неизменным. Следующий импульс вновь переведет часть тока I_0 в параллельную ветвь и т.д. Это делается до тех пор, пока величина тока i , не станет меньше $I_{кр}$. Это фиксируется криотронным генератором релаксационных колебаний КГРК [3], который перестает работать, когда для тока $I_{инг_1}$ появляется сверхпроводящий путь — клапан криотрона $K_{инг_1}$. Таким образом, τ_1 будет равно суммарной длительности всех импульсов, поданных на вход $I_{вх_1}$.

Для измерения τ_2 триггер устанавливался в начальное состояние $i_1 = 0$, $i_2 = I_0$. Импульсы от генератора подавались на вход $I_{вх_2}$. Когда ток в триггерной ветви достигал величины $I_{кр}$, клапан криотрона $K_{инг_1}$ переходил в нормальное состояние и ток $I_{инг_1}$ выталкивался в генератор.

Полученная зависимость τ_1 и τ_2 от I_0 приведена на рис. 7. Из рис. 7 видно, что при токе питания $I_0 = 300$ ма, $\tau_1 = \tau_2 = 6$ мсек, т.е. не бывает моментов времени, когда оба индикаторных криотрона одновременно имеют сопротивление или оба находятся в

х) $I_{кр}$ — величина тока i , при которой клапан криотрона $K_{инг_1}$ переходит из одного состояния в другое.

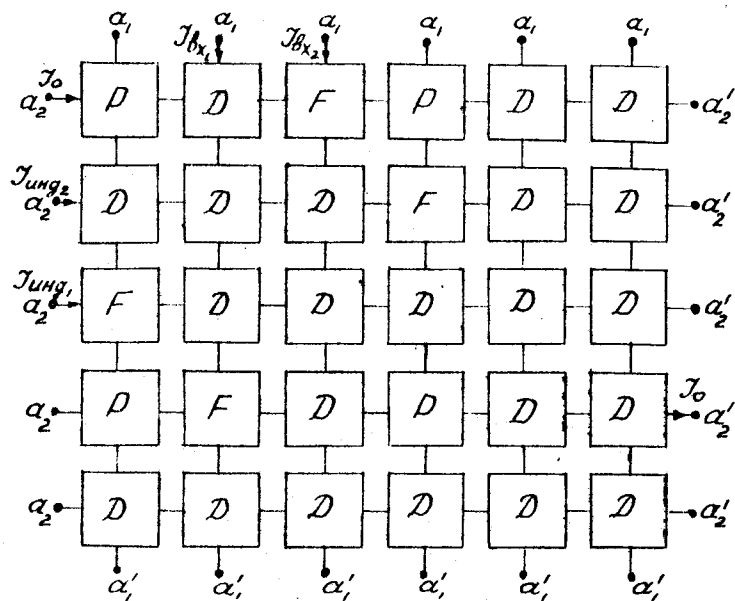


Рис. 5.

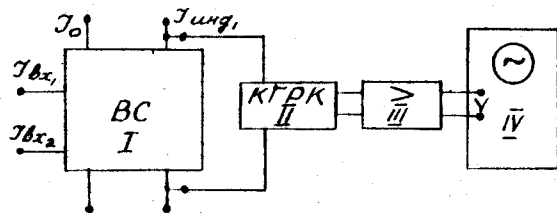


Рис. 6.

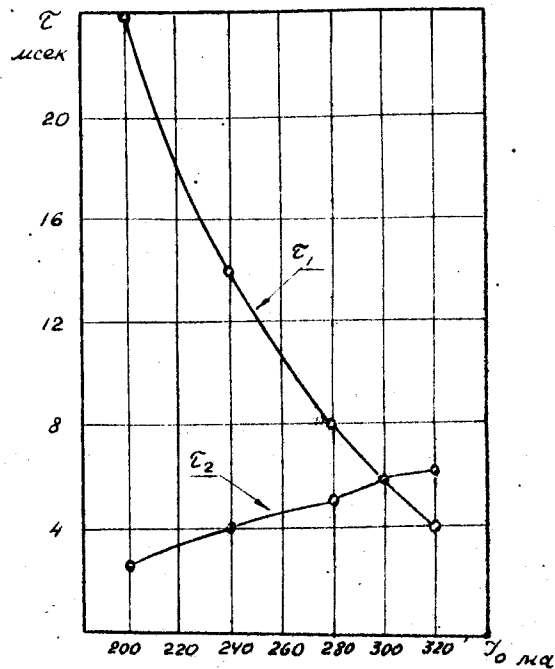


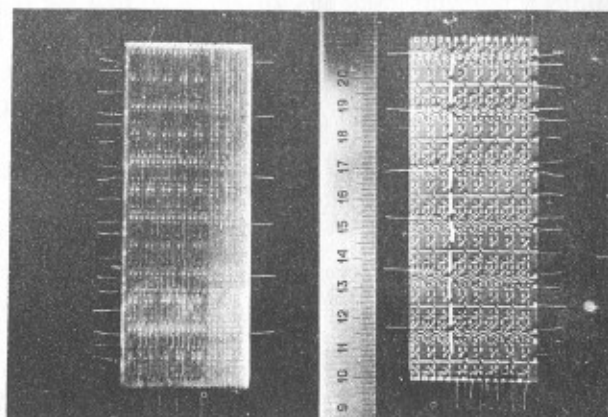
Рис. 7.

сверхпроводящем состоянии. При других величинах тока питания J_0 в некоторый момент времени перехода триггера в другое устойчивое состояние оба индикаторных криотрона $K_{инг1}$ и $K_{инг2}$ будут или в сверхпроводящем состоянии, или обладать сопротивлением одновременно.

Используя то, что для $J_0 = 300$ ма $\tau_1 = \tau_2 = 6$ мсек, получаем временную постоянную триггера в среде $\tau_T = \frac{\tau_1}{0.22} = 8,7$ мсек, т.е. временная постоянная триггера в среде по сравнению с элементарной ячейкой БЭН [4] на тех же криотронах увеличилась почти в 100 раз. Такое резкое увеличение τ_T в среде можно объяснить двумя факторами.

1. Индуктивность соединительных элементов соизмерима с индуктивностью сетки криотрона, поэтому элементы, настроенные на „F” и „D”, вносят существенные изменения в индуктивности ветви, что увеличивает τ_T .

2. Из рассмотрения рис. 5 с учетом рис. 2 видно, что сопротивление вентиля криотрона K_1 и K_2 в триггерных ветвях (рис. 4) шунтируется сопротивлениями вентиля криотронов элементов среды, настроенных на „F” и „D”. Это шунтирование приводит к уменьшению сопротивления вентиля криотрона K_1 и K_2 , что, в свою очередь, влечет увеличение τ_T .



а)

б)

Рис. 3.

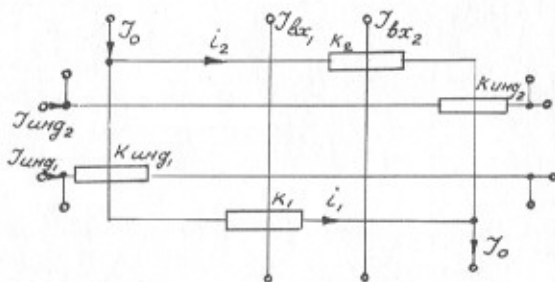


Рис. 4.

Отладка макета среды проводилась в следующем порядке.

1. При комнатной температуре проверялось отсутствие обрывов и коротких замыканий между настроечными и соединительными шинами.

2. В жидком гелии при температуре ванны ниже T_c проверялось:
а) сверхпроводимость соединительных шин α_2 , α'_2 и α_1 , α'_1 (рис. 1) и ветвей β (рис. 2);

б) запись тока в настроечные контуры.

Для проверки работы схемы, реализованной в среде, был выбран триггер, показанный на рис. 4.

Триггер имеет два стабильных состояния, соответствующих $i_1 = J_0$, $i_2 = 0$ или $i_1 = 0$, $i_2 = J_0$. Импульсы J_{bx1} и J_{bx2} обеспечивают переключение триггера из одного стабильного состояния в другое.

Настройка макета среды на схему триггера показана на рис. 5. Индикация состояния триггера осуществлялась с помощью настройки двух элементов среды (10, 13) (рис. 1) на выполнение логической функции (состояние „F“ [2]).

В результате проверки работы триггера необходимо было выявить следующее:

1. Допустимый диапазон изменения тока питания J_0 , при котором триггер остается работоспособным.

2. Время переключения триггера из одного стабильного состояния в другое.

Из анализа элемента среды следует, что когда элемент настроен на соединительную функцию „D“, то максимально допустимый ток, который, проходя по шинам α , β , не вызывает переключения функционального криотрона κ_0 в нормальное состояние, должен быть ограничен величиной

$$J < \frac{3\kappa}{3+\kappa} J_{cc}^0,$$

где $\kappa = \left| \frac{\alpha J_0}{\alpha' J_0} \right|$ — дифференциальный коэффициент усиления криотрона в рабочей части характеристики.

В то же время величина тока J не должна быть меньше J_{cc}^0 : это необходимо для переключения функционального криотрона κ_0 (рис. 2) в нормальное состояние, когда элемент настроен на „F“.

Таким образом, диапазон тока питания J_0 , при котором схема, реализованная в среде, остается работоспособной, определяется неравенством

$$J_{cc}^0 < J_0 < \frac{3\kappa}{3+\kappa} J_{cc}^0. \quad (1)$$

В ы в о д ы

1. Отладка элементов среды в макете не представляет особого труда.
2. Быстродействие среды не превышает 100 гц.
3. Проверка работы схемы триггера в среде показала, что для более надежной работы схем необходимо усовершенствовать схему элемента среды таким образом, чтобы элемент среды не вносил ограничений на ток питания для схем, реализованных в среде.

Л и т е р а т у р а

1. О.Л. БАНДМАН, В.Ф. ГУРКО, Н.И. НАЗАРОВ, Б.М. ФОМЕЛЬ. Криотронные элементы вычислительной среды. - Труды I Всесоюзной конференции по вычислительным системам, вып. 2. Вычислительные среды, Новосибирск, 1968 г.
2. Э.В. ЕВРЕЙНОВ, Ю.Г. КОСАРЕВ. Однородные вычислительные системы высокой производительности. Изд-во "Наука", Сибирское отделение, 1967 г.
3. Я.С. КАН, В.А. РАХУБОВСКИЙ. Криотронный генератор релаксационных колебаний с управляемой частотой. Приборы и техника эксперимента. № 1, 1966 г.
4. Дж. БРЭМЕР. Сверхпроводящие устройства. М., 1964 г.

Поступила в редакцию
15.IX.1968 г.