

**сообщения
объединенного
института
ядерных
исследований
дубна**

Б469

P13-88-751

А.Беньковски

ИНТЕГРАТОР ТОКА ПУЧКА

1988

1. ОПИСАНИЕ РАБОТЫ ИНТЕГРАТОРА

Интегратор тока, изображенный на рис.1, выполнен на основе усилителя с импульсной обратной связью. Он состоит из накопительных емкостей $C1$ и $C2$, истокового повторителя на полевом транзисторе $T2$, интегрального компаратора $A1$, двух логических элементов $D2$, одновибратора $D1$, ключевого транзистора $T4$, полевого транзистора $T1$ для разрядки накопительных емкостей, а также эмиттерного повторителя $T3$.

Описываемая схема интегратора является дальнейшим усовершенствованием схем, представленных в^{1,2/}, и выполнена на стандартных, легкодоступных элементах.

Схема функционирует следующим образом: пока транзистор $T1$ заперт, поступающий на вход ток заряжает входную емкость $C1$ или $C2$. Вследствие этого напряжение на затворе транзистора $T2$ и на входе компаратора $A1$ растет. Если оно меньше порога, задаваемого резисторами $R6$, $R9$, на выходе компаратора и на выводе 2 элемента $D2$ будет логическая "1" / $U \approx 5$ В/. На выводе 1 тоже будет состояние "1". Вследствие этого на выводе 3 элемента $D2$ имеется логический "0" / $U \approx 0$ В/, транзистор $T4$ заперт, и отрицательное напряжение, подаваемое на затвор $T1$, запирает транзистор $T1$.

После зарядки емкости до напряжения, превышающего величину порога, на выходе компаратора формируется сигнал "0". При переходе из состояния "1" в "0" запускается одновибратор $D1$, и через некоторое время, задаваемое цепочкой $R11$, $C3$, $C4$, на вывод 1 элемента $D2$ поступает сигнал "0". Если хотя бы на одном из входов элемента $D2$ есть "0", то на выводе 3 обязательно имеется "1", транзистор $T4$ открывается, и в результате открывается полевой транзистор $T1$, что обеспечивает разряд входной емкости через резистор $R2$.

Выходом интегратора служит выход эмиттерного повторителя $T3$, импульсы с которого поступают на пересчетный прибор. Каждому импульсу соответствует один цикл заряда-разряда входной емкости.

Интегратор имеет два режима работы в зависимости от положения переключателя $P1$. В положении Б задействована довольно большая емкость $C2 = 4700$ пФ, и за время, равное длительности импульса одновибратора $D1$ /40 мкс/, емкость разряжется лишь



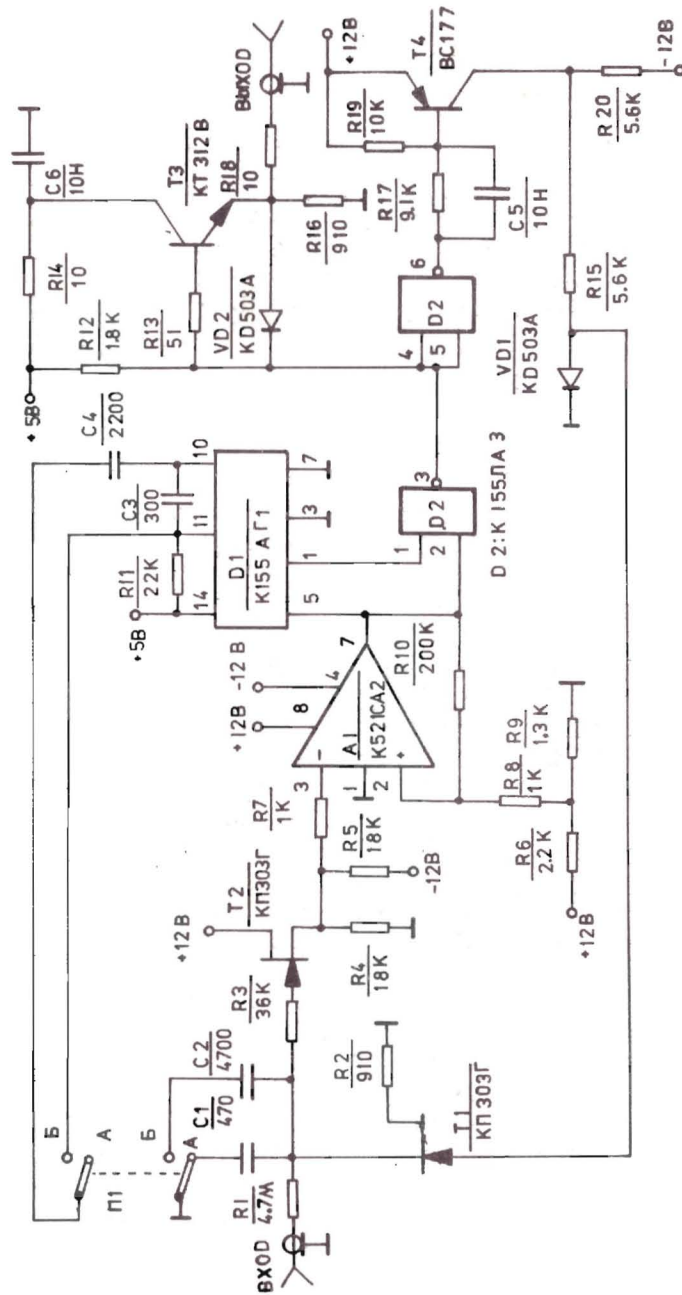


Рис.1. Принципиальная схема интегратора.

частично. Величину электрического заряда, снимаемого в одном цикле с емкости, можно оценить как произведение среднего тока в импульсе на длительность импульса одновибратора. Средний ток зависит от величины напряжения порога, резистора R2 и в меньшей степени - от накопительной емкости. Для достижения высокой стабильности измерения заряда перечисленные элементы должны быть стабильными. Для диапазона Б коэффициент преобразования $K_0 = 0,135$ имп./нкл небольшой, и при малом входном токе получается низкая частота следования выходных импульсов. При измерении токов меньше 1 мкА предпочтительно работать в положении переключателя А. В этом случае коэффициент преобразования почти в 5 раз больше ($K_0 = 0,621$ имп./нкл). В положении А ко входу подключена емкость $C1 = 470$ пФ, при этом длительность импульса одновибратора D1 равна 5 мкс, что достаточно для ее полной разрядки. Величина электрического заряда, снимаемого с емкости в каждом цикле, равна произведению величины напряжения порога на величину емкости C1. В связи с этим возникают повышенные требования к стабильности емкости и напряжения порога.

2. ПАРАМЕТРЫ ПРИБОРА

Экспериментально исследовано отклонение от линейности описываемого интегратора. Из рис.2 видно, что в режиме Б отклонение от линейности меньше $\pm 1\%$ для диапазона токов $0,4 \text{ нА} \div \pm 30 \text{ мкА}$, и то же самое в режиме А для токов $0,5 \text{ нА} \div 4 \text{ мкА}$. При очень малых токах ухудшение линейности обусловлено тем, что начинают сказываться ток затвора транзистора T2 и ток утечки транзистора T1. Необходимо отметить, что отбор полюсов транзисторов не производился. В режиме А при работе с токами выше 4 мкА линейность ухудшается из-за того, что с увеличением частоты выходных импульсов отношение времени заряда емкости C1 к длительности цикла увеличивается /процесс, аналогичный влиянию мертвого времени/.

Долговременная стабильность, измеренная на протяжении трех месяцев работы, оказалась лучше чем 0,2%. Принцип действия прибора обеспечивает измерение заряда независимо от характера тока пучка /флуктуации, неравномерность, обусловленная изменениями режимов работы ускорителя и т.д./.

В заключение автор выражает благодарность А.П.Кобзеву за полезные обсуждения и интерес к работе.

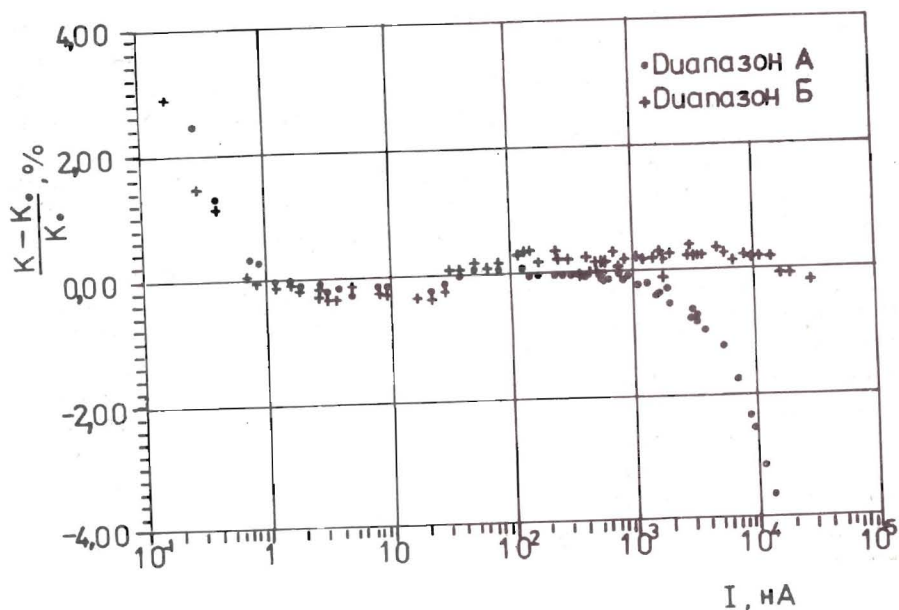


Рис.2. Экспериментальная зависимость относительной ошибки измерений заряда от величины тока.

ЛИТЕРАТУРА

1. Glowacki S.W. - Nucl. Instr. and Meth., 1981, 186, p.549.
2. Bose S., Bhattacharya R. - Nucl. Instr. and Meth., 1986, A251, p.527.

Рукопись поступила в издательский отдел
14 октября 1988 года.

Беньковски А.
Интегратор тока пучка

P13-88-751

Описан интегратор тока пучка ускоренных ионов, работающий в диапазоне $5 \cdot 10^{-5} : 3 \cdot 10^{-5}$ А входного тока. Прибор выполнен на основе усилителя с импульсной обратной связью и накопительной емкостью на входе. Точность и долговременная стабильность прибора лучше 1%. Принцип действия обеспечивает измерение заряда независимо от характера тока /флуктуации, неравномерность и т.д./. Схема построена на стандартных элементах.

Работа выполнена в Лаборатории нейтронной физики ОИЯИ.

Сообщение Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1988

Перевод автора

Bienkowski A.
Beam Current Integrator

P13-88-751

A beam current integrator covering the range from $5 \cdot 10^{-10}$ up to $3 \cdot 10^{-5}$ A of the input current is described. The principle of operation is based on using the amplifier with a pulse feedback loop and the input charging capacitor. The accuracy and longterm stability is better than 1%. The operating principle of the integrator provides an accurate measuring of charge independently on current character (fluctuations, nonuniformity, etc). The circuit is presented in which the ordinary components are used.

The investigation has been performed at the Laboratory of Neutron Physics, JINR.

Communication of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna 1988