

ЛИНЕЙНЫЙ ШЕСТИДЕКАДНЫЙ ИНТЕГРИРУЮЩИЙ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ ЗАРЯД-ЧАСТОТА

Н. М. Ткач, В. А. Кива

Представлено описание и характеристики преобразователя “заряд-частота”, используемого в системе управления положением мишеней в гало пучка протонов в эксперименте HERA-B на накопительном кольце DESY (Гамбург).

Непереключаемый преобразователь заряд-частота (СИ-1) был разработан в ИЯИ АН УССР для экспериментов в области ядерной физики (электронная коллимация и диагностика пучка циклотрона У-240, измерение радиационных доз исследуемых образцов) [1, 2]. Затем он был усовершенствован (повышена чувствительность) для физики высоких энергий. СИ-1 позволил автоматизировать измерение, контроль и визуализацию системы мониторингирования положения восьми мишеней и автоматического управления их положением относительно гало пучка протонов с энергией 920 ГэВ в эксперименте HERA-B на накопительном кольце DESY (Гамбург). Реальное мониторингирование основано на измерении рожденного на мишени заряда от взаимодействия пучка протонов и мишени [3].

Принцип работы СИ-1 виден из блок-схемы преобразователя и временной диаграммы (рис. 1). Основой преобразователя является рециклирующий интегратор заряда с автоматическим стартом и цепью восстановления. Он преобразует входной заряд в последовательность выходных импульсов, частота которых пропорциональна входному току $+i_{вх}$, обратно пропорциональна интегрирующей емкости $C_{и}$ и разности порогов двухпорогового дискриминатора (ДД) $\Delta U = U_{в} - U_{н}$:

$$f_{ввых} = i_{вх} / (\Delta U \cdot C_{и}) .$$

Если входной ток изменяется от 1 пА до 1 мкА, то выходная частота при этом изменяется от 0.25 Гц до 250 кГц.

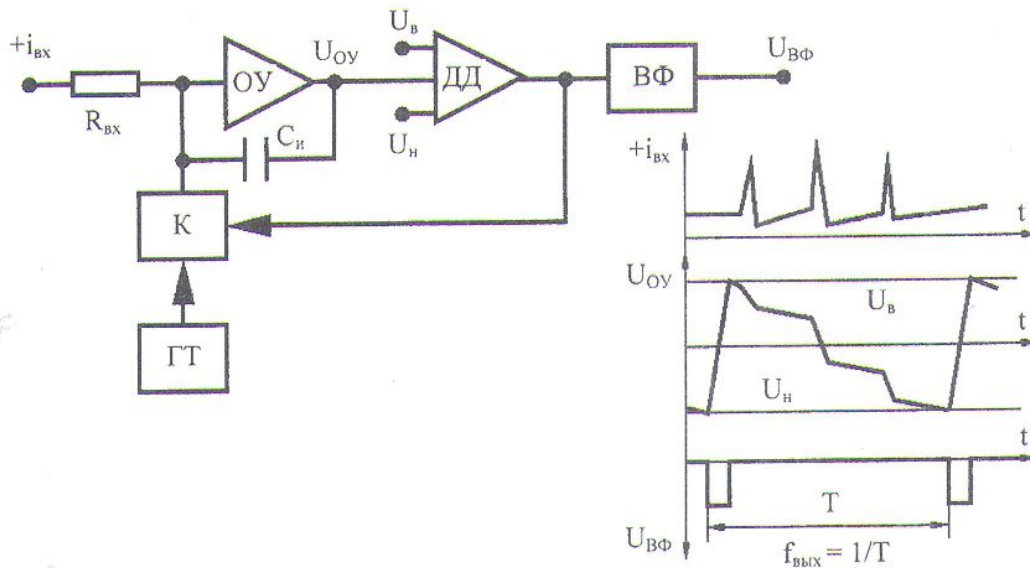


Рис. 1. Упрощенная блок-схема преобразователя СИ-1.

Входной ток положительной полярности интегрируется интегратором, выходное напряжение которого U_{Oy} спадает до величины нижнего порога ДД U_n . В момент срабатывания ДД через ключ К включается разрядный ток и напряжение U_{Oy} начинает возрастать в положительном направлении. При достижении верхнего порога ДД U_v разрядный ток отключается и начинается новый цикл интегрирования. Далее процесс повторяется. Выходной формирователь формирует сигналы выходной частоты в стандарте NIM.

Для эксперимента на HERA-B были изготовлены два 5-канальных модуля CI-1 в стандарте NIM со следующими параметрами:

коэффициент преобразования $4 \cdot 10^{-12}$ А/Гц;

временная нестабильность преобразователя $< \pm 2.5$ %/сут;

питающее напряжение ± 12 В;

температурная нестабильность < 0.3 %/1 °С;

линейность характеристики преобразования < 0.1 % в диапазоне входных токов от 10^{-13} до 10^{-8} А.

Зарядовые интеграторы CI-1 были проверены на временную и температурную стабильность и измерена зависимость их выходной частоты от входного тока (рис. 2 – 4).

На рис. 2 показаны результаты измерений стабильности пяти трактов CI-1. На входы зарядовых интеграторов подавались калиброванные токи 0.25 нА от генератора токов ($\pm 0.01 \cdot 10^{-12} - 10 \cdot 10^{-5}$ А) фирмы Keithley Instruments Inc. в течение семи часов. Наиболее стабильным оказался канал ChI-4, его нестабильность меньше ± 0.5 % / сут, наименее стабильным оказался ChI-3, его нестабильность $< \pm 2.5$ % / сут.

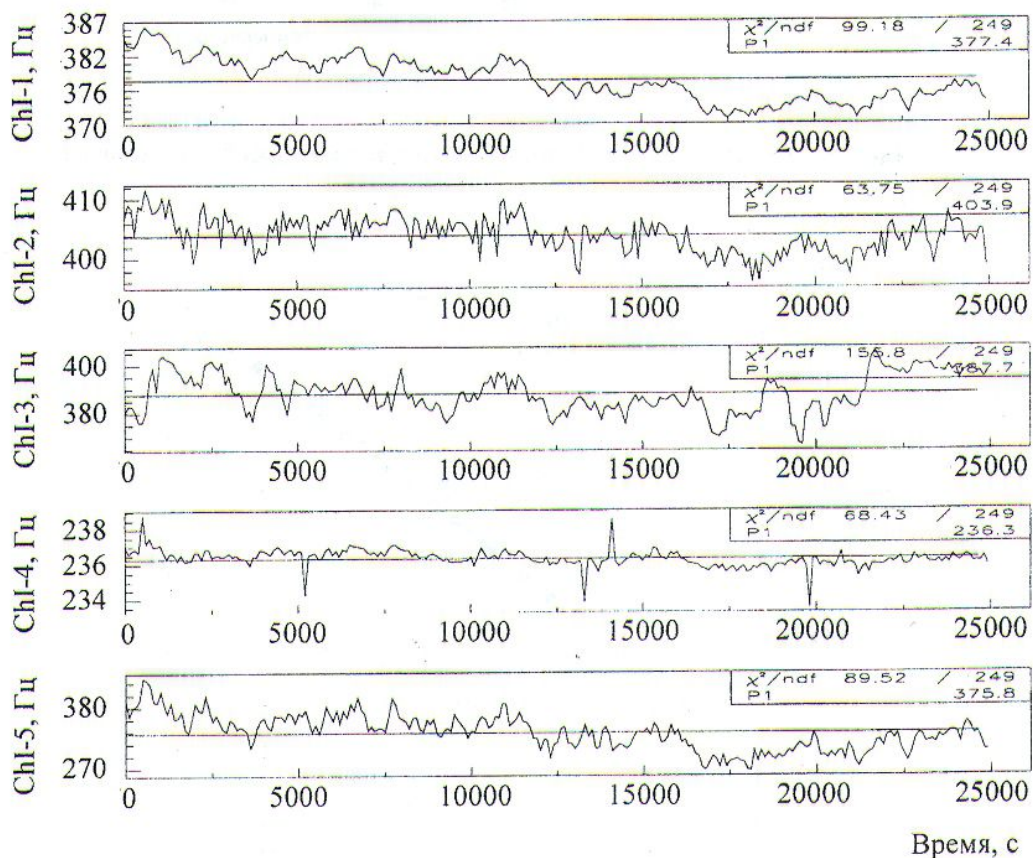


Рис. 2. График стабильности CI-1 в зависимости от времени при входном токе 0.25 нА.

На рис. 3 показаны результаты испытаний СИ-1 (канал ChI-3) на температурную стабильность коэффициента преобразования. Температура в термошкафу изменялась от 23 до 48 °С. Входной ток от генератора калиброванных токов был установлен 0.5 нА. Выходная частота изменялась при этом от 941 до 876 Гц, что соответствует температурной нестабильности 0.3 % / 1 °С.

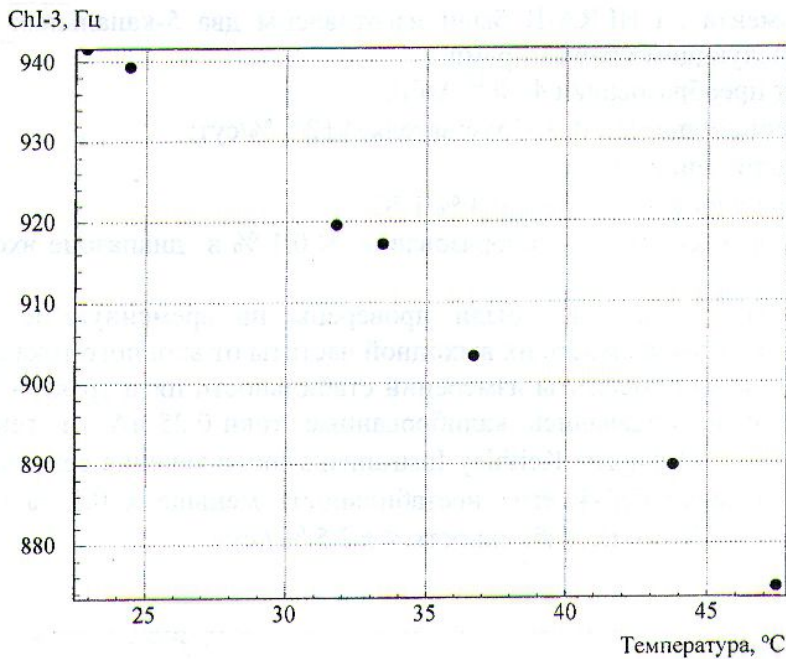


Рис. 3. График температурного влияния на коэффициент преобразования СИ-1.

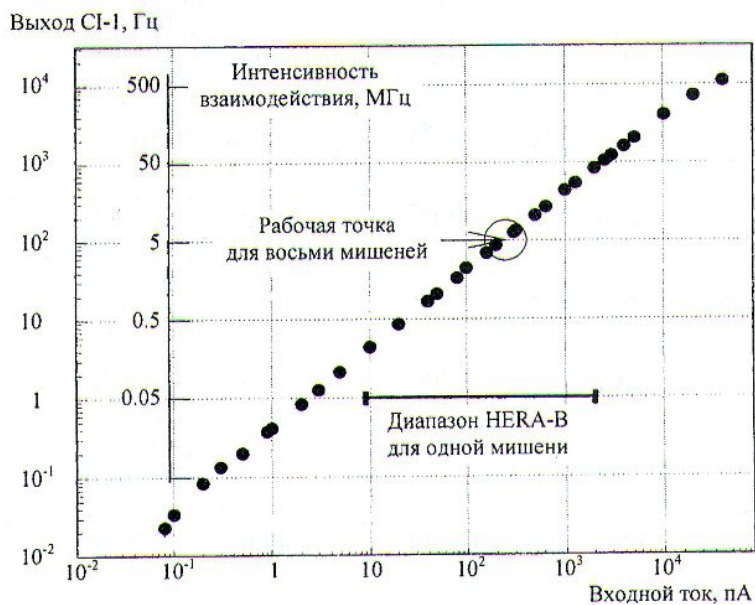


Рис. 4. График зависимости выходной частоты СИ-1 от входных токов.

На рис. 4 показана линейная зависимость выходной частоты СИ-1 от входных токов. Видно, что СИ-1 имеет линейность $< 0.1\%$ в диапазоне входных токов $10^{-13} - 10^{-8}$ А. Это соответствует выходной частоте 0.025 Гц – 2.5 кГц. На рисунке обозначена рабочая точка мишеней (150 пА) и рабочий диапазон изменения токов мишеней (10 пА – 2 нА).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Васильев Ю.О., Козырь Ю.Е., Медведев В.И., Пугач В.М. - Киев, 1983. 12 с. – (Препр. / АН УРСР. Ин-т ядерных исслед.; КИЯИ-83-11).
2. Вихлий Г.А., Карпенко А.Я., Олейников Л.Н. и др. - Киев, 1986. 16 с. - (Препр. / АН УРСР.; КИЯИ-86-9).
3. Aushev V., Ehret K., Funcke M. et al. // STOr 99, Bloomington, USA, September 12 - 16, 1999, Book of Abstracts. - P. 46.

**ЛІНІЙНИЙ ШЕСТИДЕКАДНИЙ ІНТЕГРУЮЧИЙ ПЕРЕТВОРЮВАЧ
ЗАРЯД-ЧАСТОТА**

М. М. Ткач, В. О. Кива

Подано опис та характеристики перетворювача заряд-частота, що використовується в системі керування положенням мішеней в гало пучка протонів в експерименті HERA-B на накопичувальному кільці DESY (Гамбург).

THE LINEAR SIX-DECADE INTEGRATING CONVERTER CHARGE-TO-FREQUENCY

N. M. Tkach, V. A. Kyva

The description and characteristics of the charge-to-frequency converter used in a system of controlling the targets position in proton beam's halo in HERA-B experiment on DESY storage ring (Hamburg) are presented.