

## ИЗМЕРИТЕЛЬ ПОЛОЖЕНИЯ И ТОКА ПУЧКА УСКОРИТЕЛЯ ЛУЭ-40М

*В.Н. Борискин, Л.В. Репринцев, А.Н. Савченко, В.И. Татанов, В.А. Шендрик*  
*Национальный научный центр «Харьковский физико-технический институт»,  
Харьков, Украина*

Приведены результаты разработки измерителей тока и положения пучка на входе и выходе 2-секционного исследовательского ускорителя ЛУЭ-40М с регулируемой энергией 30...100 МэВ, током 50...100 мА/имп., длительностью импульса до 2 мкс и частотой следования импульсов 12,5...50 Гц. Измеритель содержит магнитоиндукционный датчик тока и 4-обмоточный датчик положения с отдельными обмотками. Обмотки датчиков включены в цепь отрицательной обратной связи 5-канального предусилителя-корректора, который наряду с усилением измеряемых импульсов осуществляет коррекцию спада их вершины.

В работе [1] произведена коррекция вершины импульса тока путем включения обмотки на вход усилителя-повторителя со 100%-обратной связью. В работе [2] для коррекции вершины как датчика тока, так и положения использованы схемы на дискретных элементах: для датчика тока схема типа эмиттерного повторителя, для датчика положения – схема со входным повторителем и усилением сигнала (т.н. «тройка» с обратной связью), при этом обмотки датчика положения включены встречно-параллельно. Нам удалось модифицировать схему [2] таким образом, чтобы одновременно с усилением сигналов ( $K_{yc} \approx 25$  для канала положения) получить эффективную коррекцию плоской вершины и применить ее для работы с 4-обмоточным датчиком положения с отдельными обмотками. В результате получено существенное увеличение чувствительности, помехозащищенности измерительного канала и точности измерения. Форма импульса положения с малым спадом вершины (~3%/мкс) позволяет эффективно контролировать работу ускорителя, измерять мгновенное отклонение центра в течение импульса ускорителя длительностью ~2 мкс. Высокая помехозащищенность позволяет измерять смещение пучка с разрешением 0.1...0.2 мм при токах пучка ~50 мА/имп. На Рис.1 приведена блок-схема измерителя.

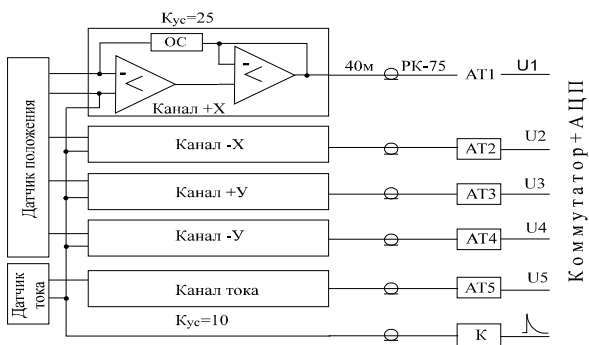


Рис.1. Блок-схема измерителя положения и тока пучка. ОС – обратная связь; АТ1 – АТ5 – аттенюаторы; К – калибратор тока

На Рис.2,3 приведены некоторые стендовые калибровочные зависимости, показывающие линейность координатной характеристики, а также воз-

можность измерения эллиптичности поперечного сечения пучка.

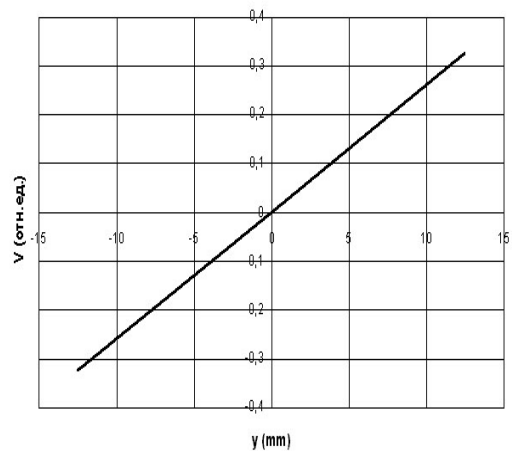


Рис.2. Координатная характеристика измерителя по каналу Y

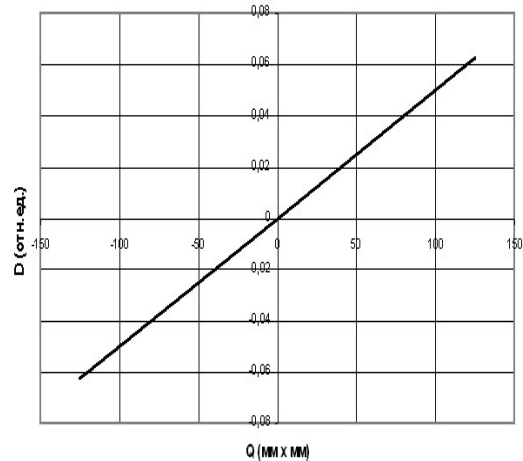


Рис.3. Характеристика чувствительности измерителя по второму моменту поперечного распределения пучка для определения эллиптичности Q

При работе ускорителя специальные программы системы управления вычисляют по одному импульсу или по серии импульсов с выходов датчика безразмерные параметры  $H$ ,  $V$  и  $D$  (1-3), характеризующие положение центра пучка электронов и эллиптичность его поперечного сечения.

$$H = \frac{U_1 - U_2}{U_1 + U_2}, \quad (1)$$

$$V = \frac{U_3 - U_4}{U_3 + U_4}, \quad (2)$$

$$D = \frac{(U_1 + U_2) - (U_3 + U_4)}{(U_1 + U_2) + (U_3 + U_4)}, \quad (3)$$

где  $U_1, U_2$  – амплитуды сигналов с выходов каналов X координат;  $U_3, U_4$  – амплитуды сигналов с выходов каналов Y координат. Для вычисления координат центра пучка X, Y и его эллиптичности

$$Q = (\sigma_x^2 - \sigma_y^2)$$

используются соотношения:

$$X = a_x * H; Y = a_y * V; Q = a_q * D - (X^2 - Y^2), \quad (4)$$

где  $a_x, a_y, a_q$  – калибровочные коэффициенты;  $\sigma_x^2, \sigma_y^2$  – среднеквадратичные отклонения траекторий электронов от центра пучка.

В Табл. 1 и 2 представлены параметры измерительных каналов.

**Таблица 1.** Основные параметры измерителя тока пучка ЛУЭ-40М

Пределы по току	50...150 мА/имп.
Чувствительность по току	66.5 В/А
Спад вершины импульса	≤ 2%
Длительность фронта	≤ 0.15 мкс
Шумовой порог	≈ 0.05 мА/имп.
Погрешность измерения	≈ 2%
Апертура	∅ 50 мм

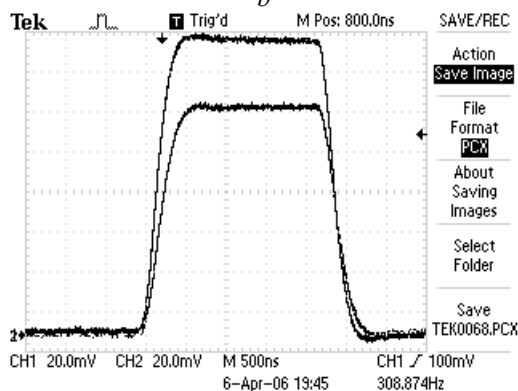
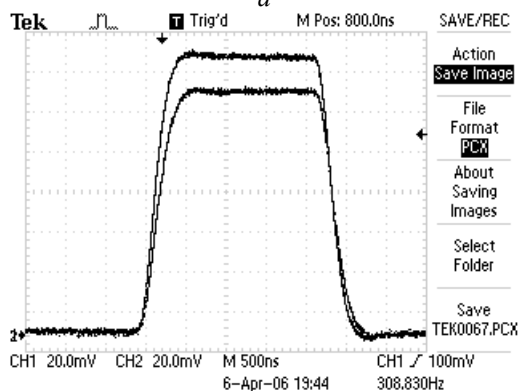
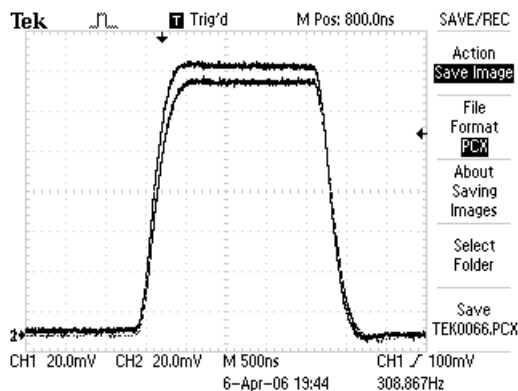
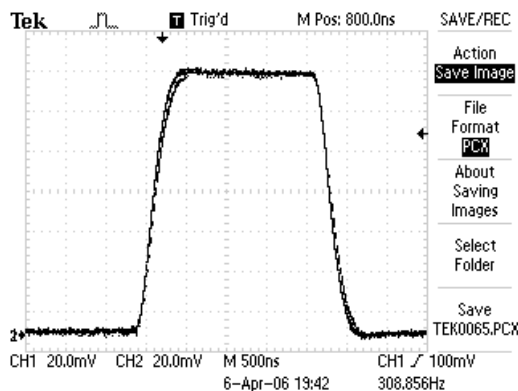
**Таблица 2.** Основные параметры измерителя положения пучка

Пределы по току	50...150 мА/имп.
Пределы по смещению	± 10 мм
Чувствительность по току	62.5 В/А
Чувствительность по смещению	3.3 мВ/мА·мм
Спад вершины импульса	≤ 3% /мкс
Длительность фронта	≤ 0.15 мкс
Шумовой порог	≈ 5.5 мА·мм
Погрешность измерения	0.5 мм
Апертура	∅ 42 мм

На Рис.4 показан общий вид датчика и предусилителя в бункере ускорителя ЛУЭ-40М.



**Рис.4.** Датчик положения и тока пучка (вверху) и блок 5-канального усилителя-корректора (внизу) в бункере ускорителя ЛУЭ-40М



**Рис.5.** Форма сигналов с выхода каналов +X и -X

На Рис.5,a-d показана форма сигналов с выхода каналов +X и -X при смещении струны (имитатора пучка), равном 0, 1, 2.5 и 5 мм; ток в импульсе 50 мА, длительность 2 мкс.

В настоящее время на ускорителе успешно используется 2 комплекта измерителей, показавших надежную и стабильную работу.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Б.В. Бехтев, А.И. Бородулин, В.М. Рыбин. Широкополосный измеритель тока и заряда пучка электронов // *ВАНТ. Серия: ЛУ*. 1976, вып.1(2), с.43-45.
2. Ю.И. Акчурин, Л.В. Репринцев, В.Н. Сиротин. Индукционный датчик тока и смещения пучка для ЛУЭ // *ВАНТ. Серия: ТФЭ*. 1979, вып.1(3), с.79-81.

*Статья поступила в редакцию 04.09.2007 г.*

## THE METER TO MEASURE THE BEAM POSITION AND CURRENT FOR THE ACCELERATOR LUE-40M

*V.N. Boriskin, L.V. Reprintsev, A.N. Savchenko, V.I. Tatanov, V.A. Shendrik*

The paper reports the results of developing the meter to measure the beam position and current at the input and output of the research accelerator LUE-40M, which has the adjustable energy 30...100 MeV, current 50...100 mA/pulse, the pulse length up to 2  $\mu$ s, and the pulse repetition rate 12.5...50 Hz. The meter comprises a magnetoinduction current sensor and a 4-winding beam position sensor with separate windings. The sensor windings are connected to the negative feedback circuit of the 5-channel preamplifier-corrector, which amplifies and corrects the pulse peaks measured.

## ВИМІРЮВАЧ ПОЛОЖЕННЯ І СТРУМУ ПУЧКА ПРИСКОРЮВАЧА ЛПЕ-40М

*В.М. Борискін, Л.В. Репрінцев, А.М. Савченко, В.І. Татанов, В.А. Шендрік*

Приведено результати розробки вимірювача струму і положення пучка на вході і виході дослідного прискорювача ЛПЕ-40М, енергія якого регулюється в межах 30...100 МеВ, струм від 50 до 100 мА/імпульс, тривалість імпульсу до 2 мкс, частота посилення 12,5...50 Гц. Вимірювач містить в собі магнітоіндукційний датчик струму та датчик положення пучка з 4 роздільними обмотками. Обмотки датчика включені в ланцюг від'ємного зворотного зв'язку 5-канального передсилювача-коректора, який здійснює підсилення та корекцію вершин імпульсів в процесі вимірювання.