

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.

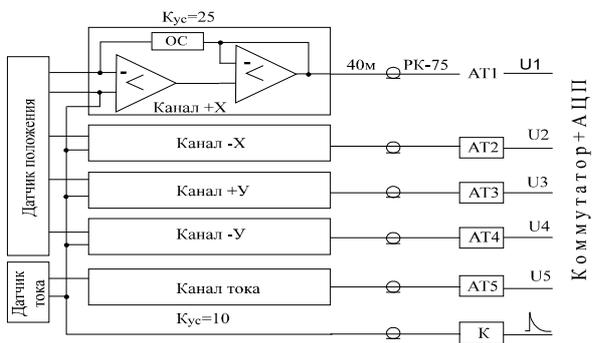


Рис.1. Блок-схема измерителя положения и тока пучка. ОС – обратная связь; АТ1 – АТ5 – аттенюаторы; К – калибратор тока

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

можность измерения эллиптичности поперечного сечения пучка.

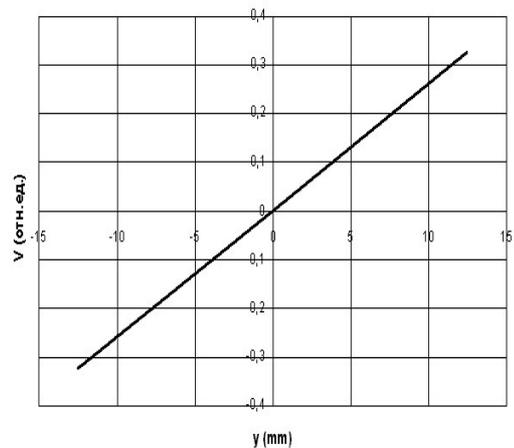


Рис.2. Координатная характеристика измерителя по каналу Y

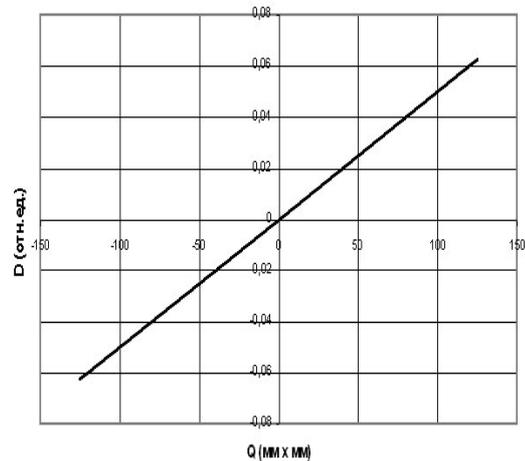


Рис.3. Характеристика чувствительности измерителя по второму моменту поперечного распределения пучка для определения эллиптичности Q

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; σ_x^2, σ_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.

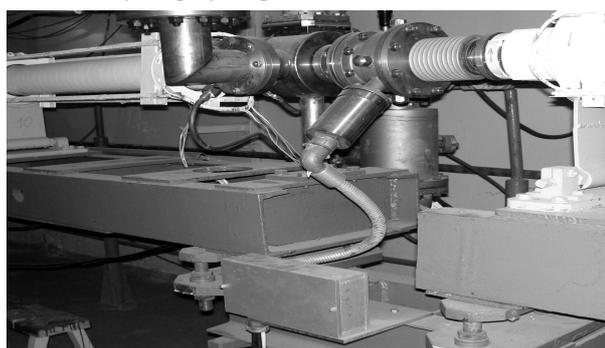


Рис.4. Датчик положения и тока пучка (вверху) и блок 5-канального усилителя-корректора (внизу) в бункере ускорителя ЛУЭ-40М

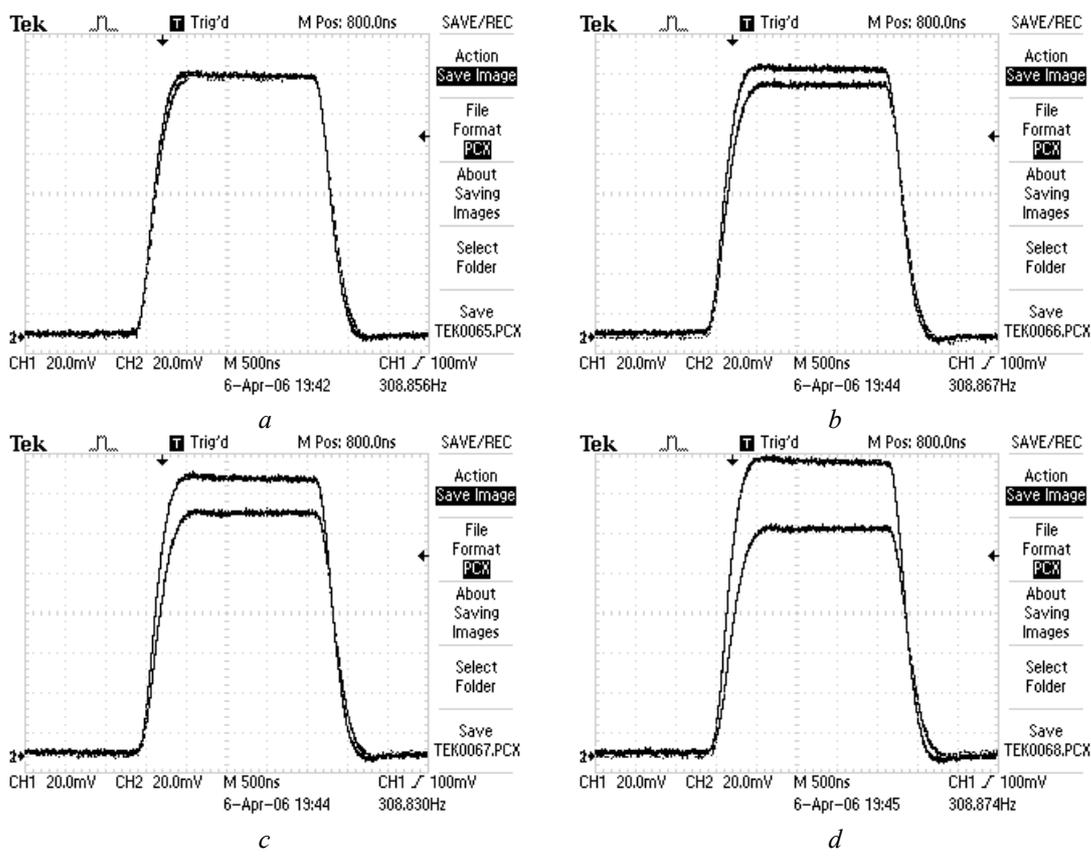


Рис.5. Форма сигналов с выхода каналов +X и -X

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 μ 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 передпідсилювача-коректора, який здійснює підсилення та корекцію вершин імпульсів в процесі вимірювання.