

## МУЛЬТИПЛЕКСНАЯ СИСТЕМА СИНХРОНИЗИРОВАННОГО СБОРА ДАННЫХ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ УСКОРИТЕЛЕМ

*В. Н. Замрий*<sup>1</sup>

Объединенный институт ядерных исследований, Дубна

Представлена мультиплексная система сбора данных для задач управления ускорителем ЛУЭ-200. Сбор данных группы задач (каналов системы) синхронизирован с циклом ускорения. Операции группы каналов и узла системы распределены с учетом развития ее минимальной структуры. Число каналов, обслуженных за время цикла, и поток данных определены для применимых режимов синхронизации и возможной очереди обслуживания задач. Характеристики каналов и узла системы оптимизированы с целью сократить время ожидания для задач контроля короткого цикла ускорителя, быстрой защиты и оперативного управления.

The multiplex system of data acquisition for tasks to control the accelerator LUE-200 is presented. Data acquisition of group of tasks (system channels) is synchronized with an acceleration cycle. Operations of group of channels and a system node are allocated, in view of development of minimal system structure. The number of the channels serviced during the cycle and a data flow are defined for applicable modes of timing and possible queue of service of tasks. The main characteristics of the channels and a system node are optimized to reduce a waiting time for tasks of supervision of a short cycle of the accelerator, fast protection and feedback control.

PACS: 07.05.Hd; 29.85.Ca

### ВВЕДЕНИЕ

Представлена мультиплексная система синхронизированного сбора данных для группы задач управления ускорителем типа ЛУЭ-200 (с частотой повторения циклов ускорения до 150 циклов/с) [1].

Предложенная ранее информационно-измерительная система для контроля технологических параметров была применена, когда ускоритель ЛУЭ-40 установки ИБР-30, затем секции ускорителя ЛИУ-30 и СВЧ-стенд ЛУЭ-200 установки ИРЕН оснащались отдельными средствами (каналами) сбора данных [2].

Представленная система развивается для задач контроля импульсных параметров короткого цикла, а также быстрой защиты и оперативного управления (с обратной связью). Ее минимальная структура включает группу (~ 10) каналов, которые должны быть обслужены за время цикла. Считываемые данные канала могут включать группу (~ 100)

---

<sup>1</sup>E-mail: zamrij@nf.jinr.ru

значений параметров. Узел системы обеспечивает синхронизацию (с циклом ускорения) последовательности операций получения данных для группы задач. Выбор процедуры операций и структуры (каналов и общего узла) обусловил характеристики производительности и использования оборудования представленной системы.

## **1. ПРОЦЕДУРЫ ОПЕРАЦИЙ И СТРУКТУРА МУЛЬТИПЛЕКСНОЙ СИСТЕМЫ**

Последовательности основных операций для задач системы: измерение (M), считывание и сбор данных (D), обмен данными (E) с обработкой (P) для каждой задачи. Процедуры операций мультиплексной системы распределены в соответствии с развитием структуры каналов (типа А, В и С) и их узла (соответственно, для операций P и E, затем D и далее M). Процедуры операций и соответствующие им структуры рассматривались, прежде всего, для систем типа А и затем В [3].

Развитие и оптимизация характеристик мультиплексной системы при сокращении периода циклов ускорителя также связаны с усложнением условий синхронизации для новых задач диагностики короткого цикла, быстрой защиты и оперативного управления.

Применяемые режимы синхронизации сбора данных и обслуживания группы задач (с возможным образованием очереди) далее обосновываются с учетом основных характеристик производительности системы (количества данных каждой задачи и числа задач, обслуженных за время цикла, а также скорости получения данных и времени обслуживания задач). Оптимизируемые характеристики каналов и узла координируются (как показано далее), чтобы сократить их время ожидания (простоя оборудования) при обслуживании группы задач системы.

## **2. СИСТЕМА СБОРА ДАННЫХ ДЛЯ ЗАДАЧ УПРАВЛЕНИЯ**

Мультиплексная система синхронизированного сбора данных для задач управления, а также контроля цикла ускорения и защиты (рис. 1) построена на основе системного узла.

В состав узла включены контроллеры синхронизации (TC) с входом запуска (Start), обмена данными (LE) с выходом управления (Control) и защиты (DB) с ее выходом (Protect).

Модули сбора данных групп  $N$  каналов: конвертеры амплитуды (AC), задержки (DC) и уровня сигнала (VC), а также мультиплексный регистратор (ML) с входами синхронизации (Sync).

Модули каналов последовательного сбора данных: модули последовательной выборки (SC) и регистрации (SL) серии импульсных параметров.

Модули каналов контроля девиации групп данных: идентификаторы (DR) и регистратор (DL) отклонения параметров.

**2.1. Сбор данных группы каналов.** Сбор данных синхронизирован со стартом цикла. Модули выполняют выборку, преобразование и сохранение значения параметров входных импульсов, а также сигналов низкого уровня. Мультиплексный регистратор обеспечивает считывание и сбор данных групп  $N$  каналов (за время порядка 1 мс) и обмен данными с узлом систем (для диагностики цикла и последующего управления).

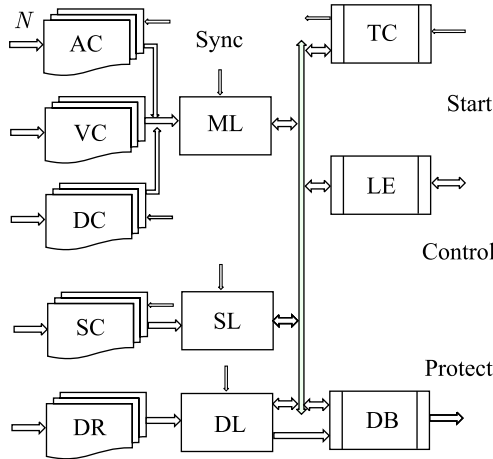


Рис. 1. Система синхронизированного сбора данных для задач управления, контроля цикла ускорения и защиты

**2.2. Последовательный сбор группы данных.** Сбор группы данных каждого канала синхронизирован с началом цикла и серией наносекундных тактов. Модули выполняют последовательную выборку значений амплитуды и числа тактов. Мультиплексная регистрация последовательности данных применима для диагностики серии параметров импульса (его формы) и ряда импульсов цикла.

**2.3. Контроль девиации групп данных.** Модули, отслеживающие девиацию данных, в случае идентификации и регистрации аварийного отклонения параметров цикла, управляют непосредственно блоком защиты. Это обеспечивает быструю блокировку цикла и последующее изменение режима работы. Регистрируемые данные передаются также в узел системы (для задач последующей диагностики и управления).

### 3. ХАРАКТЕРИСТИКИ СИНХРОНИЗИРОВАННОГО СБОРА ДАННЫХ

Основные характеристики ( $N$  — число каналов, обслуженных за время цикла  $T$ , и  $K$  — количество данных канала,  $n$  — скорость считывания данных и время ожидания для канала и узла, их факторы простоя  $P_1, P_2$ ) определены для применимых режимов считывания.

**3.1. Считывание группы данных.** Время считывания  $t < T$ , и фактор  $m = t/T$  ограничен ( $\leq 0,1$ ). Скорость считывания  $n_1 \geq K/mT$ . Для канала фактор  $P_1 = m$ , а для узла  $P_2 = (1 - m)$ , и его значение велико. Следовательно, это оборудование используется неэффективно.

**3.2. Считывание данных группы каналов.** Скорость  $n \geq n_1 N/A$ , где  $A$  — часть периода  $T$  для подготовки данных. Если время считывания  $t = mT$ , то  $n \geq KN/mTA$ . Отношение ожидания к периоду  $T$  для канала  $P_1 \leq (N - 1)m/N$ , а для узла  $P_2 = 1 - mA$  и остается значительным. Оборудование используется с умеренной эффективностью.

**3.3. Последовательное считывание данных.** Канал с номером  $i$  будет обслужен (за время  $t$ ) с задержкой  $(i - 1)t$ . Число каналов, работающих одновременно с обслуживанием:  $N \leq (T - t_1)/(t_2 + t_3)$ . Здесь  $t_1$  — время подготовки считывания для группы каналов, а  $t_3$  и  $t_2$  — подготовки и считывания данных канала. При условии  $(t_2 + t_3) = mT$ , а  $t_1 < T$  скорость  $n$  имеет умеренное значение ( $\sim n_1$ ). Для канала, ожидающего обслуживания, фактор  $P_1$ , определяемый как  $\sim t_3/T$ , будет мал при условии  $t_3 < Nt_2$ . Для общего узла фактор  $P_2 = (t_1 + Nt_3)/T$ , и при условии  $t_3 < t_2$  и  $t_2 = mT$  он не превысит  $1 - Nm$ , что меньше, чем в предыдущем режиме. Этот режим более эффективен.

#### 4. ОБСЛУЖИВАНИЕ ЗАДАЧ СИСТЕМЫ ПРИ ОБРАЗОВАНИИ ОЧЕРЕДИ

Обслуживание группы задач может выполняться с очередью [4], если запрос от канала поступит, когда узел занят обслуживанием других запросов. Ожидание канала и узла (факторы их простоя  $P_1$  и  $P_2$ ) в зависимости от числа каналов  $N$  показано на рис. 2.

Используемые здесь обозначения: фактор  $m$  — отношение средних значений времени обслуживания к времени между запросами;  $k$  — число появившихся запросов;  $P_0$  — вероятность того, что узел не занят обслуживанием. При заданном уменьшении значения  $m$  (до 0,1, 0,05 и 0,025) ожидание канала не превысит времени обслуживания для соответственно большего числа каналов ( $\sim 8, 13$  и  $21$ ). Ожидание канала (при  $m = 0,1$ ) будет существенно меньше, если подключить второй узел (диаграмма 1 близка к позиции диаграммы 2, и число  $N \sim 20$ ) или третий (диаграммы показаны штриховыми линиями). Диаграммы демонстрируют также эффективность режимов мультиплексной системы.

На основе полученных результатов оптимизируемые характеристики каналов и узла мультиплексной системы координируются так, чтобы сократить время получения данных (оно синхронизировано с циклом ускорения) и возможные задержки для группы ее задач. При дальнейшем сокращении периода циклов становится особенно важным развитие и оптимизация системы сбора данных для задач контроля цикла и управления ускорителем.

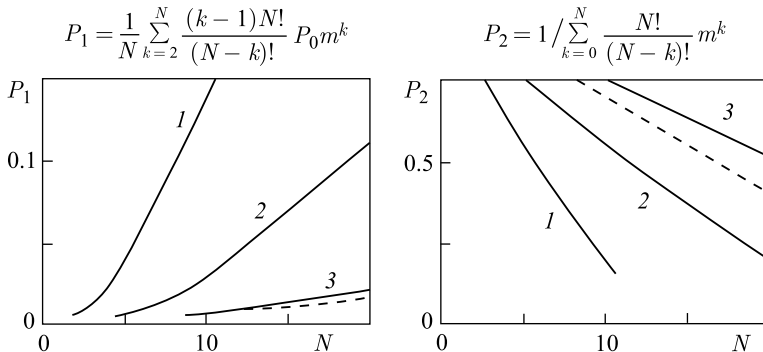


Рис. 2. Ожидание канала и узла ( $P_1$  и  $P_2$ ): 1, 2 и 3 — при значениях  $m$  до 0,1, 0,05 и 0,025

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бечер Ю. и др. Ускоритель ЛУЭ-200 установки ИРЕН: состояние и развитие // Письма в ЭЧАЯ. 2014. Т. 11, № 5(189). С. 1029–1039.
2. Zamriy V. N. Study of Automation Sources of Data Acquisition // Proc. of XXI Intern. Symp. “Nuclear Electronics and Computing”, Varna, 2007. Dubna: JINR, 2008. P. 455–460.
3. Zamriy V. N. Host-Based Data Acquisition System to Control Pulsed Facilities of the Accelerator // Phys. Part. Nucl. Lett. 2016. V. 13, No. 5. P. 601–604.
4. Розенберг В. Я., Прохоров А. И. Теория массового обслуживания. М.: Сов. радио, 1962. 254 с.