

ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ИНЖЕКЦИОННОГО КОМПЛЕКСА ВЭПП-5

Ф. А. Еманов^{а, 1}, Д. Е. Беркаев^б, Д. Ю. Болховитянов^б

^а Новосибирский государственный университет, Новосибирск, Россия

^б Институт ядерной физики им. Г. И. Будкера СО РАН, Новосибирск, Россия

Инжекционный комплекс (ИК) ВЭПП-5 снабжает электронными и позитронными пучками коллайдеры ИЯФ. Программное обеспечение системы управления комплекса обеспечивает управление технологическими процессами и передачу данных потребителям пучка. В статье описаны структура и принципы работы автоматического ПО комплекса.

VEPP-5 injection complex (IC) supplies BINP colliders with electronic and positronic beams. IC control system software provides control of technological processes and data transmission to beam users. The paper describes the structure and the operation principles of the IC automatic software.

PACS: 07.05.Dz

ВВЕДЕНИЕ

В конце 2016 г. инжекционный комплекс ВЭПП-5 [1] перешел к снабжению электронными и позитронными пучками коллайдеров ВЭПП-2000 [2] и ВЭПП-4М [3]. На этапе строительства ИК был разработан набор драйверов, серверного ПО и инженерных программ на основе фреймворков CXv4 и EPICS. В программах управления К-500 был применен VCAS.

При переходе к регулярной работе с коллайдерами возникла задача разработки централизованных средств управления инжекционным комплексом и каналом К-500, которые бы обеспечивали: цикл накопление–выпуск пучка с периодом до 1 с, повторяемые процессы переключения между потребителями и видами передаваемых частиц с временем переключения около 1 мин. Эти технологические процессы включают загрузку состояния некоторого набора подсистем ускорителя. Сохранение состояния комплекса и загрузка нужных его частей выполняются операторами в ручном режиме для настройки работы ускорителей. Поэтому была разработана служба сохранения и восстановления функционирования установки, отвечающая требованиям всех технологических процессов. Такой службе требуется структурированная информация о всех подсистемах и устройствах ускорителя. Для хранения такой информации создана и наполнена база данных комплекса. На основе этой программной инфраструктуры разработаны необходимые операторские программы.

¹E-mail: f.a.emanov@inp.nsk.su

1. БАЗА ДАННЫХ ИК

В системе управления ИК есть задачи, для решения которых применена СУБД PostgreSQL: это хранение и распространение конфигурационной информации, сохранение и восстановление информации о состоянии ускорителей и запись информации о работе ускорителя. В EPICX, CXv4, VCAS минимальная единица ввода-вывода — канал, т. е. именованная ячейка памяти, предоставляемая серверным ПО. Каналы принято группировать в устройства, а устройства в системы. Эту иерархию удобно отражать в именах каналов, однако в различных фреймворках используются разные разделители в именах, и часто в имени есть указание на физический прибор или подсистему, тогда как оперировать удобнее с логическими. Для упрощения работы на уровне БД была проведена унификация имен либо на серверных уровнях фреймворков, либо на уровне библиотек для доступа. Структура БД для хранения конфигурационной информации и режимов комплекса показана на рис. 1.

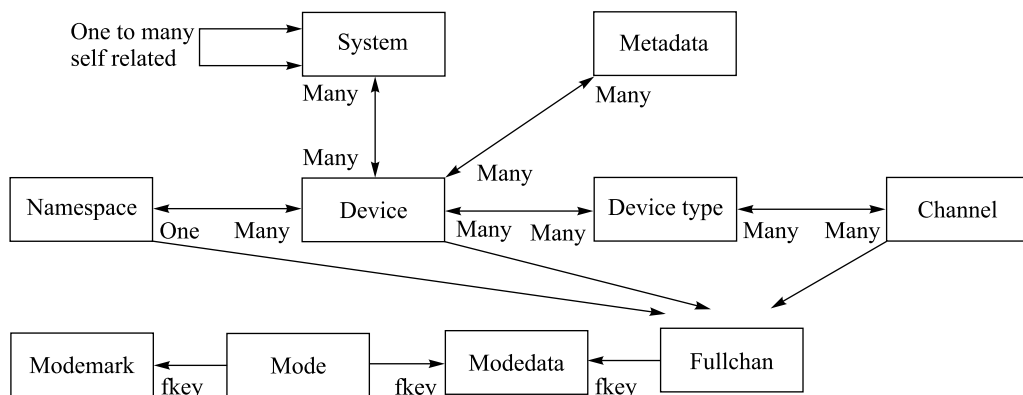


Рис. 1. Схема базы данных инжекционного комплекса

При хранении в БД имя канала делится на части между пространством имен, логическим устройством и каналом, информация о которых хранится в отдельных таблицах. Так как на ускорителе используется много однотипных устройств, введение типа устройства упрощает редактирование БД и уменьшает количество связей. Логические подсистемы образуют древовидную структуру и хранятся в отдельной таблице, при этом одно устройство может входить в несколько логических систем. Для конфигурирования системы сохранения-восстановления режимов комплекса используется дополнительная таблица, в которой хранится как полное имя канала, так и идентификаторы составных частей, но связей с конфигурационными таблицами нет. Такое разделение позволяет хранить режимы в отдельной БД, редактировать конфигурационную информацию, не мешая работе ускорителя. При загрузке режима можно использовать имя канала, которое считалось актуальным на момент сохранения, либо получить текущее имя по составным частям, что делает возможным использование режима при изменении конфигурации установки. Для упрощения редактирования базы данных используется простое веб-приложение Django. Вся логика работы с данными реализована на PostgreSQL-сервере в виде функций на языках SQL или Python, что ускоряет работу по выборке данных и упрощает запросы.

2. СОХРАНЕНИЕ И ВОССТАНОВЛЕНИЕ СОСТОЯНИЯ КОМПЛЕКСА

Централизованное управление состоянием инжекционного комплекса осуществляется при помощи службы сохранения-восстановления режимов. Эта служба представляет собой программу-сервер, которая принимает запросы пользователей на сохранение режима,

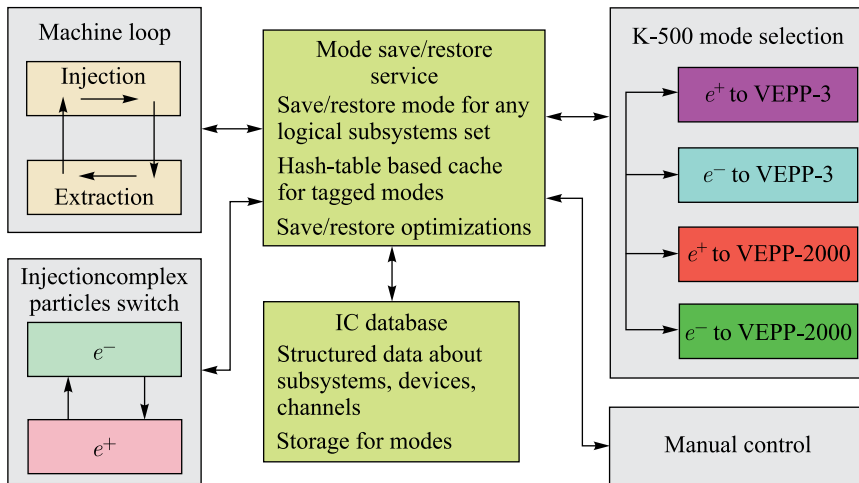


Рис. 2. Программы, участвующие в сохранении-загрузке режимов

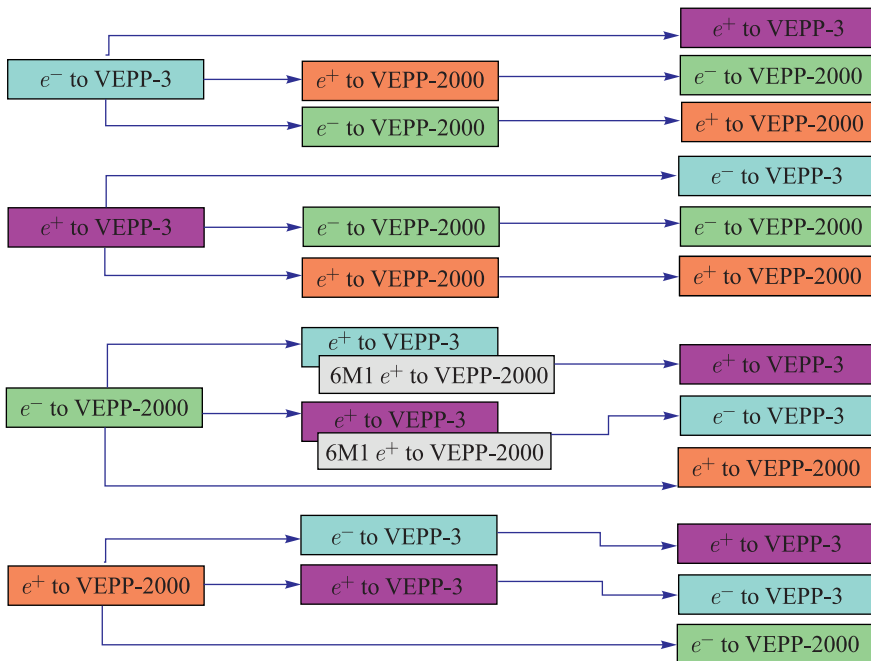


Рис. 3. Схема переходов режимов K-500

установку метки режима или загрузку режима для произвольного набора логических систем. Меткой обозначается, в каком случае режим будет использован автоматическим ПО.

Для ускорения обработки запросов служба хранит в собственной памяти актуальное состояние установки и все режимы с метками, выборка из которых осуществляется при помощи хэш-таблиц. Это позволяет использовать загрузчик режимов для организации быстрых циклов накопления-выпуска. Схема процессов, использующих загрузку режимов, и используемых меток приведена на рис. 2.

Режимы канала К-500 показывают текущую задачу комплекса, и поэтому получили цветовую кодировку, для облегчения распознавания их операторами.

Для получения повторяемости при переключении режимов К-500 необходимо «перемасштабировать» часть его элементов. Эта процедура выполняется путем последовательной загрузки режимов через 30 с, в соответствии со схемой переходов, представленной на рис. 3.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате работы создана база данных ИК и инструменты для работы с ней, которые существенно облегчают конфигурирование программного обеспечения комплекса.

Создан набор программ для централизованного управления инжекционным комплексом и каналом К-500, с помощью которых было начато регулярное снабжение коллайдеров пучками.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда (проект № 14-50-00080) с использованием уникальной научной установки «Комплекс ВЭПП-4–ВЭПП-2000», получившей финансовую поддержку государства в лице Минобрнауки России (уникальный идентификатор проекта RFMEFI61917X0008).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Berkaev D., Andrianov A., Astrelina K., Balakin V., Batrakov A., Belikov O., Blinov M., Bolkhovityanov D., Butakov A., Bykov E., Dikansky N., Emanov F., Frolov A., Gambaryan V., Gorchakov K., Gusev E., Karnaeв S., Karpov G., Kasaev A., Kenzbulatov E., Kiselev V., Klushev S., Kondakov A., Koop I., Korenev I., Kot N., Kozak V., Krasnov A., Krutikhin S., Kuptsov I., Kurkin G., Lebedev N., Levichev A., Logatchov P., Maltseva Yu., Mikailov A., Murasev A., Muslivets V., Nikiforov D., Novikov An., Ottmar A., Pavlenko A., Pivovarov I., Rashchenko V., Rogovsky Yu., Samoiloв S., Sazonov N., Semenov A., Shwartz D., Skrinsky A., Starostenko A., Starostenko D., Tribendis A., Tsyganov A., Vasichev S., Vasiliev S., Yudin V., Zemlyansky I., Zhuravlev A.* VEPP-5 Injection Complex: Two Colliders Operation Experience // Proc. of IPAC'17, Copenhagen, 2017.
2. *Shatunov P., Belikov O., Berkaev D., Gorchakov K., Kasaev A., Kirpotin A., Koop I., Krasnov A., Lysenko A., Motygin S., Prosvetov V., Rabusov D., Semenov A., Shatunov Yu., Timoshenko M., Zemlyansky I., Zharinov Yu., Shwartz D., Perevedentsev E., Rogovsky Yu., Senchenko A.* High Luminosity at VEPP-2000 Collider with New Injector // Ibid.
3. *Piminov P. A.* Status of the Electron–Positron Collider VEPP-4 // Ibid.