

10 **Абдуллаев, Р. Б.** Синтез полностью самопроверяемых схем встроенного контроля на основе полиномиальных кодов для комбинационных логических устройств / Р. Б. Абдуллаев // Автоматика на транспорте. – 2021. – Т. 7, № 3. – С. 452–476. – DOI: 10.20295/2412-9186-2021-7-3-452-476.

11 **Ефанов, Д. В.** Организация контроля вычислений на выходах самодвойственных цифровых устройств с применением циклических избыточных кодов / Д. В. Ефанов, Д. В. Пивоваров // Материалы XIV Всероссийского совещания по проблемам управления (ВСПУ-2024) ; под общ. ред. акад. РАН Д. А. Новикова, Москва, 17–20 июня 2024 г. – С. 2395–2399.

12 **Ефанов, Д. В.** Синтез самопроверяемых дискретных устройств на основе полиномиальных кодов с контролем вычислений по нескольким диагностическим признакам / Д. В. Ефанов, Д. В. Пивоваров // Автоматика и телемеханика. – 2025. – № 5. – С. 39–60. – DOI: 10.31857/S0005231025050036. – EDN: AXPIOQ.

13 **Ефанов, Д. В.** Особенности реализации самопроверяемых структур на основе метода инвертирования данных и линейных кодов / Д. В. Ефанов // Вестник Томского государственного университета. Управление, вычислительная техника и информатика. – 2023. – № 65. – С. 126–138. – DOI: 10.17223/19988605/65/13.

14 **Ефанов, Д. В.** Особенности использования кодов Хэмминга при синтезе самопроверяемых цифровых устройств на основе метода инвертирования данных / Д. В. Ефанов // Известия высших учебных заведений. Электроника. – 2024. – Т. 29, № 3. – С. 379–392. – DOI: 10.24151/1561-5405-2024-29-3-379-392.

УДК 656.25

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МНОГОМЕРНОЙ МАТРИЦЫ ПРИ РЕАЛИЗАЦИИ ОТВЕТСТВЕННЫХ КОМАНД В СИСТЕМАХ АВТОМАТИКИ НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ СТАНЦИЯХ

В. В. КАМЕНСКИЙ

*Ростовский государственный университет путей сообщения, г. Ростов-на-Дону,
Российская Федерация*

Среди всех видов транспорта железнодорожный транспорт занимает особое место. Автомобильный, авиационный и речной транспорт не может сравниться с железнодорожным транспортом ни по количеству пассажиров, ни по объему перевезенных грузов.

Управление движением поездов на участке железнодорожных линий осуществляет поездной диспетчер [1, 2]. Старший диспетчер осуществляет управление движением в регионе управления на нескольких диспетчерских участках.

Несмотря на достигнутые успехи в повышении надежности технических средств железнодорожной автоматики и телемеханики, иногда происходят отказы, техника выходит из строя, и это приводит к необходимости осуществлять управление движением поездов в режиме наличия неисправности.

В этом режиме работник службы движения – поездной диспетчер, используя все доступные каналы информации (информацию от машинистов, электромонтеров, монтеров пути и других работников, обеспечивающих функционирование инфраструктуры железнодорожного транспорта), собирает картину произошедшего отказа.

При неисправности напольных устройств или систем электрической централизации использует аварийный режим работы. В этом режиме поездной диспетчер всю ответственность за безопасность движения поездов берет на себя и управляет движением с помощью ответственных команд. Ответственные команды реализуются без выполнения каких-либо условий безопасности.

В системе диспетчерской централизации ДЦ-ЮГ с РКП [3] ответственная команда задается двумя агентами службы движения (поездным диспетчером и старшим диспетчером). Затем ответственная команда передается по двум независимым каналам связи на два независимых исполнительных устройства.

Выходы исполнительных устройств подключены к релейной матрице ответственных команд. Каждое исполнительное устройство выдает на матрицу 8 сигналов. Половину сигналов составляют 1, а другую половину – 0. Например, могут быть комбинации 11110000, 10101010. Количество возможных вариантов сигналов с кодовым расстоянием 4, состоящим из 8 бит, составляет 14 (варианты 00000000 и 11111111 исключаются). Поэтому применяется квадратная матрица ответственных команд из 7 строк и 7 столбцов. Общее количество ответственных команд, которое можно реализовать через матрицу 7 на 7, составляет 49. Сигналы с 1 по 7 используются как указатель строки, а сигналы с 8 по 14 – как указатель столбца.

На крупных станциях количество ответственных команд превышает возможности одной матрицы, и приходится устанавливать вторую матрицу ответственных команд.

Задача состоит в том, чтобы, не снижая кодовое расстояние, равное 4, увеличить возможное количество ответственных команд.

Существующая матрица является плоской (двухмерной). Проверим возможность увеличения количества ответственных команд при использовании не плоской, а объемной матрицы с тремя измерениями (3D).

Обозначим размерности матрицы буквами d – строка, m – столбец, n – слой. Нужно найти значения d , m и n , чтобы сумма d , m , n была равна 14, а произведение d , m , n было максимальным:

$$\left\{ \begin{array}{l} d + m + n = 14 \\ dmn = \max \end{array} \right\}.$$

Путем перебора всех возможных вариантов было выяснено, что максимальное количество элементов матрицы достигается, если размерности матрицы максимально близки друг к другу.

При $d = 5$, $m = 5$, $n = 4$ количество элементов матрицы максимально и составляет 100. При размерности матрицы ($d = 6$, $m = 4$, $n = 4$), ($d = 6$, $m = 5$, $n = 3$) или ($d = 7$, $m = 4$, $n = 3$) количество элементов матрицы составляет соответственно 96, 90 и 84. При дальнейшем изменении размерности матрицы количество ее элементов продолжает снижаться. В матрице с размерностью $d = 5$, $m = 5$, $n = 4$ сигналы с 1 по 5 используются как указатель строки, а сигналы с 6 по 10 – как указатель столбца. Сигналы с 11 по 14 используются как указатель слоя.

Увеличение размерности матрицы ответственных команд с 2 до 3 позволило увеличить количество ответственных команд в 2 раза – с 49 до 100.

Другим вариантом увеличения количества ответственных команд является использование матрицы, содержащей четыре измерения (4D). Для этого следует построить четырехмерную матрицу с максимальным количеством элементов. Обозначим размерности матрицы буквами d – строка, m – столбец, n – слой, k – строение. Нужно найти значения d , m , n и k , чтобы сумма d , m , n , k была равна 14, а произведение d , m , n , k было максимальным.

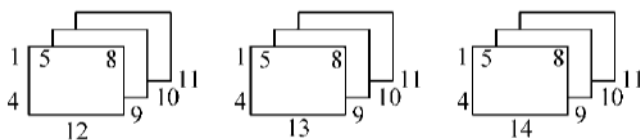
Выберем матрицу с размерностью $d = 4$, $m = 4$, $n = 3$, $k = 3$. Количество элементов матрицы составляет $4 \cdot 4 \cdot 3 \cdot 3 = 144$ элемента. При $d = 4$, $m = 5$, $n = 3$, $k = 2$ количество элементов матрицы составляет 120. При $d = 5$, $m = 5$, $n = 2$, $k = 2$ количество элементов матрицы составляет 100. При дальнейшем изменении размерности матрицы количество ее элементов уменьшается.

В матрице с размерностью $d = 4$, $m = 4$, $n = 3$, $k = 3$ (рисунок 1, а) сигналы с 1 по 4 используются как указатель строки, а сигналы с 5 по 8 – как указатель столбца. Сигналы с 9 по 11 используются как указатель слоя, а сигналы с 12 по 14 – как указатель строения.

Увеличение размерности матрицы ответственных команд с 2 до 4 позволило увеличить количество ответственных команд с 49 до 144.

В результате были получены следующие оптимальные значения измерений матрицы ответственных команд (рисунок 1, б): матрица 2D размерностью $7 \cdot 7$ (49 элементов), матрица 3D размерностью $5 \cdot 5 \cdot 4$ (100 элементов), матрица 4D размерностью $4 \cdot 4 \cdot 3 \cdot 3$ (144 элемента), матрица 5D размерностью $4 \cdot 3 \cdot 3 \cdot 2 \cdot 2$ (144 элемента).

а)



б)

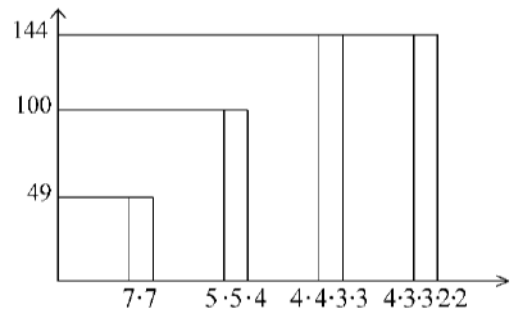


Рисунок 1 – Матрица размерностью 4433 (а); количество элементов матриц разной размерности (б)

Таким образом, использование многомерных матриц позволяет, не ухудшая кодового расстояния между командами, увеличить количество реализуемых ответственных команд на станции.

Список литературы

- 1 ГОСТ 33896-2016. Системы диспетчерской централизации и диспетчерского контроля движения поездов. Требования безопасности и методы контроля. – Введ. 01.11.2017. – М. : Стандартинформ, 2017. – 15 с.
- 2 СТО РЖД 1.19.003-2010. Автоматизированные системы диспетчерского управления движением поездов. – Введ. 01.06.2010. – М. : РЖД, 2010. – 48 с.
- 3 Система диспетчерского контроля и управления движением поездов «ДЦ-ЮГ с РКП» : монография / И. Д. Долгий, А. Г. Кулькин, Ю. Э. Пономарев [и др.] ; под общ. ред. проф. И. Д. Долгого и канд. техн. наук А. Г. Кулькина. – Ростов н/Д : РГУПС, 2010. – 468 с.

УДК 621.38

МОДИФИКАЦИЯ МАТЕМАТИЧЕСКОГО АППАРАТА И ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ РАСЧЕТА ОПТИМАЛЬНЫХ ПО РАСХОДУ ТОПЛИВА РЕЖИМОВ ВЕДЕНИЯ ГРУЗОВЫХ ПОЕЗДОВ В САВ

А. П. КЕЙЗЕР, Т. А. ГОЛДОБИНА, А. Е. КОЗЛОВСКИЙ, С. Н. ДОЛГОМЫСЛОВА
Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Система автоведения поездов (САВ) – это будущее железнодорожного транспорта. САВ охватывает три основных подразделения транспортного конвейера:

- 1) локомотив (рассматривается тепловоз);
- 2) система автоматики;
- 3) система связи.

В предлагаемой САВ [1] предусмотрена обратная связь. Если поезд прибыл в контрольную точку чуть раньше или позже заданного времени хода, дальше он должен двигаться по другой оптимальной кривой скорости.

В Московском государственном университете путей сообщения (МГУПС, МИИТ) системами автоведения (метрополитен, электропоезда) занималась и занимается кафедра автоматики. Большой научный вклад в САВ внесли доктора технических наук Е. В. Ерофеев, Л. А. Баранов, Я. М. Головичер.

В БелИИЖТе (ныне БелГУТе) системами автоведения грузовых поездов (тепловозная тяга) под руководством кандидата технических наук А. М. Костромина занимался авторский коллектив в составе А. П. Кейзера, С. Я. Френкеля, С. И. Сухопарова, которые впоследствии стали кандидатами технических наук. Впервые САВ (тепловоз ТЭЗ) в конце семидесятых годов прошлого столетия была апробирована на участках Гомельского отделения Белорусской железной дороги.

Под руководством старшего инженера А. П. Кейзера была написана и отлажена программа расчета оптимальных (по расходу топлива) режимов ведения поездов $НКО_j$ на языке Автокод «Инженер» (АКИ) для ЭВМ Минск-22.

С помощью математического метода принцип максимума Понтрягина (ПМП) с одной ψ -функцией в [1] доказано, что ПМП ($\psi = \text{const}$) целесообразно применять на участках большой протяженностью.

Программа состоит из следующих частей:

1 Разгон поезда. Режимы ведения поезда при разгоне $НКR_k$ и временные выдержки ΔtR_k не оптимизируются, а выбираются из матрицы экспериментальных рецептов, содержащих $НК$, Δt для различных масс поезда Q . Процесс разгона заканчивается, когда хвостовой вагон поезда проезжает выходную стрелку станции.

2 Оптимальное ведение. Начинается небольшой участок оптимального ведения поезда до пробы тормозов.

3 Торможение. После пробы тормозов компьютер для каждого шага варьирования ΔSB_j рассчитывает оптимальные рецепты ведения поезда $НКО_j$, ΔtO_j до тех пор, пока на определенном шаге варьирования ΔSB_M не произойдет пересечение оптимальной кривой скорости $VOPT_M$ с кривой торможения VT . Кривая торможения VT строится в обращенном времени от конечной скорости $VT = 0$ по шагам интегрирования ΔSU_L .