

АВТОМАТИЗОВАНЕ ПРОЕКТУВАННЯ СИСТЕМ ЦЕНТРАЛІЗАЦІЇ НА ОСНОВІ ПЛІС

Малиновський М.Л., Семчук Р.В., Пушкар О.М., Аленін Д.О.

ООО НПП "Стальенерго" (м. Харків)

Сформульовано принципи автоматизованого проектування програмного забезпечення систем централізації на основі ПЛІС

Постановка проблеми. Технологія та інструментальні засоби автоматизованого проектування є одним з найважливіших елементів сучасних систем керування технологічними процесами. Їх ефективність значною мірою визначає якісні показники (надійність, безпека, вартість) систем. Використання ПЛІС-технологій при побудові систем електричної централізації (ЕЦ) як альтернативи широко поширеним мікропроцесорним системам накладає специфічні вимоги на САПР, які повинні враховувати особливості HDL-синтезу цифрових пристроїв на основі ПЛІС.

Мета статті. Мета даного дослідження полягає у зменшенні термінів і трудовитрат при проектуванні систем ЕЦ на основі ПЛІС шляхом розробки відповідних методів та інструментальних засобів автоматизованого проектування програмного забезпечення.

Основні матеріали дослідження. В даний час сформувався два основних підходи, що використовуються при проектуванні сучасних систем електричної централізації (ЕЦ). Перший з них полягає у використанні мови релейно-контактних символів (РКС) для опису логіки ЕЦ. Багато розробників представляють використання мови РКС як перевагу, що дозволяє надати програмі вигляд, відповідний існуючим принципам електричних схемам релейних ЕЦ. Разом з тим, використання мови РКС характеризується серйозним протиріччям: одною з важливих переваг застосування мікроелектронної елементної бази є відсутність необхідності розробки релейних електричних схем, тоді як використання мови РКС змушує розробляти релейний варіант електричної схеми, потім приводити її до деякого нормалізованого вигляду, і тільки потім приступати до програмування. Таким чином, має місце не заміна, а доповнення розробки електричних схем програмуванням. Крім того, мову РКС не можна вважати перспективною, оскільки вона орієнтована на фахівців в області застарілої релейно-контактної елементної бази.

Другий підхід полягає у використанні спеціалізованих трансляторів, що дозволяють автоматично генерувати програмний код безпосередньо з мнемосхеми станції і таблиці взаємозалежності стрілок і сигналів. Цей підхід має всі переваги технологічного програмування і дозволяє істотно скоротити терміни і трудовитрати при проектуванні сучасних систем ЕЦ. Реалізація даного підходу вимагає розробки формальних моделей систем ЕЦ:

- 1) табличної, що описує логіку функціонування системи в природних технологічних термінах;
- 2) автоматною;
- 3) HDL-моделі.

Крім того, необхідно формалізувати процедури перетворення табличної моделі в автоматну і автоматної в HDL-модель з метою їх подальшої автоматизації.

Модель ЕЦ у вигляді блок-схеми алгоритмів описана в [1]. Модель побудована наступним чином. Кінцеву множину елементів схематичного плану станції розбито на підмножини світлофорів, секцій, стрілок, приймально-відправних шляхів, ділянок наближення і віддалення, внутрістанційних переїздів. На цій множині може бути задана множина маршрутів, яка об'єднує підмножини поїзних і маневрових маршрутів. Кожному поїзному або маневрового маршруту можуть бути поставлені у відповідність елементи схематичного плану, які повинні забезпечувати безпечне функціонування ЕЦ при завданні, реалізації, скасуванні та штучній розділці даного маршруту. Тому кожному елементу ставиться у відповідність кортеж умов безпеки руху (УБР). Наприклад, для стрілок це контроль положення, для секцій - вільність / зайнятість, для світлофорів - закритий / відкритий стан і т.д. Будь-які два маршрути в одній або різних горловинах станції є неворожими тільки в тому випадку, якщо перетин відповідних їм підмножин елементів схематичного плану становить порожню множину. Існує виняток - два маневрових маршрути на один і той же приймально-відправних шлях або безстрілочну секцію з різних горловин станції також неворожі, хоча і мають загальний елемент. Таким чином, для будь-якої конкретної станції може бути описана таблиця ворожості маршрутів. Для практичного використання приведених топологічних формул в [1] складені блок-схеми алгоритмів функціонування ЕЦ, які допускають їх реалізацію за допомогою релейних схем. Наслідком даної особливості є її недоліки:

- збережена термінологія, яка використовується в релейних системах ЕЦ («включення реле НПС», «розмикання ланцюга реле ОК», «замикання ТК реле НПС» і т.д.), при цьому зміст цих висловів залишається прихованим від нефаківців в області релейних ЕЦ;

- вона не враховує реалізацію додаткових функцій ЕЦ, властивих мікропроцесорних систем, таких, як блокування стрілок, секцій і т.д.

- орієнтація на релейно-контактну логіку призводить до невиправданої надмірності програмних компонентів.

Крім того, форма представлення моделі (у вигляді блок-схем з послідовними ланцюжками опису умов і дій) орієнтована на використання в якості засобів її фізичної реалізації мікропроцесорної техніки (послідовної дії), тоді як для опису цифрових пристроїв при

їх реалізації на ПЛІС переважно використовується інші формалізми, наприклад, табличні або діаграми станів. З метою усунення вказаних недоліків і створення технології автоматизованого проектування систем ЕЦ на основі ПЛІС пропонується удосконалена модель, яка описується кортежем:

$$EЦ = (Sv, St, Se, P, V, Kn, M), \quad (1)$$

де:

- Sv - множина усіх світлофорів (крім загороджувальних);
- St - множина усіх стрілок, що складається з двох підмножин $St = (St, -St)$ (плюсові і мінусові положення стрілок);
- Se - множина усіх секцій (стрілочних і бесстрілочних);
- P - множина усіх приймально-відправних колій;
- V - множина усіх елементів ув'язки із суміжними системами (загороджувальні світлофори, ділянки видалення і наближення, ключ-жезл, схема напрямку, перегін, внутрістанційні переїзди);
- Kn - множина усіх маршрутних кнопок пульта керування;
- M - множина всіх маршрутів системи.

Кожному маршруту $M_j \in M$ ставиться у відповідність множина наступних елементів:

- Світлофор, що захищає маршрут $Sv1_j \in Sv$;
- Підмножини секцій (стрілочних і безстрілочних) і приймально-відправних шляхів, що беруть участь в

маршруті $Se1_j \in Se, P1_j \in P$ з N_{Se1_j} і N_{P1_j} елементами відповідно;

- Підмножини негабаритних секцій і відповідних їм стрілок $Se2_j \in Se, St1_j \in St$ з N_{Se2_j} і N_{St1_j} елементами відповідно;

- Підмножина ходових стрілок $St2_j \in St$ з N_{St2_j} елементами;

- Підмножина охоронних стрілок $St3_j \in St$ з N_{St3_j} елементами;

- Підмножина лобових маршрутів і їх напрям $P2_j \in P, \langle E \rangle | \langle O \rangle$ з N_{P2_j} елементами;

- Підмножина елементів ув'язки із суміжними системами $V1_j \in V$ з N_{V1_j} елементами;

- Підмножина кнопок набору маршруту $Kn_j \in Kn$ з N_{Kn_j} елементами;

- Ділянка наближення $P3_j \in P$ або $Se3_j \in Se$ або $V2_j \in V$;

- Тип маршруту $\langle E \rangle | \langle O \rangle | \langle EM \rangle | \langle OM \rangle$.

Таким чином, маршрут M_j описується кортежем

$$M_j = (Sv1_j, Se1_j \cup P1_j, Se2_j \cup St1_j, St2_j, St3_j, P2_j \cup (\langle E \rangle | \langle O \rangle), V1_j, Kn_j, P3_j | Se3_j | V2_j, \langle E \rangle | \langle O \rangle | \langle EM \rangle | \langle OM \rangle). \quad (2)$$

У табличному форматі описана модель представляється у вигляді таблиці з N_M рядками, кожна з яких відповідає певному маршруту, як це показано на рис. 1.

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |
|----------------|--------------------------------|---|--------------------|--------------------------|------------------|---|-------------------------------|------------------------|--------------------|---|
| Номер маршруту | Світлофор, що огорожує маршрут | Секції, які входять до маршруту | Негабаритні секції | Ходові стрілки | Охоронні стрілки | Лобові маршрути | Ув'язка з суміжними системами | Кнопки набору маршруту | Ділянка наближення | Тип маршруту |
| M | Sv1 | Se1 \cup P1 | Se2 \cup St1 | St2 | St3 | P2 \cup ($\langle E \rangle \langle O \rangle$) | V1 | Kn | P3 Se3 V2 | $\langle E \rangle \langle O \rangle \langle EM \rangle \langle OM \rangle$ |
| 4 | O | OAP, 3SP, 5-7SP, 4AP, 26-28SP, 4BP, 24SP, 4CP | - | +3, +5, +28, +26, +22/24 | +1, +17 | 4AE | ODSN 1OKG | O, E4 | 1O1UP | O |

Рисунок 1 - Формалізована таблична модель ЕЦ

Описаній табличній моделі відповідає модель, що описується взаємодіючими автоматами. Кожен автомат відповідає одному з можливих маршрутів. Автомат містить наступні стани: 0 - початкове, при якому маршрут замкнений, світлофор, що його захищає, закритий; 1 - маршрут розімкнений; 2 - маршрут замкнений, світлофор, що його захищає, відкритий; 3 - маршрут замкнений, світлофор, що його захищає, закритий. Для переходу автомата з початкового стану в перше необхідно провести розмикання всіх секцій маршруту за допомогою штучної розділки. У випадку, коли хоча б одна із секцій залишається замкнутою, автомат залишається в початковому стані. Для переходу автомата з першого стану в друге необхідно завдання маршруту і виконання УБР (світлофор, що його захищає, закритий; секції, які беруть участь у

маршруті, вільні та розімкнуті і так далі). Якщо не виконується хоча б одна з УБР або маршрут не заданий, то автомат залишається в першому стані. Автомат з другого може перейти у перший стан, якщо виконуються УБР і задана команда на скасування маршруту. Якщо команда на скасування маршруту не задана при виконанні всіх УБР, то автомат залишається в другому стані. У всіх інших випадках - порушення УБР, або потяг вступив на першу секцію - автомат переходить в третій стан. Для переходу автомата з третього стану в перший необхідно провести розмикання всіх секцій маршруту при русі потягу і посекийного розмикання або за допомогою штучної розділки. Для переходу автомата з третього стану в другий необхідно повторне завдання маршруту і виконання УБР. У всіх інших випадках автомат залишається в

третьому стані. Діаграма станів маршруту з умовами переходів показана на рис. 2

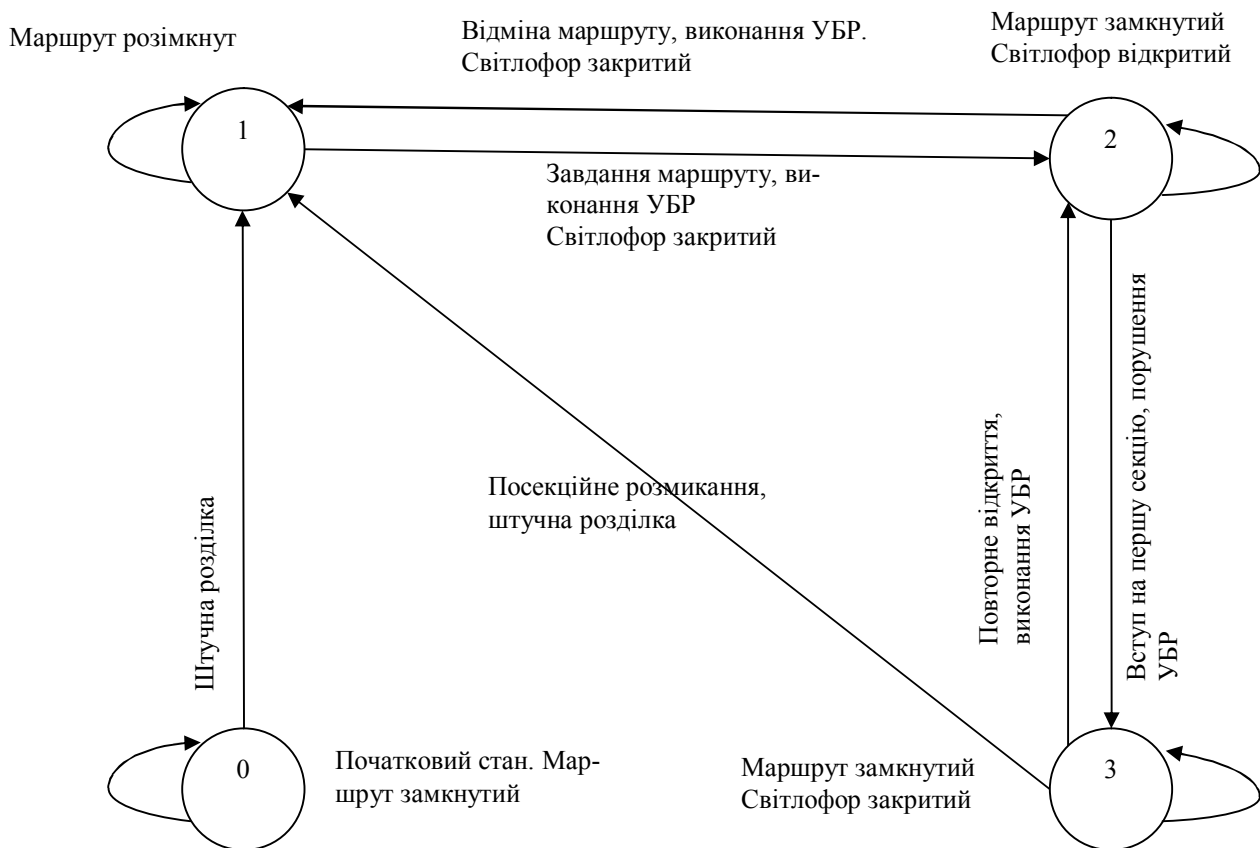


Рисунок 2 – Діаграма станів об’єкту “Маршрут”

Пропонована модель, на відміну від описаної в [1], враховує реалізацію нових функцій: формування команд для системи автоматичного оповіщення, блокування стрілок, світлофорів та секцій, встановлення стрілок на макет. Завдання перетворення автоматних моделей в HDL-моделі тривіальна і не вимагає пояснень.

Висновки. Отримані в процесі досліджень моделі дозволяють автоматизувати процес проектування програмного забезпечення для систем централізації на основі ПЛІС. При цьому проектування ПЗ зводиться до заповнення таблиці взаємозалежності стрілок і сигналів за заданими правилами з подальшою автоматичною трансляцією в HDL-код. Подальші дослідження мають бути спрямовані на розробку САПР та її апробацію для сучасних систем управління об’єктами залізничної автоматики

Список використаних джерел

1. Сапожников В. В. Электрическая централизация стрелок и светофоров: Учебное иллюстрированное пособие для вузов ж.-д. транспорта/ В. Сапожников, В.Кононов. – М.: Маршрут, 2002. – 168 с.
2. Фурман И. А. Научно-технические основы создания и промышленного применения параллельных логических контроллеров на программируемых БИС с матричной структурой: дис. ... доктора техн. наук:

05.13.05 / Фурман Илья Александрович. – К., 1989. – 197 с.

Аннотация

ТЕХНОЛОГИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ СИСТЕМ ЦЕНТРАЛИЗАЦИИ НА ОСНОВЕ ПЛИС

Малиновский М.Л., Семчук Р.В., Пушкар А.Н., Аленін Д.А.

Сформулированы принципы автоматизированного проектирования программного обеспечения систем централизации на основе ПЛИС

Abstract

TECHNOLOGY-AIDED DESIGN SOFTWARE SYSTEMS CENTRALIZE FPGA-BASED

M. Malinovskiy, R. Semchuk, O. Pushkar, D. Alenin

The principles of computer-aided software design for FPGA-based systems of railway automation are formulated