

УДК 378.1:620.9

ЗМІСТ НАВЧАННЯ СТРАТЕГІЙ ПРОЕКТУВАННЯ СИСТЕМ УПРАВЛІННЯ МАЙБУТНІХ ІНЖЕНЕРІВ З АВТОМАТИЗАЦІЇ ЕНЕРГОСИСТЕМ

©Рудевіч Н.В.

Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»

Інформація про авторів:

Рудевіч Наталія Валентинівна: ORCID:0000-0002-2858-9836; n.rudevich@ukr.net; кандидат технічних наук, доцент; Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»; вул. Фрунзе, 21, м. Харків, 61002, Україна

У статті показана необхідність розробки змісту навчання технічних дисциплін, що формують проектну компетентність у майбутніх інженерів з автоматизації енергосистем під час професійної підготовки, з урахуванням стратегій проектування систем управління об'єктами енергосистем на базі причинно-наслідкових ланцюгів дій. Побудовано причинно-наслідкові ланцюги дій при розгалуженій паралельній та конкуруючій стратегії проектування мікропроцесорних систем управління об'єктами енергосистем, де змістом кожної дії може виступати визначення призначення, вимог та параметрів, принципу дії, структури та реалізації складових елементів системи управління об'єктом енергосистеми. Наведено причинно-наслідковий ланцюг дій при розгалуженій паралельній стратегії проектування мікропроцесорної системи управління об'єктом енергосистеми на базі готових модулів. В якості прикладу встановлено причинно-наслідковий ланцюг дій при конкуруючому варіанті розгалуженої стратегії проектування автоматичного пристрою синхронізації в припущенні, що проектування здійснює одна людина з практично відсутнім досвідом роботи.

Ключові слова: стратегії проектування, система управління, причинно-наслідковий ланцюг дій

Рудевич Н.В. «Содержание обучения стратегий проектирования систем управления будущих инженеров по автоматизации энергосистем»

В статье показана необходимость разработки содержания обучения технических дисциплин, которые формируют проектную компетентность у будущих инженеров по автоматизации энергосистем во время профессиональной подготовки, с учетом стратегий проектирования систем управления объектами энергосистем на базе причинно-следственных цепей действий. Построены причинно-следственные цепи действий при разветвленной параллельной и конкурирующей стратегии проектирования микропроцессорных систем управления объектами энергосистем, где содержанием каждого действия может выступать определение назначения, требований и параметров, принципа действия, структуры и реализации составляющих элементов системы управления объектом энергосистемы. Приведена причинно-следственная цепь действий при разветвленной параллельной стратегии проектирования микропроцессорной системы управления объектом энергосистемы на базе готовых модулей. В качестве примера установлена причинно-следственная цепь действий при конкурирующем варианте разветвленной стратегии проектирования автоматического устройства синхронизации в предположении, что проектирование осуществляет один человек с практически отсутствующим опытом работы.

Ключевые слова: стратегии проектирования, система управления, причинно-следственная цепь действий

Rudevich N. «The teaching content of designing strategies of power facility control systems of future grid automation engineers»

The need to develop of the teaching content of technical disciplines, forming the project competence of future grid automation engineers during professional preparation is shown in the

article, taking into account the designing strategies of power facility control systems on the base of cause and effect chains of actions. The cause and effect chains of actions are built at the ramified parallel and competitive strategies of power facility microprocessor control systems, where the content of each action may make the destination of definition, requirements and parameters, principle of action, structure and realization of making elements of power facility control systems. The cause and effect chain of actions is brought at the ramified parallel strategy of planning of power facility microprocessor control systems on the base of the prepared modules. The cause and effect chain of action is as an example set at the competitive variant of the ramified strategy of planning of synchronization automatic device in supposition, that planning is carried out by one man with practically absent experience.

Keywords: the designing strategies, the power facility control system, the cause and effect chains

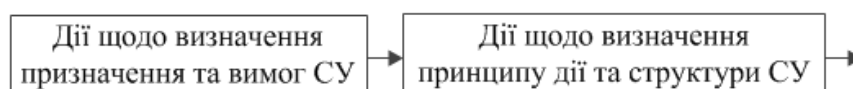
Постановка проблеми. Під стратегією проектування розуміється певна послідовність дій, що обирається проектувальником або групою планування з метою перетворення технічного завдання в готовий проект [1]. Стратегія проектування є способом виробництва проекту і являє собою сукупність дій щодо отримання та переробки існуючої інформації, генерації нової інформації та її подання у вигляді проекту. В основі проектної діяльності майбутнього інженера з автоматизації енергосистем лежить певна послідовність виконання взаємообумовлених дій, що пов'язані з встановленням причинно-наслідкових зв'язків між різними підсистемами знань щодо системи управління (СУ) об'єктом енергосистеми. З огляду на це, для успішного формування проектної компетентності в майбутніх інженерів з автоматизації енергосистем необхідно зміст навчання дисциплін професійної підготовки розробляти з урахуванням стратегій проектування СУ об'єктами енергосистем на базі причинно-наслідкових ланцюгів.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Із широким упровадженням цифрової техніки в енергетику сьогодні проектуються та виробляються лише мікропроцесорні СУ [2]. До основних видів СУ об'єктами енергосистем відноситься релейний захист, автоматика нормальних режимів та протиаварійна автоматика. Аналіз навчальної літератури за дисциплінами, в яких вивчаються вище вказані види мікропроцесорних СУ, показав, що в ній наведені лише знання стосовно основних підсистем знань про СУ (призначення, принцип дії, побудова та параметри) [3-6], при цьому практично відсутні будь-які знання відносно загальних принципів щодо послідовності дій при проектуванні СУ.

У роботі [7] запропоновано причинно-наслідкову модель системи знань про побудову СУ об'єктами енергосистем. Використання такої моделі в процесі професійної підготовки дозволить навчити майбутніх інженерів з автоматизації енергосистем коректно встановлювати причинно-наслідкові зв'язки між різними підсистемами знань під час проектування реальних СУ. Слід зазначити, що окремої уваги потребує питання щодо розробки змісту навчання стратегій проектування СУ об'єктами енергосистем на базі причинно-наслідкових ланцюгів.

Мета статті. Розробка змісту навчання стратегій проектування СУ об'єктами енергосистем на базі причинно-наслідкових ланцюгів майбутніх інженерів з автоматизації енергосистем.

Виклад основного матеріалу. Першочерговим кроком процесу технічного проектування будь-якої СУ є складання технічного завдання, яке включає виконання дій щодо визначення призначення, вимог, загального принципу функціонування та структури СУ, що в загальному випадку можна представити як (рис.1)



або



Рис.1 – Послідовність дій при складанні технічного завдання на СУ

На рис. 1 прийняті такі позначення: дії щодо визначення призначення **R** та вимог – **Нвим**, дії щодо визначення принципу дії – **D** та структури – **Sстр**.

На стадії розробки технічного завдання визначають і стратегію проектування СУ. В загальному випадку розрізняють такі типові стратегії проектування: лінійна, циклічна, розгалужена, адаптивна, випадкова [1]. Лінійна стратегія складається з ланцюжка послідовних дій, кожна з яких залежить лише від результату попередньої дії і не залежить від наступних. Циклічна стратегія реалізує ітеративний процес синтезу, коли після отримання результатів чергової дії здійснюється повернення до однієї з попередніх дій та її уточнене повторення. У структурі системи проектування цьому відповідають місцеві зворотні зв'язки. Розгалужена стратегія включає паралельні і конкуруючі дії, тобто операції «і» та «або», за результатами яких виробляється зміна стратегії, тобто структури. Адаптивна стратегія передбачає визначення спочатку тільки першої дії, а вибір подальшої дії здійснюється залежно від результату першої дії і так далі. Випадкова стратегія заснована на випадковому пошуку рішення.

При проектуванні СУ об'єктами енергосистем найбільш характерними видами стратегій проектування є лінійна, циклічна та розгалужена, а точніше їх комбінація. При змішаному варіанті зазвичай в якості глобальної стратегії проектування всієї СУ виступає розгалужена стратегія, а послідовність дій при проектуванні складових елементів різних рівнів може бути як паралельною, так і послідовною з можливою ітеративною складовою. Зміст кожної дії проектувальника визначається різними задачами, що постають у процесі проектування. Побудуємо можливі варіанти розгалуженої стратегії проектування мікропроцесорних СУ, де змістом кожної дії може виступати: визначення призначення, вимог та параметрів, принципу дії, структури та реалізації складових елементів СУ.

На теперішній час всі СУ в електроенергетиці проектуються на базі контролерів, що дозволяє отримати стандартну структурну схему СУ, яка в загальному випадку складається з трьох частин: вимірювально-перетворювальна частина (ВПЧ), обчислювальна частина (ОЧ), виконавча частина (ВЧ) (рис.2)

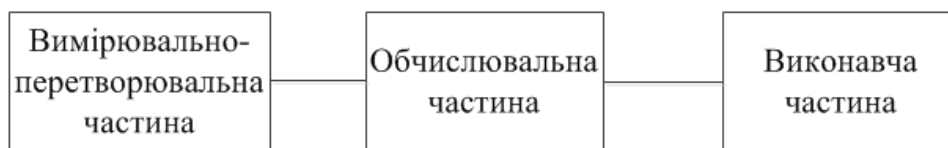


Рис. 2 – Типова структура мікропроцесорних СУ в електроенергетичних системах

З урахуванням сказаного структура змісту проектування мікропроцесорних СУ буде мати вигляд, що представлений на рис. 3 (де **S** – дії щодо визначення побудови СУ, **H** – дії щодо визначення параметрів СУ).

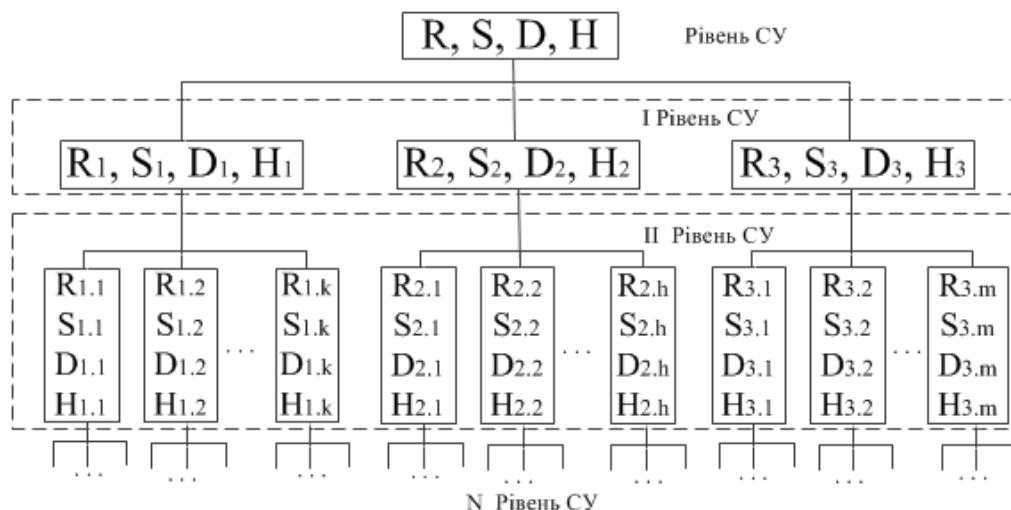


Рис. 3 – Структура змісту проектування мікропроцесорних СУ

При проектуванні складних мікропроцесорних СУ зазвичай кожен частину першого рівня, що представлена на рис. 3, проектує окремий підрозділ або організація. В такому випадку після складання технічного завдання на всю СУ, складають технічні завдання на кожну структурну частину. Перший рівень СУ при розгалуженій паралельній стратегії проектування в загальному випадку може бути представлений як (рис.4)

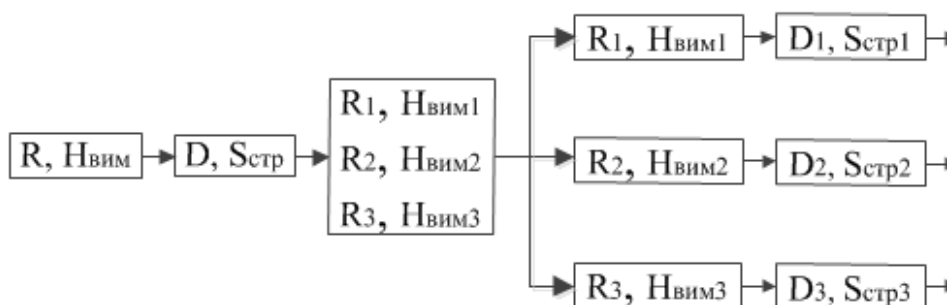


Рис. 4 – Причинно-наслідковий ланцюг дій при розгалуженій паралельній стратегії проектування першого рівня СУ

У випадку, коли проектування здійснює одна людина, послідовність дії може бути будь-якою. Наприклад, для СУ, що складається з трьох структурних частин, варіантів послідовності дій проектування першого рівня буде шість (рис.5)

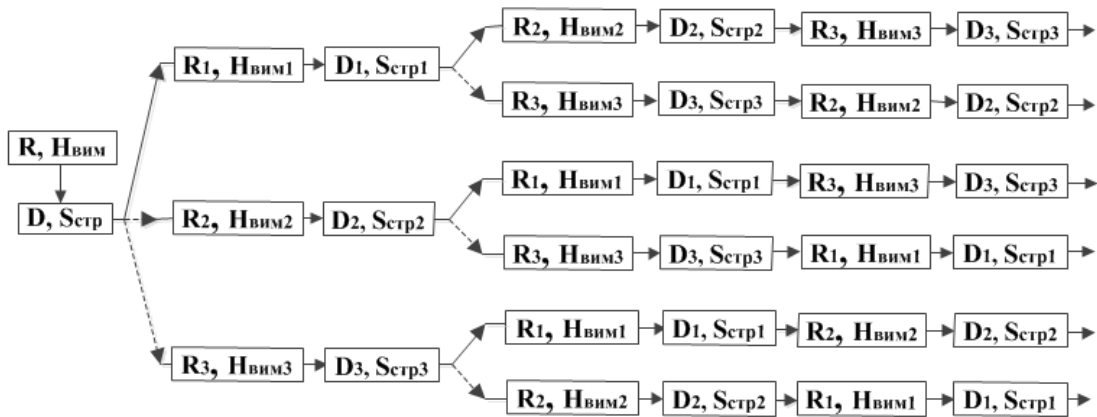


Рис. 5 – Причинно-наслідковий ланцюг дій при розгалуженій конкуруючій стратегії проектування першого рівня СУ

Аналогічні причинно-наслідкові ланцюги дій можна отримати для будь-якого рівня мікропроцесорних СУ.

На етапі визначення реалізації та параметрів складових елементів СУ спочатку виконують дії щодо вибору складових елементів, а потім розраховують необхідні параметри та роблять їх перевірку. Отже, причинно-наслідковий ланцюг дій на стадії реалізації складових елементів буде мати вигляд (рис.6)



Рис. 6 – Причинно-наслідковий ланцюг дій на стадії реалізації складових елементів СУ

Відповідно до того, яким чином буде здійснюватись проектування кожного рівня, такою буде і реалізація. На рис. 7 представлений причинно-наслідковий ланцюг дій при проектуванні мікропроцесорної СУ, що складається в загальному випадку з N рівнів, де для I та II рівнів використовується розгалужена паралельна стратегія проектування. На рис. 8 представлений причинно-наслідковий ланцюг дій при проектуванні мікропроцесорної СУ, що в загальному випадку складається з N рівнів, де для I та II рівнів використовується розгалужена конкуруюча стратегія проектування.

Сьогодні широко розповсюджено проектування СУ на базі готового обладнання фірм АВВ, Schneider, Siemens, Legrand, Rittal та т.п. Наприклад, мікропроцесорні термінали пристроїв релейного захисту та автоматики володіють власними вбудованими функціями, які реалізовані як пристрої автоматики; програмованою логікою, за допомогою якої можна здійснювати взаємодію між захистами (автоматикою) всередині терміналу та між терміналами, а також організовувати нові функції всередині терміналу. У випадку, коли треба розробити СУ на базі модулів готового програмно-технічного комплексу, послідовність дій щодо проектування складових елементів СУ буде дещо іншою. При цьому на стадії визначення вимог, принципу дії та структури складових елементів різних рівнів СУ проектувальник додатково повинен враховувати номенклатуру готових модулів з урахуванням функцій, які вони можуть виконувати. Отже, причинно-наслідковий ланцюг дій при проектуванні складових елементів будь-якого рівня СУ на базі готових модулів буде мати вигляд, що представлений на рис.9.

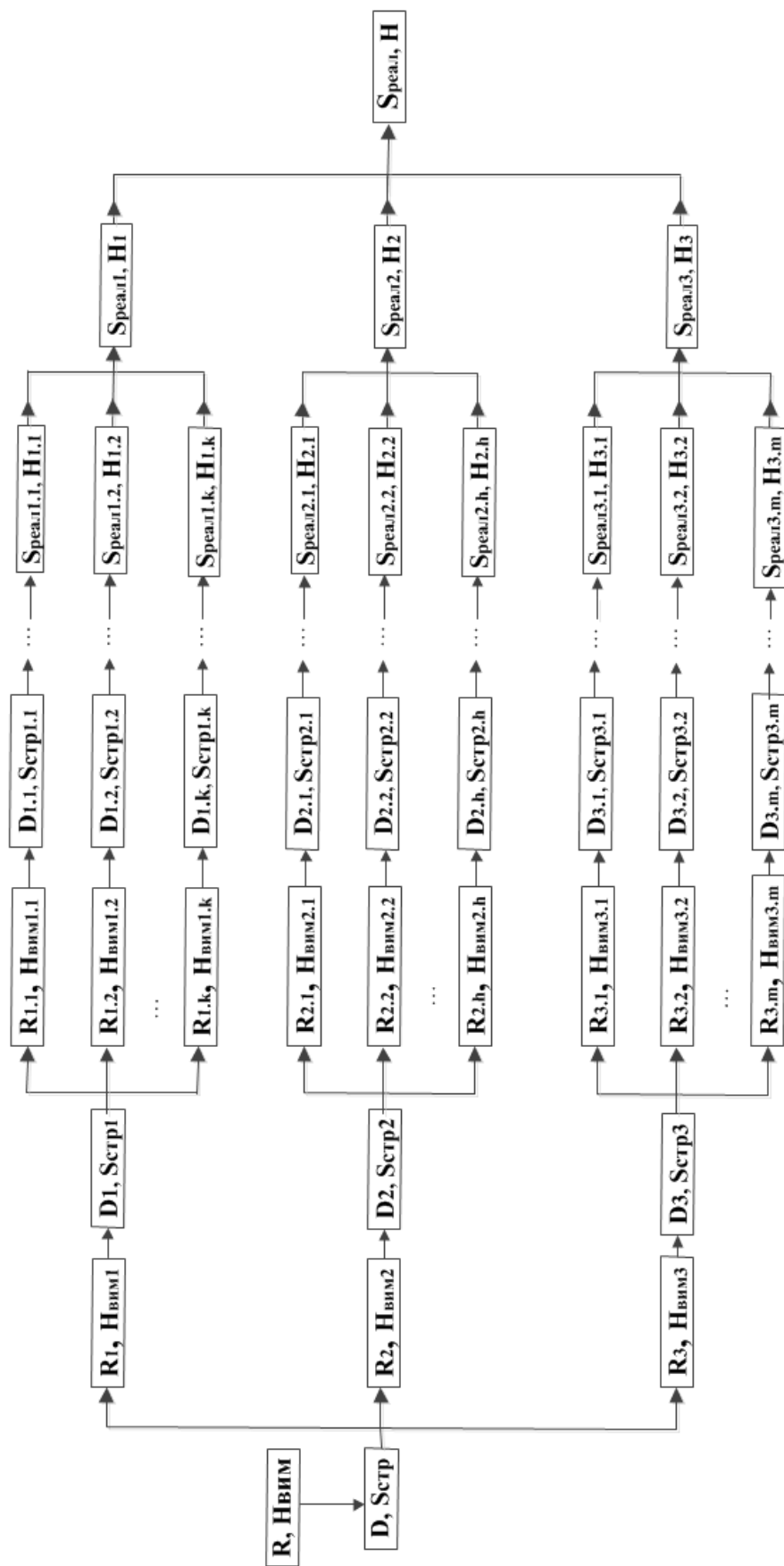


Рис. 7 – Причинно-наслідковий ланцюг дії при розгалуженій паралельній стратегії проектування мікропроцесорних СУ об'єктами енергосистем

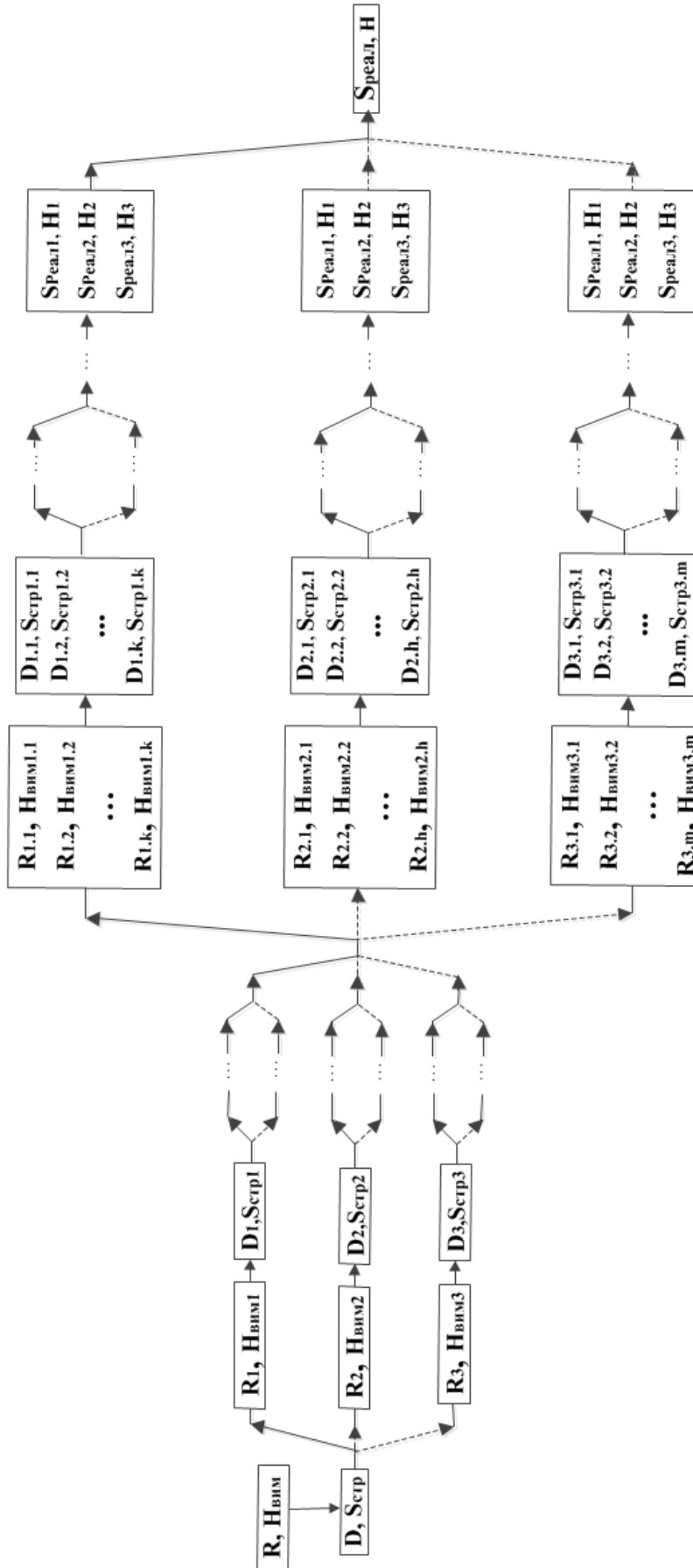


Рис. 8– Причинно-наслідковий ланцюг дії при розгалуженій конкуруючій стратегії проектування мікропроцесорних СУоб'єктами енергосистем

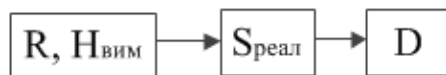


Рис. 9 – Причинно-наслідковий ланцюг дій при проектуванні складових елементів будь-якого рівня СУ на базі готових модулів

На рис. 10 наведено причинно-наслідковий ланцюг дії при розгалуженій паралельній стратегії проектування мікропроцесорної СУ об'єктом енергосистеми на базі готових модулів, які реалізують складові частини її I рівня.

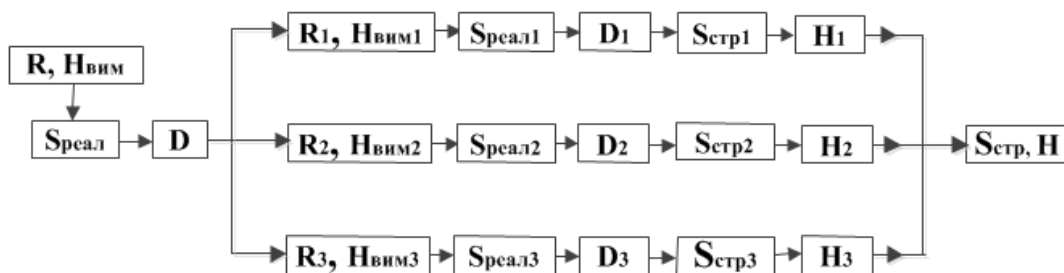


Рис. 10 – Причинно-наслідковий ланцюг дій при розгалуженій паралельній стратегії проектування мікропроцесорної СУ на базі готових модулів

У загальному випадку вибір стратегії проектування СУ об'єктом енергосистеми залежить від багатьох факторів: організація процесу проектування, складність системи управління, об'єм вихідних даних, досвід проектувальника тощо. Майбутній інженер – проектувальник повинен знати про можливі стратегії проектування, при цьому особливу увагу в процесі навчання слід приділити розгалуженій стратегії проектування, тому що найбільші труднощі можуть виникнути у проектанта-початківця саме при конкуруючому варіанті, коли постає задача вибору пріоритетності проектування складових частин. Отже, в якості змісту навчання стратегій проектування СУ об'єктами енергосистем доцільно прийняти причинно-наслідкові ланцюги дій, що представлені на рис. 7, 8, 10, при цьому не слід забувати про можливість присутності ітераційного процесу в кожному з цих варіантів.

В якості прикладу встановимо причинно-наслідковий ланцюг дій при конкуруючому варіанті розгалуженої стратегії проектування (припускаємо, що проектування здійснює одна людина з практично відсутнім досвідом роботи) автоматичного пристрою синхронізації, що в кінцевому випадку буде мати таку функціональну схему (рис.11).

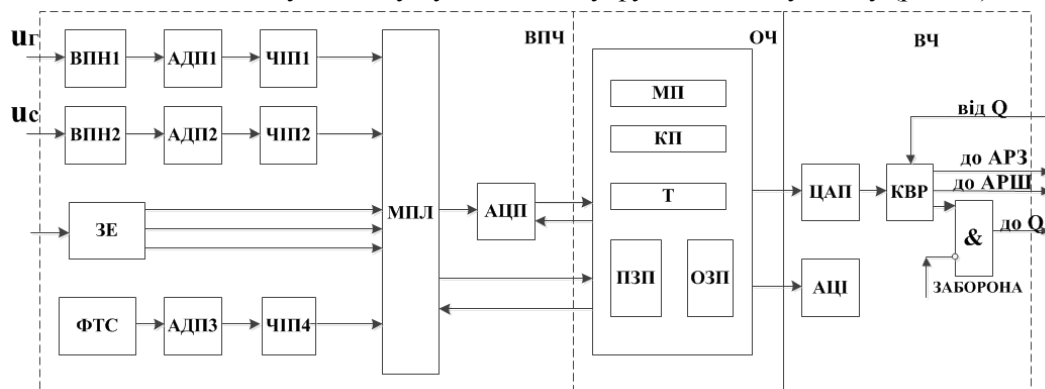


Рис.11 – Функціональна схема автоматичного пристрою синхронізації

Після визначення та уточнення вимог до пристрою проєктант переходить до дій, що пов'язані з визначенням призначення, вимог, принципу функціонування та структури ВПЧ, ОЧ та ВЧ. Пріоритетність проєктування тієї чи іншої складової частини СУ в першу чергу залежить від об'єму висунутих вимог, наскільки їх достатньо, щоб вибрати оптимальне рішення. В даному прикладі доцільно розпочати з проєктування ОЧ, так її вхідні сигнали є вихідними сигналами ВПЧ, а вихідні сигнали ОЧ – вхідними сигналами ВЧ. Після визначення структури та алгоритму функціонування ОЧ, маємо уточнені вимоги до ВПЧ та ВЧ, що дозволяє розробити структурно-функціональні схеми цих частин. Отже, причинно-наслідковим ланцюгом дії при проєктуванні пристрою синхронізації, може бути ланцюг представлений на рис.12.

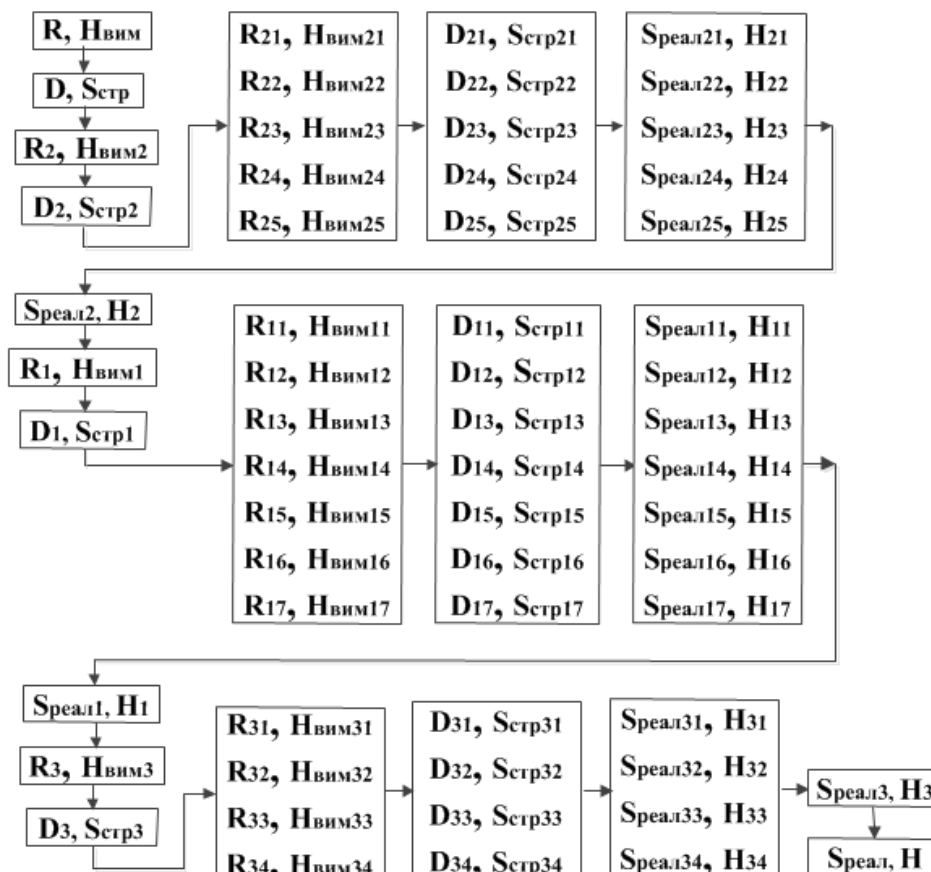


Рис.12 – Причинно-наслідковий ланцюг дії при проєктуванні пристрою синхронізації

Для більш наочного вигляду дії щодо визначення призначення та вимог, принципу функціонування та структури, реалізації та параметрів складових елементів кожної структурної частини пристрою синхронізації представлені об'єднаними. Індексом «1» позначається ВПЧ, при цьому: «1.1» – вимірювальний перетворювач напруги (ВПН), «1.2» – аналогово-дискретний перетворювач (АДП), «1.3» – число-імпульсний перетворювач (ЧП), «1.4» – мультиплексор (МПЛ), «1.5» – задаючий елемент (ЗЕ), «1.6» – формувач тестових сигналів (ФТС), «1.7» – аналогово-цифровий перетворювач (АЦП). Індексом «2» позначається ОЧ з наступними складовими елементами: «2.1» – мікропроцесор (МП), «2.2» – контролер переривань (КП), «2.3» – таймер (Т), «2.4» – постійний запам'ятовуючий пристрій (ПЗП), «2.5» – оперативний запам'ятовуючий пристрій (ОЗП). Індексом «3» позначається ВЧ: «3.1» – цифро-аналоговий перетворювач (ЦАП), «3.2» – комплект

вихідних реле (КВР), «3.3» – аналогово-цифровий індикатор (АЦІ), «3.4» – логічний елемент (&). Причинно-наслідковий ланцюг дій, що представлений на рис.12, відповідає випадку, коли проєктант повністю проєктує спочатку ОЧ з реалізацією елементів, а потім переходить до проєктування інших структурних частин. При цьому передбачається, що всі вибрані елементи кожної структурної частини є функціонально неподільними.

Висновки. Розроблений зміст навчання стратегій проєктування систем управління об'єктами енергосистем на базі причинно-наслідкових ланцюгів повинен бути включений до змісту навчання дисциплін професійної підготовки, що дозволить успішно сформувати проєктну компетентність у майбутніх інженерів з автоматизації енергосистем.

Список використаних джерел

1. Джонс Дж. К. Методы проектирования: пер. с англ. – 2-е изд., доп. / Дж. К. Джонс. – М. : Мир, 1986. – 326 с.
2. Все о релейной защите [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://www.rza.org.ua>.
3. Дьяков А. Ф. Микропроцессорная автоматика и релейная защита электроэнергетических систем: учеб.пособие для вузов / А. Ф. Дьяков, Н. И. Овчаренко. – М. : Издательский дом МЭИ, 2008. – 336 с.
4. Овчаренко Н. И. Автоматика энергосистем : учебник для вузов. – 3-е изд., испр. / Н. И. Овчаренко; под. ред. чл.-корр. РАН, д-р техн. наук, проф. А. Ф. Дьякова. – М. : Издательский дом МЭИ, 2009. – 476 с.
5. Шнеерсон Э. М. Цифровая релейная защита / Э. М. Шнеерсон. –М. : Энергоатомиздат, 2007. – 549 с.
6. Голота А. Д. Автоматика в электроэнергетических системах: навч. посіб. / А. Д. Голота. – К. : Вища шк., 2006. – 367 с.
7. Рудевич Н. В. Визначення методології навчання майбутніх інженерів з автоматизації енергосистем/ Н. В. Рудевич // Теорія і практика управління соціальними системами. – 2015. – № 2. – С. 96-105.

References

1. Dzhons, DzhK 1986, *Metody proektirovaniya*, 2nd end, Mir, Moskva.
2. *Vse o relejnoj zashhite*, < <http://www.rza.org.ua> >.
3. Djakov, AF & Ovcharenko, NI 2008, *Mikroprocessornaja avtomatika i relejnaja zashhita jelektroenergeticheskijh sistem*, Izdatelskij dom MJeI, Moscow.
4. Ovcharenko, NI 2009, *Avtomatika jenergostem*, 3rd edn, Izdatelskij dom MJeI, Moscow.
5. Shneerson, EM 2007, *Cifrovaja relejnaja zashhita*, Jenergoatomizdat, Moscow.
6. Golota, AD 2006, *Avtomatika v elektroenergetichnih sistemah*, Vyshcha shkola, Kiev.
7. Rudevich, NV 2015, 'Vyznachennya metodolohiyi navchannya maybutnikh inzheneriv z avtomatyziatsiyi enerhosystem', *Teoriya i praktyka upravlinnya sotsialnymy systemamy*, no. 2, pp. 96-105.

Стаття надійшла до редакції 15.09.2015р.