

МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСІВ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ ПРИ ЛОКАЛІЗАЦІЇ ПРИЧИН СПРАЦЮВАННЯ ЗАХИСТІВ НА ЕНЕРГЕТИЧНИХ ПІДПРИЄМСТВАХ

© Нікольський Ю.В., 2004

Запропоновано підходи до моделювання інформаційних об'єктів з метою побудови інформаційної інтелектуальної системи прийняття рішень прогнозування спрацювання захистів при значній складності об'єкта досліджень та великих обсягів інформації. Проведено попередній аналіз потоків інформації в момент, що передує спрацюванню захистів. Досліджено специфіку інформаційного потоку, який характеризує поведінку системи у передаварійний період.

The approach to modeling the information objects for intelligent making decisions system is proposed. The research suggests the actual method for determination the sources of occurrence and evolution the events resulted in activation of protections. The preliminary analysis of the information about the power unit shut-downs in the time before the damage is realized. The feature of the information which describes the behavior of the system is researched.

Вступ. Пошук причин, що спричиняють до спрацювання захистів на енергоблоках енергетичних підприємств (ТЕЦ, АЕС та ТЕС) є трудомісткою задачею, яку потрібно розв'язувати у нормативні проміжки часу. Ці проміжки є порівняно малими, а вимоги до безпечної роботи енергетичних підприємств не дозволяють запуску енергоблоків до усунення причин спрацювання захистів. Складність пошуку причин полягає насамперед у великому обсязі інформації, яку слід обробити для встановлення причини аварії. Пошук причин аварійних ситуацій проводиться, як правило, після спрацювань захистів і вимагає мобілізації інтелектуальних та професійних зусиль великої кількості фахівців. Існує низка способів розв'язання задач із знаходження причин спрацювання захистів, що вирішуються на підставі професійних знань та досвіду. Автоматизація пошуку причин, що приводять до спрацювання захистів, залишається актуальною. Розроблені спеціальні алгоритми локалізації причин аварійних ситуацій, зокрема система ДОС – дерев опису ситуацій. Ці алгоритми мають в своїй основі детальний опис технологічного процесу у взаємозв'язку його складових. Вони не містять повної схеми всього процесу, тому їх використання вимагає участі фахівців, та не передбачають локалізації причин нетехнологічного походження, зокрема, розривів трубопроводів.

Задача моделювання процедур прийняття рішень при локалізації причин спрацювання захистів складається з таких основних частин:

- знаходження відхилень технологічних режимів на ранніх стадіях розвитку аварійних ситуацій;
- автоматизоване визначення першопричин виникнення аварійних ситуацій;
- попередження персоналу про можливий розвиток аварійної ситуації.

Принципова ідея полягає у пошуку загальних закономірностей, що супроводжують початковий етап процесу розвитку ситуації, яка призведе до спрацювання захистів. Виявлення таких закономірностей дозволить попереджати персонал станції про виникнення нестандартної ситуації поведінки системи, та, у разі спрацювання захистів, локалізувати проміжок часу та місце, на якому відбувався розвиток цієї ситуації і можливі причини такого спрацювання. Через значну кількість інформації, яку необхідно опрацювати після спрацювання захистів та порівняно невелику кількість

таких спрацювань, постановка задачі автоматизації процедур пошуку причин повинна базуватись на нових принципах.

Спрацювання захисту є результатом певних обставин, які в своїй сукупності призвели до вказаної події. Спрацювання захистів закладено розробником і, фактично, є рішенням конструктора, яке було прийняте замість нього автоматичною системою. Тому розуміння ситуації, при якій спрацював захист, можна розуміти як прийняття рішення. Моделювання роботи систем захисту як систем прийняття рішень розглядатимемо описом характеристик об'єктів цієї системи у термінології таблиць прийняття рішень, тобто вибором об'єктів та їх характеристик. Такий підхід дозволяє побудувати систему прийняття рішень у вигляді множини вирішуючих правил, які надалі будуть використані як база знань відповідної експертної системи для прогнозування розвитку ситуації на основі інформації, що надходить у систему реєстрації. Це дозволить розпізнавати ситуацію для прийняття рішення про початок розвитку ситуації, яка може спричинити до спрацювання захистів.

Математична модель задачі прийняття рішень використовує таку математичну постановку [1]. Будемо називати таблицею прийняття рішень пару $B = (Z, A \cup \{d\})$. Тут Z – множина всіх об'єктів, $A = \{a_1, a_2, \dots, a_m\}$ – множина ознак, характеристик або властивостей цих об'єктів – атрибутів відповідної бази даних, які встановлюють відповідність вигляду $a_i : Z \rightarrow V_a$, де V_a – множина значень (домен) ознаки a_i , d – ознака (атрибут) прийнятого рішення. Елементи множини A ще називаються умовами, а елементи множини d – рішенням. Домен атрибуту може бути як кількісною, так якісною характеристикою об'єкта. Кількісна характеристика записується дійсним числом, а якісна визначається вибором його значення з множини: $V_a = \{0; 1\}$ ($i = 1, 2, \dots, m$). Щодо атрибуту прийняття рішень висловлюються такі ж припущення. Зокрема у випадку задачі локалізації причин аварійних ситуацій значення атрибуту прийняття рішень може визначатись так: $d \in \{0; 1\}$. У цьому рішенні одиниця відповідає спрацюванню захисту, а нуль – відсутності такого спрацювання.

Важлива особливість експертної системи, побудованої на основі знайдених закономірностей та відповідних систем вирішуючих правил, полягає у необхідності її використання у реальному часі. Тому сукупність вирішуючих правил повинна бути вбудована у існуючу систему реєстрації інформації, що дозволить формувати рішення під час накопичення інформації та її оперативної обробки.

Постановка задачі та шляхи її вирішення. Перший етап досліджень вимагає попередньої обробки інформації для побудови таблиці прийняття рішень. На цьому етапі необхідно визначити ті атрибути таблиці, які реально впливають на прийняття рішення. За оцінками фахівців [2] цей етап вимагає до 75 % всіх зусиль, що необхідні для побудови системи прийняття рішень. На цьому етапі для аналізу великих обсягів інформації потрібно застосовувати спеціальні засоби подання інформації, зокрема методи візуалізації для визначення загальних характеристик процесу, щодо якого здійснюється аналіз [3].

Будемо вважати об'єктами системи прийняття рішень факти спрацювання захистів, а властивостями цих об'єктів – сигнали, що надійшли із засобів реєстрації інформації. Інформація про спрацювання захистів отримувалась з повідомлень, які містились у відомостях відхилення параметрів за регламентні межі. Специфіка реєстрації інформації про спрацювання захисту у системі полягає в тому, що в спеціальному архіві реєстрації аварійних ситуацій (архів РАС), фіксується вся інформація, отримана за 15 хв до і за 15 хв після спрацювання захисту. Для прикладу, у табл. 1 наведено фрагмент одного РАСу з номером 050700_1. У системі реєстрації інформації існує 10504 різних сигналів, які надходять кожні 100 мілісекунд. Кожний сигнал має свій код, в якому перші два символи визначають технологічну групу пристроїв, перші чотири символи – підгрупу, суфікси класифікують сигнали по типах та видах. До типів належать характеристики сигналу, наприклад, на відкриття або закриття, а вид – технологічна особливість сигналу, наприклад, сигнал спрацювання захисту (суфікс ARS). Зразок запису кодів наведено у табл. 1.

Приклад записів з архіву реєстрації аварійних ситуацій (РАС)

Час отримання сигналу	Код сигналу	Час отримання сигналу	Код сигналу
05.07/08:02:00.8	SS04F02B0_0	5.07/08:17:13.2	S29E22KNB01_1
05.07/08:12:03.2	SD10S465PP_1		SC10P61K1B01_1
05.07/08:12:03.7	SD10S465PP_0	5.07/08:17:13.4	SE10Y10CK2_1
05.07/08:12:11.2	SD10S465PP_1	5.07/08:17:13.5	GT10E11CK1_1
05.07/08:12:11.7	SD10S465PP_0		S01E01KNB02_0
05.07/08:12:40.8	SD10S465PP_1	5.07/08:17:13.6	S01E01KNB01_0
05.07/08:12:41.3	SD10S465PP_0	5.07/08:17:13.7	T01E12KNB01_0
05.07/08:14:09.9	4E23KNB01_1	05.07/08:17:13.8	SA00RR011_1
	62R01K5B02_1		

Сигнали поділяються на аналогові та дискретні. Аналогові сигнали формуються вимірювальними пристроями та подаються на реєстрацію у випадках порушення регламентних меж. При виході сигналу за регламентні межі фіксується відповідний дискретний сигнал із суфіксом „_1”, а при поверненні у ці межі – із суфіксом „_0”. Такі сигнали називають *програмно формованими дискретами*, на відміну від *дискретів*, що відповідають факту відкриття (суфікс A01) та закривання клапана (суфікс A02), відкриття засувки та її закривання, ввімкненню двигуна та його вимкненню. Для зменшення загального обсягу інформації відбувається реєстрація програмно формованих дискретів тільки у разі порушення цим сигналом регламентних меж.

Таблиця 2

Кількість сигналів у таблицях РАС

Код події	Кількість різних сигналів
06042000_1	175
24052000_1	458
18082000_2	500
05092000_2	902
21102000_1	1264
03052001_1	1442
05092000_1	1517
13092000_1	3240

Розглядатимемо кожну ситуацію спрацювання захистів на проміжку тривалістю 15 хв, що передувє факту спрацювання. Як вже вказувалось, вважатимемо кожну таку ситуацію об'єктом системи прийняття рішень. Властивостями такого об'єкта є сигнали, що надійшли від пристроїв, а прийнятим рішенням – факт спрацювання захисту. Для аналізу взято всі спрацювання захистів, що відбулися на блоці №1 Мінської ТЕЦ-5 протягом 2000–2002 рр. Таких ситуацій виявилось 119. Аналіз кожної з цих ситуацій показав таку особливість, що з можливих 10504 сигналів в кожній з ситуацій фіксувалась різна їх кількість. При цьому, з одного боку, в жодній з них не були зафіксовані всі можливі сигнали, а з іншого – деякі з них реєструвались десятки або сотні разів. У табл. 2 наведено результати аналізу ситуацій про кількості отриманих сигналів, а в табл. 3 – фрагмент архіву РАС, що демонструє розподіл кількості сигналів між їх типами для ситуації за номером 05092000_1. Результати аналізу інформації з РАС показали, що наявну інформацію не можна використати для побудови системи прийняття рішень в існуючому вигляді.

Приклад розподілу сигналів у таблиці PAC з номером 05092000_1

Код сигналу	Кількість отриманих сигналів	Код сигналу	Кількість отриманих сигналів
RL33FF001_1	1	RL17P01B0NAG_0	6
RL33RR002_0	1	RA11FF008_0	6
...	...	RA12FF011_0	6
NP11RR501_0	2	RL17FF002_0	7
NP15RR501_0	2	RL17FF002_1	8
...	...	RL21D104ZPV_0	8
NR60FF003_1	3	RL21D104ZPV_1	9
NR60FF003_0	3	RL04RR001_1	31
RL10L01APS_1	3	RL04RR001_0	31
...	...	RL10RR004_0	155
RN20L02B0VAG_0	4	RL10RR004_1	155
SU06FF002_1	4	RL10FF003_1	157
SC10P01B0NRG_1	4	RL10FF003_0	158

Фактично, при спробі безпосереднього перенесення всієї інформації буде отримана таблиця з 119 рядками. Кількість стовпців такої таблиці дорівнює кількості різних сигналів, що можуть реєструватись системою, тобто 10504. Кожній ситуації повинен відповідати не один рядок таблиці, а стільки рядків, скільки різних сигналів отримано в PAC. Зрозуміло, що в такому вигляді отримана таблиця не є системою прийняття рішень. Тому виконані додаткові дослідження для зменшення загального обсягу інформації, яка може бути використана для прийняття рішень та побудови таблиці прийняття рішень на нових принципах, що використовують сукупність інтегрованих параметрів. Крім того, для побудови систем вирішуючих правил експертної системи також потрібна реєстрація, аналіз та порівняння ситуацій, що не спричинили спрацювання захистів.

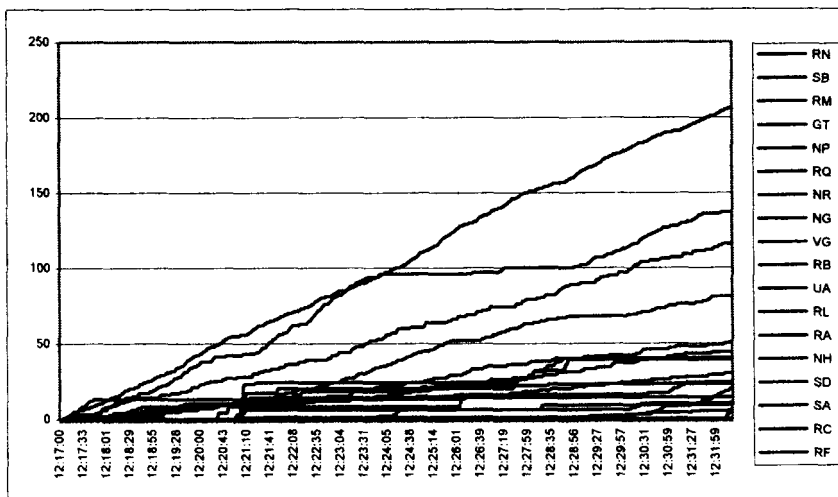


Рис. 1 Зображення кумуляції для сигналів від груп пристроїв для ситуації за номером 05092000_2

На першому етапі досліджень проаналізовано послідовність надходження сигналів у PAC та розподілу сигналів у 15-хвилинний часовий проміжок врахуванням типів сигналів, груп та підгруп пристроїв, від яких ці сигнали надходили. Побудовано кумуляції сигналів – функціональні залежності, які у кожний момент часу показують загальну кількість сигналів, зареєстрованих в архіві PAC з початку 15-хвилинного проміжку. На рис.1, 2 та 3 показано такі кумуляції для сигналів від груп пристроїв, підгруп та інтегрована залежність, відповідно для ситуації під номером 05092000_2.

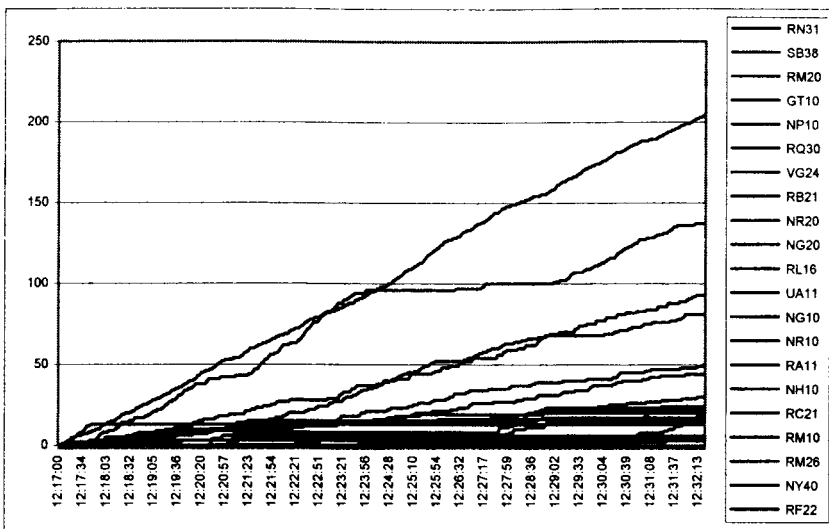


Рис. 2 Зображення кумулят для сигналів від підгруп пристроїв для ситуації за номером 05092000_2

На графіках, зображених на рис. 1 та 2, спостерігаються згущення кількості сигналів в момент часу 12:21. На рис. 3 для цього ж моменту часу помітне різке зростання загальної кількості сигналів, зареєстрованих в архіві РАС.

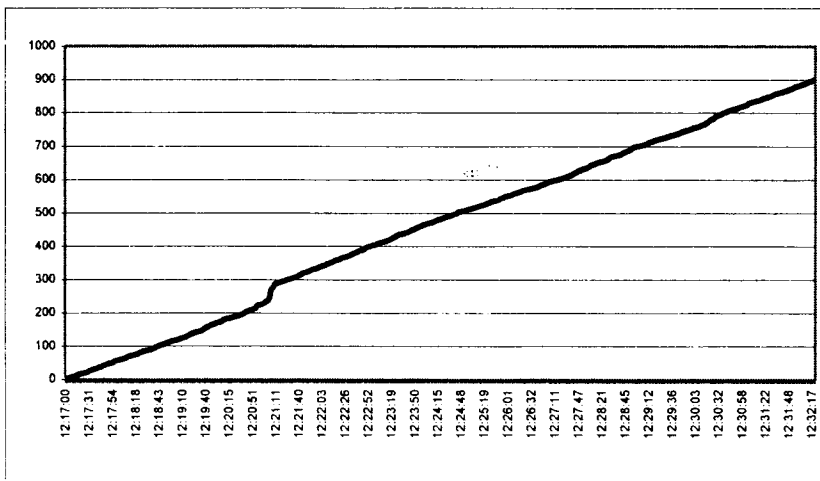


Рис. 3 Зображення кумулят для сигналів від груп пристроїв для ситуації за номером 05092000_2

Іншим способом, який запропоновано використати для аналізу інформаційного потоку з метою знаходження його інтегрованих характеристик, – оцінювати його густину. Це дозволило для вказаної на рис. 1–3 ситуації виділити часовий проміжок в межах зареєстрованого в архіві РАС, на якому спостерігається різке зростання сумарної густини сигналів в момент 12:21. На рис. 4 показано графік, на якому густина визначалась на проміжках тривалістю 10 с. Такий проміжок вибраний, зважаючи на міркування, що у такій складній системі, якою є енергоблок, процес розвитку аварійної ситуації є інерційним та триває певний час. Розвиток ситуації залежить від типу аварій та груп пристроїв, що беруть участь у розвитку ситуації. Для вибору такого проміжку попередньо густина обчислювалась на різних проміжках часу, від 1 с до 1 хв. Згідно з рекомендаціями фахівців такий вибір часових меж для обчислення густини логічно пояснюється та відповідає можливій швидкості розвитку аварійної ситуації.

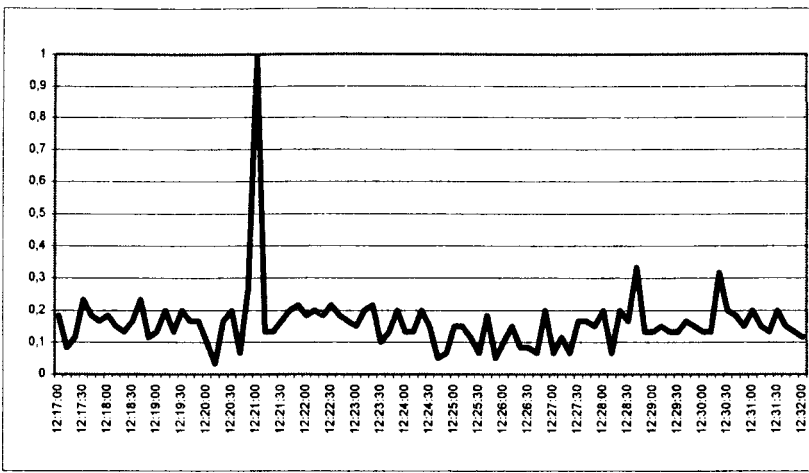


Рис. 4 Зображення густини потоку сигналів при вимірюванні її на проміжку у 10 с. Випадок ситуації типу Peak

Слід відмітити, що для порівняння результатів аналізу ситуацій додатково було виконане нормування сигналів в межах [0; 1]. Помічено, що у значній кількості випадків після стрибка густини спостерігається зростання середньої густини сигналів. Аналіз спрацювань захистів дозволив виділити три основні види густин сигналів, зразки яких показані також на рис. 4, 5 та 6. Ці густини названо відповідно Peak, Saw та EndPeak.

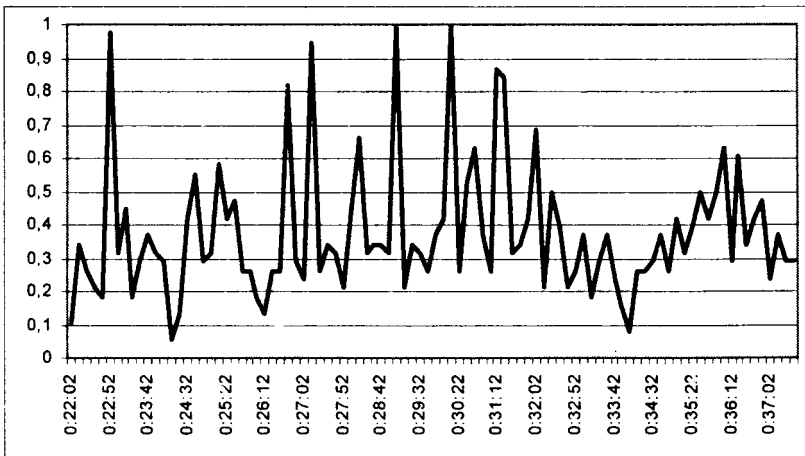


Рис. 5 Зображення густини потоку сигналів під час вимірювання її на проміжку у 10 с. Випадок ситуації типу Saw

Спрацювання захистів з густиною, вигляд якої зображено на рис.6 (тип EndPeak), не є типовим, оскільки відповідають ситуаціям, пов'язаним з відімкненням живлення, втручанням оператора або коротким замиканням. Для подальшого аналізу такі ситуації не розглядаються.

Для аналізу сигналів був розроблений спеціальний програмний інструмент, який дозволив проводити аналіз побудовою графіків залежностей та відображення у графічній формі результатів експериментів над даними. Цей інструмент дозволяє змінювати параметри досліджуваних сигналів та зображати отримані результати у вигляді графіків потрібних залежностей. Вигляд екранної форми цього інструмента показано на рис. 7. Результати застосування вказаного інструмента до події 13072002_1 при обчисленні густини на 10-секундному проміжку показано на рис. 8. Проведено аналіз всіх наявних спрацювань захистів з метою віднесення їх до груп, визначених згідно з класифікацією, показаною на рис. 4–6.

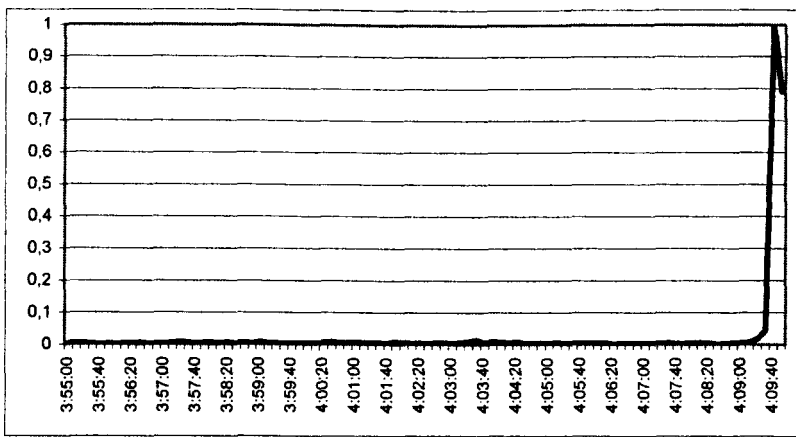


Рис.6 Зображення густини потоку сигналів під час вимірювання її на проміжку у 10 с. Випадок ситуації типу EndPeak

Досліджувалась залежність типу густини сигналу від проміжку часу, на якому обчислювалась ця густина. Міркування, які були покладені в основу цього дослідження, базувались на тому факті, що розвиток аварійної ситуації у різних випадках має свою швидкість. Ця швидкість визначається кількістю пристроїв, що беруть участь у розвитку ситуації. Так, при виборі проміжку визначення густини у 10 с, отримано такі дані: з усіх 119 спрацювань, тип Peak мали 38 або 31,4%, тип Saw – 17 або 14,3%, а тип EndPeak – 64 або 53,8%. При виборі проміжку у 20 с відбувся перерозподіл типів сигналів, а саме: тип Peak мали 49 спрацювань або 44%, тип Saw – 45 спрацювань або 40,5%, а тип EndPeak – 17 або 15,3%. При збільшенні проміжку до 20 с 8 сигналів не вдалось однозначно класифікувати. Слід відмітити, що для деякої групи ситуацій спостерігались різні типи сигналів. Зокрема, для сигналу SC19P63ARS при 10 секундному проміжку з 12 спрацювань 5 було ідентифіковано як спрацювання типу Peak, 6 – типу Saw, а одне – типу EndPeak. При 20 секундному проміжку ці спрацювання було віднесено до типу Saw лише 4 рази, а до типу EndPeak – 2 рази; один раз його не вдалось однозначно ідентифікувати.

Висновки. Інформаційною основою для створення моделі поведінки системи захисту у передаварійний період є дані про відхилення технологічних режимів від режимних карт, відмови систем керування, інформація про дії операторів, зокрема і помилкові, інформація про дефекти технологічного обладнання. Побудовано інтегровані характеристики на підставі інформації про групи та підгрупи пристроїв, про сумарний потік реєстрованих сигналів та густину потоку цих сигналів. Досліджено всі ситуації спрацювання захистів, які відбулися протягом 2000–2002 рр. на енергоблоці № 1 Мінської ТЕЦ-5. Знайдено загальні закономірності поведінки системи у передаварійний період. Відмічено особливості розвитку таких ситуацій та поведінки персоналу. Пілотні дослідження з метою побудови зазначеної моделі проведені з використанням інформації з системи реєстрації аварійних ситуацій АСУТП на базі МАУС-250-Т. Пошук причин спрацювання систем захисту вимагає аналізу всієї інформації, яка є в наявності на момент аварії та за певний проміжок часу, що їй передує.

Виконано дослідження, метою яких є побудова математичної моделі прийняття рішень про локалізацію місця виникнення та розвитку на початкових стадіях обставин, що спричиняють спрацювання захистів. Метою досліджень є побудова бази знань про загальні закономірності початкових етапів розвитку аварійних ситуацій та використання побудованої бази знань для попередження персоналу про можливий розвиток цих ситуацій. Пропонується використати індуктивний підхід до побудови моделі прийняття рішень, який базується на пошуку прихованих закономірностей серед даних про розвиток ситуацій, які привели до спрацювання захистів. Знайдені закономірності покладаються в основу створення баз знань у формі вирішуючих правил. Для створення баз знань доцільно застосувати технології штучного інтелекту, машинного навчання, класифікації, кластеризації, розпізнавання образів з використанням методів нейронних мереж, дерев рішень, асоціативних правил тощо [4–5].

Проведені дослідження показали необхідність поглибленого вивчення та аналізу первинної інформації, яка реєструється в архівах РАС. Насамперед, таке вивчення повинно бути спрямоване на розширення кількості типів сигналів, що пройшли обробку. Це пояснюється тим, що початково вибір інформації для аналізу здійснювався на основі побажань технологів. Такий суб'єктивний підхід до відбору інформації міг призвести до втрати даних, що є вирішальним при аналізі розвитку аварійної ситуації загалом в межах енергоблока та окремої підсистеми. Подальші дослідження вбачаються у побудові моделей, які використовують інформацію про розвиток аварійних ситуацій для навчання побудованої експертної системи, а також модифікаціях алгоритмів навчання для реалізації їх в умовах функціонування систем реального часу.

1. Komorowski J., Pawlak Z., Polkowski L., Skowron A. *Rough Sets: A Tutorial // A New Trends in Decision Making*, Springer-Verlag, 1999. – pp.3-98. 2. Dorian Pyle. *Data Preparation for Data Mining*. Morgan Kaufmann Publishers, 1999. 3. Usama M. Fayyad, Gregory Piatetski-Shapiro, Padhraic Smyth, and Ramasamy Uthurusamy, eds. *Advances in Knowledge Discovery and Data Mining AAAI/MIT Press*, 1996. 4. Джексон П. *Экспертные системы*. – М.: Издательский дом „Вильямс”, 2001. 5. Mitchell T. *Machine Learning*. The McGraw-Hill Companies, Inc. 1997/

УДК-681.3

І.В. Рішняк

Національний університет “Львівська політехніка”,
кафедра ІСМ

МОДЕЛЬ УПРАВЛІННЯ ПРОЕКТНИМИ РИЗИКАМИ

© Рішняк І.В., 2004

Наведено структурну модель управління ризиками проекту. Описана формальна модель ризику під час прийняття рішень. Розглянуто оцінювання проблемної ситуації.

In the article structural case frame by the risks of project is presented. Formal model of risk at acceptance of decisions described. The process of evaluation of problem situation is considered.

Постановка проблеми та її зв'язок з науковими та практичними завданнями. Проблема управління ризиками є надзвичайно обширною та важливою, і відповідні задачі виникають в найрізноманітніших галузях діяльності людини. Проектний тип управління (стратегічне планування, управління проектом та оперативне корегування перебігу його виконання) набуває все більшого поширення, що пов'язане з динамічним розвитком у галузі інформаційних технологій. Проблема ризиків тісно переплітається з проблемою невизначеності (неточності, неповноти, ненадійності) наших знань про умови та процеси, що відбуваються в об'єкті та зовнішньому середовищі з імовірністю виникнення небажаних подій [1]. Планування та управління з урахуванням ризику, зумовленого неповнотою інформації, вимагає розробки спеціальної методології, що ґрунтується на інформаційно-економічному змісті розв'язування задач. У даному випадку основні труднощі полягають не у виконанні розрахунків, а в побудові моделей, адекватних реальній обстановці.

Огляд існуючих джерел та публікацій. Задачі математичного моделювання при всій своїй змістовій різноманітності мають досить подібне формулювання [2]. У кожній з них є цільова функція $f=f(x_1, x_2, \dots, x_k)$, яку потрібно мінімізувати або максимізувати, тобто оптимізувати. Іншими словами потрібно знайти такі значення змінних x_1, x_2, \dots, x_k , для яких $f=f(x_1, x_2, \dots, x_k)=\min$ або $f=f(x_1, x_2, \dots, x_k)=\max$.

При цьому змінні x_1, x_2, \dots, x_k повинні задовольняти певні додаткові вимоги, які запишемо у вигляді рівнянь $F(x_1, x_2, \dots, x_k)=C_l$, $l=1, 2, \dots, n$ чи нерівностей $F(x_1, x_2, \dots, x_k) \leq C_l$, $l=1, 2, \dots, n$, а також граничні умови $a_i \geq x_i \geq b_i$, $i=1, 2, \dots, k$.