

Глава 2.

АВТОМАТИЗАЦІЇ НАУКОВИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ФУНКЦІОНУВАННЯ СИСТЕМ З ДИНАМІЧНОЮ СТРУКТУРОЮ

Проектування та реалізація сучасних систем ґрунтується на всебічних дослідженнях як можливих схемних рішень по складу та структурі об'єкта, так і режимів функціонування шляхом математичного моделювання.

Причому неухильний розвиток технічних систем обумовлює виникнення специфічних режимів їх функціонування як в нормальних, так і в аварійних режимах роботи.

Для забезпечення ефективності досліджень потрібні відповідні засоби для формування моделей. Сучасні системи будуються із залученням різнохарактерних елементів. Наприклад, суднові електроенергетичні системи містять електричні машини різних типів, апарати, статичні перетворювачі, лінійні та суттєво нелінійні елементи, підсистеми електроавтоматики, контролю та діагностики. Ці елементи та підсистеми досліджувалися науковцями [10-24], були побудовані сучасні математичні моделі [10, 11, 13, 15, 20-22], виконано всебічний аналіз, що і забезпечило їх розвиток.

Ефективність досліджень окремих елементів та підсистем обумовлена ефективністю власне математичних моделей. Але актуальною проблемою є впровадження комплексних досліджень, коли режими роботи деяких окремих елементів суттєво впливають на режими роботи інших елементів та на працездатність всієї системи в цілому. Тобто, за аналогією з реальними системами, проблема комплексних досліджень пов'язана з об'єднанням різноманітних ефективних математичних моделей окремих елементів і підсистем в єдину, не менш ефективну, цілісну математичну модель, здатну задовольнити суперечливі вимоги та забезпечити відпрацювання алгоритмів управління системою в цілому.

Слід зазначити, що розробка окремих елементів є винятком, а не правилом щодо комплектування цілісної системи з окремих елементів. Так само технологія комплектування цілісної математичної моделі системи залучає відомі відпрацьовані моделі окремих елементів. Тобто проблема побудови цілісної математичної моделі системи, що досліджується, полягає в тому, щоб природно забезпечити об'єднання різноманітних форм математичних моделей окремих елементів та підсистем.

2.1. Універсальні та спеціалізовані пакети прикладних програм

Ефективність рішення наведених задач досягається шляхом використання сучасних принципів організації систем автоматизації проектування (САПР). Так, принцип мінімізації обсягу вхідної та вихідної інформації про систему, при максимальному інформаційному зв'язку з автоматизованими підсистемами вищого та нижчого рівнів, обумовлює перш за все автоматизацію першого етапу проектування – науково-дослідної роботи (НДР). Саме автоматизація НДР суттєво впливає на якість об'єкта проектування, тобто на основну мету діяльності проектувальника.

Поширеною формою організації спеціального математичного забезпечення є пакети прикладних програм (ППП), які об'єднують алгоритмічні та програмні засоби з проблемною орієнтацією на конкретний клас задач. Організація PPP для автоматизованого дослідження при проектуванні нормальних та аварійних режимів роботи різних схемних варіантів судових електроенергетичних установок (СЕУ) забезпечує ефективність як постановки, так і рішення задачі. При цьому на різних стадіях НДР виділяють дві мети дослідження [25].

Перша мета полягає в моделюванні різних за складом та структурою схем. При цьому головною вимогою до PPP є простота переходу від одного до другого варіанту, що досягається вживанням спеціальних алгоритмів по формуванню математичної моделі установки на підставі математичних моделей елементів, які залучаються вхідними даними у заданий варіант схеми. Звільнивши проектувальника від потреби у формуванні математичної моделі всієї установки, цю роботу виконує спеціалізована підпрограма, причому багаторазова, оскільки структура установки – динамічна. Зазначена універсальність PPP, з одного боку, полегшує роботу дослідника, а з другого боку – обумов-

лює суттєве зростання витрат часу роботи обчислювальної машини на розрахунки заданого варіанту.

Друга мета дослідження полягає у моделюванні великої кількості режимів роботи попередньо обраного варіанту схеми. При цьому головною вимогою до ППП є зменшення часу розрахунків заданого режиму. У цих умовах ефективність універсального ППП зменшується, що обумовлює потребу у спеціалізованому ППП для дослідження конкретної схеми з заданим складом елементів. Спеціалізований ППП також організують на підставі математичних моделей елементів, але додатково проектувальник мусить сформувати цілісну математичну модель усієї установки. При цьому суттєво зростають витрати часу дослідника фактично на постановку проблеми, при одночасному зменшенні часу роботи з обчислювальною машиною саме на розрахунки цікавих режимів роботи установки.

Дослідник один раз формує математичну модель обраного варіанту установки, використовуючи стандартні моделі елементів та фактичну структуру, з урахуванням динаміки комутаційних елементів. Утворення спеціалізованого ППП забезпечує ефективність роботи як обчислювальної машини (ОМ), так і дослідника, хоча і висуває додаткові вимоги до його кваліфікації у сфері математичного моделювання систем. Тобто мета дослідження визначає спрямованість створюваного варіанту ППП. Оскільки обидві наведені цілі існують та доповнюють одна одну, нижче розглядатимуться особливості утворення ППП обох видів.

2.2. Складові багаторівневого математичного опису систем

Перспективні СЕУ вміщують керуючі мікро-ОМ, що забезпечують необхідні режими роботи обладнання. Такі установки вміщують програмну частину, і її зміна обумовлює ефективність та функціональне призначення обладнання. Питання автоматизації розробки та налагодження цієї програмної частини є новими у проектуванні СЕУ. Саме тому зусилля докладаються до розробки спеціалізованого математичного забезпечення, для автоматизації відпрацювання програмної частини забезпечення роботи СЕУ у високоефективних експлуатаційних режимах, при аналізі, прогнозуванні та впливі на характер як аварійних, так і післяаварійних процесів. Цим визначається **рівень ке-**

руючих рівнянь та підпрограм у математичному описі функціонування заданого класу об'єктів.

Здобутий досвід використання ОМ для моделювання як нормальних, так і аварійних режимів роботи обладнання свідчить, що на розрахунки потрібно в середньому 2-3 години часу ОМ, а перехід до використання значно потужніших ОМ автоматично забезпечує зростання складності задач, які вирішуються.

Сучасні ППП зорієнтовані на дослідження різноманітних схемних варіантів СЕУ, які компонується з окремих елементів, тому і математичний опис заданої системи мусить мати математичні моделі типових елементів та математичну модель структури системи, яка віддзеркалює схему з'єднання елементів в установку. Оскільки досліджуються складні види перехідних процесів, тому і математичні моделі типових елементів визначають **рівень диференціальних рівнянь** у математичному описі функціонування заданого класу об'єктів.

Ефективність та якість роботи функціональних алгоритмів ППП забезпечується обраними алгоритмами розрахунків режимів роботи систем разом з математичною моделлю всієї установки, що аналізується, та математичними моделями типових елементів, враховуючи внутрішню структуру, наприклад, схему з'єднання обмоток багатополосного елемента у формі матриці полюсних провідностей. Матриці полюсних провідностей відповідають матрицям вузлових провідностей, які формуються за умов, що елементи у схемі не пов'язані між собою. Ці складові математичних моделей типових елементів визначають **рівень алгебраїчних рівнянь**.

Математична модель структури установки відображає схему з'єднання елементів в установку без відображення фізичного характеру утворюючих її елементів і також входить до **рівня алгебраїчних рівнянь**. Ефективність моделі структури СЕУ з різного роду комутаційними елементами, в тому числі напівпровідниковими приладами, визначається розглядом двох підграфів (електричного та комутаційного), використанням до кожного з них відповідної форми математичного опису, зорієнтованого на відображення суттєвих якостей елементів, та об'єднанням цих форм в єдину математичну модель, яка відображає зміни структури.

В сучасних СЕУ використовуються статичні перетворювачі електроенергії – такі, як керовані та некеровані напівпровідникові перетворювачі. Математичні моделі комутаційних елементів, приладів, електроавтоматики, систем ке-

рування напівпровідниковими перетворювачами утворюють **рівень логічних рівнянь**.

Багаторівневий характер математичного опису СЕУ дозволяє виділити типові задачі, які вирішують на кожному рівні, та розробити зорієнтовані алгоритми розрахунків, ефективні на відповідному рівні.

Математичні моделі типових елементів подають у вигляді багатополосних компонентів. Організація математичної моделі СЕУ дозволяє розробляти математичні моделі елементів окремими розроблювачами у різний час, незалежно один від одного, що суттєво скорочує строки дослідження складних установок при проектуванні і зменшує витрати при одночасному підвищенні ефективності дослідження.

Щоб отримати математичну модель СЕУ, “незалежну” від виду досліджуваної установки, необхідно мати повний набір математичних моделей типових елементів, оформлених у вигляді підпрограм. Цей набір потрібно поповнювати при використанні нових елементів. Набір математичних моделей елементів СЕУ можна оформити у вигляді бібліотеки в тій або іншій формі залежно від виду конкретної ОМ і її операційної системи. Крім того, однотипні елементи СЕУ, маючи однаковий математичний опис, характеризуються різними параметрами. Тому необхідно сформувати бібліотеку каталогових даних, у якій зберігалася б інформація про параметри елементів СЕУ.

Врешті, в процесі дослідження виникають задачі різних рівнів. Типовими задачами є: визначення можливості нормального функціонування запропонованого варіанту СЕУ, визначення рівня структурної надійності дослідного варіанту, дослідження динаміки, оптимізації за різними критеріями: якістю вироблюваної електроенергії, максимальним ККД та ін. Щоб ефективно розв’язувати ці задачі, необхідно використовувати алгоритми, що реалізують різні чисельні методи, для чого потрібна бібліотека алгоритмів.

Так, розроблений ППП включає ряд програм з розрахунку показників якості електричної енергії в усталених і перехідних режимах. Ці програми використовують як вхідну інформацію миттєві значення струмів і напруг у СЕУ і формують показники ефективності. При оцінці несинусоїдальності напруг проводиться досконалий аналіз указаних змінних.

Розглянуті особливості організації досліджень були покладені в основу розробленого спеціального математичного забезпечення аналогового і цифрового моделювання. Математичне забезпечення для аналогового моделювання

реалізоване комплексом приладів моделювання електричних ланцюгів та елементів СЕУ. Математичне забезпечення для цифрового моделювання реалізоване двома – спеціалізованим та універсальним – комплексами програм для автоматизованого дослідження при проектуванні нормальних і аварійних режимів роботи СЕУ.

Контрольні питання

1. Що являє собою пакет прикладних програм?
2. Що таке “універсальний пакет прикладних програм”?
3. У чому зміст багаторівневого математичного опису системи?
4. Які ви знаєте складові багаторівневого математичного забезпечення?
5. Що являє собою автоматизація наукових досліджень складних систем?
6. У чому зміст організації спеціалізованого математичного забезпечення?
7. В чому сутність систем з динамічною структурою та динамічним складом?
8. Що являє собою математичний опис систем?
9. Що таке інтелектуальна система прийняття рішень?
10. Що являє собою інтелектуальна система підтримки прийняття рішень?