

ЛЕКЦІЯ №15
Технічна діагностика технічних систем.
Основні поняття і визначення технічної діагностики.

Діагноз у перекладі із грецького «диагносис» означає розпізнавання, визначення. У медицині, наприклад, це – визначення стану людини, а в техніці – визначення стану об'єкта технічної природи. Об'єкт, стан якого визначається, будемо називати *об'єктом діагнозу*. Діагноз являє собою процес дослідження об'єкта діагнозу. Завершенням цього дослідження є одержання *результату діагнозу*, тобто висновку про стан об'єкта діагнозу. Характерними прикладами результатів діагнозу стану технічного об'єкта є висновки виду: ***об'єкт справний, об'єкт несправний, в об'єкті є така-то несправність.***

Діагностика є галузь знань, що включає в себе теорію й методи організації процесів діагнозу, а також принципи побудови засобів діагнозу. Коли об'єктами діагнозу є об'єкти технічної природи, говорять про *технічну діагностику*.

Щоб більш чітко побачити область, охоплювану технічною діагностикою, розглянемо три типи завдань по визначенню стану технічних об'єктів.

До першого типу відносяться завдання по визначенню стану, у якому перебуває об'єкт у даний момент часу. Це — ***завдання діагнозу***. Завданнями другого типу є завдання по прогнозуванню стану, у якому виявиться об'єкт у деякий майбутній момент часу. Це — ***завдання прогнозу*** (від грецького «прогносис» — передбачення, пророкування). Нарешті, до третього типу відносяться завдання визначення стану, у якому перебував об'єкт у деякий момент часу в минулому. За аналогією можна говорити, що це ***завдання генеза*** (від грецького «генезис» — народження, виникнення).

Завдання першого типу формально варто віднести до *технічної діагностики*, а другого типу — до *технічної прогностики* (або, як частіше говорять, до технічного прогнозування). До завдань технічної прогностики ставляться, наприклад, завдання, пов'язані з визначенням терміну служби об'єкта або із призначенням періодичності його профілактичних перевірок і ремонтів. Вирішуються ці завдання шляхом визначення можливих або ймовірних еволюцій стану об'єкта, що починаються в даний момент часу.

Тоді галузь знання, що повинна займатися рішенням завдань третього типу, природно назвати *технічною генетикою* (по грецьки термін «генетикос» означає «народження, походження»).

Завдання технічної генетики виникають, наприклад, у зв'язку з розслідуванням аварій і їхніх причин, коли справжній стан об'єкта в результаті появи першопричини, що викликала аварію, істотно відрізняється від стану, у якому він був у минулому. Вирішуються ці завдання шляхом визначень можливих або ймовірних перед історій, що ведуть в сучасний (теперішній) стан об'єкта.

Приклади:

1. Поточна діагностика телевізора, комп'ютера, автомобіля. Результат — об'єкт діагностики справний (виконує всі належні функції), або несправний (не виконує хоча б одну якусь функцію).
2. Прогнозування технічного стану (нормальної роботи) атомної електростанції, міжнародної космічної станції, автомобіля на декілька років наперед після проведення поточної діагностики. Результат — АЕС, МКС, автомобіль при передбачених умовах з імовірністю 90% (70%, 80%) зможуть виконувати свої функції до 2020-го року.
3. Поточна діагностика (державна комісія з розслідування авіакатастрофи) проаналізувала стан обломків літака, переговори диспетчерів з екіпажем літака, стан «чорних скриньок» літака) встановлює причини, що привели до катастрофи.

Таким чином, знання стану в даний момент часу є обов'язковим як для генеза, так і для прогнозу. Тому технічна діагностика являє собою основу технічної генетики й технічної прогностики, і природно, що останні розвиваються в тісному зв'язку з першою.

Посилення інтересу до технічної діагностики в останні роки пояснюється створенням і застосуванням у світовому господарстві усе більше складних виробів, пристроїв і систем

(об'єктів) при безперервному збільшенні темпів їх виробництва, росту інтенсивності їх використання і підвищенні вимог до їх надійності. У цих умовах інтуїтивні методи й ручні способи визначення стану складних об'єктів виявляються малоефективними або навіть непридатними.

В «житті» будь-якого об'єкта завжди можна виділити два етапи: ***етап виробництва***, коли об'єкт створюється, і ***етап експлуатації***, коли об'єкт застосовується по призначенню (виконує визначений йому робочий алгоритм функціонування), піддається профілактичним перевіркам, перевіркам перед застосуванням або після застосування, ремонту й т.п. Іноді доцільно виділяти в якості самостійного також ***етап зберігання*** об'єкта або перебування його в резерві.

Для будь-якого об'єкта на кожному етапі його життя задаються певні технічні вимоги. Бажано, щоб об'єкт завжди відповідав цим вимогам. Однак в об'єкті можуть виникати несправності, що порушують зазначену відповідність. Тоді завдання полягає в тому, щоб створити спочатку (на етапі виробництва) або відновити порушене несправністю (на етапах експлуатації або зберігання) відповідність об'єкта технічним вимогам. Рішення цього завдання неможливо без періодичного або безперервного діагнозу стану об'єкта.

У багатьох випадках необхідно переконуватися в тому, що об'єкт справний, тобто в ньому немає жодної несправності. Це – ***перевірка справності*** об'єкта. **На етапі виробництва**, наприклад, перевірка справності дозволяє визнати, чи містить створений об'єкт дефектні компоненти (деталі, елементи, блоки, вузли й т.п.), а їхній монтаж – помилки. Помітимо, що перевірка справності лежить в основі діяльності виробничих відділів технічного контролю. **В умовах ремонту** перевірка справності дозволяє переконатися, чи дійсно усунуті при ремонті всі несправності, що були в об'єкті, а в умовах зберігання – чи не виникли які-небудь несправності за час зберігання об'єкта.

На етапі експлуатації при профілактиці об'єкта, перед застосуванням його по призначенню або після такого застосування в ряді випадків необхідно переконуватися в тому, що об'єкт у стані виконувати всі функції, передбачені його робочим алгоритмом функціонування. Це – ***перевірка працездатності*** об'єкта. Перевірка працездатності може бути менш повною, чим перевірка справності, тобто може залишати невиявленими несправності, що не перешкоджають застосуванню об'єкта по призначенню. Наприклад, резервований об'єкт може бути працездатним незважаючи на наявність несправностей у резервних компонентах або зв'язках.

На етапі експлуатації в процесі виконання об'єктом його робочого алгоритму функціонування часто необхідно виконувати ***перевірку правильності функціонування*** об'єкта, тобто стежити за тим, чи не з'явилися в об'єкті несправності, що порушують його нормальну роботу в даний момент часу. Перевірка правильності функціонування дає можливість виключити неприпустимий для нормальної роботи об'єкта вплив несправностей, що виникають у процесі застосування об'єкта по призначенню. Перевірка правильності функціонування, загалом кажучи, менш повна, чим перевірка працездатності, тому що дозволяє переконуватися тільки в тому, що ***об'єкт правильно функціонує в даному режимі роботи в цей момент часу***. Іншими словами: у правильно функціонуючому об'єкті можуть бути несправності, які не дозволяють йому правильно працювати в інших режимах. Працездатний об'єкт буде правильно функціонувати у всіх режимах і протягом усього часу його роботи.

Таким чином, справний об'єкт завжди працездатний і функціонує правильно, а неправильно функціонуючий об'єкт завжди непрацездатний і несправний, правильно функціонуючий об'єкт може бути непрацездатним, і виходить, несправним. Працездатний об'єкт також може бути несправним.

Одним з найважливіших завдань діагнозу стану об'єкта є ***пошук несправностей***, тобто вказівка місць і, можливо, причин виникнення наявних в об'єкті несправностей. Пошук несправностей необхідний для виявлення й заміни дефектних компонентів або зв'язків об'єкта, для усунення помилок монтажу й т.п. Після усунення несправності об'єкт стає справним, працездатним або правильно функціонуючим. Пошук несправностей є істотною

складовою діяльності служб налагодження на етапі виробництва й ремонтних служб на етапах експлуатації або зберігання об'єктів.

Справний і всі несправні стани об'єкта утворюють множину E його технічних станів. Завдання перевірки справності, перевірки працездатності, перевірки правильності функціонування й пошуку несправностей являють собою окремі випадки загального завдання діагнозу технічного стану об'єкта.

На рис. 1 множину технічних станів об'єкта діагнозу умовно обмежено замкнутою кривою, причому справний стан позначений малим кружком, а несправні стани — хрестиками. Результатами перевірки справності (рис. 1,а), перевірки працездатності (рис. 1,б) і перевірки правильності функціонування (рис. 1,в) є одержання двох підмножин технічних станів. Одне з них (ліве на рис. 1) містить або тільки справний стан (при перевірці справності), або крім справного стану також ті несправні стани, перебуваючи в яких об'єкт залишається працездатним або правильно функціонуючим. Друга підмножина містить або всі несправні стани (при перевірці справності), або такі, перебування в яких робить об'єкт непрацездатним або неправильно функціонуючим.

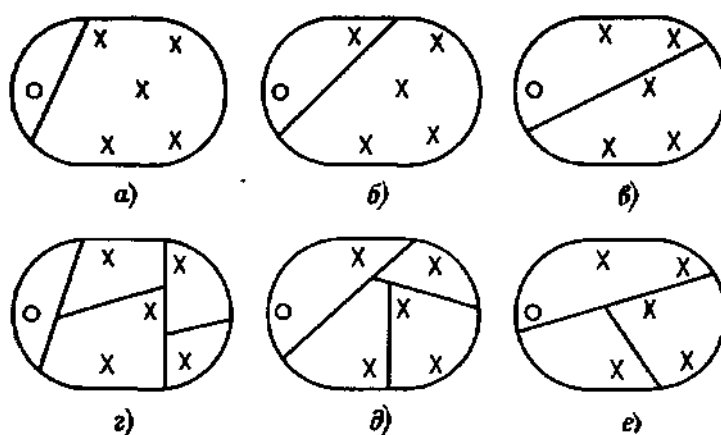


Рис.15.1. Подання завдань діагнозу через розбивки множини технічних станів об'єкта.

Результатами пошуку несправностей (рис.15.1, г, д, е) є розбивки на класи несправних станів других підмножин, що не розрізняються між собою. Число класів і, отже, числа несправних станів, що входять у них, визначають ступінь деталізації місць і складу наявних (або підозрюваних на наявність) в об'єкті несправностей, яку можна досягти. Цей ступінь деталізації прийнято називати **глибиною пошуку** або **глибиною діагнозу**.

Помітимо, що при перевірці правильності функціонування й при пошуку несправностей, що порушують правильне функціонування об'єкта, розбивки відносяться до певного моменту часу й тому можуть бути різними для різних моментів часу й різних режимів роботи об'єкта.

Технічне діагностування аналогових (безперервних) об'єктів. Особливості діагностики безперервних об'єктів.

При діагнозі технічного стану безперервних об'єктів широке поширення одержали допускові способи (як найбільш прості й такі, що легко піддаються автоматизації), які характеризуються тим, що висновок про технічний стан об'єкта робиться за результатами оцінки значень сигналів у контрольних точках або, як часто говорять, — значень **контрольованих параметрів** об'єкта. Результати контролю параметрів у багатьох випадках при цьому приводяться до оцінок виду «у нормі — не в нормі», «у допуску — не в допуску». Тому для опису поведінки безперервних об'єктів, діагноз технічного стану яких проводиться допусковими способами, природно використовувати математичні моделі логічного типу, а для їх аналізу — різні логічні методи.

Вихідні форми подання об'єкта діагнозу, по котрим будуються математичні моделі логічного типу, можуть бути різними. Найбільше часто використовуються структурні, функціональні або принципові схеми справного об'єкта, а також системи алгебраїчних, диференціальних або інших рівнянь, що задає залежності між вхідними, внутрішніми й вихідними координатами об'єкта. Однак для побудови моделей логічного типу найчастіше досить знання причинно-наслідкових зв'язків між координатами або параметрами об'єкта діагнозу.

У цій лекції обмежимося розглядом логічної моделі безперервного об'єкта діагнозу, одержаного по його заданій структурній або функціональній схемі. Розглянемо також подання об'єкта діагнозу у вигляді графа причинно-наслідкових зв'язків. Між логічною моделлю й графом причинно-наслідкових зв'язків є однозначна відповідність. Це дозволяє методи обробки логічних моделей поширити на графи причинно-наслідкових зв'язків.

Простота математичних моделей логічного типу є їх суттєвою перевагою. Однак внаслідок цієї простоти таких моделей деякі завдання діагнозу технічного стану неперервних об'єктів не мають рішення. Наприклад, за допомогою логічної моделі місце несправності може бути визначено лише із глибиною, не перевищуючої частини об'єкта, що поєднує в собі всі елементи замкнутого контуру зворотного зв'язку. Рішення такого роду завдань вимагає залучення математичних моделей, що є більше складними й завдяки цьому дають опис поведінки об'єкта більш точно, ніж моделі логічного типу. Прикладом може служити динамічна модель у вигляді сукупності диференціальних і інших рівнянь, які детально описують динаміку роботи безперервного об'єкта діагнозу. При рішенні завдань діагнозу технічного стану складних безперервних об'єктів треба в першу чергу використовувати моделі логічного типу й тільки при необхідності залучати більше складні математичні моделі, прагнучи використовувати їх не для об'єкта в цілому, а тільки для деяких його складових частин.

Застосування математичних моделей, що враховують динаміку роботи безперервних об'єктів, коротко розглянемо на наступних заняттях.

Побудова логічних моделей безперервних об'єктів діагнозу

Опишемо спочатку формальну процедуру побудови логічної моделі, а потім приведемо приклади її побудови для деяких реальних пристроїв.

Нехай безперервний об'єкт діагнозу складається з N зв'язаних між собою компонентів (блоків, вузлів, агрегатів, складових частин і т.п.). Склад компонентів, зв'язки між ними й зовнішні зв'язки представляють **структуру** об'єкта.

Той самий об'єкт може бути представлений різними його структурами, що розрізняються між собою в першу чергу складом і числом компонентів. Завдання оптимальної розбивки об'єкта на компоненти становлять самостійний інтерес і тут не розглядаються. Помітимо тільки те, що з погляду діагнозу технічного стану об'єкта при його розбивці варто враховувати такі показники, як резервування компонентів, зручність виміру вихідних параметрів компонентів, конструктивні особливості й т.п.

Будемо вважати, що структура об'єкта задана й представлена структурною схемою. Компоненти структури будемо називати блоками.

Кожний вхідний і вихідний сигнал характеризується одним або декількома фізичними параметрами. Якщо який-небудь вхідний (вихідний) сигнал характеризується декількома параметрами, то кожний із цих параметрів представимо окремим входом (виходом) блоку.

Позначимо входи блоку P_i , що є зовнішніми входами об'єкта, символами $x_{i1}, \dots, x_{ini}$, його входи, що є виходами інших блоків, символами $y_{i1}, \dots, y_{imis}$, а виходи цього блоку символами $z_{i1}, \dots, z_{iki}$.

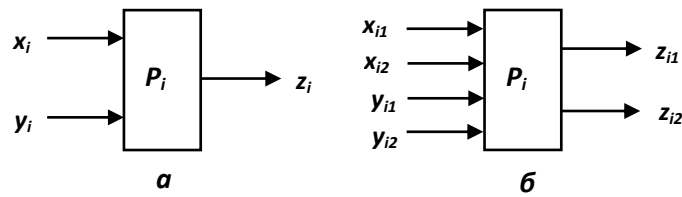


Рис.15.1. Приклад «розщеплення» входів і виходів блоку.

Будемо вважати, що для всіх вхідних і вихідних параметрів блоків завжди можна виділити області їхніх *припустимих значень*. У сталому режимі роботи об'єкта області припустимих значень параметрів звичайно визначаються постійними верхніми й нижніми межами (уставками) цих значень. Якщо ж діагноз технічного стану об'єкта проводиться в несталому режимі роботи об'єкта, то для деяких (або навіть для всіх) параметрів області припустимих значень повинні задаватися з урахуванням зміни цих значень у часі.

Помітимо, що при побудові функціональної схеми об'єкта зазначене вище «розщеплення» входів і виходів блоків структури не є обов'язковим, тобто може не виконуватися зовсім або виконуватися частково. Іншими словами, у функціональній схемі також можуть бути входи або виходи, сигнали яких характеризуються декількома фізичними параметрами.

Будемо говорити, що вхід або вихід блоку функціональної схеми є *припустимим*, якщо значення параметрів всіх його сигналів належать областям їх припустимих значень. Значення входу або виходу *неприпустимо*, якщо значення хоча б одного із зазначених параметрів не належить області його припустимих значень.

Позначимо логічне висловлення «значення входу припустиме» символом входу x (або y), а висловлення «значення входу неприпустимо» – символом $\bar{x}$ (або $\bar{y}$). Тоді символи входів можна вважати двійковими логічними змінними, що приймають логічні значення “1” або “0”. Аналогічно символи виходів можна вважати двійковими логічними вихідними функціями, що приймають значення “1”, якщо значення відповідних їм виходів припустимі, і “0” – у протилежному випадку.

Переберемо всі можливі набори значень вхідних змінних справного блоку P_i і визначимо для кожного такого набору значення виходу z_{ij} , $j = 1, 2, \dots, k_i$. Якщо кожному набору вхідних змінних відповідає одне із двох значень виходу – 1 або 0, то отримана функція є булевою. Назвемо її *функцією умов роботи блоку P_i* по виходу z_{ij} і позначимо символом F_{ij} . Булеву функцію можна записати у вигляді диз'юнктивної нормальної форми й потім відомими методами одержати її мінімальну форму. Таким чином, у результаті мінімізації для кожного з виходів $z_{i1}, z_{i2}, \dots, z_{iki}$ блоку P_i буде отримана сукупність істотних (для даного виходу) входів.

Для одержання *логічної моделі* об'єкта кожний блок P_i функціональної схеми замінюється k_i блоками, кожний з яких має один вихід z_{ij} і істотні для даного виходу входи.

Позначимо блоки логічної моделі об'єкта символами $Q_1, Q_2, \dots, Q_h$ де $h = \sum_{i=1}^N k_i$

У загальному випадку кожному вихідному блоку у функціональній схемі відповідає підмножина блоків логічної моделі з безлічі $\{Q_1, Q_2, \dots, Q_h\}$. В окремому випадку, коли всі блоки мають по одному виходу, кожний з яких характеризується одним фізичним параметром, логічна модель може збігатися з функціональною схемою об'єкта.

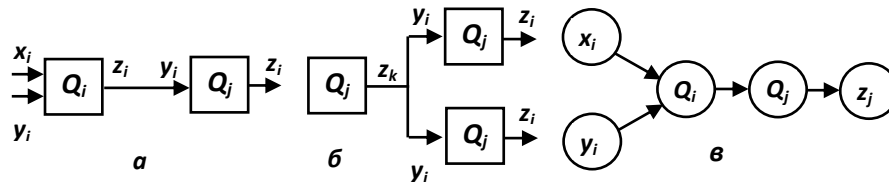


Рис.15.2. Ілюстрація правильної логічної моделі.

Будемо називати логічну модель *правильною*, якщо по-перше, для будь-якої пари її блоків Q_i і Q_j – вихід z_i одного із блоків є входом y_j іншого (рис. 15.2,а), а також виконується умова: області припустимих значень входу y_j і виходу z_i і області їхніх неприпустимих значень відповідно збігаються й, по-друге, для будь-якої пари її блоків Q_i і Q_j , що мають входи y_i і y_j , які характеризуються одним і тим же параметром (рис. 2, б), виконується умова: області припустимих значень і відповідно області неприпустимих значень цих входів збігаються. Для правильної логічної моделі символи внутрішніх входів можна замінити на символи пов'язаних з ними виходів. На цьому завершується побудова логічної моделі.

Логічну модель можна розглядати як орієнтований граф. Вершинами графа є блоки логічної моделі, а також її зовнішні вхідні й вихідні полюси, а дугами – зв'язки між блоками й зовнішніми вхідними й вихідними полюсами. На рис.15.2,в зображений граф, побудований по логічній моделі рис.15.2,а. На цьому рисунку вхідні полюси x_i , y_i і вихідний полюс z_j представлені окремими вершинами.

Більшість справних безперервних об'єктів володіє такою властивістю, що функція умов роботи деякого блоку F_{ij} приймає значення, рівне одиниці, лише в тому випадку, коли значення істотних вхідних змінних на даному наборі – припустимі (тобто дорівнюють одиниці). Такі функції називаються монотонними; для монотонних функцій мінімальна форма єдина й, крім того, не містить змінних із запереченням. Надалі будемо вважати, що всі функції F_{ij} представлені такими мінімальними формами. У найпростішому випадку функція F_{ij} є кон'юнкцією (функцією І) вхідних змінних без заперечень.

Відзначимо, що для обробки логічних моделей, у яких функції умов роботи блоків немонотонні (або навіть є не булевими, а безперервними функціями), можна застосувати методи, застосовувані до дискретних об'єктів діагнозу.

Безперервні об'єкти діагнозу умовно можна розділити на одно режимні й багато режимні. **Одно режимним** є об'єкт, призначений для виконання одного робочого алгоритму функціонування, у реалізації якого беруть участь всі блоки й всі зв'язки функціональної схеми об'єкта. **Багато режимним** називається об'єкт, робочий алгоритм функціонування якого складається з декількох під алгоритмів, кожний з яких може бути задіяний або вільний від реалізації, залежно від режиму роботи об'єкта. Істотно те, що в реалізації кожного під алгоритму функціонування (у кожному режимі роботи об'єкта) беруть участь різні сукупності блоків і зв'язків функціональної схеми об'єкта. Тому кожний режим повинен розглядатися окремо, у тому числі з погляду виділення припустимих значень параметрів.