

Міністерство освіти і науки, молоді та спорту України
Донбаська державна машинобудівна академія

Укладач

В.О. Квашнін

КОНСПЕКТ ЛЕКЦІЙ

з дисципліни

«Динаміка і діагностика електромеханічного обладнання»

(для студентів спеціальності 7.092203 всіх форм навчання)

Затверджено
Декан ФАМІТ
_____ С.В. Подлесний

Затверджено
на засіданні
методичного семінару кафедри ЕСА
Протокол № від 2012

Краматорськ 2012

Міністерство освіти і науки, молоді та спорту України
Донбаська державна машинобудівна академія

КОНСПЕКТ ЛЕКЦІЙ

**з дисципліни «Динаміка і діагностика електромеханічного
обладнання »**

для студентів спеціальності 7.092203 всіх форм навчання

Краматорськ 2012

1. 1. ОСНОВНІ ПОНЯТТЯ ЕКСПЛУАТАЦІЇ, ДІАГНОСТИКИ ТА РЕМОНТУ СКЛАДНИХ ТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ

Експлуатація (від франц. *exploitation* – використання, добування вигоди) складних технічних систем автоматизації, а також окремих частин, вузлів і елементів – це стадія перебування цих засобів автоматизації в споживача, на якій реалізується, підтримується і відновлюється їхня якість. Поняття експлуатації може також містити в собі в загальному випадку використання по призначенню, транспортування, збереження, технічне обслуговування і ремонт. Будь-які технічні об'єкти, і засоби автоматизації зокрема, після стадії проектування проходять дві основні стадії – виготовлення й експлуатацію. У свою чергу, процес виготовлення можна розбити на наступні частини: виробництво, налагодження і здача (упровадження) споживачу.

Вимоги, яким повинний задовольняти новий виготовлений експлуатований об'єкт, визначаються відповідною нормативно-технічною документацією. Об'єкт, що задовольняє усім вимогам нормативно-технічної документації, є справним, тобто знаходиться в справному технічному стані. Також використовують термін "працездатність" – здатність об'єкта виконувати всі задані йому функції зі збереженням заданих значень чи параметрів ознак у необхідних межах.

Несправний і непрацездатний технічний стан, а також технічний стан неправильно функціонуючого об'єкта автоматизації, можуть бути конкретно зазначені шляхом перерахування відповідних дефектів, що порушують справність, чи працездатність, правильність функціонування і стосовних до одній чи декільком складовим частинам об'єкта автоматизації, або до об'єкта в цілому [1].

Дефект (від лат. *defectus*) – вада, недолік. Виявлення і пошук дефектів є процесами визначення технічного стану об'єкта автоматизації і називаються загальним терміном "діагностування".

Діагноз (від греч. *diagnosis*) – розпізнавання, визначення. У свою чергу, задачами діагностування є: перевірка справності, працездатності і правильності функціонування об'єкта, пошук дефектів. Діагностування, як процес,

здійснюється тими чи іншими засобами діагностування. Ці засоби можуть бути апаратними чи програмними. Засоби й об'єкт діагностування, взаємодіючи між собою утворюють систему діагностування. Розрізняють системи тестового і функціонального діагностування [6]. При тестовому діагностуванні на об'єкт подають спеціально підготовлені тестові впливи. При функціональному діагностуванні, діагностування відбувається в процесі застосування об'єкта по призначенню. При цьому на об'єкт надходять тільки робочі впливи, передбачені самим ходом його функціонування. В обох системах засобу діагностування сприймають і аналізують відповідні реакції об'єкта на вхідні впливи і видають результат діагностування – діагноз.

Системи тестового діагностування призначені для перевірки справності і працездатності, а також для пошуку дефектів, що порушують справність і працездатність об'єкта. Системи функціонального діагностування застосовуються для перевірки правильності функціонування і для пошуку дефектів, що порушують правильне функціонування об'єкта.

Послідовність дій при діагностуванні називається алгоритмом діагностування і, як правило, містить у собі сукупність, так званих, елементарних перевірок об'єкта, а також правил, що встановлюють послідовність реалізації елементарних перевірок і правил аналізу результатів. Кожна елементарна перевірка визначається своїм тестовим чи робочим впливом, подаваним чи надходить на об'єкт, і складом контрольних крапок, з яких знімається відповідна інформація з об'єкта. Результатом елементарних перевірок є конкретні значення відповідних сигналів об'єкта у відповідних контрольних точках.

Контроль – процес збору й обробки інформації з метою визначення подій. Якщо подією є факт досягнення деяким параметром об'єкта визначеного заданого значення (уставки), то можна говорити про контроль параметрів. У зв'язку з цим системи тестового діагностування є різновидом систем керування, тому що в них реалізується вироблення і здійснення спеціально організованих тестових (керуючих) впливів на об'єкт, з метою визначення технічного стану останнього. Системи функціонального діагностування можна вважати системами контролю,

не потребує подачі на об'єкт цілеспрямованих впливів. Дефект – окрема невідповідність установленим вимогам.

У процесі технічного обслуговування, як комплексу робіт з підтримки справності і працездатного стану об'єкта, передбачені різні види робіт. У технічне обслуговування входять роботи з безпосередньому забезпеченню працездатності устаткування, такі як: профілактика, різні види ремонтів, контрольні заходи; а також конкретні заходи і роботи технічної підготовки до експлуатації об'єкта автоматизації, велика частина яких виконується без зняття і розбирання окремих вузлів і агрегатів об'єкта.

Профілактика – сукупність технічних заходів, що охороняють об'єкт від передчасного зносу та поломки.

Ремонт (від франц. remonte – поправити, поповнити, знову зібрати) – сукупність організаційних і технічних заходів, здійснюваних з метою відновлення справності і працездатності технічного пристрою (виробу). Ремонт розділяється на поточний, середній і капітальний. Поточний ремонт спрямований на усунення відмовлень і несправностей, що виникають у процесі роботи об'єкта; середній і капітальний – на відновлення чи частково цілком витраченого ресурсу засобів системи автоматизації.

Ремонтопригодність – властивість засобів автоматизації, що полягає в його пристосованості до попередження, відшукування й усуненню причин і наслідків ушкоджень (відмовлень) шляхом проведення технічного обслуговування і ремонтів.

Відмовлення – одне з основних понять надійності – подія, що полягає в порушенні працездатності об'єкта, коли один чи кілька робочих параметрів виходять за припустимі межі. Відмовлення виникають унаслідок відмовлень окремих складових, расстройки, разрегулювання, чи руйнування зміни структури об'єкта, а також при впливі зовнішніх перешкод. Розрізняють відмовлення раптові і поступові, повні і часткові, залежні і незалежні.

2. ОСНОВНІ ПРИЧИНИ ПОЯВИ НЕСПРАВНОСТЕЙ ТА ВІДМОВ У РОБОТІ ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНОГО ОБЛАДНАННЯ

Несправність, несправний стан – стан системи, пристрою, при якому має місце невідповідність одному чи декільком вимогам, пропонованим як у відношенні основних параметрів, так і у відношенні зручностей експлуатації, зовнішнього вигляду, комплектності і т.п. Несправність – більш загальне поняття, чим непрацездатність (неробочий стан). Несправність виникає внаслідок ушкодження. Ушкодження – подія, що полягає в порушенні справності виробу. Ушкодження може бути однієї з причин порушення працездатності, тобто відмовлення, причому при цьому воно (ушкодження) вважається істотним. Несуттєвим ушкодженням вважається таке ушкодження, при якому працездатність системи зберігається [4].

Справність – стан системи, при якому його основні робочі і другорядні параметри (зовнішній вигляд, працездатність додаткових і забезпечуючих зручність експлуатації пристроїв) відповідають технічним вимогам і, крім того, система не має відмовлень резервних вузлів і агрегатів. Відмовлення елементів системи можна розділити на наступні групи:

- відмовлення елементів, що не впливають на відмовлення системи в цілому;
- відмовлення елементів, що викликають часткове відмовлення системи;
- відмовлення, що викликають повне відмовлення системи.

Відмовлення також бувають повні і перемежовані. Повне відмовлення характеризується тим, що параметри системи виходять за встановлені межі і поки його (відмовлення) не буде усунуто, використання системи неможливо. Перемежовані відмовлення (збої) виникають на короткий проміжок часу, після якого система знову відновлює свої властивості. Відмовлення також можуть бути пророкованими (закономірними) і випадковими. Для закономірних відмовлень можна з деяким ступенем імовірності установити час (момент) їхньої появи.

Випадкові відмовлення є результатом (наслідком) великої кількості факторів і складних процесів. Разом з тим не завжди можна установити причину відмовлення. У залежності від характеру зміни параметра при відмовленні, розрізняють поступові і раптові відмовлення. Раптове відмовлення – миттєво (стрибкоподібно) система не забезпечує нормальної роботи. Поступове відмовлення – повільна зміна параметрів системи, після якого вона не забезпечує нормальної роботи. Обоє цих відмовлення умовні, тому що час, протягом якого вихідний параметр виходить з меж, що допускаються, не регламентовано. Також необхідно відзначити, що часто раптове відмовлення системи обумовлене поступовим нагромадженням змін фізичного стану елементів чи системи їхніх взаємозв'язків. Поступове відмовлення, у свою чергу, може бути наслідком нагромадження невеликих змін, викликаних раптовими відмовленнями, що відбуваються на більш низькому рівні системи. Поступові відмовлення є результатом монотонної зміни параметрів від усіляких причин. Цими причинами можуть бути зміни зовнішніх усіляких фізичних чи впливів будь-якої різноманітної зміни стану елементів системи в результаті внутрішніх фізичних процесів. До таких необоротних процесів можна віднести процеси природного старіння чи матеріалів елементів, а також механічний і електрохімічний знос (корозію). Більшість відмовлень взаємозалежна.

Інтенсивність відмовлень елементів – статистична оцінка. Її не можна розрахувати, а можна знайти, маючи статистичні дані чи експлуатації спеціальних експериментів (випробувань).

Складні системи, до яких відносяться системи автоматизації, що складаються зі значної кількості простих елементів випробувати на надійність важко або й зовсім неможливо.

Крім відмовлень розрізняють також збої систем. Збій – короткочасна втрата, що самоусувається системою працездатності (короткочасне відмовлення).

Основними зовнішніми фізичними факторами, що приводять до несправностей і відмовлень, є:

- зміна температури внутрішнього і зовнішнього середовища системи;

- наявність вологості;
- наявність агресивних середовищ (гази, рідини, пари, пил, комахи);
- вплив вібрації й ударів.

Усі ці фактори приводять до природного погіршення параметрів стану елементів системи (природному старінню матеріалів) унаслідок протікання різних фізико-технічних процесів.

Підвищення температури викликає як поступові, так і раптові зміни в матеріалах [3]. При цьому, як правило, прискорюються хімічні реакції. При періодичних змінах температури, особливо близько 0°C, відбуваються механічні деформації елементів конструкцій, що викликають механічні ушкодження. При високих робочих температурах деякі ізоляційні матеріали розкладаються, змінюють свою внутрішню структуру, виділяють із себе різні гази. Зі зміною температури нелінійно змінюються величини електричного опору і магнітної проникності для багатьох матеріалів. При низьких температурах у більшості пластиків і гуми сильно знижується міцність на удар і підвищується крихкість. При тривалому впливі тепла відбуваються небажані зміни параметрів матеріалів за рахунок повільно протікають хімічних процесів, названих тепловим старінням, що істотно прискорюється під дією інших фізичних факторів, наприклад, що іонізують випромінювань, вібрацій, ультрафіолетового випромінювання, механічних впливів, електричних полів. Також, при цьому відбувається зміна (найчастіше зменшення) обсягу матеріалів, що приводить до розтріскування, відшаровуванню від інших елементів конструкції. При низьких температурах, вода, заповнюючи тріщини, пори і зазори, замерзає і, розширюючи на 10% в обсязі, викликає подальше збільшення дефектів.

Механічні впливи на системи автоматизації можуть виникати як у процесі експлуатації, так і при транспортуванні, і підрозділяються на удари і вібрації. Удар – швидка зміна прискорень. Удари викликають механічні руйнування елементів і загасаючі коливальні рухи окремих елементів конструкції. Вібрація – складні періодичні коливання, що впливають тривалий час з більш низькими

значеннями прискорень, але у великому частотному діапазоні, що у свою чергу приводить до руйнування елементів за рахунок втоми і механічного резонансу.

Пил і пісок інтенсифікують корозію і погіршують ізоляційні властивості матеріалів, проникаючи в підшипники, збільшують коефіцієнт тертя, викликають підвищений знос.

Старіння і знос є процесами поступової, необоротної зміни елементів і конструкції систем, і, діючи спільно, у деяких випадках, можуть викликати різку зміну параметрів. Старіння відбувається безупинно і не залежить від того, у робочому чи неробочому стані знаходиться система. Знос спостерігається тільки в робочому стані системи.

Штучне чи природне старіння може як поліпшувати, так і погіршувати окремі властивості матеріалу. У пластичних матеріалів через старіння з'являються залишкові деформації, а в пружних матеріалів губляться пружні властивості. Процеси старіння і зносу є немінучими. Їх не можна цілком запобігти, можна тільки до деякої міри зменшити викликувані ними наслідки.

3. ОСНОВИ ТЕОРІЇ ТЕХНІЧНОЇ ДІАГНОСТИКИ

3.1. Зв'язок діагностики з надійністю та якістю функціонування засобів автоматизації

Якість системи автоматизації є сукупність її властивостей, що обумовлюють придатність системи задовольняти визначені потреби відповідно до її призначення [5]. Одним з показників якості є показник надійності як безвідмовності, довговічності, зберігаємості, ремонтпригодності. Найбільш важливими принципами, методами і засобами забезпечення надійності є:

- вибір, удосконалення і створення нових матеріалів;
- пошук і реалізація нових фізичних принципів роботи систем автоматизації;
- реалізація нових видів енергії і способів її перетворення;
- створення захисних умов застосування систем в умовах важких зовнішніх впливів;
- удосконалювання технологій виробництва;
- застосування різних видів резервування і надмірності;
- реалізація заходів, що підвищують ефективність одержання, обробки і використання інформації (застосування захисних і перешкодохохисних кодів, розробка якісного математичного забезпечення).

Необхідно відзначити, що заходу апаратурного й інформаційного напрямку з підвищення надійності мають своєю метою усунення дефектів, що приводять до неправильної роботи. Такі заходи "маскують" дефекти через апаратурну й інформаційну надмірність. Знайти дефекти при цьому дуже важко. В міру збільшення кількості дефектів можливий прояв різного виду відмовлень системи. При цьому безвідмовність системи буде нижче, ніж безвідмовність при відсутності надмірності. Разом з тим необхідно здійснювати пошук несправностей в умовах резервування системи з метою підтримки її захисних властивостей.

Резервування (від лат. *reservo* – зберігаю) – метод підвищення надійності системи шляхом застосування структурної, функціональної, інформаційної і тимчасової надмірності стосовно мінімально необхідної і достатньої для виконання системою заданих функцій.

Надмірність – наявність у системи можливостей понад мінімально необхідні для нормального функціонування. При діагностуванні систем повинні зважуватися питання визначення технічного стану об'єкта за рахунок визначення справності, працездатності, правильності функціонування і пошуку дефектів на всіх етапах виробництва й експлуатації систем.

Діагностичне забезпечення повинне закладатися на стадії проектування, забезпечуватися на стадії виробництва і підтримуватися на стадії експлуатації. Ідеальна повнота виявлення і глибина пошуку дефектів систем не завжди досяжні через неможливість одержання необхідної інформації, або по техніко-економічних розуміннях. Особливо небажана безконтрольна неповнота виявлення дефектів, коли невідомо, які можливі дефекти не виявляються.

Сучасним засобом перевірки є моделювання поведження системи як у справному стані, так і при наявності в ній дефектів. Таке моделювання називається діагностичним.

3.2. Тестове діагностування

Тест (англ. test – проба, випробування, дослідження) – завдання з відомим рішенням, призначене для перевірки якості системи. Задача побудови тесту полягає в тому, щоб знайти таку сукупність і послідовність вхідних впливів, при подачі яких на об'єкт діагностування одержувані відповіді об'єкта в заданих контрольних крапках дозволяють робити висновок про його технічний стан. Тести, що перевіряють, призначені для перевірки чи справності працездатності об'єкта, а тести пошуку дефектів – для вказівки місця і, можливо, причин дефектів, що порушують справність і працездатність об'єкта діагностування. Для дискретних об'єктів тести (їхні алгоритми) будуються або по структурним, або по функціональним моделям. Тести можуть бути як строго визначеними (детерменированными) так і ймовірністними (псевдоймовірні вхідні впливи також відносяться до останнього). У якості тестових можуть бути використані вхідні впливи, що є робочими при застосуванні системи з призначенню. Такі тести називають функціональними. Однак необхідно пам'ятати, що функціональні тести придатні тільки для перевірки працездатності об'єктів, тому що забезпечувана ними повнота виявлення і глибина пошуку дефектів явно недостатні для перевірки справності і пошуку дефектів. Іншою стороною тестового діагностування є задачі вибору і розробки засобів реалізації тестів. Засобу тестового діагностування містять дві основні частини – генератор тестових впливів і аналізатор відповідей об'єкта на тестові впливи. Найчастіше генератор і аналізатор функціонально і конструктивно виконують окремо один від одного. Генератор зберігає і створює (генерує) тести і подає їх на об'єкт діагностування. Аналізатор зберігає отримані відповіді, порівнює фактичні відповіді з очікуваними і видає результат – діагноз. Часто аналізатор являє собою сукупність еталона (справна копія об'єкта) і схеми порівняння. Також часто частина функцій генератора й аналізатора покладається на людину.

3.3. Функціональне діагностування

Функціональне діагностування може здійснюватися як безупинно, так і чи або періодично епізодично. При функціональному діагностуванні необхідно чітко визначити:

- поняття справності, працездатності, правильності функціонування стосовно конкретних функцій і умови застосування об'єкта;
- типи і переліки дефектів, що підлягають виявленню і пошуку при діагностуванні;
- розподіл задач діагностики по періодах життєвого циклу об'єкта;
- алгоритм функціонального діагностування і його види;
- глибину функціонального діагностування;
- засоби (апаратурні, програмні, автоматичні чи ручні, спеціалізовані чи універсальні, зовнішні чи убудовані) функціональної діагностики.

Для формування алгоритмів систем функціонального діагностування (СДФ) використовуються математичні моделі, як самого об'єкта, так і його несправностей. Установлюється зв'язок між ступенем розвитку несправностей і дефектів і поводженням вимірюваних потрібних параметрів. Як правило математичні моделі (ММ) елементів системи – це сукупність диференціальних і алгебраїчних рівнянь, емпіричні формули, таблиці, графіки, що описують елемент, а також зв'язку між внутрішніми і зовнішніми керуючими і збуруючими параметрами. Розрізняють ММ із закладеної в них інформацією про несправність, так і без її.

3.4. Технічні засоби діагностування

Засоби, за допомогою яких здійснюється діагностування технічного стану об'єкта, називаються технічними засобами діагностування [7]. Засоби можуть бути апаратними чи програмними, зовнішніми чи вбудованими, ручними, автоматизованими чи автоматичними, спеціалізованими чи універсальними і т.д. Як засіб діагностування може виступати оператор – людин, контролер, наладчик. Вибір і розробка засобів тестового діагностування повинні здійснюватися з урахуванням многих факторів: наявності серійного випуску необхідних засобів, наявності придатних засобів на заводі-виготовлювачі, масовості випуску об'єкта і його складності, необхідних якостей засобу (точності, продуктивності, надійності і т.д.).

Засобу функціональної діагностики є, як правило, вбудованими і створюються одночасно з об'єктом. Для складних об'єктів істотними стають проблеми підвищення контролепригодності. Контролепригодність – властивість об'єкта, що характеризує його пристосованість до проведення контролю заданими засобами (ДСТ 19919 – 74). Рівень контролепригодності об'єктів визначає ступінь ефективності рішення задач тестового діагностування їхнього технічного стану, впливає на продуктивність процесу їхнього виробництва і якість. При експлуатації рівень контролепригодності визначає їхній коефіцієнт готовності і витрати, зв'язані з ремонтом. Коефіцієнт готовності – показник надійності ремонтуємих об'єктів, що характеризує імовірність того, що об'єкт буде працездатний у довільно обраний момент часу в проміжках між виконаннями планового технічного обслуговування.

$$K_r = T / (T + T_v),$$

де T – наработка на відмовлення;

T_v – середній час відновлення працездатності.

Разом з тим додаткові технічні засоби діагностування роблять об'єкт більш дорогим і менш надійним і теж повинні діагностуватися. Контролепригодність забезпечується перетворенням структури об'єкта, що перевіряється, до виду,

зручному для проведення діагностування. Для цього в об'єкт ще на етапі його проектування і конструювання вводять додаткові елементи (апаратуру) – вбудовані засоби тестового діагностування. До вбудованих засобів тестового діагностування можна віднести:

- додаткові контрольні точки;
- додаткові входи для блокування сигналів і завдання необхідних значень сигналів;
- апаратні засоби, що при діагностиці змінюють структуру об'єкта;
- апаратні засоби, що генерують тести й аналізують результати.

Технічні засоби для діагностики складного автоматизованого технологічного устаткування в залежності від призначення підрозділяються на вбудовані і зовнішні. Зовнішні системи (засобу) діагностики у свою чергу можуть бути мобільними і стаціонарними. Мобільні засоби призначені для контролю параметрів і діагностування об'єктів при достатніх для прийому випробуваннях, при експлуатації і ремонті. Стаціонарні (стенди) використовуються в основному для дослідження й випробування об'єктів у процесі їхнього створення.

При розробці і використанні технічних засобів діагностики (ТЗД) важливе значення має метрологічна підготовка і забезпечення метрологічного обслуговування засобів, що включають перевірки (атестацію), юстировку і ремонт цих засобів. Юстировка (від нем. *justieren* – регулювати; від лат. *justus* – правильний) – сукупність операцій по доведенню погрішностей засобів вимірів, приладів, механізмів до значень, що відповідають технічним вимогам. Таким чином, основна мета застосування ТЗД – забезпечення якості устаткування систем автоматизації при його випуску й експлуатації шляхом своєчасного і достовірного контролю технічного стану, якості зборки, налагодження і регулювання, якості виконання основних функцій при експлуатації, а також виявлення, локалізація і наступне виправлення дефектних станів агрегатів, модулів, вузлів і елементів виробу і встановлення причин їхньої появи. Призначення ТЗД – визначення зі заданою вірогідністю, реєстрація й ухвалення рішення про відповідність або невідповідність поточного технічного стану контрольованого устаткування

номінальному. Найбільше часто ТЗД використовуються для реалізації наступних методів діагностування :

- метод тимчасових інтервалів;
- метод контрольних осцилограмм;
- метод контролю параметрів.

Метод тимчасових інтервалів спрямований на контроль часу циклу роботи системи автоматизації, а також його окремих складових. Для діагностування складних систем автоматизації застосовують метод контрольних (еталонних) осцилограмм. Метод заснований на використанні графіків функцій різних параметрів у часі, на підставі аналізу яких робиться висновок про працездатність і технічний стан системи і її окремих елементів. Метод контролю параметрів зводиться до визначення (виміру) тих чи інших параметрів, перебування яких у встановлених границях визначає працездатність системи чи її окремих елементів.

4. МЕТОДИ ПОШУКУ НЕСПРАВНОСТЕЙ.

4.1. Загальні принципи

Метод (гр. *methodos*) – спосіб, прийом, образ дій. Спосіб теоретичного чи практичного дослідження або здійснення. Основою ефективної діяльності з пошуку несправностей у складних технічних об'єктах повинні бути досить глибокі знання про об'єкт, у якому здійснюється пошук дефектів і несправностей, а також логічний підхід до самого процесу пошуку. Такий підхід до пошуку несправностей ще називають системним. Логіка (гр. *logike*) – наука про закони і форми мислення. Хід міркувань, умовиводів. Наука про формальні принципи міркування. Системний підхід до пошуку несправностей у системах автоматизації дозволяє істотно скоротити час простою систем і витрати на проведення технічного обслуговування і ремонту [6]. Формально процедуру пошуку несправностей можна розбити на шість етапів.

Перший етап – виявлення ознак несправності. Перед тим як прийняти рішення про необхідність ремонту системи, варто перевірити правильність функціонування. Для виконання цього етапу необхідно детально знати об'єкт, його робочі характеристики, можливості, пристрій, призначення, правильне функціонування.

Другий етап – заглиблений аналіз ознаки несправності. На цьому етапі більш-менш явну ознаку варто піддати більш детальному аналізу. Більшість технічних систем автоматизації мають органи регулювання, вбудовані чи зовнішні засоби діагностики як додаткові або основні засоби перевірки правильності функціонування. Необхідно перевірити, чи впливають додаткові впливи на ознаку несправності, що спостерігається, і чи не можна надати додаткову інформацію, що допоможе точніше визначити цю ознаку.

Третій етап – складання переліку можливих несправних функцій системи. Це етап оцінювання, заснований на використанні зведень, отриманих на двох попередніх етапах, а також знань про правильне функціонування системи, що

обслуговується, і її функціональних вузлах. Функція (лат. *functio* – виконання) – обов'язок, коло діяльності, призначення, роль.

Четвертий етап – локалізація несправної функції. На цьому етапі здійснюється вибір однієї з включених у перелік несправних функцій для подальшого аналізу. При виборі для перевірки першої потенційно несправної функції варто брати до уваги рівень розуміння функціонування об'єкта, що перевіряється, складність виконання необхідних перевірок і можливість виключення з розгляду одного чи декількох інших припущень у результаті перевірки. Більшість реальних технічних об'єктів може бути піддано розбивці на окремі функціональні вузли (частини, кожна з яких виконує визначену функцію). Цей етап містить у собі грамотне використання і розуміння показань контрольно-вимірювальних засобів.

П'ятий етап – локалізація несправності на рівні елементів. Полягає у виробленні правильних припущень і грамотного застосування процедур аналізу різної інформації, що дозволяють визначити окремий несправний елемент або їх сукупність.

Шостий етап складається з підтвердження правильності визначення несправності. Перш ніж замінити підозрілий елемент варто проаналізувати всю сукупність показань і вимірів, щоб переконатися, що виявлений елемент дійсно є причиною ознак несправності і відхилень від нормального режиму функціонування. Також необхідно виявити на цьому етапі, чи було викликане відмовлення елемента якою-небудь іншою несправністю чи сам елемент є єдиною причиною неробочого стану системи. Локалізувавши несправний елемент і переконавши в правильності визначення причини несправності, можна приступити до його заміни. Цей етап містить у собі також аналіз відмовлень. На цьому етапі також здійснюється ремонт із повторною перевіркою системи на відновлення нормального функціонування, що у свою чергу не відноситься до процесу пошуку несправностей. Необхідно також відзначити особливість процедури пошуку несправностей, що складається в можливості повернення до попередніх етапів. Причиною такого повернення може служити помилка у

визначенні ймовірної причини чи несправності некоректне виконання перевірок і т.п.

Ознака несправності – зовнішній чи внутрішній прояв неполадки чи несправності системи автоматизації. Задача виявлення ознаки несправності полягає в розпізнаванні цього прояву тільки він з'явиться, а також в усвідомленні наявності небажаних змін у роботі системи. Тому що ознака несправності – свідчення того, що в роботі системи відбулися небажані зміни, необхідно мати показники його нормального (номінального чи штатного) функціонування, що служать як еталон. Порівнюючи показники поточного і нормального функціонування, можна знайти ознака несправності і прийняти рішення про те, що він собою представляє. Разом узяті ознаки нормальної і ненормальної роботи точніше визначають власне ознаку несправності, ніж розглянуті окремо. Знання зовнішніх проявів нормальної штатної роботи системи дозволяє помітити небажані зміни за допомогою як убудованих так і зовнішніх засобів діагностики. Разом з тим необхідно зібрати якнайбільше попередньої інформації, перш ніж приступити до необхідних перевірок.

Відмовлення системи повний чи частковий – це найбільш розповсюджений, але разом з тим і найпростіший вид ознаки несправності. Відмовлення системи – це граничний випадок позаштатного функціонування. Коли система функціонує, але її робота не відповідає технічним вимогам – має місце погіршення функціонування. Причому ступінь погіршення функціонування може бути всілякою – від майже штатної роботи до майже повної відмови. Разом з тим подібні недоліки варто усувати якнайшвидше, як і повне відмовлення системи, тому що окремі відмовлення можуть бути причиною інших більш складних і як наслідок більш трудомістких в усуненні відмовлень.

Заглиблений аналіз – це процес більш докладного опису визначення ознаки несправності. Багато подібних ознак несправності можуть бути викликані численними і саме головне різноманітними ушкодженнями. Для успішного пошуку несправності необхідно прийняти правильне рішення про те, яке ушкодження швидше за усе викликає ознаку несправності, що спостерігається.

Для цього як правило необхідне додаткова інформація. Первісна ознака несправності, як правило не містить достатньої інформації для ухвалення рішення про те, яка можлива причина (чи причини) цього симптому, оскільки ті самі ознаки несправності можуть бути викликані всілякими uszkodженнями (причинами). Щоб далі досліджувати виявлену ознаку несправності, необхідно зробити додаткові впливи на цю ознаку. Часто для цього використовуються органи регулювання, що входять до складу системи. По самій своїй суті органи регулювання вносять деякі зміни в режим функціонування системи. Органи відображення інформації (вимірювальні прилади, пристрої індикації) дозволяють візуально спостерігати зміни, що відбуваються в системі при використанні органів регулювання. Ще один спосіб пошуку uszkodження складається в штучному збільшенні ознаки несправності. Процес заглибленого аналізу ознаки несправності не можна вважати завершеним доти, доки не будуть всебічно оцінені його прояви, що спостерігаються. Прийняте рішення повинне бути технічно обґрунтовано. Вдала розбивка системи на функціональні вузли вкрай важлива для ефективного здійснення цього етапу пошуку несправностей. Функціональна схема системи являє собою символічне представлення вхідних у неї функціональних вузлів і з'єднуючих їхніх зв'язків. Вид представлення і розташування вузлів і зв'язків залежить від складності пристрою. Кожен вузол виконує визначену функцію і підкоряється правилу перетворення вхід-вихід. У функціональній схемі не показано, яким образом реалізований кожен функціональний вузол. Функціональні схеми відбивають зв'язку між функціональними вузлами системи. Вони дають загальне представлення про функції, що система повинна виконувати, щоб відповідати своєму призначенню.

Функціональна схема поряд із зареєстрованою інформацією про ознаку несправності і знанням принципів роботи системи складають основу для технічно обґрунтованого вибору потенційно несправного функціонального вузла.

На наступному (четвертому) етапі здійснюється локалізація несправного функціонального вузла. На цьому етапі застосовуються контрольно-вимірювальні засоби. Також необхідне знання штатних робочих характеристик і розташування

контрольних точок. На цьому етапі виробляється контроль вхідних і вихідних сигналів функціональних вузлів. Як правило, на загальних функціональних схемах показані види сигналів інформації на входах і виходах кожного функціонального вузла. Також на цьому етапі корисним видом технічної документації є схеми різних з'єднань. Ще одним фактором, якому варто брати до уваги, є накопичений досвід пошуку несправностей за час експлуатації системи і відомості про повторні відмовлення, що реєструються. При виборі контрольної крапки варто спиратися на минулий досвід виявлення схожих ознак несправності і ремонту подібних пристроїв, а також брати до уваги ймовірність виникнення повторних відмовлень у системі. Однак вибір повинний базуватися головним чином на логічних умовиводах, заснованих на інформації, отриманої на попередніх етапах, без зайвої довіри до минулого досвіду пошуку несправностей у подібних системах. З іншого боку, передісторія безсумнівно повинна робити деякий вплив на вибір першої контрольної точки. Якщо маються два можливих джерела несправності, причому ймовірність відмовлення в одному з них вище, то при виборі першої контрольної точки, насамперед варто взяти до уваги інформацію про повторні відмовлення.

Фактори, які варто брати до уваги при виборі першої контрольної крапки:

- функціональний вузол, що представляє максимум інформації для одночасного виключення з розгляду окремих потенційно несправних вузлів, перелік яких був складений на підставі інформації, отриманої на перших трьох етапах, якщо, звичайно, цей вузол сам справний;
- доступність контрольних точок;
- накопичений досвід;
- відомості про повторні відмовлення.

Після виявлення несправного функціонального вузла, необхідно переконатися, що він дійсно є джерелом виявленої ознаки несправності і погодиться з інформацією, отриманої в процесі заглибленого аналізу цієї ознаки.

Щоб виявити несправний функціональний вузол, від збору інформації про ознаку несправності переходять до її фактичного місцезнаходження. Щоб

підтвердити правильність визначення несправного функціонального вузла, впливають у зворотному напрямку. У цьому випадку знання принципів роботи системи украй важливо. Нова інформація, одержувана в черговій контрольній крапці дозволяє звужувати область пошуку несправностей, доти, доки не буде виявлений несправний функціональний вузол. На п'ятому етапі локалізації несправності у вузлі системи виконуються всебічні перевірки, метою яких є локалізація конкретного елемента, що містить несправність. Для цього варто виділити усередині вузла групу елементів, кожний з яких виконує визначену функцію. Цей етап також базується на загальному принципі побудови умовиводів, що складає в безупинному звуженні області пошуку місцезнаходження несправності шляхом прийняття логічних рішень і виконання раціональних перевірок. Після завершення етапу 4 відомо, що усі впливи на вхід несправного функціонального вузла правильні, а один чи кілька вихідних сигналів невірні чи узагалі відсутні. Для одержання інформації, що може вказати можливе місцезнаходження несправності у функціональному вузлі, варто проаналізувати невірні вихідні сигнали, виявлені на етапі 4. Велику допомогу при пошуку несправності може зробити метод взяття в дужки, що дозволяє звужити область пошуку до несправного елемента. Після перевірки частини схеми, довільно взятої в дужки, виконується їхнє послідовне переміщення, а потім здійснюється чергова перевірка, щоб визначити, чи не знаходиться несправність у новій області, укладеної між дужками. Цей процес продовжується доти, доки між дужками не виявиться несправний елемент.

Найбільш важливим у цьому методі є визначення місця в схемі, куди повинні бути поміщені дужки при звуженні області пошуку несправності. Це рішення залежить від результатів аналізу схеми і попередніх перевірок, типу схемних ланцюгів, з яких проходить сигнал, а також від доступності контрольних точок. Усякі переміщення дужок повинні мати своєю метою рішення задачі локалізації несправності при мінімальному числі перевірок.

Сигнали в системах проходять по сигнальних ланцюгах трьох типів:

- послідовним;

- розгалуженим;
- що переключається.

Послідовний ланцюг містить у собі групу складових елементів, розташованих таким чином, що вихід одного елемента з'єднаний зі входом іншого. У результаті сигнал проходить прямо через групу елементів без повернень у зворотному напрямку і без розгалужень.

Розгалужений ланцюг може бути двох видів: розбіжна (рис. 4.1); що сходиться (рис. 4.2).

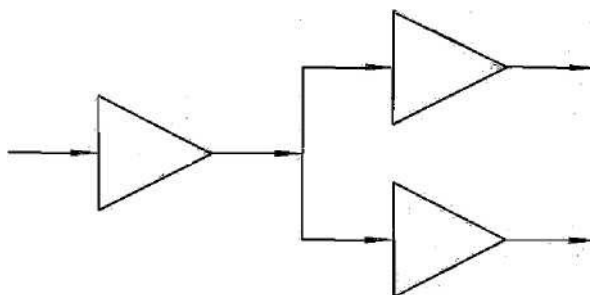


Рис. 4.1. – Розбіжний сигнальний ланцюг

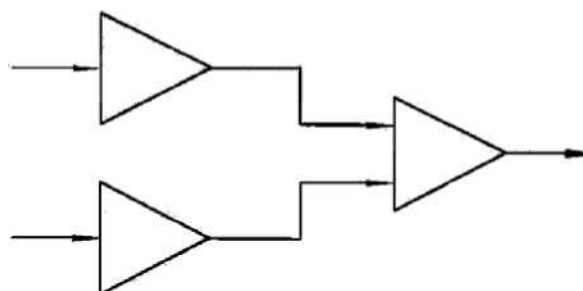


Рис. 4.2. – Сигнальний ланцюг, що сходиться

Ланцюг, що переключається, (рис. 4.3) містить у своєму складі елемент, за допомогою якого для кожної конкретної ситуації утвориться своя конфігурація сигнального ланцюга.

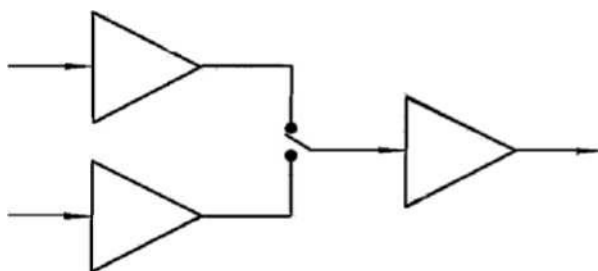


Рис. 4.3. – Сигнальний ланцюг, що переключається

Процедура взяття в дужки починається з розташування відкриваючої дужки у входу (входів) зі штатним сигналом і закриваючої дужки у виходу (виходів) з позаштатним сигналом функціонального вузла. Після того як визначений перелік можливих несправних груп елементів, дужка переміщається до входу чи виходу однієї з груп, а потім виконується перевірка відповідних контрольних точок. Дужки переміщуються поперемінно доти, доки між ними не виявиться лише одна група елементів. Група елементів необхідно взяти в дужки в тому випадку, якщо відкриваюча дужка вказує на наявність правильного сигналу на вході групи елементів, а закриваюча дужка вказує на присутність невірному сигналу чи його відсутність на виході. Після виявлення несправної групи елементів визначається тип сигнального ланцюга, що проходить через цю групу елементів. Ця інформація надзвичайно важлива при виборі наступного місця для дужок і виконання перевірки. Для послідовних ланцюгів застосовують метод розподілу навпіл (рис.4.4).

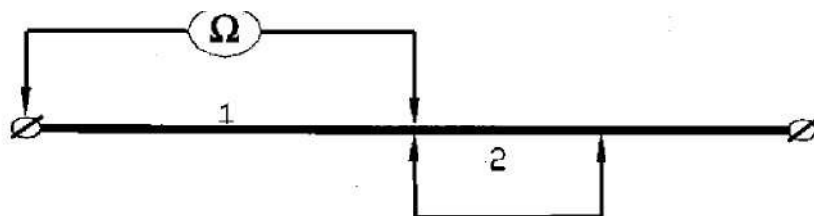


Рис. 4.4. – Метод розподілу навпіл

При виконанні процедури висновку в скобки ланцюгів, що розгалужуються, варто локалізувати несправність до одного сигнального ланцюга. Необхідно перевіряти розгалужені ланцюги дот, доки несправність не буде локалізована в одній із сигнальних ланцюгів. Потім у послідовному ланцюзі може бути застосований метод розподілу навпіл. Для локалізації несправних елементів у ланцюзі, що перемикається, спочатку необхідно перевірити сигнал на виході розгалуженого ланцюга після перемикаючого елемента. Якщо перемикаючий елемент є многоконтактним пристроєм, то кожен контакт може бути з'єднаний зі

своїм ланцюгом. У цьому випадку необхідна установка перемикача у всі положення і перевірка сигналу на виході розгалуженого ланцюга, з'єднаної з кожним з контактів. Якщо ознаки несправності та зібрана інформація вказують на цілком визначений ланцюг, то далі не перевіряють кожне положення перемикача. Після виконання цієї перевірки і локалізації несправності в одній чи декількох розгалужених ланцюгах, варто перевірити послідовні ланцюги і виявити несправність методом розподілу навіпіл.

На останньому 6 етапі – етапі аналізу відмовлення компонентів, для виявлення місцезнаходження несправного компонента знадобиться перевірити визначені галузі несправної схеми. Після виконання цього етапу буде отримана вся необхідна інформація для чи заміни ремонту несправних компонентів, що дозволяє відновити нормальне функціонування пристрою.

Разом з тим важливо з'ясувати і причину несправності. Також, цілком можливо, що в системі залишилися інші невиявлені несправності, і якщо їх не усунути, то система знову вийде з ладу. На цьому етапі застосовуються принципові схеми вузлів і блоків систем. Після того як несправний елемент системи локалізований, необхідно вимірити параметри стану в різних галузях системи, щоб виявити несправні компоненти. Обмірювані значення повинні бути оцінені шляхом порівняння зі штатними заздалегідь відомими значеннями контрольованих параметрів. Ці значення параметрів приводяться у відповідних таблицях на принципових схемах чи окремих аркушах технічної документації. Наприклад, у таблицях напруг і опорів приводяться робочі значення й опорів щодо загального проводу (чи іншої точки електричної схеми Незалежно від типу ознаки несправності причина відмовлення зрештою буде локалізована в одному чи декількох компонентах пристрою. Відмовлення компонента можна класифікувати за ступенем погіршення його роботи. Розрізняють повне відмовлення, позаштатне функціонування компонентів і перемежований (поперемінно припиняється, та знову починається). Остання несправність легко себе виявляє, однак місцезнаходження конкретного несправного компонента визначити важко. Під час перевірки схеми, що містить компонент із подібним

типом несправності, він може функціонувати нормально, а через якийсь час несправність знову дасть про себе знати.

Локалізація несправних компонентів: для локалізації несправних компонентів чи галузей найчастіше необхідно проаналізувати вихідний сигнал [2]. Відхилення параметрів вихідного сигналу за напругою, тривалістю та формою можуть бути ознаками обривів чи коротких замикань у компонентах, а також виходу їхніх номінальних значень за межі допусків. На цьому етапі виявлення несправностей вирішуються дві задачі: скорочення до мінімуму кількості необхідних перевірок і визначення, у випадку виявлення несправного елемента, чи є він єдиною причиною несправності системи. Потім приступають до візуального контролю доступних компонентів і елементів зв'язку і з'єднань. Зовнішній огляд досить часто дозволяє знайти несправність, а також ознайомитися з розташуванням елементів системи.

Перевірка живлячої напруга: часто багато часу витрачається на пошуки неіснуючих ушкоджень і відмовлень в одних частинах системи, у той час як несправність знаходиться в інших частинах, найчастіше в джерелах живлення. Тому першою електричною перевіркою найчастіше буває контроль рівнів напруги від усіх джерел живлення під номінальним робочим навантаженням. Під час перевірки аналогового устаткування потрібно починати перевірку живлячої напруги без подачі вхідних сигналів. Такий режим перевірки називається статичним режимом. Дискретне (цифрове устаткування) перевіряють на правильність при початкових умовах без зміни станів на входах.

Метод "від кінця до початку": при цьому методі спочатку динамічні виміри проводять на вихідній частині системи, а потім поступово переміщаються за схемою вбік входу, доки не буде виявлений нормальний сигнал (правильний код).

Метод імітації проміжних сигналів: метод полягає в подачі на схему після несправного каскаду чи вузла за допомогою спеціального додаткового пристрою, як правило, що не входить у систему – імітатора (генератора) сигналів, що імітує відсутні сигнали з несправного вузла. Якщо нормальна робота схеми системи при

цьому відновлюється, роблять висновок про несправність вузла, блоку чи компонента, сигнал якого імітується.

Метод розмикання ланцюга зворотного зв'язку: відшукати несправність у системах зі зворотними зв'язками дуже важко. Тому роблять розмикання ланцюга зворотного зв'язку. В точку, де розімкнено зворотний зв'язок, потрібно подати відповідну постійну напругу чи необхідний сигнал. Потім за всією схемою перевіряються рівні параметрів і їхня форма. Параметри сигналу, подаваного в точку розриву, можна змінювати для перевірки зміни реакції всієї системи.

Метод заміни блоків, елементів і компонентів: метод заснований на елементарній заміні окремих підозрюваних блоків, елементів і компонентів системи на аналогічні. Якщо при такій заміні відновлюється штатна працездатність системи, роблять висновок про несправність заміненого блоку, елемента чи компонента. Застосування цього методу вимагає розробки спеціальних типових елементів заміни (ТЭЗ), що приводить до ускладнення, збільшення вартості апаратури і зниженню її надійності, у першу чергу за рахунок великого числа рознімних з'єднань.

Метод виключення: заснований на тимчасовому виключенні несправного вузла (компонента) із системи за допомогою від'єднання при витоках і електричному пробіі чи перемиканні (з'єднанні входу з виходом) при можливому обриві (руйнуванні зв'язків) у несправному вузлі чи компоненті.

Усі методи можна умовно розділити на активні і пасивні.