МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
«ДНІПРОВСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»

Конспект лекцій

з дисципліни «Основи діагностики транспортних систем»

Дніпро
НТУ «ДП»
2019

Методичні вказівки (конспект лекцій) по дисципліні «Основи діагностики транспортних систем» (для бакалаврів) / Нац. техн.. ун-т «Дніпровська політехніка», каф. Трансп. сист. і техн. – Д.: НТУ «ДП», 2019. – 40 с.

Розробник – Коптовець О.М.

ЗМІСТ

1 ЛЕКЦІЯ № 1. ВВЕДЕННЯ 3
2. ЛЕКЦІЯ № 2. МОДЕЛІ ВІДМОВ СИСТЕМИ 10
3. ЛЕКЦІЯ № 3. ТЕХНІЧНА ДІАГНОСТИКА 15
4. ЛЕКЦІЯ № 4. МЕТОДИ ТА ЗАСОБИ ДІАГНОСТИКИ ЕЛЕКТРИЧНОГО ОБЛАДНАННЯ 30
СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ 41

ЛЕКЦІЯ № 1. ВВЕДЕННЯ

Актуальність: ознайомлення з задачею вивчення курсу та засвоєння основних понять і визначень.

План:

1. Вступ.
2. Основні поняття і визначення.
3. Показники і характеристики надійності систем.
4. Комплексні параметри надійності
5. Питання для самоконтролю.

Вступ.

Надійність транспортних систем (ТС) - одна з актуальних проблем виробництва, тому підвищення надійності найбільш актуальне завдання. Надійність сучасних систем виробництва значною мірою визначається надійністю обладнання транспорту. Аварійні пошкодження, які супроводжуються пошкодженнями устаткування, приводять до порушення виробництва і значного економічного збитку. Ступінь необхідної надійності обумовлюється ремонтною придатністю устаткування і мереж, категорією надійності обладнання і економічним збитком при порушенні виробництва. В той же час надійність ТС визначається надійністю устаткування, схемо-конструктивними рішеннями, а також проведенням технічного огляду і ремонту. Проблема надійності в техніці викликала до життя такі напрями, як теорія надійності, фізика відмов, теорія міцності, технічна діагностика та ін.

Надійність ТС.
Основні поняття і визначення.

Надійність - властивість об'єктів зберігати у часі в установлених межах значення всіх параметрів, що характеризують здатність правильно виконувати необхідні функції в заданому режимі і умові експлуатації, технічному огляді і ремонті, зберіганні і транспортації. Така властивість об'єкту - працездатність. Відмова - порушення працездатності.

У моделях надійності широко застосовуються поняття „елемент" і „система".

Об'єкт, надійність якого розглядається незалежно від надійності його частин, а тільки залежно від його функціональної ролі і місця в системі - елемент.

Сукупність взаємозв'язаних елементів, які використовуються для виконання певного кола завдань, що мають єдине кероване функціонування - система.

Надійність ТС - комплексна властивість, що включає безвідмовність, довговічність, ремонтну придатність, можливість збереження, стійкість, можливість управління режимами, живучість.

Безвідмовність - властивість об'єкту безперервна зберігати працездатність протягом шуканого часу.

Працездатність - стан об'єкту, при якому значення всіх параметрів, що характеризують здатність виконувати задані функції, відповідає вимогам нормативно-технічної документації (НТД).

Довговічність - властивість об'єкту зберігати працездатність до настання граничного стану при встановленій системі технічного огляду і ремонту. Граничний стан - такий стан, при якому його подальше використання недоцільне (неприпустимо).

Ремонтна придатність - властивість об'єкту, що полягає у пристосованості до попередження і виявлення причин виникнення відмов, пошкоджень і підтримці і, відновленню працездатності шляхом технічного огляду і ремонту.

Відмова працездатності - подія, що полягає у переході об'єкту з одного рівня працездатності на іншій, нижчий.

Відмова функціонування - подія, поміщена в переході з одного рівня функціонування на іншій, нижчий. Відмови поділяються на:

– конструктивні;
– технологічні;
– експлуатаційні;
– спричинені зношеністю об'єкта .

Відмови бувають:

– повна непрацездатність;
– часткова працездатність.

Непрацездатний стан - стан об'єктів, при яких вони нездатні виконувати всі задані функції.

У робочому стані об'єкт виконує задані функції. Неробочий стан:

– попереджувальний ремонт;
– аварійний ремонт;
– залежний простій.

Робочий стан об'єкту включає два режими(1 та 2):

1 - нормальний (забезпечується значення заданих параметрів режиму роботи і резервування у встановлених межах);

2 - ремонтний (частина елементів об'єкту знаходиться в стані попереджувального ремонту /аварійного/);

3 - аварійний (з моменту виникнення відмов елементів до моменту локалізації відмов);

4 - після аварійний (перевірка; з моменту локалізації відмови до встановлення заданого режиму).

Можливість зберігання - властивість об'єкту зберігати значення безвідмовності, довговічності, ремонтної придатності під час зберігання і транспортування.

Стійкість - властивість об'єкту зберігати стійкість протягом деякого інтервалу часу.

Живучість - властивість системи протистояти значним збуренням режимів, не допускаючи їх ланцюгового розвитку і частого відключення. Зазвичай живучість забезпечується роботою РЗА.

Причина відмови устаткування і мереж - пошкодження і несправності.

Пошкодження в ел. енергетиці - руйнування ел. устаткування, поломка деталей, порушення цілісності ел. частин, порушення ізоляції.

Несправність в ел. енергетиці - розладнання механізмів без руйнування і псування.

Пошкодження і несправності можуть виникнути через дефектне устаткування, тобто через невідповідність його встановленим вимогам при випуску із заводу виробника (брак), через аварійні (нерозраховані) дії навколишнього середовища, по причині неправильного транспортування, наладки, техогляду і ремонту.

Відмова ел. енергетичних пристроїв у виконанні заданої функції (відмова функціонування) наступає при відмові устаткування, відмові суміжних (вузлів) установок, відмові напівавтоматики, а також при нерозрахованих зовнішніх діях.

Рівень розладу при аваріях і порушеннях - глибина.

Показники і характеристики надійності обладнання і систем.

Оскільки стан об'єкту (елементу системи) має випадковий характер, то для визначення показників надійності застосовують математичну статистику.

Розрізняють одиночні і комплексні показники надійності. їх значення як правило отримують за допомогою збору і обробки статистичної інформації надійності.

Одиночні показники надійності (індивідуальні, одиничні):

1. Вірогідність безвідмовної роботи P(t) за розрахунковий час t. P(t) - вірогідність того, що час роботи буде більше деякого часу T, тобто $P(t > T)$, $P(t=0)=l...$ $P(t=\infty)=0$.

На основі статистичних даних про відмови:

$$P(t) = \frac{N - n(t)}{N}$$

де: N - число елементів що знаходяться у випробуванні;

n(t) - число елементів, що відмовили, за час t;

N - n(t) - число тих, що залишилися в роботі.

З метою подальшого розуміння суті показників надійності розглянемо імовірнісні моделі відмов і надійності устаткування.

Математичний опис процесу виникнення відмов - модель відмов. Елементи, що відмовили, у більшості випадків відновлюються. Процес відновлення і профілактики устаткування не виключає повністю виникнення відмов ел. пристроїв, але в значній мірі зменшує їх вірогідність, тобто збільшує надійність.

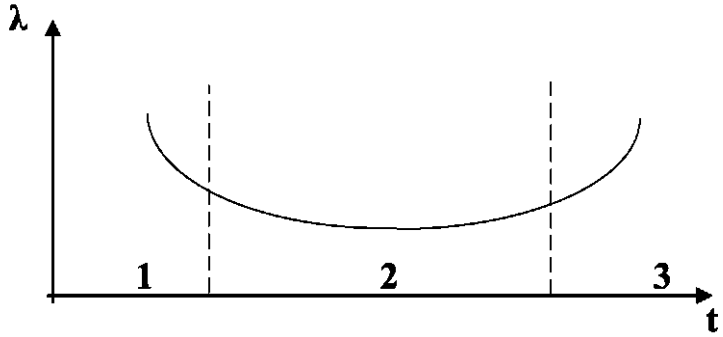
Математичний опис цих процесів - модель надійності.

Моделі відмов і моделі надійності використовуються для розрахунку показників надійності.

2. Інтенсивність відмов λ(t) - міра схильності елементів до відмов залежно від часу t.

λ(t) - середнє число відмов в одиницю часу t.

Графік зміни інтенсивності відмов в перебігу експлуатації для більшості елементів має вигляд:



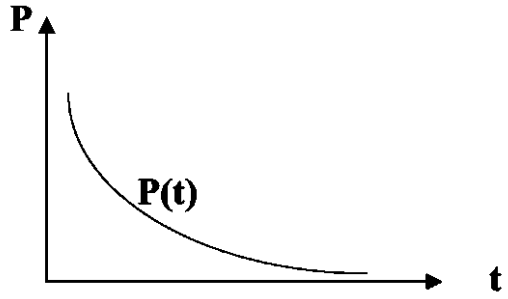
Графік λ(t), U - образний - характеристика життя. На ньому весь інтервал робочого часу можна розбити на 3 періоди:

1 - λ(t) має підвищене значення. Завжди є вироби з прихованим дефектом, які виходять з ладу автоматично. З цієї причини, перший інтервал - це період приробленння або період виживання дефектних виробів.

2 - період нормальної роботи. Характеризується постійним або приблизно-постійним значенням λ(t).

3 - період старіння зносу елементів, деталей, вузлів.

Для більшості елементів, у яких переважають раптові відмови, безперервною математичною моделлю є експоненціальний розподіл. В цьому випадку графік P(t) має вигляд:



При такому розподілі можна прийняти λ(t) = λ, тоді P(t) = e-λt , де t - проміжок часу, для якого визначається P(t).

У разі, коли час відлічується дискретними одиницями, раптові відмови описуються моделлю геометричного розподілу. P(t) в цьому випадку:

$$P(t) = e^{-px},$$

x - число комутацій.

Значення λ(t) можуть бути визначені на підставі статистичних даних:

$$\lambda(t) = \frac{n(t, \Delta t)}{N(t) * \Delta t}$$

n(t, Δt) - число елементів, що відмовили протягом часу, tнабл. = t + Δt;

N(t) - число елементів справних у момент t;

Δt - інтервал часу спостереження.

3. В розрахунок найбільших відмов вводять показник надійності, як **параметр потоку відмов.**

w(t) - середнє число відмов елементу, що ремонтується, яке припадає на одиницю устаткування в одиницю часу, узятого для даного моменту часу:

$$w(t) = \frac{\sum m_i(t+\Delta t) - \sum m_i(t)}{N\Delta t}$$

N - число елементів;

$m_i(t+\Delta t)$, m_i (t) - число відмов і-елемента за станом на даний момент часу ($\Delta t << t$).

Для II періоду кривої життя елементу можна прийняти $w(t) \approx w$.

Інтенсивність відмов λ фізично для II періоду життя кривої - практично співпадає з w, тобто $\lambda \approx w$. Тому в розрахунках використовують або λ, або w.

4. **Напрацювання на відмову** - середній час безвідмовної роботи між сусідніми відмовами. Напрацювання на відмову для різних періодів часу може бути знайдене як:

$$T_н = \frac{\sum T_{нi}}{n}$$

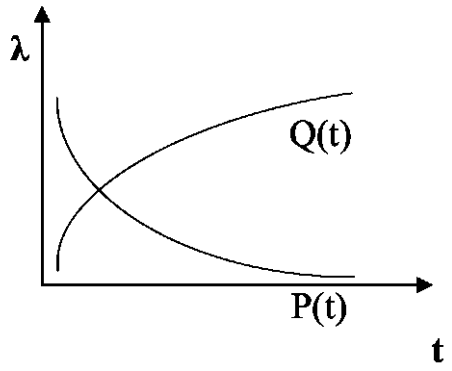
n - число відмов.

Середнє значення за даний період часу T може бути знайдене: $T_н = w^{-1}$.

5. Імовірність відмов:

$Q(t) = 1 - P(t) = 1 – e^{-\lambda t}$

$Q(t \to 0) \approx 0$; $Q(t \to \infty) \approx 1$



6. **Середній час відновлення елементу** - середній час відновлення працездатного стану; визначається тривалістю відновлення і усунення однієї відмови.

Значення цього параметра знаходять експериментально на підставі статистики:

$$T_B = \frac{\sum T_{Bi}}{n}$$

Перерви в ТС можуть відбуватися в результаті аварійних (вимушених) і планових відключень. Тому параметри надійності приводяться відповідно для вказаних видів перерв.

Комплексні параметри надійності.

1) Коефіцієнт готовності визначається імовірністю знаходження об'єкту у будь-який момент в стані працездатності:

$$К_Г = \frac{Т_р}{Т_п+Т_р} = \frac{Т_н}{Т_В+Т_н}$$

2) Коефіцієнт простою визначається тією ж вірогідністю, тільки в стані непрацездатності:

$$К_п = \frac{Т_п}{Т_п + Т_р} = \frac{Т_в}{Т_в + Т_н}$$

Очевидне співвідношення вказаних коефіцієнтів $К_г + К_п = 1$.

Висновки: В результаті засвоєння матеріалу студенти повинні мати уяву про задачу вивчення курсу та засвоїти основні поняття і визначення.

Питання для самоконтролю.

1. Що таке надійність в техніці? Дайте визначення поняття надійність.
2. Що таке надійність ТС та які властивості входять в це визначення?
3. Дайте визначення основним показникам надійності.
4. Що таке комплексні параметри надійності?

ЛЕКЦІЯ № 2. МОДЕЛІ ВІДМОВ СИСТЕМИ.

Актуальність: вивчення визначень та ознайомлення з моделями відмов системи.

План:

1. Моделі відмов системи.

2. Моделі надійності обладнання з відновленням.

3. Моделі надійності обладнання (установок) з відновленням і профілактикою.

4. Аналітичний метод розрахунку надійності ел. постачання.

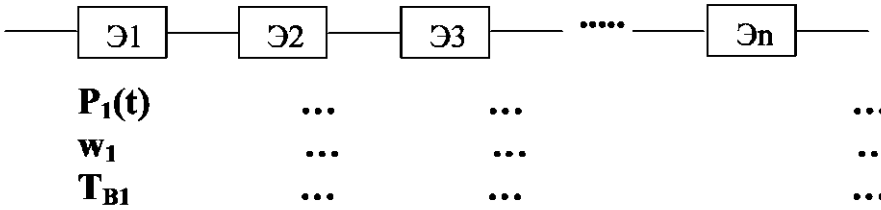
5. Питання для самоконтролю.

Моделі відмов системи.

Будь-які технічні системи складаються з ряду елементів, частина з яких взаємозамінні, а частина не може резервувати один одного.

Наскільки б складною не була система, вона може бути представлена під-системами, які представляють комбіноване з'єднання елементів (послідовне і паралельне). По значеннях показників надійності можна визначити надійність системи.

1. Простою системою, з точки зору теорії надійності, є такий комплект, при якому відмова одного елементу викликає відмову всієї системи, але при цьому не змінює надійність інших елементів. Таку структуру називають системою з послідовним з'єднанням елементів:



Імовірність P(t) структури визначається як P(t) всіх елементів у момент часу t.

Виразимо значення $P_i(t)$ з урахуванням експоненціального розподілу:

$$P_C(t) = \prod P_i(t) \qquad (1)$$

$$P_C(t) = \exp(-t\sum w) \qquad (2)$$

З (1) і (2) отримуємо фундаментальну властивість послідовної системи: $w_C = \sum wi$

Середній час відновлення такої системи:

$$T_{BC} = \frac{\sum T_{Bi} * w_i}{\sum w_i}$$

Це середньозважена величина.

Коефіцієнт планового простою $К_{пл}*_{пс}$

$$К_{пл}*n_c = 1{,}2К_{пi}$$

$$К_{пi} = \frac{\lambda_{плi} * T_{вi}}{8760}$$

$$К_{гс} = \prod К_{гi}$$

$$К_{апс} = \frac{\sum w_{ai} * T_{вi}}{8760}$$

Тоді коефіцієнт Кг з умовою аварійності і планових простоїв

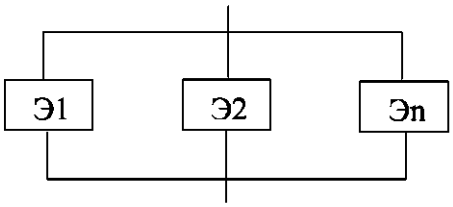
$$К_Г = \frac{1 - (К_a * К_п)}{1 - К_п}$$

Структурою з послідовних з'єднань елементів - це послідовне з'єднання апаратів, TV, ЛЕП, а також схеми, що містять і комплекти реле, VS, VT.

Структурою з послідовних елементів можна також моделювати надійність схеми з паралельним з'єднанням конденсаторів ($ΔБ_{ск}$), якщо вони не мають

індивідуальних функцій, а також схем з паралельним з'єднанням відокремлювачів, вимикачів ланцюгів, що відходять від збірних шин.

2. Структура з паралельним з'єднання елементів моделюється паралельним з'єднанням ЛЕП, ТН, КБ з індивідуальними функціями, паралельної роботи декількох агрегатів (генераторів, насосів). Вид такої структури:



Для такої системи параметри надійності визначаються:

$$w_{C11} = \frac{\prod T_{Bi} * w_i}{\sum T_{Bi}}$$

$$w_{C11} = \frac{\prod (T_{Bi} * w_i)}{\sum T_{Bi}} * 8760^{1-n}$$

$$T_{BC11} = (\sum T_{Bi}^{-1})^{-1}$$

У окремому випадку для структури, що складається з двох паралельних з'єднань елементів в 1 і 2 параметри надійності системи будуть такими:

$w_c \equiv w_1 * w_2 (T_{B1} * T_{B2})$ чи $w_c - w_1 * w_2 (T_{B1} * T_{B2}) * 8760^{-1}$

$$T_{BC} \equiv \frac{T_{B1} * T_{B2}}{T_{B1} + T_{B2}}$$

Система, що складається з паралельних елементів в кожний момент часу може знаходитися в стані, що визначається числом працюючих і непрацюючих в даний момент часу елементів. У окремому випадку система з двох паралельних елементів в даний момент часу може знаходитися в чотирьох станах:

1- обидва працюють;
2- один у відмові, другий працює;
3- перший працює, другий у відмові;
4- обидва не працюють.

Вірогідність системи з двох елементів знаходиться:

$$P_1P_2 + Q_1P_2 + P_1Q_2 + Q_1Q_2 = 1$$

Система з паралельним з'єднанням елементів є резервованою системою, тобто відмову одну, декількох елементів не викличе відмова системи. За способом резервованих елементів розрізняють:

постійне резервування (у роботі - всі елементи системи). При цьому резервні елементи функціонують в тих же робочих умовах, що і решта.

резервування заміщенням.

Резервування заміщенням - такий резерв коли резервні елементи вмикаються тільки після автоматичного вимикання елементів, що відмовили, тобто функціонування працюючих елементів передаються резервним тільки після відмови.

3. Структура зі змішаним з'єднанням елементів (поєднання послідовного і паралельного з'єднання). Визначення надійності зквівалентуванням елементів по формулах паралельного і послідовного з'єднання.

Моделі надійності обладнання з відновленням.

У система без резервування один елемент ел. пристрою (установки) може знаходитися в двох станах (робоче і неробоче). За відсутності резервування з відновленням підвищується надійність тільки відносно підвищення $К_г$. В цьому випадку P(t) - без зміни.

У системах з одноразовим резервуванням (дублювання)виконується включення в паралельне з'єднання двох елементів. При відмові одного з них система залишається працездатною. Елемент, що відмовив, відновлюватиметься. Якщо за час його відновлення інший не відмовляє, то небезпечний режим проходить (безпечно).

Моделі надійності обладнання (установок) з відновленням і профілактикою.

Щоб по можливості віддалити момент відмови устаткування воно піддається профілактиці. Ел. пристрої з відновленням і профілактикою, що складаються з одного елементу у будь-який момент часу можуть знаходитися в одному з трьох станів:

1. працездатний;
2. аварійний простій відновлення;
3. плановий простій на профілактичне обслуговування.

Ел. пристрої з двох паралельних однакових елементів з відновленням і профілактикою можуть знаходитися в одному з п'яти станів:

1. обидва в роботі;
2. перший в аварійному стані, другий працює;
3. перший в профілактиці, другий працює;
4. один в профілактиці, другий - у аварійному стані;
5. обидва в аварії.

Аналітичний метод розрахунку надійності ТС

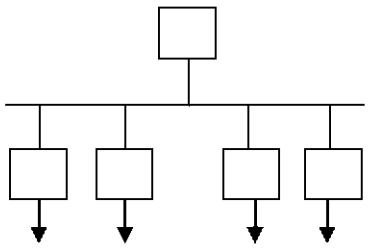
При розгляді і порівнянні варіантів ел. постачання проводиться комплексна оцінка надійності. При цьому кожна лінія або приєднання розглядається в трьох станах:

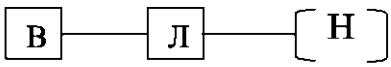
1. робочий;
2. відмова;
3. плановий ремонт.

Оцінка надійності ведеться на підставі статистики, даних про параметри відмов елементів.

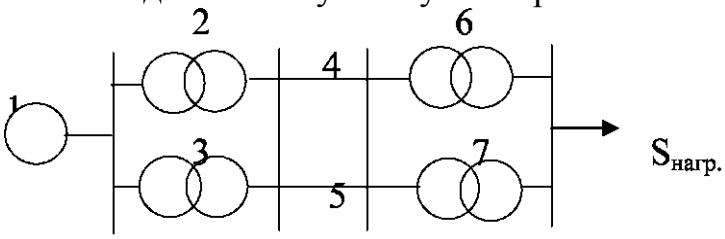
Перед розрахунком параметрів надійності ТС на підставі схеми з'єднань заздалегідь складають структурно-логічну схему надійності системи, яка являє собою склад її елементів, їх зв'язки і взаємодії. Зв'язки між елементами схеми ел. постачання представляють у вигляді послідовного, паралельного, комбінованого з'єднань елементів. При цьому аналізується вираз для розрахунку надійності приведений для простих послідовних і паралельних структур: у випадку змішаних схем проводять поетапний еквівалентний розрахунок схеми у відомій структурі. При цьому слід мати на увазі, що паралельні, послідовні з'єднання в сенсі надійності можуть не співпадати зі схемами з'єднання в ел. схемах.

Є секція шин і від неї відходить n-приєднань. Розглянемо схему електропостачання у вигляді структурної логічної схеми надійності і застосування еквівалентного перетворення:

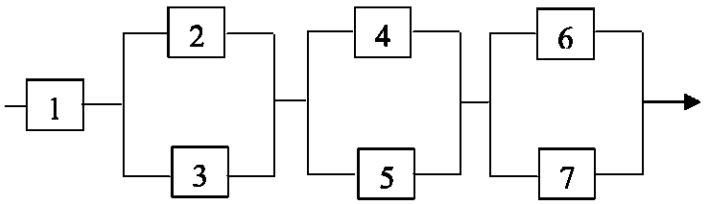




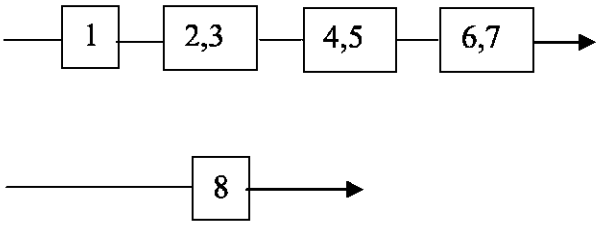
Розглянемо для початку схему електропостачання:



Будуємо структурну схему:



Перетворимо схему, використовуючи еквівалентні перетворення паралельних, а потім послідовних елементів:



Висновки: В результаті засвоєння матеріалу студенти повинні мати уяву про моделі відмов системи та аналітичний метод розрахунку надійності

Питання для самоконтролю.

1. Що являє собою система з послідовним з'єднанням елементів, та як розраховуються для неї показники надійності?
2. Що являє собою система з паралельним з'єднанням елементів, та яким чином розраховуються для неї показники надійності?
3. Що являє собою система з комбінованим з'єднанням елементів, та як розраховуються для неї показники надійності?
4. Що таке модель надійності пристроїв з відновленням?
5. Що таке модель надійності пристроїв з відновленням і профілактикою?
6. В чому полягає аналітичний метод розрахунку надійності?

ЛЕКЦІЯ № 3 . ТЕХНІЧНА ДІАГНОСТИКА.

Актуальність: ознайомлення з терміном « технічна діагностика», зі стратегіями технічної діагностики, її видами та системами і т.д.

План:

1. Надійність і технічне обслуговування устаткування.

2. Технічна діагностика. Принципи побудови.

3. Види і системи діагностики.

4. Вірогідність діагностики.

5. Пошук несправностей при діагностиці обладнання.

6. Прогнозування технічного стану обладнання.

7. Питання для самоконтролю.

Надійність і технічне обслуговування устаткування

Надійність устаткування визначається його конструкцією. Але в процесі експлуатації у зв'язку зі старінням і зносом надійність устаткування знижується, тобто в ході експлуатації устаткування треба проводити роботу по підтримці необхідного технічного стану.

Розрізняють декілька видів тех. стану об'єкту:

– справність (об'єкт повністю відповідає всім технічним вимогам);

– несправність(стан об'єкту при якому він не відповідає хоч би одній вимозі НТД);

– працездатність(стан об'єкту, коли технічним вимогам відповідають лише властивості, що характеризують здатність виконання заданих функцій);

– непрацездатність (об'єкт за наявності дефекту);

– правильне функціонування;

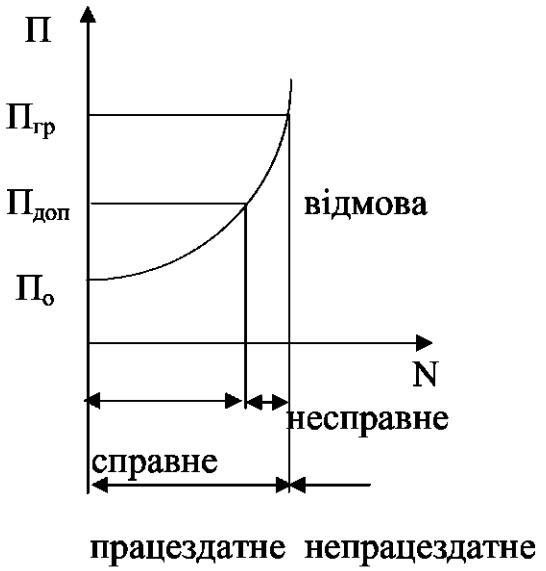
– неправильне функціонування.

Дефект - невідповідність механічним, реальним і дійсним властивостям. Якщо об'єкт непрацездатний, то можливі два стани:

– можливість переходу у працездатний стан - пошкодження;

– перехід в непрацездатний стан - відмова.

Справний і несправний стан устаткування є працездатними. Одним з основних заходів визначення справності, тобто здатності виконання заданих функцій, є встановлення граничних значень параметрів, що характеризують їх працездатність. При виході параметрів за граничне значення, об'єкт вважається таким, що відмовив (розглядається зміна тех. стану елементу, об'єкту, системи).



П - параметр;

$П_{гр}$ - граничне значення, відповідно;

$П_{доп}$ - допустиме значення, відповідно справності;

N - стан відмови.

В умовах експлуатації необхідно забезпечити мінімальний працездатний стан. Це покладається на систему технічного огляду і ремонту.

Система технічних оглядів і ремонтів ел. устаткування і мереж - комплекс цілеспрямованих робіт, що складаються з (виробничого технічного обслуговування) ВТО, міжремонтного профілактичного обслуговування і планово-запобіжного ремонту устаткування для заданих умов експлуатації з метою підтримки технічних і експлуатаційних характеристик ел. устаткування в допустимих межах.

Основне завдання технічного огляду - стежити за станом устаткування і підтримувати справність (працездатність). Завдання ремонту - відновлення справності (працездатності).

Мета технічного огляду і ремонту:

$P(t) \to max$ $\quad$ $w(t) \to min$

$К_г \to max$ $\quad$ $З_{ТОіР} \to min$

Для будь-яких технічних систем, що знаходяться в експлуатації, повинні бути розроблені правила технічного обслуговування і ремонту. Від стратегій ТО і Р значно залежить надійність і тривалість технічного обслуговування і ремонту ел. устаткування і мереж.

Є багато різних стратегій ТО і Р. Серед них можна виділити:

1. **стратегія „not"** (наукова організація праці) (ТО устаткування призначається і проводиться періодично через визначений, заздалегідь встановлений, час. Момент проведення роботи ТО суворо регламентований і не залежить від числа позапланових ремонтів в період міжпланових ремонтів. Календарний час розраховується шляхом оптимізації споживачів статистикою, економічно- математичним моделюванням ТО).

2. **по напрацюванню** (ТО призначається по досягненню устаткуванням встановленого напрацювання. Напрацювання указується в годинах, циклах, кілометрах.) Системи ТОіР, засновані на виконанні робіт через заздалегідь встановлені інтервали часу. Напрацювання незалежно від технічного стану об'єкту забезпечує слабку взаємодію між зміною технічного стану об'єкту і терміном проведення ТОіР. Недоліки таких стратегій: великий час ТОіР, оскільки багато робіт є регламентними (розбір). Крім того існує недолік таких стратегій - встановлені значення міжремонтних періодів застосовуються до кожної одиниці конкретного ел. устаткування. Розглянуті стратегії ТО і Р, які передбачають проведення ремонту через усереднені періоди без точного визначення технічного стану є неефективними. Тому треба орієнтуватися на використання сучасніших стратегій, які забезпечують зменшення витрат ТО і Р при одночасному підвищенні надійності роботи ел. Устаткування.

3. **по параметру** (технічному стану) - прогрес найбільшої ефективності, при якій об'єм і зміст ТО і Р призначається відповідно до фактичного стану. Експлуатаційний контроль припускає, що мається спостережуваний параметр об'єкту, який прогнозує його відмову. Тому створення такої системи контролю можливе лише у разі, коли для кожного виду устаткування будуть виділені прогнозуючі параметри, визначені межі їх допустимого значення і розроблені методи їх параметрів. Суть стратегії - ремонтна тривала експлуатація (ремонт застосовується дискретно), яка визначає працездатність елементу (об'єкту). Використання системи ТО і Р можливо на основі використанні методів, їх порівняння, діагностування.

У типовому положенні про ТО і Р ел. устаткування перед підприємствами поставлено завдання по попередженню і зниженню відмов ел. устаткування. Для визначення оптимальних термінів ремонту ел. устаткування необхідно розробляти і упроваджувати методи і засоби числення для контролю за його технічним станом. З цією метою на підприємствах повинні бути забезпечені такі організаційні заходи:

а) обробка режиму експлуатації з метою аналізу причин і характеру пошкоджень ел. устаткування;

б) підготовка і розробка програм технічної діагностики;

в) встановлення послідовності(діагностичні методи для різних ел. устаткувань);

г) визначення можливостей наявних стандартів (необхідності розробки спеціальних контрольно-вимірювальних приладів для створення цифрових комплексів для кожного виду ел. устаткування.

Технічна діагностика. Принципи побудови.

Суть і завдання діагностичного устаткування.

Предмет технічної діагностики (ТД) включає дослідження технічного стану устаткування, вивчення ознак різного технічного стану, розробку методів їх визначення, а також принципів побудови і використання систем діагностування. Основна мета діагностування: визначити технічний стан об'єкту, своєчасно ви-

явити і виключити дефекти, тобто визначити їх наявність, характер і місцеположення.

Алгоритм діагностування - сукупність методів виконуваних з певною послідовністю для вирішення конкретних діагностичних завдань. По суті, за допомогою алгоритму визначається об'єм випробування об'єкту. Програма діагностування - певна послідовність заходів щодо встановлення фактичного стану об'єкту і характеру його змін.

Система діагностування - певна організація взаємодії об'єкту і засобів діагностування.

Діагностуюча модель - аналогове (графоаналітичне) представлення основних властивостей технічних об'єктів. Діагностичні моделі мають відмінності для безперервних і дискретних об'єктів.

Для безперервних об'єктів на початку діагностування моделі використовують діагностичний пристрій і алгебру логіки.

Для дискретних об'єктів на початку діагностування моделі використовують теорію автоматів.

Значення діагностичних параметрів, визначених при контролі характеристик технічного стану об'єкту в даний момент часу (технічна оцінка).

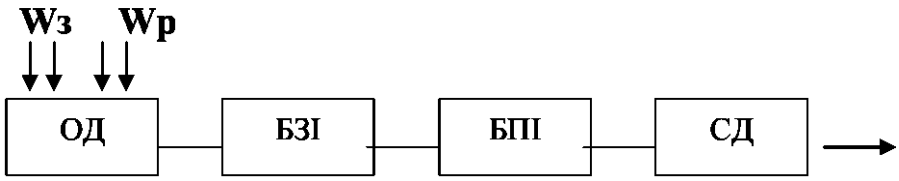
Браковочним критерієм є сукупність значень параметрів і інших ознак, достатніх для оцінки технічного стану і віднесення до діагностики, мають певний ефект.

У простому випадку, коли значення параметра однозначно пов'язане зі станом об'єкту, діагностування зводиться до порівняння вимірювань із встановленим граничним значенням, до браковочних нормативів.

ТД вивчає технічний стан різних об'єктів та розробляє методи їх визначення, а також принципи побудови та організацію використання систем діагностування.

Система діагностування -сукупність об'єктів діагностування, а також сукупність методів та засобів діагностування. Головна ціль ТД, тобто визначення технічного стану об'єкта з певною точністю, забезпечення найбільш економічної експлуатації обладнання при заданому рівні надійності та мінімізації витрат (тех. ремонту, часу, грошей) на проведення ТО і Р об'єкту. Технічний стан ел. обладнання змінюється в процесі експлуатації та залежить від режимів роботи та зовнішнього впливу. У зв'язку з цим параметри роботи, які характеризують стан об'єкту, є змінними величинами.

Узагальнену схему діагностування обладнання можна представити наступною структурою:



$W_з$- зовнішній вплив

$W_р$- робочий вплив

ОД - об'єкт діагностики

БЗІ - блок об'єму (блок збору інформації)

БПІ - блок прийому (блок переробки інформації)

СД - система діагностування

З ОД через БЗІ на БПІ надходять сигнали, які характеризують стан об'єкту. Аналіз змін цих ознак та параметрів здійснюється в СД , яка видає результат діагностики, тобто оцінки фактичного стану об'єкта.

Види і системи діагностики.

Система перевірки технічного стану об'єкту поділяється на 4 етапи:

1. дослідження об'єкту ; ТО і Р.
2. побудова алгоритму перевірки
3. розробка способів та засобів діагностики
4. дослідження властивостей та характеристик систем взагалі

В залежності від функціональних (конструктивних) особливостей ел. обладнання, способу впливу на об'єкт для визначення його тех. стану використовують 3 види діагностики :

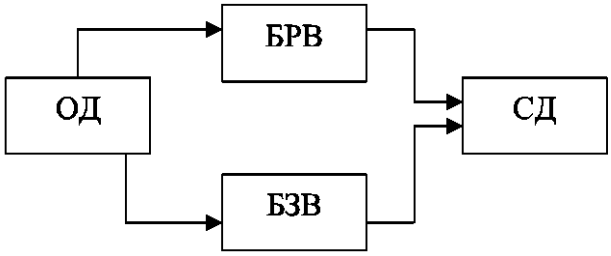
а) функціональна (ФТД)

б) тестова (ТТД)

в) комбінована (КТД)

ФТД здійснюється під час роботи (функціонування) ОД, на який надходить тільки робочий вплив. При такій системі діагностики вплив на об'єкт здійснюється в процесі роботи.

Узагальнююча структура сх. ФТД



В цьому випадку без перерви роботи через БРВ (блок робочого впливу) на СД надходить робочий сигнал. За характером зміни робочого сигналу в момент функціонування об'єкта (за "відповіддю" об'єкта) через БЗВ (блок зняття відповіді) по впливу на робочий сигнал судять про тех. стан об'єкту діагностики (ОД).

У якості засобів ФТД в основному використовуються вимірювальні пристрої.

Головна перевага ФТД: можливість діагностики об'єкту без перерви технологічного процесу, що забезпечує зниження часу ремонту і створює основу для безперервного контролю за тех. станом об'єкту.

Недоліки ФТД: виявляє правильне функціонування тільки в даний момент і тільки в даному режимі. При цьому можуть бути невиявлені несправності роботи об'єкту в інших режимах.

ФТД можна також вести в режимі імітування функціонування ел. обладнання . Для ел. обладнання ФТД - це його контроль без його вимкнення, тобто контроль під напругою. Використання таких методів суттєво підвищує ефективність контролю і здатність його автоматизації. Контроль за ел. обладнанням без відімкнення від мережі можна вести вимірюючи при цьому параметри об'єкту в процесі його функціонування.

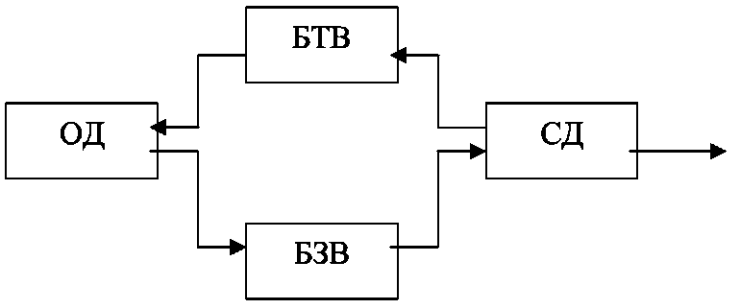
Можливі 2 способи організації контролю за ел. обладнанням під напругою:

1. рання діагностика - виявлення ознак погіршення стану, які викликають зміни значення контролюючих параметрів

2. сигналізація граничних станів - виявлення ознак погіршення тех. стану, які є небезпечними з точки зору надійності роботи ел. обладнання.

ТТД здійснюється шляхом подачі на об'єкт спеціальних тестових впливів, які визначаються спец, програмою.

Узагальнююча структура схеми ТТД:



З СД через БТВ (блок тестового впливу) на ОД подається тестовий сигнал. За характером "відповіді" ОД, який прямує в СД через БЗВ судять про тех. стан цього об'єкту. В якості засобів вимірювання ТТД, крім засобів вимірювання аналогічних ФТД, потрібно джерело тестових впливів. Зміст та послідовність подачі тестових впливів вибирають виходячи з вимог точності і умов ефективності діагностики. ТТД проводять як в закритому стані ел. обладнання, так і під час його роботи. Однак в більшості випадків при ТТД припиняється робота об'єкту. Тому забезпечити безперервний контроль за його технічним станом фактично неможливо. Але при ТТД можна отримати більш повне визначення тех. стану ОД та домогтися більшої глибини та точності контролю.

В КТД використовується як робочий, так і тестовий вплив на об'єкт, тобто такі системи дають найбільш точне уявлення про об'єкт як при експлуатації, такі під час ремонту.

За ступенем автоматизації системи ТД поділяють на:

1. постійно діючі;

2. періодично діючі;

3. разової дії.

Разовий контроль використовується тільки за необхідністю отримання додаткової інформації. Виходячи з вимог до діагностики головними етапами розробки діагностики ел. обладнання є:

1. визначення елементів, які організують роботу ел. обладнання і які підлягають діагностиці;

2. визначення діагностичних параметрів та розробка методів діагностики;

3. визначення і розробка засобів для діагностики;

4. розробка технології діагностики;

5. пошук несправностей.

1) Визначення елементів, які підлягають діагностиці. Вірний підбір діагностичних елементів - одне з важливих питань розробки систем діагностики. Дійсно, від цього підбору залежить напрямок і зміст роботи по визначенню параметрів розробки методів і засобів, технології діагностики, тобто в кінцевому рахунку - ефективність діагностики. Для визначення вузлів і елементів, які підлягають діагностиці звичайно збирають дані про відмову електрообладнання в умовах експлуатації. На підставі аналізу цих елементів та відмов визначається перелік елементів, які обмежують ресурс ел. обладнання. Діагностику ел. обладнання доцільно вести тільки при отриманні відповідного економічного ефекту, забезпечення безпеки експлуатації.

Ефективність діагностики визначається на підставі економічного есЬекту :

$$З = З_{ei} - З_{ед}$$

Збиток при розрахунку економічної ефективності діагностики рахують виходячи з простою робочих машин. Діагностика доцільна, якщо дотримується нерівність $З_{ei} > З_{ед}$, тобто приведені затрати при експлуатації об'єкту без використання діагностики більше приведених витрат при використанні діагностики.

2) Визначення параметрів діагностики обладнання. Ознаки дефектів об'єкту проявляються в застосуванні параметрів об'єкту, тобто при розробці методів діагностики. Складною задачею є визначення і встановлення оптимального набору діагностичних параметрів, їх компонентів і кількості у зв'язку з наявністю і ступенем розвитку дефектів.

Об'єкти діагностики діляться на 2 класи:

1. об'єкт безперервної дії (параметри якого змінюються в часі безперервно);

2. об'єкт дискретної дії (параметри якого змінюються в часі дискретно).

Для останнього об'єкту розглядаються 2 види відмов:

а.) відмови функціонування

б.) відмови в статичному стані

Значення діагностичних параметрів характеризує тех. стан об'єкту в даний момент часу, тобто задача діагностики включає в себе вимірювання сукупності параметрів діагностики, які несуть інформацію про стан об'єкту.

Параметри, величину яких вимірюють при діагностиці, характеризуються номінальним значенням, полем допусків, залежністю значень від зовнішнього середовища, закономірностями підсумовування в залежності від часу експлуатації. Для відношення об'єкту до відповідної групи станів необхідно встановити граничні значення параметрів. Ці значення є ознаками дефекту. Для виявлення передвідмовного стану позначаються попереджувальні допуски на діагностичні параметри.

Попереджувальний допуск - сукупність значень параметрів, які укладені між собою граничним та передвідмовним рівнем параметрів. Вихід параметру за граничний рівень означає відмову, а досягнення передвідмовного рівня - необхідність виконання ТО і Р.

За природою діагностичні параметри ел. обладнання, які підлягають вимірюванню, в більшості випадків представляють собою електричні величини, в меншій мірі - неелектричні величини.

При цьому всі електричні величини можна (доцільно) вимірювати, тому що виникає необхідність перетворення неелектричних і електричних величин в більш зручні для подальших вимірювань.

Застосовані при діагностиці параметри, які характеризують тех. стан об'єкту, можна класифікувати:

1. параметри, які виражені ел. величинами і дозволяють вимірювати їх значення безпосередньо (R, L, C, U, T, P, F, у і т. д);

2. параметри, які виражені ел. величинами, але потребують для вимірювання масштабні перетворення (за допомогою посилювачів, ТТ, ТН);

3. параметри, які виражені неелектричною величиною і потребують перетворення для вимірювання неелектричних величин в електричні.

Механоелектричні

а.) резистивні

б.) індуктивні

в.) ємнісні

г.) п'єзо

Термоелектричні

а.) термопара

б.) термоопір

Оптоелектричні

а.)фотодіод

б.)фотоелемент

Гальванічні

За інформативністю всі діагностичні параметри можна умовно поділити на 2 групи:

1. узагальнюючі (несуть велику кількість інформації і характеризують стан вузлів, елементів);

2. локальні (локальний параметр характеризує стан тільки одного об'єкту).

Природно, що найкращі для діагностики - узагальнюючі, тому що їх використання дозволяє спростити засоби діагностики, зменшити час вимірювання і обробки інформації.

Для оцінки тех. стану ел. обладнання можна виміряти десятки параметрів, але це потребує більше цифрових приладів та часу, що є неефективним, оскільки для вирішення задач необхідно вибрати оптимальне число параметрів, які забезпечують вірогідність результатів вимірювань для даного виду обладнання. Тому задача оцінки зводиться до рішення задачі оптимізації набору цих параметрів.

При цьому при різних діагностичних параметрах треба керуватися такими положеннями:

1. вимога однозначності - кожному значенню контролюючого параметру повинно відповідати тільки одне значення діагностичного параметра;

2. вимога доступності і зручності вимірювання - діагностичні параметри повинні відносно легко вимірюватись, за необхідністю малими засобами вимірювання;

3. вимога широти області вимірювання - діагностичні параметри повинні мати як можна більше діапазонів вимірювання, що дозволить підвищити точність вимірювання и вірогідність діагностики;

При різній номенклатурі діагностичних параметрів зазвичай проводять аналіз усіх параметрів, характерних технічному стану ел. обладнання, які не потребують перетворення (складних вимірювальних засобів).

При цьому віддається перевага параметрам, які мають функціональний зв'язок з тех. станом діагностичного елемента (об'єкта).

Вірогідність діагностики

Ціль експлуатаційного контролю в загальному випадку - визначення тех. стану об'єкту і прогнозування його змін, а також виявлення дефектів і визначення їх характеру. В результаті повинна бути встановлена можливість подальшої експлуатації об'єкту (необхідність його ремонту), похибка контролю повинна бути мінімальною.

Застосовані методи діагностики не забезпечують повної вірогідності оцінки тех. стану об'єкта. Результати вимірювань включають в себе похибки засобів вимірювання, додаткову похибку від умов експлуатації, похибку відліку, метода вимірювань.

Крім похибок вимірювань вірогідність оцінки тех. стану об'єкта (елементу) залежить від впливів перешкод.

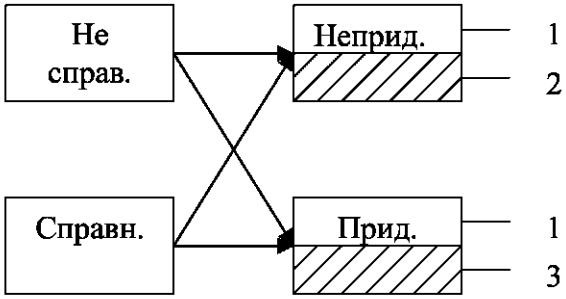
Перешкода - величина, яка викликає перекручений вплив на вимірювання.

Розрізняють 2 види помилок (контролю):

1. справний об'єкт (елемент) буде визнаний непридатним, таким що відмовив - це помилка першого роду - помилковий дефект.

2. несправний об'єкт буде визнаний справним - помилка другого роду - невиявлений дефект.

Графічне формування результату діагностики при такому двоальтернативному контролі можна представити :



1 - вірогідний результат

2 - від 1-го роду

3- від 2-го роду

Заштриховані площі відповідають ймовірностям отримання невірогідного результату (1-го, 2-го роду)

Помилка контролю призводить до різних наслідків. Якщо від 1-го роду тільки підвищується об'єм роботи, то від 2-го тягне за собою аварійне пошкодження обладнання.

Вірогідність методу діагностики визначається ступенем зв'язку технічних параметрів, які відображають його стан. Взагалі цей зв'язок - вірогідний (стохастичний зв'язок), а не функціональний. Крім того є неоднозначність зв'язку значень, які контролюються параметрами, зі станом об'єкту при різних видах дефектів, тобто створюються помилки діагностування.

Підвищити вірогідність діагностики можна шляхом використання для контролю декількох параметрів, які характеризують тех., стан об'єкту.

Причому кожний параметр дає інформацію про певну характеристику об'єкту. Сукупність параметрів забезпечує підвищення вірогідності виявлення дефектів та можливість більш точнішої оцінки їх небезпеки.

Одним із джерел помилок діагностики є використання вимірюваних значень, які контролюються параметрами без приведення їх до нормальних умов (залежності характеристик ізоляції від температури та інших факторів.

Тому при діагностиці треба результати вимірювань приводити до однакових базисних умов у співставному вигляді). Помилки діагностики , які обумовлені похибкою вимірювань повинні враховувати всі відповідні види похибок.

Похибки:

- систематичні (виправляються, практично виключаються за рахунок виправлення С= - А - абсолютна похибка);
- випадкова (випадкову похибку виключити неможливо, але її можна значно знизити шляхом статистичної обробки багаторазових вимірювань).

В експлуатаційній практиці враховується можливість виключення погрішності, точність діагностики як правило, визначається впливом зовнішніх факторів перешкод, специфічних для кожного виду вимірювань.

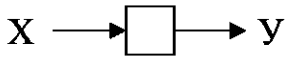
Перешкоди, які викликані паразитними струмами в сх. вимірювань та струми впливу. Паразитні струми (струми витоку) - виникають під дією напруги

установки вимірювання та протікають через її вимірювальні об'єкти (елементи), минаючи при цьому об'єкт вимірювання. Ці струми протікають по так званим паразитним зв'язкам джерела напруги вимірювальної установки із елементами пристроїв вимірювання.

Струм впливу (струм наведення) - виникає під дією робочої напруги елементів установки, що містить об'єкт діагностики і протікає через вимірювальний елемент пристрою вимірювання. До них відносять струми промислової частоти і гармоніки, які протікають по елементам, зв'язкам .

Для зниження похибок, які обумовлені перешкодами, треба підвищити захист від перешкод на вимірювальних установках.

Крім перешкод та похибок, які впливають на результат діагностики важливою властивістю є чутливість методу вимірювання - це характеристика, яка представляє собою найменше виявлене вимірювання параметру, яке може слугувати для судження про зміну характеристик об'єкту діагностики. В простому випадку в якості чутливості використовують поняття " поріг чутливості" (те мінімальне Х, при якому буде У на виході)



$$S = \frac{dy}{dx} = \frac{\Delta y}{\Delta x}$$ **- чутливість.**

Розробка методів та засобів діагностики обладнання. Метод діагностики - сукупність тех. засобів, прийомів та способів, які дозволяють дати об'єкту висновок про ТО і Р.

В основі методу діагностики може бути покладений чи специфічний фіз. процес, який характерний для певного класу об'єкту, чи певний вид засобів вимірювання.

В основі використання дві групи методів діагностики відрізняються наступними діагностичними ознаками:

метод діагностики за параметрами робочих процесів, які безпосередньо характеризують стан об'єкту;

методи діагностики за параметрами супутніх процесів, які побічно характеризують стан об'єкту.

Загальні вимоги до розробки різних методів діагностики

а.) повинні бути прості та не потребувати для реалізації застосування та розробки складних діагностичних засобів;

б.) повинні забезпечувати потрібну вірогідність результатів діагностики;

в.) не вимагати режимів роботи електрообладнання, які важко здійснити на практиці;

г.) забезпечити скорочення часу та витрат, засобів на діагностику.

При діагностиці ел. обладнання використовують різні засоби вимірювання:

1. міри;

2. вимірювальне перетворення;

3. вимірювальні прибори;

4. вимірювальні установки (сукупність мір, вимірювальних перетворень, приборів та допоміжних установ, які дозволяють здійснити вимірювання);

5. вимірювально - інформаційні комплекси (в цих засобах вимірювання здійснюється обробка та логічні операції з вимірюваною інформацією).

Діагностика і прогнозування роботи ел. обладнання може здійснюватись за допомогою вимірювальних пристроїв ручного керування, пристроїв діагностики (вимірювальної установки), яка може здійснювати (періодичний) автоматичний контроль за тех. станом і сигналізувати про настання попереднього стану. Автоматичний діагностичний пристрій доцільно встановлювати для контролю за ел. обладнанням, відмови якого призводять до більшого збитку, а також за ел. обладнанням, доступ до якого утруднений (неможливий). В окремих випадках для унікального обладнання доцільно переходити до діагностики систем. В цьому випадку більшість записів ведеться автоматично та напівавтоматично. При цьому автоматично видається результат діагностики і прогнозу.

Засоби діагностики ел. обладнання доцільно розділяти за наступним принципом:

1. прості засоби для діагностики по обмеженому діагнозу узагальнених діагностичних параметрів, які дозволяють визначити загальний тех. стан електрообладнання . До таких засобів відносяться прості мобільні прибори (вимірювальний міст);

2. засоби для проведення повної діагностики і прогнозування, які дозволяють визначити тех. стан всіх елементів, які обмежують ресурс ел. обладнання.

Засоби діагностики умовно поділяють на:

- автоматизовані;
- автоматичні ручного управління.

Оптимізація різних засобів повинна забезпечувати мінімальну вартість стану об'єкту, мінімум витрат від похибок перевірки, а також техніко-економічну ефективність використовуваних засобів.

Пошук несправностей при діагностиці обладнання.

Знаходження несправностей допоможе встановити причину відмов та встановити робото здатність ел. обладнання з мінімальним и витратами. Пошук несправностей порівняно простого за конструкцією ел. обладнання не викликає труднощів. Для виявлення несправностей складного ел. обладнання та складних систем треба скласти алгоритм пошуку несправності, який дозволить визначити послідовність виконання операцій. При цьому повинні забезпечуватися мінімальні витрати часу і засобів на проведення пошуку.

Алгоритм пошуку виникнення несправності - сукупність перетворень та логічних умов.

В тех. діагностиці відомо значне число методів побудови алгоритмів пошуку несправності. Їх сутність - отримання максимально можливої інформації про тех. стан обладнання.

Процедура пошуку відмов - логічна процедура, яка може бути розділена на 3 етапи:

1. виділення симптому відмов (симптоми відмови ел. обладнання - запах горілої ізоляції і т.д.);

2. використання ознак допустимого нормативного функціонування із множини, в якій вид відмови можна визначити на підставі логічного аналізу станів шляхом оцінки засобів індикації;

3. виконання контрольних кроків перевірки елементів (виправлений - невиправлений).

Найбільш розповсюджені алгоритми пошуку несправностей:

1) послідовного функціонального аналізу - заснований на визначенні функції контрольованого об'єкту

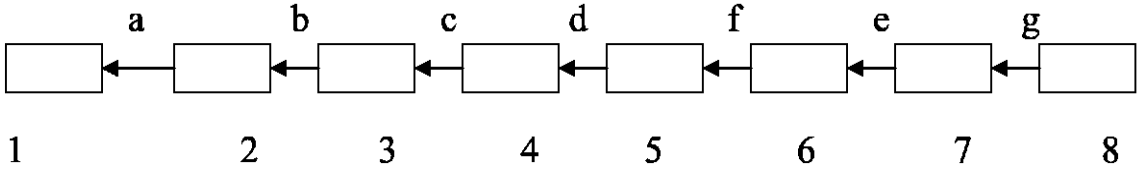
Переваги: простота, наочність результатів, які не вимагають докладної інформації.

Недоліки : послідовність пошуку несправностей неоптимальна.

2) половинного розбиття - групова перевірка елементів. Система при кожному кроці перевірки ділиться на 2 рівні частини. Після послідовного ділення навпіл зменшуються групи, наближаючи їх до тієї, в якій є несправний елемент.

Проста побудова алгоритму пошуку - метод середньої точки, яка забезпечує максимум інформації, якщо ймовірність кожного елемента системи приблизно рівні.

Розглянемо систему . яка складається з 8 елементів:



На малюнку виділена серія точок перевірок, які необхідно випробувати при індивідуальній перевірці. Якщо процес перевірки побудувати згідно з методом середніх точок, то замість 7 достатньо буде з-х перевірок (a, b(c) ,d(c)).

3.) імовірністно-часового - випробування для об'єкту, в якому функціональні елементи зосереджені вільно. Він передбачає перевірку елементів за визначеному раніше заданому алгоритму. Спосіб оснований на випробуванні споживачів, який характеризує надійність елемента. Найбільш загальним методом перевірки є метод "час - ймовірність". При цьому випробовується чи P(t) чи Q(t) елемента, віднесені за часом:

$$\frac{P_1(t)}{t_1} > \frac{P_2(t)}{t_2} \ldots > \frac{P_i(t)}{t_i}; \; t_1 t_i$$

- час пошуку несправності і-того елемента.

Прогнозування технічного стану обладнання.

Прогнозування тех. стану об'єкту - процес пророкування зміни параметрів в майбутньому.

Необхідність прогнозу зміненого стану об'єкту особливо важлива для об'єктів, на яких дозволені відповідні функції і ціна яких достатньо велика. Проблема прогнозування тех. стану об'єкту виникає на всіх етапах створення об'єкту (проектування, виготовлення). Використання методів прогнозування в період експлуатації дає змогу обґрунтувати строки проведення профілактичних робіт.

Проблема прогнозування має фізичні і математичні аспекти.

Фізична побудова аспекту тех. стану об'єкту - основа, яка пояснює походження кількісних змін в об'єкті та можливість переходу в інший кількісний стан.

В будь яких об'єктах протікають процеси, які характеризують його деградацію.

Математичне рішення проблем прогнозування засновано на різноманітності математичного апарату, який залежить від розглянутої системи і закону розвитку деградації (детермінація). В багатьох випадках прогнозування здійснюється за допомогою використання залишкового ресурсу елементу (об'єкту). Для параметрів, абсолютне значення яких підвищується в процесі експлуатації ел.обладнання визначається коефіцієнтом технологічного ресурсу:

$$Ктр=\frac{Пгр - Пі}{Ппр}*100\%$$

$П_i$ - поточне значення вимірюваного параметру,

$П_{гр}$ - граничне значення параметру.

Спосіб прогнозування тех. стану об'єкту суттєво залежить від періодичності діагностики. Розрізняють методи :

• безперервний контроль - використовується для складних відповідальних об'єктів (об'єктів з функціональною діагностикою). Застосування до елементів ТС безперервний контроль здійснюється без відключення обладнання від мережі. Для певного кроку послідовних діагностичних процедур використовують різні матем. вирази, які враховують значення контрольованого параметра.

Висновки: В результаті засвоєння матеріалу студенти повинні мати уяву про технічну діагностику, принципи її побудови і функціонування та інші питання, що з нею пов'язані.

Питання для самоконтролю.

1. Від чого залежить надійність устаткування?
2. Які види технічного стану об'єктів розрізняють?
3. Назвіть стратегії ТО і Р, та в чому вони полягають?
4. В чому полягає суть технічної діагностики?
5. Що таке система діагностування?
6. Дайте основні визначення предмету ТД?
7. Що впливає на вірогідність оцінки тех. стану об'єкта?
8. В чому полягає прогнозування технічного стану об 'єкту?

ЛЕКЦІЯ № 4. МЕТОДИ ТА ЗАСОБИ ДІАГНОСТИКИ ЕЛЕКТРИЧНОГО ОБЛАДНАННЯ.

Актуальність: Технічна діагностика (ТД) розвивається на основі одного методологічного підходу до аналізу різних об'єктів. Але кожний клас об'єктів, в тому числі обладнання своїми специфічними особливостями визначають вузлові проблеми і питання, які виникли при розробці методів та засобів діагностики.

План:

1. Дефекти, контрольовані явища і діагностичні параметри ел. обладнання.

2. Вимірювання діелектричних характеристик ізоляції конструкцій.

3. Вимірювальні установки та схеми вимірювання х-к ізоляції.

4. Вимірювання опору ізоляції.

5. Вимірювання характеристик абсорбції ізоляції.

6. Питання для самоконтролю.

Дефекти, контрольовані явища і діагностичні параметри ел. обладнання

Основні види обладнання (Т, АТ, пристрої захисту від перевантаження) суттєво відрізняються своїми функціями, умовами випробування, видом експлуатаційних впливів, характером типових дефектів.

Основні причини пошкоджень розглянутого ел. обладнання можна представити таблицею.

З таблиці видно, що різноманітність видів ел. обладнання і причин пошкоджень визначають різноманітність використаних методів і засобів діагностики (тобто немає універсальних засобів).

Вид ел.обладнання	Елементи конструкцій	Причини пошкоджень
Т, АТ	ізоляція	Зволоження, термічно-електричне руйнування, зміна функціональних властивостей, забруднення масла
	Обмотки і магнітопровід	Динамічна нестійкість при к.з, перегрів, виткові короткі замикання
QF	Контрольна система та її привод	Перегрівання, розрегулювання
ОПН і розрядники	Ізоляція	См. У Т і АТ
	Раб. НЛ резистивна, шунт. НЛ	Зношування, зволоження
	Іскровий проміжок	Зміна пробивної напруги джерела (збільш, зазору)

Надійність ел. обладнання високого тиску в значній мірі визначається працездатністю ізоляції. Старіння ізоляції - поступове не зворотне її погіршення,

супроводжується повною втратою ізоляційних властивостей. Воно викликається рядом процесів, які зв'язані з ним хімічною, механічною, електричною взаємодією.

Хімічні процеси, які знижують властивості ізоляційних матеріалів: окислення та інші хім. реакції в агресивних середовищах (]МНОз,Оз). Цьому сприяє присутність вологи та підвищення температури. Ізоляційні властивості знижуються під дією нагрівання, яке викликано зовнішніми причинами та діелектричними явищами в самій ізоляції (всередині ізоляції AP=U2Wtga - вплив ел. поля). В результаті температурних впливів виникає зношування, яке супроводжується руйнуванням матеріалу, появою крихкості та зниженням ел. міцності.

Причини електричного характеру, які призводять до старіння ізоляції:

- вплив робочого струму
- вплив перенапруги може викликати іонізовані процеси (часткові розряди)

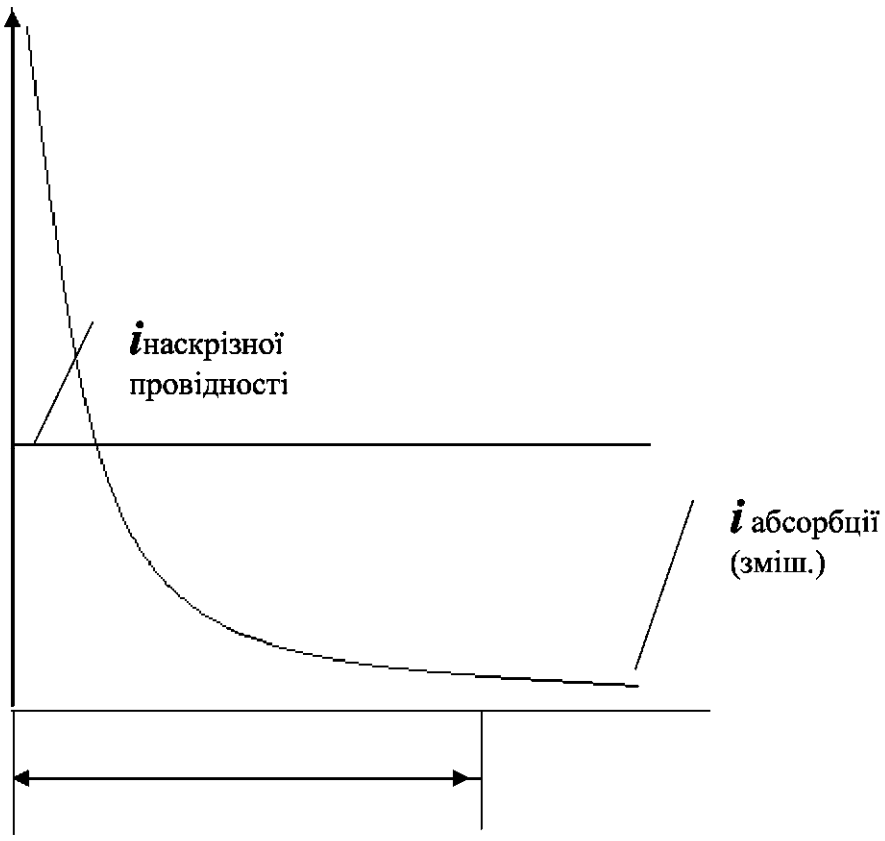
Механічний вплив: порушення цілісності матеріалів (розрив, розшарування). Це призводить до зниження ел. Міцності ізоляції.

Ізоляційне (в окремому випадку ТМ) масло є одним з елементів ізоляції конструкцій. При окислюванні масло старіє, що призводить до появи органічних кислот, які не розчиняються в маслі (знаходяться у виді осаду). Наявність в маслі бульбашок сприяє виникненню окремих розрядів. Кінцевий вплив перелічених факторів на ізоляційну конструкцію - це зміна структури діелектриків, їх властивостей, та поява дефектів (пошкоджень).

Інші групи причин погіршення ізоляції зв'язані з повітрям. Процес порушення ізоляції суттєво підвищується при наявності вологості. Перегрів ізоляції призводить до зниження її механічної міцності, що створює умови для розвитку пошкоджень.

Зараз немає ще придатних до експлуатації прямих методів визначення вологості та ступеня старіння твердої ізоляції (використовуються побічні методи діагностики). Для цього використовується ряд параметрів ізоляції, значення яких визначає процеси, які відбуваються в діелектриках :

- поляризація (за рахунок електронів та іонів неполярних діелектриків - швидкі види діполей, полярних діелектриків - повільні види);
- абсорбція
- іонізація
- провідність



1 хв.

При перемінній напрузі та абсорбції буде постійне

Для діагностики використовують також залежності вказаних процесів від температури, прикладеної напруги, часу. Значна кількість дефектів виявляється по зміні функціональних властивостей масла та наявності в ньому продуктів розпаду матеріалів даної ізоляції.

Основні контролюючі явища в ізоляції та відповідність їм діагностичних параметрів можна представити в таблиці

Контролюючі явища	Діагностичні параметри
Зміна діелектричних х-к	Струм через ізоляцію, комплексна провідність, діелектричні втрати, ємність
Поява часткових розрядів	Імпульс U, Іпп (пробій), імпульс тиску в навколишньому середовищі
Зміна функціональних х-к ізоляційного масла	Ел. міцність, діелектричні втрати, колір, кислотне число, вологостійкість
Інші явища	

Кислотне число - кількість КОН в(г) на (1кг) масла.

До другої групи порушень відносять відмови функціонування, а також недопустимі нагріви провідних частин. Відмови функціонування, які викликані в основному механічними дефектами елементів конструкції характерні для комутаційних апаратів (QF,QS,QR,QK).

Головний спосіб оцінки працездатності та виявлення дефектів комутаційних апаратів - комплексне випробування, при якому перевірки та зміни, які характеризують готовність обладнання до нормальної роботи є обов'язковими. Розроблено багато чисельних методів діагностики, орієнтовано на виявлення окремих дефектів.

Вимірювання діелектричних характеристик ізоляції конструкцій

Діагностичний метод	Виявлені дефекти
Вимірювання опору ізоляції	Зволожені, забруднені
Вимір, комплексних проводів, ємність ізоляції, діел. провідність	Зволоження ,місцеве руйнування частковими розрядами, погірш, характеристик масла
Вимірювання абсорбційних характеристик	Зволоження
Визначення функціональних характеристик масла	Старіння, перегрів, забруднення
Вимірювання часткових розрядів	Місцеві включення, ел.руйнування
Вимірювання втрат х.х.	Порушення ізоляції елементів магнітопроводу
Вимірювання Uk	Деформація обмоток (зміна геометрії)
Інші	

Контрольовані параметри

- поляризація
- ел. провідність
- діелектричні втрати

Основна характеристика, яка визначає ступінь поляризації діелектрика - це відносна діелектрична проникність (Е)

$$E = \frac{Q}{Q_0}$$

Q-заряд при знаходженні між електродами діелектрика

$$Q=CI : E=\frac{C}{C_0}$$

Для контролю ізоляції конструкцій зручно розглядати Е, а с. Як відомо, діелектрики поділяють на неполярні та поляризовані. При цьому має місце декілька видів поляризації.

електронна

іонна

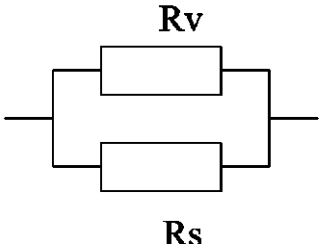
дипольна

міграційна

Види поляризації розрізняють за часом, який необхідний для її встановлення: час релаксації діелектрика - час, за який впорядковується диполь. Зняття напруги знижує в е раз по відношенню до початкових значень ізоляції: $i=R_3 \cdot C=g \cdot E$

Вимірювання ємності ізоляції, крім інформації про зміну структури діелектрика, яку викликано зміною процесу поляризації, дозволяє також побачити місцеві грубі дефекти. При докладанні до ізоляції конструкції напруги, через неї протікає струм. Поляризаційні процеси в діелектриках створюють струми зміщення. Струм зміщення різних видів уповільненої поляризації, спостерігається у технічних діелектриків за абсорбційного впливу. Електрична провідність діелектрика характеризується питомим об'ємом опору (g_i) по поверхні (S^3)

Стан ізоляції характеризується значенням струму провідності



Інтенсивність та тривалість абсорбційних процесів в ізоляції конструкцій визначається діелектричними характеристиками неоднорідних шарів. Дефекти, які змінюють ступінь її неоднорідності (збільшення, розшарування) змінюють хід процесу міжшарової поляризації; характеристики струму абсорбції - абсорбційні характеристики ізоляції. При цьому контрольовані параметри: $I_{абс}$ і $C_{абс.}$

$\frac{dIabc}{dt}$ – залежність від відношення параметрів пошкодженої ізоляції. Один з найбільш головних діагностичних параметрів - коефіцієнт абсорбції (у порівнянні ступеня абсорбції через 15 і 60 с):

$$K_{абс}=\frac{R_{60}}{R_{15}}=\frac{L_{абс60}}{L_{абс15}}$$

конденсатора в момент включення до джерела.

Крім того в якості діагностичного випробування інших параметрів, приймає участь зміна $L_{абс}$- коефіцієнт стану:

$$K_c = \frac{dl_{абс}}{q_b \cdot dt}$$

$q_б$ - ємнісний заряд об'єкту; q $q_б = C_б U$ - заряд, який з'являється на електродах. При положенні U струм провідності ланцюга ізольованих конструкції містить:

- безінерційний струм зміщення, який обумовлений різними видами поляризації ($I_б$);
- струм зміщення ($i_м$), який обумовлений процесами слабких видів поляризації;
- струм адекватної провідності ($i_п$), який обумовлений опором ізоляції, вільними носіями.

$$I_x = I_б + I_м + I_п$$

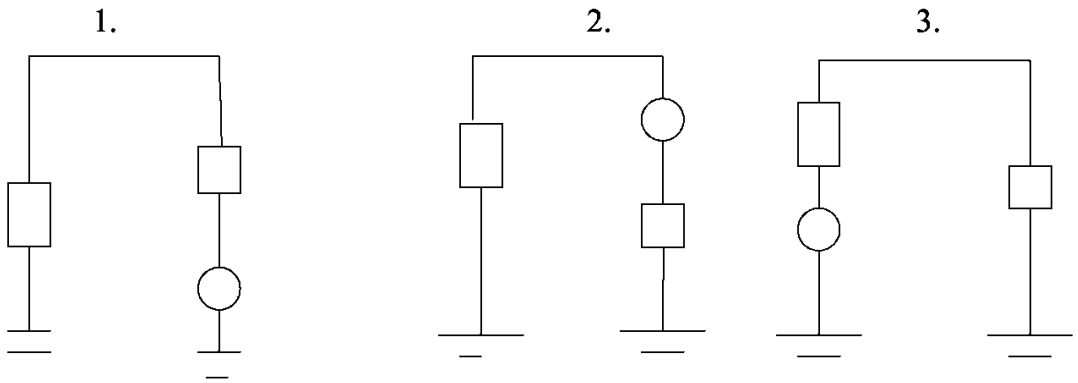
Втрати діелектричної потужності: $P_д=U^2$ ctgσ

Для кількості діагностичного контролю зазвичай використовуються значення tgσ, який не залежить від розміщення ізоляції конструкцій, але залежить від стану ізоляції (температура нагріву, відстань). Проте треба пам'ятати, що величина tgσ дає середню об'ємну характеристику стану ізоляції. В основному вимірювання tgσ дозволяє знайти загальні погіршення ізоляції, місцеві дефекти з допомогою tgσ не виявляються.

Вимірювальні установки та схеми вимірювання х-к ізоляції.

Установка для вимірювання характеристик ізоляції ел. обладнання в загальному випадку складається із засобу вимірювання, джерела вимірювальної напруги і провідників для з'єднання їх з діагностичним об'єктом. Джерело напруги може бути зовнішнім (ТТД), а у випадку контролю ел. обладнання без виводу з експлуатації вимірюється $U=U_{роб}$ об'єкту. За місцем положення в ланцюгу вимірювальної установки розрізняють:

1. пряму
2. перевернуту
3. зворотну



-1- джерело напруги

-2- діагностичний об’єкт

-3- засіб вимірювання

Пряма - схема в якій засіб вимірювання знаходиться між виводом ізольованого об'єкта і заземленням. Засіб вимірювання знаходиться під невеликим потенціалом відносно зменшення. Схема має найбільшу перешкодозаміняємість і використовується у всіх випадках, коли є можливість під'єднання до загальних виводів об'єкту.

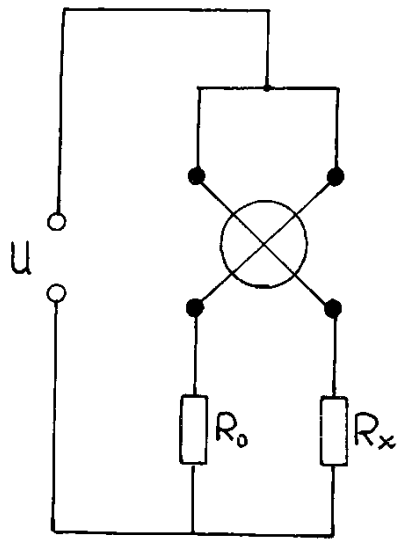
Перевернута - схема з включенням засобу вимірювання в ланцюг між джерелом та об'єктом. Схема використовується для об'єкту, у якого один з виводів не може бути відімкнений від заземлення. Недоліки : засіб вимірювання під високою напругою відносно землі.

Зворотна - схема з засобом вимірювання, який включений в ланцюг заземлення джерела. Схема також дозволяє здійснювати вимірювання об'єкту з одним заземленим виводом. Схема у зв'язку зі складністю конструкції засобу вимірювання практично не використовується.

Вимірювання опору ізоляції

Опір ізоляції визначається за значенням струму, що протікає через неї при постійно прикладеній напрузі. В основному вимірювання опору ізоляції здійснюється за допомогою мегомметру. Він побудований на 2-х принципах:

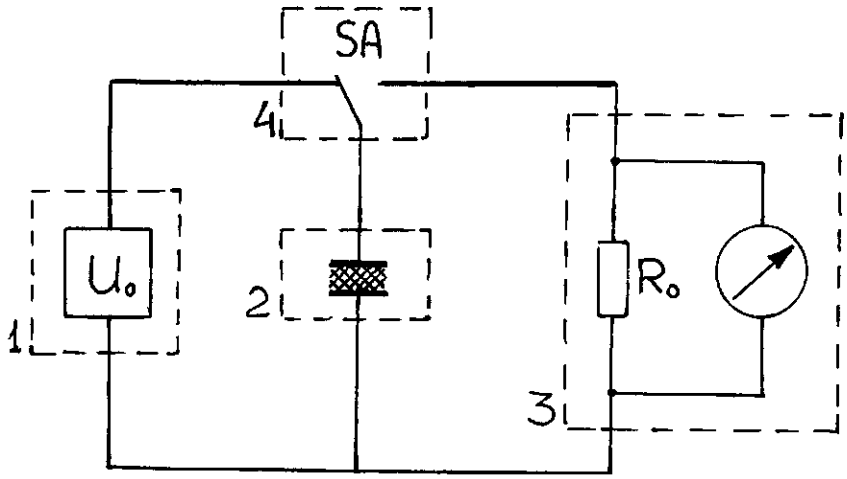
1. логометр МЕС
2. електронна схема



$\alpha = f\frac{i_x}{i_0}$ мегомметром вимірюють $R_{зм.}\left\{K_{абс}\right\}$

Вимірювання характеристик абсорбції ізоляції

Ведеться при постійно прикладеній до ізоляції напрузі. В основу покладена наступна схема для вимірювання струму абсорбції:



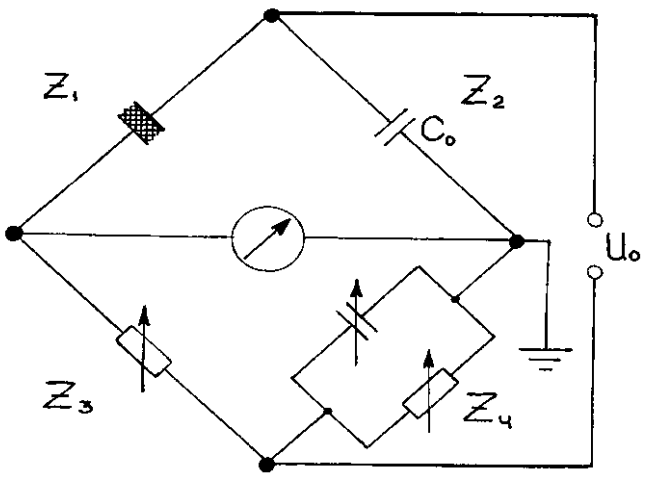
1 - джерело напруги
2 - об'єкт діагностики
3 - вимірювальний прилад
4 - комутатор

Попередньо розряджена джерелом напруги схема об'єкту комутатором SA скорочується і вимикається на вихід 3, який в заданий момент часу вимірюється ΔU на R_o. При малому значенні R_o, вимірюється $U=I_{абс}$ Крім того, в момент заряду q_0 , для визначення Кс, який характеризується швидкістю зміни струму абсорбції проводять розрахунки за результатами 2-х кратного вимірювання значень струму через 0,0 і 0,1 після переключення. Тому значення K_c можна визначити :

$$K_c = \frac{\Delta i}{q_б * \Delta t} = \frac{i_{абс}0{,}06 - i_{абс}0{,}1}{0{,}04 q_б}$$

Вимірювання С і tgσ ізоляції

Найбільш широке розповсюдження отримала мостова схема. Вона застосовується для ланцюгів високої напруги.



Комплексний опір z мосту може бути представлений в алгебраїчній та експоненційній формі. Якщо використовувати експоненційну форму, то можна правильно сформулювати:

zl*z4=γ2-yγ, zl,z4 $e^{-i(\gamma 2-\gamma 3)}$

З виразу виходить 2 умови :

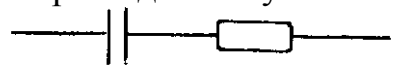
1. рівність (z) протилежних гілок :zlz4=z2*z3

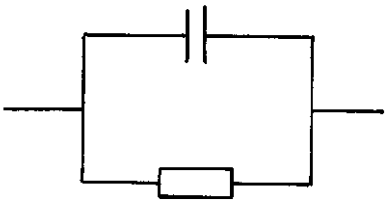
2. рівність фазових втрат:γ1-γ4 = γ2-γ3

Заземлення вершини мосту робить безпечним роботу, при живленні мосту від джерела.

Мостова схема складається із контрольованого об'єкту діагностики, який має C_x, $tg\sigma_x$; зразкового C_0, ланцюга вирівнювання (2->1/-) (1->1/-), (3- >1.

Умови рівнодії мосту застосовують до елементів схеми





1 –з низькими втратами

2 –з великими втратами

Для надійної ізоляції:

$$z1 = R_x + \frac{1}{j\varpi C_x};$$

$$z3 = R_x;$$

$$z2 = \frac{1}{j\varpi C_0};$$

$$z4 = Z_{екв}.$$

Після операції множення виділяють 2 рівні (для дійсної та уявної частини) $tg\sigma_x = R_x/C_x$

Для вимірювання C_x та $tg\sigma_x$ можна використовувати ватметр:

$$P_д = U^2 \cdot \varpi \cdot C \cdot tg\sigma$$

$$tg\sigma = \frac{P_д}{U^2 \cdot \varpi \cdot C}$$

При малих σ $tg\sigma = \cos\gamma = P_д/V_i$

Діагностика ел. обладнання за робочими напругами

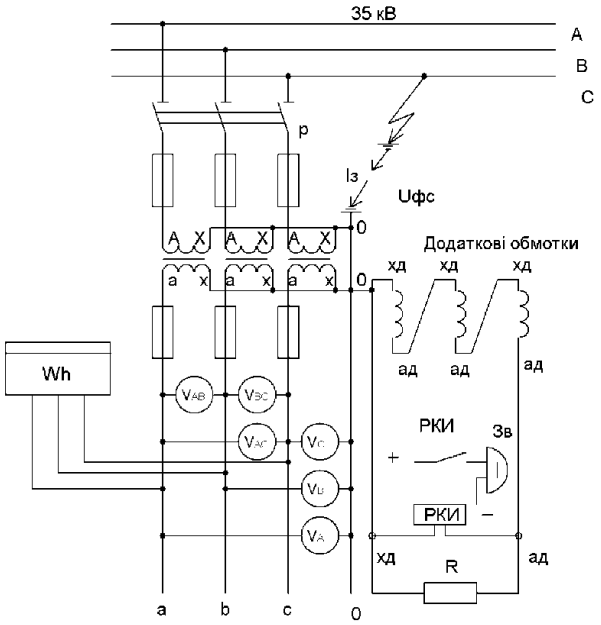
Підвищення ефективності контролю при зниженні витрат на його проведення можливе на основі контролю параметрів без вимкнення обладнання з використанням методів вимірювання, виконання контролю під робочою напругою об'єкту. Ефективність такого контролю підвищується як за рахунок підвищення частоти вимірювання, так і за рахунок того, що ізоляція при цьому випробовується в більш тяжких умовах.

Можливі 2 способи організації контролю ізоляції обладнання без його вимкнення:

1. періодичний (для виявлення погіршення стану ізоляції, яке викликає певні зміни значень контрольованих параметрів);

2. безперервний (виявлення суттєвих змін контрольованих параметрів та віддача сигналу з досягненням граничних значень).

Вже багато років у системах з ізольованою нейтраллю (до 35 кВ включно) для контроля ізоляції мережі по відношенню до землі та визначення пошкодженої фази застосовують наступну схему з'єднання трансформатора напруги:



За допомогою цієї схеми можна вимірювати як міжфазні напруги, так і напруги фаз по відношенню до землі. Вона використовується для підключення лічильників, вольтметрів, реле напруги та деяких інших приладів. Визначення фази, що має замикання на землю, здійснюють по показанням фазних вольтметрів. При відсутності замикання на землю всі фазні вольтметри показують фазні напруги. При глухому (металевому) замиканні, наприклад, фази С на землю струм замикання на землю Із проходить від точки замикання фази через землю до точки заземлення нейтралі. Первинні обмотки фаз А і В трансформатора напруги виявляються під лінійною напругою по відношенню до землі, а обмотка фази С - нуль. По нульововму показанню вольтметра визначають фазу замкнену на землю.

Робота мережі з ізольованою нейтраллю при однофазному замиканні на землю у зв'язку з невеликим значенням струму Із (Із = 0,1-50А) допускається протягом 2 годин.

До зажимів а, Ь, с, 0 основних обмоток ЗНОМ-35 підключають один вольтметр з перемикачем, який забезпечує вимірювання будь-якої лінійної та фазної напруги. До зажимів $а_д$ - $х_д$ додаткових обмоток, з'єднаних в розімкнений «трикутник», в вершину «трикутника» підключають реле контролю ізоляції РКІ. В нормальному режимі роботи геометрична сума фазних напруг трифазної системи, з'єднаної в «трикутник», повинна бути рівна нулю, тому на зажимах розімкненого «трикутника» $а_д$ - $х_д$, між якими ввімкнено реле РКІ, приблизно рівна нулю і реле РКІ не збуджене. Коли одна з фаз первинної мережі, наприклад фаза С, замикається на землю, то внаслідок шунтування землею фази С первинної обмотки ТН на зажимах розімкненого « трикутника» з'являється напруга, рівна геометричній сумі напруг двох неушкоджених фаз. Збуджується реле РКІ та своїми контактами створює ланцюг на дзвоник Зв. Після цього вольтметром з перемикачем знаходять фазу з замиканням на землю.

Висновки: В результаті засвоєння матеріалу студенти повинні мати уяву про питання пов'язані з ізоляцією, її старінням, принципи та засоби контролю її стану та інше.

Питання для самоконтролю.

1. Назвіть основні види електрообладнання та засоби діагностики.
2. Які причини електричного характеру призводять до старіння ізоляції ?
3. Що таке абсорбція ізоляції ?
4. Які шляхи підвищення якості контролю за технічним станом обладнання ви знаєте?

Приведены сведения об основных задачах и понятиях технической диагностики транспортных средств. Рассматриваются основные виды диагностических параметров, вопросы нормирования диагностических параметров, организация системы диагностического обеспечения транспортных средств и требования к контролепригодности транспортных средств.

Введение

Эксплуатация различных транспортных средств в отраслях народного хозяйства (подвижного состава железных дорог, автомобили, сельскохозяйственные машины и т.д.) сопровождается высокими затратами на поддержание их работоспособного состояния в течении всего срока эксплуатации. Сохранение работоспособности транспортных средств обеспечивается выполнением планово-предупредительных работ по техническому обслуживанию (ТО) и ремонту, а также внеплановых ремонтов, проводимых для устранения возникающих в межпрофилактические периоды отказов и неисправностей.

Для повышения эффективности использования транспортного средства разработаны методы и средства диагностирования, которые применяют как при проведении технического обслуживания и ремонтов, так и в качестве самостоятельного технологического процесса. Диагностирование позволяет повысить коэффициент готовности и вероятность безотказной работы транспортных средств, снизить трудоемкость и стоимость эксплуатации, повысить ремонтопригодность и контролепригодность объектов транспорта.

В процессе диагностирования производится получение информации о техническом состоянии транспортного средства. Однако получение диагностической информации само по себе не может решить вопроса оптимизации управления техническим состоянием транспортного средства. Наиболее целесообразным является использование диагностической информации:

- при прогнозировании технического состояния транспортного средства на какой-то период с целью подготовки производства к проведению плановых технических обслуживаний и совмещения с ними некоторых, теперь уже известных, текущих ремонтов;
- при определении потребности в регулировочных работах при выполнении регламентных работ на постах обслуживания;
- при определении режимов работ по техническому обслуживанию и текущему ремонту с целью их типизации и тем самых качественной подготовки производства;
- при комплексном контроле технического состояния после выполнения работ технического обслуживания и текущего ремонта.

В связи с этим техническая диагностика как подсистема управления техническим состоянием транспортного средства должна присутствовать на всех этапах эксплуатации и подготовки к эксплуатации.

1. Основные понятия и определения

Диагностика – отрасль знаний, исследующая техническое состояние объектов диагностирования и проявление технических состояний,

разрабатывающая методы их определения, а также принципы построения и организацию использования систем диагностирования. Когда объектами диагностирования являются объекты технической природы, говорят о технической диагностике.

Объект технического диагностирования – изделие и его составные части, техническое состояние которых подлежит определению.

Техническое диагностирование – процесс определения технического состояния объекта диагностирования с определенной точностью.

Техническое состояние объекта диагностирования – совокупность подверженных изменению в процессе производства или эксплуатации свойств объекта, характеризуемая в определенный момент времени признаками, установленными технической документацией на этот объект.

Параметр технического состояния – физическая величина, характеризующая работоспособность или исправность объекта диагностирования, изменяющаяся в процессе работы.

Диагностический параметр – параметр объекта диагностирования, используемый в установленном порядке для определения технического состояния объекта диагностирования.

Структурный параметр – параметр, непосредственно характеризующий работоспособность объекта диагностирования (износ, зазор, натяг и др.).

Измерение – нахождение значения физической величины опытным путем с помощью специальных технических средств.

Достоверность диагностирования – вероятность того, что при диагностировании определяется то техническое состояние, в котором действительно находится объект диагностирования.

Прогнозирование технического состояния – предсказание изменения параметра технического состояния объекта диагностирования в будущем.

Наработка – продолжительность функционирования объекта или объем выполненной им работы за некоторый промежуток времени.

Наработка на отказ – среднее значение наработки ремонтируемого изделия между отказами.

Остаточный ресурс – наработка объекта диагностирования до предельного изменения его параметра технического состояния, начиная от момента диагностирования.

Надежность – свойство объекта выполнять заданные функции, сохраняя значения установленных эксплуатационных показателей в заданных пределах, соответствующих заданным режимам и условиям использования, в течении требуемого промежутка времени или требуемой наработки. Количественно надежность оценивается показателями безотказности, долговечности, ремонтопригодности и сохраняемости.

Работоспособность – состояние изделия, при котором в данный момент времени его основные (рабочие) параметры находятся в пределах, установленных требованиями технической документации.

Безотказность – свойства объекта непрерывно сохранять работоспособность в течение некоторого времени или некоторой наработки.

Долговечность – свойства объекта сохранять работоспособность до наступления предельного состояния при установленной системе технического обслуживания и ремонта.

Контролепригодность – свойство изделия, характеризующее его приспособленность к проведению контроля заданными средствами.

Ремонтопригодность – свойства объекта, заключающееся в приспособленности к предупреждению и обнаружению причин возникновения его отказов, повреждений и устранению их последствий путем проведения ремонтов и технического обслуживания.

2. Закономерности изменения технического состояния транспортных средств

Показатели технического состояния транспортных средств и их отдельных агрегатов, узлов и деталей в течении эксплуатации изменяются от номинальных значений, соответствующих техническим условиям на новое транспортное средство, до предельных значений.

Для обоснования системы рациональной эксплуатации транспортных средств, в том числе их технического обслуживания (ТО) и технического ремонта (ТР), необходимо знать характер изменения показателей технического состояния в течение периода эксплуатации транспортных средств. Изменение технического состояния транспортных средств наиболее удобно рассматривать по вероятности безотказной работы (функция надежности). Вероятность безотказной работы до первого отказа описывается зависимостью:

$$p(t) = \int_{t}^{\infty} f(t)dt$$

или

$$p(t) = p(t_0 > t),$$

где t – текущее значение наработки транспортного средства или агрегата; t_0 – наработка транспортного средства или агрегата до первого отказа; $f(t)$ - плотность распределения времени исправной работы транспортного средства или агрегата.

Для практического определения функции p(t) используется зависимость:

$$p(t) = N(t)/N_0,$$

где $N(t)$ – число транспортных средств (агрегатов), оставшиеся работоспособными в период наработки t; N_0 – первоначальное число используемых машин.

Для оценки надежности транспортного средства можно использовать также вероятность отказов $q(t)$, которая связана с $p(t)$ зависимостью:

$$p(t) + q(t) = 1.$$

График функции $p(t)$ для общего случая показан на рисунке 1. Кривая 1 построена для транспортных средств, работоспособность которых в процессе эксплуатации не поддерживается (отсутствует ТО) и не восстанавливается (текущие и другие ремонты не производятся), кривая 2 – для транспортных

средств, которые в процессе эксплуатации подвергаются плановым техническим воздействиям по восстановлению работоспособности.

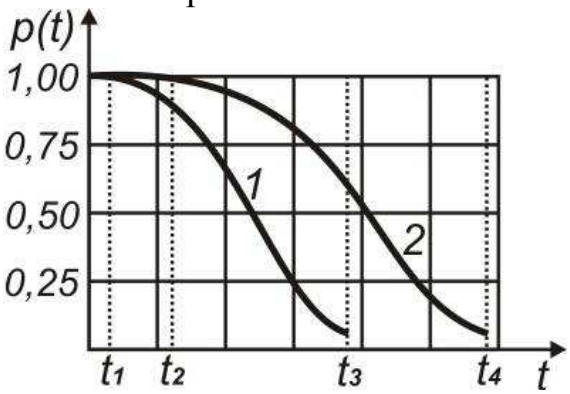


Рис. 1. Вероятность безотказной работы *p(t)* (t_1 и t_2 – наработка, при которой отказы транспортных средств отсутствовали; t_3 и t_4 – соответственно наработка, при которой отказали почти все транспортные средства).

На изменение параметров технического состояния узла, агрегата или транспортного средства в целом влияет большое число конструктивных, производственных и эксплуатационных факторов.

К конструктивным и производственным факторам относятся качество изготовления, сборки, обкатки, конструктивные особенности и структура отдельных элементов и их взаимосвязь в транспортном средстве, а также физико-механические свойства применяемых материалов (твердость, шероховатость и т.п.).

К эксплуатационным факторам относятся режимы нагрузки, внешние климатические условия, способы и уровень проведения ТО и ТР, интенсивность использования транспортного средства в течение смены, суток, года, индивидуальные особенности оператора, управляющего транспортным средством, и т.д.

С точки зрения диагностирования транспортных средств наибольший интерес представляет математическое описание характера зависимости параметра технического состояния от наработки. От выбора математической функции зависит качество, достоверность и простота постановки диагноза и прогнозирования остаточного ресурса. Целесообразно аппроксимировать ломаную кривую фактического изменения параметра технического состояния плавной кривой. Аппроксимирующая функция должна учитывать физику изменения параметра технического состояния, в том числе конструктивные и эксплуатационные факторы; интегрально учитывать характер изменения от наработки. Эта функция должна быть универсальной – характеризующей линейную, степенную и другие зависимости изменения параметра от наработки, и простой – содержащей небольшое число коэффициентов и обеспечивающей простоту построения номограмм, таблиц и других справочных материалов.

От качества и достоверности статистических данных зависит достоверность постановки диагноза и прогнозирования остаточного ресурса.

Для количественной оценки надежности транспортных средств используется также понятие интенсивности отказов. Интенсивность отказов,

λ-характеристика, – отношение числа $n(t)$ отказывающих однородных изделий к среднему числу $N(t)$ изделий, исправно работающих в данный отрезок времени Δt:

$$\lambda(t) = \frac{n(t)}{N(t)\Delta t}.$$

3. Основные положения и задачи технической диагностики

В процессе эксплуатации средств транспорта ухудшаются их эксплуатационные показатели и техническое состояние, возникают отказы и неисправности.

Технический уровень любого транспортного средства оценивают конструктивными, производственными (технологическими) и эксплуатационными показателями. К эксплуатационным показателям, характеризующим техническое состояние транспортных средств, относятся в первую очередь надежность и контролепригодность.

Надежность транспортного средства закладывается при ее проектировании, обеспечивается при изготовлении и проявляется в процессе эксплуатации. Количественно надежность оценивается показателями безотказности, долговечности, ремонтопригодности и сохраняемости.

К основным показателям работоспособности транспортного средства относятся неисправность и отказ.

Под отказом понимают событие, заключающееся в нарушении работоспособности (один или несколько рабочих параметров изделия выходят за допустимые пределы, дальнейшая эксплуатация транспортного средства невозможна или неэффективна по экономическим соображениям). Основные причины отказа – износ поверхностей подвижных сопряжений узлов, нарушения сплошности элементов ходовых частей, нарушение регулировочных характеристик, различные физико-химические необратимые процессы и т.п.

Неисправность в ряде случаев не связана непосредственно с потерей работоспособности. Неисправный узел или агрегат не может выполнять все свои функции или выполняет их с определенными отклонениями. Если своевременно не устранить неисправность, может возникнуть отказ. Например неустранимый стук в подшипниках коленчатого вала двигателя внутреннего сгорания приводит к его заклиниванию.

По характеру изменения отказы классифицируют на постепенные и внезапные. Первым предшествует постепенное изменение какого-либо контролируемого в процессе эксплуатации транспортного средства параметра технического состояния, выход которого за установленное значение (например, предусмотренное техническими условиями) характеризует отказ. Примером постепенного отказа является снижение мощности двигателя внутреннего сгорания, износ сопряжения золотник-корпус гидрораспределителя, износ бандажей колесных пар тягового подвижного состава и т.д.

Внезапные отказы чаще являются следствием неконтролируемого в условиях эксплуатации постепенного качественного изменения физико-механических свойств, накоплении в деталях усталостных повреждений

или следствием действия недопустимых нагрузок, температур и т.д. примерами внезапных отказов являются пробой проводов высокого напряжения, перегорание элементов электрических схем транспортных средств, обрыв рукавов высокого давления гидропривода.

С расширением функциональных возможностей применяемых в эксплуатации методов и средств диагностирования технического состояния все больше внезапных отказов может быть отнесено к числу постепенных. разграничение отказов на постепенные и внезапные позволяет выбирать соответствующие методы и средства их локализации и методы прогнозирования остаточного ресурса.

Отказы подразделяют на конструкционные, производственные (технологические) и эксплутационные.

Причина возникновения конструкционных отказов – нарушение установленных норм и правил и (или) норм конструирования. Производственные отказы возникают в результате нарушения процессов изготовления, сборки, приработки узлов транспортного средства, неправильного выбора допустимых температур и других режимов. Чаще всего они проявляются на ранней стадии эксплуатации транспортного средства. Эксплуатационные отказы возникают в результате нарушения установочных правил и (или) условий эксплуатации (силового, теплового и скоростного режимов).

Кроме того, отказы подразделяют на независимые и зависимые.

Одним из важнейших условий поддержания на высоком уровне эффективности и надежности транспортных средств является своевременное обнаружение и предупреждение на ранней стадии отказов и неисправностей. этому способствует внедрение современных методов и средств диагностирования.

Задачи диагностики следующие: изучение и установление признаков (параметров) оценки неисправностей и отказов транспортных средств и их агрегатов; разработка методов и средств, с помощью которых можно дать заключение о характере неисправности и отказа.

По результатам измерений диагностических параметров осуществляется прогнозирование остаточного ресурса транспортного средства и отдельных его агрегатов.

Целью диагностирования являются оценка общего технического состояния транспортных средств; локализация неисправностей, направленных на снижение расхода запасных частей, материалов, топлива, стоимости и трудоемкости ТО и ТР транспортных средств; выполнение ТО и ТР транспортных средств не по регламенту, а по потребности и в конечном итоге повышение коэффициента готовности парка транспортных средств.

Диагностирование отличается от традиционных контрольных операций объективностью и достоверностью оценки технического состояния транспортных средств, возможностью определения параметров их эффективности, наличием условий для оперативного управления техническим состоянием транспортных средств. Диагностирование чаще всего является

составной частью технологического процесса ТО и ТР транспортных средств. Такая система принята во многих отраслях народного хозяйства.

Различают функциональное и тестовое диагностирование. функциональное диагностирование производят для оценки общего технического состояния транспортного средства или агрегата, тестовое – для оценки технического состояния отдельных систем, узлов и деталей, локализации и устранения источника неисправности, проведение необходимого регулирования и т.д.

4. Диагностирование в системе управления техническим состоянием транспортных средств

В системе управления деятельностью предприятий, эксплуатирующих и выполняющих ТО транспортных средств, диагностирование играет важную роль. Оно в значительной мере обеспечивает рациональный маршрут движения транспортных средств по технологическим зонам ТО и ТР.

Под управлением техническим состоянием транспортного средства понимают комплекс мероприятий, направленных на предупреждение отказов и неисправностей и восстановление номинальных значений параметров технического состояния, характеризующих техническое состояние транспортных средств. При этом оптимальными являются мероприятия, которые для восстановления технического состояния транспортных средств обеспечивают минимум издержек (материальных и трудовых затрат); для систем, влияющих на безопасность движения и работы – минимальную заданную вероятность отказа.

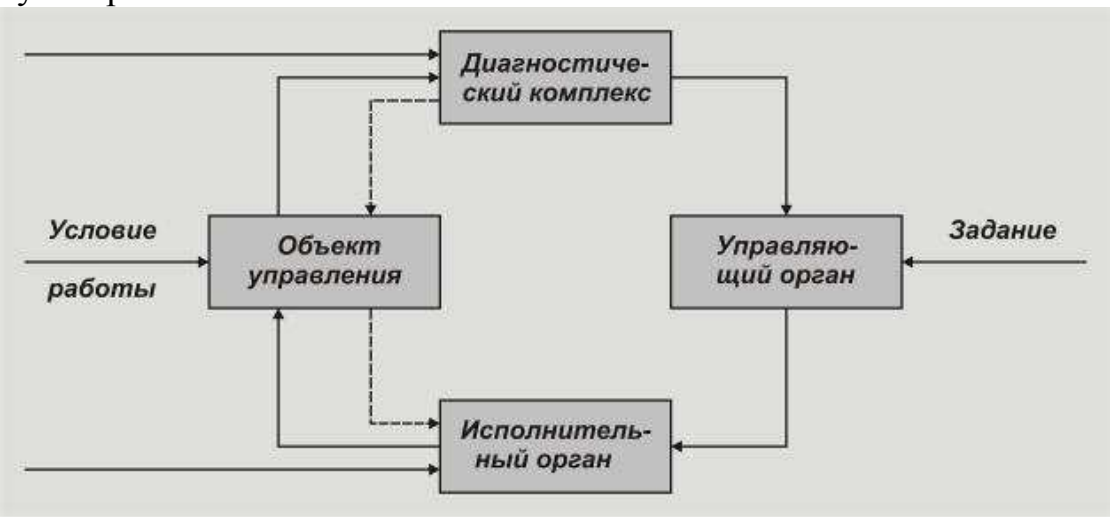


Рис. 2. Функциональная схема управления техническим состоянием транспортного средства.

Цель управления – сохранение высокой надежности транспортного средства в эксплуатации и эффективности его использования. Для достижения этой цели необходима правильная организация технологических процессов ТО и ТР транспортных средств, которую следует рассматривать как замкнутую цепь (рис. 2), состоящую из объекта управления (техническое состояние машины), диагностического комплекса, управляющего (центра управления) и исполнительного (производственные зоны ТО и ТР) органов. В этой цепи диагностирование выделяется в самостоятельное звено.

Управляющими показателями в системе управления техническим состоянием транспортных средств являются основные показатели надежности, периодичность ТО и ТР, предельные и допустимые значения диагностических и структурных параметров, погрешность измерения этих параметров, полный и остаточный ресурсы, срок службы транспортного средства.

В общем случае схема управления техническим состоянием транспортного средства имеет прямую и обратную связи. Прямая связь предназначена для принятия решения о проведение технических воздействий на транспортное средство, обратная – для корректирования управляющих показателей надежности и эффективности транспортного средства. В такой системе диагностирование является активным звеном при оценке состояния поступившего на ТО и ТР транспортного средства, инструментом при проведении необходимых контрольно регулировочных работ и контрольным звеном при оценке качества проведенных технических воздействий и оценке остаточного ресурса.

Максимальная эффективность диагностирования обеспечивается оптимальным выбором диагностических параметров, средств и методов их измерения, нормативных (номинальных допускаемых и предельных) значений диагностических параметров, периодичности проведения диагностирования.

Активно влияя на технические процессы ТО и ТР транспортных средств, диагностирование обеспечивает в конечном итоге переход от регламентного их проведения к проведению по фактической потребности.

5. Диагностические параметры

Все неисправности и отказы, возникающие при эксплуатации транспортных средств, сопровождаются изменением зазоров в сопряжениях, износом, шумами, вибрациями, нарушениями температурных режимов, пульсациями давления, изменениями функциональных показателей (снижением мощности, тягового усилия, производительности, давления) и т.д. Эти сопутствующие неисправностям и отказам признаки могут служить параметрами технического состояния и часто могут оцениваться количественно.

Параметры технического состояния бывают структурные и диагностические. Структурные параметры: износ, зазор, натяг в сопряжениях и др. - непосредственно характеризуют работоспособность объекта диагностирования.

Диагностические параметры: температура, шум, вибрация, расход топлива, пульсация давления и др. – косвенно характеризуют работоспособность объекта диагностирования.

На практике используют параметры, отвечающие требованиям однозначности, широты измерения (рис. 3), а также доступности и удобства измерения, информативности, технологичности. При этом в первую очередь учитывают параметры, которые характеризуют наиболее часто повторяющиеся отказы и неисправности.

Под однозначностью понимают соответствие каждому значению диагностического параметра только одного вполне определенного значения параметра выходного процесса (состояния диагностируемого объекта).

Широта измерения (чувствительность) – это наибольшее отклонение диагностического параметра при заданном изменении структурного параметра. Она характеризуется отношением изменения диагностического параметра к соответствующему структурному параметру.

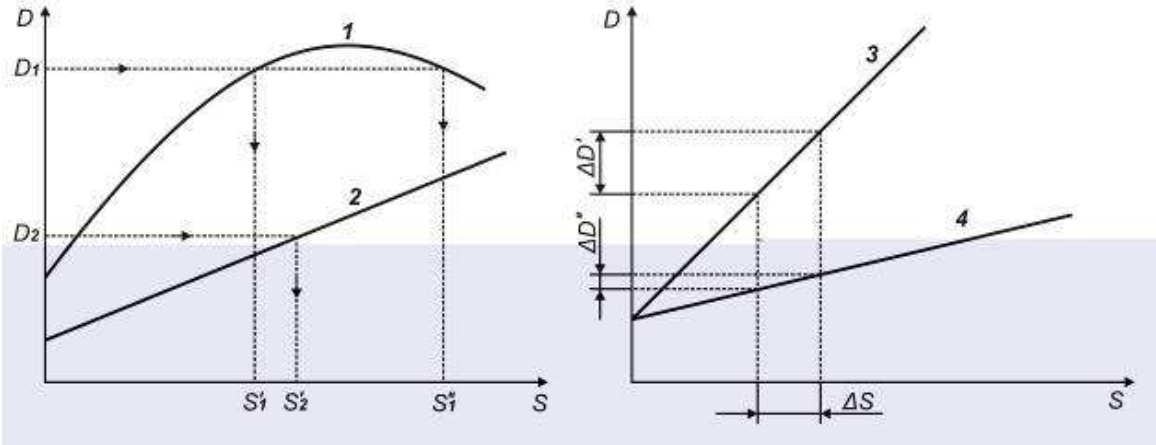


Рис. 3. Диаграмма для определения однозначности (а) и широты измерения (чувствительности) (б) диагностических параметров *D* по отношению к структурному параметру *S*:
1 – неоднозначная зависимость; 2 – однозначная зависимость; 3 – более чувствительный; 4 – менее чувствительный ($\Delta D' > \Delta D''$).

Доступность и удобство измерения диагностического параметра определяются конструкциями объекта диагностирования и диагностического средства.

Информативность параметра определяется снижением неопределенности знаний о техническом состоянии объекта после использования информации по результатам диагностирования.

Технологичность измерения параметра определяется удобством подключения диагностической аппаратуры, простотой измерения и обработки результатов измерений. В целом технологичность измерения характеризует трудоемкость и стоимость диагностирования.

Диагностические параметры подразделяют на частные и общие. Частный параметр указывает на вполне определенную неисправность или отказ объекта диагностирования. Например, смещение порога срабатывания предохранительного клапана двигателя указывает конкретно на его разрегулировку. Общие параметры характеризуют общее техническое состояние диагностируемого объекта. К числу общих параметров относятся, например, мощность и тяговое усилие тепловоза.

Диагностические параметры бывают зависимые и независимые. Каждый независимый параметр указывает на конкретную неисправность. отдельный зависимый диагностический параметр не определяет неисправности или отказа. Зависимые параметры можно определить при измерении и сопоставлении нескольких параметров.

По характеру информации параметры подразделяют на три группы: параметры, обеспечивающие получение информации о техническом состоянии диагностируемого объекта, но не характеризующие его функциональные

возможности; параметры, обеспечивающие получение информации о функциональных возможностях диагностируемого объекта, но не дающие информации о его техническом состоянии; комбинированные параметры, обеспечивающие получение информации как о функциональных возможностях, так и о техническом состоянии объекта диагностирования.

Связи между структурными и диагностическими параметрами могут быть простейшими (когда одному структурному параметру соответствует один диагностический, и наоборот), множественными (одному структурному параметру соответствует несколько диагностических), неопределенными (одному диагностическому параметру соответствует несколько структурных) и комбинированными.

Выбор и обоснование основных диагностических параметров транспортных средств базируется на частоте проявления неисправностей и отказов, анализе признаков и экономических факторов сопутствующих им. При выборе предпочтение отдают параметрам диагностирования систем, влияющих на безопасность движения и работы, а также непосредственно на окружающую среду (дымность и содержание токсичных составляющих в отработавших газах, шум и вибрация и т.п.), и параметрам, характеризующим неисправности и отказы, для устранения которых необходимы наибольшие материальные и трудовые затраты.

Если неисправность или структурный параметр можно оценить несколькими диагностическими параметрами, то предпочтение отдают тому, который более точно оценивает определенную величину, измерение которого связано с меньшими затратами и с помощью которого можно оценить несколько структурных или функциональных параметров транспортного средства.

При выборе диагностических параметров можно применять метод И.А. Биргера, основанный на формулах Байеса. Принцип этого метода состоит в том, что диагностическая ценность параметра определяется информацией, которая вносится признаком в систему состояний. Смысл метода заключается в следующем.

Выбирают основные структурные параметры (признаки состояний) и параметры, которые можно использовать в качестве диагностических. По данным статистики отказов определяют «вероятностные веса» структурных параметров при различных состояниях диагностируемого объекта и определяют вероятности его состояния при различных комбинациях этих структурных параметров.

Формула Байеса:

$$p(D_i / K) = \frac{p(D_i)p(K_1 / D_i)\ldots p(K_m / D_i)}{\sum_{s=1}^{n} p(D_s)p(K_1 / D_s)\ldots p(K_m / D_s)},$$

где $p(D_i)$ – априорная вероятность состояний, определяемая как число объектов N_i, в которых обнаружены неисправности D_i, к общему числу исследуемых объектов; $p(K_j/D_i)$ – вероятность проявления j-го диагностического параметра при состоянии D_i.

Произведение $p(K_1 / D_i)\ldots p(K_m / D_i)=p(K / D_i)$, если

$$\sum_{i=1}^{n} p(D_i / K) = 1,$$

и диагностические параметры K_i являются независимыми для каждого из состояний D_i.

Знаменатель формулы представляет собой вероятность $p(K)$ того, что в диагностируемом объекте должен обнаруживаться комплекс диагностических параметров K. Так как комплекс K проявляется как минимум с одним из состояний D_i, то полная вероятность:

$$p(K) = \sum_{s}^{n} p(D_s) p(K / D_s).$$

6. Характеристика транспортного средства как объекта диагностирования

При организации системы диагностирования необходимо учитывать следующие особенности транспортного средства как объекта диагностирования:

- большое разнообразие систем транспортного средства (механические, электрические, гидравлические и т.д.), что затрудняет получение универсальных решений при выборе методов и технических средств диагностирования, а также требует построение алгоритмов и программы диагностирования с учетом их конструктивных особенностей;
- наличие как дискретных, так и непрерывных систем, определяющих различный подход при решении задач диагностирования. При диагностировании дискретных систем используются методы формальной логики, в системах непрерывного действия – непрерывное отклонение параметров;
- различный уровень надежности систем транспортного средства, затрудняющий организацию процесса диагностирования и принятие решений при определении их технического состояния;
- различные режимы работы оборудования (длительный, кратковременный, повторно-кратковременный), что вызывает необходимость согласования периодичности его диагностирования;
- высокая степень автоматизации основных систем транспортного средства, требующая автоматизации процесса диагностирования;
- различные функциональные состояния транспортного средства (подготовка к эксплуатации, эксплуатация, ремонт), влияющие на выбор задач и глубину диагностирования, а также на степень использования технических средств диагностирования;
- сложность структуры транспортного средства, обуславливающая выбор принципа его декомпозиции при организации системы диагностирования. Принципы декомпозиции транспортного средства могут быть различными в зависимости от типа задач, решаемых при диагностировании.

При проверке работоспособности и поиске дефектов декомпозиция транспортного средства производится по блочно-функциональному принципу. Блочно-функциональная композиция транспортного средства производится по вертикали и горизонтали.

Вертикальная декомпозиция транспортного средства приводит к построению иерархии связей его компонентов. Древовидная форма иерархии

связей конструктивных компонентов транспортного средства предопределяет такую же форму соподчинения алгоритмов диагностирования.

При горизонтальной декомпозиции транспортного средства выделяют отдельные его составляющие по основному признаку физического процесса или принципу технического исполнения, на которых основано их функционирование. При диагностировании каждой из этих составляющих среди нескольких используемых физических методов диагностирования всегда можно выделить доминирующий.

Таким образом, блочно-функциональная декомпозиция транспортного средства по вертикали позволяет установить иерархии связей компонентов, а значит, и иерархии диагностических целей и алгоритмов; по горизонтали – выбрать и разработать, прежде всего, доминирующий физический метод диагностирования.

Блочно-функциональная система декомпозиция транспортного средства представлена на примере декомпозиции тепловоза на рисунке 4.

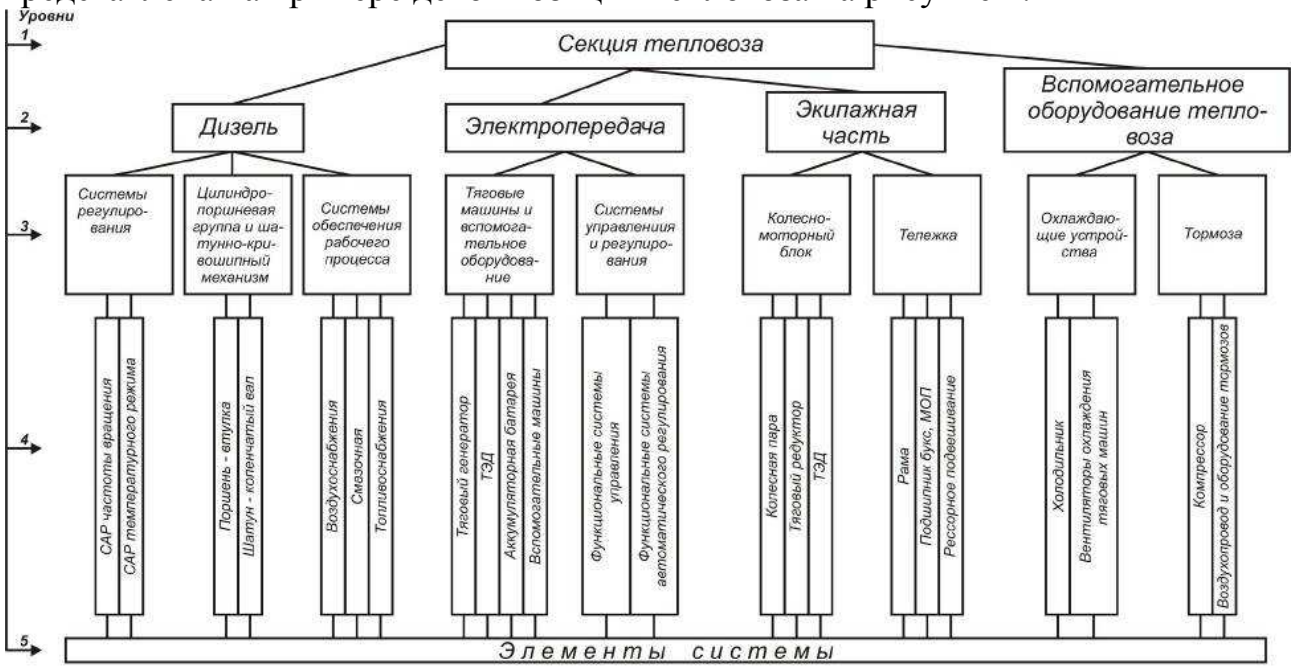


Рис. 4. Блочно-функциональная декомпозиция тепловоза как объекта диагностирования

При разработке методов и технологии диагностирования необходимо обобщенное описание свойств транспортного средства в целом или его отдельных систем, которое может быть функциональным, морфологическим или информационным. При функциональном описании определяют главную функцию транспортного средства как системы, характеризуемой количественно и качественно функционалом эффективности, затем устанавливают процессы первого и последующих уровней, от которых зависит функционал эффективности предыдущего уровня, и определяют параметры, характеризующие эти процессы выполняющие в свою очередь роль функционалов для параметров последующих уровней.

Морфологическое описание объекта содержит сведения об элементном составе, структуре и характере связей между элементами объекта. Так же как и функциональное, морфологическое описание строится по многоуровневому

принципу путем последовательной декомпозиции подсистем, причем уровни функционального и морфологического описаний должны совпадать.

Информационное описание транспортного средства и его подсистем заключается в описании энтропии объекта, т.е. меры неопределенности нахождения системы в данном состоянии. В общем виде энтропия определяется по формуле К. Шеннона:

$$H = -\sum_{i=1}^{n} P_i \log_2 P_i,$$

где P_i – вероятность нахождения системы в i-том состоянии;
n – число возможных состояний системы.

Транспортное средство как объект диагностирования может находится в конечном множестве состояний S, которое практически ограничено из-за ограниченных возможностей контрольных и измерительных средств. В множестве S выделяют два непересекающихся подмножества S_1 U S_0. Подмножество работоспособных состояний $S_1=\{s_i\}$, $i=\overline{1,n}$ включает все n состояний, которые позволяют транспортному средству выполнять возложенные на него функции. Каждое состояние в этом подмножестве отличается от других степенью работоспособности, которая характеризуется приближением состояния транспортного средства к предельно допустимому. Если оценивать степень работоспособности транспортного средства допусками на параметры, то в подмножестве S_1 можно выделить две разновидности работоспособных состояний: исправное работоспособное (параметры, характеризующие состояние узлов и систем транспортного средства) и неисправное но работоспособное (параметры основных систем выходят за поля допусков, но не превышают предельных значений). Подмножество неработоспособных состояний $S_0=\{s_j\}$, $j=\overline{1,m}$ включает все m состояний, соответствующих возникновению дефектов, приводящих к потере работоспособности транспортного средства. Возможные состояния систем транспортного средства s_j характеризуются параметрами, значения которых вышли за пределы критических.

Качественные характеристики и количественные показатели информационного описания зависят от уровня декомпозиции транспортного средства, а значит, и от соответствующего уровня контроля. В количественном отношении информация о состоянии объекта, которую получают при диагностировании, равна разности энтропии объекта до и после очередной проверки. Объектом диагностирования могут быть транспортное средство в целом или его системы.

7. Структура диагностического обеспечения систем транспортного средства

Разработка диагностического обеспечения объекта основывается на совокупности правил и методов исследования данного объекта диагностирования. Конечным результатом разработки диагностического обеспечения объекта является информация, необходимая для проектирования систем технического диагностирования (СТД) и приспособление объекта к выполнению диагностических операций. Из диагностического обеспечения

отдельных систем транспортного средства складывается диагностическое обеспечение транспортного средства в целом.

Диагностическое обеспечение объекта включает в себя перечень диагностических параметров, методы их оценки, условия работоспособности и признаки наличия дефектов в объекте, алгоритмы и программу диагностирования, показатели контролепригодности объекта и эффективности процесса диагностирования.

Процесс разработки диагностического обеспечения объекта состоит из следующих последовательно выполняемых операций:

- выбор вида и построение диагностической модели объекта;
- определения множества диагностических параметров;
- выбор совокупности оцениваемых диагностических параметров;
- выбор метода оценки диагностических параметров;
- формулировка условий работоспособности и признаков дефектов в совокупности оцениваемых диагностических параметров;
- построение алгоритмов и программы диагностирования.

Рассмотрим кратко содержание основных операций разработки диагностического обеспечения систем транспортного средства.

Диагностическое обеспечение объекта базируется на результатах построения и анализа одной или нескольких диагностических моделей (ДМ) объекта. Диагностическая модель объекта – формальное его описание, учитывающее возможность изменения состояния, – должна отвечать следующим основным требованиям:

- быть обобщенной и в значительной мере абстрактной, чтобы ее можно было применять для широкого состава технических объектов;
- охватывать возможно большее число состояний объекта, и позволять определять дефекты при любой заданной глубине поиска;
- иметь форму, удобную для технической реализации, в частности для автоматизации процесса ее анализа с помощью ЭВМ.

Первое и второе требования к ДМ носят противоречивый характер, первое требование должно быть отнесено к определенному классу ДМ, второе – к определенному виду ДМ конкретного объекта.

В зависимости от уровня декомпозиции структуры и свойств транспортного средства как объекта диагностирования выбор, построение и анализ ДМ могут быть выполнены на двух уровнях.

На системном уровне в основу построения ДМ положено деление сложной структуры транспортного средства на отдельные системы различного уровня соподчинения. Модель транспортного средства отображает соподчиненность ДМ отдельных его систем. Целью анализа такой ДМ может быть качественная и количественная оценка влияния параметров отдельных систем на обобщенные тягово-экономические показатели транспортного средства.

Использование ДМ транспортного средства в целом для решения задач технической диагностики затруднено ввиду ее чрезвычайной сложности. Для практических целей строятся ДМ отдельных систем или, чаще всего, их подсистем. На таких моделях могут быть решены задачи оценки

работоспособности систем, проверки их исправности и поиска дефектов, а также прогнозирование изменения состояния.

На элементном уровне ДМ отображает множество элементов и связей между ними. Под элементами понимают простейшие конструктивно или функционально законченные части системы, далее неделимые в рамках данного анализа. На основе таких моделей решают задачи проверки работоспособности, правильности функционирования и поиска дефектов.

Выбор вида и числа ДМ объекта зависит от целевого назначения модели, конструктивных особенностей объекта, степени его изученности и ряда других факторов. Большое разнообразие таких форм и средств описания объектов затрудняет исчерпывающую классификацию ДМ.

Диагностические модели ОД, представленные аналитической зависимостью, или, так называемые, аналитические модели представляют собой различные функциональные уравнения, описывающие процесс преобразования входных величин в выходные. В общем этот процесс может быть описан зависимостью:

$$z = Ax,$$

где x, z – соответственно входная и выходная величины;
A – оператор преобразования.

Практически оператор A является функцией множества внутренних параметров объекта (чаще всего структурных), т.е. $A=f(a_1, a_2, \ldots, a_n)$. Возникновение дефекта приводит к изменению параметра Δa, что сопровождается изменением оператора ΔA и выходной величины Δz. Следовательно, при определенном x по изменению выходной величины z можно обнаружить возникший дефект.

Аналитические модели в диагностировании транспортных средств применяются на различных уровнях исследования и оценки их технического состояния.

Диагностические модели в виде дифференциальных уравнений применительно к отдельным звеньям или системам дают возможность решить ряд задач: оценить влияние изменения параметров звена или системы на показатели качества ее работы в установившиеся определить предельные значения параметров, установить законы и характеристики распределения отклонений параметров и т.д. Анализ таких моделей, особенно применительно к сложным системам (дизель-генератор, системы автоматического регулирования частоты вращения дизеля и напряжения тягового генератора и др.), производится обычно с помощью ЭВМ.

Диагностические модели в виде регрессивных зависимостей строятся на основе результатов специально поставленного статистического эксперимента. Полученная регрессивная зависимость обобщенного показателя качества работы системы или транспортного средства в целом от ряда диагностических параметров позволяет решить задачи диагностики и управления техническим состоянием транспортного средства.

Модели характеристик (статических и динамических) используются для проверки работоспособности и поиска дефектов в системах автоматического

регулирования, электронных блоках, а также механических систем (частотные характеристик).

Из функциональных ДМ объектов, имеющих блочно-функциональную структуру, наиболее широко используются логические модели. Применение таких моделей для диагностирования транспортных средств возможно на разных уровнях их декомпозиции. Логические модели дают возможность решать практически все задачи диагностирования как незамкнутых, так и замкнутых систем, имеющих блочно-функциональную структуру, например, таких, как системы дистанционного управления энергетической установки, автотормозами, автоматического регулирования. Можно также и сборочные единицы (дизель, электропередачу) представить логическими моделями, но в этом случае поиск дефектов может быть выполнен до уровня отдельных узлов и систем.

Для построения логической модели системы должна быть задана ее функциональная схема, каждому блоку которой ставится в соответствие совокупность логических блоков таким образом, чтобы выходной сигнал каждого логического блока характеризовался только одним параметром. Оценку технического состояния объекта производят на основе допускового метода контроля. В этом случае если значение входа (выхода) каждого блока принадлежит множеству допустимых значений, оно принимается равным «1», если нет – равным «0», т.е. функции выходов от входа и состояния блока являются логическими функциями. При этом, назначив эксплуатационные допуски на параметры, нетрудно перейти к двузначной логической модели, представленной в виде таблицы функций неисправностей (ТФН).

При диагностировании замкнутых систем управления и регулирования, имеющих в своей структуре обратные связи, технология применения логических моделей усложняется. В этом случае в схему системы регулирования вводятся управляемые разрывы обратных связей, если такие разрывы допустимы в процессе диагностирования.

Логические модели отличаются простотой и наглядностью построения, а главное, минимумом исходной информации.

Диагностические модели объектов, представленные графами в пространстве параметров и состояний, дают возможность учитывать топологические особенности структуры объектов и связи их с внешней средой. Методы их построения отличаются алгоритмами, сравнительно легко реализуемыми на ЭВМ. При построении граф-моделей ОД, имеющих не блочную структуру, необходимо учитывать ряд характерных особенностей:

- при тесной функциональной связи параметров ОД нельзя применять управляемые разрывы для исключения контуров обратных связей;
- в число вершин графа дополнительно включают дефекты, которые, как правило, характеризуют качественное изменение свойств ОД, но не являются параметрами контроля;
- структура графа и направление потока информации в нем изменяются в зависимости от вида решаемых задач (проверка работоспособности, поиск дефектов).

Графовые модели могут быть детерминированными и вероятностными.

Основной задачей анализа ДМ является определение множества диагностических параметров, отображающих изменение технического состояния объекта диагностирования. Из этого множества параметров формируют совокупность оцениваемых диагностических параметров, характеризующих техническое состояние ОД с определенной мерой достоверности. Выбранные параметры предопределяют содержание последующих этапов диагностического обеспечения.

Выбор метода оценки диагностических параметров зависит от точности и возможности их измерения, требуемой степени автоматизации диагностирования. На этом этапе должны быть четко сформулированы требования к техническим средствам.

Определение нормативных значений параметров технического состояния сочетается с формулировкой признаков наличия дефектов, включающих в себя условия различения работоспособных и неработоспособных состояний объекта.

В результате анализа ДМ объекта разрабатываются алгоритмы и программа диагностирования, эффективность которых может быть оценена одним критерием или сочетанием нескольких: стоимость, время, объем оборудования, квалификация обслуживающего персонала. К обобщенным параметрам эффективности диагностирования можно отнести показатели контролепригодности транспортных средств, определяемые на завершающем этапе разработки диагностического обеспечения.

При разработке диагностического обеспечения транспортного средства в процессе его проектирования стремятся добиться наибольшей эффективности системы диагностирования. Если же система диагностирования проектируется для существующего парка транспортных средств, то при разработке диагностического обеспечения должны быть учтены особенности каждого вида транспортного средства и различные варианты технического исполнения отдельных систем. Практически диагностическое обеспечение разрабатывается применительно к каждой системе транспортного средства с учетом конструктивных особенностей, условий эксплуатации и ремонта.

8. Нормативные значения диагностических параметров

Объективная количественная оценка технического состояния транспортных средств по текущим значениям диагностических параметров может быть получена в том случае, если правильно и обоснованно установлены их характеристические значения. Заложенные в правила технического обслуживания и ремонта транспортных средств, эти значения ДП являются нормативными, обязательными для проверки и соблюдения при проведении ТО и ТР.

Параметры технического состояния узла, агрегата, элемента подразделяют по важности на две группы. К первой группе относятся параметры, связанные с безопасностью эксплуатации транспортного средства, а также параметры, от которых зависят эргономические показатели – шум, вибрация, токсичность отработавших газов. Как правило, ДП этих механизмов хорошо отражают выходные (рабочие) показатели (тормозной путь, время срабатывания тормозов,

содержание СО в отработавших газах и т.д.) и могут быть измерены непосредственно. Ко второй группе относятся параметры, связанные с технико-экономическими показателями, такие как расход топлива и др.

Важнейшим этапом разработки СТД – определение нормативных значений структурных и диагностических параметров технического состояния элементов транспортных средств, обеспечивающих постановку диагноза технического состояния.

К нормативным значениям относятся номинальные $z_н$, предельные $z_п$ и допускаемые $z_д$ значения.

Номинальное значение параметра соответствует новым, технически исправным транспортным средствам, агрегатам, узлам, элементам.

Предельное значение параметра соответствует такому состоянию объекта, когда его дальнейшая эксплуатация становится технически невозможной или экономически невыгодной.

Допускаемое значение параметра представляет собой ужесточенное предельное значение, при котором обеспечивается заданный либо экономически оптимальный уровень вероятности отказа на предстоящей межконтрольной наработке.

При системе технического обслуживания по состоянию допускаемое значение параметра является основным управляющем показателем. Сравнивая в момент контроля текущее значение диагностических параметров с допускаемыми, выносят решение об исправности объекта либо необходимости проведения технического воздействия – предупредительного ремонта или регулирования. Номинальные и предельные значения структурных параметров элементов транспортных средств устанавливается изготовителями в отраслевой нормативно-технической документации.

9. Контролепригодность транспортных средств

Один из источников повышения коэффициентов готовности и использования транспортных средств – снижение времени их простоев на ТО и ТР, которое обеспечивается увеличением объемов контрольно-диагностических работ в общем объеме работ по ТО и ТР. Особенно заметно увеличение контрольно-диагностических работ в процессе ТО транспортных средств. Объем контрольно-диагностических и регулировочных работ превышает 25 – 30% общего объема работ по ТО транспортных средств.

Как правило, полезное время, затрачиваемое на непосредственное измерение диагностических и контролируемых параметров в среднем равно 5 – 10% общего времени диагностирования; остальные 90 – 95% приходятся на установку и снятие первичных преобразователей, установление нужного режима работы транспортного средства для диагностирования и обработку результатов диагностирования. Причем на снятие и установку преобразователей приходится до 50 – 80% общего времени диагностирования.

Радикальным способом снижения трудоемкости контрольно-диагностических работ является повышение контролепригодности транспортных средств, в том числе их приспособленности к диагностированию, и внедрение более эффективных методов контроля и диагностирования.

Повышение контролепригодности транспортных средств может быть осуществлено следующими способами:

- приспособлением транспортного средства к удобному и простому подключению измерительных преобразователей на период диагностирования и контроля, выбором наиболее эффективных методов диагностирования и контроля, обеспечением универсальных, специально выполненных в транспортных средствах присоединительных мест, разъемов, штуцеров, заглушек и т.п.;
- введением в конструкцию транспортных средств встроенных измерительных преобразователей, к выводам которых в период диагностирования можно подключать внебортовые (стационарные и переносные) средства диагностирования (для удобства подключения последних выходы измерительных преобразователей выводят на специально предусмотренные разъемы);
- комплектованием транспортных средств постоянно действующими измерительными преобразователями и вторичными приборами (системами бортового контроля), выдающими в любой момент времени, выбираемый оператором, информацию о техническом состоянии узла или элемента транспортного средства.

На практике наиболее целесообразно комплексное использование всех трех способов.

Контролепригодность транспортного средства (системы, агрегата, узла, элемента) обеспечивают на стадиях проектирования, разработки и изготовления. В целом требования контролепригодности должны содержать требования к конструктивному исполнению; к параметрам и методам диагностирования; критерии контролепригодности.

Требования к конструктивному исполнению включают:

- требования к приспособленности изделия для применения рациональных методов и средств диагностирования в зависимости от вида и назначения систем диагностирования;
- требования к взаимному согласованию устройств соединения изделия с СТД с учетом стандартизации и унификации соединительных устройств (разъемов, переходников, штуцеров и др.), а также требования к безопасному и однозначному соединению;
- требования к числу, расположению, доступности, легкосъемности и подключению соединительных устройств.

Требования к параметрам и методам диагностирования должны содержать требования к количественному и качественному составу диагностических параметров и алгоритму диагностирования.

Критерии контролепригодности, как правило, должны давать количественную оценку. Выделяют основные и дополнительные критерии контролепригодности.

Основные критерии подразделяют на оперативные и экономические.

К оперативным критериям относятся среднее время диагностирования $t_{д.ср}$, среднее время подготовки изделия к диагностированию (контролю) $t_{п.ср}$,

удельные затраты времени на диагностирование $t_{д.уд}$, а также временной $K_в$ и информативно-временной $K_и$ показатели.

Временной показатель комплексно характеризует конструктивное совершенство изделия, применяемые при этом средства контроля и их взаимное соответствие. Информационно-временной показатель представляет комплексную характеристику, учитывающую эффективность выбора контролируемых параметров и применяемых средств контроля.

К экономическим критериям относятся:

энергозатраты $Э$ (работа, затраченная на диагностирование или контроль), трудоемкость $T_д$ и стоимость $C_д$ диагностирования, трудоемкость $T_п$ и стоимость $C_п$ подготовки изделия к диагностированию, комплексный стоимостной показатель $K_{к.с}$, удельные трудовые затраты $K_т$, стоимость диагностирования $K_с$, затраты на материалы при диагностировании $K_м$, отнесенные к единице наработки изделия, коэффициент трудоемкости подготовки изделия к диагностированию $K_{т.д}$, удельная трудоемкость контроля $T_{у.к}$, отнесенная к одному измеряемому параметру.

Перечисленные критерии определяются по зависимостям приведенным на рисунке 5.

К дополнительным критериям относятся показатели доступности, удобства, встроенности измерительных преобразователей и др.

Наименование	Аналитическая зависимость
Оперативные критерии	
Среднее время диагностирования	$t_{д.ср} = \sum_1^n q_i t_{к.ср.i}$
Среднее время подготовки к диагностированию	$t_{п.ср} = \sum_1^k t_{ус.i} + \sum_1^l t_{м.j}$
Удельные затраты времени на диагностирование	$t_{д.уд} = \left(\sum_1^m t_{д.j}\right)/t$
Временной	$K_в = \left(\sum_1^{P_1} t_{д.ср.i}\right) \Big/ \left(\sum_1^{P_1} t_{д.ср.i} + \sum_1^{P} t_{п.ср.i}\right)$
Информационно-временной	$K_и = K_в \left[\sum_1^{P_1} (H_{0i} + H_i)\right] \Big/ \sum_1^{P} H_{0i}$
Экономические критерии	
Энергозатраты	—
Трудоемкость диагностирования	—
Стоимость диагностирования	—
Трудоемкость подготовки объекта к диагностированию	—
Стоимость подготовки объекта к диагностированию	—
Комплексный стоимостной	$K_{к.с} = C_{к.с}/(C_{к.с} + C_{ТО}$
Удельные трудовые затраты	$K_т = \sum_1^N (T_{д.i}\, m_i)/t$
Затраты на материалы	$K_м = C_{м.д}/t$
Критерии оценки уровней контролепригодности	
Дифференциальный	$g_0 = K_i/K_{i\,б}$
Комплексный	$g = \prod_1^\theta (g_i)^{\sigma_i}$

Здесь q_i — вероятность повторения i-й операции; n — число операций при диагностировании; k — число диагностических параметров; l — число контролируемых точек; m — число диагностирований за период t; $t_{ус.i}$ — подготовительно-заключительное время для измерения i-го параметра; $t_{м.j}$ — время, необходимое для доступа к j-й контрольной точке и приведение ее в исходное состояние; $t_{д.j}$ — среднее время j-го диагностирования; P_1 и P — число реализуемых и общее число операций контроля; H_{0i}, H_i — энтропия объекта по i-му параметру до и после диагностирования; N — число диагностических параметров; $C_{к.с}$, $C_{ТО}$ — суммарные затраты на контроль, ТО и ТР за период t; $T_{д\,i}$ и $C_{д\,i}$ — трудовые затраты и стоимость диагностирования i-го параметра; $C_{м.д}$ — затраты на материалы за период t; m_i — число диагностирований по i-му параметру за период t; K_i и $K_{iб}$ — значения контролепригодности оцениваемого и базового изделий; θ — число критериев, по совокупности которых оценивают уровень контролепригодности; σ_i — коэффициент весомости i-го критерия контролепригодности.

Рис. 5. Основные критерии оценки контроле пригодности транспортных средств.

Вопросы для проведения модульного и экзаменационного контроля

1. Надежность, долговечность, безотказность и ремонтопригодность.
2. Техническое диагностирование: цель и задачи.
3. Изменение технического состояния транспортных средств в процессе эксплуатации.
4. Вероятность безотказной работы. Вероятность отказов. Интенсивность отказов.
5. Факторы, влияющие на изменение параметра технического состояния транспортных средств и его систем.
6. Основные показатели работоспособности: отказ и неисправность.
7. Постепенные и внезапные отказы.
8. Конструкционные, производственные и эксплуатационные отказы.
9. Управление техническим состоянием транспортных средств.
10. Параметры технического состояния: структурные и диагностические.
11. Требования, предъявляемые к диагностическим параметрам.
12. Однозначность и широта измерения диагностических параметров.
13. Диагностические параметры: частные и общие, зависимые и независимые.
14. Классификация диагностических параметров по характеру информации.
15. Связи между структурными и диагностическими параметрами.
16. Выбор диагностических параметров при проведении диагностирования транспортных средств.
17. Особенности транспортного средства, которые необходимо учитывать при организации системы диагностирования.
18. Блочно-функциональная декомпозиция транспортного средства.
19. Функциональное, морфологическое и информационное описание транспортного средства.
20. Структура диагностического обеспечения транспортного средства.
21. Виды диагностических моделей объекта диагностирования. Требования предъявляемые к диагностическим моделям.
22. Аналитические диагностические модели.
23. Диагностические модели в виде регрессивных зависимостей.
24. Логические диагностические модели.
25. Диагностические модели представленные графами.
26. Виды нормативных значений диагностических параметров.
27. Контролепригодность транспортного средства.
28. Пути повышения контролепригодности транспортного средства.
29. Требования контролепригодности предъявляемые к транспортному средству.
30. Оперативные критерии контролепригодности.
31. Экономические критерии контролепригодности.

СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Хруцкий О. В. Техническая диагностика. - СПб: МТУ, 2005. - 207 с.
2. Глазков В. Ф. Основы теории надежности и диагностики. - СПб: СПбГАСУ, 2006. - 103 с.
3. ДСТУ 2389-94. Технічне діагностування та контроль технічного стану. Терміни та визначення. - К.: Держстандарт України, 1994. - 23 с.
4. Переверзнев Е.Г. Надежность технических систем. - Днепропетровск: Пороги, 2002. - 396 с.
5. Вентцель Е.С., Овчаров Л.А. Теория вероятностей и ее инженерные приложения. – М.: Наука, 1988. - 240 с.
6. Пархоменко П.П. Основы технической диагностики. В 2-х книгах. Кн. 1. Модели объектов, методы и алгоритмы диагноза. - М.: Энергия, 1976. - 464 с.
7. Пархоменко П.П., Сагомонян Е.С. Основы технической диагностики. Кн.2. Оптимизация алгоритмов диагностирования, аппаратурные средства. - М.: Энергия, 1981. - 320 с.
8. Сафарбаков А.М., Лукьянов А.В., Пахомов С.В. Основы технической диагностики. - Иркутск: ИрГУПС, 2006. - 216 с.
9. Довідник працівника газотранспортного підприємства / В.В. Розгонюк, А.А. Руднік, В.М. Коломєєв та ін. – Київ: Росток, 2001. – 1092 с.
10. Сви Павел Максович Методы и средства диагностики оборудования високого напряжения -М.: Энергоатомиздат, 1992. - 236с.
11. Грабко В.В., Мокін В.І. Моделі та системи технічної діагностики високовольтних вимикачів. -Вінниця: Універсум - Вінниця, 1999 - 74с.