

Захист від дестабілізуючих факторів

Розділ 4

- *Захист від вологи.*
- *Захист від пилу.*
- *Герметизація РЕА.*
- *Захист від температурних впливів.*
- *Охолодження.*

Захист від вологи

Захист апаратури від впливу вологості здійснюється:

- відповідними матеріалами та покриттями,
- застосуванням посиленої вентиляції сухим повітрям,
- підтриманням всередині виробів більш високої температури, ніж температура навколишнього середовища,
- використанням поглиначів вологи,
- розробкою герметичній апаратури.

Корозія протікає більш інтенсивно при контактуванні матеріалів з різними електрохімічними потенціалами. Метал з негативним потенціалом гальванічної пари буде руйнуватися і тим швидше, чим більше різниця їх електрохімічних потенціалів.

Металл	Потенціал, мВ
Серебро	+194
Медь	+140
Нікель	+118
Алюміній	-169
Олово	-175
Свинець	-283
Сталь	-350
Кадмій	-574
Цинк	-823

Якщо з тих чи інших причин неможливо замінити метали з високою різницею електрохімічних потенціалів, то на них наносяться захисні покриття:

- металеві,
- хімічні,
- лакофарбові покриття.

***Металеві покриття** утворюють з основним матеріалом деталі контактну пару. Залежно від полярності потенціалу розрізняють покриття анодні (негативний потенціал покриття по відношенню до основного металу) і катодні (позитивний потенціал покриття). При корозії може руйнуватися як основний метал деталі, так і покриття. Руйнування відбувається через наявність пор в покриттях, пошкоджень, подряпин, тріщин, що виникають в процесі експлуатації, і будуть тим інтенсивніше, чим більше різниця електрохімічних потенціалів між основним металом і покриттям. При анодному покритті внаслідок корозії руйнується саме покриття, основний матеріал деталі не руйнується. При катодному покритті все відбувається навпаки.*

Найбільш поширені: нікель, мідь, цинк, кадмій, олово і срібло. Товщина покриття вибирається залежно від матеріалу і способу нанесення покриття. Для поліпшення механічних і захисних властивостей покриттів рекомендуються до застосування багатошарові покриття з різнорідних матеріалів.

Захист від вологи

Отримане **хімічним способом** покриття менш міцне, ніж покриття металеве. Утворюється при цьому захисна плівка хімічно пасивна, стійка, має хороший декоративний вигляд. Товщина покриття зазвичай від 1 ... 15 мкм.

Оксидування - отримання оксидної плівки на сталі, алюмінії і його сплавах. Таке покриття має гарний зовнішній вигляд, антикорозійне, але не міцне і мікропористе. Остання властивість покриття дозволяє його використовувати як ґрунт під забарвлення.

Анодування - декоративне покриття алюмінію і його сплавів електрохімічним способом. Захисна плівка хімічно стійка, має високі електроізоляційні властивості, надійно захищає від корозії, може бути пофарбована.

Фосфатування - процес утворення на сталі захисної плівки з високими антикорозійними і електроізоляційними властивостями, хорошою адгезією. Одержжане покриття пористе і недостатньо міцно. Фосфатні плівки використовуються як ґрунт під забарвлення.

Лакофарбові покриття захищають деталі від корозії. Як недолік слід відзначити низьку механічну міцність і термостійкість. Цей вид покриття застосовується для фарбування каркасів, кожухів, лицьових панелей приладів тощо. Якісний зовнішній вигляд виробу забезпечується багатошаровим фарбуванням. Товщина лакофарбового покриття коливається від 20 до 200 мкм.

Існують такі групи: водостійкі, спеціальні, маслобензостійкі, хімічно стійкі, термостійкі, електроізоляційні.

Лакове покриття товщиною 80 ... 130 мкм захищає плату з компонентами від вологості. Недоліком лакових покриттів є те, що вони вимагають високої чистоти виробничих процесів і ускладнюють заміну несправних компонентів. При експлуатації покриття сколюються, ламаються, лущаться і забруднюють контакти електричних з'єднувачів.

Захист від дії пилу

Пил - суміш твердих частинок малої маси, що знаходиться в повітрі у зваженому стані або повільно осідає на поверхню предметів. Розрізняють пил природний та технічний.

При відносній вологості повітря вище 75% і нормальній температурі спостерігається зростання числа частинок пилу, їх коагуляція, підвищується ймовірність тяжіння пилу до нерухомих поверхонь. При низькій вологості частинки пилу електрично заряджаються. Як правило, неметалевий пил заряджається позитивно, металевий - негативно.

Пилонепроникність ЕА або окремих її пристроїв може бути досягнута установкою їх в герметичні корпуси. Однак при цьому зростає вартість ЕА, погіршується температурний режим роботи. Якщо корпус ЕА виконаний з перфораціями, пил разом з охолодженим повітрям проникне всередину ЕА природним шляхом, або при примусовому повітряному охолодженні - разом з повітряними потоками від вентиляторів. Зменшити попадання пилу всередину ЕА можна установкою на вентиляційні отвори дрібно зернистих сіток, створенням всередині приміщень, де експлуатується ЕА, відповідної чистоти повітря.

Вологість повітря відіграє велику роль у боротьбі з негативним впливом пилу. З підвищенням відносної вологості вище 70% пил коагулює, не піднімається слабкими рухами потоків повітря і не прилипає на елементи конструкції. Тому рекомендується регулярно вологе протирання підлог в залах обчислювальних центрів, при цьому миючі засоби не повинні виділяти парів, які можуть викликати корозію металів.

Для усунення проникнення забрудненого повітря з інших приміщень в залах обчислювальних центрів створюється надлишковий тиск в 1... 1,5 мм рт. ст. Використовувані в приміщеннях будівельні, оздоблювальні, шумопоглинаючі і ізоляційні матеріали не повинні створювати пил. Для запобігання потрапляння в приміщення запиленого повітря з вулиці віконні прорізи повинні бути герметичними.

Герметизація ЕА

Герметизація вузлів, блоків і шаф ЕА є надійним засобом захисту від впливу вологості і шкідливих речовин навколишнього середовища, пилу, зміни барометричного тиску. Хоча ІС і ЕРЕ поставляються герметичними, але часто в процесі експлуатації всередину корпусів компонентів проникає волога, змінюючи властивості матеріалів, викликаючи короткі замикання.

Модулі першого рівня захищають покриттям лаком, заливанням епоксидною смолою, просоченням, особливо моткових виробів, опресуванням герметизуючими компаундами. Компаундом називається композиція на основі органічних (смола, бітумів, масел) або неорганічних (алюмофосфатів, металометафосфатів) речовин. Герметизація компаундами покращує електроізоляційні і механічні характеристики модуля. Однак низька теплопровідність більшості компаундів погіршує відвід теплоти, обмежує або робить неможливим ремонт, внутрішні напруги можуть порушити цілісність деталей і електричних з'єднань.

Найефективнішим способом захисту, але й найдорожчим є повна герметизація блоків і шаф в герметичних кожухах. При цьому виникає необхідність у розробці спеціальних корпусів, прокладок, способів герметизації зовнішніх електричних з'єднувачів, виходів джгутів, елементів управління та індикації.

Джерелами вологи можуть виявитися литі конструкції і конструкції, отримані екструзією, через пористості їх поверхні. В порах скупчується волога, бруд, жири і проникають в герметизовані обсяги. Щоб цього не відбувалося, подібні конструкції в вакуумі просочують епоксидною смолою.

Якщо температура всередині герметизованих виробів нижче температури навколишнього середовища, то при високій вологості всередині виробів волога буде конденсуватися, викликаючи відмови. Вертикальна орієнтацією плат та електричних з'єднувачів забезпечує природний шлях відводу вологи в піддон виробу. Щоб з конструкції легко скочувалася волога, поверхня її повинна бути гладкою.

Сталості відносної вологості в певних межах всередині герметичного апарату можна домогтися введенням всередину виробу **речовин, активно поглинаючих вологу**. Подібними речовинами є силікагель, хлористий кальцій, фосфорний ангідрид. Однак вони вбирають вологу до певної межі. Наприклад, силікагель поглинає близько **10%** вологи від своєї сухої маси. При цьому відносна вологість всередині апаратури не перевищує **80%**.

Герметизація ЕА

Способи герметизації. Широко застосовуються **пружні ущільнювальні прокладки**, що встановлюються між кришкою і корпусом. Великі зусилля при стисненні не рекомендуються, оскільки через інтенсивне старіння прокладка швидко виходить з ладу. Форма поперечного перерізу прокладки може бути різною. Прямокутні прокладки прості у виготовленні, легкі у використанні, здатні забезпечити повітряну герметизацію габаритних виробів, але не захищають їх від впливів водяної пари.

Як матеріал прокладок використовують гуму, що володіє високою еластичністю, піддатливістю і здатністю проникати в найменші заглиблення і нерівності.

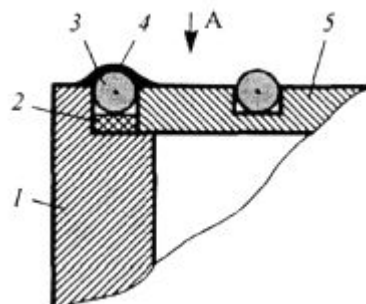
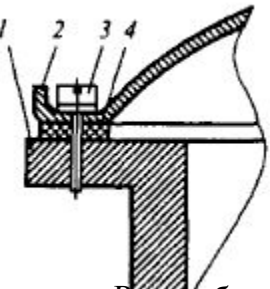
Волога з часом проникає через всі органічні матеріали, тому вироби з прокладками з органічних матеріалів забезпечують захист від водяної пари лише протягом декількох тижнів.

При експлуатації апаратури в умовах наднизького вакууму, великих тисків, високих температур органічні матеріали застосовувати забороняється, рекомендується використовувати метали, кераміку, скло.

В особливих випадках в якості **матеріалів прокладок застосовують мідь** і нержавіючу сталь з алюмінієвим або індієвий покриттям. Такі прокладки найчастіше виконуються трубчастими із зовнішнім діаметром 2-3 мм при товщині стінок 0,1...0,15мм. Жолобок в кришці і корпусі виробу в поперечному перерізі має бути в формі еліпса.

При жорстких вимогах до герметичності герметизацію виконують зварюванням або паянням по всьому периметру корпусу. Конструкція корпусу виробу повинна допускати кількаразове виконання операцій розгерметизації/герметизації. У поглиблення корпусу 1 встановлюється прокладка 2 з жаростійкої гуми, на яку укладається сталевий луджений дріт 3. Дріт по контуру виробу припаюється до корпусу, утворюючи шов. Вільний кінець дроту у вигляді відводу фіксується в пазу на кришці 5. При розгерметизації виробу шов нагрівають і припой разом з дротом легко видаляється.

Повторну герметизацію можна здійснювати багаторазово. Гумова прокладка охороняє виріб від перегріву при пайці шва. Ширина прокладки на 0,2 ... 0,3 мм більше ширини зазору між кришкою і корпусом. Діаметр дроту повинен бути менше ширини зазору між кришкою і корпусом на 0,1 ... 0,2 мм.



Захист від температурних впливів

Завдання забезпечення працездатності **при низьких температурах** вирішується нагріванням впродовж деякого часу приміщення з одночасним включенням апаратури для підігріву. При досягненні всередині виробу нормальної температури приступають до його експлуатації. Далі через саморозігрів температура всередині виробу буде підвищуватися і може виникнути необхідність у його охолодженні.

Нагрівання зручніше проводити електричними нагрівальними елементами, температура контролюється або за допомогою термометрів, розміщуваних в ЕА в зручних для спостереження місцях, або автоматично з вимиканням нагрівачів після прогріву апаратури. При інтенсивному нагріванні холодного повітря всередині приладу пари води конденсуються на ще холодних поверхнях конструкції доти, поки не осяде вся надлишкова волога повітря. Подальший нагрів призведе до нагрівання конструкції і випаровуванню вологи. Конденсація виявляється неможливою, якщо нагрівання відбувається повільно.

Найчастіше конструктор вирішує завдання видалення надлишку теплоти в результаті саморозігріву апаратури.

Блискучий екран, що розмежовує теплонавантажені і чутливі до перегріву модулі, знижує випромінювання теплового потоку приблизно вдвічі. В цілях вирівнювання температури поверхні всередині апаратури та теплонавантажені модулі повинні мати високу ступінь чорноти. Для цього внутрішні поверхні кожухів і каркасів забарвлюються олійними чорними фарбами або лаками.

Необхідно захищати апаратуру від прямого попадання сонячних променів. Перегрів апаратури з темним забарвленням кожуха, освітлюваної сонцем при незначній циркуляції повітря, може досягати **25 ... 30 ° С**. Наприклад, має місце перевищення температури металевих поверхонь (в градусах Цельсія) в помірному кліматі при прямому падінні сонячних променів: без покриття - **24**; забарвлених в білий колір - **13**; сірий - **21**; чорний - **27**.

Захист від температурних впливів

При конвективному відводі теплоти використовують повітряне природне, примусове і водо-повітряне охолодження. При високих вимогах до стабільності параметрів схем застосовують термостатування вузлів і блоків.

Природне охолодження використовується у побутовій апаратурі з щільністю теплових потоків від охолоджуваних поверхонь не більше $0,05 \text{ Вт/см}^2$. Метод охолодження природною конвекцією, будучи найпростішим, вимагає підвищеної уваги конструктора до питань раціонального компонування за критерієм забезпечення нормального теплового режиму. При компонуванні необхідно прагнути до рівномірного розподілу виділеної потужності по всьому об'єму виробу. Компоненти і вузли з великими тепловиділеннями необхідно розташовувати у верхній частині корпусу або поблизу стінок, критичні до перегріву компоненти - в нижній частині, захищати тепловими екранами.

При компонуванні апаратури необхідно уникати утворення «насток тепла», в яких відсутні конвективні потоки повітря. Для вирівнювання температури в каналах, утворених встановленими рядами модулів, повинні бути зазори не менше 30 мм.

Розрізняють конструкції з перфорованим і герметичним кожухом. В перфорованому кожусі передбачаються вентиляційні отвори круглої, квадратної, прямокутної форми, жалюзі. Сумарна площа вентиляційних отворів у дні (кришці) приладу повинна складати 20 ... 30% від живого перерізу, під яким мається на увазі вільна для проходу конвективних потоків повітря площа перерізу приладу. Вхідні вентиляційні отвори повинні бути якнайнижче (в дні), вихідні отвори переважніше виконувати в кришці приладу.

Щоб не перешкоджати надходженню вільних конвективних потоків повітря всередину приладу, між поверхнею і дном повинен бути зазор не менше 30 мм, отримати який можна установкою приладу на амортизатори опорні. З внутрішньої сторони кожуха вентиляційні отвори часто закривають захисними металевими сітками. Замість сіток в дні стійок встановлюють пилозахисні фільтри. Зазори по горизонталі між модулями при природному повітряному охолодженні повинні бути не менше 10 мм.

Циркуляція повітря в приладах і стійках з герметичним кожухом є наслідком різниці щільності повітря, нагрітого всередині ЕА, і більш холодного повітря у стінок кожуха. Перегрів буде зменшуватися із збільшенням зазору між модулями. У дна приладу з герметичним кожухом рух повітря практично відсутній.

Захист від температурних впливів

Примусове повітряне охолодження автономними вентиляторами широко використовується в апаратурі з тепловиділенням не більше $0,5 \text{ Вт/см}^2$ і виконується за схемами подачі охолодженого повітря знизу вверх і зверху вниз. За першою схемою повітря забирається у підлоги, по другий - у стелі. Забір повітря у підлоги, де має місце найбільша кількість пилу, призводить до підвищеної запиленості апаратури, охолодження за схемою зверху вниз - до меншої запиленості, але вимагає більшої витрати повітря, оскільки його температура із збільшенням висоти забору зростає.

Застосовуються припливна, витяжна та припливно-витяжна схеми вентиляції.

В припливній схемою вентилятор засмоктує охолоджуюче повітря всередину виробу. В витяжній нагріте повітря виштовхується з виробу. В припливно-витяжній використовуються два вентилятори на вході і виході повітря з виробу. Робота вентилятора по припливній схемі вентиляції забезпечує в порівнянні з витяжною вентиляцією велику продуктивність. Витяжну схему вентиляції можна рекомендувати до використання в апаратурі з великими аеродинамічними опорами. Припливно-витяжна схема дозволяє збільшити напір охолоджуючого повітря.

Вентилятори встановлюються або безпосередньо в прилад, або в спеціальні блоки, що забезпечуються елементами комутації і фіксації на корпусі блоку або каркасі стійки. В блоках розміщуються один або кілька вентиляторів, протизапорошний фільтр, елементи сигналізації несправного стану, аварійного відключення. Залежно від теплового навантаження апаратури в блок встановлюється різне число вентиляторів. Незайняті настановні місця закриваються заглушками.

***Водо-повітряну систему** охолодження можна рекомендувати для виробів з високими щільностями компонування елементів. Відведення теплоти від блоків здійснюється повітрям і рідким холодоагентом, що протікає по трубках до охолоджувачів. Для ефективного перемішування повітря і швидкої передачі теплоти охолоджуючої рідини в стійку вводиться вентилятор. Припливна система охолодження конструктивно проста, але вимагає великої витрати рідкого холодоагенту. Введення в систему теплообмінника, в якому відбувається охолодження рідини, дозволяє отримати замкнуту систему охолодження і знизити витрату холодоагенту. Залежно від особливостей об'єкта експлуатації використовуються теплообмінники типу рідина - повітря і рідина - рідина.*

Выбор способа охлаждения

При выборе способа охлаждения ЕА враховуються її режим роботи, конструктивне виконання, величина потужності, що розсіюється, об'єкт установки, довкілля.

З великою ймовірністю можна стверджувати, що при проектуванні складної апаратури з тривалим часом включеного стану виникне необхідність у розробці примусової системи охолодження (СО). Для апаратури разового використання з короткочасним режимом роботи можливо обійтися без примусової СО. Рішення про розробку СО для апаратури короткочасно-повторного режиму роботи приймається лише після аналізу тривалостей включеного-вимкненого станів і характеру її перегріву і охолодження.

Переносна ЕА через малі потужності розсіювання примусовою СО не забезпечується. У складній апаратурі необхідно використовувати примусову повітряну або водо-повітряну СО.

Тепловий аналіз ЕА дозволяє отримати попередні дані про розроблювану СО. Для цього по кожному модулю першого рівня складається перелік тепловиділяючих компонентів, встановлюються потужності нагріву і максимально допустимі температури. На основі цих даних виділяються критичні до перегріву компоненти, а також компоненти, що встановлюються на тепловідводи. Далі розраховуються питомі поверхневі або/та об'ємні теплові потоки модулів вищих рівнів. Для цього потрібно обчислити потужності, що розсіюється в модулях компонентами, зовнішню поверхню або обсяг модулів. За значеннями щільності теплового потоку, в першому наближенні вибирають систему охолодження по допустимому перегріву в 40°C .

Потім для всіх модулів, починаючи з модулів першого рівнів, складається перелік компонентів або модулів нижчих рівнів, здійснюється розміщення їх за критерієм мінімального перегріву, за рівнянням теплового балансу визначається витрата холодоагенту. Якщо в якості холодоагенту передбачається використовувати повітря, то необхідно встановити його кількість, максимально можливу температуру на вході СО, перевірити запиленість і наявність в ньому агресивних домішок. Присутність пилу в повітрі вимагає установки протипилових фільтрів.

Способ охлаждения	Негерметичная $q_s, \text{Вт/см}^2$, не более	Герметичная $q_s, \text{Вт/см}^3$, не более
Естественная конвекция	0,05	0,02
Принудительная конвекция	0,50	0,45
Водо-воздушный	0,65	0,60