

МЕТОДИ І ПРИЛАДИ КОНТРОЛЮ ЯКОСТІ ПРОДУКЦІЇ

УДК 658.562:681.121

ШЛЯХИ ВПРОВАДЖЕННЯ СУЧАСНИХ ТЕХНОЛОГІЙ МЕНЕДЖМЕНТУ ЯКОСТІ ПРИ РОЗРОБЛЕННІ ТА ВИРОБНИЦТВІ ВИТРАТОВИМІРЮВАЛЬНОЇ ТЕХНІКИ

© Карпаш О.М., 2006

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

© Петришин І.С., Петришин Н.І., 2006
ДП "Івано-Франківськстандартметрологія"

Розглянуто FMEA-аналіз (Failure Mode and Effects Analysis) – аналіз можливості виникнення дефектів та їх впливу на споживача, який передбачає визначення потенційних дефектів витратовимірювальної техніки (ВВТ), причин їх виникнення, наслідків дефектів для споживачів ВВТ, можливості контролю виникнення дефектів, а також визначення кількісних оцінок: ступеня важкості наслідків для споживачів ВВТ, частоти виникнення дефектів, ймовірності їх виявлення та ступеня небезпеки дефектів для підприємства-розробника чи виробника ВВТ. Даний метод є ефективним інструментом підвищення якості ВВТ, направленим на запобігання дефектів або зменшення негативних наслідків від них

Підвищення надійності витратовимірювальної техніки (ВВТ), а саме її здатності виконувати вимірювання із заданими технічними та метрологічними характеристиками, є однією з найважливіших проблем розробників та виробників ВВТ. За даними зарубіжних спеціалістів [1], біля 80% всіх дефектів, які виявляються в процесі виробництва та експлуатації виробів, обумовлені недостатньою якістю процесів розробки концепції виробу, конструювання та підготовки його виробництва. Біля 60% всіх дефектів, які виникають під час гарантійного терміну виробу, мають свою причину в помилковій, поспішній та недосконалій розробці. За даними дослідного відділу фірми "Дженерал Моторс" (США) при розробці і виробництві виробу діє правило десятикратних витрат: якщо на одній із стадій петлі (спіралі) якості виробу допущена помилка, яка виявлена на наступній стадії, то для її виправлення потрібно затратити в десять разів більше коштів, ніж тоді, коли вона була б виявлена вчасно. Якщо помилка була виявлена через одну стадію – вже в 100 разів більше, через дві стадії – в 1000 разів і т.д. Концепція всеохоплюючого менеджменту якості (TQM) вимагає зміни підходів до розробки нових видів ВВТ, оскільки постає питання не просто

підтримки визначеного, нехай і достатньо високого рівня якості ВВТ, а й задоволеність споживача. Якраз на стадії проектування ВВТ з мінімальними затратами можна досягнути визначеного рівня якості майбутнього виробу. Взагалі, про вирішальну роль проектування в сучасних умовах свідчить відоме правило 70:20:10 [2]. Згідно даного правила, якщо за 100% визначити успішне вирішення проблеми забезпечення якості ВВТ, то 70% цього успіху залежать від проектування, 20% - від виготовлення і 10% - від експлуатації ВВТ. Тому сьогодні будь-яке підприємство, яке зацікавлене в успіху на ринку, повинно організувати роботи з проектування ВВТ таким чином, щоб:

- витратомір з самого початку випуску був зручним у користуванні, обслуговуванні, безвідмовності, технологічності і т.д.;

- технологія виготовлення даної конструкції ВВТ або її вузлів була без збоїв і непрямних наслідків для якості ВВТ в цілому, без втрат для підприємства;

- вартість ВВТ була мінімально можливою при заданому рівні якості.

Успішно вирішити ці проблеми допоможе підприємству впровадження технологій аналізу проектних рішень, однією з яких є FMEA-аналіз

(Failure Mode and Effects Analysis) – аналіз можливості виникнення дефектів та їх впливу на споживача. В основному даний вид аналізу проводиться для нових виробів з метою зниження ризику споживача від потенційних дефектів. За даними журналу “Quality Progress”, сьогодні не менше 80% розробок технічних виробів і технологій їх виробництва проводиться з використанням FMEA-аналізу [3].

Метод FMEA був розроблений в 60-х роках Національним управлінням з авіонавтики та дослідження космічного простору США (NASA). З 1977 р. (конгрес SAE на фірмі “Форд”) метод FMEA отримав широке розповсюдження в автомобільній промисловості США, Японії та Європи. Даний метод введений спеціальною настановою в комплект документів QS-9000, основу якого складає міжнародний промисловий стандарт QS-9000 “Вимоги до систем якості”. Метод FMEA також активно застосовується в авіаційній, атомній та інших галузях промисловості зарубіжних країн. Для прикладу, в Німеччині метод FMEA стандартизовано (DIN 25448, 6/80).

Актуальним на сьогоднішній день є впровадження даного методу з метою виявлення під час розробки чи виробництва ВВТ можливості виникнення дефектів (відмов) і застосування при цьому дієвих заходів щодо їх попередження.

Метод FMEA передбачає вивчення характеру потенційного дефекту, а також кількісну оцінку ризику виникнення цього дефекту. Даний метод може проводитись як до конкретного витратоміру безпосередньо, так і до процесу його виготовлення. При цьому FMEA-аналіз витратоміру розглядає ризики, які виникають у зовнішнього споживача (користувача), а FMEA-аналіз процесу – у внутрішнього споживача (розробника, виробника). В процесі FMEA-аналізу беруться до уваги окремі дефекти чи відмови, а не їх комбінації.

FMEA-аналіз конструкції витратоміру включає два основних етапи:

- етап побудови компонентної, структурної, функціональної та потокової моделей об'єкту аналізу (ВВТ);

- етап дослідження моделей, що включає 8 кроків.

Крок 1: Потенційні дефекти для кожного з елементів компонентної моделі об'єкту.

Такі дефекти в основному пов'язані або з відмовою функціонального елемента (його руйнуванням, поломкою і т.д.), або з неправильним виконанням елементом його корисних функцій (відмови по точності, продуктивності і т.д.), або з шкідливими функціями елемента. Необхідно також розглядати дефекти, які можуть виникнути при транспортуванні, збереженні, а також при зміні

зовнішніх факторів (вологість, тиск, температура).

Взагалі, потенційні відмови або дефекти для ВВТ можна класифікувати за їх фізичною суттю на механічні, електричні, метрологічні [4].

Механічна відмова зовнішньо проявляється в порушенні герметичності або міцності чутливих елементів або перетворювачів, в заклинюванні рухомих елементів, тобто в порушенні працездатності механічних елементів витратоміра (найчастіше - перетворювача).

Електрична відмова проявляється в порушенні працездатності електричних ланок, елементів електричних блоків і ліній зв'язку.

Метрологічна відмова проявляється у виході якої-небудь метрологічної характеристики за межі встановленого допуску (найчастіше – статистичної характеристики перетворення, рідше – випадкової складової похибки).

Так, наприклад, в результаті аналізу причин виходу з ладу 56-ти промислових роторних лічильників газу на протязі 2003-2005 років було встановлено такі основні чинники механічних дефектів (відмов):

- заклинювання (або збільшення сили тертя) підшипників – 29 шт. або 51,8%;

- зношення синхронізуючих шестерень – 11 шт. або 19,9%;

- деформація коліс відлікового механізму – 10 шт. або 17,8%;

- затирання магнітної муфти в місці її посадки – 4 шт. або 7%;

- витік мастила – 2 шт. або 3,5%.

З метою подальшого забезпечення та управління якістю на підприємстві-виробникові роторних лічильників газу був застосований статистичний метод діагностування процесу – побудовано діаграму Парето та кумулятивну криву Лоренца і за так званим «правилом 80/20» розділено дефекти на значні, тобто ті, які трапляються найчастіше (так звані «нечисленно істотно важливі»), і на незначні (так звані «численно несуттєві»), які трапляються рідко (рис. 1).

Так як проблеми низької якості приводять до фінансових витрат, то більшість з них буде обумовлена незначним числом дефектів, викликаних невеликою кількістю причин. Таким чином, аналіз діаграми Парето (рис. 1) показує, що механічні дефекти підшипників, синхронізуючих шестерень та відлікового механізму становить 89,5 % усіх невідповідностей. Отже, усунення саме цих дефектів дасть можливість ліквідувати майже всі втрати і саме з цього потрібно починати роботу з забезпечення якості процесу розроблення та виробництва роторних лічильників газу.

Крок 2: Потенційні причини дефектів.

Для їх виявлення можуть бути використані

причинно-наслідкові діаграми Ісікави [5], які будуються для кожної з функцій об'єкту, пов'язаних з появою дефектів.

Для прикладу, потенційними причинами виходу з ладу підшипників (рис. 1) можуть бути: вплив вимірюваного середовища (швидкість напору потоку, агресивні властивості середовища тощо), вплив параметрів стану середовища (температура, тиск тощо), а також дія впливових величин, найчастіше – механічних (гідравлічні та механічні удари, механічні вібрації, лінійні прискорення тощо). Так, наприклад, за даними Управління магістральних газопроводів “Прикарпаттрансгаз”, за

шестирічний період експлуатації роторних лічильників газу виробництва фірми “INSTROMET” (Голандія) з 30-ти лічильників 20 виходило з ладу. Основними несправностями цих лічильників були остаточна деформація роторів в місцях посадки підшипників в тіло ротора, що вело за собою вихід з ладу підшипників. Основною причиною таких несправностей є пневмоудари, які виникають внаслідок нерівномірного відбору споживачами газу протягом доби, а також під час ремонтних робіт, при яких відбувається різке стравлювання газу контуром газорозподільчої станції.

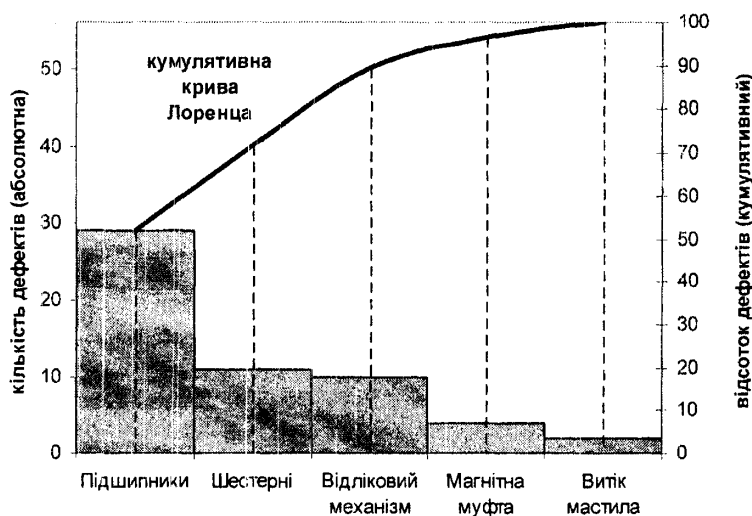


Рис. 1. Діаграма Парето та кумулятивна крива Лоренца

Найбільш ймовірними потенційними причинами електричних відмов можуть бути механічні впливові фактори на електричні блоки та лінії зв'язку, температурні, теплові та кліматичні зовнішні фактори (вологість, хімічний склад навколишнього середовища тощо).

Щодо метрологічних відмов, то вони є “прихованими”, тобто такими, що можуть бути виявлені під час проведення випробувань витратомірів, наприклад, при повірці чи метрологічній атестації ВВТ. Причинами метрологічної відмови, як правило, є тимчасові зміни конструктивних властивостей ВВТ і умов експлуатації, що вплинули на похибку, варіацію, нестабільність нуля ВВТ тощо.

Крок 3: Потенційні наслідки дефектів для споживача ВВТ.

Оскільки кожен з дефектів, які розглядаються, може викликати ланцюг відмов в об'єкті, то під час аналізу наслідків використовуються структурна та потокова моделі об'єкту.

Для прикладу, потенційні наслідки дефектів для споживача ВВТ можуть розглядатись щодо

наступних характеристик моделі витратоміра: діапазон вимірювання витрати, похибка, міжповірочний інтервал, технічний ресурс, габаритно-масові характеристики витратоміра, енергоспоживання тощо. Також потенційні наслідки дефектів можуть розглядатись в залежності від призначення витратомірів, умов їх застосування (в т.ч. з врахуванням класифікації умов застосування витратомірів за впливовими величинами).

Виходячи з класифікації потенційних дефектів та відмов (механічні, електричні, метрологічні), а також потенційних причин їх виникнення, можна розглядати та визначати потенційні наслідки дефектів для споживача перш за все в розрізі показників надійності ВВТ.

Взагалі, зручно поділяти потенційні наслідки дефектів та відмов для споживача ВВТ, виходячи з характеристик безпеки витратоміра, а також його конструктивних, ресурсних, експлуатаційних та метрологічних характеристик [6].

Щодо конкретних потенційних наслідків дефектів для споживачів витратомірів, то можна навести наступні приклади: при втраті

герметичності витратоміра існує небезпека для здоров'я споживача та навколишнього середовища, пожежонебезпека тощо. При збільшенні похибки витратоміра можливі економічні втрати для споживача, в т.ч. збільшення собівартості продукції тощо.

Крок 4: Можливість контролю виникнення дефектів.

При цьому визначається, чи може дефект бути виявленим до настання наслідків в результаті передбачених в об'єкті заходів контролю, моніторингу, діагностики, самодіагностики тощо.

Так, наприклад, метрологічні відмови (дефекти) лічильників газу в експлуатації, можна встановити тільки на основі діагностування стану їх технічних та метрологічних характеристик. Важливо, щоб цей процес проводився не тільки один раз при періодичній повірці, так як неможливо точно визначити час відмови на протязі міжповірочного інтервалу. Тому необхідно, щоб процес діагностування був безперервним, або базувався на самодіагностуванні. Наприклад, втрати тиску на лічильнику газу можуть опосередковано характеризувати витрати газу, які обліковуються лічильником і їх постійний контроль може відображати зміну метрологічних характеристик. Авторами розроблений спосіб діагностування лічильників газу в експлуатації за допомогою контролю реальних характеристик втрати тиску і порівнянні їх з номінальними характеристиками, отриманими під час метрологічних випробувань. За результатами відхилення від допустимих значень оцінюють технічний і метрологічний стан лічильника.

Крок 5: Оцінка ступеня важкості наслідків для споживача (визначення параметру B).

Дана експертна оцінка враховує наслідки дефектів або відмов для споживача ВВТ. Числове значення параметру B визначається на основі експертного ранжування характеристики наслідків в межах від 1 до 10 балів; при цьому найвище значення параметру B відповідає випадку, коли наслідки дефекта чи відмови тягнуть за собою юридичну відповідальність. Так, наприклад, втрата герметичності побутового лічильника газу, може привести до вибухо- та пожежонебезпеки в приміщенні, де він встановлений, що в свою чергу є загрозою життя споживачів газу. В цьому випадку параметру B можна присвоїти 10 балів.

Крок 6: Частота виникнення дефекта (визначення параметру A).

Дана експертна оцінка враховує ймовірність, з якою дефект чи відмова, або їх причина не можуть бути виявленими до виникнення наслідків безпосередньо у споживача ВВТ. Числове значення параметру A визначається на основі експертного

ранжування характеристики ймовірності пропуску дефекту чи відмови, або їх причини та відповідної їй величини в межах від 1 до 10. При цьому найвище значення параметру A означає, що частота дефекту або відмови складає $1/4$ і більше. Як приклад можна навести результати аналізу виходу з ладу лічильного механізму в 24 випадках експлуатації 73-х турбінних лічильників газу, на які були виставлені претензії та рекламачії одному із виробників цього типу лічильників в 2003-2005 роках. Основна причина дефектів – неякісне збирання вузла лічильного механізму, що проявлялось на стадії експлуатації при зупинці окремих відлікових коліс. Так як частота дефекту складає $\approx 0,33$, параметру A може бути приписане одне з найбільших значень.

Крок 7: Ймовірність виявлення дефекту (визначення параметру E).

Дана експертна оцінка враховує ймовірність виникнення дефекту чи відмови. Числове значення параметру E визначається на основі експертного ранжування характеристики появи дефекту чи відмови і відповідної їй величини в межах від 1 до 10. При цьому найвище значення параметру E означає, що “прихований” дефект або відмова не можуть бути виявленими до настання наслідків. Так, наприклад, із прикладу, наведеного на діаграмі Парето (рис. 1), можна вирахувати ймовірність виникнення кожного виду дефекту, визначити “приховані” дефекти (в нашому прикладі – заклинювання підшипників) і за ймовірністю його появи ($\approx 0,5$), присвоїти даному дефекту найвищий бал – 10.

Крок 8: Ризик споживача (розрахунок параметру RPZ).

Це є узагальнена оцінка, яка вказує на ступінь небезпеки даного дефекту/причини для підприємства-розробника чи виробника ВВТ, та визначає пріоритетний коефіцієнт ризику за формулою: $RPZ = B \times A \times E$.

Числове значення параметру RPZ може знаходитись в межах від 1 до 1000. Даний параметр показує, в яких співвідношеннях один до одного знаходяться причини виникнення дефектів. Дефекти з найбільшим пріоритетним коефіцієнтом ризику (коли значення RPZ більше або дорівнює 100...120) підлягають усуненню в першу чергу.

Результати FMEA-аналізу, здійснені за допомогою восьми вищезазначених кроків, заносяться в спеціальну таблицю. Виявлені “вузькі місця” – компоненти об'єкта, для яких значення RPZ буде більше або дорівнюватиме 100...120, – потребують змін, тобто розробляються коригувальні дії щодо найбільш небезпечних дефектів (відмов) та план їх реалізації. При цьому рекомендується розглядати коригувальні заходи в наступній послідовності:

а) виключити причину виникнення дефекту. За допомогою зміни конструкції або процесу зменшити можливість виникнення дефекта (зменшується параметр A);

б) запобігти виникненню дефекта. За допомогою статистичного регулювання перешкодити виникненню дефекта (зменшується параметр A);

в) зменшити вплив дефекта. Зменшити вплив прояву дефекта на споживача (зменшується параметр B);

г) полегшити та підвищити достовірність виявлення дефекта. Полегшити виявлення дефекта та наступний ремонт (зменшується параметр E).

Розроблені заходи також заносяться в спеціальну таблицю FMEA-аналізу. Потім перераховується потенційний ризик RPZ після проведення коригувальних заходів. Якщо не вдалось його зменшити до прийнятних меж (низького ризику $RPZ < 40$ або середнього ризику $RPZ < 100$), розробляються додаткові коригувальні заходи і повторюються попередні кроки.

За результатами аналізу для розроблених коригувальних заходів складається план їх впровадження.

Отже, метод FMEA – це ефективний інструмент підвищення якості ВВТ, направлений на запобігання дефектів або зменшення негативних наслідків від них. Дане завдання досягається завдяки передбаченню дефектів і відмов та їх аналізу, який проводиться на етапі проектування та розробки ВВТ. Даний метод можна також використовувати для доопрацювання і поліпшення конструкцій ВВТ, які вже виготовляються.

Застосування технології проведення FMEA-аналізу для поліпшення управління якістю на підприємствах, які розробляють та виготовляють витратовимірну техніку, дозволяє виявити саме ті дефекти та відмови ВВТ, які обумовлюють найбільший ризик споживача. При цьому даний метод дозволяє визначити потенційні причини дефектів та відмов ВВТ, а також виробити коригувальні заходи для їх виправлення ще до того, як ці дефекти виявляться і, таким чином, попередити затрати на їх виправлення.

1. *Анализ видов и последствий потенциальных отказов. FMEA: справочное пособие. Крайслер корпорэйшн, Форд Мотор компани, Дженерал Моторс корпорэйшн: Пер. с англ. – Н.Новгород: АО «НИЦ КД», СМЦ «Приоритет», 1997. – 67 с.*
2. *М.З. Свиткин, В.Д. Мацута, К.М. Рахлин. Менеджмент качества и обеспечение качества продукции на основе международных стандартов ИСО. – Санкт-Петербург: ООО «Конфлак», 1999. – 402 с.*
3. *М.И. Розно. Как научиться смотреть вперед? Внедрение FMEA-методологии // Методы менеджмента качества, №6 – 2000.*
4. *Б.В. Бирюков, М.А. Данилов, С.С. Кивилис. Испытания расходомеров. – Москва: Изд-во стандартов, 1987. – 238 с.*
5. *Статистичні методи забезпечення якості продукції. Навчально-методичний посібник. / Упорядник О. Цициліано. – С87К.: ДП „УкрНДНЦ”, 2005. – 48 с.*
6. *І.С. Петришин. Сертифікаційна модель лічильника газу // Методи та прилади контролю якості, №6 – 2000. – С. 54-57.*

УДК 621.311.13; 621.325.33

ВИМІРЮВАННЯ ПОКАЗНИКІВ ЯКОСТІ НАПРУГИ В ЕЛЕКТРОМЕРЕЖІ

© Ванько В.М., 2006

Національний університет «Львівська політехніка»

Досліджено властивості імпульсних спотворень форми сигналів напруги мережі та запропонована структура засобу вимірювання динамічних показників якості електроенергії з аналізом похибок основних вузлів

Для значного обсягу сучасного електронного і електротехнічного устаткування велике значення має забезпечення його стабільного живлення відповідно до вимог [1], в якому встановлений комплекс вимог до напруги електричної мережі. За даними [2] надійність та ефективна робота даного обладнання у великій мірі залежить від швидких змін форми напруги промислової частоти, що проявляються у вигляді імпульсних спотворень

синусоїдальної напруги. З метою послаблення та можливого уникнення таких явищ на даний момент особливо актуальною проблемою є збір інформації про особливості появи та перебігу динамічних спотворень напруги мережі.

Для вимірювання основних показників якості електроенергії, що характеризують імпульсні спотворення форми сигналу напруги мережі, а саме