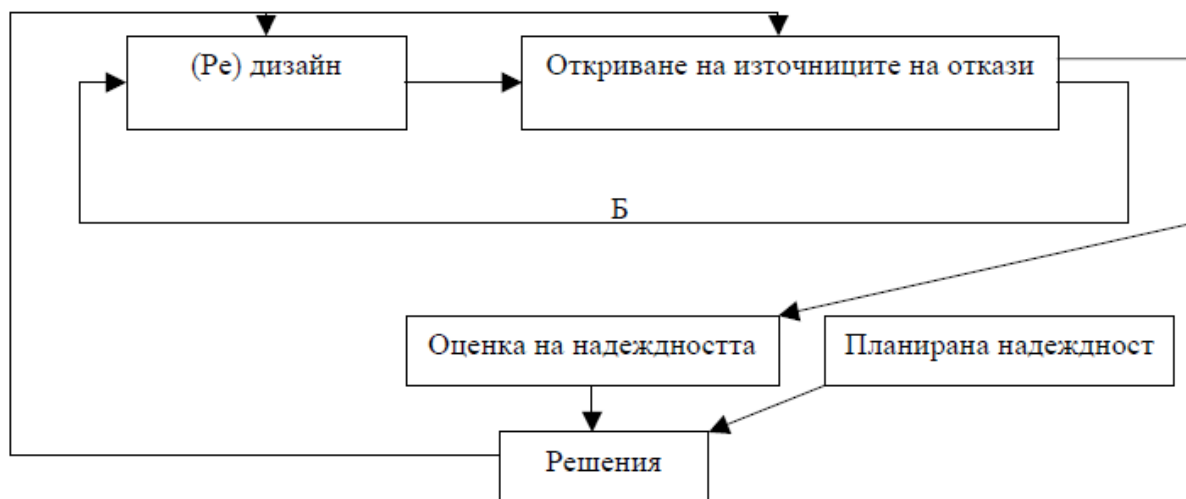


РАЗВОЙ НА НАДЕЖДНОСТТА

1. Теоретична част

Много често надеждността на сложните електронни уреди и системи във фазата на прототипа е по-ниска отколкото целевата. Следователно се налага създаване на програма за повишаване на надеждността, която да отстранява дефектите и съответно да моделира нарастването на надеждността.

Развойт на надеждността е резултатът от итеративния дизайнерски процес Фиг.1.



Фиг.1. Модел за развой на надеждността с обратна връзка

Фиг.1. показва, че има три основни елемента при достигането на развой на надеждността:

- А) откриване на източниците на отказите
- Б) обратна връзка от идентифицираните проблеми
- В) редизайнерските усилия, които се базират на идентифицираните проблеми

Освен това, ако източниците на отказ се идентифицират посредством тестване се появява и четвърти елемент.

- Г) производство на хардуер

Откриването на източниците на откази служи за:

- Д) верификация на ефекта от редизайна

Параметър на развоя (Growth Rate), α

Това е стойността, която определя колко бързо могат да се извършат действията в тази верига, за да се постигне развойт на надеждността, колко реални са идентифицираните проблеми и колко добре усилията за редизайн решават тези проблеми без да се въвеждат нови проблеми.

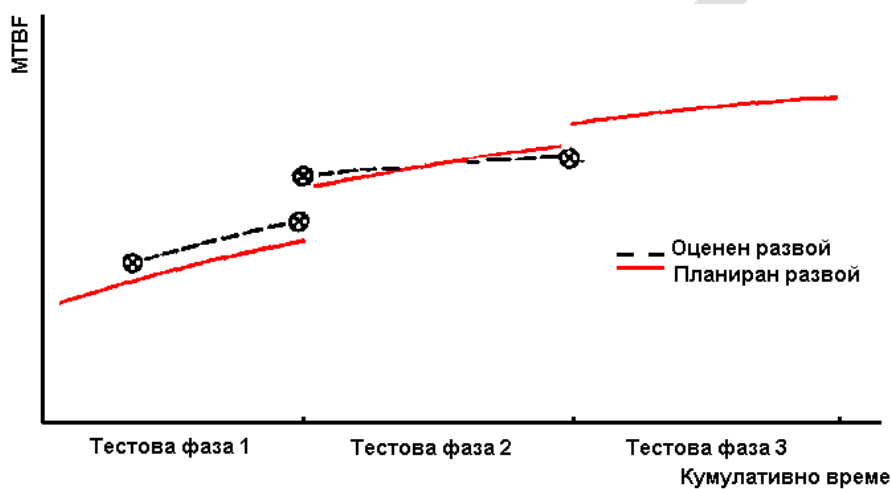
Контрол на процеса за развой на надеждността

Основни методи

Съществуват два метода, с които се изчислява процеса на развой на надеждността. *Първият* е извършване на оценки (количествени изчисления на текущата надеждност), който се базира на информация от откриването на източниците на откази. *Вторият* метод е наблюдение на различните дейности в процеса на развой на надеждността, за да се осигури своевременното и качествено реализиране на дейностите съгласно с програмния план. Всеки от тези методи допълва другия при контролирането на процеса на развоя.

Метод на оценка на развой на надеждността

Мениджмънтът за развой на надеждността се различава от стандартната мениджърска програма за надеждност по две направления. *Първо* - има по-обективно развит стандарт (MIL-HDBK-189) на базата, на който се сравняват оценките. *Второ* - методите за оценка водят до по-точни изчисления на надеждността на настоящата конструктивно - технологична реализация на изделието. Извършването на сравнение между оценената и планираната стойност на надеждността показва, дали изпълняваната програма съответства на планираната. Ако се забележи, дори и слабо намаляване на надеждността, то трябва да се развие нова стратегия. Фиг.2. показва пример на планирана и оценена крива на развой на надеждността до втората тестова фаза.



Фиг. 2.Планиран и оценен развой

Метод на мониторинг на развой на надеждността

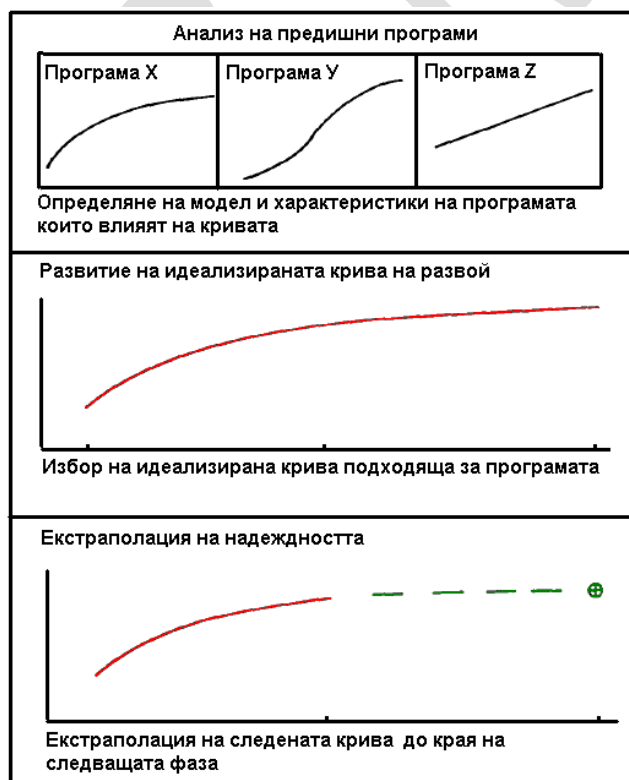
Тъй като няма лесен начин за изчисляване на характеристиките на включените дейности, мениджмънтът базиран на мониторинга, има по-незавършен характер в сравнение с този базиран на оценки. Въпреки това, този метод е ценно допълнение към оценките на надеждността и е разширен подход към мениджмънта на развой на надеждността. Но, за съжаление, стандарти за нивото на усилие и качеството на извършваната работа няма, а се разчита на решението на лицето - оценител. Мониторингът следи, дали коректно се изпълняват дейностите според предвидената програма и дали се използват подходящи за целта стандарти. Най - добрият пример за мониторинг е прегледът на проекта. Този преглед е планиран мониторинг, осигуряващ изпълнението на изискванията по време на работа на системата. Най-важният аспект на прегледа е техническото решение, като допълнение на количествените оценки на прогреса.

Тестова фаза и концепции на мениджърската програма

Съществуват два метода за планиране и контролиране на развой на надеждността. Единият метод разглежда развой на надеждността, като една обща фаза през цялата програма за развитие, а другият разглежда развой фаза по фаза или като процес от отделни фази. Двата метода са основни в мениджмънта за развой на надеждността на електроните системи. Фиг.3 и Фиг.4 показват последователностите от дейности при анализа на различни програми, построяването на планираната крива на развой и определянето на доказаните и планираните стойности на надеждността.



Фиг. 3. Дейности адресирани към развоя на надеждността за конструкцията фаза по фаза



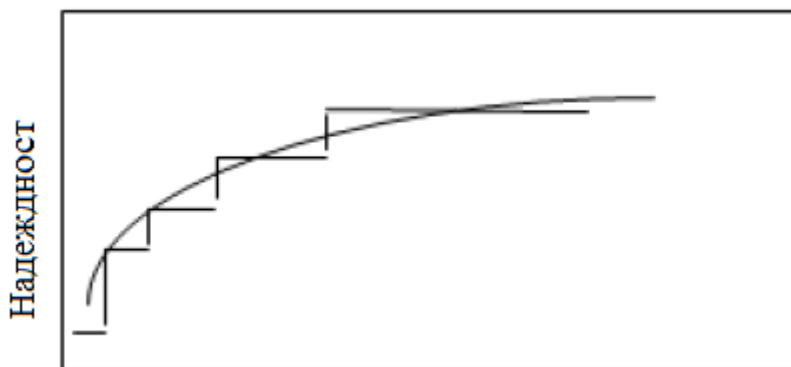
Фиг. 4. Дейности адресирани към развоя на надеждността за конструкцията при една обща фаза

Основни типове тестови програми

Провеждат се три програми за тест и ремонтване по време на тестовата фаза.

1. Test-Fix-Test (тест-корекция-тест).

В чиста програма за тест-корекция-тест, когато се наблюдава неизправност, тестването спира, докато не бъде приложено коригиращо действие върху тестваната система. Когато тестването се възобнови, то е със система, която има постепенно по-добра надеждност. Графиката на надеждността за тази стратегия за тестване е поредица от малки нарастващи стъпки, като всяка стъпка се простира по-дълго, за да представлява по-дълго време между отказите. Такава графика може да бъде апроксимирана чрез гладка крива, както е показано на Фиг.5.



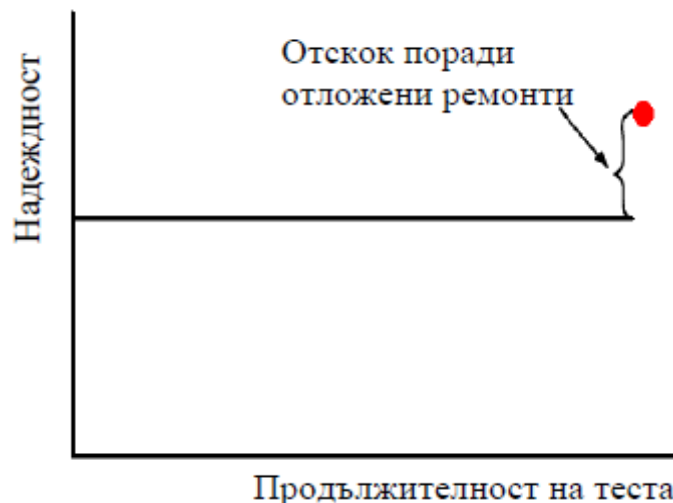
Мярка за продължителност на теста

Фиг. 5. Test-Fix-Test

Чистата програма тест-корекция-тест е непрактична в повечето ситуации. Тестването вероятно ще продължи с поправка и поправката ще бъде приложена по-късно. Въпреки това, ако поправките се вмъкнат в тестовата фаза не мигновено, но възможно най-скоро, докато тестването все още продължава, стъпката на стълбчатообразната надеждност нараства и формата на апроксимиращата крива ще бъде подобна, но ще се покачва по-бавно. Това се дължи на надеждността, която остава на същото ниво, на което е била, когато се е случил отказ, докато не бъде вкарана корекцията. По този начин всички стъпки ще бъдат с по-голяма дължина, но с еднаква височина. Продължаването на тестването след вмъкване на корекцията ще послужи за проверка на ефективността на коригиращото действие.

2. Test-Find-Test (тест-откриване-тест).

По време на програма за тест-откриване-тест системата се тества, за да се определят режимите на повреда. Въпреки това, за разлика от програмата за тест-корекция-тест, корекциите не се включват в системата по време на теста. По-скоро всички корекции се вмъкват в системата в края на тестовата фаза и преди следващия период на тестване. Тъй като голям брой поправки обикновено ще бъдат включени в системата едновременно, обикновено има значителен скок в надеждността на системата в края на тестовата фаза. Поправките, включени в системата между тестовите фази, се наричат закъснели (отложени) поправки – Фиг.6.



Фиг.6. Test-Find-Test

3. Test – Fix - Test (тест- корекция-тест със забавени ремонти)

Тестовата програма, често използвана в тестовете за разработка, използва комбинация от предишните два вида вмъквания на корекции. Тоест, някои корекции се включват в системата по време на теста, докато други корекции се отлагат до края на фазата на теста. Следователно надеждността на системата обикновено ще се разглежда като плавен процес по време на тестовата фаза и след това ще скочи поради вмъкването на забавените корекции – Фиг.7.



Фиг. 7. Test-Fix-Test с отложени ремонти

Идеализиран модел за развой на надеждността базиран на концепцията за изучаване на кривата на развоя

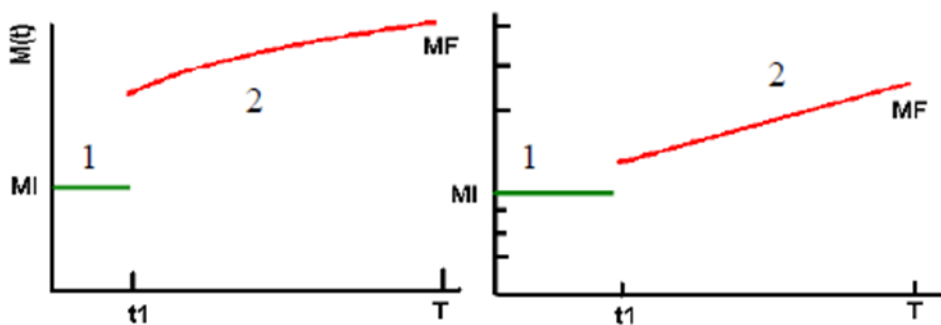
Разработка на идеализираната крива на растеж.

По време на разработката мениджмънтът трябва да очаква постигането на определени нива на надеждност в различни точки на програмата, за да има увереност, че растежът на надеждността напредва с достатъчна скорост, за да отговори на изискването. Идеализираната крива изобразява общия характерен модел, който се използва за определяне и оценка на междинните нива на надеждност и изграждане на кривата на планирания растеж на програмата. Профилите на растежа на предварително разработени системи от подобен тип могат да предоставят значителен поглед върху процеса на растеж

на надеждността. Ако моделът на кривата на обучение за растеж на надеждността приема, че кумулативният процент на откази спрямо кумулативното време за изпитване е линеен по log-log мащаб, то следният метод е подходящ за изграждане на идеализираната крива на растеж.

Идеализираната крива има базова стойност M_I през началната фаза на теста, която завършва в момент t_1 . Стойността M_I е средната MTBF през първата фаза на теста. От времето t_1 до края на тестването в момент T , идеализираната крива $M(t)$ се увеличава непрекъснато според модела на една обучаваща крива, докато достигне крайната надеждност M_F . Наклонът на тази крива нанесена в логаритмична координатна система - на фигура 8 е параметърът на растеж α . Параметричното уравнение за $M(t)$ на тази част от кривата е

$$M(t) = M_I \left(\frac{t}{t_1}\right)^\alpha (1 - \alpha)^{-1}$$



а) Идеализирана крива на развоя б) Логаритмична идеализирана крива на развоя

Фиг. 8. Криви на развоя на надеждността -34

Този модел допуска, че кумулативната честота на откази спрямо кумулативното време за изпитване е линейна в log-log скала. Не се предполага, че кумулативните нива на откази следват същия модел на растеж в рамките на фазите на теста. Всъщност, ако всички поправки (ремонти) са включени в системата в края на тестова фаза, тогава надеждността ще бъде постоянна по време на тестовата фаза. По този начин няма да настъпи растеж във фазата на изпитване.

t_1, t_2, \dots, t_k са кумулативните тестови времена, които съответстват на края на тестовите фази. Зависимостта на $N(t_i)/t_i$ от $t_i, i = 1, 2, \dots, k$ е права линия, когато се използва логаритмичен мащаб, където $N(t_i)$ е кумулативният брой на отказите за време t_i . $\log(N(t_i)/t_i)$ се изразява като:

$$\log(N(t_i)/t_i) = \sigma - \alpha \log(t_i)$$

където σ е пресечната точка на правата с у оста, а α е параметърът на наклона ѝ. Ако с λ_I се отбележи началната средна честота на отказите за първата тестова фаза, то

$$\lambda_I = N(t_1)/t_1$$

Тъй като,

$$\log \lambda_I = \sigma - \alpha \log(t_1)$$

то ,

$$\sigma = \log \lambda_I + \alpha \log(t_1)$$

Кумулативната честота на отказите може да се изрази като

$$N(t_i)/t_i = \lambda_I \left(\frac{t_i}{t_1}\right)^{-\alpha}$$

Следователно

$$\log N(t_i)/t_i = \log \lambda_i - \alpha \log \left(\frac{t_i}{t_1} \right)$$

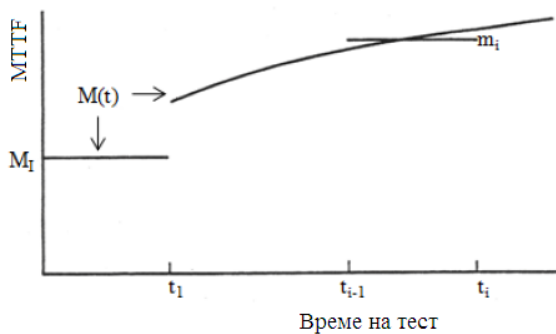
Идеализираната крива на растеж показва, че първоначалното средно време между откази (MTBF) през първата фаза на теста е M_I и че растежът на надеждност от тази средна стойност започва при t_1 . Този скок е показателен за забавени корекции, включени в системата в края на първата фаза на теста. Идеализираната крива $M(t)$ е ориентир за MTBF през всяка фаза на теста. Освен това като се има предвид това

$$M(t) = M_I(t/t_1)^\alpha(1 - \alpha)^{-1} \quad \text{за } t > t_1$$

тогава средната честота на отказите и средното MTBF за i -тата тестова фаза може да се определи от

$$\lambda_c = (N(t_i) - N(t_{i-1})) / (t_i - t_{i-1})$$

и $M_i = 1/\lambda_i$ където $N(t_i) = \lambda_i t_1 (t_i/t_1)^{1-\alpha}$ за $t > t_1$ - виж фиг. 9.



Фиг. 9. Средно MTBF през i -та фаза на теста.

При прилагането на идеализирания модел на кривата на растеж крайната стойност на MTBF M_F , която трябва да бъде постигната в момент T , се задава равна на $M(T)$, т.е..

$$M_I(T/t_1)^\alpha(1 - \alpha)^{-1} = M_F$$

Параметрите M_I и t_1 на този модел имат физическите интерпретации, че M_I е първоначалната средна MTBF за системата, а t_1 е продължителността на първата фаза на теста в програмата. Параметърът α е параметърът на развоя..

Основните изрази и графики на модела са резюмирани в таблица 1:

Основни изрази на модела		Основни графики на модела
Кумулативна честота и кумулативен брой откази за всяка тестова фаза	$\lambda_i = \frac{N(t_i) - N(t_{i-1})}{t_i - t_{i-1}}$ $N(t_i) = \lambda_i t_1 \left(\frac{t_i}{t_1} \right)^{-\alpha}$	

<p>Средно МТВФ</p>	$m_i = 1 / \lambda_i$	
<p>Крива през средните честоти за всяка тестова фаза</p>	$r(t) = \frac{d}{dt} N(t) = \lambda_I (1 - \alpha) \left(\frac{t}{t_1} \right)^{-\alpha}$	
<p>Крива на развоя - реципрочна крива на r(t) - $\bar{m}(t)$ минаваща през средните МТВФ - m_i за всяка тестова фаза</p>	$\bar{m}(t) = M_I \left(\frac{t}{t_1} \right)^\alpha (1 - \alpha)^{-1}$	

От разгледаните модели, описващи нарастването на надеждността и позволяващи една оценка (екстраполация) на достижимата честота на откази най-реалистични са модела J.T.Duane и модела N.H.P.P., към останалите се проявява по-скоро академичен интерес.