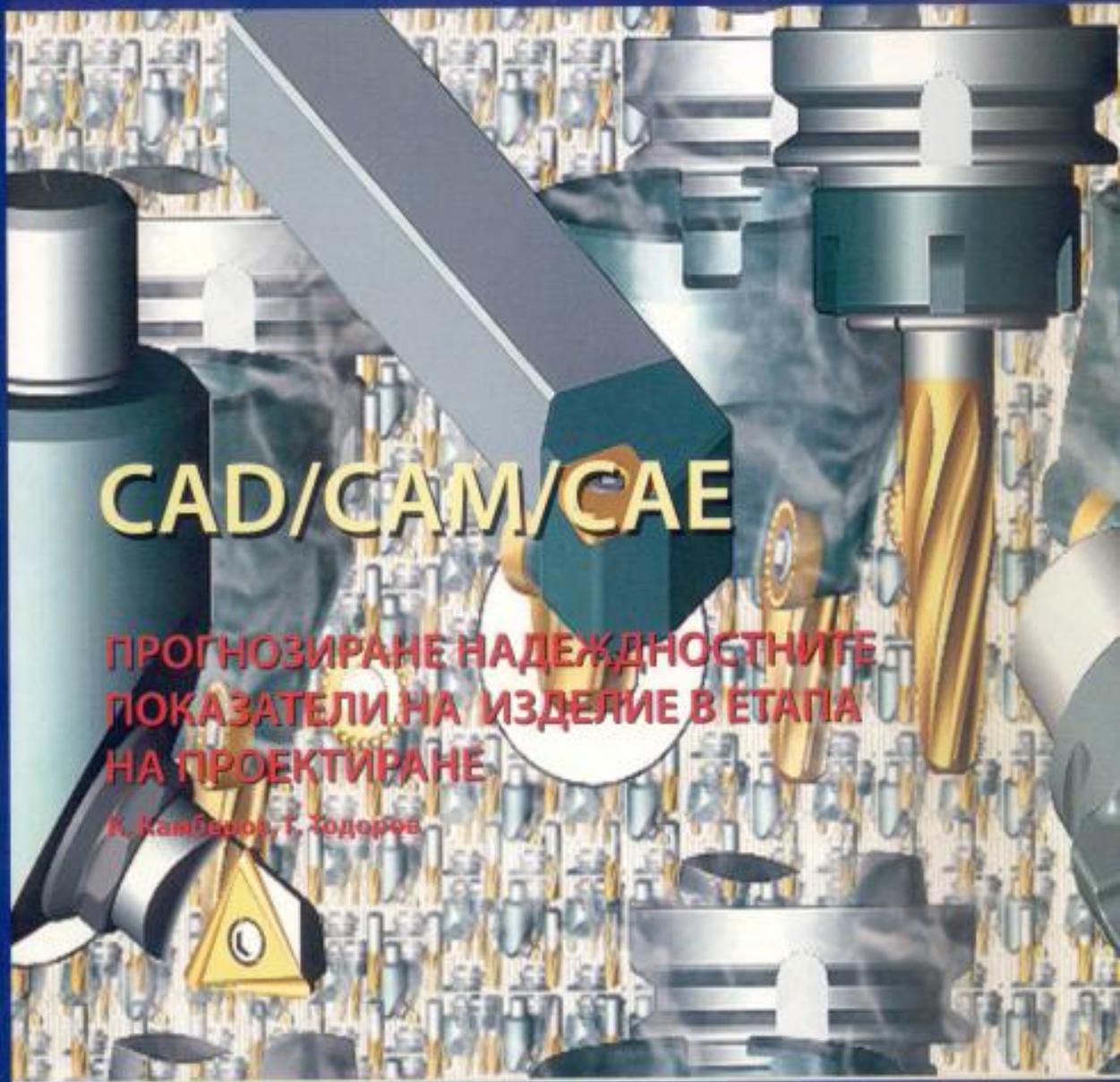


M&E

МАШИНОСТРОЕНЕ
И ЕЛЕКТРОТЕХНИКА

MACHINEBUILDING
AND ELECTRICAL
ENGINEERING

The Journal of the Engineering Industries in Bulgaria



CAD/CAM/CAE

ПРОГНОЗИРАНЕ НАДЕЖНОСТНИТЕ
ПОКАЗАТЕЛИ НА ИЗДЕЛИЕ В ЕТАПА
НА ПРОЕКТИРАНЕ

К. Камбуров, Т. Ходоров

издание на МАШИНОИНТЕЛЕКТ ЕООД



ELMARK
PROFESSIONAL ELECTRICAL EQUIPMENT

SCHENKER
Logistics

Гл. редактор: инж. Ивайло Иванов
 Редактор: Станко Димитров
 Маркетинг и реклама: Антон Маричев
 Дизайн и печат: Ива Борисова
 Координатор проект: Наталия Цанкова

ОФИС 1000, п.к. 550
 ул. Цар Иван Асенман: 27Б
 www.mbe-bg.com
 e-mail: machinebuilding@btl.bg
 Телефон: 981 9972, 981 54 88
 Тел./факс: 981 87 67



MACHINEBUILDING AND ELECTRICAL ENGINEERING • МАШИНОСТРОЕНИЕ И ЕЛЕКТРОТЕХНИКА

Брой 7-8/2007, година LVI

СЪДЪРЖАНИЕ

CAD/CAM/CAE

Прогнозиране на надеждностните показатели на изделие в етапа на проектиране - К. Камберов, Г. Тодоров (ТУ - София) **9**

Семинар за интегрираната CAD/CAM/CAE/PDM & ERP TopSolid v.6.8 (2007) на MISSLER SOFTWARE **14**

Autodesk Inventor 2008: технологията DWG TrueConnect - директно четене и запис на файлове в DWG формат - инж. Симеон Колчагов, инж. Тодор Плачков **17**

Пълната интеграция на CAD/CAM/CAE/PDM & ERP модулите на TopSolid е средство за ускоряване на производството и за повишаване на качеството на продукцията. Ксиметро **20**

ИНФОРМАЦИЯ

SKF - стогодишен юбилей, шестдесетгодишно сътрудничество с Ferrari във Формула 1 **50**

Презентация на Комплектна Разпределителна Уредба "UniSwitch" Метикс ООД **49**

Готови ли сте за REACH? **57**

Българската електротехническа промишленост търси своето достойно място в семейството на Обединена Европа **53**

Стратегията за развитието на машиностроенето се стреми да превърне отрасъла във водещ високотехнологичен сектор на българската икономика със стабилни позиции на глобалния пазар **52**

НОВИ ПРОДУКТИ

Новият мултифункционален дисплей MFD4 - устройство от серията easyHMI **32**

Нова серия системни вентилатори от ARCTIC COOLING **38**

2007 Microsoft Office - НОВИТЕ ВЪЗМОЖНОСТИ **33**

Windows Vista Business -

Вградено душевно спокойствие **35**

ТЕХНОЛОГИИ

Технически средства, програмни среди и подходи при изграждането на промишлени мрежи в малки и средни предприятия - Иван Панков, Юлиан Панков, Цветан Филев **41**

КОМПАНИИ

Нов завод на Schneider Electric в България **66**

ФИРМЕННО УПРАВЛЕНИЕ

Методи за разрешаване на конфликти - Moby2 Ltd. **63**

КОНКУРСИ

Пощенска банка стана Банка на годината 2006 **79**

АВТОМОБИЛОСТРОЕНЕ

Скоро 40% от всички нови коли на BMW Group ще са с 140 г/км емисии на CO2 **68**

Две премиери на Land Rover и една на Jaguar на „Автомобилен салон София 2007“ **73**

TOYOTA Prius - Едно вълнуващо преживяване **75**

КОНСУЛТАНТСКА И СЕРТИФИКАЦИОННА ДЕЙНОСТ

Ангажиментът на ръководството за изграждането на оптимална система за управление на качеството **78**

АВТОМАТИЗАЦИЯ

ЗГПУ АД - Габрово постепенно увеличава производството си **61**

ЛИЗИНГ

IMMORENT предлага цялостни решения за финансиране на ИТ бизнеса **13**

Редакционна колегия:
 проф. д-р инж. Владимир Костов
 проф. д-р инж. Георги Попов
 проф. д-р инж. Георги Цветков
 проф. д-р инж. Димитър Стоянов
 доц. д-р инж. Жулвета Калънчева
 проф. д-р инж. Иван Коларов
 проф. д-р инж. Йордан Димитров

проф. д-р инж. Кален Веселинов
 проф. д-р инж. Христо Шахтов
 проф. д-р инж. Кирил Арнаудов
 проф. д-р инж. Митко Михайлов
 доц. д-р инж. Наско Начев
 доц. д-р юр. Стефан Стефанов
 проф. д-р инж. Тодор Нешков
 проф. д-р инж. Виктор Анчев

Списание се издава със съдействието на Камарата на електротехниката в България, Българската браншова камара по машиностроене и Научно-техническия съюз по машиностроене

ПРОГНОЗИРАНЕ НАДЕЖНОСТНИТЕ ПОКАЗАТЕЛИ НА ИЗДЕЛИЕ В ЕТАПА НА ПРОЕКТИРАНЕ

Разгледани са възможностите за прогнозиране на надеждностните показатели на изделията в етапа на тяхното проектиране. Наред с разгледаните методи за определяне на тези показатели в статията се акцентира главно на моделирането на физиката за възникване на отказите, като се използва инструментариумът на CAD/CAE среда. Разгледани са стъпките при съставяне на надеждностния модел, както и използването на числен симулационен модел за описание на физичните процеси, породени от работни натоварвания. Онегледено е и използването на определените така параметри на физичните процеси при последващо оценяване на надеждностните параметри на изделието.

Key words: CAD/CAE, RELIABILITY, FEM

Увод

Отказите в машините, съоръженията и производствените процеси се изразяват в конкретна загуба на пари. Практическата приложимост на оценяването на надеждностните показатели от тази гледна точка представлява средство за контрол и предотвратяване на отказите за намаляване на стойността на притежаване и подобряване функционирането чрез увеличаване на финансовата ефективност при допустими нива на надеждност.

Надеждностните показатели се определят главно въз основа на анализа на надеждното цялото изделие, който количествено оценява надеждността му и дава основа за последващи корекции за подобряването му. Анализът включва етапи и дейности като определяне на потенциалните механизми на отказ, физичните процеси, работата на изделието в различни етапи от времето, потенциалните рискови компоненти, планиране на логистиката, оценяване на стойността на притежаване. Така ясно се идентифицират възможностите за избягване на отказите и се предлага конкретен критерий при избор на конструктивно решение.

Друг важен елемент е определянето на баланса на надеждност на възлите и елементите на дадена конструкция. Това дава възможност да се осъществи оптимизиране по отношение на различните видове натоварвания и предопределеното от тях поведение.

Това рефлектира върху качеството, надеждността, а в крайна сметка и върху общите разходи по експлоатацията на изделието, които са решаващи при избора и покупката му. [1, 3].

Целта на статията е да се разгледат възможностите за прогнозиране на надеждностните параметри на изделията на етапа на тяхното проектиране, което би имало и съответен финансов резултат. Търсенето на възможно най-ранно осъществяване на анализа и прогнозирането на надеждността намалява възможностите за използване на физически прототипи и респективно осигурява предимство на изчислителните методи. За това в статията са дадени и съответни примери на приложение в практиката на числени методи за определяне на надеждностните параметри, основани на виртуални прототипи.

Методи за определяне на надеждностните показатели

Методите определят не само количествената оценка на надеждностните показатели на изделията. Важен елемент е също и установяването на структурата и характера на типичните откази, причините за тяхното възникване (респективно възможностите за тяхното отстраняване), определянето на законите на разпределяне на случайните величини, които ги изразяват, взаимовръзките между компонентите на изделието, тяхното взаимно влияние и влиянието им върху функционалността на системата [3, 7].

Най-общо методите могат да бъдат разделени на **експериментални** и **изчислителни**. Съществената разлика е необходимостта от конкретен материален обект за изследване при експерименталните методи за оценка на надеждностните показатели. Експерименталните методи са добре обяснени в редица стандарти, наръчници и методики [1, 3, 5, 7].



Фиг.1 Методи за моделиране и прогнозиране на надеждностните показатели

След анализиране известните методи и подходи могат да бъдат класифицирани според показаното на фиг.1, като структурата основно е развита в дълбочина по отношение на изчислителните методи.

Експерименталните методи за определяне на надеждностните показатели са свързани с провеждането на изпитания върху конкретни физически изделия или върху прототипи в експлоатационни, полупромишлени (близки до

TASHEV®

консумативи,
ка



дълета,
рони и др.



арматура,
и др.



и растения,
ативни фигури

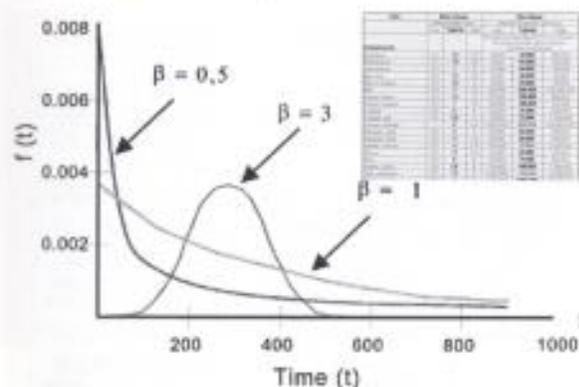
living.com

експлоатационните) и лабораторни условия. Това най-общо води до изчерпване на ресурса на изпитвания ограничен брой от изделия, формиращи статистическа извадка от генерална съвкупност. Допълнително, поради ограниченията по отношение на разходите и времето, реалните условия при провеждане на експеримента са тенденциозни, обемът на извадката да е малък, времето за изпитване - ограничено, а условията, съответстващи на експлоатационните, се моделират само приблизително. По този начин, важен критерий за валидиране на резултатите е тяхното съответствие на реалните. В зависимост от предназначението им, а в съответствие с това и изпитванията, методите се разделят на три основни вида: **изследователски, определителни и контролни** [1, 3, 5]. Като цяло, както беше споменато, е трудно използването на експериментални методи на етапа на проектиране на изделието и не гарантира добър финансов ефект.

Съществено предимство на **изчислителните методи** е че могат да се прилагат на етапи, в които все още няма изпълнени компоненти на изследваното изделие в натура. Това дава възможност да се определят надеждностните показатели на ранен етап, да се оптимизират като стойности и като разпределение между отделните компоненти. Като цяло те могат да бъдат разделени на две групи: **прогностични и симулационни** [1, 3].

Прогностичните изчислителни методи се основават главно на вече известни надеждностни параметри за компоненти от изделието или за аналози на изделието. Такива методи са на средногруповите интензивности, на приваждане към експлоатационни условия чрез коефициенти, на използване на стандартизирани елементи и типови параметризиращи надеждностни модели и на използването данни от експлоатацията на аналози, показан на фигура 2.

Симулационните методи са изчислителни методи, използвани най-вече, когато има недостатъчно/няма данни за аналози, или се прилагат по отношение на откази на компоненти, които трудно могат да бъдат описани с



Фиг.2 Анализ на статистически данни за аналози

някой от наличните параметризиращи надеждностни модели. При достатъчно акуратното им използване може да се постигнат резултати със задоволителна точност. Тези методи най-общо могат да се разделят на **стохастични и систематични**.

Първата група - **стохастичните методи** - се занимава със случайни събития, които биха могли да доведат до появата на откази. Този тип изчислителни методи имат отношение главно към производствения процес, тъй като третират вариране в свойствата на материала, размерите и другите параметри, които се определят от технологичния процес.

Систематичните методи (детерминистични) се основават главно на познаване на физиката на възникването на отказите. Те се стремят да пресъздат изчислително процесите, водещи до отказ, при което се ползва виртуален прототип. Изхожда се от номиналното състояние на материалите, размерите и експлоатационните условия. В основата на изменението на началните свойства и състоянието на материалите стоят физико-химични закономерности, но поради разнообразието на действащите фактори придобиват вероятностен характер. Познаването на характера на тези закономерности осигурява по-добри възможности за оценка на хода на процеса в сравнение, когато този процес се оценява само въз основа на статистическите наблюдения [6, 7, 8, 9]. Обобщена блокова схема за последователността при възникването на отказите в изделията е показана на фигура 3, от която се вижда че процесите, водещи до отказ, могат да бъдат обобщени под понятието физико-химични.

Изменението в свойствата на твърдите тела протича в резултат на премествания на елементарни частици и изменението им в кристалната решетка. Енергията на тези частици в този момент надвишава определено ниво - енергия на активация E_a . Скоростта на даден процес съответства на съотношението на частиците, имащи по-висока енергия от активационната. По този начин



Фиг.3 Блок-схема на възникването на отказите

скоростта на протичане на повечето физико-химични процеси може да се дефинира по следния емпиричен модел:

$$\Phi = c * e^{-\frac{E_a}{K\theta}}, \text{ където:}$$

c - коефициент, зависещ от вида на процеса; K - константа на Болцман; θ - температура. Моделът е подходящ за описване на различни видове натоварвания, но има допълнителен брой неизвестни коефициенти, които следва да бъдат определени. На базата на този модел са развити няколко негови частни случаи, като например: инверсен модел за натоварване по напрежение; експоненциален модел по напрежение (електрокомпоненти); модел по температура и напрежение; електромиграционен модел трикомпонентен модел по температура, напрежение и влажност; механичен модел на Coffin-Manson, който третира механични повреди, умора на материала и деформация [7].

Емпиричните модели са твърде подходящи и добре описват възникващите процеси, които може да доведат до отказа на компонента. Съществен проблем

при тях с
съответн
математи
подробо
възника
В резон
изследва
на базата
на стохас
процеси
вероятно
процесит
условия
свойства
Затова из
пълно оп
на разгле
създаван
по-долу:
Структур
предназн
- неговит
получава
също се с
механизъ
разгледа
Определя
натоварва
изделието
взаимосв
виртуални
резултат с
изграден
Анализ на
системата
натоварва
резултат с
параметр
Тези осно
по-долу в
успоредн
на надежд

**Създаван
надеждно**

Изгражда
надеждно
в последо
особеност
се изгради
който пър
диаграма,
функцион
Определя
компонен
Така опре
страна, се
отказите н
на взаимн
отказите н
крайните
Друг съще
на описани
модел из
определя

при тях обаче е количественото определяне на съответните коефициенти, включвани в техните математични зависимости. Затова често пъти се налага подробно изследване и симулиране на физиката на възникването на отказите [5, 6, 9].

В резюме изчислителните методи се основават на изследването и прогнозирането на надеждността на базата на функционалните връзки с отчитане на стохастичната природа на протичащите процеси и явления. При това се създават вероятностни модели, които трябва да отчитат процесите на износване и умора, разнообразните условия на експлоатация, изменението на свойствата на материалите и други фактори. Затова изчислителният модел трябва да съдържа пълно описание на функциите и структурата на разглежданото изделие. Основните етапи от създаването и анализа на този модел са описани по-долу:

Структуриране съобразно функционалното предназначение на изследваното изделие – неговите елементи и подвъзли. В резултат се получава надеждностен модел на изделието, а също се определят и възможните откази, чиито механизъм на възникване трябва да бъдат разглеждани и анализирани на следващ етап;

Определяне на работните условия и натоварвания на възлите и елементите на изделието, разглеждано като система от взаимосвързани елементи на основата на виртуални прототипи и числени анализи. В резултат се получават входните параметри за изградения вече надеждностен модел;

Анализ на надеждностните параметри на системата на основата на дефинираните работни натоварвания и създадения модел. Крайният резултат са стойностите на надеждностните параметри на системата. [2, 4, 10]

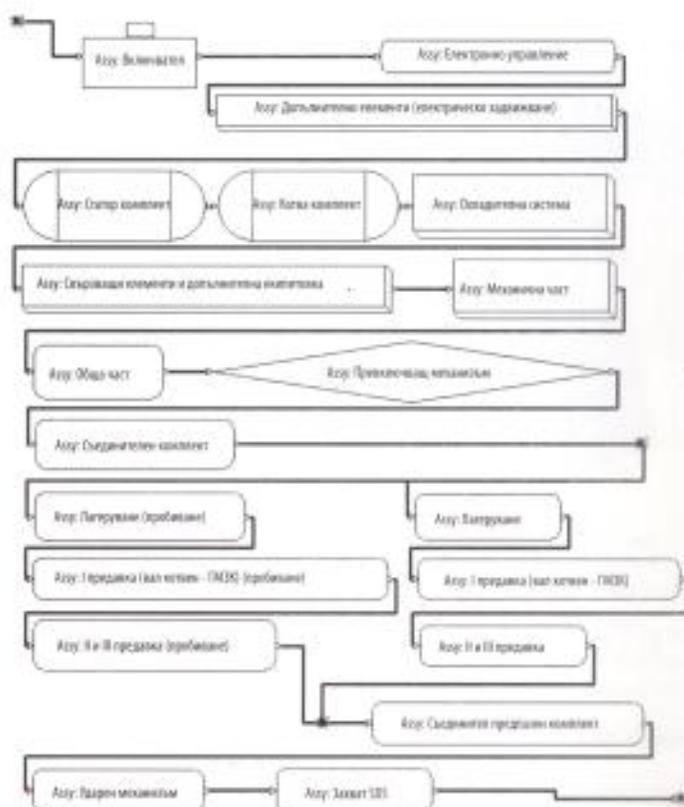
Тези основни етапи са разглеждани в отделните части по-долу в детайли. Всеки от етапите е онаяден успоредно с това и със съответен пример на основата на надеждностен анализ на електроинструмент.

Създаване на функционален структурно-надеждностен модел

Изграждането на функционалния структурно-надеждностен модел е необходимо да се извърши в последователност, която да отрази правилно особеностите на моделираното изделие и да се изгради неговият надеждностен модел, който първоначално се оформя като блокова диаграма, отразяваща структурата на изделието и функционалните връзки между отделните възли. Определят се възможните откази за всеки един компонент, както и физиката на тяхното възникване. Така определените откази по компоненти, от своя страна, се използват за основа при определяне на отказите на възлите, в които те участват при отчитане на взаимното влияние на компонентите. Аналогично отказите на възлите се използват при определяне на крайните откази на изделието.

Друг съществен етап е изграждането на математични за описанието на вида отказ за компонентите. Тези модели изискват съответни входни параметри, чието определяне се извършва на следващ етап.

Пример за създаден функционален структурно-надеждностен модел е показан под формата на блок-схема на отказите и на свързаността на възлите за електроинструмент (фигура 4.)



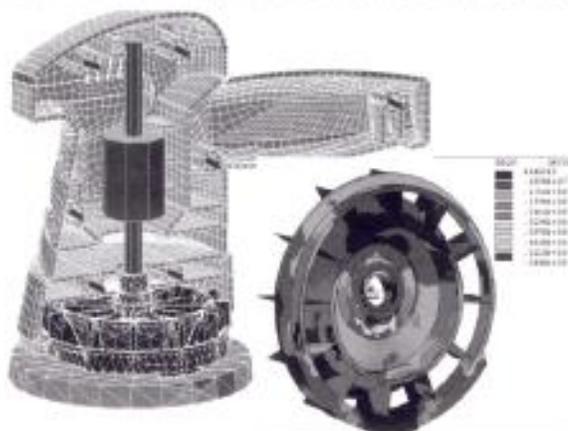
Фиг.4 Блок-схема на функционален структурно-надеждностен модел на електроинструмент

Моделиране на физиката на отказите чрез симулации на базата на виртуален прототип

Моделирането на физиката на възникването на отказите се основава главно на използването на така наречения виртуален прототип. Използването му представлява компютърна симулация на системата, възел или детайл с ниво на функционален реализъм, близко до това на физическия модел. Изследването на функционалността, техническите характеристики, надеждността е предмет на прилагане на т.нар. дискретизирани модели, които са от интерес за това разглеждане за използването им при последващо определяне на надеждностните показатели. Те се базират на числени методи, използващи елементи на линейната алгебра и в частност матричното смятане и силно развити успоредно с развитието на изчислителната техника. Съвременните средства, базирани на числените методи, позволяват решаването на по-голямата част от инженерните проблеми. Има редица програмни продукти, базирани на тях, и приложението им напоследък все повече се увеличава в различни области на индустрията. Пример за приложението на числените методи за определяне на входните параметри за надеждностен модел е показан отново за електроинструмент. В конкретния случай за илюстрация е използван якостно-деформационен анализ на турбинно тяло, част от плоскошлифовъчна машина (фиг.5).

Численият модел е на цялото изделие, което позволява точно да се отразят връзките и взаимодействията на отделните компоненти. Като резултат са определени максималните напрежения за всеки компонент, които са използвани като входни данни за надеждностен модел на умора на съответният компонент.

Част от компонентите, най-вече електрокомпонентите

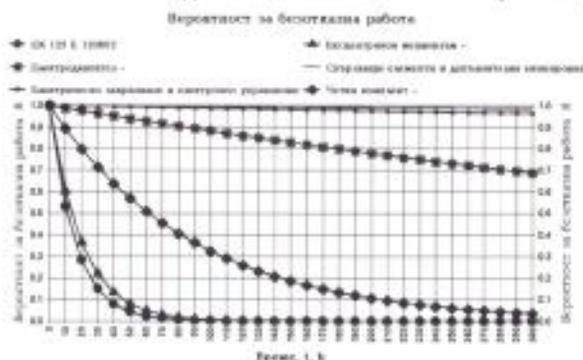


Фиг.5 Анализ на плоскошлифовъчен електроинструмент. Резултати за турбинно тяло

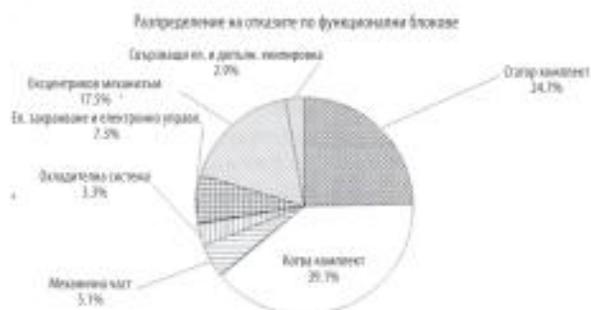
на разгледаното примерно изделие за с емпирични надеждностни модели, за чието пресмятане са необходими допълнителни числени модели.

Надеждностен анализ на изделието

Получените данни от моделирането на физиката на различните видове откази се използват като входни за съставените на по-ранен етап надеждностни модели. Направеният анализ обобщава съвкупността от компоненти на изделието и тяхната взаимосвързаност,



А/ Разпределение на вероятността за поява на отказ



Б/ Разпределение на отказите по възли

като получените резултати са относно надеждностните параметри на компонентите и на изделието като цяло. Един от основните показатели е разпределението на вероятността за поява на отказ във времето (фиг.6А).

Последващ анализ на това разпределение дава възможност да се оценят възможните появи на отказ за всеки момент от времето и главният източник на откази. Това допълнително е онагледено чрез разпределянето на отказите по възли, показано на фиг.6 Б. Тази количествена оценка на отказите е ясна индикация за това доколко са необходими промени в конструкцията и конкретен неин възел. Последващият конструктивни промени трябва да бъдат отново анализирани и така до постигане на необходимия баланс на отказите между отделните възли и елементи на конструкцията.

Краен резултат от проведената серия от анализи и промени в конструкцията трябва да бъде подходящо разпределяне на отказите по възли и съответствие на общата дълготрайност на изделието на поставените изисквания. Получават се допълнителни данни за надеждността на различните възли, което предлага яснота за ремонта и поддръжката на изделието. В някои случаи резултатите от този анализ могат да послужат за последваща оценка на видовете откази и тяхната критичност. От друга страна, параметрите на надеждност на изделието, съчетани със себестойностите на компонентите, позволяват да се определи цената на притежаването му, което е от значение и за потенциалните клиенти.

Заклучение:

1. Разгледани са различните методи за оценка на надеждностните показатели и възможността за тяхното приложение на етапа на проектиране.
2. Систематичните изчислителни методи са дефинирани като най-подходящи за използване при отсъствието на физически прототип.
3. Описани са отделните етапи при анализа на надеждността на изделие в случая на критично натоварен електроинструмент.
4. Посочена е приложимостта на различните надеждностни показатели за оценка при използване на виртуални прототипи.

Литература:

1. Виново, С.Г., Производителност, точност на обработка и надеждност на металорежущите машини, Техника, София, 1980
2. Камберов К., Г. Тодоров, Б. Димитрова, М. Спасов, Моделиране на отказите в коруптен елемент с използването на виртуален прототип, сп. "Машиностроене", бр. 7-8/2006, стр.23-26
3. Проников, А.С., Надежность машин, Машиностроение, Москва, 1978
4. Тодоров, Г., К. Камберов, Надеждностен анализ на възел колектор/четка от високоточен електродвигател в етапа на неговото проектиране, сп. "Машиностроене", бр. 3/2002, стр.25-28
5. Covino, M., Rodgers, P., Smith, J., Assessing Reliability in Mechanical Systems, Journal of Integrated Design and Process Science, 2000, Vol. 4, pp 67-84
6. Jata, K.V., Parthasarathy, T.A., Physics of Failure, Material Science Engineering, 1998, A24, pp. 104-113
7. Melchers, R. E., Structural reliability analysis and prediction, John Wiley and Sons, New York, 1999
8. Pecht, M., Dasgupta, A., « Physics-of-failure: an approach to reliable product development », IEEE, p. 1-4, 1996
9. Sachs, N., Failure analysis of mechanical components, Maintenance Technology, No7, pp 67-71, 1993
10. Todorov, G., Kamberov, K., A reliability approach to new product development process, 2nd International Conference "Power Transmission 2006", 04/2006, Novi Sad