

КОМПЮТЪРНИ НАУКИ И КОМУНИКАЦИИ



Електронно списание на
Център по информатика и технически науки на
Бургаски Свободен Университет

ТОМ 2, БРОЙ 2 (2013)

ISSN: 1314-7846

Списание „Компютърни науки и комуникации”,

Главен редактор

[prof. d-r Angel Toshkov](#), Bulgaria Burgas, 8001 SanStefano str. 62 Burgas Free University, Bulgaria

Редакционна колегия

1. [prof. d-r Andon Lazarov](#), Burgas Free University, Bulgaria
2. [prof. d-r Acad. Ivan Popchev](#), Bulgarian Academy of Sciences, Sofia, Bulgaria
3. [prof. d-r Mihail Iliev](#), Technical University of Ruse, Ruse, Bulgaria
4. [prof. d-r Kiril Konov](#), Technical University of Sofia, Research Institute of Communications, Sofia, Bulgaria, Bulgaria
5. [prof. d-r Ivan Kolev](#), Technical university of Gabrovo, Gabrovo, Bulgaria
6. [prof. d-r Vencislav Valchev](#), Technical University of Varna, Bulgaria
7. [prof. d-r Daniela Orozova](#), Burgas Free University, Burgas, Bulgaria
8. [prof. d-r Михаил Фёдорович Меняев](#), Доктор педагогических наук, профессор, Академик Международной Академии Информатизации, Москва, Россия
9. [assoc.prof. d-r. Veselina Jecheva](#), 62 San Stefano Str., Burgas
10. [assoc.prof. d-r. Evgeniya Petrova Nikolova](#), 62 San Stefano Str., Burgas
11. [assoc. prof. d-r Marcin Paprzycki](#), Associate Professor in the Systems Research Institute of the Polish Academy of Sciences, Warsaw, Poland
12. [d-r Yingjie Yang](#), School of Computer Science and Informatics Centre for Computational Intelligence (CCI) and De Montfort University Interdisciplinary Group in Intelligent Transport Systems (DIGITS)
13. [Michela Tramonti](#), Università degli Studi "G. Marconi" Rome Area, Italy

ISSN: 1314-7846

Том 2, № 2 (2013)

Април - Юни

Съдържание

Компютърни науки и комуникации

[КОНФЕРЕНЦИЯ - „ЗНАНИЕТО – ИЗТОЧНИК НА ИНОВАЦИИ”](#)

[PDF](#)

Angel Toshkov

1

[ПРИЛОЖЕНИЕ НА СИСТЕМИ ЗА АВТОМАТИЗИРАНО ПРОЕКТИРАНЕ ПРИ ИЗСЛЕДВАНЕ НА НАДЕЖНОСТТА НА ЕЛЕКТРОННИ ИЗДЕЛИЯ](#)

[PDF](#)

Toncho Hristov Papanchev, Anton Slavchev Georgiev

2-10

[СИМУЛАЦИОННО МОДЕЛИРАНЕ НА ТРАФИКА В ТЕЛЕКОМУНИКАЦИОННИТЕ МРЕЖИ](#)

[PDF](#)

Ivelina Balabanova

11-20

[ПРИМЕРИ ЗА ОНАГЛЕДЯВАНЕ НА ПРОЦЕСИТЕ НА РАЗПРОСТРАНЕНИЕ НА СВЕТЛИНАТА В ОПТИЧНИ ВЛАКНА](#)

[PDF](#)

Angel Toshkov

21-30

[СОФТУЕРЕН МОДУЛ ЗА КОНСТРУИРАНЕ НА ПОРТФЕЙЛИ](#)

[PDF](#)

Penka Georgieva, Krastyu Dudinov, Nikolay Chanev, Andon Andonov

31-40

[СТЕНД ЗА ЛАБОРАТОРНИ ИЗСЛЕДВАНИЯ НА ВЯТЪРНИ ТУРБИНИ](#)

[PDF](#)

Radostin Dolchinkov

41-46

[КВАНТОВ ТУНЕЛЕН ПРЕХОД НА ВИДЕО-ИНФОРМАЦИЯ, ОСЪЩЕСТВЕН В БЪЛГАРИЯ](#)

[PDF](#)

Christo Sabev

47-52

[БЛОКОВА СТРАТЕГИЯ ЗА ТЕХНИЧЕСКО ОБСЛУЖВАНЕ С АВАРИЙНИ ВЪЗСТАНОВЯВАНИЯ, ЧИЙТО ОБЕМ ЗАВИСИ ОТ МОМЕНТА НА НАСТЪПВАНЕ НА ОТКАЗА](#)

[PDF](#)

Anton Georgiev Slavchev

53-61

[ОЦЕНКА НА ЕФЕКТИВНОСТТА НА СИСТЕМИ ЗА ОТКРИВАНЕ НА НАРУШЕНИЯ, ОСНОВАНИ НА КЛАСИФИКАЦИОННИ ДЪРВЕТА И РАЗСТОЯНИЕ НА КУЛБЕК-ЛЕЙБЛЕР](#)

[PDF](#)

Veselina Jecheva, Evgeniya Nikolova

62-68

APPLICATION OF AUTOMATED DESIGN SYSTEMS IN RELIABILITY ANALYSIS OF ELECTRONIC DEVICES

Papanchev Toncho, Technical University – Varna, t.papanchev@tu-varna.bg

Georgiev Anton, Technical University – Varna, georgiev_an@yahoo.com

Abstract: Nowadays the design of modern electronic products is closely related to the use of CAD systems. The capabilities of these systems include simulations of the circuit operation, in order to assess the adequacy of the ongoing processes. The modules for computer simulations can provide and analyze large amounts of data related to working modes of the constituent components of the circuits. In this paper, the possibilities of using such simulation modules to the process of reliability predicting are discussed. An algorithm for reliability evaluation with simulation data is proposed.

Keywords: reliability, stress redundancy, CAD systems, Monte Carlo simulations

ПРИЛОЖЕНИЕ НА СИСТЕМИ ЗА АВТОМАТИЗИРАНО ПРОЕКТИРАНЕ ПРИ ИЗСЛЕДВАНЕ НА НАДЕЖДНОСТТА НА ЕЛЕКТРОННИ ИЗДЕЛИЯ

Тончо Папанчев, Технически Университет – Варна, t.papanchev@tu-varna.bg

Антон Георгиев, Технически Университет – Варна, georgiev_an@yahoo.com

Абстракт: Проектирането на съвременните електронни изделия и системи се базира на различни софтуерни продукти за автоматизирано проектиране, популярни още като CAD/CAM системи. Възможностите на тези системи включват компютърното симулиране на работата на проектираните електронни схеми, с цел постигане на предварителна оценка на протичащите в схемата процеси. Чрез модулите за компютърна симулация в CAD/CAM системите могат да бъдат анализирани данните, даващи информация за режимите на работа и натоварването на съставните компоненти на схемите. В настоящата статия се дискутират възможностите за използване на тези модули в процеса на прогнозиране на надеждността на електронните схеми. Предложен е алгоритъм за оценяване на надеждността на електронна схема, въз основа на данните от нейната компютърна симулация.

Ключови думи: надеждност, излишък по натоварване, системи за автоматизирано проектиране, Монте Карло симулации.

ВЪВЕДЕНИЕ

Електрическите изчисления на схемите се правят за номинален режим на работа, което е сериозна предпоставка за разминаване на създадения симулационен модел с реалната схема с присъщите ѝ възможни гранични състояния, породени от толерансите в

стойностите на параметрите на отделните елементи, изграждащи схемата. Несъответствието на реализирания симулационен модел и реалната схема може да бъде породено и от наличието на флуктуации във входните сигнали, захранващото напрежение, промените в температурата, атмосферното налягане, влажността на въздуха и др. външни фактори. По правило, в етапа на проектиране, толерансите се вземат под внимание най-вече при оценяване на грешката при измервателната електроника [1] и при определяне на отклоненията на основните изходни показатели на устройствата. Трябва да се отчита обаче и фактът, че изменението на работните електрически натоварвания, породено от различните съчетания на стойности на елементите, могат да доведат до промяна на режима на работата им и оттам да се влошат показателите по надеждност на устройството като цяло. Ето защо, за да се повиши ефективността на надеждностния анализ, е релевантно още преди изработването на прототип на конкретното електронно изделие да се реализират симулационни процедури, даващи оценка на съвместното въздействие на отклоненията от номиналните стойности на основните параметри на всички градивни елементи, чрез които се реализира принципната схема на изделието.

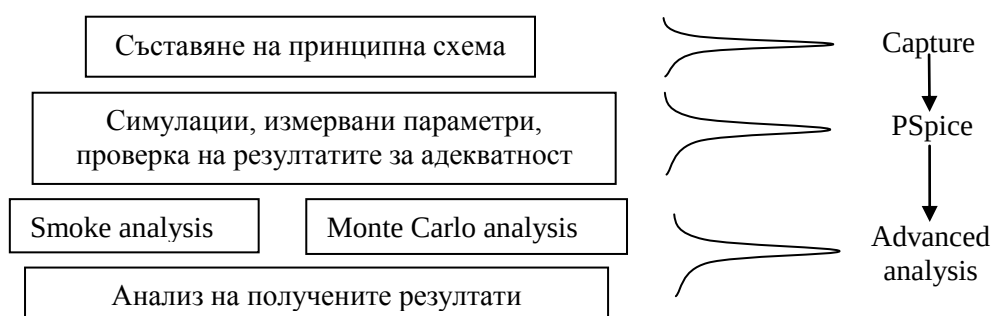
В следствие от вариациите на параметрите на елементите и на захранващото напрежение могат да се получат редица нежелани ефекти, като:

- влошаване на надеждностните показатели на изделието – повишаване интензивността на внезапните откази, нарастване на вероятността за отказ, понижаване на средното време между отказите и т.н.;
- намаляване на техническия ресурс и на експлоатационният срок на електронното изделие поради изнасяне на граничното състояние напред във времето (ускорено стареене и от там, преждевременно настъпване на параметрични откази);
- понижаване на коефициента на готовност на съоръженията, управлявани от електронната система, и свързаното с това понижаване на рандемана на производствения процес и нарастване на обема от пропуснати ползи за дадената индустриална единица.
- нарастване разходите за аварийни ремонти, целящи отстраняване на възникналите откази;
- влошаване на условията за безопасност на персонала, а понякога, дори застрашаване на здравето и живота на големи групи от хора, не участващи пряко или косвено в производствения процес и не ангажирани по никакъв начин с експлоатацията на конкретната електронна система.

Нарушаването на сигурността на хората, като и преките и косвени загуби от влошаването на надеждностните показатели на електронните системи и съоръжения, налагат необходимостта от изследване и анализ на влиянието на толерансите още в ранните етапи на проектирането. Поражда се обективно обусловена необходимост от търсене и прилагането на различни методи и средства за изследване и комплексен анализ на работата на електронните изделия, основаващ се не само на номиналните стойности на параметрите на изграждащите ги елементи, а и такива, които отчитат и прогнозираят възможните състояния на електронния обект, при отклонения на действителните стойности от номиналните стойности на параметрите, в рамките на производствените толеранси. За целта могат да се приложат различни симулационни продукти, даващи възможност за събиране и анализ на статистическа информация и прилагането на тази информация още в етапите на проектиране и избор на схемни решения.

ОЦЕНКА НА ВЪЗМОЖНОСТИТЕ ЗА ИЗПОЛЗВАНЕ НА НЯКОИ МОДУЛИ ЗА СИМУЛАЦИЯ ПРИ НАДЕЖНОСТНИЯ АНАЛИЗ

Средата за автоматично проектиране *OrCAD 16.0* е сред най-предпочитаните за проектиране на електронни устройства. Това е причината да разгледаме предлаганите от този продукт средства за симулация и статистическа обработка на натрупаната информация за повишаване на надеждността и оптималния избор на елементна база. Модулите за симулации в *OrCAD 16.0* дават възможност за пълен електрически анализ на работата на изследваната схема [2],[3]. Могат да се изчислят стойностите на електрическите величини, които определят пряко или индиректно електрическото или термичното натоварване на компонентите. Фигура 1 представя последователността на работа и модулите, които можем да използваме при оценка на надеждността на изделията.



Фиг.1. Обобщена схема на работа в среда *OrCAD*

В табл.1 са представени параметрите на работните режими, които се използват при различните стандарти за анализ на работния режим и натоварването на електронните компоненти, и които подлежат на оценка посредством модулите *PSpice* и *Pspice Advanced Analysis*.

Стандарти Компоненти	MIL-HDBK-217F[4]	Telcordia SR 332[5]	IEC TR 62380[6]	FIDES 2009[7]
Резистори	средна разсейвана мощност, температура на резистора	средна и максимална разсейвана мощност, температура на резистора	средна разсейвана мощност, температура на резистора	средна разсейвана мощност, температура на резистора
Кондензатори	амплитудна стойност на напрежението	амплитудна стойност на напрежението	амплитудна стойност на напрежението	амплитудна стойност на напрежението
Индуктивни компоненти	разсейвана мощност	-	разсейвана мощност	-
Аналогови ИС	температура на прехода	температура на прехода	средна разсейвана мощност, консумиран ток	температура на прехода
Диоди	температура на прехода, работно напрежение	среден ток в права посока	средна разсейвана мощност	температура на прехода
Транзистори биполарни	температура на прехода, напрежение колектор-емитер	средна разсейвана мощност	средна разсейвана мощност	температура на прехода

Табл.1. Параметри на работния режим на компонентите, които могат да се изчислят чрез компютърна симулация.

АНАЛИЗ „SMOKE“

Анализът „Smoke“ е предназначен да оцени степента на натоварване на елементите по отношение на някои решаващи за надеждната им работа показатели - разсейвана мощност, температура на прехода, допустими стойности на протичащия ток или приложеното напрежение.

Отправна точка за анализа са допустимите граници по тези показатели на използваните елементи. Такива данни се съдържат в техническата документация, предоставяна от производителите. За пасивните елементи, като резистори, кондензатори и бобини, тези параметри се задават едновременно за всички елементи като общо променливи, или като конкретни стойности, записвани в списъка със свойствата на отделните елементи. Вторият вариант е с приоритет. Общите променливи се въвеждат чрез специален елемент, наречен „Variables“. Полупроводниковите елементи трябва да имат разработен симулационен модел, в който да има раздел „Smoke“ с параметрите, касаещи надеждната им работа. Таблица 2 представя част от параметрите на елементите и показателите по натоварване.

Предварителните условия за успешно провеждане на симулационните изследвания са следните:

- а) елементите в схемата трябва да имат присъединени симулационни модели;
- б) изградена функционираща принципна схема и успешно проведени начални симулации в *PSpice*;
- в) предварителен анализ за ограничаване на набора от изследвани елементи и за подбор на параметрите за изчисление в схемата.

Компонент	Символ	Описание	Стойност по подразбиране
Резистор	RMAX	Максимална разсейвана мощност	0,25W
	RTMAX	Максимално допустима работна температура	200°C
	RSMAX	Коефициент на изменение на допустимата разсейвана мощност от температурата	0.005W/°C
Кондензатор	CSMAX	Коефициент на изменение на допустимото напрежение от температурата	0,005V/°C
	CMAX	Номинално напрежение	50V
	CTMAX	Максимална допустима работна температура	125°C
	CIMAX	Максимален импулсен ток	1A
Бобина	LMAX	Номинален ток	5A
	DSMAX	Диелектрична якост	300V
Транзистор	IC	Максимален колекторен ток	
	VCB	Максимално напрежение колектор-база	-
	VCE	Максимално напрежение колектор-емитер	-
	VEB	Максимално напрежение емитер-база	-
	PDM	Максимална разсейвана мощност	-
	TJ	Максимална температура на прехода	-
Диод	IF	Максимален ток в права посока	-
	VR	Максимално обратно напрежение	-
	TJ	Максимална температура на прехода	-

Табл.2. Основни параметри в анализ „Smoke“

За параметрите, които ще бъдат изследвани, трябва да има получени коректни резултати от направени симулации в *PSpice*. Избраните параметри могат да бъдат различни, в зависимост от вида на схемата, нейното предназначение, режими на работа, и др.

„Smoke“ анализът дава възможност за оценка на степента на натоварване по максимална стойност, средна стойност или ефективна стойност. Изходните резултати са в два формата – стойност на показателя, и процентно натоварване спрямо установената гранично допустима стойност.

При извършването на експерименти с различни по функционалност и сложност схеми можем да формулираме следните предложения за постигане на коректни и приложими резултати:

- при наличие на начални преходни процеси се правят две отделни симулации - една за началния период до края на преходните процеси, и една за останалия период;
- да се проверяват записите в текстовия файл с разширение „.smoke“, създаван по време на симулацията, за липсващи или недефинирани параметри; така се предотвратява изпускането на важен показател;
- по подразбиране температурата на околната среда е 27°C; ако се налага въвеждане на различна стойност, трябва да се направи в полето „Options“ на симулационния профил;
- за предпочитане е да се ползват абсолютните стойности на изчисляваните параметри, а излишъкът по натоварване да се пресмята допълнително; ако искаме да ползваме директно изчисляваните нива на натоварване, трябва да се уверим, че няма редуциране на допустимите стойности на параметрите.

Ако след анализ на резултатите от анализа „Smoke“ се наблюдават елементи, чието натоварване по определени параметри превишава допустимите граници или предварително зададени изисквания за излишък по натоварване, се пристъпва към замяната им с такива, които имат необходимата по-голяма издръжливост по съответните показатели.

След като сме се убедили, че всички показатели по натоварване удовлетворяват поставените изисквания, се пристъпва към оценка на влиянието на толерансите върху надеждността. За целта се извършва анализ „Monte Carlo Advanced“. За ограничаване на продължителността на симулациите и повишаване тяхната ефективност, трябва да се направи предварителен анализ и подбор на компонентите и параметрите, които да се подложат на анализа. Целесъобразно е, освен основните функционални параметри на схемата, да се изследват показателите с натоварване близо до допустимото, за да се гарантира спазване на изискванията по задание.

АНАЛИЗ „MONTE CARLO ADVANCED“

Анализът „Monte Carlo Advanced“ (MCA) се използва за статистически анализ на поведението на електронната схема при изменение на стойностите на параметрите на съставлящите я елементи в рамките на техните толеранси. Изходните данни могат да се използват за оценка на рандемана на производствения процес. Чрез MCA се извършват предварително определен брой симулационни процедури, при всяка от които съставлящите елементи приемат различни по големина, случайно избрани, стойности в рамките на производствените им толеранси. При планирането на експеримента трябва да се вземат решения по няколко въпроса, свързани с оптимизирането на анализа:

А) Параметри за проследяване – избор на най-важните от функционална и експлоатационна гледна точка;

Б) Броят на симулациите – баланс между сложността на схемата, водеща до продължителни изчисления на всяка стъпка, и пълнотата на изходните данни.

Колкото по-голяма е схемата, толкова по-продължително време е необходимо за симулационния анализ на всяка стъпка. За големи схеми е препоръчително да се

направи разделяне на схемата на отделни блокове по функционалност, и анализът да се извършва по определена последователност. За постигане на добри резултати в този случай трябва да се подберат входните сигнали и изходните товари за всеки блок.

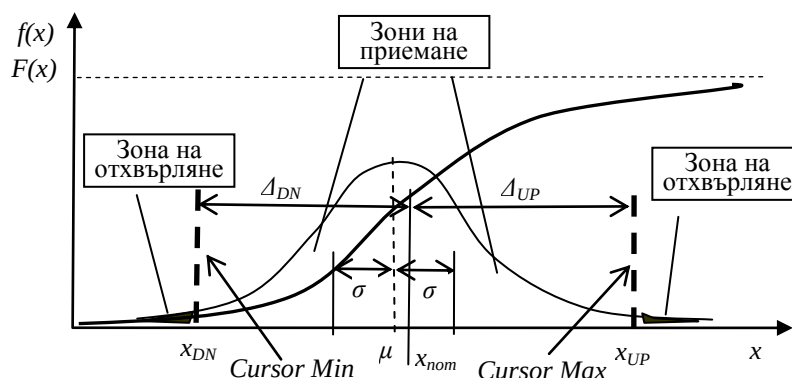
Събраните от симулациите данни се подлагат на статистическа обработка, резултат от която са таблица с основните статистически показатели и графики на плътността на разпределение на стойностите и на интегралната функция на разпределение. Освен това, всички изходни данни от симулациите и съответните набори от стойности на компонентите са достъпни за анализ и допълнителна обработка.

Статистическата обработка дава следните резултати:

- математическото очакване (средната стойност) μ и медианата m ;
- стандартното отклонение σ и относителния дял на стойностите, попадащи в обхвата $\pm 3\sigma$ и $\pm 6\sigma$;
- рандеманът на продукцията γ , „yield”, при зададени допустими отклонения от номинала Δ_{DN} и Δ_{UP} , които се фиксират върху графичното представяне на данните посредством курсорите *Cursor Min* и *Cursor Max*.

При достатъчно голям брой изпълнени симулации, поради случайния характер на изследваните процеси, плътността на разпределението на стойностите придобива нормален характер. В потвърждение на това стойностите на математическото очакване μ и медианата m би следвало да бъдат еднакви или различаващи се със стойност $|\zeta| < |\sigma|$.

Нека приемем, че изследваме с помощта на анализ MCA един ключов параметър x на дадена схема, и този параметър определя качеството на произведената продукция. Този параметър има своята номинална стойност x_{nom} , и получените посредством анализа плътност на разпределение на стойностите $f(x)$ и интегралната функция на разпределение $F(x)$, представени на фиг.2.



Фиг.2. Обобщено представяне на функциите на разпределение $f(x)$ и $F(x)$.

Изчисляваме долната x_{DN} и горната x_{UP} допустими стойности за приемане на продукцията:

$$x_{DN} = x_{nom} - \Delta_{DN}, \quad (1)$$

$$x_{UP} = x_{nom} + \Delta_{UP}, \quad (2)$$

и преместваем маркерите *Cursor Min* и *Cursor Max* съответно на x_{DN} и x_{UP} .

В полето „yield” на таблицата с резултатите се появява изчислена относителната част на симулациите, при които резултатът за параметъра x удовлетворява изискването

$$x_{DN} \leq x \leq x_{UP}. \quad (3)$$

В случая, когато $x_{nom} \equiv \mu$, за частта приети изделия γ , наречена „рандеман”, можем да запишем:

$$\gamma = F(x_{UP}) - F(x_{DN}), \quad (4)$$

където $F(x_{UP})$ и $F(x_{DN})$ са стойностите на интегралната функция на разпределение, имаща вида

$$F(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma^2}} \cdot \exp \left[-\frac{1}{2} \cdot \left(\frac{x-\mu}{\sigma} \right)^2 \right]. \quad (5)$$

Нека $|A_{UP}| = |A_{DN}| = A$, както е преобладаващия случай в практиката.

След нормализиране чрез полагане от вида

$$z = \frac{x - \mu}{\sigma}, \quad (6)$$

получаваме Лапласовите функции:

$$F(x_{DN}) \rightarrow \Phi \left(-\frac{x_{DN} - \mu}{\sigma} \right) = \Phi \left(-\frac{A}{\sigma} \right), \quad (7)$$

и

$$F(x_{UP}) \rightarrow \Phi \left(-\frac{x_{UP} - \mu}{\sigma} \right) = \Phi \left(\frac{A}{\sigma} \right) = 1 - \Phi \left(-\frac{A}{\sigma} \right). \quad (8)$$

Така за рандемана γ получаваме:

$$\gamma = 1 - 2 \cdot \Phi \left(-\frac{A}{\sigma} \right). \quad (9)$$

Тъй като стойността на A е външно зададена, виждаме, че големината на γ зависи единствено от стойността на стандартното отклонение σ .

При процедурата за контрол на качеството и изследванията за параметричната надеждност е прието да се прилагат два критерия – “3 σ ” и “6 σ ”. Това означава, че за да се удовлетворят изискванията на критериите, трябва стандартното отклонение σ отговаря на условията $A \geq 3\sigma$ (при “3 σ ”) или $A \geq 6\sigma$ (при “6 σ ”).

Частта на приетите изделия при двата критерия са съответно:

$$\gamma_{3\sigma} \geq 1 - 2 \cdot \Phi(-3) = 0,9973, \quad (10)$$

$$\gamma_{6\sigma} \geq 1 - 2 \cdot \Phi(-6) = 1 - 2 \cdot 10^{-9}. \quad (11)$$

Нека в случая се прилага критерия “3 σ ”, който е масово използван в практиката. Изследваното изделие удовлетворява зададения критерий, ако изчислената стойност на стандартното отклонение σ удовлетворява неравенството $\sigma \leq A/3$.

В случай, че не е удовлетворено поставеното изискване, трябва да се предприемат действия за намаляване на разсейването на стойностите на решаващия параметър. Първа стъпка в тази посока е избора на компоненти с по-тесни толеранси. Ако по този начин не се постигне резултат, трябва да се търси друго схемотехническо решение.

АЛГОРИТЪМ ЗА ОЦЕНКА НА НАДЕЖНОСТТА НА ИЗДЕЛИЯТА С ОТЧИТАНЕ НА ТОЛЕРАНСИТЕ НА ЕЛЕМЕНТИТЕ

Разработили сме алгоритъм, с прилагането на който се постига по-широкообхватното оценяване на надеждността на изделията, позволявайки да се ограничи

неопределеността по отношение на въздействието на толерансите на изграждащите една система елементи.

Алгоритъмът включва следните стъпки:

1. Съставяне на симулационни модели на съставлящите компоненти с параметри, съответстващи на техническото им описание. Изграждане на принципна схема.
2. Провеждане на симулационен анализ в *PSpice* – времеви (*Time Domain*), постояннотоков (*DC Sweep*) или променливотоков (*AC Sweep/Noise*). Проверка на адекватността на получаваните характеристики.
3. Извършва се анализ “*Smoke*”. Отчита се натоварването на компонентите по различните показатели (работна температура, разсейвана мощност и др.).
4. Сравняват се натоварванията на елементите с предварително определените за осигуряване излишъци по натоварване (определени от проектанта, или изисквани от методологията за изчисление на надеждността [7]). Елементите с недостатъчен излишък по натоварване се заменят с такива с по-висока издръжливост, правят се съответните корекции на параметри в симулационните им модели, и изпълнението на алгоритъма се връща в т.2.
5. В *PSpice* се извършват изчисления по отношение на основните параметри, обуславящи нормалната работа на схемата.
6. Извършва се анализ “*Monte Carlo Advanced*” за тези параметри.
7. По получените резултати и предварително зададените изисквания за допустими отклонения на изходните параметри и за рандемана на производствения процес, се оценява работата на схемата. При показатели на разсейването в норма се отива към т.10 от алгоритъма.
8. При по-голямо от допустимото разсейване на контролираните параметри се търси решение чрез намаляване на толерансите на елементите, пряко свързани с изходните резултати. Изпълнението на алгоритъма се връща в т.5, докато се изчерпят възможностите за въздействие чрез повишаване на точността на елементите.
9. Премахва се към търсене на ново схемотехническо решение. Изпълнението на цикъла започва отначало.
10. На база на получените данни за избраните елементи, условията на работа и степената натоварване се извършва изчисление на интензивността на отказите по избрана предварително методология.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Настоящата статия разглежда възможностите за използване на данни, получени от компютърни симулации, при прогнозната оценка на надеждността на електронните изделия с цел релевантен избор на допустими отклонения на основните параметри на градивните елементи. Поставен е акцент върху възможните използване на приложенията „*Smoke*” и “*Monte Carlo Advanced*” от модул *PSpice Advanced Analysis* на средата за автоматизирано проектиране *OrCAD 16.0*. Въз основа на направените изследвания, постигнатите резултати и анализа на тези резултати, е предложен алгоритъм, базиран на данните от компютърната симулация, който осигурява коректно надеждностно прогнозиране и оценяване на очакваното качество на изходната продукция.

БЛАГОДАРНОСТИ

Научните изследвания, резултатите от които са представени в настоящата публикация, са извършени по проект “Развитие потенциала на докторанти, постдокторанти, млади

учени и специализанти от инженерните науки в ТУ Варна и техния принос за развитие на икономика, базирана на знанието”, ОП 'РЧР', BG051PO001-3.3.06-0005.

References

- [1] КРОП А. Д., Анализ надежности электронной измерительной аппаратуры при ее проектировании, Изд. “Советское радио”, Москва, Русия, 1978
- [2] PSpice Advanced Analysis User’s Guide, <http://ebookbrowse.com/pspice-advanced-analysis-user-guide-pdf-d1336555>
- [3] Fitzpatrick D., Analog Design and simulation using OrCAD Capture and PSpice, Elsevier Ltd., 2012, ISBN 978-0-08-097095-0
- [4] Military Handbook Reliability Prediction of Electronic Equipment MIL-HDBK-217F, Notice 2, US Department of Defence, USA 1995
- [5] Telcordia Technologies Special Report SR-332 Issue 1, Reliability Prediction Procedure for Electronic Equipment, , May 2001
- [6] IEC TR 62380, Reliability data handbook – Universal model for reliability prediction of electronics components, PCBs and equipment, First edition 2004-08, International Electrotechnical Commission, Geneva, Switzerland
- [7] UTE FIDES Guide 2009 Edition A September 2010 Reliability Metodology for Electronic System, FIDES Group, www.fides-reliability.org



ОПЕРАТИВНА ПРОГРАМА
РАЗВИТИЕ НА
КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТТА
НА БЪЛГАРСКАТА ИКОНОМИКА
2007-2013



ОФИС ЗА ТЕХНОЛОГИЧЕН
ТРАНСФЕР КЪМ БСУ



БУРГАСКИ СВОБОДЕН УНИВЕРСИТЕТ

Новата идея в образованието!

На 14 юни 2013 г. в Бургаския свободен университет се проведе конференция на „Офис за технологичен трансфер” към БСУ – Бургас, „Знанието – източник на иновации”.

На конференцията бяха организирани две тематични секции - „Технически науки” и “Информатика”.

Конференцията е организирана по проект „Създаване на нов офис за трансфер на иновативни технологии в предприятията от югоизточен регион”

Договор: № BG 161PO0003-1.2.02-0022-C0001 за предоставяне на безвъзмездна финансова помощ, Оперативна програма “Развитие на конкурентоспособността на българската икономика” 2007-2013 г.

Процедура „Създаване на нови и укрепване на съществуващи офиси за технологичен трансфер”.



TRFFIC SIMULATION MODELING IN TELECOMMUNICATION NETWORKS

Balabanova Ivelina, Technical university of Gabrovo, ivstoeva@abv.bg

Abstract: Teletraffic engineering is essential for the Information Society due to the large increase of subscribers required for network resources to provide quality and reliable service. This is a complex process, before the mass introduction of each technology, it goes through several processes simulation modeling and experimental realization. Therefore teletraffic modeling process is interesting and topical task that plays a significant role in the development of telecommunications.

Keywords: traffic, modeling, dynamic routing, simulation scripts, scenarios teletraffic, statistical multiplexing

СИМУЛАЦИОННО МОДЕЛИРАНЕ НА ТРАФИКА В ТЕЛЕКОМУНИКАЦИОННИТЕ МРЕЖИ

Ивелина Балабанова, Технически университет – Габрово, ivstoeva@abv.bg

Абстракт: Телетрафичното проектиране става изключително важно за информационното общество поради голямото нарастване на изискванията на абонатите за мрежови ресурси, необходими за предоставяне на качествена и надеждна услуга. Това е сложен процес, като преди масовото въвеждане на всяка една технология, тя преминава през редица процеси на моделиране симулация и експериментална реализация. Следователно моделирането на телетрафични процеси е интересна и актуална задача, която има значителна роля в развитието на телекомуникациите.

Ключови думи: трафик, моделиране, динамично маршрутизиране, симулационни скриптове, телетрафични сценарии, статистическо мултиплексиране

Трафикът в широколентовите цифрови мрежи с интеграция на услугите придобива все по-голямо значение като универсално транспортно средство за широк кръг системи за пренос на трафик, независимо дали е телефонен, LAN, Internet IP, мултимедия трафик или друг вид трафична услуга. Този трафик създава унифициран транспортен механизъм, реализиран посредством статистически сложни характеристики при постоянна или променлива скорост на потока. Едно от основните свойства е, че може да се представи като случаен стохастичен процес със заемания извън мултиплексираните трафични потоци, където сумата от индивидуалната максимална широчина на лентата е по-голяма, отколкото капацитета на дадена връзка. Това е възможно, защото върховите стойности на трафичните потоци от отделните източници рядко се появяват заедно. Ефектът от едно такова статистическо мултиплексиране се основава на условието, че са мултиплексирани достатъчно брой източници на трафик, които нямат корелационни връзки помежду си. При методите и подходите за адекватното описание и анализ на поведението на трафика в широколентови мрежи трябва да съблюдават следните основни признаци:

-Запазване на рамката на процеса като марковски, но с отчитане на поведението на трафика при дадена времева скала посредством теорията на големите отклонения и достъпа до значими редки събития;

-Възприемане на стохастичното себеподобие, което показва как вероятностната структура на трафичния процес се променя в диапазона на дадена времева скала.

-Изразяване на дълговремени зависимости между характеристиките на отделните типове от услуги в условието на стохастично себеподобие, като се предполага че трафика е стационарен.

Стохастично себеподобие на телетрафика

Стохастично себеподобие SS (Stochastic Self-Similarity) показва как вероятностната структура на процеса варира в предварително избрана времева скала. Съществуват два основни подхода за моделиране на стохастичното себеподобие:

- Моделите на разкъсано Брауново движение, при които отсъства описание на повече взаимовръзки в разглеждания физически процес и се използват малък брой параметри;
- Модели на хаотични карти, при които се отразява нелинейната динамика на трафичния процес. Практическото приложение на такива модели е силно ограничено поради липсата на аналитична трактовка и малките възможности за агрегиране.

Стохастично себеподобие в широколентовите мрежи с интеграция на услугите е свързано с внезапната поява на трафик. Такава внезапна проява на трафик може да бъде регистрирана при всяка времева скала, с продължителност от милисекунди до дни и процесът е подобен независимо от избраната времева скала. Една характеристика на себеподобния трафик е корелацията на всички времеви скали, т. е. трафикът е с дълговремени зависимости. Себеподобието на трафика се оценява от параметъра на Хърст $0,5 < H < 1$. Големите стойности на H съответстват на по-големи флуктуации върху размера на внезапна проява на трафик и по-силни корелационни зависимости в самия трафик. При стойност на $H > 0,5$ се приема, че процесът има положителни корелации и обратно, за стойности по-малки от $0,5$ – отрицателни корелации. Стохастично себеподобие се прилага спрямо времевите редове, за да съхрани тяхната вероятностната структура, когато нараства скалата на измерванията.

Нека стохастичният процес $X \equiv \{X_n : n \geq 1\}$ е ковариационен и стационарен в широк смисъл, т.е. математическото очакване $E[X_n]$, дисперсията $D[X_n]$, и функцията на автоковариация $Cov[X_n, X_n + q]$ на процеса се определят съгласно (1.1),

$$E[X_n] = \mu$$

$$D[X_n] = E[X_n^2] - (E[X_n])^2 = \sigma^2, \quad -\infty < q < \infty \quad (1.1)$$

$$Cov[X_n, X_n + q] = E[(X_n - E[X_n])(X_n + q - E[X_n])]$$

където σ^2 е средно квадратно отклонение на X_n

Например в цифровите широколентови мрежи с X_n може да се представи броят пакети, клетки или битове, които пристигат по време на n - q интервал, чиято продължителност е ξ секунди. В този случай X_n зависи от разглеждания изборим процес $\{N(t) : t \geq 0\}$,

$$X_n \equiv N(n \zeta) - N[(n-1) \xi] \quad (1.2)$$

Където $N(t)$ е записът на броя на заявките за времето t .

Въз основа на оригиналния процес, дефиниран по-горе може да се определи един стационарен в широк смисъл, агрегиран процес

$X_m \equiv \{X_k(m) : k \geq 1\}$, които се получава посредством усредняване на X_n върху съседни непрепокриващи времеви редове с размер m , т.е

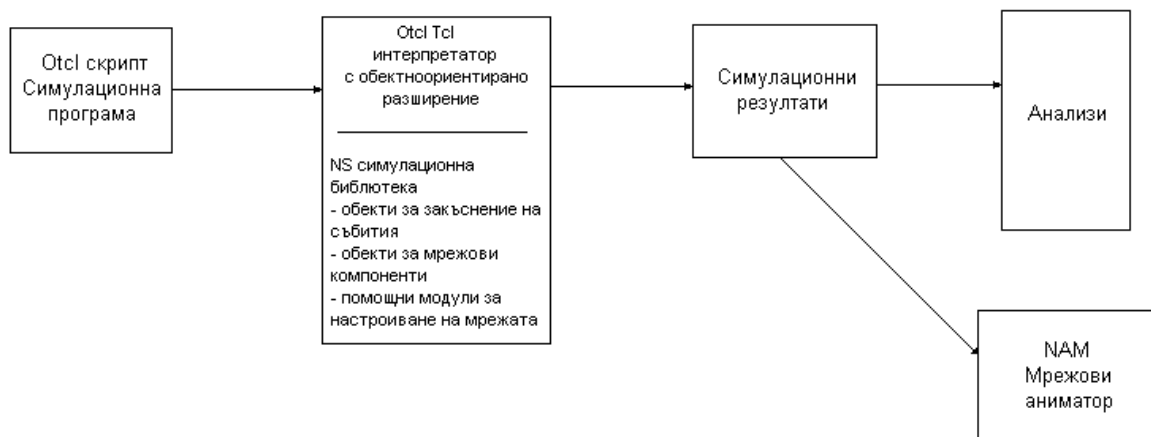
$$X_k(m) = 1/m(X(k-1)m+1 + \dots + X_{km}) \quad (1.3)$$

Дискретният процес $X = \{X_n : n=1,2,\dots\}$ се определя като себеподобен при наличието на параметъра на Хърст H , ако всяка времева последователност с размер m , съществува процес от вида $\{m^{-H} X_k(m) : k=1,2,\dots\}$, които има едно и също крайно разпределение като процеса X , т. е. Може да се дефинира тъждеството (1.4)

$$\{X_n : n=1,2,\dots\} \equiv \{m^{1-H} X_k(m) : k=1,2,\dots\} \quad (1.4)$$

NS2 е мрежов симулатор за дискретни събития. Той издържа множество комуникационни протоколи, различни по характер източници на трафик, разнородни приложения, вградени модули за изследване на политиките за управление на опашките (Drop Tail, RED, CBQ, и др.) маршрутизиращи алгоритми и т.н. Имплементирани са механизмите за изследване на множествения достъп до физическите преносни среди с прилагане на спецификите на протоколите от MAC слоя на референтния модел.

NS2 е написан на C++ и Otcl (Tcl програмен език е обективно разширение).



Фиг.1 Потребителски изглед на NS2

NS2 е обективно – ориентиран Tcl (OTcl) скриптов интерпретатор, който има модул за създаване на график на симулационните събития, и мрежов компонент за обективни библиотеки и библиотеки за мрежови настройки на модулите (фиг. 1). За да се настрои и да стартира мрежова стимулация, потребителя трябва да напише OTcl скрипт, който стартира модула на графика на събития, установява мрежовата топология, използвайки мрежови обекти и функциите в библиотеката, и указва на източниците на трафика кога да започнат и спрат генерирането на пакети, чрез модула на графика на събития.

Създаването на нов мрежов обект се осъществява, чрез описване на новия обект или чрез създаването на сложна обектна библиотека. OTcl модулите улесняват работата при създаване на нов мрежови обект.

Друг главен компонент на NS освен мрежовите обекти е графикът на събитията. Събитие в NS пакет, с уникална идентификация прикачен към определен график и флаг на обект, който управлява пакета. В NS всеки график на събития, пази запис от специфичните симулационни периоди и предизвиква събитие по техния ред в опашката на събитията, чрез извикване на определени мрежови компоненти, които имат връзка със събитието.

От видовете симулатори с отворен код се достига до извода, че NS е изключително мощно средство за изследване на телетрафични системи. Архитектурата му позволява да бъдат добавяни или коригирани неговите модули и библиотеки. Той е най-използваният симулатор в академичните среди. Поради тази причина е необходимо да се направи обстоен преглед на симулатора и на допълнителните програми и инструменти, които служат за създаване и изпълняване на симулационните скриптове, анализиране и визуализиране на получените резултати.

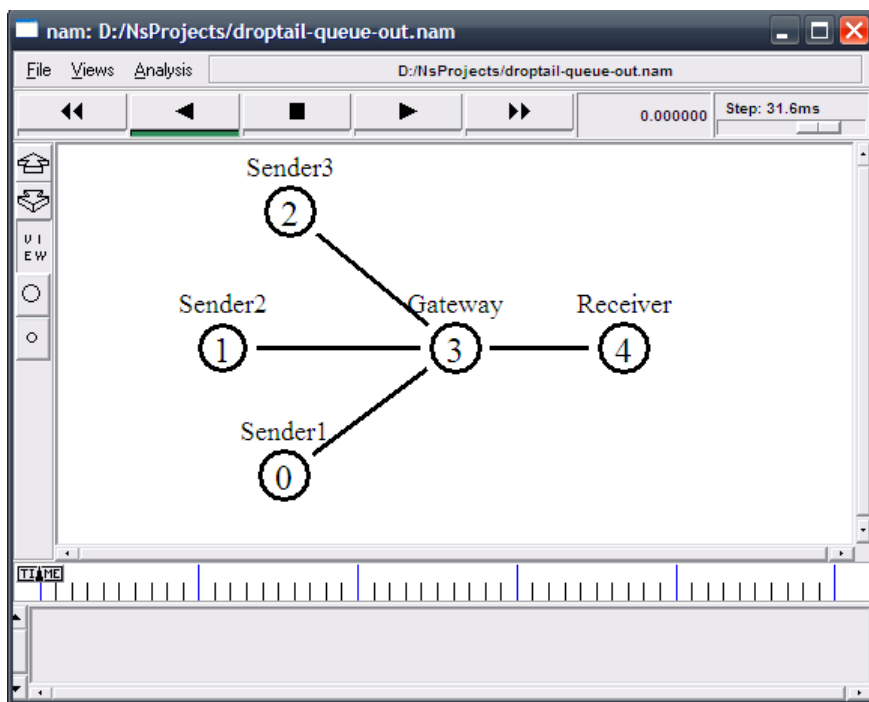
Моделиране на телетрафични процеси в основните мрежови топологии

При този сценарий се изгражда опростена мрежа с топология тип „Звезда”. За звезден център е взет възел 3, който изпълнява функцията на шлюз (Gateway). Възлите 0, 1 и 2 са изпращачи (Sender), а възел 4 е приемник (Receiver). Потока от информация протича последователно от възлите 0, 1 и 2 към 4 като минават през шлюза 3. Шлюзът 3 е подложен на трафик от трите възела изпращачи, в следствие на което не всички пакети ще могат да бъдат обработени ще се получат отпаднали пакети.

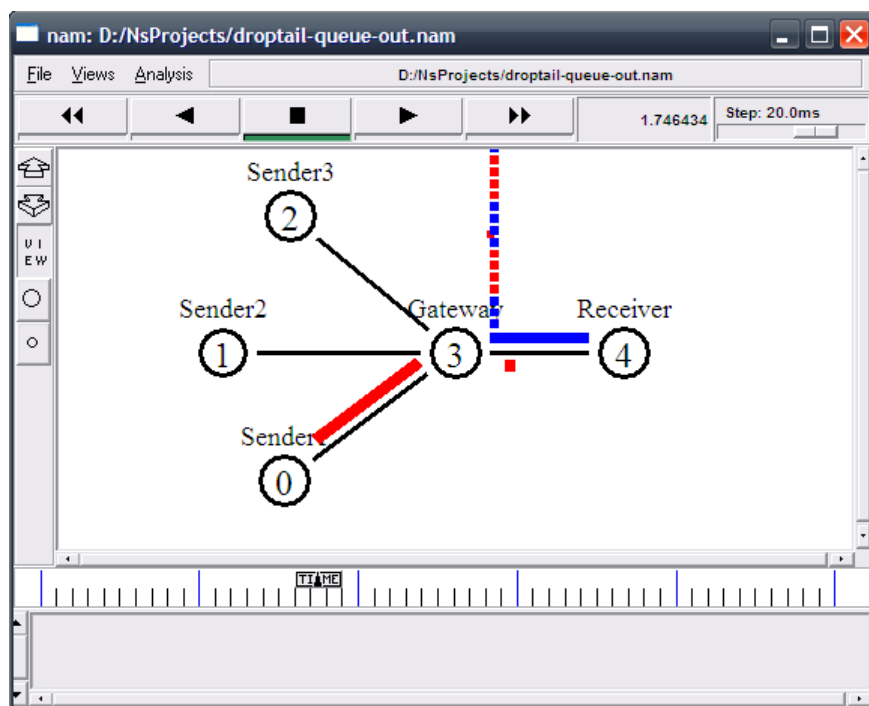
Скоростите между възлите 0 и 3, 1 и 3, 2 и 3 ще бъдат зададени 6Mb/s, а закъснението - 1ms. А скоростта между възел 3 и 4 е 3Mb/s и закъснение 1ms. Връзката, която се изгражда е TCP, като TCP източниците са прикачени към възлите 0, 1 и 3.

На фиг.2 е представен нагледно сценарият на този вид топология.

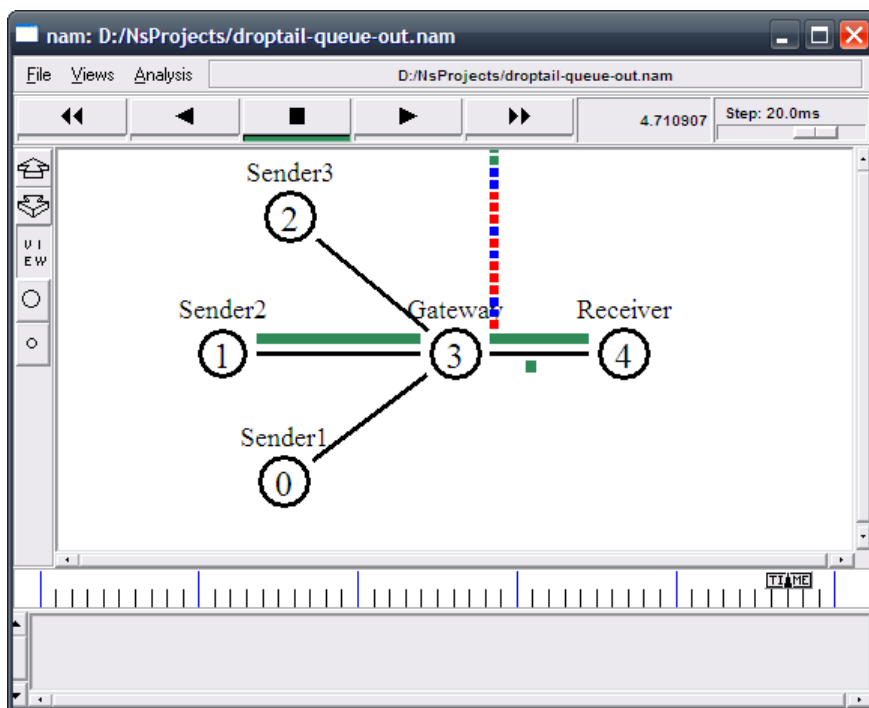
Моделиране на топология тип “Звезда”- създава се нов обект за емуляцията; Отварят се следящи файлове; Отварят се следящи файлове за nam; Създаване на възли на конфигурацията; Дефинират се различните цветове за различните потоци; Задаване на връзки между възлите; скорост от 6Mb изакъснение 1ms. скорост от 3Mb и закъснение 1ms. Дефиниране на размера на опашката между възела на шлюза и приемника; Разполагане на възлите при визуализация в NAM; Създаване мониторинг на опашката; Създаване на TCP връзка за възел(източник) 1; Създаване на TCP връзка за възел(източник) 2; Създаване на TCP връзка за възел(източник) 3; Създаване на TCP връзка за възел(приемник) 4; Свързване на източници на трафик; Създаване на FTP приложения; Дефиниране на финална процедура; Задаване на етикети на възлите и времена за изпълнение и прекъсване на процедурите;



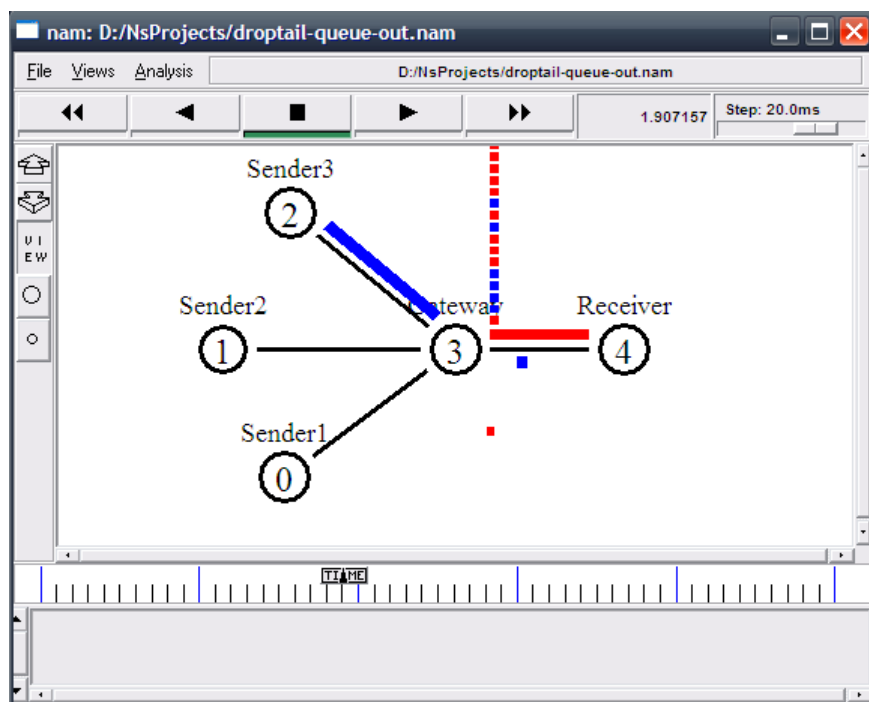
Фиг. 2 Сценарии на топология тип „Звезда”



Фиг.3 Предаване на информация от възел 0 към възел 3



Фиг.4 Предаване на информация от възел 1 към възел 3



Фиг.5 Предаване на информация от възел 2 към възел 3

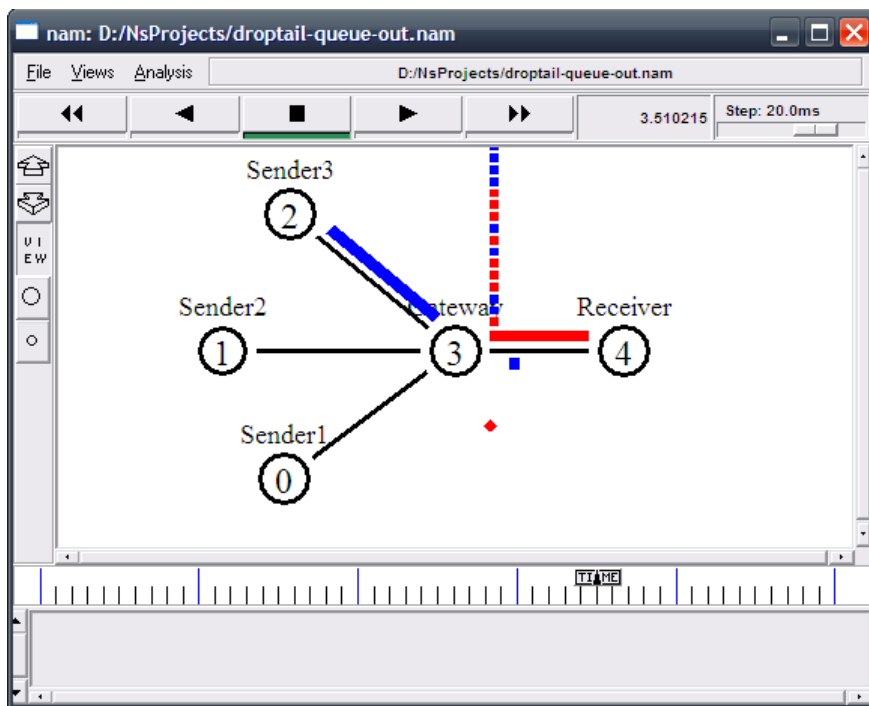
На фиг. 3, фиг. 4 и фиг. 5 се наблюдават потоците от данни които протичат от възлите 0(Sender1), 1(Sender2) и 2(Sender3) към възел 3(Gateway). Разгледани са трите различни случая:

- на фиг. 3 се наблюдава постъпващия трафик от възел 0

- на фиг. 4 се наблюдава постъпващия трафик от възел 1
- на фиг.5 се наблюдава постъпващия трафик от възел 2

От информацията, която се предава последователно от трите възела към възела 3(Gateway) се формира опашка от пакети (фиг. 3 до 5), която се обработва от шлюза 3. Информацията от него се предава към възела 4(Receiver).

В случаите по горе се вижда, че информацията която се предава от някой от изпращачите към шлюза се забавя с 1ms с цел предишната получена в него да бъде предадена към получателя.



Фиг.6 Загуба на пакети от данни

В следствие на трафика, който постъпва от трите възли, шлюзът три се натоварва и не всички пакети могат да се обработят. Това води до загуба на пакети.

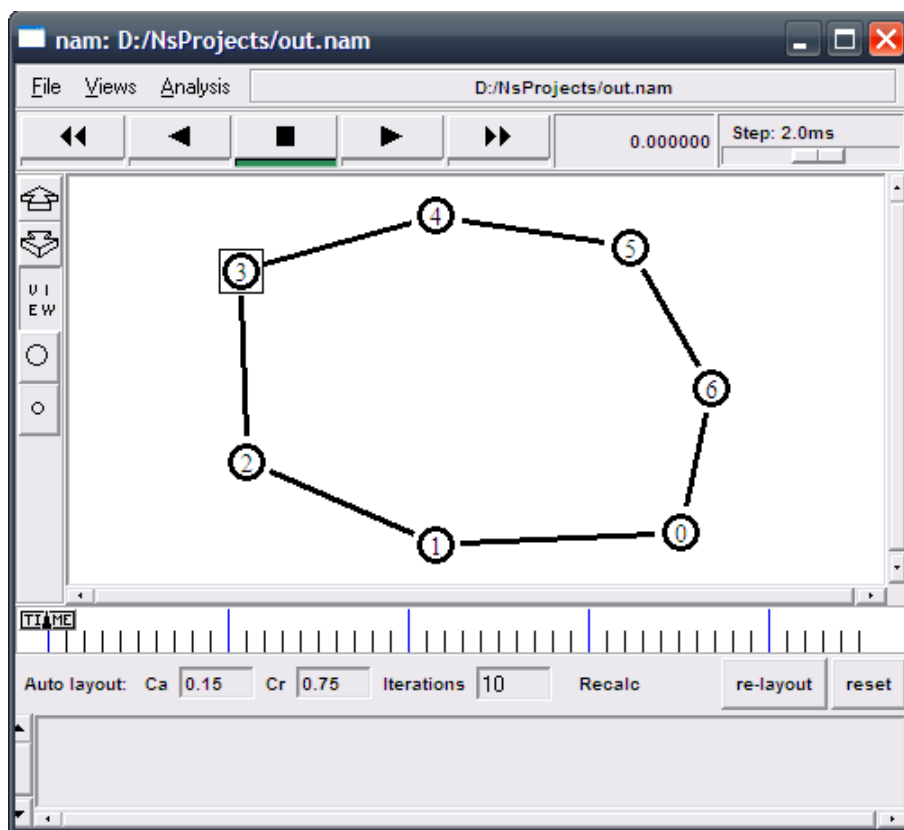
На фиг.6 се наблюдават загубите на пакети информация при предаването от възела 3(Gateway) към възела 4(Receiver).

Моделиране на “Пръстеновидна” (Кръгова) топология

В случаят се изгражда „Пръстеновидна” (Кръгова) топология със седем възела.

Сценарият е следният поток от информация протича от възел 0 към възела 3, като преминава последователно през възлите 1 и 2. Връзката която се изгражда е UDP. Задава се и CBR източник на трафик. В следствие на прекъсване на връзката между възлите 1 и 2 потокът от информация се пренасочва през възлите 6, 5 и 4. Скоростта на предаване на информацията между отделните възли е 10Mb/s, а закъснението е 10ms. В този сценарий е предвидено изследване на ситуация при прекъсване на линията при два съседни възела.

На фиг.7 е показан нагледно сценарият, който се проиграва по долу.

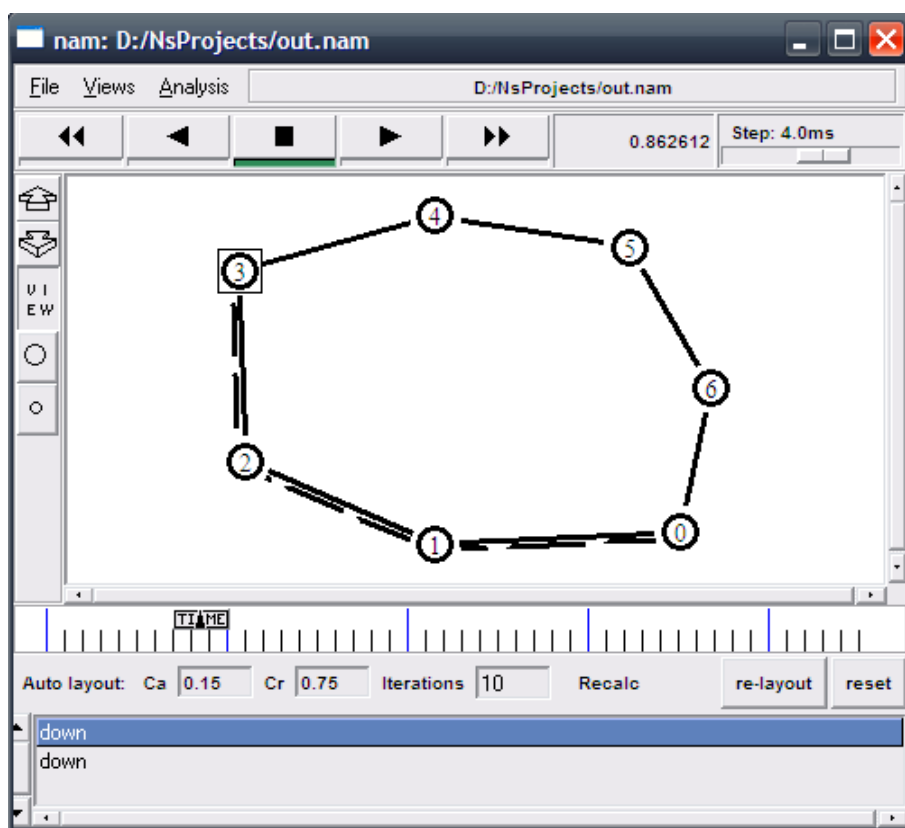


Фиг.7 Сценарии на „пръстеновидна” (кръгова) топология

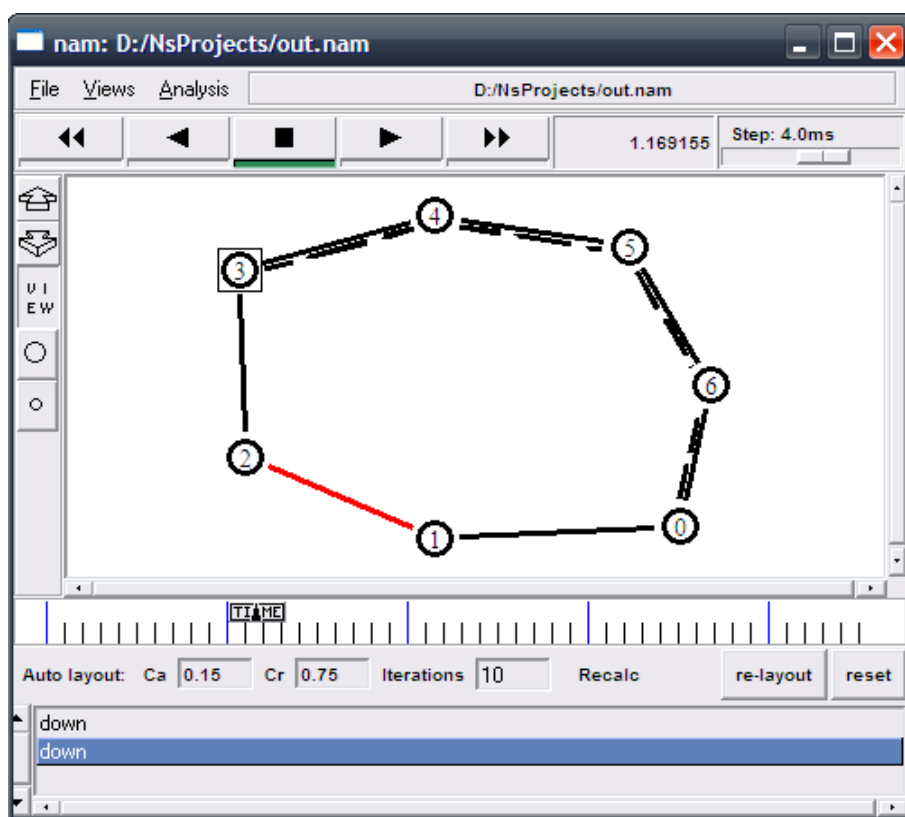
Създава се нов обект за емуляцията; Задаване на симулатора да използва динамично маршрутизиране; Отварят се следящи файлове за nam; Дефиниране на финална процедура; Създаване на седем възела; Създаване на връзки между възлите; Създаване на UDP връзка за възел 0; Създаване на CBR източник на трафик; Създаване на нулев агент (traffic sink); Създаване на източник на трафик с (traffic sink); Списък със събития за CBR и динамичната мрежа; Стартиране на симулацията;

На фиг. 8 се вижда потока от информация, който протича от възел 0 към възел 3 преминавайки последователно през възлите 1 и 2. Възел 0 изпълнява ролята на източник, а възел 3 изпълнява ролята на получател на информацията. Връзката която се осъществява между източника и получателя е UDP. В горната фигура се вижда, че информационният поток преминава по най - краткият път, за да достигне до приемника максимално кратко време.

На фиг.9 се вижда прекъсване на връзката между възлите 1 и 2, а с това и на по прекия път на потока от информация, който протича от възел 0, към който е свързан UDP източника, към възел 3, който в случая играе ролята на приемник. За да могат пакетите от данни да се предадат от източника към приемника, информационният поток обръща своята посока и преминава последователно през възлите 6, 5 и 4 за да достигне до получателя си във възел 3. В следствие на тази симулация се вижда, че “Пръстеновидната” (кръговата) топология изгражда по надежден канал за връзка (чрез резервиране на трафика) от топологията тип “Звезда”. Същевременно при прекъсване на друга линия между два възела, трафикът в пръстена ще се наруши (това ще наруши и кръговата топология).



Фиг. 8 Потока от данни протичащ от възел 0 към възел 3



Фиг. 9 Потока от данни протичащ от възел 3 към възел 0 след прекъсване на връзката между възли 1 и 2

Заклучение

Телетрафичното проектиране става изключително важно за информационното общество поради голямото нарастване на изискванията на абонатите за мрежови ресурси, необходими за предоставяне на качествена и надеждна услуга. Това е сложен процес, като преди масовото въвеждане на всяка една технология, тя преминава през редица процеси на моделиране, симулация и експериментална реализация. Следователно моделирането на телетрафични процеси е интересна и актуална задача, която има значителна роля в развитието на телекомуникациите. Основният инструмент свързан с разработката е софтуерът Network Simulator 2. Това е университетска разработка на софтуер с отворен код за моделиране на телетрафични системи. Подробно са описани архитектурната форма и структурата на изходните му файлове, както и тяхната обработка със съответните програмни продукти. Тяхната цел е осигуряване на визуална интерпретация на създадената мрежова топология и извеждането на резултатите в достъпен графичен вид. Симулацията се осъществява чрез сорс код написан на NS2 (Network Simulator 2), а визуализацията на изходните данни се осъществява посредством модула NAM (Network Animator). Като пример за приложението на програмната среда NS2 са предложени, симулирани и анализирани два модела на базови топологични конфигурации: топология „звезда“ и „пръстеновидна“ (кръгова) топология. За реалистичност на разгледаните модели са въведени сценарий с различни видове трафик размер на пакетите, пропускателна способност на канала, времезакъснения и вероятност за отпадане на пакети.

В заключение могат да се направят следните по важни изводи:

- програмната среда NS2 е сравнително лесна за използване с широки възможности за проектиране на телетрафични системи;
- разгледаните симулационни модели дават възможност за изследване на различни телетрафични сценарий при различни варианти на входните параметри;
- извеждането на резултатите под формата на графове и / или различни графични зависимости дава ясна и нагледна представа за функционирането на системата и обработката на трафика във времето.

References:

- [1] Д. Радев, Т. Илиев, Г. Христов., Компютърно моделиране на телетрафични системи., Изд. РУ “Ангел Кънчев”, Русе, 2008.
- [2] Д. Радев, Телетрафично проектиране., Изд. “Колбис”, София, 2008.
- [3] Д. Радев, Теория на телетрафика., Изд. “Нови Знания”, София, 2004.
- [4] С. Мирчев, Телетрафично проектиране, издателство “Нови Знания”, София, 2002.
- [5] Хр. Христов, С. Мирчев., Телекомуникации издателство. Изд. “Нови Знания”, София, 2004.
- [6] http://ce.sharif.edu/~m_amiri/project/networksimulator1/index.htm
- [7] <http://www.item.ntnu.no/fag/ttm4150/labs/ns2win.html>
- [8] <http://www.cse.msu.edu/~wangbo1/ns2/>

EXAMPLES FOR VISUALIZATION OF SOME EVENTS DURING PROPAGATION OF LIGHT IN OPTICAL FIBER

Angel Toshkov, Burgas free university

Abstract: This paper presents a demonstration of the practical visualization of light propagation in optical fibers. This method is applied in the training of students studying the principles of propagation of light in optical fibers. It is possible to visualize and comment some of the main effects in the distribution of light - total internal reflection, absorption losses, leakage, breach of critical angle, dispersion, reflection, refraction, backscattered signals, reflection losses upon insertion of the light in the fiber, the effect of the angle of incidence of light on the front of the fiber and others.

Keywords: Light, optical fiber, propagation, demonstration, full internal reflection, visualization, experiment, refraction, scattering, mode, critical angle

ПРИМЕРИ ЗА ОНАГЛЕДЯВАНЕ НА ПРОЦЕСИТЕ НА РАЗПРОСТРАНЕНИЕ НА СВЕТЛИНАТА В ОПТИЧНИ ВЛАКНА

Ангел Тошков, Бургаски свободен университет

Абстракт: В статията се разглеждат примери за визуализация на различни ефекти и явления свързани с разпространението на светлината в оптичните влакна. Тези примери намират приложение в областта на обучението на ученици, студенти и курсисти изучаващи приложението на оптичните влакна в комуникациите. Визуализират се и се коментират някои от основните ефекти в процеса на разпространението на светлината, като пълно вътрешно отражение, загуби от поглъщане, загуби от изтичане при нарушаване на критичния ъгъл, дисперсия, отражение, пречупване, обратно отразен сигнал, загуби от отражение при вкарване на светлината във влакното, влияние на ъгъла на падане на светлината върху челото на влакното и др.

Ключови думи: Светлина, оптично влакно, разпространение, експеримент, демонстрация, отражение, пречупване, разсейване, мода, моди, критичен ъгъл

Въведение

Използването на подходящи експерименти в процеса на обучение е основен метод за получаване на реални и устойчиви знания в процеса на обучение.

Използването на презентации, при които може да се онагледят теорията в процеса на обучение е предпоставка за повишаване на мотивацията на студентите за по-подробно запознаване и разбиране на изучаваните теории, процеси и явления.

В статията са представени и анализирани снимки, получени при демонстрации и експерименти, които се провеждат по време на лекции и упражнения в бакалавърския курс и при обучението на курсисти по комуникации и по компютърни системи и технологии в Бургаски свободен университет. Експериментите позволяват да се онагледят някои от изучаваните процеси и явления при разпространението на светлината в оптично влакно, като процесите са пренесени в макро-среда.

Цел на разработката

Целта на тези примери е да се покаже как някои ефекти могат да бъдат онагледени и коментирани в процеса на преподаване на теорията и практическото приложение на оптичните влакна.

Задачи на настоящата разработка

Разпространението на светлината в оптичните влакна за целите на комуникациите става при условия, които не позволяват директното и наблюдение с невъоръжено око. Обикновено, в процеса на преподаване за обяснение се използват различни теоретични модели, графики и схеми.

Задачата на тази статия е да бъдат показани част от явленията, които се случват при разпространението на светлината в оптично влакно, като бъдат визуализирани по начин, по който да се наблюдават ясно с невъоръжено око. Това дава възможност на студентите, учениците и курсистите да придобият много по-устойчиви и дълготрайни знания в процеса на обучение в тази област.

В [1] е показано, че такива експерименти могат да бъдат проведени при използването на поликарбонатен цилиндър с коефициент на пречупване $n = 1.58$ за ядро на вълновод и използването на въздуха като обвивка. В конкретния случай в [1] са използвани такива с размери – дължина 160mm и диаметър 8mm.

За целите на презентациите, също така, могат да бъдат използвани и различни други подходящи материали, както и заготовки за изтегляне на оптични влакна, специално създадени за целите на експериментите. Като източници на светлина са подходящи различни видове лазерни устройства, полупроводникови, твърдотелни или газови лазери. Изискванията към тези устройства са да имат достатъчна изходна мощност (например в диапазона 0,5 mW до 10 mW), да излъчват във видимата област (380-760 nm, като предпочитан диапазон е 450-680 nm) и да са по-възможност монохроматични или излъчващи много тясна спектрална лента, с ширина до няколко нанометра (например 1 до 10 nm).

Нехомогенността на материала на вълновода, наличието на големи загуби и вътрешни включвания и дефекти в определени количества могат да допринесат за подобряване на визуализацията на някои ефекти. В този смисъл е необходим прецизен подбор на диелектричния вълновод за целите на съответната демонстрация.

Посредством такава опитна постановка е възможно да се наблюдават и да бъдат обяснени голям брой явления, понятия и ефекти, които се случват по време на разпространението на светлината в оптично влакно.

Ето някои от ефектите, които са разгледани в настоящата статия:

- ✓ Отражение и пречупване на светлината при попадане на челото на оптично влакно - границата на две оптически проводящи среди с различен коефициент на пречупване;
- ✓ Принцип на пълното вътрешно отражение;
- ✓ Кумулативни загуби в оптичните влакна;
- ✓ Връзка между ъгъла на приемане и загубите на светлинна енергия;
- ✓ Изтичане на светлинна енергия от ядрото на оптичните влакна при нарушаване на критичния ъгъл при разпространение;
- ✓ Обяснение на понятието - „Пространствена магистрала”
- ✓ Връзка между разстоянието на предаване на оптичната енергия и различните моди.
- ✓ Разсейване и отражение на светлината;
- ✓ Разсейване в следствие на конструктивни дефекти и нееднородности;

- ✓ Обратно отразен светлинен поток;
- ✓ Обяснение на принципа на изграждане на OTDR.

Използвано оборудване за демонстрациите

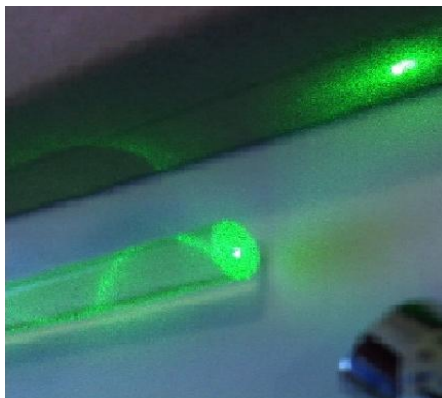
За провеждане на експериментите са използвани:

- InRb твърдотелен лазер, излъчващ на дължина на вълната 532 nm (зелена светлина) с регулируема мощност на излъчване от 0,5mW до 10 mW;
- полупроводников лазерен диод с дължина на вълната 650 nm (червена светлина) и мощност на излъчване 0,5mW;
- HeNe газов лазер, с мощност 100 mW и дължина на вълната 660nm (червен цвят). Лазерът се използва с атенюатор.
- Програмируем източник на светлинно излъчване с дължина на вълната 600-1600 nm и изходна оптична мощност 0,7 mW.
- поликарбонатен цилиндър с коефициент на пречупване $n_1 = 1.58$ за ядро на вълновод и използване на въздуха като обвивка с размери – дължина 160mm и диаметър 8mm;
- стенд за закрепване на източниците;
- измервател на оптична мощност – Anritsu OPM ML910A, сонда – MA9802A
- фотокамери.

Резултати от експериментите.

1. Демонстрация на отражение и пречупване на светлината при попадане на челото на оптично влакно - граница на две оптически проводящи среди с различен коефициент на пречупване.

На фиг. 1 се наблюдава ефектът на отражение и пречупване на светлината на границата на две среди с различен коефициент на пречупване. В случая въздух и поликарбонат. При определени условия, пречупеният лъч навлиза и започва да се разпространява в диелектричната среда (оптичното влакно), по закона за пълно вътрешно отражение. Част от енергията, тази на отразения лъч (светещата точка върху страничната преграда) се губи, като обикновено се поглъща от околната среда.



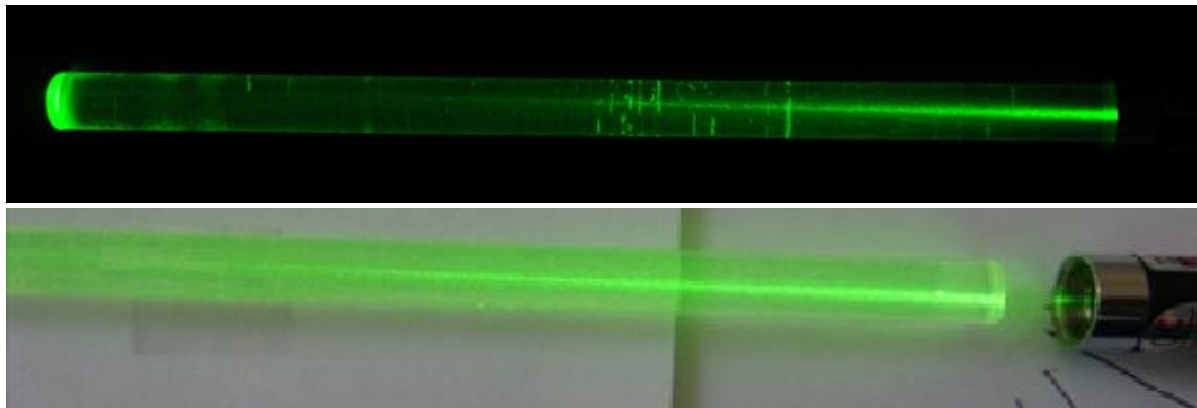
Фиг. 1 Отражение и пречупване на границата на две среди.

Точно този ефект се получава на мястото на свързване на оптични влакна с оптични съединители, когато между влакната има въздушна междина, или при вкарването на светлина от източник в оптично влакно (както в случая).

2. Кумулативни загуби в оптичните влакна.

На фиг. 2 светлинният лъч е въведен под ъгъл близък до 90^0 спрямо нормалата към челото на вълновода. Вътре в него, тя се разпространява успоредно на надлъжната му ос. В началото, лъчът е фокусиран, като на някакво разстояние от началото той се разфокусира. (Практически, в конкретния пример, лъчът не се разфокусира напълно, но плътността на енергията му намалява дотолкова, че отразената и разсеяна светлина не

са достатъчни за да се види пътя му). Светлината се отразява, разсейва и поглъща вътре във вътрешността на вълновода. Това се получава поради факта, че тя взаимодейства с материалната среда в която се разпространява. Там, където светлинната енергия е с най-висока плътност, там тези ефектите на отражение и разсейване са най-изразени, благодарение на което разпространението на лъча става видимо.

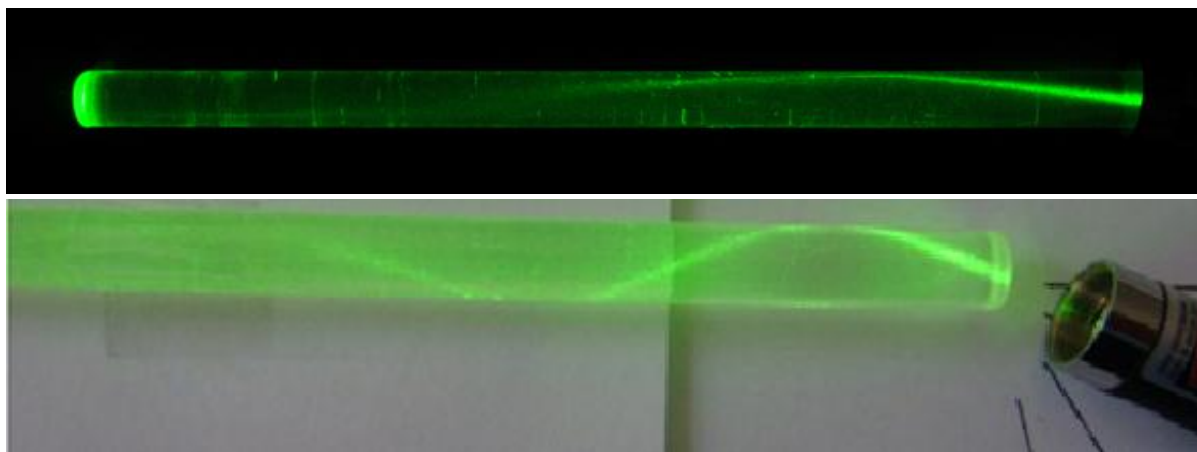


Фиг. 2 Светлинен лъч разпространяващ се успоредно на оста на влакното.

3. Принцип на пълното вътрешно отражение.

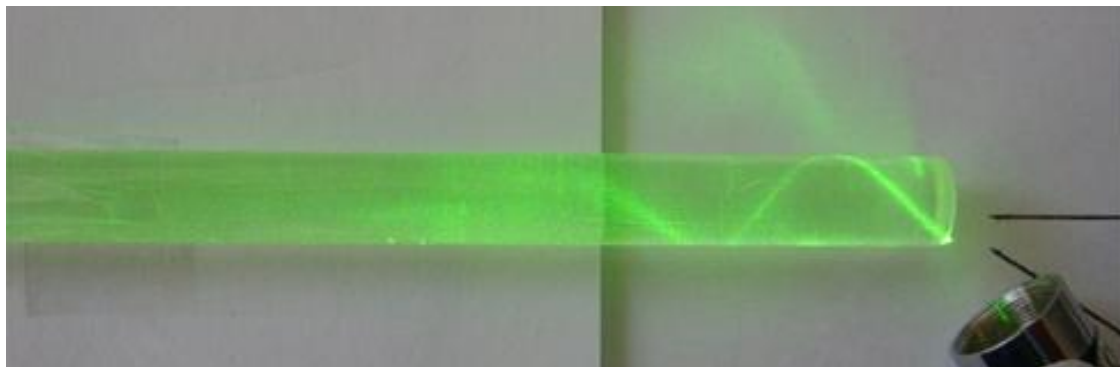
Светлината, разпространяваща се в оптично влакно се подчинява на закона за пълно вътрешно отражение [1],[2],[3],[4],[5].

На фиг. 3 се наблюдава промяната на траекторията на светлинния лъч при промяна на ъгъла на вкарване на светлината спрямо челото на вълновода. Светлинният лъч започва да се разпространява по закона на пълното вътрешно отражение.



Фиг. 3 С увеличаване на ъгъла на вкарване на светлината, светлинният сноп започва да се разпространява по закона за пълно вътрешно отражение.

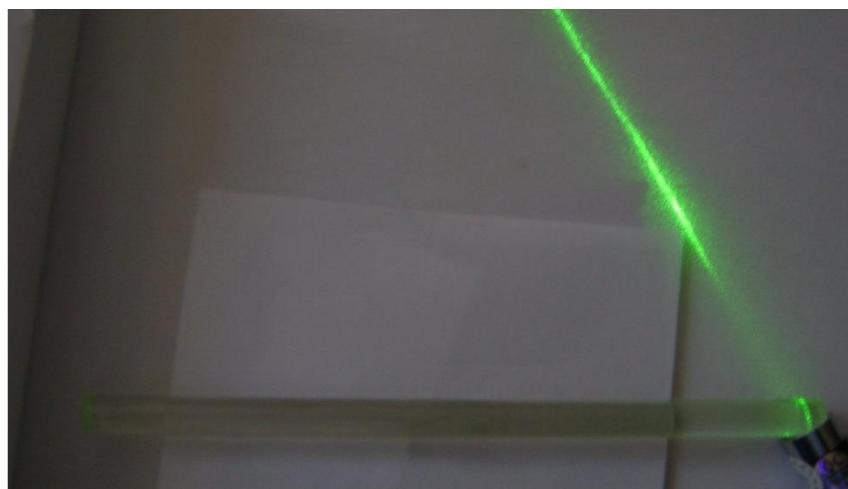
При разпространението си в сърцевината лъчът започва да намалява интензитета си и се разфокусира. С увеличаването на ъгъла на вкарване на светлината във вълновода част от светлината се преобразува в отразена и разсеяна светлина на по-късо разстояние от началото на диелектричния вълновод спрямо лъча, който се разпространява успоредно на надлъжната ос на вълновода. Колкото по-голямо разстояние изминава светлината в диелектричния вълновод, толкова по-големи са и загубите, които се получават. Същото се случва и в оптичното влакно. Това се вижда добре при сравняване на фиг. 2,3 и 4.



Фиг. 4. Разстоянието при което се губи фокусировка е пропорционално на дължината на пътя, който светлината изминава в оптичното влакно. В случая пълното разфокусиране става когато светлината измине повече от 12 см в диелектрика измерено по траекторията на лъча.

4. Изтичане на светлинна енергия от ядрото на оптичните влакна при нарушаване на критичния ъгъл при разпространение.

В случаите, в които ъгълът на падане на светлината върху челото на влакното излезе от конуса на приемане, на границата на ядро-обвивка в оптичните влакна се нарушава условието за пълно вътрешно отражение. В следствие на това по-голямата част от енергията се пречупва и навлиза в обвивката, а друга, по-малка част се отразява и остава в ядрото. Практически тази пречупена и навлязла в обвивката (в конкретния пример във въздуха) светлинна енергия се поглъща или изтича и се губи. Този ефект може да се види на фиг. 5.



Фиг. 5. При много голям ъгъл на вкарване голяма част от светлината се пречупва и изтича в обвивката, откъдето в следствие се губи. Малка част остава в ядрото, но поради нарушаване на условието за пълно вътрешно отражение изтича много бързо от ядрото. Ясно се вижда, че светлината в края на вълновода е много по-слаба и там той изглежда тъмен.

5. Връзка между разстоянието на предаване на оптичната енергия и различните моди.

Количеството енергия, което достига до края на оптичното влакно освен от качествата на материала, дължината на вълната, ширината на спектралната лента, конструкцията на вълновода и други параметри зависи и от това под какъв ъгъл спрямо оста на влакното се разпространява светлината в сърцевината му. Явно е, че колкото

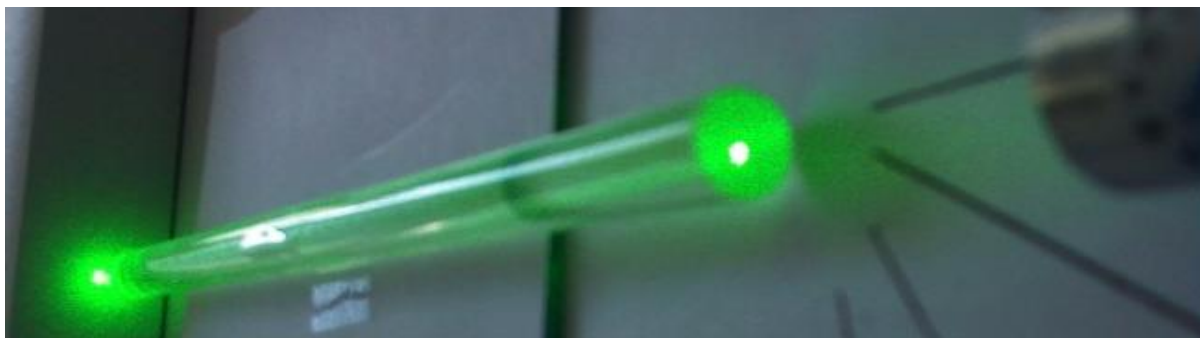
този ъгъл е по-голям (ъгълът спрямо надлъжната ос на вълновода) толкова по-дълъг път ще измине светлината, съответно толкова по-големи загуби ще претърпи. Този ефект може да се види на фиг. 6 до фиг. 10. Интензитетът на изходната светлина в края на вълновода се наблюдава с невъоръжено око върху екрана, поставен на изхода на световода.

Ако в едно оптично влакно с достатъчно голяма сърцевина се вкара успореден сноп от полихроматична светлинна енергия, то различните дължини на вълните ще се отразят от обвивката под различен ъгъл и ще започнат да се разпространяват по различни траектории в сърцевината. Тези траектории се наричат „Пространствени магистрали”. Ефектът е подобен на вкарване на светлината под различен ъгъл в оптичното влакно. На снимките на фиг.2 до фиг.4 на практика наблюдаваме няколко различни пространствени магистрали.

Поради факта, че светлинните лъчи с различни дължини на вълните се движат с различни скорости или поради това, че изминават различно разстояние в ядрото на оптичното влакно при наличие на повече от една моди се наблюдава така наречената междумодова дисперсия.

6. Връзка между ъгъла на приемане и загубите на светлинна енергия.

На фиг. 6 светлината се разпространява успоредно на оста на влакното. На следващите снимки са представени за визуална оценка изходните мощности достигащи края на влакното. Светлинното петно, което попада върху екрана в края на вълновода видимо намалява интензитета си при увеличаване на ъгъла на вкарване на светлината във влакното. Измерване на интензитета, както и прецизни измервания в случая не са необходими, поради факта, че експериментите имат демонстрационен характер и е наблегнато на чисто визуалните ефекти. Основната идея е ефектите да се визуализират и да са наблюдаеми ясно и отчетливо с невъоръжено око.



Фиг. 6 Светлинното петно върху екрана поставен след края на вълновода е с изразена концентрация на енергия в центъра на петното. Лъчът преминава през диелектрика без да се отразява, а дължината на вълновода е малка за да се получи пълно разфокусиране на снопа

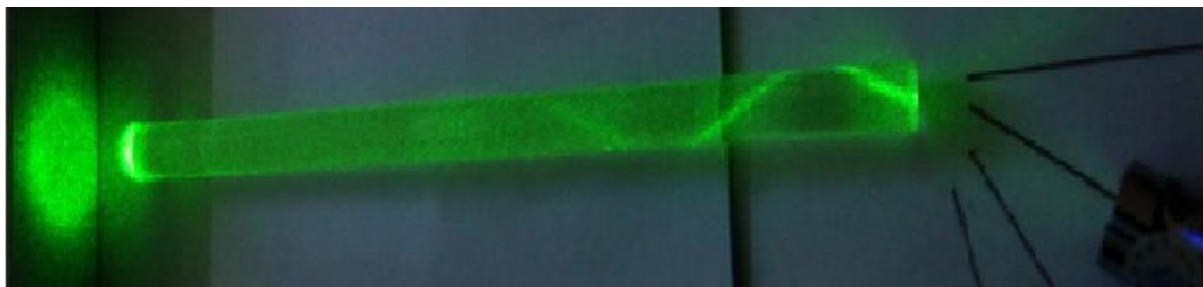
За информация може да бъде дадена количествена оценка на изходните мощности при различни ъгли θ на вкарване на светлината спрямо нормалата към челото на влакното.

За прецизни изчисления е необходимо да се отчете фактът, че при увеличаване на ъгъл θ количеството на отразената от челото на вълновода енергия се увеличава. Това води до намаляване на общата енергия постъпила във влакното. В случая тази допълнителната загуба усилва чисто визуалният ефект на намаляване на изходната енергия в края на вълновода.

Изходната оптична мощност на InRb лазера за конкретния експеримент е 8,5 mW, мощностите на изхода на вълновода са следните:

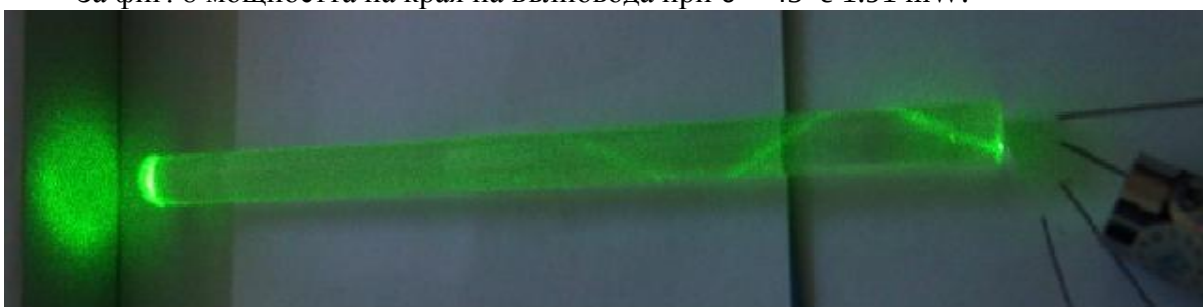
За Фиг. 6 мощността на изхода на влакното при $\theta = 0^0$ е 2.21 mW.

За фиг. 7 мощността на изхода на влакното при $\theta = 30^0$ е 2.02 mW.



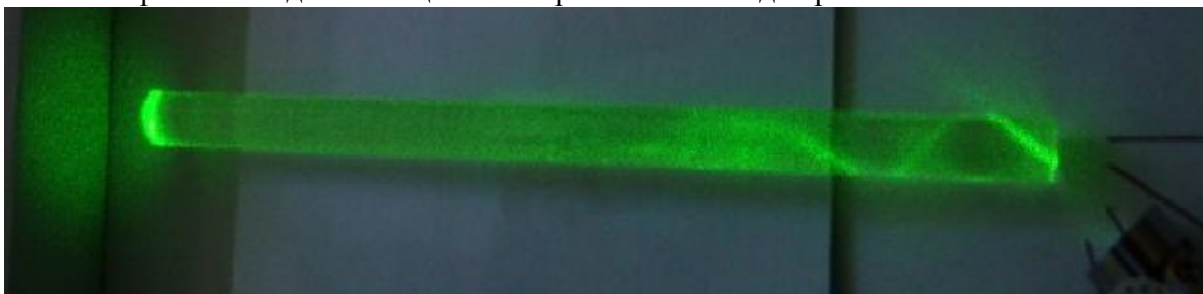
Фиг. 7 При вкарване на светлината под ъгъл светлинното петно на екрана след изхода е с намален интензитет. Лъчът се разфокусира във външния вълновод. Загубите са увеличени, а осветяването на екрана става равномерно

За фиг. 8 мощността на края на вълновода при $\theta = 45^0$ е 1.91 mW.



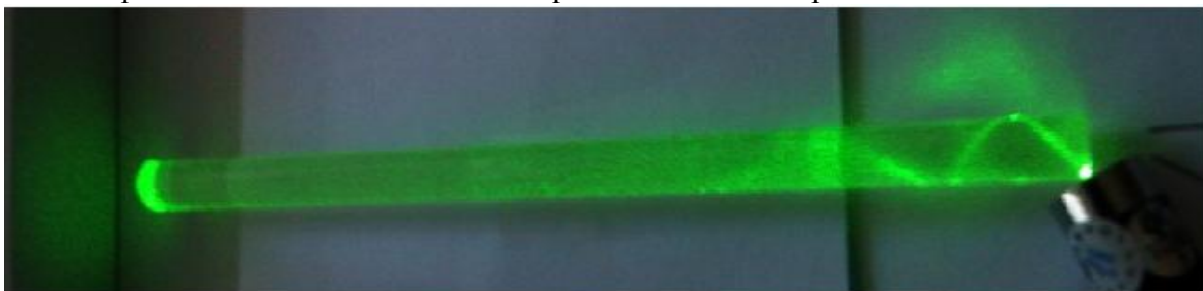
Фиг. 8 При увеличаване на ъгъла на падане върху челото интензитета на изхода на влакното намалява поради това, че светлината изминава по-дълъг път и търпи повече загуби.

За фиг. 9 изходната мощност на края на вълновода при $\theta = 60^0$ е 1.73 mW.



Фиг. 9 В началото на вълновода се появява светлинно петно в следствие на това, че част от енергията изтича от ядрото. Това става поради нарушаване на условието за пълно вътрешно отражение.

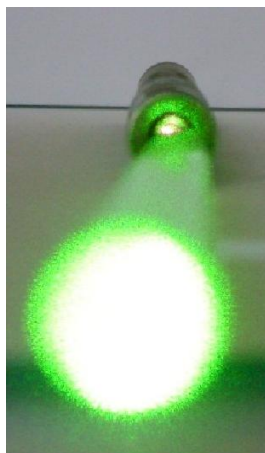
За фиг. 10 изходната мощност на края на вълновода при $\theta = 75^0$ е 1.5 mW.



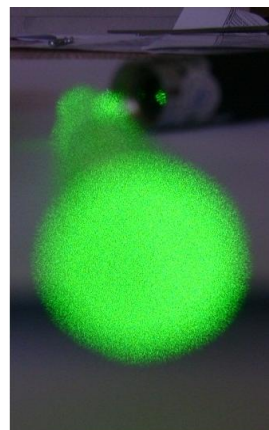
Фиг. 10 Светлината попада на границата диелектрик-въздух под ъгъл по-малък от критичния. В следствие на това светлинната енергия се губи в околното пространство.

В следствие на различните видове загуби и основно на отражението и разсейването, от едно разстояние нататък, светлината се разпределя равномерно в

сърцевината, независимо от това под какъв ъгъл е вкарана първоначално Фиг. 11 и Фиг. 12.



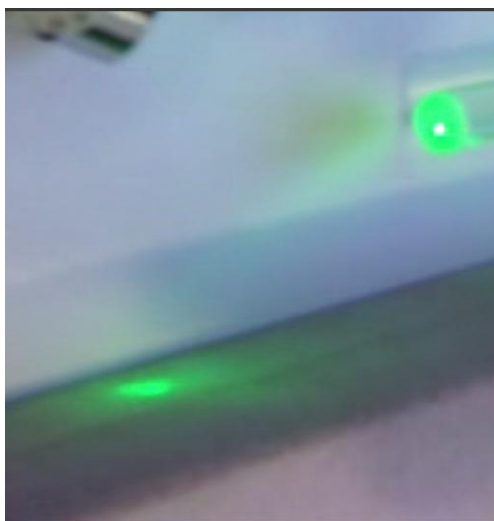
Фиг. 11 Плътност на оптичната мощност на изхода на вълновода при $\theta = 0^\circ$



Фиг. 12 Плътност на оптичната мощност при $\theta = 60^\circ$

7. Обратен отразен светлинен поток и демонстрация на принципа на изграждане на OTDR.

На фиг. 13 могат да се проследят траекториите на падащия и отразения лъч. Отразеният лъч попада върху страничната стена и се вижда като светеща точка върху нея. Поради това, че челото на диелектричният вълновод не е идеално гладко,



Фиг. 13. Обратен разсеян сигнал в следствие на ефекта на Релей

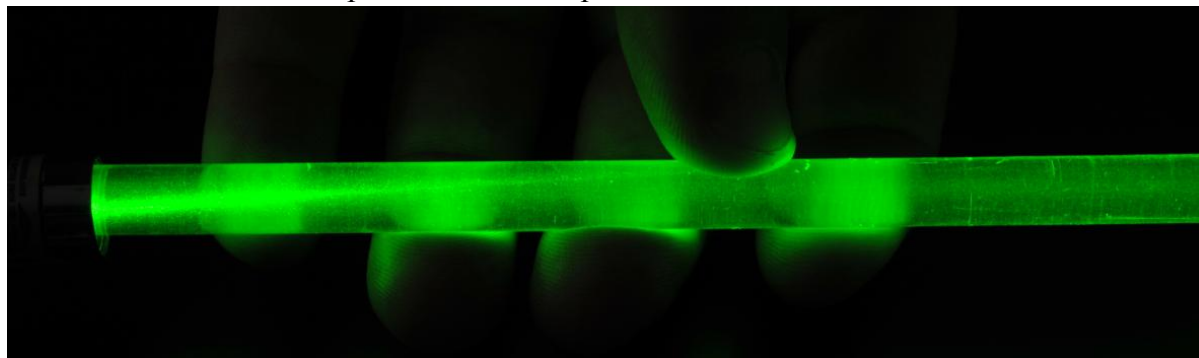
наблюдаваме дифузно отражение, което се проявява като светеща точка на челото на вълновода. Тя се появява там, където лазерният лъч попада на челото и плътността на светлинната енергия е най- висока. Освен нея, обаче, на фиг. 13 се наблюдава и по-слабо равномерно осветяване на цялото ядро (в зелен цвят). Това равномерно светене се дължи на Релеевото разсейване. В следствие на този ефект, част от светлината се връща и в посока обратна на посоката на разпространение на основния поток със същата дължина на вълната. Освен тази светлина, в обратна посока се връща и светлина дължаща се на ефекта на Раман и на ефекта на Брилюен. Светлината от тези ефекти не може да бъде наблюдавана поради много ниският и интензитет. Ако можеше да се наблюдава, част от обратно разсеяната светлина в следствие на ефекта на Раман щеше да се вижда като синя. Тази обратно отразена светлинна енергия се

използва за създаването на измервателни уреди измерващи затихването във влакното – OTDR, температура – DTS и други физични и акустични величини.

8. Разсейване и отражение на светлината във вълновода.

В следствие на отражението и на разсейването, част от светлината във вълновода се отклонява от първоначалният си път в други посоки. Част от енергията на тези разсеяни или отразени от локални нееднородности и дефекти светлинни лъчи може да бъде загубена. Тази загуба се дължи на това, че попадайки на границата на диелектрик-въздух, ъгълът на падане може да не отговаря на изискването за реализация на пълно вътрешно отражение. В следствие на това, част от енергията изтича от вълновода в околното пространство (или в обвивката при оптичните влакна) и се губи.

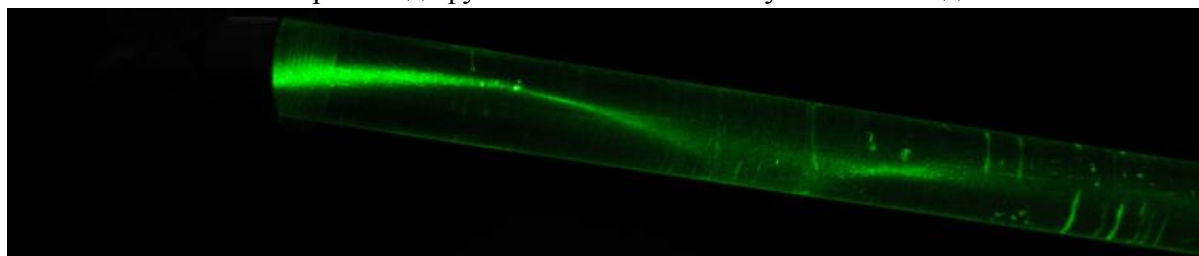
На фиг. 14 това се вижда много добре. Изтичащата от ядрото енергия става видима в следствие на отражението и от пръстите.



Фиг. 14. Пример за визуализация на загубите на светлинна енергия напускаща ядрото на оптичното влакно.

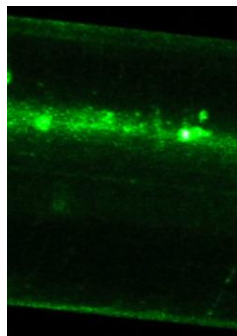
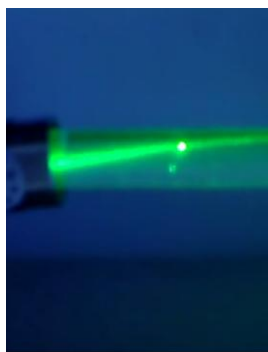
9. Разсейване и отражение в следствие на конструктивни дефекти и нееднородности.

На фиг. 15 се вижда отразената от конструктивни дефекти светлина. Светлите напречни петна се дължат на надрасквания по повърхността на вълновода. От тези места светлината се отразява дифузно и част от нея напуска вълновода.



Фиг. 15 Пример за визуализация на загубите на светлинна енергия в следствие на конструктивни дефекти на ядрото.

Наличието на дефекти вътре в структурата на оптичния вълновод води до загуби



Фиг. 16 Отражение от вътрешни дефекти

на светлинна енергия в следствие на отражение, разсейване и поглъщане. Светещите точки на снимките от фиг. 16 се появяват в следствие на наличие на въздушни мехурчета в диелектричния вълновод. При попадане на светлината върху някое от тях част от нея се отразява в различни посоки. При достатъчно висока мощност на лазерния източник тази светлина може да се наблюдава като светеща точка.

Изводи:

Представените експерименти позволяват да се визуализира пътя, който светлината изминава в процеса на разпространението си в оптичните влакна.

Посредством подходящи опитни постановки е възможно да се наблюдават и да бъдат обяснени голям брой явления, понятия и ефекти, които се случват по време на това разпространение.

При правилна интерпретация на получените визуални резултати и използването на подходящи аналогии, разбирането на принципите на разпространение на светлината в оптичните влакна става много по-достъпно и лесно за усвояване от учениците, студентите и курсистите в областта на комуникациите. Познаването на тези принципи води до появата на допълнителна мотивация и увереност при изучаването на иначе тежката теория на разпространението на светлината в оптичните влакна. Това от своя страна е предпоставка за подготвянето на специалисти с висока квалификация в областта на комуникациите.

References:

[1] TOSHKOV A., Макро визуализация на разпространението на светлината в оптично влакно, Международна научна конференция „Знанието – традиции, иновации, перспективи“, 14-15 юни 2013 г., БСУ, Бургас.

[2] ТОШКОВ А., „Оптични комуникации”, БСУ, 2005.

[3] ТОШКОВ А., „Анализ на връзките между конструктивните и експлоатационните параметри на оптичните влакна”, Монография, Бургас, 2011, Изд. „Онгъл”, Варна.

[4] VANDERGRIFF Linda J., Nature and Properties of Light, Fundamentals of photonics, Module 1.1, Science Applications International Corporation, McLean, Virginia

[5] PEDROTT Leno S., Basic Geometrical Optics, Fundamentals of photonics, Module 1.3, CORD, Waco, Texas.

SOFTWARE MODULE FOR PORTFOLIO SELECTION

Georgieva Penka, Burgas Free University, pgeorg@bfu.bg
Dudinov Krastyu, Together Ltd., Sofia, krastio.dudinov@together.bg
Chanev Nikolay, Burgas Free University, bafitu@gmail.com
Andonov Andon, Telerig, Sofia, andon.andonov@gmail.com

Abstract: In this article a software module for selectin investment portfolios is described. The module is the third element of the autonomic softwere system FSSAM, designed to support the process of investment decisions making for assets traded on stock exchanges. The class PortfolioElement is described in detail.

Keywords: fuzzy logic, portfolio selection, UML diagram

СОФТУЕРЕН МОДУЛ ЗА КОНСТРУИРАНЕ НА ПОРТФЕЙЛИ

Пенка Георгиева, Бургаски свободен университет, pgeorg@bfu.bg
Кръстю Дудинов, Тогедър ООД, София, krastio.dudinov@together.bg
Николай Чанев, Бургаски свободен университет, bafitu@gmail.com
Андон Георгиев Андонов, Телерик АД, София, andon.andonov@gmail.com

Abstract: В тази статия е описан софтуерен модул за конструиране на инвестиционни портфейли. Модулът е трети елемент на автономната софтуерна система FSSAM, създадена за подпомагане на процеса за взимане на инвеститорски решения за активи, търгувани на фондови борси. Подробно е описан класът PortfolioElement.

Keywords: размита логика, конструиране на портфейл, UML диаграма

Приложение на размитата логика за решаване на оптимизационни задачи

Развитието на компютърните технологии прави възможно решаването на все по-сложни проблеми. Въпреки това сложността на някои от тях не позволява решаването им с разумно количество от ресурси. Някои практически проблеми за оптимизация се характеризират с нуждата от известна гъвкавост при прилагане на ограничителните условия. Тази гъвкавост може да бъде използвана за постигане на компромис между подобряване на целевата функция и удовлетворяване на ограниченията.

Целта на метод, използващ размита логика и размита оптимизация, е едновременно удовлетворяване на целите и на ограниченията при непълна, неточна, неясна или ненадеждна информация.

Размита логика се използва в решаване на задачи, свързани с автоматично управление, класификация на данни, разпознаване на образи, анализ и управление на финансови и икономически системи [1], прогнозиране на времеви редове, клъстеризиране, взимане на решения, роботика и други.

Настоящата статия е фокусирана върху софтуерно приложение за взимането на инвестиционно решение за конструиране на инвестиционен портфейл, моделирано като размита система. [2]

Формулировка на задачата за конструиране на портфейл

Инвестиционният портфейл е специфичен вид инвестиция, която се състои от разнообразни активи с различни характеристики – възвращаемост, риск, ликвидност и инвестиционен хоризонт. Важно е да се подчертае, че инвестиционният портфейл не е просто съвкупност от ценни книжа – значение имат не характеристиките на индивидуалните ценни книжа, а характеристиките на портфейла като цяло.

Изграждането и управлението на инвестиционен портфейл е метод за управление на инвестиционния риск, като за разлика от диверсификацията целта не е механично увеличаване на броя на инвестиционните носители, а чрез разглеждане на портфейла като съвкупност от различни активи да се достигне желаната възвращаемост. [3]

Нека в момента t_0 е налична сумата S_0 . Целта е, след даден период от време Δt , тази сума да нарасне до сума $S^* = S_0(1 + R^*)$, където R^* е желаната възвращаемост.

Нека $A_1, A_2, \dots, A_m$ са еднородни финансови активи.

Задачата е да се конструира съвкупност от тези активи със съответни дялове $x_1, x_2, \dots, x_m$, така че в момента $t^* = t_0 + \Delta t$ да са изпълнени следните условия:

$$\begin{aligned} \sum_{j=1}^m v_j \cdot P_{j0} &\leq S_0 \\ v_j &\geq 0, \\ v_j &\text{ - цяло число,} \\ \sum_{j=1}^m x_j \cdot r_j^* &\geq R^* \text{ като } x_j = \frac{v_j \cdot P_{j0}}{\sum_{i=1}^m v_i \cdot P_{i0}}; \end{aligned}$$

където x_j е дялът на актива A_j в портфейла p , $j = 1, 2, \dots, m$;

r_j^* е възвращаемостта на актива A_j в момента t^* ;

P_{j0} е цената на актива A_j в момента t_0 ;

v_j е броят на включените в p носители от вида A_j за $j = 1, 2, \dots, m$.

Конструиран е портфейл $p = \{x_1; x_2; \dots; x_m\}$.

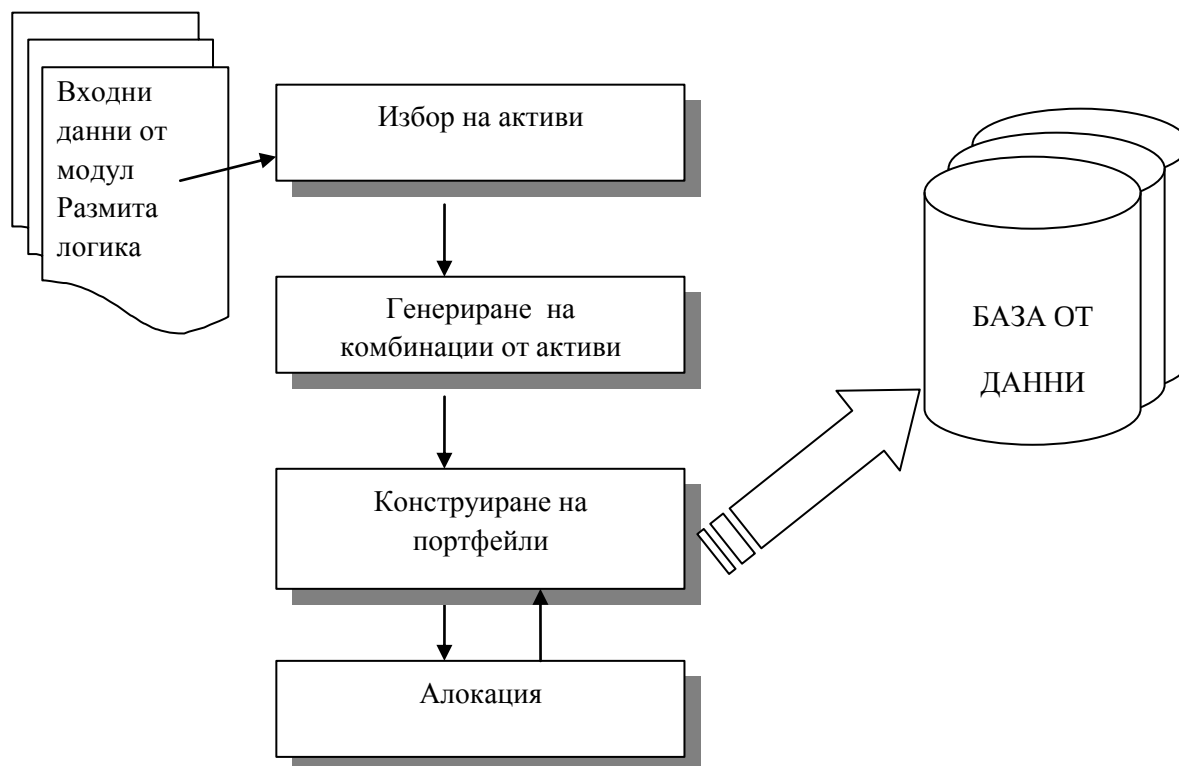
При така формулираната задача, основна роля за определяне на дяловете x_j на съответните активи играят величините r_j^* . Тъй като това са възвращаемости на активите за бъдещ момент, то те са неизвестни величини. Каквито и методи да се използват при оценяване или предвиждане на тези бъдещи възвращаемости, съществува разлика между оценката им и реалните възвращаемости. Оценката на тази разлика е всъщност оценка на приетия при инвестирането риск.

Важно е да се отбележи, че оценките на възвращаемостта (и на риска) се променят динамично във времето, поради което се налагат промени и в инвеститорските решения. Един естествен подход е да се преформулира портфейлната задача през дадени интервали от време и дяловете на активите да се променят в зависимост както от поставената инвестиционна цел, така и от вече променените инвестиционни условия. Този процес общо се нарича управление на портфейл.

Модул за конструиране на инвестиционен портфейл

Модулът за конструиране на инвестиционни портфейли е самостоятелен модул на автономната софтуерна система FSSAM, подробно описана в [2]. Системата е съставена от три модула: модул *събиране и съхранение на данни*, модул *размита логика* и модул *конструиране на инвестиционни портфейли*.

На фигура 1 са представени съставните елементи на модула за конструиране на инвестиционни портфейли.



Фиг. 1. Схема на модул конструиране на инвестиционни портфейли

Входните данни се извличат от база от данни. Те представляват характеристиките на финансовите активи, след като е приключила работата на модула размита логика. *Избор на активи* селектира определен брой активи спрямо даден критерий, определен от инвеститора. От избраните активи се генерират всевъзможните комбинации от активи. След това се конструират портфейли от генерираните комбинации от активи. Тъй като е възможно избраният за инвестицията капитал да не бъде изразходен изцяло, се прилага процедура по алокация. Тази процедура модифицира портфейла с цел изчерпване на по-голямо количество от дадения капитал. Конструираните портфейли се съхраняват в база данни и инвеститорът може да вземе своето решение.

Математически модел за конструиране на инвестиционен портфейл със средствата на размита логика

Нека $A = \{a_1, a_2, a_3, \dots, a_n\}$ е множество от финансови активи. За всеки актив е изчислена Q-мярка на базата на размити правила и размита изходна променлива, дефинирани в модула *размита логика*.

Нека k е максималният брой финансови активи, определени да участват в инвестиционен портфейл.

Целта е конструиране на инвестиционен портфейл (подмножество на A), който притежава максимална Q -мярка.

Елементите на множеството от финансови активи се сортират спрямо тяхната Q -мярка. От сортираните активи се избират първите k на брой, след което се генерират комбинации без повторение. Първоначално се генерират комбинациите от 1-ви клас от k елемента, след което се генерират комбинациите от 2-ри клас от k елемента и така до k елемента k -ти клас. Така се изчерпват всички подмножества от избраните активи. Броят на тези подмножества е $2^k - 1$, тъй като не се включва празното множество, т.е. не съществува инвестиционен портфейл без активи. Всяка от генерираните комбинации представява инвестиционен портфейл.

За всеки актив, участващ в инвестиционен портфейл, се пресмята относителния дял на актива в портфейла. Този относителен дял се означава с x_j и се пресмята по следната формула:

$$x_j = \frac{Q_j}{\sum_{j=1}^J Q_j},$$

където J е броят на финансовите активи в инвестиционния портфейл, а Q_j е Q -мярката на актива.

Броят акции n_j , които трябва да се закупят от всеки актив се изчислява чрез следната формула:

$$n_j = \left\lfloor \frac{C}{x_j P_j} \right\rfloor,$$

където x_j е относителния дял на актива в инвестиционния портфейл, P_j е цената на една акция от актива, а C е капиталът, с който се извършва инвестицията.

Изчерпваният капитал C_u се изчислява по следната формула:

$$C_u = \sum_{j=1}^J n_j P_j,$$

където P_j е цената на една акция, а n_j броят закупени акции от даден актив.

За така конструирания портфейл се прави проверка, в каква степен оползотворяват инвестиционния капитал. Ако след инвестицията останалият капитал е по-голям от даден процент от началния капитал, то трябва да се приложи процедура по допълнителна алокация. Целта на тази процедура е закупуването на допълнително количество акции, започвайки от актива с най-голяма Q -мярка, докато цената на една акция стане по-голяма от останалият капитал, при което се опитва да купи акции от следващия по ред актив в списъка. Този процес се повтаря, докато останалият капитал е достатъчно малък и не могат да се закупят допълнителни акции. На всяка стъпка броят на допълнително закупените акции n_{ja} за даден актив се изчислява по следната формула:

$$n_{ja} = \left\lfloor \frac{x_j(C - C_u)}{P_j} \right\rfloor,$$

където x_j е дяла на актива в инвестиционния портфейл, преди прилагане на процедурата по алокация, C е началния капитал, C_u е изразходения до момента капитал, а P_j е цената на една акция от актива.

За всеки от конструирания M на брой инвестиционни портфейли се изчисляват характеристиките риск и възвращаемост. Възвращаемостта R_p се изчислява по следната формула:

$$R_p = \sum_{j=1}^J x_j r_j,$$

където x_j е относителният дял на актива j в портфейла, а r_j е възвращаемостта на актива.

Инвестиционният риск на портфейла се изчислява както следва:

$$\sigma_p = \sum_{j=1}^J x_j \sigma_j,$$

където x_j е относителният дял на актива j в портфейла, а σ_j е рискът на актива.

За определяне на Q-мярката на инвестиционния портфейл се използва размита система за взимане на решение. Входните стойности на системата са рискът и възвращаемостта на портфейла, както и тяхното отношение q_p , където:

$$q_p = \frac{R_p}{\sigma_p}.$$

Софтуерна реализация на създадения модел

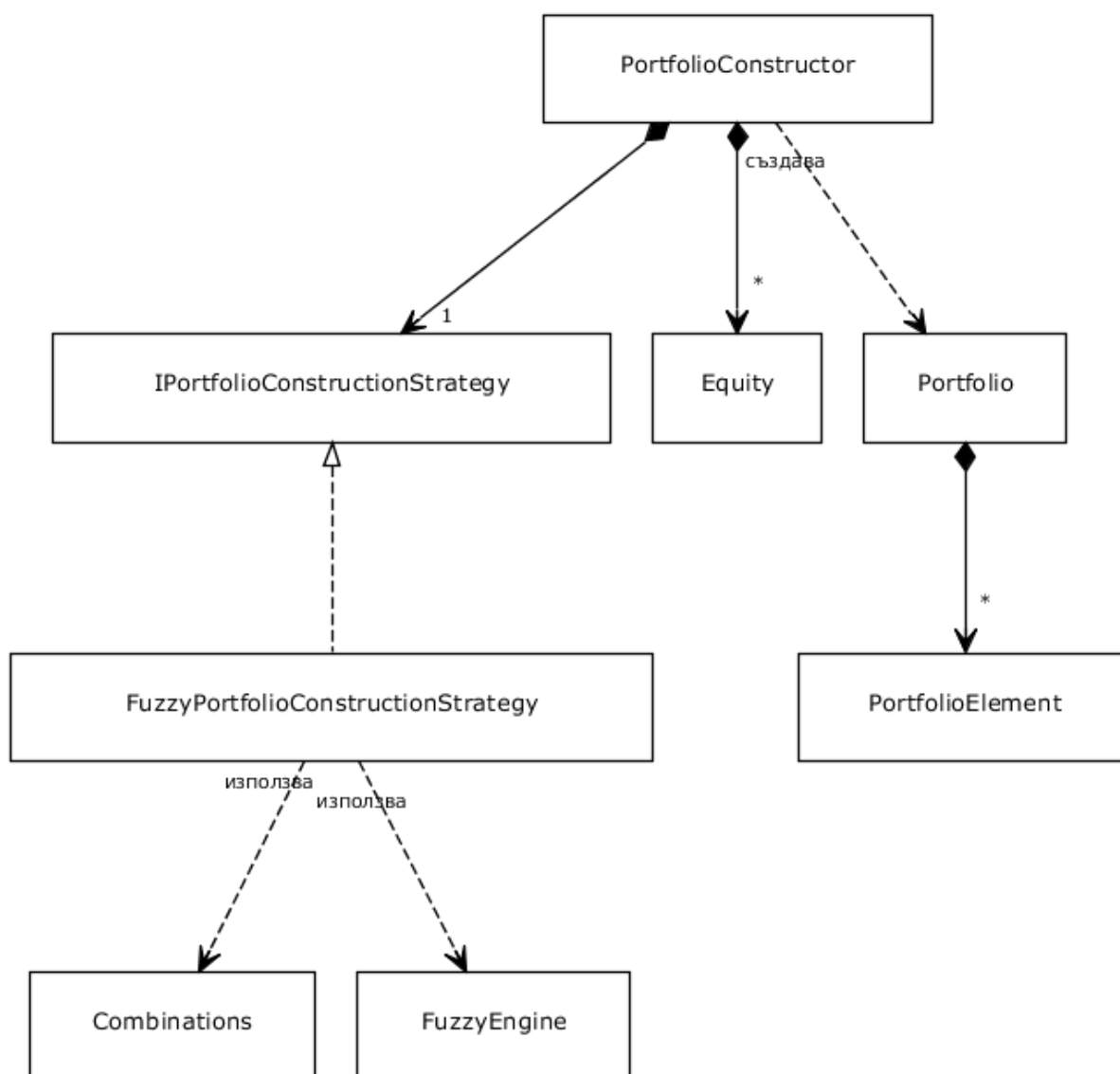
Конструирането на инвестиционни портфейли се различава логически от останалите модули на софтуерната система. Поради тази причина класовете на модула са отделени в отделна динамична библиотека. UML диаграма на класовете е представена на фигура 2.

Моделът включва класове за описание на инвестиционен портфейл и актив, който представлява елемент от инвестиционния портфейл. Това са класовете *Portfolio* и *PortfolioElement*.

Също така е необходимо наличието на клас, който конструира инвестиционните портфейли, т.е. избира оптимално количество акции от даден актив, така че да бъде максимизирана възвращаемостта и минимизиран риска на портфейла като цяло. Този клас е *PortfolioConstructor*. За да изпълни своята задача е необходимо предоставянето на модел за конструиране на портфейли, както и множество от активи. Характеристиките на активите се съхраняват в база от данни и са получени в следствие на работата на втория модул на софтуерната система. Характеристиките на всеки актив се записват в полета на обекти от тип *Equity*, който се ползват от класа, конструиращ инвестиционните портфейли.

Съществуват множество различни подходи и модели за конструиране на инвестиционни портфейли, например, прилагайки модела на Марковиц или какъвто е случаят, използвайки средствата на размитата логика. За да се даде възможност да бъдат конструирани инвестиционни портфейли с различни подходи, е необходимо да се премахне директната връзка между класа, конструиращ портфейлите и конкретната стратегия за конструиране. Това може да се реализира, като се създаде интерфейс, описващ функциите, които всяка стратегия за конструиране на инвестиционен портфейл трябва да имплементира. Интерфейсът *IPortfolioConstructionStrategy* изпълнява именно тази задача.

Тъй като целта е конструирането на инвестиционен портфейл със средствата на размитата логика е необходимо да бъде създаден клас, който имплементира интерфейса и това е класът *FuzzyPortfolioConstructionStrategy*.



Фигура 2. UML диаграма на структурата на библиотека за конструиране на инвестиционен портфейл

Стойността на Q-мярката на конструираните портфейли се изчислява от *FuzzyEngine*, който е част от библиотеката за размита логика, реализирана във втория модул на софтуерния продукт.

Класът за генериране на комбинации *Combinations* е логически отделен в отделна библиотека за комбинаторика.

При реализацията на софтуерния модул е използван езикът C#. Той е съвременен, обектно-ориентиран и типowo обезопасен език за програмиране, който е наследник на C и C++. В него е комбинирана леснотата на използване на Java с мощността на C++. В C# са заимствани много от силните страни на Delphi – свойства, индексатори, компонентна ориентираност. В C# са въведени и нови концепции – разделяне на типовете на два вида – стойностни (value types) и референтни (reference types), автоматично управление на паметта, делегати и събития, атрибути, XML документация и други. C# е специално проектиран за .NET Framework и е съобразен с неговите особености. Той е сравнително нов, съвременен език, който е заимствал силните страни

на масово използваните езици за програмиране от високо ниво, като C, C++, Java, Delphi, PHP и др. [4]

За реализацията на модела са създадени следните класове и интерфейси в пространството от имена *StockExchange.PortfolioConstruction*:

- *PortfolioElement*;
- *Portfolio*;
- *IPortfolioConstructionStrategy*;
- *FuzzyPortfolioConstructionStrategy*;
- *PortfolioConstructor*;
- *PortfolioUtilities*.

Освен това е дефиниран клас *Combinations* в пространството от имена *StockExchange.Algorithms.Combinatorics*.

За запис на конструираните портфейли се добавят методи в класа *StockExchangeDAL* от пространството от имена *StockExchange.Data*.

Внедряването на функционалността на библиотеката за конструиране на инвестиционни портфейли се извършва в метода *Main* на класа *Program* от пространството на имена *StockExchange.DataManager*.

Тук подробно ще бъде описан само класът *PortfolioElement*.

Реализацията на описания в предходната глава модел започва със създаване на клас, който представлява абстракцията на актив (елемент от финансов портфейл) за нуждите на модела. Класът в обектно-ориентираното програмиране (ООП) дефинира абстрактните характеристики на даден обект. Той е план или шаблон, чрез който се описва природата на даден обект. Класовете са градивните елементи на ООП и са неразделно свързани с обектите. Нещо повече, всеки обект е представител на точно един клас [5]. Представена е дефиницията на класа, като реализацията на методите е заменена със символа „...“.

```
public class PortfolioElement
{
    private string equityCode;
    private double price;
    private int count;
    private double ret;
    private double risk;
    private double ratio;
    private double qMeasure;

    public string EquityCode { get { ... } set { ... } }
    public double Price { get { ... } set { ... } }
    public int Count { get { ... } set { ... } }
    public double Return { get { ... } set { ... } }
    public double Risk { get { ... } set { ... } }
    public double Ratio { get { ... } set { ... } }
    public double QMeasure { get { ... } set { ... } }

    public PortfolioElement(string equityCode, double price, int count,
        double ret, double risk, double ratio, double qMeasure) { ... }

    public PortfolioElement()
        : this("", 0, 0, 0, 0, 0, 0) { }

    public PortfolioElement (PortfolioElement elem)
```

```
:this(elem.EquityCode, elem.Price, elem.Count, elem.Return,  
      elem.Risk, elem.Ratio, elem.QMeasure) { }  
  
public override string ToString() { ... }  
}
```

Полета са променливи, декларираны в тялото на класа. В тях се пазят данни, отразяващи състоянието на обекта и са нужни за работата на методите на класа. Класът притежава набор от полета, дефинирани с ниво на достъп `private`. Това означава, че те са достъпни само от елементите на класа, в които са дефинирани [5]. Целта на тези полета е съхранението на информация, специфична за даден актив, участващ в инвестиционен портфейл.

Полето *equityCode* е дефинирано от тип `string`, тъй като предназначението му е да запазва кода на актива, дефиниран от Българската фондова борса. Примери за такива кодове са: „3JR“, отговарящ на „Софарма АД“ и „57B“, отговарящ на „Булгартабак – Холдинг“ АД.

Полето *price* съхранява цената на една акция от дадения актив. Цената на всеки актив се оповестява публично от Българската фондова борса с точност два знака след десетичната запетая, т.е. стойността е реално число. Поради този факт е избран тип `double` за съхранение на този тип променливи.

Полето *ret* съхранява стойността на възвращаемостта на даден актив. За тази цел се използва променлива от тип `double`.

Полето *risk* дава възможност на класа да опише инвестиционния риск на даден актив. Рискът е реално число, дефинирано от тип `double`.

Ratio също е поле, дефинирано от `double`. То съхранява отношението, с което даденият актив участва в инвестиционния портфейл.

Полето *qMeasure* е от особена важност в реализирания модел за конструиране на инвестиционен портфейл. То съхранява стойността, която е основен критерий за качеството на даден актив - Q-мярката на актива. Полето е дефинирано от тип `double`.

Свойствата са специален вид елементи, които разширяват функционалността на полетата като дават възможност за допълнителна обработка на данните при извличането и записването им в полетата от класа [5]. По функционалност много наподобяват мутаторните функции и функциите за достъп в C++.

Класът *PortfolioElement* дефинира свойства за всяко едно от полетата, дефинирани по-горе. Те позволяват както промяна на стойностите на полетата на класа, така и достъп до тези полета. За разлика от полетата, свойствата са дефинирани с идентификатор за достъп `public`. Използвайки модификатора `public`, се указва на компилатора, че това свойство е достъпно от всеки друг клас.

В обектно-ориентираното програмиране, когато се създава обект от даден клас, е необходимо да се извика елемент от този клас, наречен конструктор. Конструкторът на даден клас е метод, който няма тип на връщана стойност и носи името на класа за който е дефиниран. Задачата на конструктора е да инициализира заделената за обекта памет, в която ще се съхраняват неговите полетата (тези, които не са *static*). [5]

Класът *PortfolioElement* дефинира три конструктора, всеки от които притежава различна сигнатура (брой и подредба на параметрите). Това се прави с цел удобство при работа с класа в различни ситуации. Класът *PortfolioElement* се възползва от възможността на C# да преизползва конструкторите, като един конструктор може да извиква друг конструктор, деклариран в същия клас.

Първият конструктор създава обекти от класа, използвайки подадените му параметри. Той приема седем параметъра - по един за всяко поле на класа.

Вторият конструктор създава обект от класа, като всяко от неговите полета е инициализирано със стойност по подразбиране. В случаят за кода на актива (полето от тип `string`) това е празният низ "", а за останалите полета от тип `double` това е стойността 0.

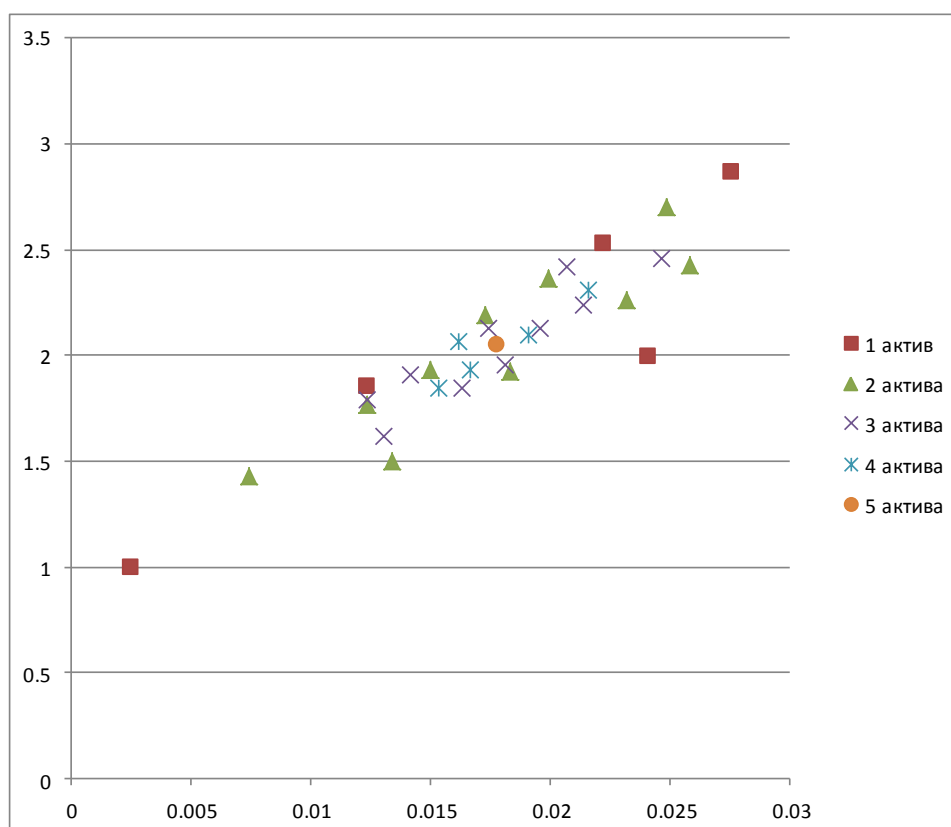
Третият конструктор на класа създава нов обект от класа на базата на друг, вече създаден обект, подаден като параметър. Стойностите на полетата на новият обект са идентични с тези на параметъра. Ефектът от използването на този конструктор е подобен на клониране на даден обект.

Класът *PortfolioElement* съдържа метод *ToString()*, който представя полетата на класа в текстов формат, удобен за отпечатване на конзола.

Приложение

Модулът за конструиране на инвестиционен портфейл, като елемент на софтуерната система FSSAM, има редица приложения. Например, той може да бъде използван за:

- изследване на зависимостта между начина на определяне на относителния дял на активите в портфейл и Q-мярката на портфейла;



Фигура 3. Инвестиционни портфейли с различен брой участващи активи

- конструиране на инвестиционни портфейли с относителни дялове, зависещи от Q-мярката;
- инвестиционен портфейл с равни относителни дялове;

- изследване на зависимостта между големината на инвестиционния капитал и необходимостта от прилагане на процедура по допълнителна алокация;
- за конструиране на портфейли с различно количество инвестиционен капитал;
- изследване на възвращаемостта и риска на портфейли с различен брой активи.

На фигура 3 е показан един пример за приложение на модула. Конструирани са инвестиционни портфейли като са избрани най-добрите пет актива спрямо Q-мярката и са генерирани всички възможни комбинации от тях. Получени са 31 инвестиционни портфейла. Всеки един от тях е представен като точка на фигурата. Инвестиционният риск е по абсцисната ос, а възвращаемостта е по ординатната ос.

Изводи

Разработеният математически модел и програмната реализация на библиотеката за конструиране на инвестиционни портфейли работят стабилно и ефективно. Моделът не определя най-добрия портфейл, а дава възможност на инвеститора да вземе своето решение на базата на информацията за финансовия пазар, предоставена от модела.

Създаденият модул конструира инвестиционни портфейли с данни за финансовите активи от Българската фондова борса и е елемент от софтуерно приложение, което извършва управление на финансови данни и конструиране на инвестиционен портфейл. В модула се прилага процедура по допълнителна алокация, която изчерпва инвестиционния капитал в оптимална степен.

Възможно бъдещо развитие на създадения модул от софтуерна система е създаването на удобен потребителски интерфейс.

References

- [1] Altrock, Constantin von, Fuzzy Logic & NeuroFuzzy Applications in Business and Finance.: Prentice hall PT, 1995
- [2] Георгиева, П., Изследване на модели на софт компютинг за управление в реално време, БАН, София, 2012
- [3] Пътев, П.; Канарян Н., Управление на портфейла. Велико Търново: Абагар, 2008
- [4] Наков, С., Програмиране на за .NET Framework I том, Фабер
- [5] Наков, С., Въведение в програмирането със C#, 2011. ISBN 978-954-400-527-6

STAND FOR LABORATORY TESTS OF WIND TURBINES

Radostin Dolchinkov, Burgas Free University, rado@bfu. bg

Abstract: *In this paper the types of wind turbines are examined and analyzed. A stand for static and dynamic analysis of the characteristics of the wind turbine with a vertical axis is designed.*

Keywords: *wind turbine, dynamic analysis*

СТЕНД ЗА ЛАБОРАТОРНИ ИЗСЛЕДВАНИЯ НА ВЯТЪРНИ ТУРБИНИ

Радостин Долчинков, Бургаски свободен университет, rado@bfu. bg

Абстракт: *Разглеждат се и се анализират видовете вятърни турбини. Проектиран е стенд за статично и динамично изследване на характеристиките на вятърна турбина с вертикална ос.*

Ключови думи: *вятърна турбина, динамично изследване*

В началото на всеки проект трябва да се прави оценка на ресурса, с който ще се работи. Оценката на енергийния потенциал на вятъра е доста сложна задача. Вятърът се характеризира със скорост, посока и плътност, които всъщност са динамични величини и налагат различни конструкционни решения за изграждане на един ветрогенератор. Целта на статията е да се разгледат и анализират видовете вятърни турбини, както и начините и възможностите за статично и динамично им изследване.

Задачите, които трябва да се решат са следните:

1. Да се направи преглед на съществуващи стендове за изпитване на вятърни турбини.
2. Да се конструира и изработи стенд за изпитване на вятърни турбини.
3. Да се оптимизират конструктивните възможности на стенда.
4. Да се създаде методика за лабораторни изследвания и на различни видове вятърни турбини.

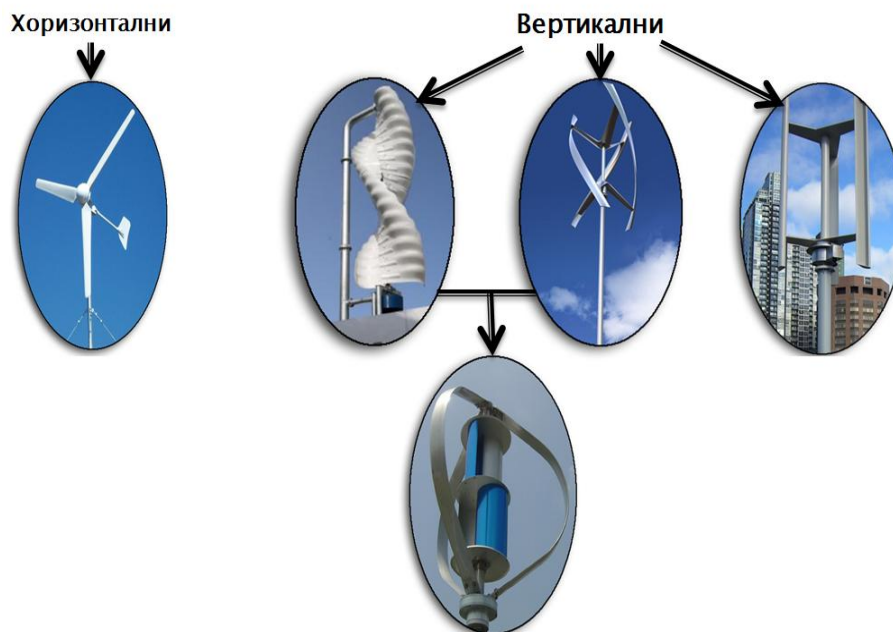
Ветрогенераторите се разделят на два вида – с хоризонтална ос и с вертикална ос (фиг. 1) [1]. Ветрогенераторите с хоризонтална ос имат предимство, че могат да се използват за мощности до 5 мегавата. Недостатъците им са, че те изискват постоянна ориентация на оста по посока на вятъра, трудна поддръжка и трудностите при изграждането на ветропаркове, които изискват обезлесени райони с подходящ релеф на земната повърхност.

Ветрогенераторите с вертикална ос имат предимствата пред тези с хоризонтална ос, че не зависят от посоката на вятъра и имат значително лесна поддръжка.

От своя страна ветрогенератори с вертикална ос се делят на 3 вида.

Първият вид това е тип Савониус (фиг. 1). Този тип вятърна турбина се характеризира с това, че може да се използва при вятър със значително малка скорост.

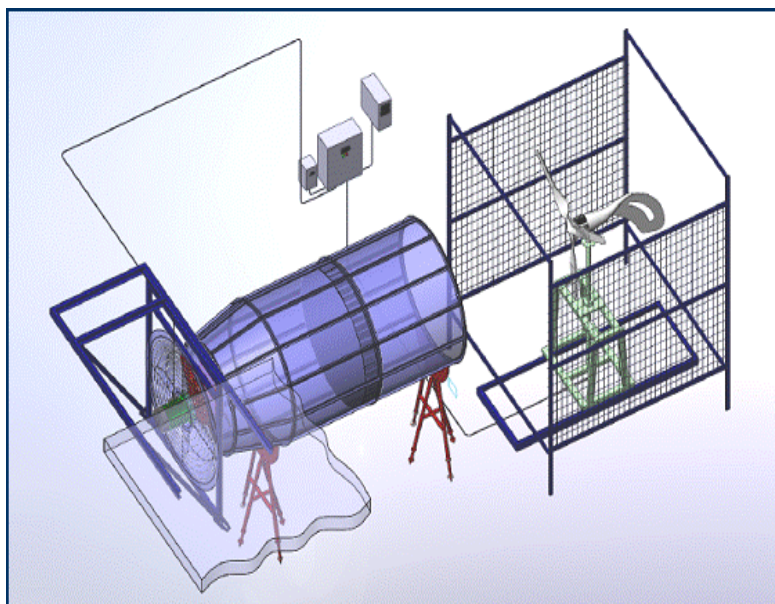
Вторият вид вятърна турбина е тип Дариус. В сравнение с вятърна турбина от тип Савониус, турбините от тип Дариус изискват малко по-високи скорости на вятъра. Те имат изключително проста конструкция и лесна поддръжка.



Фиг. 1. Видове вятърни турбини

Третият вид са така наречените турбини тип Н- ротор. Те са много близки до турбините от тип Дариус и изискват сравнително високи скорости на вятъра за тяхното развъртане.

Често се среща смесен вид вятърни турбини, като турбината тип Савониус служи за начално развъртане на турбината от тип Дариус. Вятърните турбини от вида Дариус, Савониус, Н- ротора и смесеният тип намират голямо приложение при изграждането на ветрогенератори за малки сгради и домакинства, които се монтират на покривите.



Фиг. 2. Идеен проект на стенд

Идеята за реализиране на стенд за статично и динамично изследване на вятърни турбини, се свежда до подобен на фигура 2 [2], който съдържа три отделни блока - вентилатор с въздуховод, работно колело за вятърна турбина с вертикална ос и апаратура, с която да се извършват лабораторните изследвания.

Реализацията на вентилатора с въздуховода трябва да бъде съобразена с някои изисквания:

- мощен вентилатор за симулиране на вятър с достатъчно голяма скорост за да се направят възможно най-реални изследвания;
- устройство, с което да се променя посоката на вятъра;
- изправителна решетка.

Изграждането и оптимизирането на въздуховода трябва да е съобразено със симулирания въздушен поток, както и с големината на вятърната турбина.

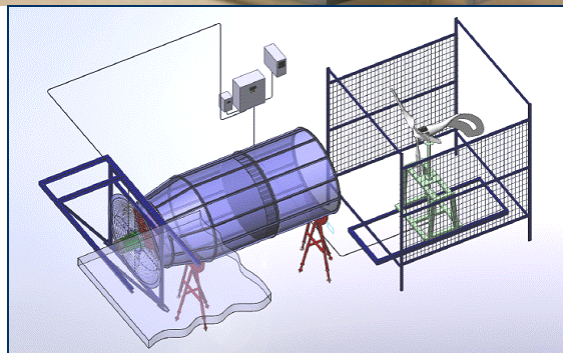
От анализа на конструкцията на изграждащия въздуховод се стига до извода, че съществуват две решения (фиг. 3). [3]

Първо: работното колело да бъде инсталирано във въздуховода. Така то се поставя в среда на постоянно и независимо от външни фактори въздушно течение, което означава, че направените изследвания ще бъдат при перфектна среда (фиг.3а).

Второ: работното колело на вятърната турбина се инсталира пред въздуховода. Така тази схема се доближава възможно най-много до среда, в която работят вятърните турбини, с което ще може да се направят и възможно най-реални изследвания.



Фиг. 3 а. Във въздуховода

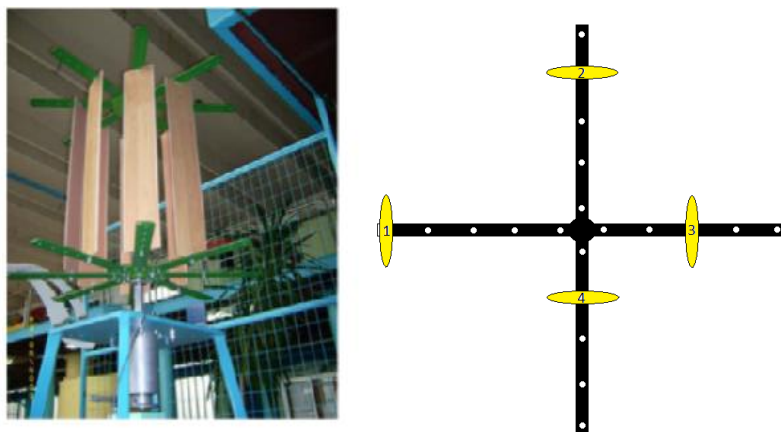


Фиг. 3 б. Пред въздуховода

Реализирането на проекта ще се осъществи с вятърна турбина с вертикална ос. Този тип турбини имат много добри резултати при малки мощности, не изискват специални терени за инсталиране, не зависят от посоката на вятъра. Различните методи и конструктивни решения за тяхното изграждане ще дадат възможност за лабораторни изследвания от различен характер и възможност да се изследват различните типове работни колела за вятърни турбини на една установка.

Работното колело ще се изработи, като в двата края на вала се закрепят 2 кръстачки, реализирани от шина, на които са пробити отвори на определени разстояния, които служат за закрепване на различните видове витла (фиг. 4). С помощта на отворите и

различни видове витла ще може да се реализират и изследват различните типове вятърни турбини.



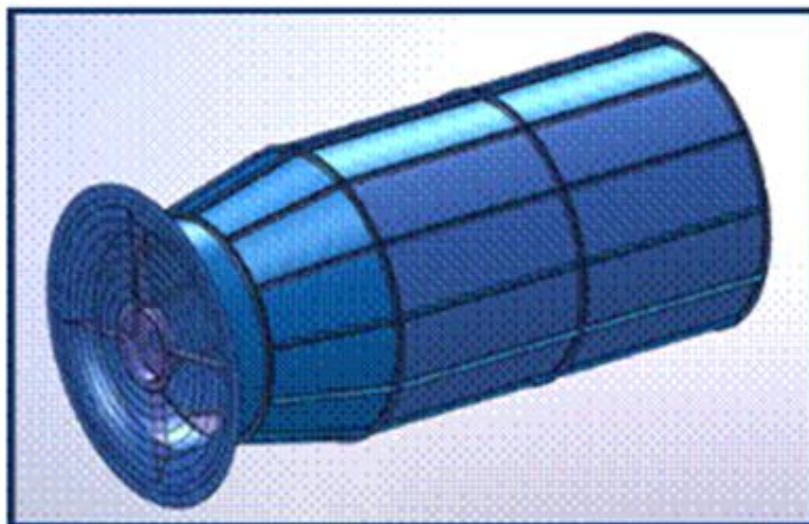
Фиг. 4. Работното колело

На фиг. 5 са показани различните конструктивни решения за вятърни турбини с вертикална ос, като разликата между тях е в различните видове витла които са използвани за тяхното изграждане. С помощта на избрано работно колело и различните видове витла може да се реализират различните видове вятърни турбини.



Фиг. 5. Различни конструктивни решения за изграждане на вятърна турбина с вертикална ос

За да се направят качествени изследвания, е необходима добра и прецизна апаратура. За стенда са необходими генератор, инвертор, устройство за регулиране оборотите на вентилатора, анемометри и уред за следене на напрежението на изхода на генератора. Изследванията, които ще бъдат направени ще са при различни характеристики на въздушния поток във въздуховода (фиг. 6) и при различни параметри на работното колело, с които ще може да се построят работните характеристики на различните видове работни колела. За целта трябва да се измерят скоростта на въздушното течение, честотата на въртене на работното колело, мощността му и коефициента на полезно действие.



Фиг. 6. Въздуховод с изправителна решетка

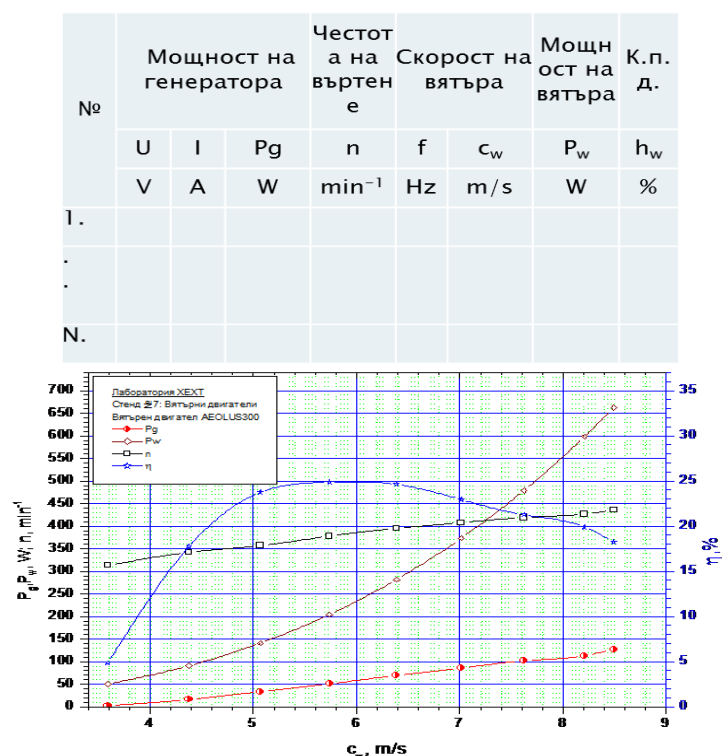
Скоростта на въздушното течение пред работното колело на изпитваните ветродвигатели ще се измерва с помощта на дигитални пропелерни анемометри. Стендът ще разполага с три анемометъра. Измерванията ще се правят за няколко честоти на въртене на осовия вентилатор, генериращ въздушното течение. Изменението на честотата на въртене на вентилатора ще се осъществява с помощта на честотния инвертор. [4]

За измерването на честотата на въртене n на работните колела на ветротурбините ще се използват индуктивен преобразувател за честота и процес-индикатор.

Мощността на вала на ветродвигателя (ефективната мощност) ще се определя посредством въртящия момент M и ъгловата скорост ω . Въртящият момент ще се определя чрез силата F , която лагеруваният статор на спирачката упражнява чрез лоста върху измервателен уред. За измерването на силата се използва преобразувател и процес-индикатор. Мощността на въздушното течение ще се определя по израза:

$$P = \rho \cdot S \cdot C(w,s) \cdot 3/2$$

След като са направят всички измервания те ще се впишат в таблица и след необходими изчисления ще се построят работните характеристики фиг. 7.



Фиг. 7. Таблица и примерна работна характеристика

Изводи

1. При реализиране на стенда ще се изследват и оптимизират различни видове вятърни генератори на една установка.
2. Открива се възможност за реализиране и изследване на различни режими на работа /възможност за промяна характеристиките на вятъра/.
3. Получените резултати ще са максимално близки до действителните.
4. Установката ще бъде изработена и монтирана в лаборатория на ЦИТН – БСУ, ще дава възможност за провеждане на широк спектър изследвания, които ще намерят приложение както в учебната, така и в научноизследователската работа.

References

- [1] <http://www.hydrolab.tu-sofia.bg>
- [2] International Standard IEC 61400: Wind turbines.
- [3] Обретенов, В., Стенд за изпитване на вятърни турбини. Научна конференция ЕМФ`2009, сборник доклади, т.ІІ, стр. 61-65, Созопол, 2009.
- [4] Обретенов, В., Опитно изследване на вятърен двигател с хоризонтална ос. Научна конференция ЕМФ`2010, сборник доклади, т.ІІ, стр. 53-58, Созопол, 2010.

QUANTUM TUNNELING TRANSITION OF VIDEO INFORMATION made in BULGARIA

Christo (pher) Sabev, TU-Gabrovo

Abstract: So far, Bulgaria has no scientific publication to perform an experiment of transferring information over the potential barrier by quantum tunneling transition. This was accomplished in 1994 by Professor Gunther Nimtz (1) and associates, which modulates the carrier 10 GHz with the 40th Symphony in g-moll by Mozart hooking modulated signal through a potential barrier, proved that this is superluminal, exceeding the speed of light in vacuum 4.7 times - 300 picoseconds, $1 \text{ (ps)} = 10^{-12} \text{ s}$ ⁽¹⁾. The presentation was held at the annual spring-meeting of the "Deutsche Physikalische Gesellschaft" in Freudenstadt, Black Forest. ⁽¹⁾. This experiment was prompted by physicists T. P. Martin and Landauer. They argue that superluminal speed signals can occur, but they can not transmit information, such as Mozart's Symphony! Günter Nimtz and Horst Eichmann repeat the experiment at the Massachusetts Institute of Technology (MIT) in the laboratory Hewlett Packard in the USA. Professor Francis Law, who has organized the seminar was walking back and forth in silence for a few minutes and at last just said, "This is not g-moll" ... but the information is proven transferred through the potential barrier!. Unlike Nimtz, I have done this experience, adding to the audio modulation a video modulation on 06/12/2013-7 p.m. on the eve of Ascension Day, and first on the screen of the receiver appears Turin Shroud image, followed by a few icons and video and audio information presentation of this experiment! This experiment was extensively reported to scientific Jury, during my defense of the doctoral dissertation of 06/21/2013.

КВАНТОВ ТУНЕЛЕН ПРЕХОД НА ВИДЕО-ИНФОРМАЦИЯ, ОСЪЩЕСТВЕН В БЪЛГАРИЯ

Христо(фор) Събев, ТУ-Габрово

Credo ergo sum!

Абстракт: Досега в България няма научна публикация за извършване на експеримент по прехвърляне на информация през потенциална бариера чрез квантов тунелен преход. Такова бе осъществено през 1994 г. от проф. Гюнтер Нимц ⁽¹⁾ и сътрудници*, който модулира носител 10 GHz с 40-та симфония в сол-миньор на Моцарт и прехвърли модулирания сигнал през потенциална бариера, като доказа, че това става суперлуминално, надхвърляйки скоростта на светлината във вакуум 4,7 пъти – 300 picoseconds, $1 \text{ (ps)} = 10^{-12} \text{ s}$ ⁽¹⁾. Този експеримент е провокиран от физиците Т. Мартин и П. Ландауер. Те са твърдели, че суперсветлинни скорости на сигнали могат да се случат, но те не могат да предават информация като например симфония на Моцарт?! Гюнтер Nimtz и Хорст Айхман извършват експеримента и в Масачузетския технологичен институт (MIT) в лабораторията Hewlett Packard в USA. Професор Франсис Лоу, който е организирил семинара се разхождал напред и назад в мълчание за няколко минути и само казал-„Това не е сол-миньор”...но информацията е доказано прехвърлена през потенциалната бариера!. За разлика от Нимц аз извърших този опит, добавяйки към аудио модулацията и видео модулация на 12.06.13-19 часа в навечерието на Спасовден-Възнесение Господне, като най-напред върху монитора на приемника се появи образа на Торинската плащеница, последвана от няколко икони и видео-аудио информация, на представяне на настоящия експеримент! За този

експеримент бе подробно докладвано пред научното жури, по време на моята защита на докторската дисертация на 21.06.2013

* The presentation was held at the annual spring-meeting of the "Deutsche Physikalische Gesellschaft" in Freudenstadt, Black Forest.⁽¹⁾

УВОД

Credo ergo cogito!

След като дълго време свръхсветлинните явления бяха пренебрегвани се появяват нови изследвания на квантовото тунелиране за изясняване природата на тези все още тайнствени носители на преходите през бариерата. Причините за застоя в науката от 1962 до сега са няколко. Една от тях е, че се работи теоретично с обекти движещи се със скорост $v > c$ – скоростта на светлината, които обаче се трактуват с Лоренцовите трансформации, т.е. по СТО (Специална теория на относителността), която работи само с $v < c$ или с $v = c$. Направени са от Файнберг⁽²⁾ и от Хартман⁽³⁾-Вигнер-главните теоретични разработки, останали от 60-те години до днес без да има съществен напредък. Друга причина е, че не е осъществено експериментално взаимодействие на тези обекти с известните ни частици, а и между самите тях. Това е породило голяма доза скептицизъм в научния свят спрямо тази област на изследване, подсилван особено много от постулатът на Айнщайн за невъзможност за ускоряване на частици до и над c т.е. граничността на c . Но границата има 2 страни и нищо не забранява отвъд граничната скорост, да има обекти, които са родени с по-голяма от c скорост, така че не се нарушава СТО, а се поглежда в области отвъд досега известните ни. След 1991 г. бяха извършени много експерименти, даващи нови надежди, особено от проф. Нимц, чието върхово постижение бе прехвърляне на аудио-модулирани сигнали. Затова моите изследвания започнаха с експерименти по прехвърляне не само на аудио, но и на видео информация, и то за слава Божия с Торинската плащеница и Св. Икони със същата скорост, за което има запис. Моят експеримент е подобен на експеримента на проф. Нимц, но все пак различаващ се макар и минимално по добавяне на образи и видео при модулиране на носещия сигнал. Началните условия и параметри на експеримента са същите, т.е. дължината на тунела $L = 114,2\text{mm}$ и честотата на носещия сигнал 10 GHz . И при двата експеримента напречните размери на тунела са по малки от половината на критичната дължина на вълната- λ_0 . При моя експеримент тунелът е кух вълновод с правоъгълно напречно сечение със страни a, b по малки от $\lambda_0/2$. ($\lambda_0 = 3\text{cm}$). Скоростта на прехвърляне през тунела е по-голяма от c (скоростта на светлината). Разбира се получи се затихване около 30 dB , или отслабване на мощността $1/1000$.

ИЗЛОЖЕНИЕ

Ще тръгнем от кратко разглеждане на специфичните свойства на вълновода, за да представим квантовия преход през него, ако параметрите му го задават, като потенциална бариера. Вътре в празната металическа тръба могат да се разпространяват електромагнитни вълни. Тяхното електрично поле е напречно, т.е. се изменя перпендикулярно на вълновода; Трептенията се движат по вълновода със скорост v , и имат определена ъглова честота ω . Напомняме, че вълновото число е скоростта на изменение на фазата с разстоянието $\kappa = (\delta\phi / \delta r) = \omega/c$ Вълната⁽⁷⁾ в тръбата е

$$E_y = E_0 \sin k_x x \cdot e^{i(\omega t - k_z z)}$$

А електричното поле не трябва да има съставлящи, допирателни към проводника, то е насочено напречно на стените, а откъм страните е равно на нула. Впрочем за последното е необходимо, полу вълната на $\sin k_x x$ точно да се нанася на цялата ширина

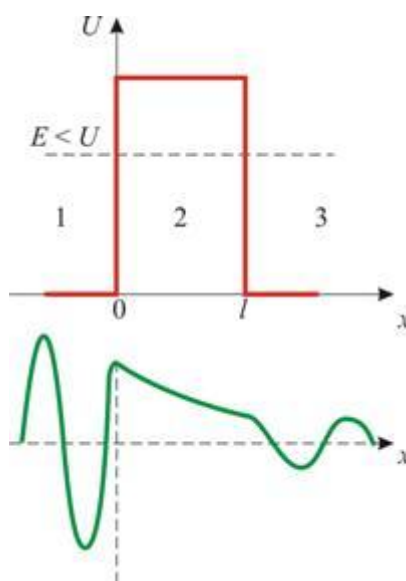
на вълновода, т. е. $k_x a = \pi$. Това определя k_x . Има и други възможности, например $k_x a = 2\pi, 3\pi, \dots$ или в общия случай $k_x a = n\pi$, където n е цяло число. Всички те представляват различни сложни разположения на полетата, но ние по-нататък ще говорим за най-простото, когато $k_x = \pi/a$, а a е вътрешната ширина на тръбата.

По-нататък дивергенцията на E в празното пространство вътре в тръбата трябва да бъде равна на нула, защото в тръбата няма заряди. $\text{div} \cdot E = 0$. Това електрично поле се подчинява на Максвеловото уравнение:

$$\frac{d^2 E_Y}{dx^2} + \frac{d^2 E_Y}{dy^2} + \frac{d^2 E_Y}{dz^2} - [1/c^2] \frac{d^2 E_Y}{dt^2} = 0$$

$$k_x^2 - k_z^2 - \omega^2/c^2 = 0.$$

Вече фиксирахме числото k_x , по това уравнение при което вълните от предположения тип са възможни $k_z = (\omega^2/c^2 - \pi^2/a^2)^{1/2}$. От тук фазовата скорост $v = \omega/k_z$, а при честоти $\omega < \omega_c = \pi c/a$ вълни по вълновода не се разпространяват. ω_c наричат „гранична честота“ на вълновода и ако ω е много по-малко от ω_c полето отмира извънредно бързо. Полето намалява е пъти на разстояние a/π , т. е. на една трета от ширината на вълновода. Полетата проникват във вълновода на много малко разстояние от източника. Освен това и появяването на имагинерно вълново число k_z !? Когато, решавайки уравнение във физиката, ние получаваме имагинерно число, това обикновено не означава нищо физично. За вълните обаче имагинерното вълново число действително означава нещо. Вълновото уравнение се удовлетворява както преди. То само означава, че решението води към експоненциално намаляващо поле вместо разпространяващи се вълни. И така, ако за вълна имаме k , което при някоя честота става имагинерно това означава, че формата на вълната се изменя — синусоидата преминава в експонента. Без подробен анализ освен критична честота, говорим за критична дължина на вълната. По класическата физика има проникване, но при определена дължина на вълновода, вече имаме експоненциално затихване и пълно спиране, т.е. бариерата е непроницаема. Но тогава се намесва тунелният ефект!! Ако⁽⁸⁾ $E < U_0$, то частицата се отразява от бариерата и лети в обратна посока. През бариерата частицата не може да проникне. Но не и по квантовата теория. Имаме 3 области на разпространение и прилагайки уравнението на Шрьодингер за $\psi(r, t) = \psi(x, y, z, t)$ към тези три области.



Фиг.1⁽⁸⁾

$$d^2\psi/dx^2 + E\psi = 2m/h^2 = 0, \text{ за области 1 и 3} \quad (1)$$

$$d^2\psi/dx^2 + 2m/h^2 (E - U_0) \psi = 0 \text{ за област 2} \quad (2)$$

като $(E - U_0) < 0$

Чрез субституция $\psi = e^{\lambda x}$ в {1}, получаваме характеристичното уравнение

$$\lambda^2 + E \cdot 2m/h^2 = 0, \lambda = +i\alpha, \lambda = -i\alpha, \text{ където } \alpha = (2mE)^{1/2} \cdot 1/h', \text{ (тук } h' = h/2\pi)$$

така за {1} получаваме

$$a] \text{ за област 1} \quad \psi_1 = A_1 e^{(i\alpha x)} + B_1 e^{(-i\alpha x)} \quad [1a] \text{ и}$$

$$b] \text{ за област 3} \quad \psi_3 = A_3 e^{(i\alpha x)} + B_3 e^{(-i\alpha x)} \quad [1b]$$

при субституция

$$\psi = e^{\lambda x} \text{ в } \{2\}, \text{ то за област 2: } \psi_2 = A_2 e^{\beta x} + B_2 e^{-\beta x} \quad [2a]$$

$$\text{като } \beta = 1/h' \{2m(U_0 - E)\}^{1/2}$$

Така за област 1 имаме:

Решението $e^{(i\alpha x)}$ е за вълна по нарастващи x т.е. в положителна посока на ос Ox , а решението $e^{(-i\alpha x)}$ е за вълна по намаляващи x т.е. в противоположна посока. В [1a].

За област 3 –само вълна, преминала през бариерата и движеща се по ос Ox и $B_3 = 0$ в [1b].

От условието за непрекъснатост на ψ , то $\psi_1(0) = \psi_2(0)$ и $\psi_2(L) = \psi_3(L)$.

От условието за гладкост на ψ , то $\psi'_1(0) = \psi'_2(0)$ и $\psi'_2(L) = \psi'_3(L)$ от където:

$$\begin{aligned} A_1 + B_1 &= A_2 + B_2, & A_2 e^{(\beta L)} + B_2 e^{(-\beta L)} &= A_3 e^{(i\alpha L)}, \\ i\alpha A_1 - i\alpha B_1 &= \beta A_2 - \beta B_2, & \beta A_2 e^{(\beta L)} - \beta B_2 e^{(-\beta L)} &= i\alpha A_3 e^{(i\alpha L)}, \end{aligned} \quad \{3\}$$

ако разделим уравненията на A_1 и положим

$$b_1 = B_1/A_1,$$

$$a_2 = A_2/A_1,$$

$$b_2 = B_2/A_1$$

$$a_3 = A_3/A_1$$

$$n = \beta/\alpha = \{(U_0 - E)/E\}^{1/2}$$

то:

$$R = IB_1 I^2 / IA_1 I^2 = Ib_1 I^2,$$

коэффициент на отражение е отношение на квадратите на модулите на амплитудите на отразена и падаща вълни -- R дава вероятността на отразяване на частица от бариерата

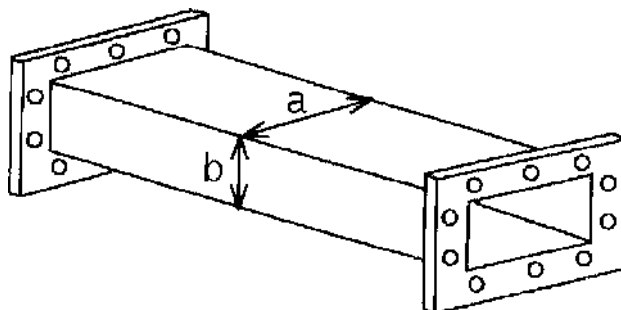
$D = IA_3 I^2 / IA_1 I^2 = Ia_3 I^2$, коэффициент на прозрачност е отношение на квадратите на модулите на амплитудите на преминалата и падащата вълна, дава вероятността за преминаване на частицата през бариерата или тунелиране очевидно $R + D = 1$

$$D = e^{(-2\beta l)} = e^{-2L/h' \{2m(U_0 - E)/E\}^{1/2}}$$

Вероятността за преход зависи от ширината на бариерата L и от превишаването $U_0 - E$ рязко пада при увеличаване на масата на частицата m .

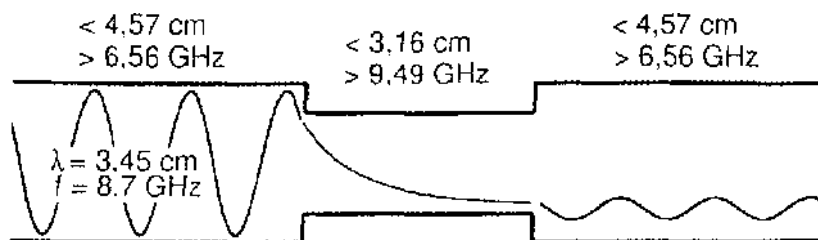
Ако частица има определена кинетична енергия T , следователно има определен импулс p . Ако има определена потенциална енергия U , ще има определено място в пространството. Но координата и импулс не могат да се определят едновременно точно поради принципа на неопределеност на Хайзенберг, $\Delta x \cdot \Delta p_x \geq h/2\pi$, то не могат и T и U едновременно точно да се определят! Е има определена стойност, но не може да се представи като сума на определени енергии T и U ! То тук е неприемлива отрицателна стойност на кинетичната енергия T .⁽⁸⁾

Потенциалната бариера както споменахме се осъществява чрез т.н. маломерните вълноводи. За да бъде възможно разпространението на вълната, напречното сечение на вълновода трябва да надвишава половината от дължината на вълната. В случай на правоъгълни вълноводи това условие трябва да бъде изпълнено за основния режим (TE_{01} -напречен електричен тип вълни) само в една от страните на напречното сечение на вълновода



фиг.2⁽¹⁾

В тези експерименти използваме вълновод, образуван от правоъгълна метална тръба с 3 секции - средната е кух вълновод по тесен от двете странични секции, съответстващ на по-висока честота.



Фиг.3⁽¹⁾ (Тук числовите стойности от книгата на Нимц са само за илюстрация.)

В случай, че честотата е по-ниска от граничната честота, вълновото число е чисто имагинерно. Разпространяването се спира и интензитетът пада експоненциално с увеличаване на разстоянието в маломерна част от вълновода. Вълни имащи честоти $\nu < \nu_c$ са тунелиращи-модове (режими) или мимолетни (режими).

Граничната дължина на вълната е $\lambda_0 = 3$ см, затова страните на напречното сечение на средната секция са подбрани да са под 15 мм, за разлика от 2-те странични, които надвишават критичните размери. Дължината на средната част е 114,2 mm. Тази

тройна вълноводна система е свързана с приемното устройство, а после предава получения модулиран сигнал на демодулатора и от там вече видео-информация се демонстрира на монитор. Преди тази приемна система на 5 метра е предавателната част, започваща с видео камера от която сигнала отива да модулира сигнал-носител 10 GHz, изработен от специален генератор на СВЧ и вече така модулиран се излъчва насочено към описаното приемно устройство и експериментът е успешно осъществен, защото предварително е проверена екранировката, така че сигналът от излъчвателната част отива само в приемната част. И така преминаването през такъв тунел е суперлуминално, като Немц го демонстрира за аудио информация, а в българският експеримент е и за видео информация.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Въпреки, че нашият експеримент не е с големи претенции, но той е връзка на един етап от вече минали дискуссионни изследвания и нови, криещи перспективите на по-сигурното знание, което е истинско научно предизвикателство!

References:

- [1] GUNTER NIMTZ, ASTRID HAIBEL, *ZeroTime Space*, How quantum tunneling broke the light speed barrier, Copyright o 2008 WILEY-VCH Verlag GmbH&Co.KGA, Weinheim ISBN: 978-3-527-40735-4
- [2] G.FEINBERG, Phys. Rev. 159, 1089 (1967)
- [3] TH.HARTMAN, J. Appl. Phys. 33, 3427 (1962)
- [5] К. КОЙЧЕВ, СТ. САДИНОВ, Сигнали и системи-ТУ-Габрово, 2012-допечатка
- [6] ХР. ШИНЕВ, Линии и вълноводи, Държавно издателство „ТЕХНИКА”, 1984
- [7] Р. ФЕЙНМАН, Р.ЛЕЙТОН, М. СЭНДС, Фейнмановские лекции по физике, Издателство „МИР” МОСКВА, 1966 г.
- [8] САВЕЛЬЕВ И. В., Курс общей физики, Издательство „НАУКА”, Главная редакция физико-математической литературы, 1987

BLOCKS MAINTENANCE STRATEGY WITH REPAIRS, WHOSE AMOUNT DEPENDS ON THE TIME OF ONSET OF FAILURE

associate professor Ph.D. Anton Slavchev Georgiev
Technical University – Varna, georgiev_an@yahoo.com

Abstract: The article focuses on issues related to maintenance of electronic systems. Developed and proposed a strategy for maintenance. In this strategy, the decision on the type, volume and content of the repairs is based on how far in time is the next maintenance. The paper investigates and analyzes the main characteristics of this strategy. It proposes analytical expressions to evaluate its effectiveness.

Keywords: Maintenance activities, Reliability, Maintenance, Operational reliability, After prophylactic failures, maintenance of electronic equipment, methods for raising the reliability.

БЛОКОВА СТРАТЕГИЯ ЗА ТЕХНИЧЕСКО ОБСЛУЖВАНЕ С АВАРИЙНИ ВЪЗСТАНОВЯВАНИЯ, ЧИЙТО ОБЕМ ЗАВИСИ ОТ МОМЕНТА НА НАСТЪПВАНЕ НА ОТКАЗА

доц. д-р инж. Антон Георгиев
Технически Университет – Варна, georgiev_an@yahoo.com

Абстракт: Статията е посветена на проблемите, свързани с техническото обслужване на електронни системи. Разработена и предложена е стратегия за техническо обслужване, при която решението за типа, обема и съдържанието на ремонтните дейности се взема на базата на това, колко отдалечена във времето е следващата профилактика. В статията са изследвани и анализирани основните характеристики на такава стратегия и са предложени аналитични изрази за оценка на нейната ефективност.

Ключови думи: Надеждност, Техническо обслужване, Експлоатационна надеждност, Профилактика на технически системи, Аварийно възстановяване на технически системи.

ВЪВЕДЕНИЕ

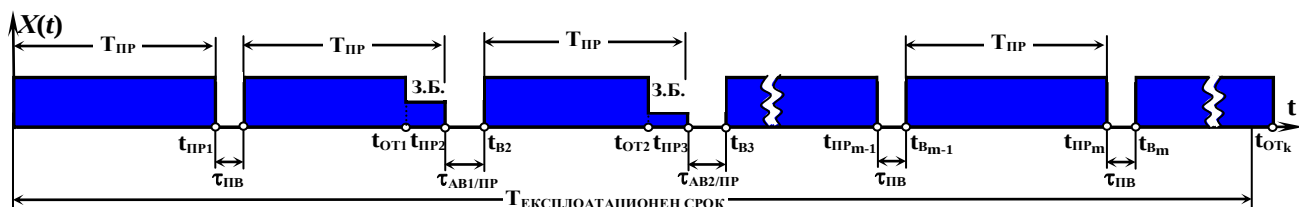
Отказите, причинени от грешки при експлоатацията, и в частност - от неправилно техническо обслужване, съставляват до 35% от общия брой внезапни откази в електронните системи (ЕС) [1, 2]. Тази тревожна констатация налага изследването на причините за влошаването на надеждността по време на експлоатация на електронните изделия и търсене на методи и средства за нейното подобряване.

За поддържането на ЕС в състояние на работоспособност се провеждат множество възстановителни дейности, чийто последователност и обем са от съществено значение за експлоатационната надеждност на ЕС. Възстановителните процедури се включват в състава на аварийните възстановявания дейности и/или на профилактичните мероприятия. Профилактиките на ЕС следват строго определена (от възприетата стратегия за техническо обслужване (СТО)) последователност. За описването на възприетата СТО могат да се използват многократно разклонени алгоритми, специфични за всяка конкретна ЕС. За съжаление, профилактиката е съпроводена с влошаване на коефициента на готовност (поради намаляване на времето за работа на ЕС); сериозни материални разходи (поради използване на висококвалифициран труд, скъпа специализирана измервателна техника [3, 4], специфична екипировка и т.н.); поява на “следпрофилактич-

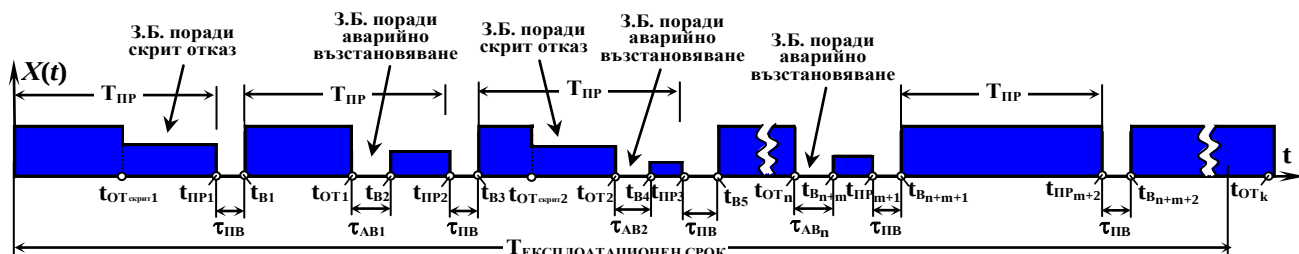
ни” откази и други нежелани ефекти. Това налага оптимизиране на основните характеристики на СТО: организация на профилактичните дейности, сроковете за провеждане-то им, съдържание и последователност на профилактичните възстановявания, критерии за избор на редуване на аварийните и профилактичните намеси и др. Неоправданото пренебрегване на проблемите, свързани с профилактичните дейности е една от причините за допускането на грешки при техническото обслужване на ЕС, а от там и за влошаването на тяхната експлоатационна надеждност.

Съгласно [5], СТО могат да се класифицират като: Стратегия на аварийно техническо обслужване [5]; Блокова стратегия за техническо обслужване и Строго периодична стратегия за техническо обслужване.

На фигури 1, 2 и 3 са показани времедиаграмите на три от най-подходящите за практиката Блокови СТО: блоковата СТО със зони на бездействие; блоковата СТО с минимални аварийни и пълни профилактични възстановявания и блоковата СТО с възстановявания, чийто обем и продължителност зависят от момента на настъпване на отказа. Времедиаграми на тези СТО са показани съответно на фиг.1, фиг.2 и фиг.3. Освен чрез времедиаграми, СТО могат да бъдат описани и с помощта на диаграми на преходите [5].



фиг. 1 Времедиаграма на блокова стратегия за техническо обслужване със зони на бездействие



фиг. 2 Времедиаграма на блокова стратегия за техническо обслужване с минимални аварийни и пълни профилактични възстановявания



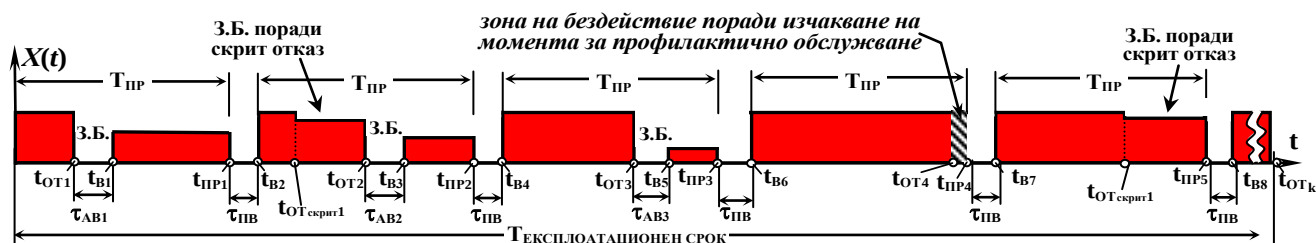
фиг. 3 Времедиаграма на блокова стратегия за техническо обслужване, с възстановявания, чийто обем зависи от момента на настъпване на отказа, без строго спазване на $T_{пр}$

БЛКОВА СТРАТЕГИЯ С ВЪЗСТАНОВЯВАНИЯ, ЧИЙТО ОБЕМ ЗАВИСИ ОТ МОМЕНТА НА НАСТЪПВАНЕ НА ОТКАЗА

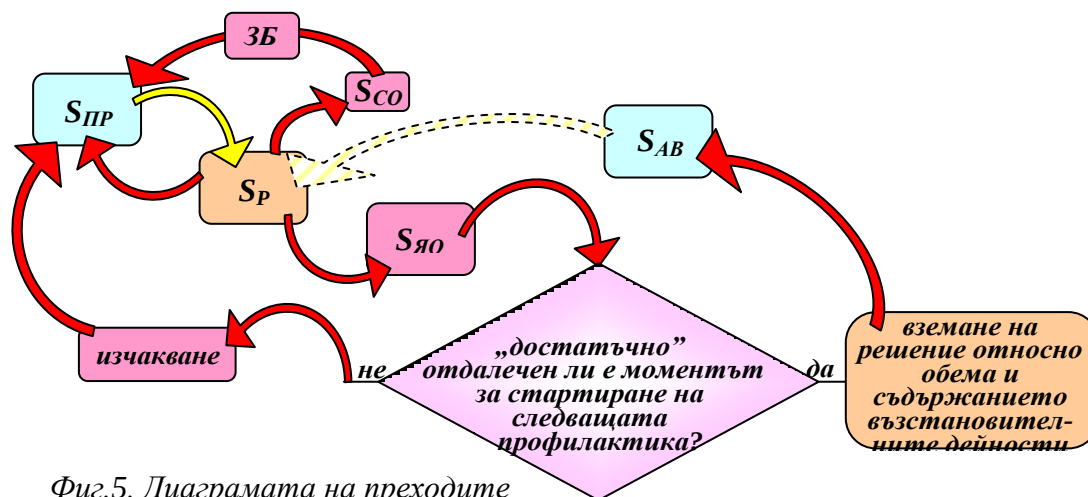
Блокова СТО с възстановявания, чийто обем зависи от момента на настъпване на

отказа, е тази СТО, при която решението за обхвата от възстановителни дейности се определя от това, дали отказът е настъпил „малко“ преди момента на започване на поредната профилактика или е „достатъчно“ отдалечен от него. Големината на интервала, считан за „достатъчно“ отдалечаващ момента на отказа от момента, фиксиран за начало на плановата профилактика, зависи от много фактори (профит, безопасност на обслужвания персонал или на хора, използващи ЕС, достъпност на ЕС за ремонтни дейности и др.) и е индивидуален за всеки конкретен тип ЕС.

Пълната работоспособност на ЕС се възстановява по време на поредната профилактика, когато ЕС се настройва така, че всички нейни параметри да попаднат в допустимите граници. Възможни са различни варианти на тази стратегия, но два от тях биха представлявали по-голям интерес за практиката. При битови апаратури и ЕС, чиято надеждност не е от значение за безопасността на хората, максимален профит се постига, ако профилактичните дейности стартират в момента, в който настъпи явен отказ, а срокът на профилактика е изтекъл (фиг. 3 и фиг. 6). При ЕС, от чиято надеждност зависят здравето и живота на хора, е наложително моментът на стартиране на профилактичните възстановявания да е строго фиксиран от срока на профилактика (профилактичните дейности стартират в момента, в който изтича срока на профилактика (фиг.4)).



фиг. 4 Времедиаграма на блокова стратегия за техническо обслужване, с възстановявания, чийто обем зависи от момента на настъпване на отказа, със строго спазване на $T_{пр}$



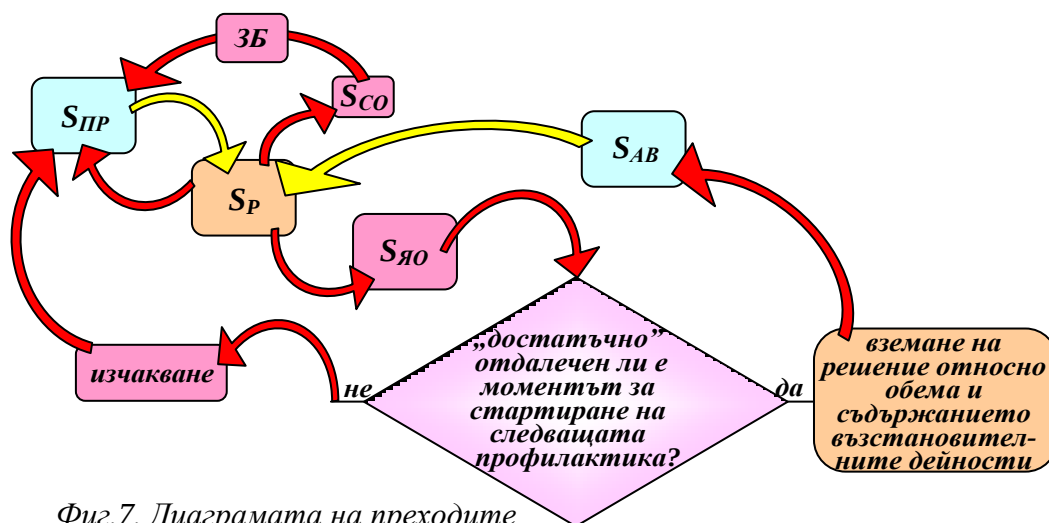
Фиг.5. Диаграмата на преходите

Успешното прилагане на блоковата СТО с възстановявания, чийто обем и момент зависи от момента на настъпване на отказа, е възможно само при наличие на СК, която мигновено да индицира възникналия отказ и да дава пълна информация за неговата локация и характера му. При наличие на ефективна система за непрекъснат контрол на състоянието, относителният дял на скритите откази е малък, а ако все пак, при контролните профилактични измервания, бъдат установени такива, то те биват отстранявани при профилактично-възстановителните процедури. Скритите откази, колкото и малък да е техният брой, са причина за наличието на З.Б., чиято продължителност е случайна величина - от момента на възникването им до извършването на контролните профилактични измерва-

ния. Както се вижда на времедиаграмите от фиг. 3 и фиг. 4, скритите откази в този случай са частични и не влияят съществено върху работоспособността на системата (отказите предизвикващи по-съществено понижаване на работоспособността биват откривани от системата за контрол на състоянието). При установяване на типични, често повтарящи се скрити откази, системата за контрол се „обучава” да ги разпознава и открива или се прилага подходящо резервиране на отказващите елементи/модули [6] и [7]. Диаграма на преходите, описваща случайния процес $X(t)$, типичен за тази СТО е илюстрирана на фиг. 5.



фиг. 6 Времедиаграма на блокова стратегия за техническо обслужване зависеща от момента на настъпване на отказа, с пълни аварийни възстановявания, без строго спазване на $T_{ПР}$



Фиг. 7. Диаграмата на преходите

Поради ниските разходи за частични (минимални) аварийни възстановявания (фиг. 3, фиг. 4 и фиг. 5), тази стратегия се характеризира със сравнително висока стойност на профита. Извършването на пълни аварийни възстановявания (фиг. 6 и фиг. 7) при тази блокова стратегия понижава профита [5], както поради по-големите разходи за реализирането на пълни възстановявания в случайни моменти от време (при профилактичните възстановявания, моментите на стартиране са предварително известни, което позволява да се направи както предварителна подготовка на контролно-измервателната апаратура и на необходимите за ремонта оборудване и екипировка, така и да се планират действията на субективния фактор), така и поради повишения размер пропуснати ползи от бездействието на ЕС, свързан по-голямата продължителност на пълните аварийни възстановявания в сравнение с продължителността на профилактичните (също пълни) възстановявания. В някои ситуации обаче, когато осигуряването на експлоатационната надеждност е от значение за безопасността на хората, провеждането на пълни аварийни възстановявания е наложително. Понижаването на профита поради извършването на пълни аварийни възстановявания при тази блокова стратегия все пак може да бъде компенсирано от гъвкавостта на варианта, при който не се спазва точно фиксирания момент за стартиране на поредната профилактика. Освен повишен профит, този вариант (фиг. 6) на СТО се характеризира и с висока стойност на коефициента на готовност. Трябва

да се отбележи обаче, че прилагането на това решение изисква ефективно действаща система за непрекъснат контрол на състоянието на ЕС, която да гарантира не само индицирането на всички откази (количеството скрити откази да се сведе до нула), а и да дава точна и пълна информация за типа, характера и локацията на отказалия елемент/модул, с което да се сведе до минимум средното време за аварийно възстановяване и да се освободи времеви ресурс за провеждане на настройка и регулиране на параметрите на ЕС в допустимите граници (дейности, присъщи на профилактиката). Така, след приключване на пълното аварийно възстановяване, ЕС би била с изцяло възстановена работоспособност, което (при липса на отказ) би ѝ позволило да работи в продължение на време равно на $T_{ПР}$.

Случайният процес $X(t)$, отразяващ състоянието на ЕС във времето приема шест дискретни стойности: работоспособно състояние S_P ; състояние на престой, дължащ се на „скрит” отказ S_{CO} ; състояние на престой, дължащ се на явен отказ $S_{ЯО}$, който предстои да бъде незабавно отстранен поради достатъчната отдалеченост на момента на настъпване на отказа от момента на стартиране на следващото профилактично възстановяване; състояние на изчакване (поради престой, дължащ се на явен отказ $S_{ИЯО}$, който няма да бъде незабавно отстранен поради недостатъчната отдалеченост на момента на настъпване на отказа от момента на стартиране на следващото профилактично възстановяване – отказ, който ще бъде отстранен по време на профилактичното обслужване); състояние на аварийно възстановяване на работоспособността S_{AB} и състояние на профилактично възстановяване на работоспособността $S_{ПР}$. Съществува и седмо състояние $S_{БР}$, при което системата за контрол е в режим на вземане на решение „за” или „против” незабавно стартиране на аварийно възстановяване и решение за обхвата (обема) на аварийно-възстановителните дейности, но при съвременните системи за контрол, времето за пребиваване в това състояние е пренебрежимо малко и на практика може да се приеме за равно на нула (фиг. 5).

Тъй като $M_{t_{S_{БР}}} = T_{П_{БР}} = 0$, за описване на математическото очакване на времената за пребиваване на ЕС във всяко от шестте възможни състояния (S_P , S_{CO} , $S_{ЯО}$, $S_{ИЯО}$, $S_{ПР}$ и S_{AB}), приемаме, че: времената от завършване на поредното възстановяване до настъпването на отказ, са разпределени по закона $R(x)$; времената за престой в състояние на скрит отказ, са разпределени по закона $P(x)$; аварийно-възстановителните дейности започват веднага след установяването на явен отказ, „достатъчно отдалечен” от момента на стартиране на следващото профилактично възстановяване, поради което средното време за престой, в това състояние, е случайна величина, чиято стойност може да се пренебрегне т.е. $M_{t_{S_{ЯО}}} = T_{П_{ЯО}} \approx 0$; след установяването на явен отказ, „недостатъчно отдалечен” от момента на стартиране на следващото профилактично възстановяване, аварийно-възстановителни дейности не се провеждат, а ЕС остава в състояние на изчакване на поредната профилактика, или $M_{t_{S_{ИЯО}}} = T_{П_{ИЯО}} \gg 0$; с $T_{Б_{ПР}}$ записваме математическото очакване на

случайната величина време за профилактично възстановяване $\tau_{ПВ}$, чиято вероятностна плътност е $f_{ПВ}(t)$; а с $T_{Б_{AB}}$ записваме математическото очакване на случайната величина време за аварийно възстановяване τ_{AB} , чиято вероятностна плътност е $f_{AB}(t)$, и обикновено $T_{Б_{ПР}} > T_{Б_{AB}}$.

Математическото очакване на времената за пребиваване на ЕС във всяко от шестте състояния, показани на диаграмата на преходите могат да бъдат записани във вида:

$$M_{t_{S_P}} = T_{CP} = \int_0^{\infty} [1 - R(x)] dx,$$

$$\begin{aligned}
 M_{t_{SCO}} &= T_{\Pi CO} = \int_0^{\infty} [1 - P(x)] dx, \\
 M_{t_{SAB}} &= T_{BAB} = \int_0^{\infty} x f_{AB}(x) dx, \\
 M_{t_{SPI}} &= T_{BPI} = \int_0^{\infty} x f_{PI}(x) dx, \\
 M_{t_{SIO}} &= T_{\Pi IO} \gg 0 \\
 M_{t_{SJO}} &= T_{\Pi JO} \approx 0. \\
 M_{t_{SBP}} &= T_{\Pi BP} = 0.
 \end{aligned} \tag{1}$$

За да изразим математическото очакване $M_{t_{SIO}}$ на времената за пребиваване на ЕС в състояние на изчакване, дължащо се на явен отказ, „недостатъчно отдалечен” от момента на стартиране на следващото профилактично възстановяване, означаваме с $W(x)$ закона за разпределяне на тези времена, при което може да се запише, че

$$M_{t_{SIO}} = T_{\Pi IO} = \int_0^{\infty} [1 - W(x)] dx. \tag{2}$$

Подобно на Блоквата СТО със зони на бездействие и Блокова СТО с минимални аварийни и пълни профилактични възстановявания, и при стратегията показана на фиг. 4, математическото очакване на времето между две поредни профилактики не зависи от математическото очакване на времената за пребиваване във всяко от шестте описани състояния – стойността му е равна на срока на профилактика T_{PI} . За разлика от тези три стратегии, при вариантите на стратегията, показани на фиг. 3 и фиг. 6, математическото очакване на времето между две поредни профилактики зависи от математическото очакване на времената за пребиваване във всяко от шестте състояния, и най-вече от стойността на $M_{t_{Sp}}$, при което въпреки, че стойността на срока на профилактика T_{PI} има фиксирана стойност, моментът на стартиране на възстановителните дейности има случаен характер, поради отместването на момента, от който се отчита стойността на T_{PI} . Това от една страна повишава коефициента на готовност и реализирания профит от експлоатацията на ЕС, но от друга, поради наличието на белези, присъщи на аварийното възстановяване, при профилактиките на тази СТО, стратегията има и някои недостатъци (не добра предварителна подготовка на контролно-измервателната апаратура и на необходимите за ремонта оборудване и екипировка, влошена плановост в действията на субективния фактор и др.), водещи в крайна сметка до повишаване на параметъра на потока на следпрофилактичните откази.

За разлика от първите три варианта на блокова СТО (Блоквата СТО със зони на бездействие, Блокова СТО с минимални аварийни и пълни профилактични възстановявания и стратегията показана на фиг. 4), при вариантите, показани на фиг. 3 и фиг. 6, математическото очакване на продължителността на времеинтервала, заключен между два поредни момента за стартиране на възстановителните дейности, е случайна величина – няма точно фиксирана стойност T_{PI} и зависи от математическото очакване на времената за пребиваване във всяко от шестте състояния. С помощта на математическото очакване на времената за пребиваване във всяко от шестте състояния, записваме математическото очакване на продължителността на времеинтервала T_{PI} , заключен между два поредни момента за стартиране на пълните възстановителни дейности

$$M[T_{IIIP}] = \int_0^{\infty} [1-R(x)] dx + \int_0^{\infty} [1-P(x)] dx + \int_0^{\infty} x \cdot f_{AB}(x) dx + \int_0^{\infty} x \cdot f_{IIIP}(x) dx + \int_0^{\infty} [1-W(x)] dx + 0. \quad (3)$$

Ако ремонтните дейности не започват веднага след проявяването на явен отказ, „достатъчно отдалечен” от момента на стартиране на следващата профилактика (малко вероятно но все пак възможна ситуация, която не е препоръчителна за тази СТО), то стойностите на случайната величина „време за престой след проявил се явен отказ” могат да бъдат представени чрез тяхното математическо очакване (различно от 0), като се използва законът им на разпределение. Ако отбележим този закон като $Q(x)$, то математическото очакване на времето за престой след проявил се явен отказ, „достатъчно отдалечен” от момента на стартиране на следващата профилактика, ще бъде

$$M_{t_{ЯО}} = T_{IIЯО} = \int_0^{\infty} [1-Q(x)] dx \neq 0, \quad (4)$$

а в този случай, математическото очакване на продължителността на времеинтервала T_{IIIP} , заключен между два поредни момента за стартиране на пълни възстановителни дейности ще бъде

$$M[T_{IIIP}] = \int_0^{\infty} [1-R(x)] dx + \int_0^{\infty} [1-P(x)] dx + \int_0^{\infty} x \cdot f_{AB}(x) dx + \int_0^{\infty} x \cdot f_{IIIP}(x) dx + \int_0^{\infty} [1-W(x)] dx + \int_0^{\infty} [1-Q(x)] dx \quad (5)$$

Коефициентът на готовност K_G , за тази Блокова СТО, е

$$K_G = \frac{T_{CP}}{T_{CP} + T_{IIСО} + T_{IIЯО} + T_{IIIP} + T_{B_{IIIP}} + T_{B_{AB}}} \left[1 + \frac{\left(T_{IIСО} + T_{IIЯО} + T_{IIIP} + T_{B_{IIIP}} + T_{B_{AB}} \right) e^{\frac{(T_{CP} + T_{IIСО} + T_{IIЯО} + T_{IIIP} + T_{B_{IIIP}} + T_{B_{AB}})}{T_{CP}(T_{IIСО} + T_{IIЯО} + T_{IIIP} + T_{B_{IIIP}} + T_{B_{AB}})}}}{T_{CP}} \right] =$$

$$= \frac{\int_0^{\infty} [1-R(t)] dt}{\int_0^{\infty} [1-R(t)] dt + \int_0^{\infty} [1-P(t)] dt + \int_0^{\infty} [1-Q(t)] dt + \int_0^{\infty} [1-W(x)] dx + \int_0^{\infty} t \cdot f_{IIIP}(t) dt + \int_0^{\infty} t \cdot f_{AB}(t) dt} \cdot$$

$$\left[1 + \frac{\left(\int_0^{\infty} [1-R(t)] dt + \int_0^{\infty} [1-P(t)] dt + \int_0^{\infty} [1-Q(t)] dt + \int_0^{\infty} [1-W(x)] dx + \int_0^{\infty} t \cdot f_{IIIP}(t) dt + \int_0^{\infty} t \cdot f_{AB}(t) dt \right) e^{\frac{\left(\int_0^{\infty} [1-R(t)] dt + \int_0^{\infty} [1-P(t)] dt + \int_0^{\infty} [1-Q(t)] dt + \int_0^{\infty} [1-W(x)] dx + \int_0^{\infty} t \cdot f_{IIIP}(t) dt + \int_0^{\infty} t \cdot f_{AB}(t) dt \right)}{\int_0^{\infty} [1-R(t)] dt}}}{\int_0^{\infty} [1-R(t)] dt} \right], \quad (6)$$

но тъй като $M_{t_{ЯО}} = T_{IIЯО} \approx 0$, а при за $t \rightarrow \infty$, изразът в средните скоби е приблизително равна на единица (стационарен режим), за K_G и K_{II} може да се запише:

$$K_G \approx \frac{\int_0^{\infty} [1-R(t)] dt}{\int_0^{\infty} [1-R(t)] dt + \int_0^{\infty} [1-P(t)] dt + \int_0^{\infty} [1-W(x)] dx + \int_0^{\infty} t \cdot f_{IIIP}(t) dt + \int_0^{\infty} t \cdot f_{AB}(t) dt}, \quad (7)$$

$$K_{II} \approx \frac{T_{ICO} + T_{IIYO} + T_{BIP} + T_{BAB}}{T_{CP} + T_{ICO} + T_{IIYO} + T_{BIP} + T_{BAB}} = \frac{\int_0^{\infty} [1 - P(t)] dt + \int_0^{\infty} [1 - W(x)] dx + \int_0^{\infty} t \cdot f_{IP}(t) dt + \int_0^{\infty} t \cdot f_{AB}(t) dt}{\int_0^{\infty} [1 - R(t)] dt + \int_0^{\infty} [1 - P(t)] dt + \int_0^{\infty} [1 - W(x)] dx + \int_0^{\infty} t \cdot f_{IP}(t) dt + \int_0^{\infty} t \cdot f_{AB}(t) dt} . \quad (8)$$

Както беше отбелязано, прилагането на този вариант на Блокова СТО изисква ЕС да разполага с вградена, ефективно работеща система за непрекъснат контрол. Наличието на такава система прави малко вероятно съществуването на скрити откази, при което математическото очакване на времето за пребиваване на ЕС в състояние на скрит отказ $T_{ICO} \rightarrow 0$. Ако все пак част от отказите не биват откривани от системата за контрол, то това са частични откази, които не влияят съществено на работоспособността на ЕС. Това дава основание изразите за K_I и K_{II} да бъдат опростени до вида:

$$K_I \approx \frac{\int_0^{\infty} [1 - R(t)] dt}{\int_0^{\infty} [1 - R(t)] dt + \int_0^{\infty} [1 - W(x)] dx + \int_0^{\infty} t \cdot f_{IP}(t) dt + \int_0^{\infty} t \cdot f_{AB}(t) dt} , \quad (9)$$

$$K_{II} \approx \frac{\int_0^{\infty} [1 - W(x)] dx + \int_0^{\infty} t \cdot f_{IP}(t) dt + \int_0^{\infty} t \cdot f_{AB}(t) dt}{\int_0^{\infty} [1 - R(t)] dt + \int_0^{\infty} [1 - W(x)] dx + \int_0^{\infty} t \cdot f_{IP}(t) dt + \int_0^{\infty} t \cdot f_{AB}(t) dt} . \quad (10)$$

За изразяване на K_{PIII} , характеризиращ тази Блокова СТО, използваме означенията: K_{Sp} - относителен дял на времето, в което ЕС е в работоспособно състояние; K_{SCO} - относителен дял на времето, в което ЕС пребивава в състояние на скрит отказ ($K_{SCO} \approx 0$); K_{SYO} - относителен дял на времето, в което тя пребивава в състояние на явен отказ ($K_{SYO} \approx 0$); K_{SIYO} - относителен дял на времето, в което тя пребивава в състояние на изчакване, поради настъпил явен отказ „недостатъчно отдалечен” от момента на стартиране на следващото профилактично възстановяване; K_{SIP} - относителен дял на времето, в състояние на профилактично възстановяване и K_{SAB} - относителен дял на времето, в състояние на аварийно възстановяване. При което, за стационарен режим $K_{Sp} = K_I$ (29), а останалите три по-значими величини могат да бъдат записани във вид:

$$K_{SAB} = \frac{T_{BAB}}{T_{CP} + T_{IIYO} + T_{BIP} + T_{BAB}} , \quad (11)$$

$$K_{SIP} = \frac{T_{BIP}}{T_{CP} + T_{IIYO} + T_{BIP} + T_{BAB}} , \quad (12)$$

$$K_{SIYO} = \frac{T_{IIYO}}{T_{CP} + T_{IIYO} + T_{BIP} + T_{BAB}} . \quad (13)$$

С помощта на последните четири изрази (10), (11), (12) и (13), за коефициента на разходите и пропуснатите ползи, може да се запише изрази

$$K_{PIII} = \frac{\frac{C_{SIYO} \cdot T_{IIYO}}{T_{CP} + T_{IIYO} + T_{BIP} + T_{BAB}} + \frac{C_{SAB} \cdot T_{BAB}}{T_{CP} + T_{IIYO} + T_{BIP} + T_{BAB}} + \frac{C_{SIP} \cdot T_{BIP}}{T_{CP} + T_{IIYO} + T_{BIP} + T_{BAB}}}{1 - K_{II}}$$

или

$$K_{PIII} = \frac{C_{S_{IIJO}} \cdot T_{IIJO} + C_{S_{AB}} \cdot T_{B_{AB}} + C_{S_{IP}} \cdot T_{B_{IP}}}{T_{CP}}, \quad (14)$$

където: $C_{S_{IIJO}}$ са загубите (пропуснати ползи от неексплоатацията на ЕС) за единица време от престоя на ЕС в състояние на изчакване (фиг. 5 и фиг. 7), а $C_{S_{IP}}$ и $C_{S_{AB}}$ са сумарни величини, отчитащи като загубите за единица време от престоя на ЕС, така и разходите, направени за нейния ремонт ($C_{S_{AB}}$) или за профилактиката ѝ ($C_{S_{IP}}$).

Математическото очакване на относителния профит P от експлоатацията на ЕС, отчетен за единица време, може да се определи чрез израза

$$P = K_{Sp}(K - K_{PIII}) = K_{\Gamma} \left[K - \frac{C_{S_{IIJO}} \cdot T_{IIJO} + C_{S_{AB}} \cdot T_{B_{AB}} + C_{S_{IP}} \cdot T_{B_{IP}}}{T_{CP}} \right], \quad (15)$$

И в този случай неравенството $K < K_{PIII}$, равенството $K = K_{PIII}$ и малката стойност на разликата $K - K_{PIII}$ са индикатор за неефективно избрана или лошо прилагана СТО.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В статията се анализира възможността за прилагане на нова стратегия за техническо обслужване, при която обемът и съдържанието на възстановителните дейности зависи от момента на настъпване на отказа. Изследвани и анализирани са особеностите на тази стратегия. Формулирани са нейните основни характеристики. Разкрити са достоинства и недостатъците ѝ. Очертани са областите на нейното приложение. Изведени са изрази, оценяващи ползата от прилагането ѝ в практиката.

REFERENCES

- [1]. Георгиев А. С., Н. Г. Георгиева, Х. Гигов, Т. Папанчев, Г. Тодоринов и А. Карачумаков. НПЗ/2011 „Изследване на възможностите за подобряване надеждността на електронни изделия”, с ръководител доц. д-р. инж. Георгиев А.С, Научноизследователски проект, финансиран целево от държавния бюджет – 2011 г.
- [2]. Георгиев А. С. и Т. Папанчев, Научноизследователски проект №ПДЗ. „Изследване на надеждността на електронни изделия”, с ръководител доц. д-р. инж. Георгиев А.С, проект, финансиран целево от МОМН.
- [3]. Тошков А. З. Оптоелектроника и оптични комуникации, „Форос солна офсет” Бургас ISBN 954-9370-22-4, Бургаски свободен университет, 2005 г., 304 стр.
- [4]. Македонски Д. В., А. З. Тошков, Измерване в електрониката и електротехниката, „Форос солна офсет” Бургас ISBN-957-9370-09-7, Бургаски свободен университет, 2004г., 255 стр.
- [5]. Георгиев А. С. Стратегии за техническо обслужване на електронните системи. Електронно списание „Компютърни науки и комуникации” ISSN: 1314-7846 брой 1, 12.2012 г. стр. 58-66.
- [6]. Georgiev A. Sl. 'Facts that Influence on the Optimal Number of the Reserve Modules in the Electronic Equipment'. *International Scientific Journal "Acta Universitatis Pontica Euxinus"* published by aegis of Tehnical University of Varna – Bulgaria and Ovidius University of Constanta – Romania, ISSN 1312-1669, Volume 1, Number 1, 2002 pp. 103-107. http://www.univ-ovidius.ro/imim/Acta_Pontica_Euxinus_Vol_1_No1.pdf
- [7]. Георгиев А.С., Н. Г. Георгиева., Д. М. Ковачев и А. З. Тошков. 'Оптимизиране на резервирането в електронните системи'. Национална конференция с международно участие "Електроника ' 2002", София, 17-18.10.2002. Сборник с доклади - стр. 247-252.

EFFECTIVENESS EVALUATION OF CLASSIFICATION TREE AND KULLBACK-LEIBLER DISTANCE-BASED ANOMALY INTRUSION DETECTION APPROACH

Veselina Jecheva, Burgas Free University, vessi@bfu.bg
Evgeniya Nikolova, Burgas Free University, enikolova@bfu.bg

Abstract. *The purpose of the paper is to present some evaluations of the effectiveness of IDS based on the classification tree and Kullback-Leibler distance-based approach to anomaly-based intrusion detection. The most used methods for this evaluation are: accuracy, Matthews correlation coefficient and ROC curve.*

Keywords: *Intrusion Detection, Anomaly Based IDS, Relative entropy, Receiver Operating Characteristic Curve, Accuracy, Matthews correlation coefficient, Error rate*

ОЦЕНКА НА ЕФЕКТИВНОСТТА НА СИСТЕМИ ЗА ОТКРИВАНЕ НА НАРУШЕНИЯ, ОСНОВАНИ НА КЛАСИФИКАЦИОННИ ДЪРВЕТА И РАЗСТОЯНИЕ НА КУЛБЕК-ЛЕЙБЛЕР

Веселина Жечева, Бургаски свободен университет, vessi@bfu.bg
Евгения Николова, Бургаски свободен университет, enikolova@bfu.bg

Резюме. *Настоящата статия представя някои оценки на ефективността на системи за откриване на нарушения, основани на класификационни дървета и разстояние на Kullback-Leibler. Най-използвани методи за такава оценка са: точност, корелационен коефициент на Матюс и ROC крива.*

Ключови думи: *Откриване на нарушения, системи за откриване на нарушения, основани на аномалии, ROC крива, корелационен коефициент на Матюс, процент на грешки, точност.*

I. Увод

Откриване на нарушения в информационната сигурност наричаме всички действия, свързани с наблюдение на събитията в дадена компютърна система и откриване на необичайни, неоторизирани и злонамерени действия от външни лица или легитимни потребители. Системата за откриване на нарушения (СОН) автоматизира този процес и следи данните в системата (мрежови или на определен хост), за да разграничи нарушенията и атаките от нормалните потребителски действия [1]. В зависимост от метода, използван за това разграничение, СОН се делят на две основни категории: базирани на злоупотреби и базирани на аномалии. Първият тип се основава на сигнатурен анализ на известни средства за атака в данните на системата. Тези системи притежават висока точност, но основният им недостатък е невъзможността да открият нови или варианти на съществуващи експлойти [12].

В настоящата статия се разглеждат СОН, базирани на аномалии. Тези системи извършват поведенчески анализ, като следят текущите данни в системата за необичайни действия, които могат да бъдат индикация за атака. Те се основават на идеята, че нарушенията предизвикват отклонение от нормалната работа на системата и

за целта използват предварително дефинирани профили на нормалната работа на потребителите в системата [11]. Ако текущите събития се отклоняват в значителна степен от тези профили, системата издава съобщение за атака.

Анализът на поведението на определени процеси в сървърите е често използван подход за поведенчески анализ в СОН [3]. Профилите на нормални действия се създават чрез събиране на данни за системни извиквания, които се изпълняват при нормална работа на системата. След това СОН следи за отклонение от тези профили в текущите данни за работата на системата.

Настоящата статия се основава на методология, описана в [10]. Предложеният подход включва изграждане на класификационни дървета, които служат за описание на нормалните действия в системата и са подредени на базата на преходните вероятности на съответните събития. След това системата следи текущите данни, състоящи се от номера на системни извиквания в системата и ги сравнява с вече записаните като използва разстоянието на Кулбек-Лейблер [6]. При наличие на значително отклонение от предварително съставените профили на нормални действия, системата издава сигнал за наличие на нарушение и маркира съответните действия като нарушение.

II. Симулационни експерименти

На базата на предложения модел са извършени редица симулационни експерименти. При експериментите са използвани данни, получени от проекта Computer Immune Systems Project, реализиран в Computer Science Department, University of New Mexico [13]. Разглежданите данни се отнасят до процеси (inetd, login, named, synthetic sendmail, ps), изпълнявани с администраторски права в определен период от време в Unix система, чието генериране е описано в [5]. Използваните данни представляват текстови файлове, които съдържат по 2 числа на всеки ред: идентификатор на изпълнявания процес (PID) и номера на системното извикване:

PID	1393	1393	...	1393
Системни извиквания	112	19	...	105

Всеки използван набор данни съдържа данни за нормална работа на системата, както и данни, съдържащи нарушения в сигурността. На базата на данните за нормална работа на системата са генерирани класификационните дървета, които представляват база с профили на нормална работа на системата. Данните, съдържащи нарушения в сигурността, се разглеждат като данни за текуща работа на системата и чрез описаната методология в тях се търсят отклонения от нормалната работа на системата. Симулационните експерименти са извършени като всеки набор от данните за нормална работа, се обхожда чрез плъзгащ прозорец с дължина $L=7$, като при това се построяват класификационните дървета с височина L . След това се сканират данните за текуща работа на системата и се изчислява разстоянието на Кулбек-Лейблер между двата набора данни, което се използва като индикатор за степента на близост между тях.

III. Ефективност на предложената методология

1. Резултати от работата на системата.

Целта на СОН е сканиране на данните за работата на наблюдавана система и

реализирането на двоична класификация, т.е. да се определи дали дадена последователност от наблюдения принадлежи към една от двете групи – множество от нормални дейности на системата или множество от отклонения от нормалната дейност (нарушения). За всяко възможно наблюдение тестът, чрез който се реализира тази класификация, може да допуска два типа грешки – грешка от първи род (false positive - FP) и грешка от втори род (false negative - FN). FP се допуска, когато едно събитие се отчита като нарушение, но всъщност това е нормална дейност, докато FN е грешката, която се допуска, когато настъпва нарушение, но то не е класифицирано като такова. При двоичната класификация са възможни следните четири резултата, представени в Таблица 1:

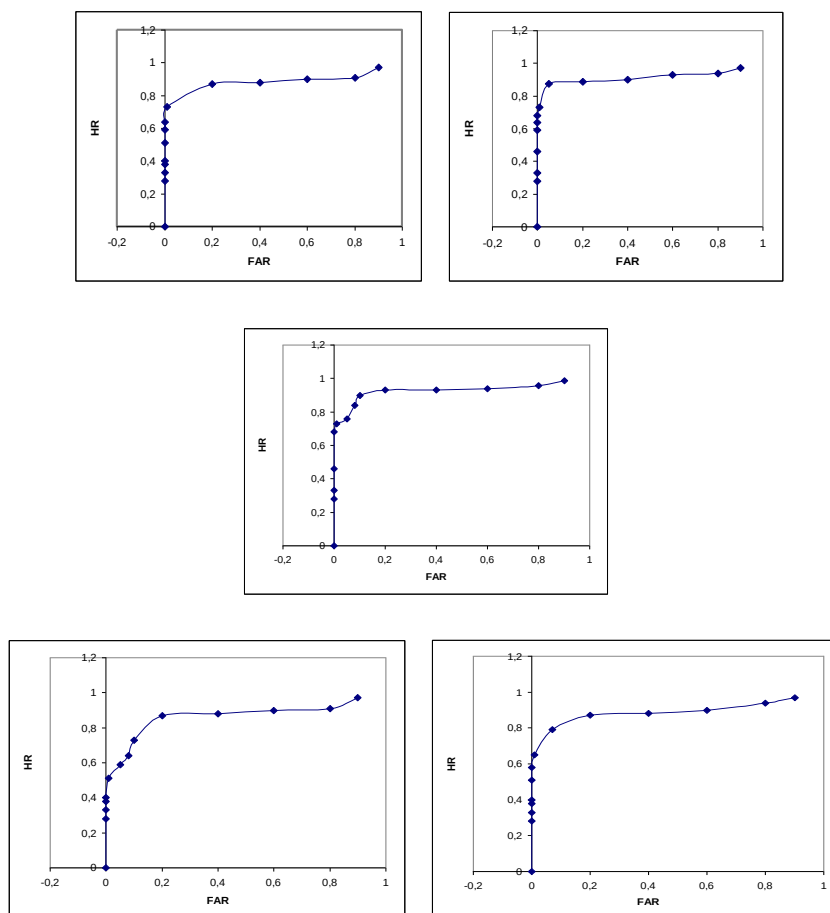
Резултат от системата Наличие на нарушение	Да	Не
Да	<i>TP</i>	<i>FN</i>
Не	<i>FP</i>	<i>TN</i>

Табл. 1

В таблицата TP (true positive) и TN (true negative) са коректно класифицираните нормални действия и нарушения съответно. Оценката на ефективността и настройката на СОН се нуждае от баланс между тези четири стойности. За да се направи оценка на ефективността на предложената методология, използваща разстоянието на Кулбек-Лейблер, са приложени някои статистически методи. Като показатели за измерване на точността на класификацията са използвани ROC крива, корелационен коефициент на Матюс, процент на грешки и точност.

2. Оценки на резултатите от работата на системата.

Понятието попадение (hit) се използва, ако тестът правилно регистрира дадено събитие като нарушение. Може да се изчисли степен на попадение (hit rate - HR) като отношение на броя на попаденията в сесиите с нарушения и общия брой на сесии с нарушения в тестваните данни, а относителна стойност на фалшиви сигнали (false-alarm rate - FAR) като отношение на броя на фалшивите сигнали към общия брой на истински нормални данни. ROC кривата (Receiver Operating Characteristic Curve) [4] представя нагледно способността СОН да разграничи принадлежността на наблюденията към едно от двете множества – нормални дейности или нарушения. Тя представя графично отношението на степента на попадение и относителната стойност на фалшиви сигнали при различни прагови стойности. Колкото графиката е по-близо до горния ляв ъгъл, с попадение 100% и 0% относителна стойност на фалшиви сигнали, толкова по-добра е разпознавателната способност на СОН. Следователно, ROC кривата показва цялостно ефективността на класификационните способности на даден тест.



Фиг. 1. ROC крива за процесите named, inetd, ps, login и synthetic sendmail

За СОН с перфектна класификационна способност графиката на ROC крива преминава през горния ляв ъгъл. На Фигура 1 са представени графиките на ROC криви за процесите named, inetd, ps, login и synthetic sendmail, когато предложената методология прилага разстоянието на Кулбек-Лайблер. Тази СОН постига 89% HR при 20% FAR за процеса named, 90 HR% при 36% FAR за процеса inetd, 93% HR при 20% FAR за процеса ps, 87% HR при 20% FAR за процеса login и 87% HR при 20% FAR за процеса synthetic sendmail. Тъй като площта под ROC кривите за процесите named и ps е от 0,9 до 1, този метод дава отлични резултати. Площта под ROC кривите за процесите inetd, login и synthetic sendmail е между 0,8 и 0,9, което означава, че този метод дава добри резултати при класификация.

3. Точност на системата.

Точност (Accuracy) е степента на съответствие на брой открити аномалии от метода при дадена непозната последователност с реалния брой аномалии в данните [2].

$$\text{Точност} = \frac{TP + TN}{\text{Брой на входящите редници}}$$

Колкото по-висока е стойността на точността, толкова тестът идентифицира нарушения и нормална активност с по-висока прецизност. Представеният метод за откриване на нарушения може да установи в определена непозната последователност нормално или аномално поведение с точност, чиито стойности за процесите inetd, login, named, synthetic sendmail и ps са представени в Таблица 2. Таблицата ясно показва, че нашият

подход показва голяма ефективност по отношение на точността, след като всички стойности са над 0,8447.

Процес	Точност (Accuracy)
inetd	0,9631
login	0,9546
named	0,8681
synthetic sendmail	0,8447
ps	0,9780

Табл. 2. Точност за процесите inetd, login, named, synthetic sendmail и ps

Като мярка за качеството на двоична класификация може да се използва корелационният коефициент на Матюс (Matthews correlation coefficient - MCC) [9]:

$$MCC = \frac{TP.TN - FP.FN}{\sqrt{(TP + FP)(TP + FN)(TN + FP)(TN + FN)}}.$$

MCC=1 представлява 100% точна прогноза, а MCC=-1 представлява възможно най-лошата прогноза.

Процес	MCC
inetd	0,8542
login	0,7810
named	0,6265
synthetic sendmail	0,8732
ps	0,6720

Табл. 3. MCC за процесите inetd, login, named, synthetic sendmail и ps

Получените стойности на MCC, представени в Таблица 3, за всички процеси, принадлежат на интервал (0,6265; 0,8732), което означава балансиран резултат, тъй като най-добрата стойност на коефициентът е 1. Тези резултати показват, че е на лице значима корелация между профилите, описващи поведението на системата и изследваните последователности на системна активност, когато се прилага методологията, основана на разстоянието на Кулбек-Лайблер.

Процент на грешките (Error rate) се изчислява със следната формула:

$$\text{Процент на грешките} = \frac{\text{Общ брой на наблюденията}}{\text{Общ брой нарушения}}$$

където *Общ брой нарушения* е броят на откритите нарушения от предложения метод. Стойностите на тази величина за изследваните процеси са представени в таблица 4. Те дават информация за честотата на срещане на нарушения в експерименталните данни от предложения метод.

Процес	Процент на грешките
--------	------------------------

	(Error rate)
inetd	114,25
login	93,98
named	49,77
synthetic sendmail	18,21
ps	67,30

Таблица 4. Процент на грешки за процесите inetd, login, named, synthetic sendmail и ps

IV. Заключение

Системи за откриване на нарушения се въвеждат за първи път в началото на 90-те. До този момент научните изследвания в тази област се фокусират върху възможността за откриване на нови атаки и свеждане до минимум на фалшивите аларми. Оценката на ефективността на СОН не е активна тема до 1998, когато MIT Lincoln Laboratories дава една такава оценка [7, 8].

За да се направи такава оценка, най-често се използва *ROC крива*. Основният проблем на този метод е, че при него не се отчита „цената” на погрешно класифицирани наблюдения (*misclassification*). Обикновено „цената” на *FN* е много по-висока от „цената” на *FP*, което предполага намирането на други подходи за оценка на ефективността на СОН. От друга страна прекалено големият брой *FP* понижава доверието в системата, което значи, че този вид грешки също трябва да бъдат сведени до минимум. Други оценки на ефективността са *Точност* (*Accuracy*), *Процент на грешките* (*Error rate*), а като мярка за качеството на двоична класификация най-често се използва *MCC*. Използвайки ги, получените резултати при оценяване на предложената методология, основана на разстоянието на Кулбек-Лайблер, ни водят до извода, че при работата на тази СОН се получават надеждни и стабилни резултати.

Тъй като основното предимство на СОН, базирани на аномалии, е потенциалът им за откриване на нови или непознати атаки, то би било полезно да се оцени възможността им за откриване както на известни, така и на нови атаки.

References

- [1] Abraham, A., J. Thomas, *Distributed Intrusion Detection Systems: A Computational Intelligence Approach*, Applications of Information Systems to Homeland Security and Defense, Idea Group Inc. Publishers, USA, Chapter 5, pp. 105-135, 2005.
- [2] Baldi P., Brunak S., Chauvin Y., Andersen C.A., Nielsen H., *Assessing the accuracy of prediction algorithms for classification: An overview*, Bioinformatics, Vol. 16, pp. 412–424, 2000.
- [3] Ghosh A.K., A. Schwartzbard, M. Schatz, *Learning Program Behavior Profiles for Intrusion Detection*, Proceedings of the 1st Workshop on Intrusion Detection and Network Monitoring, pp. 51–62, 1999.
- [4] Ferri C., N. Lachinche, S. A. Macskassy, A. Rakotomamonjy, eds., *Second Workshop on ROC Analysis in ML*, 2005.
- [5] Forrest S., S.A. Hofmeyr, A. Somayaji, T.A. Longtaff, *A Sense of Self for Unix Processes*, Proceedings of the 1996 IEEE Symposium on Security and Privacy, IEEE Computer Society Press, Los Alamitos, CA, pp.120-128, 1996.
- [6] Han, Te Sun & Kobayashi, Kingo, *Mathematics of Information and Coding*, American Mathematical Society. pp. 19–20, 2002.
- [7] Lippmann R., D. Fried, I. Graf, J. Haines, K. Kendall, D. McClung, D. Weber, S. Webster, D. Wyschogrod, R. Cunningham, M. Zissman, *Evaluating intrusion detection systems: The*

1998 DARPA off-line intrusion detection evaluation, In Proceedings of the DARPA Information Survivability Conference and Exposition, Los Alamitos, California, USA, 2000. IEEE Computer Society Press.

[8] R. Lippmann, J. W. Haines, D. J. Fried, J. Korba, K. Das, *The 1999 darpa off-line intrusion detection evaluation*, Computer Networks, 34(4):579–595, 2000

[9] Matthews B.W., *Comparison of the predicted and observed secondary structure of T4 phage lysozyme*, Biochim. Biophys. Acta 1975, 405, 442-451.

[10] Nikolova E., V. Jecheva, *Classification Tree and Kullback-Leibler Distance-based Anomaly Intrusion Detection Approach*, Knowledge - traditions, innovations, perspectives, Burgas Free University, 2013

[11] Qiao Y., X.W. Xin, Y. Bin, S. Ge, *Anomaly intrusion detection method based on HMM*, IEEE Electronic Letters Online No: 20020467, 2002.

[12] Tran T.P., T. Jan, A. J. Simmonds, *A Multi-Expert Classification Framework for Network Misuse Detection*, Proceeding of Artificial Intelligence and Soft Computing, ISBN 0-88986-610-4, 2006.

[13] University of New Mexico's Computer Immune Systems Project, <http://www.cs.unm.edu/~immsec/systemcalls.htm>.