

Поузданост компоненте
Експоненцијална расподела

Поузданост

- „Поузданост је карактеристика производа изражена вероватноћом да ће вршити тражени функцију под одређеним радним условима и током одређеног периода времена.“

IEEE (*Institute of Electrical and Electronics Engineers*)

Поузданост компоненте

- Интензитет отказа λ [1/временска јединица].
- За временску јединицу се најчешће узима сат, 10^6 сати или 10^9 сати.
- Може се изражавати и у другим јединицама.
 - На пример: број отказа на 100000 пређених километара аутомобила или број отказа на милион циклуса лифта.

Примери података о интензитету отказа компоненти

Компонента	Број отказа на милон сати (10^6 сати \approx 41667 дана \approx 114 година)
Звоно аларма	2-10
Алтернатор	1-9
Антена	1-5
Батерија (Lead-Acid)	0,5-3
Батерија (Ni-Cd)	0,2-3
Читач картица	150-4000
Детектор гаса	3-8
Детектор дима	2-6
Детектор нивоа температуре	0,2-8
Дизел мотор	300-6000
Вентилатор	2-50
Класична сијалица (vlakно)	0,05-10
Неонска сијалица	0,1-1
Отпорник	0,001-0,006

А ипак отказују.

MTTF и MTBF

- Функција расподеле времена до отказа компоненте - експоненцијална расподела.
- $1/\lambda$ представља:
 - средње време до отказа компоненте MTTF (*Mean Time To Failure*) за неоправљиве компоненте,
 - средње време између отказа MTBF (*Mean Time Between Failure*) за оправљиве компоненте.
- MTTF и MTBF се најчешће означавају са T_{sr} или θ .

$$T_{sr} = \frac{1}{\lambda}$$

$$\lambda = \frac{1}{T_{sr}}$$

MTTF и MTBF

- Уобичајена јединица мере за MTBF и MTTF је сат, 10^6 сати или година.
- Приближне вредности MTBF за поједине производе:

Производ	MTBF (сати)
Машина за веш	10000
Рачунар	16000
Телевизор	20000
Фрижидер	30000
Лифт	44000

Одређивање λ , МТВФ и МТТФ на основу података о отказима

- Довољно израчунати λ или T_{sr} (МТВФ или МТТФ).
- Природа података о отказима.

Пример 1: Улицом, у којој је вулканизерска радња, у току радног времена радње (од 8 до 20 часова) прође 4000 аутомобила. Од тога 1,5% аутомобила долази у радњу. Одредити интензитет долазака аутомобила на поправку и средње време између доласка аутомобила у сатима.

$$\lambda = 4000 \cdot 0,015 = 60 \text{ аутомобила/дан}$$

$$\lambda = 60/12 \text{ аутомобила/сат}$$

$$\lambda = 5 \text{ аутомобила/сат}$$

$$T_{sr} = 1/\lambda = 1/5 \text{ сати} = 12 \text{ минута.}$$

- MTBF се може одредити праћењем самог система.
- t - укупно време рада компоненте
- r - број отказа у посматраном периоду

$$\text{MTBF} = t / r$$

Пример 2: Ако систем откаже 5 пута у току периода од 1000 сати, одредити MTBF и интензитет отказа.

$$\text{MTBF} = 200 \text{ сати (1000/5)}$$

$$\lambda = 1/200 \text{ отказа/сат} = 0,005 \text{ отказа/сат}$$

- МТТФ за неоправљиве системе
- испитивање великог броја система (делова, производа, предмета) на специфичан начин (коришћењем одређених електричних, механичких, температурних итд. услова) у току одређеног времена.
- t - укупно време у коме се посматра n компоненти
- r - укупан број компоненти које су отказале у посматраном периоду

$$\text{MTTF} = n \cdot t / r$$

Пример 3

20 идентичних неоправљивих електронских делова је тестирано да би се утврдила вредност МТТФ. Тестирање је почело нултог тренутка а завршено је после 150 сати када је отказао 10. део. Колика је вредност МТТФ и колики је интензитет отказа посматраног електронског дела?

$n=20$ делова, $t=150$ сати, $r=10$ делова

$MTTF = 20 \cdot 150 / 10 = 300$ сати,

$\lambda = 1 \text{ отказ} / 300 \text{ сати} = 0,0033$ отказа на сат

Пример 4

Одредити МТВФ у сатима за навигациони систем сателита који има интензитет отказа 0,025 на 1000 сати рада.

$$\lambda = 0,025 \text{ отказа/1000 сати}$$

$$\lambda = 25 \cdot 10^{-6} \text{ отказа/сат}$$

$$\text{МТВФ} = 1/25 \cdot 10^{-6} = 40000 \text{ сати.}$$

Пример 5

Мобилни телефон има МТВФ од 12500 сати. Одредити његов интензитет отказа изражен на 1000 сати рада.

$$\text{МТВФ} = 12500 \text{ сати} = 12,5 \cdot 1000 \text{ сати}$$

$$\lambda = 1/12,5 \cdot 1000 \text{ отказа/сат} = 0,008 \text{ отказа/1000 сати}$$

Како то изгледа у пракси?

- Службе одржавања.
- Подаци о отказима и временима оправке.
- Укупно време = време рада + време нерада (оправке)
($t = up\ time + down\ time$)

MTBF= време рада/број отказа

Пример

У периоду од 25. октобра 2013. до 24. октобра 2014. године, праћен је рад трафостанице. Утврђено је да је у том периоду 6 пута дошло до квара:

Утврђен квар	Отклоњен квар
27. новембра у 11 часова	27. новембра у 20 часова
12. јануара у 03 часа	14. јануара у 14 часова
2. марта у 21 час	3. марта у 05 часова
17. маја у 14 часова	17. маја у 18 часова
28. јула у 09 часова	3. августа у 05 часова
01. септембра у 24 часа	3. септембра у 01 час

Одредити укупно време рада (*up-time*), МТБФ и интензитет отказа трафостанице.

Утврђен квар	Отклоњен квар
27. новембра у 11 часова	27. новембра у 20 часова
12. јануара у 03 часа	14. јануара у 14 часова
2. марта у 21 час	3. марта у 05 часова
17. маја у 14 часова	17. маја у 18 часова
28. јула у 09 часова	3. августа у 05 часова
01. септембра у 24 часа	3. септембра у 01 час

од 25.10. 00 h до 27.11. 11h	од 27.11. 11h до 27.11. 20h	од 27.11. 20h до 12.01. 03h	од 12.01. 03h до 14.01. 14h	од 14.01. 14h до 02.03. 21h	од 02.03. 21h до 03.03. 05h	од 03.03. 05h до 17.05. 14h	од 17.05. 14h до 17.05. 18h	од 17.05. 18h до 28.07. 09h	од 28.07. 09h до 03.08. 05h	од 03.08. 05h до 01.09. 24h	од 01.09. 24h до 03.09. 01h	од 03.09. 01h до 24.10. 24h
803	9	1087	59	1135	8	1809	4	1719	140	715	25	1247

Up-time = 8515, Down-time = 245

MTBF= Време рада/број отказа= 8515 /6=1419,167 сати

$$\lambda = \frac{1}{\text{MTBF}} = 0,0007 \frac{\text{отказа}}{\text{сат}}$$

Енергопроект

Energoprojekt Visokogradnja	Servisni karton	Datum:
		Oznaka zapisa:
		Oznaka registra:
		VG-QF.09.28

MAŠINA/VOZILO: ROVOKOPAČ

TIP: JCB LCX

s/n 81341819

int.br. 03-15

VRSTE ULJA I KAPACITETI:		Litara
1.Karter – motorno ulje	SAE 15W40	
2.Transmisija-menjač		
3.Diferencijal		

FILTERI	Primarni	Sekundarni
1.F. vazduha	JC-32/925682	JC-32/925683
2.F. mot. ulja	JC-320/04133A	
3. F. goriva	JC-32/925694	JC-320/07155

Datum/ km/ vp		Opis radova i primedba
29.07.09.	1 dan	Izvršen servis (TERRA), zamena ulja I filtera, ulja motora, zamena filtera goriva, hidraulike, transmisije I vazduha. Podmazivanje.
09.04.10.	2 dana	Izvršen servis (TERRA).
17.03.11.	1 dan	Izvršn komplet servis – zamena svih ulja I filtera.
10.06.11.	4 dana	Ugradnja novih zuba na kašiki (9 kom).
09.11.11.	1 dan	Komplet servis – zamena svih filtera I motornog ulja.
04.04.12.	1 dan	Zamena motornog ulja I svih vrsta filtera sa podmazivanjem.
14.07.12.	1 dan	Zamena motornog ulja I svih vrsta filtera sa podmazivanjem.
16.10.12.	1 dan	Servis (R.T.B. BOR)
27.02.13.	1 dan	Servis (R.T.B. BOR)
23.10.13.	1 dan	Servis (R.T.B. BOR)

Вода врњци

Naručilac: Proizvodnja		Broj zahteva 145		Datum 28.07.2012.	
Naziv sredstva: Mašina za etiketiranje		Ident broj: 3.6		OZ-zapisnik br.	
Opis posla Mašina lepi ukoso etikete.					
R.Br.	Naziv dela	Kataloški broj	Kol.	Trebovanje	
1.					
2.					
3.					
Opis izvršene popravke Defektaža kvara. Štelovanje magacina etiketa i hvatača etiketa. Puštanje u rad i provera ispravnosti.					
Napomena					
Podaci o radu		Početak	Završetak	Ef. sati	
Janko Marković		28.07.2012. 10:15h	28.07.2012. 10:35h	20 min	
Funkcionalni prijem		Datum	Potpis		
Marko Janković		28.07.2012.	Marko Marković		

Водопривредно предузеће “Ђуприја” А.Д.

- 17 багера различитих запремина кашике и kw
- више од 10 булдожера, грејдера и утоваривача
- више од 10 машина за стабилизацију тла (ваљци и сл.)
- 6 машина за рад у стени (агрегати, компресори итд.)
- 16 транспортних средстава (камиони, пумпе, цистерне итд.)
- више од 10 осталих машина (пумпе, бруснице, машине за сечење асфалта итд.)

Водопривредно предузеће “Ђуприја” А.Д.

•Buldozer CATD6M

Tehnički podaci:

- namena: radna mašina za razastiranje materijala
- godina proizvodnje (2004 god.)
- sopstvena težina: 15t
- snaga motora: 127kW

1.Elektropokretač motora (anlaser)

- Neispravnost: Nemogućnost startovanja motora
- Početak popravke 26.01.2013g 8:00h
- Ulazak u radionicu, demontaža zaštitnih limova radi pristupa elektropokretaču, isključenje sklopke i kablova na akumulatorima. Demontaža elektroinstalacije sa anlasea i izgradnja istog sa mašine. Demontaža anlasea, čišćenje statora, rotora, obrada rotora, zamena ležajeva, četkica, kolektora...delovi koji su naručeni od proizvođača.
- Po pristizanju potrebnih delova izvršeno je sklapanje anlasea, ugradnja na mašinu, pričvršćivanje zavrtnjima, priključivanje elektroinstalacije na anlaseru, povezivanje akumulatora, uključivanje sklopke i startovanje motora. Nakon uspešnog startovanja mašina je izašla iz popravke.
- Završetak popravke 05.02.2013.g u 10:15h



Телеком Србија

Godišnji izveštaj o smetnjama za 2010. Godinu, IJ Jagodina



Objekat u smetnji	Grupisanje objekata	Uzrok smetnje	Otklonjeno smetnji	Prosečno vreme trajanja otklonjenih smetnji
ADSL oprema kod korisnika	Oprema kod korisnika	Neadekvatna oprema	4	70.00
ADSL oprema kod korisnika	Oprema kod korisnika	Neispravna oprema	58	65.00
ADSL oprema kod korisnika	Oprema kod korisnika	Neispravno povezivanje	23	97.00
ADSL oprema kod korisnika	Oprema kod korisnika	Nepravilna konfiguracija	9	68.00
ADSL oprema kod korisnika	Oprema kod korisnika	Ostalo	81	99.00
ATC	Komutaciona oprema	Dotrajalost opreme	280	110.00
ATC	Komutaciona oprema	Ispad napajanja	33	64.00
ATC	Komutaciona oprema	Kvalitet opreme	70	154.00
ATC	Komutaciona oprema	Nepoznat	162	60.00
ATC	Komutaciona oprema	Nestručno održavanje	1	100.00
ATC	Komutaciona oprema	Vremenske nepravilike	54	137.00
Bazna stanica	Bežična mreža	Nestanak mrežnog napajanja	31	59.00
Bazna stanica	Bežična mreža	Nestručno rukovanje	1	28.00
Bazna stanica	Bežična mreža	Prekid kabla	8	16.00
Bazna stanica	Bežična mreža	Vremenske nepravilike	2	88.00
Dv.kutija	Kablovska mreža	Dotrajalost opreme	472	81.00
Dv.kutija	Kablovska mreža	Kvalitet opreme	2	40.00
Dv.kutija	Kablovska mreža	Nepoznat	8	58.00
Dv.kutija	Kablovska mreža	Nestručno održavanje	3	20.00
Dv.kutija	Kablovska mreža	Treće lice	63	57.00
Dv.kutija	Kablovska mreža	Vremenske nepravilike	78	82.00
FM	Kablovska mreža	Dotrajalost opreme	1	148.00
FM	Kablovska mreža	Nepoznat	1	124.00
Glavni razdelnik	Kablovska mreža	Dotrajalost opreme	65	88.00
Glavni razdelnik	Kablovska mreža	Kvalitet opreme	35	44.00
Glavni razdelnik	Kablovska mreža	Nekvalitetna izgradnja	4	142.00
Glavni razdelnik	Kablovska mreža	Nepoznat	4	64.00
Glavni razdelnik	Kablovska mreža	Rekonstrukcija pristupne mreže	6	72.00
Glavni razdelnik	Kablovska mreža	Vremenske nepravilike	2	148.00
Govornica	Grupna smetnja na opremi Telekoma	Dotrajalost opreme	6	100.00
Govornica	Grupna smetnja na opremi Telekoma	Ostalo	91	110.00
Govornica	Grupna smetnja na opremi Telekoma	Treće lice	1	76.00
Izvod spoljni	Kablovska mreža	Dotrajalost opreme	3321	74.00
Izvod spoljni	Kablovska mreža	Kvalitet opreme	11	61.00
Izvod spoljni	Kablovska mreža	Nekvalitetna izgradnja	36	29.00
Izvod spoljni	Kablovska mreža	Nepoznat	153	60.00



ЕЛЕКТРОПРИВРЕДА СРБИЈЕ



ЕЛЕКТРОСРБИЈА
ПРИВРЕДНО ДРУШТВО ЗА ДИСТРИБУЦИЈУ ЕЛЕКТРИЧНЕ ЕНЕРГИЈЕ

ЕЛЕКТРОСРБИЈА д.о.о., Краљево
Привредно друштво за
дистрибуцију електричне енергије
Димитрија Твцовића 5 | 36000

Тел. 036 304 398, 036 304 399
Факс 036 321 429
office@elektrosrbija.rs
www.elektrosrbija.rs

ИЗВЕШТАЈ О ЗНАЧАЈНИМ ПРЕКИДИМА У ПЕРИОДУ I – IX 2014. ГОДИНЕ

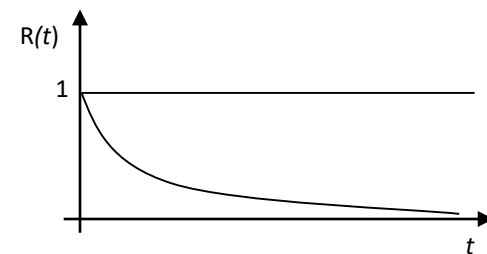
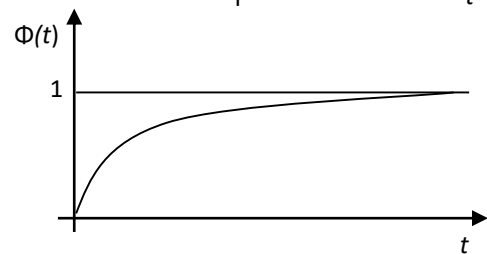
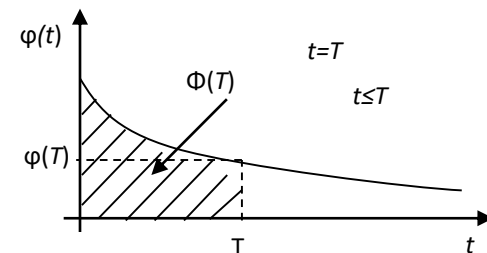
Табела бр.9.

Р.бр.	Датум	Назив ЕЕО	Почетак прекида	Крај прекида	Време трајања прекида	Инсталисана снага (MW)	Број потрошача без напајања	Опис квара	Узрок прекида
1	02.01.2014	ТС 35/10kV Горњи Милановац 4 - Парк 10kV извод Ивице	02:54	18:03	15h 9min	1.26	155	земљоспој	Пробој кабловског вода
2	03.01.2014	ТС 110/35kV Горњи Милановац 35kV вод Г.Милановац 1 10kV - Г.Милановац 4 Парк	12:05	12:41	0h 36min	20.41	4971	планирано	Испитивање кабловског вода
3	04.01.2014	ТС 35/10kV Пожега 2 35kV Извод Пожега 2 - Јелен до	10:20	11:05	0h 45min	9.04	875	земљоспој	Пропања испад ДВ
4	04.01.2014	ТС 110/35kV Горњи Милановац 35kV вод Г.Милановац 1 10kV - Г.Милановац 4 Парк	11:00	12:15	1h 15min	20.41	4971	планирано	Испитивање кабловског вода
5	04.01.2014	ТС 35/10kV Рудник	14:30	15:17	0h 47min	5.67	954	манипулација (квар)	Квар у ТС ВН блок
6	04.01.2014	ТС 35/10kV Ваљево 9 10kV извод ДВ Лесковице (7)	23:26	05.01.2014 08:13	8h 47min	1.71	1180	прекоструја	Додатно климатско оптерећење олујни ветар
7	05.01.2014	ТС 35/10kV Ваљево 9 10kV вод ЛР Д.Лесковице - Г.Лесковице 1	08:13	16:16	8h 3min	0.15	154	прекоструја	Додатно климатско оптерећење олујни ветар папа 2 ст.
8	05.01.2014	ТС 35/10kV Осеченица 10kV вод ЛР - ВП Крамар	11:00	16:01	5h 1min	0.25	1	земљоспој	Додатно климатско оптерећење олујни ветар пало дрво на два пука изол.,прек
9	05.01.2014	РП 10kV Милешева 10kV извод РП Милешева - Аљиновић ТС Качево	12:00	16:40	4h 40min	0.98	614	земљоспој	Квар на ДВ
10	05.01.2014	РП 10kV Милешева 10kV извод РП Милешева - Аљиновић ТС Качево	16:40	06.01.2014 10:55	18h 15min	0.93	572	земљоспој	Квар на ДВ
11	05.01.2014	ТС 35/6 кВ Зеоске 1 6 кВ извод Стрмово	17:30	21:45	4h 15min	0.25	119	земљоспој	Квар на туђем објекту
12	07.01.2014	ТС 35/10kV ИКГ ТС 10/0.4kV Пећина	13:30	08.01.2014 11:20	21h 50min	0.05	80	манипулација (квар)	Изгорео ТР10/0.4kV
13	09.01.2014	ТС 110/ 10kV Крушевац 4 - 14.Октобар 10kV вод ЛР Залоговац 2 - Парцане (Муса)	01:15	07:55	6h 40min	2.27	765	земљоспој	Квар на ДВ
14	10.01.2014	ТС 35/10kV Буковица 10kV вод Колонија - Грабовица 1	09:00	15:25	6h 25min	0.40	277	планирано	Радови на ДВ. Замена дрвеног стуба угасним бетонским.
15	10.01.2014	ТС 35/10kV Степојевац 10kV вод Лесковац	09:10	15:35	6h 25min	3.24	988	планирано	Радови на ДВ кабловска глава и ополница
16	10.01.2014	ТС 35/10kV Брвеник 35kV извод Брвеник - Јошаничка Бања	10:00	11:18	1h 18min	2.67	1426	планирано	Радови у ТС35/10kV Брвеник.Отклањање недостатака по термовизијском прегледу
17	10.01.2014	ТС 110/35kV Рашка 35kV извод Рашка - Рашка 2, Рудница	11:00	12:55	1h 55min	17.17	3157	планирано	Радови у ТС35/10kV Рудница и ТС35/10kV Лесак.Отклањање недостатака по термовизијском прегледу.
18	11.01.2014	ТС 35/10kV Шабац 3 (Думача) 10kV извод ДВ Мишар	09:01	15:04	6h 3min	5.77	1430	планирано	Плански рад трећих лица
19	11.01.2014	ТС 35/10kV Лазаревац 1 35kV вод Лазаревац 1 - Вреоци	11:12	12:16	1h 4min	3.26	1212	земљоспој	Пробој изолатора проводног на 35kV. Страни у ТС 35/06kV вреоци
20	12.01.2014	ТС 35/10kV Шабац 3 (Думача) 10kV извод ДВ Мишар	09:01	15:19	6h 18min	5.77	1430	планирано	Плански рад трећих лица
21	12.01.2014	ТС 110/ 10kV Крушевац 4 - 14.Октобар Трансформатор 110/ 10kV број 1	13:30	13:40	0h 10min	53.66	10088	земљоспој	Испад енергетског трансформатора
22	12.01.2014	ТС 110/ 10kV Крушевац 4 - 14.Октобар Трансформатор 110/ 10kV број 1	13:43	13:46	0h 3min	53.66	10088	земљоспој	Испад енергетског трансформатора
23	13.01.2014	ТС 35/10kV Југ ТС 10/0.4kV Осоје 3	17:15	15.01.2014 14:45	45h 30min	0.25	6	земљоспој	Квар на ДВ
24	14.01.2014	ТС 35/10kV Параћин 1 ТС 10/0.4kV Стрижа 2	09:00	13:00	4h 0min	0.25	174	планирано	Радови у ТС, реконструкција НН извода

Експоненцијална расподела

Основне аналитичке функције у инжењерингу поузданости

функција густине расподеле – описује вероватноћу да ће се отказ десити у тренутку t	$\varphi(t)$
функција расподеле – вероватноћа да ће се отказ десити у интервалу $(0, t]$	$\Phi(t)$
интензитет отказа – број отказа у јединици времена	$\lambda(t)$
поузданост – вероватноћа безотказног рада у интервалу $(0, t]$	$R(t) = 1 - \Phi(t)$



Експоненцијална расподела

$F(t)$ - вероватноћа да ће компонента отказати у интервалу од 0 до t :

$$F(t) = 1 - e^{-\lambda t}.$$

Поузданост компоненте: $r(t) = e^{-\lambda t}$.

$$T_{sr} = \frac{1}{\lambda} \quad \Rightarrow F(t) = 1 - e^{-t/Tsr}$$

$$r(t) = e^{-t/Tsr}$$

Пример 6

Рачунар отказује једном на сваких 17 дана рада. Колика је вероватноћа да ће рачунар успети да изврши задатак за који је потребно 5 сати непрекидног рада?

$$r(5) = ?$$

$$\text{MTBF} = 17 \text{ дана} = 408 \text{ сати}$$

$$\lambda = 1/408 = 0,0024 \text{ отказа/сат}$$

$$r(5) = e^{-0,0024 \cdot 5} = 0,99$$

$$r(t) = e^{-\lambda t}$$

Пример 7

Произвођач лаких авиона захтева да његови авиони имају поузданост најмање 90% после 10000 сати рада. Одредити минимално прихватљиви МТВФ који обезбеђује тражену поузданост.

$$r(10000) \geq 0,9$$

$$r(t) = e^{-\lambda t}$$

$$r(t) = e^{-\lambda t} \Rightarrow 0,9 = e^{-\lambda \cdot 10000}$$

$$\ln(0,9) = -\lambda \cdot 10000$$

$$\lambda = -\ln(0,9)/10000 = 1,0536 \cdot 10^{-5} \text{ отказа на сат}$$

$$T_{sr} = 1/\lambda = 94912 \text{ сати}$$

МТВФ треба да буде најмање 94912 сати.

Особине експоненцијалне расподеле

- Одсуство памћења

$$P\{T \leq \tau + t \mid T > \tau\} = P\{T \leq t\}$$

- Вероватноће догађаја на малом временском интервалу

$$P\{T \leq t + \Delta t \mid T > t\} \approx \lambda \cdot \Delta t$$

Пример 8

Студент намерава да са интернета пренесе на свој рачунар два фајла. За пренос првог фајла је потребно у просеку 5 минута а другог 7 минута. Телефонска линија преко које је повезан на интернет, отказује случајно по експоненцијалном закону са средњим временом између два прекида од 60 минута.

- а) Колика је вероватноћа да ће студент пре прекида линије пренети оба фајла?
- б) Колика је вероватноћа да ће студент пре прекида линије пренети први фајл ако почне са преносом у 8 сати а колика ако почне у 12 сати и 15 минута?
- в) Колика је вероватноћа да ће студент, ако је пренео први фајл, пре прекида линије пренети и други фајл?
- г) Одредити тражене вероватноће коришћењем особине у вези вероватноће догађаја на малом временском интервалу.

$MTBF=60$ минута $\Rightarrow \lambda=1/60$ отказа у минути

а) $r(12) = ?$ $r(12) = e^{-12/60} = 0,8187$

б) $r(5) = ?$ $r(5) = e^{-5/60} = 0,92$

в) $r(7) = ?$ $r(7) = e^{-7/60} = 0,8899$

г) $r(12) = 1 - 12/60 = 0,8$; $r(5) = 1 - 5/60 = 0,9167$; $r(7) = 1 - 7/60 = 0,8833$

Однос експоненцијалне и Пуасонове расподеле

$$P_n(t) = \frac{(\lambda t)^n}{n!} e^{-\lambda t}$$

Пример 9: За одржавање конференције резервисан је пројектор који треба да се користи 500 сати. Најосетљивији део на пројектору је сијалица чији је интензитет отказа 0,001 отказ на сат. Организатори конференције су набавили две резервне сијалице. Колика је вероватноћа да ће пројектор моћи да се користи у току целе конференције?

$\lambda = 0,001$ сијалица на сат

$t = 500$ сати

$\lambda t = 0.5$

Потребно је одредити:

$$P = P_0(500) + P_1(500) + P_2(500)$$

$$P = \frac{(0,5)^0}{0!} e^{-0,5} + \frac{(0,5)^1}{1!} e^{-0,5} + \frac{(0,5)^2}{2!} e^{-0,5} = 0,986$$

Слагање више експоненцијалних расподела

T_1, T_2, \dots, T_m - независне експоненцијално расподељене случајне величине са параметрима $\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_m$.

U - случајна променљива $U = \min\{T_1, T_2, \dots, T_m\}$

T_i - време до отказа компоненте i ,

U - време које прође док се не деси први од m отказа (серијски везане компоненте).

Слагање више експоненцијалних расподела

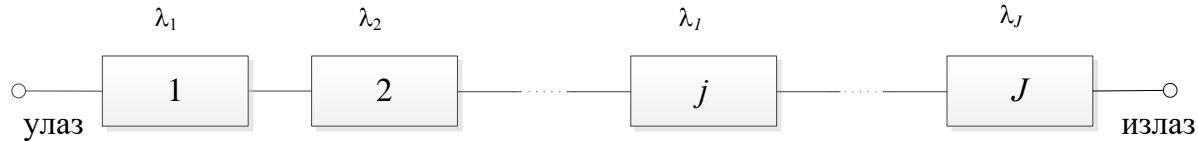
• За било које $t \geq 0$, важи да је поузданост (вероватноћа да ће серијски повезан систем радити без отказа до тренутка t):

$$\begin{aligned}r_u &= P\{U > t\} = P\{T_1 > t, T_2 > t, \dots, T_m > t\} \\ &= P\{T_1 > t\} \cdot P\{T_2 > t\} \cdot \dots \cdot P\{T_m > t\} \\ &= e^{-\lambda_1 t} \cdot e^{-\lambda_2 t} \cdot \dots \cdot e^{-\lambda_m t} \left(= e^{-\sum_{i=1}^m \lambda_i t} \right) \\ &= r_1 \cdot r_2 \cdot \dots \cdot r_m\end{aligned}$$

$r_u = e^{-\sum_{i=1}^m \lambda_i t} \Rightarrow U$ такође експоненцијално распоређена случајна променљива са параметром

$$\lambda = \sum_{i=1}^m \lambda_i$$

- Дакле, уколико постоји систем са серијски везаним компонентама од којих свака има другачији интензитет отказа:



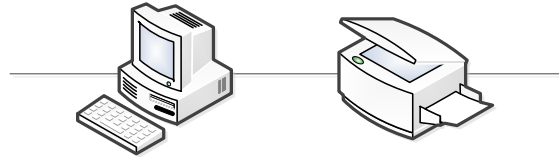
интензитет отказа целог система биће: $\lambda = \sum_{j=1}^J \lambda_j$

На основу односа λ и T_{sr} (МТВФ или МТТФ) $\lambda = \frac{1}{T_{sr}}$

$$\lambda = \sum_{j=1}^J \lambda_j \Rightarrow \frac{1}{T_{sr}} = \sum_{j=1}^J \frac{1}{T_{srj}} \Rightarrow T_{sr} = \frac{1}{\sum_{j=1}^J \frac{1}{T_{srj}}}$$

Пример 10

Рачунар и штампач су повезани серијски. Ако рачунар отказује у просеку на 150 дана а штампач у просеку на 120 дана, одредити интензитет отказа система рачунар-штампач и одредити на колико сати у просеку овај систем отказује.



T_{sr1} – МТБФ рачунара, T_{sr2} – МТБФ штампача, T_{sr} – МТБФ система

λ_1 – инт. отк. рачунара, λ_2 – инт. отк. штампача, λ – инт. отк. система

$T_{sr1} = 150$ дана = 3600 сати $\Rightarrow \lambda_1 = 1/3600$ отказа/сат = 0,000278 отказа/сат

$T_{sr2} = 120$ дана = 2880 сати $\Rightarrow \lambda_2 = 1/2880$ отказа/сат = 0,000347 отказа/сат

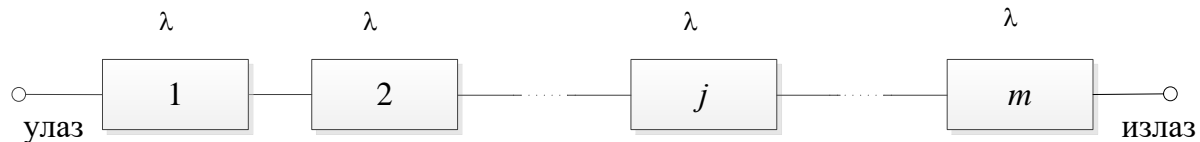
$\lambda = \lambda_1 + \lambda_2 = 0,000625$ отказа/сат

$$T_{sr} = \frac{1}{\lambda} = \frac{1}{0,000625} = 1600 \text{ сати}$$

$$T_{sr} = \frac{1}{\frac{1}{T_{sr1}} + \frac{1}{T_{sr2}}} = \frac{1}{0,000278 + 0,000347} = \frac{1}{0,000625} = 1600 \text{ сати}$$

Ако свих m серијски повезаних компоненти система имају исти интензитет отказа λ , интензитет отказа система је

$$\lambda_s = \sum_{j=1}^m \lambda_j = m \cdot \lambda.$$



$$\lambda_s = m \cdot \lambda \Rightarrow \frac{1}{T_{srs}} = \frac{m}{T_{sr}} \Rightarrow T_{srs} = \frac{1}{\frac{m}{T_{sr}}}$$

Пример 11

- Ако и рачунар и штампач из претходног примера отказују у просеку на 150 дана, одредити интензитет отказа система рачунар-штампач и одредити на колико сати у просеку овај систем отказује.

T_{sr1} – средње време до отказа рачунара

T_{sr1} – средње време до отказа штампача

T_{sr} – средње време до отказа система

λ_1 – интензитет отказа рачунара

λ_1 – интензитет отказа штампача

λ – интензитет отказа система

$T_{sr1} = 150$ дана = 3600 сати $\Rightarrow \lambda_1 = 1/3600$ отказа/сат = 0,000278 отказа/сат

$\lambda = 2 \cdot \lambda_1 = 0,000556$ отказа/сат

$$T_{sr} = \frac{1}{\frac{2}{T_{sr1}}} = \frac{1}{\frac{2}{3600}} = \frac{1}{0,000556} = 1800 \text{ сати}$$

Пример 12

На основу тестова, утврђено је да уређај који се састоји од 1000 сличних компоненти, отказује након 100 сати. Ако би број компоненти био смањен на пола, колики би био нови интензитет отказа и средње време до отказа?

Стари систем:

$$T_{sr} = 100 \text{ сати}$$

$$m\lambda = 1/100 \text{ сати} \Rightarrow 1000\lambda = 1/100 \text{ сати} \Rightarrow \lambda = 1/100000 \text{ сати} - \text{инт. отказа једне комп.}$$

$$\text{Како је } T_{sr} = \frac{1}{\lambda} \Rightarrow T_{sr1} = 100000 \text{ сати} - \text{MTBF једне комп.}$$

Нови систем:

$$m = 500$$

$$m\lambda = 500 \cdot 1/100000 = 5/1000 = 1/200 \text{ отказа на сат} \Rightarrow T_{sr} = \frac{1}{m \cdot \lambda} = 200 \text{ сати}$$

$$\text{или } T_{srs} = \frac{1}{\frac{m}{T_{sr}}} = \frac{1}{\frac{500}{10000}} = \frac{1}{0,005} = 200 \text{ сати}$$

Пример 13

Две врсте машина, А и Б, сервисирају се у овлашћеној сеоској радионици. Утврђено је да су времена између два отказа машина случајне величине расподељене по експоненцијалном закону са математичким очекивањима од 45 дана за машину А и 150 дана за машину Б. У селу има 60 машина типа А и 120 машина типа Б. Откази машина су међусобно статистички независне величине.

- а) Одредити очекивани број захтева за сервисом у једном дану.
- б) Одредити временски размак између отказа (без обзира на врсту машине) у сатима.
- в) Ако сервис почиње са радом у 8 сати, одредити вероватноћу да ће се први захтев за сервисом појавити пре 12 часова.
- г) Одредити вероватноће да у једном дану неће бити захтева за сервисом, да ће бити тачно 1 и 2 захтева и да ће бити 3 и више захтева.

T_{sr1} – средње време до отказа једне машине А

T_{sr2} – средње време до отказа јдне машине Б

T_{sr} – средње време до отказа система

λ_1 – интензитет отказа једне машине А

λ_2 – интензитет отказа једне машине Б

λ – интензитет отказа система

m_1 – број машина А

m_2 – број машина Б

а) Одредити очекивани број захтева за сервисом у једном дану.

$T_{sr1} = 45$ дана, $T_{sr2} = 150$ дана

$\Rightarrow \lambda_1 = 1/45 = 0,0222$ отказа/дан; $\lambda_2 = 1/150 = 0,0067$ отказа/дан;

$\Rightarrow \lambda = m_1 \lambda_1 + m_2 \lambda_2 = 60 \lambda_1 + 120 \lambda_2 = 2,1333$ отказа/дан – очекивани број захтева у једном дану.

б) Одредити временски размак између отказа (без обзира на врсту машине) у сатима.

$\lambda = 2,1333$ отказа/дан = $2,1333/24$ отказа/сат = $0,08889$ отказа/сат

$T_{sr} = 1/\lambda = 1/0,0889 = 11,25$ сати.

в) Ако сервис почиње са радом у 8 сати, одредити вероватноћу да ће се први захтев за сервисом појавити пре 12 часова.

Вероватноћа да ће систем отказати (да ће се покварити бар једна машина) у временском интервалу краћем од 4 сата.

$$F(t) = 1 - e^{-\lambda t} = 1 - e^{-0,08889 \cdot 4} = 0,70079$$

г) Одредити вероватноће да у једном дану неће бити захтева за сервисом, да ће бити тачно 1 и 2 захтева и да ће бити 3 и више захтева.

$$P_0 = \frac{(1 \cdot 2,1333)^0}{0!} e^{-1 \cdot 2,1333} = 0,1184 \quad P_1 = \frac{(1 \cdot 2,1333)^1}{1!} e^{-1 \cdot 2,1333} = 0,2527$$

$$P_2 = \frac{(1 \cdot 2,1333)^2}{2!} e^{-1 \cdot 2,1333} = 0,2695$$

$$P_{m \geq 3} = 1 - (P_0 + P_1 + P_2) = 0,3594$$