

Розрахункова робота № 2

Розрахунок показників надійності.

Теоретичні відомості

Надійність – це властивість об'єкта зберігати у часі в установлених межах значення всіх параметрів, які характеризують здатність виконувати потрібні функції в заданих режимах та умовах застосування, технічного обслуговування, зберігання та транспортування.

Безвідмовність – властивість системи зберігати працездатність протягом заданого терміну (наробки) без проміжних відмов. Ремонтпридатність – властивість системи у пристосуванні до попереджень, виявленні та усуненні відмов.

Довготривалість – властивість системи зберігати працездатність протягом довгого терміну до настання граничного стану з необхідними перервами для технічного обслуговування та ремонту.

Працездатність – стан системи, при якому вона спроможна виконувати покладені на неї функції з заданою ефективністю.

Відмова – подія, що призводить до порушення працездатності. З відмовою тісно пов'язані відновлювальні елементи (вони відновлюють працездатність після заміни комплектуючих, ремонту, технічного обслуговування і т.д.) та невідновлювальні елементи (після їх відмови працездатність системи не може відновитись).

Збій – відмова, яка самоусувається, а система сама відновлює працездатність після відмови.

Часткова відмова – зниження ефективності виконання функцій (зниження продуктивності, збільшення витрат ресурсу і т.д.).

Для кількісної оцінки надійності виробів служать показники надійності. Найважливішими серед цих показників є ймовірність безвідмовної роботи або коефіцієнт надійності $P(t)$, тобто ймовірність того, що в заданому інтервалі часу і

(або в межах заданого напрацювання) відмова виробу не наступить. Цей параметр, як і будь-яка ймовірність, може приймати значення

$$0 \leq P(t) \leq 1$$

Якщо, наприклад, ймовірність безвідмовної роботи машини впродовж $t=1000$ годин становить $0,95$, то це означає, що з кожних 100 машин даної моделі в середньому 5 машин відмовлять раніше ніж через 1000 годин роботи. Коефіцієнтом надійності можна оцінити і безвідмовність однієї конкретної машини. В цьому випадку він визначатиме її шанси безвідмовно пропрацювати протягом заданого періоду часу.

Необхідно особливо підкреслити, що використання параметру $P(t)$, без уточнення періоду часу (напрацювання), впродовж якого розглядається надійність об'єкта, позбавлено сенсу.

При наявності статистичних даних про експлуатаційну поведінку достатньо великої кількості однотипних виробів наближене значення ймовірності їх безвідмовної роботи в інтервалі часу $(0...1)$ визначають як відношення кількості випадків безвідмовної роботи впродовж даного часового інтервалу до загальної кількості виробів

$$P^*(t) = \frac{[N_0 - n(t)]}{N_0}$$

де N_0 - загальна кількість виробів;

$n(t)$ - кількість виробів, що відмовили до настання моменту часу t . Із збільшенням кількості об'єктів спостереження наближене значення $P(t)$ ймовірності безвідмовної роботи прямує до істинного.

$$P(t) = \lim_{N \rightarrow \infty} \frac{N - n(t)}{N}$$

Коефіцієнт надійності виробів $P(t)$ безпосередньо пов'язаний з величиною ймовірності відмови, при цьому використовують той факт, що, з точки теорії ймовірності, відмова та безвідмовна робота є протилежними (несумісними) подіями і утворюють разом повну групу подій

$$P(t) + Q(t) = 1$$

Звідси

$$Q(t) = 1 - P(t)$$

Тоді наближене значення ймовірності відмови рівне:

$$Q^*(t) = 1 - \frac{N_0 - n(t)}{N_0} = \frac{n(t)}{N_0}$$

Оскільки настання відмови є випадковою подією, до неї можна застосувати таку характеристику, як густина ймовірності відмови, тобто ймовірність відмови протягом як завгодно малого часового інтервалу.

$$a(t) = \frac{\Delta n(t)}{N_0 \cdot \Delta t}$$

де $\Delta n(t)$ - кількість виробів, що відмовили протягом часового інтервалу Δt .

Отже, густина ймовірності відмови чисельно дорівнює елементарній ймовірності відмови, віднесеної до вихідної кількості виробів.

Інколи цей параметр, що відіграє надзвичайно важливу роль в теорії надійності, називають також диференціальною функцією розподілу або законом розподілу тривалості безвідмовної роботи.

Другим важливим показником безвідмовності невідновлюваних виробів є середнє напрацювання до відмови - тобто математичне сподівання тривалості або об'єму виконаної виробом роботи до настання його відмови.

В першому випадку (коли враховують тривалість роботи) напрацювання визначають в одиницях часу (хвилини, години, роки тощо.), а в другому (коли враховують об'єм виконаної роботи) - в одиницях роботи об'єкта (для верстата - кількість оброблених деталей, для транспортного засобу - вага чи об'єм перевезеного вантажу, довжина пробігу тощо).

При наявності статистичних даних про експлуатаційну поведінку достатньо великої кількості однотипних виробів (варіаційного ряду напрацювань до відмови) наближене значення середнього напрацювання до відмови визначають як оцінку

математичного сподівання даної випадкової величини. У випадку високонадійних виробів, показник ймовірності безвідмовної роботи стає малочутливим, оскільки

$$P(t) \rightarrow 1$$

В таких випадках використовують третій основний показник безвідмовності невідновлюваних виробів, а саме - інтенсивність відмов. Інтенсивність відмов дорівнює відношенню середньої кількості відмов, що припадає на одиницю напрацювання до кількості виробів, що зберегли працездатність.

$$\lambda^*(t) = \frac{\Delta n(t)}{[N_0 - n(t)] \cdot \Delta t}$$

де $\Delta n(t)$ - кількість виробів, що відмовили протягом інтервалу Δt
 $n(t)$ - кількість виробів, що відмовили до початку часового інтервалу Δt ,
 Δt - як завгодно малий часовий інтервал.

Завдання розрахункової роботи

Статистична вибірка з 100 пристроїв проходить випробування на відмови. У варіантах завдань представлені масиви моментів відмов. Досліджувані пристрої працюють до відмови. Ремонт не передбачений.

Розрахувати статистичні показники надійності елемента: T , $P(t)$, $Q(t)$, $a(t)$, $\lambda(t)$. Побудувати графіки часових залежностей показників.

№ варіанту	Період випробувань, годин	Моменти відмов, годин									
1	700	493	209	549	362	463	502	101	296	119	423
		419	375	514	275	473	399	434	378	563	433
		526	636	434	691	583	484	544	587	486	312
		352	279	422	201	542	185	603	544	381	622
		267	101	298	681	276	671	381	611	350	245
		344	176	181	679	167	664	464	612	552	251
		225	204	430	547	306	273	632	209	117	313
		132	284	315	331	265	492	302	547	403	553
		692	648	629	173	628	697	138	392	610	590
		543	135	695	274	582	301	447	515	411	464

№ варіанту	Період випробувань, годин	Моменти відмов, годин									
2	200	157	191	140	195	119	106	129	193	156	105
		192	148	193	104	136	193	110	184	178	192
		158	184	192	187	164	125	145	133	177	106
		138	134	198	179	130	117	185	160	111	142
		165	103	190	159	108	126	152	119	111	131
		112	170	115	104	158	180	129	104	113	107
		110	152	142	109	132	173	126	117	133	138
		160	199	141	150	158	150	176	111	169	187
		142	181	158	158	185	116	138	115	120	152
		122	131	104	164	140	137	137	167	154	171
3	200	114	171	147	165	130	197	141	141	167	129
		184	148	188	142	134	104	181	149	124	133
		172	156	138	137	196	175	175	164	130	147
		169	145	118	117	110	148	114	152	190	181
		182	174	130	170	117	164	175	198	114	199
		132	187	156	170	125	152	146	100	117	176
		147	186	122	166	104	132	114	118	185	104
		100	168	179	130	139	196	195	114	195	110
		113	127	197	170	197	122	122	144	123	139
		120	171	126	142	137	131	175	152	149	161
4	700	401	279	312	586	513	292	560	598	264	621
		682	429	607	502	416	144	640	680	285	279
		205	114	441	462	339	627	317	651	326	686
		390	628	266	603	515	679	195	375	578	360
		297	561	689	205	363	405	250	303	386	435
		483	491	449	225	254	689	153	471	640	380
		458	330	308	624	234	124	604	329	400	482
		589	598	343	578	103	607	284	254	211	571
		589	595	363	339	120	517	328	173	289	269
		454	647	500	662	572	634	687	476	264	387
5	400	126	192	301	366	194	255	158	271	310	394
		216	258	226	336	268	135	150	305	230	235
		182	204	135	164	140	102	158	328	184	301
		107	211	394	309	178	189	164	237	361	375
		231	177	233	358	114	102	393	164	308	223
		300	391	327	335	155	367	338	213	296	123
		115	303	235	110	212	313	199	277	151	160
		252	282	238	385	241	253	388	234	318	296
		358	218	287	286	154	343	254	393	157	150
		117	172	353	252	182	166	166	282	344	217
6	900	357	101	318	319	477	726	288	836	508	813
		725	823	514	422	168	364	833	150	516	166
		196	710	844	603	130	222	781	616	873	295
		464	330	296	683	550	674	509	739	610	117
		652	436	841	267	759	110	531	692	161	148
		759	257	758	703	760	789	826	642	506	799
		837	871	230	233	654	681	808	264	520	518
		282	273	855	224	441	714	234	873	507	295
		121	366	453	780	169	314	670	895	856	276
		795	794	247	126	127	802	707	835	167	328

№ варіанту	Період випробувань, годин	Моменти відмов, годин									
7	500	224	301	255	286	471	162	354	458	366	452
		469	499	228	409	134	336	294	132	314	383
		479	261	457	493	275	408	396	243	442	111
		420	166	312	176	353	283	238	207	242	105
		160	211	104	288	121	138	125	316	171	339
		199	150	101	156	144	276	465	441	420	407
		452	340	473	264	417	327	448	155	435	190
		161	495	301	165	284	322	204	309	139	275
		149	238	326	150	294	370	326	260	311	246
		167	263	487	140	428	404	368	376	460	303
8	1000	149	548	478	296	963	980	531	534	168	926
		645	479	535	758	918	243	368	378	719	699
		529	188	671	621	926	458	325	647	370	784
		572	419	332	951	616	296	932	147	730	100
		973	375	480	509	134	399	652	402	677	372
		102	207	460	674	729	387	132	955	935	402
		740	507	721	973	459	337	269	392	385	900
		392	359	276	773	768	310	172	420	613	750
		693	615	858	154	289	587	441	321	543	376
		623	283	784	345	256	244	583	425	536	868
9	600	267	170	156	241	202	293	445	423	425	519
		453	375	393	513	347	134	412	125	577	138
		235	484	307	108	189	256	455	466	162	307
		210	329	378	267	470	480	461	316	304	286
		235	158	562	528	571	310	562	383	335	539
		422	470	424	129	479	513	285	334	380	348
		542	491	577	320	158	448	201	520	164	405
		206	300	464	169	228	435	379	190	219	115
		130	541	486	454	571	365	368	256	100	149
		504	542	540	482	263	599	331	364	520	396
10	300	110	298	273	138	149	208	250	186	256	256
		198	232	211	140	221	118	247	283	118	267
		245	295	244	198	160	244	291	266	212	209
		294	222	208	268	261	258	176	211	144	133
		168	243	265	280	283	187	298	231	171	117
		199	116	112	143	215	173	287	207	140	199
		116	135	122	225	104	283	183	181	195	228
		214	264	171	179	244	155	266	243	286	137
		260	186	154	273	229	270	146	216	177	187
		115	194	222	137	120	226	121	203	107	216
11	300	221	180	204	101	125	259	268	269	246	106
		230	133	161	203	262	131	250	178	209	138
		194	103	260	232	123	187	253	227	195	170
		260	116	251	164	118	276	124	287	246	271
		293	176	104	154	280	267	186	231	146	296
		269	240	100	230	173	123	117	126	251	212
		197	212	229	148	276	248	124	101	235	271
		273	228	148	278	283	129	245	170	260	291
		166	230	232	166	161	105	190	179	132	142
		292	229	254	221	277	231	169	102	233	104

№ варіанту	Період випробувань, годин	Моменти відмов, годин																																																																																																											
12	900	526	634	188	439	569	305	221	851	149	187	317	673	716	583	118	738	145	435	868	314	404	585	132	891	495	657	370	504	390	390	399	817	124	488	357	593	694	478	544	743	566	762	516	383	445	535	222	491	871	190	706	375	675	739	366	270	496	637	675	787	127	174	705	152	563	162	646	357	541	290	201	207	153	618	490	499	254	612	890	225	702	697	501	478	536	768	649	133	505	424	821	533	499	626	585	162	688	331	420	329								
		13	600	363	310	397	187	555	146	284	375	140	362	252	514	113	489	287	530	332	308	284	535	259	555	284	588	358	323	455	502	523	599	266	287	310	563	375	265	110	559	541	151	321	194	565	335	583	252	266	316	461	450	251	120	405	435	108	163	159	464	566	583	463	233	271	174	197	546	340	207	505	282	259	227	376	224	463	360	377	129	576	238	480	227	259	285	563	267	349	123	131	316	107	495	450	278	569	547	224	309	155	130						
				14	900	443	353	369	643	134	785	288	181	747	510	790	152	765	287	894	232	686	131	283	233	143	115	793	428	866	709	628	402	798	677	229	341	131	499	885	166	384	273	248	232	683	138	285	548	325	279	681	112	311	864	245	354	880	138	683	846	747	412	349	645	189	479	887	221	878	872	287	363	246	435	496	830	473	681	479	699	861	260	711	272	225	856	527	205	894	311	152	742	623	402	487	712	781	475	834	760	448	221	224	594				
						15	700	490	418	123	327	103	572	298	223	430	427	317	397	148	396	393	306	436	275	698	662	566	558	574	248	508	469	509	600	562	280	342	353	599	366	580	602	238	178	125	569	506	343	267	554	640	561	160	376	136	159	339	603	617	213	151	426	582	560	326	445	141	569	698	640	235	579	542	374	657	568	243	463	212	410	317	152	271	378	429	308	437	668	211	355	182	262	682	664	122	309	410	164	178	408	104	314	287	547	588	245		
								16	600	126	524	457	385	205	501	528	437	276	202	219	250	294	431	318	430	417	289	449	591	547	502	157	304	506	336	461	379	243	582	143	270	506	500	555	112	402	484	449	578	586	568	228	281	400	446	111	217	136	461	209	583	363	266	288	270	502	149	550	145	131	593	315	538	494	271	550	296	156	399	275	143	368	403	324	168	250	336	286	286	197	395	270	461	562	458	132	464	507	582	510	539	576	226	477	470	397	427	167	454

№ варіанту	Період випробувань, годин	Моменти відмов, годин									
17	400	245	338	337	127	173	378	218	315	190	330
		374	367	132	291	345	347	310	263	291	300
		209	255	286	285	181	208	164	378	248	376
		154	394	315	391	122	389	370	240	304	160
		170	278	128	202	170	373	149	381	237	341
		281	347	196	168	232	278	276	297	256	125
		274	310	119	189	302	141	178	272	281	383
		333	352	262	361	154	332	335	204	313	172
		145	195	119	242	263	252	121	140	149	277
		165	323	188	185	113	391	227	192	264	109
18	400	197	361	337	159	116	270	394	220	184	166
		266	279	186	109	143	339	130	184	388	308
		249	312	396	335	325	388	163	117	252	172
		193	349	133	130	108	150	300	102	271	385
		169	137	265	256	147	308	195	177	393	184
		385	243	396	382	178	322	370	241	340	223
		314	133	172	348	164	181	398	365	184	269
		350	253	307	215	110	354	124	205	131	117
		289	117	260	286	100	339	209	371	181	149
		194	395	183	266	343	247	348	342	212	132
19	500	184	348	125	338	361	464	371	102	107	394
		355	130	209	204	131	128	349	493	237	415
		219	231	126	441	156	322	372	479	472	415
		228	157	263	254	395	125	218	266	127	225
		161	382	256	271	487	288	299	336	281	437
		252	401	168	278	342	225	101	215	204	473
		130	333	131	294	487	426	319	205	193	347
		331	255	230	488	426	217	277	226	453	459
		163	205	360	231	383	203	356	384	318	461
		358	349	294	390	143	281	316	363	387	410
20	400	189	149	280	181	393	368	314	188	333	283
		235	112	179	334	325	256	227	239	120	198
		133	307	344	350	340	180	213	238	396	146
		321	186	195	201	267	189	170	181	277	103
		365	113	116	144	348	341	301	175	181	321
		274	214	229	218	165	169	299	279	307	296
		325	229	382	120	330	249	209	101	331	387
		104	297	100	121	342	349	363	243	124	144
		165	298	258	294	117	324	363	316	203	271
		213	129	100	195	149	331	345	259	332	277
21	600	495	224	346	530	127	262	468	366	303	542
		475	134	307	298	163	181	237	525	354	523
		213	402	524	372	485	409	281	251	296	576
		497	191	200	244	122	228	406	490	494	109
		432	369	143	140	568	207	221	206	132	475
		130	246	278	554	518	164	364	199	315	561
		176	213	152	276	357	175	404	163	565	299
		172	398	569	216	438	538	324	560	144	357
		435	174	503	114	129	421	178	393	521	394
		354	598	507	407	274	264	482	579	328	448

№ варіанту	Період випробувань, годин	Моменти відмов, годин									
22	500	340	217	219	434	488	169	213	456	205	419
		325	265	342	336	288	199	399	123	137	234
		326	135	160	172	275	291	478	259	474	356
		403	315	474	122	249	462	192	363	418	298
		283	243	464	125	480	252	225	379	276	262
		113	102	298	173	175	474	365	154	234	340
		410	137	155	385	160	304	347	253	168	266
		452	351	410	416	377	390	169	102	269	345
		265	283	348	463	356	423	438	222	477	172
		462	388	210	118	274	271	323	121	425	391
23	600	446	279	222	341	125	585	428	129	296	235
		335	525	545	290	346	450	213	500	422	304
		453	283	443	476	501	157	255	528	563	119
		262	410	299	385	152	324	370	480	353	567
		115	589	493	561	280	239	411	393	139	233
		598	493	417	441	369	318	499	524	246	462
		544	409	273	243	194	325	468	465	206	222
		432	221	212	325	183	392	465	494	186	505
		127	184	398	445	526	168	163	425	593	309
		288	538	119	462	181	213	187	550	578	293
24	300	224	226	174	114	259	291	260	217	125	222
		228	159	142	166	130	169	191	260	167	275
		136	142	283	280	175	128	115	155	120	193
		184	245	119	258	259	279	249	220	196	275
		143	124	134	185	191	165	255	283	125	122
		259	161	164	242	142	240	271	158	295	292
		252	180	237	272	139	196	251	289	117	147
		264	160	172	299	246	264	164	201	247	190
		223	206	252	288	149	295	229	120	153	224
		112	106	105	249	278	144	146	229	133	164
25	400	343	142	233	267	365	303	291	172	174	208
		369	346	161	388	109	324	201	183	171	294
		358	232	222	140	285	270	301	393	115	257
		168	358	299	302	226	264	206	118	337	281
		227	306	228	289	295	238	213	396	321	285
		290	280	118	113	320	303	283	221	296	299
		378	365	258	278	268	384	143	374	103	380
		256	230	287	384	119	182	222	232	179	144
		117	370	324	135	383	244	339	266	365	235
		165	344	201	323	222	369	308	266	344	311

Перелік рекомендованої літератури

1. А.Д.Фролов Теретические основы конструирования и надежности радиоэлектронной аппаратуры, Учебник для радиотехнических специальностей вузов. М: Высшая школа, 1970 г.
2. Справочник конструктора РЭА:Общие принципы конструирования. Под ред. Варламова Р.Г., М: Советское радио, 1980г.
3. Справочник конструктора РЭА:Компоненты, механизмы, надежность. Под ред. Варламова Р.Г., М:Радио и связь, 1985г.
4. Гулд Х., Тобочник Я. Компьютерное моделирование в физике. М.: Мир, 1990.
5. Зи С. Физика полупроводниковых приборов. М.:Мир, 1984.
6. Гупта К., Гардж Р., Чадха Р. Машинное проектирование СВЧ устройств. М: Р и С, 1987.
7. Хайнеман Р. PSpice. Моделирование работы электронных схем. Пер. с нем. М.: DMK Пресс, 2001. - 336 с.
8. Суворова Е., Шейнин Ю. Проектирование цифровых систем на VHDL. СПб.:BHV, 2003.