

Лекция №2. Қалпына келмейтін жүйелердің сенімділігі

Лекции мазмұны: қалпына келмейтін жүйелердің сенімділігін есептеу тәртібі.

Лекция мақсаты: қалпына келмейтін жүйелердің сенімділік көрсеткіштерімен және есептеудің негізгі кезеңдерімен танысу.

2.1 Элементтер мен жүйелердің сенімділігін есептеудің негізгі кезеңдері.

Реттеуге, бақылауға, ақпаратты қорғауға, объектілерге және қашықтан басқаруға арналған техникалық жүйелердің сенімділігін есептеу міндеті олардың сенімділігі мен қызмет көрсету қабілеттілігін сипаттайтын көрсеткіштерді анықтау болып табылады.

Есептеу келесі қадамдардан тұрады:

а) жүйе ақауларының критерийлері мен түрлерін және есептелген сенімділік көрсеткіштерінің құрамын анықтау;

б) артықшылықты, қалпына келтіруді және элементтердің жұмысқа жарамдылығын бақылауды ескере отырып, жүйенің жұмыс істеуін талдау негізінде құрылымдық (логикалық) диаграмманы құру;

в) жұмыс істеу және қалпына келтіру процестерін сипаттау үшін қабылданған үлгілерді ескере отырып, сенімділікті есептеу әдісін таңдау;

г) жүйенің анықталған сенімділік көрсеткіштерін оның элементтерінің сипаттамаларымен байланыстыратын жалпы математикалық модельді алу;

д) жүйе элементтерінің сенімділік көрсеткіштері бойынша мәліметтерді таңдау;

е) қажетті есептеулерді жүргізу және алынған нәтижелерді талдау.

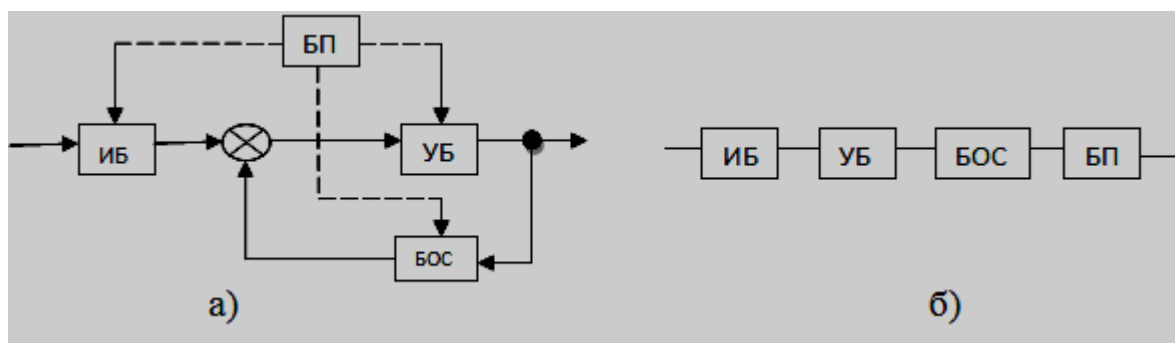
Көрсетілген кезеңдердің мазмұны көбінесе тандалған ақаулық критерийлеріне және жүйе сенімділігінің есептелген көрсеткіштеріне байланысты.

Техникалық электронды және электрлік жүйелердің элементтері ретінде келесі блоктар әрекет ете алады: өлшеу; күшейту; тамақтану; тіркеу; көрсеткіштер; және басқалар. Техникалық жүйелерге механикалық (беріліс қораптары, иінтіректі берілістер), электромеханикалық (релелер, қозғалтқыштар, трансформаторлар), радиоэлектрондық (резисторлар, интегралды схемалар, конденсаторлар) және сенімділіктің жеке көрсеткіштері бар басқа элементтер жатады.

Жүйенің де, жеке техникалық құралдардың да сенімділігін есептеуге арналған логикалық диаграмма болып табылатын блок-схеманы құрастыру бөлек талқылауды қажет ететін кейбір мәселелерді қамтиды. Сенімділікті есептеуге арналған құрылымдық диаграмма функционалдық диаграммадан айтарлықтай ерекшеленеді. Сенімділікті есептеуге арналған блок-схема – бұл

оның элементтерінің күйі негізінде жүйенің күйін (жұмыс істейтін немесе жұмыс істемейтін) бір мағыналы анықтауға мүмкіндік беретін жүйе элементтерінің графикалық көрінісі. Тізбекті құрастыру кезінде элементтерді жүйенің жұмыс жағдайына әсер етуіне байланысты тізбектей немесе параллель қосуға болады. Егер элементтің істен шығуы оның тағайындалуына қарамастан жүйенің істен шығуын тудырса, онда элемент тізбектей жалғанады. Егер бір типті элементтердің барлығы немесе бір бөлігі істен шыққан кезде жүйе ақаулығы орын алса, онда мұндай элементтер параллель қосылады. Сериялық қосылымды негізгі деп, ал параллельді қосылымды резервтік деп атайды.

2.1-суретте нормалаушы температура түрлендіргішінің сенімділігін есептеуге арналған функционалдық және құрылымдық диаграммалар көрсетілген, ол келесі блоктарды қамтиды: өлшеу блогы (ИБ - измерительный блок), күшейткіш блогы (УБ - усилительный блок), теріс кері байланыс блогы (БОС - блок отрицательной обратной связи) және қоректендіру блогы (БП - блок питания).



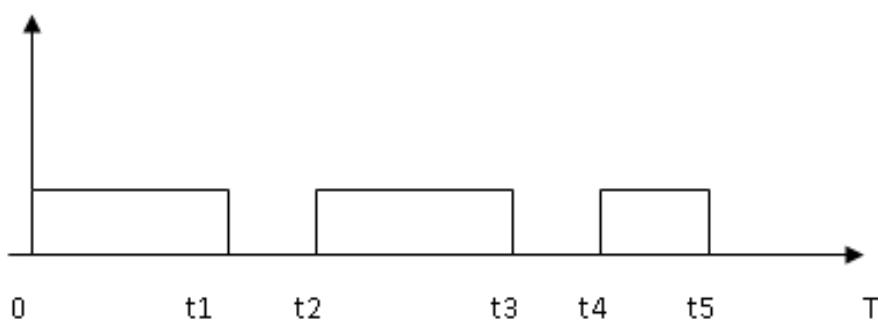
2.1-сурет. Нормалдаушы түрлендіргіштің функционалдық диаграммасы (а) және сенімділікті есептеудің құрылымдық схемасы (б)

2.2 Қалпына келмейтін элементтер мен жүйелер

$t=0$ уақытында жұмыс істей бастайтын жүйені қарастырайық және осы сәтте жүйе операциялық күйде болады. Мұндай жүйе тек істен шығумен байланысты өшеді делік. Жұмыс сәтінен істен шыққанға дейінгі уақытты T деп белгілейік. T мәні номиналды элементтерден жекелеген элементтерді дайындаудың технологиялық шарттарының кездейсоқ ауытқуларына, тасымалдау, орнату, реттеу жағдайларындағы айырмашылықтарға байланысты және мүлдем бірдей жұмыс жағдайында да әртүрлі жүйелер үшін бірдей болмайды. Жұмыс жағдайларының өзі температура, діріл дәрежесі, техникалық қызмет көрсету сапасы, қосу жиілігі және т.б. Осы себептердің барлығына байланысты T кездейсоқ шама екені анық.

Жүйенің тоқтауы тек оның істен шығуына байланысты емес, сонымен қатар техникалық қызмет көрсету және алдын алу үшін, технологиялық режимнің циклдік кестесіне байланысты болуы мүмкін.

Бұл жағдайда жүйенің жұмыс істеу ұзақтығы жұмыс уақыты деп аталады, ал кездейсоқ шама - жұмыстың істен шығуға дейінгі ұзақтығы деп аталады, оны біз де T деп белгілейміз. Істен шығу уақытынан айырмашылығы ақаусыз жұмыс, іске қосу, цикл және уақыт бірліктерінің санымен өлшенуі мүмкін. 2.2-суретте келесі белгілеулер қолданылады: t_1 – технологиялық қондырғының тоқтатылуына байланысты жүйенің тоқтау сәті; t_2, t_4 – жүйені іске қосу сәттері; t_3 – техникалық қызмет көрсету үшін жүйені өшіру сәті; t_5 – жүйенің істен шығу сәті.



$$T = t_1 + (t_3 + t_2) + (t_5 - t_4) - \text{жүйенің істен шығуына дейінгі уақыт.}$$

2.2-сурет Істен шығуға дейінгі жұмыс уақытының анықтамасы

Істен шығу уақыты қалпына келмейтін жүйелердің сенімділік көрсеткіштерін сипаттайтын негізгі кездейсоқ шама болып табылады. Қалпына келтіру мүмкін емес немесе мүмкін емес элементтер мен жүйелер қалпына келтірілмейтін болып табылады. Бұл жұмыс кезінде жөндеуге келмейтін элементтер немесе жүйелер (радиоэлементтер, интегралды схемалар, аспаптардың бөлігі, авиациялық жабдық және т.б.).

2.3 Қалпына келмейтін жүйелердің сенімділік көрсеткіштері

Сенімділік көрсеткіштерін таңдаған кезде, бұл көрсеткіштер жүйенің сенімділік қасиеттерін жеткілікті түрде сипаттауы, аналитикалық есептеулер мен сынақ нәтижелері бойынша эксперименттік тексеру үшін ыңғайлы болуы, негізделген физикалық мағынасы болуы керек және, ең соңында, мүмкіндік беруі керек екенін есте ұстаған жөн. тиімділік көрсеткіштеріне көшу мүмкіндігі.

Қалпына келтірілмейтін жүйелер үшін біз өзімізді ақаусыз өнімділік көрсеткіштерімен шектей аламыз. Жөндеуге келмейтін техникалық жүйелердің ақаусыз жұмыс істеуі жүйе сенімділігінің ең маңызды құрамдас

бөлігі болып табылады, өйткені бұл олардың ұзақ уақыт бойы бұзылмай жұмыс істеу қабілетін көрсетеді.

Жүйенің бұл қабілеті оның тиімділігіне шешуші әсер етеді және элементтердің саны мен сенімділігімен, олардың жұмыс режимімен, артық заттардың болуымен және қоршаған ортаның параметрлерімен (температура, ылғалдылық, атмосфералық қысым және т.б.) анықталады.

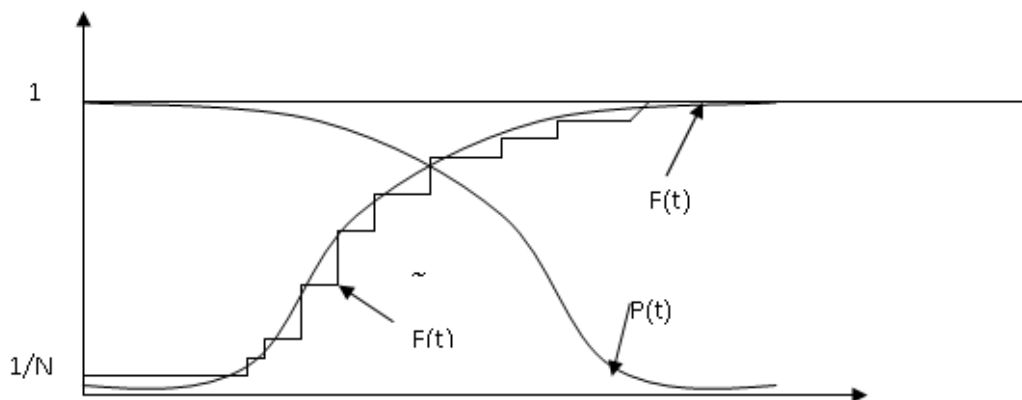
Сенімділік көрсеткіштері негізінен істен шыққаннан кейін қалпына келтіруге жататын, бірақ бірінші істен шығуға дейін мінез-құлқы ескерілуі керек жүйелерді сипаттайды. Оларға, мысалы, істен шығулар өте сирек кездесетін және ерекше ауыр зардаптарға әкелетін жүйелер жатады.

Істен шығуға дейінгі уақытты бөлу функциясы мен тығыздығы. Істен шығуға дейінгі уақыт T символымен белгіленеді, кез келген басқа кездейсоқ шама сияқты, ол кездейсоқ оқиғаның ықтималдығы P (ақаусыз жұмыс істеу ықтималдығы) ретінде анықталатын $F(t)$ таралу функциясымен сипатталады, ол мыналардан тұрады: T істен шығу уақыты белгілі бір жұмыс уақытынан t (уақыт) аз болуы фактісі.

$$F(t) = P\{T < t\}. \quad (2.1)$$

Бұл ықтималдық T мүмкін болатын мәндерінің барлық диапазонындағы t функциясы ретінде қарастырылады.

Кез келген кездейсоқ шаманың таралу функциясы t уақытының кемімейтін функциясы болып табылады. $t \rightarrow \infty$ мәні болғанда $F(t)$ мәні бірлікке ұмтылады.



2.3-сурет. $F(t)$ үлестіру функциясының және $P(t)$ сенімділік функциясының жуық түрі

(2.1) тармағында көрсетілген $F(t)$ функциясының ықтималдық анықтамасынан басқа, сенімділік сынақтарында қолданылатын статистикалық анықтамалар барлық сенімділік көрсеткіштері үшін де берілуі мүмкін.

Статистикалық анықтамалар ықтималдық анықтамаларының мағынасын толық түсіндіруге мүмкіндік береді. Келесіде статистикалық анықтамалар толқынды сызықпен белгіленеді.

Жөндеуге келмейтін жүйелердің сенімділік көрсеткіштерінің статистикалық анықтамаларын қарастыру үшін бірдей жүйелер сынақтан өткізіледі, сынақ шарттары бірдей және әрбір жүйенің сынақтары ол істен шыққанға дейін жүргізіледі деп алайық. $N(t)$ t уақытында істен шыққан жүйелердің санын белгілейік, яғни. $(0, t)$ интервалында. $N(0)=0$, ал $t \rightarrow \infty$ болғанда $N(t) \rightarrow N$ мәні анық.

$F(t)$ таралу функциясының статистикалық анықтамасы мына функция болып табылады:

$$F(t) = N(t)/N \quad (2.2)$$

$F(t)$ статистикалық таралу функциясының графигі істен шығу кезіндегі $1/N$ -ге еселік болатын секірулері бар сатылы сызық болып табылады (2.3-сурет). Жүйелердің саны N көбейген сайын статистикалық таралу функциясы ықтималдықпен салыстырылады.

Техникалық жүйенің дұрыс жұмыс істеуі және оның t уақытындағы істен шығуы үйлеспейтін қарама-қарсы оқиғалар болып табылады, сондықтан біз тағы бір функцияны енгіземіз:

$$P(t) = P\{T > t\} = 1 - F(t), \quad (2.3)$$

$P(t)$ - сенімділік функциясы деп аталады. $P(0) = 0$ кезінде жүйе жұмыс істейтін болғандықтан, $P(0) = 1$. Ал уақыт ұлғайған сайын ол $P(0) = 0$ мәнімен монотонды түрде азаяды. Сенімділік функциясының жуық түрі 2.3-суретте көрсетілген. Сенімділік функциясының статистикалық анықтамасы:

$$P(t) = 1 - F(t) = [N - N(t)] / N \quad (2.4)$$

мұндағы $N - N(t)$ – t уақытында жұмыс істейтін жүйелер саны.

Таралу функциясы $F(t)$, әдетте, үзіліссіз және істен шығуға дейінгі үздіксіз таралу тығыздығы бар, оның ықтималдық анықтамасы:

$$f(t) = dF(t)/dt. \quad (2.5)$$

Статистикалық анықтау үшін уақыт аралығын қарастырайық $(t - \Delta t/2, t + \Delta t/2)$, мұндағы Δt – осы интервалдың ұзындығы. Содан кейін таралу тығыздығын статистикалық анықтау

$$f(t) = \frac{N(t + \frac{\Delta t}{2}) - N(t - \frac{\Delta t}{2})}{N * \Delta t} = \frac{N(t - \frac{\Delta t}{2}, t + \frac{\Delta t}{2})}{N * \Delta t} \quad (2.6)$$

Егер 2.1 және 2.2 формулаларында уақыт = t_1 мәнін бекітетін болсақ, онда істен шығу және ақаусыз жұмыс істеу ықтималдығы келесі ықтималдық анықтамасына ие болады:

$$Q(t_1) = F(t_1) = P\{T < t_1\};$$

$$P(t_1) = P\{T > t_1\}.$$

Статистикалық анықтама:

$$Q(t_1) = N(t_1)/N;$$

$$P(t_1) = 1 - Q(t_1) = [N - N(t_1)] / N.$$

Әртүрлі есептерді шешу үшін жүйенің t_1 уақытына дейін ақаусыз жұмыс істеген жағдайда сенімділік көрсеткіші ретінде жүйенің (t_1, t_2) интервалында ақаусыз жұмыс істеу ықтималдығы $P(t_1, t_2)$ қолданылады. АВ оқиғасының ықтималдығы - $(0, t_2)$ аралықта ақаусыз жұмыс істеу:

$$P\{AB\}=P\{A\}\times P\{B/A\}.$$

Осыдан

$$P(t_1, t_2) = P\{B/A\} = P\{AB\}/P\{A\} = P(t_2)/P(t_1). \quad (2.7)$$

Қалпына келмейтін жүйелердің сенімділігін сипаттау кезінде істен шығу жылдамдығы сияқты сипаттама кеңінен қолданыла бастады.

Істен шығу жылдамдығы жүйенің t уақытындағы істен шығуының шартты ықтималдық тығыздығы ретінде анықталады, егер олар осы сәтке дейін болмаса.

Уақыт бірлігіндегі істен шыққан объектілер санының берілген кезеңде дұрыс жұмыс істейтін объектілердің орташа санына қатынасын өрнектейді. істен шыққан объектілер қалпына келтірілмесе немесе жұмысқа жарамдыларымен ауыстырылмаса, уақыт. Жүйенің ақаусыз жұмыс істеуінің шартты ықтималдық аралығында жүйе уақыт мезетінде жұмыс істеп тұрған жағдайда (2.7) өрнекпен анықталады.

$$P(t, t+\Delta t) = 1 - P(t+\Delta t)/P(t) = -[P(t+\Delta t) - P(t)]/P(t).$$

Устремив время к нулю, получим вероятностное значение интенсивности отказов:

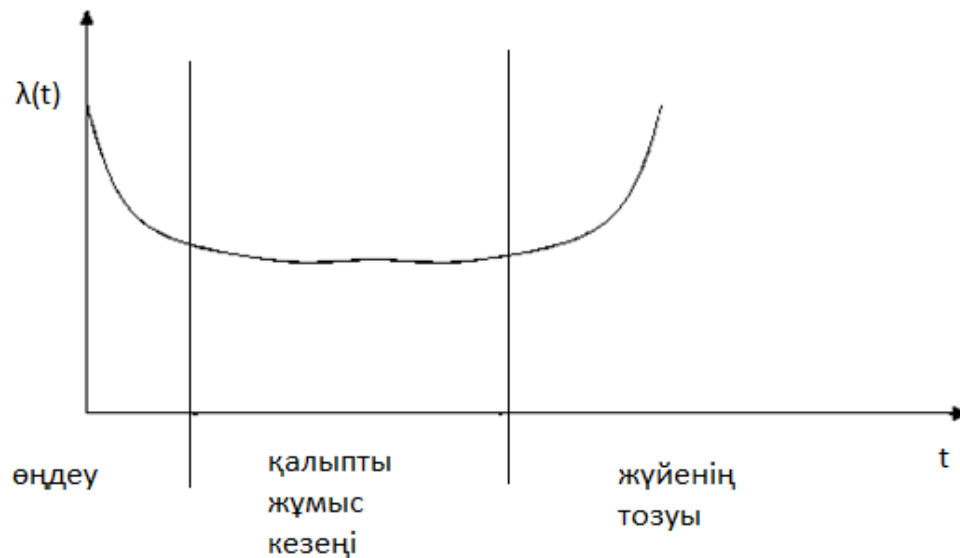
Уақытты нөлге бағыттау арқылы біз істен шығу қарқындылығының ықтималдық мәнін аламыз:

$$\lambda = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{1 - P(t, t+\Delta t)}{\Delta t} = \frac{dP(t)}{dt} \times \frac{1}{P(t)}. \quad (2.8)$$

Істен шығу қарқындылығының деңгейін статистикалық анықтау:

$$\lambda = \frac{\overline{f(t)}}{P(t)} = \frac{N\left(t - \frac{\Delta t}{2}, t + \frac{\Delta t}{2}\right)}{\Delta t (N - N(t))}. \quad (2.9)$$

Істен шығу қарқындылығының деңгейі $\lambda(t)$ ақаусыз өнімділіктің өзгеруінің нақты бейнесін береді. Әдеттегі уақытқа тәуелділік 2.4-суретте келтірілген. Іске қосу кезеңінде жүйенің жекелеген элементтерін дайындаудағы жасырын ақаулар, орнату және реттеу ақаулары, тасымалдау нәтижесінде орын алған бұзушылықтар анықталады. Жұмыс кезеңі салыстырмалы түрде тұрақты істен шығу жылдамдығымен сипатталады. Жүйенің қартаю кезеңінде жекелеген элементтердің тозуына және олардың сипаттамаларының өзгеруіне байланысты істен шығу жылдамдығы артады.



2.4-сурет. Істен шығу өзгерісінің әдеттегі графигі

Техникалық жүйелердің сенімділік мәселелерінің айтарлықтай санын шешу үшін тек осы кездейсоқ шаманың сандық сипаттамалары болып табылатын көрсеткіштерді білу жеткілікті. Оларға, ең алдымен, істен шығуға дейінгі орташа уақыт (жүйенің ақаусыз жұмысының орташа уақыты) – T кездейсоқ шамасының математикалық күтуі ($M[T]$) – жүйенің (объектілердің) жұмыс уақыты жатады. бірінші істен шығуға дейін.

$$\tau = M[T] = \int_0^{\infty} t \times f(t) dt; \quad (2.10)$$

$$\tau = \int_0^{\infty} P(t) dt \quad (2.11)$$

(2.11) теңдеуден істен шығуға дейінгі орташа уақыт геометриялық түрде $P(t)$ қисығы астындағы ауданға тең екені шығады (2.3-сурет). Істен шығуға дейінгі уақыттың статистикалық анықтамасы:

$$\tau = \frac{\sum_{i=1}^N t_i}{N}. \quad (2.12)$$

T индикаторы ең алдымен элементтер саны көп күрделі жүйелер үшін маңызды.

Дисперсия и среднеквадратическое отклонение наработки до отказа:

Істен шығуға дейінгі жұмыс уақыттың дисперсия және орташа квадраттық ауытқуы:

$$D[T] = M[(t - \tau)^2] = \int_0^{\infty} (t - \tau)^2 f(t) dt = \int_0^{\infty} t^2 f(t) dt - \tau^2; \quad (2.13)$$

$$\sigma[T] = \sqrt{D[T]}; \quad (2.14)$$

$$\widetilde{D}[T] = \sum_{i=1}^N (t_i - \tilde{\tau})^2 / (N - 1); \quad (2.15)$$

$$\tilde{\sigma}[T] = \sqrt{\widetilde{D}[T]}. \quad (2.16)$$

Қарастырылған көрсеткіштер жүйені құру кезінде де, оның жұмыс істеуі кезінде де қолданылады.

Таңдалған әдісті қолдана отырып, жүйенің құрылымдық диаграммасына сүйене отырып, оның көрсеткіштерін элементтердің сипаттамаларымен және оларға қызмет көрсету процестерімен байланыстыратын аналитикалық модельдер анықталады.

Құрылымдық диаграмма элементтерінің сенімділік сипаттамаларын таңдау бірқатар факторлармен анықталатын қиындықтарға толы. Оларға сенімділік көрсеткіштерінің жұмыс жағдайларына тәуелділігі жатады, олар өндірістің әртүрлі түрлерінде айтарлықтай өзгеруі мүмкін, сондықтан сенімділік туралы паспорттық деректер олардың нақты мәндерімен сәйкес келмеуі мүмкін.

Қалпына келтірілмейтін жүйелер элементтерінің сенімділік көрсеткіштерін пайдалана отырып, алынған математикалық модельдер сенімділік көрсеткіштерін есептеу үшін пайдаланылады, оларды тиісті қолданбалы бағдарламалық пакеттер көмегімен орындауға болады.