

## Лекция №4. Қалпына келтірілген жүйелердің сенімділігі

**Лекция мазмұны:** қалпына келтірілген жүйелердің сенімділігін есептеу тәртібі..

**Лекция мақсаты:** қалпына келтірілген жүйелердің сенімділік көрсеткіштерін есептеу әдістеріне үйрету.

### 4.1. Қалпына келтірілген жүйелердің сенімділік көрсеткіштері

Сенімділік көрсеткіштері. Қалпына келтірілген жүйелер үшін сенімділік пен сенімділіктің әртүрлі көрсеткіштерін қолдануға болады.

Дискретті кездейсоқ процесс ретінде істен шығу ағынын көрсету кезінде  $\eta(t) - (0, t)$  аралықтағы істен шығулар саны, ақаусыз индикатор  $\omega(t)$  санының қатынасымен анықталатын істен шығу ағынының параметрі болып табылады. белгілі бір шағын уақыт аралығындағы жүйе ақауларының осы интервалдың мәніне дейін:

$$\tilde{\omega} = \frac{\sum_{i=1}^N [n_i(t+\Delta t) - n_i(t)]}{N\Delta t} \quad (4.1)$$

Ақаулар арасындағы орташа уақыт –  $\theta$ , егер жұмыс уақыты тығыздығы  $f(t)$  бірдей үлестірімге ие болса, ықтималдық көрсеткіші үшін келесі математикалық өрнек болады:

$$\theta = M[\varepsilon_i] = \int_0^{\infty} t f(t) dt \quad (i = 1, 2, \dots)$$

Ең қарапайым ағында істен шығу ағынының параметрі  $\omega$  және ақаулар арасындағы орташа уақыт  $\theta = 1/\omega$  қатынасымен байланысты.

$\theta$  ақаулар арасындағы орташа уақытты статистикалық анықтау үшін біз  $N$  бірдей қалпына келтірілген жүйені сынаймыз. Олардың әрқайсысы  $t$  уақытында жұмыс істеді деп есептейік. Сонда:

$$\tilde{\theta} = Nt / \sum_{i=1}^N n_i(t)$$

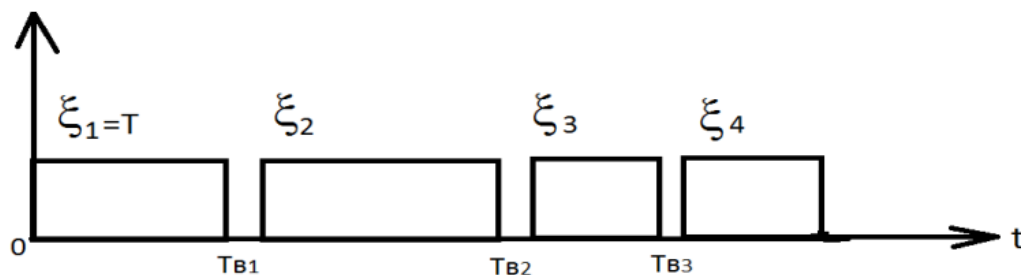
Тұрақтылық көрсеткіштері. Іс жүзінде қалпына келтіру уақыты әрдайым дерлік ақаулар арасындағы уақытқа қарағанда айтарлықтай аз, бірақ көптеген сенімділік мәселелерін шешу үшін қалпына келтіру уақытын елемеуге болмайды (мысалы, істен шығудан болатын шығындарды есептеу, жөндеуге қажетті қызметкерлердің саны және т.б.).

Кездейсоқ шаманы  $T_B$  арқылы белгілейік – ақаулықтан кейін жүйенің жұмыс күйін қалпына келтіру ұзақтығы (қалпына келтіру уақыты).

$T_B$  мәнін бөлу уақытқа да, қалпына келтірудің сериялық нөміріне де, алдыңғы қалпына келтіру ұзақтығына да, ақаулар арасындағы алдыңғы жұмыс уақытына да байланысты емес.

$T_B$  шамасының таралу функциясын  $G(t)$ , таралу тығыздығы  $g(t)$  деп белгілейік. Егер сәтсіздіктер арасындағы уақыт бірдей бөлінсе және бір-біріне және  $T_B$  мәніне тәуелді болмаса, онда қалпына келтіру уақытын ескере отырып, ақаулардың мұндай ағыны ауыспалы қалпына келтіру процесі деп аталады. Бұл процесте, қалпына келтіру процесіндегі сияқты, істен шығулар

арасындағы  $\theta$  орташа уақыт  $t$  істен шығуға дейінгі орташа уақытқа тең. Қалпына келтіру уақытын ескере отырып жүйенің жұмыс кестесі 4.1-суретте көрсетілген.



4.1-сурет - Қалпына келтіру уақытын ескере отырып, жүйе жұмысының графигі

Тұрақтылық көрсеткіштері сонымен қатар сәйкесінше  $t_1$  және орташа қалпына келтіру уақыты ішінде берілген уақыт ішінде жұмыс жағдайына қалпына келтіру ықтималдығы болып табылады:

$$G(t) = P\{T_B < t_1\}; \tau_B = M[T_B]. \quad (4.4)$$

Бұл көрсеткіштердің статистикалық анықтамалары:

$$\tilde{G}(t_1) = \frac{l(t_1)}{m}; \quad \tilde{\tau}_B = \sum_{i=1}^m \tau_{Bi}/m \quad (4.5)$$

мұндағы  $l(t_1)$  – ұзақтығы  $t_1$ -ден аз қалпына келтіру саны;

$m$  – қалпына келтірулердің жалпы саны;

$\tau_{Bi}$  –  $i$ -ші сәтсіздіктен кейінгі қалпына келтіру уақыты.

Төзімділік көрсеткіштері. Жұмыстың басынан шекті күйге өткенге дейінгі күнтізбелік ұзақтығы (жүйені одан әрі қалпына келтіру мүмкін емес немесе мүмкін емес) жүйенің қызмет ету мерзімі деп аталады.

Жүйенің қызмет ету мерзімі кездейсоқ шама болуы мүмкін, оны біз  $T_c$  деп белгілейміз. Сонда төзімділіктің көрсеткіші ретінде орташа қызмет ету мерзімін алуға болады:

$$t_c = M[T_c] \quad (4.6)$$

немесе гамма – қатынаспен анықталатын  $t_\gamma$  қызмет ету мерзімінің пайыздық мөлшері:

$$P\{T_c > t_\gamma\} = \gamma/100 \quad (4.7)$$

Осылайша,  $t_\gamma$  – объектінің жұмыс істеуінің басынан бастап күнтізбелік ұзақтығы, оның барысында ол берілген  $\gamma$  ықтималдығымен (пайызбен көрсетілген) шекті күйге жетпейді. Кейбір техникалық жүйелер үшін төзімділік көрсеткіші әрбір жүйе қол жеткізуі тиіс белгіленген қызмет ету мерзімі болып табылады. Бұл көрсеткішті  $\gamma = 100\%$  болатын  $t_\gamma$  ретінде түсіндіруге болады.

Төзімділікті қарастырғанда кездейсоқ шама ретінде тек күнтізбелік қызмет ету мерзімін ғана емес, сонымен қатар оның ресурсын – жұмыс басталғаннан шекті күйге өткенге дейінгі жұмыс уақытын да алуға болады.

Сенімділіктің кешенді көрсеткіштері. Әрқайсысы сенімділік құрамдастарының бірін сипаттайтын қалпына келтірілген жүйелердің сенімділігінің жоғарыда аталған көрсеткіштерінен басқа, сенімділік пен

техникалық қызмет көрсетуді бірге көрсететін кешенді көрсеткіштер де қолданылады. Оларға мыналар жатады: әзірлік коэффициенті  $k_{\text{дайын}}$ , эксплуатациялық дайындық коэффициенті  $k_{\text{пайд. дайын}}$  және техникалық пайдалану коэффициенті  $k_{\text{тех.пайд.}}$ .

Дайындық коэффициенті  $k_{\text{дайын}}$  – жүйенің тұрақты жұмыс процесінде еркін таңдалған уақыт нүктесінде жұмыс істеу ықтималдығы.

Ауыспалы қалпына келтіру процесінде қолжетімділік факторы:

$$k_{\text{дайын}} = \theta / (\theta + \tau_B) \quad (4.8)$$

Қол жетімділік коэффициенті жүйенің жұмыс күйінде қалатын уақыттың орташа үлесіне сандық түрде тең.  $N$  бірдей қалпына келтіруге болатын жүйелер сынақтан өтті және уақыттың ерікті түрде таңдалған нүктесінде  $t_x$ , басынан жеткілікті қашықтықта  $N_p(t_x)$  жұмыс істейтін жүйелер болып шықты. Қолжетімділік коэффициентін статистикалық анықтау:

$$\tilde{k}_r = N_p(t_x) / N \quad (4.9)$$

*Пайдалануға дайындық коэффициенті*  $k_{\text{пайд. дайын}}(t)$  - жүйенің тұрақты жұмыс күйінде уақыттың ерікті түрде таңдалған  $t$  моментінде жұмыс істеу ықтималдығы және осы сәттен бастап жүйе берілген уақыт ішінде ақаусыз жұмыс істейді. уақыт аралығы  $t$ . Ауыспалы қалпына келтіру процесінде

$$k_{\text{пайд. дайын}} = \frac{\theta}{\theta + \tau_B} P(t_x, t) \quad (4.10)$$

мұндағы  $P(t_x, t)$  -  $t_x$  уақытында жүйе жұмыс істеген жағдайда ( $t_x, t_x+t$ ) аралықта жүйенің ақаусыз жұмыс істеуінің шартты ықтималдығы.

Егер жүйенің ақаусыз жұмыс уақытының үлестірілуі экспоненциалды болса, онда (4.10) экспоненциалды үлестірудің қасиетін ескере отырып, жеңілдетуге болады:  $(t, t+\Delta t)$  интервалдағы ақаусыз жұмыс істеу ықтималдығының тәуелсіздігі.  $t$  сәтінен бастап. Содан кейін

$$k_{\text{пайд. дайын}} = \frac{\theta}{\theta + \tau_B} e^{-\lambda t} \quad (4.11)$$

Қолжетімділік коэффициентін және пайдалануға дайындық коэффициентін анықтау кезінде жүйелерді мақсаты бойынша пайдалануға арналмаған жоспарланған уақыт кезеңдері алынып тасталады (мысалы, жоспарлы техникалық қызмет көрсету аралықтары).

Бұл кезеңдерді техникалық *пайдалану коэффициенті*  $k_{\text{тех.пайд.}}$ , ол белгілі бір уақыт аралығында жүйенің жұмыс күйінде қалуының, техникалық қызмет көрсетудің және қалпына келтірудің жалпы уақытының математикалық күтуін ескереді:

$$k_{\text{тех.пайд.}} = \tau_{p\Sigma} / (\tau_{p\Sigma} + \tau_{\text{тех.қызм.көрс.}\Sigma} + \tau_{\text{қалп.келт.}\Sigma}) \quad (4.12)$$

мұндағы  $\tau_{p\Sigma}$ ,  $\tau_{\text{тех.қызм.көрс.}\Sigma}$ ,  $\tau_{\text{қалп.келт.}\Sigma}$  сәйкесінше жүйенің жұмыс күйінде, техникалық қызмет көрсетуде, жұмыс істеудің белгілі бір кезеңінде қалпына келтіруде болатын жалпы  $\Sigma$  уақыттарының математикалық күтулері .