

Лекция № 7. Резервтеудің күрделі түрлері

Лекция мазмұны: алдыңғы лекцияның жалғасы, артықтау арқылы сенімділікті арттыру әдістері.

Лекция мақсаты: тұрақты резерві бар қалпына келмейтін жүйелердің сенімділігін есептеу әдістеріне үйрету.

7.1. Бүтін көптігі бар жалпы тұрақты резервтеу

$r=1$ кезінде параллель жұмыс істейтін m элементтің істен шығу ықтималдығы Q_p (6.3) өрнекпен анықталады, осыдан эквивалентті элементтер үшін:

$$Q_p = q^m = q^{k+1}; B_Q = \frac{q}{q^m} = \frac{1}{q^k}. \quad (7.1)$$

Әрбір элементтің істен шығу ықтималдығы неғұрлым төмен болса, үздіксіз резервтеу тиімділігі соғұрлым жоғары болады. Сонымен, егер $q = 0,1$ және $k = 1$ болса, онда резервтеу кезінде істен шығу ықтималдығын азайтудағы өсім сәйкесінше 10 және 100 болады. Артық элементтер тобының сенімділік көрсеткіштері арасындағы байланысты қарастырайық, экспоненциалды таралу заңы бойынша элементтердің резервтік коэффициенті және олардың жұмыс істеу уақыты. Әрбір элементтің істен шығу жылдамдығы $(1 - e^{-\lambda t})$ тең болса, онда бізде:

$$Q_p(t) = F_p(t) = (1 - e^{-\lambda t})^{k+1};$$

$$P_p(t) = 1 - (1 - e^{-\lambda t})^{k+1};$$

$$f_p(t) = (k+1)\lambda(1 - e^{-\lambda t})^k e^{-\lambda t};$$

$$\lambda_p(t) = f_p(t) / P_p(t) = (k+1)\lambda(1 - e^{-\lambda t})^k e^{-\lambda t} /$$

$$[1 - (1 - e^{-\lambda t})^{k+1}];$$

$$\lim_{t \rightarrow 0} \lambda_p(t) = 0; \lim_{t \rightarrow \infty} \lambda_p(t) = \lambda = 1/\tau.$$

Тұрақты резервтеу жүйе жұмысының бастапқы кезеңінде, $t \leq \tau$ болғанда тиімді. Резервтік элементтер тобы үшін істен шығудың орташа уақыты:

$$\tau_p = \int_0^{\infty} P_p(t) dt = \int_0^{\infty} [1 - (1 - e^{-\lambda t})^{k+1}] dt.$$

$1 - e^{-\lambda t} = z; dt = dz / [\lambda(1 - z)]$ орнына қойып, интегралдық таңбамен кемімелі геометриялық прогрессияның бірінші $k+1$ мүшелерінің қосындысын аламыз:

$$\tau_p = \frac{1}{\lambda} \int_0^1 \frac{1 - z^{k+1}}{1 - z} dz = \frac{1}{\lambda} (1 + z + z^2 + \dots + z^k) dz$$

$$= \frac{1}{\lambda} \left(1 + \frac{1}{2} + \frac{1}{3} + \dots + \frac{1}{k+1} \right) = \tau \sum_{i=1}^{k+1} \frac{1}{i}$$

Соңғы өрнектен резервтік элементтерді енгізу арқылы алынған істен шығуға дейінгі орташа уақыттың өсуі резервтік коэффициент артқан сайын азаяды. Осылайша, бірінші элементті енгізу орташа жұмыс уақытын 50%, екіншісі - 22%, ал үшінші - 13% ұлғайтуға әкеледі.

7.2 Бөлшек еселігімен резервтеу

Бөлшек артықшылық – артықшылықтың бұл түрімен жүйе бір типті n элементтің ішінде параллель жұмыс істейтін болса, r элементі жұмыс жағдайында болса жұмыс істей алады.

Жүйе істен шыққан элементтердің саны $z \geq m = n - r + 1$ болса. Мемлекеттік санау әдісін қолдана отырып, біз мұндай жүйенің істен шығу ықтималдығын анықтаймыз:

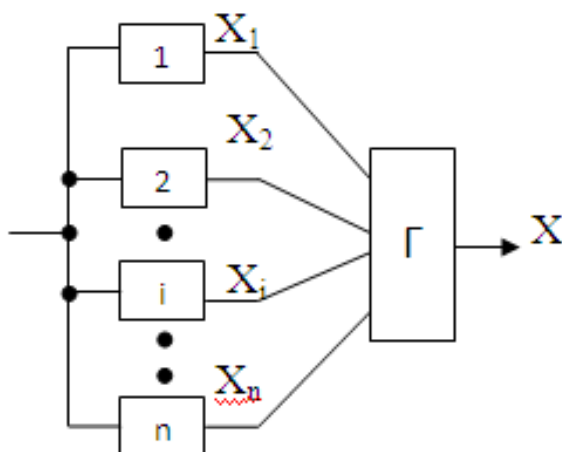
$$Q = P\{z = m\} + P\{z = m + 1\} + \dots + P\{z = n\} \quad (7.2)$$

Әрбір күйде жұмыс істейтін элементтердің саны $n-z$, ал бұл күйдің ықтималдығы:

$$Q = \sum_{z=m}^n C_n^z q^z (1 - q)^{n-z}$$

мұндағы $C_n^z = n!/[z!(n - z)!]$ арқылы элементтер комбинацияларының саны, және $0=1, C=C=1$.

Көпшілік дауыс беру резерві тұрақты фракциялық (көпшілік) ескертпенің бір түрі болып табылады. Бұл резервтеу әдісін қолданатын жүйенің құрылымдық схемасы 6.3-суретте көрсетілген. Элементтердің так саны параллель жұмыс істейді, олардың шығыс сигналдары x_1, x_2, \dots, x_n дауыс беруші Γ элементінің кірісіне (кворум - элемент) беріледі, оның шығыс сигналы элементтердің көпшілігінің сигналымен сәйкес келеді.



7.1-сурет – Көпшілік дауыс беру арқылы элементтерді байланыстыру схемасы

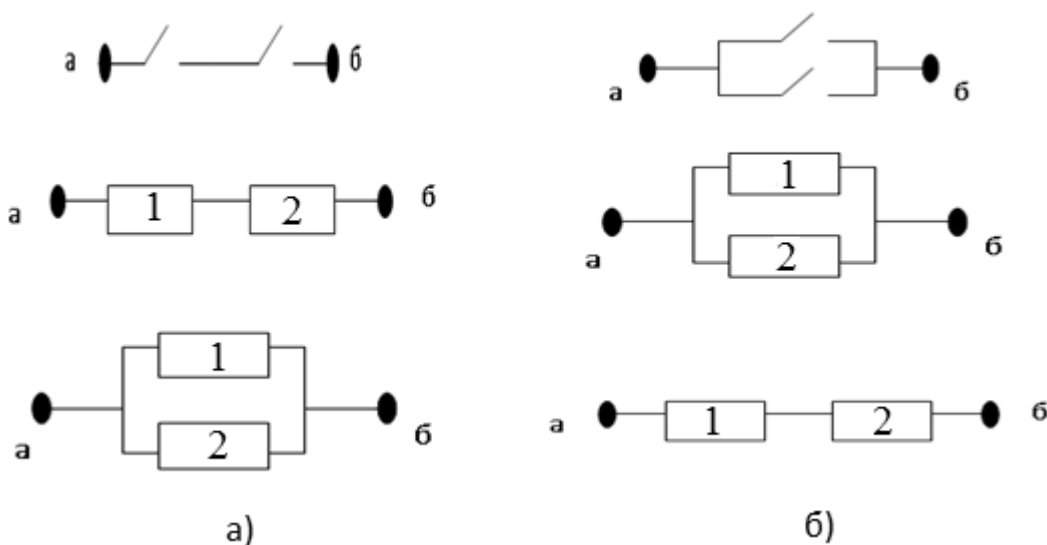
Артықшылықтың мұндай түрі бар жүйелер әдетте үш элементті, сирек бес элементті пайдаланады. Жүйе жұмыс істеуі үшін көптеген элементтердің дұрыс жұмыс істеуі қажет. Жүйенің істен шығуы ақаулар саны $z \geq m = (n + 1)/2$ болғанда орын алады. Көпшілік резерві реакторлар мен жылыту жабдықтарын қорғау жүйелерінде кеңінен қолданылады.

7.3 Екі полюсті элементтерді резервтеу

Көп жағдайда резервтік элементтер негізгіге параллель қосылады. Дегенмен, істен шығуларды саралау кезінде олардың әрқайсысы үшін резервтік көшірмелерді қосудың әртүрлі әдістерін қолдану арқылы резервтеу жүргізілуі мүмкін. Әрбір істен шығу режимі әртүрлі жүйе күйлері үшін басқа резервтік схеманы ұсынуы керек.

Мысалы, екі полюсті элементтердің артықтығын қарастырайық. Мұндай элементтерде ақаулардың екі түрі бар: ашық және қысқа тұйықталу (қысқа тұйықталу). Үзіліс реле элементінің басқару сигналы болған кезде жұмыс істемеуін тудырады. Қысқа тұйықталу реле элементінің жалған жұмысына әкеледі.

Реле элементтерін тізбектей қосқанда (7.2, а-сурет) элементтердің кез келгенінің істен шығуы а және б нүктелері арасында тізбектің болмауына әкеледі. Осылайша, ақаулықтың бұл түрі үшін реле элементтерінің тізбекті қосылуы негізгі болып табылады. Жалған істен шығулар үшін тізбекті қосылым артық болады, себебі тізбек ақауының бұл түрі екі элемент істен шыққанда ғана орын алады.



7.2-сурет - Екі полюсті элементтерді резервтеу

Реле элементтері тізбектей жалғанған кезде қысқа тұйықталудан істен шығу үшін резервтеу қамтамасыз етіледі. Егер әрбір элемент үшін осы түрдегі ақаулардың ықтималдығы q болса, онда:

$$V_{\text{қысқа тұйық.}} = \frac{q}{q^2} = \frac{1}{q};$$

$$V_{\text{үзіліс}} = \frac{q}{[1 - (1 - q)^2]} = 1/(2 - q) < 1;$$

Осылайша, реле элементтерінің дәйекті қосылуы тізбектердің үзіліс типті істен шығу ықтималдығының артуына әкеледі. Реле элементтерін параллель қосқанда (7.2-сурет, б) ашық түрдегі ақаулар үшін резервтеу тиімділікпен жүзеге асырылады, ал қысқа тұйықталу түріндегі ақаулар үшін сенімділік төмендейді:

$$V_{\text{үзіліс}} = \frac{q}{q^2} = 1/q;$$

$$V_{\text{қысқа тұйық.}} = \frac{q}{[1 - (1 - q)^2]} = 1/(2 - q) < 1.$$

7.4 Элемент бойынша резервтеу

Құрамында элементтер топтары немесе элементтердің артықтығы бар жеке элементтер (7.3,б-сурет) бар жүйенің сенімділігі (5.1) және (5.2) жалпы тұрақты резервтік формулалар арқылы есептеледі. Сонымен, егер жүйе ки бүтін еселігінің элементі бойынша артықтығы бар n бөлімнен тұрса, жүйенің ақаусыз жұмыс істеу ықтималдығы:

$$P = \prod_{i=1}^n P_i = \prod_{i=1}^n (1 - \prod_{j=0}^{k_i} q_{ij}) \quad (7.3)$$

мұндағы q_{ij} - артықтықтың i -ші бөліміне кіретін j -ші элементтің істен шығу ықтималдығы.

Жалпы және элемент бойынша артықшылықтың тиімділігін салыстыру үшін бірдей сенімді элементтердің бірдей $n(k+1)$ санын қамтитын екі жүйенің істен шығу ықтималдығын салыстырамыз. Ортақ резервтік жүйенің ақаулығының ықтималдығы:

$$Q_{\text{жалпы.рез.}} = [1 - (1 - q)^n]^{k+1}$$

Әрбір элементтің істен шығу ықтималдығын $q \ll 1$ $(1 - q)^n \approx 1 - nq$ деп алсақ, $Q_{\text{жалпы.рез.}} = n^{k+1} q^{k+1}$. Бөлек резервтеу үшін (7.3) қолданып, $q \ll 1$ санау арқылы мынаны аламыз: $Q_{\text{эл.бойын.рез.}} = 1 - (1 - q^{k+1})^n \approx nq^{k+1}$.

Жалпы $Q_{\text{жалпы.рез.}}/Q_{\text{эл.бойын.рез.}}$ салыстырғанда элемент бойынша резервтеу тиімділігі n^k болады. Тереңдігі n және артықшылықтың k еселігі артқан сайын оның тиімділігі артады. Элементтердің артықтығын пайдалану сенімділігі шектеулі қосымша байланыстырушы элементтерді енгізумен байланысты. Осыған байланысты оптималды резервтеу тереңдігі $n_{\text{опт}}$ бар, $n > n_{\text{опт}}$ болғанда резервтеу тиімділігі төмендейді.