

**Ўзбекистон Республикаси Олий ва ўрта махсус таълим
вазирлиги.**

**Абу Райхон Бериий номидаги Тошкент давлат техника
университети.**

А.А. Рашидов.

Бузилишга барқарор микропроцессор тизимларни қуриш.

Ўқув қўлланма.

Тошкент 2003.

Муаллиф: А.А. Рашидов

УДК 681.824.019.3

Бузилишга барқарор микропроцессор тизимларни куриш.

Ўқув қўлланма Рашидов А.А. Тошкент давлат техника университети Тошкент 2003. 135бет.

Эффектив назорат орқали тестлашни ва тизимларни ташкил этувчи қисмларини ишлашга лаёқатини тиклаш йўли билан, ҳисоблаш тизимларини бузилишга барқарорлигини таъминлаш усуллари келтирилган. Қўлланмада Марков занжири асосида ББХТнинг ишончилилик модели, назорат жараёнлари модели ва ББХТларини тикланиши куриб чиқилган. Бузилишга барқарор тизимларни ташкил қилишга мисоллар келтирилган.

Қўлланма М522003 сонли мутахассислик магистрлари, аспирантлар ва ББХТлари соҳаси бўйича ишловчи илмий ходимлар учун мўлжалланган.

Электрон ҳисоблаш воситаларини лойиҳалаш ва технологияси кафедраси.

30 номдаги библиографиялар, 31 илова, 5 жадвал, 31 расмлар киритилган.

Абу Райҳон Беруний номидаги Тошкент давлат техника университети илмий методик кенгаши қарори билан чоп этилди.

Тақризчилар: Ўзбекистон Республикаси Вазирлар
Маҳкамаси қошидаги илм ва техника
Марказий амалий тадқиқот бўлими
бошлиғи ф.м.ф. доктори Азаматов З.Т.
Тошкент давлат техника университети
Информатика кафедраси мудири
т.ф.н доц. Сағатов. М.

©Тошкент давлат техника университети. 2003.

Кириш.

Ҳозирги вақтда ҳисоблаш техника воситаларини кўплаб ишлаб чиқа-риш ва уларнинг ишончлилигини ошириш йўлида катта ишлар олиб борил-моқда. Бундай шароитда бузилишга барқарор ҳисоблаш тизимлари (ББХТ) назариясини ривожлантириш ҳам катта аҳамият касб этади.

ББХТдан фойдаланишнинг афзаллик томонлари кўриниб турган ҳолатдир, чунки ҳисоблаш жараёнларининг унчалик катта аҳамиятга эга бўлмаган бузилиши, бошқарувчи ҳисоблаш тизимларини носозликка олиб келиши мумкин. Натижада, ҳисоб-китоб тизимида катта хатоликлар келиб чиққани ёки технологик жараёнларни бузилиши ва бошқа бузилишлар келиб чиқиши мумкин. ББХТдан фойдаланишнинг иқтисодий фойдаси, уларни ишлатишда сарф ҳаражатни пасайиши ва тизимнинг узлуксиз ишлаш вақти-нинг ошишида ҳам кўринади.

Ҳозирги замонавий ҳисоблаш воситаларининг қийинчилиги шундаки, амалда тўғр маҳсулотларни барча ҳолатлар ва шароитларда ишлашнинг текшириш мумкин эмас, шунинг учун ББХТ текшириш вақтида аниқланмай қолган хатоликлар, дастурий таъминотида ёки қурилмада рўй бериши мумкин. Бузилишга барқарор тизимларни бузилиши, чиқишдаги ахборотларни нотўғри ифодаланишига олиб келади, бунда шунинг эътиборга олиш керакки, худди табиий ҳолатда рўй берадиган биологик ахборотларни ишлаш тизимида яъни, асаб тизимида алоҳида элементларнинг бузилишидаги юқори даражадаги катъийлиги каби, ББХТларни ташкил этиш ҳар-хил техник ечимларга таянган ҳолда бузилишларга юқори даражадаги катъий(барқарор) тизимларни шакллантирилмоқда ва улар ўз ичига олган дастурий воситалар ҳамда қўшимча аппарат харажатлари билан ифодаланмоқда. Ҳисоблаш тизимлари-нинг бузилишга барқарорлик даражаси фақат ундаги қўшимча воситалар сони билан эмас, балки уларни ишлатиш жараёнларига, таъмирлаш йўллари ва ишлашнинг қайта тиклашга боғлиқдир.

ББХТнинг юқори даражадаги ишончлилиги, содир бўладиган хатоликлар таъсирида иш самарадорлигини пасайишини қисқартиради ва хизмат кўрсатишдаги сарф ҳаражатларни камайтиради.

Умумий режада ҳар бир ХТдан фойдаланиш учун унинг оптимал ечим мавжуддир, бу тизимнинг ушбу ечимга яқинлашиш даражаси ва уни тўғри татбиқ этишга боғлиқдир.

Бошқа ҳар қандай ечим ХТнинг ишлаш самарадорлигини йўқолиши ва олинган натижаларини тўғрилиги (ҳақиқийлиги) даражасини камайишига олиб келади.

Ҳозирда мавжуд усуллар ХТнинг самарадорлигини нисбатан тез ва аниқ баҳолашга лаёқатлидир. ХТларда ишлатиладиган электрон элементлар ишончлиги узок муддат талаб этувчи ва қимматга тушувчи тажрибатар орқали аниқланади. Ишончлиликнинг аниқ қийматли кўрсаткичлари ишлаб чиқаришда қатъий технология ва конструкция асосида чиқариладиган электрон элементлар учунгина мавжуд. Янги ихтиро этилган элементлар учун эса бу кўрсаткичлар тахминан аниқланади.

ХТнинг ишончлиги ва самарадорлиги нафақат аҳолида элемент-ларнинг бузилиши, ёки дастурдаги хатоликлар орқали, балки автоматлаш-тирилган назорат йўли, диагностикаси, реконфигурация қилиш қобилиятига балки, ахборотларни тикланиши ва ХТга хизмат кўрсатишни ташкил этишга ҳам боғлиқ. Лекин ҳозирги вақтда буларни барчасини эътиборга олувчи умумий модел мавжуд эмас.

Қўлланмада ББХТни математик модели, яъни бор маълумотлар асосида бузилишга барқарор тизимларни танлаш ва ишлашини ташкил этиш кўриб чиқилган.

1-боб. Бузилишга барқарор тизимларни лойиҳалаш жараёнининг хусусиятлари.

1-1. Асосий тушунчалар ва хусусиятлар.

Ҳисоблаш техника воситаларининг ишончлилик соҳасидаги охириги ютуқлари, алоҳида қисмлари бузилган ҳолатда ҳам тўғри ишлаш қобилиятини йўқотмайдиган ҳисоблаш тизимларининг(ХТ) яратилишидир. Ҳисоблаш тизимларининг бундай хусусиятлари бузилишда барқарорлик деб ном олди. бундай ХТлари эса-бузилишга барқарор ҳисоблаш тизимлари (ББХТ) деб аталади.

ХТнинг бузилишга барқарорлигини таъминловчи воситаларни ишлатиш бир қатор атама ва тушунчаларни қўлланилиши билан узлуксиз боғлиқ. булар техник қурилмаларни (объект) ишончлилик масалаларидан умумий ва хусусий ҳолларда фойдаланишни таъминлайди. Шу сабабли ГОСТ27.002.93га асосланган ҳолда бир қатор атамалар ва асосий тушунчаларни келтирамиз.

Ҳисоблаш тизими (ХТ) деб ахборотлар устида амаллар бажарувчи, берилган топшириқни бажариш мақсадида бирор кўринишда доимий ўзаро таъсир этиш шаклида бириктирилган дастурий ва аппарат воситалар йиғиндисига айтылади.

ХТ архитектураси-фойдаланувчи қабул қила оладиган кўринишда тизимларнинг хусусиятлари йиғиндиси.

Ҳисоблаш жараёни-берилган топшириқни бажариш учун керак бўлган тизимнинг йўнаттирилган ҳатти ҳаракатлари йиғиндиси.

ББХТ ишончлилиги-бузилишлар содир бўлган шаронтда ва алоҳида компонентлари ишламай қолган вақтда, тизим ўрнатилган вақт оралиғида барча кўрсаткичларнинг қийматларини сақлаб қолиши ва татаб этилган вазифани керакли режимда бажарилишини таъминлаш тавсифий қобилиятига айтылади.

ББХТни давомий ишлаши-тизимнинг ўрнатилган режим асосида ишга лаёқатини, унга техник хизмат кўрсатиш ва таъмирлашни сақлашиб қолиши,чегаравий ҳолатга етиб боргунча давом этади.

ХТ чегаравий ҳолати-тизимнинг шундай ҳолатики, унга етиб келиш билан тизимни қайта ишлатиш техник жиҳатидан

мумкин бўлмайди ёки иқтисодий жиҳатидан мақсадга мувофиқ бўлмайди.

ХТларнинг компоненталарининг бузилиши ҳисоблаш тизими компоненталарининг ишлашга лаёқатини бузилишидан иборат.

Қисқа узилиш (сбой)-ХТ компоненталарининг бузилишини ўз-ўзидан тузалиши, бунда қисқа муддатга ишлаш қобилияти йўқолади.

Хато-ХТда бузилиш ёки узилиш содир бўлиши. Ҳисоблаш тизимларининг ишончлилиги ва бузилишга барқарорлигига бағишланган ишларда яшовчанлик ва бузилишга барқарорлик ёритилади. Бузилишга барқарорлик- ҳисоблаш тизими компоненталарида бузилиш ёки бир неча марта узилиш (сбой) содир бўлганда ҳам тизим берилган дастурни бажариш хусусиятини йўқотмаслиғидир.

ХТнинг барқарорлиги d -ХТ компоненталарини бузилишлари сонининг нисбати d дан ошмайдиган барқарорлик.

ББХТнинг бузилиши- максимал тўхтаб қолиш учун рухсат этилган вақт ичида, ХТда мавжуд бўлган дастурий ва аппарат воситалар ёрдамида тизимнинг бузилган ёки қисқа узилган компоненталарини носозчиқлари оқибатида, тизим ўз ишлаш жараёнини автомат равишда тиклай олмаслиғидир.

ХТнинг конфигурацияси-ишчи вазифани бажаришга мақсадли йўналтирилган тизимнинг ўзаро таъсирда ишлашини таъминловчи дастурий ва аппарат воситаларининг йиғиндисидир.

ББХТнинг реконфигурацияси-тизимнинг дастурий ва аппарат воситаларининг таркибини ва ўзаро таъсирини ўзгартириш мақсадида, бузилган дастурий ва аппарат компоненталарини иш жараёнидан четлатишдир.

ББХТни тиклаш-тизимнинг автомат равишда ишлашга қобилиятини тиклашдан иборатдир.

ББХТни таъмирлаш-муҳафазаси ёрдамида тизимнинг ишлаш қобилиятини тиклашдан иборатдир.

ХТ етарлилиги-ББХТларнинг ишонччилигини ошириш мақсадида, қўшимча дастурий ва аппарат воситаларини, қўшимча алгоритм ёки қўшимча ҳисобларни бажарилиш имкониятлари вақти.

Ҳисоблаш вақтида баъзи хатоликларга қарамай алгоритм тўғри натижани таъминлай олса, алгоритмик етартилик бўлади. Бундай алгоритмларга статик синовларга асосланган ҳолда Монте-

Карло усули алгоритмлари киради. Агар ишланаётган маълумотлар ўзига ахборотларни у ёки бу кўринишда қисман такрорланишини олса ва бу тизимнинг ишлаши давомида баъзи бир бузилишлар содир бўлганда ҳам берилган ахборотларни тикланишини таъминласа, бу ҳол ахборот етарлилигини билдиради.

Заҳира киритиш етарлилигининг тавсифий йўлидир, бунда ХТнинг бир ёки бир нечта элементлари бузилганда ҳам тизимнинг ишлашга лаёқатини сақлаб қолиш мақсадида қўшимча воситалар имкониятлардан фойдаланилади.

Етарlilik статик ҳамда динамик кўрсаткичларга ажралади. Статик етарlilik бузилиш содир бўлиши билан дарҳол автомат равишда амалга ошади. Бундай тизимлар шундай хусусиятга эгаки, бузилиш содир бўлганда ҳам тизимнинг бузилмаган қисми ишни бажарилишини давом эттиради. Бунда бузилиш "маскаланади" (аниқланмайди), динамик етарlilikга эса назорат қурилмасидан бузилиш ҳақидаги сигнал олингандан сўнг, тизимнинг ишлашини бир мунча қайта куриш орқали эришилади.

Объектларнинг асосий назоратга лаёқатlilik (ГОСТ 27.002-83) кўрсаткичлари қуйидагилар:

Тўлиқ тўғри ишлаш ҳолатини назорат коэффиценти $K_{t,m} = I_{\lambda} / I_{\lambda_0}$, бу ерда I_{λ} - объектнинг қабул қилинган бўлиниш даражасида текширилаётган ташкил этувчи қисмларининг бузилиш интенсивлиги йиғиндиси, I_{λ_0} - тизим учун қабул қилинган барча ташкил этувчи қисмларининг бўлиниш даражасидаги бузилишлар интенсивлигининг йиғиндиси.

Нуксонли кидириш чуқурлик (куйиллик) коэффиценти $K_{\lambda,r} = F/R$, бу ерда F - тизимнинг қабул қилинган даражадаги бўлинишнинг ташкил этувчи бир-биридан катъий фаркланадиган қисмлари сони, R - тизимнинг қабул қилинган даражада бўлинган ташкил этувчи қисмларининг умумий сони, унда нуксон жойлашган қисмининг талаб этилган аниқлик даражасида топилди.

Диагностика тестларининг узунлиги $L = \{1, 2, 3, \dots, |L|\}$ бунда $|L|$ - таъсир этувчи тестлар сони.

Диагностика қилиш кўрсаткичлари:

Диагностика қилишда хатолар кўриниши эҳтимоли $P_{i,j}, i \neq j$, $P_{i,j}$ - бир вақтда i кикита ҳодиса келиб тушиши эҳтимолиги; диагностика қилувчи тизим i техник ҳолатида турса, диагностика вақтида эса j ҳолатида турибди деб ҳисобланади.

Тўғри диагностика қилиш эҳтимолли- диагностика қилинаётган тизимнинг техник ҳолатини тулиқ эҳтимолтиги бўлиб, у диагностика қилинаётган объектнинг ҳақиқий жойлашган қисмининг кўрсатади.

Ишончлилигининг комплекс кўрсаткичлари: тизим ўз ҳолатида, режалаштирилган вақт давридан ташқари, ихтиёрий вақт мобайнида ишлаш ҳолатига ўтиб қолади. Тизимнинг шу вақт мобайнида мақсадли қўлланилиши кўзда тутилмаган бўлади.

Тезкор (оператив) тайёргарлик коэффициенти- шундай эҳтимолликки, тизим қандайдир вақт мобайнида ўз-ўзидан ишлаш ҳолатига ўтиб қолади, бу эса режалаштирилган давр эмас, шу оралиқда тизимнинг қўлланилиши кўзда тутилмайдиган ва шу вақтдан бошлаб берилган вақт оралиғида тизим бузилмайдиган бўлади.

Эффективлигини сақлаш коэффициенти-бу эффективлигининг қиймат кўрсаткичи бўлиб, у шу қийматнинг метёрий кўрсаткичига нисбатан маълум вақт давомида ишлаганидан сўнг аниқланади ва худди шундай вақт мобайнида тизимда бузилиш содир бўлмайди. ХТни бузилишга барқарорлигини таъминлашнинг асосий воситаси захиралашдир.

1-2. Бузилишга барқарор ҳисоблаш тизимларини ташкил этиши.

Бузилишга барқарор ҳисоблаш тизимларининг тавсифини ўзига хослиги шундаки, бузилишларга барқарорлик хусусиятини татбиқ қилиниши, ҳисоблашга таъсир қилувчи хатолар автомат равишда четлаштирилади. Бундай хатоликлар тизим элементларининг бузилиши оқибатида содир бўлиб, охириги натижага у ёқни бу кўринишда таъсир этади. Буни йўқотиш эса кўшимча воситаларни (ортиқча аппарат ва дастурий таъминотларни) киритиш билан амалга оширилади. Буни бузилишга барқарорликни таъминлаш воситалари деб атаيمиз(ББТВ). Бу ерда шунинг ҳисобга олиш керакки, ББТВни лойиҳалаш жараёни худди воситаларини лойиҳалаш каби айнан фойдаланувчининг ахборотларини ишлашга мўлжалланган бўлади. Шунга қарамай бундай тизимларни лойиҳалаш жараёни анчагина оғир бўлади, чунки улар автомат равишда бир қатор махсус вазифаларни бажаради, бундай функциялар умумий ҳолларда

фойдаланувчидан яширилган бўлади. Бундан ташқари, бу функцияларни татбиқ қилишда ечитаётган масалани тавсифлари, тасодифий катталиклар, вақтга боғлиқлиги ва ҳисоблашда содир бўладиган хатоликларни жойи ҳам тавсир қилади.

Бундай функциялар қуйидагилардир [1,3,5]

1. Ҳисоблашда содир бўладиган хатоликларни топиш.
2. Ҳисоблашдаги хатоликни бартараф этиш.
3. Тизим аппаратларини бузилиш ёки қисқа вақт узилишини топиш.
4. Тизим элементлари бузилишини тарқатиш йўли.
5. Элементларнинг ҳолатига кўра тизимнинг ҳозирги вақдаги ҳолатини аниқлаш.
6. Бузилган элементлар бўлса тизимнинг ишлаётган алгоритмининг ўзгаришига қарор қабул қилиш.
7. Тизим тузилишини қайта қуриш (оддий ҳолатда, бузилган элементларнинг автомат равишда захирадагиси билан алмаштириш).
8. Бузилган аппаратни қайта тиклаш (инсон ёрдамида ҳам бўлиши мумкин).

Ушбу функцияларни барчасини ишлатилиш мазмунига кўра иккита гуруҳга бўлиш мумкин. Биринчиси фақат битта функциядан, яъни ҳисоблашда бузилиш содир бўлишлик далилини топиш, иккинчиси эса, қолган функцияларни умумий вазифаси тизимнинг ишга яроқлигини тиклашдан иборат. Шу сабабли биз биринчи гуруҳ функцияларини топиш функцияси, иккинчисини—тикланиш функцияси деб атаймиз.

ББХТни лойиҳалаш шунинг кўрсатадики, ББТВни тайёрлашда кетадиган кўшимча аппарат ва дастурий воситаларни

ишлатиш сабабли, уларга кетадиган сарф ҳаражат анчагина қатта бўлади. Лекин улар қўлланиш жараёнида ўзини оклайди, кейинги захира компонентларига кетадиган ҳаражатлар анча камаяди, чунки, бундай компонентлар бузилишга барқарорлик хусусиятига эга эмас ва тизимда жуда зарур бўлади. Бундан ташқари тизимда элементлар бузилиши ҳисобиға тўхтаб туришлар тугатилади.

Бундан ташқари шуни назарда тутиш керакки, замонавий ХТларнинг қўлланилишда бузилишга барқарорлик албатта таъминланиш шарт. Бузилишга барқарорлик тушунчасига қуйидагилар кирази: бузилишлар инсон ҳаётиға хавф солган ҳолларда (посэдларин бошқариш, самолётларин, пилотли космик кемаларин ва бошқа қурилмаларда атом электр станцияларин бошқариш, мудофаа тизимларида, назорат тизимларида ва касалхоналарда ва бошқа соҳаларда) бузилишга барқарор тизимлар бўлиши шарт.

ХТнинг қисқа мудатли бузилиши оғир иқтисодий оқибатларға олиб келади (ишлаб чиқаришни бошқариш ва автоматлаштирилган корхоналарда технологик жараёнлар, электр энергиясини тақсимлаш, телефон тармоқлари ва бошқа алоқа турларида), бундан ташқари қўлда бошқариш имконияти бўлмаган, учувчисиз космик кемаларда қўлланилишини, узок масофада жойлашган ва етиб бориш қийин бўлган табиий ҳолатларини назорат қилувчи қурилмаларда ва бошқатарда ишлатилади.

ББТВларини лойиҳалаш жараёнини шартли равишда кетма-кет поғоналаш кўринишида тасаввур қилиш мумкин, уларда қуйидаги масалалар аснисида ечилиади:

1. Тизимнинг бузилишга барқарорлигини таъминловчи мақсадли функцияси аниқланади. Бу поғонада тизим ихтироси учун техник кўрсатма кўриб чиқилади ва тизимнинг яратилишининг асосий мақсади аниқланади. (мисол учун, технологик жараёнларини бошқариш тизими), улардан фойдаланиш шаронлари аниқланади (атроф-муҳитнинг ўзига ҳослиги, аппаратни тикланиш имконияти, ишлаш ҳолатлари ва шаронлари) бажариладиган алгоритмнинг тавсифи ва ўзига ҳос ҳислатлари ўрганилади. Кейин носозликнинг синфини аниқланади, лекин тизим барча бузилиш турларига катгий муносабатини таъминлашни зарур ва бузилишга барқарорликни талаб этиладиган қийматлари (критерий-лари) сонлари аниқланади. Бу

критерийлар тизимининг берилган функцияни бажара олишга лаёқатини баҳолашга старли имконият бериши керак ва лойиҳалаш учун уни ташкил этиш вариантларини тўғри ташлашга таъсир этади.

2. Бузилишга барқарорликни таъминловчи воситаларни (ББТВ) вазифаларини ҳисобга олган ҳолда тизимнинг архитектурасини лойиҳалаш. Тизимнинг ўрнатилган мақсадли вазифаси асосида қисқа узилиш ва бузилишлар содир бўлганда, унинг ишлаш қонуниятларини аниқлаш асосий масала ҳисобланади. Ушбу қонуниятга мос равишда тизимни хатоликларини топиш, уларни бартараф этиш, ахборотларни ва қурилмаларни тиклаш алгоритминини киритилади.

Хатоликларни аниқлаш жамланган усуллар бузилишига барқарорликнинг ўрнатилган кўрсаткичлари орқали аниқланади ва барча носозликларни ўз вақтида топилишини таъминлаш керак. Хатоликни топиш сигнали орқали ишга тушириладиган тикланиш алгоритминини лойиҳаланади, (асосий функцияни ҳисобга олган ҳолда), яъни тизим ахборотларини ишлашда ёки тахлидсиз тўхталишда барча меъёрий режимларни қайтишини ҳисобга олиб киритилади.

Тикланиш усулини ташлаш, қурилма ва ахборотларни шпикастланиши-ни қўйилаётган даражаси ва меъёрий ишлаш учун талаб этилаётган тикланиш тезлиги орқали аниқланади. Бундан ташқари тикланиш жараёнида тизимнинг бузилган қисмига ташқаридан араташув ҳам ҳисобга олиниши керак (рақамли тизимдан ёки одам томонидан). Қўйилаётган вазифаларни киритиш, тизимнинг бошланғич архитектурасини ўзгартириши талаб этиши мумкин. Бунда тизимга схематар, назорат қилиш дастурлари, захира процессорлари ёки ишча элементлари қўйилиши, хотира ҳажминини кенгайтиши ва бошқариш сигналларини кетма-кетлиги ўзгариши мумкин ва ҳоказо.

Агар топиб олиш вазифаси, бузилишларни бартараф этиш ва ахборотни тиклаш, тизимнинг махсус ташкил этилган автоном компонентлари ҳисобига бўлса, унда ҳозирги(ҳақиқий) ҳолатини аниқлаш вазифаси ишлаш алгоритминини ўзгартириш учун қарор қабул қилиш ва тизимни қайта ишлаш усулини бошқариш, фақат умумтизим вазифаларини таъминлашда бўлиши мумкин. Бундан келиб чиқадикки, улар тизим архитектураси яратилаётган вақтда албатта ҳисобга олиниши керак. Шунини қайд

этиш керакки, оптикликни киритиш усули мавжуд бўлиб, унда хатоликларини топиш вазифаси, бузилишларни бартараф этиш ва ахборотларни тиклаш бажарилади. масалан, таққословчи схемани можаритар заҳиралаш.

3.Тизимнинг бузилишга барқарорлигини баҳолаш. Ушбу усул аналитик моделлаштириш ёки иккита усулни комбинацияси ёрдамида счилиши мумкин.Бу қадамда фақат тизимнинг бузилишга барқарорлик кўрсаткичларини сопти қийматларини олиш бўлмай, балки унинг «тор» жойларини ҳам аниқлаш, бошқача айтганда, кўрилатган кўрсаткичлар қийматини камайишида катта аҳамиятга эга бўлган компонентлар аниқланади.

4.Лойиҳалаштирилатган архитектуранинг моделлаштиришдан олинган натижалар асосида аниқлаштириш.

ББТВ ларни лойиҳалаш жараёнида санаб ўтилган масалаларни ечишни автоном талаблар сифатида қараш керак эмас. Ушбу жараён ҳисоблаш тизимларини яратиш жараёнининг элементи бўлиб, у битта функционал мақсад билан шартланади. У ҳам бўлса берилган вақт мобайнида сифат кўрсаткичлари асосида ахборотларни ишлаш натижаларини аниқ қабул қилиш ва узатишдир. Шу нуқтан назардан қараганда ХТларни лойиҳалаш жараёни ахборот ишлаш жараёнининг ўзаро боғлиқлик функцияси деб қаралади ва улар берилган сифат кўринишлари, ҳамда берилган чегараланишли ББТВ лари бўлади.

1.3. ХТлари компоненталарининг ишончлилиқ кўрсаткичлари.

Бузилишга барқарор тизимларни лойиҳалашдан олдин, лойиҳалаш- тирувчи унинг элементларини баҳолашни керак. Фараз қилайлик, тизимнинг элементи сифатида қандайдир минн ЭХМ танлаб олинсин. Текширилатган объектнинг ишончилигини баҳолашнинг осон йўли, унинг бузилиш интенсивлигини аниқлаш бўлиб, у объект компонентларининг бузилиш интенсивлиги йиғиндисига тенг бўлади. Кейин бузилишгача бўлган ишлашн тўр ҳисобланади.Бузилишгача бўлган ишлашнинг экспотенциал тақсимланиши?

Тўр= $1/\lambda_0$ га тенг бўлади.

Оддий микро-ЭХМ нинг процессор қисми учун бузилиш интенсивлигини ҳисоблаш учун мисол биринчи жадвалда келтирилган. Бу ҳисобларда атроф-муҳит ҳарорати, юкланиш даражаси ва бошқа факторлари ҳисобга олинган ҳолда, ҳар бир қурилманинг компонентлари сони ва компонентларининг бузилиш интенсивлиги ҳисобланади. Шунини айтиб ўтиш керакки, компонентлар бузилиш интенсивлиги йиғиндиси ишончлиликини қуйидан баҳолашни беради, чунки компонентларнинг барча бузилишлари ҳам жараёни тўхтатишга ёки ёлғон натижага олиб келмайди.

Мисол учун, бошқариш турида носозлик кўп ҳолларда ёруғлик лампаларининг бузилишидан келиб чиқади, бу эса ҳисоблаш жараёнининг тўғри ишлашига таъсир кўрсатмайди.

Иккита турдан иборат процессор қисмларининг бузилиш интенсивлиги ва унинг бузилишгача бўлган ўртача ишлаши иккинчи жадвалда кўрсатилган.

Икки хил турдаги микро-ЭХМ қурилмаларининг қолган қисмлари бузилиш интенсивлиги ва унинг ишончлилики кўрсаткичлари йиғиндиси 3- жадвалда кўрсатилган. Ушбу жадвал МДАЙ-магнит дискали ахборот йиғувчилар, МТАТ-магнит тасмали ахборот ташувчилар ҳақидаги маълумот-ларни ўзида жамлаган.

Шундай қилиб, ХВ нинг элементлари ишончлилигини бундай ҳисоблаш, уларни бузилишга барқарорлигини таъминлаш воситаларини яратиш учун дастлабки маълумотларни олишга имкон беради.

1-жадвал.

Компонентлар	компо- нентла- рни бузи- лиш интен- сивли- ги 10^{-8}	Марказий процессор		Магнит ҳалқалардаги ХҚ ҳажми		Бошқариш панели		Истеъмол манбаи ва тақсимилаш шмалари	
		ком- поне- нтла- р сони	бузи- лиш инте- нсив- лиги	комп- онен- тлар сони	бузи- лиш инте- нсив- лиги	ко- мп- онен- тлар со- ни	бузи- лиш инте- нсив- лиги	Компо- нентла- р сони	Бузи- лиш интенсив- лиги
ИМС	0,1	190	19,0	70	7,00	20	2,00	10	1,0
Диод	0,02	6	0,12	150	3,00	-	-	10	5
Диод	0,5	-	-	-	-	-	-	10	5
Транзистор	0,05	-	-	60	3,00	-	-	-	-
Транзистор	0,3	-	-	-	-	-	-	9	2,7
Конденсатор	0,00 2	120	0,24	150	0,30	-	-	15	0,03
Конденсатор	0,0 4	-	-	-	-	-	-	-	0,12
Резистор	0,01	160	1,60	300	3,00	80	0,80	100	1,00
Резистор	0,1	-	-	-	-	-	-	2	0,20
Трансфор-р	00,1	1	0,10	40	4,0	-	-	-	-
Трансфор-р	0,2	-	-	-	-	-	-	3	0,60
Қалай	0,00 01	4000	0,40	3000	0,30	40 0	0,04	200	0,02
Разъём	3,5	4	4,00	-	-	-	-	-	-
Разъём	2,00	-	-	4,00	-	-	-	-	-
Ҳалқа	0,00 01	-	-	64K	0,64	-	-	-	-
Ўчирувчи	0,2	-	-	-	-	25	5,00	-	-
Лампочка	0,5	-	-	-	-	50	25,0	-	-

							0		
Предохранитель	0,1	-	-	-	-	-	-	2	0,20
Манбадан Узиш	0,5	-	-	-	-	-	-	1	0,50
Вентилятор	0,3	-	-	-	-	-	-	1	3,00

2-жадвал

Қурилма	4К сўз хотирали процессор		16К сўз хотирали процессор	
	Қурилмалар сони	Бузилиш интенсивлиги 10^{-6}	Қурилмалар сони	Бузилиш интенсивлиги 10^{-6}
Марказий процессор		5,46		5,46
Магнит ҳатқали ХҚ		5,24		00,96
Бошқариш пулти		2,84		2,84
Истеъмол манбаи		4,37		4,37
Барча процессор қисм-лари		07,91		83,63
Бузилишгача бўлган ўртача ишлаш, соат		267		446

3-жадвал

Миния-ЭХМ А	Бузилиш интенсивлиги $\times 10^{-6}$
4К сўз хотирали процессор	107,91
Босма машина контроллери	10,20
Босма машина	1000,00
Хаммаси	1118,11
Бузилишгача бўлган ўртача ишлаш	894 соат
Миния-ЭХМ	Бузилиш интенсивлиги $\times 10^{-6}$
К сўз хотирали	163,63
48К сўз қўшимча хотира	302,88
Босма машина контроллери	10,20
Босма машина	1000,00

МДАЙ контроллёр	15,40
МДАЙ	256,00
МТАЙ контроллёр	14,30
МТАЙ	345,00
Перфолентадан киритиш контроллёрни	10,50
Перфолентадан киритиш қурилмаси	250,00
Босма қурилма контроллёрни	13,20
Босма қурилма	420,00
Қўшимча истеъмол манбаи ва тақсимлаш қурилмаси	14,37
Хаммаси	2843,48
Бузилишгача ўртача ишлаш	352 соат

1.4 ББХТни лойиҳалашнинг асосий босқичлари.

Бузилишга барқарор тизимларни яратиш дастурини амалга ошириш билан 5-15 йил шуғулланилади ва у ишлаб чиқаришда янги элементларни, микроэлектрон қурилмаларни ва ҳисоблаш техникасини ўзлаштирилишига боғлиқ.

Умуман мураккаб тизимларни лойиҳалашни режалаштиришни қуйидаги босқичларини кўришимиз мумкин [3,14]:

1.Тизимни назарий ва тажрибавий текшириш, анализ қилиш;

2.Тизимларни маънавий ва техник яроқсиз бўлиб қолмаслигини ҳисобга

олган ҳолда истиқболлиларини лойиҳалаштириш;

3.Бор тизимларни ва янгиларини техник экономик кўрсаткич талабларига жавоб бера оладиган қилиб лойиҳалаш.

Биринчи босқичда кўп ҳолларда тажрибавий моделларни ва тизимларни лойиҳалаштирилади, бу эса 3-7 йил демакдир, бу даврга техник ва ишчи лойиҳани ҳужжатларини тайёрлаш ва намуна нусхасини тайёрлаш ҳам киради.

Иккинчи босқич ишлайдиган база тизими билан тугалланади, ундан кейин ўзгаришлар киритишдан фойдаланилади

Тизимни яратиш катта вақт талаб этади; 3-10 йил бўлиб у бошланғич лойиҳанинг сифати, кириш тамойилларини тўғри танланганлиги, лойиҳа-лаштирувчиларнинг доимийлиги ва ишлаб чиқариш қобилияти, тизимни ишлаб чиқаришга тез жорий қилинишига боғлиқдир.

Тизимни лойиҳалаштиришнинг учинчи босқичи одатда база тизимнинг ишлаши билан параллел олиб борилади ва унинг техник-экономик кўрсаткичларини яхшилашга имкон беради.

Иккинчи босқич кўп ҳолларда тизимни қўлланилишидаги имкониятларини ва эффективлигини таъминтайди., чунки ишлашни тўғри ташкил қилиш анча юқори кўрсаткич тавсифларини олишга имконият яратади. Шу билан бирга маънавий ишга яроқсизликни ҳисобга олиб тизимни янгиликлар билан бойитилади.

Модификация қилиш босқичи тизимнинг янги вариантини лойиҳалаштиришдан, янги талабларга мос равишда хизмат кўрсатиш ва ишлатиш маълумотларини техник ечимини такомиллаштиришдан иборат. Тизимни ишлаб чиқариш унумдорлиги ва ишончлилигини оширишда, технологик тайёрлашни ўзгартириш, янги дастурий таъминотни яратиш, эффектив ишлаш шартларини аниқлаш муҳим аҳамият касб этади.

Бузилишга барқарор микропроцессор тизимларини лойиҳалаштиришни иккинчи босқичида қўйидагиларни кўрсатиш мумкин:

1.Тизимнинг техник кўрсаткич қийматларини ва бузилишга барқарорлигини киритилиш мақсадларини аниқлаш, мисол учун, берилган вақт оралиғида тизимнинг тайёргарлигини ва техник ишдан коэффицентини ошириш, хизмат кўрсатишга кетадиган харжларни камайтириш, мураккаб масалаларни тизим томонидан бажариш эҳтимоллигини ошириш.

2.Техник воситалардан фойдаланишни ҳисобга олган ҳолда, тизимнинг структуравий уланиш талаблари ва ташкил этилишини шакллантириш.

3.Тизимнинг дастур воситаларини ва қурилма таркибини аниқлаш, иккинчи босқичдан олинган ечимга аниқликлар киритиш.

4. Тизимни техник лойиҳалашни аниқ вариантларини яратиш ва унинг ишлашнинг моделлаштириш.

5. Ишчи лойиҳа ва тажриба учун нусхани кейинги ишлаб чиқаришда ишлатиш.

Ишни бажарилиши ҳар бир санаб ўтилган босқичда структура билан боғлиқ бўлади ҳамма тизимни физик ва мантикий боғланиш хусусиятларини ташкил этади. Мисол учун, тизим элементларини танлашнинг, берилган интерфейс элементлари билан ўзаро боғлиқлиги, ахборот алмашиш тезлигига чегараланишлар қўяди, шу сабаблар диагностика қилишда ва

нишлатида элементларнинг ишлаш вақтларини бўлиниши учун хизмат қилади.

Иккинчи босқичда микропроцессорли бузилишга барқарор тизимларни асосий талаблари аниқланади, улар ичида қуйидагиларни алоҳида кўрсатишимиз мумкин:

1.Тизимни элементлар носозлигидан муҳофазаси.

2.Ўзига қурилган назорат воситаларини (ЎҚНВ) ташкил этишининг ўхшашлиги.

3.Кам сонли уланишларда элементлар носозликларини кидириш имконияти.

4.Хар хил носозликларини аниқлаш учун тизимнинг структурасини қайта қуришни таъминловчи воситаларни борлиги.

5.Носозликларни диагностика қилиш дастурларини унификация қилинганлиги.

Тўсатдан бузилиш ҳолатларида ХҚВ(хизмат кўрсатиш воситалари)ни талабларини татбиқ қилиш (тизимни «осилиб қолиши», асосий уланиш чизиқларини уланиши ва ҳ.к.) ҳамда, тизимнинг элементларини носозлигини кидириш жараёнини таъминлашдан иборат. Одатда тизимни тўсатдан бузилиш носозликларидан муҳофаза қилиш учун, ахборотларни ҳар хил захиралаш усуллари ва структура захиралаш усулларидадан фойдаланилади.

ЎҚНВ ни ўхшашлиги шундай тизимлардан фойдаланишни қулайлигидан келиб чиқади. Хусусан, ХҚВни ўхшашлиги тизимларни ва элементларнинг диагностика алгоритмларини умумлаштиришга имкон яратади.

ЎҚНВ га кўп сонли уланишларни киритилиши диагностика вақтини ўсишига олиб келади. Бу эса ўз навбатида аппарат ташкил этишини синхронлашни ва алоҳида элементлар орасида ахборотлар алмашишини мураккаблаштиради. Шунинг учун ЎҚНВ да жуда кам сонли уланишли носозликларни кидириш, ишга яроқсиз элементларини диагностикасини руҳсат этилган сонини камайишига ёки тизимнинг тикланишини ва текширишни узаётганига олиб келади. Шубҳасиз, уланишлар сони ва тизим элементларини алмаштириш орасида компромис ечим қабул қилиш, диагностикани эффективлигини таъминлайди.

Тизим структурасини қайта қуриш, тизимнинг ишга яроқлигини таъминловчи ва унн ишлаш қобилиятини тикловчи захира бўлиб ҳисобланади.

Иккинчи босқич кўн ҳолларда тизимни қўлланилишдаги имкониятларини ва эффективлигини таъминтайди. чунки ишлашни тўғри ташкил қилиш анча юқори кўрсаткич тавсифларини олишга имконият яратади. Шу билан бирга маънавий ишга яроқсизликни ҳисобга олиб тизимни янгиликлар билан бойитилади.

Модификация қилиш босқичи тизимнинг янги вариантнинг лойиҳалаштиришдан, янги талабларга мос равишда хизмат кўрсатиш ва ишлатиш маълумотларини техник ечимини такомиллаштиришдан иборат. Тизимни ишлаб чиқариш унумдорлиги ва ишончлилигини оширишда, технологик тайёрлашни ўзгартириш, янги дастурий таъминотни яратиш, эффектив ишлаш шартларини аниқлаш муҳим аҳамият касб этади.

Бузилишга барқарор микропроцессор тизимларини лойиҳалаштиришни иккинчи босқичда қўйидагиларни кўрсатиш мумкин:

1.Тизимнинг техник кўрсаткич қийматларини ва бузилишга барқарорлигини киритилиш мақсадларини аниқлаш, мисол учун, берилган вақт оралиғида тизимнинг тайёргарлигини ва техник ишлаш коэффициентини ошириш, хизмат кўрсатишга кетадиган харжларни камайтириш, мураккаб масалаларни тизим томонидан бажариш эҳтимолигини ошириш.

2.Техник воситалардан фойдаланишни ҳисобга олган ҳолда, тизимнинг структуравий ураниш талаблари ва ташкил этилишини шакллантириш.

3.Тизимнинг дастур воситаларини ва қурилма таркибини аниқлаш, иккинчи босқичдан олинган ечимга аниқликлар киритиш.

4. Тизимни техник лойиҳалашни аниқ вариантларини яратиш ва унинг ишлашнинг моделлаштириш.

5. Ишчи лойиҳа ва тажриба учун нусхани кейинги ишлаб чиқаришда ишлатиш.

Ишни бажарилиши ҳар бир санаб ўтилган босқичда структура билан боғлиқ бўлади ҳамма тизимни физик ва мантикий боғланиш хусусиятларини ташкил этади. Мисол учун, тизим элементларини танлашнинг, берилган интерфейс элементлари билан ўзаро боғлиқлиги, ахборот алмашиш тезлигига чегараланишлар қўяди, шу сабаблар диагностика қилишда ва

ишлашда элементларнинг ишлаш вақтларини бўлиниши учун хизмат қилади.

Иккинчи босқичда микропроцессорли бузилишга барқарор тизимларни асосий талаблари аниқланади, улар ичида қуйидагиларни алоҳида кўрсатишимиз мумкин:

1. Тизимни элементлар носозлигидан муҳофазаси.

2. Ўзига қурилган назорат воситаларини (ЎКНВ) ташкил этишнинг ўхшашлиги.

3. Кам сонли уланишларда элементлар носозликларини кидириш имконияти.

4. Ҳар хил носозликларни аниқлаш учун тизимнинг структурасини қайта қуришни таъминловчи воситаларни борлиги.

5. Носозликларни диагностика қилиш дастурларини унификация қилинганлиги.

Тўсатдан бузилиш ҳолатларида ХКВ(хизмат кўрсатиш воситалари)ни талабларини таъбиқ қилиш (тизимни «осилиб қолиши», асосий уланиш чизиқларини уланиши ва ҳ.к.) ҳамда, тизимнинг элементларини носозлигини кидириш жараёнини таъминлашдан иборат. Одатда тизимни тўсатдан бузилиш носозликларидан муҳофаза қилиш учун, ахборотларни ҳар хил захиралаш усуллари ва структура захиралаш усулларидан фойдаланилади.

ЎКНВ ни ўхшашлиги шундай тизимлардан фойдаланишни қулайлигидан келиб чиқади. Хусусан, ХКВни ўхшашлиги тизимларни ва элементларнинг диагностика алгоритмларини умумлаштиришга имкон яратади.

ЎКНВ га кўп сонли уланишларни киритилиши диагностика вақтини ўсишига олиб келади. Бу эса ўз навбатида аппарат ташкил этишни синхронлашни ва алоҳида элементлар орасида ахборотлар алмашишини мураккаблаштиради. Шунинг учун ЎКНВ да жуда кам сонли уланишли носозликларни кидириш, ишга яроқсиз элементларини диагностикасини рухсат этилган сонини камайишига ёки тизимнинг тикланишини ва текширишни узайишига олиб келади. Шубҳасиз, уланишлар сони ва тизим элементларини алмаштириш орасида компромисс ечим қабул қилиш, диагностикани эффективлигини таъминлайди.

Тизим структурасини қайта қуриш, тизимнинг ишга яроқлилигини таъминловчи ва уни ишлаш қобилиятини тикловчи захира бўлиб ҳисобланади.

параллел ташкил этишда тизим самарадорлигини қисман камайишига олиб келади.

ЎҚНВ ни мослашувчан қилиб қуришнинг эффективлиги мумкин бўлган вариантларни кўриб чиқишга асосланади ва қуйидаги масалаларни ечилишини ўз таркибига олади [30]:

1.Тизимнинг асосий вазифаларини бажариш ва диагностикасини таъминлаш учун элементларнинг уланиш структурасини танлаш. Структуранинг тури тизим томонидан ечилаётган асосий масалаларни самарадорлиги ва текшириш сифатига боғлиқдир.

2.ЎҚНВлари таркибига кирувчи элементлар саноғини аниқлаш (ишлатилмаётганлари сонидан). Ишлаш жараёнида улар орасида қўйилган диагностика ва назорат масалаларини бажарилишини таъминлай оладиганлари танланади.

3.Тизимнинг ишлашидаги эффектив тавсифларини баҳолаш. Бундай тавсифларни ишончлилиги тизимни барча имкониятлари ва қамчиликларини аниқлаш имконини беради. Бу эса ўз навбатида, уни ҳисоблаш ва диагностика жараёнларини бузилишга барқарорлигини ҳисобга олган ҳолда бошқатдан сошлаш имконини беради.

1.5. Ўзаро назорат структурасини танлаш.

Ўзаро назорат структураларини қуриш масалаларини ечишда тизимнинг носозликларини диагностика жараёнларни ҳар хил кўрсаткичлари-ни ҳисобга олиш зарур. Танланган диагностика усулига боғлиқ ҳолда ЎҚНВ лар элементлари структурасини ўзаро боғланишлари сони, тизимни тикланиш вақти ва нархларига таъсир кўрсатади. Охирги натижа шуларнинг барчаси тизимга хизмат кўрсатиш баҳосига ва самарадорлигига таъсир қилади. Мисол учун тикланишли диагностика қилишда элементлараро уланишлар кўп сонли бўлиши талаб этилади. Шу сабабли тизимда ишлайдиган элементларни тиклаш ва алмаштириш, тикланмайдиган диагностика қилишга нисбатан кўп сонли қадамлар бажарилишини талаб этади. Тикланмайдиган диагностикада носозликни кидиришни фақат битта амалидан ва тизимни ишлаш қобилиятини тиклашдан фойдаланилади, лекин бу амални бажарилиш вақти катта бўлиши ҳам мумкин [3,12].

Диагностика қилиш ва тикланиш вақтини ўсиши, хизмат кўрсатиш нархини қимматлашишига ва тизимнинг самарадорлигини пасайишига олиб келади; шу сабабли ЎҚНВни танлашда схемаларнинг кўрсаткичларини тўғри танлаш керак.

Ўзаро назорат структураларини ҳар бирини тавсифлаш $\{b_{ij}\}$ кўрсаткичлар тўпламидан иборат бўлсин.

B_{ij} , $i=1..n$, $j=1..m$, кўрсаткичлар тикланадиган ва тикланмайдиган носозликлар даражаларини аниқлаш диагностикаси, тизимни бузилишга барқарорлигини таъминловчи захира элементлари сони ва ҳ.к. белгилайди.

Ҳар бир диагностика қилиш ва тикланишлар вариантлари учун $\{c_{ji}\}$, $i=1..m$ вектор-устунини таққослаш мумкин. Бу ерда c_{ji} элементлари учун «нархи» ёки «қиймати» мос келувчи j $\{b_{ij}\}$ кўпайтманинг кўрсаткичлари мос келади. Мисол учун, 1-стратегик носозликни топиш даражаси тизим элементларининг носозлигини маълум қидириш вақтига мос келиши мумкин.

D матрицани кўриб чиқамиз, бунда ҳар бир элемент $d_{k,i} = \sum b_{kj} * c_{ji}$ кўринишда аниқланади ёки бошқача айтганда D матрицани $B = \{b_{ij}\}$ ва $C = \{c_{ji}\}$ ёки $D = BC$. (1.5.1)

D матрицанинг ҳар бир қатори ЎҚНВ га мос равишда баҳоланиши диагностика ва тикланишнинг ҳар хил кўринишларида амалга оширилади.

D матрица баъзи j қаторини умумий баҳолаш $d_{j,0}$ ни киритамиз. Бундай баҳолашга мисол бўлиб максимал, минимал келтирилган қатор элементлари қийматининг бузилишга тегишлилигини келтириш мумкин $d_{j,0}$ қиймати j структурани сифатини сонли баҳолашга мос бўлиб, ҳар хил диагностика стратегияси ва кўплаб берилганларни тиклаш учун мўлжалланган.

D матрицанинг j устуни учун $d_{j,0}$ орқали баъзи чораларни белгилаймиз. У кўплаб берилган стратегиялар учун i ни сифатини тавсифлай-ди.

Қўйилган талабларга кўра $d_{j,0}$ ва $d_{0,i}$ дан фойдаланилади, бу тизимнинг ишлаш кўрсаткичларини кўплаб структура ва стратегиялар учун ҳисоблаш имконини беради. $d'_{0,i}$, $d'_{0,j}$ чегараларни киритиш билан келажаги йўқ структура ва стратегия вариантларини аввалдан ташлаб кетиш мумкин. Бу эса барча талабларни қидирувчи структура ва стратегия вариантларини энг яхшиларини танлаб олишга имкон беради.

параллел ташкил этишда тизим самарадорлигини қисман камайишига олиб келади.

ЎҚНВ ни мослашувчан қилиб қуришнинг эффективлиги мумкин бўлган вариантларни кўриб чиқишга асосланади ва қуйидаги масалаларни ечилишини ўз таркибига олади [30]:

1.Тизимнинг асосий вазифаларини бажариш ва диагностикасини таъминлаш учун элементларнинг уланиш структурасини танлаш. Структуранинг тури тизим томонидан ечилаётган асосий масалаларни самарадорлиги ва текшириш сифатига боғлиқдир.

2.ЎҚНВлари таркибига кирувчи элементлар саноғини аниқлаш (ишлатилмаётганлари сонидан). Ишлаш жараёнида улар орасида қўйилган диагностика ва назорат масалаларини бажарилишини таъминлай оладиганлари танланади.

3.Тизимнинг ишлашидаги эффектив тавсифларини баҳолаш. Бундай тавсифларни ишончлилиги тизимни барча имкониятлари ва камчиликларини аниқлаш имконини беради. Бу эса ўз навбатида, уни ҳисоблаш ва диагностика жараёнларини бузилишга барқарорлигини ҳисобга олган ҳолда бошқатдан сошлаш имконини беради.

1.5. Ўзаро назорат структурасини танлаш.

Ўзаро назорат структураларини қуриш масалаларини ечишда тизимнинг носозликларини диагностика жараёнларни ҳар хил кўрсаткичлари-ни ҳисобга олиш зарур. Танланган диагностика усулига боғлиқ ҳолда ЎҚНВ лар элементлари структурасини ўзаро боғланишлари сони, тизимни тикланиш вақти ва нархларига таъсир кўрсатади. Охирги натижа шуларнинг барчаси тизимга хизмат кўрсатиш баҳосига ва самарадорлигига таъсир қилади. Мисол учун тикланишли диагностика қилишда элементлараро уланишлар кўп сонли бўлиши талаб этилади. Шу сабабли тизимда ишлайдиган элементларни тиклаш ва алмаштириш, тикланмайдиган диагностика қилишга нисбатан кўп сонли кадамлар бажарилишини талаб этади. Тикланмайдиган диагностикада носозликни қидиришни фақат битта амалидан ва тизимни ишлаш қобилиятини тиклашдан фойдаланилади, лекин бу амални бажарилиш вақти катта бўлиши ҳам мумкин [3,12].

Диагностика қилиш ва тикланиш вақтини ўсиши, хизмат кўрсатиш нархини қимматлашишига ва тизимнинг самарадорлигини пасайишига олиб келади; шу сабабли ЎҚНВни танлашда схемаларнинг кўрсаткичларини тўғри танлаш керак.

Ўзаро назорат структураларини ҳар бирини тавсифлаш $\{b_{ij}\}$ кўрсаткичлар тўпламидан иборат бўлсин.

B_{ij} , $i=1..n$, $j=1..m$, кўрсаткичлар тикланадиган ва тикланмайдиган носозликлар даражаларини аниқлаш диагностикаси, тизимни бузилишга барқарорлигини таъминловчи заҳира элементлари сони ва ҳ.к. белгилайди.

Ҳар бир диагностика қилиш ва тикланишлар вариантлари учун $\{c_{ji}\}$, $i=1..m$ вектор-устунини таққослаш мумкин. Бу ерда c_{ji} элементлари учун «нархи» ёки «қиймати» мос келувчи j $\{b_{ij}\}$ кўпайтманинг кўрсаткичлари мос келади. Мисол учун, 1-стратегик носозликни топиш даражаси тизим элементларининг носозлигини маълум қидириш вақтига мос келиши мумкин.

D матрицани кўриб чиқамиз, бунда ҳар бир элемент $d_{ki} = \sum_j b_{kj} * c_{ji}$ кўринишда аниқланади ёки бошқача айтганда D матрицани $B = \{b_{ij}\}$ ва $C = \{c_{ji}\}$ ёки $D = BC$. (1.5.1)

D матрицанинг ҳар бир қатори ЎҚНВ га мос равишда баҳоланиши диагностика ва тикланишнинг ҳар хил кўринишларида амалга оширилади.

D матрица баъзи j қаторини умумий баҳолаш d_{j0} ни киритамиз. Бундай баҳолашга мисол бўлиб максимал, минимал келтирилган қатор элементлари қийматининг бузилишга тегишлилигини келтириш мумкин d_{j0} қиймати j структурани сифатини сонли баҳолашга мос бўлиб, ҳар хил диагностика стратегияси ва қўллаб берилганларни тиклаш учун мўлжалланган.

D матрицанинг j устуни учун d_{j0} орқали баъзи чораларни белгилаймиз. У қўллаб берилган стратегиялар учун i ни сифатини тавсифлай-ди.

Қўйилган талабларга кўра d_{j0} ва d_{0j} дан фойдаланилади, бу тизимнинг ишлаш кўрсаткичларини қўллаб структура ва стратегиялар учун ҳисоблаш имконини беради. d'_{0i} , d'_{0j} чегараларни киритиш билан келажаги йўқ структура ва стратегия вариантларини аввалдан ташлаб кетиш мумкин. Бу эса барча талабларни қидирувчи структура ва стратегия вариантларини энг яхшилари танлаб олишга имкон беради.

ЎҚНВ ни баҳолаш учун юқорида келтирилган усулдан фойдаланамиз. Мисол учун, ҳар бир S_j структура $b_{i,1}$ сонли $b_{i,2}$ элементлар носозлигини топиш даражаси билан тавсифлансин, бунда тизим ишга яроқли ҳисобланса, мумкин бўлган синдромлар сони $b_{i,3}$ га тенг. $C_{j,i}$ ни баҳоловчи тўртта стратегия ($i=1,2,3,4$) мавжуд бўлса, уларнинг ҳар бири S_j структурали қиймат кўрсаткичларига $j=1..3$ га мос келувчи кўрсаткичлар бўлсин.

Мисол учун, агар $b_{j,1}$ даражасига маълум бир ўлчамли умумий ишлаш вақти мос келса, $b_{j,2}$ га тизимнинг самарадорлигини пасайиши мос келади (бу вақт бирлигида ифодаланайди), $b_{j,3}$ га эса тикланиш эҳтимолиги ҳисобга олинган ҳолда битта синдромининг ишлаш вақти мос келади. $d_{i,j}$ элементлар D матрица бузилишга барқарорлигини сифатини тавсифловчи элементлар $d_{i,j}$ D матрицанинг вақт бирлигида ифодалайди. Аниқлик учун

$$B = \begin{vmatrix} 2 & 2 & 30 \\ 3 & 1 & 20 \\ 3 & 2 & 10 \end{vmatrix} \quad c = \begin{vmatrix} 1 & 1 & 2 & 2 \\ 0.2 & 0.3 & 0.1 & 0.2 \\ 0.01 & 0.02 & 0.02 & 0.01 \end{vmatrix} \quad \text{бўлса,}$$

$$D = BC = \begin{vmatrix} 2.7 & 3.2 & 4.8 & 4.7 \\ 3.4 & 3.7 & 6.5 & 6.4 \\ 3.5 & 3.8 & 6.4 & 6.5 \end{vmatrix}$$

Тизимнинг тўхтаб қолишини минимал баҳолашни танлаш учун $d_{1,0} = \min_{j=1,2,3,4} d_{1,j} = 2,7$

$$d_{2,0} = \min_{j=1,2,3,4} d_{2,j} = 3,4$$

$$d_{3,0} = \min_{j=1,2,3,4} d_{3,j} = 3,5$$

деб оламиз, булардан энг яхши структура биринчиси бўлиб, унда ҳар бир $d_{1,0} = 2,7$ га тенг.

Худди шундай $d_{0,j}$ ни аниқлаб, диагностика қилиш ва тикланиш учун биринчи стратегия яхшилигини топамиз. Агар янги қийматлар киритсак,

$$0 \text{ агар } d_{i,j} \geq 3.5$$

$$d'_{i,j} =$$

$$1 \text{ агар } d_{i,j} < 3.5$$

унда модификация қилинган матрицани топамиз.

$$D' = \begin{vmatrix} 1 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{vmatrix}$$

Нолларга қониқтирмайдиган стратегиялар ва тизимнинг бузилишга барқарорлик структураси мос келади. Шу сабабли

(«усеченная») кесилган матрицани $D'' = \begin{vmatrix} 1 & 1 \\ 1 & 0 \end{vmatrix}$ бузилишга

барқарор тизимларни стратегиясига хизмат кўрсатиш ва берилган вақт тавсифларини қондирувчи кўплаб структураларни ёзади. Хусусий ҳолда, иккита структура ва диагностика қилиш стратегияси ҳамда тикланиш қониқарли ҳисобланади. Шунини кўрсатиш керакки D', D'' матрицалар ёрдамида ҳисоблаш масалаларини ечиш ва тизимнинг бузилишга барқарорлигини техникавий ечимлари вариантларини оптималлаш мумкин.

Тўлиқроқ анализ қилиш учун назорат ва диагностика жараёнларини детерминант этилмаган моделини қуриш лозим, яъни у тизимнинг ишлашнинг статик тавсифлари ва моделлаштириш усулларида фойдаланишга асосланиб тўлиқроқ баҳолашни ўтказишга ёрдамлашади.

Юқорида қайд этилганларни ҳисобга олган ҳолда тизимнинг бузилишга барқарорлик структурасини кириш алгоритминини тавсия этиш мумкин [2,9].

1. Носозликларни топилиш сонига қараб, ҳар хил турдаги ўзаро назорат структураларини уланишлари сонига қараб танлаб олиш ва баҳолаш.

2. Ушбу турдаги алгоритм структураларини носозликларни қидириш учун кўплаб мумкин бўлган вақт ва аппарат харжларини таълаш ва баҳолаш.

3. Носозликларни қидириш учун танланган алгоритмга кўра тизим элементини тикланиш вақтини баҳолаш.

4. Тизимнинг бузилишга барқарорлигини таъминловчи харжларни минималлаштирувчи тикланиш ва қидириш алгоритминини қуриш усулини танлаш.

5. Агар структуранинг барча вариантлари кўриб чиқилмаган бўлса, 1-қадамга қайтинг, бунда носоз элементлар сонини ёки тизимнинг тўсатдан бузилишлар сонини ўзгартиринг.

6. Ўзаро назорат структурасига тузатишлар киритиш ёки тизимни тикланишига кетадиган харажатларни камайитириш учун олинган структурани модификация қилиш керак.

Диагностика талабларидан келиб чиққан ҳолда ўзаро назорат структураларини кўплаб турларини куриш мумкин. Улар диагностика қилиш алгоритмларидан фойдаланиш имкониятлари, ҳамда боғланишларни ташкил этиш қийинчиликлари билан фарқланади.

Диагностика қилиш жараёнида олинган назорат натижалари, ўзаро назорат структурасини сезиларли даражада соддалаштириши мумкин. Бунинг учун бузилган элементларни катта қисмини бартараф этишга муваффақ бўлиш керак. Ёки бузилган қисмларни топиш (авария ҳолларида) мақсадида боғланишлар сонининг кенгайишига олиб келиши мумкин.

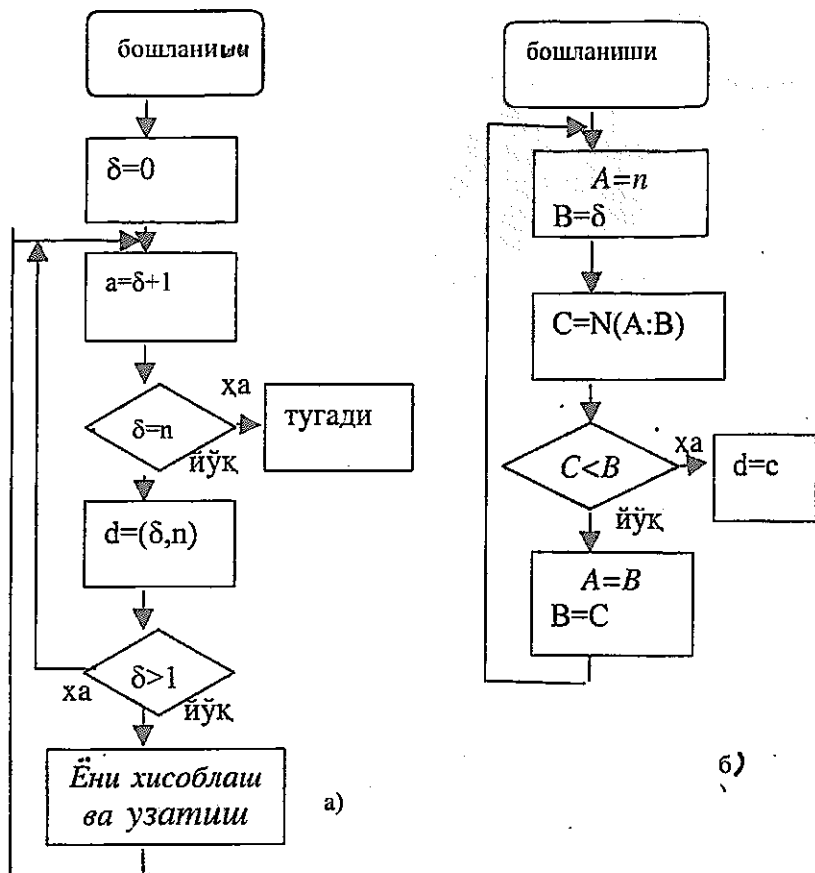
Шу сабабли тизим структурасини тезлик билан қайта куриш масаласи келиб чиқади. Бузилишларни юқори даражасини билган ҳолда, бутун тизим элементларини ёки элементлар гуруҳини носозлигини бартараф этувчи ЎҚНВни куриш мумкин.

Тизимларни баҳолашда ЎҚНВ ларни куришнинг аналитик усулидан фойдаланган маъқул, чунки бу усул ЎҚНВ ларни кам хотира кетадиган ва оддий алгоритмлар ёрдамида кам вақт кетадиган вариантларини олиш имкониятини беради. Шундай усуллардан бирини кўриб чиқамиз.

С тизим $D\delta, t$ -структура орқали ифодаланади, агар назорат уланиши V_i элементдан V_j элементгача шундай ҳолларда амалга ошириладиган бўлса,

$$j-i=\delta_m(\text{mod } n), m=1,2,\dots,t \quad (1.5.1)$$

Тизимда $D\delta, t$ структура ўзаро сонларнинг соддалик шартини бажарса ва δ ҳамда t , $n=|V|$ тикланишсиз диагностика қилиш t -ДС бўлса. Бундан келиб чиқадики, берилган элементлар сонларининг қийматлари учун ЎҚНВ кўплаб мавжуд, бу эса t -ДС шартларини қониктиради.



1-расм.Тикланишсиз структура куришининг алгоритмлари(а) ва Евклид(б)

Тенглама (1.5.1) дан келиб чиққан ҳолда,ўзаро назоратни олиш мумкин бўлган барча δ ва n оддий сонларини ҳисоблаб чиқишимиз мумкин.Барча графлар $G=G(V,E)$ учун қатъий белгиланган ўзаро оддий сонлар δ ва n ўзаро изоморфик бўлади.Граф чўққилариаро бир хил тенгликлар мавжуд, уларда жанжалли тенгликлар сақланадиган чўққилар кўплиги V сақланади.Кўплаб мумкин бўлган ЎҚНВ структурасини танлашда энг арзон нархдагиси ва эффективлик кўрсаткичлари энг юқориси олинади. (1.5.1) тенгламага мувофиқ тикланишсиз

ЎҚНВни 1 диагностика қилиш алгоритмини олиш қуйидагича бўлади:

1. δ ни 0 га тенг қийматини қабул қилиш.
2. $\delta = \delta + 1$ ни ҳисоблаш.
3. Агар $\delta = n$ бўлса, иш тугатилади. Барча структуралар кўриб чиқилган. Агар $\delta < n$ бўлса, унда кейинги қадамга ўтилсин.
4. δ ва n ни энг катта умумий бўлиниш сони топилсин.
5. Агар умумий катта бўлувчи «1» дан катта бўлса, унда иккинчи қадамга ўтилсин. Акс ҳолда кейинги қадамга ўтилади.
6. δ , t ва n берилган қийматларни қониқтирувчи ўзаро назорат структурасини ҳисобланг ва беринг.
7. Иккинчи қадамга ўтинг. 4-қадам бажарилиши мумкин, мисол учун, Евклид алгоритмидан фойдаланилса. Алгоритмнинг 6-қадами эса- δ , t ва n берилишда рухсат этилган уланишлар сони ошиб кетганда ишлайди.

1-а расмда тавсия этилган алгоритмнинг умумий кўриниши берилган, 1-б расмда эса уни татбиқ этилиши кўрсатилган. 4-қадам учун Евклид алгоритми ва 6-қадам учун структура қурилиши мос келади. Бунда δ ва n учун энг катта умумий бўлувчи d орқали белгиланган, $s = t(A/B)$ A ни B га бўлишдан қолган қолдиқ.

Кўп ҳолларда чекланган сонли уланиши ЎҚНВ қуриш мақсадга мувофиқ бўлади.

Тизимни лойиҳалашда ва диагностика натижаларига кўра уни қайта қуриш ва ишлаш жараёнини тиклаш алгоритмининг соддалиги ЎҚНВ қуришнинг тезкорлигини таъминлайди. Бир қатор ҳолларда чекланган сонли уланишли ЎҚНВ қуриш мақсадга мувофиқ бўлади.

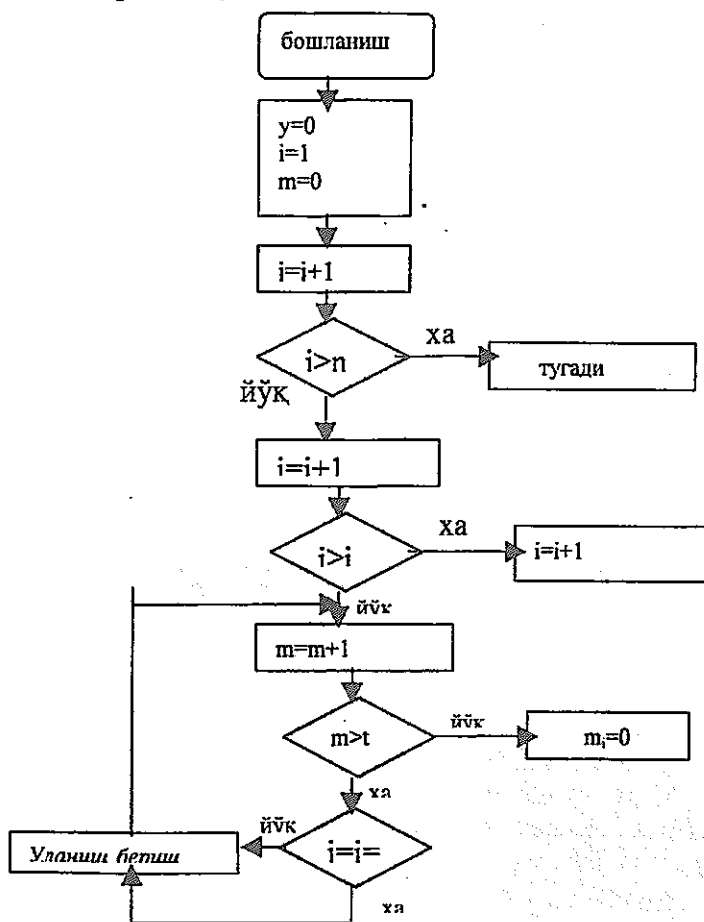
V таркибига кирувчи $v_1, v_2, \dots, v_n \subset V$ элементлардан ташкил топган d_j^+ орқали чиқадиған энг кўп уланишлар сони бўлса, у ҳолда ЎҚНВ ни бошланғич ҳолати

$$d_{\max}^+ = \max_{j=1, \dots, n} d_j^+ \text{ ва } d_{\min}^- = \min_{j=1, \dots, n} d_j^- \quad (1.5.2)$$

бўлади ва қолган элементлараро уланишлар билан тўлдирилади. t -диагностикали тикланувчи ЎҚНВни қуришда ҳалқа структурасидан фойдаланиш қулай. Улар учун t -диагностика қилиш куйидаги кўринишга эга бўлади.

$$n \geq 1 + (m+1)^2 + \lambda(m+1),$$

бу ерда m -бутун сон; $t=2m+\lambda$ ва λ лар 0 ва 1 қийматларни қабул қилади.



2-расм. Тикланадиган структурали алгоритмнинг қурилиши.

n қийматлари учун энг кўп t ни қуйидагича аниқлаш мумкин. $m=1,2,\dots$ қийматларни ажратиб биринчиси топилади,

у(1.5.2) даги тенгламани $\lambda=0.1$ бўлган ҳолатда қаноатлантиради. t ни топилган қиймати тизим учун берилганларнинг энг ками билан таққосланади. Агар тикланувчи t ни диагностика қилиш $t < t_{\max}$ ни қаноатлантирмаса, унда уни куйидаги даражада ҳалқали янги уланишлар билан тўлдирамыз. $2t-1$ уланишлардан кам бўлмаган элементларини танлаймиз ва ундаги $2t-2$ элементлар билан уланишлар ташкил этамыз. Тикланувчи алгоритм структурасини кўриш юқоридаги 2-расмда кўрсатилган.

Синов саволлари ва топшириқлар.

1. «Бузилишга барқарорлик» тушунчасини таърифлаб беринг.

2. Ҳисоблаш тизимларининг элементларини бузилишга барқарорлигини оширишнинг қандай йўллари мавжуд?

3. Бузилишга барқарорликни таъминлаш воситаларини лойиҳалаш жараёнининг асосий масалаларини аниқланг.

4. Бузилишга барқарорликни таъминлаш воситаларига (ББТВ) қандай вазифалар юкланади?

5. ББТВ ларни қуриш учун керакли ахборотлар қандай олинади?

6.4 К сўз хотирали процессорнинг бузилишгача бўлган ўртача ишлаши қандай?

7. Мини ЭХМ ни бузилишгача бўлган ўртача ишлашини баҳоланг. (3-жадвалга қаранг).

8. ББХТ лойиҳалашни асосий босқичларини аниқланг.

9. Бузилишга барқарор тизимларни қуришнинг умумий алгоритмини тузинг.

10. ББХТ га қурилган назорат воситаларини 1.5n: да ёзилгандан фойдаланиб баҳоланг.

2-боб. ББХТ ни қўриш ва тадқиқот этиш усуллари.

2.1. Ҳозирда мавжуд ББХТлар ҳақида тушунчалар.

Ҳозирги вақтда илмий-тадқиқот ишларининг истиқболли йўналишлари-дан бири, ҳисоблаш воситаларининг бузилишга барқарор тизимларини яратиш ҳисобланиб, улар ҳақиқий вақт мобайнида кетаётган маълумотларини ишлашга мўлжалланган.

Бузилишга барқарор тизимлардан технологик ва ишлаб чиқариш жараёнларининг бошқаришда, банк тизимида бажариладиган амалларда, меҳмонхона хоналарининг заҳиралашда ва бошқа бир қатор тизимларда фойдаланилади.

ББХТ ни қўлланилиши, корхоналарнинг турли фаолиятларининг бошқариш жараёнларининг унумдорлигини оширади, чунки у керакли ахборотларни келиб тушишини таъминтайди.

ХТ дан эффектив фойдаланиш ечилаётган масалаларнинг сони ва тавсифлари билан аниқланади. Шу сабабли бир томондан, тизим ечаётган масалалар кўлами қанчалик кенг бўлса, ундан фойдаланиш шунчалик эффектив ҳисобланади. Бошқа томондан эса бундай ХТ бузилиши катта сарф харажатларга олиб келади. Бундай ҳолларда ББХТ катта аҳамият касб этади. Улар ҳисоблаш жараёни ва объектларини бошқаришнинг узтуксиз ишлашини (ёки ХТ га нисбатан узок муддат узтуксиз) таъминлашни мумкин. Улар тизимларининг алоҳида компонентларини бузилишларининг ажратиш имконини беради ва керакли ахборотлар базасини сақлайди. Лекин бу ажратиш мутлоқ бўлиши мумкин эмас. Бузилишга барқарор тизимларда бузилишни топиш уни баргараф этади, ундан кейин ахборотлар базаси ва ҳисоблаш жараёнларининг тикланишини кафолатлайди.

Бузилишга барқарор тизимларнинг алоҳида компонентларининг бузилиш ҳолларида автомат равишда тикланишини баҳолаш эҳтимоллигини кафолатланиши, бошқача айтганда бузилишдан муҳофазатланиш чуқурлиги ҳамда «қопламаси» компонентларининг бузилишлари сони орқали аниқланади ва уларга мутахассис араташуви талаб этилмайди.

Бузилишга барқарорликни юқори даражага етказишнинг 70-йиллардаги оддий кўриниши сифатида алоҳида тизимлар ва қурилмаларни n маротаба ортқча заҳиралаш усулидан фойдаланилган. Бу эса қурилмалар сонини кўпайиб кетишга олиб келган.

Бундан ташқари бошқариш тизимининг баъзи элементлари шундай хусусиятга эга эдики, уларнинг бузилишлари тизимнинг бузилишига олиб келарди.

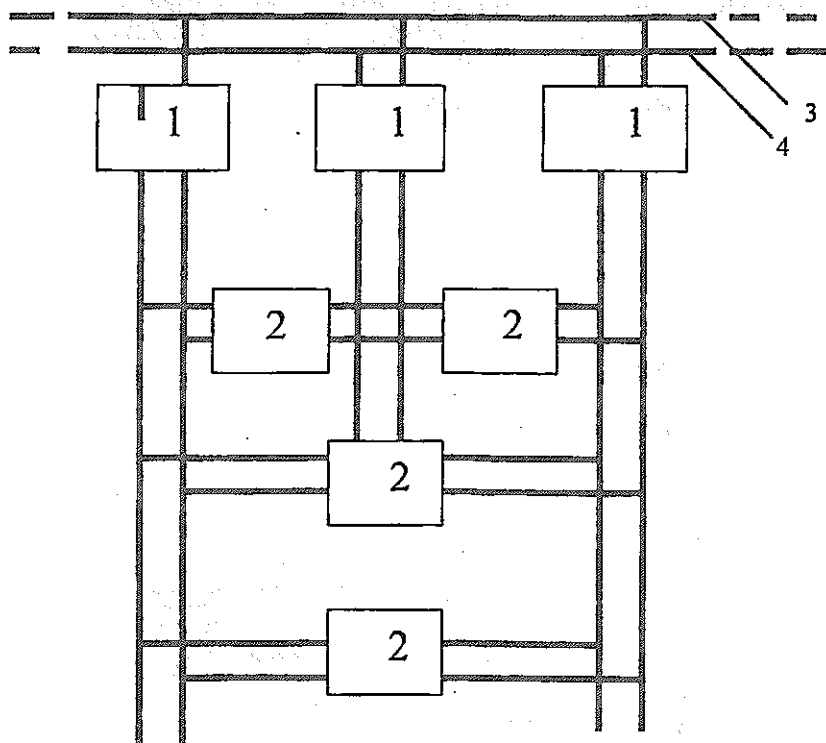
Охирги ўн йилларда ББХТ ни яратишда чет эл фирмаларидан Tandem Computer Inc етакчи ўринларни эгалламоқда. Улар ўз фаолияти давомида Staratus Computer Inc компаниясини маблағ билан таъминламоқда. 1975 йили Tandem фирмаси бузилишга барқарорликни таъминлашга янгича ёндашди, уни Tandem Non Stop хисоблаш тизимида ишлатди. Бунда ҳақиқий вақт мобайнида ишлайдиган тизимларни бузилгандан кейин тиклаш масалаларини ҳал этди. Бузилган компонентлар олиб ташланади ва таъмирлангандан кейин дастурий таъминотга аввалдан ўзгартиришлар киритмай тизимга қайтарилади. Буларнинг барчаси тизимнинг ишлашини ташкил этишининг учта хусусиятига боғлиқ [8,17]:

1. Процессорларни такрорлаш (дублироват);
2. Киритиш-чиқариш қурилмасини киришларини бошқаришни такрорлаш (дублироват);
3. Кўп маротаба алоҳида процессорларнинг хотирасига қучириладиган асосий операцион тизимни сақлаш;

Tandem Non Stop тизими 2 талдан то 16 тагача микропроцессорларни ўз ичига олади, бу МП ларнинг бажарадиган вазифасига кўра бир-бирини ўрнини боса олади. Уларнинг ҳар бири ўзининг 8 Мбайт ҳажмдаги хотираси ва киритиш-чиқариш каналига эга. Бу процессорлар такрорловчи Dynabus юқори ишлаб чиқаришли параллел шина орқали уланган. Ҳар бир киритиш-чиқариш қурилмасини бошқаришда иккита уланиш канали бор ва ундан иккита процессор фойдаланиши мумкин. Магнит дискаларида ахборот жамтовчилари (МДАЖ) ҳам иккита улаш каналидан ташкил топади, уларнинг ҳар бири иккита бошқариш қурилмаси билан уланган.

Шундай қилиб, ахборотлар базасига процессор ҳамда МДАЖ ни бошқариш қурилмалари бузилган ҳолда ҳам мурожаат қилиши мумкин. Ахборотлар базаси бузилган ҳолда ҳам бошқа дискла керакли ахборотлар сақланган бўлса уни қайта тиклаш мумкин. Бузилишдан кейин тизим автомат равишда ишчи файлларнинг иккита бир хил нусхасини тиклайди, улар иккита алоҳида МДАЖ да жойлашган бўлади. Кейин тизимни ишлашини давом эттириш учун керакли бўлган бошқа ахборотларни тиклайди.

Tandem Non Stop тизимининг структураси 3-расмда кўрсатилган: у 3 та процессор (1), 4 та киритиш-чиқаришни бошқариш қурилмаси (2), иккита уланиш канали 5,6 дан ва тизим шинасини параллел дубллаш 3,4 дан иборат.



3-расм. Tandem Non Stop тизимининг структура схемаси.

Ушбу ХТ даги ҳар бир процессор ўзининг Guardian операцион тизим нусхасига эга. Бундан ташқари шу вақтдаги тизим захирасини кўрсатувчи жадвали бор. Процессорлар ҳар бир дақиқада Dunabus шинаси орқали ўз ҳолатини «мен ҳаётман» ёки «мен тирикман» ахбороти орқали бир-бирига етказиб туради. Агар бундай ахборот бирор процессордан келмаса, у ҳолда бошқалари ўз захира жадвалини ўзгартиради, унда ўзи ҳақида маълумот бермаган процессорлар ҳисобга олинмайди.

Tandem Non Stop тизимининг тикланиш механизмининг асосини назорат қурилмаларидан фойдаланиш ташкил этади. Хар бир ишчи (асосий) жараён ўзига ўхшаш, лекин ҳаракатчан бўлмаган (актив бўлмаган) жараёни бошқа процессорда ташкил этади. Асосий процессорлар меъёрадаги ишлашида навбатдаги назорат нуктасида ўз «дублёрига» ўз ҳолати ҳақидаги ахборотни ҳамда ҳисоблаш жараёни ҳақидаги ахборотни беради. Ундан кейин масалани ечишни навбатдаги назорат нуктасигача давом эттиради. Асосий процессор бузилса унинг вазифасини «қўлловчи» процессор давом эттиради. У операцион тизим билан биргаликда асосий процессорнинг ишлаган «натижасини» чиқаради (масала бажарилиши тўхтамайди) ва ахборот ечилмаган охириги назорат нуктасидан бошлаб ҳисоблашни давом эттиради.

Ташқи кўринишдан бундай ёндашиш содда кўринса ҳам махсус дастурий таъминотни яратиш жуда оғир. Шу сабабли ундан фақат Tandem Non Stop тизимининг ички компонентлари учун фойдаланилади, бошқача айтганда унинг операцион тизими учун ташқи компонентлар, амалий дастур учун эса содда усулдан фойдаланилади. Унга мувофиқ тикланиш олдинроқдаги назорат нуктасига қайтиши билан амалга оширилади ёки бажарилаётган масалани қайтариши ҳам мумкин.

Фойдаланувчи жараёни (амалий дастур) тизим маълумотларига кўра тизимнинг ўзгарадиган конфигурацияси алоҳида қилинган. Агар ушбу жараён учун дискдан маълумотлар керак бўлса, у ҳолда билдириш шаклланади, у Guardian операцион тизимнинг локал нуктасида ишланади. У ўз навбатида захиралаш жадвалига кўра МДАЖ чига мурожаат йўлини аниқлайди. Фойдаланувчи жараёни МДАЖ билан бирлашган иккита процессорнинг қайсинисидан жавоб олиши ёки улардан қайси бири «лидер» вазифасини бажаришини аниқламайди. Бу процессорларни такрорлаб секин-аста тизимни ўстириш имконини беради.

Tandem Non Stop ҳақиқий вақт мобайнида ББХТлари орасида етакчи ўрин тутати. ББХТ ларни қуришнинг қизиқ усулларида бири такрорий (дублированный) назорат бўлиб, у Stratus тизимларида амалга оширилган (Stratus Computer Inc). Бу тизимда кириш бўйича бириктирилган алоҳида тўртта процессор бўлиб, асосий бажариладиган ишлар тўрт маротаба бажарилади. Таққослаш қурилмаси иккита жуфтликдан бирида, иккита натижа бир хил бўлмаган ҳолда хато сигналини ишлаб чиқаради.

Натижалари бир хил бўлмаган процессор жуфтлигини ўқиради, иккинчи жуфтлик эса ишлашнинг давом эттиради. Таъмирланган процессор жуфтлигини ушлада такрорланаётган (дублироват) жуфтлик билан синхронлаш лозим бўлади. Бундай (спаривание пар) «жуфтликларни бириктириш» иккита хусусиятга эга:

1. Бузилишдан кейин автомат равишда тиклаш учун вақт талаб этилмайди, яъни иш жараёни ушланишсиз давом этади. Узилиш фақат таъмирланган процессорни ишлашнинг синхронлаш учун уланнишда талаб этилади.
2. Ахборотни тиклаш шарт бўлмаганлиги учун назорат нуқталаридан фойдаланиш шарт эмас.

Шуни қайд этишимиз керакки, бундай ББХТ да ички диагностика қилиш ва тикланиш воситалари мавжуд.

Stratus 32 тизими катта ихтирочилик билан тавсифланади. Унинг асосий камчиликлари бўлиб база қурилмаларининг мураккаблаштирилгани ҳисобланади ва бу тизимда процессор модули (ПМ) деб аталади. Тизим локал тармоқ ҳалқаси орқали жуфтликларга бириктирилган 32 та МП дан (ҳар бирида 8 Мбайт ҳажмга эга хотира) ташкил топган. Ҳар бир процессор модули 4 та Motorola 68000 турдаги МП дан ташкил топган ва ОС VOS нусхасига эга.

Тизимнинг тўртдан уч қисми заҳира ҳисобланади ва шу сабабли ишлаб чиқариш унумдорлиги ошади [17.24].

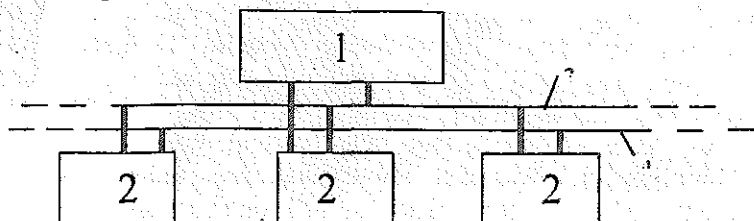
Бу камчиликни Synapse Computer Inc фирмаси ўзининг Synapse N+1 микропроцессор тизимида бартараф этиш йўлини тавсия этди. Ушбу тизим Motorola 68000 турдаги МП га асосланган бўлиб, микропроцессорлар такрорланадиган тезкор параллел шина орқали ўзаро таъсирда бўлади ва умумий бўлақланган хотирага эга [17].

Тизимнинг структура схемаси 4-расмда келтирилган. Унда тизим масалалари ва фойдаланувчи масалалари учун сақланадиган дастурлар умумий хотираси, 2-универсал процессор масалаларни рўйхати (ишлаш навбати) ва 3,4- параллел тизим шинаси.

Тизим 28 тагача МП дан ташкил топади. Баъзи процессорлар киритиш-чиқаришни амалларини бажаришга мўлжалланган бўлса, бошқалари процессорлардан келган маълумотларни ишлашга мўлжалланган. Процессор ўзи диспетчер

сифатида ишлайди, умумий хотирага мурожаат қилади ва масалани ўзи мустақил тантайди.

Операцион тизим 16-Мбайт ҳажмдаги умумтизим хотирасида сақланади.



4-расм. Synapse N+1 тизимининг структура схемаси.

Synapse тизимининг номланишига N+1 ифодаси киради, ББХТ 211 процессори каби Nни кўшиштири ҳам тизимни бузилишга барқарорлигини таъминловчи ишловчи процессордир, бошқача айтганда схемада ҳар бир процессор «такрорловчисига қарайди». Бунда ишлаш қобилиятига лаёқатли процессор бузилганини ишини давом эттиради, бунинг учун тизимнинг умумий хотирасида сақланадиган ахборотдан фойдаланилади. Бундай ташкил этиш тизимнинг самарадорлиги процессорлар сонини ўстириш ҳолатидаги каби ушумдор бўлади (Stratus/32 турпдаги тизимдан фарқли).

Лекин умумий бўлган хотира бузилишга барқарорлик тушунчасига кўра «тор жойи» ҳисобланади. Бу камчиликларни бартараф этишнинг иккита усули мавжуд. Биринчиси, бузилган хотира модулини ажратишга асосланган ва Synapse тизимида татбиқ этилган. Иккинчи услуб тизим хотирасини такрорлашга асосланган ва 3B20D Ball Laboratories Western Electric процессорида татбиқ қилинган.

Anragen Systems Corp фирмаси кизик счим таклиф этган. У Systems 4000 ни ишлаб чиқарди, бунга кўра процессор элементлари такрорланувчи тезкор шинага «ғроздь» деб аталган шаклда бирлаштирилди. Ҳар бир «ғроздь» 8 Мбайт ҳажмдаги хотирали 3 та Motorola 68000 МП дан ташкил топган.

Уларнинг иккитаси фойдаланувчи масалаларини бажаради, учинчиси эса операцион тизим вазифасини бажаради. Ҳар бир «ғроздь» ўзининг операцион тизимини Unix System III нинг нусхасига эга.

System 4000 да назорат нуқталари тамойилидан фойдаланилади (синхронлаш нуқталари). Масалани бир қисми

бажариладигандан кейин синхронлаш амалга оширилади: асосий процессордан узатилган маълумотларни такрорловчи процессор барчасини қабул қилади ва сақтайди, ҳамда бу маълумотларни охириги синхронлангандан кейинги йўналишларини ҳам хотирада сақтайди. Узилиш ёки бузилиш содир бўлганда «такрорловчи» кириш маълумотларини ишлайди ва асосий процессор тўғри ишлай бошлагунча «такрорловчи» процессор, асосий процессорнинг чиқишини ўчиради.

Ҳар бир «ғроздь» тизимида доимий ўзини ўзи тестлаш амалга оширилади. Тестлаш муваффақиятли амалга оширилса бошқа тизимларга ишлашга лаёқатлилиги ҳақида сигнал узатилади. Агар сигнал ишлаб чиқарилмаса ёки бошқа тизимларга келмаса унда ушбу «ғроздь» бошқа тизимлар томонидан бузилган деб ҳисобланади. [14]

Tolerant Systems Inc фирмаси асосий ва такрорловчи процессорларни синхронлашни амалга оширувчи Plus 32 ББХТ ни яратди. Унинг структуравий база элементи National Semiconductor Corp's фирмасининг иккита микропроцессоридан NS 16000 дан ташкил топган бўлиб, Elinc Ethernet такрорловчи локал тармоғи орқали уланган. Ҳар бир микропроцессор ўзининг операцион тизимининг нусхасига эга. Бузилишларни диагностика қилиш худди Synapse N+1 тизимидаги каби алоҳида амалларни бажарилиш вақтини ошиб кетиши ва ишлашга лаёқатлилиги сигналининг йўқлигидадир.

British Telecom фирмаси 4 Мбайт хотирали саккизтагача Motorola 68000 микропроцессорларини ўз ичига олувчи Power S/55 ББХТ ишлаб чиқарди. У ҳар қайси процессор жуфтлиги ўзаро буткул боғлиқлигини таъминлайди, улар ўзининг Person OT ли нусхасига эга ва барча МДАЖ ни бошқариш қурилмаларига эга. Бу МП компонентларнинг бирортаси, МДАЖ ни тизим қисмларининг ишламай қолиш эҳтимоллигини камайтиради. Чунки ахборотлар базасига тегишли бўлмаган маълумотлар барча МДАЖ ларда сақланади, бу эса ахборотни ишлаш ва уни қидириш учун кетадиган вақтни анчага қисқартиради. Процессор ёки МДАЖ ларнинг бузилиши амал бажариш вақтининг ошишига қараб диагностика қилинади.

Бундай МП ва МДАЖ ўзаро боғлиқлиги туфайли уларнинг бирортаси ҳар қандай ҳолда ҳам ишлашни давом эттиради.

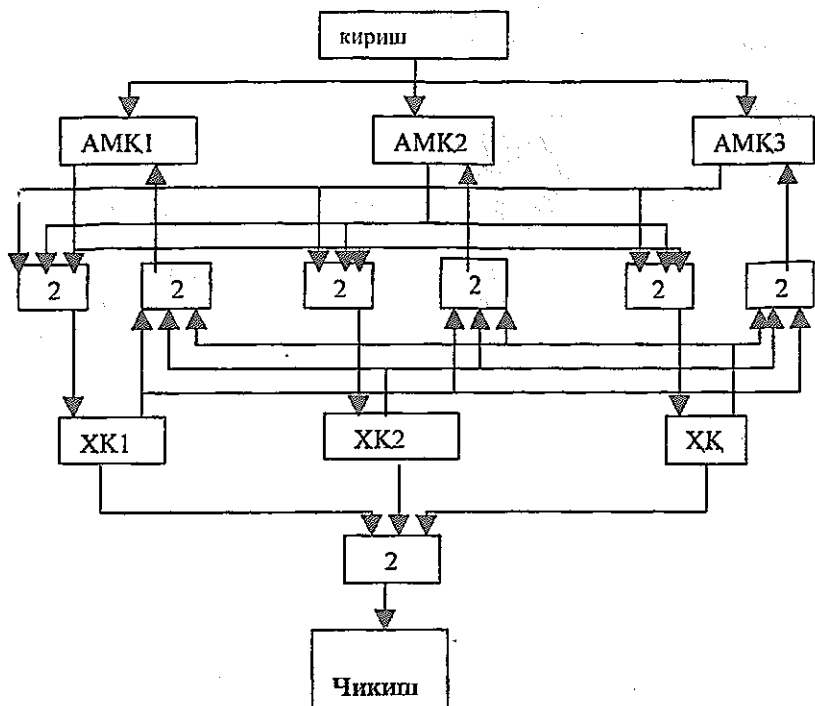
Куйидагилар келтирилган бузилишга барқарор ҳисоблаш тизимлари-нинг умумий кўрсаткичлари бўлиб, ҳисобланади:

1. Катта тезликка эга такрорланувчи шиналар билан тизимнинг атоҳида компонент жуфтликларини максимал уланиши (боғланиши).
2. Ҳар бир процессор ёки процессор тизим ости гуруҳлари хотирасида ОТ(операцион тизим) нусхаси сақланиши.
3. Ҳақиқий вақт мобайнида тизимнинг ишлаш қобилияти ва тикланишини назорат қилиш имкониятининг борлиги.
4. Универсал ва ўзаро ўрин алмашиш имкониятига эга бўлган Motorola 68000 турдаги микропроцессорлардан фойдаланиши.
5. Асосий жараёни бир қатор процессорларга (МП сонига ва тизим ости сонига қараб) бўлиш уларнинг ҳар бирида, такрорлаш тамойилидан фойдаланилади.

Такрорланишнинг тарқалиши ва ҳисоблаш тизимининг учтагилини олдин [3.7.30], мисол учун AS 220H такрорланувчи синхронлашган тизим, учланган AS 220 HF тизими (5-расм), бунда арифметик логик қурилма (АМК), киритиш қурилмаси (КҚ) ва чиқариш қурилмалари, хотира қурилмаси ва атоҳида мажаритар аъзо билан таъминланган. Бу тизимларнинг асоси бўлиб захираланмаган бошқарувчи ҳисоблаш тизими AS 220 хизмат қилади.

Асинхрон ХТ ларда бузилиш ва хатоликларни тез аниқлашдан фойдаланилмайди, шу сабабли ҳисоблаш жараёнини тиклашдан ҳам фойдаланилмайди. AS 220H тўлиқ тизимида эса ишлашнинг синхрон тамойилидан фойдаланилади, бу эса бузилишни бир неча миллисекундда топиш имконини беради. Тизимда бўлаклаб топиш функцияси ва бузилишни бартараф этиш тамойилидан фойдаланилган.

Куйида 5- расмда AS220 HF тизимининг структура схемаси берилган.



5-расм. AS 220 HF тизимининг структура схемаси.

ББХТ ривожланиш даражасини тўлиқ тасаввур қилиш учун замонавий чет эл ХТ лари ҳақида асосий маълумотлар келтирилган. (4-жадвалга қаранг).

Жадвалда бузилмасдан ишлаш эҳтимоллик қийматлари заҳираланишни ҳисобга олиб берилган. Агар ХТ такрорланса бузилиш интенсивлик даражаси 10^{-3} соат $^{-1}$ га мос келади. Битта ХТ учун юқори сифатли ва ишончли компонентлардан фойдаланилади. Кўп ҳолларда такрорлаш кириш чиқиш қурилмасида марказий процессорда ва хотирани бошқариш қурилмасида амалга оширилади. 16К сўзли ҳажмдаги тезкор хотира қурилмаси секцияланган (6К сўз ҳажмдаги секциялар сони кераклигига қараб танланади). Заҳираланиш ёқиш қурилмаси мантиқий тўқилган схемага асосланган. Бу ерда назорат ва диагностика катта аҳамиятга эга, чунки уларнинг натижасига кўра заҳирани автомат ёқиш сигнали танланади.

Тавсифлар	CDC 469	DELKO M362	GETEC POP-11	LITTO N 4516E	RCA SCR- 234	Pockw ell DF- 224
Тезлиги, минг см/с	200	650/840	100	300	70	400
Сўз узунлиги, бит	16	16/32	16	16/32	16	24
Қатъий нук- тали ёки ўзга рувчан нуктали	Қ	Қ/Ўз	Қ	Қ/Ўз	Қ	Қ
Тезкор ХҚ ҳажми Ксўз	64	64	32	128	64	4
Цикл узунлиги мкс	1,6	0,6	-	-	2,34	1,6
Кириш/чика риш тавсифи мкс/сўз	2,5	2,0	1,0	2,0	11,6	4,8
Истеъмол қуввати, Вт	20	150	14	80	5	100
Оғирлиги, кг	4	17,7	10	10,8	8	44
Ҳажми, дм ³	1,61х 1,36х 1,55	20,8	3,05х 2,03х 50,8	8,2	5,9	4,57х 4,75х 3,25
Рухсат этишган ишлаш харорати оралиги, С°	-35-+60	-54-+86	-35-+70	-35-+70	-5- +45	-20- +50
Бузилмай ишлаш эҳтиمولлиги	0,92 5та 1 йил ичида	0,99 2 йилда	0,99 2 йилда 0,95 3 йилда	0,98 2 йилда	0,899 2 йилда	0,92 3 йилда

2.2. Бузилишга барқарор ҳисоблаш тизимларини қуришнинг таъминловчи асосий масалалари.

2.2.1. ББХТ ларни яратишнинг асосий масалалари.

Ҳисоблаш техникаси воситаларини (ХТВ) қўлланилиш соҳалари йил сайин кенгайиб бормоқда.

Шу сабабли янги ҳисоблаш тизимларини яратиш муаммолари актуал бўлиб бормокда. ХТ ларини яратувчилар олдида иккита асосий масала туради:

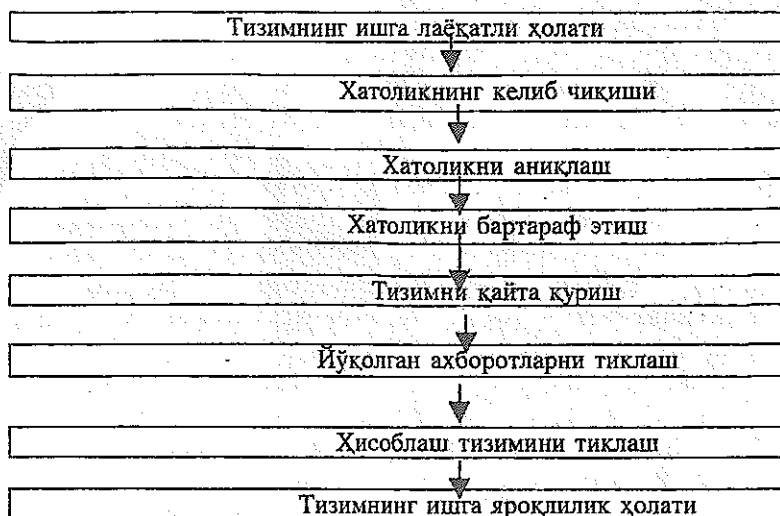
- юқори самарадорликка эришиш;
- юқори даражадаги ишончлилиқни таъминлаш.

Ушбу масалалар бир-бирига қарши, шу сабабли аниқ ҳолат учун қандайдир мос келувчи ечим таялаш лозим. Биринчи масалани ечиш йўли ХТ нинг алоҳида элементларини тезлигини ошириш ва ҳисоблаш жараёнини максимал параллеллашдан иборат. Иккинчи масалани ечишни иккита асосий йўналишга ажратиш мумкин.

1. Тизимнинг бузилишини бартараф этиш учун ХВ ларини компонентларини тайёрлашнинг технологик ишончлилигини жараёнларини ошириш (ХТ алоҳида қисмларини ишончлилигини ошириш), ташқи муҳитни ўзгартириш шартлари, лойиҳалаштирувчилар ва дастурловчиларнинг хато-ларини минимал ҳолга келтириш керак. Тизимнинг бутунлигига ёки алоҳида компонентларнинг ишончлилиқ тавсифларини оширишга: ХТ нинг компонентларини киришда назорат қилиш, элементларнинг интеграция даражасини ошириш, элементларни иссиқлик энергиясини эффектив тарқатиш усулидан фойдаланиш. Лекин бу усул ўзининг техникавий ва экономик тавсифларига кўра табиий чегараланишга эга.

2. Бузилишга барқарор ХТ яратиш бузилиш содир бўлишини рад этмайди, лекин бундай ҳолларни бартараф этишнинг эффектив усулларидан фойдаланилади.

Бундан кейин бузилиш ва узилиш ҳоллари содир бўлиш жараёнлари ва уларни бартараф этишни ҳамда ҳисоблаш жараёнини тиклаш усулларини кўриб чиқамиз. Умумий ҳоллар учун ББХТ ларини тиклаш жараёни 6 -расмда кўрсатилган. У бундан ҳам соддароқ кўринишда бўлиши мумкин, чунки кўп ҳолларда тизимнинг алоҳида ҳолатлари бирлаштирилади.



6 -расм. ББХТ лар ҳолатининг кетма-кетлиги.

2.2.2. ББХТ лари ишлашида хатоликларнинг классификацияси.

Ҳозирги вақтда хатоликларнинг қуйидаги классификациялари мавжуд: [3,14];

1.Хатоликнинг таъсир этиш вақти бўйича: доимий-хатоликлар, ХТ компонентларининг бузилиши билан боғлиқ;

Вақтинчалик (оралик)-хатоликлар, ХТ компонентларининг ноқатъий ишлаши билан боғлиқ;

Тасодифий-хатоликлар, ХТ нинг ишлашида ташқи муҳитнинг тасодифий таъсири билан боғлиқ;

2.Белгиларининг сонига кўра:

биттали-хатоликлар, битта компонентнинг бузилиши ёки унинг узилиши билан боғлиқ;

Кўплаб хатоликлар, тизимнинг бир қанча ерида бир вақтда содир бўлган битта ёки бир нечта компонентларнинг бузилиши ёки узилиши билан боғлиқ;

3.Хатоликларни содир бўлиш вақтига кўра;

ХТ ишлаш вақтида содир бўладиган хатолик;

ХТ ни тиклаш вақтида содир бўладиган хатоликлар;

4.Хатоликларни ахтариш тавсифига кўра ;

Мурожаат вақтидаги хатолик-тизимининг таъқиқланган ёки тизимда бўлмаган ҳолатга мурожаатидаги хатолик;

Таққослашдаги хатолик-иккита ёки кўп катталикларни таққослашдан келиб чиқадиган хатолик;

Ушланишдаги хатолик-бир турдаги амалларни бажариш вақтида мос тушишдаги хатолик;

Дастурий хатолик-дастурни нотўғри ишлашидаги хатолик.

Компьютерларнинг бузилиши уларнинг «қариши» (ишлаш муддати тугаши) оқибатида содир бўлади. Бузилиш интенсивлигининг ўсиши атроф- муҳитнинг ўзгаришига ҳам боғлиқ бўлиши мумкин (мисол учун ҳароратнинг кўтарилиши, радиациянинг ўсиши ва тебранишларнинг ўсиши).

2.2.3. ББХТ да назорат қилиш йўллари ва воситалари.

ББХТ ларнинг ишлашидаги хатоларни топишни назорат қилишнинг ҳар хил усуллари мавжуд, уларнинг асосийларидан бири ортиқчалик тамойили бўлиб, у икки турга бўлинади [8,26];

Вактли ортиқчалик;

Дастурли ва аппарат ортиқчалик;

Вактли ортиқчалик дастурий воситаларни кўшимча ҳисоблаш орқали амалга оширилади. У алоҳида амал ёки ҳисобларнинг натижаларини таққослаш учун зарур бўлиб, уларни мос тушиши тизимни ишлагани давом эттириш учун асос бўлади.

Иккинчи тур ортиқчалик эса кўшимча аппарат ва дастурий воситаларни назарда тутади. Бу эса назорат амалларини бажариш ва уларни асосийси билан таққослаш учун керак бўлади.

ХТ нинг структурасини ҳисобга олган ҳолда хатоликларни топишнинг усуллари ва воситаларини ҳозирги вақтдаги классификацияси 7-расмда келтирилган.

Хатоликларни топишнинг асосий учта даражасини кўрсатамиз:

1.Сигнал даражаси. Бу даражада қўлланиладиган воситалар ўзини-ўзи назорат схемаси кўринишида ташкил этилган. Бу хатолик вужудга келиши биланоқ уни топиш имконини беради. Бундай усулни қўллашнинг асосий қийинчилиги унга кетадиган кўшимча воситалардир. Ушбу

даражадаги хатоликларни топиш воситаларини қуйидаги гуруҳларга бўлиш мумкин:

махсус кодлар;

такрорлаш схемалари;

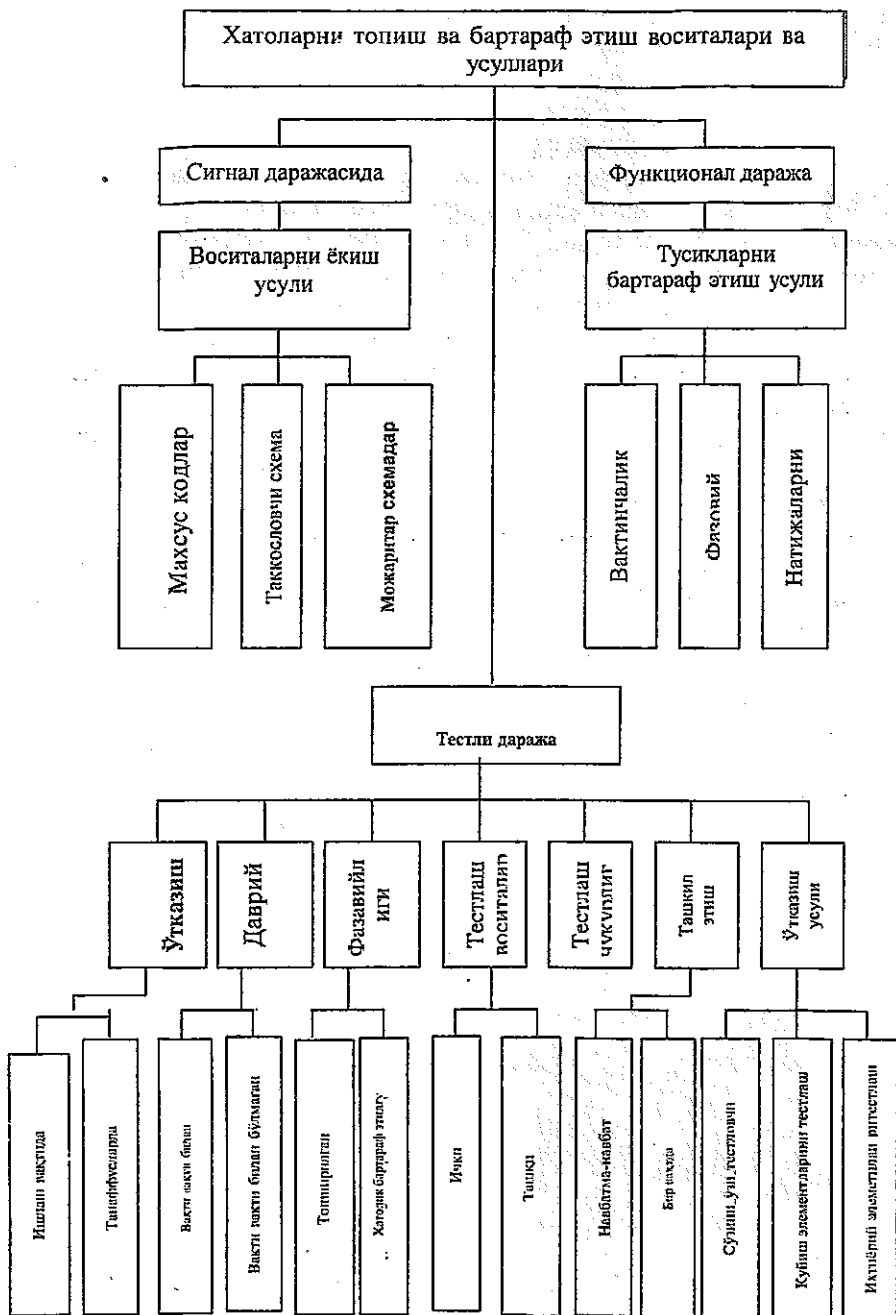
можоритар схемалар;

Баъзи ҳолларда натижалар мос тупиши ҳисобга олинмаса, такрорлашда хатоликларни асосий ҳолда тўлиқ топиш мумкин, агар баъзи ҳолларда натижалар мос тупиши ҳисобга олинмаса. Қурилмаларни микроминиатюр қилиб ишланаётгани ҳисобга олинса бу усул келажаги порлоқ ҳисобланади. Мисол учун Stratus/32 тизимида тўрт маротаба такрорланиши ҳисобига хатоликларни топиш чиқиш натижаларини мос тушмаслиги орқали аниқланмайди.

2.Тест даражаси. Тестлаш воситалари кириш сигналларини тестларини шундай генерация қилиши керакки, унда ХВси барча мумкин бўлган компонентлари чиқишда нотўғри сигналлар келтириб чиқарсин. Шундан кейин тўғри (эталон) сигналлари билан таққосланиб уларни топилади. Тестли даражада доимий ва қисман вақтинчалик хатоликларни топиш мумкин. Тасодифий хатоликлар уларда аниқланмайди.

Тестлаш воситалари ва усуллари қуйидагича бўлинади:

а) тестлаш ўтказиш вақтига кўра.



7 -расм. Хатоликларни топиш ва бартараф этиш восита ва усулларининг классификацияси.

ХТ ишлаш вақтида ишламаётган тизим ости жараёнларини бажарилишида тестлаш тизимнинг бошқа қисмлари асосий ишлаш вақти билан бир вақтда амалга оширилади.

Тестлашни даврий ўтказиш.

- даврий-назорат даврини оптималлаш масалалари [8,14] ишларда кўрсатилган.

- даврий бўлмаган-(мисол учун топширикни бажариш тўхтагандан сўнг)

- Тестлашнинг давомийлиги:

- берилган вақт оралиғи давомида;

- хатоликни бартараф этишгача.

[5,9] да кўрсатилганидек, хатоликларни аниқлаш воситаларини эффективлиги, бу тестлаш вақтининг ўсиши ҳисобланади.

Тестлаш воситаларини жойлашишига кўра:

- ички тестлаш (процессор тизимининг асосий воситалари бажаради), бузилишга барқарор ЖКИС учун ички таъминотнинг афзаллиги қўшаб авторлар томонидан кўрсатилган. Бундай тестлашга мисол бўлиб, Seguela System, System 4000 тизимини кўрсатиш мумкин. Бундай мультипроцессорлар тизими [17] ишда келтирилган;

- ташқи тестлаш (махсус восита амалга оширилади) тизим процессорлари орқали амалга оширилади.

Тестлашнинг чуқурлиги (қуйилиги) ёки жойлашган ерини топиш аниқлиги, тестлаш воситалари томонидан элементларни бир вақтда тестлаш сонига қараб фарқланади.

Тестлаш усулини ташкил этилишига қараб:

- тизим компонентларини навбатига қараб тестлаш (кўп ҳолларда ХТ ни тестлашда фойдаланилади);

ХТ компонентларини бир вақтда (параллел) тестлашга ажратилади;

Тестлашни ўтказиш усулига кўра:

- ХТ компонентларини ўз ўзини тестлаш;

- ХТ компонентларини яқин (қўшни) жойлашганларни тестлаш;

- ХТ нинг бошқа хоҳлаган процессор элементини ихтиёрий процессордагисини тестлаш.

3. Функционал даража. Сигнал даражасидан юқори даражада бўлган хато ахборотларни аниқлаш, у тизимда нохушликларни бартараф этиш учун мўлжалланган. Улар тизимнинг тўғри ишлаши ва тўғри натижани ҳисоблаши вақтига қўйилган «тўсиқ» ёки «чегара» бўлиб хизмат қилади.

Компонентларнинг бузилиши натижасида келиб чиқаётган хатолар тезда ХТ орасида тарқалиши ва ўсиши мумкин.

Ушбу даражадаги воситаларни ХТ орасида «тўсиқлар» қўйиш усулига кўра қуйидагича классификация қилиш мумкин.

Вақтинчалик «тўсиқлар» (топширикни бажариш вақтининг назорати). Агар топширик қисқа вақт ичида бажарилмаса, хатолик белгиси бўлиб хизмат қилувчи ҳисоб натижасини ушланиши катастрофик оқибатларга олиб келиши мумкин.

Бундай турдаги хатолик динамик хатолар бўлади.

Вақтинча «тўсиқ» туридаги тизимларга Synapse N+1, Plus 32 лар мисол бўла олади.

Фазовий «тўсиқ» (топширикни бажариллиш вақтини назорати).

Мисол учун, агар ушбу дастурда хотиранинг майдони ажратилган бўлса, ушбу майдонга тааллуқли бўлмаган адресни пайдо бўлиши хатолик бўлиб хизмат қилади. Хатоликни тарқалишини тизимнинг бир соҳасида чегаралаш ХТ нинг тикланиш жараёнини осонлаштиради, чунки бундай ҳолда ахборотнинг катта таъсир этмаган қисми (ҳисоб натижасини тасдиқловчи) сақланиб қолади. Ҳар хил турдаги қўшимча ҳисоблар ёрдамида (ёки ҳисоб машинасини тасдиқловчи асосий жараёнда) хатоликлар аниқланади. Бу ерда назорат функциялари, назорат йиғиндиси ва бошқа усуллардан фойдаланишимиз мумкин [24].

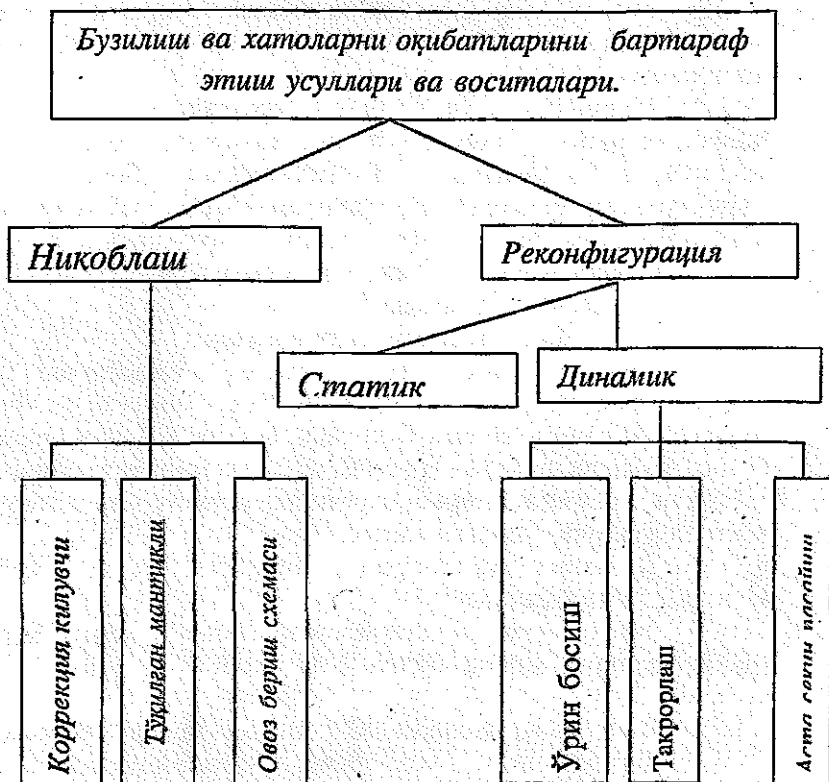
Юқори ишончлилиқ ББХТ қуришда биттагина даражадаги хатоларни аниқлаш воситаларидан фойдаланиш етарли эмас. Фақатгина учала даражадаги воситаларни қўллашгина кутилган натижаларни бериши мумкин.

2.2.4. ББХТ ларини бузилиш ва хатоларни бартараф этиш йўллари ва воситалари.

Хатоларни бартараф этишнинг содда усуллари ҳисоблашни қайтаришдир. Лекин у фақат қандайдир ҳодисалар оқибатида рўй берган хатоларни бартараф этиши мумкин ва у катта машина вақтини талаб этади. Амалда ББХТ хатоларини ва бузилиш оқибатларини бартараф этишнинг иккита усулидан фойдаланилади 8-расм):

Хато ҳаракатларни никоблаш;

Тизимни қайта қуриш (реконфигурация).



8-расм. Бузилиш ва хатоликларни оқибатларини бартараф этиш усуллари ва оқибатларининг классификацияси.

Биринчи усулнинг мазмуни, ортиқча ахборотлар хато ахборотлар ҳаракатини яширади, бунга ҳисоблаш жараёнини ташкил этилиши ва схемавий ечимлар хусусиятлари сабаб

бўлади. Бунда хатолик оқибатларини бартараф этиш статик воситаларидан фойдаланилади (ниқоблаш воситалари).

Ниқоблаш воситаларини ишлаш тамоилига кўра қуйидаги гуруҳларга ажратиш мумкин:

- коррекция киритувчи кодлар (Хемминг кодлари);
- тўқилган (переплетный) мантиқли;
- овоз берувчи схемали.

Охирги ҳолатда блокларни тоқ сонидан фойдаланилади, улар бир хил ҳисоблаш амалларини бажаради ва кўпчилик «овоз» билан чиқиш сигналининг тўғри натижаси аниқланади.

Иккинчи усул-ХТнинг структурасини ўзгартириш (қайта қуриш)-бу ҳисоблаш воситаларини таркибини ёки уларни ўзаро таъсирини ўзгартиришдан иборат (8-расм). Структурани ўзгартириш бузилиш аниқлангандан кейин амалга оширилади. Хатолар ва бузилишнинг оқибатларини бартараф этишнинг бундай усули ўз ичига қуйидагиларни олади:

- статик ўзгартириш;
- динамик ўзгартиришларни олади.

Тизим структурасини статик ўзгартириш носоз компонентни ўчириб қўйиш йўли билан амалга оширилади. Бунда тизим икки қисмга бўлинади. Актив ХТ нинг ишлашида бевосита қатнашади ва пассив қисм компонентларини ишга лаёқатли қисмини қамраб олувчи ва структурали ўзгартириш вақтида ўчириб қўйилган қисми.

Динамик ўзгартириш киритиш усули қуйидаги кўринишларга бўлинади:

Ўрин босиш- заҳираларни қўллаш (бу усулда қурилган ББХТ қуришга мисол бўлиб Non Stop I, II [14,17] хизмат қилади).

Такрорлаш (Sunapse 4000 тизими мисол бўла олади).

Тизимнинг аста-секин пасайиши «деградация» (ҳисоблаш қобилиятини пасайиши). Бу усулда Power S/55 тизимлари қўрилган.

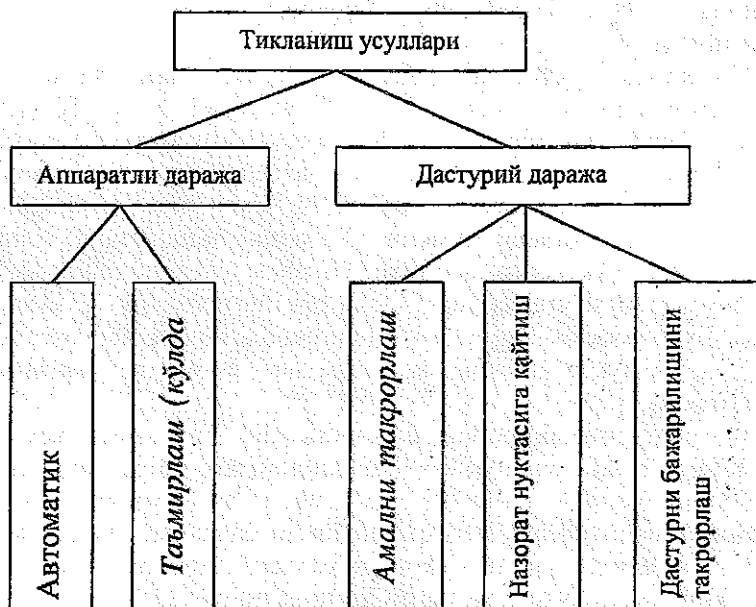
Агар тизим ниқобланган ортиқчалик динамик ўзгартириш қисми бўлса, унда бузилган компонентларини ўчиришни кейинги бузилишгача қолдириш мумкин.

2.2.5. ББХТ ларини тикланиш йўллари.

Ўзгартиришдан кейин тизим меъёрий ишлашини давом эттириши учун уни тиклаш зарур, бу иккита даражада амалга оширилади. (9-расм)

1.Аппаратли даража. Бу ерда ХТ бузилган компонентини тиклашнинг иккита усулидан фойдаланилади.[6,13,14].

Биринчи усул- автомат равишда тикланиш. У тизим структурасини кўшимча ўзгартиришлар йўли билан амалга оширилади. Бунда тизим бир қатор захира блоклардан ташкил топади деб фараз қилинади. Шу сабабли тизим ишлашга лаёқатли ҳолатга қайтади. Бунда тизим самарадорлиги сақланиб қолиши ёки бир мунча камайиши мумкин.



9-расм ББХТ ларини тиклаш усулларининг классификацияси.

Таъмирлаш (кўлда тиклаш). Бу ҳолда бузилган блок тизимдан узиб қўйилади ва у ишлашни кам самарадорлик билан давом эттиради ёки ХТ нинг актив қисмига таъмирланган блок қайтарилгунча тўхтатиб турилади. Одатда, таъмирлангандан кейин

тизимнинг барча дастурлари қайта киритилади, бундай тизимга мисол қилиб CPU Parallel Computer Inc ни одишимиз мумкин.

2. Дастурий даража. Бунда ХТ ни ҳолати ҳақидаги ахборотни тиклаш амалга оширилади, у тизимнинг ишлашнинг давом эттириш учун керак бўлади.

Тизимнинг ишлаш тартибини бузилишини тиклашнинг усулларини қуйидагича кўрсатиш мумкин:

- амални қайтариш ёки ҳар хил даражада охириги ҳаракатни қайтариш, уларнинг баъзиларини қайтариш тўғри натижани бериши мумкин, агар уларга боғлиқ ҳатolik тасодифий ёки вақтинчалик (хато тикланиш жараёнида йўқолади) бўлса. Кўп ҳолларда охириги амални ёки ҳаракатни кўп даражани қайтарилади, бу ҳисоблаш жараёнини тўғри тикланиш эҳтимолини оширади;

- назорат нуктасига қайтиш. Бу ҳисоблаш жараёнини баъзи поғоналарини оралиқ ҳисоб натижаларини белгиллаб қўйишдан (битта ёки бир нечта ХК да) ва тизим ҳолати ҳақидаги ахборотларни белгилаш, ҳисоблашни янгидан бошлаш имконини беради. Назорат нуктасига қайтиши ҳисоблаш жараёнини қайтарилиши деб қараш мумкин. Ҳатolik аниқланиши билан тизим назорат нуктасига қайтади. Бунда у ўз ишнинг давом эттирган ҳолда бузилиш содир бўлган вақтдаги назорат нуктасига қайтади. Бу нуктадан берилган нукта сифатида фойдаланилади (бунда, ушбу нуктадаги барча дастурлар тўғри ва сақланган бўлиши керак).

- дастурни такрорий бажариш. Бу тикланиш усулида барча бажарилмаган дастурлар бошланишидан қайта ишланади (бузилишигача бўлган). Бундай усул тизимда бузилган ахборотлар сон, алоҳида амални ёки дастурнинг қисmini қайта тиклаш йўли билан тиклаб олиш мумкин бўлмаган ҳолларда ишлатилади.

Ушбу усул учта ҳолатда қўлланилади:

1. агар, хато ҳаракатлар тизимнинг катта қисмида ўз аксини топган бўлса;
2. агар, минимал ҳатolikларга эга бўлган ҳолда ҳисоблаш жараёнини қисман тиклаш имконига эга бўлса;
3. агар, тизимни ишлашнинг бошқа усуллар билан тиклаш катта қийинчилик тугдирса ёки кўп вақт талаб этса.

Дастурни қайта бажариш усули CPU Parallel Computer Inc да амалга оширилган.

Кўришган барча усуллар ёрдамида тиклаш, топилириқни бажарилишини ушланишига олиб келади. Дастур даражасида тикланиш воситаларидан фойдаланиш, дастурни бажарилишини кайтариш, дастур кўришишлари ёки алоҳида амалларни бажариш, хатоларни ниқоблашга караганда кўп вақт талаб этади. Лекин тиклаш ва ниқоблаш воситаларини оптимал таркибини аниқлаш жуда оғир. ББХТ ларини қўланилиш соҳасига караб тикланишдаги ушланиш аниқланади.

Замонавий ҳисоблаш воситаларида ҳозирги кунда хатоликларни тузатиш ва аниқлаш воситаларини ҳар хил турларидан фойдатанилади. Бундан ташқари ҳисоблаш тизимларини тиклаш бузилишга барқарор ХТ лар таркибига киритилмокда, бунга IBM 4300 ва Univac 1100/60 ни мисол қилиб кўрсатиш мумкин.

Қуйидаги хулосага келишимиз мумкин:

ББХТ ларидаги хатоларни топиш, тиклаш ва баргараф этишнинг ҳар хил воситаларидан фойдаланиш мақсадга мувофик бўлади. Чунки уларнинг ҳар бири юқори аниқлик билан маълум бир турдаги хатоларни топа олади;

Назорат ва тикланишнинг бир канча воситаларидан фойдаланишда уларга тизимнинг ҳар хил иерархик даражаларида олиб борилганда эффектив бўлади;

ББХТни қуришда энг эффектив ва истиқболли назорат усулларидан бири – такрорловчи назоратдир:

Синов саволлари ва топириқлар.

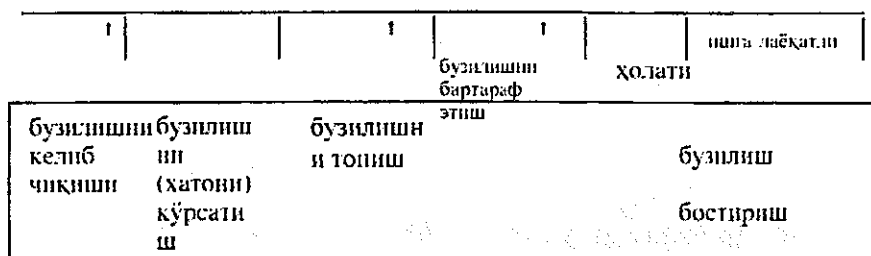
1. Барчага маълум бўлган ББХТ нинг умумий тузилишини кўрсатиб беринг.
2. ХТ ларни яратишда уларнинг юқори даражадаги ишончилигини қандай таъминланади?
3. ББХТ содир бўладиган хатоликларнинг санок белгиларини кўрсатинг.
4. ББХТда хатоликларни топишнинг асосий даражаларини аниқланг.
5. Қандай ҳолатларда назорат ва диагностика воситаларини ББХТ да қўллаш эффектив бўлади.

3-боб. Бузилишга барқарорликни таъминлаш воситаларини лойиҳалаш усуллари

3.1. Хатоларни топиш воситалари.

Хатоликни ҳосил бўлишини топиш — бу бузилишга барқарорликни таъминлаш воситаларини (ББТВ) қолган барча функцияларини ташкил этишни бошланғич нуқтасидир. (ББТВ ишлашининг хатони ниқоблаш усулидан ташқари, мажаритар захираладан ташқари). Ахборотларни ва аппаратларни тиклашнинг энг мураккаб усуллари ҳам, ХТ ларнинг элементларини ишлашдаги хатоларни топиш схемаларини эффективлигига боғлиқдир.

10-расмда тизимда бузилиш келиб чиқишида тасодифий ҳодисаларнинг бостириш кетма-кетлиги келтирилган. бунда, биринчидан, агар бузилиш топилмаса ахборотларни ва аппаратларни тиклаш жараёни нольмалум муддатга ўчириб қўйилади, фойдаланувчи эса қўйилган масалани хато ечимини олиш мумкин. Иккинчидан эса t_2 қанчалик катта бўлса, дастурни бажарилиш жараёнига ва ишланаётган ахборотларга шунча кўп ноаниқликлар келтиради.



10-расм. Тизимда бузилиш келиб чиқиш тасодифий ҳодисаларнинг бостириш кетма-кетлиги.

Бундан ташқари, хатони топиш схемасини қуришда ёлгон хато сигнали келиб чиқиши мумкинлигини ҳам билиш керак. У хато топиш схемасининг узилиш ёки бузилиш оқибатида келиб чиқиши мумкин.

ББХТларини қуришда хатоликларни топиш тизимларини яратиш мақсадга мувофиқ ҳисобланади. Хатоликларни ва уни келтириб чиқарувчи бузилишларни топиш аппарат йўли билан,

дастурий йўл билан ва вақтинчалик усуллар орқали ёки уларни комбинациясида амалга оширилади. Хатоликларни топиш жараёни нуктан назаридан кўпроқ назорат терминидаан фойдаланилади.

Назорат бошлангич тезкор ва режали бўлиши мумкин. Бошлангич назорат меъёрий ишлатишдан олдин амалга оширилади ва у қурилмаларни йиғиш вақтида ёки иштаб чиқариш вақтида йўл қўйилган (элементлар) посозникларини аниқлаш учун хизмат қилади. Тезкор назорат тизимининг меъёрий ишлаш вақтида амалга оширилади ва қисқа вақт мобайнида содир бўлган янги бузилишларни аниқлаш учун хизмат қилади. Режали назорат эса, ХТ ни ишдан бўш вақтда олдиндан белгиланган вақт мобайнида амалга оширилади.

Бундай назоратларни ташкил қилишда энг оғири тезкор назоратни (ТН) ташкил қилиш ҳисобланади. ТН ёрдамида хатоларни топиш учун тизимга махсус аппаратлар ва дастурий воситалар киритилади. Улар ХТ нинг асосий аппарат ва дастурий воситалари билан бирга параллел ишлайди. Хатоларни тезкор топишнинг муҳим ҳислати тизимда содир бўлиши мумкин бўлган иштаётган дастурни бузилиши ёки ахборотларга келтириладиган зарардан олдин хатолик сигнали ишлаб чиқарилади ва тиклаш жараёнига ўтилади.

Хатоликларни тезкор топишнинг аппарат усули биринчи автод ҳисоблаш машиналарида ҳам қўлланган бўлиб, кейинги автод ЭХМ ларида ўз ривожини топди. Бу усулда хатоликларни топишда кодлардан фойдаланиш (модул бўйича назорат), натижаларни таққослашни такрорлаш, мос тушмаслик детекторларини қўллаш, овоз берувчи мажаритар схемалар, баъзи бир муҳим элементларни махсус назорат схемаси (такт импульс генераторлари, таъминот манбайини, хотирага ёзиш схемаси ва бошқалар) тегингидир.

Хатони топишни тезкор дастурий усули дастурлардан параллел фойдаланишга ёки дастурга қўшимча хусусиятлар киритишга асосланган. Биринчи ҳолатда бир нечта бир хил дастурлар ишлатилади. Улар алоҳида процессор ва алоҳида хотира қурилмасидан фойдаланади. Шу сабабли ортиқча ХТ нинг аппарат комплеклари талаб этилади. Натижаларни таққослаш схемаси ёрдамида эмас, балки натижаларни дастурий алмашиш ёки назорат йиғиндистари орқали амалга оширилади. Махсус тизимдан фойдаланиш имконияти ҳам мавжуд (мисол учун,

назорат қилинаётган ЭХМ кўринишида), унда тизимнинг асосий қисмини ишлашнинг кузатиш мақсадида дастурий назоратдан фойдаланилади.

Ушбу усул дастурий бузилишга қарамай унда қўшимча аппарат воситалари керак. Иккинчи ҳолда хатонини топиш воситалари умумий дастурга бириктирилади. Улар ўзида тасдиқловчи паролларни ақс эттиради, у назорат учун жамланади, оралиқ ҳисоб натижаси (мисол учун, $\sin^2 x + \cos^2 x = 1$) умумий мос келиш натижалари текширади (мисол учун, қандайдир ҳодисани эҳтимоллиги 1 дан катта бўлмайди ёки 0 дан кичик бўлмайди), назорат таймерларини дастурлаш ва ҳоказолар. Хатоларни топишнинг аппарат усулига нисбатан дастурий усул секин ишлайди ва тизим элементлари бузилиши мумкинлиги туфайли, дастур бузилиши кўпроқ содир бўлади. Лекин улар кўпроқ қўлланилади, чунки уларни ҳозирда мавжуд ХТ ларига киритиш мумкин.

ББХТларининг истиқболли ташкил қилиш аппарат тезкор назоратли (ТН) ҳисобланади, у ўзини ўзи текширувчи қурилган назоратли схемалар (ЎЎТКНС) билан бирга ишлатилади. ТН ни бундай ташкил қилиш, тизимнинг асосий элементлари бузилиши билангина эмас, балки бузилишга барқарорликни таъминлаш воситаларини бузилишига ҳам боғлиқ.

Анъанавий қурилган назорат схемаларидан фарқли, қайсики яқка хатоник сигналларини ишлаб чиқаришга асосланган, мисол учун, модул бўйича назорат қилувчи ЎЎКНСлар (модул бўйича назоратга асосланган ҳолда) хатоник сигналларини камда иккита ишлаб чиқариш керак. [15] ишда ЎЎТКНСни меъёрий таърифи берилган. Иккита чиқиш f_1 ва f_2 га эга бўлган ўзига қурилган назорат схемасидир, агар қуйидаги иккита хусусиятга эга бўлса ўзини тўлиқ текширувчи ҳисобланади:

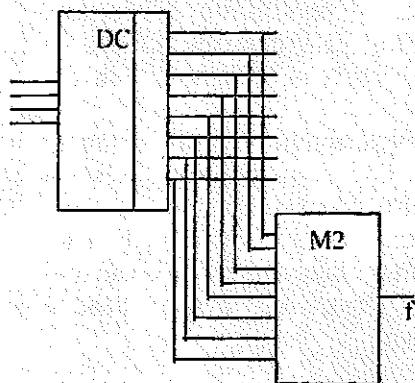
а) ўзини ўзи теслаш- ЎЎКНСни барча носозликлари f_1 ва f_2 чиқишларда 00 ва 11 жуфт қийматлар сифатида аниқланади;

б) носозликлардан муҳофазатланиш- ЎЎКНСнинг ҳар бир носозлигини f_1 ва f_2 чиқишларда фақат 00 ва 11 жуфт қиймат кўринишида келиб чиқади. Ўзига қурилган назорат схемасини ихтиёрий ташкил этишда иккита фақат f_1 ва f_2 назорат қилинаётган комбинацион қурилмани носозлигини топишни кафолатлайди (агар унинг тўғри ишлаши бузилган бўлса). Шу сабабли ЎЎКНСни қуришнинг асосий шартларидан бири f_1 ва f_2

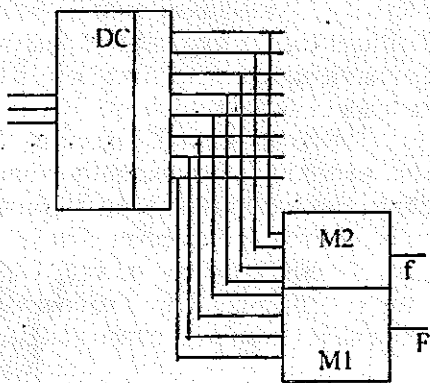
функцiяни алоҳида ташкил қилишдашр. Бу талабни асоси қуйидагича:

ЎЎҚНСни носозлигини аниқлаб чиқиш қийматлари f_1 ва f_2 01 ёки 10 дан 00 ёки 11га ўзгаргандагина содир бўлади, бошқача айтганда, чиқиш қийматининг биттаси инверсия қилинади. Алоҳида ташкил этилган f_1 ва f_2 функциялар ЎЎТҚНСнинг элементларни кириш ва чиқишларидаги якка бўзилиш ҳеч қачон схеманинг иккита чиқишини инверс бўлишига олиб кетолмайди. Шундай қилиб ажратиб ташкил этилган f_1 ва f_2 функцияларда олдиндан носозликлардан ҳимояланиш хусусияти бор. Дешифраторнинг назорат схемасини қурилиш мисолини қўриб чиқамиз.

11-расмда, дешифратор (ДС) ва унинг назорат схемаси М2-икки модули бўйича қўшиш- ДСнинг иккита чиқиш қийматига кўра қўшиш келтирилган. ДСни назорат қилишда унинг меъёрий ишлаши кўрилган, бунда фақат битта чиқиш "1" қийматига эга ва қолган чиқишларни барчаси "0" бўлади. Шу сабабли М2 схема чиқишда доимо "1" бўлиши керак. Бундай ҳолларда ДСнинг чиқишидаги хатолик, чиқишдаги "1" ларни жуфт сопига олиб келувчи ёки танланган чиқишда "1" ни йўқолиб қолиши доимо топиб олинади, чунки М2 чиқишда "0" бўлади.



11-расм. Дешифратор ва унинг назорат семаси.



12-расм. ЎЎТҚЖ ДСнинг схемаси.

Бу схеманинг камчилиги шундаки. "1" турдаги констант хатоликка олиб келувчи M2 схеманинг бузилишини чиқишда аниқлаб бўлмайди, аммо "0"га олиб келувчи бузилишни топиш мумкин, лекин бунда DC ва M2 схемаларни қайси бири бузилганини фарқлаб бўлмайди.

12-расмда ЎЎТҚНС DCнинг схемаси келтирилган. У иккита f_1 ва f_2 чиқишдан ташкил топган, бундай схеманинг афзаллиги юқориди келтирилган.

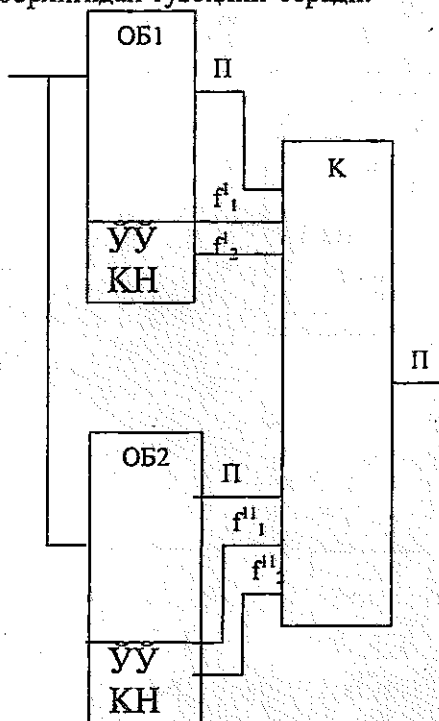
Дешифратор ва M2 тўғри ишлаганида f_1 ва f_2 чиқишлар тўғри қийматларни 01 ёки 10ни қабул қилади. Дешифраторнинг чиқишида 1 йўқолиб қолса f_1 ва f_2 чиқишлар 00 ва 11қийматларга эга бўлади. Демак бундай хатоликларни топиш мумкин бўлади. Бундан ташқари, агар M2 схемасининг бирортаси бузилса унинг чиқишида 1 константаси ёки 0 константаси бўлади. Бундан келиб чиқадики, назорат схемасининг ҳар қандай хатолигини топиш мумкин.

Қандай схема бузилганини аниқлаш учун мураккаб назорат схемаси талаб этилади. Бундай схема назорат қилувчи ва назорат қилинувчи схемаларни такрорланишига олиб келади. 13-расмда операцион блокни (ОБ) такрорлаш схемаси келтирилган. Унда ўзини-ўзи текширувчи қурилган назорат схемаси мавжуддир. ЎЎТҚНС схемалар берилган турдаги хатоликларни ОБ ҳамда ЎЎТҚНС хатоликларини топиш имконини беради. Мультиплексорда қурилган коммутацион (К) схемаси ОБ1 ёки ОБ2 чиқишларидаги натижани беради, бу f_1^1 ва f_2^1 ёки f_1^{11} ва f_2^{11} сигналларига боғлиқ бўлади.

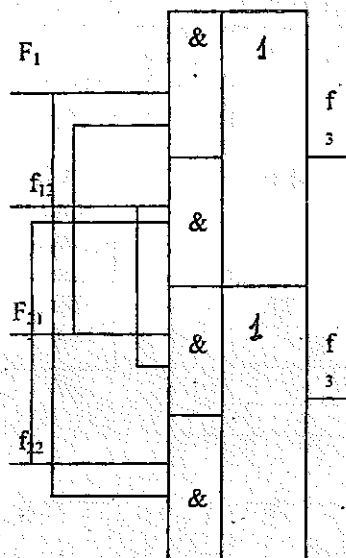
Шундай қилиб, назорат воситаларини бундай ташкил қилиш нафақат хатоликларни топиш балки такрорлаш схемаси ҳисобига чиқиш натижалари тўғрилигига ҳам таъсир қилади, (агар хатолик битта такрорланувчи блокда содир бўлган бўлса). Натижада ББТВ бир вақтда иккита функцияни бажаради-хатоликни топиш ва ахборотларни тиклаш, бунда асосий қурилмаларни самарадорлиги пасаймайди.

Одатда ББХТ таркибига кўп сонли қурилмалар кириб уларни ҳар бири ўз навбатида ҳар хил функционал қисмлардан ташкил топади. Бунда барча функционал қисмлар ЎЎТҚНС билан таъминланган бўлиши керак ва улар f_1 ва f_2 хатони сигналларини ишлаб чиқаради. Лекин тикланиш функцияси алгоритминини ишга тушириш учун умумий хатолик сигналини ишлаб чиқари-ши

шарт. ЎЎТҚНС чиқишидаги сигналларни умумий хатолик сигналини шакллантириш мақсадида бирлаштиришда ўзини ўзи текширувчи сиқиш-тирилган схемалардан фойдаланилади. 14-расмда сиқиштириш схемаси келтирилган бўлиб, иккита УЎТҚНС чиқиш сигналларини битта умумийга бирлаштиришни таъминлайди. Агар сиқиштириш схемаси киришда f_{11} ва f_{12} ёки f_{21} ва f_{22} сигнал қийматлари 00 ёки 11 бўлса хатолик сиқиштириш схемасини ўзида содир бўлади, унда f_{31} ва f_{32} чиқишлар 00 ёки 11 қиймат-ларини қабул қилади, бошқача айтганда хатолик борлигидан гувоҳлик беради.



13-расм.
Операционблокни
такорлаш схемаси

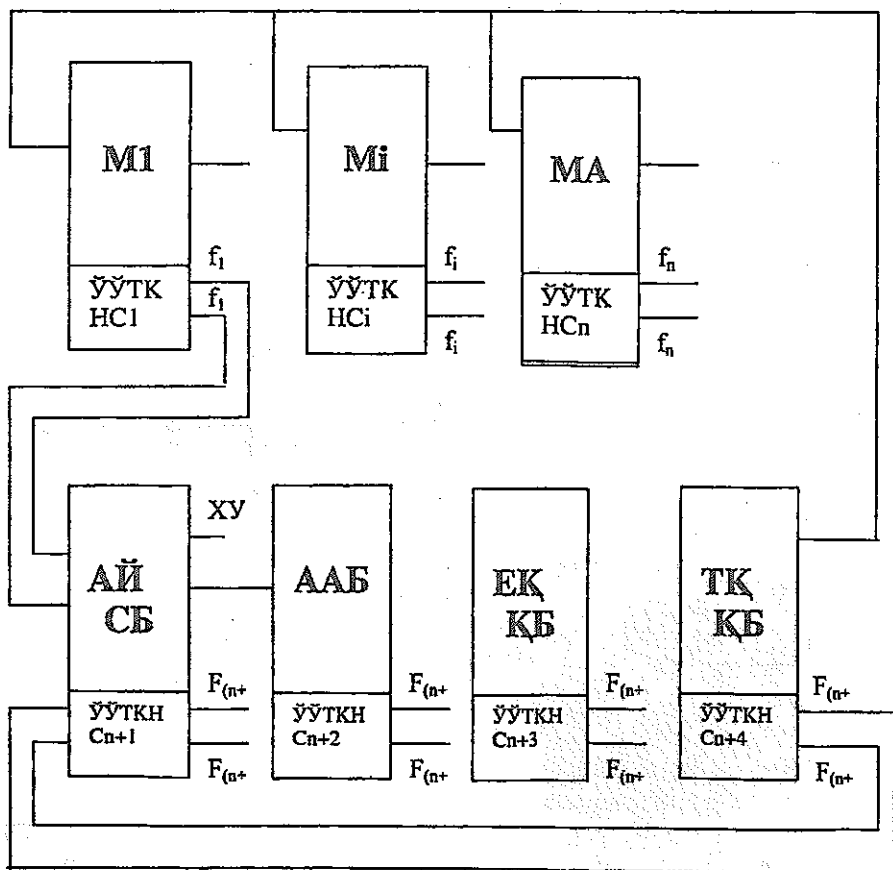


14-расм.
Сиқиштириш(ихчамлаш)

Тизимнинг умумий хатолик сигналини шакллантиришда шуни назарда тутиш керакки, бунда бошланғич хатолик мобайнидаги ахборот ҳам сақланиши шарт. Бу барча тикланиш

гурухи функцияларини эффектив ташкил қилиш имконини беради.

Шундай қилиб, ББХТ архитектурасига ЎЎТКНС ёрдамида тезкор аппарат назоратини киритиш, структура даражасидаги захиралаш ва кўпгина тикланиш функцияларини аппарат ташкил этиш назарда тутилган бўлса, (одатда тизим аппаратларини узилиши ёки бузилишини топиш функцияси дастурий ташкил этилади, бунда дастурнинг у ёки бу қисмини такрорлайди), бунга мисол тариқасида 15-расмда ББТВ структураси келтирилган.



15-расм.ББТВ структураси.

ББХТ таркибига M_i нинг p_i та модули киради (қурилма ёки мураккаб функционал қисмлар). Улар электрон ҳисоблаш тизимларига юкланган вазифаларни бажариш учун мўлжалланган. Бунда n модул таркибига асосий ҳамда заҳиралар кириши мумкин. Ҳар бир n модулга ЎЎТҚНС киритилган бўлиб, улар хатолик сигналини ишлаб чиқаради, (сиқиштириш схемаси ёрдамида бўлиши мумкин) ва уларни ББТВ автоном қурилмасига йўналтиради. Бу қурилма кўйидаги блоклардан ташкил топади: АЙСБ-тизимдаги хатоликлар ҳақидаги ахборотларни йиғиш ва сақлаш, ҳамда хатолик ҳақида узилиш сигналини ишлаб чиқариш(ХУС), блок ААБ-тизим элементлари ҳолатлари ва хатолик ҳақидаги ахборотни анализи, блок ЕҚҚБ-тизимни ишлаш алгоритмини ўзгартириш ҳақида ечим қабул қилиш, блок ТҚҚБ-тизимни қайта қуришни бажариш. Кўрсатилган ҳар бир блок ЎЎТҚНС турдаги назорат схемаси билан таъминланган бўлиши керак.

3.2 Ишга лаёқатни тикловчи воситалар.

Юқорида қайд этилганидек, автоном тарзда ташкил этилган тиклаш тизими ХТ нинг бирор қисмининг ҳисобида хатолик содир бўлгани ҳақида сигнал келгандагина ишлашга тушади. Бунда бир қатор қарама-қаршиликлар бор. Бир томондан биз тизимда мураккаб аппарат ва дастурий воситаларни яратсак, бунда ҳар қандай вақтда ишга тушиши мумкин бўлган тиклаш функциясини бажарувчи восита бўлса, иккинчи томондан биз қурилмаларни вақтинча узилиши ёки бузилишлари кам содир бўладиган ёки бу қурилмалар жуда кам ишлатиладиган ХТ ни яратамиз. Хатоликни аниқлаб, оқибатларни бартараф этиш мумкин (ёки бузилган ахборотни тиклаш) ва ишлаш жараёнини тўғри тиклаш мумкин. Бунинг учун хатолик сабаби узилиш ёки бузилиш эканлигини аниқлаш ва қайси элемент бузилганлиги, тизимнинг ҳолатини аниқлаш ва уни ишлашга лаёқатлилиқ ҳолатини тиклаш зарур. Шу сабабли, ҳисоблашдаги хатоликларни текшириш функцияси ҳақида гап борганда, ушбу тизимга киритилган бошқа тиклаш функциялари ҳам назарда тутилади. Шунинг учун жуда мураккаб ҳисобланади, уни қўлланилиши эса ҳар бир лойиҳалаштирилаётган ХТ нинг қўлланилиш соҳасига қараб аниқланади. Бундан келиб чиқадики, тиклаш тизимини

лойнҳалантиришдан олдин, ушбу тизимга хос бўлган барча тикланиш функциялари алгоритмини куриш лозим.

Тикланиш алгоритмини ташкил этиш усулларининг фарқловчи кўрсаткич бўлиб, тикланиш алгоритми таркибий қисмига оператор керак ёки керак эмаслиги ҳисобланади. Тикланиш алгоритмига инсон араташмасидан ечим қабул қилиш автомат алгоритмга хосдир. Қолганлари таркибига автоматик (дастурий) модуллар ўрнатилган бўлишига қарамасдан инсон қўли араташгани учун автомат бўла олмайди. Автомат тикланиш алгоритми бузилган блокни қўлда алмаштиришни ҳам ўзида мужассам этиши мумкин. Лекин бунда меъёрий ишлашни тиклаш инсон араташувига боғлиқ эмас. Тиклашни тугагандан кейин тизимнинг қай ҳолатга ўтиши автомат тикланиш алгоритмида учта синфга ажратилади: тўлиқ тикланиш, қисман тикланиш ва хавфсиз тўхташ.

Тўлиқ тикланиш (ўрнатилган вақт мобайнида) тизим ўзининг кўрсатилган иш жараёнига, ёки носозликкача бўлган жараёнга қайтишини билдиради. Бунда аппарат ҳамда дастурий таъминот ўзининг ҳисоблаш қувватини сақлайди. Аппаратни бузилган модули захирадагиси билан алмаштирилади. Шикастланган ахборот (дастур ва ахборотлар) маълум меъёрий ҳолатга, носозлик содир бўлишидан аввалги ҳолатига қайтаради.

Қисман тикланиш (улар ишлатилган тизимлар *деградирующий* деб аталади) тизимни ишчи ҳолатига қайтаради, лекин ҳисоблаш имконияти пасаяди. Бу эса тизимдаги бузилган элементлар алмаштирилмай ўгирилиб қўйилади дегани бўлиб, бунда алоҳида дастурлар ва ахборотлар йўқолади, баъзи функциялар рухсат этилган вақтга нисбатан анча узоқ вақт давом этади. Бундай ёндашишни баъзан қисман бузилишга барқарорлик дейилади. Чунки тизимнинг ишлаш жараёни носозлик содир бўлганигача бўлган даражасида тўлиқ тикланмайди.

Хавфсиз тўхтатиш қисман тикланишнинг чегаравий (мажбурий) ҳолати ҳисобланади. У тизимдаги ишлаб чиқариш мумкин бўлган чегарадан ҳам пасайиб кетганидагина қўлданилади. Тўхтатишдан мақсад:

1) тизим элементлари ишдан чиқмаслигини ва хотирада қолган ахборотга зиён етишини олдини олиш учун;

2) тизимнинг бошқа мураккаб қисмлари билан ўзаро таъсирини ва аввалдан аниқлаб қўйилган

тартибда фойдаланувчилар билан ишлашнинг тўхтатиш;

3) кўрсатилган тизимларга диагностика қилувчи ахборотлар ва тўхтаганлик ҳақидаги маълумотларни фойдаланувчи ва техник хизмат кўрсатувчи мутахассисларга юборишни тўхтатиш.

Одатда ББХТ ларда тикланишни автомат алгоритмидан фойдаланилади. Лекин баъзи ҳолларда қисман тикланиш ва хавфсиз тўхташ алгоритмларидан ҳам фойдаланиш катта эффект бериши мумкин. Бунда биринчи автомат тикланиш алгоритмидан фойдаланилади. Структура захира элементларининг барчаси ишлатилмаган бўлмаслиги керак, агар барчаси ишлатилган бўлса кейин қисман тикланишга ўтилади. Агар бузилган элементни тиклаш имконияти бўлса ва тизимни ишчи конфигурациясига қайтарилса яна тўлиқ тиклаш таъсир этиши мумкин. Структура ва функционал захира тўлиқ ишланиб тугалланган бўлса, хавфсиз тўхташ ишга туширилади.

Юқорида кўрсатилганидек, ББТВни ташкил этиш кўп жиҳатдан бузилиш тури билан аниқланади ва уларда бузилишга катъийлик таъминланади. Тикланиш алгоритмининг ташкил этишда бузилишлар ХТ ҳисоблаш жараёнига қай даражада таъсир этишини фарқлаш мумкин. Бунда дастурни ишлашнинг оператор ёрдамисиз тикланади.

Катъий ҳатолликда ББТВ лари дастур бажарилишининг автомат тарзда тиклай олмайди ва ҳисоблаш жараёнини тиклаш учун тизимни кўл ёрдамида реконфигурация қилиб бузилган блокни ўгириш талаб этилиши, операцион системани қайта ишга тушириш ёки хизмат кўрсатувчилардан бошқа ҳаракатлар талаб этилиши мумкин.

Тизимни тиклашни шундай ташкил этиш керакки, бунда ҳатолликларни аниқлашнинг асосий қисми юмшоқ бўлсин, бу эса ўз навбатида тизимнинг белгиланган ишлаб чиқариш даражасида ишлашига имкон беради.

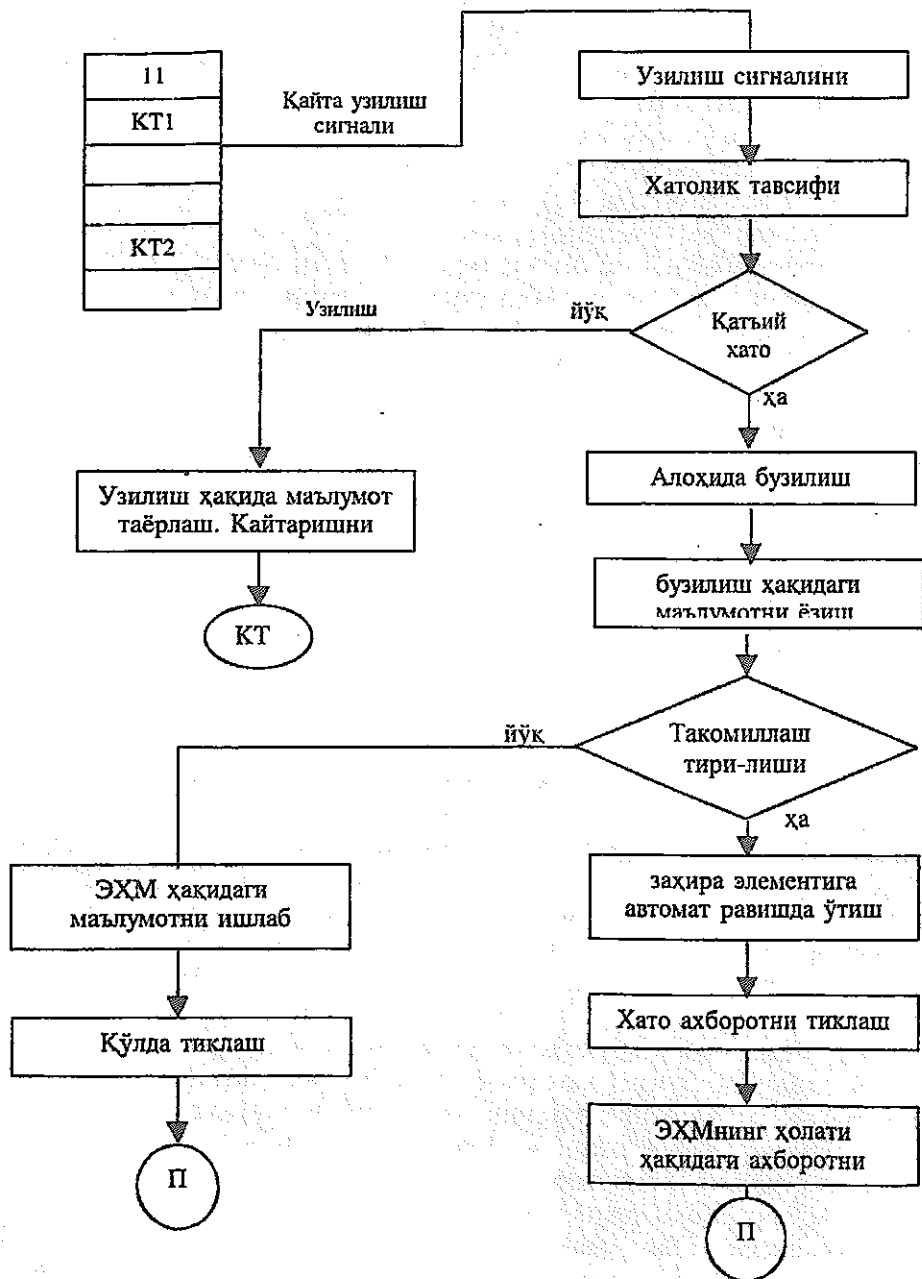
3.3 Ахборотларни тиклаш воситалари.

ББХТларини тиклаш тизими марказлаштирилган бошқарув ёки номарказлаштирилган бошқарув асосида қурилган бўлиши мумкин. Биринчи ҳолда бошқарув автоном қисм бўлиб, у тизим элементларининг хатоликлари ҳақида келиётган ахборот асосида хато ахборотларни тиклаш амалини бошқаришни бажарadi. Бунга мисол қилиб STAR тизимини олишимиз мумкин. Иккинчи ҳолатда эса юмшоқ хатоликларни тузатиш тизим элементларида мавжуд бўлган локал воситалар орқали амалга оширилади. Бунда шунинг назарда тутиш керакки, тиклашнинг локал воситалари структураси ўзида хатоликлар ҳақида ахборот йиғувчи блокни, хатоликларни синфларга ажратувчи блокни, автомат равишда конфигурацияни ўзгартирувчи блокни, марказий аъзолардаги элементлар ҳолати ҳақидаги маълумотларни, бошқариш тизими ёки оператор учун танлаш блокларини мужассам этиши керак. ЭХМни локал тиклаш воситалари ёрдамида юмшоқ хатолик содир бўлганидан кейин ҳисоблаш жараёнини тиклаш алгоритмининг кўриб чиқамиз. Умумий кўринишда ушбу қуйидаги амаллар кетма-кетлиги кўринишда тасаввур қилиш мумкин. Хатолик синали содир бўлганда назорат схемаси бу хатолик аппаратни узилиши ёки бузилиши оқибатида содир бўлганлигини аниқлаши керак. Агар узилиш содир бўлса, унда тиклаш битта мос келувчи жараён орқали амалга оширилади, агар қатъий бузилиш содир бўлган бўлса, унда автомат равишда қайта такомиллаштириш йўли билан тиклаш мумкин бўлган ёки мумкин бўлмаган синфларга ажратилади. Қайта такомиллаштириш мумкин бўлмаса, (захира элементларини барчаси ишлатилган бўлса), тиклаш тизими элементлар ҳолати ҳақида маълумотни ишлаб чиқариши керак. Хатоликларни бузилиш ёки узилиш орқали содир бўлганлигини синфларга ажратишда, хатолик содир бўлган деб, тахмин қилинаётган дастурнинг буйруғини ёки буйруқнинг ўша қисмининг кўп маротаба қайтариш йўли билан амалга оширилади. Агар қайта ишланган хатолик амали тўғри яқунланса, хатолик узилиш деб синфга ажратилади, узилиш ҳақидаги ахборот ҳамда ЭХМнинг ушбу узилишга мос келувчи ҳолати рўйхатга олинади ва асосий дастурни ишлаши тикланади. Қайтариб ишлашларда амал тўғри бажарилмаса, хатолик бузилиш синфига ажратилади ва у ҳолда

локал бузилишни амалга оширилади. ЭХМни ҳолати ҳақидаги ахборотлар рўйхатга олингандан кейин шу ахборотларга асоосланган ҳолда қайта таъмирлаш имкониятлари ҳақида ечим қабул қилинади. Агар у, мумкин бўлса, қайта таъмирлаш амалга оширилади ва ҳисоблаш жараёни тикланади.

16-расмда юқорида қайд этиб ўтилган тикланиш алгоритмининг блок схемаси келтирилган. У амалларни кетма-кет бажарилишини кўрсатади. П дастурий бажаришда, дастурий (КТ1) 1-назорат нуктаси ва (КТ2) 2-назорат нуктаси ораллигида назорат схемаси аниқлаган хатолик сабабли узилиш сигнали ишлаб чиқилади.

Ҳар қандай ҳисоблаш тизими ҳар хил функционал вазифаларни бажарувчи мураккаб элементлардан ташкил топади. Уларнинг ҳар бирини хатоликларини топиш ва уни тузатиш учун махсус усулда ташкил қилишни талаб қилинади. Шунга асосан функционал қисмларни, хотира аппаратларини, процессор, каналлар ва ташкил қуришмаларга фарқлаб ажратилади. Элементлар катъий хатода ёки узилишда ахборотларни тиклаш учун хотира воситалари аппарат усули қўлланилади. Бу аниқлик киритувчи кодлар бўлиб, кўпроқ ХЕММИНГ коди қўлланилади. Бу код сўзлардаги яқка хатоликларни тузатиш имкониятини беради. Бундай ҳолларда назорат схемасида вақтинчалик узилиш сигнали ишлаб чиқарилмайди. Хатони туза-тиш махсус аниқлик киритиш схемаси орқали амалга оширилади ва ҳисоблаш жараёни меъёргаидек ишлашини давом эттиради. Процессор хатолик берган ҳолларда уни тиклаш учун кўпроқ аппарат дастурий усулдан фойдаланилади. Бу усулнинг ташкил этилиш моҳияти шундаки, микробуйруқ, буйруқ ёки дастурийнинг бир қисми қайтарилади. Бундай усул 16-расмда келтирилган. Процессорда хатолик содир бўлган вақтдаги микробуйруқни қайтаришни ташкил этиш учун ушбу микробуйруқ ҳақидаги ахборотни сақлаб қолиш зарур. Бунда хатолик оқибатларини бартараф этиш мақсадида, бу хатоликлар кейин яна қўшимча хатолар келтириб чиқаришини олдини олинади. Бундан ташқари маълум ёруқлик индекаторларини хатоликкача бўлган ҳолатини ҳам тикланади, яна ўша вақтда бажаришга амалга керак бўладиган ахборотларни тиклаб уни қайта бажарилишни ташкил этилади.



16-расм. Дастурий усул схемаси.

Буйруқни қайтаришни ташкил қилиш учун, микробуйруқни қайтариш учун керак бўладиган шартлар зарур. Лекин процессорда буйруқни бажарилишини ташкил этиш усулига кўра қўшимча регистрлар киритилиши мумкин, улар берилган ахборотларни сақлаш учун (буйруқ операндлари) ишлатилади. Бундан ташқари ЭХМларда назорат нуқталари усулидан ҳам фойдаланилади. Бу усулга кўра дастур назорат нуқталари билан чегараланувчи қисмларга ажралади.

Дастур қисмини бажарилишида, шу қисмнинг бошланиши ҳақидаги ҳисоблаш жараёнининг ҳозирги ҳолати тўғрисидаги барча ахборотлар процессорда сақланади. Шу сабабли дастурнинг ушбу қисмида қандайдир амал бажарилаётганда хатолик содир бўлса, ахборотни тиклаб, шу дастур қисмини қайтадан бажарилади. Шунинг назарда тутиш керакки, процессорда шундай хатоликлар содир бўлиши мумкинки, улар микробуйруқни, буйруқни ёки дастур қисмини автомат тарзда такрорлашга ўтишга рухсат бермайди. Ушбу тиклаш усулини қўллаганда ББХТ доирасида қўшимча услублар ҳам талаб этилиши мумкин. Мумкин бўлган қўшимча услуб сифатида вақтинча назорат деб аталувчи услубдан фойдаланиш мумкин. Унга кўра ББХТ баъзи марказий аъзолари ёки бошқа процессор доимий равишда кўрилаётганда процессорлардан ахборотларни олиб туради (агар хатолик тизим назорати орқали аниқланган бўлса). Агар ахборот аввалдан белгиланган вақт мобайнида келиб тушмаса, ушбу процессорни диагностика қилиш масаласи қабул қилинади ва у захирадаги билан алмаштирилиши мумкин.

Каналдаги хатолик сабабли ахборотни тиклаш учун аниқлик киритувчи кодлардан фойдаланилади ёки ахборот узатувчи назорат схемасида хато ҳақидаги сигнал олинганда буйруқ қайтарилади. Бунда буйруқни қайтаришни ташкил этиш тизимида ишлаётган интерфейс орқали аниқланади. Ташқи қурилмаларни хатолигини тиклаш, одатда дастурий воситалар орқали бажарилади. Шу сабабли операцион тизимларда барча турдаги ташқи қурилмалар (Таш.Қ) учун хатоларни ишлашга керакли дастурлар мавжуд. Бу дастурлар хатолик турини анализ қилади, хатолик содир бўлганда ТашҚ ҳолатини аниқланади ва бошлангич дастурни кўп қарра қайтариш йўли билан хатолик вазиятини тузатишга ҳаракат қилинади. Қайтаришлар сони ТашҚ ва хатолик турига боғлиқ бўлади.

3.4 Тиклаш воситалари комплекслари.

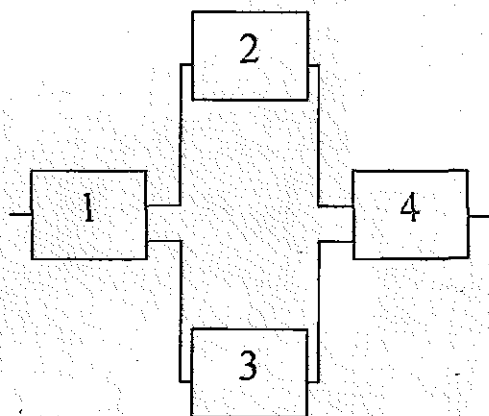
Юкорида қайл этилганидек, ББТВни ташкил этишнинг усуллари мавжуд бўлиб, улар хатоликни топиш, аниқлаш ва тузатиш вазифаларини ўзида мужассам этган. Бундай усуллар турига доимий заҳиралаш киради. У мажаритар бузилган қаплатни аниқловчи ва параллел схемали ЎЎТКНСлардир. Кўрсатилган заҳиралаш усулларининг асосий хусусияти шундаки, уларда носозликлар ортиқча аппаратлар билан ниқобланади ва шу сабабли дастурий таъминот учун кўринмай туради, бошқача айтганда носозлик мос келувчи тизим модули таркибидан чиқмайди. Агар ортиқчалик ўз имкониятини сарфлаб бўлмаган бўлса, носозлик модул ичида яширинган бўлади ва модулнинг чиқишида ҳеч қандай кўринмайди. Агар ортиқчаликдан охиригача ўз имкониятидан фойдаланган бўлса ёки содир бўлган хатоликни тузата олмаса, модулда бузилиш содир бўлади. Модулни ташқи кўринишидан тикланиш функциясини алоҳида ажратиш мумкин эмас.

Ниқобланган тизимларни яратишнинг асосий масаласи, ниқобланаётган модулни ҳажминини тапшлашдир. Модул сифатида тизимнинг дискрет компонентлари реле, микросхема, процессор ёки ЭХМлар, баъзи ҳолларда ҳисоблаш тизимининг ўзи ҳам танланиши мумкин. Модулнинг рационал ҳажмини аниқлаш тизимга қўйилган техник масалани назарий анализ қилиш асосида амалга оширилади. Бунда компонентларни бузилиш интенсивлиги ва ниқоблашни ҳар хил даражада деталлаштириб ташкил қилиш имконияти, мисол учун, интеграл схеманинг ичида ниқоблашни қўллашнинг оғирлигини асослаб бериш, бунда хатоликлар кўпгина қўшни компонентларга ҳам таъсир кўрсатади, бу эса кўплаб хатоликларни келтириб чиқаради. Бунда элементларнинг бузилиши бир-бири билан боғлиқ эмас деб ҳисобланади.

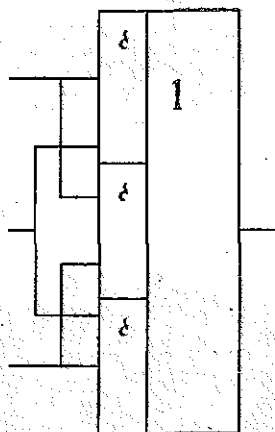
Ниқоблаш ёрдамида узилишлар ҳамда элементларни бузилишлари орқати содир бўлган хатоликларни тузатиш мумкин. Доимий заҳиралашни бундай ташкил этиш усулида элементлар асосий заҳирага ажратилмайди. Бунда барча элементлар схемага доимий уланган ва доимо истеъмол манбаи билан таъминланади, шу сабабли бир вақтда модул томонидан қўйилган функцияларни бажаради.

Шунга кўра амалда бир онда ва автомат равишда носозлик ниқобла-надн. Лекин ортиқчалнк тугаган бўлса ёки бузилиш ниқоблашга имкон бермаса, модул чиқишида хато натижа ҳосил бўлади. Бунда модул ичидаги ахборотларни маълум бир вақт ичида ушланиш билан тикланиш имконияти ҳам таъминланмайди.

Ниқоблашни яна бирта камчилигига кўн марта захиралашни нархи киради. Бу бошланғич тизим нархидан уч ва ундан кўп марта қиммат. Лекин ББТВни бундай ташкил қилиш усули тузилиши соддатлиги учун ҳам қўлланилади ва хатоликни бир неча сонияда тузатишни таъминлайди. Мисолларда келтирилган бундай захиралашда бузилишга баркарорлик тамоийлини хусусиятларини кўриш мумкин.

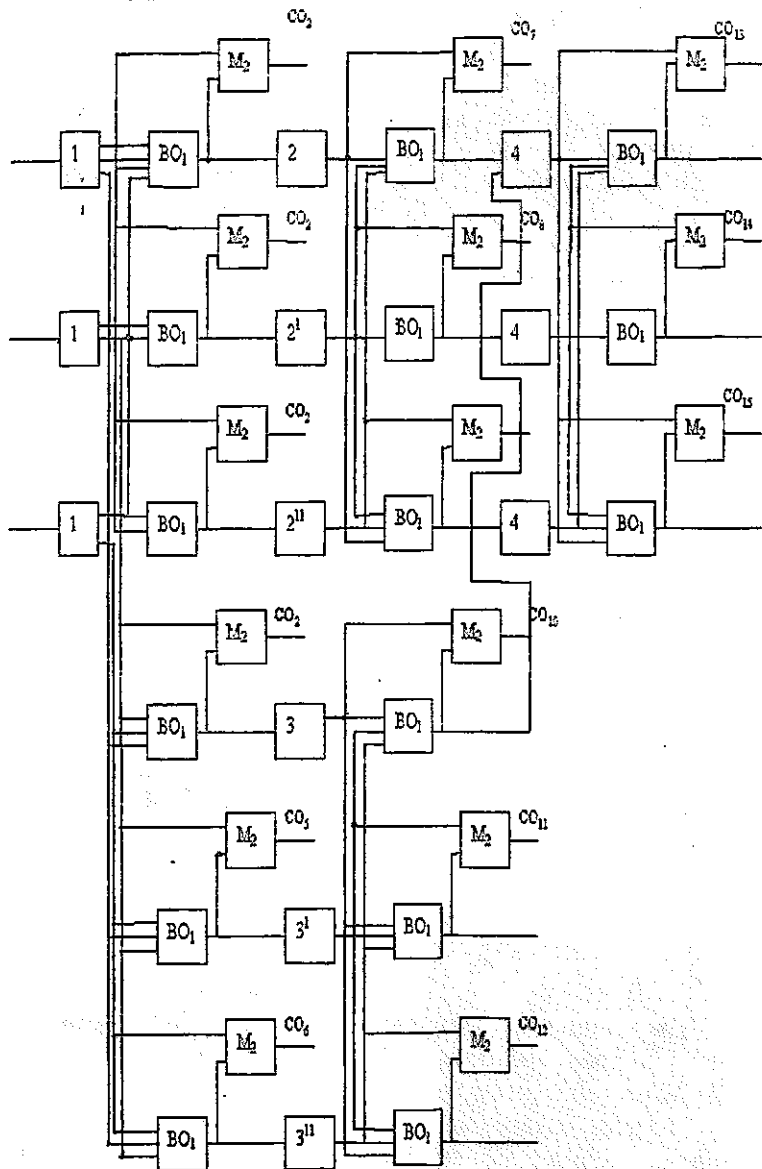


17-расм. Тизим элементларининг ортиқча бўлмаган структура



18-расм. Тикловчи аъзонинг функционал

Тикланишнинг комплекс воситаларини ташкил этиш мисолида кўриб чиқамиз. 17-расмда тизим элементларининг ортиқча бўлмаган структура схемаси келтирилган, у 4та модульдан ташкил топади. Аввалдан қилинган захиралашнинг бузилган канатини аниқлашда 2 ва 3-схемасини модул ости мажаритар турини қўллаш қабул қилинади. Бундай захиралаш тизимнинг ҳар бир модулида содир бўлган яқка хатоликларни ниқоблаш имкониятини беради. Ниқоблаш ёки хатонн тузатиш тикланувчи



19-расм. Можаритар захиралаш.

аъзо(ТА) деб аталувчи махсус схемада бажарилади. 18-расмда тикловчи аъзонинг функционал схемаси келтирилган, модул мажаритар ташкил этилган бўлиб битта чиқишдан иборат. 19-расмда тизим элементларининг ортиқчалик структура схемаси келтирилган. Унда ҳар бир берилган модуллар гуруҳи учтадан бир хил ва бир хил шароитда ишловчи элементларда берилган. Ҳар бир вақт давомида, схема элементларининг барчаси тўғри ишлаганда, ҳар бир гуруҳ модуллари киришига бир хил ахборот келиб тушади ва шунинг учун уларни чиқишларидан бир хил

Агар модуллар гуруҳининг бирортасида хатолик содир бўлса, бузилган гуруҳга тегишли бўлган ТА орқали хатолик тузатилади. ТАларнинг ўзи ҳам уч гуруҳдан иборат ортиқчалик билан қўлланган. Бу эса ўз навбатида ТА ларда содир бўладиган хатоликларни тўғрилаш учун керак. Фақат бу хатоликлар содир бўлган гуруҳдан кейинги ТАларда тузатилади. Мисол учун, агар хатолик ТАда содир бўлган бўлса, у ТА, нинг тикловчи асосларда тикланади. Ушбу ҳолларда 2^1 ва 2^{11} тўғри ишлайётган бўлиши керак.

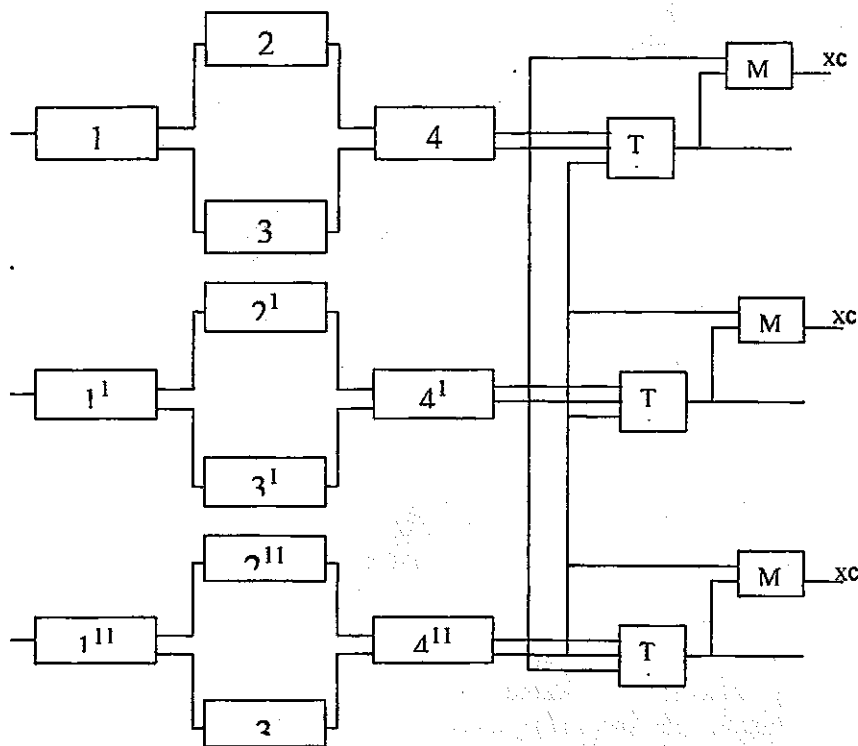
19-расмда бузилган М2 канални аниқлаш схемаси кўрсатилган. Бу схемалар модул2 бўйича қўшиш амалини бажаради. Бунда модулнинг мос келувчи чиқишидан ТАнинг киришига келаётган сигналларни таққослайди. Агар ушбу сигналлар мос келмаса хатолик сигналини ишлаб чиқаради. Бу эса ТА ёки тизимнинг модул элементларида хато содир бўлгани ҳақида гувоҳлик беради.

Шундай қилиб бундай заҳиралаш усули хатони топиш, уни тузатиш ва хато қайси модулда бўлганини аниқ кўрсатиш ва хатони содир бўлган вақтидаёқ бартараф этиш имконини беради. Хатони келтириб чиқарган вазият элементнинг узилиш ёки бузилиш эканлигига жавоб бериш учун тизим элементидаги амални қайтадан бажариш натижани анализ қилиш орқали аниқланади. 19-расмдан кўриниб турибдики ушбу мисолда мажаритар (кўп киришли) заҳиралашнинг асосий камчилиги аниқ намоён бўлади- бу аппаратларни ортиқчалиги тез қўпайишидир.

Агар тизимга қўйилган талабларга кўра хатони бартараф этиш модул аниқлигида талаб этилмаса ва хатони бир вақтда битта ортиқчалик элементи модулидан кўп бўлганида содир бўлиш эҳтимолини, 20-расмда келтирилган умумий кўп киришли элементлар учун қўллаш мумкин.

Ушбу схемада шуни кўриш мумкинки, битта элементда содир бўлган хатони тузатиш, топиш ва ТА М2 схема аниқлигида

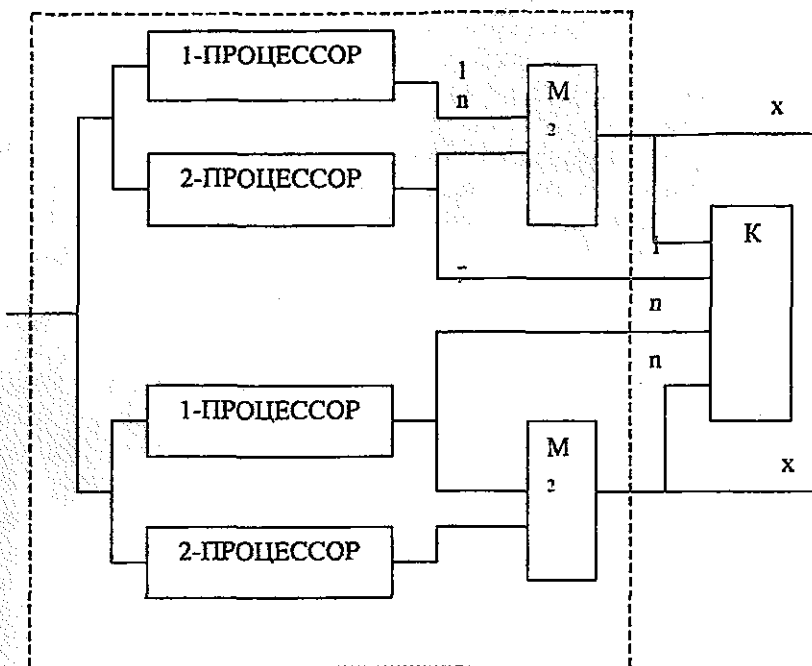
бартараф этиш имкони мавжуд. Ушбу усулни қўлашнинг биринчи усулга нисбатан афзаллиги шундаки, бундай схемада ТА ва М2 схемалари сони кескин камаяди. Уни камчилиги шундаки, бузилиш содир бўлса тизим элементини бутунлай бошқаси билан алмаштириш лозим. Бунда бир вақтда содир бўладиган ҳар хил модуллардаги тизим элементларини узилиш ва бузилишларини (мисол учун, 2 ва 3¹, 4 ва 2¹¹ ва ҳоказо) биринчи вариантдаги каби тузатиб бўлмайди.



20-расм. Элементларни умумийможаритар улаш схемаси.

Шундай қилиб, биринчи вариантни бузилишлар йиғилиб қолиши мумкин бўлган тизимларда қўлаш мумкин. Агар t_1 вақт мобайнида 1-модул бузилса тизимнинг ортиқча элементлари ишга яроқли ҳолатда бўлади ва ҳисоблашни тўғри жавобини беради. Кейин t_2 вақт мобайнида 2¹ модул бузилган ҳолда ҳам элемент ўз ишчи ҳолатини сақлайди ва ҳаказо. Элемент фақатгина иккита

бир хил модул бузилгандагина ($1'$ ва $1'$, $2'$ ва $2''$ ва ҳаказо) ишлаш қобилиятини йўқотади. Микропроцессорлар тўплами асосида қурилган ББХТда кўпроқ доимий захиралашнинг параллел тури кенг тарқалган. Бунда хатони аниқлаш воситаси сифатида ишланган натижани таққословчи такрорлашдан фойдаланилади. Бундай ҳолларда такрорлашга мос келувчи деталларга ажратишни ҳисоблаш тизимининг конструктив хусусиятларига қараб танлаш мақсадга мувофиқдир. Мисол учун, асосий элементни, захирани ва таққослаш схемасини батта бир турдаги алмаштириш элементини (БТАЭ) ўзига жойлаштириш керак. Хатони бундай топишни ташкил этиш соддалиги билан тавсифланади (махсус схемалар лойиҳалаш талаб этилмайди) ва модул бўйича назоратга микропроцессорли ижросида аппарат (харжралари) озгина ютқазади. Стандарт бир турдаги алмаштириш элементларини (БТАЭ) ички такрорлаш схемасида лойиҳалаштириш хатони тузатиш масаласини осон ҳал қилади. Бунинг БТАЭ ўзини такрорлаш схемаси ва комутаторидан (К) фойдаланиши керак. Процессор даражасида параллел захиралашни бундай ташкил этиш 21-расмда келтирилган. У БТАЭда хатолик содир бўлганини аниқлайди ва тизимнинг алмаштирадиган элементиғача уни бартараф этади. Ҳамда яққа хатолигини ниқоблайди. Бундай ҳолларда бузилган БТАЭ ни ўчириб қўйиб уни ишлаётгани билан алмаштириш лозим бўлади М2 ва К элементларини ўзини-ўзи текширувчи схема сифатида бажариш мумкин, шу сабабли улардаги хатоларни топиш имконияти бор. Схемаларни бундай ташкил қилиш аппарат воситаларини тўрт баробар ошиб кетишига олиб келади.



21-расм. Процессор даражасида параллел захиралаш.

Синов саволлари ва топшириқлар.

1. ББХТларнинг қурилган назоратида ўзини-ўзи текширувчи схемаларининг қандай афзалликлари бор?
2. ББХТларда қачон хавфсиз тўхташ тикланувчи алгоритми бажарилади?
3. ББХТларнинг қандай қурилмаси ёрдамида ниқоблаш амалга оширилади?
4. ЎЎТКНСдан фойдаланиб дешифраторнинг назорат схемасини тузинг?
5. ББХТнинг операцион блокини назорат схемасини тузинг ва бундай назорат турини афзаллигини тушунтириб беринг?

6. МП тизими таркибидаги МПни хатосини топиш учун захиралашни қандай ташкил этиш керак?

7. ББХТда юмшоқ хатолик содир бўлгандан кейин ҳисоблаш жараёнининг тикланиш алгоритмини кўрсатинг?

8. ББХТларнинг тикловчи аъзоси схемасини келтиринг?

9. ББХТ процессор даражасида параллел захиралашни ташкил этишга мисол келтиринг?

10. ББХТда қандай хато турларини ниқоблаш ёрдамида тузатиш мумкин?

4.1. ББХТларни ишончлилик моделини анализ қилиш.

Ҳисоблаш тизимининг ишончлилиги асосан аппаратлар ва дастурий таъминотнинг бузилишига боғлиқ бўлса, бузилишга барқарорлик эса тикланиш жараёнларига боғлиқдир. Ҳозирги даврга келиб аппаратларнинг ишончлилиги стартича тадқиқот қилинган. Электрон аппаратлар ишончлилик-ини элементларининг ишонч билан башорат қилиш учун тўғри келадиган усуллари мавжуд. Улар элементларни ишлаш шартларини, ҳар хил ишлаш шартларини, конструктив, технологик ва бошқа хусусиятларини ҳисобга олиш имконини беради.

Ҳозирги даврга келиб дастурий таъминотларни баҳолаш усуллари етарли даражада ривожланган бўлиб, улар дастур ишончлилигини эксперимент кузатувлар орқали аниқ башорат эта олади.

Тикланиш жараёнларини баҳолаш муаммоларини ечиш эса сезиларли даражада орқада қолмоқда. Бу биринчи навбатда ББХТнинг автомат равишда тикланиши янги йўналиш бўлгани билан изоҳланади. Бундан ташқари тикланиш жараёнлари ҳар хил бўлгани билан-бир биридан фарқланиши сабабли ББХТни ишончлилик моделларини қуришда қийинчиликлар келтириб чиқаради.

ББХТни яратиш биринчи навбатда А. Авиженис номи билан боғланади. Унинг таниқли усули бўлиб, ББХТни умумлаштирилган ишончлилик модели ҳисобланади. Ушбу ва бошқа ҳозирда мавжуд ББХТнинг ишончлилик моделлари қуйидагиларга асосланиб қурилган [10,14].

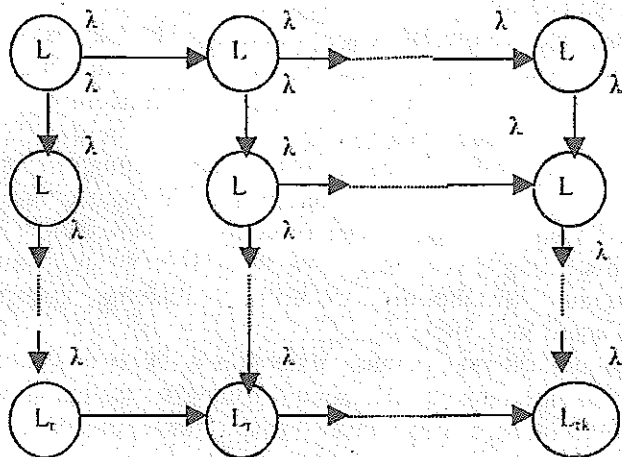
ББХТ бир турдаги тизимлар деб тахмин қилинган ҳолда процессор, уланish чизиқлари, хотира блоклари, ташқи қурилмалар шундай тизимлар деб қаралиши мумкин. Бунда $i(i=1, n)$ турдаги тизимлар фаол ҳолатда бўлади ва қолганлари захирада ҳисобланади. Тизимнинг актив қисмида жойлашган 1 турдаги тизимнинг j тизими бузилса, тизим қайта қуриш (реконфигурация) ҳисобида i турдаги тизим захиралари сопи бошқа ҳолатга ўтади, биттага камайди.

Бундай тизимнинг $(n=2)$ графлар ҳолати 22-расмда келтирилган, бунда λ_1 -биринчи турдаги тизим ости тизимини бузилиш интенсивлиги, λ_2 -иккинчи турдаги тизим ости тизимини

бузилиш интенсивлиги; r, k -хар бир турдаги тизим ости тизимини кийматлари сони; la, b -tizim холати, a биринчи ва b иккинчи тизим ости тизимининг бузилган ҳолати ($0 \leq a \leq r, 0 \leq b \leq k$).

Авиженис модели ва унга ўхшаш моделларда фақат захирадаги тизим ости тизимлари ҳисобга олинади, бошқача айтганда ББХТни тиклаш фақат захирани ёкиш билан амалга оширилади.

Шундай қилиб, [17] ишда бузилишга барқарор жуда катта интеграл схема (ЖКИС) сифати бажарилган бузилишга барқарор кўп процессорли матрицани кўриб чиқамиз. Ишончлиликни Марков модели асосида ҳисоблаш амалга оширилади. Бунда матрицанинг алоҳида компонентлари аста секин ишлаши ёмонлашиши ҳисобга олинади (Авиженис моделига ўхшаш).



22-расм. ББХТ ўтишлари ва граф ҳолатлари.

Шундай қилиб, ББХТ ишончлилик моделларининг ҳозирда мавжуд-ларида тикланиш ва назоратни аниқ усулларини ҳисобга олишмайди. Лекин амалда ҳар бир тизимда кўп киришли (мажаритар) захирадаш усули, ҳамда ББХТлари бошқа аппарат ва дастурий назорат ва тикланиш усуллари мавжуд.

ББХТларни умумлаштирилган ишончлилик моделини тугалланган тизими [20,21] ишларида лойиҳалаш масалалари келтирилган. Бунда тугалланган (ёпик, таъмирланмайдиган) ББХТларни бир-биридан фарқи шундаки, ёпик тизимларда ташқаридан аралашishi (таъмирлаш) мумкин бўлмайди. Таъмирланадиган ББХТларни ишончлилик моделини ҳисоблаш ва

қуришга нисбатан анча оғир, чунки уларда нафақат ўзини-ўзи тиклаш жараёнининг кўрсаткичлари балки, таъмирлаш ҳуққи (стратегияси) ҳам ҳисобга олинади. Умумий ҳолда таъмирланмайдиган ББХТларини таъмирланадиган ББХТлари моделининг хусусий ҳол деб ҳисоблаш мумкин.

[29] Мақолада тизимнинг бузилиши эҳтимоллиги шартли эҳтимоллар йиғиндисини деб қаралиб, у ББХТнинг ишлаш жараёнида катта ўрин тутиб тизимни бузилишига олиб келиши мумкин. Лекин амалда шартли эҳтимоллар қийматларини аниқлаш жуда муаммолidir.

Кўпгина бошқа ишларда ББХТларининг мавжуд ва келажақли ривожланиш йўналишлари келтирилган бўлиб, уларда ББХТларни назорат қилиш, диагностика қилиш ва тиклаш усуллари кўрсатилган.

Булардан ташқари шунини қайд этиш керакки, бошқа кўпгина ишларда кўп процессорли ХТларини ишончлилик моделлари келтирилган бўлиб, улар ББХТларини ҳар хил архитектурасига асосланган [7,14,18].

Шу билан бирга, тизимнинг асосий барқарорлик чорасини бўлиб, бунда тизим ўз ишлаш қобилиятини йўқотмаслиги мумкин бўлган даражадаги носоз элементларининг максимал сони ва алоҳида элементлар бузилиши ҳисобига ахборот узатиш, ҳамда уларни ишлаш йўллари узайиши сабабли, самарадорлик пасайишига олиб келади.

Шундай қилиб,бузилишга барқарорликни таъминлашнинг кўплаб усуллари мавжуд. Улардан самарали фойдаланиш учун ББХТларни сонли моделини эффектив анализ қилувчи усулларини танлаш лозим.

4.2 Оптималлик критерияларини танлаш.

ББХТларини лойиҳалаштириш кўп критерийли оптималлаштириш масалаларидан ҳисобланади. ББХТларининг асосий оптималлик критерийси бўлиб, тизимнинг самарадорлиги, унинг ишончлигини (бузилмаи ишлаши) ва ҳажми, оғирлиги, нархи, элементлари сонини хотирасининг ҳажмларининг қийинчиликлари ҳисобланади.

$$R(t)=F(P, T, C, M, \dots, P, Q)$$

Одатда оптималлаштиришни битта критерийси асосий деб олинади ва қолганлари чегараланади. Мисол учун, ишончлилиқка максимал талаблар қўйиш, самарадорлиқка чегараланмишлар қўйиб, максимал ишончлиқни ошириш имкониятларидир.

ХТларининг имкониятларини тавсифловчи умумий критерийси бу самарадорлиқдир. Идеал самарадорлиқ P_{ni} ҳисоблаш жараёнини бузмаган ҳолда ахборотларни вақт бирлигида ўзгартирувчи шартли амалларнинг баъзи сонлари орқали ифодатан мумкин. ХТларда бузилишлар содир бўлиши мумкинлиги сабабли P_{ϕ} идеал самарадорлиқдан кичик бўлади. P_0 ва P_{ϕ} қийматлари қуйидаги тенгламада кўрсатилганидек боғланишга эга бўлса,

$$P_{\phi} = g * P_0 + h; \quad (4.1)$$

бунда, g, h -коэффициентлар бўлиб, улар тизим элементларининг ишончлилиқ кўрсаткичларига, бузилишга барқарорлиқ даражаси ва бошқа кўрсаткичларга боғлиқдир. Оддий ҳолларда $h=0$ бўлса, g -ҳисоблаш жараёни-ни бузилишига қарамай тўғри натижалар кўрсатувчи амаллар нисбатидир. Шунинг кайи этиш керакки, бундан бўёғига ҳисоблаш жараёнини бузилиши деганда, ХТнинг бузилиши узлиниши, дастурдаги хатолик, операторнинг хатоси ва бошқалар тушунилади.

Оптималлиқ критерийси яна тизимнинг бузилишга барқарорлиги S_{ni} ҳам ҳисобга олсин. Унда нисбий самарадорлиқ $P = P_{\phi} / S$ бўлади. (4.2)

Бундан келиб чиқадикки, оптимал ечимни топиш учун, P тахсиротни таъминлаш учун, ББХТ ларининг кўрсаткичларини аниқлаш лозим.

Мисол:

Ҳисоблаш тизими m та марказий процессордан таркиб топган, унинг мураккаблиги (нарни) S_n ва самарадорлиги P_{ni} ҳамда n та ташқи қурилма, мураккаблиги (нарни) S ва идеал тизимда $P_0 = \min\{n P_{ni}; m P_{mi}\}$, ёки ҳар бир ишлаётган амал ташқи қурилма билан боғлиқ. Бундай ҳолларда тизимнинг самарадорлиги ахборот ўтказиш қобилияти кам бўлган қурилмалар гуруҳи орқали аниқланади. Умумий ҳолларда N та бажариладиган амалларга битта ташқи қурилма мос келса, унинг самарадорлиги N марта ошади.

Агар бузилиш интенсивлиги λ_n маълум бўлса ва марказий процессорнинг тикланиш интенсивлиги μ_n кўрсаткичларига мос келади. Унда тизимнинг амалдаги самарадорлиги тўғри амаллар сони билан аниқланса,

$$P = \min\{n \cdot \text{Поп} \mu_n / (\mu_n + \lambda_n); m \cdot \text{Пот} \mu_n / (\mu_n + \lambda_n)\}$$

бўлади, Нисбий самарадорлик эса

$$P_{\phi} / (nC_n + mC_m) \quad \text{бўлади.}$$

Масала n ва m ни топишдан иборат, улар берилган P_{ϕ} да максимал $P_{\text{ни}}$ аниқлашни таъминлайди.

$$\text{Поп} = 8 \text{соат}^{-1}$$

$$\text{Пот} = 4 \text{соат}^{-1}$$

$$C_r = 5 \text{соат}^{-1}$$

$$C_m = 2 \text{соат}^{-1}$$

$$\lambda_n = 0,01 \text{соат}^{-1}$$

$$\mu_n = 1,0 \text{соат}^{-1}$$

$$\lambda_m = 0,02 \text{соат}^{-1}$$

$$\mu_m = 0,1 \text{соат}^{-1}$$

$$P_{\phi} = 23 \text{соат}^{-1}$$

бўлганда, 5-жадвалда масалани оптималга яқин ечимларидан иккитаси кўрсатилган. Уларни таққослаб, иккинчиси яхшироқ эканини аниқлаймиз.

$$(n, m) = (4, 8).$$

Хар хил турдаги қурилмалардан ташкил топган тизимларда оптимал ечимни топиш учун оптималлаштиришни махсус мақсадли ҳисоблаш усулини қидириб топиш керак.

5-жадвал

$n \cdot m$	P_{ϕ}	P
4,8	32.0,99; 32.0,83=26,6	0,739
3,9	24.0,99; 36.0,83=23,8	0,721

Кўрсатилаётган мисолларда тизимнинг амалдаги самарадорлиги тўғри бажарилган амалларининг сони билан аниқланади. Бу эса қуйидаги шартлар бажарилгандагина ҳақиқий ҳисобланади:

-Хар бир амалнинг натижаси мустақил қийматга эга;

-натижанинг ҳатоси тезда топиб олинади;

-хато ва натижа бошқа салбий оқибатлар келтириб чиқармайди, фақат-гина амални қайтариш заруриятигина бўлади;

-зиён тўхтаб туришнинг узоқ вақт давом этишдан эмас, балки йўқотил-ган амаллар сонига боғлиқ бўлади.

Бу шартлар содда ва жавобгарлиги кам бўлган ҳисоблашларда, ҳамда осон назорат қилинадиган ҳолларда

бажарилади. Бундай ҳолларда катталиқ тизимнинг тайёрлик коэффициенти сифатида аниқланади:

$$g = \mu / (\mu + 2);$$

бу ерда μ -тикланиш интенсивлиги; λ -аппаратларни бузилиш интенсивлиги.

Агар аппаратларни бузилишдан ташқари, уларнинг узилишлари ҳисобга олинса, унда g

$$g = \mu / (\mu + 2) * (1/\tau_{\text{сб}}) / (\lambda_{\text{сб}} + 1/\tau_{\text{сб}}) \quad \text{бўлади,}$$

бу ерда $\lambda_{\text{сб}}$ -узилишлар интенсивлиги; $\tau_{\text{сб}}$ -узилишдан кейинги тизимнинг тикланишининг ўртача вақти. Бу формула бузилиш ва узилишлар боғлиқ бўлмаган тасодикий ҳолатлар деб қараганда ҳаққоний ҳисобланади.

Баъзи бир масалалар учун бузилиш ва узилишлар узоқроқ бажариладиган амалларни келтириб чиқариши мумкин. Бу ҳисоблаш жараёнининг бир қисмини янгитдан қайтариш билан боғлиқ бўлади, шу сабабли умумий ҳолда,

$$g = \prod_{i=1}^n 1/(1 + \lambda_i \tau_i) \approx 1 - \sum_{i=1}^n \lambda_i \tau_i, \quad (4.3)$$

бўлади, бу ерда λ_i - i турдаги бузилишлар (узилишлар) интенсивлиги; τ_i - i турдаги бузилишдан кейинги тизим тикланишининг ўртача вақти, бунда ҳисоблашни такрорланиш имкониятлари ҳам ҳисобга олинади.

Кўп ҳолларда бошқарув ҳисоблаш тизимларида ахборот ишлашнинг, ушланишнинг хавфсизлиги ушланишнинг қанча давом этиши билан ҳисобланади.

$$g = \prod_{i=1}^n 1/(1 + \lambda_i f_i(\tau_i)) \approx 1 - \sum_{i=1}^n \lambda_i x f_i(\tau_i) \quad (4.4)$$

бу ерда, $f_i(\tau_i)$ - қандайдир ностга бўртиб чиққан тўғри чизикли бўлмаган функция бўлиб, узоқ вақт давом этадиган ушланишларни тавсифлайди. (4.3) ва (4.4)даги яқинлаштирилган тенгликлар $\lambda_i \tau_i \ll 1$ бўлганда таъминланади.

Юқорида айтиб ўтилган гаплар таъмирланадиган ББХТга тегишли бўлиб, бузилган компоненталарни қўлда алмаштириш (таъмирлаш) мумкин бўлади.

Таъмирланмайдиган бузилишга барқарор тизимларда эса буни фақат самарадорлик кўрсаткичлари Π , Π_{Φ} , Π_0 ўрнига нисбий

узок ишлаши T_1 амалий узок ишлаши T_f ва идеал узок ишлашлари деган тушунчалар ишлатилади.

4.3 Узлуксиз вақтли Марков занжирита асосланган ББХТнинг ишончлилиқ модели.

4.1да ББХТ ларида оптималлиқ критерийси қилиб, Π нисбий самарадорлиқ ёки нисбий узок ишлаши T танлаб олинган. Агар ХТ бир ҳолатдан иккинчи ҳолатга ўтиш вақтлари кўрсаткичлар қонунияти билан тақсимланса, унда Π ва T ни қийматларини аниқлаш учун Марков моделини қўллаш мумкин.

Тизимнинг бўлиши мумкин бўлган ҳолатларини анализ қилиб, ББХТ ни ҳолатлар моделини қурамиз (22-расмга қаранг), бунда компонентларни бузилиш ва узилишини келиб чиқиш сабаблари, уларни топиш ва тузатиш усуллари, ҳамда тизимни тикланиш усуллари ҳисобга олинади. ББХТ нинг ҳар хил ҳолатлари уларни ишлаш жараёнидаги воқеалар билан аниқланади.

Статистик тадқиқот натижалари шуни кўрсатадики, кўп ҳолларда ҳисоблаш тизимининг хавфсиз ишлаш вақтини тақсимлашни экспоненциал қонунга яқин бўлади. Бундан ташқари, амалий натижалар шуни кўрсатадики, ишончлилиқ масалаларида экспоненциал бўлмаган тикланиш вақтини тақсимлаш экспоненциалга алмаштириш катта қийматга эга бўлмаган хатоликни олиб келади. Шу сабабли [14,18,21] ҳисобга олган ББХТларининг ишончлилиқ моделини узлуксиз вақтли Марков занжири орқали қуриш мумкин.

e_{15} -тизимнинг ишлаш вақтини тиклаш вақтида бошқа хатолар келиб чиқди;

e_{16} -бузилишни автомат тиклаш воситалари;

e_{17} -заҳираларни коммутация воситалари бузилди;

e_{18} -ББХТ бузилди.

ББХТ нинг ҳолатлар моделини (23-расм) граф кўринишида тасвирлаш мумкин. Бу моделнинг афзаллиги шундаки, у айнан вақт қийматини аниқлаш имконини беради ва тизим дифференциал тенгламани ечиш йўли билан ХТни алоҳида ҳолатларда бўлиш эҳтимоллигини аниқлаш имконини беради.

Масаланинг қўйилиши: ББХТ берилган бўлса, унинг ишлаш жараёнида юқорида санаб ўтилган ҳодисалар рўй берсин. Ҳодисалар туркуми μ кўрсаткичларига Пуассон усулидек деб тахмин қиламиз. У ҳолда тизимнинг i ҳолати бўлиши вақтининг тақсимланиш зичлигини $f_i(t) = \mu_i \cdot \exp(-\mu_i t)$ кўринишида ёзиш мумкин. Ҳар бир t назорат вақтида, тизим i ҳолатда бўлиш эҳтимоллиги $P_i(t)$, ёки $\sum_{i=1}^{18} P_i(t) = 1$ орқали ифодаланади. i ҳолатдан

j ҳолатга ўтиш интенсивлигини μ_{ij} ($i, j = 1, 18$) орқали белгиланади. Ўтиш интенсивлиги $\mu_{ij} = 1/t$ тизимнинг i ҳолатидан j ҳолатига ўтишдаги i ҳодисани содир бўлишини ўртача вақти билан белгилаймиз. (мисол учун, $t_{1,2}$ -тизимнинг бузилиш ёки узилишгача бўлган ўртача вақти).

Юқорида кўрсатилган тизимнинг ҳар бир ҳолатда бўлиш эҳтимоллиги $P_i(t)$ ($i = 1, 18$). Масаланинг ечими: Марков занжирли узлуксиз вақт эҳтимолли-ги $p_i(t)$ усулига кўра тизим i ҳолатда t вақт лаҳзасида бўлгани учун чизикли дифференциал тенгламани ечиш йўли билан аниқланади. Улар ББХТларни ҳолатлари ва ўтишлари графиги асосида қурилган (23-расм)

$$P_1(t)/dt = -(\mu_{1,2} + \mu_{1,16})P_1(t) + \mu_{7,1}P_7(t) + \mu_{8,1}P_8(t) + \mu_{11,1}P_{11}(t);$$

$$P_2(t)/dt = -(\mu_{2,3} + \mu_{2,4})P_2(t) + \mu_{1,2}P_1(t);$$

$$P_3(t)/dt = -(\mu_{3,7} + \mu_{3,8} + \mu_{3,5} + \mu_{3,6} + \mu_{3,15})P_3(t) + \mu_{2,3}P_2(t);$$

$$P_4(t)/dt = -\mu_{4,18}P_4(t) + \mu_{2,4}P_2(t);$$

$$P_5(t)/dt = -(\mu_{5,9} + \mu_{5,17})P_5(t) + \mu_{2,5}P_2(t);$$

$$P_6(t)/dt = -\mu_{6,18}P_6(t) + \mu_{3,6}P_3(t);$$

$$P_7(t)/dt = -\mu_{7,1}P_7(t) + \mu_{3,7}P_3(t);$$

$$P_8(t)/dt = -\mu_{8,1}P_8(t) + \mu_{3,8}P_3(t);$$

$$(4.31) \quad P_9(t)/dt = -\mu_{9,10}P_9(t) + \mu_{5,9}P_5(t) + \mu_{12,9}P_{12}(t) + \mu_{13,9}P_{13}(t);$$

$$P_{10}(t)/dt = -\mu_{10,11}P_{10}(t) + \mu_{9,10}P_9(t);$$

$$P_{11}(t)/dt = -\mu_{11,1}P_{11}(t) + \mu_{10,11}P_{10}(t);$$

$$P_{12}(t)/dt = -(\mu_{12,9} + \mu_{12,13} + \mu_{12,14} + \mu_{12,17})P_{12}(t) + \mu_{5,12}P_5(t);$$

$$P_{13}(t)/dt = -\mu_{13,9}P_{13}(t) + \mu_{12,13}P_{12}(t);$$

$$P_{14}(t)/dt = -\mu_{14,18}P_{14}(t) + \mu_{12,14}P_{12}(t);$$

$$P_{15}(t)/dt = -\mu_{15,18}P_{15}(t) + \mu_{3,15}P_3(t);$$

$$P_{16}(t)/dt = -\mu_{16,18}P_{16}(t) + \mu_{1,16}P_1(t);$$

$$P_{17}(t)/dt = -\mu_{17,18}P_{17}(t) + \mu_{12,17}P_{12}(t);$$

$$P_{18}(t)/dt = -$$

$$\mu_{16,18}P_{16}(t) + \mu_{4,18}P_{10}(t) + \mu_{15,18}P_{15}(t) + \mu_{6,18}P_6(t) + \mu_{14,18}P_{14}(t) + \mu_{17,18}P_{17}(t);$$

$$\text{Ушбу тенгламалар кўринишидан } \sum_{i=1}^{18} P_i(t) = 1 \text{ матрица}$$

кўринишига ўтказсак

$$dP(t)/dt = P(t) \times M,$$

бунда

$$P(t) = [P_1(t), P_2(t), \dots, P_{18}(t)],$$

тикланиш

интенсивлигининг қиймати μ_{ij} матрицанинг i қаторини j устунига мос келувчи элементиدير. M матрицанинг диагонал элементлари шундай шартда бўладики, элементлар қаторларининг йиғиндисини нолга тенг бўлиши керак. Лаплас кўринишига ўтиб (илдизлар билан белгилаб) ва $P_1(t=0)=1, P_i(t=0)=0, i=1, 18$ деб фараз қилиб, (4.31) тенгламалар тизимини алгебраик ечиш мумкин.

Унда тизимни бузилмай ишлаш эҳтимоллиги

$$P_1^*(S) = [(S + \mu_{1,2} + \mu_{1,16}) -$$

$$(\mu_{1,2} * \mu_{1,16}) / ((S + \mu_{3,7} + \mu_{3,8} + \mu_{3,6} + \mu_{3,5}) + (S + \mu_{2,3} + \mu_{2,4}))];$$

бунда, S -Лаплас оператори

$$\mu_A = (\mu_{7,1} * \mu_{3,7}) / (S + \mu_{7,1}) + \mu_{8,1} * \mu_{3,8} / (S + \mu_{8,1}) + (\mu_{11,1} * \mu_{10,11} * \mu_{9,10}) / ((S + \mu_{13,9}) * (S + \mu_{10,11}) * (S + \mu_{9,10})) * (\mu_{5,9} * \mu_{3,5}) / (S + \mu_{5,9} + \mu_{5,15}) + (\mu_{3,5} * \mu_{5,12} * (\mu_{13,9} * \mu_{2,13} + \mu_{12,9} * ((S + \mu_{13,9}) * (S + \mu_{12,9} + \mu_{12,19} * \mu_{12,14} + \mu_{12,17})) * (S + \mu_{6,9} + \mu_{5,12})));$$

$$T_{yp} = P_1^*(S)_{S=0} = [\mu_{1,2} + \mu_{1,16} -$$

$$(\mu_{2,3} * \mu_{2,4} * \mu_{2,4}) / (\mu_{8,7} + \mu_{8,8} + \mu_{3,5} + \mu_{3,6} + \mu_{3,15}) (\mu_{2,3} + \mu_{2,4})]^{-1};$$

бунда

$$\mu_B = \mu_{3,7} + \mu_{3,8} + (\mu_{5,9} * \mu_{3,5}) / (\mu_{5,9} + \mu_{5,12}) + (\mu_{3,5} * \mu_{5,12} * (\mu_{12,9} + \mu_{12,13})) / ((\mu_{12,9} + \mu_{12,13} * \mu_{12,14} + \mu_{12,17})) * (\mu_{5,7} + \mu_{5,12});$$

4.4. ББХТларининг ишончлилигининг ярим Марков модели.

Ярим Марков жараёнларининг аппарат аналитик кўринишидаги бўлмаган ўтишлар туркумини ҳисобга олиш имконини беради. Масалалар учун ишончлилик назарияси катта аҳамиятга эга, чунки қурилмаларни тикланиш вақти ҳар доим ҳам кўрсатилган қонуниятдагидек тақсимланган бўлмайди.

Ишончлиликни анализ қилишда ярим Марков аппаратлари жараёнларидан фойдаланиш иккита асосий поғонадан иборат. Биринчи поғонада шартли эҳтимолликлар аниқланади $P_{ij}(t)$:

$$P_{ij}(t) = \int_0^{\infty} \prod_{k=1, k \neq i,j} [1 - F_{i,k}(t)] * f_{ij}(t) dt, \quad (4.4.1)$$

бу ерда $F_{i,k}(t)$ —тасодикий фарқи i ҳолатдан j ҳолатга ўтишнинг тақсимланиш функцияси.

f_{ij} —тақсимланиш зичлиги.

Кейин [2,14] га мос ҳолда кўзгалмас эҳтимоллик (частотанинг) P_i топилади.

$$P_i = \sum_{j=1}^n P_j * P_{ji} \quad (4.4.2);$$

агар

$$\sum_{j=1}^n P_j = 1 \text{ шарт бажарилса} \quad (4.4.3);$$

Иккинчи поғонада m_i тизимнинг ҳар бир i ҳолатида бўладиган ўртача вақти аниқланади. Бу эҳтимолликка интеграл сифатида ифодаланади, қайсики тизим i ҳолатда t вақт мобайнида бўлади.

$$m_i = \int_0^{\infty} \prod_{k=1} [1 - F_{i,k}(t)] dt \quad (4.4.4).$$

Энди тизимнинг i ҳолатида бўлиш эҳтимоллигини шу ҳолатда қанча вақт мобайнида бўлганини ҳисобга олиб топилади.

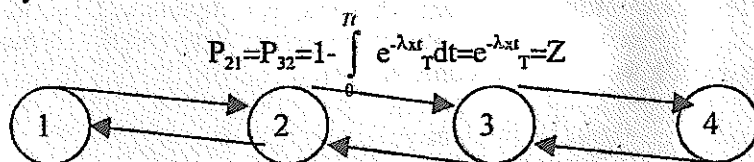
$$q_i = m_i P_i / \sum_{j=1}^n m_j P_j \quad (i, j=1, n) \quad (4.4.5);$$

Энди мисолда шуни кўриб чиқамизки ярим Марков модели, бошқа моделга, тикланиш вакти кўрсаткич қонуни орқали тақсимланган моделга нисбатан натижанинг аниқлигини анчага оширади.

Мисол. Асосий тизим билан бир турдаги иккита юкланган захирали тизимни кўриб чиқамиз. Тизим ости тизимининг интенсивлиги $\lambda=10^{-1}$ соат⁻¹ тикланиш қатъий вақт мобайнида $t_T=1$ соатда содир бўлади. 24-расмда тизимнинг ҳолатлари ва ўтишлари графиги тасвирланган. Тизимнинг ўтишлар эҳтимоллиги матрицаси куйидаги кўринишда бўлади:

$$P = \begin{array}{c|cccc} & 1 & 2 & 3 & 4 \\ \hline 1 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 2 & 0 & P_{22} & 0 & 0 \\ 3 & 0 & P_{32} & 0 & P_{34} \\ 4 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{array}$$

бунда:



24-расм. Иккита юкланган захирали ББХТларининг ўтишлар ва ҳолатлар графиги.

Тизимнинг t_T вақтда 3(4) ҳолатга ўтишнинг эҳтимоллиги бўлмайди, бу эса қарама-қаршилик ҳолатларини эҳтимоллиги сифатида аниқланади.

$$P_{23}=P_{34}=1-e^{-\lambda t_T}=1-Z$$

Кўзгалмас эҳтимоллик ушбу тенглама орқали топилади:

$$-P_1 + P_{21} \times P_2 = 0$$

$$P_1 - P_2 + P_{32} \times P_3 = 0$$

$$P_{23} \times P_2 - P_3 + P_4 = 0$$

$$P_{34} \times P_3 - P_4 = 0$$

$$P_1 + P_2 + P_3 + P_4 = 1,$$

бундан

$$P_1 = 1 / (1 + 1/e + 1 - z/z^2 + (1-z)^2/z^2 = 1/2 - z^2/(z^2 - z + 1);$$

$$P_2 = 1/2 - z/(z^2 - z + 1);$$

$$P_3 = 1/2 - (1-z)/(z^2 - z + 1);$$

$$P_4 = 1/2 - (1+z)^2/(z^2 - z + 1);$$

Кейин (4.4.4) формуладан:

$$m_1 = \int_0^{\infty} 1 - (1 - (1 - e^{-\lambda t})^z) dt = 1/\lambda$$

$$m_2 = m_3 = \int_0^{\infty} e^{-\lambda t} dt = (1-z) * 1/\lambda$$

$$m_4 = t_T$$

Унда (4.4.5) формула асосида тизим 1,2,3,4 ҳолатда бўлиш эҳтимоллиги:

$$q_1 = z^2/\eta$$

$$q_2 = z*(1-z)/\eta$$

$$q_3 = (1-z)^2/\eta$$

$$q_4 = (1-z)^2 * t_T * \lambda/\eta$$

$$\text{бунда } \eta = 1 - z + z^2 + (1-z)^2 * t_T * \lambda$$

$\lambda < \mu$ ярим Марков моделини ўрнига Марков моделидан фойдаланилганда хатолик 10% дан кам бўлади. Шундай қилиб юқорида келтирилган маълумотлардан қуйидаги натижаларни оламиз. Ярим Марков модели учун:

$$q_1 = 0,8949$$

$$q_2 = 0,09416$$

$$q_3 = 0,009907$$

$$q_4 = 0,0009907$$

Марков модели учун;

$$q_1 = 0,90009$$

$$q_2 = 0,090009$$

$$q_3 = 0,0090009$$

$$q_4 = 0,0009009$$

Агар мисол учун $t_T = 1/\lambda = 1$, бўлса $z = e^{-1} = 0,368$,

$$q_1 = 0,116$$

$$q_2 = 0,200$$

$$q_3 = q_4 = 0,342$$

Агар, тизимнинг тикланиш вақтини кўрсатиш қонуни орқали тақсимланган деб ҳисобланса, унда $q_1 = q_2 = q_3 = q_4 = 0,25$. Бундан шундай хулоса келиб чиқадики, мураккаброқ ярим Марков моделини натижанинг юқори аниқлиги талаб этиладиган ёки бузилиш интенсивлиги λ тикланиш интенсивлиги μ га яқинлашганда қўллаш мақсадга мувофиқ бўлади.

Бу тур Соловьёвнинг [8,14] регенерация ҳолатлари учун ярим Марков жараёнларини асимтотик баҳолаш усулини олишни ҳам тасдиқлайди. ББХТларида регенерация ҳолатининг (таъмирлашнинг бошланиши) бошланиши олдинги таъмирлашдан кейин биринчи бузилиш содир бўлиши деб ҳисобланади. Таъмирлаш вақти одатда кейинги бузилиш содир бўлишининг ўртача вақтидан анча кичик бўлади. Шу сабабли ББХТнинг бузилиш эҳтимоли q о.р. битта регенерация давридан –кичик катталиқдир. А.Д. Соловьёв критерийси қуйидаги кўринишда бўлади.

$$\alpha_c = Mx\xi^2 / (Mx\xi)^2 x_{0,r};$$

бу ерда, $Mx\xi^2$ – регенерация даврининг дисперцияси;

$Mx\xi$ - регенерация даврини математик кутиш (кичик катталиқ).

А.Д. Соловьёв усулига кўра тизимнинг бузилиш эҳтимолиги α_c хатоликдан катта бўлмаган кўрсаткич модели орқали аниқланади.

4.5. Таъмирланадиган ва таъмирланмайдиган ББХТнинг ишончлилиқ модели.

4.3да келтирилган моделга қараб тизимни ишончлилигига тикланиш жараёни қандай таъсир этаётганини кузатиш жуда қийин, шу сабабли [4,5]ларда комбинациялашган моделлар қизиқиш уйғотиши мумкин. Унда тизим компоненталарининг бузилиши ҳисобига секин аста содир бўладиган “деградация” жараёни ва автомат равишда тикланиш алоҳида ёзилган. ББХТларнинг таъмирланмайдиган модели тикланиш жараёнининг алоҳида поғоналарининг вақтинчалик боғлиқлигига асосланади. Бу ерда ББХТ бир турдаги тизим ости тизимларидан таркиб тошган деб, фараз қилинади ва унинг интенсивлиги λ бўлиб, сирпанувчан захирага эга. Муваффақиятсиз автомат тикланиш эҳтимоли q бўлганда тизим бузилиш ҳолатига ўтади. Ўтишлар ва ҳолатлар графиги қурилади ҳамда унинг асосида дифференциал тенгламалар тизими тузилади.

Таъмирланмайдиган ҳисоблаш тизимларида эса бузилмай ишлашнинг ўртача вақтини топиш катта аҳамиятга эга. [14] да келтирилган мисолга кўра таъмирланмайдиган ББХТларида

бузилмай ишлашнинг ўртача вақти аниқланмаса, уни бутунлай автомат равишда тиклаш ($q=0$) ҳам кам самара беради. Агар $q \geq 0,3$ бўлса тизимнинг бузилмай ишлашининг ўртача бузилиш вақтини захиралаш йўли билан амалга ошириш мақсадга мувофиқ бўлмайди.

Бир турдаги таъмирланадиган ББХТнинг модели қуйидагига асосланади. ББХТ бир турдаги λ ўртача бузилиш интенсивлигига эга бўлган тизим ости тизимларидан ташкил топган деб, тахмин қиламиз. Ҳолатлар сони ва ҳар бир турдаги бузилиш интенсивлиги юқорида кўрсатилганидай бўлади. q эҳтимолликка эга бўлган муваффақиятсиз автомат тикланиш ҳолида тизим бузилиш ҳолатига ўтади. Бундан ташқари аввалги тизим моделидан фарқли таъмирлаш интенсивлиги μ деб қаралади. ББХТнинг интенсивлиги тизим ҳолатига боғлиқ эмас деб, тахмин қилинади. ББХТнинг бундай моделларида таъмирлашнинг вақти асосан захира тизим ости тизимларини олиб келиш вақти билан аниқланади. Кейинги бузилишга барқарорлик параметрларини ҳисоблаш 4.3га мос келади. Агар автомат тикланиш амалга оширилмаса, $q=1$ бўлса, тизимнинг бузилиш ҳолатида бўлиш эҳтимоллиги

$$Q = \lambda_0 / (\lambda_0 + \mu) \quad \text{бўлади}$$

ББХТнинг бузилишлар орасидаги ўртача ишлаш вақти

$$T_0 = \sum_{i=0}^{N-1} P_i / (q + \sum_{i=1}^{N-1} P_i \lambda_i + P_{N-1} \lambda_{N-1}) = (1-Q) / (\mu x Q) \quad \text{тенг.}$$

Шундай қилиб, таъмирланадиган ва таъмирланмайдиган ББХТлар ишончлилик моделини P_i ва T_0 қийматларини ҳисоблашда, автомат тикланиш воситаларини q бузилиш эҳтимоллигини топиш керак. Тизимнинг бузилиш кўрсаткичлари ўрнатилган қийматлари

$$w = 1/T_0 = \mu x Q / (1-Q)$$

Тизимнинг тайёргарлик коэффициентининг ўрнатилган қийматлари

$$K_r = 1-Q$$

[14]да келтирилган мисоллардан кўринадики, таъмирланмайдиган ББХТларидан эффект кам, шунинг учун унинг ишончлилик кўрсаткичлари захираланмаган тизимга нисбатан унча яхши эмас. Шунга қарамай таъмирланадиган ББХТлари амалда бузилишга барқарор бўлиши мумкин. Лекин бунда муваффақиятсиз автоматик тикланиш q эҳтимоллиги кичик

катталиқ ($q < 0,1$) бўлиши керак. q нинг қиймати автомат тикланиш жараёнининг тавсифи сифатида аниқланиши мумкин. (6-бобга қаранг)

Синов саволлари ва топшириқлар.

1. ББХТлари ишончлилик моделларига қўйиладиган асосий талабларни аниқланг.
2. ББХТларини ишончлилигини баҳолашда қандай масалаларини ечиш керак?
3. ББХТларининг ишончлилик модели ХТ ишончлилик моделидан қандай фарқ қилади?
4. ББХТларнинг умумлаштирилган ишончлилик моделини (Авижанис модели) графлар ҳолатлари ва ўтишлари кўринишида тузинг?
5. ББХТларида ишончлилик моделида қатъийлик критерийси деб, нима айтилади?
6. ББХТнинг нисбий самарадорлигини қандай баҳолаш мумкин?
7. 4.3да келтирилганларга кўра ББХТнинг ишончлилигини ҳисоблаш учун дифференциал тенгламалар тизимини тузинг?
8. Таъмирланидиган ББХТлари ишончлилик моделлари учун q автомат тикланувчи воситаларини эҳтимоллик қийматини топинг?

5-боб. ББХТларини назорат ва диагностика жараёнларининг модели

5.1 Назорат жараёни моделлари.

ББХТларини назорат қилиш воситалари аппарат, дастурий ва аралаш (аппарат-дастурий)ларга ажралади. Улар 3та асосий кўрсаткич билан тавсифланади: тўлиқ назорат, хатони топиш вақти ва мураккаблик.

ББХТларни назорат қилишни тўлиқлигини баҳолаш бузилишлар қисмидаги каби, уларни умумий сонини назорат қилиш натижасида топилади.

$$\alpha = \sum_{i \in M} \lambda_i x_{pi} / \left(\sum_{i \in M} \lambda_i x_{pi} \right)$$

бунда: М-назорат қилиш керак бўлган кўплаб элементлар;

M_k -тизим элеменларининг барчасини кўплиги;

p_i -i турдаги элементлар сони;

λ_i -i турдаги элементларнинг бузилиш интенсивлиги.

Баъзи ҳолларда назоратнинг тўлиқлиги назорат қилинаётган аппаратлар сонини, унинг тизимдаги умумий сонига нисбати сифатида ҳам ифодаланади

$$\alpha_1 = \sum_{i \in M} p_i / \left(\sum_{i \in M} \lambda_i x_{pi} \right)$$

Хатони топиш вақти (назорат вақти), хатолик содир бўлиш вақтидан то уни топишгача бўлган вақти оралиғи билан аниқланади. Бунда хатони албатта топилади деб, шарҳланади.

Аппарат воситалари орқали назоратни ташкил қилишнинг мураккаблиги унинг ҳажми, ўлчамлари, нархи, истеъмол токи ва истеъмол куввати билан тавсифланади.

Дастурий воситалар орқали назорат қилиш эса, дастурни бажариш учун керакли аппарат воситалари, дастурларни жойлаш учун хотира ва уни бажариш учун операцион қурилмалар кераклиги билан аниқланади.

Аралаш назорат воситаларидан фойдаланишда, унинг мураккаблиги қуйидаги формула орқали ҳисобланади:

$$C = C_a + C_{al} \cdot x_a + \sum_i C_{a2i} \cdot x_{bi};$$

бунда C_a -назорат аппарат воситаларининг мураккаблиги;

Са1-назорат дастурини бажарувчи операцион қурилмаларнинг мураккаблиги;

а-назорат дастурини ташкил этиш учун кетадиган вақт қисмини аниқлаш коэффиценти;

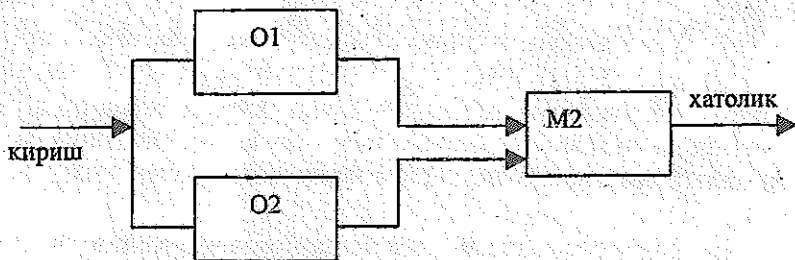
Са2i-назорат дастурини жойлаш учун қўлланиладиган воситаларнинг, i хотира қурилмасининг мураккаблиги.

Vi-дастурий назорат воситаларини i-хотира қурилмаси билан алмашиш қисмини аниқловчи коэффицент.

Санаб ўтилган воситалар ёрдамида ташкил этилган асосий назорат усулларини қўриб чиқамиз.

5.1.1. Назоратнинг аппарат усули.

25-расмда такрорлаш (ўрин босиш) назорати келтирилган. Бу усулнинг маъноси шундаки, иккита бир хил операцион қурилма Q_1 ва Q_2 бир хил берилган маълумотларни олиб синхрон тарзда ишлайди. Уларнинг бирортасида хатолик содир бўлса O_1 ва O_2 чиқишлардаги натижа бир биридан фарқ қилади. Бу таққослаш қурилмасида (M_2) аниқланади ва хатолик ҳақида сигнал чиқаради.



25-расм. Такрорлаш назорат схемаси.

Такрорлаш назорат тўлиқлиги бирга яқинлашади. Хатони топилимай қолиши иккита сабабга кўра рўй бериши мумкин:

- 1) Агар O_1 ва O_2 қурилмаларда бир вақтда бир хил хатолик содир бўлса;
- 2) Агар таққослаш қурилмаси бузилса.

Содир бўлган хато топилмаслигининг эҳтимоллиги қуйидагича аниқланади:

$$Q_k = 1 - [1 - (\tau^* \sum_{i=1}^n \lambda_i^n)] / (\sum_{i=1}^n \lambda_i) * (1 - 1/2 * \tau_c * v) \approx \\ \approx [(\tau^* \sum_{i=1}^n \lambda_i) / (\tau^* \sum_{i=1}^n \lambda_i + 1/2 * \tau_c * \lambda_c * v)],$$

бунда τ -назорат қилинаётган қурилманинг ишлаш тактини давомийли-ги;

n -назорат қилинаётган элементлар сони;

λ_i -назорат қилинаётган i -элементнинг бузилиш интенсивлиги;

τ_c -таққослаш қурилмасининг иккита текширув оралиғидаги вақти;

λ_c -таққослаш қурилмасининг бузилиш интенсивлиги;

v -назорат қурилмасининг бузилиши таққослаш қурилмасининг бузилганлиги натижасида бузилганлик ҳақида сигнал келмаслик эҳтимоллиги. $\tau_c * \lambda_c \ll 1$ ва $\tau * \lambda_i \ll 1$ деб таҳлил қилинади.

Мисол.

$\tau = 10^{-6}$ с, $\lambda_i = 10^{-6}$ соат $^{-1}$ ($i=1, n$), $\tau_c = 10$ соат, $\lambda_c = 10^{-5}$ соат $^{-1}$, $n = 10^3$;

Унда хатони топилмаслик шартининг эҳтимоллиги.

$q_k = 10^{-6} * 1/3600 * (10^{-6} * 10^{-12}) / (10^9 * 10^{-6}) + 1/2 * 10 * 10^{-5} \approx 0,5 * 10^{-4}$;

Келтирилган мисолдан шуни кўриш мумкинки, хатони топмаслик эҳтимоли, биринчидан- жуда оз, иккинчидан катта аҳамиятга эга эмас. Ушбу ҳолда назоратнинг тўлиқлиги

$$\alpha = 1 - q_k.$$

Такрорланадиган назоратда хатони топиш вақти учта ҳолат билан аниқланади: бузилиш содир бўлган вақтдан то назорат қилинаётган қурилманинг бузилган элементига мурожаат этилгунча, бузилган элементга мурожаат вақтидан қурилма чиқишида хато сигнал чиқгунча ва таққослаш қурилмаси ишлагунча бўлган вақт. Биринчи формулага эътибор бермай n элементидан ташкил топган қурилмада хатони топишни қуйидаги формула орқали ҳисоблаш мумкин:

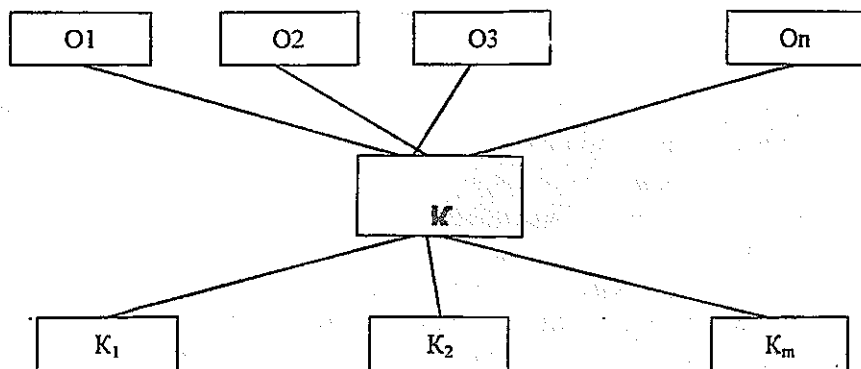
$$\tau_{об} = \left(\sum_{i=1}^n \lambda_i * \tau_i * \eta_i \right) / \left(\sum_{i=1}^n \lambda_i * \eta_i \right) + \tau_{ср};$$

бунда τ_i -назорат қилинаётган қурилманинг i элементи киришидан унинг чиқишигача бўлган сигнал ўтишини ўртача вақти; η_i -назорат қурилмаси, ишлашида i -элементининг иштирокининг нисбий частотаси; $\tau_{ср}$ -таққослаш қурилмасининг ишлаш вақти.

η_i катталикини аниқлашда шуни ҳисобга олиш керак, бунда назорат қилинаётган қурилманинг киришига берилган сигналлар комбинациясига боғлиқ равишда қурилманинг баъзи элементлари ушбу амаллар учун ҳисобга олинмаслиги мумкин.

Шу сабабли улар ишлагандаги хатолик чиқишда кўринмайди, оддий қурилмалар учун τ_i , η_i қийматлари алоҳида ҳолатларни анализ қилиш йўли билан топилиши мумкин. Мураккаброк қурилмалар учун эса иммитация қилувчи ёки натурал моделлаштириш йўли билан аниқланади. [14,23]. Юқорида келтирилган таққослашлар жойини алмаштирадиган ёки доимий бузилишлар ва узилишлар учун ҳаққонийдир.

Такрорланувчи назорат усулидан фойдаланишининг камчилиги бўлиб, унга кетадиган қўшимча аппаратлар ҳисобланади. Уни камайтириш мумкин, агар назоратни узлуксиз олиб бормай вақти-вақти билан олиб борилса. Мисол учун, агар тизим бир турдаги операцион қурилмалардан ташкил топса, уларнинг биттаси ёки бир нечтаси вақти-вақти билан қолган барча қурилмаларни назорат қилиши мумкин. Бунда “сирғанувчи” назоратга ўхшаш ҳодиса содир бўлади. Лекин бунда қўшимча коммутация қилувчи аппаратлар талаб этилади. “Сирғанувчи” такрорланувчи назоратнинг схемаси 26-расмда келтирилган, бу ерда 01...0N —операцион қурилма; K1...Km- назорат қилувчи қурилма. K коммутатор ёрдамида операцион қурилмага уланади. “Сирғанувчи” такрорланадиган назоратда назоратнинг тўлиқлиги, худди тўлиқ такрорланувчи назоратдагидек, лекин хатони топишнинг ўртача вақти ортади, чунки назорат қурилмасининг навбатдаги уланиш вақтини кутиш керак бўлади.



26-расм. “Сирғанувчи” такрорланадиган назорат схемаси.

“Сирғанувчи” назоратнинг камчилиги шундаки, тўлиқ назорат, назорат қилинаётган қурилманинг доимий бузилиб турган ҳолидагина амалга оширилади. Кўп марталаб ўзини тикловчи бузилиш ҳолатларида ва кўпроқ узилиш ҳолларида назоратни тўлиқлиги кескин камаяди, бунда $\alpha = m/p$ га яқинлашади, чунки ушбу қурилма назорат қилинмаётган оралик вақтида содир бўлган узулишлар топилмай қолади. Қўрилган назорат воситаларининг асосий тавсифидан ташқари “ёлғон хавотир” келтириб чиқарувчи тавсифлар алоҳида эътибор касб этади. Бунда назорат қурилмаси хато содир бўлмаган ҳолда хато сигнал ишлаб чиқаради. Назорат қурилмасининг ёлғон сигнал ишлаб чиқариш интенсивлиги:

$$\lambda_c = \lambda_{ок} + (1-v) * \lambda_k;$$

бу ерда $\lambda_{ок}$ -назорат учун қўлланилаётган такрорлаш қурилмасининг бузилиш интенсивлигининг йиғиндиси; λ_k -такқослаш қурилмасининг бузилиш интенсивлигининг йиғиндиси; $(1-v)$ такқослаш қурилмасининг бузилиши натижасида унинг чиқишида хато (ёлғон сигнал) чиқиш эҳтимоллиги.

ББХТларни махсус кодлар ёрдамида назорат қилишда, хатони топиш ва тузатиш кодлари катта аҳамиятга эга. Ахборот ўзгармайдиган қурилмаларида, сақлаш қурилмалари ва ахборот узатишда бузилиш ва узилишга бардошли бўлиш учун

мўлжалланган. Бундай кодларни бугун ХТнинг бузилишга барқарорлигини таъминлаш учун ишлатиш ҳали муваффақият келтирмаган.

5.1.2. Дастурий-мантикий нazorat усули.

Назорат функциялари усули. Бу усул бажарилаётган асосий функцияга ҳеч қандай қўшимча функция қўшмасдан ишлашга мўлжалланган бўлиб, маълум бир таққослашларни, назорат таққослашларининг охириги ҳисобини тўғрилигини текшириш имконини беради. Мисол учун, дифференциал тенгламалар тизимини ечишда уларни жамлаб қўшимча дифференциал тенглама тузиш мумкин. У хатолик бўлмаган ҳолда, аввалгиси билан тўғри келиши керак. Агар татбиқ этилаётган алгоритмга кўра k бир-бирига тааллуқли бўлмаган функцияларни ҳисоблаш зарур бўлса, унда назорат қилиш мақсадида қўшимча чизикли комбинацион берилган функциялар кўринишида тенглама тузиш мумкин. Улар аниқ назорат тенгликларини қаноатлантириши керак бўлади.

Дастурий-мантикий назорат тавсифлари аниқ алгоритмларга боғлиқ ва ҳар бир ҳолат учун алоҳида аниқлади. Дастурий мантикий назоратнинг тўлиқлиги умумий ҳолат учун бирга яқинлашади, чунки амалда ҳар қандай хато назорат функцияси ёки тенглик туридаги тенгламанинг ногўғрилигига олиб келади. Фақат назорат қилинаётган ҳисоблаш жараёни тенг бўлмаса ёки назорат, берилган соҳанинг натижаларига тааллуқлилиги амалга оширилса, назорат қилиш тўлиқ бўлмайди. Назорат ҳисоблаш жараёнининг аввалдан ҳисобланган вақтига ҳақиқий бажарилган вақтини таққослаш орқали амалга оширилади (кўп ҳолларда, ҳисоблашлардаги хатолар ҳисоблаш жараёнини узоқлаштишига олиб келади, бу эса тўхташ, циклланиб қолиш билан шартланади). Шунинг учун у тўлиқ бўлмайди.

Шундай қилиб, умумий ҳолда назоратнинг тўлиқлиги.

$\alpha = \text{эхт}(x_k^* \subset Mx | x \subset Mx)$ бўлади.

Бунда, x_k^* -хатолик бор ҳолатдаги назорат кўрсаткичининг қиймати; Mx -назорат қилинаётган вектор ёки скаляр кўрсаткичларнинг қўллаб муҳим бўлган қийматлари; x -хатолик бўлмаган ҳолдаги назорат кўрсаткичининг қиймати.

Дастурий-мантикий назоратдан фойдаланиб хатони топиш вақти τ_{10} , дастурининг τ_n ёки модулнинг назорат қилинаётган нуқта чиқишидаги хато натижалар ҳосил бўлиш вақтлари, назорат функциялари τ_{nf} ва натижаларни таққослаш τ_{np} вақтларини қўшиш билан амалга оширилади.

Ушбу боғлиқликдаги алоҳида қўшилувчилар ўзига мос келувчи дастурлардан ўтиш орқали аниқланади.

Дастурий-мантикий назоратнинг мураккаблиги шундаки, назоратни амалга ошириш учун операцион қурилманинг қисман иштирок этиши, дастур ёзилиши керак бўлган хотиранинг ҳажми (назорат функцияларини ташкил этиши учун мўлжалланган дастурлар) орқали аниқланади. Операцион қурилманинг иштироки аппаратлар сони ва дастурнинг бажарилиш тезлиги билан аниқланади. Умумий ҳолат учун

$$C = \sum_i C_i * V_i \text{ бўлади.}$$

Бу ерда C_i -аппаратнинг i қисмининг оғирлиги;

V_i -назорат функциясини бажариш учун аппаратлардан фойдаланиш частотаси.

Тестли назорат.

Бу назорат тури ХТларини назорат қилишда кенг тарқалган. Тестли назоратнинг тўлиқлигини бирга яқинлаштириш мумкин. Бунда алоҳида тестлар сони биттали бузилишлар, назорат қурилмасидаги доимий нол ёки доимий бир турдаги бузилишлар

сониди кўп бўлмайди. Кўп ҳолларда эса ундан кам бўлади. Тестли назорат вақти алоҳида тестларнинг давомийлиги ва уларнинг сони билан аниқланади. Лекин тестли назорат ҳам камчиликларга эга: бузилишларни топишдаги кетадиган вақтнинг катталиги; назоратни вақти-вақти билан олиб бориш; тестлаш вақтида тизимнинг ишдан тўхташи ҳисобига самарадорликнинг пасайиши; тизим ишлаётган вақтида тестлар ўтказилмаганлиги сабабли узилишларнинг аниқланмаслиги. Кўрсатилган камчиликлар туфайли ББХТларида тестли назоратни қўллашга кам эътибор берилади[8].

5.2. Техник жараёнларнинг диагностика жараёнлари моделлари.

ЭХВлари аппаратларни техник диагностика қилишдан мақсад- модуlining носоз блокени, бир турдаги элементни алмаштириш (БТЭА) ёки бошқа тизим ости тизимларидаги носозликларни жойлашган қисмини топиш ва автомат қайта қуриш жараёнида ўша қисмни тизимдан ўчириш ҳамда таъмирлаш вақтида уни алмаштиришдан иборат.

Диагностика воситалари, назорат воситалари каби аппарат . дастурий ва аралаш бўлиши мумкин. Диагностика қилиш жараёни мураккаб бўлганлиги сабабли одатда дастурий воситалар қўлланилади. Диагностика қилиш биринчи навбатда диагностика тестларига асосланади, бу тестлаш носозлик аниқлангандан кейин ўтказилади. Диагностикада маълум миқдорда назорат воситалари ҳам иштирок этиши мумкин.

Диагностика воситаларининг асосий тавсифлари: диагностика қилишнинг чуқурлиги, диагностика қилиш вақти ва мураккаблигидир.

Диагностика қилишнинг чуқурлиги, диагностика қилиш натижасида бузилиш аниқланган тизим ости тизимларининг ҳажми (элементлари сони) орқали аниқланади. Тизим ости тизим

қанча кичик бўлса, бузилган элемент жойлашган элементлар гуруҳини кўрсаткичи аниқлиги катта бўлади ва диагностика қилишнинг чуқурлиги (таъсир доираси) ката бўлади. Диагностика қилишнинг чуқурлиги (таъсир доираси) оптимал ечимни топишдадир. Диагностика қилишнинг таъсир доираси кенгайиши бир томондан воситаларни мураккаблигини ортишига ва диагностика қилиш вақтини катталашини олиб келади. Иккинчи томондан, тизимнинг автомат равишда тикланиш эффектини оширади, бошқача айтганда, ўчириладиган аппаратларнинг кичик сониди, диагностика қилишнинг кичик таъсир доираси ХТни қайта қуришда операцион қурилмаларини кўпгина қисмини ўчиришга олиб келади, бу эса тизимнинг самарадорлигини пасайтиради[22].

Аналитик кўринишда тизимнинг ўртача самарадорлиги

$$P = \sum_k P_k(C_a, C_n, C_d, C_p) P_k(t), \quad \text{бўлади.}$$

бунда P_k -k ҳолатда тизимнинг самарадорлиги;

$P_k(t)$ -t вақт мобайнида тизимнинг k ҳолатда бўлиш эҳтимоллиги. Тикланиш воситаларини мураккаблик йиғиндиси

$$C = C_a + C_n + C_d + C_p. \quad \text{бўлади.}$$

бунда C_a -асосий воситаларининг мураккаблиги;

C_n -назорат воситаларининг мураккаблиги;

C_d -диагностика воситаларининг мураккаблиги;

C_p -реконфигурация (қайта қуриш) воситаларининг мураккаблиги.

Диагностика қилишнинг учта асосий усули мавжуд: навбатма-навбат назорат, кўпликларни кесишиш усули, инкор қилувчи кўпликлар.

Навбатма-навбат назорат.

Бу усулга кўра тизимнинг элементлар кўплигини кесишмайдиган кўпликларга ажратиш ва тизим ости тизимларининг навбатма навбат ёки бир вақтда текшириш йўли билан бузилган элементи топилади. Бу усул катта вақт ва диагностика воситаларини талаб этади.

Кўпликларни кесиш усули.

Бу усулнинг мазмуни шундаки, таркибида бузилган элементи бор $M_{\text{буз}}$ элементлар кўплиги, M_i кўпликнинг кесишиши сифатида аниқланади, бунда ҳар бир i текшириш натижасида бузилган элемент шуларнинг орасида бўлиши мумкин деганидир:

$$M_{\text{буз}} = \bigcap_i M_i.$$

Инкор қилувчи кўпликлар.

Бу усулдан фойдаланилган ҳолда $M_{\text{буз}}$ кўпликлари қуйидаги формула орқали аниқланади.

$$M_{\text{буз}} = \bigcup_j *M_j.$$

бу ерда M -диагностика қилинаётган тизимнинг элементлар кўплиги; M_j -диагностика қилиш j амалини j натижасидаги аввалдан тўғри элементлар кўплиги.

Бир турдаги тизимда диагностика қилиш амалининг керакли сони, навбатма-навбат назорат қилишда

$$N_n = [||M|| / ||M_j||];$$

бунда $||M||$ -кўплигининг қуввати.

Кўпликларни кесишишлар ёки инкор қилишлар усулларида фойдаланилганда, текширишнинг ҳар бир амали, кўпликнинг қувватини камайтиради, шу сабабли керакли амаллар

$$N_n = \log[\|M\|/\|M_i\|]; \quad \text{бўлади.}$$

Бир турда бўлмаган тизимлар учун $\|M_i\| \neq \|M\|$ $i \neq j$ бўлганда, охириги баҳолаш яқинлаштирилган бўлади ва текширувлар сони кўпаяди.

Диагностика воситаларини аналитик ва иммитацион моделлаштириш-нинг асосий тавсифлари [25,27] да келтирилган.

5.2.1. Диагностика қилишнинг таъсир доираси(чўқурлиги).

Диагностика қилишнинг таъсир доираси ҳар бир тест орқали текшириладиган тизим элементларининг M кўплиги орқали аниқланади. Кўп ҳолларда тестланаётган объект икки кутбли йўналтирилган граф кўринишида қаралади (кириш ва чиқиш). Граф чўққилари тизимнинг алоҳида элементлари сифатида тасвирланади, ёйлар эса улар орасидаги боғланишлар бўлади. Ҳар бир тестга чиқиш чўққисидан киришгача сигнал ўтишнинг маълум йўли тўғри келади. Агар йўлга кирувчи элементлар бузилган бўлса, у чиқиш сигнаolini ўзгариши орқали аниқланади. Бундан келиб чиқадики, бузилган элемент шу йўлга тааллуқли (M кўплигига). ББХТлари учун агар бузилган тизим ости тизими дарҳол четлаштирилса ва тизимнинг кейинги ишлашида иштирок этмаса, ҳамда хатолик назорат натижасида аниқланса, диагностика қилишдан мақсад бузилган тизим ости тизимининг аниқлашдан иборат деб ҳисобланади. Четлаштирилган тизим ости тизими (ЧТОТ) деганда, ишлаш жараёнидан элементи бузилганлиги сабабли реконфигурация (қайта қуриш) вақтида узиб қўйилган тизим тушинулади. Тизимни диагностика қилишни кўрсатувчи граф, ЧТОТга мос келувчи граф бўлакларига ажратилган деб фараз қиламиз. Унда диагностика қилувчи тестлар йиғиндиси ёки кетма-кетлиги ҳар хил ЧТОТдаги бузилишларни топишга етарли бўлиши керак. Агар ҳар бир ЧТОТни носозлигини аниқлаш учун битта тест етарли бўлган бўлса, тестлар йиғиндисининг етарлилигини аниқлашни соддалаштириш

мумкин. Лекин ЧТОТ мураккаб объект бўлиши мумкин (процессор ёки ХТ), у ҳолда айнан шу ЧТОТ носоз эканлигини аниқлаш учун бир нечта оддий тестлар керак.

Тизимни ҳар бир ЧТОТни текшириш учун керакли бўлган четлаштириладиган (ўчириб қўйиладиган) тизим ости тизимлари ва тестлар сонига бўлиб чиқилган деб фараз қилайлик. У ҳолда керакли тестларнинг умумий сонини уларни турдошликда бажара оладиган ишидан келиб чиқиб аниқланади, яъни битта тест орқали бир нечта ЧТОТни текшириш имконияти бўлади. Идеал ҳолатларда бир турдаги МП учун битта тест етарли бўлади, бунда бузилган ЧТОТни топиш тест натижаларини анализ қилиш билан топилади.

Амалда тестларнинг максимал сони ҳар бир ЧТОТни текшириш учун керак бўладиган тестлар йиғиндисига тенг бўлади. Бундан келиб чиқадики, бир турдаги тизим ости тизимларни қўллаш мақсадга мувофиқ бўлади, чунки хотирада сақланадиган тестлар сони ҳамда натижаларни анализ қилиш воситаларини сони кескин камаяди. Замонавий ХТлари ўз таркибига кўплаб процессорларни камраб олади ва уларни сони доимо ортмоқда, шу сабабли ЧТОТ ни алоҳида процессор деб қараш мақсадга мувофиқ бўлади. Бунда процессорларни ўзаро текширувини ошириш мумкин. Бундай текширувларни ҳар хил усули мавжуд. Тизим t носоз процессорларни аниқ кўрсата олса, t -диагностика қилинувчи деб аталади. Алоҳида ҳоллардан ташқари, яъни битта умумий фактор асосида бир нечта процессорлар бир вақтда бузилиш ҳолларидан ташқари. Бундай ҳолларда ушбу вақт бирлигига мос келувчи битта процессорнинг бузилишини аниқлайди, чунки олдин бузилган процессорлар тизимдан узиб қўйилган бўлади. Шу сабабли ББХТда $t=1$ бўлади.

5.2.2. Диагностика тестининг давомийлиги.

Шартли тестлашда ҳар бир диагностика тести унинг ўтказилиши вақти τ_j билан аниқланади. Ҳар бир k носозликни бартараф этиш учун индекс тестларнинг M_k кўплиги талаб этилсин.

У ҳолда диагностика тестининг (диагностика қилувчи тестлар) ўртача вақти қуйидаги формула орқали аниқланади.

$$T_y = \sum_{k=1}^N P_k^* \sum_{j \in M_k} \tau_j;$$

бунда, N -содир бўлиши мумкин бўлган носозликлар сони;

P_k - k носозликни аниқлаш эҳтимоллиги.

Агар диагностика қилиш шартсиз тестлаш усулида ўтказилса, тестлар аввалдан белгиланган кетма-кетлик бўйича ўтказилади. Бунда тестлашнинг ўртача вақти қуйидаги формула орқали аниқланади.

$$T_6 = \sum_{j \in M_k} \tau_j;$$

бунда, M -тест индексларнинг кўплиги, ҳар қандай ҳолларда ҳам носозликни бартараф этиш учун ўтказилади.

Охирги формула қизиқли бўлмаган тамойилдаги ва носозлик барча тестлар натижалари орқали бартараф этиладиган тестларга тааллуқли. Агар диагностика қилиш навбатма-навбат текширишга олиб келинса, у ҳолда тестлаш тенгсизлик қуйидаги формула орқали ифодаланади

$$T_6 < \sum_{j \in M_k} \tau_j;$$

Лекин бунда тестларни кўплаб сони талаб этилади, мисол учун агар тизимда 1024 элемент бўлса ҳар бир элементни тестлаш учун 1024тадан кам бўлмаган тестлар талаб этилади. Чизикли бўлмаган тестлаш ҳаммаси $N=\log_2 1024$ тест бўлади.

Синов саволлари ва топшириқлар.

1. ББХТни диагностика қилувчи ва назорат моделлари жараёнларининг тавсифи ва кўрсаткичларини аниқланг?;
2. ББХТни такрорловчи назоратини мазмуни нимада?;
3. Такрорловчи назоратда хатони топиш вақти қандай аниқланади?;
4. Такрорловчи назоратли “сирпанувчи” схема структурасини чизинг?;
5. Назорат функциялари усули қандай?;
6. Тиклаш воситаларини мураккаблигини аниқлайдиган тенгламани тузинг?;
7. ББХТларни кетма-кет назорат усули бошқа назорат усулидан қандай фарқ қилади?;
8. ББХТнинг диагностика чуқурлиги (тўлаллиги) нима билан аниқланади?;
9. Нима учун ҳисоблаш тизимларида тестли назорат кенг тарқалган?;

6-боб. Реконфигурация жараёнилари ва бузилишдан кейинги тиклаш.

6.1 Жараёнлар тавсифи.

Реконфигурация жараёни қуйидаги кўрсаткичлар билан тавсифланади: реконфигурация қилиш воситаларининг мураккаблиги, реконфигурация вақти ва реконфигурациядан кейин самарадорликнинг пасайиши.

Реконфигурация воситаларининг мураккаблиги, воситаларнинг ўтишдаги С.с.п. мураккаблиги билан изоҳланади. Улар реконконфигурацияни амалга ошириш учун махсус мўлжалланган ва реконфигурация жараёнига кетказилган С.с.с тизим воситаларининг K_p вақт мобайнида ҳисобга олинган мураккаблиги.

Реконфигурация воситаларининг мураккаблиги аналитик кўринишда қуйидагича бўлади:

$$C.c.p. = C.c.p + C.c.c * K_p;$$

Реконфигурация вақти T_p одатда катта эмас у тизимда содир бўлган ҳолатларни анализ қилиш вақти $T.a.c$, реконфигурация қилиш усулини танлаш $T.p.p$ ва ўтиш $T.p$ орқали аниқланади.

$$T_p = T.a.c + T.p.p + T.p;$$

Реконфигурациядан кейин самарадорлик пасайиши v реконфигурация-дан кейинги тизимнинг самарадорлигини берилган самарадорликка нисбати сифатида қараш мумкин. Бошқача айтганда тизимда носозлик йўқлиги вақтидаги самарадорликдир. Худди шундай кўрсаткичлар билан реконфигурация-дан кейин ахборотни тиклаш жараёни тавсифланади, уни амалга ошириш учун йўқолган ахборотни ёзилган ўхшаш мосламасини топиш лозим. Ахборотларни тиклаш

воситаларининг мураккаблиги Сс.н. ТХҚсида Кg эгаллайдиган ҳажмини ҳам ҳисобга олинади. Бу ахборотларни такрорлаш учун керак бўлади. Кй ахборотни тиклаш учун керакли вақт кисмидир.

Аналитик кўринишда қуйидагидир:

$$Cс.к.=Cз.у.+Kг+Cс.с*Кй;$$

Ахборотларни тиклаш вақти Тт.в қуйидагиларни қўшиш орқали топилади, такрорловчи ахборотни қидириш вақти, ушбу ахборотни керакли процессорга узатиш вақти. Тп.п ва бажариладиган амалга яқин бажариладиган назорат нуктасидан бошлаб, ҳисобни қайтариш Тп.в. вақти, бунда хато содир бўлганда натижа нотўғри чиқади:

$$Tт.в=Tп.и+Tп.п.+Tп.в.;$$

6.2 Тизимдаги ҳолатларни анализи ва ечим қабул қилиш.

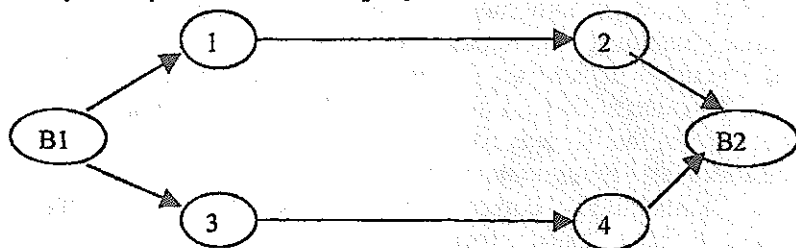
Тизимнинг ҳатолигини анализ қилиш ва ечим қабул қилишнинг асосий вазифаси, четлаштирилган (ўчириб қўйилган) бузилган тизим ости тизимини аниқлаш, бузилган ЧТОТни ўчириб қўйилганда тизимнинг ишлашини ташкил этиш. Вариантларни таққослаш ва шу тизим учун энг яхши вариантни танлашдир. Умумий ҳолда ББХТларни ишлаши қуйидаги схема бўйича амалга оширилади: тизимнинг битта процессори (ёки процесслар гуруҳи) ташқи манбадан вазифа олади, уни қисман ишлайди ва ишловни давом эттириш учун кейинги процессорга узатади, кейинги процессор ҳам худди шундай ишлов бериб кейингисига узатади ва бу ишлов охириги процессоргача давом этади. Ишлашни бундай ташкил этишда ҳар бир процессор тизим ҳолати ҳақидаги маълумотларга эга бўлиши ва заҳиралар жадвалига эга бўлишлари керак. Заҳиралар жадвали вақти-вақти билан аниқланиб боради ёки тизим ҳолатида ўзгаришлар бўлишлар билан аниқлаштирилади.

Бунинг учун “мен тирикман” деб маълумот берувчи усулни қўллаган маъқул, бунда тўғри ишлаётган процессор маълумот бериб туради ва нотўғри ишлаганда (бузилганда) маълумот бериш тўхтайди. Қўйилган масалани ечишда вазифа процессорлараро қандайдир оптимал даражада тақсимланган бўлиши мумкин. Бу вазифа кириш процессорида вазифани тушишига қараб ёки содда алгоритм бўйича тақсимланади. Мисол учун, навбатдаги вазифа навбатдаги процессорга узатилиши учун у бузилмаган ва ҳеч қандай вазифа бажармаётган бўлиши керак. Бу усуллардан бирини танлаш самарадорликка боғлиқ бўлиб содда алгоритмли масалаларни ечишга кетган вақтни таққослаш йўли билан аниқланади.

Бундай схема асосида ишлашда реконфигурация муаммолари умумий ахборотларни кўппроцессорли параллел ишловни амалга ошириш вақтида ечилади, бунда вазифани тақсимлаш масаласида бузилган процессор амалда банд (вазифа бажараётган) процессорга тенглаштирилади. Шунини қайд этиш керакки, тизимни бундай ишлашини ташкил этишда вазифани бажарилиш вақтини ҳам ҳисобга олиб бориш осон. Вазифани бажарилиши мўлжалланган вақти билан уни бажарилиш вақтини таққослаш уни назорат қилишни таъминлайди. Ҳар бир i ҳолат учун Π_i тизимнинг самарадорлигини аниқроқ баҳолашни ҳажмли хизмат кўрсатиш усули ёки иммитацион моделлаштириш йўли ёрдамида олиш мумкин. Ушбу усулларни қўлланилиши шундай ҳодисаларни ва тўғри ишлаётган тизимлар самарадорлигини баҳолаш учун ҳам шундай бўлади.[4,14]. Тизимнинг самарадорлиги

$$\Pi = \sum \Pi_i * P_i \text{ бўлади.}$$

Бунда P_i – ҳолатни содир бўлиш эҳтимоллиги.



27- расм. Ишлаши тармоқли ташкил этилган ББХТ.

Мисол. Содда мисол сифатида 27-расмда келтирилган тармоқли ташкил этилган ББХТнинг самарадорлигини баҳолашни кўриб чиқамиз. Тахмин қиламиз, чап томондаги граф чўққиларига (штрихланган) мос келувчи ЭХМ В1 ни киритиш қурилмасига эга бўлсин, ўнг томондаги чўққиларига мос келувчи ЭХМ эса В2 чиқиш қурилмасига эга бўлсин. Графнинг ёйлари ЭХМлар орасидаги ахборот узатишга лаёқатли боғланишни кўрсатади. 5-жадвалда тизимнинг бўлиши мумкин бўлган ҳолатлари, уларни содир бўлиш эҳтимоллиги ва самарадорлигига мос қийматлар келтирилган.

Тахмин қилинадики, ҳар бир ХМнинг самарадорлиги 1га тенг ЭХМ 1 ва 2 ҳолатда 3 ва 4 иккига тенг самарадорликка эга бўлган конвейр режимда ишлайди. Конвейрлар 1,2,3,4 паралел ҳамда иккиланган самарадорлик билан ишлайди.

Тизимнинг ҳар бир элементлари бузилмай ишлаш эҳтимоллиги $P=0,9$ ЭХМ 1,2,3,4 ни киритилганда ҳамда 1-2,3-4лар орасидаги узатишлар. Бунда киритиш чиқариш қурилмаси бузилмай ишлайдиган ҳисобланади.

5-жадвал.

Тизимнинг ҳолати	P_i ҳолат эҳтимоллиги	Самарадорлик, Π
Бузилмай ишлаш	$0,9^6=0,5314$	4
Юқори тизим ости тизимининг бузилиши	$(1-0,9^3)*0,9^3=0,1976$	2
Пастки тизим ости тизимининг бузилиши	$(1-0,9^3)*0,9^3=0,1976$	1
Тизимнинг бузилиши	$(1-0,9^6)=0,07344$	0

(6.3.1) формулага кўра тизимнинг ўртача самарадорлиги қуйидаги кўринишда бўлади.

$$\Pi=4*0,5314+2*2*0,1976=2,916.$$

6.3. Бузилишлари ҳисобга олинган тизимларнинг самарадорлиги.

Бузилишлари ҳисобга олинган тизимларнинг самарадорлигини баҳолашни, соддароқ қилиб ишга лаёқатли процессорларнинг ишлаш самарадорлигини жамлаш деб қараш мумкин. У ҳолда самарадорликни пасайиш даражасини аниқлашда, ишга лаёқатли процессорлар самарадорлигининг йиғиндисини, тизимнинг барча процессорлари самарадорлиги йиғиндисига нисбати деб қараш мумкин. Лекин бундай баҳолаш аниқ бўлолмайди, чунки тизимнинг самарадорлиги кўп ҳолларда унинг таркибига кирувчи процессорларнинг самарадорлигининг йиғиндисидан кичик бўлади.

Бошқа томондан эса, алоҳида процессорларнинг бузилиши ёки тизимнинг қисмларини бузилиши, процессорларни ўзаро алоқасини бузилишига олиб келади. Шу сабабли тизимнинг баъзи қисмларидан чекланган мурожаат имкониятида ёки чекланмаган ҳолда фойдаланиш мумкин бўлмай қолади.

Бу ҳолатни моделлаштириш учун тизимнинг структурасини графлар кўринишида тасвирлаймиз, унинг чўққилари бўлиб тизимнинг функционал қисмлари (процессорлар, хотира қурилмалари, киритиш чиқариш қурилмалари ва бошқалар) хизмат қилади, ёйлари бўлиб эса улар орасидаги боғланишлар ҳисобланади. Агар алоҳида қурилмаларнинг самарадорлигини ўтказиш қобилияти деб қаралса, у ҳолда тармоқнинг самарадорлигини маълум алгоритмга асосан кириш қурилмасининг чиқиш қурилмасига ахборот ўтказиш қобилиятини баҳолаш деб қараш мумкин[4]. Лекин масалага бундай ёндопиш алоҳида процессорларда ишланадиган масалаларни қисмларга ажратиш имкониятини ҳисобга олмайди, ҳамда навбатлар содир бўлиши ва буфер ХҚ ҳажми ҳам ҳисобга олинмайди.

6.4. ББХТни автомат равишда тикланиш жараёнининг модели.

Ҳисоблаш тизимларида автомат равишда тикланиш янги йўналиш бўлиб, у ББХТларни юқори даражадаги ишончлилигига, тайёрлигига ва бузилишига барқарорлигига [14,20,28,31] бағишланган бўлиб, уларнинг ҳар бирида ББХТларини қуришдаги қийинчиликлар кўрсатилган.

Ҳақиқий ББХТларида қўлланиладиган, мумкин бўлган тикланиш жараёнларини ўзига олган баъзи ББХТларидаги тикланиш жараёнларини кўриб чиқамиз. Бундан ташқари тизимда содир бўлган $S=\{S_1, S_2, \dots, S_{14}\}$ орқали ифодаланган ҳолатларни кўриб чиқамиз. ББХТда содир бўлган хатолик (S_1) аппарат назорат воситалари (S_2) орқали аниқланиши ёки дастурий назорат воситалари (S_3) орқали аниқланиши мумкин. Баъзи ҳолларда топилмаслиги ҳам мумкин, бундай ҳолларда тизимда бузилиш (S_4) содир бўлади.

Агар тизимда пасив бузилишга барқарорлаш воситалари қўлланилган бўлса, хатолик ниқобланиши (S_5) ҳам мумкин. Бундай ҳолларда ҳисоблаш жараёни ушланишсиз (S_6) давом этиши мумкин. Кўп ҳолларда хатони аппарат назорат воситалари орқали топилса, амални чекланган сон марта қайта бажариш амалга оширилади.

Агар қайта ишлаш муваффақиятли бўлса (S_7) ёки узилиш содир бўлган бўлиб, амални қайта бажариш натижасида у бартараф этилган бўлса, ҳисоблаш жараёни давом эттирилади.

Амални қайтариш мумкин бўлиши учун аппарат воситалари операндларини амал бажарилиш натижаларини назорат қилиш тугагунича ўзида сақлаши керак. Агар амални қайта бажариш муваффақиятсиз бўлса (S_8), унда аппаратларда қатъий бузилиш борлиги маълум бўлади. Бундай ҳолларда автомат тарздаги реконфигурация (S_9) амалга оширилади. Унинг вазифаси бузилган қурилмани тизимдаги захира ҳисобига алмаштириш ёки ўчириб қўйишдан иборат. Агар бузилган қурилма ўчириб қўйилса, қолган қурилмалар орасида масалани қайта тақсимлашга тўғри келади. Бу эса тизим самарадор-лигини пасайишига олиб келади. Реконфигурациядан (қайта қуриш) кейин ахборотни тиклаш (S_{10}) амалга оширилади.

Бунинг учун ҳисоблаш жараёни вақтида назорат нукталари назарда тутилган бўлиб, улар орқали тизимнинг ҳолати ва ҳисоблаш жараёни назорат қилинади. Агар ушбу дастур (ушбу жараён), оралиқ натижа, регистрлардаги маълумотлар ва ҳоказо, натижалари тўғри бўлса бошқа процессорнинг қўшимча тезкор хотирасига ёки магнит тасмасига ёки дискка ёзиб қўйилади ва ахборотни тиклаш учун ишлатилади. Тиклаш вақтида такрорлаш учун ёзиб қўйилган ахборотлар реконфигурациядан кейин бузилган процессор вазифасини ўз зиммасига олган процессорга қайта ёзилади. Кейин назорат нуктасидан яна ҳисоблаш жараёни янгиланади(S_{11}).

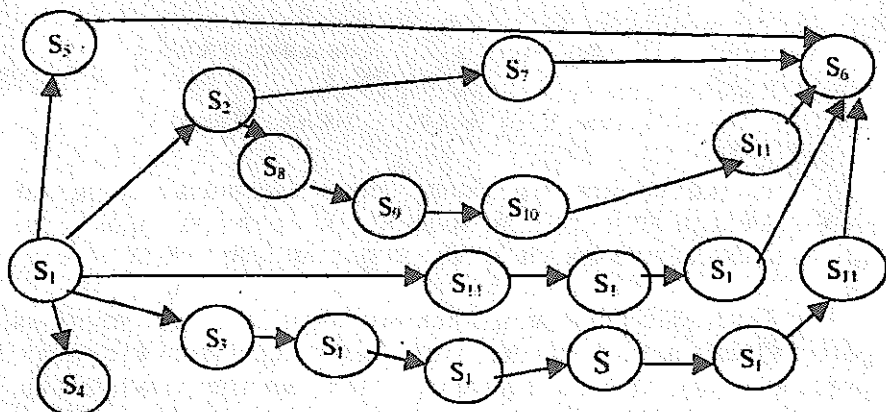
Худди шунга ўхшаган жараёнлар дастур воситалари орқали хатолар аниқланган ҳолларда ҳам қайтарилади. Лекин бунда амални қайтариш маъносиз бўлади, чунки дастурий воситалар хатони кечикиш билан аниқлайди ва шунга кўра амалда операндлар сақланади.

Дастур воситалари орқали хатolik топишган бўлса тестлардан (S_{12}) фойдаланиш мумкин бўлади. Агар тестлар қатъий бузилиш (S_{10}) борлигини аниқласа, унда реконфигурация (S_9) амалга оширилади ва назорат нуктасига қайтиб ахборот (S_{10}), кейин ҳисоблаш (S_{11}) қайтарилади.

Агар қатъий бузилиш йўқ бўлса (S_{13}), юқорида санаб ўтилган амаллар реконфигурациясиз (қайта қуришсиз) бажарилади. Шунинг қайд этиш керакки, тикланиш дастурдаги бўлиши мумкин бўлган хато сабабли ҳам, назорат нуктасидаги ахборотни бузилиш туфайли ҳам, захиралар тугаганилиги ёки тизим учун самарадорликни белгиланган қуйи чегарасидан пасайиш туфайли ҳам муваффақиятсиз бўлиши мумкин ва тизим бузилиши(S_4) ҳолатига ўтади.

28-расмдаги граф чўққиларига алоҳида ҳодисалар мос келади, граф ёйлари эса бир ҳодиса иккинчисига ўтишини билдиради. Тахмин қилинишича S_2, S_3, S_5 ҳодисалардан кейин ва улардан кейин келадиганларида (S_4) ҳолатга, ўтиш имконияти бор. Мос келувчи ёйлар графни соддалаштириш мақсадида кўрсатилган эмас. Расмдаги ёйлар маълум оғирликка эга бўлсин, улар ББХТдаги ҳодисаларни бир-биридан кейин келишидаги

оралиқ вақтини аниқлайди. Ёйларнинг ҳар бири учун математик кутиш ва вақт оралиғи берилган бўлсин.
ББХТни тикланиш вақтининг



28-расм. ББХТларининг тикланиш жараёнининг графи ва ўтишлар ҳолати.

тақсимланиш функциясини иккита биринчи вақт оралиғи дахласида автомат воситалари ёрдамида тиклаш эҳтимоллиги ва ББХТни автомат тикланишининг ўртача вақтини аниқлаш керак.

ББХТларининг аппаратлари бузилиши ва ҳодисалари оқимининг камайиш коэффициенти q қийматини топамиз. Бирор тизим ости тизимининг ишлашида бузилиш ёки узилиш содир бўлган ҳолда тизимнинг автомат равишда тикланмаслигининг эҳтимоллик шартин деб қаралади.

У ҳолда тўлиқ эҳтимоллик формуласига кўра

$$q = q_T \cdot (1 - q_{Lm}) + (1 - q_T) \cdot (q_H + q_R)$$

ёки ўзгартиришдан кейин

$$q = q_T \cdot (1 - q_H - q_R - q_{Lm}) + q_H + q_R \text{ бўлади.}$$

Бунда q_T -дан вақт мобайнида тизим автомат равишда тикланмаслик эҳтимоллиги; бошқача айтганда пасив бузилишга

барқарорлик воситаси ёпилиши; q_H - бузилиш топилмаслик эҳтимоллиги; q_P - барча назорат нуқталаридаги ахборотлар бузилганлиги эҳтимоллиги ва ҳисоблаш жараёни қайта тикланмайди.

$$q_0 = q_H + q_P + q_m \quad \text{билан белгилаб}$$

$$q = q_T * (1 - q_0) + q_0 - q_m \quad \text{ҳосил қиламиз.}$$

q_T қийматини ҳисоблаш учун тикланиш вақтининг тақсимланиш эҳтимоллигини топамиз. У графнинг S_1, S_2, S_6 ва S_1, S_3, S_6 чўққиларини боғловчи ёйлари орқали аниқланади.

Граф ёйларини кетма-кетлиги учун лаҳзалар усули ва графни ўтиш вақтини ташкил этувчи математик кутиш қўшилади. Графнинг параллел ёйлари учун тикланиш вақтини тақсимланиш функцияси қоришма кўринишида бўлади. Қоришмани математик кутиши

$$m = \sum P_j * m_j \quad \text{бўлади.}$$

бунда, P_j - j қоришмани ташкил этиш эҳтимоллиги, m_j - j қоришмани ташкил этишни математик кутиш.

Маълум боғлиқликдан $\alpha = \sigma^2 + m^2$ келиб чиқиб, бунда, α - иккинчи даражани бошланиш лаҳзаси, σ - ўртача квадратик четланиши, қоришманинг дисперцияси куйидаги формула орқали аниқланади.

$$\sigma^2 = \sum_j P_j (\sigma_j^2 + m_j^2) - m^2$$

бу ерда

$$\alpha = \sum_j P_j * \alpha_j = \sum_j P_j (\sigma_j^2 + m_j^2);$$

бунда, σ_j қоришмани ташкил этувчини ўртача квадратик четланиши (оғиши)

иккита ташкил этувчилар ҳолларида

$$\sigma^2 = p_1 \cdot \sigma_1^2 + p_2 \cdot \sigma_2^2 + p_1 \cdot p_2 (m_1 - m_2)^2 \text{ бўлади.}$$

Граф ўтишидаги вақт лаҳзалари тақсимланиши, уни кетма-кет соддалаштириш орқали топилади.

Тизимнинг элементлари ҳар бир бузилишдан кейин ББХТни ишлашга лаёқати тасодифий вақт τ оралиғида тикланади. У тақсимлаш функцияси $F(\tau)$ орқали тавсифланади. Бузилиш оқибатлари τ дан вақт оралиғида автомат равишда бартараф этилмаса $q_d = (1 - F(\tau_{\text{гон}}))$ кўринишида тасвирланади.

Тикланиш вақтининг тақсимланиш функцияси $F(\tau_{\text{гон}})$ юқорида кўрсатилгани каби фақат иккита биринчи лаҳза аниқлигида маълум. Шу сабабли q_d ни ҳисоблашда тақсимланиши маълум содда тақсимлаш қонунидан фарқли бўлгани учун, бу усулдаги баҳолаш яқинлаштирилган бўлади.

Синов саволлари ва топшириқлари.

1. ББХТнинг реконфигурация воситаларини аналитик кўринишда мураккаблигини тасвирланг?

2. ББХТни реконфигурация вақтини ҳисоблашда қайси ташкил этувчилар аниқловчи ҳисобланади?;

3. ББХТларини ишлашини қандай ташкил этилганда ҳар бир процессор захиралар жадвалига эга бўлиши керак?

4. Тармоқли ($p=2$) ташкил қилинган ББХТнинг самарадорлигини аниқланг?

5. Автомат равишда тикланиш жараёнининг моделини қуришда тикланишнинг қайси усуллари ҳисобга олинади?

6. ББХТларида қатъий бузилиш содир бўлганда дастурий воситалар билан аниқлаб тиклаш усулини аниқланг?

7. ББХТларини тиклаш жараёнининг ҳолатлар графи ва ўтишларини аниқланг?

7-боб. Бузилишга барқарор тизимларни ташкил этишга мисоллар.

Ушбу бобда ҳар-хил мақсадлар учун ишлатиладиган ББХТларнинг ташкил этилишига мисоллар келтирилган. Улар ҳар-хил фирмаларда яратилган бўлиб шу сабабли бузилишга барқарорликни таъминлаш, воситаларини ташкил этиш бир-бирдан тубдан фарқ қилади.

Кўпгина замонавий ББХТ лари микропроцессорларга асосланган бўлиб, ўзида микропроцессорлар ва процессор комплектлари схемаларини мужассамлаштирган. Бундай тизимларнинг ўзига хос хусусиятларидан бири, уларда микропроцессорлар билан бир қаторда катта интеграл схемалардан фойдаланиш имкониятини борлиғидир. Бундай схемалардан фойдаланиш тизимнинг бузилишга барқарорликдаги самарадорлигини оширади ва унинг функционал имкониятларини кенгайтириш имконини беради.

Пассив бузилишга барқарор ўзини-ўзи текширувчи "stratus" тизимида такрорловчи назоратли таққослашдан фойдаланилган бўлиб, бунда асосий вазифалар тўрт мартаба бажарилади. Биринчидан, ҳар бир тизим ости тизими (типик алмаштириш элементи ТАЭ) такрорланган. Иккинчидан, ҳар бир тизим ости тизимини назорат қилиш учун иккита бир хил кириш сигнаliga эга бўлган иккита бир хил схемани ўз ичига олади. Агар уларнинг бирида хатолик содир бўлса, ўша тизим ўчирилади ва иккинчиси ишни давом эттиради.

SIFT тизими (бузилишга барқарорликни дастурий таъминлаш) самолётлар учини оғир шароитларда бошқариш учун мўлжалланган ҳисоблаш тизимидир. ББТВнинг асосий тавсифи ҳар бир дастурни бажариш, ахборотлар устида амаллар бажарувчи бир нечта блокда параллел олиб борилади. Ахборотларни ишлаш блоки (АИБ) сифатида ва тизимни ташқи қурилмалар билан улаш қурилмаси сифатида микро-ЭХМдан фойдаланиш мумкин.

Хатони топиш, анализ қилиш ва тизимни қайта қуриш дастурий таъминотга юкланган бўлиб, тизимнинг номи шундан келиб чиқади. Бузилишни бартараф этиш учун махсус лойиҳалаштирилган ортиқча тизимларда, ахборотлар устида амаллар бажариш блоklarини шиналар орқали улаш билан амалга оширилади. Фойдаланувчининг дастурини бажарилишини

траекторияли захира тар энг камида шина ёки АИБ ёрламида ҳар кандай якка бузилишларни таъсирини баргараф этади. Бузилишлар кетма-кетлигига баркарорлик эса тизимни қайта қуриш (реконфигурация) ҳисобига амалга оширилади. Бунда бир хил дастурлар АИБда бир-бирига боғлиқ бўлмаган ҳолда бажарилади. Шу сабабли процесорларни катъий синхронлашдан воз кечиш имконияти туғилади.

STAR тизими (ўзини-ўзи текширувчи ва таъмирланадиган ҳисоблаш машинаси) [17] узоқ вақт (10 йилгача) давом этадиган учувчисиз космик кемаларга мўлжалланган.

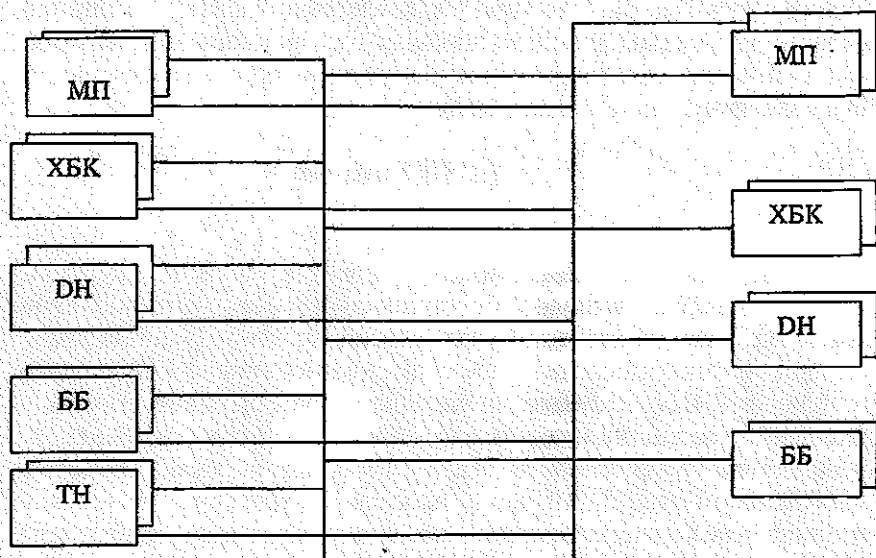
Аппаратни истеъмол қуввати, хажми ва оғирлиги чекланганлиги ҳисобга олиниб, қуйидаги ББТВ ташкил қилиш томони танланган. Ҳар бир вақт лаҳзаси учун битта ҳисоблаш машинаси ишлайди. У носозликни топиш учун эффектив назорат схемаси ва етарлигча захира қурилмалари билан таъминланган. Бунда юкланмаган захира усулидан фойдаланилади, бошқача айтганда захира блокларига истеъмол манбаи уланмайди. Фақат битта ҳисоблаш машинаси ишлаши сабабли махсус аппарат "ядро"сини ташкил этиш талаб этилади. У ҳисоблаш машинасидаги бузилишларни диагностика қилиш, изох блокинни захираданисига алмаштириши ва тикланиш жараёни дастурини ишга туширувчи бошқарув сигналини ишлаб чиқариши керак. Бу "ядро" НТП (назорат ва тиклаш процессори) деб номланиб, ортикча гибрид аппарат блоклдан иборат (кўп киришли захира тар ҳамда юкланмаган захира).

Шундай қилиб, SIFT тизимларида ББТВ кўпроқ қисми дастурий таъминот кўринишида ташкил этилган. STAR тизимларида эса аппарат кўринишида ташкил этилган. Лекин шунга қарамай, иккала тизимларда ҳам аппаратлар ва махсус дастурий таъминот талаб этилади. Бу иккита мисол ББТВсини ташкил этилган икки хил ёндашиш сифатида келтирилган. Уларда замонавий ББХТларни қуришнинг жами масалалари кўриниб турибди.

7.1 STRATUS фирмасининг бузилишга баркарор тизими.

STRATUS фирмасининг бузилишга баркарор тизими қуйидаги қурилмалардан иборат (29-расм): марказий

процессор(МП), хотирали бошқариш қурилмаси(ХБК), бошқариш блоқи(ББ), тасмали назорат(ТН), дискали назорат(ДН) ва умумий шина. Тизимдаги ҳар бир қурилма такрорлан-ган ва ҳар бир такрорланган қурилма ўз навбатида ишлаш жараёнида худди шундай қурилма билан назорат қилиб борилади. Амалда тизимнинг ҳар бир қурилмаси иккитадан ўзини-ўзи назорат қилиш блоқи кўринишида ташкил этилган. Уларда қурилган назорат воситаларини ташкил этишда такрорлаш усулидан фойдаланилган.



29-расм. STRATUS фирмасининг бузилишга барқарор тизими.

Тизимнинг бирор блоқи носоз бўлса ишни тўғри ишлайдиган қурилма жуфтлигига ўтказилади. Нотўғри ишлаш қурилмалар жуфтлигининг чиқиш сигналлари бир-бирига мос келмаслиги орқали аниқланади. Умумий шина ҳам такрорланганлиги сабабли, агар биттаси бузилса тўғри ишлайдиганига ўтилади. Шундай қилиб STRATUS тизимида тўлиқ бузилишга барқарорлик аппарат қурилмаларининг кўпайиши ҳисобига амалга оширилади. Лекин унда носозликни топиш тўлиқ кафолатланади (такрорловчи назорат ҳисобига).

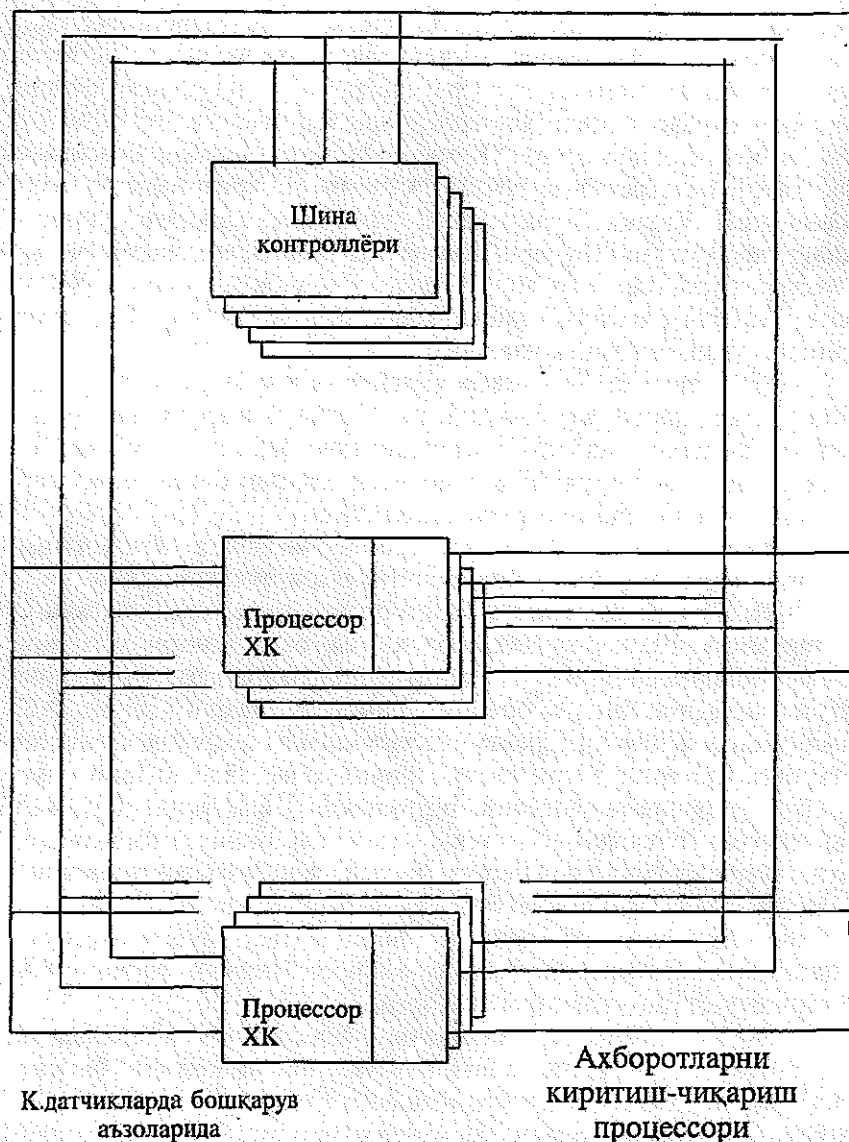
Кўрилаётган тизимнинг кизиқарли хусусияти шундаки, узилишларни тиклаш учун вақт сарфланмайди. Бирор бир қурилма жуфтлигининг чиқишидаги натижаларини таққослашда, унинг чиқишида хато сигнал чиқса, шу жуфтлик тизимнинг ишчи таркибидан ўчирилади ва ишлайдиган жуфтликни уланади. Кейин тест воситалари орқали носозликни тури аниқланади (қатъий ёки қатъий эмаслиги). Агар носозлик қатъий бўлса, у ҳолда носоз қурилма жуфтлиги алмаштирилади. Тизимда тикланиш аппарат воситалари орқали амалга оширилиши сабабли, ҳеч қандай назорат нуқталарини ташкил этишнинг дастурий усулидан фойдаланилмайди. Бундан ташқари тизимда қурилмалар аро ҳолатларни аниқлаш учун ахборот алмашилмайди. Натижада тизим анча соддалашади.

7.2 SIFT тизими.

SIFTнинг ББХТимини архитектурасини қуришда биринчи масала, қандай бузилишлар турига барқарорликни таъминлаш кераклиги эди. Бунда асосий фактор бўлиб, тизимни қуришда ишлатиладиган элемент базасининг КИС тури ҳисобланди. Шу сабабли лойиҳалаштирувчиларнинг масалага анъанавий ёндашиши, алоҳида элементларнинг кириш ва чиқишларини таққослаб 0 ёки 1 чиқишига қараб баҳолаш қаноатлантормади. КИСлар асосида қурилган замонавий қурилмаларда компонентларнинг носозлиги жуда оғир оқибатларга олиб келиши мумкин. Шу сабабли бузилиш турини аниқлагандан кўра, блок тўғри ишлаётгани ёки нотўғри ишлаётганини аниқлаш кифоя эди.

Шунга кўра тизимнинг хато ишлашини топиш нотўғри ахборотларни топиш асосида қурилган. Бунда бу хатоларнинг сабабларини аниқлаш талаб этилмайди.

Лекин улаш қурилмаларининг бузилиши уланган қурилмаларнинг ишлаши учун аниқланиши шарт. Бузилишлар тури ҳақидаги масалани бундай ечими хатони топиш функциясини тузатиш, бузилишни бартараф этиш ва тизимни қайта қуриш дастурий усулини танлашга катта таъсир кўрсатади.



30-расм. SHIFT структура схемаси.

SIFTнинг структура схемаси 30-расмда келтирилган. Унда ҳисоблаш асосий процессорларда бажарилади. Процессорнинг ҳисоб натижалари хотира қурилмасида сақланади, у битта процессор билан боғланган. Процессор ва унинг ХҚси одатда кенг улаш канали орқали уланади. Киритиш-чиқариш процессори ва ХҚ асосий процессор ва ХҚ каби уланган. Уларнинг орасидаги фарқ катта эмас, фақат ҳисоблаш қуввати ва хотиранинг ҳажми кичиклигида. Ташқи қурилмалар тизим блокларининг кириш-чиқишларига уланган, бу ерда самолётни бошқариш аъзолари ва датчикларга уланган. Ҳар бир процессор ва у билан уланган ХҚси ахборот ишлаш блокни ташкил этади ва уларнинг ҳар бири кўп машинали улаш тизимига уланган.

SIFT тизими бир қатор вазифаларни бажаради, уларнинг ҳар бир итерациялар кетма-кетлигини ўзида мужассамлаштиради, баъзи вазифаларни навбатдаги итерациясини бажариш учун кириш ахборотлари бўлиб олдинги итерациядан олинган баъзи вазифалар йиғиндисининг чиқиш ахборотлари олинади.

Киритиш-чиқариш процессори вазифани бажарганда тизимнинг барча кириш ва чиқиш сигналлари шаклланади.

Тизимнинг бузилишга барқарорлиги ихтиёрий вазифанинг ҳар бир итерацияси бир нечта блокларда бажарилиши ҳисобига амалга оширилади (аппарат ортиқчалик). Навбатдаги итерация бажарилганидан кейин процессор олинган натижани ўзининг ХҚга юборади. Ушбу итерация натижаларидан фойдаланадиган процессор, уларнинг тўғри қийматларини аниқлайди, бунинг учун у ушбу итерацияни (дастурий ортиқликни) бажарган ҳар бир процессорда шаклланган чиқиш ахборотларини таққослайди. Одатда тўғри қиймат овоз бериш усули билан "учтадан иккитаси" танланади. Агар чиқиш ахборотлари вариантларининг барчаси бир хил бўлмаса, унда хатолик белгиланади. Ушбу хатолар процессорнинг хотирасига ёзилади ва носоз блокни топиш учун бошқариш дастури ундан фойдаланади.

SIFT тизимида вазифани бажаришда итерациядан фойдаланиш овоз бериш сонини камайиши имконини беради, чунки самолёт ҳолати ҳақидаги ахборотни олиш учун овоз бериш ҳар бир итерациядан олдин амалга оширилади. Бундай ёндашиш овоз бериш, дастур орқали амалга оширилган барча ҳисоб натижаларида бажариладиган схемаларга нисбатан таққослаганда шина орқали бериладиган ахборотларни камайтиради ва процессорларни синхронлаш муаммоларини ечишни анча

соддиатиптиради. Чунки бундай ҳолларда баъзи вазифаларни бажариш учун мўлжалланган ҳар хил процессорлар битта итерацияни бажаради. Бундан келиб чиқадики, процессорларни жуда ҳам аниқ синхронизация қилиш мумкин бўлмайди (мисол учун, айнан шу ҳолат учун $S_{\text{мис}}$) ва шундай қилиб такт импульси ва буйруқларни қатъий синхронлаш эҳтиёжи бўлмайди. "Юмшоқ" синхронлашнинг афзалликларидан бири, ҳар қандай вазифа итерацияси ҳар хил процессорларда ҳар хил, лекин бир-бирига яқин вақт лаҳзаларида бажариш учун режалаштирилган бўлиши мумкин. Шу сабабли бир нечта процессорларда бир вақтда содир бўладиган узилиш, битта вазифани бажарилтишда бир вақтда хатога олиб келиш эҳтимоли оз.

Битта вазифани бажариш учун мўлжалланган процессорлар сони вазифани турига ва бажарилтиш лаҳзасига қараб ўзгариши мумкин (мисол учун, баъзи вазифалар, бир лаҳзада хавфсиз бўлиб кейинги лаҳзада хавфли бўлиб қолса). Вазифаларни АИБ бўйича тақсимлаш ҳар қайси блок учун ҳар хил бўлади. Умумий бажарувчи дастур динамик тарзда аниқланади, у шина ва блок носозликларини аниқлаш учун хатони диагностика йўли билан олиб борилади. Агар ушбу дастур АИБнинг базаларида носозлик бўлганини аниқласа тизимни қайта куради ва вазифани мос равишда АИБга тақсимлайди.

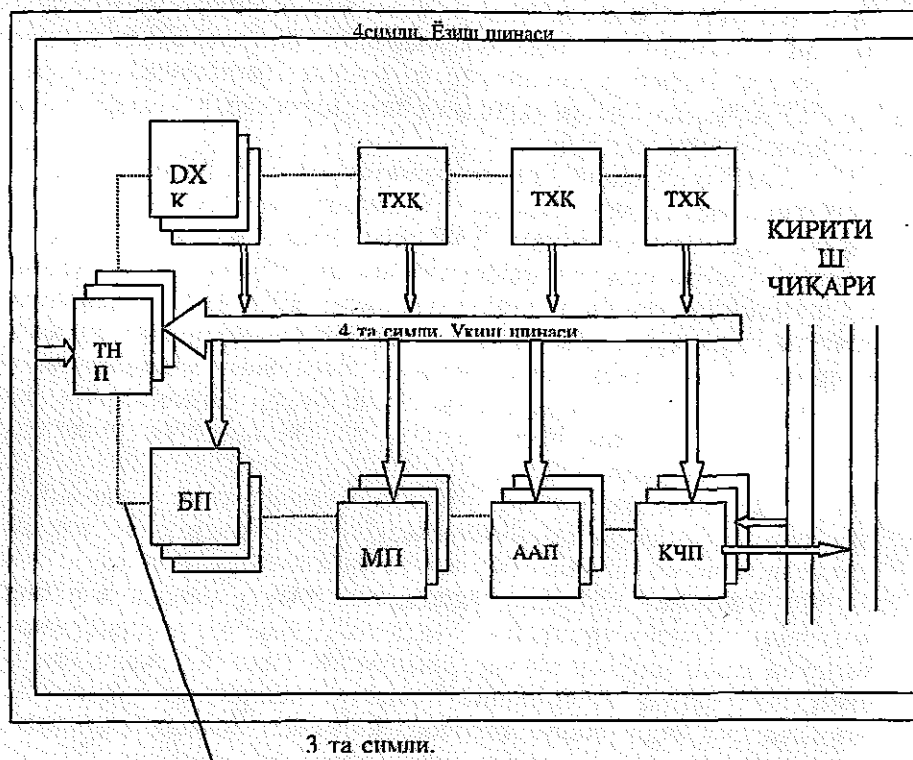
Нотўғри ахборотлардан тизимни химоя қилиш, блокларни мослаб улаш йўли билан таъминланади. Ҳар бир АИБ хоҳлаган ХҚси модулидан ахборот ўқиши мумкин, лекин натижани фақат ўзининг ХҚсига ёзади. Шу сабабли носоз процессор хато ахборотларни фақат ўзининг хотирасига ёзади, бегона хотирага ёзмайди. Битта модул ичидаги носозликлар бир хил кўриб чиқилади-айнан, модул хотирасидаги ахборотларни бузиб кўрсатиш манбаи сифатида. Тизим модул носозлигини сабабини аниқлашга ҳаракат қилмайди. Хусусан, носозлик ХҚ ва процессорнинг қайси бирида содир бўлгани, қайсиниси тўғри ишлаётган хотирага нотўғри ахборот юборгани фарқланмайди. Носоз блок тўғри ишлаётган блокни ишлашини бузмаслиги учун уларнинг ҳар бири мухтор бошқариш тизими билан таъминланган. Лекин тўғри ишлаётган блок носоз блок хотирасидан хато ахборотларни олиши мумкин.

Бундай хатоларни таъсирини йўқотиш учун, тўғри ишлаётган блок ахборотни бир нечта нусхасини, ҳар хил ХҚларидан, ҳар хил шиналар орқали олади. Ахборотни тўғри

версиясини процессор кетма-кет овоз бериш йўли билан аниқтайди. Бундан кейин тўғри ишлаётган процессор овоз бериш натижасига кўра носоз АИБни аниқтайди ва махсус воситалар ёрдамида носоз шина ҳам аниқланади. Биринчи ҳолда носоз АИБ ўчирилади ва уни вазифалари бошқа ишлайдиган АИБга юкланади, иккинчи ҳолда носоз шинадан ахборот узатиш тўхтатилади ва процессор бошқа шина орқали ахборотларни қабул қилади. Бундай қайта қурилган тизим янги бузилишларга бардош бера оладиган бўлади, агар тўғри ишлайдиган блоklar ва шиналар сонни етарлича бўлса.

7.3 STAR тизими

Юқорида кўрсатилган ушбу ББХТнинг ББТВларини ташкил қилиш усулини аниқлашда асосий кўрсаткич бўлиб, унинг физик кўрсаткичларини қатъий чегаралаш ҳисобланган. Худди шу кўрсаткичлар унинг элементлар базасини танлашга сабаб бўлади. Бунда кичик ва ўрта интеграция даражасидаги биполяр интеграл схемалар олинган. Ушбу элементларни иштатилиши ХТни аймаштириш модулларига тақсимлаш масаласини талаб этди. Мисол учун, марказий процессор 1000дан ортиқ кристаллардан ташкил топган, бу эса ўз навбатида бузилиш интенсивлигини йиғиндисини келтириб чиқаради. Тизимнинг берилган ишончлилигини таъминлаш учун процессорни тўртта модулга ажратиш кераклиги ва уларнинг ҳар бирини кераклигича захиралар сонни билан таъминлаш зарурлиги қабул қилинди.



31-расм. STAR тизимининг структураси.

STAR тизимида носозликни топиш ва уни бартараф этишнинг тизимни тиклаш ва қайта куриш ирархик тамойили назарда тутилган.

Хусусан юқори даражадаги модулар, улаш шиналарини текшириш, шикастини бартараф этиш, хотирани тўлиб кетишини ва носоз модуларни алмаштирилганида қайта куришни

бошқариш, жойи алмашадиган бузилишлар-ни инициализация қилишни амалга оширади. Шундай қилиб, тизимнинг режалаштирилган 5 йил ишлашига шароит яратади.

31-расмда STAR тизимининг структураси келтирилган. У етти турдаги ҳар хил модуллардан ташкил топган. Улар иккита тўрт симли шина орқали ўзаро уланган бўлиб, захира нусхаларига эга. STAR тизими қуйидаги блоклардан иборат: БП-бошқарув процессори, адрес ҳисоблагичи ва индекс регистрдан иборат бўлиб, буйруқлар бажарилишидан олдин адресларни модификация қилишни амалга оширади.

МП-мантиқий процессор-ахборот сўзлари устидан мантиқий амалларни бажаради(таъминот манбаи бир вақтда иккита нусхага берилади). ААП-асосий арифметик процессор, ахборот сўзлари устидан арифметик амалларни бажаради; ДХК-4к сўз ҳажмини доимий хотира қурилмаси; ТХК-4к сўз ҳажмини тезкор хотира қурилмаси(таъминот манбаи камида иккита нусхага берилади ва воситасиз адреслашга 12 блок эга); КЧП-киритиш-чиқариш процессори, киритиш-чиқариш буфер регистрларига эга ва вақтинча узилиш процессорига эга, у вақтинча узилишга рухсатни бошқаради;

ТНП-тикланиш ва назорат процессори ҳисоблаш тизимининг ишлашини бошқаради ва тикланишни амалга оширади(истеъмол манбаи бир вақтда учта нусхага берилади).

Вақтнинг ҳар бир лаҳзасида истеъмол манбаи ҳар бир модулнинг битта нусхасига узатилади, ахборот модуллараро хотирага ёзиш шинаси ва хотирадан ўқиш шинаси орқали 8та 4-разрядли узатиш кўринишида амалга оширилади, яъни 32 разрядли сўз. Ишлашнинг параллел кетма-кет томони тизимнинг бузилиш эҳтимоллиги ва истеъмол қувватини камайтириш учун танланган.

Ушбу тизимда хатони топиш ва ахборотни тиклаш қуйидагича амалга оширилади [5,17]:

1. Барча машина сўзлари(ахборотлар ва буйруқлар) кодлар орқали белгиланади, улар хатони топишни амалга оширади. Хатони топиш жараёни тезкорлик билан махсус схема ёрдамида бажарилади.

2. Ҳисоблаш тизими бир қатор алмаштириш модулларига бўлинади, уларда ўзининг буйруқлар декодери ва бошқариш сигналларини кетма-кетлик генератори мавжуд. Бундай марказланмаслик оддий йўллар билан носозликни

ўрни жойини аниқлаш ва модулларни уланишини соддалаштириш имконини беради.

3. Носозликни топиш ва тиклаш махсус аппаратлар ёрдамида бажарилади. Агар ХК бузилса тиклаш аппаратларига дастурий таъминот ёрдамга келади.

4. Узлишларни аниқлаб олиш амалга оширилади ва уларнинг таъсири бажарилаётган дастур сегментини қайтариш билан тўғриланади. Агар модул бузилган бўлса у захирадаги билан алмаштирилади.

5. Алмаштириш истеъмол манбаини бошқасига улаш билан бажарилади. Бунда носоз модулдан камайтириб, захирадагига берилади. Барча модулларнинг ахборот йўллари қобили схемалар орқали шинага уланади. Истеъмол манбаи уланмаган модуллар шинага таъсир этмайди.

6. ТНП модули учталаб юкланган захира йўли ва захира модулининг камроқ носозлиги (гибрид ошиқчатик) билан ҳимояланган.

ТНП модули тизимда энг ўзига хос модул. У хатони топиш кодларини ҳақиқий текширилишида шина ишлашини ва ҳар хил функционал қисмларини ҳолати ҳақидаги маълумотларни текширади. Агар қайсибир модулдан хато сигнал келса ёки модул чиқишидаги шинага кодланган ахборот келса, унда ТНП дастур сегментини қайта бажаришни амалга оширади ва хато қайтарилса носоз блокни захирадагисига уч ўтказувчиш бошқарув шина орқали алмаштиришни ташкил этади.

STAR тизими биринчи ББХТлардан бўлиб, шунга ўхшаш ББХТларини қурилишида ундаги ғоялар катта таъсир кўрсатади.

7.4. Бузилиши барқарор тизимларни ривожланиш истиқболлари.

Ҳозир бир томондан ХТларни соддалаштириш амалга оширилаётган бўлса, иккинчи томондан уларни бажарадиган вазифаларни махсуслаштирилган. Шу жиҳатдан бузилишга барқарорлик концепцияси замон талабига мос келмоқда. ББХТни ташкил қилишнинг алоҳида усуллари доимий такомиллаштирилишига қарамай, яқин ўн йиллар ичида ББХТ қуриш тамойили сакланади.

ХТларнинг элементлар базасини тезкорлик билан ривожланиши, арзон нархли, юкори даражати жойлашиш зичлигига эга элементлардан фойдаланиш имконини беради. Бу эса ББХТларни лойиҳалаштиришнинг мақсади, функционал тавсифини ўзгартирди. Бунда минимал миқдордаги қўшимча аппаратлар учун бузилишга барқарорликни таъминлаш шартини йўқотади. Аксинча носозликни яхши аниқлаш ва тиклаш учун катта миқдорда аппаратлардан фойдаланиш мумкинлиги учун бундай ҳолларда оддий ортикчаликдан фойдаланиш катта эффе́ктли бўлади.

Мисол учун, стандарт бир кристалли микропроцессорлар бўлгани ҳолда, носозликни аниқлаш учун тизимга иккита процессор киритиш мумкин, уларни синхрон ишлатилади ва чиқишлари таққосланади. Агар процессор ларнинг бири ишдан чиқса, унда ушбу процессор жуфтлиги захиродаги жуфтликка алмаштирилади. Бу иқтисодий жиҳатдан янги оптималъ, назорат схемаси ўзига қурилган процессорни лойиҳалаштиришга нисбатан анча арзон тушади.

Замонавий ББХТларининг STAR тизимининг алмаштириладиган модуллари ғоясидан узоқлашиб, модулларга ажратишни микро-ЭХМдан паст даражада ажратмаслик мақсадга мувофиқ бўлади. Бу асосан ҳисоблаш машиналарининг тармоқларини тақсимланиши учун аҳамият касб этади. Бундай тизимларда: тикланиш алгоритминини алоҳида ЭХМларга жойлаштириш, (STAR тизимидаги каба махсус модулларга эга эмас) катта эффе́кт беради.

Қўпкристалли микропроцессорларда лойиҳалаштирилган ҳисоблаш тизимлари учун, ўзини-ўзи текширувчи ўзидаги носозликларни аниқлаш учун ҳисоблаш модуллари таркибига қурилган аппаратларни лойиҳалаштириш масалалари долбзарб бўлиб бормокда. Бундай модулларни лойиҳалаштириш ўзини-ўзи текширувчи жуда катта интеграл схемалар (ЖКИС) туркумини яратилишига олиб келади. Бундай турдаги ББХТ лойиҳалаштириш жараёнини анча соддалаштириши ва бузилишга барқарорликни таъминлаш воситаларини асосий вазибаларини ташкил этиш имконинг беради.

Микропроцессорлардан фойдаланишнинг мақсади комплекс дастури, микропроцессор воситалари асосида яратилган комплекс ва тизимларидан ишлаб чиқаришда фойдаланишни ташкил этиш,

хусусан:

-автоматлаштирилган технологик комплекслар:

-тизим ва қурилмаларни автоматик бошқариш ва созишда;

-корхоналарнинг ахборот тизимида, қайта созишга мослашадиган ишлаб чиқаришда ва улар учун бошқариш тизимларида;

-конструкторлик лойиҳалаш ишларини илмий-тадқиқот тизимлари учун;

-тадқиқот тизимлари учун;

-ўлчов асбоблари, комплекслари ва тизимларида.

Бундай тизимларни бузилишга барқарорлигини таъминлаш, тизимларни лойиҳалаштириш таъминини ривожланиши билан узвий боғлиқ бўлиб, у тизимларни компоненталарини тайёрлашнинг технологиясини такомиллаштириш ва қўйилган масалалар доирасида кенгайтириш билан боғлиқ. Функционал имкониятларга қўйиладиган талабларнинг қўллиги, тизимнинг бузилишга барқарорлик архитектурасини турлича бўлишига олиб келади.

Бузилишга барқарор тизимларнинг архитектурасини ривожланишининг асосий кўрсаткичлари сифатида қуйидагиларни ажратишимиз мумкин:

1. Тизимнинг турли компоненталарида КИС ва ЖКИСлардан кўп сонли (10^3 дан 10^6 гача) фойдаланишни олиб бориш.
2. Тизим элементлариаро дастурий ва жисмоний боғланишларни ташкил этиш таъминини ортиб бориш.
3. Ахборотларни ишлашнинг юқори даражада параллелигини ташкил этиш учун тизимнинг такомиллаштирилган структурасини ташкил этиш.
4. Тизимларни шовқинга бардошчилигини, бузилишга барқарорлигини, ҳар хил турдаги хатоларни бартараф этувчи бузилишга барқарор тизимларнинг математик таъминотини қуришда янгилаш ёндошиш.
5. Тизимга хизмат кўрсатиш, уларни эффективлигини баҳолаш, ишлашидаги ишончлилигини шакллантиришга янгилаш қараш.

КИС ва ЖКИСларни қўлланилиши тизим архитектурасига малум бир талабларни қўяди. Ҳозирги вақтда

ЖКИС ва ЖКИСларни куришда диагностика қилиш ва ўзини ўзи назорат қилиш масалаларига катта эътибор ажратилмоқ-да. Юқори даражадаги ЖКИСларнинг аппарат ортиқлиги, тизимнинг алоҳида элементларини бузилишгача ишлаш вақтини ошириш имконини беради.

Яқин келажакда тезкор хотиранинг ҳажми 16 Мбит ва ундан ҳам катта бўлиши, микропроцессорларда 1мм² га 10та ва ундан ортиқ вентеллар жойлашиши мумкин, [30,31].

Истиқболли ХК бўлиб яримўтказгичли ЖКИС, зарядли ўланган ХК ва электрон нурли хотиралардан фойдаланиш ҳисобланади. Хусусан, электрон нурли хотирадан фойдаланиш 10-20 мкс.ли мурожаат вақтига эга юзтаб Мбит ҳажмдаги ХК ларини олиш имконини беради.

Микро-ЭХМларнинг 16 ва 32 разрядлилари кенг қўлланилиш топмоқда. Бу эса ўз навбатида микропроцессор тизимининг функционал имкониятларини ва уларнинг самарадорлигини ўсишига хизмат қилади.

ЖКИСларни диагностика қилишнинг қамровини ошириш усулидан фойдаланиш, тизимнинг алоҳида компоненталарини носозликларини ўз вақтида топишни таъминлайди.

Каналларни юқори даражада ўтказувчанлик қобилиятини таъминлаш учун частоталарни бўлиб қўллаш кенг ривожланди. Бу ахборотларни пакетли узатишнинг кенг қамровли ўзлаштириш талаб этилади. Бундан ташқари алмашиш протоколларини такомиллаштириш янги тизимларни ҳозирда мавжудлари билан ўзаро ишлашнинг таъминлашнинг талаб этади.

Тизимнинг умумий нархини 50-90%ни ҳозирда дастурий таъминот эгаллайди. Шунинг учун ҳозирда асосий масалаларни бири дастурлашнинг автоматлаштириш ва дастурий таъминот воситаларининг ҳатоларини аниқлашдир.

Шундай қилиб, санаб ўтилган кўрсаткичлар ҳамда тизимларнинг содир бўлиши мумкин бўлган бузилишларига ва қурilmаларнинг барқарорлигини таъминловчи тамойилларни ривожланиши, автомат равишда узок вақт мобайнида ишлайдиган юқори самарадорликка эга бўлган бузилишга барқарор тизимларни яратилишига имкон беради.

Синов саволлари ва топшириқлар.

1. Микропроцессорли ББХТларига тавсиф беринг?

2. Сустркор(пассив) бузилишга барқарор ХТнинг (stratus) ҳисоблаш жараёнини тикланишини кўрсатинг?
3. Stratus ХТда назоратнинг қайси туридан фойдаланилади?
4. Sift тизимида хато натижани тиклаш учун қандай кўшимча вазифаларни киритиш кераклигини аниқланг?
5. Sift тизимида хатони топиш, уни тузатиш, бузилишни бартараф этиш ва тизимни қайта қуриш усуллари кўрсатинг?
6. STAR ББХТ қандай мақсадлар учун керак?
7. STAR тизимида НТП процессори қандай вазифани бажаради?
8. Бузилишга барқарор тизимлар архитектурасини ривожланишида қайси асосий кўрсаткичларни кўрсатиш мумкин?

Адабиётлар.

1.Авиженес А.А. Отказоустойчивость –свойство, обеспечивающее постоянную работоспособность цифровых систем // ТИИЭР, 1978. Т.66. №10.

2.Расулова С.С. Методы оценки надёжности и обеспечение отказа устойчивости вычислительных систем. Препринт. НПО “Кибернетика”. Ташкент, 1991.

3. Ковалёнок А.Б., Гула В.В.Отказоустойчивые микропроцессорные системы. Киев: Техника, 1986.

4. Расулова С.С. Надёжность вычислительных машин и систем: Учебное пособие. Часть I. Ташкент: ТашГТУ, 1995.

5. Афонин В.А., Ладыгин И.И. Построение отказоустойчивых вычислительных систем. М. МЭИ, 1990.

6. Расулова С.С., Хайдаров Ш.А. Организация восстановления в микропроцессорных отказоустойчивых системах// Вопросы технической диагностики: Сборник научных трудов. Ростов-на-Дону: Рос.инж.-строит. инт. 1990.

7. Бекмуратов Т.Ф., Расулова С.С., Икрамов С.А., Хайдаров Ш.А.. Анализ и оценка надёжности восстанавливаемых

вычислительных комплексов на базе мини-ЭВМ// Известия АН УзР. СТН. 1990. Вып.3.

8. Ибюду К.А. Надёжность контроль и диагностика вычислительных машин и ситем. М.: Высшая школа, 1989.

9. Schooman M.L. Architecture of Fault-Tolerant Computers// computer, 1996, №30.

10. Расулова С.С., Гаибназоров С.Д. Контроль и диагностика вычислительных и микропроцессорных систем: Учебное пособие. Ташкент: ТашГТУ, 1995.

11. Расулова С.С. Структурные методы обеспечения надёжности вычислительных систем // Тезисы докладов IX Всесоюзного совещания по технической диагностике. Ростов-на-Дону, 1991.

12. Расулова С.С. Влияние диагностического обеспечения на надёжность микро-ЭВМ // Тезисы докладов 7-го Всесоюзного совещания по технической диагностике и отказоустойчивости. М., 1990.

13. Каган Б.М. Электронные вычислительные машины и системы. М: Энергоатомиздат, 1991.

14. Ибюду К.А., Кривошенков С.А. Математические модели отказо- устойчивых вычислительных систем. М.: МАИ. 1994;

15. Согомонян Е.С., Слабоков Е.В. Самопроверяемые устройства и отказоустойчивых системы. М.: Радио и связь, 1989.

16. Расулова С.С. Автоматизированный расчёт характеристик надёжности реконфигурируемых систем// Труды Всесоюзной школы "Автоматизация создания математического обеспечения и архитектуры систем реального времени" Иркутск, 1990.

17. Головкин Б.А. Паралельные вычислительные машины. М.: Наука, 1994.

18. Расулова С.С., Хайдаров Ш.А. Использование цепей Маркова для анализа надёжности микро-ЭВМ// Вопросы кибернетики. Ташкент: РИСО АН УзР, 1989. Вып.139.

19. Расулова С.С., Хайдаров Ш.А. Прогнозирование и оптимизация надёжности многопроцессорной вычислительной

системы методом моделирования // Доклады Академии Наук. 1990. Вып. 3.

20. Икромов С.А., Иргашев Ф.А., Расулова С.С. Моделирование и оценка надёжности отказоустойчивых систем // Труды Международной конференции "Диагностическое обеспечение цифровых систем". ЧССР. Брно, 1986.

21. Расулова С.С. Выбор математической модели для оценки параметров надёжности отказоустойчивых систем: В кн. "Проблемы создания и использования мини-микро-ЭВМ". Вильнюс, 1990.

22. Расулова С.С. Учет характеристик средств диагностирования при оценке надёжности ПЭВМ // Сб. Трудов научно-технического семинара "Применение ПЭВМ в системах проектирования, контроля и диагностики РЭА". М. 1989.

23. Расулова С.С. Алгоритм и программа расчёта надёжности вычислительных систем с реконфигурацией // Тезисы докладов Всесоюзной научной конференции "Экономические проблемы страны" Ташкент, 1990.

24. Каган Б.М., Мкртумян И.Б. Основы эксплуатации ЭВМ. М.: Энергоатомиздат, 1992.

25. Расулова С.С., Сатаров Н. Численный метод нахождения вероятности безотказной работы высоконадёжных систем // Труды 2-ой всесоюзной научно-технической конференции "живучесть и реконфигурация информационно-вычислительных систем". Киев, 1989. Вып. 2.

26. Расулова С.С. Особенности контроля и диагностирования микропроцессорных систем. М.: Ден. в ЦНИИТЭИС, 1991. №3671.

27. Расулова С.С., Хайдаров Ш.А. Программа оценки, моделирования и прогнозирования надёжностных характеристик управляющих вычислительных комплексов // Всесоюзный ФАП. Инв №5090000113. М.: ВНИТИ-центр, 1990.

28. Расулова С.С., Хайдаров Ш.А. Программа оптимизации надёжности многопроцессорных ВС с динамическим резервированием // ГОС ФАП СССР №5090000949. М.: 1991.

29. Расулова С.С., Гаибназаров С.Д. Применение методов расчёта и обеспечение надёжности микропроцессорных систем в

проф.тех-м образовании // Проблемы становления и функционирования образовательных комплексов в системе профессионального образования. ФАН, 1996.

30. Triveoli A.K, Schooman M.L., A many state Markov Model for the Estimation and Prediction // Proc. Of the international Conference on Reliable Software, 1996.

31. Додонов А.Г. и др. Введение в теорию живучести вычислительных систем. Киев ; Наукова думка, 1990.

32. Березюк Н.Т., Гапунин А.Я., Подлесный Н.И. Живучесть микропроцессорных систем управления. Киев; Техника, 1998.

Кириш	3.
1-боб. Бузилишга барқарор тизимларни лойиҳалаш жараёнининг хусусиятлари.	5.
1.1. Асосий тушунчалар ва хусусиятлар	5.
1.2. Бузилишга барқарор ҳисоблаш тизимларини ташкил этиш.	8.
1.3. ХТлари компоненталарининг ишончлилиқ кўрсаткичлари.	12.
1.4 ББХТни лойиҳалашнинг асосий босқичлари.	16.
1.5. Ўзаро назорат структурасини танлаш.	19.
Синов саволлари ва топшириқлар.	28.
2-БОБ. ББХТ ни қуриш ва тадқиқот этиш усуллари.	29.
2.1. Ҳозирда мавжуд ББХТлар ҳақида тушунчалар	29.
2.2. Бузилишга барқарор ҳисоблаш тизимларини қурилиш тамойилини анализи.	38.
2.2.1. ББХТ ларни яратишнинг асосий масалалари.	38.
2.2.2. ББХТлари ишлашида хатоликларнинг классификацияси.	39.
2.2.3. ББХТда назорат қилиш йўллари ва воситалари.	41.
2.2.4. ББХТ ларини бузилиш ва хатоларни бартараф этиш йўллари ва воситалари.	45.
2.2.5. ББХТ ларини тикланиш йўллари.	48.
Синов саволлари ва топшириқлар.	50.
3-боб. Бузилишга барқарорликни таъминлаш воситаларини лойиҳалаш усуллари.	51.
3.1. Хатоларни топиш воситалари.	51.
3.2 Ишга лаёқатни тикловчи воситалар.	58.
3.3 Ахборотларни тиклаш воситалари.	61.
3.4 Тиклаш воситалари комплекслари	65.
Синов саволлари ва топшириқлар.	71.
4-боб. ББХТларни ишончлилиқ модули.	73.
4.1. ББХТларни ишончлилиқ моделини анализ қилиш.	73.
4.2 Оптималлиқ критерияларини танлаш.	75.
4.3 Узлуксиз вақтли Марков занжирига асосланган ББХТнинг ишончлилиқ модели.	79.
4.4. ББХТларининг ишончлилиқининг ярим Марков модели.	83.
4.5. Таъмирланадиган ва таъмирланмайдиган ББХТнинг ишончлилиқ модели.	86.
Синов саволлари ва топшириқлар	88.

5-боб. ББХТларини назорат ва диагностика жараёнларининг модели.	89.
5.1 Назорат жараёни моделлари.	89.
5.1.1. Назоратнинг аппарат усули.	90.
5.1.2. Дастурий-мантикий назорат усули.	94.
Тестли назорат.	95.
5.2. Техник жараёнларнинг диагностика жараёнлари моделлари.	96.
5.2.1. Диагностика қилишнинг таъсир доираси (чуқурлиги)	99.
5.2.2. Диагностика тестининг давомийлиги.	101.
Синов саволлари ва топшириқлар.	102.
6-боб. Реконфигурация жараёнлари ва бузилишдан кейин тиклаш.	103.
6.1 Жараёнлар тавсифи.	103.
6.2 Тизимдаги ҳолатларни анализи ва ечим қабул қилиш. . . .	104.
6.3. Бузилишларни ҳисобга олинган тизимларининг самарадорлиги.	107.
6.4. ББХТни автомат равишда тикланиш жараёнининг моделли.	107.
Синов саволлари ва топшириқлар.	112.
7-боб. Бузилишга барқарор тизимларни ташкил этишга мисоллар.	114.
7.1 STRATUS фирмасининг бузилишга барқарор тизими. . . .	115.
7.2 SIFT тизими.	117.
7.3 STAR тизими.	121.
7.4. Бузилиш барқарор тизимларни ривожланиш истикболлари.	124.
Синов саволлари ва топшириқлар.	128.
Адабиётлар.	129.

Босишга рухсат этилди 28.04.2003. Бичими 60x84 1/16.
Шартли босма табоғи 9,75. Нусхаси 50 дона. Шартнома № 489.
ТДТУ босмаҳонасида чоп этилди. Тошкент ш. Талабалар кўчаси, 54.