

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫНЫҢ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ
Коммерциялық емес акционерлік қоғамы
«АЛМАТЫ ЭНЕРГЕТИКА ЖӘНЕ БАЙЛАНЫС УНИВЕРСИТЕТІНІҢ»

Институты Электр энергетика және электротехника
Мамандығы 6M071800 – Электр энергетика
Кафедрасы Электр машиналар және электр жетегі

ТАПСЫРМА

магистерлік диссертацияны орындау үшін

Магистрант Димов Дастар Ашерғалиевич
(тегі, аты, әкесінің аты)

Диссертацияның тақырыбы Синдроз орналының автомат-
тандырылған асинхронды электр жетегік жасау-
ғы

№ 70 бастап «02» 05 2018 ж. Университеттің Ғылыми Кеңесімен
бекітілген Диссертациялық жұмыстың аяқталу мерзімі «10» 01 2019ж.

Зерттеу мақсаты Синдроз үшін төмендету есебінен оның энергия тиім-
ділігін, өнімділігін арттыру үшін ЭСТ-АК схемасы бойынша ТСО
айнымалы тоқпен электр жетегімен АБЖ әзірлеу және зерттеу.

Магистерлік диссертацияның талдау сұрақтары немесе
магистрлік диссертацияның қысқаша мазмұны:

Синдроз үшін ауытқу мақсатында ең оңтайлы нұсқаны таңдау
және электр жетегінің оның АБЖ және орналының технологиялық
жүйесін және орналының технологиялық параметрлерінің өзара
байланысын математикалық сипаттау негізінде оңтайлы
мәндерін таңдауды жүзеге асыру. Тура атындағы синдром орналы
ның электромеханикалық жүйесінің математикалық
модель Матлаб -ға әзірлеу.

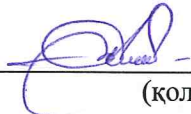
Ұсынылған негізгі әдебиеттер

Юхвев Н.А. Валочильное производство.-М.: Металлургия, 1975.-
-256с.; Тарнавский А.И. Эффективность валочения с противона-
пятижением. //М.: Металлургия, 1959.-152с.; Брославский И.Я., Шн-
магов З.М., Поляков В.Н. Энергосберегающий асинхронный
электропривод.-М.: Академия, 2004.-256с.; Г.П. Соколовский.
Электропривод переменного тока с частотным регулирова-
нием: учебник для студ. высш. учеб. заведений.-М.: Издательский
центр «Академия», 2006.-276с.; Цыба Ю.Р. Оптимизация процесса
управления станками при валочении проваляки с противонапяти-
жением. Вестник КазНТК им.Томашевца.-2013.- №2(81).-с.62-66.


К Е С Т Е
Магистерлік диссертацияны дайындауға

| Бөлімдердің аталуы, әзірленген сурақтардың тізімі | Ғылыми жетекшіге көрсету мерзімі | Ескерту |
|---|----------------------------------|---------|
| Кіріспе | 12.9.03.2017ж. | |
| 1 Барабан бойынша сымдау-дың сызғылмай сымдау орнақпа-рынның элементтері автоматтан-дыру объектісі ретінде. | 05.03.2018ж. | |
| 2 Тура аяқпенді сымдау орнақпа-рынның көп қосылғышылығы эле-менттерінің маңызын. | 08.10.2018ж. | |
| 3 Сымдаудың күрделік параметр-лері ретіндегі параметрмен ТЭО маңызыншыған элементтерінің зерттеу. | 03.12.2018ж. | |
| Қорытынды | 04.01.2019ж. | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |

Тапсырманы беру күні 08.09.2017ж.

Кафедра мен.  (Калиева К.Ж.)
(қолы) (Т.А.Ә.)

Диссертацияның жетекшісі  (Дыба Ю.А.)
(қолы) (Т.А.Ә.)

Тапсырманы орындауға қабылдаған магистрант  (Длимов Д.А.)
(қолы) (Т.А.Ә.)

Андатпа

Диссертациялық жұмыста барабан ара аралықтарда өңделетін сымды қарсы тартылымдарды бағынышты реттеуді үш контурлық жүйесімен ЖТ-АҚ схемасы бойынша жетекті электр қозғалтқыштарын жеке қоректендірумен сымдау орнағының асинхронды электржетегі көрсетілген. Жүйеде ток реттеуішінің ішкі контуры, жылдамдық реттеуішінің контуры және керу реттеуішінің сыртқы контуры бар, бұл өңделетін материалдың сорғыш барабандары арасында секундтық көлемдердің теңдігін қамтамасыз ету мақсатында жетекті электр қозғалтқыштарының жылдамдығының қажетті арақатынасын ұстап тұруға мүмкіндік береді. Сонымен қатар соңғы блоктың электржетегі жетекші болып табылады және берілген жұмыс жылдамдығына орнақтың шығуын қамтамасыз етеді. Жүйе технологиялық оптимумға келтіріледі, бұл кезде қарсы тартылудың берілген деңгейлерінде сымның жетекті электр қозғалтқыштарының сәттері барынша аз, бұл қарсы тартылудан сымдаушыға қысым тәуелділігіне сәйкес электр энергиясын үнемдеуді қамтамасыз етеді.

Орнақтың өзара байланысты хронологиялық параметрлерінің және оның электржетегінің электромеханикалық жүйесінің математикалық сипаттамасы негізінде сымдаудың күштік параметрлерін реттеудің мүмкін тәсілдерін талдау жүзеге асырылды және сымның үзілуін азайту үшін ең оңтайлы нұсқа таңдалды. Энергия шығынын оңтайландыру мақсатында тура ағынды сымдау орнағының реттеуі және тиімді басқару өлшемшарттары анықталды. Сымдардың үзілуін азайту мақсатында сымдаудың күштік параметрлерін тұрақтандыру дәлдігін арттыру үшін тарту датчиктері қолданылды.

Matlab ортасында илектеу-созу орнағының әзірленген электржетегінің виртуалды үлгілерін зерттеу нәтижесінде алынған осциллограммалардың сандық және сапалық талдауы, ұсынылған координаталардың бағынышты реттеу жүйесі технологиялық процесс талаптарына сәйкес келетінін жасауға мүмкіндік береді. Сымдалудың жылдамдығын қолдау қатесі және тартылудың және қарсы тартылудың ауытқуы ең жоғарғы рұқсат етілген мәннен аспағандықтан.

Аннотация

В диссертационной работе представлен асинхронный электропривод волочильного стана с индивидуальным питанием приводных электродвигателей по схеме ПЧ-АД с трехконтурной системой подчиненного регулирования противонатяжений обрабатываемой проволоки в межбарабанных промежутках. Система имеет внутренний контур регулятора тока, контур регулятора скорости и внешний контур регулятора натяжения, что позволяет поддерживать необходимое соотношение скоростей приводных электродвигателей с целью обеспечения равенства секундных объемов обрабатываемого материала между вытяжными барабанами. При этом электропривод последнего блока является ведущим и обеспечивает выход стана на заданную рабочую скорость. Система настраивается на технологический оптимум, при котором на заданных уровнях противонатяжения проволоки моменты приводных электродвигателей минимальны, что обеспечивает экономию электроэнергии в соответствии с зависимостью давления на волоку от противонатяжения.

Осуществлен анализ возможных способов регулирования силовых параметров волочения на базе математического описания взаимосвязи технологических параметров стана и электромеханической системы его электропривода и выбран наиболее оптимальный вариант для уменьшения обрывности проволоки. Определены критерии оптимального управления и регулирования прямоточного волочильного стана с целью оптимизации энергозатрат. Для повышения точности стабилизации силовых параметров волочения с целью уменьшения обрывности проволоки использованы датчики натяжения.

Количественный и качественный анализ осциллограмм, полученных в результате исследования виртуальной модели разработанного электропривода прокатно-волочильного стана в среде Matlab позволяют заключить то, что предложенная система подчиненного регулирования координат соответствует требованиям технологического процесса. Поскольку ошибка поддержания скорости волочения и отклонение натяжений и противонатяжений не превышает максимально допустимых значений.

Annotation

The dissertation paper presents an asynchronous electric drive of a drawing mill with individual powering of driving electric motors according to the IF-AD scheme with a three-circuit system of subordinate control of the tension of the wire being processed in the inter-drum spans. The system has an internal contour of the current regulator, a contour of the speed regulator and an external contour of the tension regulator, which makes it possible to maintain the necessary ratio of the speeds of the drive motors in order to ensure equality of the second volumes of the processed material between the exhaust drums. In this case, the electric drive of the last block is the leading one and ensures the output of the mill at a given operating speed. The system is tuned to the technological optimum, at which, at given levels of wire anti-tension, the moments of driving electric motors are minimal, which provides energy savings in accordance with the dependence of pressure on the die on anti-tension.

The analysis of possible ways to control the power parameters of drawing is carried out on the basis of a mathematical description of the relationship between the technological parameters of the mill and the electromechanical system of its electric drive, and the most optimal option is chosen to reduce the breakage of the wire. The criteria for optimal control and regulation of a straight-through drawing mill with the aim of optimizing energy consumption are defined. To improve the accuracy of the stabilization of the power parameters of dragging in order to reduce wire breakage, tension sensors are used.

Quantitative and qualitative analysis of the oscillograms obtained as a result of studying the virtual model of the developed electric drive of the rolling-drawing mill in Matlab environment allows us to conclude that the proposed system of subordinate coordinate control meets the requirements of the technological process. Since the error of maintaining the speed of drawing and the deviation of tension and counter-tension does not exceed the maximum allowable values.

| Мазмұны | |
|---|-----|
| Кіріспе | 8 |
| 1 Барабан бойынша сымдарды сырғытпай сымдау орнақтарының электржетегі автоматтандыру объектісі ретінде. Зерттеудің негізгі мақсаттары мен міндеттері..... | 11 |
| 1.1 Барабан бойынша сымдарды сырғытпай жұмыс істейтін,сымдау орнақтарының технологиялық ерекшеліктері..... | 11 |
| 1.2 Барабан бойынша сымдарды сырғытпай және жинақтамай сымдау орнақтарының электржетегінің жүйелерінің және құрылымының ерекшеліктері | 18 |
| 1.3 Қарсы тартумен сымдаудың энергия тиімділігін талдау..... | 31 |
| 1.4 Тура ағынды сымдау орнақтарын жетілдіру мәселелері және олардың электр жетектеріне қойылатын технологиялық талаптарын нақтылау. | 37 |
| 1.5 Зерттеудің міндеттері, бөлімі мен мақсаттары бойынша қорытындылар. | 41 |
| 2 Тура ағынды сымдау орнағының көп қозғалтқышты электр жетегін жаңғырту..... | 43 |
| 2.1 Қарсы тартумен орнақтарда сымдаудың күштік параметрлерін тұрақтандырудың ықтимал режимдерін талдау..... | 43 |
| 2.2 Тура ағынды сымдау орнақтарының электр жетегімен оңтайлы басқару және реттеу өлшемдері..... | 51 |
| 2.3 Тура ағынды сымдау орнақтарының электр жетектерін реттеу және басқару жүйелерін құрудың негізгі принциптерін талдау..... | 56 |
| 2.4 Қарсы тартылымдарды тікелей өлшейтін ЖТ-АҚ схемасы бойынша ТСО жаңғыртылған энергия үнемдейтін электр жетегі..... | 65 |
| 2.5 Бөлім бойынша түйіндер, қорытындылар және ұсынымдар..... | 71 |
| 3 Сымдаудың күштік параметрлерін реттегіштермен ТСО жаңғыртылған электр жетегін зерттеу | 73 |
| 3.1 Орнақтың көп қозғалтқышты электржетегінің математикалық моделі және реттеуіштерді күшейту коэффициенттерін есептеу әдістемесі..... | 73 |
| 3.2 ТСО электр жетегін басқару жүйесінің реттеуіштерінің құрылымдық сұлбалары мен синтезі..... | 80 |
| 3.3 Matlab бағдарламаланған ортада ВС-3/4-550в орнағының жаңғыртылған электржетегін зерттеу нәтижелері..... | 87 |
| 3.4 Бөлім бойынша қорытындылар..... | 93 |
| Қорытынды..... | 94 |
| Әдебиеттер тізімі..... | 97 |
| А қосымшасы..... | 100 |
| Б қосымшасы..... | 101 |

Кіріспе

Сымда және одан жасалған бұйымдардың өсіп келе жатқан қажеттіліктеріне байланысты сымдау өндірісінің даму үрдісі жоғары жылдамдықты сипаттамалары бар сымдау орнақтарын игеруге және шығаруға бағытталған, осы сымдардың қарсы тартумен сымдаушыға дейін жұмыс істейтін көп мәрте тура ағынды сымдау орнақтары (ТСО) болып табылады. Бұл орнақтар, қарсы тартусыз жұмыс істейтін сымдау орнақтарымен салыстырғанда, өнімділікті 44% - ға арттыруға ықпал етеді, өнім бірлігіне үлестік энергия шығындарын азайтады және шығарылатын өнімнің сапасын жақсартады.

Бұл орнақтарда өнімділікті жоғалтудың негізгі факторы , сымның жиі үзілуі болып табылады, соның есебінен ең қолайсыз ауысуларда жұмыс уақытының 40% - ға жуығы жоғалады. Айтарлықтай дәрежеде қарсы тартумен көп мәрте сымдау орнақтарындағы үзілгіштігі сымдау процесі параметрлерінің тұрақсыздығымен, әсіресе қарсы тартудың шамасының тұрақсыздығымен және деңгейімен анықталады. Сондай-ақ, сымдардың үзілуі қалпына келтірілмейтін ақаудың пайда болуына, шикізаттың жоғалуына және барабандарға сымдарды қайта құю кезінде орнақтың тоқтап қалуына әкеледі.

Сымдау блоктары арасында сым бойынша қатты байланыс кезіндегі сымдау технологиясының негізгі міндеті, сымдаудың берілген бағыттарындағы жетекті электр қозғалтқыштарының бұрыштық жылдамдықтарының ара қатынасының қажетті шамасына байланысты дейін және кейін сымдауыштан өңделетін материалдың секундтық көлемдерінің теңдігі болып табылатыны белгілі. Бұл шартты сақтау өңделетін сым қозғалысының желілік жылдамдықтарын тиісті синхрондауды қамтамасыз етеді, сәйкесінше, берілген оңтайлы деңгейде сымның тартылуын және қарсы тартылуын тұрақтандыруды қамтамасыз етеді.

Осыған байланысты технологиялық процестің қазіргі заманғы талаптарына сәйкес сымдаудың берілген бағыттарындағы қозғалтқыштардың жылдамдығының қажетті мәнін ұстап тұруы, ТСО электржетегімен автоматты басқарудың жаңа жүйелерін жасау, әзірлеу және құру кезінде өзекті міндет болып табылады.

Алайда, қарсы тартылудың автоматты тұрақтандырудың осындай жүйелерін құрылуына, оның тұрақтылығы мен оңтайлылығы шарттарынан сымдардың қарсы тартылудың тұрақтандыру жүйесінің параметрлерін синтездеу әдістерін әзірлеумен, реттеуші құрылғының құрылымын негіздеумен, реттелетін объектінің математикалық сипаттамасына байланысты, бірқатар күрделі міндеттерді шешу алдында болуы тиіс. Бұл міндеттерді шешу сымдау жабдығы жұмысының технологиялық ерекшеліктерін терең зерттеу негізінде ғана мүмкін болады.

Қазіргі уақытта тұрақты токтың электр жетегімен салыстырғанда энергия тиімділігі мен сенімділігі дәлелденген, 35...100 кВт қуаттар диапазонында айнымалы токтың жиіліктік-реттелетін электр жетектерін өнеркәсіптік

қолдану мен зерттеудің жеткілікті тәжірибесі бар. Сонымен қатар, ТСО-да технологиялық процестің энергия тиімділігі, тек қарсы тартумен сымдаумен ғана емес, сонымен қатар, микропроцессорлық басқарумен және жылдамдықты реттеудің кең диапазонымен ЖТ-АҚ схемасы бойынша жиіліктік-реттелетін электр жетегін пайдалану есебінен де қол жеткізуге болады. Бұл жағдайда асинхронды электржетегімен басқару алгоритмдерін синтездеу, сымдарды қарсы тартуға автоматты тұрақтандыру және сымдау процесімен оңтайлы басқару мәселелері ерекше маңызға ие болады.

Жоғарыда айтылғандарға сәйкес осы диссертациялық жұмыстың мақсаты, сымның үзілуін төмендету есебінен, оның энергия тиімділігі мен өнімділігін арттыру үшін ЖТ-АҚ схемасы бойынша ТСО айнымалы токтың электржетегімен автоматты басқару жүйесін әзірлеу және зерттеу болып табылады.

Қойылған мақсатқа жету үшін келесі ғылыми-зерттеу міндеттері қойылған:

- басқару жүйелерін және ТСО электржетегінің құрудың қазіргі тәсілдерін және тура ағынды сымдау технологиясының ерекшеліктерін зерттеу;

- сымның үзілуін азайту мақсатында ең оңтайлы нұсқаны таңдау және электржетегінің оның электрмеханикалық жүйесінің және орнақтың технологиялық параметрлерінің өзара байланысын математикалық сипаттау негізінде сымдаудың күштік параметрлерді реттеудің ықтимал тәсілдерін талдауды жүзеге асыру;

- энергия шығынын оңтайландыру мақсатында тура ағынды сымдау орнақтарымен реттеу және оңтайлы басқару өлшемшарттарын анықтау;

- орнақтың электржетегінде толық ақпаратпен сымдаудың күштік параметрлерді реттеу және бақылау жүйесін пайдаланудың орындылығын талдау;

- басқару объектісі ретінде тура ағынды сымдау орнағының электрмеханикалық жүйесінің математикалық моделін әзірлеу;

- 1:100 дейін және одан жоғары жылдамдық бойынша реттеу диапазонын қамтамасыз ететін, статор тізбегі бойынша жетекті электр қозғалтқыштардың жеке қоректендіруімен қысқа тұйықталған ротормен асинхронды-қозғалтқыш ендік-импульстік модуляциялы автономды кернеу терістегіші схемасы бойынша орнақтың энергиялық тиімді автоматтандырылған электржетегін әзірлеу.

- сымдаудың күштік параметрлерін тұрақтандыру жүйесімен орнақ электржетегінің математикалық және компьютерлік модельін әзірлеу, және статикалық және динамикалық жұмыс режимдерінде Matlab қолданбалы бағдарламасында виртуалды модельде оның жұмыс қабілеттілігін тексеру және реттеу сапасын анықтау.

Қойылған міндеттерді шешу нәтижелері диссертациялық жұмыстың төмендегі үш бөлімінде көрсетілген.

Әдеби зерттеулер негізінде бірінші тарауда сымның сымдаудың тура ағынды процесінің талдауы келтірілген, оның заңдылықтары мен энергетикасы анықталған. Тура ағынды сымдау орнақтарының конструктивтік ерекшеліктеріне және электржетекті құрудың белгілі принциптеріне шолу ұсынылған. Басқа ұқсас машиналар алдында ТСО артықшылығы белгіленген және сымдаудың процесінің қазіргі талаптарына электржетектерімен қолданыстағы автоматты басқару жүйелерінің сәйкессіздігі көрсетілген. Талдау нәтижесінде, ЖТ-АҚ схемасы бойынша айнымалы токтың жиіліктік-реттелетін электр жетегінде созушы блоктар арасында сымға қарсы тартылу шамаларын оңтайландыруымен, ТСО энергия тиімділігін және өнімділігін айтарлықтай арттыруға болатындығы анықталған. Жұмыстың технологиялық режимдерін талдау негізінде тура ағынды сымдау орнақтарының электр жетектеріне қойылатын талаптар нақтыланған. Зерттеудің мақсаттары мен міндеттері анықталған.

Екінші тарауда жетектің электромеханикалық жүйесінің және орнақтың технологиялық параметрлерінің өзара байланысын математикалық сипаттау негізінде сымдаудың күштік параметрлерін реттеудің мүмкін тәсілдерін талдау ұсынылған және сымның үзілуін азайту мақсатында ең оңтайлы нұсқа таңдалған. Сонымен қатар, T_i тартымдық күштерді жұмсақ тұрақтандырумен қамтамасыз етілетін, N_i алдыңғы керілулерді және Q_i қарсы тартылуды жұмсақ тұрақтандырумен жүйесі ұсынылған. Сымдау блоктарының үлкен санымен орнақтарда реттеудің неғұрлым жоғары дәлдігін алуға мүмкіндік беретін, сымды тартудың тікелей бақылау датчиктерімен жабдықталған, басқару жүйесін қолдану орынды екендігі дәлелденген. Қарсы тартылулардың тұрақтандыруы бойынша технологиялық процесстің талаптарын қамтамасыз етуге мүмкіндік беретін және меншікті энергия шығындарын азайтатын әрбір қозғалтқышқа, жиіліктің жеке түрлендіргішімен ТСО автоматтандырылған көп қозғалтқышты асинхронды электр жетегімен басқару жүйесі әзірленген. Сонымен қатар, жетілдіру үшін ТСО электр жетегімен бағынышты реттеу жүйесінің үш контурлық сызбасы ұсынылды.

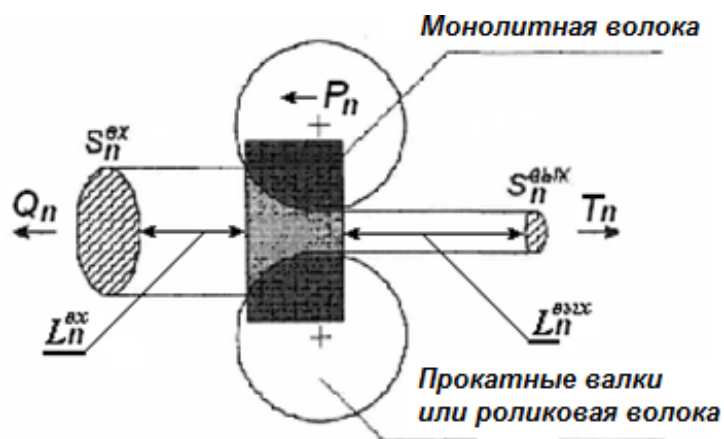
Үшінші тарауда, Matlab ортасында виртуалды модель жасалған, математикалық модель негізінде, қарсы тартылымдар датчиктерімен барабан ара аралықтарда өңделетін металдың қарсы тартылым тұрақтандыру жүйесімен ЖТ-АҚ схемасы бойынша ТСО электр жетегі зерттелген. Уақыт диаграммаларының моделіне алынған, өткізілген сандық және сапалық талдауда, әзірленген жүйе технологиялық процесстің талаптарын қанағаттандырады деп жасасуға мүмкіндік береді. Сымдау жылдамдығын ұстап тұрудағы қате максималды рұқсат етілген мәннен $\pm 5\%$ аспайды, ал кері тартылудың ауытқуы $\pm 15\%$ аспайды. Параметрлердің реттеу уақыты, тербеліс санында және қайта реттеу шамасына жататын, өтпелі процестердің сапасы жақсы деп саналуы мүмкін. Осының барлығы басқарудың екі контурлық жүйесінің реттегіштері, жетекші блоктың қарсы тартумен үш контурлы басқару жүйесінің реттеуіштері және жетекші блоктың жылдамдығымен,

технологиялық процесс тарапынан орнақ элетр жетегіне түсуші, қоздырғыш әсерлерді оқшаулайды екендігін растайды.

1 Барабан бойынша сымдарды сырғытпай сымдау орнақтарының элетр жетегі автоматтандыру объектісі ретінде. Зерттеудің негізгі мақсаттары мен міндеттері

1.1 Барабан бойынша сымдарды сырғытпай жұмыс істейтін, сымдау орнақтарының технологиялық ерекшеліктері

1.1.1 Суық күйінде өңделетін болат сым қазіргі уақытта екі тәсілмен алынуы мүмкін – үздіксіз икемдеу орнақтарында икемдеумен және сымдау орнақтарында сымдаумен. Металды қысыммен өндеудің екі түрі де, бірдей түпкі мақсат кезінде - металдың жұқаруы мен ұзаруы, оның физикалық-механикалық қасиеттерінің қалыптастыруы қағидатты айырмашылықтары, артықшылықтары мен кемшіліктеріне ие. 1.1-суретте Металды қысыммен өндеу процестерін салыстыру үшін жалпы схема келтірілген, мұндағы: $S_n^{BX}, S_n^{BЫX}$ – созылғанға дейін және одан кейін дайындаманың қимасы; $L_n^{BX}, L_n^{BЫX}$ – созуға дейінгі және одан кейінгі дайындаманың ұзындығы; P_n – илемдеу біліктеріне немесе аунақшалар, сымдауыш қабырғасына қысым; T_n – сымдау күші [1,2,3,4].



1.1-сурет – Металды қысыммен өндеу тәсілдері

$S_{II}^{BЫX}$ қимасымен өңделетін металл жұмыс құралының саңылауына кіреді, қысыммен өндеуге ұшырайды және аз қимамен шығады. Сонымен қатар, деформация процесі "созу" деген атқа ие, параметрімен сипатталады, былай анықталынады:

$$\mu = \frac{S_{II}^{BX}}{S_{II}^{BЫX}} = \frac{L_{II}^{BЫX}}{L_{II}^{BX}}, \quad (1.1)$$

мұндағы S_{Π}^{BX} , $S_{\Pi}^{ВЫХ}$, L_{Π}^{BX} , $L_{\Pi}^{ВЫХ}$ – тиісінше деформация ошағына кіретін және одан шығатын өңделетін металдың қимасы мен ұзындығы.

Металды өңдеуді жүзеге асыру үшін түрлі жолдармен істеуге болады (1.1 сурет). Біріншіден, оның алдыңғы ұшын басып және металл құрал арқылы өтетіндей және өңделетіндей T күшімен тартуға болады. Бұл жағдайда өңдеу әдісі сымдау деп аталады. Жұмыс құралы сымдау кезінде айнала алады (аунақшалы сымдауыштар) және қозғалыссыз болуы мүмкін (монолитті сымдауыштар) екенін айта кету керек. Екіншіден, артқы ұшына қоса берілген Q итергіш күшін қолдануға болады. Бұл жағдайда өңдеу тәсілі сығымдау деп аталады. Болат сым өндіріс тәжірибесінде бұл әдіс қолданысты таппады. Ақырында, үшіншіден, біліктің жұмыс құралын айналдыруға болады. Егер білік пен металл арасындағы үйкеліс күші металдың қарсы жиынтық әрекет деформациясынан көп болса, өңдеу процесі мүмкін болады. Бұл жағдайда өңдеу әдісі икемдеу деп аталады. Әйтпесе, металл бойынша біліктердің бос айналуы байқалады.

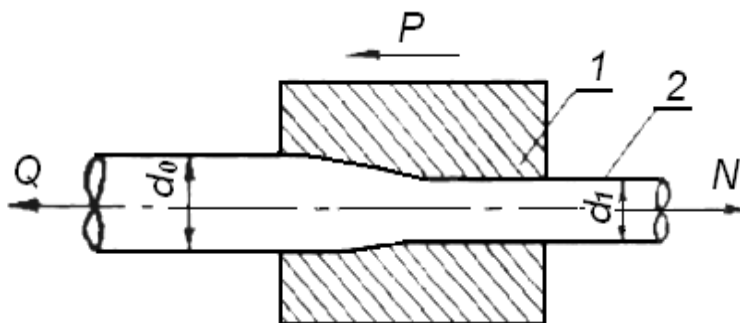
Тәжірибеде сымдау кезінде негізгі құрал ретінде ең көп таралған монолитті сымдауыштар. Конустық монолитті сымдауыштың ең жиі қолданылатын профильдің бойлық қимасы 1.2-суретте көрсетілген. Деформациялаушы немесе жұмыс аймағы конустық пішінді болады, оған сым белгілі бір бұрышпен кіреді. Жұмыс аймағының алдында технологиялық майлаулармен толтырылған майлау аймағы бар. Деформациялық аймақ сыртында цилиндрлік пішінді калибрлеу белдігі бар.

Сымдауыштардың желінуге қарсы төзімділігін арттыру үшін, оларды металл керамикалық тәсілмен қатты қорытпалардан (вольфрам және титан карбидтерінен, кейде ванадий, молибден, тантал, бордан және т. б.) жасайды. Сондай - ақ жоғары тозуға төзімділігімен ерекшеленетін микролит, термодорунд, сонымен қатар, олардың құны вольфрам қорытпаларынан әдеттегі сымдауыштардан көп есе төмен керамикалық қатты қорытпалардан сымдауыштарды қолданады. Барлық осы материалдар желінуге қарсы жоғары төзімділікпен және қаттылықпен қатар төмен тұтқырлығымен ерекшеленеді. Жұмыс барысында мұндай сымдауыштың бұзылуын болдырмау үшін, оны алдын ала созумен (тығыздау және т. б.) жеткілікті тұтқыр және берік болаттан жасалған құрсамаға бекітеді. Сонымен қатар, сымдау кезінде сымдауыштың сақиналы бағытында созылатын кернеулер айтарлықтай азаяды немесе құрсама тарапынан қысу кернеулерімен алынып тасталады.

Монолитті сымдауыштарда Сымдау процесінің қарапайым болып көрінгеніне қарамастан, металды сымдау әр түрлі факторлардың көп санын жасайды, олардың көпшілігі үшін әлі күнге дейін сандық ғана емес, сонымен қатар сапалық тәуелділік орнатылмаған. Процесс барысына майлау [1,2] және үйкелетін беттердің сапасы, профиль пішіні мен сымдауыш материалы, деформация дәрежесі мен жылдамдығы, өңделетін металдың беріктігі мен пластикалық қасиеттері басым әсер етеді. Сымның созылуы көбінесе гидродинамикалық үйкеліс режимінде жүргізілетінін атап өту қажет, оның мәні екі алмалы-салмалы қатты балқитын ішпектердің (сымдауыштардың)

арасында майлаудың жоғары қысымы бар аймақ түзіледі, осылайша майлау шарттары жақсарады және үйкеліс коэффициенті азаяды. Гидродинамикалық үйкеліс режимі сымдауға энергия шығынын азайтады, созылатын металдан тегіс бетті алуға ықпал етеді, сымдауыштың жұмыс арнасының тозуын қатты азайтады және деформация дәрежесін жоғарылатумен процесс жүргізуге мүмкіндік береді.

1.2-суретте деформация ошағында әрекет ететін күштер схемасы көрсетілген, мұндағы: 1-сымдауыш; 2-сым; N -сымдау күші; Q - қарсы тарту; P – сымдауышқа қысым; d_0 , d_1 - сымдауға дейінгі және одан кейінгі сым диаметрі.



1.2 сурет – Қарсы тартумен сымдау кезінде металл мен сымдауышқа әсер ететін күштер

1.1.2 Қарсы тартумен сымдауды сым созығыш құралының (сымдауыш) беріктігін арттыру үшін және сыртқы үйкелуді азайту үшін қолданылады. Оның мәні, тартылатын металға оның сымдауышқа кіру жағынан металдың қарама-қарсы қозғалысына бағытталған Q күшін салады және сондықтан бұл күш қарсы тартылу, ал кейде артқы тартылу деп аталады. Осыдан дайындамада осьтік бағытта сымдау арнасына кіргенге дейін созығыш кернеу пайда болады, бұл арна қабырғасына металл қысымының азаюын туғызады және оның тұрақтылығын арттырады.

Сымдауыштың деформация ошағындағы күші мынандай арақатынасымен анықталады

$$N_i = P_i + Q_i (i = 1, n), \quad (1.2)$$

мұндағы N – сымдау күші (алдыңғы тарту);

P – сымдауышқа қысым;

Q – қарсы тарту (артқы тарту);

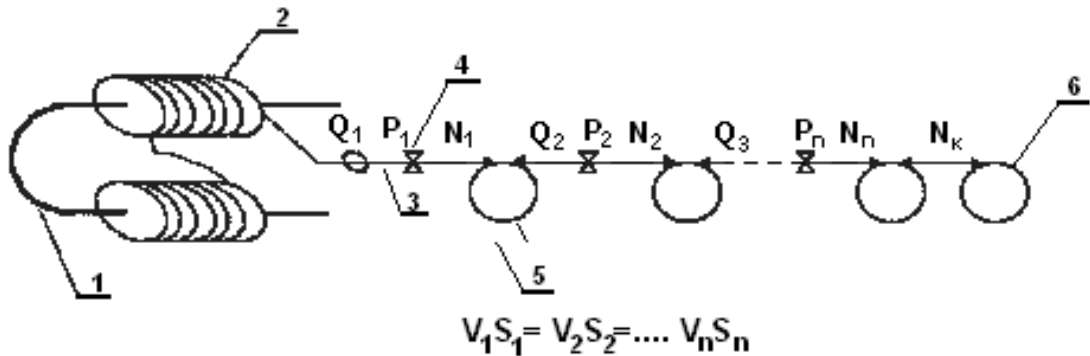
i – сымдау блогының нөмірі.

Сымдауышқа қысым P деформация жасауға және сымдауышта үйкелуін жеңуге жұмсалатын күшпен сипатталады.

Тура ағынды типті орнақтарда қарсы тартумен сымдаудың технологиялық схемасы 1.3-суретте көрсетілген, онда сым 3, 4 сымдауышта сығылады және 5 тартқыш барабанмен созылады. Барабандар бір

технологиялық кешенге иілімсіз сыммен байланысқан, оның тарқату 1 және орауышты 6 қоса алғанда.

Барабан мен келесі сымдауыштың арасындағы учаскеде тартылу қарсы тартылу Q - артқы тартылу шамасымен анықталады, ал сымдауыш пен келесі барабан арасындағы учаскеде "N" -алдыңғы тартылу шамасымен анықталады. Қарсы тартылу болмаған жағдайда, алдыңғы тартылу $N = P$. Әдетте сымдау Q қарсы тартумен бірінші сымдауыштан басқа барлық сымдауыштарда жүзеге асырылады, онда сым тарқату құрылғысынан тартусыз және бұл жағдайда $Q_1 = 0, N = P$ кезінде түседі.



1.3 Сурет – Тура ағынды сымдау технологиясы

Арнайы білдектерде сымдау процесін бастамас бұрын, өндеуге арналған дайындаманың ұшын осы ұшы сымдауышқа оңай кіретіндей және ішінара оның қарама-қарсы жағынан шығатындай есеппен жиектейді. Бұл ұшын өз алдына шынжырларға кәдімгі кенелер көрсететін, арнайы тартқыш механизммен алады. Шынжырдың басқа бөлігі сымдау барабанында арнайы паздарда барабанда ілмекпен бекітіледі. Қабырғаның жұқаруымен қуыс профильдерді сымдау кезінде сымдау арнасы сымдауышпен және түзетумен қалыптасады, ол жылжымалы және еркін өздігінен орнатылатын ретінде бекітілуі мүмкін.

Тура ағынды орнақта көп мәрте сымдаудың процесінің қалыпты ағысын қамтамасыз ететін негізгі шарттардың бірі, ол сымдауышқа дейін және одан кейінгі металдың секундтық көлемдерінің теңдігі болып табылады [1,2,4]

$$V_1 \cdot S_1 = V_2 \cdot S_2 = \dots V_n \cdot S_n, (1.3)$$

мұндағы V_1 және V_2 – сымдауышқа дейінгі және одан кейінгі сым жылдамдығы;

S_1 және S_2 – сымдауышқа дейінгі және одан кейінгі сымның көлденең қимасының ауданы;

n – сымдауыш саны.

Сонымен қатар, технологиялық процесті тұрақтандыруды қамтамасыз ету үшін N сымдау және Q қарсы тарту күші сымның үзілуіне әкелуі мүмкін

мәндерден аспау қажет. Екінші жағынан, технологиялық процестің бұзылуын болдырмау үшін, Q қарсы тарту кейбір ең аз мәннен кем болмауы тиіс, өйткені бұл барабандағы сымдардың ілінісуінің жоғалуына және орнақтың жұмыс істеу қабілетінің жоғалуына әкелуі мүмкін. Сымның барабанның шеңбері бойынша сырғуын болдырмау үшін, Эйлер формуласы бойынша қарсы тартылу ең аз мәнмен шектелетін шартты орындау қажет:

$$N \leq Qe^{\pi\omega f}, \quad (1.4)$$

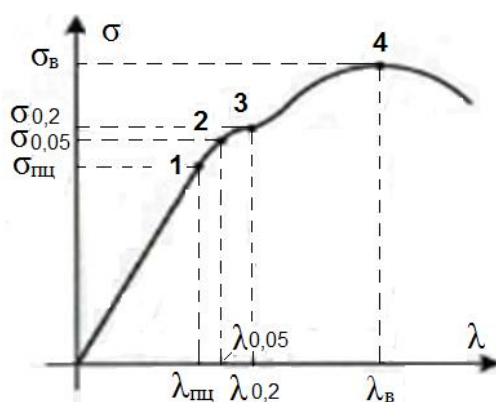
Мұнда ω - барабандағы сым орамдарының саны;
 f - барабан бойынша сым үйкеліс коэффициенті.

Осылайша, бір жағынан қарсы тартылу сым ілмектерін тудырмау үшін және екінші жағынан оның үзілуіне жол бермеу үшін ең аз мәнмен шектеледі. Бұл шектеулер барабан бойынша сымдарды сырғытпай сымдау орнақтарының электр жетектерін басқару жүйелерін құруға ерекше талаптар қояды.

1.1.3 Металды қысыммен өңдеу кезінде алынатын өнімнің механикалық және физикалық қасиеттерінің өзгеруі (қалыптасуы) маңызды болып табылады, олардың негізгілері серпімділік, икемділік, беріктілік, соққы тұтқырлығы, қаттылық және төзімділік болып табылады.

Металдың серпімділігін, беріктігін және пластикалық қасиеттерін анықтау үшін дөңгелек немесе жазық формадағы үлгілер статикалық созылуға сыналады. Сынауды үзілу машиналарында жүргізіледі, нәтижесінде созылу диаграммасын алады (1.4 сурет). Осы диаграмманың абсцисса осі бойынша деформация шамасы орналасқан (салыстырмалы ұзартудың $\lambda = \frac{S_n^{BX} - S_n^{BYX}}{S_n^{BYX}}$), ал ордината осі бойынша - үлгіге қоса берілген үлес кернеуінің шамасы орналасқан.

1.4-суретте көрсетілгендей созылу диаграммасы бірқатар сипатты нүктелерге ие. Олардың біріншісі- координаталармен тепе-теңдік шегі ($\sigma_{\text{тц}}$; $\lambda_{\text{тц}}$). Кернеу қосымшасы кезінде $\sigma_{\text{тц}}$ кем немесе тең мәнмен дайындаманың ұзаруы оған пропорционалды түрде өзгереді.



Сурет 1.4 - Металды қысыммен өңдеу кезіндегі созылу диаграммасы

Сонымен қатар металдың деформациясы тек серпінді сипатта болады, ал жүктеменің әрекеті тоқтатылған кезде металл бастапқы пішін қабылдайды. Металдың серпімді ұзаруының шамасы, мынандай түрде пропорционалдылық заңына сәйкес табылуы мүмкін:

$$\lambda_{\text{пц}} = \frac{\sigma_{\text{пц}}}{E}, \quad (1.5)$$

мұндағы E — үлгі материалының қалыпты серпімділік модулі.

Егер де металға қосылған кернеу, $\sigma_{\text{пц}}$ шамасынан асып кетсе, онда ол пластикалық түрде деформациялана бастайды. Екінші сипатты нүктесі серпімділіктің шартты шегі деп аталатын болып табылады. Осы нүктенің координаттары ($\sigma_{0,05}$; $\lambda_{0,05}$). Шын мәнінде $\sigma_{0,05}$ – бұл қалдық деформация, бірінші рет 0,05% деңгейге жететін шартты кернеу.

Үшінші нүкте аққыштықтың $\sigma_{0,2}$ шартты шектерімен сипатталады – қалдық деформация 0,2 % құрайтын кернеумен. Әдетте, металдарды қысыммен өңдеу теориясында дәл осы кернеу деформацияның шынайы кедергісі үшін қабылданады.

Егер үлгіні сынау кезінде қоса берілген кернеу ұлғайтуды жалғастырса, онда ол сыналатын үлгінің бұзылуы болатын төртінші сипатты нүктеге ($\sigma_{\text{в}}$; $\lambda_{\text{в}}$) жетуі мүмкін. Сонымен қатар, қоса берілетін кернеудің шамасы үзілуге уақытша кедергі немесе беріктілік шегі деп аталады.

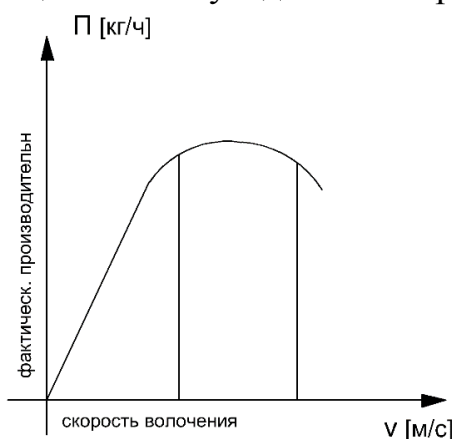
Сыртқы күштердің әсерінен, бұзылмай, оның жаңа пішін мен өлшемін қабылдау қабілетін анықтайтын пластикалық, металдың қасиеттері ажыратылғаннан кейін үлгінің салыстырмалы тарылуымен және салыстырмалы ұзаруымен сипатталады. Металл неғұрлым пластикалық болса, соғұрлым салыстырмалы ұзару мен тарылудың үлкен мәніне жетеді. Опырылмалы материалдарда бұл мәндер нөлге жақын.

1.1.4 Жалпы жағдайда созу процесіне созылатын металдың механикалық және физикалық қасиеттері, деформация дәрежесі, сымдау арнасының пішіні, сымдауыш материалы, үйкелетін беттердің сапасы, деформация жылдамдығы, қарсы тарту деңгейі әсер етеді [1,2,3,4].

Созу өндірісінің даму үрдісі жоғары жылдамдықты сипаттамалары бар сым созатын машиналарын игеруге және шығаруға бағытталған. Жылдам сымдаудың негізгі әсері - бұл сым созу машинасының өнімділігін арттыру. Сонымен қатар, сымдауыш энергиясының үлес шығыны азаяды. Сымдаудың жоғары жылдамдықтары болат сымның физика-механикалық қасиеттеріне оң әсер етеді [1,7,8].

Алайда,сонымен қатар, екі негізгі мәселені шешу қажет: металдың көбінесес механикалық және физикалық қасиеттерінің нашарлауына ықпал ететін сым мен сымдауыш температурасының төмендеуі, сондай-ақ сымдаудың жоғары жылдамдығы кезінде рұқсат етілген нормалардан асатын шу мен діріл деңгейінің төмендеуі [1,8,9].

1.5 суретте сым сотатын машинасының сымдау жылдамдығынан нақты өнімділігінің сапалы тәуелділігі келтірілген [10].



Сурет 1.5 – Сым сотатын машинасының сымдау жылдамдығынан нақты өнімділігінің сапалы тәуелділігі

1.5 суретте көрсетілгендей, сымдау жылдамдығы әрбір сым сотатын машинасы үшін ең жоғары өнімділігі бар.

Жылдам сымдау сым сотатын машиналарға жоғары талаптар қояды:

- 1) Сымды тікелей енгізу (айналдырма құрылғыларсыз).
- 2) Сым орамдарының тұрақты саны бар төмен және жеңіл барабандар.
- 3) Көршілес барабандар арасындағы жылдамдықты автоматты түрде жұқа реттеу.
- 4) Жай іске қосу.
- 5) Автоматты жылдам тоқтату.
- 6) Жұмыстағы қауіпсіздік [10,11].

Соңғы жылдардың тәжірибесі көрсеткендей, сымның сымдау жылдамдығын одан әрі арттыру, үлкен жылдамдықтарда сымның сымдау процесінің игерілмеуімен және қолданымдағы сым сотатын машиналарының құрылымымен шектелген [10,11,12,13,14,15].

Сондықтан жоғары жылдамдықты сымдаудың процесі жақсартылған құрылымды сым сотатын машиналарын жасауды талап етеді. Бұл қатынаста маңызды орынды жоғары жылдамдықты сымдаудың дерлік барлық талаптарын қанағаттандыратын қарсы тартумен сымдау алады [5,6,7,8,15,16].

Бірақ қолда бар қарсы тартумен сым сотатын машиналарының екі негізгі кемшілігі бар:

1) Сым мен сымдаудың (бір сымдауыштан шығатын сым келесі сымдауышқа дейін салқындауға үлгермейді) тиімді салқындату жүйесінің қажеттілігі.

2) Сым сотатын машиналарының барлық жұмыс режимдерінде сымды созумен сенімді және тиімді автоматты реттеу жүйесінің (АРЖ) болмауы.

Сымның созылуымен АРЖ жасау қандай да бір шарада, сымдау кезінде сымның оңтайлы тартылуын қамтамасыз ете отырып және барабанда орамдардың санын тұрақтандыруға мүмкіндік бере отырып, салқындату мәселесін де шешеді.

Қарсы тартумен сым созатын машиналарының күштік параметрлерінің АРЖ-ге негізгі талаптар, қарсы тартуды ұстап тұру болып табылады. Сым созатын машинасының өнімділігі тұрақты жылдамдықпен сымдау және іске қосу, май құю процесінде сымның үзілуі есебінен едәуір дәрежеде төмендейді. 1.1-кестеде төмен көміртекті болаттан сым өндіру кезінде сым созатын машинасының бос тұрып қалуларды талдау келтірілген.

Кесте 1.1- Сым созатын машинасының бос тұрып қалулардың талдауы

| Бос тұрып қалу себептері | Бос тұрып қалулардың үлестік уақыты |
|--|-------------------------------------|
| Созба сымда бунттарды дәнекерлеу | 8.6% |
| Шарғыларды ауыстыру және орамдарды алу | 26.1% |
| Сымдауышты ауыстыру | 2.9% |
| Үзіктерді жою | 38.9% |
| Созба сымдарды түтелендіру | 6.1% |
| Басқалары | 16.4% |

1.1-кестеден көрініп тұрғандай, қосалқы операциялармен айналысатын уақытты үнемдеудің елеулі резервтері бар. Сонымен қатар, сымдау орнағының техникалық пайдалану коэффициенті 45% шегінде болады.

Сымдау кезінде үзілу себептеріне толық талдау жасау И. Л. Перлина мен М. З. Ерманака монографиясында жазылған. [1]. Сымның үзілуі негізінен металл құрылымындағы ақаумен, үлкен қалдық кернеулердің болуымен және сымдаудың дұрыс емес режимімен уағдаласылған [1,18]. [13,17,18] жұмыстарындағы келтірілген әртүрлі сым созу машиналарының жұмыс режимдерін зерттеу, барлық үзілулердің 20%-дан астамы электр жетегінің кінәсінен, яғни сымдау режимінің дұрыс болмауына байланысты болатынын көрсетеді.

Үзілулердің үлкен пайызы сым созу машинасының динамикалық режимдеріне байланысты. Сым созу машинасын іске қосу кезінде F_0 сымдау күші F_{max}/F_0 орныққан режимге қарағанда әрдайым көп, және де F_{max} іске қосу режиміндегі сымдау күшінің белгіленген режимдегі сымдау күшіне қатынасы жылдамдықтың ұлғаюына қарай бірінші барабаннан соңғысына дейін өседі [17,18].

1.2 Барабан бойынша сымдарды сырғытпай және жинақтамай сымдау орнақтарының электр жетегінің құрылымы мен жүйелерінің ерекшеліктері

1.2.1 Өнеркәсіптің бірқатар салаларында (металлургиялық, тоқыма, химиялық, целлюлоза-қағаз және т.б.) таспалы материалдарды өндіруге арналған үздіксіз-ағынды машиналар-агрегаттар (қағаз мата және т. б.) бар.

Мұндай машина-агрегаттарға үздіксіз илемдеу және сымдау орнақтары тоқыма машиналары, синтетикалық қабыршақ шығаратын машиналар және т. б. жатады. Үздіксіз ағынды машиналар-агрегаттар, әдетте, материалдың технологиялық (механикалық, термиялық, химиялық) өңделуі болатын бірқатар секциялардан (блоктардан) тұрады.

Үздіксіз-ағынды машина-агрегаттардың ерекшелігі бірнеше секциялар арқылы өңделетін материалдың бір мезгілде өтуі және олардың осы материал арқылы өзара байланысы болып табылады, оны бірінші жақындағанда салмақсыз серпімді таспа ретінде қарастыру қажет. Сондықтан машиналардың бір түрін зерттеу нәтижелері көп жағдайда өте қолайлы және осы типтегі машиналардың басқа түрлері үшін де қолайлы.

Үздіксіз ағынды машина-агрегаттардың мысалдарының бірі сым өндіру үшін көпреттік сымдау орнақтары болып табылады. Сымдау орнақтары әдетте жалпы белгілері бойынша бірқатар топтарға бөлінеді: тартылатын сым диаметрі бойынша, сымдау еселігі бойынша, барабанның диаметрі бойынша, жұмыс принципі бойынша (барабандағы сымды сырғытпай және сырғытып), тартқыш барабандардың типі бойынша (жалғыз немесе қосарланған), барабаннан барабанға беру принципі бойынша (жоғарыдан, бағыттаушы аунақшалар арқылы немесе барабаннан барабанға тікелей), сымға қоса берілген жүктеме бойынша (қарама-қарсы тартумен және онсыз) [3,4,10,11]. Олардың барлығы әртүрлі топтарға бөлінуіне қарамастан, сымдау күшін жасайтын тартқыш барабанның мынадай негізгі тораптарынан, электр қозғалтқышынан арқылы айналу берілетін редуктормен, оған электр жетегінен және автоматты реттеу жүйесінен тұрады.

Технологиялық процестің ерекшеліктеріне байланысты бір ретті және көп ретті сым созу машиналары қолданылады. Көп ретті сым созу машиналарында бір уақытта саны 2-ден 15-ке дейін ауытқитын бірнеше сымдаушы арқылы созылады. Бір ретті сым созу машиналарынан олар тиімді жоғары өнімділігімен ерекшеленеді. Көп ретті сым созу машиналарында жұмыс принципі бойынша тартқыш барабан бойынша сымдарды сырғытатын және сырғытпайтын машиналарға бөлінеді.

Сырғанамайтын машиналарда жылдамдықты реттеу және секунд көлемдерінің тұрақтылығын талап ететін сақталым аралық барабандардағы (дүкен үлгісіндегі) сым қорын өзгерту немесе барабандардың айналу жиілігін (ілімекті және тура ағынды) өзгерту жолымен жүзеге асырылады.

Пайдалануда ең оңай және дүкен типті машинаның автоматтандырылған электр жетегі жоқ. Бірақ олардың бірқатар маңызды кемшіліктері бар - ең бастысы, ілімекті және тура ағатын машиналармен салыстырғанда өнімділігі төмен, блоктан блоктарға ауысқан кезде сымдарды бұрау, бұл өз кезегінде шығарылатын өнімнің төмен сапасына, жоюға, ол машинаның өнімділігін айтарлықтай төмендететін сымдардың жоғары үзілуіне алып келеді. Сонымен қатар, сымдау қарсы тартусыз жүргізіледі, бұл сым өндірісіне энергияның сыбағалы шығысын арттырады [2,4,19].

Қарсы тартумен көп ретті сым созу машиналары жоғары өнімділігімен, әмбебаптығымен ерекшеленеді. Е. В. Пальмов пен М. К. Гурьянованың зерттеуінде қарсы тартумен машиналардың өнімділігі 44% - ға жоғары, болат сымдарды сымдау кезіндегі сымдардың төзімділігі 2 есе көп, энергия шығыны аз, техникалық пайдалану коэффициенті қарсы тартусыз жұмыс істейтін машиналарға қарағанда 14-20% - ға көп екені анықталды.

ААМЖЗ өндірісіндегі АПМ-3-4/550, ВПТ-4/550, ВПМ- 6-7/550, ВПТ-6-7/350, ВПТ - 5/750 және т.б. сым созу машиналары қарсы тартумен әр түрлі маркалы болат сымдарды көп ретті созу үшін арналған. Бұл машиналардың сипаттамалары 1.2-кестеде келтірілген.

Кесте 1.2 - Барабан бойынша сымды жинақтамай және сырғытусыз қарсы тартумен сым созу машиналарының сипаттамасы

Төмен көміртекті, орташа көміртекті, жоғары көміртекті болаттан

| Сипаттамалары | Өлшемділік | Машина түрі | | | | |
|--------------------------------|---------------------|-------------|-----------|-------------|-------------|-------------|
| | | ВПТ-6-7/350 | ВПТ-5/350 | ВПМ-3-4/550 | ВПТ-3-4/550 | ВПМ-6-7/550 |
| Блоктар саны | шт | 6 | 5 | 3 | 3 | 6 |
| Сымдау еселігі | шт | 6-7 | 5 | 3-4 | 3-4 | 6-7 |
| Барабандардың диаметрі | мм | 240;350 | 750 | 550;375 | 550;425 | 550 |
| Дайындаманың беріктігінің шегі | кг/ мм ² | 100-140 | 30-60 | 60-140 | 30-60 | 40-140 |
| Сымның бастапқы диаметрі | мм | 4-2 | 14 | 7 | 7 | 7 |
| Сымның соңғы диаметрі | мм | 1,9-0,8 | 8-3,6 | 4,7-3,1 | 5,0-3,4 | 3,4-2 |
| Сымдау жылдамдығы | м/ с | 8-20 | 1,6-4 | 5-12,5 | 3,45-8,2 | 8-20 |
| Жетек қуаты | кВт | 450 | 300 | 240 | 240 | 160 |

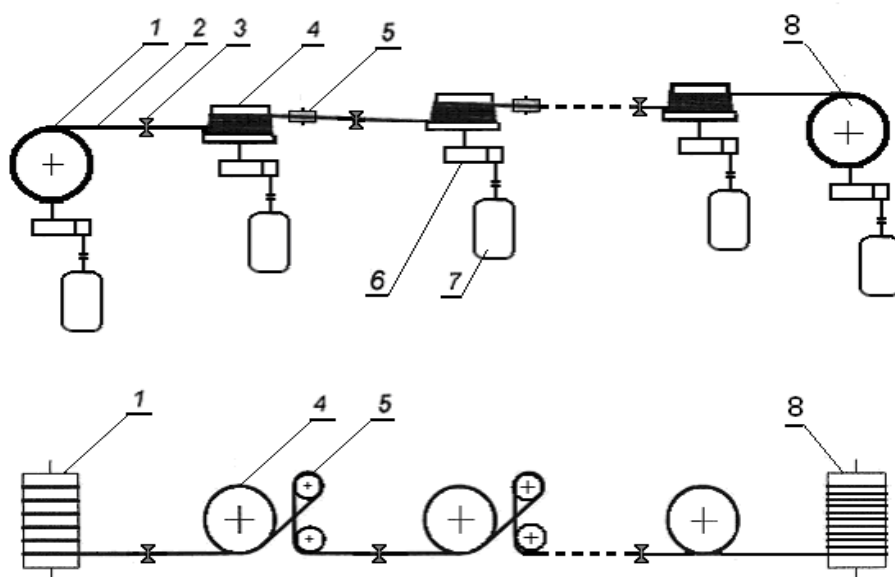
жасалған жұқа сымды сымдау кезінде «Кратос», «Грюна» шетелдік фирмаларымен шығарылатын ,сырғумен көп ретті сым созу машиналары қолданылады [19]. Сырғумен көп ретті сым созу машиналары жылудың өте қуатты бұру жағдайында сұйық майлауда жұмыс істейді және өзінің портативтілігімен, жоғары сымдау жылдамдығына қол жеткізу мүмкіндігімен ерекшеленеді. Барабандар мен сымдардың жылдамдығын келісу сымдарды барабан бойынша сырғыту есебінен қамтамасыз етіледі [4,19]. Сымдау шамамен 30% сымдау күшін құрайтын қарсы тартумен жүргізіледі.

Алайда, сырғумен сым созу машиналарының жетіспеушілігі сымдау барабандарының істен тез шығуына және сым температурасының қосымша артуына әкелетін, сым мен барабанның уатылуы болып табылады.

Демек, ең перспективалы қарсы тартумен жұмыс істейтін, сырғусыз көп ретті сымдау машиналары болып табылады. Бұл машиналар басқа сым созыш машиналар алдында бірқатар артықшылықтары бар: жоғары жылдамдықты сымдау мүмкіндігі, бұл олардың жоғары өнімділігін

қамтамасыз етеді, жоғары механикалық сипаттамалары бар өнімді алуға мүмкіндік беретін сымды бұраудың болмауы, осы машиналарда қарсы тартумен сым сымдау мүмкіндігі өнім бірлігіне энергия шығынын азайтуға, сымдардың және барабанның беріктігін арттыруға ықпал етеді, бұл олардың өнімділігін де арттырады [5,6,7,14,16].

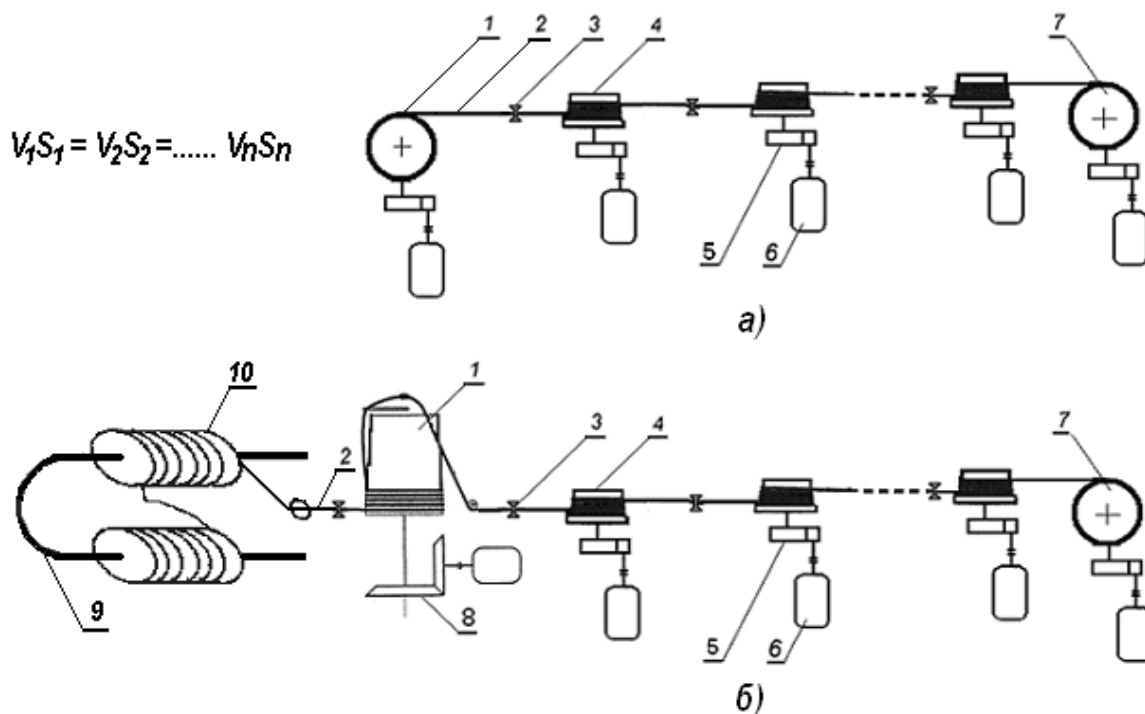
1.2.2 1.6 суретте сымдау орнағының көп ретті технологиялық желісі келтірілген, мұндағы: 1-тарқату құрылғысы; 2 - сым; 3 - сымдауыш; 4 – сымдау (тартқыш) блогының барабаны; 5-реттегіш ілмегі (компенсациялық аунақшалар); 6 - редуктор; 7 - жетек электрқозғалтқышы; 8-орау аппараты. 1.7 суретте тура ағынды сымдау орнағының (ТСО) технологиялық желісі келтірілген, мұндағы: 1-жинақтаумен сымдау блогының барабаны (тарқату құрылғысы); 2 – сым; 3 - сымдауыш; 4 - тура ағынды сымдау блогының барабаны; 5, 8 - редукторлар; 6 - жетек электр қозғалтқышы; 7-орау аппаратының барабаны; 9 – тарқатқыш; 10-сым орамы. Осы типті орнақтарда дайындаманы тарқатқан жағдайда бірінші блок ретінде құрылымы бойынша дүкен түріндегі орнаққа ұқсас блок қолданылады (сурет 1.7, б). Келесі блоктар бір-біріне ұқсас, олардың кинематикалық сұлбалары 1.8 суретте келтірілген, мұндағы: а - тік орналасқан қозғалтқышпен тісті белдіксіз; б - көлденең орналасқан қозғалтқышпен тісті белдікпен [10].



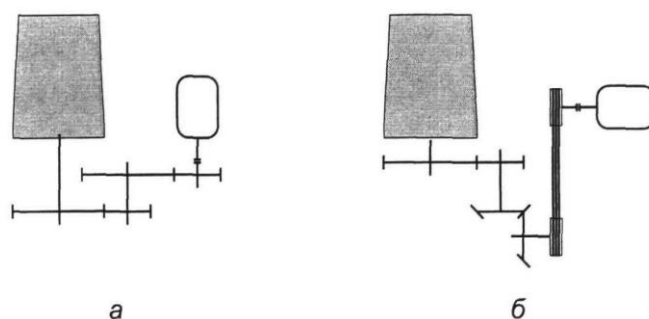
1.6 сурет - Үздіксіз n-еселенген ілмекті сымдау орнағының технологиялық желісі

Ілмекті және тура ағынды сымдау орнақтары - бұл сым жинақталмай аралық барабандардың жылдамдығын автоматты реттеумен жұмыс істейтін көп мәрте сымдау агрегаттары. Ілмекті орнақтарда сым барабаннан барабанға арнайы компенсациялық аунақшалар арқылы беріледі. Әр барабанға орнақты толтыру кезінде 10 орамнан артық емес оралады және жұмыс процесінде бұл сым саны өзгеріссіз қалады. Қандай да бір сым тозған немесе басқа қоздыру

әсері пайда болған жағдайда жетекті электр қозғалтқыштарының айналу жиілігі орнақтың кез келген жерінде металдың секундтық көлемінің тұрақтылығын қамтамасыз ететіндей реттегіш-ілемектер арқылы өзгереді.



1.7 сурет - Үздіксіз n-еселенген тура ағынды сымдау орнағының технологиялық желісі



1.8 сурет – Ілмекті және тура ағатын сымдау орнақтары блоктарының кинематикасы

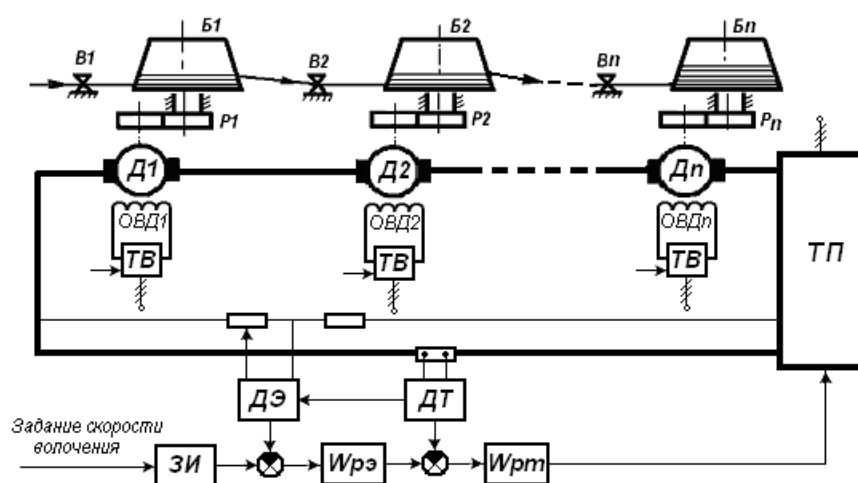
Тура ағынды сымдау орнақтарында сым тікелей барабаннан кейінгі сымдауышқа аралық майысусыз компенсациялық аунақшалар арқылы беріледі. Мұндай орнақтар ілмектермен салыстырғанда бірқатар технологиялық артықшылықтарға ие, атап айтқанда: сымдаудың жоғары жылдамдығымен, құрылымның қарапайымдылығымен, сымның айтарлықтай аз иілу санымен, қызмет көрсету ыңғайлылығымен, процестің жоғары п.э.к.

Бұрынғы Бүкілодақтық металлургиялық машина жасау ғылыми-зерттеу институтында (ВНИИМЕТМАШ) жүргізілген зерттеулер негізінде электр қозғалтқыштарының зәкірлерін бастапқы генератор - қозғалтқыш (Г-К) жүйесі

бойынша қоректендірумен тізбектей қосылған тура ағынды сымдау орнағы (ТСО) жобаланды, ал кейіннен тиристорлы түрлендіргіштен метиз өнеркәсібінде болат сымдарды өндіру кезінде кеңінен қолдану табылған. Бұрынғы Кеңес Одағы аумағында тура ағынды сымдау орнақтарын құрудың үлкен тәжірибесі Алматы ауыр машина жасау зауытына да тиесілі (бүгін Алматы қ. Қазақстан Республикасы).

Бұл орнақтар ірі мамандандырылған өндірістер жағдайында өзін болашағы зор жоғары өнімді созу жабдығы ретінде көрсетті.

Электр қозғалтқыштарының зәкірлерін тізбектей қосумен көп ретті сымдауды тура ағатын орнақтың тұрақты тогының электржетегі, ол 1.9 суретте көрсетілген электрлік дифференциал схемасы бойынша электржетегі деп аталады.



1.9 сурет – Электр дифференциал схемасы бойынша тура ағатын сымдау орнағының электржетегі

Орнақ n блоктардан жасалған, олардың әрқайсысы тиісінше B сымдауышын, B тартқыш барабанын, P редукторын, тұрақты ток D электр қозғалтқышын, $ТВ$ тиристорлық реттегішіне қосылған $ОВД$ қоздыру орамынан тұрады. Электрқозғалтқыштардың зәкір шынжырлары жалпы тиристорлы түрлендіргіштен $ТП$ -дан қоректенген. Кері байланыс шынжырына $ЭД$ э. қ. к датчигі және $ТД$ ток датчигі қосылған. Жұмыс жылдамдығына дейін орнақтың сына қарқыны $ҚД$ қарқындылық датчигімен қамтамасыз етіледі.

Электржетегімен басқару жүйесі реттеудің сыртқы контурымен э.д.с және токтың ішкі контуры бар координаттарды бағынышты реттеу принципі бойынша орындалады. Бұл электржетектің басты ерекшелігі, барабандар арасындағы механикалық байланыс болу кезінде сымдау процесін өзін-өзі реттеуді қамтамасыз ету болып табылады. Мұндай механикалық байланыспен сымдау орнағында, бір мезгілде бірнеше сымдауыштарда өнделетін сым болып табылады. Сымдау процесі тиісті жетекті қозғалтқыштардың қозу

ағынының өзгеруін кең шектерде белгілеуге болатын артқы тартулар болған кезде жүргізіледі [17].

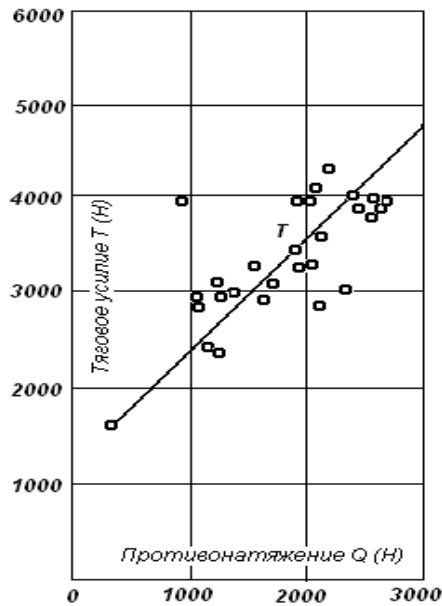
Сымдау жылдамдығын реттеу тізбектей қосылған зәкірге келтірілетін кернеуді өзгертумен жүзеге асырылады. Келтірілген кернеуді өзгерткен кезде сипаттамалардың параллель ығысуы және қарсы тартылу орын алады, өз мәнін сақтайды.

Жүктеме моментінің өзгеруі кезінде жылдамдық арақатынасын сақтай отырып, сәйкесінше қарсы тартуда өзгереді. Мысалы, сымдардың тозуы немесе өңделетін сымдардың механикалық қасиеттерінің әртектілігі салдарынан сымдау жағдайлары өзгерген жағдайда қарсы тартуларға тиісті өзгеріс болады, бұл өз кезегінде қозғалтқыштардың зәкірлеріндегі кернеуді қайта бөлуге әкеледі. Қозғалтқыштардың қысқыштарындағы кернеуді қайта бөлу айналу жылдамдығы қысудың жаңа режиміне сәйкес орнатылатындай бағытта жүреді. Қозғалтқыштардың айналу жылдамдығы, сымдауыштарда қысудан кейін сымдардың созылуына сәйкес автоматты түрде орнатылуының арқасында, орнақты басқару схемасымен жеткілікті икемді болады. Ол сымдардың әр түрлі бағыттарымен сымдауды жүзеге асыруға мүмкіндік береді. Тәжірибеде осындай жүйелерді қолдану арқылы сымдау жылдамдығын 20 м/с дейін және одан да көп көтере алды.

Осылайша, қарсы тарту тартқыш барабандар арасындағы синхрондау байланысының рөлін атқарады және әртүрлі ауытқулар кезінде сымдау процесінің тұрақтылығын қамтамасыз етеді. Қарсы тарту шамасын реттеу қозғалтқыштың магнит ағынын өзгерту жолымен мүмкін және қозғалу ағыны аз, яғни қарсы тартылу электр қозғалтқышының сымдау жүрісі бойынша кейінгі артық электромагниттік моментті сәттен пайда болатын қозғалтқыш болып табылады [17,18].

Алайда, осы орнақтарда жүргізілген зерттеулер электр дифференциал схемасы бойынша электр жетегіндегі өзін-өзі реттеу статикалық режимде қарсы тартуды тұрақтандыру қателігі $\pm 50\%$ дейін жетуі мүмкін екенін көрсетеді [17,18]. Динамикалық жұмыс режимінде (іске қосу, тоқтату немесе басқа жылдамдыққа ауысу) қарсы тартылу түпкілікті жоғалуы мүмкін, не өңделетін металдың ағымдылық шегінен асып кетуі мүмкін, бұл сөзсіз авариялық режимге және, ең ақырында, сымның үзілуіне алып келеді.

Айтылған себептер бойынша қажетті технологиялық режим ұсталуы мүмкін емес және қарсы тартулар T тартымдық күшінен 40-50% деңгейінде орнатылуы тиіс, оларды таңдау сымдаушының тәжірибесіне байланысты. 1.10 суретте өнеркәсіптік жағдайларда алынған эксперименталды деректерден алынған $T=f(Q)$ графигі келтірілген.



1.10 сурет – Орнақтың жұмыс режимдерінде $T=f(Q)$ графигі

Графиктен берілген қарсы тарту көрсетілген шектерде тұратыны көрінеді. Алайда, 10-30%-дан асатын қарсы тартылымдар кезінде орнақ режимі T -дан барлық блоктарға ауытқулардың берілуімен сипатталады. j блокта M_0 моментінің өсуі, $j+m$ және $j-m$ блоктарында өсуін тудырады.

Ең нашар жағдайларда, кіріс әсерлерінен қарсы тартылудың ауытқуы ең жоғары болатын, шеткі блоктары бар. Мұнда қарсы тартылымдардың лақтырымдары тартылыс күшінен 90-100% жетуі мүмкін. [18] көрсетілгендей, тартымдық күштің 70-80% кезінде үзілу ықтималдығы үлкен болады.

1.3-кестеде ауытқулық әсерлерден қарсы тартылымдардың өсуі бойынша эксперименттік деректер келтірілген.

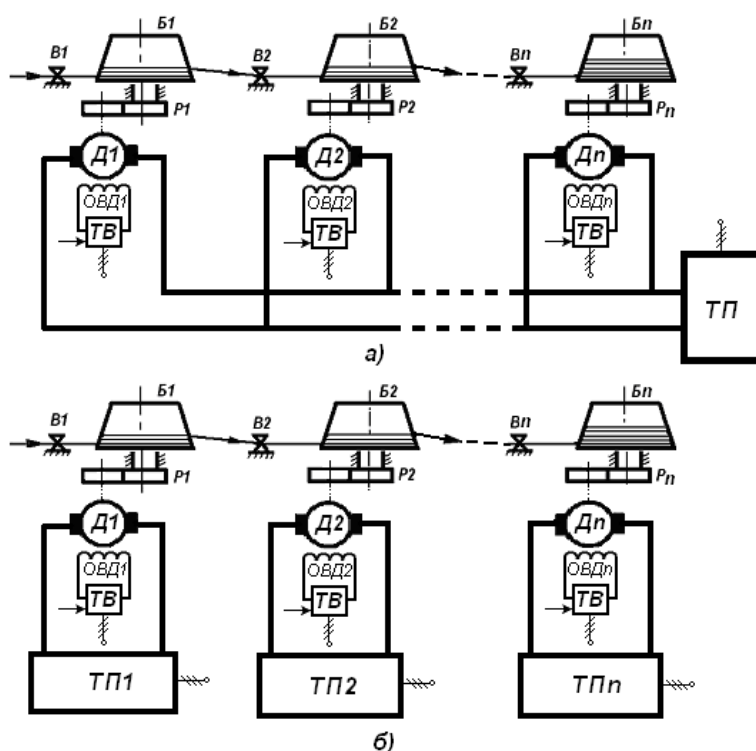
1.3-кесте – Ауытқулық әсерлерден қарсы тартулардың өсуі

| Блоктар бойынша ауытқулар | Қарсы тартудың өсуі, Н | | | |
|---------------------------|------------------------|--------|--------|--------|
| | 1 блок | 2 блок | 3 блок | 4 блок |
| 1-ші | 2740 | 1620 | 870 | 350 |
| 2-ші | -500 | 870 | 500 | 350 |
| 3-ші | -1400 | -960 | 1620 | 750 |
| 4-ші | -1380 | -1120 | -870 | 370 |

Жоғарыда анықталғандай, технологиялық процесті тек тұрақтандырып қана қоймай, және де синхрондау сәтінің рөлінде әрекет етеді. Зерттеу нәтижелері тура ағынды сымдау орнақтарында (ТСО) өздігінен синхрондаумен электржетектің қолданылу шектерін анықтайтын қарсы

тартылудың мұндай қос ролын растайды, сондықтан беріктігі үлкен сыммен және сәйкес сымдау геометриясымен [4,10,17,18] салыстырмалы түрде шағын қысу кезінде жұмыс істей алатын. Сонымен қатар 3 және одан да көп ауысулар саны бар үлкен еселік орнақтар үшін не жоғары вольтты көздерді не маңызды кемшілік болып табылатын арнайы орындалатын қозғалтқыштарды пайдалану қажет.

Күштік жартылай өткізгішті техниканы дамыту өндірісті одан әрі қарқындандыру жағдайында экономикалық және техникалық неғұрлым орынды болып табылатын схемалар бойынша автоматтандырылған электр жетектерін әзірлеу және қолдану үшін перспективалар ашты. Атап айтқанда, бұл ТСО жетекті электр қозғалтқыштарының параллель және жеке қоректену кезінде көп қозғалтқышты электр жетегіне қатысты (1.11 сурет).



1.11 сурет – Электр қозғалтқыштардың жеке (б) және параллель (а) қоректену кезіндегі ТСО электржетегі

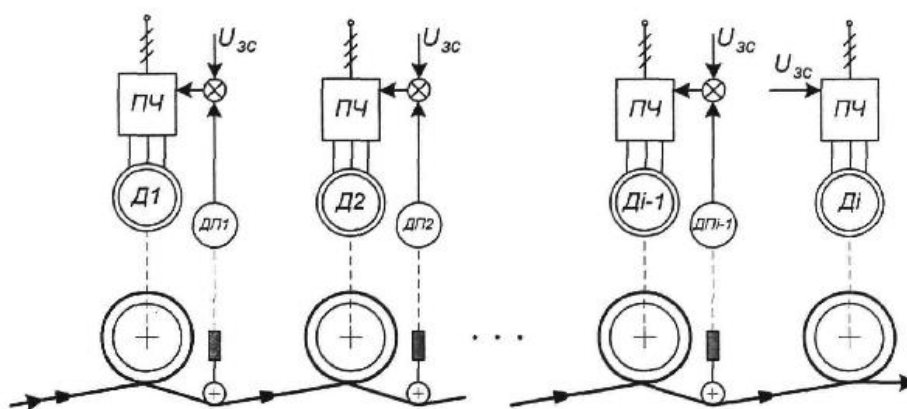
1.11, а және 1.11, б суреттерінде көрсетілген схемалар бойынша электржетектері үшін, сондай-ақ, схемалар сияқты (1.9 сурет) электржетектің және технологиялық процестің өзара байланысын көрсететін тендеулер әділ болып табылады. Сонымен қатар, сым арқылы сымдау блоктарының жылдамдығы бойынша қатты байланыс болған кезде орнақтың жетекті электр қозғалтқыштарын қосу схемасына қарамастан, қарсы тарту моменттің ΔM_Q өсуі сымдау моментінің $\Delta M_0 - \Delta M_j$ өсуімен тең. Бұл [18,19] да алынған қорытындыға сәйкес. Осылайша, сымдау сәтінің өзгеруіне жүйенің реакциясы ТСО электржетегінің қарастырылған схемаларына ұқсас.

Алайда, жетекті Электр қозғалтқыштарының параллель қосылған орнақтарында басқару электромагнитті тұрақты уақытпен қоздыру орамасының арнасында ғана мүмкін болғандықтан, айтарлықтай инерциялықты жасайтын электр жетегінің төмен тезәрекеттігі бар. Нәтижесінде жиі жоғары жиілікті ауытқуларды дер кезінде оқшаулау мүмкін емес және сол арқылы сымды үзуге жетекші алдыңғы қарсы тартулар Q және кері тартылулар N болдырмау мүмкін емес .

Қосудың параллель схемасымен салыстыруы бойынша қозғалтқыштардың жеке қоректендірудің артықшылығы, басқару жүйесінің сыртқы кері байланыс үшін икемді құрылымы бар және қысқа тұйықталған ротормен асинхронды қозғалтқыш статорының шынжыры бойынша басқарылатын ауыспалы токтың электр жетегінде ЖТ-АҚ базасында немесе ТТ-Қ схемасы бойынша тұрақты токтың электр жетегінде зәкірлер шынжыры бойынша қозғалтқыштарды басқару есебінен электр жетегінің жоғары жылдам әрекетінде болып табылады [20,21].

1.12 суретте ЖТ-АҚ схемасы бойынша қазіргі заманғы ілмекті сымдау орнағының электржетегінің схемасы келтірілген. Металдың секундтық көлемін және жетекті қозғалтқыштардың синхрондау жылдамдығын бақылайтын элемент ретінде пневможетегі бар аунақша пайдаланылады.

Аунақша берілген жағдайдан ауытқыған кезде осы аунақшаның тетігіне орнатылған жақындау датчигі жиілік түрлендіргішінің кіруіне әсер ететін сигнал қалыптастырады. Әсер алдыңғы барабанның қозғалтқыш жылдамдығы орнақтың бақыланатын орнында металдың секундтық көлемін түзететіндей және қалпына келтіретіндей ретінде жүзеге асырылады. 15...25 м/с сымдау жылдамдығы кезінде аунақшаның жүрісі 50 мм аспайды.



1.12 сурет - Қозғалтқыштарды жеке қоректендірумен электр жетегінің ірілендірілген функционалдық схемасы

Алматы ауыр машина жасау зауытымен (ААМЖЗ), басқарудың біріздендірілген тораптарын және тиристорлы түрлендіргіштерді қолдана отырып, сымдау орнақтарының типтік электржетегі құрылып, өндіріске енгізілді. Сонымен қатар, белгілі қоректену схемалары қолданылады: ВС-3/4-

550, ВС-6/7-550, ВМЭП-4-350/450, ВМЭП-6-350 орнақтарда тізбекті немесе электр қозғалтқыштарының зәкірлерін бір жалпы қоректендіру көзіне параллель біріктіру және әрбір электр қозғалтқышты ВПЦ-3/4-550 орнақтарында өз қоректендіру көзіне жеке (блокты) қосу. Мұндай жетегі бар орнақтар 2009 жылы "Белорец металлургия комбинаты" ("Koch" фирмасы) ААҚ және "Уралқорд" ("Метиз өндірісінің теориясы мен технологиясы" фирмасы, Орел қ.) ЖАҚ жағдайында, 2012 жылы "Орал претизионды қорытпалар зауыты" ЖАҚ ("Koch", "MarioFrigerio", "TeamMecanica" фирмалары), Өскемен, Шымкент және Балқаш зауыттары (Алматы қ., Қазақстан Республикасы, ААМЖЗ) жағдайында пайдалануға берілді.

Баяндалғанның негізінде, қолданыстағы ТСО көп қозғалтқышты электржетегі жетекті электр қозғалтқыштарын автоматты реттеу жүйесінсіз созудың күштік параметрлерімен, атап айтқанда керуге қарсы реттеу схемасына қарамастан, технологияның қазіргі заманғы талаптарын қанағаттандырмайды деп айтуға болады. Біріншіден, сымның жоғары үзілуінен сымдалу жылдамдығын арттыру мүмкін емес, демек, орнақтың өнімділігін де. Екіншіден, электр энергиясының тиісті үнемдеуін алу.

1.2.3 Бірқатар жылдар бойы бізде де, шетелде де сымдаудың күштік параметрлерін автоматты тұрақтандыру жүйелерін құру бойынша және оларды оңтайландыру технологиялық процестің заманауи талаптарын қанағаттандыратын жұмыстар жүргізілуде. Бірінші кезекте бұл жүйелер қарсы тартулардың талап етілетін оңтайлы шамаларын автоматты баптауды және берілген деңгейден 10% - дан астам шектерде ең аз ауытқулар кезінде оларды тұрақтандыруды қамтамасыз етуі тиіс. Бұл өз кезегінде сымдау жылдамдығын арттыруға, салқындату жағдайын жақсартуға және созу құралының беріктігін, одан жасалатын метиз бұйымдарының шығарылатын өнімінің сапасын арттыруға мүмкіндік береді [11,12,13,14].

ТСО басқару жүйесін құру екі бағытта жүргізіледі: сымдау процесінде күштік параметрлерді тікелей өлшеу датчиктерін (толық ақпаратты жүйелер) пайдалана отырып және күштік параметрлерді жанама бақылау жолымен (толық емес ақпаратты жүйелер). Теориялық тұрғыдан, толық ақпаратпен басқару жүйелері басқа жүйелермен салыстырғанда бірқатар артықшылықтарға ие. Олардың базасында электронды автоматика құралдарын кеңінен пайдалана отырып, сымдау орнақтарының автоматтандырылған электржетегін құру саласында жұмыстар жүргізілуде. Мысалы, Hi-DrawMachineryLtd фирмасы. Компьютерлік жүйелердің көмегімен синхрондауды қамтамасыз ететін сымдау орнағының автоматты реттеу жүйесін құрды. Davis-Standart фирмасы микропроцессоры бар сымды өндіру желілерінде бақылау жүйесін қолданады. Алайда, толық ақпараты бар ТСО басқару жүйелерін өндіріске енгізу әрекеттері сымдаудың күштік параметрлерінің жоғары сенімді датчиктерінің жоқтығынан сәтсіз аяқталды. Осының салдарынан сымдаудың күштік параметрлерін жанама бағалау тәсілдерін іздестіру және толық емес ақпараты бар жүйелерді әзірлеу қажеттілігі туындады.

Толық емес ақпараты бар басқару жүйелері , металдарды өңдеу және сымдау жабдығын автоматтандыру саласындағы жетекші кәсіпорындарда, сондай-ақ ғылыми және ЖОО-да әзірленеді [14]. Әзірленген реттеу жүйелерінің негізгі мақсаты сымдаудың күштік параметрлерін тұрақтандыру болып табылады.

Жалпы жағдайда, қазіргі уақытта электржетегімен әзірленген ТСО басқару жүйелерін шартты түрде үш топқа бөлуге болады.

Бірінші топқа секунд көлемдерінің тұрақтылығын сақтау жағдайларынан қозғалтқыштардың айналу жиілігін реттеу жүйелері жатады. Мысалы, [22] жұмыста ілмек орнақтың жылдамдығын реттеу жүйесі сипатталған. Ілмектің жағдайы қоздыру орамасының тогымен анықталатын тиісті блок қозғалтқышының айналу жиілігінің өзгеруімен реттеледі және әрбір блок жылдамдығы бойынша кері байланысқа ие. Кейбір жұмыстарда барлық ілмектердің жағдайын есепке алу үшін көпүйектілік пайдаланатын және сол арқылы ілмектің берілген жағдайдан артық ауытқуын азайтатын, ілмекті орнақтың блоктарының жылдамдықтарының көп байланысты реттеуі жүйесі ұсынылған.

Сымдау орнағының жылдамдықты автоматты реттеу жүйелерінің қарастырылған негізгі кемшіліктері болып табылады:

- сымдау процесінің технологиялық параметрлерін реттеудің болмауы, бұл қарсы тартуға сымдау артықшылықтарын пайдалануға мүмкіндік бермейді, өйткені оның шамасы ілмекті реттегіш тетік серіппесінің кішкене және тұрақты серпімділігімен ғана анықталады. Ілмекті сымдау орнағы блоктарының жылдамдығын реттеу ілмектің (жылдамдықты) басқа блоктарда жағдайын және олардың басқару әсерін ескерместен жүргізіледі;

- электр механикалық жүйенің серпімді байланыстарын және сымдардың серпімділігін есепке алудың болмауы.

Екінші топқа сымдау процесі туралы ақпарат беретін датчиктері жоқ тура ағатын сымдау орнақтарының сұрыптары АРЖ жатады. Сондықтан бұл машиналар негізінен созылмалы блоктардағы сәттерді реттеу жүйелерімен жабдықталған [22,23]. Бұл орнақтарда барлық қозғалтқыштардың зәкірі тізбектей қосылған, соның салдарынан қозғалтқыштардың электр қозғалатын күшінің (ЭҚК) сомасы тұрақты. Жылдамдықтардың арақатынасы мен қозғалтқыштардың сәттерінің шамалары қозу ағынымен беріледі. Сымдау барабандарының бірінде жүктемені өзгерту кезінде осы қозғалтқыштағы ЭҚК шамасы өзгереді, сәт сымдау күшінің өсу белгісіне байланысты азаяды немесе артады, бұл тиісінше блоктың жылдамдығын және содан кейін бүкіл машинаны ауыстырады. [23] Жұмыста сымдау барабандарында тартымдық күштерді тұрақтандыру қарастырылады. Машинаны сыммен жады блоктарымен толтыру кезінде сымдау орнағының жұмысы кезінде сәттерді тұрақтандыруға арналған қондырғы болып табылатын қозғалтқыштардағы сәттер есте қалады.

Сәттерді реттеу жүйелері мынадай негізгі кемшіліктерге ие:

- қарсы тартылымдардың шамасы дәл реттелмейді және сымды ұзу болатын кең шектерде ауытқуы мүмкін;

- реттеу кезінде сәттердің динамикалық құрамдас бөліктері ескерілмейді, соның салдарынан өтпелі режимдерде қарсы тартылу шамаларының мәндері рұқсат етілген мәндерден асып түсуі мүмкін.

Бұл кемшіліктер, сондай-ақ бұрын сипатталған тікелей ағынды орнақтардың өзін-өзі реттеу жүйелеріне тән.

Ауытқу бойынша N сымдау күші немесе сымның қарсы тартылуын тұрақтандыру Q жүзеге асырылатын реттеу жүйесінің үшінші тобы ерекше назар аударуға тұрарлық. Бұл жүйелердің жұмыс алгоритмі сымдау процесінің күштік параметрлерінің өзара байланысы теңдеулеріне негізделген. Бірінші жағдайда қарсы тартулар әрбір сымдауыштың алдында орнатылған арнайы датчиктермен өлшенеді және берілген мәндермен салыстырылады. Салыстыру нәтижесі қоздыру орамасы арнасы арқылы немесе зәкір шынжыры бойынша қозғалтқышқа әсер ететін басқару жүйесіне беріледі. Екінші жағдайда датчиктермен сымдау күшін немесе металдың сымдауышқа қарсы тартылуын және қысымын өлшейді. Бұл жүйенің негізінде ауытқу бойынша сымдау күшін реттеу принципі жатыр.

Әдебиетте, сондай-ақ сымдау күшін тұрақтандыру жүйесін құру әрекеті, тура ағынды сымдау орнағын бейімделме басқару туралы ақпарат бар [24,25]. Бірақ жоғарыда көрсетілген кемшіліктерге байланысты мұндай жүйелер кең өнеркәсіптік қолдану тапқан жоқ.

Динамикалық бағдарламалау әдісімен тура ағынды сымдау орнағында қарсы тартылу тұрақтандырудың оңтайлы жүйесін құру туралы мәселе жұмыста қаралды [26]. Динамикалық бағдарламалау теңдеуін шешу және Ляпуновтың функциясын табу нәтижесінде реттеу заңы анықталды және қарсы тартылу тұрақтандырудың оңтайлы жүйесінің схемасын көрсетті. Қарсы тарту туралы ақпарат алу үшін сымдауышқа қысым датчигі қолданылады. Алайда, соңғы уақытқа дейін бұрын белгіленген жеткілікті сенімді датчиктердің болмауы, сымдау күшін жанама бағалау тәсілдерін іздестіруді талап етеді. Толық емес ақпараты бар мұндай жүйелердің кемшіліктеріне салмақ коэффициенттерін дұрыс таңдау күрделілігін жатқызуға болады, бұл сымдау орнақтарында оңтайлы қарсы тартылуды орнатуға мүмкіндік бермейді, ал бұл өз кезегінде өнім бірлігіне энергия шығынының артуына әкеледі. Бұдан басқа, сымдардың серпімді байланыстарын, әсіресе серпімді қасиеттерін есепке алудың болмауы, оны сымдау кезінде кинематикалық беру мен сымдау айтарлықтай динамикалық жүктемелердің туындауына алып келеді, бұл созу жабдығының сенімділігі мен өнімділігін төмендетеді. Барлық қаралған жүйелерге тән көрсетілген кемшіліктермен қатар тәуелсіз қозудың тұрақты тогының электржетегін басқару мүмкіндігі толық көлемде пайдаланылмайтыны, атап айтқанда, сымдау орнағының қажетті статикалық және динамикалық сипаттамаларын қалыптастыру мақсатында қозғалтқыштың магниттік өрісін басқарудың

қосымша мүмкіндігі зерттелмейтін фактісі де орын алады. Сонымен қатар, әртүрлі секциялардың электрқозғалтқыштарының қоректену көзі арқылы машиналардың түрлі секцияларының өзара байланысы есепке алынбайды. Сонымен қатар, қоректендіру схемасына байланысты әртүрлі секциялардың электрқозғалтқыштарының қоректену көзі арқылы машиналардың түрлі секцияларының өзара байланысы есепке алынбайды.

Осылайша, күштік жартылай өткізгіштік техниканың дамуына байланысты қазіргі уақытта энергиялық тиімді орнақтың асинхронды жиіліктік-реттелетін электржетегінің ЖТ-АҚ схемасы бойынша пайдалану мүмкіндігі пайда болды, ол реттеудің кең ауқымынан басқа, мұндай жоғары көрсеткіштерге ие: п.э.к. сенімділік және тезәрекеттік [20]. Бұл жағдайда қарсы тартуларды тұрақтандыру жүйесін қолдану орынды, оның алгоритмі сымдау процесінің күштік параметрлерінің өзара байланысы теңдеулерінде салынуы тиіс. Сонымен қатар, қарсы тартулардың берілген және нақты мәндері арасындағы салыстыру сигналы ЖТ-АҚ схемасы бойынша электржетектің АБЖ-ға беріледі [21].

1.3 Қарсы тартумен сымдаудың энергия тиімділігін талдау

Сымдау теориясы бойынша кең таралған әдебиетте [1-7] деформацияның энергия күштік жағдайлары сымдау кернеуіне әртүрлі факторлардың әсер ету заңдылықтарын сипаттау негізінде қарастырылады. Деформация ошағындағы күштердің тепе-теңдігі қарастырылады. Алайда, келтірілген пайымдаулар статикалық режимдерде сымдау процесінің күштік параметрлерін анықтау кезінде инженерлік есептеулер үшін жеткілікті дәлдікті берсе де, бірақ энергияны сақтау заңымен әрқашан барабар түзетілмейді, сондықтан оларды процесс динамикасын талдау кезінде пайдалануға мүмкіндік бермейді және нақтылауды талап етеді.

Сымдау процесі қуаттарының теңгерімі энергияны сақтау заңының негізінде анықталуы мүмкін және мынадай түрде жазылған

$$N_T - N_Q = N_\Phi + N_{y\delta} + N_m + N_{\delta\delta} + N_{\delta p}, \quad (1.6)$$

мұндағы N_T – сымның алдыңғы шеті арқылы күшпен созылатын Т деформация ошағына берілетін қуат;

N_Q – сымның артқы шеті арқылы қарсы тартумен Q деформация ошағына берілетін қуат;

N_Φ – металдың пішінінің (созылымына) өзгеруіне жұмсалатын қуат;

$N_{y\delta}$ – сымдауыштағы сымдардың серпімді деформациясына жұмсалатын қуат;

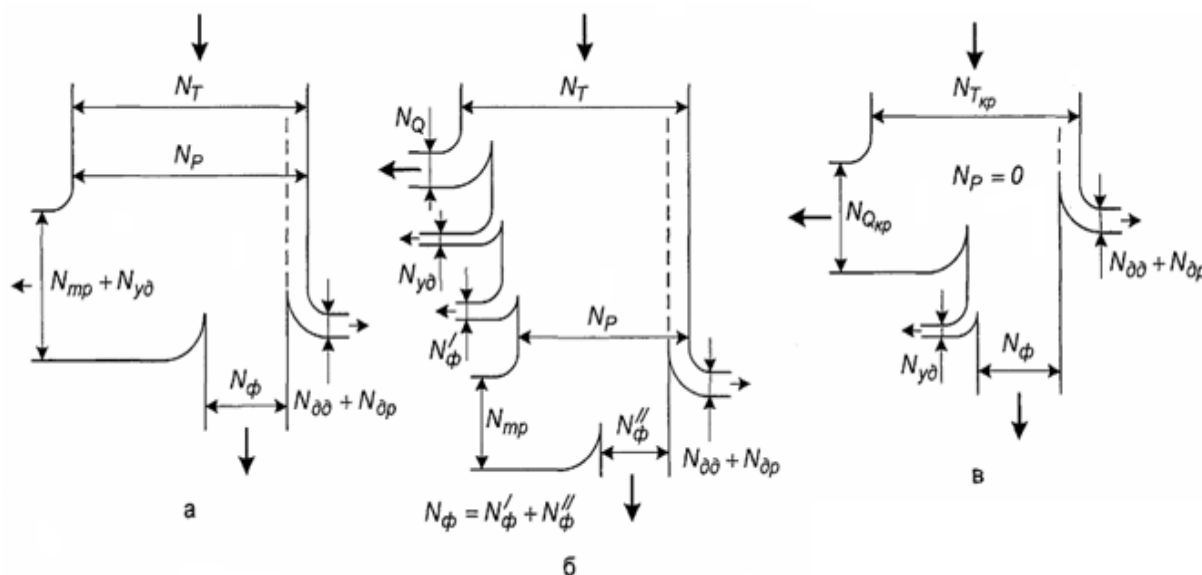
N_m – сымдауышпен өңделетін металдың түйіспелі бетінде сырғытудың үйкеліс күшінің қуаты (оның конустық N_m^I , және калибрлеу N_m^{II} бөліктері яғни, $N_m = N_m^I + N_m^{II}$);

$N_{\partial\partial}$ – сымдауыш арнасының формасына байланысты, қосымша деформациялар (жылжулар) жасауға жұмсалатын қуат;

$N_{\partial p}$ - қуаттың басқа түрлері (өңделетін сымның кинетикалық энергиясының өзгеруіне және т. б.).

Қосымша деформация $N_{\partial\partial}$ қуатымен одан әрі пайымдаулар кезінде қуаттың басқа түрлерімен $N_{\partial p}$ олардың елеусіз шамасына қарай еледеледі.

Сымдау процесінің энергетикасына созылатын материалдың физикалық-механикалық қасиеттерінен, оның деформация дәрежесінен, беттің сапасы мен құралдың геометриясынан басқа деформация ошағының алдында сымға салынатын тартылу күшінің шамасы елеулі әсер етеді [5,6,7]. 1.13 суретте сымдау процесінің энергетикалық диаграммалары келтірілген, мұндағы: а - қарсы тартусыз; б - қарсы тартылу қосымшасымен; в - сыни мәнге тең қарсы тартумен.



1.13 сурет – сымдау процесінің энергетикалық диаграммалары:

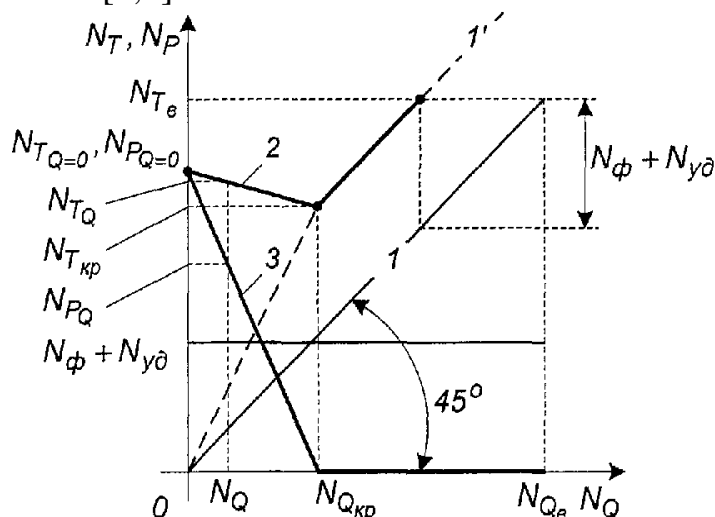
Деформация ошағына сымдау күшімен жеткізілетін қуат, қарсы тартылу болмаған кезде (1.13 сурет, а) ошаққа толығымен салынады, онда пішіннің өзгеруін жасай отырып және жылу түрінде бөлінеді. Пішін өзгеруінің қуаты өңделетін сымдардың қасиеттеріне, оның бастапқы және соңғы өлшемдеріне және созылу жылдамдығына байланысты және сыртқы күштерге, атап айтқанда, қарсы тартылымға байланысты емес.

Басқа қуаттар - үйкеліс күші, серпімді деформация қарсы тартылуына байланысты. Осылайша, серпімді деформация күшінің қуаты деформация ошағынан шығарылуы мүмкін. Шынында да, артқы тартылу кезінде өңделетін сым серпімді деформацияланған күйде ошаққа кіреді. Қарсы тартылым күші жеткілікті болса, бұл қуат ошаққа дейінгі аралықта сым толығымен берілуі мүмкін. Үйкеліс күш қуаты артқы тартылымға байланысты өзгереді. Егер соңғысы өңделетін металдың пластикалық деформациясы үшін жеткілікті шамаға жетсе, онда кіші диаметрлі сым сымдауышына кіреді. Сонымен қатар,

түйіспелі бетінің ауданы азаяды және сәйкесінше үйкеліс күшінің қуаты азаяды. Бұл жағдайда қарсы тартуға қосымшасы сымдау күшінің азаюына да әкелуі мүмкін (1.13,в сурет).

Алайда, егер қарсы тартудың қуаты артқы қарсы тартусыз сымдау кезінде сымдауышқа метал қысымының қуатына тең шамадан асып кетсе, онда оның өсуі сымдау күшінің қуатына толығымен қосылатын болады.

1.14 суретте сымдау процессіндегі қуаттар арасындағы тәуелділіктер көрсетілген [6,7].



1.14 Сурет - Сымдау процесіндегі қуат арасындағы тәуелділіктер

Қарастырылып отырған жағдайда $N_{\partial\partial}$ және $N_{\partial p}$ қуаттарымен ескерілмейді. Тура 1 сымдауыш болмаған және қандай да бір деформация (серпімді және пластикалық) болмаған кезде сым сымдау күшінің өзгеруін сипаттайды. Нүкте $(N_{Q_e}; N_{T_e})$ сым үзілуінің күшіне сәйкес келеді, яғни

$$N_{Q_e} = N_{T_e} = \sigma_e^{ex} \cdot S_{II}^{ex} \cdot V_{II}^{ex} . \quad (1.7)$$

1 қисығы серпімді және пластикалық деформацияларды ескере отырып салынған.

Сымдау процесінің энергетикалық диаграммасының жоғарыда келтірілген талдауына сәйкес, сымдау күшінің тәуелділігі аппроксимацияланған қисықпен 2 берілген. Бұл қисықтың үш тән нүктесі бар. Біріншісі - $(0; N_{T_{Q=0}})$ координаттары бар – қарсы тартылусыз сымдау процесін сипаттайды. Екіншісі - $(N_{T_{кр}}; N_{Q_{кр}})$ координаттары бар - сымдауышта пластикалық деформация жүзеге асырылатын шекаралық нүкте болып табылады, ал одан кейін жоқ.

Басқаша айтқанда, бұл нүктенің оң жағында металл деформациясы толығымен ошақтан тыс сипатқа ие. Оның координаттары мынандай болып анықталуы мүмкін

$$N_{Q_{кр}} = \sigma_{0,2}^{ex} \cdot S_{II}^{ex} \cdot V_{II}^{ex} ; \quad (1.8)$$

$$N_{Tkp} = \sigma_{0,2}^{ex} \cdot S_{II}^{ex} \cdot V_{II}^{ex} + N_{\Phi} + N_{y\delta}. \quad (1.9)$$

Қарсы тарту мен сымдау күштерден қуатты жіберу кезінде

$$\sigma_{0,2}^{ex} = \sigma_{0,2}^{bylx} \quad (1.10)$$

серпімді деформацияның және пішін өзгерту қуаттары сомасының шамасына ерекшеленетінін атап өткен жөн

$$N_{Tkp} = N_{Qkk} + N_{\Phi} + N_{y\delta} \quad (1.11)$$

және де дәл осы жағдай 1.14 суретте көрсетілген.

Сымдау күшінің қисық үшінші сипатты нүктесі үзілімнің күшіне сәйкес келеді. Оның координаттары мынандай түрде анықталады

$$\begin{cases} N_{T\epsilon} = \sigma_{\epsilon}^{ex} \cdot S_{II}^{ex} \cdot V_{II}^{ex} \\ N_{Q\epsilon} = N_{T\epsilon} - N_{\Phi} - N_{y\delta} = \sigma_{\epsilon}^{ex} \cdot S_{II}^{ex} \cdot V_{II}^{ex} - N_{\Phi} - N_{y\delta} \end{cases} \quad (1.12)$$

Қисық 3 қарсы тартылу шамасына байланысты сымдауыш қысымын сипаттайды және қуаттардың тепе-теңдік шарттарына сәйкес салынған, және де ол мынандай түрде жазылған

$$N_p = N_T - N_Q, \quad (1.13)$$

сондай-ақ металдың деформациясының сымдауыштан тыс біркелкі ауысуын есепке ала отырып салынған.

Сымдау процесіне қарсы тартылу әсерінің келесі факторларын атап өтуге болады:

– Қарсы тартылудың қуатын біраз сын мәнге дейін арттыра отырып, үйкеліс шығынының жоғалуына байланысты сымдауыш (N_p) қысымының нөлге дейін төмендеуі орын алады. Бұл сөзсіз сымдауышпен сым диаметрлерінің арасындағы ең жақсы келісумен сымдауыштағы қатты қысқыш кернеулердің азаюы салдарынан созудың температуралық-жылдамдық режимінде де, сымдардау құралдарының беріктігіне де оң әсер етеді.

– Критикалық мәннен аспайтын шамаға қарсы тартылуды қолданғанда, сымдау күшінің қуаты (N_T) азаяды, бұл қарсы тартылу қуатын пайдалы пайдалану жағдайында п. э. к. сымдау процесінің жоғарылауына әкеп соқтыруы мүмкін. Сонымен қатар, бұл өту үшін бірен-саран қысуды

арттыруға және қиын деформацияланатын болат маркаларын өңдеуге мүмкіндік береді.

– Кері тартылу қуаты өзінің сыни мәнінен жоғары болған кезде, соңғысының өсуі п. э. к. процесіне әсер етпейтін, бірақ өңделетін сымның үзілуіне алып келетін сымдау күшінің пропорционалды ұлғаюына әкеледі.

Демек, қарсы тартумен сымдау кезінде энергияны үнемдеу алынады[5] және бұл жағдайда шарт сақталуы тиіс

$$1 < \mu_n < \frac{P_{Pn}}{P_{Pn} - P_{0n}}, \quad (1.14)$$

мұндағы P_{Pn} – қарсы тартумен сымдауышқа кіргенге дейінгі үзілу күші;

P_{0n} – қарсы тартылусыз сымдау кезіндегі сымдауышқа қысым;

μ_n – созу;

n – сымдау орнағының еселігі.

Сонымен, тура ағынды сымдау орнақтарында қарсы тартуларды қолдану әр сымдауышта созудың өзгеру шектері μ_n теңсіздікке жауап беретін барлық жағдайларда энергияны үнемдеумен сүйемелденеді (1.14), және бұл үнемдеу орнақтың еселігі жоғары болған сайын және қарсы тартылу шамасы көп болған сайын жоғары болады.

ЭЕМ-де бақылау үлгісі ретінде 08кп болаттан жасалған сымдарды созу кезінде ВС6-7/550 6 еселенген созу орнағының күштік параметрлері есептелді. Бастапқы деректер 1.4-кестеде келтірілген, мұндағы 1-6 – сымдауыш және барабандардың нөмірлері, 0 – бастапқы созба сым.

1.4 кесте - Зерттелетін бағыттың сымдау параметрлері

| Параметрлері | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|------------------------------------|-----|------|------|------|------|------|------|
| Сым диаметрі, мм, | 5,4 | 4,3 | 3,7 | 3,1 | 2,6 | 2,2 | 1,9 |
| Беріктік шегі, σ_b , МПа, | 400 | 480 | 520 | 600 | 680 | 740 | 780 |
| Созу μ , | - | 1,45 | 1,67 | 1,28 | 1,43 | 1,42 | 1,39 |
| Қарсы тартылусыз сымдауышқа қысым, | - | 5,05 | 2,9 | 2,7 | 2,13 | 1,61 | 1,15 |
| , кН, | - | 2,7 | 4,4 | 5,7 | 8,1 | 11,5 | 6,0 |
| Сымдау жылдамдығы, м/с. | | | | | | | |

Тапсырманы шешу кезінде, салыстыру мүмкіндігі болу үшін, сондай-ақ, максимум тапты, яғни сымдауға жұмсалатын W қуаты ең жоғары болатын кезде, тарту күшінің мәні T_i . Тапсырманы шешу нәтижелері 1.5-кестеде келтірілген. Салыстыру үшін кестеге 08кп болаттан жасалған сым созу процесінде өндірістік жағдайларда өлшенген ВС6-7/550 орнағының күштік параметрлері орналастырылған (тән нұсқалардың бірі).

1.5 кесте - Қуатты параметрлердің ықтимал нұсқалары

| Параметр | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | W, кВт; |
|--------------------------------------|--------------------------|------|------|------|------|------|---------|
| <i>Тәжірибелік деректер</i> | | | | | | | |
| T_i , кН | 2,05 | 1,75 | 2,65 | 2,75 | 2,05 | 1,35 | |
| Q_i , кН | 3,00 | 2,94 | 1,52 | 1,35 | 0,34 | --- | 97 |
| <i>Максимумға есептеу нәтижелері</i> | | | | | | | |
| T_i , кН | 1,0 | 3,9 | 3,5 | 3,6 | 2,8 | 3,2 | |
| Q_i , кН | 0 00 00 0 149 | | | | | | |
| <i>Минимумға есептеу нәтижелері</i> | | | | | | | |
| T_i , кН | 1,00 | 1,75 | 1,77 | 1,48 | 1,00 | 2,19 | |
| Q_i , кН | 4,05 3,50 2,80 2,10 1,62 | --- | 72 | | | | |

Бақылау мысалының алынған шешімдері сымдау процесінің күштік режимін таңдау кезінде қуат резервінің болуын көрсетті: өндірістік жағдайларда сымдауға жұмсалатын қуат, 19 кВт-қа (24% - ға) оңтайлыдан көбірек. Сымдаудың тұрақты жағдайлары және конструктивтік параметрлердің тұрақтылығы кезінде қуат тербелісінің барлық диапазоны 70 кВт-қа жетеді, бұл сымдау процесін оңтайлы жүргізу кезінде мүмкін болатын ең аз қуат мәнінің 87,5% - нан асады. Электржетектің схемасымен анықталатын шектеуді математикалық модельге енгізу осы шаманы біршама төмендетеді. Тұтынылатын қуаттың ең аз ықтимал мәннен үлкен ауытқулары, сымдау процесін автоматты басқару кезінде ғана болдырмауы мүмкін.

1.6 кестеде ВПЦ 3-4/550 орнағында Бр. ОФ6, 5-0,4 маркалы қола сымдарды өндіру кезінде сымдау параметрлері келтірілген. Осы орнақтарда өнеркәсіптік жағдайларда эксперименталды зерттеулер (1.7-кесте), бұл цех аралық аралықтарда сымдардың тартылуының өзгеруі кезінде, орнақтың барабан аралық аралықтарында сымның қарсы тартылуын өзгерткен кезде үнемделген электр энергиясының көлемі 1,2-18 % шегінде ауытқиды екенін, ЭЕМ-де жүргізілген зерттеулерге сәйкес келетінін көрсетеді.

1.6 кесте – ВПЦ 3-4/550 орнағында сымдау параметрі

| Параметрі | Сымдауыштар мен барабандардың нөмірлері | | | | |
|-------------------|---|-------|-------|-------|-------|
| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 |
| d , мм..... | 5,8 | 4,7 | 4,2 | 3,6 | 3,3 |
| σ_s , Н/мм | 37 | 53 | 74 | 92 | 99 |
| μ | – | 1,53 | 1,25 | 1,36 | 1,19 |
| P_0 , Н..... | – | 5300 | 3780 | 4530 | 2970 |
| n , об/мин... | – | 107,3 | 107,3 | 146,0 | 174,0 |

1.7 кесте – ВПЦ 3-4/550 орнағында қуаттың төмендеуі

| Жұмыс шарттары | Барабандағы және барлық орнақ бойынша қуаттар | | | | Қуаттың төмендеуі % |
|--------------------------|---|------|------|----------|---------------------|
| | N | N | N | $\sum N$ | |
| $Q_3 = Q_4 = 0$ | 27,6 | 18,9 | 14,7 | 61,2 | – |
| $Q_3 = 0,1P_{03}; Q_4 =$ | 26,1 | 18,8 | 15,6 | 60,5 | 1,2 |

| | | | | | |
|------------------------------------|------|------|------|------|------|
| $0,1P_{04}$ | | | | | |
| $Q_3 = 0,5P_{03}; Q_4 = 0,5P_{04}$ | 20,6 | 16,1 | 19,6 | 56,3 | 8,5 |
| $Q_3 = P_{03}; Q_4 = P_{04}$ | 13,7 | 16,9 | 24,5 | 55,1 | 11,0 |
| $Q_3 = 2P_{03}; Q_4 = P_{04}$ | 0,06 | 27,2 | 24,5 | 51,8 | 18,0 |

Басқа типті орнақтарда өнеркәсіптік жағдайларда жүргізілген кейбір зерттеулер көрсеткендей, қолданыстағы пайдалану бағыттарында болаттың әртүрлі маркаларынан сымдарды созу кезінде электр энергиясын үнемдеу 30%-ға дейін жетуі мүмкін.

Бұл сымдаудың әдеттегі тәсілі кезінде барлық деформациялар серпімді және қалдық деп пайымдауға болады (оңайлатылған), созылатын материалға тікелей сымдауыш арқылы хабарланады дегенімен түсіндіріледі. Қарсы тартылумен созу кезінде қарама-қарсы бағытталған екі созушы күштің тартылатын материалының қосымшасы арқасында, онда сымдауыш арнасының қабырғаларымен жанасқанға дейін серпімді деформациялар пайда болады. Q қарсы тартылу күші мен N сымдаудың тартқыш күші белгілі бір ара қатынасы кезінде сымдау арнасына кірер алдында, тартылатын металдың кернеуі ағымдылық шегіне жақындайды. Сондықтан, сымдау арнасындағы металдың пластикалық (қалдық) деформациясын жүзеге асыру үшін, сымдау құралының салыстырмалы түрде аз қосымша қысымын ғана қосу қажет. Демек, қарсы тартумен сымдау кезінде, сым сымдаудың әдеттегі тәсіліне қарағанда созылатын металл жағынан аз қысымды сынайды. Сымдауыштың қабырғаларына қысым азайған кезде сымдаудың сыртқы үйкелісі азаяды.

Жүргізілген талдау нәтижесінде:

1. Сымға қарсы тартылу қуатының өзгеруінің рұқсат етілген шектері және оның серпімді және пластикалық деформацияларды ескере отырып сымдау күшінің қуатына әсер ету шектері анықталды.
2. Қуат балансының алынған өрнегі сымдау процесінің тиімділігін арттыру тәсілдерін анықтауға, сондай-ақ тура ағынды сымдау орнақтарын оңтайлы басқару өлшемдерін қалыптастыруға мүмкіндік береді.

1.4 Тура ағынды сымдау орнақтарының жаңғырту мәселелері және олардың электр жетектеріне технологиялық талаптарын нақтылау

Түсті және қара металдардан жасалған сым өнімі болып табылатын сымдау өндірісін автоматтандыру деңгейін арттыру, жоғары өнімді энергия тиімді жабдықтар мен жаңа технологияларды әзірлеуді және енгізуді жеделдетуге мүмкіндік береді [11,12,13,14,16,20,21, 23,24,25]. Сонымен қатар, сымдау өндірісінің даму үрдісі жоғары жылдамдықты сипаттамалары бар созу стандарттарын игеруге және шығаруға және ТСО машиналық уақытының салыстырмалы салмағын арттыруға бағытталған. Бұл орнақтар қарсы тартусыз жұмыс істейтін сымдау орнақтарымен салыстырғанда еңбек өнімділігін 44% -

ға арттыруға ықпал етеді және одан жасалатын метиз бұйымдарының шығарылатын өнімдерінің сапасын жоғарылатады.

Әсіресе, сымдау жұмысының энергиялық тиімділігі оның электр жетегінің күштік бөлігін құру принципімен де, АБЖ сияқты технологиялық үдеріспен де, ал өнімділігі тек АБЖ-мен қамтамасыз етілетінін атап өту қажет.

Соңғы уақытқа дейін тура ағынды сымдау орнағының автоматтандырылған электржетегі асинхронды қозғалтқышпен микропроцессорлық басқарылатын жиіліктегі энергиялық тиімді түрлендіргіштердің болмауынан тұрақты токтың қымбат және сенімді емес қозғалтқыштарының базасында ғана салынды. Сонымен қатар, ТТ-Қ схемасы бойынша тиристорлы түрлендіргіші бар тұрақты токтың электржетегі мынадай кемшіліктерге ие:

- зәкір тогының өсу қарқынының шектелуі, автоматты реттеу жүйесінің жылдамдығының төмендеуіне әкелетін электржетектің инерциясының жоғары сәті;

- жоғары масса-ауқым көрсеткіштер;

- қызмет көрсетудегі еңбек сыйымдылығы;

- қозғалтқышта коллектордың және коммутация процесінің болуына байланысты нашар сенімділік.

Қазіргі уақытта энергия тиімділігі мен сенімділігі дәлелденген, 35...100 кВт қуаттар диапазонында қысқа тұйықталған роторы бар асинхронды қозғалтқыш – жиілікті түрлендіргіш (ЖТ-АҚ) схемасы бойынша электр жетектерін зерттеу және өнеркәсіптік қолданудың жеткілікті тәжірибесі бар [20].

Басқару объектілері ретінде сымды өндіруге арналған орнақтар келесі ең маңызды белгілермен сипатталады:

1. Түйін басқару процесінің статикасы мен динамикасына елеулі әсер ететін объектінің күрделі көпбайланысты құрылымымен;

2. Оңтайлы күш параметрлерін және сымдаудың оңтайлы бағыттарын қамтамасыз етумен;

3. ӘК іске қосу кезінде сымдау күшінің артуымен;

4. Статикада да, динамикада да (сымдауыштардың тозуы) елеулі ауытқулық әсерлердің болуымен дайындаманың ұзындығы бойынша физикалық-механикалық қасиеттерінің өзгеруі және тарқату және орау құрылғысы тарапынан келіп түсетін ауытқуларымен.

5. Ары қарай тартуымен сымдардың босаңсығандары және саңылаулардың, сымдау жабдығының кинематикалық шынжырларының элементтерінің және сым серпімділігімен.

Сымдау процесінің шектеуші факторы өңделетін сымның алдыңғы ұшының беріктігі болып табылады. Осылайша, егер деформация ошағында пайда болатын күш қуатын еңсеру үшін (пішін өзгеруге, серпінді деформацияға, үйкеліс күштеріне және т. б.) сымда кернеу, өңделетін материал беріктігінің үлкен шегін құрайтын сымдау күшінің шамасы талап етілсе, онда процесс оның үзілуінен мүмкін болмайды.

Сондықтан қолданыстағы автоматты реттеу жүйелері сымдау орнақтарының тек белгіленген режимдерде жеткілікті тұрақты жұмысын қамтамасыз етеді. Іске қосу режимдері орнақтардың сенімділігі мен өнімділігін төмендететін, айтарлықтай динамикалық жүктемелермен және сым үзілісімен сипатталады. Оның себептері сымдау орнақтарына әсер ететін әртүрлі ауытқулардың болуы болып табылады: орау және тарқату құрылғысының жұмысына байланысты технологиялық ауытқу әсері, электрмеханикалық жүйеде серпімді байланыстардың, кинематикалық қателіктердің, редуктордағы саңылаулардың болуымен туындайтын ауытқу.

Осыған байланысты тура ағатын сымдау орнақ жұмысына әртүрлі қоздырғыш әсерлердің әсерін талдау, тұрақты және оңтайлы режимде сым созуды жүргізу үшін технологиялық процесті басқару жүйелерінің ақпараттылығын арттыру мүмкіндігін бағалау ерекше қызығушылық тудырады.

Өз кезегінде, сымдаудың тұрақтылығын қамтамасыз ету қиын міндет болып табылады, себебі сымдау процесінің күш параметрлерінің орнақ электржетегінің көптеген электромеханикалық параметрлерінен күрделі тәуелділігіне байланысты, бұл орнақ жұмыс режимдерін таңдау мен реттеуде сымдаушы-оператор жұмысын қиындатады. Сондықтан сымның қарсы тартылуын тұрақтандыру бойынша мәселені шешу сымдаушы-оператор мен технологтың интуициясына емес, электр жетегін автоматты басқарудың тиімді жүйесіне сүйенуі тиіс. Осыған байланысты сымға қарсы тартылу автоматты тұрақтандыру жүйесі бар жаңа орнақтарды жетілдіру және құру міндеті өзекті болып табылады. Алайда, мұндай жүйелерді құру алдында реттелетін объектінің математикалық сипаттамасымен, реттеуші құрылғының құрылымын негіздеумен, сымдардың оның тұрақтылығы мен оңтайлылығы шарттарынан керілуді тұрақтандыру жүйесінің параметрлерін синтездеу әдістерін әзірлеумен байланысты бірқатар міндеттерді шешу керек.

Сымдау технологиялық процесінің ғылыми негізделген математикалық үлгілерінің және орнақтардың автоматтандырылған көп байланысқан көп қозғалтқышты электр жетегінің және оларды басқаруды алгоритмизациялау негіздерінің болмауы, сымдау жабдығының типтерін таңдауға, сымдау процесінің күштік параметрлерін ұстап тұру режимдері мен дәлдігін оңтайлы басқару алгоритмдерін табуға және іс жүзінде іске асыруға, автоматты басқарудың неғұрлым қолайлы жүйелерін және сымдаудың оңтайлы бағыттарын таңдауға, олардың аналитикалық есептерін жүргізуге, оларды қолданудың неғұрлым орынды салаларын орнатуға мүмкіндік бермеді. Қазіргі уақытқа дейін орнақтардың және олардың автоматтандырылған электр жетегінің әртүрлі типтері жасалғанын, олардың дамуы негізінен сымдау параметрлерін жанама көрсететін электржетектің жекелеген параметрлерін тұрақтандыру жолымен жүріп өткендігін дәл осы фактімен түсіндіруге болады. Сонымен қатар, қазіргі уақытта сымдаудың күштік параметрлерін тікелей өлшейтін датчиктер қолданылған кезде, жанама бақылаумен

жүйелерді немесе толық ақпараты бар жүйелерді қолдану туралы мамандардың пікірі тарайды [22,23].

Түйіспелі датчиктерінің жоқтығынан қызмет көрсетуде жеткілікті жоғары сенімділік пен қарапайымдылыққа ие жанама бақылау және күштік параметрлерді реттеу жүйелері жүйелердің жеткіліксіз ақпараттандырылуымен байланысты реттеудің белгілі бір қателігі болады. Элементтердің аз санымен және күштік параметрлердің түйіспелі датчиктерінің жоқтығымен жұмыс істей отырып, төрт блоктан аспайтын орнақтарда сымдау процесін қанағаттанарлық реттейтін, рұқсат етілген мәндерден асып түсетін N_i мәндерінің пайда болу ықтималдығы, аз [23]. Ұқсас жүйелер илемдеу және қағаз жасау өндірісінде әзірленеді, бұл туралы жоғарыда айтылған.

Толық ақпараты бар жүйелер тартылу едәуір көп болған кезде реттеудің қажетті сапасын қамтамасыз етеді. Алайда, қолайсыз жағдайларда сымдаудың күштік параметрлерін тікелей өлшеу үшін датчиктерді қолдану (жоғары температура мен дірілдеу, сым мен датчиктің түйіспе аймағын майлаумен бітеу) электр жетегі жүйесінің сенімділігін төмендетуге алып келеді, орнаққа қызмет көрсету және майлау процедураларын күрделендіреді. Дегенмен, сымдау және илемдеу өндірісі үшін бейімделген соңғы әзірлемелердің датчиктерін пайдалануда толық ақпарат жүйесін қолдану мағынасы бар. Неғұрлым қолайлы жағдайларда және деформация ошағынан одан әрі болатын қарсы тартылыс датчиктерін пайдаланған жақсы. Демек, сымдау орнақтарында сымдау жылдамдығын арттыру арқылы өнімділікті арттыру үшін толық ақпаратпен күштік параметрлерді реттеу және бақылау жүйесін қолдану орынды болуы мүмкін.

Мұның барлығы ТСО белгіленген және өтпелі жұмыс режимдерінде сым созылуын тұрақтандырудың(сымдаудың күштік параметрлерінің) тиісті және тиімді АБЖ-ның жоқ екендігін көрсетеді, бұл ауыспалы токтың энергиялық тиімді электржетегінің дамуын тежейді және осы электржетектің реттеу және автоматты бақылау жүйесін жетілдіру мақсатында технологиялық талаптарды нақтылау қажеттілігін тудырады.

Сымдау орнақтарының автоматтандырылған электр жетектеріне қойылатын талаптар технологиялық процестермен анықталады [27]. Сонымен қатар, автоматтандырылған электр жетегі келесідей жұмыс режимдерін қамтамасыз етуі тиіс: орнақты толтыру; толтырылған орнақты тыныштық күйінен жұмыс жылдамдығына дейін тарату; белгіленген жылдамдықта жұмыс істеу; төмен жылдамдықта дәнекерленген жіптерді сымдау; орнақты тежеу; орнақты авариялық тоқтату.

Технологиялық процестің бірінші және негізгі талабы орнақтың әрбір учаскесінде өңделетін сымның секундтық көлемінің тұрақтылығы болып табылады. Ол үшін олардың жылдамдығының дәл арақатынасын қамтамасыз ету үшін 1:50 және одан жоғары сымдау барабандарының электр қозғалтқыштарының жылдамдығын реттеудің кең диапазоны болуы қажет.

Бұл диапазон 1:100 дейін және одан да көп нақты ЖТ-АҚ схемасы бойынша айнымалы ток электржетегін қамтамасыз ете алады[20,21].

Динамикалық жұмыс режимі ошақаралық тартылуды сақтай отырып, тыныштық жағдайына дейін екпіннің (тежелудің) бірқалыпты болуын қамтамасыз етуі тиіс. Әйтпесе, тәжірибе көрсеткендей, жұлқынулардың пайда болуы да, ошақаралық тартулардың жоғалуы да авариялық режимдерге алып келеді.

Қарсы тарту шамасын реттеудегі қате $\pm 15\%$ -дан аспауы тиіс. Қарсы тартылу реттеу диапазоны сымдау бағытына, орнақта өңделетін сым сұрыптамасына байланысты және, әдетте, 1:10 құрайды.

Осылайша, жоғарыда баяндалғанның негізінде қазіргі заманғы сымдау орнақтарының автоматтандырылған электр жетектеріне мынадай нақтыланған талаптар қойылады:

- қатемен статикалық және динамикалық жұмыс режимдерінде $\pm 5\%$ -дан аспайтын жылдамдықты реттеуді қамтамасыз ету;
- 1:100 шегінде жылдамдықты реттеу диапазоны;
- орнақтың тартылу блоктарының электр жетектерін бірлесіп және бөлек басқару;
- майлау және итергіш жұмыс режимін қамтамасыз ету;
- іске қосу және тежелу кезінде тұрақты үдеуді қамтамасыз ету;
- желіге энергияны рекуперациялай отырып, жұмыс, шұғыл және авариялық тежеу режимдерін қамтамасыз ету.
- $\pm 15\%$ аспайтын қатемен қарсы тартылу шамасын реттеуді қамтамасыз ету.

Сонымен қатар, қарастырылып отырған орнақтардың автоматтандырылған электр жетектерін жобалау кезінде сым өндіру кезінде деформация ошағында үйкелуді азайту үшін, әдетте, құрғақ технологиялық майлау қолданылатынын ескеру қажет. Осының салдарынан ауада металл, сабын ұнтағының, әктас бөлшектерін және т.б. құрайтын шаңның көп мөлшері бар. Электр қозғалтқыштарының, түрлендіргіштердің және коммутациялық аппаратураның ток өткізгіш бөліктерінде осы шаңның шөгуі, оның уақытынан бұрын істен шығуына әкелуі мүмкін. Сондықтан қарастырылып отырған электр жетектерде қозғалтқышты қорғалған түрде пайдалану қажет, ал барлық аппаратураны шаң өткізбейтін шкафтар мен басқару құрылғыларында орналастыру қажет.

1.5 Зерттеудің міндеттері, бөлімі мен мақсаттары бойынша қорытындылар

Сымдау технологиясына, тура ағынды сымдау орнақтарының құрылымына, сондай-ақ электр жетектерін басқарудың белгілі жүйелерінің

жұмыс принциптеріне жүргізілген талдау олардың сапалы бағалауын жүргізуге, кемшіліктері мен артықшылықтарын бөліп көрсетуге және негізгі қорытындыларды қалыптастыруға мүмкіндік береді.

Барабан бойынша сымның сырғуынсыз көп мәрте ТСО барынша прогрессивті конструкция болып табылады, себебі сымдардың майысу және бұралу болмауынан сымдау жылдамдығын (100 м/с дейін) ұлғайту үшін үлкен резервтері бар, оның сымдауыштан сымдауышқа өту қарапайымдылығы, барабанда сымның жинақталуы болмаған кезде теңгерілмеген массадан аз, анағұрлым сенімді және қарапайым механикалық бөлігі бар болғандықтан. Сонымен қатар, сымдарды қарсы тартылумен сымдау өнім бірлігіне энергия шығынын төмендетуге, сымдауыштың беріктігін арттыруға мүмкіндік береді, бұл сондай-ақ өнімділікті арттырады. Осы орнақтарда сымдарды майыстыру мен бұраудың болмауы жақсы механикалық сипаттамалары бар сым алуға мүмкіндік береді және оларды материалдардың кез келген сұрыптарын сымдауға жарамды етеді.

ТСО жоғары жылдамдықты сымдауға қарсы тартылу сымдау артықшылықтарымен және жарамдылығымен қатар орнақтың статикалық, сондай-ақ өтпелі жұмыс режимдерінде сымның жоғары үзілуі болады. Эксперимент көрсеткендей, қарсы тартылу жол берілмейтін шамаларға қол жеткізу мүмкін, бұл күштік параметрлердің тиісті бақылауы мен реттеуінің болмауынан, орнақ жұмысының бақылаусыздығын куәландырады, олардың маңызы күшті дәрежеде орнақтың жұмыс процесінде де, оны толтыру режимінде де сымдаушының түйсігіне байланысты. Сымның жоғары үзілуі нәтижесінде сымдау жылдамдығы мен орнақтың өнімділігін арттыру мүмкін емес, сондай-ақ сымдаудан қарсы тартылудан электр энергиясын тиісті үнемдеуді алу мүмкін емес.

АБЖ-ны құрудың белгілі принциптері мен пайдалану тәжірибесі негізінде ТСО электржетегі бар АБЖ өндірісті одан әрі қарқындыру жағдайында қазіргі заманғы талаптарға сәйкес келмейді, өйткені орнатылған және өтпелі жұмыс режимдерінде сымдардың тұрақты тартылуын қамтамасыз етпейді.

Тура ағынды сымдау орнағында электр жетегіне қойылатын технологиялық талаптар нақтыланды және ТСО-да технологиялық процестің энергиялық тиімділігі оның оңтайлы мәндері кезінде қарсы тартылу сымдаумен де, сондай-ақ микропроцессорлық басқарылатын ЖТ-АҚ схемасы бойынша асинхронды жиіліктік-реттелетін электр жетегін пайдалану мүмкіндігімен де қол жеткізіледі деп белгіленген.

Сымның қарсы тартылу қуатын өзгертудің рұқсат етілген шектері және оның сымдау күшінің қуатына әсер ету шектері анықталды, ал қуат балансының алынған көрсеткіштері сымдау процесінің тиімділігін арттыру тәсілдерін анықтауға, сондай-ақ тура ағынды сымдау орнақтарын оңтайлы басқару өлшемдерін қалыптастыруға мүмкіндік береді.

ТСО автоматтандырылған электржетегін жаңғырту кезінде келесі негізгі міндеттерді шешу қажет:

- орнақтың және оның электржетегінің электрмеханикалық жүйесінің технологиялық параметрлерінің өзара байланысын математикалық сипаттау негізінде сымдаудың күштік параметрлерін реттеудің мүмкін тәсілдерін талдауды жүзеге асыру және сымның үзілуін азайту мақсатында ең оңтайлы нұсканы таңдау;

- энергия шығынын оңтайландыру мақсатында тура ағынды сымдау орнақтарын оңтайлы басқару және реттеу өлшемдерін анықтау;

- орнақтың электржетегінде толық ақпаратпен сымдаудың күштік параметрлерін бақылау және реттеу жүйесін пайдаланудың орындылығына талдау жасау;

- тура ағынды сымдау орнағын басқару объектісі ретінде математикалық сипаттамасын әзірлеу;

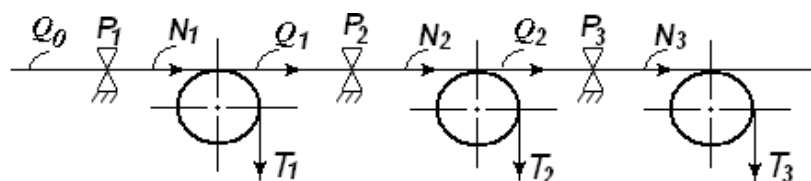
- 1:100 дейін және одан жоғары жылдамдық бойынша реттеу диапазонын қамтамасыз ететін, статор шынжыры бойынша жетекті электр қозғалтқыштарын жеке қоректендірумен қысқа тұйықталған роторы бар асинхронды қозғалтқыш ендік-импульстік модуляциясы бар кернеудің автономды инверторы схемасы бойынша орнақтың энергиялық тиімді автоматтандырылған электржетегін әзірлеу.

- сымдаудың күштік параметрлерін тұрақтандыру жүйесі бар орнақтың электржетегінің математикалық үлгісін әзірлеу және статикалық және динамикалық жұмыс режимдерінде Matlab қолданбалы бағдарламасында виртуалды үлгіде оның жұмыс қабілеттілігін тексеру және реттеу сапасын анықтау.

2 Тура ағынды сымдау орнағының көп қозғалтқышты электр жетегін жаңғырту

2.1 Қарсы тартумен орнақтарда сымдаудың күштік параметрлерін тұрақтандырудың ықтимал режимдерін талдау

Қарсы тартумен сымдау процесі бірнеше рет сымдауды тура ағынды және ілмекті орнақтарда қолданылады. 2.1-суретте үш есе сымдау орнағын сымдаудың күштік параметрлерінің сұлбасы келтірілген.



2.1 сурет - 3-еселі ТСО сымдаудың күштік параметрлерінің схемасы

Процестің күштік параметрлері мынандай арақатынасымен анықталады

2.2-суретте $P = f(Q)$ (1, 3, 5 қисықтар) тәуелділіктің үлгі сипаты келтірілген, мұндағы P_{0n} қарсы тартусыз сымдауышқа қысым шамасы. Бұл жерде $N = f(Q)$ (2, 4, 6 қисықтар) қарсы тартылымнан сымдау күшінің тәуелділігі (алдыңғы тартылым) келтіріледі. $N = f(Q)$ тәуелділігі $P = f(Q)$ арақатынасы (2.1) тәуелділігінен алынуы мүмкін

$$N_n = P_n + Q_{n-1}.$$

Штрихталған аймақ жоғарыда аталған факторларға байланысты сипаттамалардың ауытқуларына сәйкес келеді. Шашырату аймағында жұмыс нүктесін табу статистикалық сипатқа ие. Зерттеулер орташаланған қисыққа қатысты параметрлердің шашырауы $\pm 40\%$ дейінгі шектерде тұрғанын көрсетті. Сонымен қатар, $P = f(Q)$ тәуелділігінен көрініп тұрғандай, бұл P_{0n} шамасынан 30-50% - ға қарсы тартылғанда сымдауышқа қысым айтарлықтай азаяды, себебі сымдауыштағы сымның деформация жағдайлары жақсарады және сол арқылы орнақтың оңтайлы энергетикалық жұмыс режимі қамтамасыз етіледі [6].

Барабандағы тарту күші бірнеше параметрлердің күрделі функциясы болуы мүмкін және қолданылатын жетектің түріне байланысты. Қарсы тартумен сымдау орнақтарында тұрақты және айнымалы ток электржетегі қолданылады. Сонымен қатар, электр жетегінің түріне қарамастан тарту күші мынадай өрнектермен анықталады

$$T = \frac{M_{\partial\theta}}{R_\delta} \cdot i - \frac{M_{xx}}{R_\delta} \cdot i \pm j \frac{d\omega}{dt}, \quad (2.2)$$

Мұндағы, $M_{\partial\theta}$ – сымдау кезінде электр қозғалтқышының дамидың сәті (сымдау сәті);

M_{xx} – қозғалтқыш білігіне келтірілген жетектің бос жүрісінің сәті;

j – қозғалтқыштың инерция сәті;

ω - қозғалтқыштың бұрыштық жылдамдығы;

R_δ - барабан радиусы;

i – редуктордың беріліс саны.

Сымдаудың технологиялық процесіне ауытқуы екі параметр бойынша түседі: сым арқылы сымдау барысында да, оған қарсы де таралуы мүмкін сымдауышқа және тарту күшіне қысым. Сонымен қатар, қарсы тартылым тартқыш барабандар арасындағы синхрондау байланысының рөлін атқарады және сымдарды барабан бойынша сырғытуды қоспағанда, сымдау процесінің тұрақтылығын қамтамасыз етеді [17, 18].

Реттеу режимін талдау және таңдау кезінде маңыздылығы кем емес параметр болып N (алдыңғы тартылым) сымдау күші болып табылады, ол сондай-ақ ара қатынасынан анықталады (2.1).

Сымның үзілуі, әдетте, оның шамадан тыс ұлғаюы кезінде алдыңғы керілу аймағында орын алады. 2.2 суретте $N = f(Q)$ (2, 4, 6 қисықтар) тәуелділігінің үлгі сипаты келтірілген. Осылайша, қарсы тарту бір жағынан Эйлер (1.4) формуласына сәйкес барабан бойынша сымның сырғуын болдырмайтын Q_{min} ең аз мәнімен және екінші жағынан сымның беріктігінің шектерімен анықталатын Q_{max} максималды мәнімен шектелген.

2.2 суретте көрсетілген тәуелділікке сәйкес, егер оның мәні a'' нүктесінде болған жағдайда, сымдауыштың қысымын реттеу үшін қолдануға болады, яғни $\Delta P'_n$ өсім алады. Бұл сымдауышта металл жапсырмасы пайда болған кезде немесе оның қаттылығы өзгерген кезде болуы мүмкін.

Сымдауышқа қысымды қатты тұрақтандыру кезінде алдыңғы тартылым өсімдердегі өрнектен анықталады

$$\Delta N_n = \Delta Q_{n-1} = \Delta T_n + \Delta Q_n. \quad (2.3)$$

P_n қатты тұрақтандыру кезіндегі ΔQ_{n-1} өсімі 2.2 сурет бойынша анықталады. Сонымен, тұрақтандыруды жүзеге асыру үшін « a'' » нүктесінде қалмау үшін ΔQ_{n-1} өлшеміне қарсы тартылымды арттыру қажет және сол арқылы 1 сипаттамадан 3 сипаттамаға $a - a'$ кесіндісі бойынша өту қажет. Сонымен бірге, $a - a'$ учаскесінде $P = f(Q)$ сипаттамалары күрт өзгеретіндіктен, ΔQ_{n-1} және ΔN_n құрылғысының онда өсірілуі жол берілмейтін шамаға ие болуы және сымды үзуден реттеудің осы тәсілінің мүмкіндігін қысқартуы мүмкін.

Сымдауышқа қысым жұмсақ тұрақтандырғанда (2.2 суреттегі b нүктесі) алдыңғы керілу үшін шарт орындалуы тиіс

$$\Delta N'_n = \Delta P_n + \Delta Q'_{n-1} = \Delta T'_n + \Delta Q'_n. \quad (2.4)$$

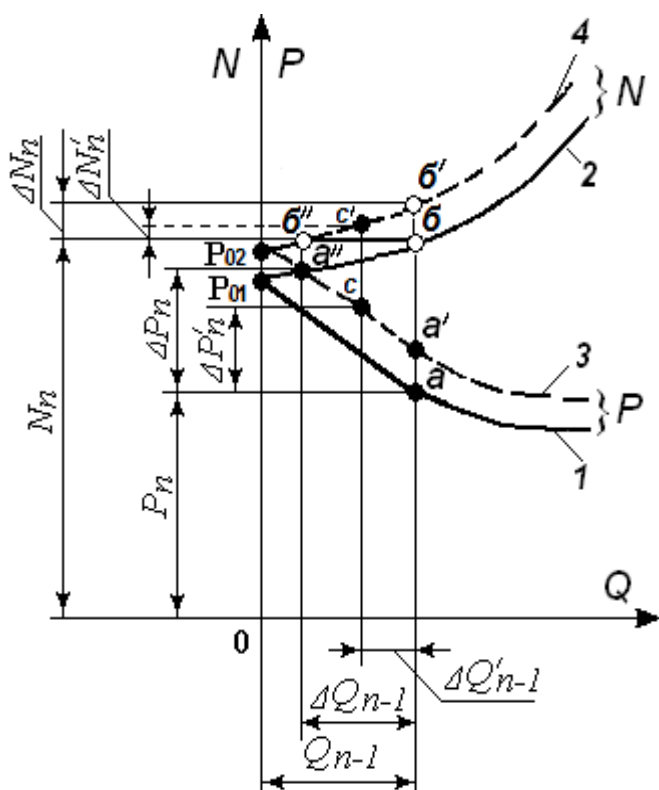
Бұл жағдайда реттеу мүмкіндігін кеңейтуге болады, себебі $\Delta N'_n$ және $\Delta Q'_{n-1}$ өсімі сымдауышқа қысымды қатаң тұрақтандырудан аз болғандықтан.

Алдыңғы тартылымның ең аз өсімі, егер қарсы керілудің өсуін төмендету есебінен сымдауышқа қысымның өсуін арттырса, алынуы мүмкін. Шекті жағдай қарсы тартылымның қатаң тұрақтануына әкеледі (2.2 суретте « a'' » нүктесі). Содан кейін алдыңғы тартылымның өсуі тең болады

$$\Delta N''_n = \Delta P'_n = \Delta T''_n. \quad (2.5)$$

Сымдауышқа қысым тұрақтаған кезде де, қарсы тартылуды тұрақтаған кезде де алдыңғы тартылымның өсуі орын алады. Алайда, қарсы тартылым қатаң тұрақтандыруда алдыңғы керілу $\Delta N''_n$ ең аз өсімге ие болады, бірақ $\Delta P'_n$ сымдауышқа қысымның ең жоғары өсу шамасы $a - a''$ кесіндісіне тең.

Бұрын айтылғандай, N алдыңғы тартылым аймағындағы сымның үзілуі ықтималдығы жоғары, онда күш көп, ал сымның диаметрі аз. Сондықтан осы тұрақтандыру режимін қарастыру ерекше техникалық мүдделілікті білдіреді (2.3 сурет).



2.3 сурет - Алдыңғы тартылым $N=f(Q)$ тұрақтандыру режиміндегі P тәуелділігі

Бастапқы жағдайда 1 сипаттамадағы «а» жұмыс нүктесі (P_n, Q_{n-1} координаттары) және 3 сипаттамадағы оған сәйкес келетін «б» нүктесі алдыңғы керудің бастапқы шамасын анықтайды $N_n = P_n + Q_{n-1}$. Мысалы, сымдауышқа қысым артты деп есептейік, Предположим, что давления на волоку увеличилось, демек, 1 сипаттамадағы «а» жұмыс нүктесі 2 сипаттамаға («а'» нүктесі) жылжытылады, ал сәйкесінше $N_n \Delta N_n$ өсім ала отырып, 3 сипаттамадағы «б» нүктесінен 4 сипаттамадағы «б'» нүктесіне жылжытылады.

N қатты тұрақтандыру кезінде, Q_{n-1} қарсы керуді азайта отырып, T_{n-1} және T_n тартқыш күштерінің өзгеруімен шартты орындау қажет

$$\Delta P_n + \Delta Q_{n-1} = \Delta T_n + \Delta Q_n = 0, \quad (2.6)$$

Яғни, 1, 2 сипаттамалардан 4 сипаттама «б'– б''» кесіндісі бойынша N алдыңғы тартылым Q_{n-1} азайтумен, 3, 4 сипаттамаларға ауысу кезінде (2.6) өрнегіне сәйкес N_n (б– б'' учаскесі) бастапқы мәніне қайтып келе отырып,

азаяды. Сонымен қатар, ΔP_n сымдауышына қысым өсуі, ол ΔQ_n арқылы сымдау барысында беріледі, ал T_{n-1} оған қарсы тартымдық күштің өзгеруі арқылы.

Алдыңғы тартылымның жұмсақ тұрақтандыруы кезінде

$$\Delta N'_n = \Delta P'_n + \Delta Q'_{n-1} = \Delta T'_n + \Delta Q'_n, \quad (2.7)$$

$\Delta P'_n$ құрылғысының сымдауышқа қысымның өсуі 3 сипаттамадағы алдыңғы жағдайға қарағанда («с» нүктесі) аз, демек, алдыңғы керме N «б' – с'» кесіндісі бойынша $\Delta N'_n$ шамаға азая отырып, өзінің бастапқы мәнінің «б''» нүктесіне қайтып оралмайды, себебі $Q'_{n-1} < Q_{n-1}$ қарсы тартылуы. Шекті жағдайда, қысымның сымдауышқа өсуін азайту мақсатында қарсы тартылудың өсуін азайтып, қарсы тартылуды қатаң тұрақтандырумен реттеуге болады.

$\Delta Q'_{n-1}$ өсуі алдыңғы T_{n-1} барабанының тарту күшінің шамасын өзгерте отырып, алуға болатындықтан, онда сымдау жүру барысында кейінгі блоктарға ауытқулардың берілу сипаты өрнегімен анықталады

$$\Delta N_n = \Delta T_n + \Delta Q_n. \quad (2.8)$$

Егер электржетекті былай орындағанда

$$\Delta N_n = \Delta T_n,$$

(2.9)

онда келесі блоктар бойынша ауытқуларды беру болмайды. Басқа жағдайда, яғни $T = const$ кезінде

$$\Delta N_n = \Delta Q_n, \quad (2.10)$$

ауытқу толығымен келесі блоктарға беріледі. Сондықтан тартқыш құрылғы сипаттамасының қаттылығына байланысты келесі блоктар бойынша белгілі бір ауытқу шамасы беріледі немесе берілмейді. Демек, электржетектің ауытқуын оқшаулау үшін шартты орындау қажет

$$\Delta N_n = \Delta T_n. \quad (2.11)$$

m блоктары үшін (1) теңдеулер жүйесін шешу Q қарсы тартудан басқа тарту күші мен сымдауышқа қысым арасындағы келесі арақатынасты береді

$$\sum_{n=1}^m T_n = \sum_{n=1}^m P_n. \quad (2.12)$$

(2.12) ара қатынасынан күштерді тұрақтандыру арқылы сымдаудың күштік параметрлерін реттеу мүмкіндігі болуы тиіс.

$T = const$ кезінде тартымдық күштерді қатты тұрақтандыру кезінде n - ден m -ге дейінгі блоктарға арналған көбейтіндідегі алдыңғы тартылым өрнектен анықталады

$$\Delta N_n = \Delta P_n + \Delta Q_{n-1} = \Delta Q_n. \quad (2.13)$$

Бұл жағдайда сымдауышты $+\Delta P_n$ қысымының жоғарылауы орын алатын блок үшін $\Delta Q_{n-1} = 0$ қарсы тартылымның өсуі және оның келесі мәндері артатын болады. Сонымен қатар, m жалпы санынан кез-келген n блоктар үшін мына теңдік

$$\Delta P_n + \Delta Q_{n-1} = 0, \quad (2.14)$$

орындалмаса, онда орнақ $(-jd\omega/dt)$ теріс үдеуді ала отырып және ұлғайған жүктемені жеңу үшін $M_{\partial\theta}$ $T = const$ ұлғайта алмайтын күйде болған кезде, шектеу режимінде жұмыс істеп $+\Delta P_n$ кезінде тоқтайды. Және керісінше, келесі қарсы тартылымдар $-\Delta P_n$ сымдауышқа қысымның азаюы кезінде азаяды және орнақ $+jd\omega/dt$ оң үдеуді ала отырып (2.1) өрнекке сәйкес (2.12) және (2.14) тепе-теңдігін қалпына келтіргенге дейін жылдамдықты ұлғайтады.

Тарту күштерінің жұмсақ тұрақтандыруы кезінде

$$\Delta N_n = \Delta P_n + \Delta Q_{n-1} = \Delta T_n + \Delta Q_n. \quad (2.15)$$

Бұл жағдай сымдауышқа немесе алдыңғы тартылымдарға қысымның жұмсақ тұрақтануына ұқсас.

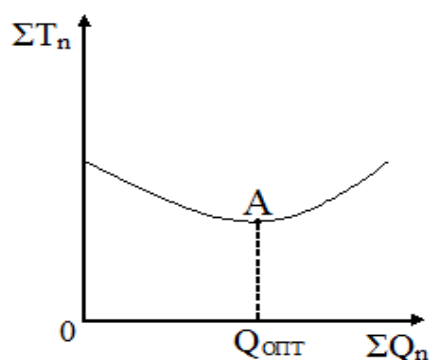
Деформация ошағына тікелей әсер ететін реттеуіштердің техникалық іске асырылуы белгілі, мысалы, бұл қысу бұрандаларының көмегімен илектеу орнақтарында орындалады, бірақ сымдау күшін төмендетуге мүмкіндік беретін ультрадыбыс арқылы сымдау аспабына (сымдауышқа) тікелей әсер ететін зерттеулер бар болса да, белгілі қиындықтарды құрайды. Алайда, қолданыстағы автоматты реттеу жүйелері тартқыш орган сымдау процесін реттеуші ретінде пайдалану арқылы құрастырылады, яғни жетекті электр қозғалтқыштарының T тартқыш күштеріне әсер етеді. Сонымен қатар, қарсы тартылымдардың шамасы қысымды сымдауышқа P , сондай-ақ сымның үзілуіне әкелмеуі тиіс N алдыңғы керілу шамалары ауыстыра отырып өзгереді [17,28].

Сондықтан, жүргізілген талдаудан ең көп артықшылық тартымдық күштерді жұмсақ тұрақтандыру режиміне, яғни жетекті электр қозғалтқыштары арқылы орнақтың тартымдық күштеріне әсер еткен жөн. Бұл қарсы тартуларды жұмсақ тұрақтандыруды, сондай-ақ алдыңғы тартуларды жүзеге асыруға мүмкіндік береді.

Жоғарыда келтірілген тәуелділіктер $P, N = f(Q)$ көрсетілгендей, Q_n қарсы тартылымдар кезінде орнақтың әрбір жеке блогында P_n сымдарына қысым, P_{0n} шамасынан 30-50% - ға барлық сымдауыштарда сымдардың деформация жағдайлары жақсаратындықтан, айтарлықтай азаяды (2.2 сурет). Нәтижесінде, сымдардың «редукциялық» қасиеттерінің есебінен алдыңғы тартылымдардың қосынды мәні ΣN_n , демек, ΣT_n тарту күші Q_n өсу шамасына қарай сызықтық төмендейді, яғни барабандардың тартымдық күштерінің ең аз сомасы орын алады (2.4 сурет).

Кері тартылудың одан әрі ұлғаюы $P, N = f(Q)$ тәуелділігінің әлсіреуіне әкеледі және P_{0n} шамасынан 50% артық Q_n кезінде P_n сымдауышына қысым айтарлықтай азаяды. Нәтижесінде N сымдау күші, демек ΣN_n , және ΣT_n Q өсіміне пропорционал артатын болады. Сондықтан, Q одан әрі өсуі сымның жоғары үзілуіне әкеледі, бұл орнақтың өнімділігін ғана емес, сонымен қатар оның энергия тиімділігін де төмендетеді.

Жұмыс істеп тұрған орнақ үшін ΣQ_n қарсы тартылым сомасынан ΣT_n барабандардың тарту күштерінің сомма тәуелділігін, ΣQ_n өсу шамасы бойынша сызықтық төмендейтін ΣT_n , ал содан кейін сызықтық артатын $\Sigma T_n = f(\Sigma Q_n)$ қисық интерпретациялауға болады (2.4 сурет).



2.4 сурет $-\Sigma T_n = f(\Sigma Q_n)$ тәуелділік графигі

«А» нүктесінде ΣT_n минимумының болуы әрбір маршрут үшін $Q_{опт}$ қарсы керілуінің оңтайлы мәні бар, онда электр желісінен орнақпен тұтынылатын қуат ең аз, ал демек, сымдауышқа қысым ең аз, сымның қыздыру температурасы, құралдың тозуы және басқа да параметрлер бар.

Сәйкесінше, $Q_{опт}$ шамасын ΣT_n ең төменгі мәніне сәйкес анықтай отырып, орнақпен тұтынылатын қуат бойынша сымдау режимінің күштік параметрлерін оңтайландыруға болады.

Келтірілген тұжырымдаманы, мысалы, бір балама блок ретінде бүйір тобын қарастыра отырып, кез келген орнақ жиілігінде таратуға болады. А нүктесінде тарту күші сомасының минимумының болуы көп мәрте сымдау орнағын оңтайлы басқару міндетін жасауға мүмкіндік береді. Көп мәрте сымдау орнағын тиімді басқару критеріі $\Sigma T_n \rightarrow \min$ немесе оны электр қозғалтқышының білігіне келтіргеннен кейін $\Sigma M_{дв} \rightarrow \min$ критеріі болуы керек [28].

Электр қозғалтқыштарының электромагниттік моменттерін өлшеу датчиктерді орнатуды талап етпейді, себебі сәттер туралы ақпарат оңай өлшенетін электр шамаларын өңдеу арқылы алынуы мүмкін.

2.2 Тура ағынды сымдау орнақтарының электр жетегімен оңтайлы басқару және реттеу өлшемдері

Сымдау процесін оңтайлы басқару және реттеу өлшемдерін дұрыс таңдау реттеу және автоматты басқару жүйесін әзірлеу үшін қажет. Бұл бөлімде таңдау экономикалық тиімділік көрсеткіштеріне байланысты орнақтың техникалық сипаттамаларын анықтауға негізделген: өнімділігі мен пайдалану шығыстарына.

Сымдау орнақтарының жұмыс режимдерін оңтайландыру кезінде түбегейлі екі түрлі тапсырма шешіледі: сымдау процесінің технологиялық режимін оңтайландыру және орнақпен автоматты басқаруды оңтайландыру. Бірінші міндет ең аз энергия шығындары кезінде ең жоғары өнімділікті қамтамасыз ететін созудың оңтайлы күштік параметрлерін табуды білдіреді. Екіншісі - сымдаудың берілген технологиялық режимін ең жақсы ұстап тұруға сәйкес келеді және оны түзету қажет болған жағдайда, ол шын мәнінде оңтайландырудың негізгі өлшемі болып табылатын бірінші орынға бағынады [16,18,26,29,30].

Бірінші міндетті шешу үшін оңтайлылық өлшемін таңдау қажет, ол ретінде әртүрлі техникалық-экономикалық көрсеткіштер қабылдануы мүмкін. Олардың арасында кең таралғандары өнімділік пен үлестік энергия шығындары.

Сымдау орнақтарының жетектерін басқару сапасының өлшемі сымдаудың берілген технологиялық режимін ең жақсы ұстап тұру болып табылады. Сонымен қатар, тура ағынды сымдау орнағының автоматтандырылған электр жетегі жүйесінің технологиялық процесі оңтайлы басқаруға қабілетті құрылымы болуы тиіс. Бұл жағдайда ең жоғары өнімділік, ең аз пайдалану шығындары сияқты экономикалық тиімділік көрсеткіштерін де оңтайлы деп түсіну керек.

Берілген технологиялық режим кезіндегі орнақтың өнімділігі сымдаудың таңдалған жылдамдығына және өңделетін сымдардың үзілуіне байланысты. Электржетек жүйесімен анықталатын пайдалану шығындары ең алдымен орнақтың тұтынатын энергия мөлшеріне байланысты.

Сымдау процесінің орнатылған кезіндегі барабан аралық аралықтағы қуаттардың тепе-теңдігі жағдайына байланысты сымдардың үзілу себептерін қарастырайық

$$N_{Tn} = N_{Pn} + N_{Qn} = M_{Cn} \times \omega_{\delta n} + N_{Qn+1}, \quad (2.16)$$

мұндағы N_{Tn} – сымның алдыңғы шеті арқылы T күшпен созылатын деформация ошағына берілетін қуат;

N_{Pn} – сымдауышқа қысым қуаты;

N_{Qn} – сымның артқы ұшы арқылы деформация ошағына тартылатын қарсы тартылым қуаты;

M_{Cn} – статикалық сымдау сәті;

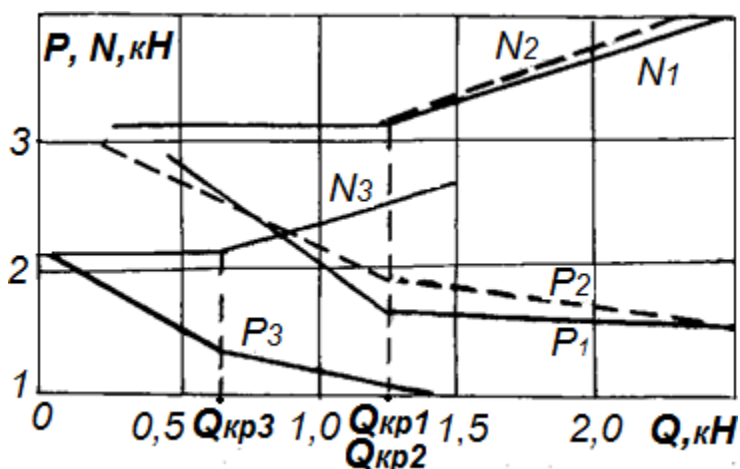
ω_6 – барабанның айналу жылдамдығы;

$N_{Q_{n+1}}$ – сымның алдыңғы ұшы арқылы деформация ошағына жүргізілетін қарсы тартылым қуаты;

n – сымдау блогының реттік нөмірі.

(2.16) Теңдеуді талдау кезінде ошақ аралық аралықта қарсы тартылу жоқ деп айтамыз, яғни $N_Q=0$. Ол кезде сымдау күші N_{Pn} сымдауышына қысым қуатына тең болады, және сымдауыштың шығысындағы сым қимасы ең аз болғандықтан, одан кейін үзілу ықтималдығы ең үлкен болады. Егер сымдауышқа металдың қысымы елеусіз аз (металдың ағымдылық шегіне жақын Q мәні кезіндегі жалғасусыз деформация жағдайы) болса, онда сымдау күші мен қарсы тартылым теңестіріледі және үзілу ықтималдығы сондай-ақ сымдаудан кейінгі ең үлкен болады. Барлық қалған жағдайларда сымдау күшінің қуаты сымдауышқа қарсы тарту күші мен қысым қуаттарының жиынтығына тең және сым үзілуінің пайда болу ықтималдығы барынша жоғары аймаққа салынған.

2.5 суретте бастапқы үш барабан аралық өтулер үшін ВС-6-7/550 орнағында 08 КП болаттан сымды сымдау кезінде $N, P = f(Q)$ тәуелділіктері келтірілген.

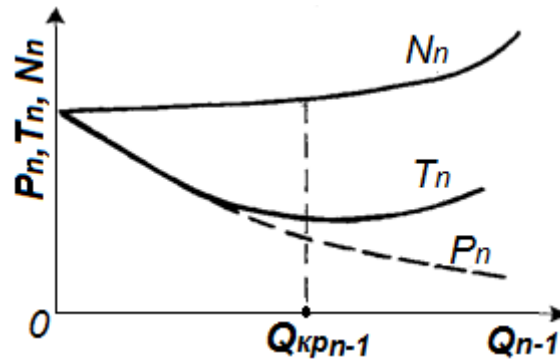


2.5 сурет – 1, 2 және 3 өтулерде ВС-6-7/550 орнағында 08 КП болаттан сымды сымдау кезінде $N, P = f(Q)$ тәуелділігі

2.5 суреттен көрініп тұрғандай, ВС-6-7/550 орнағында 08 КП болаттан сымды сымдау кезінде Q_{n-1} қарсы тартылым $Q_{кр1}, Q_{кр2}$ және $Q_{кр3}$ сыни мәндерге дейін N_n күшінің деңгейі асып түспей, N_n сымдаудың (алдыңғы тартылым) күші 30%-ға дейін ауысуы мүмкін. Алайда, берілген $Q_{кр}$ -дан Q одан әрі ұлғаюы, сымдауышқа P_n қысымының төмендеуіне қарамастан, N_n сымдау күшінің тиісті өсуіне әкелуі мүмкін.

2.6-суретте аппроксимацияланған түрде $N_n, P_n, T_n = f(Q_{n-1})$ тәуелділігі көрсетілген, ол әрбір жұмысаралық аралықтағы кейбір мән үшін $Q_{крn-1}$ Нақты

созылу бағыты үшін ең аз мәні бар, N_n , P_n және T_n ол үзілуді азайту есебінен орнақтың өнімділігі бойынша оңтайлы басқару өлшеміне жатқызуға болады.



2.6 сурет – Аппроксимацияланған түрде N_n , P_n , $T_n = f(Q_{n-1})$ тәуелділігі

Демек, сымның үзілуін азайту есебінен ТСО өнімділігі бойынша оңтайлы басқару өлшемі берілген маршрут үшін сымдау күшінің ең аз сомасын қабылдау керек

$$\xi_{\text{бв}} = \sum_{n=1}^m T_n = \sum_{n=1}^m N_n = \min, \quad (2.17)$$

оған әрбір сымдау күшін жеке азайту арқылы ғана мүмкін болады.

Пайдалану шығыстары, ең алдымен, сымдаудың берілген жылдамдығы кезінде орнақпен тұтынылатын қуатқа байланысты, және екіншіден, сымдауыштың төзімділігіне, сымдау құралының қызмет мерзімі байланысты. Мысалы, сым соңғы барабанға ауытқу оралады және кіріс қарсы тартылымы жоқ, сонда (2.16)

$$\sum_{n=1}^m M c_n \times \omega_{\text{бн}} = \sum_{n=1}^m N_{P_n} \quad (2.18)$$

немесе

$$\sum_{n=1}^m M c_n / R_{\text{бн}} = \sum_{n=1}^m P_n. \quad (2.19)$$

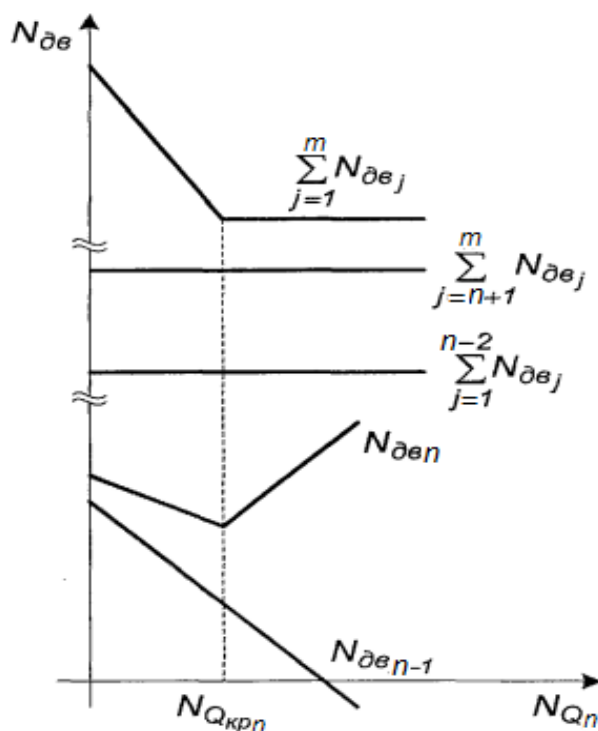
Сәйкесінше, барлық барабандардағы тартымдық күштің сомасы сымдауыштағы қысымның сомасына тең.

Осылайша, пайдалану шығындары бойынша оңтайлы басқару өлшемі ретінде сымдарға арналған қысым сомасының минимумын іске асыруды есептеуге болады

$$\xi_{\text{сп}} = \sum_{n=1}^m P_n = \min, \quad (2.20)$$

сондай-ақ тек қана P_n сымдауышына арналған әрбір қысымды жеке азайту жолымен мүмкін болатын қол жеткізу. Сонымен қатар сымдардың қыздыру температурасы, сымдау құралының тозуы және N_n және $Q_{крn-1}$ кезінде T_n -ның азаюы есебінен электр желісінен станмен тұтынылатын қуат ең аз болады (2.4 сурет және 2.6 сурет).

Энергияны сақтау заңына сәйкес қарсы тартумен сымдау процесіне қатысты, екі критерий де керуге қарсы бір мәнде орындалады [6]. 2.7 суретте n -аралықтағы қарсы тартылым шаманың өзгеруіне байланысты сымдау орнағымен тұтынылатын қуаттың асимптотикалық сипаттамасы келтірілген.



2.7 сурет – Қозғалтқыштардың асимптотикалық қисық қуаттары

Электр жетектерінде де, орнақтың кинематикалық берілістерінде де жоғалтуларды елемеу кезінде статикалық жұмыс режиміне арналған сипаттамалар жасалған. n -ші барабан қозғалтқышы тұтынатын қуат

$$N_{ДВ n} = N_{Tn} - N_{Q_{n+1}}. \quad (2.21)$$

ретінде анықталуы мүмкін және айқын көрінген минимумы бар нысаны болады [7].

n -қозғалтқыштың қуат нысаны абсцисс осіне қатысты еңісі 45° -ге тең.

0.. $Q_{кр}$ қарсы тартылу мәндерінің диапазонындағы оның кез келген n -ші аралығындағы қарсы тартылу шамасына байланысты барлық орнақтың тұтынатын жиынтық қуаты төмендеу жылдамдығы қарсы тартылым сымдау жылдамдығынан асып түседі, содан кейін осы аралықта сым үзілгенге дейін өзгеріссіз қалады.

Осылайша, келтірілген өлшемдер $\xi_{\sigma\sigma}$ және $\xi_{\varepsilon p}$ тұрғысынан оңтайлы болып, барлық аралықтарда сыни мәнге тең қарсы тартымдармен жұмыс істеу режимі табылады. Алайда, толқыннан деформацияның толық шығу шекарасында жұмыс істеу жағдайлары өте тұрақсыз және әдетте сымдардың үзілуіне әкеледі. Шын мәнінде, бұл режимде сымдағы үлес күшінің аздаған динамикалық ауытқулары немесе металдың созылу диаграммасына сәйкес оның механикалық қасиеттерінің өзгеруі оның үзілуіне әкеледі. Сонымен қатар, бұл режимде дайындалатын сым геометриясының дәлдігі бойынша талапты орындау мүмкін емес.

Сәйкесінше, технологиялық қорды анықтайтын және алғашқы екі өлшемге шектеу қоятын үшінші өлшем қажет. Оны мынандай түрде ұсынуға болады

$$\xi_3 = Q_{KP, onm} / Q_{KPn} = \xi_{3-1} \times \xi_{3-2} \times \xi_{3-3}. \quad (2.22)$$

Құрамдастар қарсы тартылымға әсер ететін шамалар ауытқуының барынша ықтимал мәндерін білдіреді:

- өңделетін металдың ағымдылық шегінің өзгеруі

$$\xi_{3-1} = \sigma_{\min} / \sigma_{onm}; \quad (2.23)$$

- сымдау күшін өлшеу және ұстап тұру дәлдігіндегі жиынтық қателер (қарсы тартылым, металдың сымдауышқа қысымы)

$$\xi_{3-2} = 1 - \Delta T_{\max}, \quad (2.24)$$

$$\text{немесе} \quad \xi_{3-2} = 1 - \Delta Q_{\max}; \quad \xi_{3-2} = 1 - \Delta P_{\max};$$

- сымдардың кіріс қимасының ауытқуымен, сондай-ақ сымдауыштың барынша мүмкін болатын тозуымен байланысты деформация ошағындағы сорғыштың ауытқулары

$$\xi_{3-3} = \mu_{\max} / \mu_{\min}. \quad (2.25)$$

Үшінші өлшемнің іс жүзінде шамасы $\xi_3 = 0,6 \dots 0,7$ деңгейінде берілуі мүмкін. Сонымен қатар, өнімділік бойынша оңтайлы басқару критерийіне - $\xi_{\sigma\sigma}$ (үзілуісіз сымдау), сондай – ақ пайдалану шығыстары бойынша оңтайлы басқару критерийіне $\xi_{\varepsilon p}$ қол жеткізіледі.

Жоғарыда атап өткендей, орнақтың жұмыс процесінде берілген Q_{KP} -дан қарсы тартылым шамасының ауытқуы, сымдауышқа қысымның P_n төмендеуіне қарамастан, сымдау күшінің N_n тиісті өсуіне әкелуі мүмкін. Жаңа деңгейде күштердің тепе-теңдігін қалпына келтіру үшін тиісінше осы өткелдегі тартымдық күші өзгеруі тиіс, алайда бұл ретте секундтық

көлемдердің теңдігі бұзылады. Теңдікті сақтау үшін сызықтық сымдау жылдамдығы қиманың өзгеруіне қарай кері қарай өзгеруі қажет, яғни $v_n = v_{n-1}$ (S_{n-1}/S_n). Бұл қарсы тартылым мәнін қалпына келтіреді.

Сәйкесінше, секунд көлемдерінің теңдігі бұзылған кезде жүйені оңтайлы реттеу критерийі қарсы тартылудың белгіленген мәннен ауытқуының минимумына қол жеткізу болып табылады.

Объектіде қарсы тартуларды тікелей өлшеу қиын болғандықтан, T_n тарту күші қарсы тартылымның өзгеруіне пропорционалды өзгереді, онда оны қарсы тартылымды бақылайтын шама деп есептеуге болады. Сондықтан қарсы тартылыммен тура ағынды орнақтарда сымдаудың реттеу режимдерін талдаудан, оңтайлы реттеу өлшемін жүзеге асыру үшін, тартқыш органның сымдау процесінің реттеуші ретінде пайдалана отырып, тартқыш күштің жұмсақ тұрақтандыру режимін қолдануға болады, яғни тарту күшіне әсері T .

Нәтижесінде келесідей қорытынды жасауға болады:

- оңтайлы басқару критерийі әрбір сорғыш барабанының тарту күшінің (тұтынылатын қуаттың) минимумына қол жеткізу болып табылады;

- оңтайлы реттеу критерийі - берілген мәндерден қарсы тарту шамасының ауытқу минимумына қол жеткізу;

- процесс тұрақтылығының өлшемі, экономикалық оңтайлы мәннен қарсы тартылудың берілген деңгейін 30...40 %-ға төмендету болып табылады.

- оңтайлы реттеу критерийін іске асыру үшін жетекті қозғалтқыштардың электромагниттік моментінің байланыссыз датчиктерін (тарту күшін) немесе күш параметрлерінің байланыс датчиктерін пайдалана отырып, тарту күшін жұмсақ тұрақтандыру режимін қолдануға болады.

2.3 Тура ағынды сымдау орнақтарының электр жетектерін реттеу және басқару жүйелерін құрудың негізгі принциптерін талдау

Сымдау машиналарының құрылымдық және технологиялық ерекшеліктерін талдау ең перспективалы сымдау машиналары тура ағынды орнақтар болып табылатыны туралы қорытынды жасауға мүмкіндік берді. Бұрынғы Кеңес Одағы аумағында тура ағынды сымдау орнақтарын құрудың үлкен тәжірибесі Алматы ауыр машина жасау зауытына тиесілі (бүгін Алматы қ. Қазақстан Республикасы ААМЖЗ) [4,13,19].

Бұл орнақтар, бастапқыда жоғары көміртекті болатты сымдау үшін, әсіресе 2 мм-ден жоғары диаметрлер үшін жасалған, сондай-ақ кернеулі темір бетоннан жасалған сым, өйткені мұндай сым жинақталған орнақтарда сымдай алмайды, барабаннан барабанға сымның қарапайым тікелей ағатын бағыты арқасында кез келген материалдарды жылдам сымдауға жарамды.

Техникалық пайдалану коэффициентін және осы сымдау орнақтарының өнімділігін төмендететін негізгі факторлар мыналар болып табылады: сымның жоғары үзілуі, өңделетін материалды беру және берумен, сымдарды ауыстырумен, орнақты толтыру кезінде сымдаудың берілген маршрутында

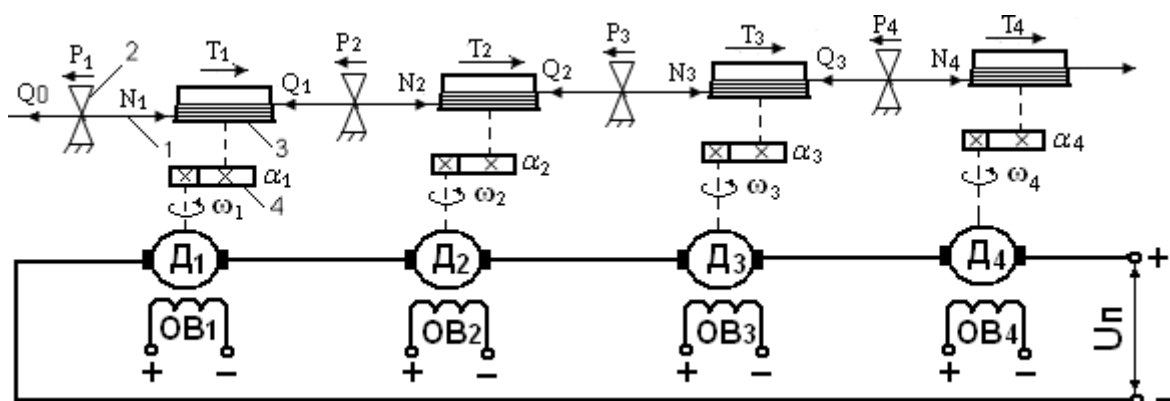
сымдарды сымдауға қарсы баптауды баптаумен байланысты дайындық операцияларына үлкен уақыт шығындары және үзілуден кейінгі келесі қайта түзету. Сондықтан, сымдау жылдамдығын арттыру есебінен өнімділікті арттыру міндетін технологиялық процестің үздіксіздігін қамтамасыз ететін іс-шаралар кешенінде шешу қажет, әйтпесе жылдамдықты арттыру есебінен өнімділікті арттыру тиімділігі аз.

Сымның үзілу жиілігі сымдау барабандары арасындағы сымға қарсы тартылу шамаларының деңгейімен және тұрақтылығымен және сымдау процесінде күш параметрлерінің өзгеруімен анықталады, ол баяу өзгеретін және орнақтың электрмеханикалық жүйесіне тұрақты жұмыс істейтін сымдау аспабының тозуы салдарынан, соның нәтижесінде қарсы тартылым сымдауыштардағы қысым шамалары айтарлықтай өзгеруі мүмкін.

Қарсы тартылым шамасын тұрақтандыру жөніндегі технологиялық талаптарды орындау орнақтарды автоматты реттеу жүйесімен жарақтандыру кезінде жүзеге асырылуы мүмкін, оны техникалық іске асыру туралы ақпарат болған кезде мүмкін. Бұл ақпарат екі тәсілмен тікелей өлшеу арқылы немесе жанама бағалау арқылы алынуы мүмкін.

Сондықтан әрдайым тиісті нәтиже бермейтін қолданыстағы жүйелерді одан әрі жетілдіру мақсатында сымдаудың күштік параметрлерін тікелей өлшеу датчиктерін пайдалана отырып, сондай-ақ қарсы тартылым шамасын жанама бағалай отырып, жүйелерде реттеу сапасына талдау жүргізу керек.

Бастапқы ТСО жоғарыда атап өтілгендей, ААМЖЗ өндірісінің қозғалтқыш зәкірлерінің тізбекті қосылуымен тұрақты ток электржетегі болды, ол болат сымдарды өндіру кезінде Метиз өнеркәсібінде кеңінен қолдану тапты. Бұл схеманың басты ерекшелігі барабандар арасындағы сым бойынша механикалық байланыс болған кезде сымдау процесін өзін-өзі реттеуді қамтамасыз ету болып табылады (электрлік дифференциал схемасы). 2.8 суретте n сымдау блоктарынан тұратын, осы электр жетегінің функционалдық сұлбасы көрсетілген, мұндағы 1 - сым; 2 – сымдауыш; 3 – сымдау барабаны; 4 – беріліс саны бар редуктор α ; Д - бұрыштық жылдамдығы бар жетекті электр қозғалтқыштары ω ; ОВ – электр қозғалтқыштардың қоздыру орамалары; P – сымдауышқа қысым; Q – қарсы тартылым (артқы тартылым); Q_0 – дайындаманы орау мен бірінші барабан арасында тарту; N – сымдау күші (алдыңғы тартылым); T – тарту күші; Уп - электр қозғалтқыштарындағы кернеу.

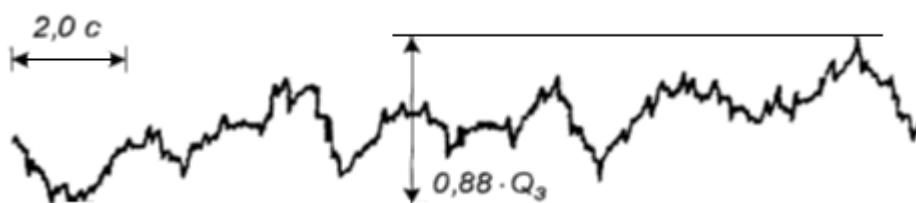


2.8 сурет – Өзін-өзі реттеу жүйесі бар тікелей ағатын орнақтың құрылымдық сұлбасы

Осы ТСО-да сымдарды сымдау тиісті жетекті қозғалтқыштардың қозу ағынының өзгеруін қою мүмкін болатын, кең шектерде сымдауышқа дейінгі барабараралық аралықтарда сымдардың артқы тартылуы (қарсы тартылым) болған кезде жүргізіледі.

Электр дифференциал схемасы бойынша ТСО электржетегі жұмысының артықшылықтары мен кемшіліктері бірінші бөлінген диссертацияда толық қаралды. Алайда, қазіргі уақытта метиз өндірісіндегі сымның өсіп келе жатқан қажеттіліктеріне және қазіргі заманғы электр жетегінің техникалық мүмкіндіктеріне байланысты электр жетегінің осы схемасы сымдардың үзілуі салдарынан сымдау жылдамдығын арттыру есебінен орнақтың өнімділігін арттыруға мүмкіндік бермейді.

ВС-6-7/550 орнақтарында болаттан жасалған сымдарды сымдау кезінде ТСО - да жүргізілген эксперименттік зерттеулер өзін-өзі реттейтін жүйені іске асырған жағдайда тіпті статикалық режимде де қарсы тартылымды ұстап тұрудағы қателік $\pm 50\%$ -ға жететінін көрсетеді (2.9 сурет) [17,18].



2.9 сурет – Электр дифференциалды схема бойынша ВС-6-7/550 орнағының электр жетегінде $Q_3 = f(t)$ осциллограммасы

Қарсы тартылым динамикалық режимде толық жоғалуы мүмкін немесе өңделетін металдың ағымдылық шегінен асып кетуі мүмкін, бұл сөзсіз авариялық режимге және, сайып келгенде, өңделетін сымды үзуге әкеледі. Үзілгіштік осы типті орнақтарда 0,44–0,5 шегінде болатын өнімділікті және техникалық пайдалану коэффициентін азайтады [17, 18,28].

Берілген себептер бойынша сымның үзілу санын және өтпелі процестердің уақытын едәуір қысқартуға болады, егер өзін-өзі реттеу жүйесінің орнына арнайы датчиктерді қолдансақ, орнақтың электр жетегін автоматты реттеу жүйесін ұсынуға болады [12,13,14,23,24].

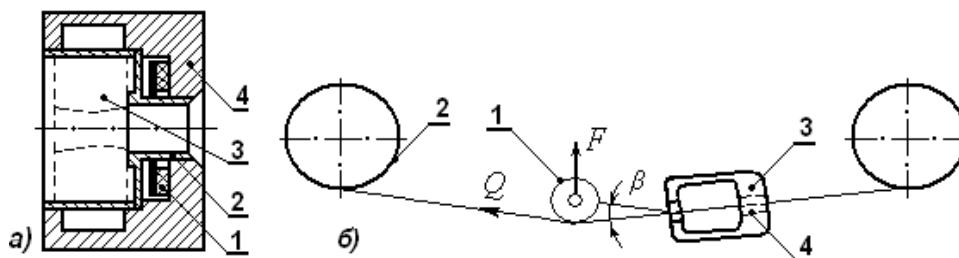
Автоматты реттеу жүйесін құру үшін шамалар датчиктері қажет: зәкір тогы $I_{яi}$ және тұрақты ток қозғалтқышының Φ_i қозу ағыны немесе $M_{\partial vi}$ электромагниттік моменті; жылдамдық ω_i және N_i сымдау күші. N_i шамаларын өлшеу үшін арнайы датчиктер қажет. N_i сымдау күшін оңайлату мақсатында әрбір бөлек алынған барабан аралық аралықта Q_i сымның қарсы тартылым шамасы және P_i сымдауышына қысым арқылы анықтаған жөн.

N_i шамасы сымдауышқа қысыммен, қарсы тартумен және T_i тарту күшімен келесі қатынастармен байланысты

$$\left. \begin{aligned} N_i &= P_i + Q_{i-1}; \\ N_i &= T_i + Q_i; \\ Q_i &= \sum_{j=1}^i P_j - \sum_{j=1}^i T_j + Q_0; \\ T_i &= \frac{\alpha_i M_{\partial vi}}{R} - \frac{\alpha_i}{R} J_i P_i \omega_i. \end{aligned} \right\} \quad (2.26)$$

T_i шамасы қозғалтқыш білігіне сәтпен, редуктордың беріліс санымен α_i , сымдау барабанының R радиусымен және тежелу кезінде теріс шамасы бар және екпін кезінде оң шамасы бар орнақтың өтпелі режимдеріндегі сымдау блоктарының жетегінің J_i инерциясының қосымша сәтімен анықталады, бұл өз кезегінде сымның үзілу ықтималдығын арттырады.

Сондықтан ТСО-да P_i сымдауыш қысымының күші мен Q_i -ге қарсы тартылуды контактілі датчиктермен анықтаған жөн. 2.10 суретте сымдауыш ұстаушысының кассетасына салынатын, P_i сымдауышқа қысым датчигі көрсетілген, а, мұндағы 1 – өлшеу пластинасы; 2 – мембрана; 3 – сымдауыш; 4 – кассета. Q_i қарсы тартылым датчиктерін орнату сұлбасы 2.10 суретте көрсетілген, б, мұндағы 1 – датчигі бар күш өлшеу аунақшасы 2 – сымдау барабаны; 3 – сымдауыш ұстаушы; 4 – сымдауышымен кассета.



2.10 сурет - Тура ағынды орнақта P және Q датчиктерін орнату схемасы

Қысым датчиктерін пайдалану кезінде сымдау күші мына өрнекпен анықталады

$$N_i = \sum_{j=1}^i P_j - \sum_{j=1}^{i-1} T_j + Q_0, \quad (2.27)$$

ал қарсы тартылымды өлшеу кезінде - жүйенің екінші теңдеуі бойынша (2.26).

(2.26) және (2.27) теңдеу бойынша құрылған реттеу жүйесі толық ақпарат жүйесі болып табылады және реттеудің қажетті сапасын қамтамасыз етеді [14]. Реттеу жүйесі бар орнақ үшін ΔN_i сымдау күшінің ауытқу шамасы орнақ жұмысының барлық режимдерінде рұқсат етілген мәндерден аспайды және k_i жүйесінің контурын күшейту коэффициенті көп болған сайын, статикалық және динамикалық қателіктер соғұрлым аз болады. Өзін-өзі реттеу жүйесі бар орнақтарда сымдау күшінің ауытқу шамасы қарсы тартылым сымдау шамасына байланысты сымдауышқа қысымның өзгеру шамасына, дайындамаға жіберу, майлау, сымдауыш сапасына және т. б. сияқты тәртіптерге ие. Сондықтан, блоктардың бірінде де сымдауышты қысымның өзгеруі сым күшінің рұқсат етілген мәннен елеулі ауытқуын тудыруы мүмкін және көп жағдайда сымның үзілуіне әкелуі мүмкін.

Сымдау орнағында қозғалтқыштардың айналу жиілігін өлшеу үшін орнақ қозғалтқыштарының біріне орнатылған датчикті (тахогенераторды) пайдалану жеткілікті, себебі қозғалтқыштардың жылдамдығы мынандай ара қатынасымен байланысты

$$\omega_j = \frac{\alpha_j}{\alpha_i} \omega_i \prod_{m=1}^{j-1} \mu_m \prod_{k=j+1}^i \mu_k, \quad (2.28)$$

Мұндағы, k_i – м блогында сымды тарту μ_k ; $i > j$.

Орнақтың соңғы блогында тахогенераторды орнату кезінде одан сигнал тиісті коэффициенттермен реттеудің барлық контурына беріледі.

[14] төрт реттік ТСО реттеу жүйесінің барлық контурлары бірдей құрылымы бар және MZ_i көбейткіш блогынан тұрады, мұнда M_i қозғалтқышының білігіндегі сәттің шамасы және тарту күші T_i анықталады; Q_{i-1} қарсы тартылу шамалары, N_i сымдау күші, N_{0i} және N_i тағайыншамаларының арасындағы айырмашылық анықталатын төрт сумматор Σ ; N_{0i} шамасының мәнінің задатчигі Z_i ; A_i қуат күшейткішінің және pN_i шамасын анықтайтын дифференциалды эвені Φ_i . Q_i қарсы тартылымды өлшеу кезінде реттеу жүйесі бұрынғыдай қалады, тек N_i шамаларын өлшеу схемасы өзгереді. Реттеу зәкірлік шынжырлады тізбектеп жалғау кезінде тұрақты токтың электр жетегінде қозғалтқыштардың қозу тогының өзгеруімен жүзеге асырылады. Тәжірибеде жүйенің тез әрекет етуін арттыру үшін электр қозғалтқыштарының жеке қоректендіруі бар электр жетегінде зәкір тогы бойынша реттеуді қолданған жөн.

Сондай-ақ, N_i ағымдағы мәндері N_{0i} тұрақты шамасымен ауыстырылатын, ал реттелетін шама тұрақтануы және

$$T_{0i} = N_{0i} - Q_{0i} = B_i = const. \quad (2.29)$$

тең болуы тиіс жанама бақылаумен және күш параметрлерін реттеумен толық емес ақпарат бар жүйелер белгілі [14,28]

N_{0i} және Q_{0i} мәндері сым беріктігі шарттарынан және сымдау режимдерінен таңдалады, атап айтқанда бұл жағдайда тартымдық күштерді жұмсақ тұрақтандыру режимі қолданылады.

(2.26) және (2.29) теңдеулері бойынша құрылған толық емес ақпараты бар реттеу жүйесі бар сымдау орнағында реттелетін шамалар мынадай мәндерді қабылдайды

$$\left. \begin{aligned} Q_i &= \sum_{j=1}^i P_j - \sum_{j=1}^i B_j - \sum_{j=1}^i \frac{1}{k_j} \Delta T_j + Q_0; \\ N_i &= \sum_{j=1}^i P_j - \sum_{j=1}^{i-1} B_j - \sum_{j=1}^{i-1} \frac{1}{k_j} \Delta T_j + Q_0, \end{aligned} \right\} \quad (2.30)$$

мұндағы $\Delta T_i = T_i - T_{0i}$ - тартымдық күштің берілген күштен ауытқуы; $T_i = Mi/R = \alpha_i M_{0i}/R$; - электр қозғалтқыш білігіне сәт.

(2.30) теңдеуден көрініп тұрғандай, Q_i және N_i шамалары B_i тағайыншамаларының және P_i қоздырғыш әсерлерінің функциялары болып табылады және белгілі бір шектерде әртүрлі мәндерді қабылдай алады. B_i шамаларының мәнін таңдай отырып, сымдау күші P_i қоздырғыш әсерін өзгерткен кезде рұқсат етілген шектерден шықпайтындай етіп, орнақтың жұмысын үзіліссіз қамтамасыз етуге болады.

Толық емес ақпараты бар реттеу жүйесі тарту күшін тұрақтандырудың бірдей контурларынан тұрады. Контурға қозғалтқыш білігінің моментін анықтау блогы, Z_i задатчигі, басқару сигналының ΔMi және басқару сигналының шамасын анықтау үшін екі сумматор, басқару сигналын күшейту және оны жетекті электр қозғалтқыштарының жеке қоректендіруімен тұрақты токтың электр жетегінің қозғалтқышының зәкірлік тізбегіне беру үшін Φ_i және A_i күшейткіші қосылған [13]. Әрбір қозғалтқышқа жеке жиілік түрлендіргіштері бар асинхронды электр жетегінде басқару сигналы жиілік түрлендіргішін басқару тізбегіне беріледі.

Динамикалық құрамдауышты есепке алу толық ақпаратпен басқару жүйесіндегі сияқты жүзеге асырылады.

(2.30) теңдеулерден көрініп тұрғандай, осы реттеу жүйесі бар орнақтарда сымдау күші мен қарсы тартылым күш шамалары кез келген

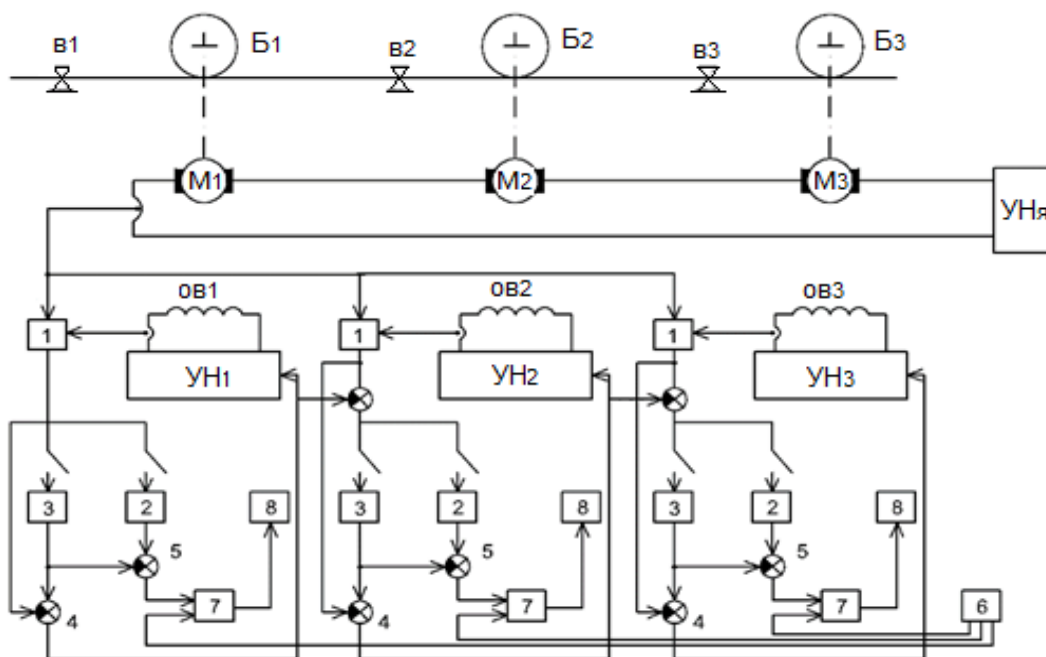
мәндерді қабылдай алады. Мұнда N_i және Q_i сомаларының айырмашылығы ғана шектелген

$$\sum_{i=1}^n B_i = \sum_{i=1}^n N_i - \sum_{i=1}^n Q_i, \quad (2.31)$$

$$\text{мұндағы } \sum_{i=1}^n Q_i \rightarrow 0 \text{ кезінде сомма } \sum_{i=1}^n N_i \rightarrow \sum_{i=1}^n B_i,$$

бұл орнақтың электромеханикалық жүйесінде болатын процестердің физикалық мәніне кейбір белгісіздік енгізеді және N_i және Q_i бір мәнді анықтау үшін теңдеулерді жазу шарттарын қалыптастыруды қиындатады, осыған байланысты N_i сымдау күшінің жекелеген мәндері шекті шамаларға жетуі мүмкін. Сондықтан, электромагнитті моменттің байланыссыз датчиктерін (тарту күшін) пайдалана отырып, әрбір бөлек алынған барабан аралық аралықтағы қарсы тартылым шамасын жанама бағалау кейбір қателікке ие болады. Сонымен қатар, Q_i және P_i шамалары өзара тәуелді болғандықтан (2.30) және P_i ұлғаюымен Q_i мәнін азайтып, қосымша ұлғайтады, бұл Q_i шамасының одан да үлкен азаюына әкеледі. Сәйкесінше, бұл жүйеде сым бойынша оң кері байланыс бар, ол сондай-ақ технологиялық процеске қолайсыз әсер етуі мүмкін.

Көрсетілген кемшіліктерге қарамастан, элементтер саны аз және күш параметрлерінің контактілік датчиктері болмаған кезде толық емес ақпараты бар жүйе N_i мәндерінің пайда болу ықтималдығы төрт бөліктен аспайтын блоктар санымен орнақтарда сымдау процесін қанағаттанарлық реттейді. Сонымен қатар, жүйенің сенімділігі артады, сондай-ақ орнақтарға қызмет көрсету және май құю процедуралары жеңілдетіледі. Электр жетегін басқарудың осындай жүйелерінің бірінің функционалдық сұлбасы қосымша бақылаумен және сымдаудың күштік параметрлерін реттеумен 3 есе ТСО-ның электр жетегін басқару 2.11-суретте келтірілген.



2.11 сурет – ТСО-да күштік параметрлерді тұрақтандыру жүйесінің функционалдық схемасы

Орнақтың электржетегі тізбектелген және параллель немесе тәуелсіз жетекті электр қозғалтқыштарының қосылуымен орындалуы мүмкін. Сонымен қатар, электржетекті басқару жүйесін құру қағидасы өзгеріссіз қалады. Қозғалтқыштардың М қоздыру орамалары ОВ басқарылатын кернеу көздерінен қуат УН алады. Күштік параметрлерді тұрақтандыру жүйесі электромагниттік моменттің бөлінуінің 1 блогынан, сымдауышқа берілген және жұмыс қысымының 2 және 3 жады блоктарынан, моменттердің ағымдағы және берілген мәндерін салыстырудың 4 блогынан, талшыққа қысымды өзгертудің 5 блогынан, сымдауышқа қысым орнатудың 6 блогынан, 7 шектік элементтерден, 8 блоктау торабынан және 9 салыстыру блогынан тұрады.

Тұрақтандыру жүйесінде сымдауышқа қысымды бақылау торабы бар, жұмыс істеу принципінде сымдауыш қысымының оның жұмыс бетінің диаметрінен тәуелділігі салынған, яғни жүйе бұрама қысымының өзгеруін белгілеуге мүмкіндік береді және оның ауытқуы рұқсат етілгеннен жоғары болған кезде шектік элемент шығуынан сигнал орнақтың одан әрі жұмыс істеуіне тыйым салады және сымдауыштарды ауыстыру қажеттілігі туралы сигнал береді.

Сымдауыш қысымының шамасы алдыңғы блоктың қарсы тартылым шамасын алгебралық қосу жолымен және жиынтықтау блоктарында 9 келесі блоктарды керуге қарсы тартқыш күштің шамасын алгебралық қосу жолымен анықталады. 9. 4-ші блоктағы жұмыс режимінде қоздыру тогын реттеу үшін УН реттелетін көзінің кіруіне сигнал беретін ағымдағы және берілген сәттерді салыстыру жүргізіледі. Осылайша, берілген шама қозғалтқышының

электромагниттік моментінің тұрақтылығы сақталады, яғни тартымдық күштерді тұрақтандыру режимі жүзеге асырылады.

Момент реттегіштері күшейту коэффициенттерімен анықталатын статикалық қателігі бар берілген мәндердің мәнін қолдайды. Жалпы, бұл қарсы тартылымның өзгеруіне әкеледі. Қарсы тартулардың өзгеру шектерін шектеу үшін орнақтың екпін қарқынын шектеу қажет. Осылайша, орындалған есептеулер қарсы тартулардың ауытқуларын қамтамасыз ету үшін екпін қарқыны берілген мәнінен 10-15% шегінде 1 айн/ c^2 аспауы тиіс екендігін көрсетеді. Одан әрі қарай, орнақтың жұмысы кезінде, әрбір сым блогындағы сәттің реттеуіші, соңғыдан басқа, осы блоктағы сымдардың сымдау процесін қамтамасыз ету үшін тартымдық күштің шамасын жеткіліксіз ұстап тұрады және тартымдық күштерді жұмсақ тұрақтандыру режимінде жұмыс істейді, осылайша сымдардың созылу шамасын бақылауды жүзеге асырады. Сонымен қатар, жетекті электр қозғалтқыштарының жеке қоректенуі бар схемада жүйенің жылдам әрекеті тәртіпке жоғары екенін атап өту қажет, өйткені басқару әсері зәкір тізбегіне УН арқылы берілуі мүмкін.

Алайда, блоктар саны көп орнақта үзілу ықтималдығы айтарлықтай артады және бұл басқару жүйесі сымдау процесін қамтамасыз ете алмайды. Бұл жағдайда N_i сымдау күшін тұрақтандыруды қамтамасыз ететін толық ақпараты бар жүйені қолдану орынды, бірақ бұл жүйелер сымдау өндірісінің экстремалды жағдайларында жұмыс істеуге қабілетті күш параметрлерінің қарапайым және сенімді датчиктерінің болмауынан әрдайым тиімді емес.

Мысалы, деформация ошағына тікелей жақын жерде, жоғары температура мен дірілдің жоғары деңгейі әсер ететін аймақта, сонымен қатар сымдауыш пен датчиктің арасындағы байланыс бетін майлау арқылы қағылатын сымдарға қысымды бақылайтын датчиктерді орнату P шамасын бақылаудың осы тәсілін күрделендіреді (2.10, а сурет). Құрылымдық пайымдаулар бойынша деформация ошағынан тыс күш өлшеу аунақшаларының көмегімен датчиктермен тікелей өлшеуді қолдана отырып, Q автоматты реттеуін жүргізу ең оңай болып келеді (2.10, б сурет). Сонымен қатар, қуат өлшегіш аунақшалар, олардың айналу жылдамдығына байланысты орнақтың пайдалану сенімділігін төмендетеді, сымдардың қосымша майысуын тудырады, бұл тура ағу қағидасын бұзады және үзілу ықтималдығын арттырады. Соған қарамастан, осы техникалық қиындықтарға қарамастан, жоғарыда аталған кемшіліктердің көпшілігінен айырылатын неғұрлым жетілдірілген құрылымдарды пайдалана отырып, байланыс датчиктерімен жүйелерді қолдану перспективті.

Осылайша, күштік параметрлерді тікелей өлшеумен техникалық қиындықтарға қарамастан, толық ақпаратпен басқару жүйесі басқа жүйелермен салыстырғанда бірқатар артықшылықтарға ие, өйткені сымдау және қарсы тартулар күштерін, әсіресе сымдау блоктарының саны көп орнақтарда тұрақтандыруды қамтамасыз етеді. Олардың базасында микропроцессорлық техниканы кеңінен қолдана отырып, бағдарламалық және

адаптивті басқарылатын орнақтардың электржетегін құру саласында жұмыстар жүргізілуде.

Толық емес ақпараты бар және элементтердің аз саны кезінде күштік параметрлерді жанама бағалайтын жүйелер, төрттен аспайтын блоктар саны бар орнақта сымдау процесін қанағаттанарлық реттейді, мұнда рұқсат етілген мәндерден асатын тартылулар мәндерінің пайда болу ықтималдығы, аз. Алайда сандық есептеу техникасының қазіргі заманғы құралдары қозғалтқыштардың жылдамдығының қажетті арақатынасын барынша дәл сақтай алатын осы жүйелердің қолданылу аясын кеңейтуге мүмкіндік береді [31].

2.4 Қарсы тартылымдарды тікелей өлшейтін ЖТ-АҚ схемасы бойынша ТСО жаңғыртылған энергия үнемдейтін электр жетегі

Тура ағынды сымдау орнағының блоктарының электр жетегіне технология жағынан қойылатын талаптарды орындау қазіргі уақытта келесі типтегі электр жетектерін қамтамасыз ете алады [11,19,20,21,22]:

1. "Тиристорлы түрлендіргіш - қозғалтқыш" (ТТ-Қ) жүйесі бойынша орындалған тұрақты токтың реттелетін электр жетегі.

2. Тұрақты ток түйіні бар ЖТ жүйесі бойынша асинхронды реттелетін электр жетегі (ендік-импульстік модуляциясы бар автономды инвертор) - қысқа тұйықталған роторы бар асинхронды қозғалтқыш, схемасы (ЖТ-АҚ).

Соңғы уақытқа дейін тура ағынды сымдау орнақтарының электр жетектері жүйесі тұрақты ток қозғалтқыштары негізінде ғана салынды. Алайда, осы диссертацияның бірінші бөлімінде көрсетілген ЖТ жиілігінің түрлендіргіштерінің пайда болуына және тұрақты токтың электр жетектерінің елеулі кемшіліктеріне байланысты ТТ-Д схемасы бойынша электр жетектерін құру әрдайым ақталған емес. Аталған кемшіліктер коллектордың болуына байланысты және коммутация процестеріне сәйкес асинхронды - қысқа тұйықталған қозғалтқыш негізінде электржетек жүйесін құру кезінде алып тасталуы мүмкін.

Қазіргі уақытта 35...100 кВт қуаттар диапазонында ЖТ-АҚ жүйесі бойынша электр жетектерін өнеркәсіптік қолданудың жеткілікті тәжірибесі бар. 2.1-кестеде әр түрлі өндіруші фирмалардың осындай электр жетектері жүйесінің нарықтық бағасы келтірілген [12].

2.1 кесте - 35...100 кВт қуаттар диапазонындағы электржетек жүйелерінің нарықтық құны

| Өндіруші | Электржетек жүйесінің құны, мың. тт./кВт | |
|--------------------|---|------|
| | ЖТ-АҚ | ТТ-Д |
| Siemens | 18 | 24 |
| ABB | 23 | 31 |
| Control Techniques | 21,5 | 28,5 |
| Omron | 21,5 | - |

| | | |
|---------------------------|------|----|
| Hyundai | 23,5 | - |
| Mitsubishi Electric | 17 | - |
| LG | 18 | - |
| Орташа нарықтық көрсеткіш | 20,5 | 28 |

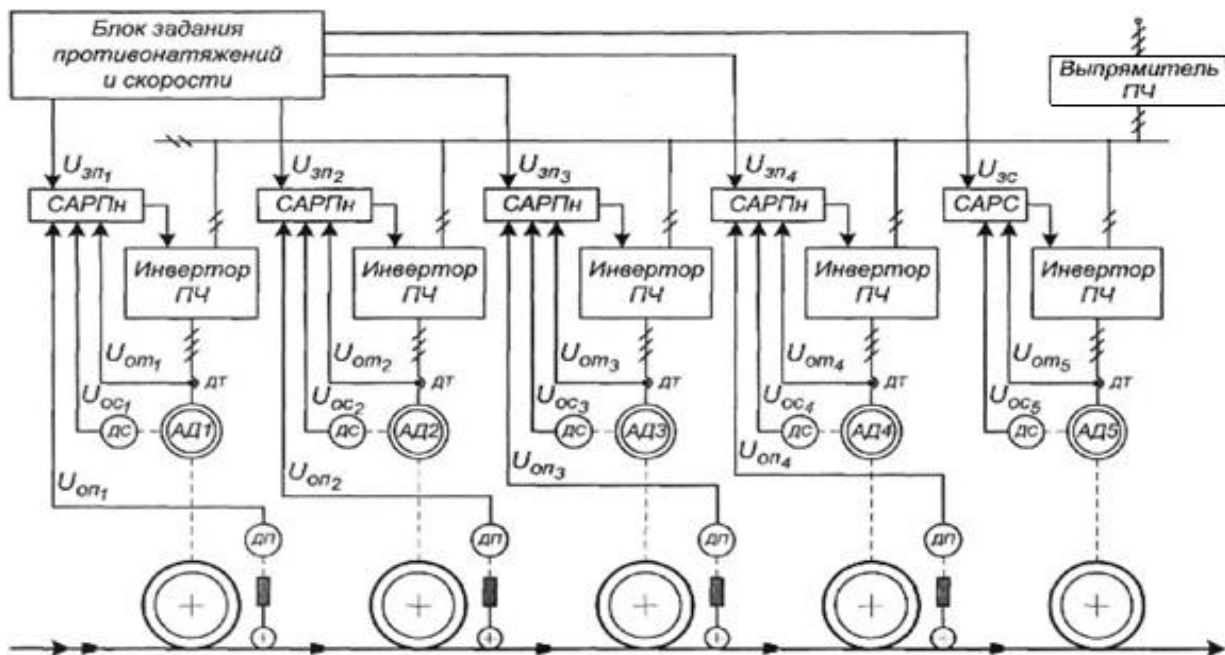
2.1-кестенің деректерін талдау ЖТ-АҚ жүйелері үшін баға/кВт үлес көрсеткіші ТТ-Д үшін қарағанда 1,36 есе аз екендігін көрсетеді. Осылайша, экономикалық мақсаттылық тұрғысынан ЖТ-АҚ жүйесі даусыз артықшылыққа ие.

Сондықтан ауыспалы токтың қазіргі заманғы электр жетегінің тән үрдісі өнеркәсіптің әр түрлі салаларында асинхронды қозғалтқыштарды (АҚ) кеңінен қолдану болып табылады. Бұл қозғалтқыштар техникалық жағынан қарапайым және пайдалануда сенімді, жоғары жылдамдық пен температура кезінде жұмыс істей алады, салмағы аз, көлемі мен құны бар. Мысалы, ТСО-да оларды тікелей өлшеу кезінде, автоматтандырылған асинхронды электр жетегінде ЖТ-АҚ сұлбаларын қолдану үлестік энергия шығындарын азайтуға және күштік параметрлерді тұрақтандыру бойынша технологиялық процестің талаптарын қамтамасыз етуге мүмкіндік береді.

Сонымен қатар, ЖТ-АҚ электр жетегінің жүйесі белгілі кемшіліктерге ие. Бұл жерде қоректендіруші желінің кернеуін екі рет түрлендіру жүзеге асырылады, ол электржетек жүйесін п.э.к. жалпы төмендетеді. Сонымен қатар, 10 Гц төмен жиіліктер кезінде шығу кернеуін сатылы реттеу орын алады.

Жоғарыда айтылғандарды ескере отырып, тура ағатын сымдау орнағының блоктарының автоматтандырылған электржетегі ретінде барлық блоктардың қозғалтқыштары үшін инвертор және жалпы түзеткіші бар ЖТ-АҚ жүйесін қабылдаған жөн.

Әрбір қозғалтқышқа жеке жиілік түрлендіргіштері бар орнақтың көп қозғалтқышты асинхронды электр жетегінің функционалдық сұлбасы 2.12-суретте келтірілген.



2.12 сурет - Орнақты жаңғыртылған көп қозғалтқышты асинхронды электр жетегінің функционалдық схемасы

Жүйе реттеудің қажетті сапасын қамтамасыз етеді және толық ақпарат жүйесі болып табылады, өйткені датчиктері бар: қарсы тартылым - ҚД; токтың датчигі - ТД және жылдамдықтың датчигі – ЖД; АҚ1-АҚ5- жетекті асинхронды электр қозғалтқыштары. Соңғы блоктың электржетегі жылдамдықты реттеу жүйесі ЖАРЖ бар, қалғандары - қарсы тартылымның автоматты реттеу жүйелері ҚАРЖ. Шын мәнінде, бұл жүйе жетекті электр қозғалтқыштарының жеке қоректендіруі бар тұрақты токтың электр жетегін реттеуге ұқсас және сол компоненттерден тұратын қағида бойынша құрылған.

n -еселенген тура ағынды орнақты жұмыстың оңтайлы режиміне баптау алгоритмі қалыптасатын басқару әсері технологиялық процесте туындайтын ауытқулар таралатын шама мен бағытқа байланысты не кейінгі не алдыңғы қозғалтқышқа бағытталғаны туралы болжамнан құрылады. Сымдау процесіне ауытқу екі параметр бойынша түсетіні белгілі: сымдауышқа және тарту күшіне қысым, сондай-ақ, тарату және орау құрылғылары тарапынан сым арқылы сымдау барысында да, оған қарсы де таратылуы мүмкін.

Бірінші бөлімде жүргізілген талдау, ең нашар жағдайларда қарсы тартылулардың ең жоғары ауытқуы бар соңғы (соңғы) блоктар бар екенін көрсетті. Бұл жерде тартқыш күштің лақтырымы 90-100% жетуі мүмкін және [17,18] көрсетілгендей, тартқыш күштің 70-80% кезінде үзілу ықтималдығы үлкен, сондықтан басқару бойынша базалық (жетекші) ретінде тахогенератор орнатылған орнақтың соңғы блогы таңдап алынды. Тахогенератордан сигнал сымдаудың берілген бағыттарындағы жетекті электр қозғалтқыштары жылдамдығының тиісті ара қатынасын қамтамасыз ететін коэффициенттері бар жылдамдықты реттеудің барлық контурларына беріледі.

Сәйкесінше соңғы блоктың электржетегі жетекші болып табылады және жылдамдықты автоматты реттеу жүйесі ЖАРЖ бола отырып, орнақтың

берілген жылдамдыққа шығуын қамтамасыз етеді. Қалған блоктардың электржетегі жетекші бола отырып, күштік параметрлерді ҚАРЖ жүйесімен тікелей реттеуді қамтамасыз етеді, ол тартымдық күштерді жұмсақ тұрақтандыруды қамтамасыз етеді. Сонымен қатар, басқару жүйелерін оңтайлы режимге баптау кезінде орнақты айналып өту сымдау барысында блок нөмірінің кему бағытында жүріп жатыр, бұл кезекті блокты баптау кезінде блоктардың бұрын жөнделген тобына ең аз әсер етуге мүмкіндік береді.

Ұсынылған жүйенің әрекет принципін қарастырайық. Жылдамдық беру блоктарынан сымдардың созылу және сымдау бағытына сәйкес тартылу шамалары кезең-кезеңмен беріледі. Жылдамдыққа тапсырма әлі жоқ. Содан кейін барлық аралықтарда қарсы тартылу шамаларына тапсырмалар орнатылған кезде, орнақтың екпініне сигнал беріледі және орнақ жұмыс жылдамдығына шығады. Берілген шамадан қарсы тартылыс ауытқыған кезде, мысалы, оның кез келген барабанаралық аралықтарда ұлғайған кезде, қарсы тартылыс датчигінен сигнал инвертирленумен азаяды, осылайша қарсы тартылыс реттегішінің кірісіндегі сигналдардың айырымын ұлғайтады. Сәйкесінше, қарсы тартылым реттеуіштің шығуында сигнал ұлғаяды, демек, жылдамдыққа тапсырма (жылдамдық реттеуішінің кіріс сигналы), ток (ток реттеуішінің кіріс сигналы) және ЖТ кірісіндегі жиілікті тапсыру сигналы біртіндеп ұлғаяды. Сәйкесінше, өз айналу жылдамдығын табиғи түрде арттыратын АҚ жетекті қозғалтқышының сәті артады, себебі деформация қуаты өзгермейді, онда қарсы тартылу шамасы азаяды. Осылайша, осы барабан аралық аралықтағы қарсы тартылу шамасы өзінің берілген мәніне оралады.

Бұдан бұрын диссертациялық жұмыста ТСО-да технологиялық процестің энерготиімділігі оның оңтайлы мәндері кезінде қарсы тартылым сымдаумен ғана емес, сонымен қатар ЖТ-АҚ схемасы бойынша энергия үнемдеуші асинхронды жиілік-реттелетін электр жетегін пайдалану мүмкіндігімен де қол жеткізілетіні дәлелденді. Сонымен қатар, энергия үнемдейтін электр жетегі есебінен сым өндіру кезінде энергия шығынын азайту міндеті әсіресе өзекті болып табылады, себебі электр энергиясының негізгі тұтынушысы электр жетегі болып табылады, оның үлес салмағы сымдау өндірісінде ерекше үлкен.

Сондықтан пайдалану шығындары бірінші кезекте орнақ тұтынатын энергия санына байланысты болады, ал пайдалану шығындары бойынша оңтайлы басқару критерийі сымдауышқа қысымның ең аз сомасына қол жеткізуді есептеуге болады (2.20). Бұл жағдайда, орнақта тұтынылатын жиынтық қуат мына өрнегімен анықталады

$$\sum W = \sum_{i=1}^n P_{i0} V_i - \sum_{i=1}^n Q_i V_i (1 / \mu_i + P_{i0} / P_{pi-1} - 1), \quad (2.32)$$

мұндағы P_{i0} – қарсы тартусыз i сымдауышқа қысым;
 P_{pi-1} – сымдауыштан кейін сым үзілуінің күшеюі $i-1$;
 мұндағы μ_i – сымдауыштан кейін сымды тарту i ;
 V_i – сымдауышта сымды сымдау жылдамдығы i ;
 n – сымдау орнағының еселігі;

(2.32) теңдеуден көрініп тұрғандай, қарсы тартылым көп болған сайын, сымдауышқа қысымның ағымдағы мәні соғұрлым аз, электр энергиясының шығыны соғұрлым аз болады, яғни жақшадағы өрнектің оң мәні кезінде қарсы тартумен сымдауға жұмсалатын қуат қарсы тартусыз сымдауға жұмсалатын қуаттан аз болады. Демек, қарсы тартумен сымдау кезінде энергияны үнемдеу алынады, және бұл үнемдеу орнақтың еселігі жоғары және қарсы тартылымдардың шамасы көп болған сайын соғұрлым көп болады. Сонымен қатар, сымдауышқа қысымның азаюы сымдау құралының қызмет ету мерзімін ұлғайтуға ықпал етеді.

Математикалық есеп қою кезінде оңтайлылық өлшемі ретінде өнім бірлігіне арналған энергетикалық шығындарды азайту ұмтылысына байланысты ең төменгі деңгейге дейін азайтылуы қажет W сымдау қуатын таңдадық. Сонымен қатар, мақсатты атқарым мынандай түрге ие

$$W = \sum_{i=1}^n T_i V_i \rightarrow \min \quad (2.33)$$

Орнақтың барлық блоктарында Q_i -ге қарсы тартылу күші жүйе түрінде есепке енгізілді

$$\left. \begin{aligned} P_{i0} + Q_{i-1}(1 - \kappa_i) &= T_i + Q_i; \\ T_i &= P_{i0} + Q_{i-1}(1 - \kappa_i) - Q_i, \end{aligned} \right\} \quad (2.34)$$

мұндағы $\kappa_i = P_{i0} / P_{pi-1}$.

Шектеу жүйесін сымдау кезінде күш параметрлерінің шекті ықтимал мәндерінің негізінде салды. Тартымдық күштердің жоғарғы шегі ретінде m қор коэффициентін ескере отырып, сым үзілуінің күшін пайдаланды, ал $T_{ниж}$ төменгі шегі параметрлік фактор түрінде берілген:

$$T_{ниж} \leq T_i \leq mP_{Pi}. \quad (2.35)$$

Қарсы тартылымның жоғарғы шегі $(Q_i)_{max}$ мынадай формула бойынша есептелді

$$N_i = P_i + Q_{i-1} = P_{i0}(1 - Q_{i-1} / P_{pi-1}) + Q_{i-1}, \quad (2.36)$$

N_i сымдау күші үзілімнің күшеюі бойынша анықталған шекті мәнмен ауыстырылды:

$$Q_i \leq (Q_i)_{\max} = P_{Pi+1} - P_{i+1}. \quad (2.37)$$

Қарсы тартылудың төменгі шегі $(Q_i)_{\min}$ көп жіптің жүгіртпе және қағып түсіруші бөліктеріндегі күштер арасында, Эйлердің белгілі арақатынасы бойынша анықталды :

$$(Q_i)_{\min} = T_{нуж} / e^{2\pi f}, \quad (2.38)$$

мұндағы r - барабандағы сым орамдарының саны;
 f - үйкеліс коэффициенті.

Нақты есептеу кезінде нольге тең қарсы тартылым күштің төменгі шегін қабылдау мүмкін болды. Осылайша, мақсатты функционал (2.33) және шектеу жүйесі (2.35) және (2.37) сызықтық функциялар түрінде берілген. Оңтайлы параметрлерді сызықтық бағдарламалау әдістерімен табуға болады. Жалпы жағдайда міндет келесідей тұжырымдалады.

(2.37) және (2.38) шарттарын қанағаттандыратын T_i тартымдық күштің көптеген мәндерінен осындай T_1, T_2, \dots, T_n шамаларын табу керек, бұл кезде W сымдау жиынтық қуаты ең аз мәнге ие болады (2.33). (2.34) жүйе бойынша (2.37) шартты сақтаған кезде $T_{i \text{ опт}}$ күштеріне сәйкес келетін Q_i қарсы тартылым күштерді анықтау қажет.

Осы міндетті шешу кезінде ВС6-7/550 орнағында сымдаудың нақты бағыты үшін T_i тартымдық күштің барлық ықтимал мәндерінен ЭЕМ-де әрбір сымдау блогы үшін W қуаты ең аз болған кезде сымдауға жұмсалатын $T_{i \text{ опт}}$ және $Q_{i \text{ опт}}$ оңтайлы шамалары табылды. Сонымен қатар, 08кп болаттан сым сымдау кезінде өндірістік жағдайларда өлшенген нәтижелермен салыстырғанда бақылау мысалының алынған шешімдері (тән нұсқалардың бірі) сымдау процесінің күштік режимін таңдау кезінде 24% қуат резервінің болуын көрсетті. Сымдаудың тұрақты жағдайлары және құрылымдық параметрлердің тұрақтылығы кезінде қуат тербелісінің диапазоны сымдау процесін оңтайлы жүргізу кезінде мүмкін болатын ең аз қуат мәнінің 87,5% - нан асады (1.5-кесте). Электржетектің схемасымен анықталатын шектеуді математикалық модельге енгізу осы шаманы біршама төмендетеді.

Сондықтан ТСО жаңғырту кезінде сымдау бағытының бастапқы баптау параметрлері оған енгізілген сымдау бағыты туралы деректер негізінде бағдарламаланған бақылаушының микропроцессорында есептелуі тиіс. Параметрлер барлық блоктардағы қарсы тартылымдар осы бағыт үшін оңтайлы болуы үшін таңдалады.

Осылайша, автоматты басқару жүйесі сымдау процесінің күштік параметрлерін басқару функцияларын орындайтын басқарушы бағдарламалаушы бақылаушының базасында құрылуы тиіс; сымдау процесінің сапасын бақылау (сымдауыштардың ағымдағы диаметрлерін, сым температурасын, сымдау жылдамдығын және т. б.); электржетек жүйелерін диагностикалау; технологиялық жабдықтың күйін диагностикалау және цехтық КБАЖ сұрауы бойынша қажетті ақпарат беру [32].

Осы жұмыста ұсынылатын сымдау орнағы жаңғырту принципі оның еселігіне байланысты емес. Жаңғырту объектісі ретінде ВС-5/550 ААМЖЗ бес блоктын орнағын қарастыруға болады (қазір өндіріс ААМЖЗ АҚ, Алматы қ., Қазақстан Республикасы). Бұл орнақтың техникалық сипаттамалары 2.2-кестеде келтірілген.

Бұдан бұрын осы орнақта қуаты 55кВт болатын ПН-111 тұрақты токтың электр қозғалтқыштары пайдаланылды, ал айнымалы токтың электр жетегіне көшумен қуаты 55кВт болатын АВВМ2А250М қысқа тұйықталған роторы бар асинхронды қозғалтқыштар ұсынылуы мүмкін. Қозғалтқыштардың қуатына сәйкес АВВ АС550-1-124А-4 жиілік түрлендіргіші ұсынылуы мүмкін.

2.2 кесте - ВС-5/550 ААМЖЗ сымдау орнағының техникалық сипаттамалары

| | |
|--|----------------------------|
| Барабандардың диаметрлері | |
| Таза және аралық | 550 мм. |
| Сатылы | 550 мм. |
| Барабандардың саны | 5 дана |
| Сымдау жиілігі | 5 |
| Сым диаметрі | |
| Сымдауға дейін | 8мм |
| Сымдаудан кейін | 2,09 мм |
| Материал беріктігінің шегі | |
| Сымдауға дейін | 0,3-1,4 кН/мм ² |
| Сымдаудан кейін | 1,4-2 кН/мм ² |
| Жиынтық қысу | 92-65% |
| Шығудағы сымдау жылдамдығы | 900-1200м/мин |
| Суыту үшін ең көп су шығыны | 1,2м ³ /сағ |
| Орнақтың электр қозғалтқыштары 55кВт | |
| Қозғалтқыштар саны | 5 дана |
| Айналу жиілігі | 550-1500 айн/мин |
| Орнақтың салмағы (электр қозғалтқыштарсыз) | 7,2 т |

2.5 Бөлім бойынша түйіндер, қорытындылар және ұсынымдар

Диссертациялық жұмыстың осы бөлімінде жүргізілген зерттеулер ТСО автоматтандырылған электржетегін жаңғырту бойынша ұсыныстарды әзірлеу үшін негізгі қорытындылар мен түйіндерді тұжырымдауға мүмкіндік береді, олар келесіден тұрады:

1. Сымдаудың күштік параметрлерін реттеу режимдерін талдау ТСО оңтайлы басқару мен реттеу критерийлерін неғұрлым қанағаттандыратын тартымдық күштерді жұмсақ тұрақтандыру режиміне артықшылық беру керек екенін көрсетті:

- оңтайлы басқару критерийі әрбір сору барабанының тарту күшінің (тұтынылатын қуаттың) минимумына қол жеткізу болып табылады;

- оңтайлы реттеу критерийі - қарсы тарту шамасын берілген мәндерден ауытқудың минимумына қол жеткізу;

- процесс тұрақтылығының өлшемі қарсы тартылудың берілген деңгейін экономикалық оңтайлы мәннен 30...40 %-ға төмендету болып табылады.

- оңтайлы реттеу критерийін іске асыру үшін толық ақпараты және қарсы тартудың байланыс датчигі бар жүйені қолдану қажет, ал реттеуші ретінде тартқыш органды пайдалану қажет, яғни, реттелетін түрлендіргіш арқылы әрбір сымдау блогының T_i тарту күшіне әсер ету.

2. Электр жетегін пайдалану шығындары ең алдымен орнақпен тұтынылатын энергия санына байланысты болғандықтан, бұл тікелей пайдалану шығындары бойынша оңтайлы басқару өлшемімен байланысты, онда ЖТ-АҚ схемасы бойынша энергия үнемдейтін асинхронды жиіліктік-реттелетін электр жетегін пайдалану қажет, ол сымдарды дайындауға үлестік энергия шығындарын азайтуға мүмкіндік береді.

3. қарсы тартулардың ауытқуы ең жоғары жерде, ең нашар жағдайларда орнақтың шеткі (соңғы) блоктары болғандықтан, соңғы блоктың электржетегі автоматты реттеу жүйесі бар ЖАРЖ орнатылған жылдамдыққа орнақтың шығуын қамтамасыз ететін жетекші орындайды. Қалған блоктардың электржетегі жетекші бола отырып, тартымдық күштерді жұмсақ тұрақтандыру кезінде әрбір блокта ҚАРЖ жүйесімен қарсы тартылыммен тікелей реттеуді қамтамасыз етеді. Сонымен қатар, ЖАРЖ және ҚАРЖ жүйелерін оңтайлы режимге теңшеу блок нөмірінің кему бағытында жүзеге асырылуы тиіс, яғни сымдау барысы бойынша кері бағытта, бұл кезекті алдыңғы блокты теңшеу кезінде блоктардың бұрын қолданылған тобына барынша аз әсер етуге мүмкіндік береді.

4. ТСО автоматтандырылған электр жетегінің жүйесі бағдарламаланатын бақылаушының (ББ) базасында құрылады, онда сымдау бағыты туралы енгізілген деректер негізінде күш параметрлерінің бастапқы күйге келтіру мәндері ББ микропроцессорында есептеледі және барлық блоктардағы керуге қарсы тартулар осы бағыт үшін оңтайлы болатын деңгейде орнатылады. Сонымен қатар, ББ сымдау процесінің күштік параметрлерін басқару функцияларын орындайды; сымдау процесінің сапасын бақылау (сымдауыштың ағымдағы диаметрін, сым температурасын, сымдау жылдамдығын және т.б.); электржетек жүйелерін диагностикалауды; технологиялық жабдықтың күйін диагностикалау және цехтық КБАЖ сұрауы бойынша қажетті ақпарат беру.

5. Осы жұмыста ұсынылған тура ағынды сымдау орнақтарын жаңғырту принципі олардың жиілігіне байланысты емес, ал мысал ретінде ВС-5/550ААМЖЗ бес белдік орнағын қарастыруға болады (қазір өндіріс ААМЖЗ АҚ, Алматы қ., Қазақстан Республикасы). Сонымен қатар, айнымалы токтың электр жетегіне ауысатын қуаты 55кВт ПН-111 тұрақты ток электр қозғалтқыштары қуаты 55кВт АВВМ2АА250М қысқа тұйықталған роторы бар

асинхронды қозғалтқыштарға ауыстырылуы мүмкін. Қозғалтқыштардың қуатына сәйкес, сондай-ақ ББ-дан басқарылатын АВВ ACS550-1-124А-4 жиілік түрлендіргіші ұсынылуы мүмкін.

6. Жоғарыда айтылғандарға сәйкес ВС-5/550 ААМЖЗ тура ағынды сымдау орнағының базасында жаңғыртылған автоматтандырылған электр жетегінің статикалық және динамикалық сипаттамаларын зерттеу үшін MatLab бағдарламалық кешенінің ортасында компьютерлік модельде ЖАРЖ және ҚАРЖ автоматты реттегіштердің беріліс функцияларын талдау мен синтездеуді жүзеге асырған жөн.

3 Сымдаудың күштік параметрлерін реттегіштермен ТСО жаңғыртылған электр жетегін зерттеу

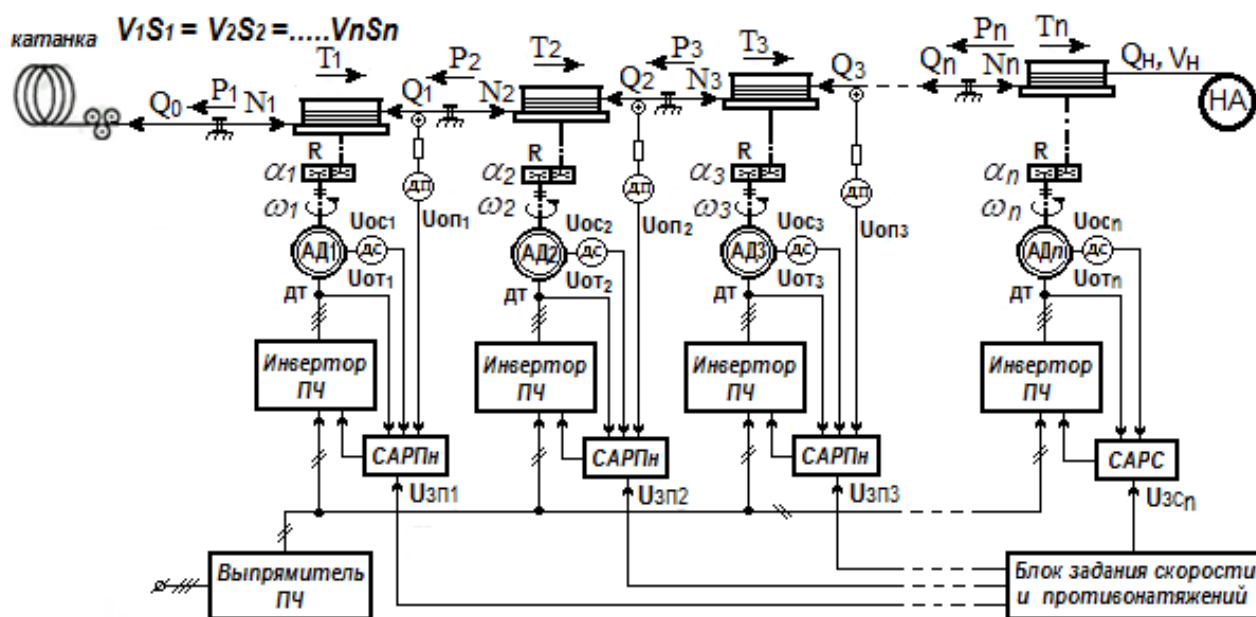
3.1 Орнақтың көп қозғалтқышты электржетегінің математикалық моделі және реттеуіштерді күшейту коэффициенттерін есептеу әдістемесі

Орнақтың электржетегін басқару жүйесінің міндеті статикалық және динамикалық жұмыс режимдерінде сым сымдаудың күштік параметрлерін тұрақтандыру болып табылады. Ол үшін сымдау барабандардың бұрыштық жылдамдығының қажетті арақатынасын қамтамасыз ететін толық ақпараты бар электржетекті автоматты басқару жүйесі қолданылды. Бұл жағдайда сым бойынша қарсы тартылым және қатты байланыс болған жағдайда электржетекті басқару жүйесі технологиялық процестің негізгі талаптарын орындайды

$$V_1 \cdot S_1 = V_2 \cdot S_2 = \dots V_n \cdot S_n, (3.1)$$

яғни, сымдауышқа дейін және кейін, металдың секундтық көлемдерінің теңдігін қамтамасыз етеді.

Әрбір қозғалтқышқа жеке жиілік түрлендіргіштері бар асинхронды көп қозғалтқышты асинхронды электр жетегін жаңғырту үшін ұсынылатын функционалдық схема 3.1-суретте көрсетілген.



3.1 сурет - Жаңғыртылған асинхронды электр жетегінің n - еселенген ТСО функционалдық схемасы

Сым, орнақтың әрбір барабан аралық аралығында тікелей барабаннан кейінгі сымдауышқа арнайы компенсациялық аунақшалар арқылы майыспай беріледі. Аунақшалар Q_i қарсы тартылу күшін ҚД қарсы тартылу датчигіне береді, бұл оның шамасын әрбір барабан аралық аралықта бақылауды жүзеге асыруға мүмкіндік береді.

Бұл типті орнақтарда дайындаманы (созба сымды) орамда тарқату құрылғысынан тікелей бірінші сымдау барабанына қосарланған сымдауыш арқылы беріледі. Дайын сымды орау бұрыштық жылдамдығы соңғы таза блоктың жылдамдығымен қатаң келісілген орау аппаратымен (ОА) жүзеге асырылады.

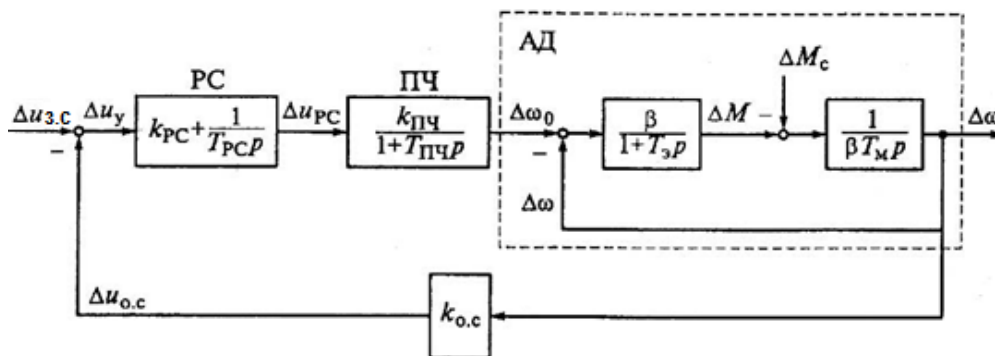
ЖАРЖ және ҚАРЖ басқару жүйелерінің қалған элементтерінің тағайындалуы т/б 2.4 екінші бөлімінде бұрын сипатталған.

Сору барабандарының электржетегі екі координаттың берілген дәлдігімен реттеуді қамтамасыз етуі тиіс: сымдау жылдамдығы және қарсы тартылым шамалары. Бұл талаптарды іске асыру блоктардың электр жетектері арасында міндеттерді бөлу шартымен ғана мүмкін болады.

Жетекші блоктың электржетегі жылдамдықты автоматты реттеу жүйесі болуы және берілген жылдамдыққа орнақтың шығуын қамтамасыз етуі тиіс.

Қарсы тартылым реттеу жүйесі токтың ішкі контуры мен сыртқы керілу контуры бар екі контурлы да, үш контурлы да - токтың ішкі контуры мен жылдамдығы бар орындалуы мүмкін [22,33,34,35].

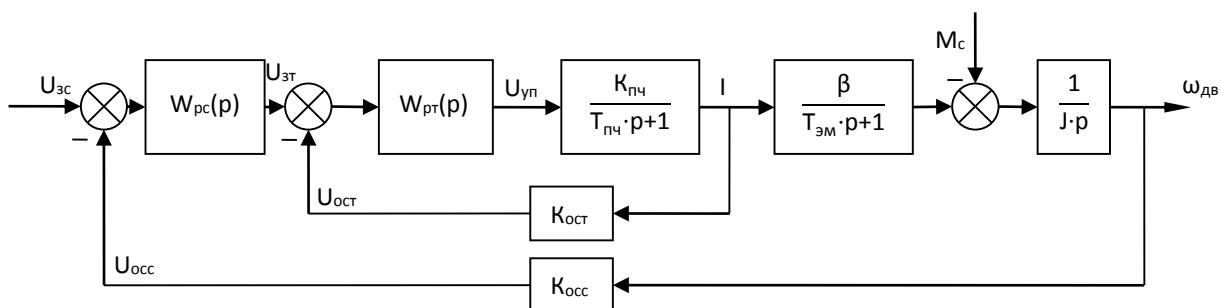
Электржетектің құрылымдық сұлбасы ЖТ– АҚ сұлбасы бойынша жылдамдық бойынша кері байланыс арқылы 3.2-суретте көрсетілген.



3.2 сурет – ЖТ-АҚ схемасы бойынша жылдамдық бойынша кері байланысы бар құрылымдық электржетегі

Жетекші блоктың ЖАРЖ басқару жүйесі ішкі ток реттеу контуры және жылдамдықты реттеудің сыртқы контуры бар екі контурлы бағынышты реттеу жүйесі болып табылады (3.3 сурет).

Ток реттегішінде интегралдаушы элемент бар болғандықтан, орнатылған режимде $U_{зт}$ нәтижелік сигналы ток реттегішінің кірісінде нөлге тең болуы тиіс. Сонымен қатар, ток реттеуішінің шығуында, яғни ЖТ басқарушы кірісінде алдыңғы өтпелі процесте реттеуіштің интегралдау әрекеті есебінен жинақталған $U_{уп}$ сигналы бар. $U_{уп}$ шамасы мынадай, ЖТ шығуында АҚ статорлық орамындағы шығыс кернеуінің тиісті жиілігін қамтамасыз етеді, ол берілген сымдау бағыты үшін жетекші таза блоктың қажетті жылдамдығын анықтайды.



3.3 сурет – ТСО жетекші таза блогының қозғалтқыштың ЖАРЖ

Беріліс функцияларына сәйкес жылдамдық бойынша кері байланысы бар ЖТ – АҚ жүйесінің динамикасын математикалық сипаттау, $\Delta M_c = 0$ болған кезде, мынандай түрде жазылады

$$\beta T_M \frac{d\omega}{dt} = M \quad (3.2)$$

$$T_s \frac{dM}{dt} = \beta(\omega_0 - \omega) - M ; (3.3)$$

$$T_{pc} \frac{d\omega_0}{dt} = K_{ПЧ} U_Y, \quad (3.4)$$

мұндағы β - АҚ механикалық сипаттамасының қаттылық модулі ($\beta = 2M_k / (\omega_{0ном} S_k)$);

T_{Δ} - АҚ роторы және статор тізбектерінің эквивалентті электромагниттік тұрақты уақыты, ол мынаған тең: $T_{\Delta} = 1 / (\omega_{0ном} S_k)$;

$\omega_{0ном}$ - номиналды қоректену жиілігі $f_{1ном} = 50$ Гц кезінде АҚ электромагнитті өрісінің бұрыштық жылдамдығы ($\omega_{0эл.ном} = 2\pi f_{1ном}$);

T_M - электромеханикалық тұрақты уақыты;

$K_{ПЧ}$ - ЖТ беріліс коэффициенті;

$T_{ПЧ}$ - ЖТ басқару тізбегінің тұрақты уақыты;

PC - параметрлері T_{PC} тұрақты уақыты және K_{PC} беріліс коэффициенті болып табылатын жылдамдық реттегіші.

(3.2), (3.3) және (3.4) теңдеулерді жазудың ыңғайлылығы мақсатында, айнымалылардың өсу символы (Δ) пайдаланылмағанын атап өткен жөн. Бұдан басқа, келесі шарт енгізілді: $K_{pc} \cdot T_{pc} = T_{ПЧ}$. Сондықтан ЖР және ЖБ беріліс функцияларының туындысының нәтижесі көрсетілген жағдайда, дифференциалдық теңдеу болып табылады (3.4). Бұдан әрі, $U_y = f(x_1, x_2, x_3)$ - ЖТ - АҚ жүйесінің реттеуішін басқару заңы, ол анықтайды: ω - қозғалтқыш жылдамдығын, M - қозғалтқыш сәтін және ω_0 - АҚ электромагниттік өрісінің бұрыштық жылдамдығын.

(3.2), (3.3) және (3.4) ЖТ - АҚ жүйесінің жылдамдығы бойынша кері байланыс коэффициентін анықтау бойынша есепті шешу үшін келесі түрде ұсынамыз:

$$\frac{dx_1}{dt} = a_1 x_2, \quad (3.5)$$

$$\frac{dx_2}{dt} = a_2 x_3 - a_3 x_1 - a_4 x_2, \quad (3.6)$$

$$\frac{dx_3}{dt} = a_5 u_y, \quad (3.7)$$

мұндағы, $x_1 = \omega$, $x_2 = M$, $x_3 = \omega_0$; $a_1 = (1/\beta \cdot T_M)$, $a_2 = \beta/T_{\Delta}$, $a_3 = \beta/T_{\Delta}$, $a_4 = 1/T_{\Delta}$, $a_5 = K_{ПЧ}/T_{PC}$.

(3.5), (3.6) және (3.7) теңдеуі жылдамдық бойынша кері байланысы бар ЖТ - АҚ математикалық үлгісі болып табылады.

Созылу учаскесіндегі ұзындығы l сымдардың әрекеті келесі дифференциалды теңдеумен жазуға болады

$$\frac{dQ_i}{dt} = \frac{ES_i}{l} \left(\frac{R_b}{\mu_{i+1} \alpha_{i+1}} \omega_{i+1} - \frac{R_b}{\alpha_i} \omega_i \right) - \frac{R_b \omega_i}{\alpha_i l} Q_i, \quad (i = 1, 2) \quad (3.8)$$

мұндағы, Q_i - i сымдауыш алдындағы қарсы тартылым;

ω_i - қозғалтқыш білігінің айналу жиілігі;

R_b - тарту барабанының радиусы;
 α_i - редуктордың беріліс қатынасы;
 μ_i - i ауысымда сымды тарту;
 E - серпімділік модулі;
 S_i - сымның i учаскесінде сым қимасы;
 l - қарсы тарту учаскесіндегі сымның ұзындығы.

Құрылымдық сұлба негізінде жылдамдық бойынша кері байланысы бар ЖТ-АҚ жүйесінің дифференциалды теңдеулері, ЖТ – $T_{nc} = 0$ уақытының тұрақтысы, орнақтың әрбір блогы үшін келесі түрде жазылады:

$$\left. \begin{aligned}
 \beta T_M \frac{d\Delta\omega_i}{dt} &= \Delta M_i + \frac{R_b}{\alpha_i} \Delta Q_i; \\
 T_{\Sigma} \frac{d\Delta M_i}{dt} &= \beta k_{\text{ПЧ}} \Delta U_{\text{PCi}} - \beta \Delta\omega_i - \Delta M_i; \quad (3.9) \\
 T_{\text{PCi}} \frac{d\Delta U_{\text{PCi}}}{dt} &= k_{\text{PCi}} (T_{\text{PCi}} \frac{d\Delta U_{3.C}}{dt} + \Delta U_{3.C}) - k_{\text{PCi}} k_{\text{OCI}} T_{\text{PCi}} \frac{d\Delta\omega_i}{dt} - k_{\text{PCi}} k_{\text{OCI}} \Delta\omega_i,
 \end{aligned} \right\}$$

мұндағы, ΔM - қозғалтқыш моментінің өсуі;
 ΔQ - қарсы тартылымның өсуі;
 ΔU_{PC} - жылдамдығын реттегіштің (ЖР) шығуында кернеудің өсуі;
 $\Delta U_{3.C}$ - берілген жылдамдық үшін кернеудің өсуі;
 β - АҚ механикалық сипаттамасының сызықтанған қаттылық модулі;
 T_M - электромеханикалық тұрақты уақыты;
 T_{Σ} - эквивалентті электромагниттік тұрақты уақыты;
 T_{PC} - тұрақты уақыт ПИ – жылдамдық реттегіші;
 k_{PC} - беріліс коэффициенті ПИ – жылдамдық реттегіші;
 k_{OC} - жылдамдық бойынша кері байланыс коэффициенті.

Бірінші теңдеуде орнақтың екінші блогы үшін, яғни ΔQ_i және ΔQ_{i+1} үшін және ($i = 1$) кезінде арифметикалық әрекет белгісі ΔQ_i алдында «-», ал ΔQ_{i+1} алдында «+». ($i = 2$) кезінде ΔQ_{i+1} алдында бірінші теңдеуде «-» белгісі.

$\Delta U_{3.C}$ уақыт функциясы болып табылатындықтан, ЖТ – АҚ жүйесінің математикалық моделін құру ыңғайлылығы тұрғысынан, осы жүйенің кірісінде беріліс функциясы бар инерциялық буынды енгіземіз:

$$W_U(p) = \Delta U_{3.C} / \Delta U_Y = k_v / (T_v p + 1).$$

Бұл жағдайда тура ағынды орнақ динамикасының математикалық моделі, дифференциалды теңдеулердің күрделі емес түрлендірулерінен кейін (3.9) және (3.8) теңдеуді ескере отырып, мынандай түрде болады:

$$\begin{aligned}
\frac{d\Delta\omega_i}{dt} &= a_1\Delta M_1 + a_2\Delta Q_1; \quad \frac{d\Delta M_1}{dt} = a_3\Delta U_{PC1} - a_4\Delta\omega_1 - a_5\Delta M_1; \\
\frac{d\Delta U_{PC1}}{dt} &= a_6U - a_7\frac{d\Delta\omega_1}{dt} - a_8\Delta\omega_1; \\
\frac{d\Delta\omega_2}{dt} &= a_9\Delta M_2 - a_{10}\Delta Q_1 + a_{11}\Delta Q_2; \\
\frac{d\Delta U_{PC2}}{dt} &= a_{15}U - a_{16}\frac{d\Delta\omega_2}{dt} - a_{17}\Delta\omega_2; \\
\frac{d\Delta\omega_3}{dt} &= a_{18}\Delta M_3 - a_{19}\Delta Q_2; \quad \frac{d\Delta M_3}{dt} = a_{20}\Delta U_{PC3} - a_{21}\Delta\omega_3 - a_{22}\Delta M_3; \\
\frac{d\Delta Q_1}{dt} &= a_{23}\omega_2 - a_{24}\omega_1 - a_{25}\Delta Q_1; \quad \frac{d\Delta Q_2}{dt} = a_{26}\omega_2 - a_{27}\omega_1 - a_{28}\Delta Q_2,
\end{aligned} \tag{3.10}$$

Где $a_1 = 1/\beta T_M$; $a_2 = R_B/\alpha_1\beta T_M$; $a_3 = \beta k_{ПЧ}/\Gamma_3$; $a_4 = 1/T_3$; $a_5 = 1/T_3$;
 $a_6 = k_{PC1}k_v/T_{PC1}$; $a_7 = k_{PC1}k_{OC1}$; $a_8 = k_{PC1}k_{OC1}/T_{PC1}$; $a_9 = a_1$;
 $a_{10} = R_B^*k_{q1}/\alpha_2\beta T_M$; $a_{11} = R_B/\alpha_2\beta T_M$; $a_{12} = a_3$; $a_{13} = a_4$; $a_{14} = a_5$;
 $a_{15} = a_6$; $a_{16} = k_{PC2}k_{OC2}$; $a_{17} = k_{PC2}k_{OC2}/T_{PC2}$; $a_{18} = a_1$; $a_{19} = R_B^*k_{q2}/\alpha_3\beta T_M$;
 $a_{20} = a_3$; $a_{21} = a_4$; $a_{22} = a_5$; $a_{23} = \frac{ES_1}{l} \frac{R_B}{\mu_2\alpha_2}$; $a_{24} = \frac{ES_1R_B + R_BQ_1^*}{l\alpha_1}$;
 $a_{25} = \frac{R_B\omega_1^*}{l\alpha_1}$; $a_{26} = \frac{ES_2R_B}{l\mu_3\alpha_3}$; $a_{27} = \frac{ES_2R_B + R_BQ_2^*}{l\alpha_2}$; $a_{28} = \frac{R_B\omega_2^*}{l\alpha_2}$.

Жылдамдық реттегішінің тері кері байланыс коэффициентін анықтау бойынша дифференциалдық теңдеулерді (3.10) шешу бағдарламасы 3.4-суретте келтірілген.

```

function pvst
x0=[0;0;0;0;0;0;0;0;0;0;0];
interval=[0 5];
[T,X]=ode45(@stpr,interval,x0);
plot(T,X(:,1),'g-');
hold off
grid
function dx=stpr(t,x)
dx=zeros(11,1);
dx(1)=0.183*x(2)+0.0057*x(10);
dx(2)=95725*x(3)-2735*x(1)-50*x(2);
dx(3)=5*(1-exp(-(t/0.5)))-0.075*dx(1)-0.75*x(1);
dx(4)=0.183*x(5)-0.0038*x(10)+0.0077*x(11);
dx(5)=95725*x(6)-2735*x(4)-50*x(5);
dx(6)=5*(1-exp(-(t/0.5)))-0.075*dx(4)-0.75*x(4);
dx(7)=0.183*x(8)-0.0052*x(11);
dx(8)=95725*x(9)-2735*x(7)-50*x(8);
dx(9)=5*(1-exp(-(t/0.5)))-0.075*dx(7)-0.75*x(7);
dx(10)=8273*x(4)-8005.8*x(1)-5*x(10);
dx(11)=8498*x(7)-8276.5*x(4)-6.5*x(11);
end
end

```

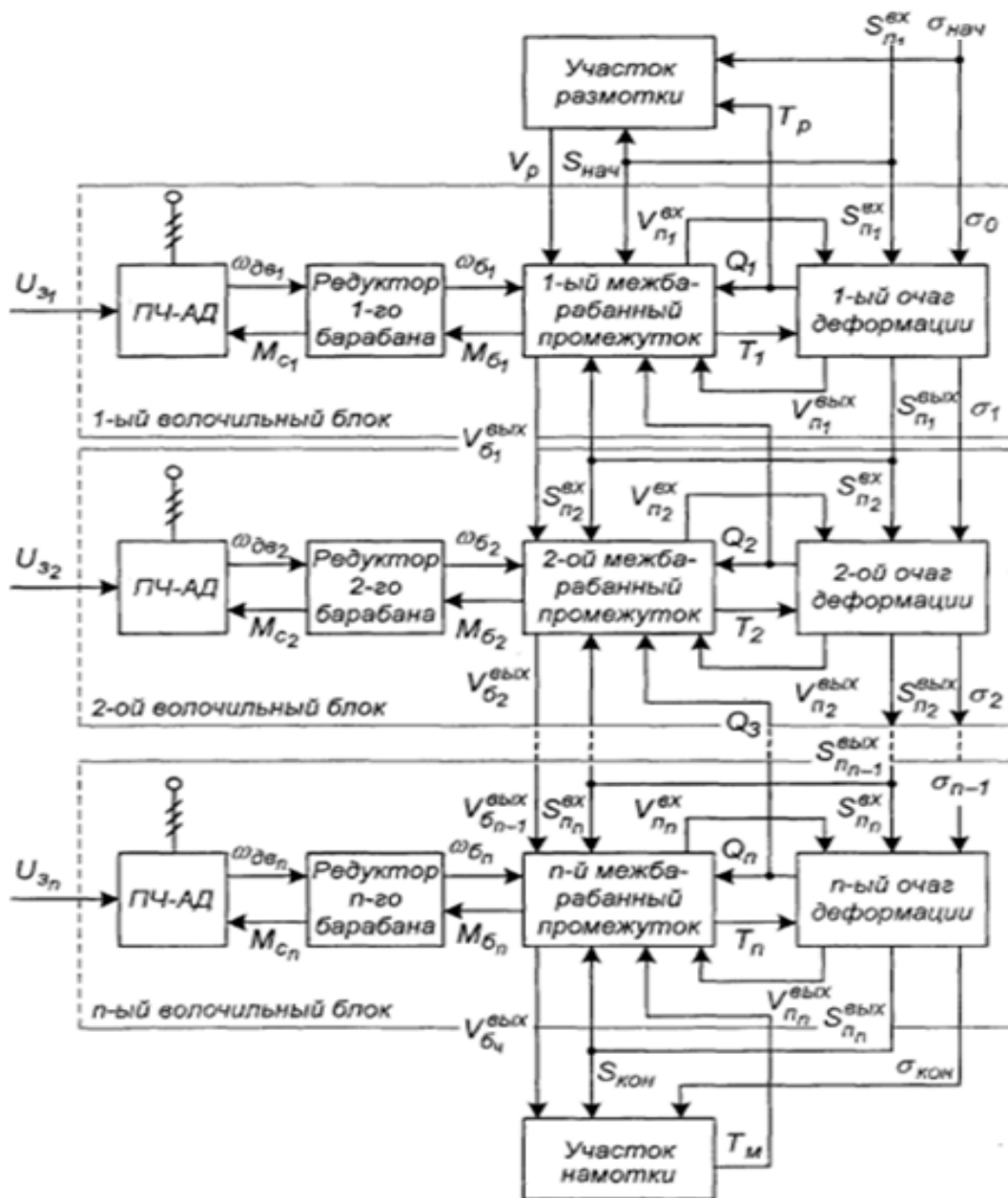
3.4 сурет - Жылдамдық реттегішінің коэффициентін анықтауға арналған бағдарлама

Ауытқулық әрекеттерді ескере отырып, электр механикалық жүйе ретінде тікелей ағатын орнақтың динамикалық қасиеттеріне жүргізілген талдау тербелістердің таралу бағыты технологиялық процесс барысымен сәйкес келетінін көрсетті, сондықтан жүргізуші ретінде соңғы сору блогының электржетегі таңдалды. Сонда қалған блоктардың электрқозғалтқыштары жетекші болып табылады және одан кейінгі барабан аралық аралықтарда қарсы тартылымдардың түйіспелі датчиктері орнатылған, орнақты басқару жүйесінің ҚАРЖ реттегіштерінің дәлдігін арттыратын қарсы тартылымдарды реттейді.

Мұндай таралудың кемшілігі жүктеменің өзгеруі түріндегі барлық ауытқулар (геометриялық өлшемдердің тұрақсыздығымен, дайындаманың физикомеханикалық қасиеттерімен, таратқыштың шығысындағы сымдардың тартылу тербелістерімен байланысты) барлық орнақ бойынша бірінші блоктан соңғы блоктарға дейін өтеді.

Сондықтан қозғалтқыш электр қозғалтқыштары жылдамдығының қажетті ара қатынасын қолдау үшін ЖАРЖ реттеуішінің жылдамдығы бойынша кері байланыс коэффициенттерінің шамасын анықтау бойынша ұсынылған әдістеме өте уақтылы және өзекті.

Басқару объектісі ретінде математикалық модель негізінде әзірленген ТСО n -еселік электржетегінің құрылымдық сұлбасы 3.5-суретте келтірілген.



3.5 сурет - Басқару объектісі ретінде n - еселік тура ағынды сымдау орнағының кешенді математикалық моделінің құрылымдық сұлбасы

ЖТ-АҚ жүйесінің математикалық сипаттамасы ТТ-Д схемалары бойынша электр жетегі бар белгілі ТСО жүйелерін сипаттауға ұқсас [25,26,36].

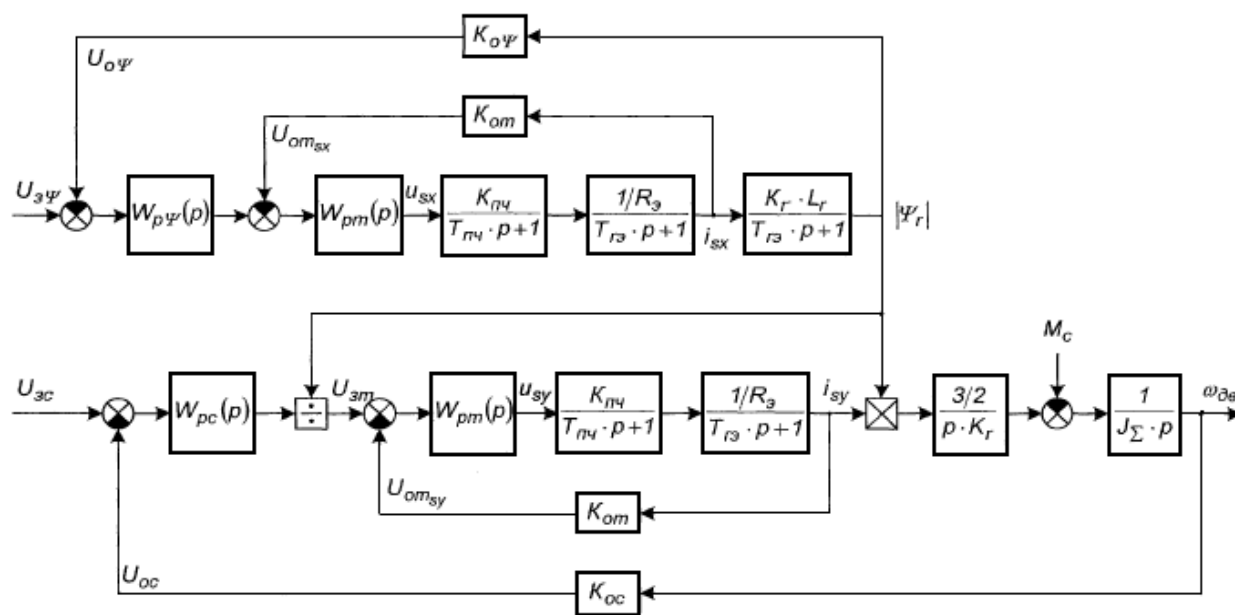
Модель MATLAB 7.1 математикалық пакеті Simulink визуалды бағдарламалау пакеті үшін бағдарламалық модуль түрінде жүзеге асырылған [37,38,39].

Модель ТСО сымдау блоктарының электр жетектерінің бірлескен жұмысын талдауға және олардың өзара әсер ету дәрежесін бағалауға мүмкіндік береді.

3.2 ТСО электр жетегін басқару жүйесінің реттеуіштерінің құрылымдық сұлбалары мен синтезі

Тұжырымдалған нақтыланған технологиялық талаптарға сәйкес тура ағынды сымдау орнағының сору барабандарының электржетегі екі координаттың берілген дәлдігімен реттеуді қамтамасыз етуі тиіс: сымдау жылдамдығы мен қарсы тартылу күшінің шамасымен. Бұл талаптарды іске асыру тек блоктардың электр жетектері арасында міндеттерді бөлу шартымен ғана мүмкін болады, оларды бір жетекшіге бөлу және қалған жетекшілер. Бұл жағдайда жетекші блоктың электржетегі ЖАРЖ жылдамдығын автоматты реттеу жүйесі болады, ол белгіленген сымдау жылдамдығына орнақтың шығуын және сору барабандары арасындағы жылдамдықтардың тиісті ара қатынасын ұстап тұруды қамтамасыз етеді. Жетекші блоктардың электржетегі ҚАРЖ жүйесіне ие, ол қарсы тартылым байланыс датчигі бақылайтын қарсы тартылым шамасын тікелей реттеуді қамтамасыз етеді. Сонымен қатар, ЖАРЖ және ҚАРЖ электр жетегін басқару жүйелері бағынышты координаттарды реттеу принципі бойынша салынған.

Соңғы жетекші сору блогының электр жетегінің ЖАРЖ реттеуіші токты реттеудің ішкі контурына және жылдамдықты реттеудің сыртқы контурына ие. Соңғы сору блогының электржетегі ЖАРЖ реттегішінің құрылымдық сұлбасы 3.6 суретте келтірілген.



3.6 сурет - Жетекші соңғы сору блогының электр жетегі ЖАРЖ реттегішінің құрылымдық сұлбасы

Қарсы тартылым реттеу жүйесі токтың ішкі контуры және сыртқы керілу контуры бар екі контурлы да, үш контурлы да, токтың ішкі контуры мен жылдамдықтың ішкі контуры бар орындалуы мүмкін.

Екі контурлық жүйеде реттеу объектісі ток контурының оңтайландырылған контуры болып табылады және 2.4-тармақта

көрсетілгендей, 2.3 кестеде келтірілген беріліс функцияларының бірі сипатталатын буындар.

$$W_1(p) = \frac{M_{\partial\theta}(p)}{Q_1(p)} = \frac{K \cdot (T_1 \cdot p + 1)}{T_2 \cdot p^2 + T_3 \cdot p + 1} \quad (3.11)$$

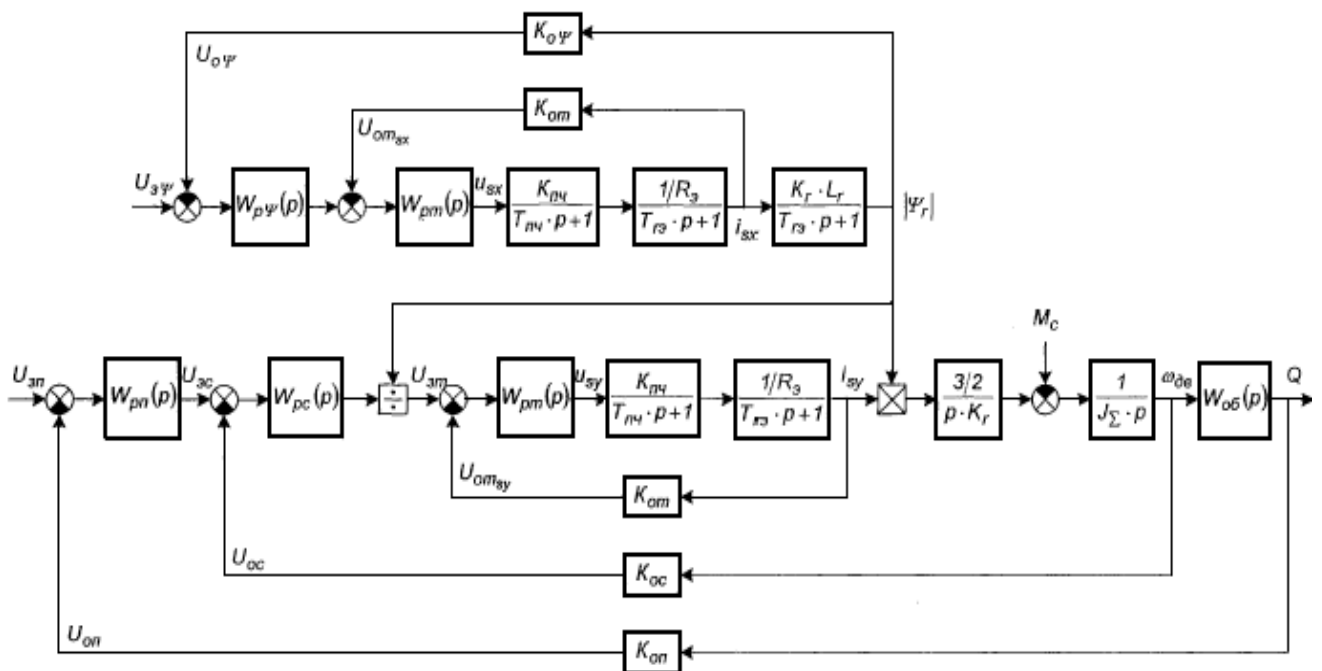
Қарсы тартылым контурды, мысалы, модульдік оптимумға теңшеу үшін керу реттегішінің беріліс функциясы болуы тиіс [36]:

$$W_{pn}(p) = \frac{W_{paz}(p)}{W_{o\partial}(p)} = \frac{K_{om} / K_{ol} \cdot T_2 \cdot p^2 + T_3 \cdot p + 1}{4 \cdot T_{nc} \cdot p \cdot K \cdot (T_1 \cdot p + 1)} \quad (3.12)$$

Бұл беріліс функциясының күрделілігіне байланысты модульдік оптимумға қарсы тартылым реттеудің екі контурлық жүйесін баптау өте қиындау.

Тиімді мәндерден елеусіз ауытқуға және тартылу реттегішін пропорционалды-интегралды жасауға болатын жағдайда, онда электржетек жүйесінің орнықтылығын қамтамасыз ету үшін тартылымды реттеу контуры барынша төмен жылдам әрекет етуі бар барлық күйін тартылудың квазистационарлық ауытқуларын өтейтін болады.

Сондықтан үш контурлық реттеуіштің схемасы екі контурлыққа қарағанда оңай. 3.7 суретте ток реттеудің ішкі контуры, жылдамдықты реттеу контуры және қарсы тартылымды реттеудің сыртқы контуры бар үш контурлы ҚАРЖ көрсетілген.



3.7 сурет - Жетекші сору блогының электр жетегі ҚАРЖ реттегішінің құрылымдық схемасы

Электржетектің екі жүйесіндегі (жүргізуші де, жетекші де) токты реттеу контурын теңшеуді модульдік (техникалық) оптимумға жүргізу қажет.

Жетекші блоктың электржетегі үшін жылдамдық контурын теңшеу кезінде басқару жүйесі үш контурлы болып табылатындығын және мұнда жылдамдық контуры ішкі екенін ескеру қажет. Жылдамдықтың қайта реттелуін болдырмау мақсатында (апериодикалық өтпелі процесті қамтамасыз ету) модульдік оптимумға, яғни басқарушы әсер бойынша бірінші ретті астатизммен және ауытқулық әсерге қатысты статикалық баптауды қолданған жөн.

Жетекші блогының электржетегі үшін жылдамдық контуры сыртқы болып табылады. Қазіргі уақытта модульдік және симметриялық оптимумға - сыртқы жылдамдық контурының екі жалпы қабылданған параметрлері қолданылады. Тәжірибеде техникалық іске асырудың қарапайымдылығына байланысты модульдік оптимумға теңшеу кеңінен қолданылады. Дәлдікке талап технологиясы тарапынан жылдамдықты сақтау жоғары емес болғандықтан, (рұқсат етілген қателік 5% жетеді), онда, жүктеменің ауытқулық әсеріне қатысты осындай жолмен бапталған жүйе аз дәлдікке ие болғанына қарамастан, контурды модульдік оптимумға теңшеу дұрыс болып табылады.

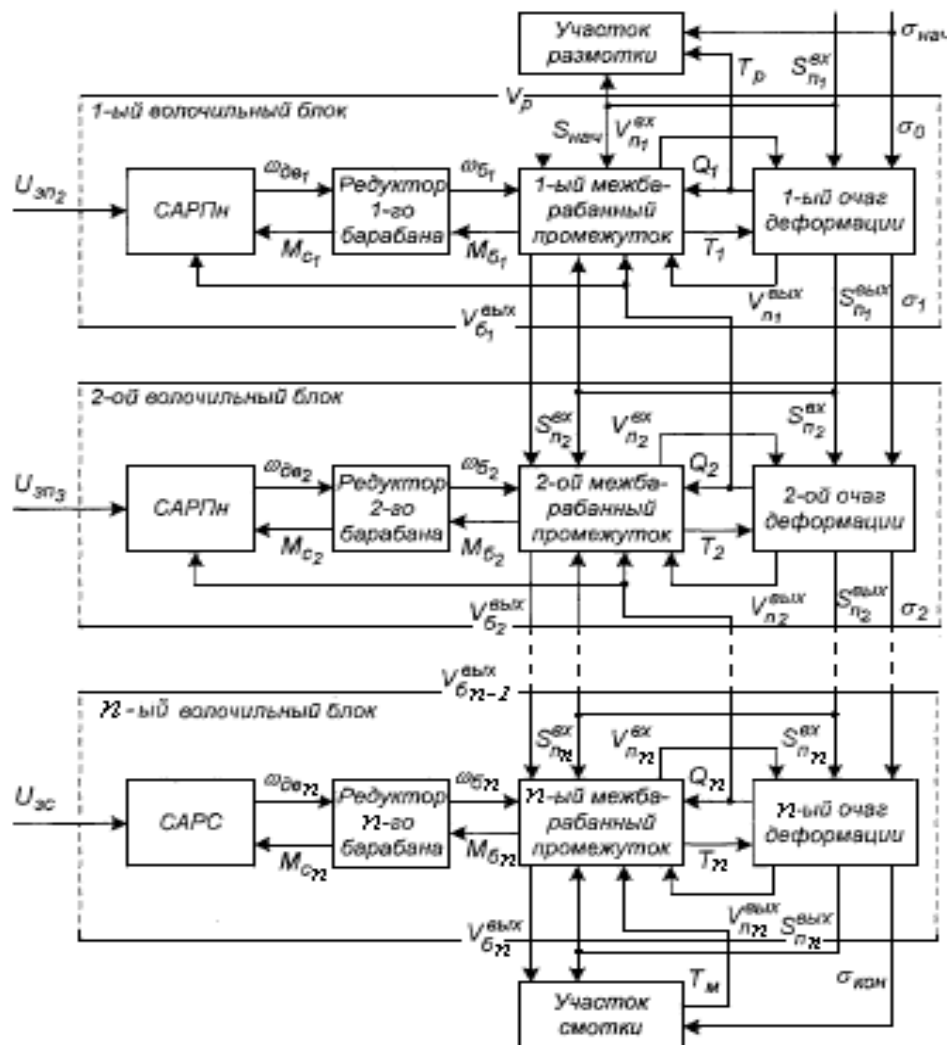
Бағынышты координаттарды реттеу жүйелерін есептеудің жалпы әдістемесіне сәйкес, қарсы тартылымды реттегіштің өткізу функциясын синтездеу үшін оның реттеу объектісінің өткізу функциясын анықтау қажет. Алайда, тура ағынды сымдау орнағы күрделі көп байланысқан электромеханикалық жүйе болып табылады, оның жекелеген буындары (сору блоктары) өзара өңделетін металл арқылы байланысты болып табылады. Мұндай объектінің беріліс функциясын алу қиын міндет болып табылады. Сондықтан қарсы тартылым реттеуіштің беріліс функциясын синтездеу логарифмдік амплитудалық-жиіліктік сипаттамалар әдісімен немесе Matlab 7.1 математикалық пакетінің Simulink визуалды бағдарламалау ортасында зерттеумен оның виртуалды моделін құрумен жүзеге асырған жөн.

Электржетектің нақты жүйесін баптаған кезде нақты объектінің жиіліктік сипаттамасын анықтаудың және қарсы тартылымды реттеу контурын дәл келтірудің техникалық мүмкіндігі әрқашан бар екенін атап өткен жөн.

Технологиялық талаптарға сәйкес қарсы тартуды реттеудегі статикалық қате 15% - ға жетуі мүмкін болғандықтан, онда қарсы тартуды реттеудің сыртқы контурын теңшеуді модульдік (техникалық) оптимумға жүзеге асыру орынды деп болжауға болады.

Модельдеудің негізіне осы және алдыңғы бөлімдерде әзірленген электржетектердің құрылымдық сұлбалары және олардың өзара байланыстары салынған, ал қарсы тартылым реттегішінің беріліс функциясын синтездеу мәселелері Matlab 7.1 ортасында модельді зерттеу нәтижелері бойынша төменде қарастырылады.

3.8 суретте n блоктардан тұратын электромеханикалық жүйе ретінде тура ағатын сымдау орнағының моделінің ірілендірілген құрылымдық сұлбасы көрсетілген.

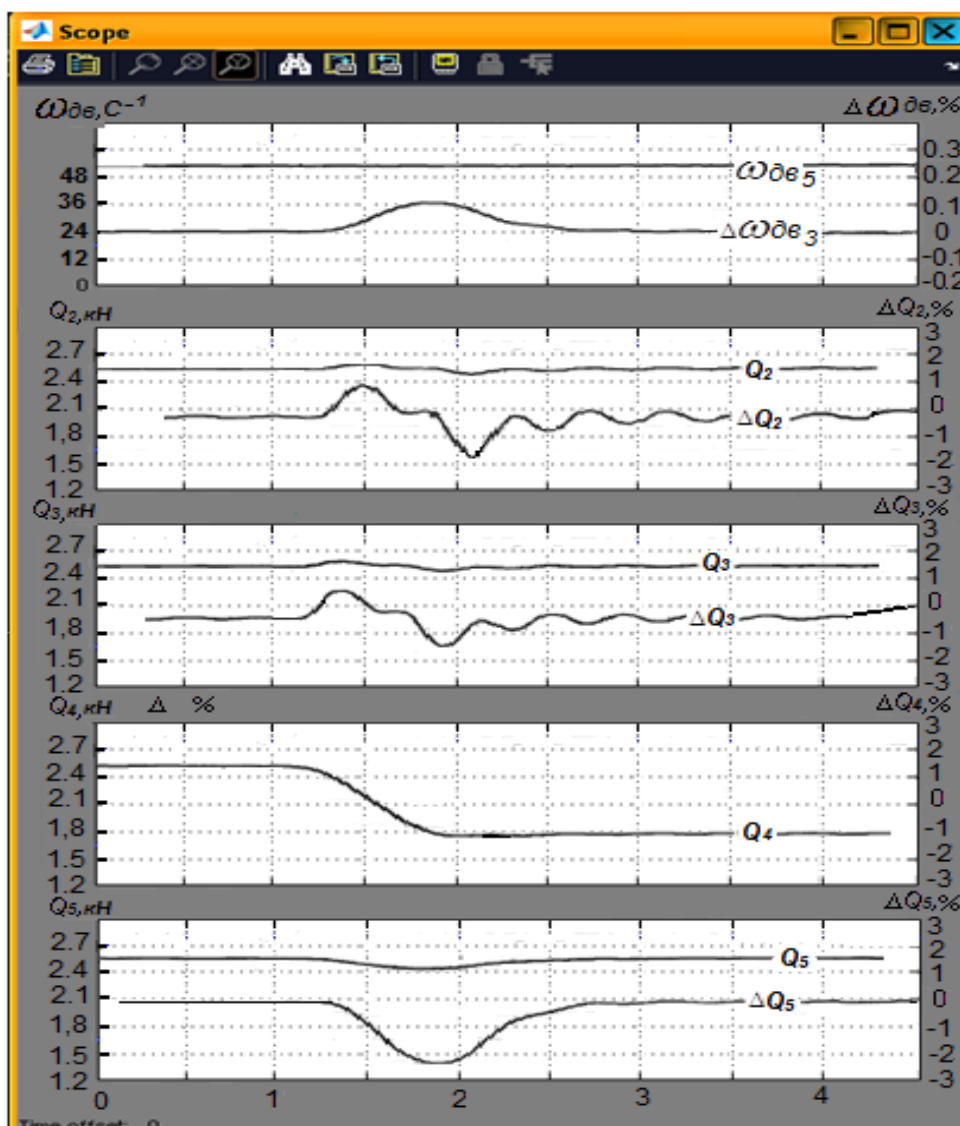


3.8 сурет - ЖАРЖ және ҚАРЖ реттегіштері бар n – еселенген ТСО моделінің ірілендірілген құрылымдық схемасы

Зерттеу тақырыбы бірінші сымдау барабанынан бастап және одан әрі қалған сымдауыштар алдында ЖАРЖ және ҚАРЖ реттегіштері бар ТСО моделіне қарсы тартулардың статикалық және динамикалық сипаттамалары болып табылды. Сонымен қатар, берілген және ауытқулық әсерлердің сызықтық өзгерістері тән әсер болды.

3.9-суретте қарсы тартылымды тұрақтандыру бойынша жүйенің ҚАРЖ реттеуіштерінің жұмыс үлгісі көрсетілген. 3-ші барабанның қозғалтқышындағы $t_1=1c$ уақыт мезетінде жылдамдық пен сәті ұлғайтылды, бұл үшінші және төртінші сымдау блоктары арасындағы қарсы тартылудың 2,55 кН (-3В)- дан 1,7 кН (- 2В) - ға дейін азаюына алып келеді. Бұл жағдайда, ауытқулық әсер берілген барабан аралық аралыққа арналған, реттеуіштің

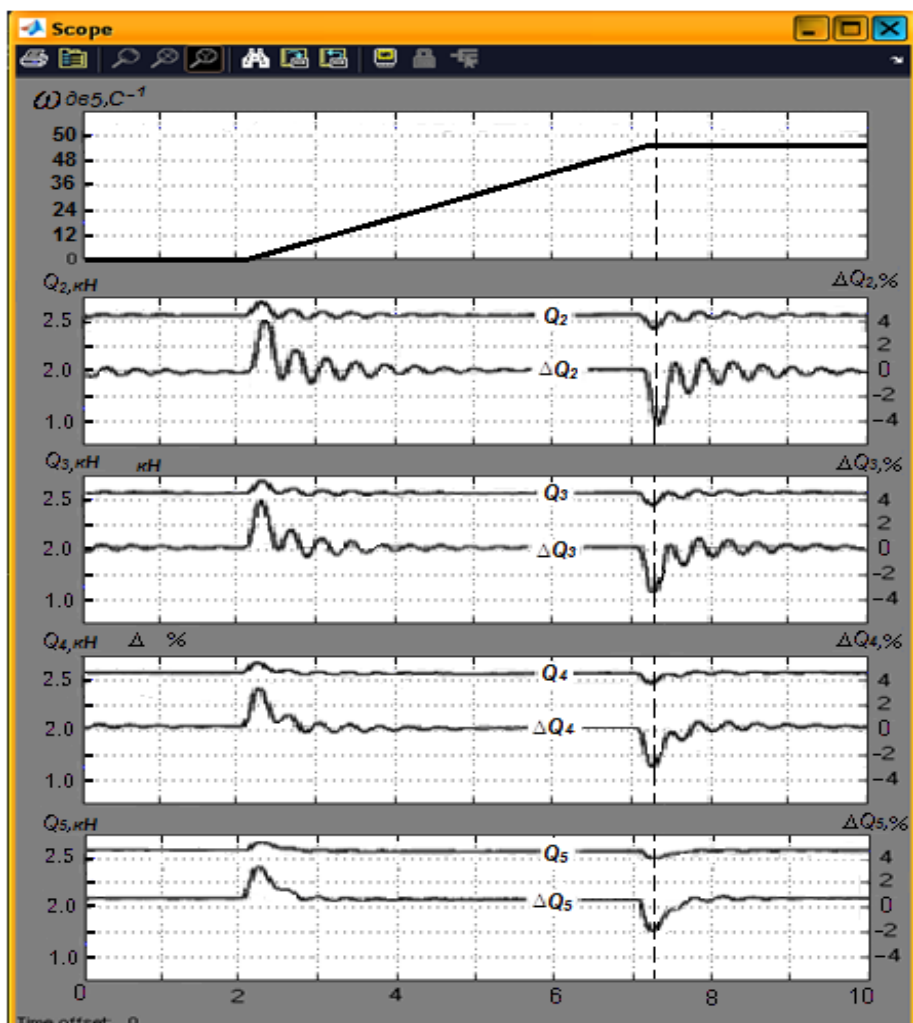
динамикалық қатесі максимальды және 9,1% - ға жетеді. Қалған барабан аралық аралықтарда қарсы тартылудың ауытқуы 3%-дан аспайды. Модельдеу кезінде салыстырмалы мәндері өңделетін металдың пропорционал шегінен асатын қарсы тартылым шамалары салынғандықтан, онда қарсы тартылым ұлғайған кезде алдыңғы барабанның қозғалтқышындағы жүктеме азаяды, ал кейіннен-ұлғаяды.



3.9 сурет – Модельде ҚАРЖ реттегіштерінің жұмыс үлгісі

3.10-суретте бес еселі орнақ мысалында жұмысқа жіберу процестерін модельдеу нәтижелері келтірілген, сонымен қатар тек негізгі реттелетін шамалардың координаттары көрсетілген: соңғы барабан қозғалтқышының айналу жылдамдығы, қарсы тартылым шамалары және олардың қателіктері. Жылдамдыққа тапсырма сигналы $t_1=2$ с с уақыт сәтінде беріледі, оған дейін барлық қарсы тартулардың шамалары 2,55 кН тең берілген мәндерді қабылдаған. $t_2 - t_1= 5$ с уақыт ішінде орнақ жұмыс жылдамдығына дейін айдалады. Технологиялық сорғыштар кинематикалыққа тең болғандықтан,

динамикалық сәт және, сәйкесінше, барлық қозғалтқыштардағы жүктеме бірдей болады. Барлық қарсы тартылымдардың қалыптасу сипаты тербелмелі. Еріксіз тербелістердің өшуі 2...3с ішінде орындалады. Амплитудасы белгіленген мәннен 4 %-дан аспайды.



3.10 сурет - Бес есе ТСО мысалында іске қосу процесінде модельдегі реттеуіштердің жұмыс нәтижелері

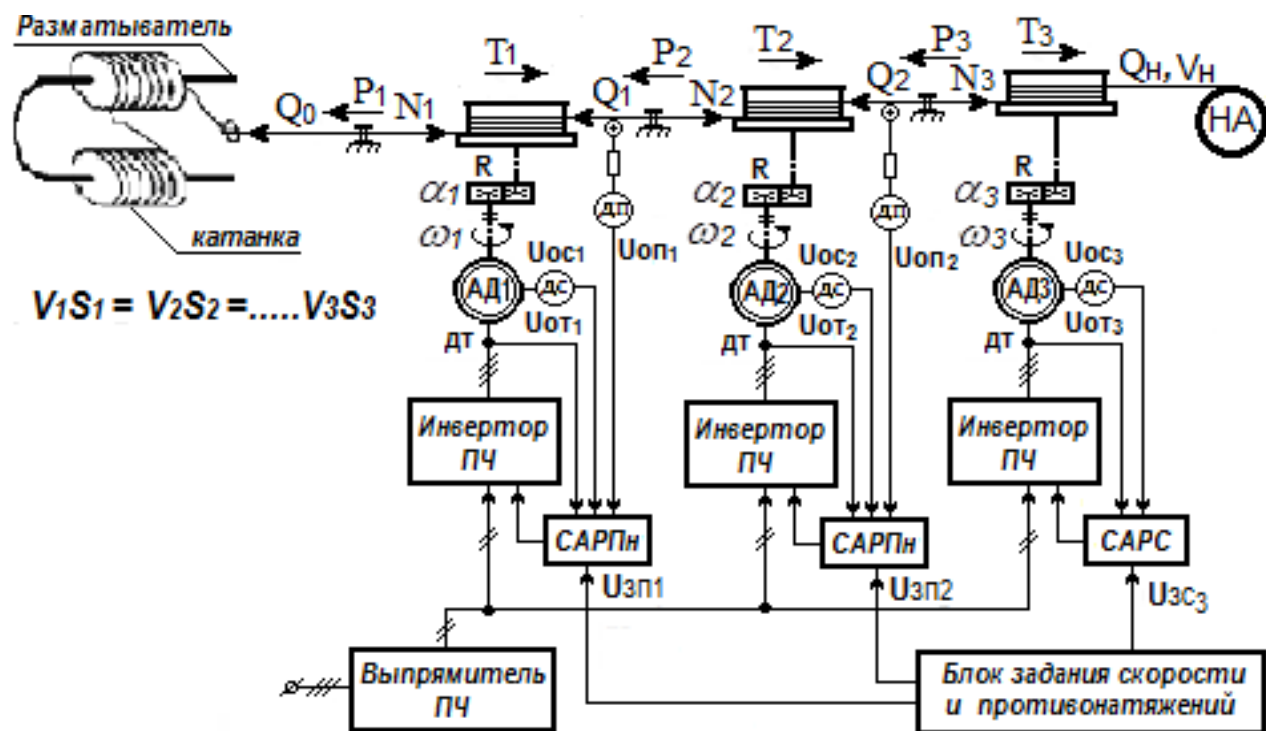
Модельдеу нәтижелері ұсынылған ЖАРЖ және ҚАРЖ жүйелерінің реттеуіштерінің жұмыс қабілеттілігін растайды. Сымдау жылдамдығын 0,3 м / с артық емес ұстау қатесі және нақтыланған технологиялық талаптарға сәйкес келетін ең жоғарғы рұқсат етілген мәннен аспайды. Барлық жұмыс режимдерінде қарсы тартылым қолдау қатесі максималды рұқсат етілгеннен аз және статикалық режим үшін - 0,1 кН және динамикалық жұмыс режимі үшін - 0,23 кН құрайды. Өтпелі процестердің сапасы қанағаттанарлық болып табылады.

Осылайша, модельдеу нәтижелері ТСО электр жетегін басқару жүйесінің ҚАРЖ және ЖАРЖ әзірленген реттеуіштерінің құрылымдық сызбаларын таңдау дұрыстығын растайды.

3.3 Matlab бағдарламаланған ортада BC-3/4-550в орнағының жаңғыртылған электр жетегін зерттеу нәтижелері

Сымдау процесінің қалыпты режимі берілген деңгейде қарсы тартылуды тұрақтандыруды қамтамасыз ететін сым қозғалысының желілік жылдамдығын синхрондауға байланысты, бұл зерттеудің негізгі мақсаты болып табылады. Сонымен қатар, орнақ блоктары арасындағы өзара байланыс өңделетін сым арқылы жүзеге асырылатын шарт орындалуы тиіс.

Әзірленген басқару жүйесін зерттеуді BC-5/550 ААМЖЗ базасында жүргізуге болатын еді, алайда, сымдау блоктарының көп саны виртуалды модельді де, автоматтандырылған электр жетектің көп байланысқан жүйесін зерттеу процесін де ақталмай күрделендіреді. Сондықтан ТСО жаңғыртылған электр жетегін зерттеу BC-3/4-550 орнағының базасында жүргізілді (3.9 сурет), ол іс жүзінде BC-5/550 ААМЖЗ орнағының алғашқы үш сымдау блоктарымен ұсынылған. Сонымен қатар, алынған нәтижелер ТСО жаңғыртылған электр жетегінің тиімділігін анықтауға мүмкіндік береді.



3.11 сурет – BC-3/4-550 ААМЖЗ базасында үш реттік ТСО жаңғыртылған электр жетегі

Электр жетегінің күштік бөлігі (сымдау барабаны, редуктор, асинхронды қозғалтқыш) ЖТ-АҚ сызбасы бойынша орындалған. Жаңғыртылған сымдау орнағының электр жетегі ACS550-1-124A-4 жиілік түрлендіргіштерінен қоректенетін, қуаты 55кВт АВВМ2А250 М қысқа тұйықталған роторы бар жетекті асинхронды электр қозғалтқыштарын құрайды.

Орнақтың электр жетегін басқару жүйесі ҚАРЖ қарсы тартылым реттегіштерді және ЖАРЖ жылдамдық реттегіштерді қамтиды. Сонымен қатар, басқару жүйесі толық ақпарат жүйесі болып табылады, себебі датчиктері бар: қарсытартылымның - ҚД; токтың - ТД және жылдамдықтың - ЖД. Редуктор-R және орау аппаратынан - ОА басқа, схеманың қалған компоненттерінің белгілері мен тағайындалуы бұрын сипатталған және 2,12; 3,1; 3,5; 3,8 суреттерде келтірілген.

ҚАРЖ реттеушісінде орнақтың әрбір барабан аралық аралығындағы қарсы тартылым шамасы, сым барабаннан келесі сымдауышқа майыспай арнайы компенсациялаушы аунақшалар арқылы келіп түскен кезде және ҚД-не Q_i қарсы тартылымның күшін беретін байланысты датчиктермен өлшенеді екенін айта кету керек. 15...25 м/с сымдау жылдамдығы кезінде аунақшаның жүрісі 50 мм аспайды.

Орнықтылықты бағалау-басқаруды (реттеуді) жүзеге асырудың принциптік қабілетін бағалау, сондықтан орнықтылықты бағалаумен және барлық жүйені зерттеуді бастайды. Біздің жағдайда ТСО электр жетегінде сымдаудың күштік параметрлерін тұрақтандыру жүйесі зерттеледі.

Тұрақтылық түсінігі, кез келген динамикалық жүйе сияқты, сыртқы әсерді тоқтатқаннан кейінгі оның әрекетіне байланысты. Сонымен қатар, жүйе тұрақты, егер сыртқы әсерді тоқтатқаннан кейін ол кейбір уақыт өткеннен кейін әсер ету басталғанға дейін болған тепе-теңдікке немесе мәжбүрлі қозғалыс жағдайына қайтып келсе. Әйтпесе, тұрақтылық-оның өтпелі процестерінің өшу қасиеті.

Есептеу техникасының заманауи құралдарын қолдану дифференциалдық тендеулерді тікелей шешумен және өтпелі процестерді құрумен байланысты қиындықтарды жояды [37,38,39].

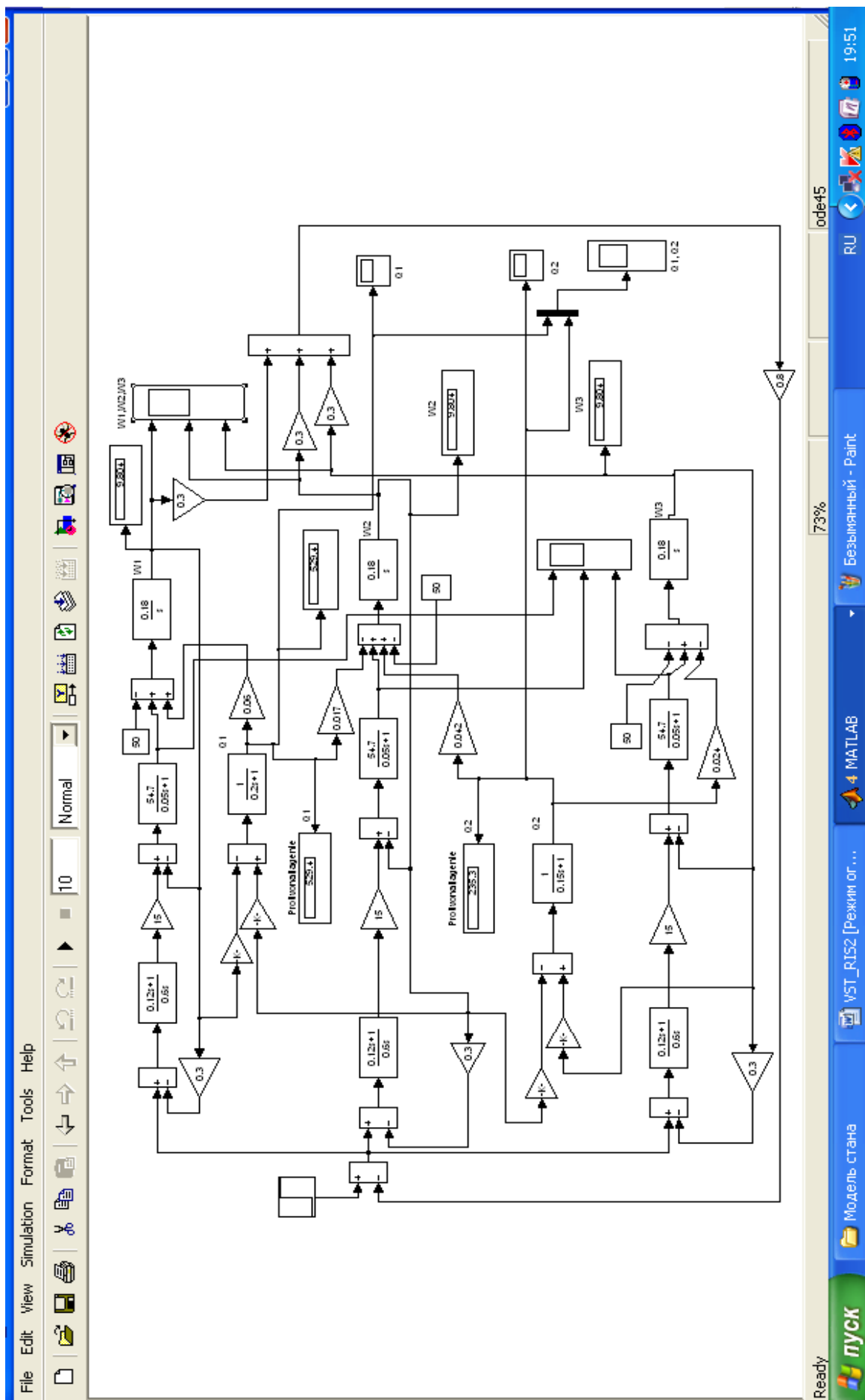
Модельдің негізіне ТСО электромеханикалық және күштік параметрлерінің өзара байланысы негізінде әзірленген ЖАРЖ және ҚАРЖ реттеуіштерінің құрылымдық сұлбалары мен параметрлері (3.2, 3.3, 3.6, 3.7-суреттер), электрмеханикалық жүйе ретінде орнақтың модельдерінің ірілендірілген құрылымдық сұлбалары (3.5, 3.8-суреттер), сондай-ақ ВС-3/4-550 тура ағынды сымдау орнағының параметрлері алынған.

Ұсынылған бағдарлама бойынша диссертациялық жұмыстың екінші бөлімінде есептелген ЖАРЖ және ҚАРЖ реттеуіштерінің және электржетекті басқару жүйесін күшейту коэффициенттерінің параметрлері А қосымшасында келтірілген.

ВС – $\frac{3}{4}$ -550 тура ағында сымдау орнағының құрылымдық және технологиялық параметрлері Б қосымшасында берілген.

ТСО жаңғыртылған электр жетегінің моделі MATLAB 7.1 математикалық пакеті SIMULINK визуалды бағдарламалау пакетіне арналған бағдарламалық модульдер түрінде іске асырылған.

3.12 суретте MATLAB 7.1 математикалық пакетінің Simulink ортасында ВС-3/4-550 сымдау орнағының виртуалды моделінің толық құрылымдық сұлбасы келтірілген.

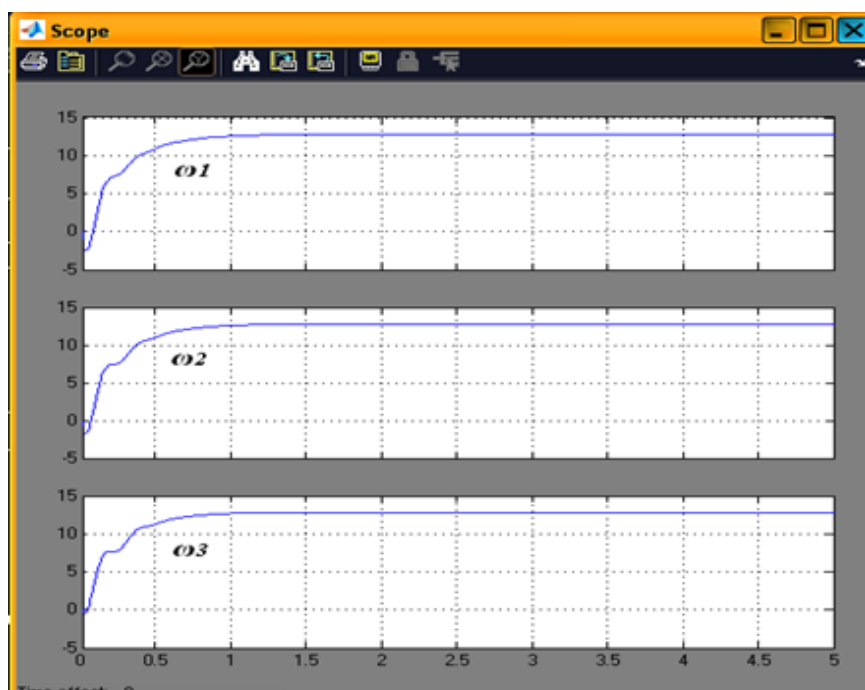


3.12 сурет - MATLAB 7.1 ортасында VS-3/4-550 орнағының жаңғыртылған электржетегінің виртуалды моделі

Виртуалды модельде алынған орнақты іске қосу және оның сымдау барабандарының жұмыс жылдамдығына шығу процесінің нәтижелері негізгі зерттелетін параметрлердің уақытша диаграммалары түрінде келтірілген.

3.13 суретте тартқыш барабандардың жетекті қозғалтқыштарының жұмыс жылдамдығына шығуының уақытша диаграммалары көрсетілген, ал 3.14 суретте оларға сәйкес келетін сәттер көрсетілген. 3.15-суретте уақытқа қарсы тартылу шамаларының өзгеруі көрсетілген. Уақытша диаграммалардан көрініп тұрғандай, ВС-3/4-550 сымдау орнағы $t=4c$ үшін жұмыс жылдамдығына дейін айдалады.

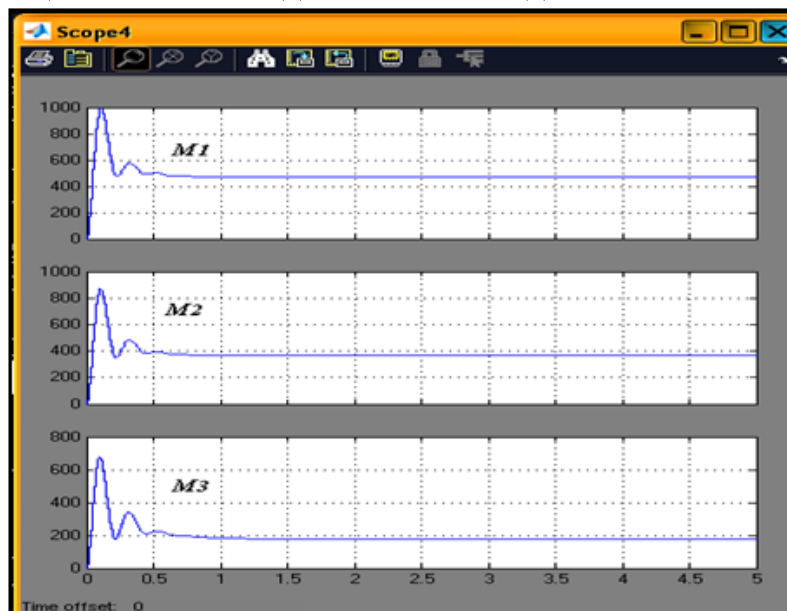
Модельдеу технологиялық сорғыштардың кинематикалық теңдігі жағдайында жүргізілді және ВС-3/4-550 орнағы жобаланды. Бұл жағдайда барлық жетекті электр қозғалтқыштарының жылдамдығы статикада да, екпін процесінде де бірдей болуы тиіс, бұл келтірілген осциллограммалардан көрінеді (3.13 сурет).



3.13 сурет – Орнақты іске қосу кезіндегі тартқыш барабандардың жетекті электр қозғалтқыштары жылдамдығының уақытша диаграммалары

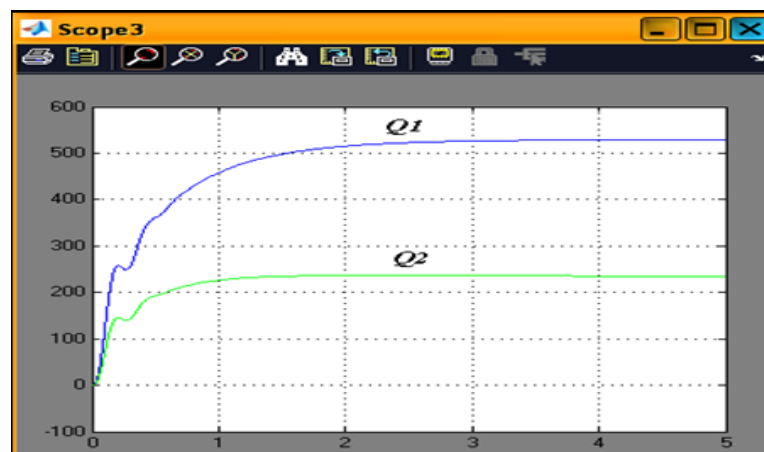
Орнақтың екпіні кезіндегі динамикалық сәттер және орнақтың берілген жылдамдыққа шығуы кезіндегі жетекті Электр қозғалтқыштарының статикалық сәттері бір-біріне тең емес (3.14 сурет). Бұл теңсіздік сымдау күшінде қарсы тартылу әсерінен туындаған, ол сымдауышқа қысым шамасына, сондай-ақ қарсы тартылымға әсер етеді. Сонымен қатар, осциллограммадан $P=f(Q)$ тәуелділігіне сәйкес, бұл тәуелділік екінші және үшінші сымдау блоктарында анық көрінген, бұл осы блоктардағы жетекті электр қозғалтқыштарының сәттерін азайтуға алып келеді. Бұдан басқа,

бірінші блоктағы қарсы тартылу әдетте нөлге жақын, сондықтан оның электр қозғалтқышының сәті максималды болып келеді.



3.14 сурет – Орнақты үдеткенде тартқыш барабандардың жетекті электр қозғалтқыштары моменттерінің уақытша диаграммалары

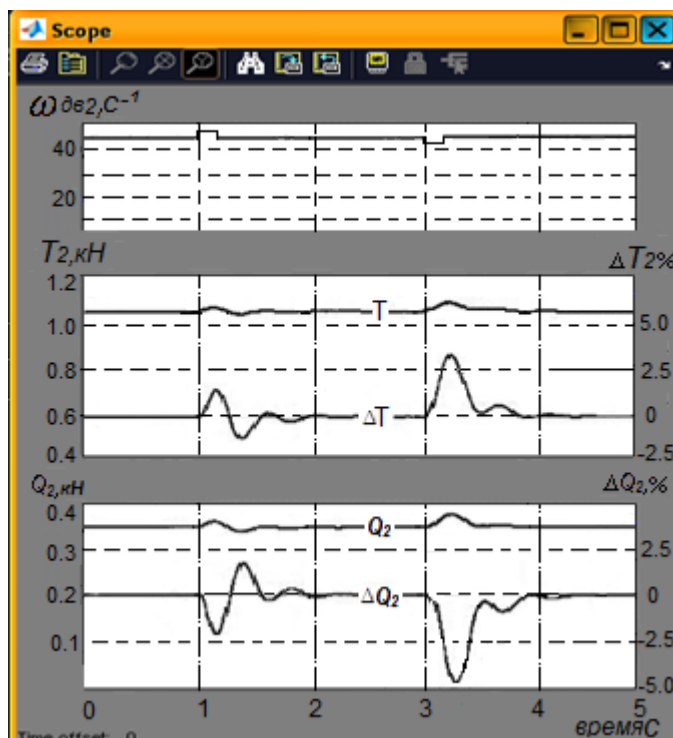
Қарсы тартылымның ауытқуы бірінші, екінші және үшінші барабандар арасындағы берілген мәндерге қатысты - $\Delta Q_1, \Delta Q_2 \leq 5\%$ құрайды және сымдардың серпінділігі есебінен тербелмелі сипатқа ие, кейін $t = 2...3$ с ағымында өшеді. (3.15 сурет).



3.15 сурет – Орнақтың жұмыс жылдамдығына шығуы кезіндегі қарсы тартылымдарды өзгертудің уақытша диаграммалары

$Q_2 = 0,37$ кН, ал $T_2 = 1,05$ кН, яғни $Q_2 = 35\% T_2$ берілген мән үшін ауытқу әсерін беру кезінде ҚАРЖ реттеушісімен қарсы тартуларды реттеуді қарастырайық (3.16 сурет). Орнақтың 2-ші блогының электржетегі кірісіне $t_1 = 1$ с уақыт кезінде ΔT_2 тартқыш күшінің өзгеруіне оң белгімен ауытқу

беріледі, ал $t_2 = 3c.$ уақыт кезінде теріс белгімен ауытқу берілген. Сонымен қатар, жалпы жоғары ауытқуы $\Delta Q_2 = 5-12\%$ құрайды, бұл оның мүмкін болатын мәндерінен аспайды $\Delta Q_2 = 15\%$. Сонымен қатар, ΔQ_2 өзгеруі 2...3с ішінде берілген мәнге қайта келумен және кейін өшу арқылы тербелмелі сипатқа ие. Жүйенің реттеуіштері тапсырмаларды да, ауытқуларды да жетілдіреді және берілген дәлдікпен реттеу процесін қамтамасыз етеді.



3.6 сурет - Қарсы тартылымды реттеу жағдайына арналған модельдерге алынған уақытша диаграммалар

Алынған уақыт диаграммаларына жүргізілген сандық және сапалық талдау 0,32 м/с шегінде сымдау жылдамдығын тұрақтандыру қатесін көрсетеді, бұл ең жоғарғы рұқсат етілген мәннен аспайды және технологияның нақтыланған талаптарына сәйкес келеді. Статикалық, сондай-ақ динамикалық жұмыс режимдерінде қарсы тартуларды тұрақтандыру қатесі ең жоғары рұқсат етілген шамадан аз және статика үшін 0,1 кН және олардың абсолюттік мәндері $Q_1=5кН$, $Q_2=2,5кН$ болған кезде динамика үшін 0,23 кН құрайды, бұл 5%-дан аспайтын уақытты құрайды.

Осылайша, Matlab бағдарламаланған ортасында виртуалды модельде алынған зерттеу нәтижелері ТСО электржетегіндегі сымдаудың күштік параметрлерін тұрақтандыру жүйесі ЖТ-АҚ схемасы бойынша сымдаудың технологиялық процесінің нақтыланған талаптарын қанағаттандырады. Сонымен қатар, негізгі технологиялық параметрлердің ЖАРЖ мен ҚАРЖ реттеуіштері дұрыс есептелген, өйткені өтпелі процестердің сапасы қайта реттеу шамасына, ауытқулар мен параметрлерді реттеу уақытының санына негізделген өте жақсы деп саналуы мүмкін.

3.4 Бөлім бойынша қорытындылар

1. Анықталған технологиялық талаптарға сәйкес әзірленген ТСО математикалық моделінің базасында сору барабандарының электржетегі берілген дәлдікпен екі координаттың реттелуін қамтамасыз етуі тиіс екені анықталды: сымдау жылдамдығы мен қарсы тартылу күшінің шамасы. Бұл талаптарды іске асыру тек блоктардың электр жетектері арасында міндеттерді бөлу шартымен ғана мүмкін болады - оларды бір жетекші және қалған жетекшіге бөлу.

2. ТСО электржетегін басқару жүйесінің құрамына енгізілген ЖАРЖ мен ҚАРЖД жылдамдық реттегіштері мен қарсы тартылымдарының құрылымдық схемалары әзірленді. ЖАРЖ және ҚАРЖ реттегіштері бағынышты координаттарды реттеу принципі бойынша салынған. Бұл жағдайда жетекші блоктың электржетегі ЖАРЖ жылдамдығын реттеушісі бола отырып, орнақтың берілген жылдамдыққа шығуын және тартқыш барабандар арасындағы өңделетін металдың секундтық көлемдерінің теңдігін сақтау мақсатында сорғыш барабандар арасындағы жылдамдықтың қажетті арақатынасын ұстап тұруды қамтамасыз етеді. Жетекші блоктардың электржетегі ҚАРЖ реттегіштері бола отырып, келесі барабанға дейін әрбір аралықта сымдауышқа дейін сымға қарсы тартылуының шамасын тікелей реттеу мен тұрақтандыруды жүзеге асырады.

3. ТСО автоматтандырылған электр жетегі үшін ЖАРЖ және ҚАРЖ реттеуіштерінің күшейту коэффициенттерін және параметрлерін ЭЕМ есептеу әдістемесі мен бағдарламасы ұсынылды.

4. ЖАРЖ реттеуіші және ҚАРЖ үш контурлы реттеуіші бар ТСО автоматтандырылған электр жетегінің виртуалды моделі әзірленді. ҚАРЖ моделі Matlab математикалық кешенінің Simulink пакетінің бағдарламалық модульдері негізінде жинақталған және ток пен жылдамдықты реттеудің ішкі контурларымен және қарсы тартылымның сыртқы реттеу контурымен ұсынылған. ЖАРЖ моделінде ішкі ток реттеу контуры және сыртқы жылдамдықты реттеу контуры бар.

5. Виртуалды модельде алынған нәтижелердің сандық және сапалық талдауы 0,32 м/с шегінде сымдау жылдамдығын тұрақтандыру қатесін көрсетеді, бұл барынша рұқсат етілген мәндерден аспайды. Орнақтың статикалық да және динамикалық жұмыс режимінде де қарсы тартылымдардың тұрақтандырудың қатесі ең жоғары рұқсат етілетін шамадан аз ($\Delta Q = 15\%$) және берілген сымдау бағыттарында 5% - 12%-дан артық емес. Сонымен қатар, ЖАРЖ және ҚАРЖ реттегіштері дұрыс есептелген, өйткені қайта реттеу шамасынан тұратын өтпелі процестердің сапасы, тербелістер мен параметрлерді реттеу уақыты жақсы деп саналуы мүмкін. Осылайша, Matlab ортасындағы виртуалды модельдің зерттеу нәтижелері ЖТ-АҚ схемасы бойынша жаңғыртылған ТСО электржетегінің сымдау күштік параметрлерін тұрақтандырудың әзірленген жүйесі сымдаудың технологиялық процесінің нақтыланған талаптарын қанағаттандырады.

Қорытынды

Сымдау технологиясын талдау нәтижесінде сымдау орнақтарының электр жетектерін, құрылымдарын, құру және жұмыс істеу принциптеріне ТСО неғұрлым перспективалы болып табылатыны анықталды. Бұл орнақтарда энергия күштік параметрлерді оңтайландыру және жоғары жылдамдықтар есебінен өнімділікті арттыру жолымен сымдау процесінің энергия тиімділігін арттырудың елеулі мүмкіндігі бар.

ТСО электр жетектерін басқару жүйелерін құрудың белгілі принциптеріне шолу технологиялық процесті басқарудың төмен сапасын көрсетті, өйткені орнатылған және өтпелі жұмыс режимдерінде сымдардың қарсы тартылуының тұрақтылығы қамтамасыз етілмейді, белгіленген және өтпелі жұмыс режимдерінде де, оның жоғары үзілуіне әкеледі. Осыған байланысты басқару жүйелеріне және ТСО электржетегін құру қағидаттарына қойылатын талаптар нақтыланды. Негізгі технологиялық талаптардың бірі $\pm 15\%$ -тен аспайтын қарсы тартылым бойынша ΔQ қателікпен сымдаудың күштік параметрлерін және жылдамдығын тұрақтандыру режимін қолдану қажеттілігі болып табылады екендігі белгіленді.

Сымдаудың күштік параметрлерін реттеу режимдерін талдау және ТСО электржетегін оңтайлы басқару және реттеу өлшемдерін әзірлеу осы өлшемдерді неғұрлым қанағаттандыратын тартымдық күштерді жұмсақ тұрақтандыру режиміне артықшылық беру керек екенін көрсетті. Сонымен қатар, оңтайлы басқару мен реттеу өлшемдерін іске асыру және реттеудің барынша дәлдігін алу үшін қарсы тартуларды тікелей өлшейтін байланыс датчиктері бар толық ақпаратымен ҚАРЖ жүйесі қолданылды.

Әр барабан аралық аралықта сымдау жылдамдығы мен қарсы тартылымды реттеу дәлдігі бойынша қарама - қайшы талаптарды жүзеге асыру блоктардың электр жетектері арасында міндеттерді бөлу, оларды бір жетекші және қалған жетекшілер аралықтарға бөлу ұсынылды. Жылдамдықты реттеудің дәлдігі бойынша талапты қамтамасыз ететін жетекші блок ретінде құрамында ЖАРЖ жүйесі бар соңғы барабанның электржетегін пайдалану орынды екендігі дәлелденген. ЖАРЖ орнақтың берілген жылдамдыққа шығуын қамтамасыз етеді және тартқыш барабандар арасындағы өңделетін металдың секундтық көлемдерінің теңдігін сақтау мақсатында барлық тартқыш барабандар жылдамдығының қажетті арақатынасын қолдайды. Қалған блоктардың электржетегі жетекші бола отырып, тартымдық күштерді жұмсақ тұрақтандыру кезінде әрбір блокта ҚАРЖ жүйесімен қарсы тартылымды тікелей реттеуді жүзеге асырады. Сонымен қатар, ЖАРЖ және ҚАРЖ жүйелерін оңтайлы режимге теңшеу блок нөмірінің кему бағытында орындалуы тиіс, яғни сымдау барысында кері бағытта, бұл кезекті алдыңғы блокты теңшеу кезінде блоктардың бұрын қолданылған тобына барынша аз әсер етуге мүмкіндік береді.

Осыған байланысты ЖТ-АҚ схемасы бойынша ТСО автоматтандырылған жиілік-реттелетін электр жетегі үшін ЖАРЖ және ҚАРЖ реттеуіштерінің күшейту коэффициенттерін және параметрлерін ЭВМ есептеу әдістемесі мен бағдарламасы ұсынылды.

ТСО автоматтандырылған электржетегі жүйесін бағдарламаланатын бақылаушының (ББ) негізінде құру ұсынылған, онда сымдау бағыты туралы енгізілген деректер негізінде күш параметрлерінің бастапқы күйге келтіру мәндері ББ микропроцессорында есептеледі және барлық блоктардағы қарсы тартылымға берілген бағыт үшін оңтайлы болатындай деңгейде орнатылады. Сонымен қатар, ББ сымдау процесінің күштік параметрлерін басқару функцияларын орындайды; сымдау процесінің сапасын бақылау (сымдауыштың ағымдағы диаметрлері, сым температурасы, сымдау жылдамдығы және т. б.); электржетек жүйелерін диагностикалау; технологиялық жабдықтың күйін диагностикалау және цехтық КБАЖ сұрауы бойынша қажетті ақпаратты беру.

Осы жұмыста ұсынылған ТСО жаңғырту принципі сымдау еселігіне байланысты емес және мысал ретінде ВС-5/550 және ВС-3/4-550 орнақтары қаралды (ААМЖЗ АҚ, Алматы қ., Қазақстан Республикасы). Сонымен қатар, ауыспалы токтың электр жетегіне көшумен қуаты 55кВт ПН-111 тұрақты токтың электр қозғалтқыштары қуаты 55кВт АВВМ2АА250М қысқа тұйықталған роторы бар асинхронды қозғалтқыштарға ауыстырылды. Қозғалтқыштардың қуатына сәйкес, сондай-ақ ББ-дан басқарумен АВВ ACS550-1-124А-4 жиілік түрлендіргіші ұсынылуы мүмкін.

Виртуалды модельде алынған нәтижелердің сандық және сапалық талдауы 0,32 м/с шегінде сымдау жылдамдығын тұрақтандыру қатесін көрсетеді, бұл барынша рұқсат етілген мәндерден аспайды. Орнақтың статикалық да және динамикалық жұмыс режимдерінде де қарсы тартылымдардың тұрақтандырудың қатесі ең жоғары рұқсат етілетін шамадан аз ($\Delta Q = 15\%$) және берілген сымдау бағыттарында 5% - 12%-дан артық емес. Сонымен қатар, ЖАРЖ және ҚАРЖ реттегіштері дұрыс есептелген, өйткені қайта реттеу шамасынан тұратын өтпелі процестердің сапасы, тербелістер мен параметрлерді реттеу уақыты жақсы деп саналуы мүмкін. Осылайша, Matlab ортасындағы виртуалды модельдің зерттеу нәтижелері ЖТ-АҚ схемасы бойынша жаңғыртылған ТСО электржетегінің сымдау күштік параметрлерін тұрақтандырудың әзірленген жүйесі сымдаудың технологиялық процесінің нақтыланған талаптарын қанағаттандырады.

Энергия тасығыштарға және атап айтқанда, электр энергиясына бағаның өсуімен энергия үнемдеу проблемасы ерекше өзектілікке ие болатынын атап өту қажет. Бұл үшін ҚР-да энергия үнемдеу және энергия тиімділігін арттыру туралы заң қабылданды (Қаз. Егемен 26 қаңтар 2012). Электр энергиясын үнемдеу әсіресе сымдау өндірісі сияқты энергияны қажет ететін салада сымдау орнақтарының электр жетектерін басқарудың анағұрлым жетілдірілген оңтайлы жүйелерін пайдалану кезінде электр энергиясына

жұмсалатын шығындарды айтарлықтай қысқартуға мүмкіндік береді, бұл осы жұмысты әсіресе өзекті етеді.

Электр жетегін пайдалану шығындары ең алдымен орнақпен тұтынылатын энергия санына байланысты болғандықтан, бұл тікелей пайдалану шығындары бойынша оңтайлы басқару өлшемімен байланысты, онда ЖТ-АҚ схемасы бойынша энергия үнемдейтін асинхронды жиіліктік-реттелетін электр жетегін пайдалану қажет, ол сымдарды дайындауға үлестік энергия шығындарын азайтуға мүмкіндік береді.

Нәтижесінде ТСО сымдаудың технологиялық процесінің энерготииімділігі $P=f(Q)$ тәуелділігіне сәйкес өңделетін металда қарсы тартылымды құру есебінен де, ЖТ-АҚ схемасы бойынша асинхронды жиіліктік-реттелетін электр жетегін пайдалану мүмкіндігімен де жетуі мүмкін.

Өз кезегінде өнімділікті арттыру тек сымдау процесінің жылдамдығын арттыру және сымның үзілуін азайту арқылы ғана мүмкін болады, бұған күш параметрлерін тұрақтандырудың тиімді жүйелерін әзірлемей қол жеткізуге болмайды.

Сондықтан, энергия тиімділігі мен өнімділіктің оңтайлы үйлесімділігіне қол жеткізу осы диссертациялық жұмыста ұсынылған ТСО автоматтандырылған электржетегін жаңғырту кезінде ең көп қаланды.

Әдебиеттер тізімі

1. Перлин И.Л., Ерманок М.З. Теория волочения - М.: Металлургия, 1971 - 448 с.
2. Юхвец И.А. Волоочильное производство. – М.: Металлургия, 1975. – 256с.
3. Коковихин Ю.И. Теория и практика применения роликовых волок в сталепроволочно-канатном производстве. Магнитогорск, 1998. – 374с.
4. Производство стальной проволоки / Монография Х.Н. Белалов, Б.Ф. Никифоров, Г.Н. Гус и др.- Магнитогорск: ГОУ ВПО «МГТУ», 2006. – 543с.
5. Тарнавский А.Л. Эффективность волочения с противонатяжением. //М.: Металлургия, 1959. -152 с.
6. Радионов А.А., Радионова Л.В. Влияние противонатяжения на очаг деформации при волочении проволоки //„Тр. Конференции Металлургия XXI века” – М.: ВНИИМЕТМАШ, 2006. С. 137 – 139.
7. Цыба Ю.А. Влияние противонатяжения на энергетику процесса волочения проволоки. Вестник Казахской академии транспорта и коммуникаций им. Тынышпаева.– 2013. –№2(81). -С.58-62.
8. Фольмер Х., Павелъеки О. Влияние скорости волочения на усилие волочения и механические свойства проволоки. //StahlundEisen, N8, 1976.
9. Пранько Н.М., Истомин Б.С. Проблема шума и вибрации в метизных цехах и пути борьбы с ними. //М., "Черметинформация", 1980, №10, с.75-77.
10. Каюков А.С., Шубин И.Г., Пыхтунова СВ. Барабанные волоочильные станы.- Магнитогорск: МГТУ, 2004.-98 с.
11. Петушков М.Ю. Модернизация волоочильных станов с противонатяжением //Тр.IV международной (XV всероссийской) конф. по автоматизированному электроприводу "Автоматизированный электропривод в XXI веке: пути развития", ч.2.-Магнитогорск, 2004.-С.179-180
12. Радионов А.А., Усатый Д.Ю., Линьков С.А. Основные направления реконструкции волоочильных станов ОАО "Белорецкий металлургический комбинат"//Электротехнические системы и комплексы: Межвуз. сб.науч.тр.- Магнитогорск: МГТУ, 2004. Вып.9.-С.69-73.
13. Туганбаев И.Т. Автоматизация технологических процессов изготовления проволоки на прямоточных волоочильных станах //Электротехнические системы и комплексы: Межвуз. Сб. науч. тр. - Магнитогорск: МГТУ, 2005. - Вып. 10. – С. 101-105.
14. Беспалов Б.В., Рябинин А.И. Совершенствование систем регулирования волоочильными станами. //М.: Металлургия, N10, 1982 - с.54-56.
15. Тарнавский А.Л. Элементы теории и практики высокоскоростного волочения - М.: Сталь, N6, 1994.
16. Сагитов П.И., Цыба Ю.А. Оптимальная настройка силовых параметров волочения на прямоточных станах. Научный журнал Павлодарского Государственного университета «Вестник ПГУ», №2. – Павлодар:

ПГУ, 2004. – С. 278-282.

17. Малахов Ю.И., Иванов Г.К. Особенности синхронизации скоростей в многодвигательном электроприводе прямоточного волоочильного стана с последовательным соединением якорей электродвигателей // Сб. "Автоматизированный электропривод в народном хозяйстве", тр. V всесоюзной конференции по автоматизированному электроприводе, т.3.-М.: Энергия, 1971.- С.192.

18. Цыба Ю.А. и др. Особенности взаимосвязи электромеханических параметров в многодвигательном электроприводе прямоточного волоочильного стана МВ и ССО Каз. ССР. Межвузовский сборник научных трудов «Электропривод и преобразовательная техника». - Алма-Ата, 1985. – С. 40-45.

19. Цыба Ю.А., Туганбаев И.Т. Анализ многодвигательных электроприводов волоочильных станом при различных схемах питания якорных цепей. Межвузовский сборник научных трудов «Электропривод и автоматизация промышленных установок» - Горький, 1987. – С.140-146.

20. Браславский И.Я., Ишматов З.Ш., Поляков В.Н. Энергосберегающий асинхронный электропривод. - М.: Академия, 2004. - 256с.

21. Г.Г. Соколовский. Электропривод переменного тока с частотным регулированием: учебник для студ. высш. учеб. заведений. – М.: Издательский центр «Академия», 2006. – 276с.

22. Терехов В.М. Системы управления электроприводов: Учебник для вузов. М.: Изд. Центр Академия 2008, 304с.

23. Цыба Ю.А. Принципы построения систем регулирования прямоточными волоочильными станом // Сб. научных трудов по материалам III международной научно-технической конференции. – Алматы: АИЭС, 2002. – С. 202-205.

24. Рябинин А.И., Тагатова А.С. Адаптивная система управления многократным прямоточным волоочильным станом // Вестник КазНТУ. №1, Алматы. 1998.-С.49-51.

25. Даирбаев А.М. Волоочильный стан как объект адаптивного управления. - Алма-Ата, 1988.-Деп.в ВИНТИ, 9 с.

26. Ю.И. Малахов, А.И., Рябинин, Ю.А., Цыба, Ю.И., Шадхин К вопросу построения оптимальной системы стабилизации противонатяжений в прямоточном волоочильном станом // В сб.: МВ и ССО КазССР, математика и механика - Алма-Ата, 1972, вып.7, ч.1.-С.140-142.

27. Макурин А.С. Анализ требований к электроприводам многократных волоочильных станом // Электротехнические системы и комплексы: Межвуз. сб. науч. тр. - Магнитогорск: МГТУ, 2004. - Вып. 8. - С. 67-68

28. Цыба Ю.А. Режимы регулирования силовых параметров волоочения в прямоточных станом с противонатяжением // Сб. научных трудов по материалам II международной научно-технической конференции. Ч.3 «Электромеханика» АИЭС. – Алматы, 2000. – С. 138-139.

29. Цыба Ю.А. К вопросу оптимального управления и регулирования прямоточными волочильными станами. Труды 3-й международной научно-технической конференции «Энергетика, телекоммуникации и высшее образование в современных условиях». – Алматы: АИЭС, 17-18 октября, 2002. – С. 205-207.

30. Цыба Ю.А. Оптимизация процесса управления станами при волочении проволоки с противонапряжением. Вестник Казахской академии транспорта и коммуникаций им. Тынышпаева. – 2013. – №2(81). -С.62-66.

31. Цыба Ю.А., Смагулова Г.К., Бестерекова А.Н. Основные принципы построения систем регулирования электроприводом прямоточных волочильных станов. Вестник Казахской академии транспорта и коммуникаций им. Тынышпаева.– 2014.– № 3(88). –С.225-232.

32. Бутырин Н.Г. Микропроцессоры в системах автоматического управления: Учебное пособие. – Ленинград: Гос. техн. ун-т., 1991. – 132с.

33. Малафеев С.И. Основы автоматики и системы автоматического управления. - М.: «Академия», 2010.

34. Первозванский А.А. Курс теории автоматического управления. - СПб.: «Лань», 2010.

35. Бессекерский В.А., Попов Е.П. Теория систем автоматического управления: - СПб.: Изд.-во «Профессия», 2004. – 752с.

36. Цыба Ю.А., Шадхин Ю.И. Аналитическое конструирование регулятора многодвигательного электропривода прямоточного волочильного стана. «Вестник Казахской академии транспорта и коммуникаций им. Тынышпаева» №6(61). – Алматы: Каз.АТК, 2009. – С.142 -148.

37. Терёхин В.Б. Моделирование систем электропривода в Simulink (Matlab 7.0.1) учеб. Пособие. Томск: Изд-во Томского политех. Университета. 2008г.-320 с.

38. Черных И.В. Моделирование электротехнических устройств в MATLAB, SimPowerSystems и Simulink. – М.: ДМК Пресс; СПб.: Питер, 2008. – 288 с.

39. Попков Е.Н. Имитационное моделирование переходных процессов в электрических системах. СПб.: Профессия. 2007г. – 364 с.

А Қосымшасы

Сымдау орнағының электр жетегін басқару жүйесінің ЖАРЖ және ҚАРЖ реттегіштерінің параметрлері

| Параметрдің аталуы | Белгісі | Өлшем бірлігі | Есептік тәуелділігі | Мәні |
|--|------------------|---------------|--|--|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 4 |
| Ток бойынша кері байланыс коэффициенті | $K_{от}$ | В/А | $K_{от} = \frac{10}{I_{\partial B_{max}}}$ | 0,004 |
| Жылдамдық бойынша кері байланыс коэффициенті | K_{oc} | Вс | $K_{oc} = \frac{10}{\omega_{\partial B_{max}}}$ | 0,19102 |
| Тарту бойынша кері байланыс коэффициенті | $K_{он}$ | В/Н | $K_{он} = \frac{10}{T_{max}}$ | 0,0004 |
| Қарсы тартылым бойынша кері байланыс коэффициенті | $K_{оп}$ | В/Н | $K_{оп} = \frac{10}{Q_{max}}$ | 0,001177 |
| Критикалық бұрыш бойынша кері байланыс коэффициенті | K_{oy} | В/град. | $K_{oy} = \frac{10}{\gamma_{max}}$ | 100 |
| Ток реттегішінің беріліс функциясы | $\omega_{pm}(p)$ | - | $\frac{(T_m \cdot p + 1) \cdot R_3}{2 \cdot T_{пч} \cdot K_{пч} \cdot K_{от} \cdot p}$ | $\frac{0,0457 \cdot p + 1}{0,06386 - p}$ |
| Жылдамдық реттегішінің беріліс функциясы | $\omega_{pc}(p)$ | - | $\frac{(1 + 8 - T_{пч} \cdot p) \cdot K_{от} \cdot 2 \cdot m \cdot K_1}{32 \cdot T_{пч}^2 \cdot K_{oc} - \frac{3 \cdot \omega_r}{J_{\partial B} + J_{max}} \cdot p}$ $\frac{K_{от} \cdot (J_{\partial B} + J_{max}) \cdot m \cdot K_1}{4 \cdot T_{пч} \cdot K_{oc} \cdot \omega_r} \cdot \frac{3}{2}$ | $\frac{0,04 \cdot p + 1}{0,02316 \cdot p}$ 1,73 |
| Тарту реттегішінің беріліс функциясы | $\omega_{ph}(p)$ | - | $\frac{K_{oc}}{8 \cdot T_{пч} \cdot K_{он} \cdot K \cdot p}$ | $\frac{1}{0,3 \cdot p}$ |
| Қарсы тартылым реттегішінің беріліс функциясы | $\omega_{pn}(p)$ | - | $\frac{K_{oc}}{8 \cdot T_{пч} \cdot K_{он} \cdot K \cdot p}$ | $\frac{1}{0,9 \cdot p}$ |
| Критикалық бұрыш реттегішінің беріліс функциясы | $W_{pky}(p)$ | - | $\frac{K_{oc}}{8 \cdot T_{пч} \cdot K_{он} \cdot K \cdot p}$ | $\frac{1}{0,05 \cdot p}$ |
| Тартуға тапсырманы есептеу торабының коэффициенттері | K_1 | | $K_1 = \frac{R_{B2}}{\mu_2 \cdot K_{oc2}}$ | 0,1818 |
| | K_2 | | $K_2 = \frac{2 \cdot R_{B2}^2}{h_{п2}^{БВХ} \cdot \mu_2 \cdot K_{oc2}} \cdot \left(1 - \frac{\cos \alpha_{02}}{2}\right)$ | 0,02026 |
| | K_3 | | $K_3 = \frac{R_{B1}}{K_{oc1}}$ | 0,2618 |
| | K_4 | | $K_4 = \frac{2 \cdot R_{B1}^2}{h_{п1}^{БВХ} \cdot K_{oc1}}$ | 3,769 |
| Жылдамдыққа тапсырманы есептеу торабының коэффициенттері | K_1 | | $K_1 = \frac{R_{B2}}{\mu_2 \cdot K_{oc2}}$ | 0,1818 |
| | K_2 | | $K_2 = \frac{2 \cdot R_{B2}^2}{h_{п2}^{БВХ} \cdot \mu_2 \cdot K_{oc2}} \cdot \left(1 - \frac{\cos \alpha_{02}}{2}\right)$ | 0,02026 |
| | K_3 | | $K_3 = \frac{R_{B1}}{K_{oc1}}$ | 0,2618 |
| | K_4 | | $K_4 = \frac{2 \cdot R_{B1}^2}{h_{п1}^{БВХ} \cdot K_{oc1}}$ | 3,767 |
| | K_5 | | $K_5 = \frac{R_{B2}}{K_{oc2}}$ | 0,2618 |
| | K_6 | | $K_6 = \frac{2 \cdot R_{B2}^2}{h_{п2}^{БВХ} \cdot \mu_2 \cdot K_{oc2}} \cdot \left(1 - \frac{\cos \alpha_{02}}{2}\right)$ | 0,02917 |

| | | | | |
|--|-------|--|--|--------|
| | K_7 | | $K_7 = \frac{R_{B3}}{\mu_3 \cdot K_{OC3}}$ | 0,1818 |
| | 8 | | $K_4 = \frac{2 \cdot R_{B3}^2}{h_{II3}^{BIX} \cdot K_{OC3}}$ | 3,767 |

Б Қосымшасы

BC – 3/4 -550 орнағының құрылымдық және технологиялық параметрлері

| Параметрдің аталуы | Белгісі | Өлшем бірлігі | Сорғыш барабаны | | |
|---|-------------------|-------------------|----------------------|-------------------|-------------------|
| | | | 1 | 2 | 3 |
| Сорғыш коэффициенті | μ | - | 1,32 | 1,32 | 1,23 |
| Сымдауыштың үйкеліс коэффициенті | f | - | 0,1 | 0,1 | 0,05 |
| Сымдауыштың жартыбұрышы | a | град. | 4 | 4 | 4 |
| Сымдауыштың калибрлеуші бөлігінің ұзындығы | $I_{кал}$ | м | 0,002 | 0,002 | 0,002 |
| Пропорционалды шегі | $\sigma_{пц}$ | кг/м ² | $4,02 \cdot 10^8$ | $4,32 \cdot 10^8$ | $4,71 \cdot 10^8$ |
| Үлгі материалының серпімділік модулі (Юнга модулі) | E | кг/м ² | $2 \cdot 10^{11}$ | $2 \cdot 10^{11}$ | $2 \cdot 10^{11}$ |
| Дайындаманың қимасы | S_{II}^{BX} | м ² | $2,83 \cdot 10^{-5}$ | - | - |
| Дайындаманың деформация кедергісі | σ_0 | кг/м ² | $1,25 \cdot 10^9$ | - | - |
| Тартқыш барабан және сымдауыш арасындағы сым ұзындығы | $L_{Ti}, L_{Qi},$ | м | 0,5 | 0,5 | 0,5 |
| i -ші барабандағы бірінші орам радиусы | 4 | м | 0,275 | 0,275 | 0,275 |
| i -ші барабандағы соңғы орам радиусы | R_{oi}^{BIX} | м | 0,272 | 0,272 | 0,272 |
| Барабан редукторының беріліс саны | Jredj | - | 6,654 | 5,041 | 4,098 |
| Орнақ электржетегінің параметрлері | | | | | |
| Жиілікті түрлендіргіштің күшейту коэффициенті | $K_{тп}$ | - | 22 | | |
| Жиілік түрлендіргішінің тұрақты уақыты | T_{μ} | с | 0,005 | | |
| Статор тізбегінің эквивалентті кедергісі | $R_{э}$ | Ом | 0,1 | | |
| Ротор тізбегінің эквивалентті уақыт тұрақтысы | $T_{э}$ | с | 0,0727 | | |
| Ротор тізбегінің эквивалентті кедергісі | R_E | Ом | 21,46 | | |
| Статор тізбегінің уақыт тұрақтысы | T_B | с | 0,8 | | |
| Қозғалтқыш пен механизмнің инерция моменті | Jдв+Jмех | кг/м ² | 5,03 | | |