

КЕЛИСБЕКОВ АДІЛЬБЕК КАЗБЕКОВИЧ

Серпімді байланыстарды есепке алып, қатпарлы конвейердің бір-бірімен байланысты көп қозғалтқышты, жиіліктік реттелетін электр жетегін зерттеу және құрастыру

6D071800 – «Электр энергетикасы»

**Философия докторы (PhD)
ғылыми дәрежесіне ұсынылған диссертация**

Ғылыми кеңесшілер:

техника ғылымдарының докторы И.В. Брейдо

техника ғылымдарының докторы Н.А. Данияров

Шетелдік ғылыми кеңесші:

техника ғылымдарының докторы И.Ю. Семькина

Қазақстан Республикасы
Қарағанды, 2020

МАЗМҰНЫ

БЕЛГІЛЕУЛЕР МЕН ҚЫСҚАРТУЛАР	4
КІРІСПЕ	5
1 ҚАТПАРЛЫ КОНВЕЙЕРЛЕРДІҢ ЭЛЕКТР ЖЕТЕКТЕРІН ПАЙДАЛАНУ МӘСЕЛЕСІ МЕН ТӘЖІРИБЕСІ ЖАҒДАЙЫНА ШОЛУ	8
1.1 Қазақстан Республикасында және шетелде қатпарлы конвейерлерді пайдалану тәжірибесі	8
1.2 Қатпарлы конвейерлердің электр жетектерін әзірлеу саласындағы ғылыми зерттеулерге шолу және талдау	15
1.3 Шынжырлы конвейерлер электржетектері динамикасын зерттеудің жұмыстарына анализ	20
1.4 Шынжырлы конвейерлердің электр жетектерін пайдаланудың тұрақталған режимдерін зерттеу бойынша жұмыстарды талдау	23
1.5 Диссертациялық зерттеудің өзектілігін дәлелдеу және негізгі міндеттерін анықтау	26
2 СЕРПІМДІ БАЙЛАНЫСТАРДЫ ЕСЕПКЕ АЛЫП, ІСКЕ ҚОСУ РЕЖИМДЕРІНДЕ ҚАТПАРЛЫ КОНВЕЙЕРДІҢ ӨЗАРА БАЙЛАНЫСТЫ КӨП ҚОЗҒАЛТҚЫШТЫ ЖИІЛІКТІК РЕТТЕЛЕТІН ЭЛЕКТР ЖЕТЕГІНІҢ МАТЕМАТИКАЛЫҚ ЖӘНЕ КОМПЬЮТЕРЛІК МОДЕЛЬДЕРІН ЖАСАУ	32
2.1 Қазіргі жиіліктік түрлендіргіштерінің жалпы сипаттамасы	32
2.2 Қатпарлы конвейердің серпімді байланыстарын есепке алып, іске қосу режимдерінде өзара байланысты көпқозғалтқышты жиіліктік реттелетін электр жетегінің математикалық моделін құрастыру	34
2.2.1 Серпімді байланыстарды есепке алып, іске қосу режимінде екі жетекті қатпарлы конвейердің математикалық моделі	34
2.2.2 Серпімді байланыстарды есепке алып, іске қосу режимінде төртжетекті қатпарлы конвейердің математикалық моделі	38
2.3 Серпімді байланыстарды есепке алып, іске қосу режимдерінде қатпарлы конвейердің өзара байланысты көпқозғалтқышты жиіліктік реттелетін электр жетегінің компьютерлік моделін құрастыру	40
2.3.1 MATLAB Simulink-те көп қозғалтқышты қатпарлы конвейердің бас электр жетегінің іске қосу режимінің моделін құрастыру	40
2.3.2 Пайдаланудың іске қосу режимінде көп қозғалтқышты қатпарлы конвейердің бас электр жетегін басқару жүйесінің динамикалық процесін модельдеу нәтижелері	42
2 бөлім бойынша тұжырым	46

3 ТҰРАҚТАЛҒАН ЖҰМЫС РЕЖИМДЕРІНДЕ ҚАТПАРЛЫ КОНВЕЙЕРДІҢ ӨЗАРА БАЙЛАНЫСТЫ КӨП ҚОЗҒАЛТҚЫШТЫ ЖИІЛІКТІК РЕТТЕЛЕТІН ЭЛЕКТР ЖЕТЕГІНІҢ МАТЕМА- ТИКАЛЫҚ ЖӘНЕ КОМПЬЮТЕРЛІК МОДЕЛІН ЖАСАУ	48
3.1 Қатпарлы конвейердің пайдаланудың тұрақталған режимдегі пайдалы қазбаны тасымалдаудың энерготиімділігін арттыру	48
3.2 Тұрақталған жұмыс режимдерінде тартқыш-тасымалдаушы органның нақтылы жүктемесін есепке алып, қатпарлы конвейердің өзара байланысты көпқозғалтқышты жиіліктік реттелетін электр жетегінің математикалық моделін құрастыру	51
3.3 Тұрақталған жұмыс режимдерінде қатпарлы конвейердің өзара байланысты көп қозғалтқышты жиіліктік реттелетін электр жетегін компьютерлік моделін құрастыру	56
3 бөлім бойынша тұжырым	60
4 ҚАТПАРЛЫ КОНВЕЙЕРДІҢ ӨЗАРА БАЙЛАНЫСТЫ КӨП ҚОЗҒАЛТҚЫШТЫ ЖИІЛІКТІК РЕТТЕЛЕТІН ЭЛЕКТР ЖЕТЕГІН ТИІМДІ ПАЙДАЛАНУ БОЙЫНША ТЕХНИКАЛЫҚ ШЕШІМДЕР КЕШЕНІН ӘЗІРЛЕУ	61
4.1 Тартқыш-тасымалдаушы органның серпімді қасиеттерін ескере отырып қатпарлы конвейердің өзара байланысты жиіліктік реттелетін екі қозғалтқышты электр жетегін бірқалыпты іске қосуды қамтамасыз ету	61
4.2 Тартқыш-тасымалдаушы органның серпімді қасиеттерін ескере отырып, қатпарлы конвейердің өзара байланысты төртқозғалтқышты электржетегін іске қосуды басқару	67
4.3 Тартқыш-тасымалдаушы органның нақтылы жүктемесін ескере отырып, көп қозғалтқышты қатпарлы конвейердің жиіліктік реттелетін жетектері арасында жүктемелерді басқару және тарату бойынша техникалық шешімді әзірлеу	75
4 бөлім бойынша тұжырым	83
5 ЖИІЛІКТІК РЕТТЕЛЕТІН ЭЛЕКТР ЖЕТЕГІН ЭКСПЕРИ - МЕНТТІК ТҮРДЕ ЗЕРТТЕУ	84
5.1 Mitsubishi Electric - FR-A800 түрлендіргіш	84
5.2 Тәжірибелік зерттеулерге арналған бағдарлама FR Configurator 2 және алынған зерттеулер нәтижелері	84
5 бөлім бойынша тұжырым	87
ҚОРЫТЫНДЫ	88
ҚОЛДАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ	90
ҚОСЫМША А	99
ҚОСЫМША Ә	102

БЕЛГІЛЕУЛЕР МЕН ҚЫСҚАРТУЛАР

АҚ - асинхронды қозғалтқыш

АДЧР - жарылыстан қорғалған АДЧР сериялы қозғалтқышы

КЖҚК - көп жетекті қатпарлы конвейер

БЛК - бағдарламаланатын логикалық контроллер

БҚ - беріліс құрылғысы

ТТО - тартушы-тасымалдаушы орган

ЖТ – жиіліктік түрлендіргіш;

ББ – басқару блогы

К - компаратор

С - сумматор

ҚЗ- қарқындылық задатчигі

МЖО - минималды жылдамдық орнатушы

АРЖ - автоматты реттеу жүйесі

КІРІСПЕ

Жұмыстың өзектілігі. Терең кен орындар мен карьерлер жағдайында Қатпарлы конвейерлерді пайдаланудың көтерілу бұрышы 30^0 градусқа дейін жететін тік көлбеу қазбаларда конвейерлердің осы түрлерінің жұмыс істеу мүмкіндігі есебінен аршу жұмыстарының көлемін қысқартуға мүмкіндік береді. Қатпарлы конвейердің тартқыш-тасымалдаушы органының жоғары беріктігі, қисық сызықтар бойымен ұзақ қашықтыққа пайдалы қазбаларды тасымалдау мүмкіндігі және конвейердің ұзындығын ұзартудың қарапайымдылығы оның конвейерлердің басқа түрлерімен салыстырғанда артықшылығы болып табылады.

Тау-кен өнеркәсібі үшін сериялық шығарылатын асинхронды электр қозғалтқыштары негізінде Қатпарлы конвейерлерді қоса алғанда, конвейерлік көлікте айнымалы токтың жиіліктік-реттелетін электр жетектерін қолдану тасымалдаушы органның қозғалыс жылдамдығын реттеуді, жетектер арасында жүктеменің таратылуын басқаруды, конвейердің тарту тізбегіндегі теңестіру күштерін болдырмауды, тартқыш-тасымалдаушы органның серіппелі-тұтқыр қасиеттерін және басқа да бірқатар факторларды ескере отырып, көп жетекті қатпарлы конвейерді автоматты түрде іске қосуды қамтамасыз етеді.

Осылайша, көп қозғалтқышты жиілікті реттелетін электр жетегі бар Қатпарлы конвейерлерді қолдана отырып, ағынды технологияны қолдану кезінде тау-кен жұмыстарын жүргізу шығындарының азаюына және сәйкесінше ашық әдіспен тау-кен өндірісінің өзіндік құнының төмендеуіне әкеледі, бұл зерттеулердің өзектілігін растайды.

Жұмыстың мақсаты - Қатпарлы конвейердің өзара байланысты көп қозғалтқышты жиіліктік-реттелетін электр жетегін қолдану арқылы оның тартқыш-тасымалдаушы органының құрылымдық ерекшеліктерін ескере отырып, динамикалық жүктемелерді азайту және қатпарлы конвейердің жұмысын басқару.

Жұмыс идеясы - көп қозғалтқышты жиілікті реттелетін электр жетегін қолдану арқылы ашық тау-кен жұмыстарының күрделі тау-кен геологиялық жағдайларында магистральдық қатпарлы конвейердің ресурсын ұлғайту және тартқыш-тасымалдаушы органының жұмыс істейтін статикалық және динамикалық күйін басқару.

Жұмысты орындау әдістемесі

1. Электр жетегін әзірлеу саласындағы зерттеулер мен әзірлемелердің негізгі бағыттарына талдау жүргізу;
2. Көп жетекті қатпарлы конвейердің іске қосу және тұрақталған режимдерінің математикалық модельдерін әзірлеу;
3. Көп жетекті қатпарлы конвейердің келтірілген схемасын әзірлеу;
4. Көп қозғалтқышты қатпарлы конвейердің электр жетегін пайдаланудың іске қосу режимдерін жаңғыртуға бағытталған тәсілді әзірлеу;
5. Көп қозғалтқышты қатпарлы конвейердің электр жетегін пайдаланудың тұрақталған режимдерін жаңғыртуға бағытталған тәсілді әзірлеу;

6. Тартқыш-тасымалдаушы органның серпімді қасиеттерін ескере отырып, қатпарлы конвейердің өзара байланысты жиіліктік-реттелетін көп қозғалтқышты электр жетегінің бірқалыпты іске қосылуын қамтамасыз ету үшін техникалық шешімдерді әзірлеу;

7. Тартқыш-тасымалдаушы органның ерекшеліктерін ескере отырып, қатпарлы конвейердің өзара байланысты жиілік реттелетін көп қозғалтқышты электр жетегіндегі жүктемелерді теңестіру және бөлу бойынша техникалық шешімдерді әзірлеу.

Ғылыми жаңалық:

- қатпарлы конвейердің өзара байланысты асинхронды жиіліктік - реттелетін электр жетегінің математикалық моделі жасалды;

- тартқыш-тасымалдаушы органының алдын ала босаңсуын ескере отырып, қатпарлы конвейердің көп қозғалтқышты асинхронды жиіліктік-реттелетін электр жетегін біртіндеп іске қосу тәсілі ұсынылды (пайдалы модельге ҚР патенті. №3982, 05.03.2019 ж., №5122, 03.07.2020 ж) [қос. А].;

- тартқыш-тасымалдаушы органының нақты жүктелуін ескере отырып, көп қозғалтқышты қатпарлы конвейердің жиіліктік реттелетін жетектері арасындағы жүктемелерді басқару және тарату тәсілі ұсынылды (№4896 пайдалы модельге ҚР патенті, 02.04.2020 ж.) [қос. А].

Алынған нәтижелердің теориялық және практикалық маңыздылығы:

Қатпарлы конвейердің көп қозғалтқышты асинхронды жиілікті реттелетін электр жетегіндегі жүктемелерді жұмсақ іске қосу және тарату жүйелерін іске асыру үшін техникалық шешімдер жиынтығы ұсынды.

Қорғауға шығарылатын негізгі ғылыми ережелер мен зерттеулердің нәтижелері:

Тартқыш-тасымалдаушы органның босаңсуын алдын ала іріктеу процесін және тарқыш-тасымалдаушы органға түсетін жүктемелердің төмендеуін сонымен бірге оның ресурсының ұлғаюын және оның керілуін басқаруды қамтамасыз ету негізінде қатпарлы конвейердің жиіліктік реттелетін электр жетегін бірқалыпты жұмсақ іске қосу тәсілі.

Тартқыш-тасымалдаушы органның бос тармағының динамикалық жағдайын басқарудан тұратын, яғни бұл оған жүктемені азайту мен ресурстың ұлғаюын қамтамасыз ететін конвейердің тартқыш-тасымалдаушы органының нақты жүктемесін ескере отырып, көп қозғалтқышты қатпарлы конвейердің жиіліктік реттелетін жетектері арасындағы жүктемелерді тарату тәсілі.

Ғылыми ережелердің, тұжырымдар мен ұсыныстардың негізділігі мен сенімділігі экспериментті жоспарлау әдістерін, электр жетегі теориясын, қатпарлы конвейерлерді тартым есептеулерінің әдістерін, теориялық механиканы қолдануға, қолданыстағы техникалық шешімдерді жетілдіруге бағытталған техникалық шешімдерді әзірлеуге патенттік іздеу жүргізуге негізделген.

Диссертация тақырыбының мемлекеттік бағдарламалармен, гранттармен және шаруашылық келісімшарт жұмыстарымен байланысы: 2018-2020 жылдарға арналған ғылыми және (немесе) ғылыми-техникалық жобалар бойынша гранттық қаржыландыруға университеттің өтінімін ресімдеуге және беруге жауапты орындаушы ретінде қатысты (ҚР БҒМ). "Ашық тау-кен жұмыстары жағдайларына арналған желілік жетегі бар жоғары биіктікте қолданылатын конвейердің негізгі параметрлерін зерттеу, әзірлеу және негіздеу" тақырыбындағы жоба.

Диссертациялық жұмыстың апробациясы.

Университеттің Ғылыми-техникалық кеңесінде және "Өндірістік үдерістерді автоматизациялау" кафедрасының жыл сайынғы семинарлары. "Қазақмыс корпорациясы" ЖШС персонал қызметі корпоративтік университеті мен ғылыми-техникалық кеңес хатшылығының бірлескен отырысында баяндама жасады. Диссертациялық жұмыстың аралық нәтижелері қаралып, талқылау хаттамасына енгізілді (2018 ж., 2020 ж.).

Конференциялар жинақтарындағы Жарияланымдары: "Ғылым, білім және өндіріс интеграциясы-Ұлт жоспарын іске асыру негізі" Халықаралық ғылыми – практикалық конференция жұмысында (Сағынов оқулары № 10 , 2018 жылғы 14-15 маусым), "Ғылым, білім және өндіріс интеграциясы - Ұлт жоспарын іске асыру негізі" Халықаралық ғылыми – практикалық конференция жұмысында (Сағынов оқулары №11, 2019 жылғы 14-15 маусым); "Ғылым, білім және өндіріс интеграциясы - Ұлт жоспарын іске асыру негізі" халықаралық ғылыми – практикалық конференция жұмысында (Сағынов оқулары №11, 2020 ж.)

Жұмысты іске асыру: Өткізілген ғылыми-зерттеу жұмысы туралы баяндама жасау мақсатында "Разрез Молодежный" ЖШС-не сапар жасалды. Баяндама нәтижелері бойынша оң пікір және диссертациялық жұмыстың нәтижелерін енгізу актілері алынды (2018 ж., 2020 ж.). [қос. Ә]

"Өндірістік процестерді автоматтандыру" кафедрасынан оқу үдерісін талқылау және енгізу хаттамалары дайындалды.

ҚР пайдалы модельдеріне патенттер алынды:

- пайдалы модельге Қазақстан Республикасының № 3982 патенті алынды, 05.03.2019 ж.;

- пайдалы модельге Қазақстан Республикасының №4896 патенті алынды 01.05.2020.;

- пайдалы модельге Қазақстан Республикасының № 5122 патенті алынды 03.07.2020 ж.

Негізгі ғылыми нәтижелері: докторлық диссертация 19 ғылыми еңбекте, оның ішінде ҚР БҒМ Білім және ғылым саласындағы бақылау комитеті ұсынған басылымдарда 5 жарияланым (оның 3-уі ҚР ПМ патенттері), Scopus, Clarivate Analytics компанияларының ақпараттық базасына кіретін 4 жарияланым, оның ішінде кемінде 25% пайызы бар 3 жарияланым, халықаралық ғылыми-практикалық конференциялардағы 10 жарияланым, оның ішінде 2 шетелдік. ҚР пайдалы модельдеріне 3 патент алынды.

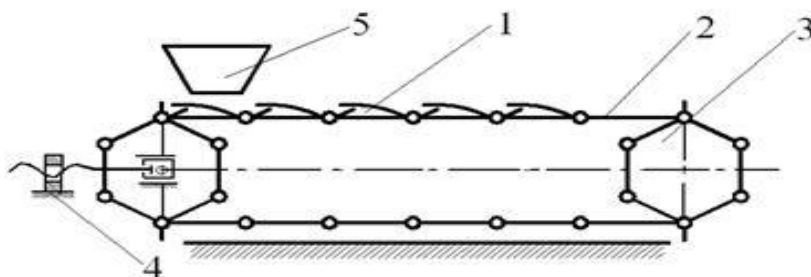
1 ҚАТПАРЛЫ КОНВЕЙЕРЛЕРДІҢ ЭЛЕКТР ЖЕТЕКТЕРІН ПАЙДАЛАНУ МӘСЕЛЕСІ МЕН ТӘЖІРИБЕСІ ЖАҒДАЙЫНА ШОЛУ

1.1 Қазақстан Республикасында және шетелде қатпарлы конвейерлерді пайдалану тәжірибесі

Қатпарлы конвейерлер тау-кен, машина жасау, металлургиялық, химиялық, энергетикалық және басқа да өнеркәсіп салаларында әртүрлі үйінді және даналы жүктерді көлбеу және көлбеу бағыттарда тасымалдау үшін қолданылады [1,2].

Қатпарлы конвейердің стандартты конструкциясы ставтан, оның ұшында орнатылған жұлдызшалардан тұрады. Олар жетекті 3 - жетегі бар және керілген - керілген құрылғымен 4 бөлінеді.

Конвейер қою бұрыштық немесе швеллерлік болаттан жасалады. Шеткі бөліктер жетек пен тарту құрылғысын орнату үшін жеке рамалар түрінде, ортаңғы бөлігі - ұзындығы 4-6 м металл конструкцияларынан бөлек секциялар түрінде орындалады.



1 - қатпары төсем, 2 - тартым шынжыр, 3 - жетек жұлдызшасы
4 - тартымдық құрылғы, 5 - тиелген шұңқыр

Конвейердің тартқыш органы шеткі жұлдызшалардың тістерімен ілінген 2 бір немесе екі тартқыш шынжырлардан тұратын жүріс бөлігіне бекітілген 1 қатпарлы төсем болып табылады. Тартым органының жылдамдығы шамамен 0,01-1,2 немесе одан артық бола алады. Тартқыш шынжырлар ретінде әдетте төлкелі, роликті немесе дөңгелек буынды қатпарлы шынжырлар қолданылады.

Әдетте, төсемнің ені 400 мм - ден асатын конвейерлерде екі шынжыр болады, төсемнің ені 400 мм-ден кем-бір шынжыр.

Ауыр типті конвейерлерде төлкелі - катоктық шынжырларды қолдану кезінде тіреуіштер тік және роликті тізбектердің тіреуіштері болып тұрақты роликті тіректер қызмет етеді [1,2].

Қатпарлы төсем жүк тартатын элемент болып табылады және тасымалданатын жүктің сипаттамасына байланысты әртүрлі пішінге ие: болат немесе полиуретанды қатпарлардан тұратын жазық, толқынды немесе швеллерлік конструкциялы болып орындалады.

Төсемнің қатпарлары болттарға, тойтармаларға немесе тарту тізбектерінің қатпарлы қосылатын арнайы бұрыштарға бекітіледі. Қатпарлы төсемнің ені 400-1600 мм болуы мүмкін. Қатпарлы төсемнің ені 80-200 мм болса, тартқыш шынжыр қатпарлы төсеммен біріктірілуі мүмкін. Қатпарлы конвейер төсемінің көлбеу бұрышы әдетте 35-70° құрайды және тасымалданатын жүктің сипаттамасына және төсемнің түріне байланысты.

Қатпарлы конвейердің жетегі - жетек жұлдызшасынан, редуктордан және электрқозғалтқыштан тұрады. Трассаның көлбеу учаскесі бар конвейерлерде тоқтатқыш құрылғы немесе электромагниттік тежегіш орнатылады. Үлкен өнімділік пен ұзындықтағы қуатты конвейерлер әдетте көпжетекті болып орындалады. Шеткі жұлдызшаларда орнатылатын керу құрылғылары бұрандалы немесе серіппелі-бұрандалы болуы мүмкін.

Керілген құрылғының жұлдызшаларының бірі білікке шпонкада, екіншісі - еркін, шынжырдың топсаларының орналасуы бойынша өзін-өзі орнату мүмкіндігі үшін бекітіледі.

Кеңес Одағында ЮПИ-1, КПА-2, КПУ-1 типті қатпарлы конвейерлердің алғашқы тәжірибелік үлгілері Донбасс шахталарында монтаждалып, жақсы жұмыс қабілеттілігін көрсетті, оларды пайдалану кезінде 750 мың т жуық көмір жеткізілді.

Отандық және шетелдік конструкциялардың конвейерлерін пайдаланудың жинақталған тәжірибесін ескере отырып, тау-кен өнеркәсібі үшін қатпарлы конвейерлердің бірнеше түрлері әзірленді: П-50, П-65, П-65М және П-80, олар тәжірибелік сынақтан өтті, сериялық дайындалды және "Қарағандыкөмір" өндірістік бірлестігінің көмір шахталарында пайдаланылды [3,4,5,6].

П-65М және П-80 магистральды шынжырлы конвейерлерде шынжыр табанды тип аралық жетектер қолданды. Аралық жетекті қолдану шынжырлы конвейерлердің жұмысына оң әсер етті және біріншіден, тартқыш органда созылу деңгейін төмендетуге мүмкіндік берді; екіншіден, конвейердің іске қосылуын жақсартуға, іске қосу сәтінде тізбекке қатысты шеткі жұлдызшалардың сырғанауын және шынжырға қатпарларды бекіту элементтерінің деформациясын болдырмауға мүмкіндік берді.

Қарағанды көмір бассейнінің "Тентек" шахтасында өткен жүзжылдықтың 70-ші жылдары көмір мен кен орындарының көлденең, тік бұрышты және үлкен өнімділіктегі шахталардың күрделі қазбалары жоспарында қисайған көмір мен кен орны тасымалдауға арналған П-80 шынжырлы конвейерді тәжірибелік пайдалану жүргізілді (1.2 сурет) [7].

Конвейердің техникалық сипаттамасы П-80: өнімділігі - 500-750 т/сағ; жайманың қозғалыс жылдамдығы - 0,8-1,2 м/с; конвейердің ұзындығы - 110 м.; ставтың ең аз иілу радиусы - 18-20 м; ставтың иілу бұрышының қосынды бұрышы - 360 град; жетектердің саны - 3; жетектердің белгіленген қуаты - 192 кВт; конвейердің келтірілген салмағы - 330 кг/м.

Конвейер 630 м ұзындыққа Д6 қаттың Екінші Шығыс конвейерлік куақазында монтаждалған. Конвейердің ұзындығын кейінірек 1160 м дейін ұлғайтылып, онда аралық жетегі орнатылды.

Став ұзартылғаннан кейін орташа айлық жүктеме 33437 т құрады (жайманың жылдамдығы 0,8 м/с болғанда).



Сурет 1.2 - Қатпарлы конвейер П-80

Қазіргі таңда "Соколов-Сарыбай тау-кен байыту өндірістік бірлестігі" АҚ-да қатпарлардан конвейерлер шекемтастарды өндіру фабрикасында оларды елеу процесінен кейін, күйдіруге беру үшін қолданылады (1.3-сурет) [8].

12 күйдіру конвейер машиналары, әрбір биіктігі бес қабатты үймен бірдей, 5 технологиялық аймаққа қызмет көрсетеді: кептіру, жылыту, күйдіру, рекуперациялау және салқындату. Күйдіру процесі 1200°C температурада өтеді (1.4-сурет). Күйдіруден кейін күйдірілген құйма қатпарлы (лотковті) конвейермен қоймаларына тасымалданады (сурет 1.5).



Сурет 1.3 - шекемтастар күйдірілуде



Сурет 1.4 - шекемтастар тасымалдау



Сурет 1.5 - Күйдірілген шөкемтастар тасымалдануы

"Молодежный" көмір разрезінде байыту фабрикасына көмір беру үшін "Mitsubishi Electric E-700" фирмасының жиілік түрлендіргішімен КМ ПП 2-10-60 (сурет 1.6 и 1.7) типті қатпарлы қоректендіргіш қолданылады, оның көмегімен көмір ағынының көлеміне байланысты конвейердің электр жетегінің жиілігін (сурет 1.7) реттеуге, айналымын ұлғайтуға немесе азайтуға болады.



а)



б)

Сурет 1.6 - Көмір разрезі «Молодежныйда» қатпарлы конвейер:
а - алдынан көрініс, б – шетінен қараған көрініс



Сурет 1.7 - Қатпарлы бергіш
КМ ПП 2-10-60 электржетегі



Сурет 1.8 -
«Mitsubishi Electric E-700»
Жиіліктік реттелетін
түрлендіргіші

Шетелде конвейерлік техниканың басты өндірушілерінің бірі-неміс фирмасы "AUMUND Fördertechnik GmbH" ("Аумунд") болып табылады. "Аумунд" фирмасы шығаратын қатпарлы конвейерлер өнеркәсіптің түрлі салаларында табысты пайдаланылады (сурет 1.9 и 1.10) [9,10].



Сурет 1.9 - Цемент тасымалдау [11]

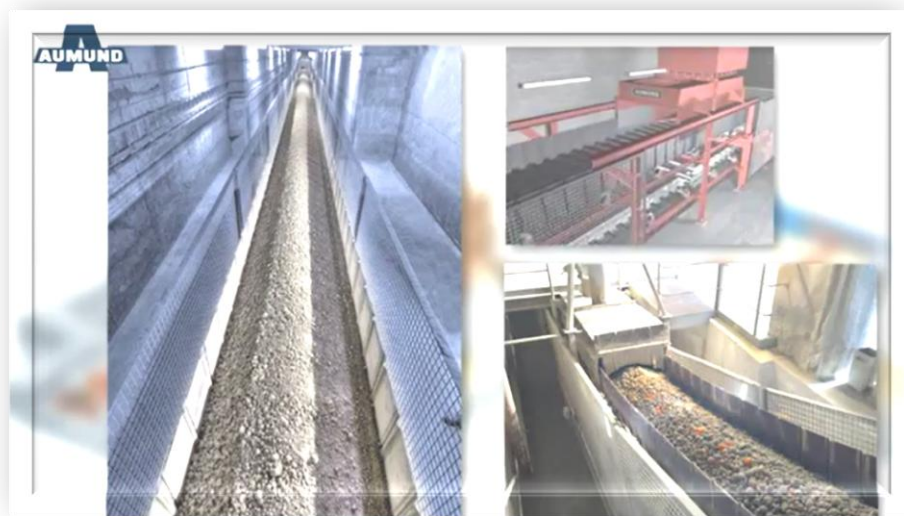


Сурет 1.10 - Күйдірілген
шекемтастар тасымалдау

Лотарингияда (Франция) "Аумунд" фирмасының қатпарлы конвейері 600 мм дейін кесек мөлшері бар темір кенін тасымалдауға арналған кеніштің көлбеу оқпанында жұмыс істейді. Конвейердің орташа өнімділігі-520 т / сағ (325 м³/с) жұмыс төсемінің ені 950 мм, борттардың биіктігі 150 мм және төсемнің қозғалыс жылдамдығы 0,68 м/с. Конвейердің ұзындығы 600 м құрайды, конвейерге тиеу және конвейерден бункерге түсіру деңгейлерінің айырмасы 170 м (18°) жетеді.

Паттрег кеніштерінде (Германия) көлденең тасымалдау ұзындығы 220 м "Аумунд" фирмасының қатпарлы конвейерлері пайдаланылады...800 мм,

борттардың биіктігі - 100...130 мм, конвейердің тартқыш органы-екі қатпарлы шынжыр. Конвейер аса ауыр жүктерді тасымалдауға жол береді



Сурет 1.11 - «Аумунд» фирмасының Лотарингии кен орнында қатпарыл конвейер

"Аумунд" фирмасының қатпарлы конвейерлері қоқыстарды өртеу немесе компостирлеуден кейін, сондай-ақ қоқыс жағу пештерінен кейін қожды тасымалдау кезінде де кеңінен қолданылады. Конвейерлерде ені 1,8м қысқартылған қатпарлардан жасалған төсеніштер болады. Тартқыш шынжырдың адымы - 320 жүктемеге байланысты жүріс катоктарының арасындағы қашықтық кезінде 320 мм. Реттеу жылдамдығы - 0,025... 0,1 м/с шегінде. Конвейерлердің басқа түрлерін пайдалану тәжірибесі көрсеткендей, қырғыш конвейерлер тез тозады, ал таспалы конвейерлерді пайдалану - ыстық қожға қарсы тұру кезінде таспаны зақымдайды [13].

Ұлыбританияның көмір өнеркәсібінде ені 2500 мм-ге дейін қатпарлары бар конвейерлер және шынжырлар мөлшері 30 мм-ге дейін қолданылады.

Олардың жұмысын талдау барысында бір тізбекті конвейерлер үшін олардың диаметрі 30 мм қадамы 108 мм және 1130 кН үзілу күші бар 30 мм-ден аспауы орынды екенін көрсетеді. Мысалы, қосарланған тізбекті конвейерлерде және ішкі орналасқан конвейерлерде, тіпті диаметрі 30 мм тізбектерді қолдану кезінде байланыс кернеулерінің диаметрі 34 мм бір тізбекті конвейерлерге қарағанда 60% - ға төмен.

Ұзындығы 2017 м қатпарлы екі тізбекті конвейер "Хьюдингейт" ағылшын шахтасында орнатылған. Бұл конвейерде 9 аралық жетектер бар. Конвейердің орташа өнімділігі-жұмыс төсемінің ені 800 мм, борттардың биіктігі 130 мм және қозғалыс жылдамдығы 0,8 м/с кезінде 270 т/сағ.

"Uni King Conveyor Corporation" компаниясы (АҚШ) пайдалану кезінде 150-ден 1500 кг/м-ге дейін тартқыш төсемнің көтергіш қабілеті бар қатпарлы конвейерлерді шығарады [14]. Мұндай конвейерлердің жетек тізбектерінің жылдамдығы 36 және 51 м/мин, жеткізу өнімділігі 345-тен 445 т/сағ дейін

құрайды. Қазіргі уақытта компания шығаратын жетек тораптары конвейердің жылдамдығын 90 м/мин дейін арттыруға мүмкіндік береді [15]..

Осылайша, Қазақстанның тау-кен кәсіпорындарында қатпарлы конвейерлерді пайдалану тәжірибесі және осы типті конвейерлерді шетелде пайдалану тәжірибесі қатпарлы конвейерлер конструктивтік ерекшеліктерге байланысты үлкен еңістермен сипатталатын қисық сызықты трассаларда жүктердің кең спектрін (көмір, шөкөмтәстәр, агломераттар, жартасты жыныстар және кендер) тасымалдауға арналған күрделі тау-кен-геологиялық және өндірістік жағдайларда өнеркәсіптің әртүрлі салаларында табысты қолданылуы мүмкін екендігін көрсетті.

Қатпарлы конвейерлер конструкцияларының артықшылықтарына мыналарды жатқызуға болады: ірі кесекті және ауыр материалдарды тасымалдауға мүмкіндік беретін қажетті беріктілік металл төсемінің пайдалану, соның ішінде қоршаған ортаның жоғары температурасы жағдайында; жеткізудің үлкен ұзындығы (2 км-ге дейін) және едәуір (70° дейін) көтерілу биіктігі кезінде қажетті елеулі тартымдық күштерді іске асыруға мүмкіндік беретін беріктігі жоғары тартқыш шынжырларды қолдану; жүк тасымалдау әртүрлі радиусты трасалар бойымен мүмкіндігі; қоректендіргіштерді қолданбай бункерлерден төсеніш науаларын тікелей жүктеуді қамтамасыз ету [3]. Сонымен бірге қатпарлы конвейерлер конструкцияларының кемшіліктері айтарлықтай металл сыйымдылық және өндірісінің жоғары құнын атауға болады. Технологиялық тұрғыда біздің елімізде қатпарлы конвейерлерді қолданудың негізгі саласы Қазақстанның тау-кен металлургия өнеркәсібі және бірінші кезекте - ашық тау-кен жұмыстары болып табылады.

Ашық тау-кен жұмыстарында қолданылатын карьерлердің тереңдігін үздіксіз арттыру, тау-кен массасы бойынша олардың өнімділігін арттыру қажеттілігі кезінде автомобиль және темір жол көлігімен циклдық технология жұмыстың техникалық-экономикалық көрсеткіштерінің нашарлауына алып келеді. Пайдалы қазбаны өндірудің өзіндік құны көліктің циклдық түрлерін қолдану есебінен құнының өсуі нәтижесінде ұлғаяды.

Пайдалану тәжірибесі көрсеткендей, карьердің әрбір 100 м тереңдігіне жүк көтергіштігі 30-40 т автокөлікті пайдалану шығындары орта есеппен 1,5 есе ұлғаяды [3]. Темір жол көлігін көптеген терең карьерлерде пайдалану жылжымалы құрамды кен денелерінің салыстырмалы шағын өлшемдеріне және карьер параметрлеріне енгізу мүмкін емес жағдайлар бойынша алып тасталады.

Қазіргі заманғы таспалы конвейерлер өнімділігі бойынша ең ірі шахталар мен карьерлердің жүк ағындарын таяу он жылдықта қайта өндеуге қабілетті. Алайда, таспалы конвейерлер қисық трассалы жоспарлы тас жолында, сондай-ақ үлкен бұрыштарда көлбеу істей алмайды, бұл жағдай карьерлер мен разрездерге тән. Тасымалдау бұрышын ұлғайту мүмкіндігі ашық тау-кен жұмыстары жағдайында пайдалы қазбаны өндірудің техникалық-экономикалық көрсеткіштерін жақсартады, өйткені бұл ретте разрездердің геометриясын өзгертуге болады, бұл аршудағы жұмыстар

көлемін азайту есебінен өндірістік емес шығындарды төмендетуге алып келеді. Осыған байланысты ашық тау-кен жұмыстары жағдайында карьерлердің үлкен бұрышты қазбаларында жұмыс істеуге конструктивтік мүмкіндігі бар қатпарлы конвейерлік көлікті пайдалана отырып, циклдық-ағынды технологияларды қолданудың сөзсіз өзектілігі бар. Шынжырлы тарту органы бар қатпарлы конвейерлердің жұмыс органының жоғары беріктігі мен сенімділігі, қатты қисайған қазбалар бойынша тау-кен массасын ықтимал тасымалдау және конвейердің ұзындығын ұзартудың қарапайымдылығы оны конвейерлердің басқа түрлерінен тиімді ерекшелейді. Қазіргі заманғы көпжүйелі электр жетегімен жабдықталған магистральдық қатпарлы конвейерлер конвейерлік көлік қондырғыларын пайдаланудың өндірістік талаптарын қанағаттандыратын жеткілікті жоғары өнімділікті қамтамасыз етуге қабілетті екені анық.

1.2 Қатпарлы конвейерлердің электр жетектерін әзірлеу саласындағы ғылыми зерттеулерге шолу және талдау

Конвейерлік қондырғылардың электр жетектерінің әртүрлі сызбаларын жасау және басқару жүйесін құру саласындағы ғылыми зерттеулер, соның ішінде қатпарлы конвейерлер үшін көптеген жұмыстар арналған.

Үйілмелі материалдарды тасымалдауға арналған конвейерлердің екі қозғалтқышты электржетегі жүйесін зерттеу нәтижелері жұмыста ұсынылған [16]. Атап айтқанда, автор конвейердің электржетегін көп арналы басқару тәсілін, сондай-ақ іске қосу кезінде дискретті ауыстырып қосумен және тұрақталған режимде ерекшеленетін көп қозғалтқышты электржетектің атқарушы элементтерін синхрондау жүйесінің құрылымын әзірледі. Сонымен қатар, жұмыста конвейердің атқарушы элементтеріне теріс әсерлердің талдауы жүргізілді және оларды азайту тәсілдері анықталды. Ұсынылған ұсыныстар механизмнің және қымбат таспаны бұзылуын төмендетуге мүмкіндік берді, бұл үйілмелі материалдар үшін тасымалдаушы элементтің де, жетек станциясының конструкциясының да пайдалану мерзімін арттырды.

Келесі [17] жұмыста конвейер қозғалтқышының жүктемелерін қайта бөлу және теңестіру есебінен конвейер қондырғысының ресурсты үнемдеуді қамтамасыз етуге мүмкіндік беретін, жүк ағынының кездейсоқ сипатын ескеретін тапсырма сигналдарын түзетумен конвейердің көпқозғалтқышты жиіліктік-реттелетін электржетегін басқару жүйесінің алгоритмі жасалды. Автор М. С. Черемушкинамен, барлық көлік қондырғысының энергетикалық тиімді жұмыс режимін қамтамасыз ететін көп қозғалтқышты электр жетегін басқару жүйесінің қажетті алгоритмін негіздеуге мүмкіндік беретін іске қосу режимінде және жұмыс режимдерінде конвейердің электр жетегінің білігіне динамикалық жүктемелерден электр қозғалтқышының электромагниттік моментінің өзгеруі тәуелділігі орнатылған. Микропроцессорлық құралдарда көп қозғалтқышты электржетекті басқару алгоритмдерін сынақтан өткізу

жүргізілді, ол үшін бағдарламаланатын контроллерге арналған бағдарламалық қамтамасыз ету жасалды.

С. Ж. Аргентовпен әзірленген жүйесі асинхронды электржетектің базасында машиналар қос қоректену конвейерлер үшін берілген үйілмелі жүктерді және бұл жүйеде қозғалтқыш, жоғары да, төмен де синхронды жылдамдықта жұмыс істей алады. Сол себепті электр жетектің белгіленген қуатын көтеру қажеттілігі жоқ, егер біліктің айналу жылдамдығының синхрондық шамаға дейін қысқа мерзімді ұлғаюы талап етілсе. Металлургиялық өндірісте агломерациялық лентаға шихтаны салуға қатысатын конвейерлерге құрылған жүйені орнату уақыт бойынша материал ағынының біркелкілігіне әсер ететін серпінді өзгерістерін орнын толтыруды қамтамасыз етуге болатынын көрсетті. Бұл ретте өзіндік құн азаяды және шығарылатын агломераттың сапасы жақсарады [18].

Трансформаторлы-тиристорлы реттеуші құрылғылары бар метроның тау транспортер және эскалаторларының асинхронды электржетегін зерттеу бойынша [19] жұмыста келтірілген ұсыныстардың практикалық құндылығы ең бастысы асинхронды қозғалтқыштардың пайдалы әсер ету коэффициентін арттыру үшін трансформаторлы-тиристорлы реттеуші құрылғылардың асинхронды электр жетегінің құрылған схемасында жатыр.

Автор алған нәтижелердің жаңалығы:

- жетілдірілген энергетикалық көрсеткіштері бар асинхронды жетек үшін трансформаторлық-тиристорлы кернеуді реттегіштердің жаңа схемалары;

- қос қоректендіретін асинхронды машинамен реттеуші құрылғылардың жалпылама құрылымының ұқсастығына негізделген трансформаторлық-тиристорлы реттегішті зерттеудің аналитикалық әдістері.

С.А. Серіковтың жұмысында аспалы конвейердің электромеханикалық жүйесінің эксперименталды моделі әзірленді және жасалды, оның электр жетегін басқару жүйесі Simoreg DC Master түрлендіргішінің микропроцессорлық контроллерінде орындалған. Автормен объектінің кіру және шығу жағдайы және оның құрылымы туралы ақпараттың негізінде динамикалық объектілердің параметрлерін сәйкестендіруді жүргізуге мүмкіндік беретін "динамикалық объектілерді идентификациялау" бағдарламалық қамтамасыз ету құрылды: оңтайлы бір қадамды алгоритм, айнымалыларды орталықтандыру алгоритмі, оңтайлы алгоритмі және өсуді бағалау алгоритмі [20].

В.В. Дмитриев жұмысының практикалық мәні, олар әзірлеген басқару алгоритмдері конвейерлік таспаны тиеуді оңтайлы етіп, өнімділігі бойынша да, уақыт бойынша да конвейер көлігін пайдаланудың тиімділігін арттыруға мүмкіндік береді. Сонымен қатар, электрэнергия шығыны мен лентаның тозуы азаяды, лентаның енін азайту және оны жекелеген сәттерде пайда болатын ең жоғары жүк ағыны бойынша емес, белгілі бір уақыт аралығында есептелген орташа мәні бойынша есептеу мүмкіндігі пайда болады. Бұл ретте конвейер жетегінің тоқтаусыз жұмысы қамтамасыз етіледі, бұл таспадағы динамикалық күштерді азайтады және конвейер таспасының беріктігі

бойынша қор коэффициентін төмендетеді, конвейер үшін таспаның арзан түрлерін таңдауға мүмкіндік береді.

Зерттеу нәтижелерінің ғылыми жаңалығы:

- конвейер лентасының басқарылатын қозғалысы үрдістерін сипаттауға және тау-кен массасын тасымалдау процесін зерттеуге мүмкіндік беретін конвейер қондырғысының жаңа математикалық моделін құруда;

- таспа қозғалысын автоматты басқарудың екі контурлы жүйесінің құрылымы мен алгоритмін жасауда, ол тартымдық фактордың технологиялық ұтымды мәнін тұрақтандыруды және конвейер төсемінің статистикалық номиналды бірлік тиеуін қамтамасыз етеді;

- конвейердің өз қасиеттерімен анықталатын оңтайлы квадраттық критерийі бар конвейер таспасының қозғалыс жылдамдығын өзгерту үшін күй кеңістігіндегі реттегіштің синтездеу әдістемесін әзірлеуде [6].

Д.О. Маланиннің жұмысында [22] алынған ғылыми нәтижелердің жиынтығы көпжүйелік конвейердің тартымдық тізбегіндегі жүктемені анықтауға мүмкіндік беретін әмбебап динамикалық және математикалық модельдерді жасауға мүмкіндік берді. Сонымен қатар, автор тізбекті конвейердің тартқыш органында бойлық тербеліс процесінің негізгі параметрлерін дәл анықтауға мүмкіндік беретін әмбебап динамикалық және математикалық модельдерді жетілдірді және негіздеді, сонымен бірге дискретті - таратылған параметрлері бар жүйені барабар ауыстыруға мүмкіндік беретін әдіс қолданылады.

Тау және көлік машиналарының асинхронды электржетектерін іске қосу режимдерін басқару мәселелері С.С. Переверзевтің [23] еңбектерінде ұсынылған, ол жартылай өткізгіш коммутациялық элементтердің жағдайын есепке ала отырып, жүйедегі динамикалық процестерді зерттеуге мүмкіндік беретін "іске қосу басқару құрылғысы - асинхронды электрқозғалтқышы" жүйесінің математикалық моделін әзірледі. Автор, сондай-ақ:

- құрамдас бөліктерден тұратын электр техникалық кешенді сипаттайтын интеграцияланған математикалық модель әзірленді: күштік трансформатор-кабель-іске қосу басқару құрылғысы-асинхронды электр қозғалтқыш-қырғыш конвейердің жұмыс органы;

- асинхронды электр қозғалтқыштың параметрлерін есепке ала отырып, қоса берілген кернеудің экспоненциалды өсуі кезінде тұрақты уақыт шамасына байланысты электромагниттік өтпелі сәттің таңбалы құрамдас бөлігінің бастапқы амплитудасының төмендеу мүмкіндігін анықтайтын аналитикалық тәуелділік алынды;

- асинхронды электрқозғалтқышты басқару кезіндегі өтпелі процестерді компьютерлік модельдеу арқылы зерттеуге мүмкіндік беретін іске қосуды басқару заңдарын іске асыру алгоритмдері және бағдарламалық қамтамасыз ету әзірленді.

Ж.М. Қуанышбаев [24] карьер қатпарлы конвейер элементтерінің абразивтік тозу заңдылықтарын анықтау, қызмет ету мерзімін анықтау және болжау және пайдалану шарттарына байланысты олардың ұзақ мерзімін

арттыру бойынша өзекті ғылыми есептің жаңа шешімі берілді. Осы ауқымды жұмысты орындау барысында:

- карьерлік қатпарлы конвейердің негізгі элементтерінің тозу қарқындылығына қозғалыс жылдамдығы, тартқыш органның тартылуы, сызықтық жүктеме және қоршаған ортаның температурасы айтарлықтай әсер ететіні анықталды. Бұл ретте тозу қарқындылығының қозғалыс жылдамдығына және тарту органының тартылуына тәуелділігі көрсеткіш функциясымен сипатталады, ал сызықтық жүктеменің және қоршаған орта температурасының әсері - сызықтық тәуелділікпен сипатталады;

- ұштық жұлдызшалар мен тартқыш органның қызмет ету мерзімі тиісінше төмендегілердің ұлғаюында азаяды: қозғалыс жылдамдығы 0,3 м/с - тан 1,5 м/с - ға дейін - 1,72 және 1,69 есе; желілік жүктеме 735 н/м-ден 2940 н/м-ге дейін-1,67 және 1,52 есе; тартқыш органның керілуі 10 кН-ден 50 кН-ге дейін-1,018 және 1,61 есе. Температураның +40°C-тан -40°C дейін төмендеуі олардың қызмет ету мерзімін 1,1 есеге арттырады;

- жүргізілген теориялық және эксперименталды зерттеулер негізінде ілінісу жұбы элементтерінің абразивтік тозуының математикалық моделі әзірленді, ол тартқыш органның серпімді қасиеттерін және абразивтік бөлшектердің бұзылу уақытын ескереді;

- Харрингтон ұсыныс функциясын пайдалана отырып, ілініс жұптары элементтерінің тозуының функционалдық моделі ұсынылды, ол пайдаланудың өзгертін шарттарын ескере отырып, карьерлік қатпарлы конвейер элементтерінің қызмет ету мерзімін болжауға мүмкіндік береді;

- Карьерлік қатпарлы конвейерді пайдалану кезінде заң бойынша бөлінген тізбек буындарының қадамының қалыпты емес тозуы анықталғаны анықталды;

- тартқыш органның ұзақ мерзімділігін арттырудың тиімді тәсілі компенсациялық әдісті қолдану, сондай-ақ карьерлік қатпарлы конвейердің реттелетін жетегінің жүйесін пайдалану болып табылатыны анықталды, оны пайдалану кезінде ілініс буының қызмет ету мерзімі 60-70% - ға артады, ал аралық жетектерді қолдану соңғы станцияларда жүктемені азайтады, соның есебінен тартқыш органның ұзақ мерзімділігі 50-60% - ға артады.

Зерттеу нәтижелері бойынша автор жасаған карьерлік қатпарлы конвейер элементтерінің қызмет ету мерзімін анықтау және болжау әдістемесі бірқатар ғылыми-зерттеу және жобалау-конструкторлық институттарға берілді және Качканар тау-кен байыту комбинатының (Ресей Федерациясының Свердлов облысы) циклдік-ағынды технологиясының тәжірибелік-өнеркәсіптік учаскесінде П-80К қатпарлы конвейерінің тәжірибелік-өнеркәсіптік үлгісін жобалау, жасау және өндірістік сынау кезінде сынақтан өтті [9].

И. А. Сухаревтің "Асинхронды электржетек базасында конвейерлік желілерді басқару" тақырыбындағы жұмысының тәжірибелік маңыздылығы қолданбалы маңызы зор алынған келесі нәтижелермен ұсынылған [25]:

- барлық көп қозғалтқышты жетектің қуат коэффициентін арттыратын және жалпы өндірістік кешеннің энергия жүйесіне оң әсер ететін асинхронды

электрқозғалтқыштың жылдамдығын басқару тәсілімен. Бұл әдіс инвертордың атқарушы элементтері мен келісуші трансформаторды орнатуға мүмкіндік береді, бұл көп қозғалтқышты электр жетегіне күрделі шығындарды азайтады;

- таспаның механикалық тербелістерін демпфирлеу әдісімен және орындаушы элементтерге әсер ететін қоздыру әсерлерін есепке алу, бұл конвейер лентасының тозуын азайтады, оның қызмет ету мерзімін ұзартады және конвейер желісі жұмысының сенімділігін арттырады.

Жоғарыда қарастырылған ғылыми жұмыстардың, сондай-ақ конвейерлердің электр жетектерін басқару жүйелерін жасау және жаңғыртуға бағытталған басқа да зерттеулердің талдауы, авторлармен тартқыш-тасымалдаушы органның серпімді қасиеттерін ескере отырып, көп қозғалтқышты қатпарлы конвейерлердің іске қосу режимдерінің мәселелерін шешу тәсілдері, сондай-ақ тартқыш-тасымалдаушы органның жұмыс тармағының нақты жүктемесін есепке ала отырып, жиіліктік реттелетін электржетектің құралдарымен көп қозғалтқышты қатпарлы конвейерде жетекші және басқарылатын жетектер арасында жүктемелерді тарату мәселері қарастырылмаған.

Бұл мәселелердің өзектілігі күмәнсіз, себебі кез келген конвейердің өнімділігі, соның ішінде қатпарлы, сызықтық жүктемесі мен тасымалдау жылдамдығына байланысты.

Конвейерлік қондырғының өнімділігін көтеру жүк массасын тарту шынжыр ұзындығының бірлігіне немесе тасымалдау жылдамдығының есебінен ұлғайту жолымен мүмкін екені белгілі. Сонымен бірге, басқа тең жағдайларда, жылдамдық тартқыш шынжырлардағы және конвейердің басқа элементтеріндегі динамикалық жүктемелердің көлемдерімен шектеледі. Шынжырлы конвейерлерде қолданылатын қозғалыстың аздаған жылдамдығы, әдетте 1,2 м/с аспайтын, ең қолайсыз жұмыс режимін жасайды. Жоғары сызықтық жүктемелері, шынжырдағы үлкен статикалық кернеу үлкен және металл қажетсінетін машиналарды құруға әкеледі. Жүкті тасымалдау жылдамдығы технологиялық процеспен, тиеу және түсіру шарттарымен, конвейер конструкциясының ерекшеліктерімен, жүктің қасиеттерімен, сондай-ақ электрондық басқару жүйесімен ақпаратты өңдеу жылдамдығымен (көп қозғалтқышты конвейерде жүктемені бөлу және басқарудың автоматтандырылған жүйесін қолдану) жиі анықталады.

Осыған байланысты, жоғарыда аталған технологиялық процесстің талаптарын және басқа да өзара байланысты факторларды есепке алатын көп жетекті қатпарлы конвейердің сәйкес математикалық модельдерін әзірлеу үшін конвейердің электр жетегінің іске қосу режимдері және оның тұрақталған жұмыс режимдері динамикасын детальді талдау қажет.

1.3 Шынжырлы конвейерлер электржетектері динамикасын зерттеудің жұмыстарын анализ

Конвейерлік қондырғылардың теориясын әзірлеудің саласында бірінші кезекте КСРО-ның ғылымдардың Академиясының корреспондент-мүшесі А.О. Спиваковскийдің жұмыстарын [26] атап өту қажет, онда фундаменталды деңгейде көпжүйелі конвейерлердің жасаумен және динамикасымен байланысты негізгі міндеттер анықталған және тұжырымдалған. Авторлардың көбісімен жүргізілген конвейерлердің жетектерін пайдаланудың көптеген зерттеулері, негізінен, жұмыстың тұрақталмаған режимдеріне қатысты: іске қосу, конвейерлерді тоқтату, сондай-ақ тарту шынжырының кенеттен тоқтауы. Осы саладағы ең маңыздысы - И.П. Глущенко, Б. Л. [27] Давыдова және Б. А. Скородумов зерттеулері [28]. Конвейерлердің динамикалық модельдерін қарастыру кезінде жоғарыда аталған авторлар олардың жұмыс органдарының массаларын елемейді, бұл белгілі бір шамада зерттелетін процестердің физикасына елеулі бұрмалау енгізеді. Оның элементтерінің динамикалық және кинематикалық сипаттамаларының конвейердің динамикасын зерттеуде, сонымен бірге ставының ұзындығы бойынша жүктеудің параметрлері әдетте өзгеріссіз қабылданды. Сонымен бірге пайдаланудың әртүрлі шарттары, тартқыш тізбектердің тозуы және конвейерлердің басқа элементтері оның динамикалық сипаттамаларының өзгеруін қажет етеді.

Келесі [3,29,30] жұмыстардағы көп жетекті конвейерлік қондырғыларды есептеудің ғылыми негізделген әдістемесі магистральдық таспалы-тізбекті және тізбекті конвейерлер және олардың аралық жетектері динамикасының маңызды теориялық және тәжірибелік мәселелерін шешуге мүмкіндік берді. Авторлармен тік сызықты және қисық сызықты трассасы бар көп жетекті конвейерлердің тарту органында статикалық күштерді талдаудың негізінде реттелетін жетектермен жабдықталған аралық станциялардың санына конвейердің рұқсат етілген ұзындығының тәуелділігі алынды. Көп жетекті тізбекті конвейерлерді реттелмейтін жетектермен жабдықтау кезінде, іске қосуда статикалық кедергі моментінің ұлғаюы, сырғанау шамасының ұлғаюын және электр қозғалтқыштың айналу жиілігінің төмендеуін тудырады, ал кедергінің статикалық моментінің азаюы, сырғанау шамасының азаюын және қозғалтқыштардың айналымдарының ұлғаюын алып келеді.

Л.И. Чугреев [31] еңбектерінде орнатылған жұмыс режимі кезінде шынжырлы тартқыш органы бар конвейерлер динамикасының теориялық және эксперименттік зерттеулері баяндалады. Шынжырлы конвейерлердің жұмыс органдары мен ставтардың көлденең тербелісінің пайда болу шарттары қарастырылады. Автор пайдалану процесіндегі кинетикалық сипаттамаларды өзгертетін жетектің механикалық жүйесінің қозғалысына, жұмыс органының және ставының бірлескен әсерін ескереді, сондықтан конвейер баяу өзгертетін параметрлермен бірыңғай электромеханикалық жүйе ретінде қарастырылады. Теориялық зерттеулерде Л. И. Чугреева қозғалыс теңдеулері және автотербелістер және резонанстық тербелістердің пайда

болу жағдайлары үшін қырғыш және тізбекті конвейерлерге арналған, және олардың шешімдері, конвейерлер элементтеріндегі динамикалық күштерді есептеу әдістемесі және механикалық жүйенің тербелістерін шектеудің принциптері келтіріледі.

А.В. Евневич [32], Г. И. Солод және Л. И. Чугреев [33] жұмыстарында шынжырлы конвейерлерге арналған аралық жетек құрылғылары қарастырылады. Қазіргі жетек құрылғыларына шолу, ең тиімді аралық жетектердің жіктелуі мен есептеу әдістемесі, оларды орнату орны және олардың арасындағы қашықтықты есептеу беріледі. Алайда, көрсетілген еңбектерде тек реттелмейтін жетектер (асинхронды электр қозғалтқыш - гидромұфта) қарастырылады және тізбекті конвейердің тартқыш-көтергіш органы енгізетін серпімділік пен кешігу ескерілмеген.

Алғаш рет З.Т. Ақашев көп тізбекті конвейерлер төсемінің қосымша тұтқыр деформациясын өтеу идеясын ұсынды [34]. Ол шынжыр буындарының тартымдық контурында бірдей мәнді емес қадамы бар болған кезде, қосымша серпімді тұтқыр деформация пайда болатынын анықтады, соның нәтижесінде конвейердің тартымдық контуры әрбір жетекаралық учаскеде елеулі шаманың қосымша тартылуын сезінеді, сол себепті көлденең немесе тік жазықтықта жұмыс істейтін арнайы құрылғылармен өтелуі тиіс. Бұл жұмыста өтеу процесін басқару үшін өтелетін құрылғыға басқарушы әсер ретінде ағымдағы күш мәнін пайдалану қажеттілігі негізделген. Бұл құрылғылар әрбір аралық жетекте орнатылады деп болжанған.

Г. Н. Кост [35], және М. А. Котовпен [36] жүргізген зерттеулер көлденең көп жетекті конвейерлердің тартқыш-көтергіш органда жүктемелерді бөлу бойынша тартқыш органда динамикалық жүктемелерді төмендету үшін әрбір аралық жетек аралас жетектерге тартқыш күштің берілуін болдырмай, өз учаскесіне қызмет көрсету қажет екенін көрсетті. Алайда, көрсетілген еңбектерде беріліс функциялары және конвейердің тартқыш-көтергіш органның және реттелетін жетектерінің тұрақты уақыты ескерілмеген.

Ашық тау-кен жұмыстарының технологиялық жабдықтары жүйесінде жартасты тау жыныстары мен күрделі көлік трассаларына арналған конвейер түрін негіздеу және конструкциясын дәлелдеу, циклдық-ағынды технологияны енгізу, қатпарлы конвейерлердің тиімді пайдалану және конструктивтік параметрлерін есептеу әдістемесін жасау және орнату, олардың әртүрлі жұмыс режимдеріндегі динамикасының мәселелеріне профессор А. Н. Данияровтың еңбектері арналған [37].

Ақашев З.Т. және т. б. еңбектерінде [38] көпжетекті шынжырлы конвейерлерде өтпелі режимдер және реттелетін жетектерді басқарудың оңтайлы заңдары қарастырылған. Автор ұсынған көлбеулілік көпжететекті шынжырлы конвейерлері бар терең карьерлер үшін жалғастырушы көтергіштердің конструкцияларында жүзеге асырылған ғылыми негізделген ұтымды техникалық шешімдер кешені жоғары техникалық деңгейде құрамдастырылған көлікті дамытудың жаңа тұжырымдамасын және оларды терең карьерлерде қолданудың тиімділігін қалыптастыруға мүмкіндік берді

Күрделі пайдалану жағдайында карьерлік шынжырлы конвейерлер конструкцияларының динамикалық беріктігін есептеу сұрақтары Оразов К.О. [39] және Малыбаев С. К. еңбектері арналған [40]. Тау-кен металлургия өнеркәсібінде қолданылатын тізбекті конвейерлер элементтерінің қызмет ету мерзімін жоғарылату және болжау бойынша іс-шаралар Ж.М. Қуанышбаевтың жұмыстарында қарастырылған [41]. Кен машиналарының атқарушы органының жетегіндегі жүктемені талдау үшін жүктеменің математикалық моделін, сондай-ақ жұмыс процесі органының айналмалы әрекеті арқылы жүзеге асырылатын машиналардың басқа да түрлерін әзірлеуге П.П. Палев, В. А. Бреннердің және т. б. еңбектері арналған [42, 43]. Конвейерлердің ықтимал-статикалық есептеріне С. А. Джиенкуловтың еңбектері арналады [44].

Электр жетегінің теориясымен және электржетектің сипаттамалары мен параметрлерін есептеуді басқару негізімен Н. Ф. Ильинский [45] айналысты. Электр жетегін басқару жүйесін зерттеу, сонымен қатар, Ю. Г. Бацежевтің және В. С. Костюканың жұмыстары [46] шахталар мен ашық тау-кен жұмыстарында қолданылатын тау-кен машиналарының электр жетектерін электрмен жабдықтау мәселелеріне арналған [46].

Борцов Ю.А. пен Соколовскийдің Г.Г. жұмысында [47] автоматтандырылған электржетектердің жұмысында серпімді элементтердің әсері қарастырылады. Серпімділік әсерін елемей шарттарын анықтауға мүмкіндік беретін бағалар берілген. Серпімді буындардың әсері кезінде бағынышты реттеу жүйелерінің құрылымы мен реттеу тәсілдері сипатталады. Электржетектің серпімді байланыстары бар цифрлы іске асыру, бейімделу және сәйкестендіру мүмкіндіктері көрсетілген. Адаптивті электр жетектері және аңду жүйесі қаралды [47].

Зерттеу барысында [48,49,50,51] тау-кен машиналары үшін автоматтандырылған электр жетегін қолдану негізделген, ол келесі мәселелерді шешуге мүмкіндік береді: технологиялық процестерді басқару; жетектің қуаты мен энергиясын тиімді пайдалану және оның параметрлерін берілген деңгейде шектеу; механизмдердің жұмыс органдарындағы динамикалық процестерді басқару және белгіленген, сондай-ақ артық жүктеме режимдерінде динамикалық жүктелуді төмендету, энергияны тиімді пайдалану есебінен жұмыс механизмдерінің осьтік тораптарының тозуын азайту. Бірнеше жұмыстарда қырғыш конвейерлер үшін жиіліктік-басқарылатын электржетекті қолдану мәселелеріне ерекше назар аударылды [53, 54].

Жалпы, ТМД елдерінде және шетелде серпімді байланыстары бар электромеханикалық жүйелердің динамикасын зерттеудің елеулі көлемі орындалды [54-61]. Электржетек теориясының дамуына В.И. Ключев, И. В. Брейдо, Б. Ш. Бургин, Г. М. Иванов, Ю. А. Борцов және т. б. елеулі үлес қосты.

Конвейерлік қондырғылардың динамикасының мәселелерін дамытуға қолданбалы сипатты енгізген [62-65] серпінді байланыстардағы

динамикалық жүктемелердің белсенді шектелуі және демпфирленуі бар жүйелерді әзірлеу және зерттеу нәтижелері маңызды практикалық мәнге ие.

Осылайша, шынжырлы тартқыш органы бар конвейерлердің динамикасына арналған көптеген жұмыстардың талдауы авторлармен жетектің айналмалы массаларының әсерлері, не жұмыс органының қозғалатын массаларының әсерлері іс жүзінде ескермегенін анықтауға мүмкіндік берді. Бұл ретте олардың динамикалық және кинематикалық сипаттамалары конвейерлердің пайдалануының процесінде өзгеріссіз қалады деп болжанған.

Сонымен қатар, жоғарыда аталған еңбектерде қатпарлы конвейердің өзара байланысқан көп қозғалтқышты жиіліктік реттелетін электр жетегін тартқыш-тасымалдаушы органның серпімді қасиеттерін ескере отырып, бірқалыпты іске қосу тәсілдері қарастырылмағанын атап өту қажет.

1.4 Шынжырлы конвейерлердің электр жетектерін пайдаланудың тұрақталған режимдерін зерттеу бойынша жұмыстарды талдау

Бірінші рет жетектер арасындағы жүктемені бөлу заңдылықтарын А.Г. Соснин және Н. С. Поляков көп қозғалтқышты қырғыш конвейердің тартқыш органының динамикасын зерттеу негізінде анықтады [66]. Д. М. Белецкиймен көп жетекті шынжырлы конвейерлер үшін қолданылатын осы теорияның [67] нәтижелерінің негізінде, жетектер арасындағы жүктемені таратуды көрсететін тәуелділік анықталды. Шынжырлы конвейердің тартқыш-тасымалдаушы органы Кельвин-Фойхттың серпімді тұтқыр денесінің заңдарына бағынады және эксперименталды жолмен анықталған тұтқырлықтың коэффициентінің есебімен күш пен деформацияның арасындағы тәуелділікті шығарғаны анықталды.

Д.М. Белецкий және Д. Т. Кузнецовпен [68] сондай-ақ тау-кен өнеркәсібі үшін көп жетекті шынжырлы конвейерлердің теориясы, есептеу әдістемесі және пайдалану тәжірибесі әзірленді. Атап айтқанда, конвейердің конструкциялары мен құрамдас бөліктері, статикасы мен динамикасы, жұмыстың сенімділігін қамтамасыз ету мәселелері дәйекті қарастырылды. Электр қозғалтқыштарының аралық жетектерінде қолданылатын механикалық сипаттамалардың айырмашылықтарына байланысты, тіпті бір сериядағы асинхронды электрқозғалтқыштар арасында жүктемені келесі жетекке берілу жүзеге асырылатыны анықталды. Бұл ретте қайта жүктемені бөлудің әркелкілік дәрежесі, қозғалтқыштың сырғу шамасына және қозғалтқыш пен жетек станциясының редукторы арасында орнатылатын гидравликалық муфтаның қуысын толтыру шамасына байланысты болады.

А.Г. Соснин және Н.С. Поляков [66] үздіксіз көлік машиналарының бір білігіне бірнеше асинхронды электр қозғалтқыштардың бір мезгілде жұмысын қарастыра отырып, келесі қорытынды жасады. Әр түрлі механикалық сипаттамалары бар электр қозғалтқыштар бір білікке қалыпты жұмыс істей алмайды, өйткені қатты сипаттамалары бар қозғалтқыштар

шамадан тыс жүктеледі, ал жұмсақ сипаттамалары бар - жүктелмейді.

Бір немесе бірнеше тиеу пункттері болған кезде карьерлік көп жетекті тізбекті конвейерлердің тартқыш органында күштерді қайта бөлу мәселесін зерттеуге В. И. Проскуриннің жұмысы арналған [69].

А.В. Медведевтің және В. Е. Бельфор [70, 71] еңбектерінде көп жетекті конвейерлердің тартқыш-көтергіш органында динамикалық процестерді сипаттау үшін аппроксимация қолданылды, оған сәйкес барлық механикалық жүйе учаскелердің соңғы санына бөлінген, ал олардың әрқайсысының шекарасында деформация жылдамдығының өзгеруінің сызықтық заңы қабылданды. Алайда аталған жұмыстарда көпжетекті шынжырлы конвейерлердің тартқыш-тасымалдаушы органының серпімді қосымша ұзартуларының орнын толтыру мәселелері шешілмеген.

Тізбекті тартқыш органы бар конвейерлердің теориялық және эксперименталды зерттеулерінің үлкен көлемі И.Г. Штокманмен жүргізілді [72], оның жұмыстарында тізбекті тартқыш органдарында толқындық процестердің негіздері зерттелді және статикалық жүктеме кезінде беріктікке дөңгелек буынды тартқыш шынжырлардың есептеу әдістемесі және шынжырлардың шаршаңқы беріктікке есептеу келтірілген. Көптеген эксперименталды деректердің негізінде олар тартымдық шынжырдағы күштің тербеліс жиілігі бір тіске бұрылысқа пропорционалды, ал тербеліс амплитудасы тізбектің алдын ала тартылуына байланысты екенін анықтады.

Сонымен қатар, А.А. Долголенко [73] зерттеулерде бірінші рет бөлінген параметрлері бар жүйе ретінде конвейердің тарту шынжыры қарастырылды. Зерттеу нәтижелері тартымдық органның динамикалық сипаттамаларының тербелмелі процестерге айтарлықтай әсерін көрсетті, олардың негізінде тартымдық шынжырдағы динамикалық күштер, олардың серпімді қасиеттерін ескере отырып анықтау әдістемесі ұсынылған.

Диссипативті күштердің әсерін ескере отырып, қырғыш, қатпарлы және таспа-тізбекті конвейерлердің динамикасы В. К.Смирнов пен В. В. Крот [74], Д. М. Белькийдің [68] және В. Н. Маценко [75] еңбектерінде зерттелді. Осылайша, бір реттелмейтін жетекпен жабдықталған қырғыш, қатпарлы және таспалы-тізбекті конвейерлердің тартқыш тізбектерінің қозғалыс теориясы құрылды. Дегенмен, конвейердің физикалық моделінің құрастыруында аталған жұмыстардың авторлары тартқыш тізбектің динамикасына жетектердің әсерін ескермеді және серпімді толқынның таралу жылдамдығының орташаланған шамасын қолданды.

Шынжырлы конвейерлер электр жетектері арасындағы жүктемені бөлу мәселесін зерттеумен келесі зерттеушілер айналысты: П. Д. Андриенко, Г. И. Бабокин, А. Я. Бернштейн, О. О. Блюм, А. М. Авербух, Б. О. Борисов, П. Брыхта, В. Качи, Х. Тезинг, Л.Б. Гейлер, М. Э. Гойхман, А. М. Гиллер, А. Н. Данияров, З. Т. Ақашев, И. В. Брейдо, В. И. Шевченко, Е. К. Ещин және т. б.

Келесі [3] жұмыста тартымдық шынжырдағы теңдеуші күштерді ең аз мәндерге дейін төмендетуді қамтамасыз ететін реттеудің ең қолайлы тәсілі аралас және сонымен бірге конвейер жетектерін басқарудың тікелей әдісі болып табылатыны атап өтілді. Ол кезінде жетек шынжырының жетекші

жұлдызшалары біліктерінің бұрылу бұрыштарының үйлесуі бақыланады және осымен бір мезгілде жетекаралық учаскенің соңғы нүктесіндегі тартымның нақты мәні мен жүктеменің осы режиміне сәйкес келетін оның мәні арасындағы күш айырмасының өтуімен әрбір аралықта тартқыш-көтергіш органның серпімді ұзартылуы өтеледі.

Профессор И.В. Брейдо [76] жұмысында электр жетегінің тұрақталған режимде басқару әдісі ұсынылған. Электр жетектерін пайдалану кезінде, конвейердің шеттері бойынша қозғалтқыштар орналастырылған жағдайда, жетектердің тарту күшінің арақатынасы олардың орнатылған қуаттарының қатынасына тең емес, бұл шынжырдың біркелкі емес созылуы, бос және тиелген тармақтардың тиелу айырмашылығымен түсіндіріледі және жоғары динамикалық жүктемелерге әкеледі.

Шынжырдағы динамикалық күштерді азайту мақсатында жетектер арасында әрбір қозғалтқыш өз тармағына жүктелетіндей етіп бөлген жөн. Конвейердің жетектері арасындағы жүктемелерді бөлу жүйесінде, басқарушы жетек жұмыс тармағына жүктелген бас электржетек болып табылады. Бұл жетек айналу жиілігі бойынша кері байланыспен тұйықталады. Екінші жетектің міндеті токтың берілген арақатынасын ұстап тұрудан тұрады. Бұл үшін басқарушы және басқарылатын жетектер тогы бойынша кері байланыс енгізіледі.

Келесі [77] Брейдо И.В. жұмысында электр жетекте жүктемелерді азайту үшін параметрлерді реттеуге бағынышты жүйелермен жүзеге асыру орынды екендігі атап өтілді. Тізбекті тартқыш органда динамикалық жүктемелерді демпфирлеу мақсатында екі контурлық жүйе пайдаланылуы мүмкін. Ішкі контурлық жүктеме моментін реттеу контуры, ал сыртқы контуры электрқозғалтқыштың айналу жиілігін реттеу контуры болып табылады. Өтпелі режимдерде токты шектеу қажеттілігіне байланысты реттеудің үшінші контурының орнына токты шектеу жүйесін пайдаланған жөн.

Келесі [78] жұмыста тау машиналарының көп қозғалтқышты асинхронды электр жетегіндегі жүктемені қайта бөлу және теңестіру мәселесін шешу нұсқалары зерттелді және пысықталды: электр магнитті муфтасы бар екі қозғалтқышты электр жетектегі жүктемені үлестіру тәсілі; қоректендіруші желінің кернеуін реттеу жолымен көп қозғалтқышты электр жетектегі жүктемені теңестіру тәсілі қарастырылды.

Г. И. Бабокина мақаласында [79] басты және шеткі жетектердің асинхронды қозғалтқыштарын (АҚ) қоректендіретін жиілік түрлендіргіштерін басқарумен бөлінген конвейердің бас және шеткі электр жетектері арасындағы жүктемені тарату ұсынылды. Электр жетектің жұмысын қарастыру кезінде АҚ ағынын тұрақты ұстап тұру жиіліктік басқару заңы қабылданды, АҚ статорының белсенді кедергісі нөлге тең қабылданады және механикалық сипаттамалардың АҚ жұмыс учаскесі шегінде жүктемелері қарастырылады.

Басты және шеткі жетектер параметрлерінің айырмашылығы кезінде олардың механикалық сипаттамалары жиілік осіне бір нүктеден шығады және моменттер осіне әртүрлі көлбеуі болады. Бұл ретте жетектер

арасындағы жүктемелерді бөлу механикалық сипаттамалардың қаттылығына пропорционалды. Басты және шеткі жетек жүктемелерін теңестіру үшін бір мезгілде екі жетек АҚ айналу жиілігін реттеуге ұсынылды.

Ол үшін үлкен қаттылығы механикалық сипаттамалары бар АҚ - төмен қарай номиналдыдан, ал жұқсақ болып келетін АҚ номиналдыдан жоғары қарай, АҚ моменттері нәтижесінде тең болғанша.

Келесі [80] жұмыста атап өтілгендей, статикалық ассиметрия мен динамикалық әсерлерден жүктеменің біркелкі еместігін бағалау конвейердің басты және шеткі жетектерінің моменттерінің қатынасы: асинхронды қозғалтқыштар мен желінің электр параметрлерінің айырмашылығынан 1,42 дейін; редукторлардың беріліс қатынастарының әр түрлі болғанда кезінде - 1,44 дейін; жұлдызшалардың бөлгіш шеңберінің әр түрлі болғанда - 1,49 дейін; шынжырдың біркелкі ұзартылмауы - 2,1 дейін жетеді. Автормен конвейердің электржетектерін басқару келесі жүйесі ұсынылды, ол бас және шеткі жетектердің жүктемелерін жиіліктік реттелетін электр жетекті қолдану арқылы теңестіруді қамтамасыз етеді. Басқару жүйесі АҚ моменттерінің әр түрлі мәндерінің анықтайтын датчиктерін, жүктемелерді теңестіру реттегішін және логикалық бөлікті қамтиды.

Келесі [81] жұмыста электромеханикалық жүйелердің динамикасын жақсартудың ең қолайлы тәсілі, атап айтқанда қырғыш конвейерлер, олардың жағдайын динамикалық жағдайын басқару болып табылатыны атап өтілді. Бұл мәселе конвейерлерде жиіліктік реттелетін электр жетекті пайдалану арқылы шешіледі, ол келесі мүмкіндіктер береді: жүктелген конвейердің үдемелі қозғалыс кезінде электр қозғалтқыштарының істен шығуын күрт азайтуға; электр қозғалтқыштарының іске қосу токтарының пайда болуын жоюға, бұл қоректендіргіш кернеудің төмендеуіне жол бермейді; конвейердің тартқыш тізбектерінің үзілуін барынша азайтуға мүмкіндік береді; өндірілген көмірді де, тасымалданатын жүктерді де ауыстырудың қажетті жылдамдығын орнату.

Шынжырлы конвейерлердің электр жетектері арасындағы жүктемені бөлу мәселесін зерттеу бойынша жүргізілген зерттеулерге талдау, конвейерлердің электр жетектерін басқарудың қолданылатын жүйелерінің кемшіліктерін анықтауға мүмкіндік берді. Яғни, бұл жұмыстарда екі көршілес орналасқан электр жетектер арасындағы жүктемені басқару және бөлу әдісі қарастырылмаған. Бұл көп қозғалтқышты қатпарлы конвейердің қажетті өнімділігін қамтамасыз етуге мүмкіндік береді, сондай-ақ оның тартқыш-тасымалдаушы органының бос тармағының динамикалық жағдайын басқаруға мүмкіндік береді.

1.5 Диссертациялық зерттеудің өзектілігін дәлелдеу және негізгі міндеттерді анықтау

1. Қазақстанның тау-кен кәсіпорындарында қатпарлы конвейерлерді пайдалану тәжірибесі және осы типті конвейерлерді шетелде пайдалану

тәжірибесі қатпарлы конвейерлер конструктивтік ерекшеліктерге байланысты үлкен еңістермен сипатталатын қисық сызықты трассаларда жүктердің кең спектрін (көмір, шекемтастар, агломераттар, жартасты жыныстар мен кендер) тасымалдауға арналған күрделі тау-кен-геологиялық және өндірістік жағдайларда өнеркәсіптің әртүрлі салаларында табысты қолданылуы мүмкін екендігін көрсетті.

Қатпарлы конвейерлер конструкцияларының артықшылықтарына мыналарды жатқызуға болады: ірі кесекті және ауыр материалдарды тасымалдауға мүмкіндік беретін қажетті беріктілік металл төсенішін пайдалану, соның ішінде қоршаған ортаның жоғары температурасы жағдайында; жеткізудің үлкен ұзындығы (2 км-ге дейін) және едәуір (70° дейін) көтерілу биіктігі кезінде қажетті елеулі тартымдық күштерді іске асыруға мүмкіндік беретін беріктігі жоғары тартқыш шынжырларды қолдану; кіші радиусты күрделі трассаларда жүк тасымалдау мүмкіндігі; қоректендіргіштерді қолданбай бункерлерден төсеніш науаларын тікелей жүктеуді қамтамасыз ету. Сонымен бірге қатпарлы конвейерлер конструкцияларының кемшіліктері айтарлықтай металл сыйымдылық және өндірістің жоғары құны деп санауға болады.

Технологиялық тұрғыда біздің елімізде қатпарлы конвейерлерді қолданудың негізгі саласы Қазақстанның тау-кен металлургия өнеркәсібі және бірінші кезекте - ашық тау-кен жұмыстары болып табылады.

2. Ашық тау-кен жұмыстарында қолданылатын карьерлердің тереңдігін үздіксіз арттыру жағдайында, тау-кен массасы бойынша олардың өнімділігін арттыру қажеттілігі кезінде автомобиль және темір жол көлігімен циклдық технология жұмыстың техникалық-экономикалық көрсеткіштерінің нашарлауына алып келеді. Пайдалы қазбаны өндірудің өзіндік құны көліктің циклдық түрлерін қолдану құнының өсуі нәтижесінде ұлғаяды.

Пайдалану тәжірибесі көрсеткендей, карьердің әрбір 100 м тереңдігіне жүк көтергіштігі 30-40 т автокөлікті пайдалану бойынша шығындар орта есеппен 1,5 есе ұлғаяды. Темір жол көлігін көптеген терең карьерлерде пайдалану жылжымалы құрамды кен денелерінің салыстырмалы шағын өлшемдеріне және карьер параметрлеріне енгізу мүмкін емес жағдайлар бойынша алып тасталады.

Қазіргі заманғы таспалы конвейерлер өнімділігі бойынша ең ірі шахталар мен карьерлердің жүк ағындарын таяу онжылдықта қайта өндеуге қабілетті. Алайда, таспалы конвейерлер қисық жолды жоспарлы тас жолында жұмыс істей алмайды, сондай-ақ үлкен бұрыштарда көлбеу жолдарда жұмыс істей алмайды, бұл жағдай карьерлер мен разрездер үшін тән. Тасымалдау бұрышын ұлғайту мүмкіндігі, ашық тау-кен жұмыстары жағдайында пайдалы қазбаны өндірудің техникалық-экономикалық көрсеткіштерін жақсартады, өйткені бұл ретте тіліктердің геометриясын өзгертпеуге болады, бұл тау-кен жұмыстар көлемін азайту есебінен өндірістік емес шығындарды төмендетуге алып келеді.

3. Осыған байланысты ашық тау-кен жұмыстары жағдайында карьерлердің жоғары бұрышты қазбаларында жұмыс істеуге конструктивтік

мүмкіндігі бар қатпарлы конвейерлік көлікті пайдалана отырып, циклдық-ағынды технологияларды қолданудың сөзсіз өзектілігі бар. Шынжырлы тарту органы бар қатпарлы конвейерлердің жұмыс органының жоғары беріктігі мен сенімділігі, қатты қисайған қазбалар бойынша тау-кен массасын тасымалдау мүмкіндігі және конвейердің ұзындығын ұзартудың қарапайымдылығы оны конвейерлердің басқа түрлерінен тиімді ерекшелейді.

Сонымен қатар, қатпарлы конвейерлерді қолданумен технологиялық схемалар экономикалық пайымдаулар бойынша таспалы тартқыш және көтергіш органы бар конвейерлерден артық. Бұл таспалы конвейерлерді қолдану кезінде қосымша ұсақтау кешендерін, сондай-ақ қисық сызықты көлік трассаларында осы конвейерлерді пайдаланумен байланысты қосымша тиеу пункттерін орнату қажеттілігімен түсіндіріледі. Қатпарлы конвейерлердің жоспарында майысатын конструкциясын қолдану кезінде механизмдер мен машиналардың саны едәуір қысқарады, бұл тасымалдаудың технологиялық сызбасын едәуір жеңілдетеді және барлық кешеннің эксплуатациясының сенімділігін арттырады.

Қуаттық көрсеткіштер бойынша қатпарлы конвейерлердің маңызды артықшылығы ірі бөлікті тау массасын қисайған трасса бойынша жүк көтергіш органның қозғалысына кедергінің аз мәндері кезінде артық тиеу пункттерінсіз бір ставпен тасымалдау мүмкіндігі болып табылады. Жоғарыда айтылғандай, қатпарлы конвейерлердің тағы бір технологиялық ерекшелігі олар: жоспарда радиустар 20 м, тігінен 30° - қа дейін көтерілуі мүмкін күрделі трассасы бар жағдайда пайдаланылуы мүмкіндігі.

4. Ұзын магистральды қатпарлы конвейерлерді пайдалану кезінде (ұзындығы 1000 м-ден 6000 м-ге дейін) көпжетекті схемасы бойынша конструкциялар қолданылады. Бұл ретте көп қозғалтқышты шынжырлы конвейердің бірқалыпты іске қосуын қамтамасыз ету маңызды практикалық міндет болып табылады және күрделі тау-кен-геологиялық жағдайларда пайдаланылатын магистральдық қатпарлы конвейердің конструкциясының жұмысқа қабілетті статикалық және динамикалық жағдайын басқару және қамтамасыз ету сөзсіз өзекті мәселе. Кен массасын қайта тиеусіз тасымалдау схемасы кезінде қатпарлы конвейерде аралық жетектердің көп мөлшерде болуына байланысты оның электр жетектері арасындағы жалпы жүктемені автоматты түрде тарату мәселесін шешу қажет.

Көпжетекті шынжырлы конвейерлер эксплуатациясының зерттелген тәжірибесі, олардың қолдануының жоғары тиімділігі келесі шарттар орындалғанда қамтамасыз етіледі: электр жетектері арасындағы конвейердің жалпы жүктемесінің автоматты тарату құралдарымен және жүйелермен қамтамасыз етілендігі дәлелденді, тартқыш-тасымалдаушы төсемнің қозғалыс жылдамдығын реттеу, конвейердің тартымдық контурындағы теңдестіру күштерді алып тастау және басқа да факторлардың қатарлары.

5. Үлкен ұзындықтағы көп жетекті конвейердің іске қосылуы өте күрделі мақсат болып табылады, өйткені бұл процесс тарту органының шамадан тыс босаңсуымен сипатталады. Әсіресе қатпарлы конвейерді іске қосу жағдайлары қолайсыз келесі себептермен анықталады - оның төсемі

салбырап тұрған учаскелері бар болуы, соның салдарынан жұмыс органының қаттылығы, оның керілу функциясы және оған жүктеме, салыстырмалы түрде аз.

Шынжырлы конвейерлерде механизмнің жекелеген буындарының арасындағы кинематикалық саңылаулар және тартқыш тізбектердің әлсіз болуы белгілі. Әлсіз, саңылаулар, сондай-ақ тартқыш-тасымалдаушы органның серпімді қасиеттерінің болуы электр жетектерді іске қосу кезінде конвейер бөліктеріндегі едәуір механикалық кернеуді және тартқыш-тасымалдаушы органның тербелістерін тудырады. Көбінесе осы жүктемелер конвейердің қандай да бір бөлігінің істен шығуы болатын жоғары мәндерге жетеді. Бұл жағдайда болып жатқан процестер өте күрделі және тербелмелі сипатқа ие. Жетек элементтеріндегі және шынжырлы конвейердің тартқыш-тасымалдаушы органының динамикалық жүктемелерінің төмендеуін, іске қосу кезінде механизмнің кинематикалық саңылауын және электржетектің бастапқы іске қосу моментін азайту есебінен іс жүзінде қол жеткізуге болатынын атап өту қажет.

Келтірілген кинематикалық саңылаудың бастапқы шамасы конвейер элементтерін жасау технологиясымен анықталады және тозу салдарынан пайдалану мерзімін ұлғайған сайын сәйкес артады. Осыған байланысты механикалық кернеуді азайтудың ең тиімді тәсілі қозғалтқыштың бастапқы сәтінде қарсыласу моментінің аз мәніне дейін жасанды төмендеуі болып табылады. Қозғалтқыштың мұндай моменті - алдын ала бірқалыпты қосу моменті деп аталады. Қосу кезінде алдын ала моментпен конвейердің тарту шынжырының кинематикалық саңылауы мен әлсіздігі ғана алынады.

Электр жетектері үшін, оның ішінде конвейерлердің реттелмейтін асинхронды электр жетектері үшін ең ауыр іске қосу режимдері болып табылады, олар үшін номиналды мәннен бірнеше есе асатын үлкен іске қосу токтары және іске қосу момент тербелістері тән болып табылады. Бұл бір жағынан электрқозғалтқыштың орамаларының қызып кетуінің және оның ресурсының азаюының себебі болып табылады, ал екінші жағынан редукторда және шынжырлы тартқыш жұмыс органында шамадан тыс жүктеуге әкеледі. Электр тораптарына да үлкен іске қосу токтары теріс әсер етеді.

6. Көп жетекті конвейерлік қондырғылар саласындағы жұмыстарды талдау олардың тартқыш-тасымалдау органында пайдалану процесінде есептік күштерден басқа (алдын ала керілу, қозғалысқа кедергі күштерінің статикалық және динамикалық құрамдастары) қосымша теңестіру күштері орын алатынын көрсетті.

Олардың пайда болуының басты себептері: конвейердің тиелуінің режимнің өзгеруі, пайдалану процесіндегі жетек бөлшектерінің геометриялық параметрлерінің мәндерінің өзгеруі, қозғалысқа негізгі кедергі коэффициентінің шамасына сыртқы климаттық жағдайлардың әсері. Сонымен қатар, негізгі факторлардан басқа, электр жетектің нақты жүйесі кезінде белгілі бір пайдалану режимдерінде өзін көрсететін қосымшалары болуы мүмкін. Олар тартқыш шынжыр буындарының қадамының бірдей

болмауы, жетекші және бағынышты электр жетектердің қозғалтқыштары роторларының айналу жылдамдығын реттеу жүйесінің статикалық қателігі.

Шынжырлы конвейерлердің жұмыс процесінде, тартқыш шынжырлардың топсаларының қадамының ұлғаюы, қозғалатын бөліктердің тозу қарқындылығы салдарынан авариялық жағдайлар болуы мүмкін, сол себепті тартқыш органда соққы жүктемелердің пайда болуына және конвейердің жеке элементтерінің істен шығуына әкеледі. Электр жетегінің күштік бөліктеріндегі токтардың импульстік өсуі электр қозғалтқыштың қызып кетуіне әкеледі. Тартқыш органның қадамының кейбір шекті ұлғаюына жеткенде, шынжырлы берілістің беріктік қорының едәуір азаюынан, жүрістің бірқалыпты бұзылуынан немесе аралық жетектердің жұлдызшалары және жұдырықтары бар шынжыр топсаларының ілінісуінің бұзылуы конвейердің тартқыш-тасымалдаушы органының пайдалануында жиі істен шығуларға әкеледі.

7. Электр жетегі үшін тұрақты токтың реттелетін электржетегін қолданудың перспективасы көптеген мамандандырылған еңбектерде зерттелген, бірақ бұл жүйені қолданумен технология тау-кен және көмір өнеркәсібінің конвейерлік көліктерінде тұрақты токтың жарылыстан қорғалған электр қозғалтқыштарының сериялық өндірісін ұйымдастыру күрделілігіне байланысты одан әрі тарала алмады.

Күштік жартылай өткізгіш техниканы дамытудың арқасында қол жеткізілген прогресс, кеңістік импульстік модуляцияны қолдана отырып, жоғары сапалы және қуатты жиілік түрлендіргіштерін жасау, жылдам әрекет ететін және жоғары разрядтық өнеркәсіптік контроллерлерді енгізу тау-кен өнеркәсібі үшін сериялық шығарылатын асинхронды электр қозғалтқыштарының негізінде қатпарлы конвейерлер үшін ауыспалы токтың жиіліктік реттелетін электр жетектерін қолдануға мүмкіндік берді.

Көпжетекті қатпарлы конвейерлерді жетілдірудегі перспективалы бағыт көтергіш төсемнің қозғалыс жылдамдығын реттеу мүмкіндігін, жетектер арасындағы жүктемені бөлуді басқаруды, конвейердің тартымдық контурында теңдестіру күшін жою, тартқыш-тасымалдаушы төсемнің және басқа да факторлардың қатарының серпінділік қасиеттерін ескере отырып көпжетекті конвейерін автоматты іске қосу қамтамасыз ететін заманауи жиіліктік реттелетін электр жетектерді қолдану болып табылады.

8. Жоғарыда айтылғандарды ескере отырып, қазіргі таңда көп жетекті қатпарлы конвейерлерде жиіліктік реттелетін асинхронды электр жетекті қолданудың негізгі өзекті мәселелері болып табылады:

1) серпінді байланыстарды ескере отырып, жұмыстың іске қосу және тұрақталған режимдерінде тартқыш-тасымалдаушы органның динамикалық жай-күйін басқару;

2) белгіленген жұмыс режимдерінде тартқыш-тасымалдаушы органның жұмыс тармағының нақты тиелуін ескере отырып, қатпарлы конвейердің өнімділігін басқару;

3) жұмыстың негізгі режимдерінде тартқыш-тасымалдаушы органның ауысу жылдамдығын реттеу жолымен бос жүріс электр энергиясының өндірілмейтін шығындарын алып тастау.

Шынжырлы конвейерлердің электр жетектерінің іске қосу режимдерін зерттеуге арналған жұмыстарға жүргізілген талдау, олардың авторлары тартқыш-тасымалдаушы органның серпімді қасиеттерін ескере отырып, қатпарлы конвейердің жиіліктік реттелетін көп қозғалтқышты электр жетегін бірқалыпты іске қосу тәсілін қарастырмағанын көрсетті.

Сондай-ақ қатпарлы конвейерлерді пайдалану режимдерін зерттеуге және модернизациялауға арналған жұмыстарда жиіліктік реттелетін электр жетектің құралдарымен көп қозғалтқышты қатпарлы конвейердегі басты және басқарылатын жетектер арасында жүктемелерді бөлу мәселесін шешу тәсілдері қарастырылмайтынын атап өту қажет.

9. Осыған байланысты, осы диссертациялық зерттеудің келесідей міндеттері анықталды.

1.Серпімді байланыстарды есепке алып, іске қосу режимдерінде қатпарлы конвейердің өзара байланысты көп қозғалтқышты жиіліктік реттелетін электр жетегінің математикалық және компьютерлік модельдерін жасау.

2.Қатпарлы конвейердің өзара байланысты жиіліктік реттелетін көп қозғалтқышты электр жетегінің тартқыш-тасымалдаушы органның серпімді қасиеттерін ескере отырып, бірқалыпты іске қосуды қамтамасыз ету бойынша техникалық шешімдерді әзірлеу.

3.Тұрақталған жұмыс режимдерінде тарқыш-тасымалдаушы органның жүктемесін ескере отырып, жиіліктік реттелетін көп қозғалтқышты электржетегінің математикалық және компьютерлік модельдерін жасау .

4.Көп қозғалтқышты қатпарлы конвейердің жиіліктік реттелетін жетектері арасындағы жүктемені басқару және тарату бойынша тартқыш-тасымалдаушы органның нақты жүктемесін есепке ала отырып техникалық шешімдерді әзірлеу.

5.Алынған теориялық нәтижелерді тексеру мақсатында жиіліктік реттелетін электржетегін эксперименттік зерттеу.

2 СЕРПІМДІ БАЙЛАНЫСТАРДЫ ЕСКЕРЕ ОТЫРЫП, ІСКЕ ҚОСУ РЕЖИМДЕРІНДЕ ҚАТПАРЛЫ КОНВЕЙЕРДІҢ ӨЗАРА БАЙЛАНЫСТЫ КӨП ҚОЗҒАЛТҚЫШТЫ ЖИІЛІКТІ РЕТТЕЛЕТІН ЭЛЕКТР ЖЕТЕГІНІҢ МАТЕМАТИКАЛЫҚ ЖӘНЕ КОМПЬЮТЕРЛІК МОДЕЛЬДЕРІН ЖАСАУ

2.1 Қазіргі жиіліктік түрлендіргіштерінің жалпы сипаттамасы

Қазіргі заманғы жиілік түрлендіргіштері - жартылай өткізгіштерге негізделген элементтерден тұратын жоғары технологиялық құрылғылар. Сонымен қатар, микроконтроллерлерге құрылған электронды басқару жүйесі бар, оның көмегімен асинхронды электр қозғалтқышының барлық маңызды параметрлері реттеледі [82].

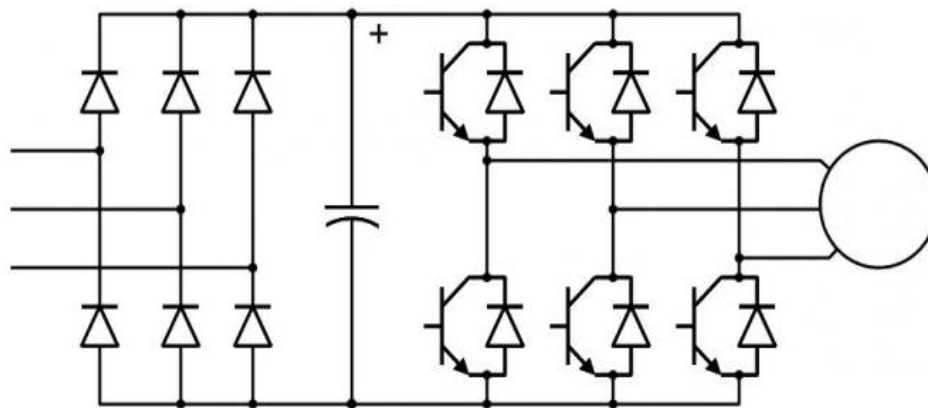
Кез келген жиілік түрлендіргіш төрт негізгі модульден тұрады (сурет 2.1):

- түзеткіш блогы,
- тұрақты кернеуді сүзу құрылғысы,
- инвертор торабы,
- микропроцессорлық басқару жүйесі.

Түзеткіштер блогы

*Сүзу құрылғысы
тұрақты кернеу*

Инвертор торабы



Сурет 2.1-жиілік түрлендіргішінің негізгі модульдері [82]

Кіріс каскады берілген синусоидальды желі кернеуін түзетеді, ол индуктивті-сыйымдылық фильтрімен түзетілгеннен кейін басқарылатын инвертордың қуат көзі ретінде қызмет етеді. Ал инвертор сандық басқару командаларының әрекеті кезінде импульстік модуляциясы бар сигнал шығарады және ол статор орамаларында электр қозғалтқышының қажетті жұмыс режимін қамтамасыз ететін параметрлері бар синусоидальды токтардың пайда болуына әкеледі.

Қуат түрлендіргішін сандық басқару микропроцессорлық аппараттық құралдарды және қойылған міндеттерге сәйкес бағдарламалық жасақтаманы қолдану арқылы жүзеге асырылады. Есептеу қондырғысы нақты уақыт режимінде модульдерді басқару сигналдарын шығарады, сонымен қатар жетектің жұмысын бақылайтын өлшеу жүйелерінің сигналдарын өңдейді.

Өнеркәсіптік жабдықта жиілік түрлендіргіштерінің екі негізгі түрі қолданылады [82-92]:

- жабдықтың нақты түрлеріне арналған фирмалық түрлендіргіштер;
- пайдаланушы белгілеген режимдерде асинхронды қозғалтқыштардың жұмысын көп мақсатты басқаруға арналған әмбебап жиілік түрлендіргіштері.

Осылайша, жиілік түрлендіргіштерін қолданудың бірқатар артықшылықтарын қорытындылай келе, мыналарды атап өтуге болады:

а) Электр қозғалтқышының айналу жылдамдығын бірқалыпты реттеу көп жағдайда редукторларды, вариаторларды, дроссельдерді және басқа да реттеуші аппаратураларды пайдаланудан бас тартуға мүмкіндік береді, бұл басқарылатын механикалық (технологиялық) жүйені айтарлықтай жеңілдетеді, оның сенімділігін арттырады және пайдалану шығындарын азайтады;

ә) басқарылатын қозғалтқыштың жиіліктік іске қосылуы оның бірқалыпты, жоғары іске қосу токтарынсыз және механикалық соққыларынсыз жылдамдатуды қамтамасыз етеді, бұл қозғалтқышқа және онымен байланысты беріліс механизмдеріне жүктемені азайтады, оларды пайдалану мерзімін арттырады. Бұл жағдайда жүктелген механизмдердің жетек қозғалтқыштарының қуатын төмендетуді бастау шарттары бойынша мүмкін болады. Құрамына енгізілген микропроцессорлық PID реттегіші басқарылатын қозғалтқыштардың жылдамдығын және онымен байланысты технологиялық процестерді басқару жүйелерін жүзеге асыруға мүмкіндік береді;

б) жүйенің жиілік түрлендіргішімен кері байланысын қолдану ауыспалы жүктемелер және басқа да бұзушы әсерлер кезінде қозғалтқыштың жылдамдығын немесе реттелетін технологиялық параметрді сапалы қолдауды қамтамасыз етеді. Тұрақты ток жетектерін ауыстыру үшін асинхронды электр қозғалтқышы бар жиіліктің түрлендіргішін қолдануға болады;

в) бағдарламаланатын микропроцессорлық контроллермен жиынтықтағы жиілік түрлендіргіші электр жетектерін басқарудың көп функциялы жүйелерін, оның ішінде механикалық агрегаттарды резервтеумен құру үшін қолданылуы мүмкін [92,93]

г) реттелетін жиіліктік электр жетегін қолдану, технологиялық ағындарды - дроссельдеуді пайдалана отырып, гидромұфталардың және басқа да механикалық реттеуші құрылғылардың көмегімен реттеудің баламалы әдістері кезінде орын алатын электр энергиясы ақталмаған шығындарын жою арқылы үнемдеуге мүмкіндік береді.

2.2 Қатпарлы конвейердің серпімді байланыстарды есепке алып, іске қосу режимдерінде өзара байланысты көп қозғалтқышты жиіліктік реттелетін электр жетегінің математикалық моделін құрастыру

2.2.1 Серпімді байланыстарды есепке алып, іске қосу режимінде екі жетекті қатпарлы конвейердің математикалық моделі

Көлік машинасының тиімділігі, оның өнімділігімен бағаланады - яғни белгілі бір қашықтыққа уақыт бірлігі ішінде тасымалданатын жүктің массасы/көлемі бірлігінің санымен [3]. Конвейерлік көліктің өнімділігі тартқыш-тасымалдаушы органның бірлік жүктелуіне және қозғалыс жылдамдығына байланысты болады. Шынжырлы конвейерлерде пайдаланылатын орын ауыстырудың аздаған жылдамдығы, 1 м/с кем, пайдалану технологиясы бойынша ең қолайсыз жұмыс режимі болып табылады. Жоғары сызықтық жүктеменің қажеттілігі және, тиісінше, шынжырдағы үлкен бастапқы кернеулердің болуы, ірі габаритті және ауыр көлік қондырғыларын құруға әкеледі .

Конвейердің шынжырлы тартқыш органының аз қызмет ету мерзіміне алып келетін басты себеп, шаршаңқы ұзақ мерзімділік болып табылады [67]. Шаршаңқы ұзақ мерзімділік пайдаланудың тұрақталған режимдерінде шынжырда болатын тербелмелі процестермен анықталады. Конвейер элементтерінің тозуы олардың өлшемдерінің заңды азаюымен және механизмнің немесе машинаның жұмыс уақытына байланысты болады [3]. "Тозу қарқындылығы" физикалық шамасы механизмнің жұмыс уақытының салыстырмалы аз аралығында, оның өзгеру заңдылықтарын табуға және оның қызмет ету мерзімін есептеуге мүмкіндік береді.

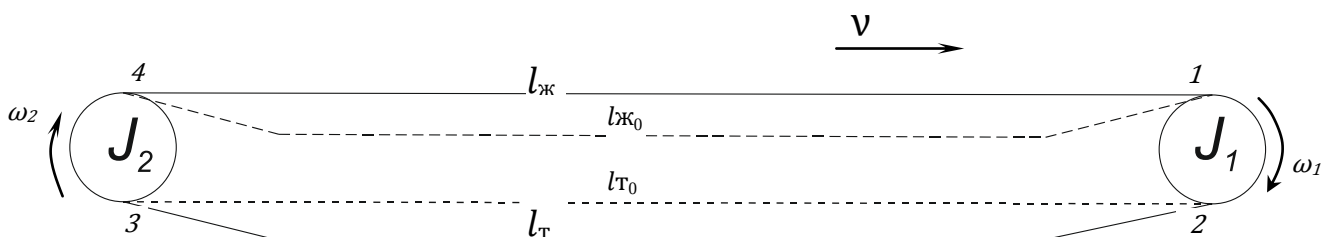
Бұл ретте конвейер элементтерінің тозу қарқындылығы жұмыстың тұрақталған режимі кезінде анықталады. Абразивті, жартасты тау массасын қатпарлы конвейерлермен тасымалдау кезінде тартқыш орган және конвейердің шеткі жұлдызшалары неғұрлым белсенді тозады. Келесі [94,95] жұмыстарда шынжырдың және жұлдызшалардың тозу қарқындылығына тарту органының созылуының өсуі, қоршаған ортаның температурасы, материалдардың беткі қаттылығы, конвейер төсемінің қозғалыс жылдамдығы, жүктің сызықтық массасы және абразивтік бөлшектердің бұзылудың механикалық беріктігі сияқты факторлар әсер ететіні атап өтілді.

Жүктің жылжу жылдамдығы жұмыстың технологиялық режиміне, конвейер конструкциясының ерекшеліктеріне, жүктің физикалық-механикалық қасиеттеріне және мәліметтерді автоматтандырылған жүйемен өңдеудің жылдамдығына байланысты. Конвейерлік көліктің өнімділігін көтеру тартқыш Шынжырлар ұзындығының бірлігіне жүктің үлкен массасын қамтамасыз ету есебінен немесе жүктің жылжу жылдамдығын арттыру есебінен мүмкін. Сонымен бірге, басқа тең жағдайларда, жылдамдық тартқыш шынжырлардағы және конвейердің басқа да бөлшектеріндегі динамикалық жүктемелердің көлемдерімен шектеледі. Шынжырлы конвейерлердегі динамикалық жүктелімдер іске қосу және тежелу процесінде

пайда болады және тиеу және түсіру үрдістерінде тартқыш Шынжырымен жетекті механизмнің ілінісу кинематикасымен жасалады.

Үлкен ұзындықтағы қатпарлы конвейердің іске қосылуы күрделі міндет болып табылады, өйткені жетектің алдында (төсемнің қозғалысы бойынша) тарту органының шамадан тыс босаңсуымен жүреді. Әсіресе қатпарлы конвейерді іске қосу жағдайлары қолайсыз, оның төсемі салбырап тұрған учаскелері бар, соның салдарынан жұмыс органының қаттылығы, оның керілу функциясы және оған түсетін жүктеме, салыстырмалы түрде аз болады.

Сурет 2.9-да конвейерді іске қосу процесінің сұлбасы көрсетілген. Конвейерді іске қосу кезінде бірінші бас жетек қосылады. Қозғалтқышты қосқаннан кейін біраз уақыттан соң, орын алатын бас жетектің тартқыш жұлдызшасының айналуы, бастыдан шеткі жетегіне жұмысшы төсеммен қозғалатын іске қосу серпімді толқынның пайда болуына әкеледі. Конвейердің апатсыз іске қосылуын қамтамасыз ету үшін дайындау режимі көзделеді, оған сәйкес тартқыш органда әрбір іске қосу алдында бастапқы тарту есебімен анықталған тартылыс жасалады, одан кейін тартқыш құрылғы қатты бекітіледі.



$l_{ж0}$ - тартылғанға дейін тартқыш органның жоғарғы тармағының ұзындығы ; $l_{ж}$ - тартылғаннан кейін тартқыш органның жоғарғы тармағының ұзындығы; $l_{т0}$ - тартылғаннан кейін тартқыш органның төменгі тармағының ұзындығы; $l_{т}$ -тартылғанға дейін тартқыш органның төменгі тармағының ұзындығы

Сурет 2.9-конвейерді іске қосу процесінің схемасы

Көпжетекші конвейерлер жағдайы үшін іске қосу проблемасын шешу одан да қиын. Аралық жетектердің болуы көрсетілген тәсілмен тарту органының бастапқы тартылуын бақылауға мүмкіндік бермейді. Мұндай бақылау әрбір жетекте керілген құрылғыны орнату кезінде ғана мүмкін, ол конструктивті түрде орындалады, бірақ қиын. Жұмыс органының керілуін қамтамасыз ету бойынша әртүрлі әдістер мен техникалық шешімдер қолданылады, бірақ олардың барлығы конвейерлердің жетек жүйелерінің күрделенуімен байланысты. Балама нұсқа реттелетін электржетектің әртүрлі жүйелерін қолдану болып табылады. Бұл іске қосу режимдерін басқаруды оның керілуін басқару есебінен жұмыс органында шамадан тыс жүктемені төмендетумен жүзеге асыруға мүмкіндік береді.

Ұсынылып отырған қатпарлы конвейердің көп қозғалтқышты электр жетегін бірқалыпты қосу тәсілі жүктеме токтарын өлшеуге және олардың белсенді құрамдас бөлігін бөліп алуға, сондай-ақ іске қосу режимінде

жетектерді басқаруға негізделген. Тәсілдің мәні келесі алгоритмге негізген, яғни көп қозғалтқышты қатпарлы конвейердің электр жетегін іске қосу процестің бастапқы сәтінде, іске қосудың ең төменгі айналу жиілігін береді, әрі қарай, басқарушы электр жетектің жүктеме тоғының белсенді құрамдас бөлігі қарқынды ұлғайған жағдайда тапсырма бойынша басты және басқарылатын соңғы жетектер айналу жылдамдығын номиналды мәнге дейін жеткізеді.

Конвейерді іске қосу кезінде қозғалтқышқа статикалық кедергілерден өтеуден басқа, жүктің инерция күшін және конвейердің детальдарын қозғалтуға энергияны жұмсауға тура келеді [96].

Осылайша, конвейерді іске қосу кезінде электр қозғалтқышы келесі моментті дамытуы керек

$$M_k = M_c + M'_d + M''_d, \quad (2.5)$$

мұнда: M_c - конвейердің статикалық кедергілерін жеңу моменті; M'_d - конвейердің (жетексіз) жұмыс органының және айналатын бөліктерінің жүктің инерция күштерінің жеңу үшін динамикалық момент; M''_d - конвейердің жетек бөлшектерінің инерция күштерінің жеңу үшін динамикалық момент.

M_c анықтау үшін алдымен жетек жұлдызшасында бұраушы моментін табады

$$M_\pi = \frac{P_{ст.п} \cdot D_0}{2}, \quad (2.6)$$

мұнда: $P_{ст.п.}$ - іске қосу кезеңінің статикалық тарту күші; D_0 - жетек жұлдызшасының есептік диаметрі.

Іске қосу режимінде конвейердің тартымдық күшінің мәні тұрақталған режиміндегі мәнінен артық болады, себебі сәйкес режиміндегі үйкеліс кедергілер мәндері шамамен бірінен-бірі 1,5 есе асады.

$M_{ж}$ моментін жеңу үшін қозғалтқыш білігінің моменті

$$M_c = \frac{P_0 \cdot D_0}{2 \cdot i_0 \cdot \eta_0}. \quad (2.7)$$

$\vartheta = D_0 \cdot w_k / 2i_0$ кезінде P_k күшін жеңу үшін қозғалтқыш білігінің моменті (Н·м)

$$M'_d = \frac{P_d \cdot D_0}{2 \cdot i_0 \cdot \eta_0} = \frac{G_3 \cdot w_d \cdot D_0^2}{4 \cdot i_0^2 \cdot t_\pi \cdot \eta_0}, \quad (2.8)$$

мұндағы: G_3 - жүктің және конвейердің қозғалатын бөліктерінің келтірілген массасы; P_d - жұмыс органының және конвейердің айналмалы бөліктерінің жүктерін тездетуден механизмге қосымша әсер ететін күш.

Электржетектің айналмалы бөліктерінің қозғалысын жеделдету үшін динамикалық момент

$$M''_д = \frac{P_к \cdot D_0}{2 \cdot i_0 \cdot \eta_0} = \frac{c_i (G_i \cdot D_0)^2 \cdot w_д}{4 \cdot t_п}, \quad (2.9)$$

мұнда: $c_i=1,1 \div 1,5$ - бұрыштық жылдамдығы $w_к$ - дан аз айналатын беріліс механизмі бөлшектерінің үдеуін ескеретін коэффициент; $(G_i \cdot D_0)^2$ - ротордың, муфталардың және тежегіш шкивтің салмағын ескеретін қозғалтқыш білігіндегі айналмалы моменті, $\text{кг} \cdot \text{м}^2$.

Асинхронды қозғалтқыштың электромагниттік моменті айналмалы магнит өрісі бар ротор орамындағы токтың өзара әрекеттесуімен жасалады. $M_к$ электромагниттік моменті электромагниттік қуатқа тікелей пропорционалды және ток күшінің жиілігіне кері пропорционалды

$$M_к = \frac{P_{эм} \cdot p}{2 \cdot \pi \cdot f}, \quad (2.10)$$

мұндағы: $P_{эм}$ – электромагниттік қуат, p - статордағы орам полюстерінің жұптарының саны, f - айнымалы ток жиілігі.

Көпжетекті қатпарлы конвейерді пайдалану кезінде жетектердің арасындағы жүктеменің біркелкі мөлшерде тарату қажет деп саналады. Динамиканы жақсарту мақсатында, жетектер, әдетте, конвейердің шеткі жақтарында орналастырылады. Қозғалысқа кедергі келтірудің әртүрлі коэффициенттерінің салдарынан, тиелген және бос тармақтардағы жүктемелер сәйкес бірдей емес. Ең тиімді жұмыс режимі әрбір электр жетегі өз тармағына жүктелген жағдай болып табылады.

Бұл режимді іске асыру бос тармақ үшін қуаты аз қозғалтқышты, демек көлемі аз қозғалтқышты пайдалануға мүмкіндік береді. Бос тармақта артық жүктелген кезде осы жүктеме бөлігін тиелген тармақтың электржетегі өзіне ала алады. Келесі жұмыстарда [96-104] шынжырлы конвейерлердің электржетектерінің электромеханикалық жүйелерін математикалық және компьютерлік моделдеу мысалдары қарастырылған.

Басты басқарушы және соңғы басқарылатын, яғни екі шеткі электр жетектері бар конвейерді іске қосу тәсілінің математикалық моделін қарастырайық. Бірінші басты электр жетек (үлкен қуатты) тағайындалуы бойынша тарту органының жоғарғы көтергіш тармағын тасымалдауға жұмыс істейді. Электр жетектің бастапқы іске қосылу моментінде жоғарғы салбырап тұрған тармағы тартуға жұмыс істейді және бұл процесс келесі теңдеумен сипатталады (бұл жағдайда $l_{ж0} > l$ (сурет 2.9)):

$$J_1 \frac{d\omega_1}{dt} = M_{AK1} - M_{c1}, \quad (2.11)$$

$$J_2 \frac{d\omega_2}{dt} = M_{AK2} - M_{c2}, \quad (2.12)$$

мұнда: M_{AK1} - бірінші жетекші қозғалтқышпен дамытылатын электромагниттік момент; M_{c1} - бірінші қозғалтқыштың білігіне келтірілген статикалық момент; M_{AK2} - екінші жетекші қозғалтқышпен дамытылатын электромагниттік момент; M_{c2} - екінші қозғалтқыштың білігіне келтірілген статикалық момент.

Конвейерді іске қосу тәсілі бойынша жетектер электр қозғалтқыштар роторларының бұрыштық айналу үдеуі жоқ.

Тартқыш органның баяулатқан жылдамдығында жоғарғы тармағының тартылудың қажетті деңгейіне жеткеннен кейін электр қозғалтқыштары роторларының айналу жылдамдығы жұмыстың номиналды режиміне дейін біртіндеп артады. Бұл процесс келесі теңдеулер жүйесімен сипатталады:

$$J_1 \frac{d\omega_1}{dt} = M_{AK1} - M_{c1} - c_1 \int (\omega_1 - \omega_2) dt + c_2 \int (\omega_2 - \omega_1) dt \quad (2.13)$$

$$J_2 \frac{d\omega_2}{dt} = M_{AK2} - M_{c2} - c_2 \int (\omega_2 - \omega_1) dt + c_1 \int (\omega_1 - \omega_2) dt \quad (2.14)$$

мұнда: J_1 - бірінші қозғалтқыштың инерция моменті; J_2 - екінші қозғалтқыштың инерция моменті; c_1, c_2 - тиісінше 1-ші және 2-ші электр жетектерінің біліктерін келтірілген қаттылық коэффициенттері; ω_1, ω_2 - тиісінше бірінші және екінші электр қозғалтқыштары роторларының бұрыштық айналу жылдамдығы.

Іске қосу кезінде, тарту органының жоғарғы тармағының толығымен тартылғаннан кейін екі электр қозғалтқышының роторлары белгілі бір синхронды бұрыштық үдеумен айнала бастайды. Осы бөлімде қарастырылған математикалық модельдері компьютерлік модельдеуде қолданылды.

2.2.2 Серпімді байланыстарды есепке алып, іске қосу режимінде төртжетекті қатпарлы конвейердің математикалық моделі

Көп жетекті қатпарлы конвейерді іске қосу одан да күрделі міндет болып табылады. Төртжетекті қатпарлы конвейерді іске қосудың ұсынылған схемасы 2.10-суретте көрсетілген. Төртінші электр жетегі тежелген күйде болады. Бірінші жетекші, екінші аралық және үшінші аралық электр жетектері тартқыш шынжырдың әлсіз жерлерін біртіндеп тартып, тартқыш-тасымалдаушы органның жоғарғы тармағының толық тартылған сәтіне жеткізеді, бұл туралы токтың барлық үш датчигінің іске қосылуы көрсетеді. Көп жетекті (төрт жетекті) қатпарлы конвейерді іске қосудың бастапқы моментінің математикалық моделі келесі теңдеулермен ұсынылған:

$$J_1 \frac{d\omega_1}{dt} = M_{AK1} - M_{c1} - c_1 \int (\omega_1 - \omega_2 - \omega_4) dt + c_2 \int (\omega_4 - \omega_1 - \omega_3) dt, \quad (2.15)$$

$$J_2 \frac{d\omega_2}{dt} = M_{AK2} - M_{c2} + c_1 \int (\omega_2 - \omega_1) dt \pm c_1 \int (\omega_2 - \omega_3) dt, \quad (2.16)$$

$$J_3 \frac{d\omega_3}{dt} = M_{AK3} - M_{c3} + c_1 \int (\omega_3 - \omega_2) dt, \quad (2.17)$$

$$J_4 \frac{d\omega_4}{dt} = 0, \quad (2.18)$$

где: J_1 - бірінші қозғалтқыштың инерция моменті; J_2 - екінші қозғалтқыштың инерция моменті; J_3 - үшінші қозғалтқыштың инерция моменті; J_4 - төртінші қозғалтқыштың инерция моменті; c_1, c_2 - тиісінше 1-ші және 2 – ші электр жетектерінің қаттылық коэффициенттері; c_3, c_4 - тиісінше 3-ші және 4 – ші электр жетектерінің қаттылық коэффициенттері; ω_1, ω_2 - тиісінше бірінші және екінші электр қозғалтқыштары роторларының бұрыштық айналу жылдамдығы; ω_3, ω_4 - тиісінше үшінші және төртінші электр қозғалтқыштары роторларының бұрыштық айналу жылдамдығы; M_{AK1} - бірінші жетекші қозғалтқышпен дамытылатын электромагниттік момент; M_{c1} - бірінші қозғалтқыштың білігіне келтірілген статикалық момент; M_{AK2} - екінші аралық қозғалтқышпен дамытылатын электромагниттік момент; M_{c2} - екінші қозғалтқыштың білігіне келтірілген статикалық момент; M_{AK3} - үшінші аралық қозғалтқышпен дамытылатын электромагниттік момент; M_{c3} - үшінші қозғалтқыштың білігіне келтірілген статикалық момент; M_{AK4} - төртінші соңғы қозғалтқышпен дамытылатын электромагниттік момент; M_{c4} - төртінші қозғалтқыштың білігіне келтірілген статикалық момент.

Тартқыш-тасымалдаушы органның жұмыс тармағы толық тартылғаннан кейін PLC контроллерінен тиісті басқару блоктары арқылы барлық төрт электржетектің номиналды айналу жылдамдығына дейін жеделдетуге арналған сигнал түседі.

$$J_1 \frac{d\omega_1}{dt} = M_{AK1} - M_{c1} - M_{ж} - c_1 \int (\omega_1 - \omega_2) dt + c_2 \int (\omega_4 - \omega_1) dt, \quad (2.19)$$

$$J_2 \frac{d\omega_2}{dt} = M_{AK2} - M_{c2} - M_{ж} + c_1 \int (\omega_2 - \omega_1) dt \pm c_1 \int (\omega_2 - \omega_3) dt, \quad (2.20)$$

$$J_3 \frac{d\omega_3}{dt} = M_{AK3} - M_{c3} - M_{ж} + c_1 \int (\omega_3 - \omega_2) dt \pm c_1 \int (\omega_3 - \omega_4) dt, \quad (2.21)$$

$$J_4 \frac{d\omega_4}{dt} = M_{AK4} - M_{c4} + c_2 \int (\omega_4 - \omega_1) dt + c_1 \int (\omega_4 - \omega_3) dt. \quad (2.22)$$

Осылайша, іске қосу режимдерінде көп қозғалтқышты қатпарлы конвейердің ұсынылған математикалық модельдері тартқыш органның серпімді қасиеттерін есепке ала отырып, тартқыш-тасымалдаушы органның

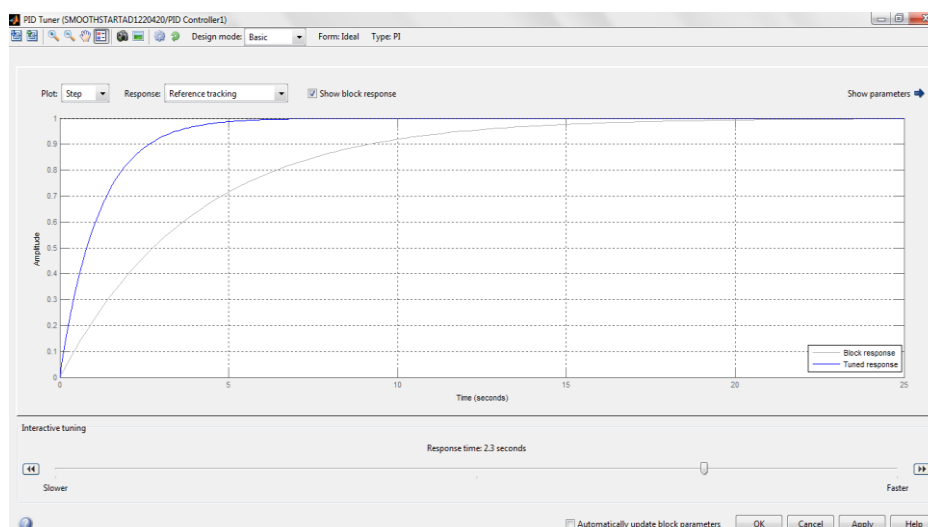
динамикалық шамадан тыс жүктемелерін азайту үшін жұмыс тармағын бірқалыпты созу жолымен конвейерді іске қосудың қажетті режимін алуға мүмкіндік береді, бұл біздің ойымызша, оны пайдалану мерзімін ұзартуға мүмкіндік береді және нәтижесінде конвейердің барлық электр жетегінің қызмет жағымды мерзіміне әсер етеді.

2.3 Серпімді байланыстарды ескере отырып, іске қосу режимдерінде қатпарлы конвейердің өзара байланысты көп қозғалтқышты жиіліктік реттелетін электр жетегінің компьютерлік моделін құрастыру

2.3.1 MATLAB Simulink-те көп қозғалтқышты қатпарлы конвейердің бас электр жетегінің іске қосу режимінің моделін құрастыру

Техникалық бағыт есептерін шешу үшін кеңінен қолданылатын және күрделі математикалық есептеулерде кеңінен қолданылатын матрицалық операциялардың кеңейтілген ұсынылуына негізделген, атап айтқанда, сызықтық алгебра есептерін шешу және статикалық және динамикалық жүйелер мен объектілерді математикалық моделдеуге мүмкіндік беретін қолданбалы бағдарламалар пакеті MATLAB-та электр жетектің іске қосу режимінің модельдеу орындалды. MATLAB бағдарламалық жүйе Simulink-пен интеграцияланған, ал Simulink өз кезегінде моделдеудің блокты берілген динамикалық жүйелер және құрылғылар, визулды-бағытталған бағдарламалау орындауға қағидаттарына сүйене отырып, күрделі құрылғыларды модельдеуге және нақтылы нәтижелер беру үшін жасалған.

Көпжетекті қатпарлы конвейердің басты басты электр жетегін іске қосу процесінің моделін құру кезінде тартқыш - тасымалдаушы органның жоғарғы тармағының кедергі моментін біркелкі ұлғайту процесін модельдеу үшін PI-реттегіш қолданылды (2.10 сурет).



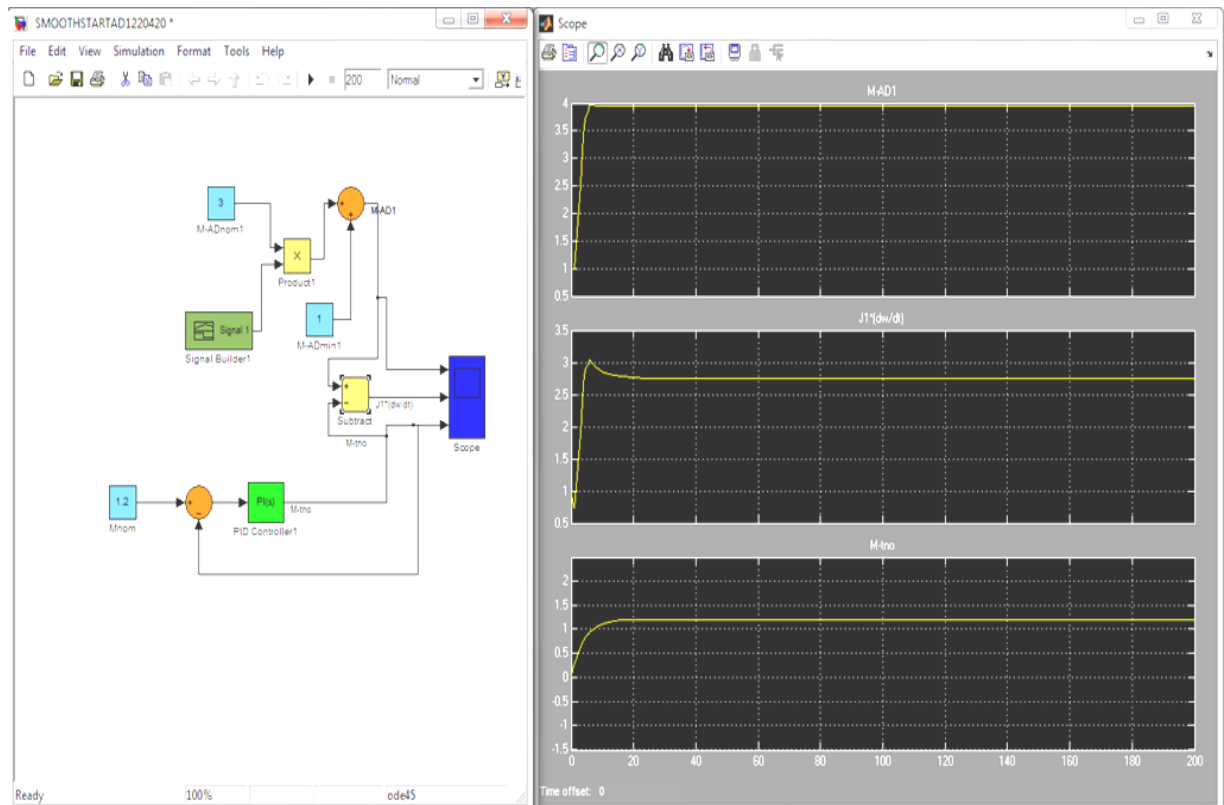
Сурет 2.10 - PI-реттегішті баптау (тарту-тасымалдаушы органның жоғарғы тармағының түсіретін кедергі моментін біркелкі ұлғайту процесі))

Бастапқы деректер ретінде келесі мәндер қабылданды:

- $M_{c1} = 1,2 \text{ кН} \cdot \text{м}$ тарқыш-тасымалдаушы органның жоғарғы тармағынан кедергі моменті,
- жетекші электр қозғалтқышпен дамитын момент, $M_{AK1} = 4 \text{ кН} \cdot \text{м}$.

2.11-ші суретте 2.2.2 бөлімінде ұсынылған математикалық модель негізінде көп жетекті қатпарлы конвейердің бас электр жетегін іске қосу үрдісінің модельдеу нәтижелері көрсетілген. Бірінші, реті бойынша, графикте асинхронды электрқозғалтқыштың (M_{AK1}) электромагниттік моментінің өзгеруі көрсетілген. Үшінші графикте конвейердің тартқыш-тасымалдаушы органының жоғарғы тармағының керілуінен кедергі моментінің $M_{ТТО}$ шамасының өзгеруін сипаттайды.

Екінші графикте электр жетектің динамикалық моментінің мәні төмендейтіні көрсетілген, ал бірінші графикке сәйкес, бірақ кейін тартқыш-тасымалдаушы органның толық керілуінен кейін негізгі электр жетектің динамикалық моментінің мәні $4 \text{ кН} \cdot \text{м}$ берілген номиналды шамаға дейін артады.



Сурет 2.11 - көпжетекті қатпарлы конвейердің бас электр жетегін іске қосу процесін модельдеу нәтижелері

2.3.2 Пайдаланудың іске қосу режимінде көп қозғалтқышты қатпарлы конвейердің бас электр жетегін басқару жүйесінің динамикалық процесін модельдеу нәтижелері

Жиіліктік реттелетін электр жетегі бар көпқозғалтқышты қатпарлы конвейерді басқару жүйесінің компьютерлік моделін әзірлеу үшін дифференциалдық теңдеулер (2.19-2.22) салыстырмалы бірліктерге келтіру қажет.

Тиісті түрлендірулерден кейін қатпарлы конвейердің беріліс функциясы теңдеулерінің жүйесін аламыз:

$$T_1 \frac{d\omega_1^*}{dt} = (M_{AK1}^* - M_{c1}^*) - \frac{1}{T_2} \int (\omega_1^* - \omega_2^*) dt + \frac{1}{T_3} \int (\omega_2^* - \omega_1^*) dt, \quad (2.23)$$

$$T_4 \frac{d\omega_2^*}{dt} = (M_{AK2}^* - M_{c2}^*) - \frac{1}{T_3} \int (\omega_2^* - \omega_1^*) dt + \frac{1}{T_2} \int (\omega_1^* - \omega_2^*) dt, \quad (2.24)$$

мұндағы: $T_1 = \frac{\omega_{n1}}{M_{n1}} * J_{\Sigma 1}$ - 1-ші басты электр жетегінің уақыт тұрақтысы;
 $T_2 = \frac{M_{n1}}{\omega_{n1} * c_1}$ - тарқыш-тасымалдауышы органның жоғарғы тармағының серпімді тербеліс моментінің уақыт тұрақтысы;
 $T_3 = \frac{M_{n2}}{\omega_{n2} * c_2}$ - тарқыш-тасымалдауышы органның төменгі тармағының серпімді тербеліс моментінің уақыт тұрақтысы;
 $T_4 = \frac{\omega_{n2}}{M_{n2}} * J_{\Sigma 2}$ - 2-ші электр жетегінің уақыт тұрақтысы.

$$T_1 = \frac{\omega_n}{M_n} * J_{\Sigma 1} = \frac{152}{707} * (2,2 + 7,8) = 2,15 \text{ с}, \quad (2.25)$$

$$T_2 = \frac{M_{n1}}{\omega_{n1} * c_1} = 0,17 \text{ с}, \quad (2.26)$$

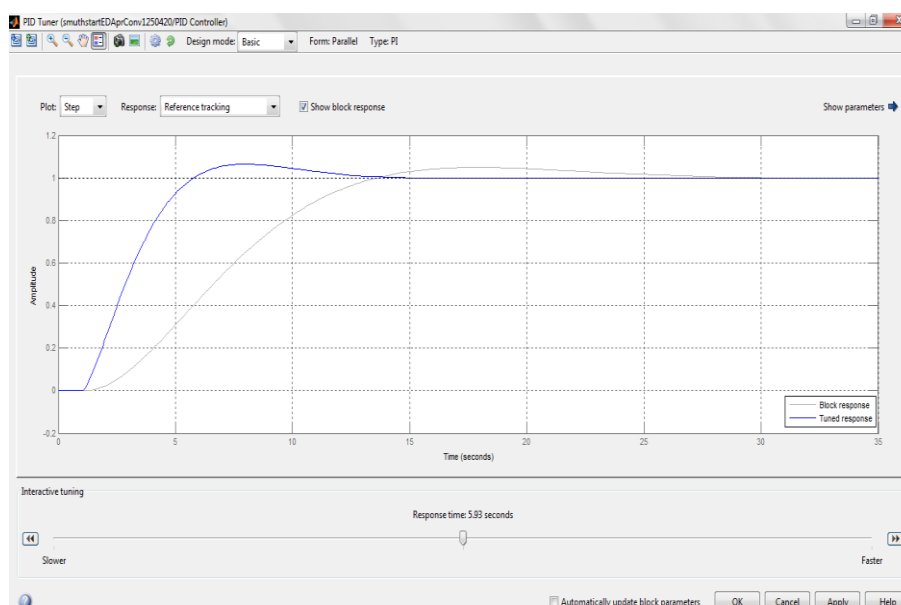
$$T_3 = \frac{M_{n2}}{\omega_{n2} * c_2} = 0,09 \text{ с}, \quad (2.27)$$

$$T_4 = \frac{\omega_n}{M_n} * J_{\Sigma 2} = \frac{152}{356} * (0,5 + 2,86) = 1,43 \text{ с}. \quad (2.28)$$

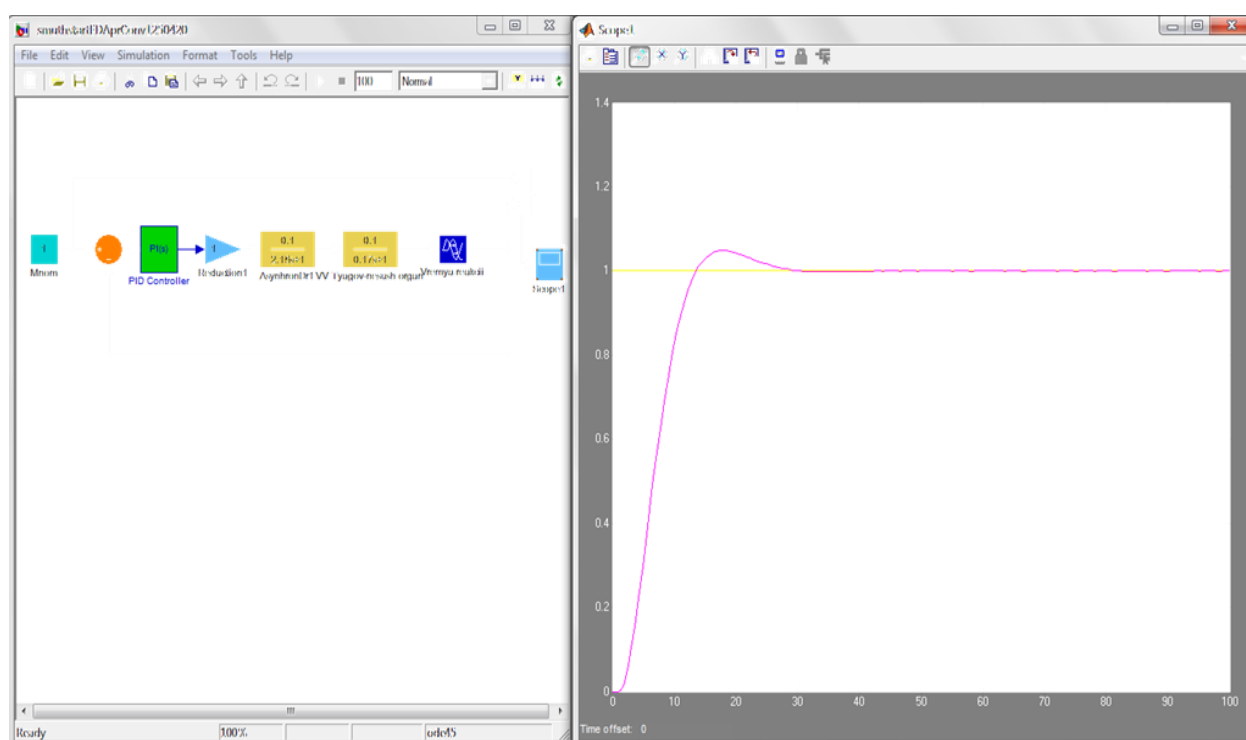
Басты электр жетектің басқару жүйесінің моделін құру кезінде келесі мәндер қолданылды: $T_1 = 2,15 \text{ с}$ және $T_2 = 0,17 \text{ с}$.

2.12-2.17 суретте MATLAB Simulink бағдарламасын қолдану арқылы іске қосу режимінде қатпарлы конвейердің басты электр жетегі жұмысының динамикалық үрдісінің моделдеуінің алынған нәтижелері көрсетілген.

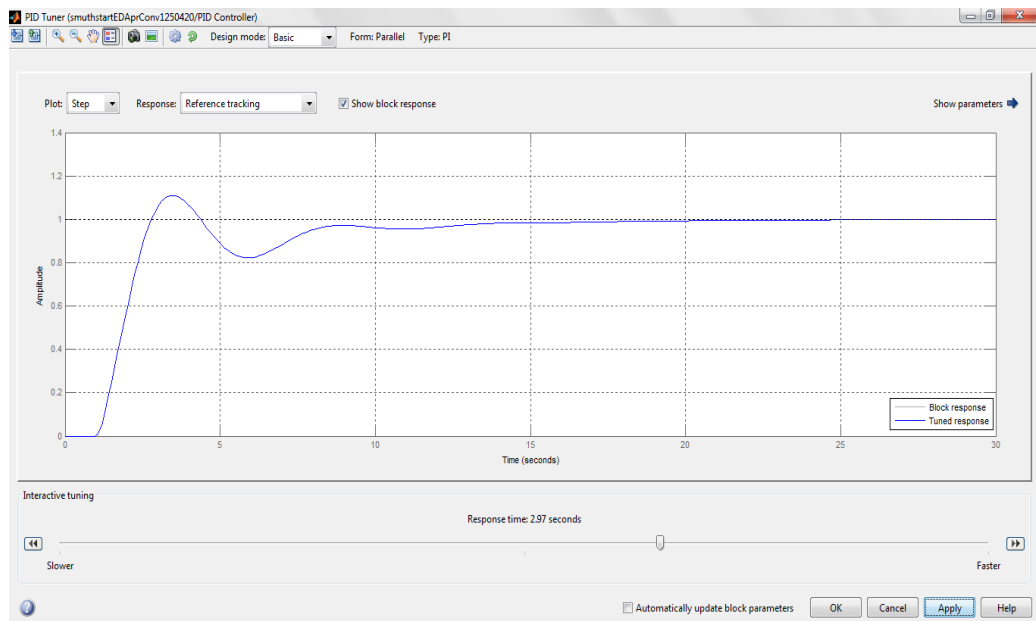
Электр жетегінің басқару жүйесінің реттегішін баптау 3 нұсқада модельдеу орындалған: M_{nom} - электр жетектің номиналды моменті (кіру сигналы-сары түспен белгіленген), M_{din} - динамикалық моменті (шығу сигналы - сирень түспен белгіленген).



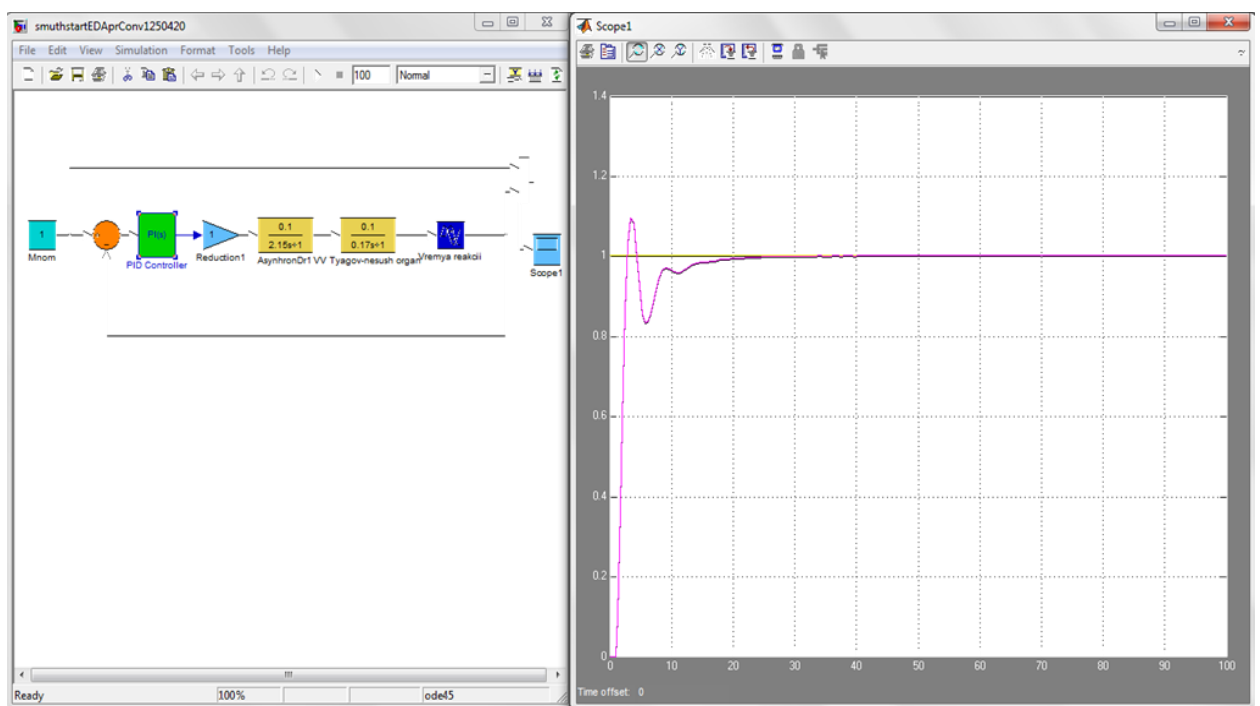
2.12 сурет - бас электр жетектің басқару жүйесінің PI реттегішін баптау-
1 нұсқа



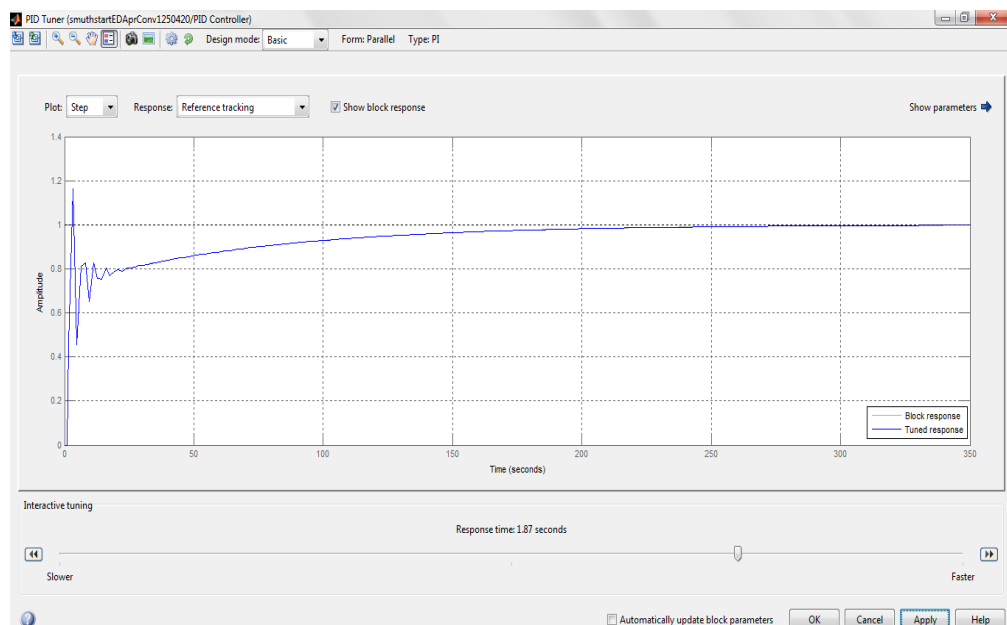
Сурет 2.13- іске қосу режимінде қатпарлы конвейердің бас электр
жетегін басқару жүйесі жұмысының динамикалық процесін модельдеу 1-
нұсқа



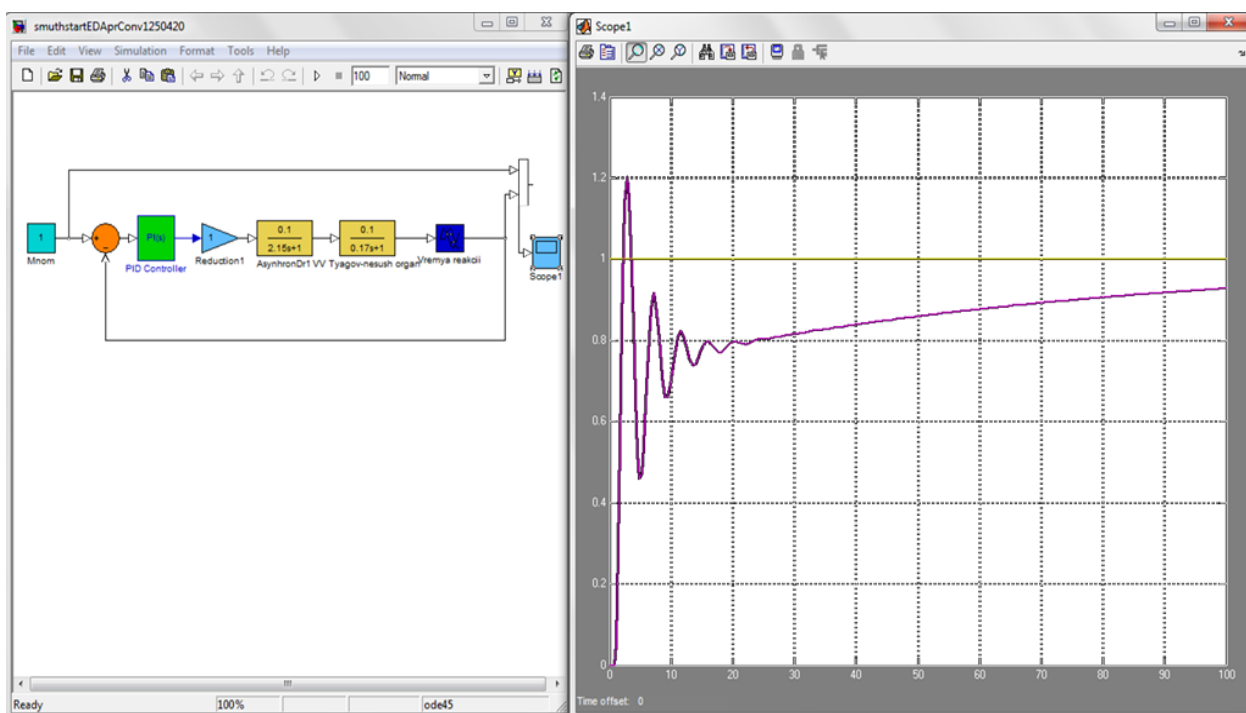
2.14 сурет - бас электр жетектің басқару жүйесінің PI реттегішін баптау--
2 нұсқа



2.15 сурет- іске қосу режимінде қатпарлы конвейердің бас электр
жетегін басқару жүйесі жұмысының динамикалық процесін модельдеу 2-
нұсқа



2.16 сурет-бас электр жетектің басқару жүйесінің PI реттегішін баптау-3 нұсқа



2.17 сурет-іске қосу режимінде қатпарлы конвейердің бас электр жетегін басқару жүйесі жұмысының динамикалық процесін модельдеу - 3-нұсқа

2 бөлім бойынша тұжырым

1. Жетекші әлемдік өндірушілері шығаратын жоғары технологиялық жиілік түрлендіргіштерін және жартылай өткізгіш жабдықтың өнеркәсіпте кеңінен қолдану олардың қолданудың келесі бірқатар артықшылықтарына байланысты:

- редукторларды, вариаторларды, дроссельдерді және басқа реттеуші аппаратураны пайдаланудан бас тарту, бұл басқарылатын механикалық (технологиялық) жүйені айтарлықтай жеңілдетеді, оның сенімділігін арттырады және пайдалану шығындарын төмендетеді;

- басқарылатын қозғалтқыштың жиіліктік баяу түрде іске қосылуы оның біртіндеп, жоғары іске қосу токтарынсыз және механикалық артық жүктемесіз қамтамасыз етеді, бұл қозғалтқышқа және онымен байланысты беру механизмдеріне жүктемені төмендетеді, олардың пайдалану мерзімін ұлғайтады;

- жүйенің жиілік түрлендіргішімен кері байланысын қолдану ауыспалы жүктемелер және басқа да қозу әсерлері кезінде қозғалтқыштың жылдамдығын немесе реттелетін технологиялық параметрді сапалы қолдауды қамтамасыз етеді;

- бағдарламаланатын микропроцессорлық контроллері бар жиынтықтағы жиілік түрлендіргіш электржетектерді басқарудың көпфункционалды жүйелерін құру үшін қолданылуы мүмкін;

- реттелетін жиіліктік электр жетекті қолдану гидромұфт және басқа да механикалық реттеуші құрылғылардың көмегімен технологиялық ағындарды-дроссельдеуді қолдану арқылы реттеудің баламалы әдістері кезінде орын алатын, оның ақталмаған шығындарын жою арқылы электр энергиясын сақтауға мүмкіндік береді.

2. Автономды кернеу инверторы мен басқарылатын түзеткіші бар жиілікті түрлендіргіштердің жұмысының конструкторлық және технологиялық ерекшеліктерін талдау, түзеткіштің шығысындағы кернеудің синусоидальды емес сипаты осы түрлендіргіштің көмегімен қозғалыс жылдамдығын басқарудың мүмкін болатын диапазонына шек қоятындығын көрсетті. Сонымен қатар, статордағы ток қисығында жоғары гармониканың болуы электр қозғалтқышын синусоидалы кернеумен қамтамасыз ету жағдайымен салыстырғанда энергия шығынын жоғарылатады.

3. Осыған байланысты, жақында өнеркәсіпте тұрақты ток байланысы бар жиілікті түрлендіргіштер кеңінен таралды, оларда синусоидальға жақын статор тогының пішіні импульстік-ендік модуляторлық инверторлардың (ИЕМ) көмегімен қол жеткізілді.

4. Импульстік-ендік модуляциясы бар жиілік түрлендіргішімен жабдықталған қатпарлы конвейердің көп қозғалтқышты жиілікті басқаратын электр жетегін қолдану конвейерді біртіндеп іске қосуға мүмкіндік береді.

5. Ұсынылып отырған қатпарлы конвейердің көп қозғалтқышты электржетегін бірқалыпты қосу тәсілі жүктеме токтарын өлшеуге және

олардың белсенді құрамдас бөлігін бөліп алуға, сондай-ақ іске қосу режимінде жетектерді басқаруға негізделген. Тәсілдің мәні келесі алгоритмге негізген, яғни көпқозғалтқышты қатпарлы конвейердің электржетегін іске қосу процестің бастапқы сәтінде іске қосудың ең төменгі айналу жиілігін береді, әрі қарай, басқарушы электр жетектің жүктеме тоғының белсенді құрамдас бөлігі қарқынды ұлғайған жағдайда, тапсырма бойынша басты және басқарылатын соңғы жетектер айналу жылдамдығын номиналды мәнге дейін жеткізеді.

6. Осылайша, іске қосу режимдерінде көп қозғалтқышты қатпарлы конвейердің ұсынылған математикалық модельдері тартқыш органның серпімді қасиеттерін есепке ала отырып, тартқыш-тасымалдаушы органның динамикалық шамадан тыс жүктемелерін азайту үшін жұмыс тармағын бірқалыпты созу жолымен конвейерді іске қосудың қажетті режимін алуға мүмкіндік береді, бұл біздің ойымызша, оны пайдалану мерзімін ұзартуға мүмкіндік береді және нәтижесінде конвейердің барлық электржетегінің қызметіне мерзіміне жағымды әсер етеді

7. Алынған математикалық модельді тексеру үшін MATLAB Simulink бағдарламалық ортасында көп қозғалтқышты конвейердің жиілікті басқаратын электр жетегінің іске қосу моделі жасалды. Сонымен бірге конвейердің электр жетегін басқару жүйесінің PI контроллері үшін үш түрлі конфигурация нұсқалары үшін модельдеу процесі жүргізілді.

8. Көп қозғалтқышты қатпарлы конвейердің электр жетегінің іске қосу режимінде басқару жүйесінің динамикалық процесін компьютерлік модельдеу нәтижесі тұтастай алғанда жеткілікті тұрақты жүйелік сипатты көрсетті.

3. ТҰРАҚТАЛҒАН ЖҰМЫС РЕЖИМДЕРІНДЕ ҚАТПАРЛЫ КОНВЕЙЕРДІҢ ӨЗАРА БАЙЛАНЫСТЫ КӨП ҚОЗҒАЛТҚЫШТЫ ЖИІЛІКТІК РЕТТЕЛЕТІН ЭЛЕКТР ЖЕТЕГІНІҢ МАТЕМАТИКАЛЫҚ МОДЕЛІН ЖАСАУ

3.1 Қатпарлы конвейердің пайдаланудың тұрақталған режимдегі пайдалы қазбаны тасымалдаудың энергетикалық тиімділігін арттыру

Қазіргі жағдайда пайдалы қазбаларды барлау және өндіру процестері жаңа кен орындарын игеру қарқындылығының өсуімен сипатталады, бұл жүк ағындарының ұлғаюына әкеледі. Жартасты жыныстар мен кендерді жеткізудің жоғары еңбек сыйымдылығы көлік құралдарын, оның ішінде карьерлік қатпарлы конвейерлерді пайдалану тәсілдерін жетілдірудің әртүрлі жолдарын іздестірудің қажеттілігін негіздейді. Мысалы, конвейерде екі жетекті жүйенің бар болуына байланысты тасымалдаудың тиеусіз схемасында конвейердің тартқыш-тасымалдаушы органында басты және басқарылатын жетектер арасындағы жалпы жүктемені автоматты түрде бөлу мәселесін шешу қажет.

Шынжырлы конвейерлердің электр жетектері арасындағы жүктемені бөлу мәселесін зерттеу бойынша 1.4 бөлімде жүргізілген анализ, конвейерлердің электр жетектерін басқару жүйелерінің кемшіліктерін анықтауға, сондай-ақ осы мәселені шешудің әртүрлі тәсілдері мен құралдарын анықтауға мүмкіндік берді. Сонымен қатар, авторлармен жиіліктік реттелетін түрлендіргіш арқылы жұмысшы және бос тармақтарының нақтылы жүктемесін ескере отырып қатпарлы конвейердің электр жетектері арасында жүктеменің таралуын қамтамасыз ету мәселесі қарастырылмаған.

Атап айтқанда, профессор И.В. Брейдоның басты жетектегі жылдамдықты тұрақтандыру және басқарылатын электр жетекте жүктеме моментін тұрақтандыру арқылы СПМ-128П кенжар қырғыш конвейерінің өнеркәсіптік сынақтары кезінде жүктемелерді автоматты бөлу жүйесін зерттеу жүргізілді. Бұл ретте сынау процесінде басқарушы жетектің жүктеме тоғы мен басқарылатын жетектің жүктеме тоғы арасындағы арақатынас 2:1 құрады және қырғыш конвейердің тартқыш органының серпімді ұзартуларының орнын толтыру үшін талап етілетін динамикалық сипаттаманы қамтамасыз етуге мүмкіндік бермейтін тізбекті қозудың қозғалтқыштары бар тұрақты токтың реттелетін электр жетектері пайдаланылды.

Электр жетегі тұтынылатын электр энергиясының үлкен үлесі дамыған елдерде шамамен 65% - ды құрайды және қозғалысқа байланысты іс жүзінде барлық технологиялық процестерді электр жетегімен жүзеге асыру, әсіресе электр жетегі мен электр жетегі құралдарымен энергия үнемдеудің актуальдік проблемасы болып табылады. Электр жетегі құралдарымен энергия үнемдеудің негізгі жолы - соңғы тұтынушыға - технологиялық машинаға әрбір сәтінде тұтынылатын қуаттың қажетті мөлшерін беру. Бұған электр

жетектің координаттарын басқару арқылы реттелмейтін электр жетектен реттелетін электр жетекке өту нәтижесінде қол жеткізуге болады. Бұл процесс жиілік түрлендіргіштері пайда болғаннан кейін электр жетегінің негізгі дамуы жолы болып табылады [45].

Конвейерді пайдаланудың тұрақталған режимі пайдалы қазбаны тасымалдаудың жүзеге асырылатын негізгі режимі болып табылады. Номиналды сызықтық жүктемемен конвейердің жұмыс істеу режимі – пайдалы қазбаны тасымалдаудың энергия тиімділігін арттыру тұрғысынан ең тиімді болып табылады. Бұл режимде жүк ағыны конвейердің номиналды өнімділігіне сәйкес келеді. Тарқыш-тасымалдаушы органның жұмыс тармағының сызықтық тиелуінің номиналды мәнге дейін ұлғаюы өндірістік емес энергияның шығыс үлесін азайтады, бұл оның орташа сағаттық шамасымен сипатталатын уақыттың кейбір бөлігінде электр энергиясын үнемдеуі болып табылады.

Көп қозғалтқышты қатпарлы конвейердің электр жетегінің меншікті энергия тұтынуы келесі формула бойынша есептеледі [1]:

$$e_m = \frac{W_{\text{тто}}}{3600 \cdot q_{\text{п}} \cdot \eta_{\text{р}} \cdot L \cdot g}, \quad (\text{кВт} \cdot \text{сағ}) / (\text{т} \cdot \text{км}), \quad (3.1)$$

мұндағы: $W_{\text{тто}}$ - конвейердің тартқыш-тасымалдаушы органы қозғалысына қарсы бағытталған жиынтық кедергісі, H ; $q_{\text{с}}$ - конвейердің тартқыш-тасымалдаушы органының жұмыс тармағын сызықтық тиелуі, $H/\text{м}$; $\eta_{\text{р}}$ - электржетек редукторының пайдалы әсер коэффициенті; L - пайдалы қазбаны тасымалдау қашықтығы, м ; g - еркін құлаудың үдеуі, $\text{м}/\text{с}^2$.

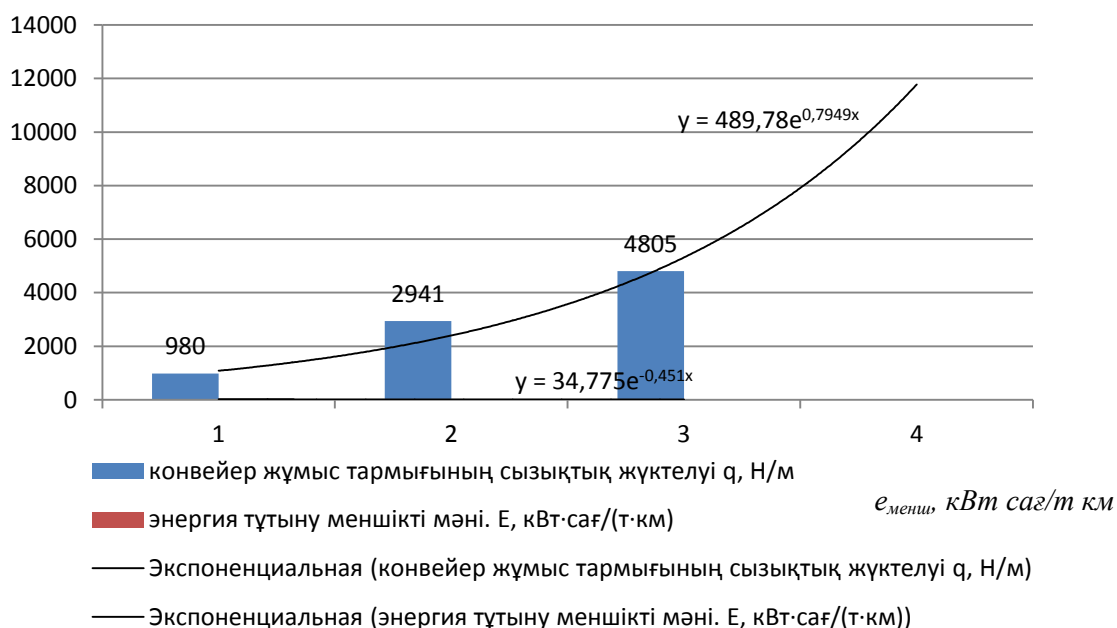
Жұмыс барысында көп қозғалтқышты қатпарлы конвейердің электр жетегінің меншікті энергия тұтынуының мәндерін анықтау бойынша есептеулер жүргізілді және болжанатын экспоненциалды қисықпен уақыт бойынша өзгертін осы мәннің салыстырмалы диаграммалары салынды (3.1, 3.2 сурет).

Берілген диаграммалардың талдауынан қатпарлы конвейердің электр жетегінің меншікті энергия тұтыну мәні тартқыш-тасымалдаушы органның жұмыс тармағының сызықтық жүктелуіне байланысты болады.

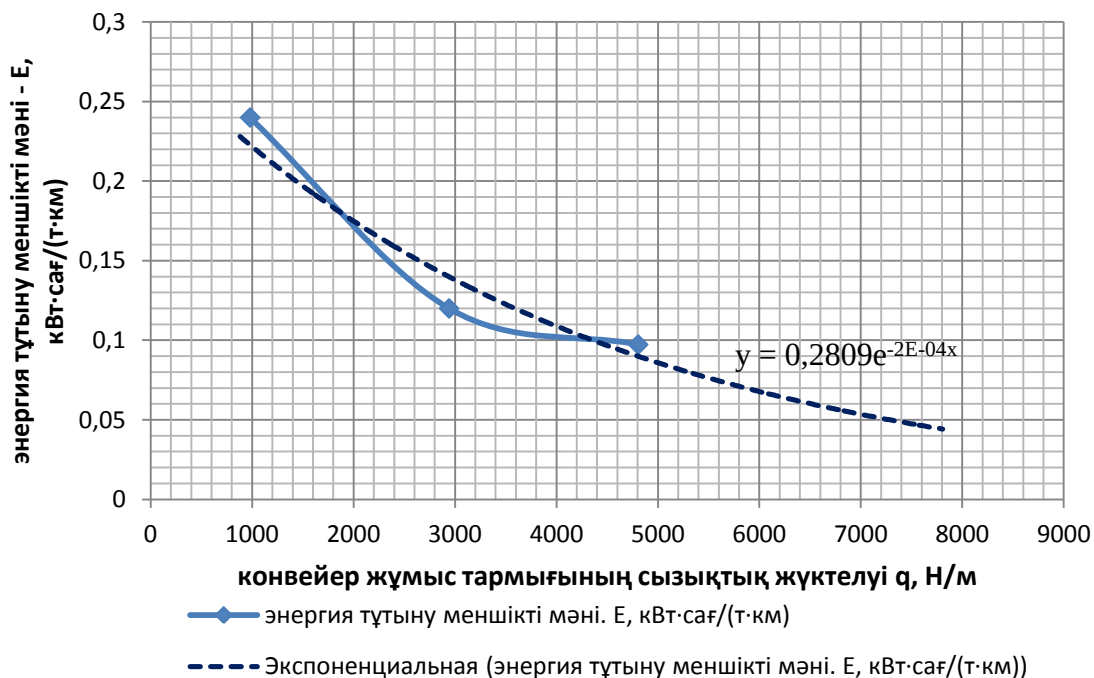
Қазіргі уақытта Қазақстан Республикасының көмір разрездері мен темір кен карьерлерінде негізінен пайдалы қазбаны тасымалдаудың циклдік-ағынды технологиясы қолданылу есебінен, конвейерді тиеу сызықтық мөлшері бір жұмыс ауысымының бүкіл уақыты ішінде өзгереді.

Жоғарыда атап өтілгендей, конвейердің тұрақты жүктелуін қамтамасыз ету үшін, яғни орындалған жұмыс бірлігіне бос жүріс энергия шығындарын болдырмау үшін, яғни бұл шартты қамтамасыз ету жолдарының бірі конвейердің тартқыш-тасымалдаушы органының жылдамдығын басқару және реттеу болып табылады. Бұл шарт көп қозғалтқышты қатпарлы конвейерде жиіліктік-реттелетін электр жетегін қолдану жолымен іске асырылуы мүмкін.

$q_n, \text{H/м}$



Сурет 3.1 - тартқыш-тасушы органның желілік тиелуінің және орнатылған жұмыс режимінде көп қозғалтқышты қатпарлы конвейердің электр жетегінің үлестік энергия тұтынуының салыстырмалы диаграммасы



Сурет 3.2 - тұрақталған жұмыс режимінде көп қозғалтқышты қатпарлы конвейердің электр жетегінің меншікті энергия тұтынудың диаграммасы

3.2 Тұрақталған жұмыс режимдерінде тартқыш-тасымалдаушы органның нақтылы жүктемесін ескере отыра, қатпарлы конвейердің өзара байланысты көпқозғалтқышты жиіліктік реттелетін электр жетегінің математикалық моделін құрастыру

Шынжырлы конвейерлердің электр жетектері арасындағы жүктемені бөлу мәселесін, сондай-ақ, атап айтқанда қатпарлы конвейерлерді зерттеумен келесі ғалымдар айналысты: Андриенко П.Д., Бабокин Г.И., Бернштейн А.Я., Блюм О.О., Авербух А.М., Борисов Б.О., Брыхта П., Тезинг Х., Гейлер Л.Б., Гиллер А.М., Сагинов А.С., Данияров А.Н., Акашев З.Т., Брейдо И.В., Шевченко В.И., Ещин Е.К.

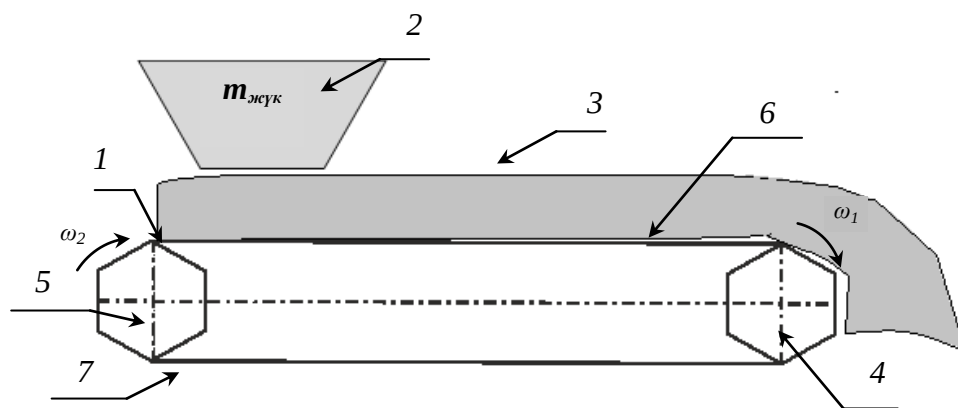
Профессор Брейдо И. В. жұмысында электр жетектерін басқарудың келесі тәсілі қарастырылған [76]. Тартымдық шынжырдағы динамикалық күштерді азайту мақсатында (жұмыс және бос тармағы) жетектер арасындағы жүктемені әрбір қозғалтқыш өз тармағына жүктелетіндей етіп бөлу орынды. Конвейер жетектері арасындағы жүктемелерді тарату жүйесінде жетекші жетек жұмыс тармағына жүктелген басты электр жетек болып табылады. Бұл жетек айналу жиілігі бойынша кері байланыспен тұйықталады. Екінші жетектің міндеті токтың берілген арақатынасын ұстап тұру болып табылады. Бұл үшін басқарушы және басқарылатын жетектердің тогы бойынша кері байланыс енгізіледі.

Шынжырлы конвейерлердің электр жетектері арасындағы жүктемені бөлу мәселесін зерттеу бойынша жүргізілген анализ, конвейерлердің электр жетектерін басқару жүйелерінің кемшіліктерін анықтауға, сондай-ақ осы мәселені шешудің әртүрлі тәсілдері мен құралдарын анықтауға мүмкіндік берді.

Жоғарыда аталып өтілген жұмыстарда авторлармен тартқыш-тасымалдаушы органның тармақтары жүктемесін ескере отыра, қатпарлы конвейердың электр жетектері арасында жүктемені жиіліктік реттелетін түрлендіргіш арқылы таратуын қамтамасыз ету мәселесі қарастырылмаған.

Тартқыш-тасымалдаушы органның 1-ші номиналды қозғалыс жылдамдығына жеткеннен кейін, конвейер бункерден 2 тиеле бастайды (3.3-сурет). Массасы 3 , конвейердің басқарушы 4 электр жетегі және 5 артқы қосалқы электр жетегі тиісінше тартқыш-тасымалдаушы органның тиелген жоғарғы тармағының 6 және төменгі тармағының 7 орнын ауыстыруға жұмыс істей бастайды.

Көп жетекті қатпарлы конвейердің (КЖҚК) тарқыш-тасымалдаушы органының элементтері серпімділікке, қаттылыққа, инерциондылыққа ие-оның жұмыс істеуі кезінде КЖҚК әр түрлі тораптарда өтетін динамикалық процестерді сипаттайтын математикалық моделін әзірлеуде ескеру қажет шамалар.

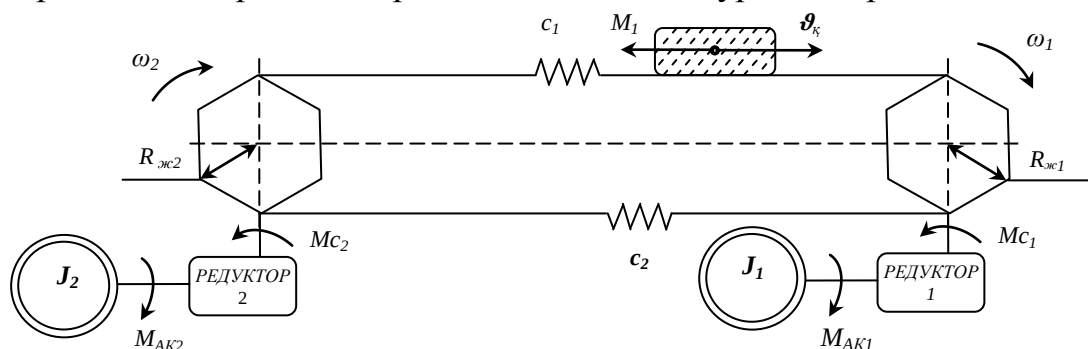


Сурет 3.3- Көп қозғалтқышты қатпарлы конвейердің кенмен жүктеу схемасы

Динамика есептерін шешу үшін көп жетекті конвейердің зерттелетін тораптарын өзара серпімді байланыстармен біріктірілген жеке инерциялық элементтер түрінде ұсынуға рұқсат етіледі. Сондай-ақ тұрақталмаған процестер (іске қосу, тежеу, жылдамдықты өзгерту) үшін тартқыш-тасымалдаушы органның айналмалы және сызықтық қозғалатын бөліктерінің, электр жетектің және жүк салмағының әсерін ескеру қажет. Ол үшін барлық қозғалатын массаларды тиісті қозғалтқыштардың біліктеріне келтіру әдісін пайдаланады [107].

Есептеу формулалары қозғалтқыштардың білігіне редукторлардың айналмалы бөліктерінің инерция моменттерін, қозғалатын тартқыш-тасымалдаушы органның, жүк массасының толық келтіру үшін жасалады. Тартқыш-тасымалдаушы органның жоғарғы тармағының, жұлдызшалардың және бірінші редуктордың айналмалы бөліктерінің массалары жетекші қозғалтқыштың роторына келтіріледі; тартқыш-тасымалдаушы органның төменгі тармағының, жұлдызшалардың және екінші редуктордың айналмалы бөліктерінің массалары басқарылатын екінші қозғалтқыш роторына келтіріледі. Осылайша, конвейер төменгі және жоғарғы тармақтармен серпімді байланыстары қосылған екі массалық жүйемен ауыстырылады.

Асинхронды жиіліктік реттелетін электр жетегі бар көп қозғалтқышты қатпарлы конвейердің келтірілген схемасы 3.4 суретте көрсетілген.



Сурет 3.4 - Асинхронды жиілік реттелетін электржетегі бар көп қозғалтқышты қатпарлы конвейердің келтірілген сұлбасы

Конвейер теңдеулерінің жүйесі және электржетектер арасында жүктемені бөлуді қамтамасыз ететін жағдайлар (қатпарлы конвейердің тартқыш-тасымалдаушы органында негізсіз динамикалық жүктемелерді шектеу) келесі математикалық өрнектермен сипатталады:

$$J_{\Sigma 1} \frac{d\omega_1}{dt} = M_{AK1} - M_{c1} - M_{жс} - c_1 \int (\omega_1 - \omega_2) dt + c_2 \int (\omega_2 - \omega_1) dt, \text{ Н}\cdot\text{м}, \quad (3.2)$$

$$J_{\Sigma 2} \frac{d\omega_2}{dt} = M_{AK2} - M_{c2} - c_2 \int (\omega_2 - \omega_1) dt + c_1 \int (\omega_1 - \omega_2) dt, \text{ Н}\cdot\text{м}, \quad (3.3)$$

$$J_{\Sigma 1} = (J'_{кел1} + J'_{кел2}) \cdot \frac{1}{i_1^2 \eta_{r1}} + J_{AK1} = (m_{жт} + m_{ж}) \cdot \frac{R_1^2}{2 i_1^2 \eta_{r1}} + J_{AK1}, \text{ кг}\cdot\text{м}^2, \quad (3.4)$$

$$J_{\Sigma 2} = J''_{кел1} \cdot \frac{1}{i_2^2 \eta_{r2}} + J_{AK2} = m_{тт} \cdot \frac{R_2^2}{2 i_2^2 \eta_{r2}} + J_{AK2}, \text{ кг}\cdot\text{м}^2, \quad (3.5)$$

$$c = \frac{dP}{d\varepsilon}, \quad [P_{\min} < P_{\text{ном}} < P_{\max}], \text{ болса, Н/м}, \quad (3.6)$$

$$M_i = 2 \cdot M_{ki} \cdot s_{kn} \cdot \frac{s_n}{(s_n^2 + s_{kn}^2)}, \quad [M_{\min} < M_{\text{ном}} < M_{\max}], \text{ болса, Н}\cdot\text{м}, \quad (3.7)$$

где: M_{AK1} - бірінші жетекші қозғалтқышпен дамытылатын электромагниттік момент, Н·м; M_{c1} - бірінші қозғалтқыштың білігіне келтірілген статикалық момент, Н·м; M_{AK2} - екінші аралық қозғалтқышпен дамытылатын электромагниттік момент, Н·м; M_{c2} - екінші қозғалтқыштың білігіне келтірілген статикалық момент, Н·м; $M_{жс}$ - тасымалданатын жүктен түсетін күштердің моменті, Н·м; ω_1, ω_2 - тиісінше бірінші және екінші электр қозғалтқыштары роторларының бұрыштық айналу жылдамдығы, рад/с; $J_{\Sigma 1}$ - бірінші қозғалтқыштың білігіне келтірілген тартқыш-тасымалдаушы орган және тасымалдантын жүктің салмағын ескеретін инерция моменті; $J_{\Sigma 2}$ - екінші қозғалтқыштың білігіне келтірілген тартқыш-тасымалдаушы орган салмағын ескеретін инерция моменті, кг·м²; c_1, c_2 - тиісінше 1-ші және 2 – ші электр жетектерінің біліктеріне келтірілген қатпандылық коэффициенттері, Н/м; $J'_{кел1}$ - келтірілген тартқыш-тасымалдаушы органның жоғарғы тармағының салмағын ескеретін инерция моменті, кг·м²; $J'_{кел2}$ - тасымалдантын жүктің салмағын ескеретін инерция моменті, кг·м²; $J''_{кел1}$ - келтірілген тартқыш-тасымалдаушы органның төменгі тармағының салмағын ескеретін инерция моменті, кг·м²; $m_{жт}, m_{жс}$ - басқарушы электр жетек жүздызша радиусына келтірілген жоғарғы тармақ және жүктің салмақтары, Н; $m_{мм}$ - масса нижней ветви приведенная к радиусу звездочки ведомого привода - басқарылатын электр жетек жүздызша радиусына келтірілген төменгі тармақ салмақтары, Н; i_1, i_2 - басқарушы және басқарылатын электр қозғалтқыштар біліктерінен редукторларға келтірілген беріліс сандары; P - тартым орган тартылуы, Н; $R_{ж1}, R_{ж2}$ - басқарушы және басқарылатын электр

жетектер радиустары, m ; M_i - n -м электр жетекпен дамытылатын айналмалы моменті, Н·м; M_{ki} - n -м электр жетекпен дамытылатын шеткі жоғарғы моменті Н·м; ε_i - тартушы органның салыстырмалы деформациясы, Н/см².

Берілген теңдеулердің жүйесі әртүрлі инерциялық массалар мен кедергі моменттері бар екі массалық жүйемен ұсынылған қатпарлы конвейердің жұмысын модельдейді. Басқарушы жетектің инерциялылығы бірінші жетектің, тартқыш-тасымалдаушы органның тасымалданатын инерциялық массаларымен, редуктор параметрлерін ескере отырып, сондай-ақ асинхронды қозғалтқыштың айналмалы массаларымен анықталады.

Басқарылатын жетектің инерциялылығы төменгі тармақтың массаларымен, редуктор сипаттамаларымен және қозғалтқыштың айналмалы массаларымен анықталады. Басты және басқарылатын жетек кедергісінің есептік мәндерін пайдаланудың сыртқы климаттық жағдайларының әсерін ескере отырып айқындау қажет.

Тартымды қабылдайтын дененің қаттылығы тартылыс кернеуіне тікелей байланысты екендігі белгілі [3]. Тартымның шектелуін қамтамасыз ету үшін $c = dP/d\varepsilon$ бірінші шарттан, конвейердің жұмысы кезінде тартқыш дененің жоғарғы тармағының қаттылығы (серпімді модуль) жұмыс тармағының жүктелу дәрежесіне байланысты өзгереді.

Конвейердің жұмысын сипаттауға арналған математикалық модельде келесі параметрлер ұсынылған: $M_{ж}$, $c_1 \int (\omega_1 - \omega_2) dt$, $c_2 \int (\omega_2 - \omega_1) dt$ - ауыспалы болып келеді. Сонымен, уақыттың өтуімен олар жеке жұмыс режимдерінің сипаттамаларына, сыртқы технологиялық жұмыс жағдайларына және басқа факторларға байланысты өзгереді.

Конвейердің жұмыс процесінде асинхронды қозғалтқыштың критикалық сырғуы және тартқыш органның қаттылығы (серпімділік модулінің) ұлғайуы жетектер арасында жүктемені біркелкі бөлуге әкеледі.

Асинхронды қозғалтқыштың электромагниттік моменті статордың айналмалы магнит өрісі бар ротор орамындағы токтың өзара әрекеттесуімен жасалады [108]. Электромагниттік момент қуат беретін желісінің ток жиілігіне кері пропорционалды болады:

$$M_{AK} = \frac{N}{\omega} = \frac{N \cdot p}{2\pi \cdot f}, \text{ Н} \cdot \text{м}. \quad (3.8)$$

Тартқыш-тасымалдаушы органның жоғарғы тармағына әсер ететін орын ауыстыратын жүктің салмағынан кедергі күштерінің моменті мынадай өрнектермен анықталады:

$$M_{жс} = \frac{c \cdot g}{q_{ц} + q_n}, \text{ Н} \cdot \text{м}, \quad (3.9)$$

мұндағы: c - тартқыш - тасымалдаушы органның қаттылығы (серпімділігі); g - еркін құлау үдеуі; q_{mmo} - тартқыш - тасымалдауш органның сызықтық массасы; q_c - тартқыш-тасымалдауш органдағы жүктің сызықтық (погондық) массасы.

Электр жетегі бар көп қозғалтқышты қатпарлы конвейердің тартқыш-тасымалдаушы органының компьютерлік моделін жасау мақсатында дифференциалдық теңдеулер (3.2-3.7) салыстырмалы бірліктерге келтіру қажет.

Тиісті түрлендірулерден кейін конвейердің беріліс функциясы теңдеулерінің жүйесін аламыз

$$T_1 \cdot \frac{d\omega_1^*}{dt} = (M_{AK1}^* - M_{c1}^* - M_{ж}^*) - \frac{1}{T_2} \cdot \int (\omega_1^* - \omega_2^*) dt + \frac{1}{T_3} \cdot \int (\omega_2^* - \omega_1^*) dt, \text{ с}, \quad (3.10)$$

$$T_4 \cdot \frac{d\omega_2^*}{dt} = (M_{AK2}^* - M_{c2}^*) - \frac{1}{T_3} \cdot \int (\omega_2^* - \omega_1^*) dt + \frac{1}{T_2} \cdot \int (\omega_1^* - \omega_2^*) dt, \text{ с}, \quad (3.11)$$

мұндағы: $T_1 = \frac{\omega_{n1}}{M_{n1}} * J_{\Sigma 1}$ - 1-ші басты электр жетектің уақыт тұрақтысы; $T_2 = \frac{M_{n1}}{\omega_{n1} * c_1}$ - тартқыш-тасымалдаушы органның жоғарғы тармағының серпімділік тербеліс моментінің уақыт тұрақтысы; $T_3 = \frac{M_{n2}}{\omega_{n2} * c_2}$ - тартқыш-тасымалдаушы органның төменгі тармағының серпімді тербеліс моментінің уақыт тұрақтысы; $T_4 = \frac{\omega_{n2}}{M_{n2}} * J_{\Sigma 2}$ - 2-ші электржетектің уақыт тұрақтысы.

$$T_1 = \frac{\omega_n}{M_n} * J_{\Sigma} = \frac{152}{707} \cdot (2,2 + 7,8) = 2,15 \text{ с}, \quad (3.12)$$

$$T_2 = \frac{M_{n1}}{\omega_{n1} * c_1} = 0,17 \text{ с}, \quad (3.13)$$

$$T_3 = \frac{M_{n2}}{\omega_{n2} * c_2} = 0,09 \text{ с}, \quad (3.14)$$

$$T_4 = \frac{\omega_n}{M_n} \cdot J_{\Sigma 2} = \frac{152}{356} \cdot (0,5 + 2,86) = 1,43 \text{ с}. \quad (3.15)$$

Есептеулер нәтижелері келесі кестеге 3.1 келтірілген.

Кесте 3.1 - Электр жетектер және тартқыш-тасымалдаушы органның техникалық сипаттамалары мен уақыт тұрақтылары

асинхроннды қозғалтқыш түрі	Параметрлер атаулар								
	Қуат кВт	Номинал / максимал. жылдамдық, айнал/мин	Момент, Н·м	Ток, А	кернеу, В	жиілік, Гц	J ротора, кг/м ²	Cos φ	T ₁ , и T ₄ , сәйкес
Басқарушы бірінші 280S4	110	1450/4500	707	202	380	50	2,2	0.85	2,15
Басқарылатын соңғы 225M4	55	1450/4500	356	105	380	50	0,5	0,86	1,43

Осылайша, бұл бөлімде электр қозғалтқыштың айналмалы массасын және редуктордың беріліс санын ескере отырып, тартқыш-тасымалдаушы органның массасын алмастыраты схемасы әзірленген. Сонымен қатар сұлба негізінде қатпарлы конвейердің тартқыш-тасымалдаушы органының жұмысы кезіндегі динамикалық процестерді сипаттайтын салыстырмалы бірліктерде математикалық моделі құрастырылды.

Бұл модельдің негізінде беріліс функциясы құрылып, қатпарлы конвейердің жиіліктік реттелетін электр жетегінде жүктемелерді тарату жүйесінің синтезі үшін қолданыла алатын конвейердің жұмысшы және бос тармақтарының тербелісінің серпімді моменттері мен қозғалтқыштар динамикалық моменттерінің уақыт тұрақтылары есептелген.

3.3 Тұрақталған жұмыс режимдерінде қатпарлы конвейердің өзара байланысты көп қозғалтқышты жиіліктік реттелетін электр жетегін компьютерлік моделін құрастыру

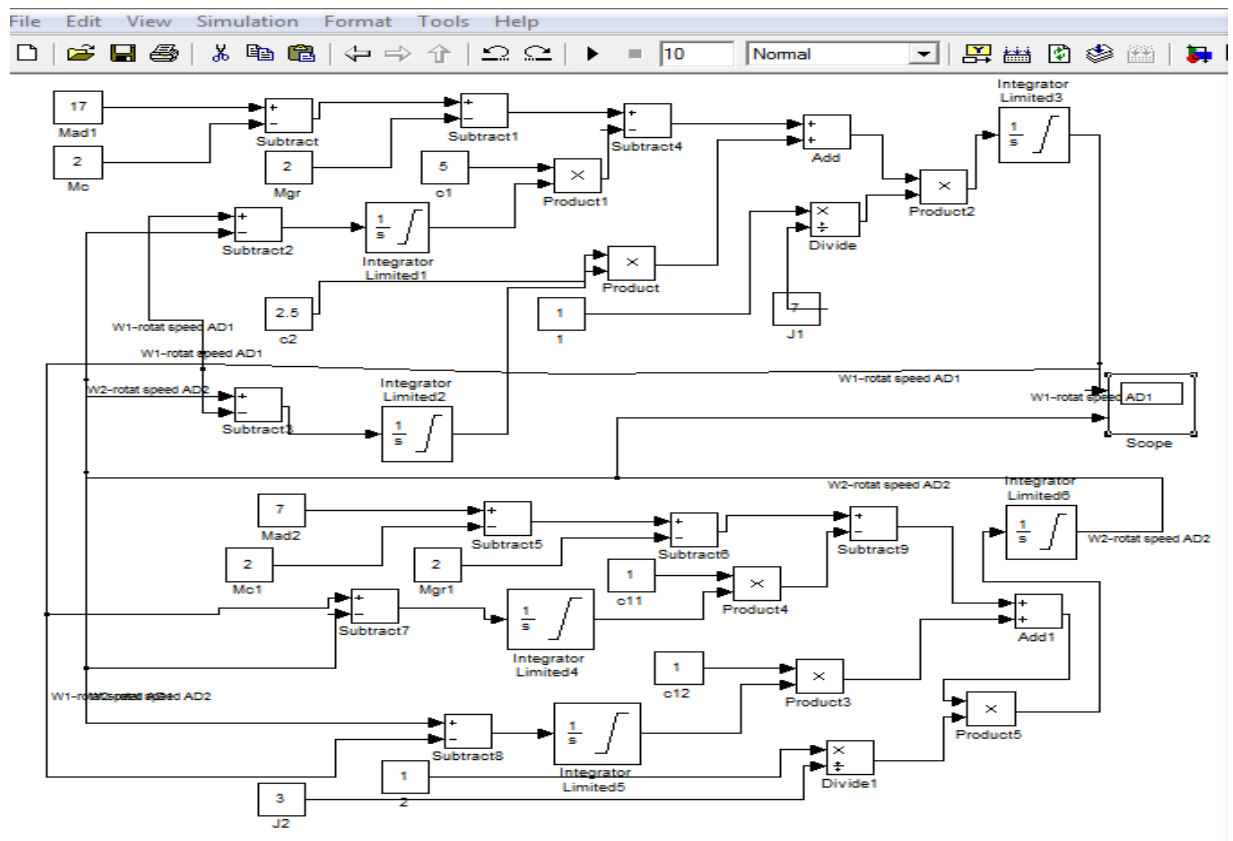
(3.2) және (3.3) теңдеу жүйесін түрлендіргеннен кейін қатпарлы конвейердің басқарушы алдыңғы және басқарылатын соңғы электр жетектерінің бұрыштық айналу жылдамдығына арналған теңдеулерді аламыз:

$$\omega_1 = \int \frac{1}{J_{\Sigma 1}} \cdot [M_{AK1} - M_{c1} - M_{ж} - c_1 \int (\omega_1 - \omega_2) dt + c_2 \int (\omega_2 - \omega_1) dt] dt, \text{ рад/с}, \quad (3.16)$$

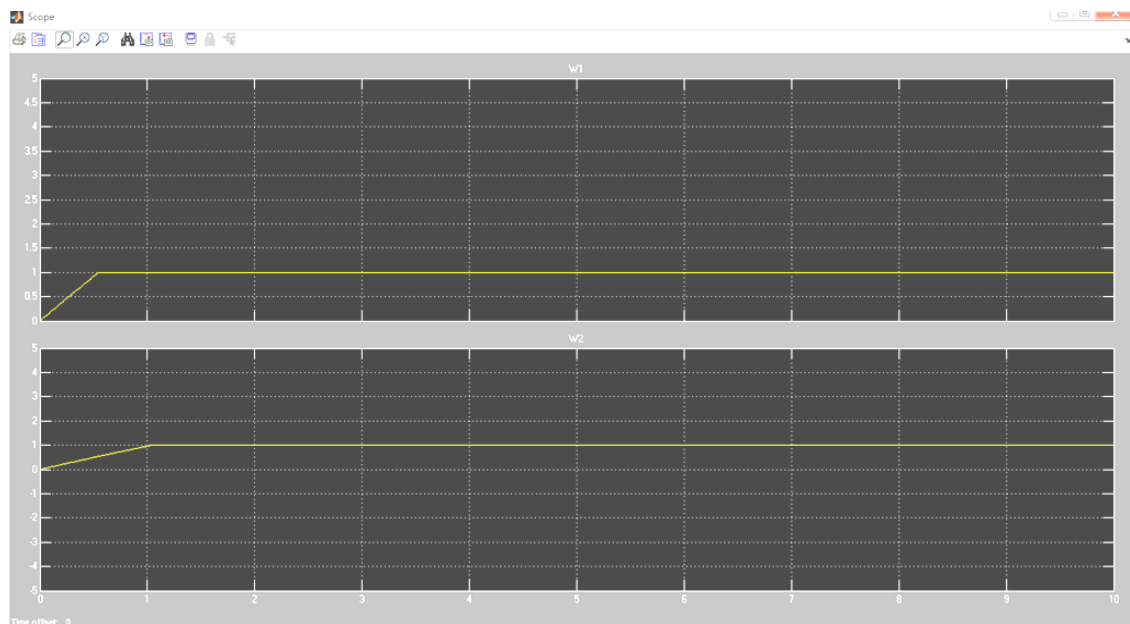
$$\omega_2 = \int \frac{1}{J_{\Sigma 2}} \cdot [M_{AK2} - M_{c2} - c_2 \int (\omega_2 - \omega_1) dt + c_1 \int (\omega_1 - \omega_2) dt] dt, \text{ рад/с}, \quad (3.17)$$

мұнда: ω_1 - бірінші электр жетектің бұрыштық айналу жылдамдығы, рад/с; ω_2 - екінші электр жетектің айналу жылдамдығы, рад/с,

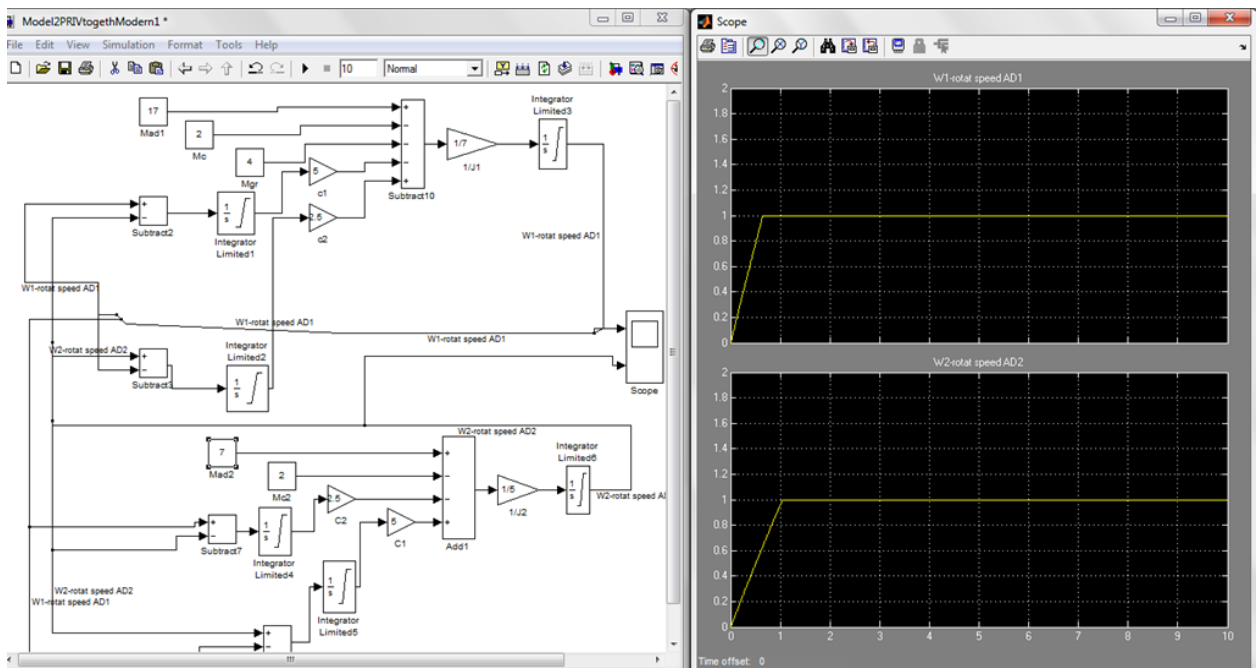
(3.16) және (3.17) теңдеулер жүйесін қолдану арқылы бір-бірімен біріктірілген модельдер (3.5, 3.6 және 3.7 суреттер) көп қозғалтқышты қатпарлы конвейердің басқарушы және басқарылатын электр жетектерінің бұрыштық жылдамдықтарының өзгеру модельдері жасалған.



Сурет 3.5 - Matlab Simulink-Math Operations бағдарламасында әзірленген қатпарлы конвейердің көп қозғалтқышты электр жетегінің тұрақталған жұмыс режимінің моделі



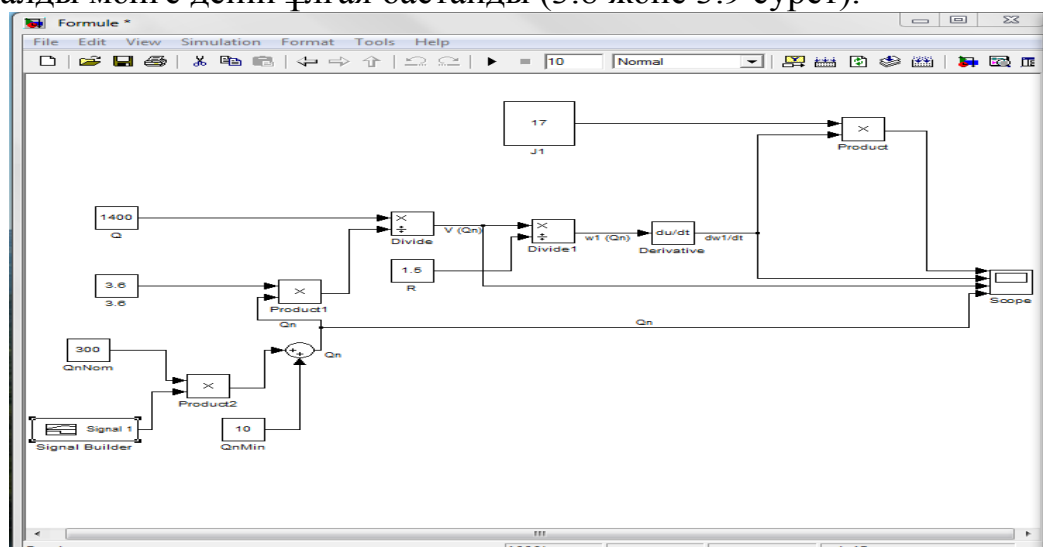
Сурет 3.6-көп қозғалтқышты қатпарлы конвейердің тұрақталған режиміндегі электр жетектің бұрыштық жылдамдығын модельдеу нәтижелері .



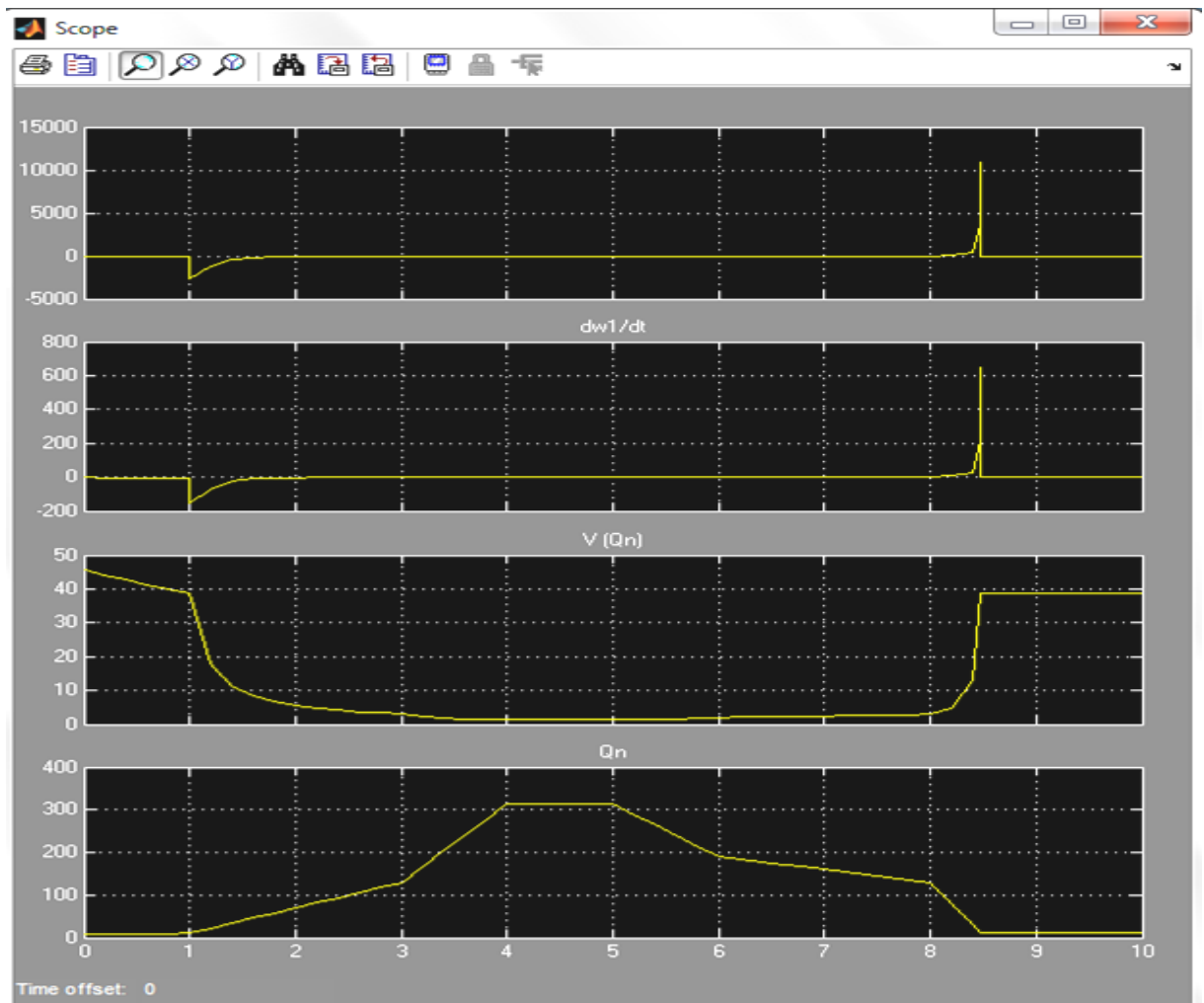
Сурет 3.7 - Конвейер жұмысының тұрақталған режиміндегі электр жетектің бұрыштық жылдамдығының оңайлатылған моделі

Көп қозғалтқышты қатпарлы конвейердің тұрақталған жұмыс режимін модельдеу нәтижелерін талдау, жылдамдықтың әр түрлі мәндері бар басқарушы және электр жетектер жұмысының номиналды режиміне шығатынын көрсетті, содан кейін электр жетектер айналу жылдамдықтар мәндері номиналды деңгейде тұрақтанады.

Сонымен қатар, электр жетегінің айналу жылдамдығын реттеу процесін моделдеу нәтижелері бойынша, көп қозғалтқышты қатпарлы конвейердің жетекші электржетегінің айналу жылдамдығының азаюымен, яғни жоғарғы жұмыс тармағының жылжуын баяулатумен, Q_n , конвейер өнімділігі номиналды мәнге дейін ұлғая бастайды (3.8 және 3.9 сурет).



Сурет 3.8-көп қозғалтқышты қатпарлы конвейердің жетекші электржетегінің айналу жылдамдығын реттеу процесінің моделі



Сурет 3.9-көп қозғалтқышты қатпарлы конвейердің жетекші электр жетегінің айналу жылдамдығын реттеу процесін модельдеу нәтижелері

3 бөлім бойынша тұжырым

1.Электр жетегінің меншікті энергия тұтынуының мәні тартқыш-тасымалдаушы органның жұмыс тармағының сызықтық жүктемеге байланысты.

2. Конвейердің тұрақты тиелуін қамтамасыз ету үшін, яғни орындалған жұмыс бірлігіне өнімсіз энергия шығындарын азайту үшін, осы шарттарды қамтамасыз ету жолдарының бірі, конвейердің тартқыш-тасымалдаушы органының қозғалысының сызықтық жылдамдығын басқару және реттеу болып табылады, бұл көп қозғалтқыш қатпарлы конвейерде жиілік-реттелетін электр жетегін қолдану жолымен жүзеге асырылуы мүмкін.

3. Осыған байланысты, тартқыш-тасымалдаушы органның динамикалық жұмыс процестерін және көп қозғалтқышты қатпарлы конвейердің басты және басқарылатын электржетектері арасында жүктемелерді тарату тәсілін сипаттайтын математикалық модельді әзірлеу орынды, бұл ретте модельдің кіру параметрлерімен басты және басқарылатын жиілік реттелетін электр жетектердің моменттері қабылдануы тиіс.

4. Электр қозғалтқыштың айналмалы массасын және редуктордың беріліс санын есепке ала отырып, тартқыш-тасымалдаушы органның орнын ауыстырудың әзірленген схемасының негізінде қатпарлы конвейердің тартқыш-тасымалдаушы органының жұмысы кезіндегі динамикалық процестерді сипаттайтын салыстырмалы бірліктерде математикалық моделі құрастырылды.

5. Әзірленген математикалық моделін пайдалана отыра, беріліс функциясы құрастырылды, сонымен қатар электр қозғалтқыштың динамикалық моменті мен жұмысшы және бос тармақтарының серпімді күш тербелістер моменттердің уақыт тұрақтылары есептелді. Бұл есептеулердің нәтижелері қатпарлы конвейердің жиіліктік реттелетін электр жетегінде жүктемелерді тарату жүйесін синтездеу үшін пайдаланылуы мүмкін.

6.Көп қозғалтқышты қатпарлы конвейердің тұрақталған жұмыс режимін компьютерлік модельдеу нәтижелерін талдау, басқарушы және басқарылатын электр жетектер жылдамдықтары әр түрлі үдеулермен жұмыстың номиналды режиміне шығатынын көрсетті, содан кейін электр жетектің айналу жылдамдығының мәндері де номиналды деңгейде тұрақтанады.

7. Сонымен қатар, электр жетегінің айналу жылдамдығын реттеу үрдісінің компьютерлік моделінің нәтижелері бойынша көп қозғалтқышты қатпарлы конвейердің жетекші электр жетегінің айналу жылдамдығын азайту, яғни жоғарғы жұмыс тармағының қозғалыс жылдамдығын төмендету нәтижесінде, Q_n -ның конвейер өнімділігі тиісінше номиналды мәнге дейін ұлғая бастайды.

4 ҚАТПАРЛЫ КОНВЕЙЕРДІҢ ӨЗАРА БАЙЛАНЫСТЫ КӨП ҚОЗҒАЛТҚЫШТЫ ЖИІЛІКТІК РЕТТЕЛЕТІН ЭЛЕКТР ЖЕТЕГІН ТИІМДІ ПАЙДАЛАНУ БОЙЫНША ТЕХНИКАЛЫҚ ШЕШІМДЕР КЕШЕНІН ӨЗІРЛЕУ

4.1 Тартқыш-тасымалдаушы органның серпімді қасиеттерін есепке алып, қатпарлы конвейердің өзара байланысты жиіліктік реттелетін екі қозғалтқышты электр жетегін бірқалыпты іске қосуды қамтамасыз ету

Технологиялық үрдіске сай конвейерді пайдалану технологиялық процестердің белгілі бір жүйелілігімен сипатталады: іске қосу, үдемелі қозғалту, тұрақталған, авариялық және тежегіш режимдері болып бөлінеді. Сонымен бірге көп қозғалтқышты шынжырлы конвейердің бірқалыпты іске қосылуын қамтамасыз ету маңызды практикалық мәнге ие. Электр жетектері үшін, оның ішінде конвейерлердің реттелмейтін асинхронды электр жетектері үшін ең ауыр іске қосу режимдері болып табылады, олар үшін номиналды мәннен бірнеше есе артық, яғни үлкен іске қосу тоқтары және іске қосу моментінің тербелістері тән болып табылады [95-101].

Бұл бір жағынан электр қозғалтқыштың орамаларының қызып кетуінің және оның ресурсының азаюының себебі болып табылады, ал екінші жағынан редукторда және шынжырлы тартқыш жұмыс органында шамадан тыс жүктеуге әкеледі. Электр тораптарына да үлкен іске қосу тоқтары теріс әсер етеді.

Бұл жұмыста көп жетекті шынжырлы конвейерлерді іске қосу бойынша қолданыстағы техникалық шешімдер қарастырылды, олардың ерекшеліктеріне талдау жүргізілді және олардың артықшылықтары мен кемшіліктері анықталды.

Конвейерді іске қосудың оның үшфазалы синусоидалды кернеудің минималды мәннен номиналды мәнге дейін өзгерту кезінде қозғалтқыштың жеделдетуін қамтамасыз ететін тәсілі белгілі [109].

Бұл тәсілдің кемшілігі, іске қосу процесінде жетекті жеделдету жұмыс органының сенімді тартылуы қамтамасыз етілмейтіндіктен, оның салбырауының шамасы тұрақсыз болғандықтан, жұмыс органының шағын босаңсуы немесе іске қосу уақытының негізсіз ұлғаюы жұмыс органында артық жүктеме пайда болуына әкелуі мүмкін.

Конвейердің тарту станциясының гидрожетегінің көмегімен тартқыш-тасымалдаушы органның алдын ала тартылуы жүргізілетін шынжырлы конвейердің іске қосу тәсілі де белгілі. Берілген тартылу шамасына жеткенде май станциясының қысым релесі іске қосылады, ол тарту станцияның гидрожетегін ажыратады және берілетін құрылғылардың блоктарын қосады. Бұл конвейер бас және аралық жетектермен жабдықталған, олардың әрқайсысы асинхронды электр қозғалтқыштарын қамтиды [38].

Бұл тәсілдің кемшілігі жетектің сенімділігін төмендететін қосымша тарту станциясының қажеттілігі болып табылады. Сонымен қатар, гидрожетектің пайдалану сипаттамалары, оны пайдалану процесінде

нашарлайды, яғни - қоршаған ортаның төмен температурасы жағдайында жұмыс істеу кезінде.

Біз ұсынатын пайдалы модельге техникалық мәні бойынша ең жақыны, конвейердің асинхронды электр қозғалтқышын іске қосу келесі тәсілі болып табылады, жартылай өткізгіш кілттерде динамикалық асқын кернеулерді шектеу жағдайында электр қозғалтқыштың электромагниттік моментінің пульсациясын және оны іске қосу кезіндегі токтарын төмендетуден тұрады [110].

Бұл тәсіл, конвейерді іске қосу процесінде жұмыс органының алдын ала тартылуын қарастырмайды. Сонымен қатар жетектің жеделдетуі уақыт функциясында жүзеге асырылады, яғни іске қосу процесінде жұмыс органының сенімді тартылуы қамтамасыз етілмейді, өйткені оның босаңсу шамасы тұрақсыз.

Біз әзірлеген техникалық шешімнің міндеті қатпарлы конвейердің тартқыш-тасымалдаушы органының бірқалыпты тартылуын қамтамасыз ету болып табылады. Нәтижесі - іске қосу режимдерінде тартқыш-тасымалдаушы органға динамикалық жүктемелерді төмендету есебінен қатпарлы конвейерлер жұмысының сенімділігін арттыру және конвейерлердің тартқыш-тасымалдаушы органының ресурсын ұлғайту болып табылады.

Ұсынылып отырған қатпарлы конвейердің көп қозғалтқышты электр жетегін бірқалыпты қосу тәсілі жүктеме токтарын өлшеуге және олардың белсенді құрамдас бөлігін бөліп алуға, сондай-ақ іске қосу режимінде жетектерді басқаруға негізделген.

Тәсілдің мәні келесі алгоритмге негізделген, яғни көп қозғалтқышты қатпарлы конвейердің электр жетегін іске қосу процестің бастапқы сәтінде, іске қосудың ең төменгі айналу жиілігін береді, әрі қарай, басқарушы электр жетектің жүктеме тоғының белсенді құрамдас бөлігі қарқынды ұлғайған жағдайда, тапсырма бойынша, басты алдыңғы және басқарылатын соңғы жетектер айналу жылдамдығын номиналды мәнге дейін жеткізеді [112].

Электр жетегінің құрылымдық-блоктық құрастыру сұлбасы 4.2 суретте көрсетілген. Ұсынылған құрылғының барлық блоктары белгілі техникалық шешімдер негізінде орындалуы мүмкін. Қатпарлы конвейердің тартқыш-тасымалдаушы органы 1 - бұл шынжырлы тартқыш органға бекітілген болат қатпарлардан жасалған жүк тасушы кенеп, бірінші беріліс құрылғысы 2 және екінші беріліс құрылғысы 11 стандартты цилиндрлік редукторлар түрінде орындалады.

Басқарушы электрқозғалтқышы 3 және басқарылатын электр қозғалтқышы 12 - қысқа тұйықталған роторы бар асинхронды электрқозғалтқыштар. Бірінші жиілік түрлендіргіші 4 және екінші жиілік түрлендіргіші 13 - желілік кернеудің айнымалы кернеуін түрлендіретін стандартты түрлендіргіштер. Бірінші басқару блогы 10 және екінші басқару блогы 14 - стандартты жиілік түрлендіргіштерін басқару блоктары болып табылады. Жүктеменің ең төменгі тоғының орнатушы блогы 6 және ең төменгі жылдамдықтағы 8 орнатушы басқарылатын кернеу бөлгіштері түрінде орындалады.

Компаратор 5 стандартты екі жүрісті компаратор негізінде орындалады, және де ол іске қосылған кезде компаратордың шығу сигналының шамасы басқарушы 3 және басқарылатын 12 электр қозғалтқыштарының номиналды берілген жылдамдығының шамасына тең. Жылдамдық задатчигі 7 "немесе" стандартты элемент түрінде орындалады, оның шығу сигналы оның кіруіндегі ең жоғарғы сигналға тең, бұл жағдайда оның бірінші кіруіне бастапқыда ең төменгі жылдамдық орнату блогының шығуынан ең төменгі жылдамдық сигналы, ал ол асып кеткен кезде - компаратордың 5 шығуынан сигнал түседі. Қарқындылықтың бірінші задатчигі 9 және екінші задатчигі 15 берілген жылдамдық мәндеріне сәйкес келетін шамаға дейін шығу сигналының біркелкі өзгеруін қамтамасыз ететін қарқындылықтың стандартты задатчиктері түрінде орындалады.

Статикадағы бірқалыпты іске қосу құрылғысының сипаттамасы.

Тартқыш-тасымалдаушы орган 1 жұмысшы және бос тармақтардан құралады. Тартқыш-тасымалдаушы органның 1 жұмыс тармағы басқарушы электр жетектің бірінші беріліс құрылғысының шығуымен қосылған. Бірінші беріліс құрылғысының кіруіне басқарушы электр қозғалтқышы қосылған 3, оның кіруі жиілік түрлендіргішінің 4 бірінші шығуымен жалғанған. Жиілікті бірінші түрлендіргіштің 4 екінші шығуы компаратордың 5 бірінші кіруіне қосылған, оның екінші кіруі 6 минималды жүктеме тоғының орнату блогымен қосылған.

Өз кезегінде, компараторының 5 шығуы жылдамдық задатчигінің 7 бірінші кіруіне қосылған, оның екінші кіруі ең төменгі жылдамдық орнатушы блогы 8 шығуымен қосылған. Жылдамдық задатчигінің 7 шығуы бірінші қарқындылық задатчигі 9 кіруіне қосылған, оның шығуы бірінші басқару блогына қосылған 10, ал бірінші басқару блогына бірінші жиілік түрлендіргішінің кіруіне қосылған 4. Тартқыш-тасымалдаушы 1 органның бос тармағының кіруі екінші беріліс құрылғысының шығуымен, ал оның кіруі басқарылатын электр жетектің электр қозғалтқыштың шығуына 11 жалғанған. Оның кіруі екінші 13 жиілік түрлендіргішінің шығуымен қосылған. Екінші 13 жиілік түрлендіргішінің кіруі екінші басқарушы блок 14 шығуымен қосылған, ал ол қарқындылық задатчигімен 15 жалғанса, қарқындылық задатчигі 15 жылдамдық задатчигімен қосылған 7.

Динамикадағы бірқалыпты іске қосу құрылғысының сипаттамасы.

Конвейерді іске қосудың бастапқы сәтінде тартқыш-тасымалдаушы органның 1 жұмыс тармағы басқарушы электр жетектің көмегімен қозғалысқа келтіріледі, онда басқарушы электр жетектің 2 бірінші беріліс құрылғысы және басқарушы электр қозғалтқышы 3 бар. Басқарушы электрқозғалтқышы 3 жиілікті бірінші түрлендіргіштен 4 оның бірінші шығуы арқылы ең төменгі жылдамдыққа қозғалысқа келтіріледі. Минималды жылдамдық задатчигі 7 арқылы минималды жылдамдықты орнату блогының шығуымен 8 жалғанады. Жылдамдық задатчигі 7 сигналы бірінші қарқындылықты задатчигінің 9 кіруіне келіп, бірінші басқару блогының 10 кіруіне келетін сигналдың арқасында жылдамдықтың өзгеруін қамтамасыз

етеді және бұл бірінші жиіліктік түрлендіргіштің 4 шығу кернеуінің минималды басқару жиілігіне сай келеді.

Тиісінше, бірінші беріліс құрылғысы 2 арқылы басты қозғалтқыш 3 тартқыш-тасымалдаушы органын 1 тарта бастайды. Сол сияқты, минималды жылдамдық сигналы жылдамдық задатчигі 7 арқылы екінші қарқындылық задатчигі 15, екінші басқару блогы 14, екінші жиілікті түрлендіргіш 13 басқарылатын қозғалтқышты басқарып, әрі қарай, екінші беріліс құрылғысы арқылы 11 - тартқыш-тасымалдаушы органның бос тұрған тармағын 1 қозғалысқа келтіреді. Шынжыр тартылғаннан кейін, тартқыш-тасымалдаушы орган 1 тартылады, бұл бірінші жиілік түрлендіргішінің 4 екінші шығуынан түсетін белсенді ток сигналының қарқынды ұлғаюына әкеледі. Бұл сигнал минималды жүктеме тоғының орнату блогының 6 шығу сигналының деңгейінен асып түседі. Компаратор 5 іске қосылады, оның шығу сигналы тартқыш-тасымалдаушы 1 органның номиналды қозғалыс жылдамдығына сәйкес келеді.

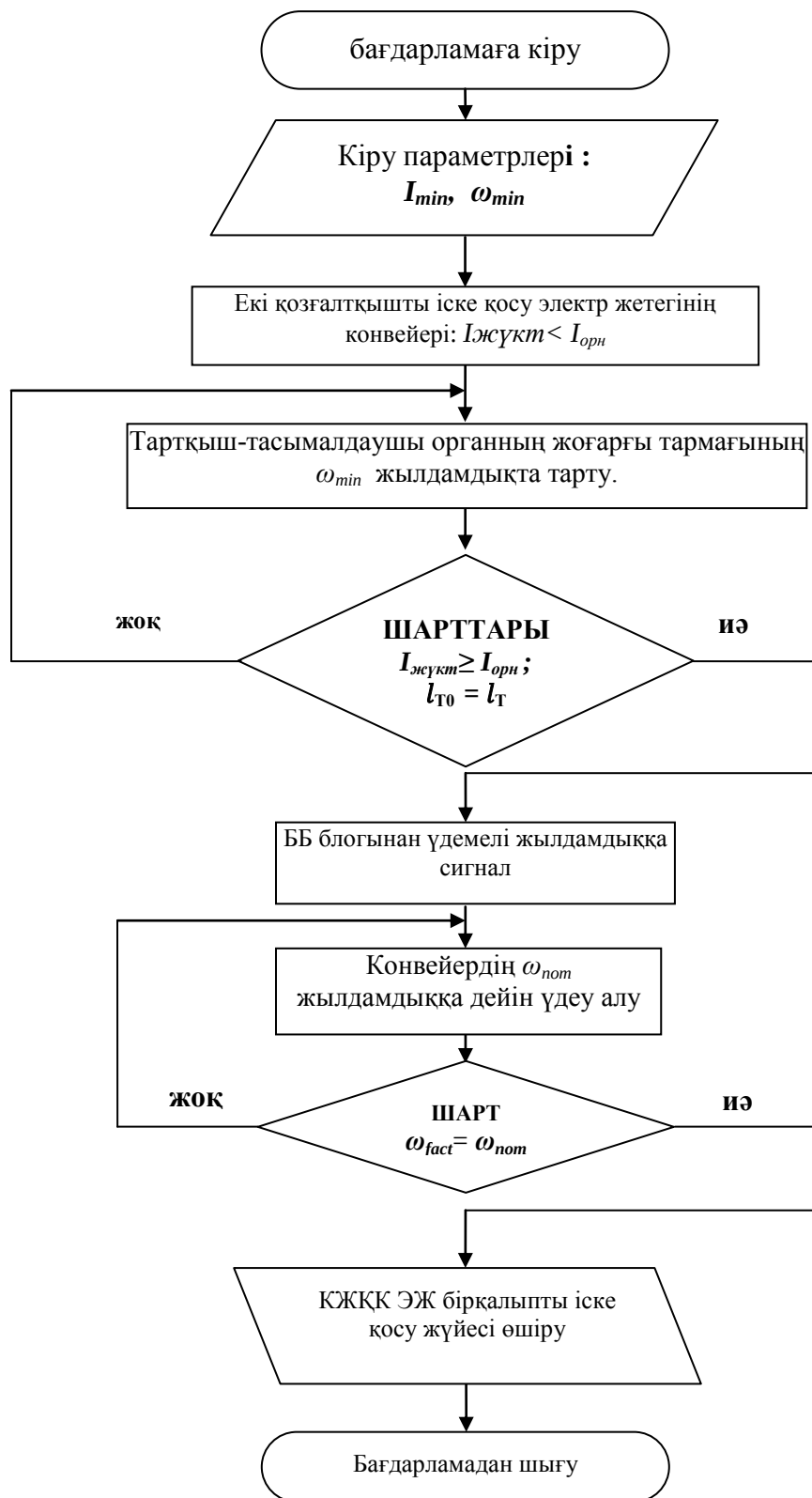
Тартқыш-тасымалдаушы органының 1 номиналды қозғалыс жылдамдығына сәйкес келетін жылдамдық задатчигінің 7 шығу сигналы қарқындылықтың бірінші задатчигі 9, бірінші басқару блогы 10 және басқарушы электр қозғалтқышының 3 жиілік түрлендіргіші 4 және одан әрі, бірінші беру құрылғысы 2 арқылы тартқыш - тасымалдаушы органының 1 номиналды жылдамдығына дейін үдеумен қозғалысын қамтамасыз етеді.

Бірінші электр жетегін қозғалысқа келтіру алгоритмі сияқты, екінші 15 қарқындылық задатчигі арқылы, екінші 14 басқару блогы және екінші жиілік түрлендіргіші арқылы 13 номиналды жылдамдыққа дейін электр қозғалтқышы 12 қозғалысқа келтіріледі, әрмен қарай, екінші беріліс құрылғысы 11 арқылы - тартқыш-тасымалдаушы органның 1 бос тармағы қозғалысын бастайды.

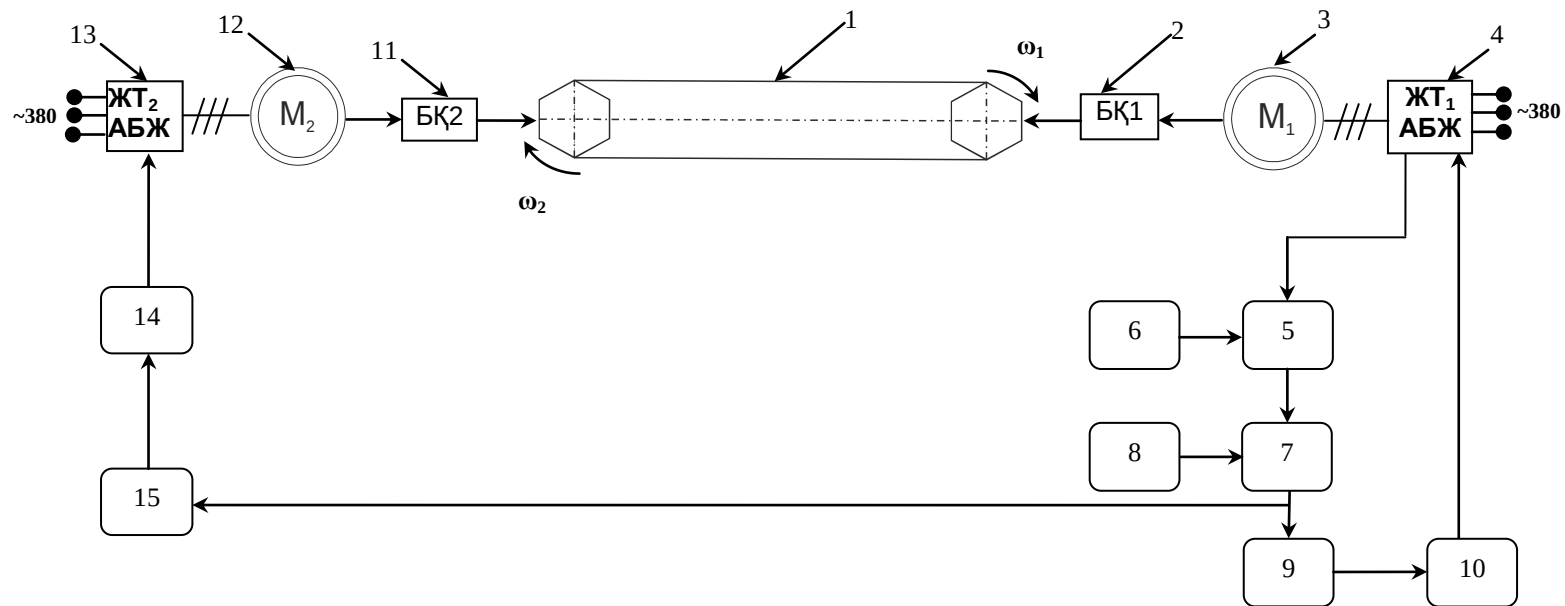
Басқа сөзбен айтқанда, қос электр жетекті конвейерді іске қосу барысында бастапқы сәтінде басқарушы және басқарылатын қосалқы электр қозғалтқыштарының ең аз айналу жиілігін береді. Тартқыш-тасымалдаушы органның аз жылдамдықпен қозғалысы кезінде біртіндеп шынжыр тартылады. Бұл ретте жүктеме тоғы елеусіз аз болады, себебі кедергі күшінің моментінің қалыптасуында шынжырдың негізгі бөлігі оның салбырауына байланысты қатыспайды.

Басқарушы жетектің жүктеме тоғының қарқынды ұлғаюы шынжыр салбырауы керілгенін, яғни тартқыш-тасымалдаушы органның толық тартылғанын көрсетеді.

Келесі сурет 4.1-де қатпарлы конвейердің екі қозғалтқышты электр жетегін бірқалыпты іске қосу тәсілі алгоритмінің блок-схемасы келтірілген.



Сурет 4.1 - Қатпарлы конвейердің екі қозғалтқышты электр жетегін бірқалыпты іске қосу тәсілі алгоритмінің блок-схемасы



1- қатпарлы конвейердің тартқыш - тасымалдаушы органы; 2 - бірінші беріліс құрылғысы; 3 - басқарушы электр қозғалтқыш; 4 - бірінші жиілікті түрлендіргіш; 5 - компаратор; 6 - жүктеменің ең төменгі тоғын орнату блогы; 7 - жылдамдық задатчигі; 8 - ең төменгі жылдамдықты орнату блогы; 9 - бірінші қарқындылық задатчигі; 10 - Бірінші басқару блогы; 11 - екінші беріліс құрылғысы; 12 - екінші электрқозғалтқыш; 13 - екінші жиілікті түрлендіргіш; 14 - екінші басқару блогы; 15-екінші қарқындылық задатчигі;

Сурет 4.2- қатпарлы конвейерді бірқалыпты іске қосу құрылғысы бар жиіліктік реттелетін екі қозғалтқышты электр жетектің құрылымдық-блоктық сұлбасы

Нәтижесінде басқарушы электр қозғалтқышының жүктеме тоғының қарқынды өсуі кезінде, яғни тартқыш-тасымалдаушы органның жұмыс тармағының толық керілуі кезінде басқарушы және басқарылатын қосалқы электр қозғалтқыштарының айналу жылдамдығы бойынша тапсырма олардың номиналды жылдамдығына дейін бірқалыпты жеделдету орындалады.

4.2 Тартқыш-тасымалдаушы органның серпімді қасиеттерін ескере отырып, қатпарлы конвейердің өзара байланысты төртқозғалтқышты электр жетегін іске қосуды басқару

Екінші тараудың 2.1-бөлімде айтылғандай, көпжетекті конвейерлердің жағдайы үшін іске қосу проблемасының шешімі одан да қиынырақ, өйткені аралық жетектер болған кезде тартқыш органның бастапқы керілуінің бақылауы конструктивті орындалатын тарту құрылғының әрбір жетегінде орнату кезінде ғана мүмкін болады, бірақ бұл қиын.

Тартқыш станцияда тартқыш органның (шынжырдың) бекітуімен сипатталатын көпжетекті конвейерінің тартқыш органының тарту тәсілі белгілі. Бұдан әрі тарту станциясының жетегі қосылады және әр телімнің бастапқы бөлігін тежеу жолымен тартқыш органның жетектері арасындағы тартқыш органның учаскелері тізбектелген түрде тартылады және осы телімнің соңғы бөлігі оны кейіннен тіркей отырып қозғалады. Бұл әдіс оның оңтайлы керілуі есебінен тартқыш органның жұмысының сенімділігін арттыру мақсатында тартқыш органның учаскелерінің жетектер арасындағы тартылуы, әрі қарай шынжырдың барлық жетектерін бір мезгілде қосу және оның қозғалысы бойынша шынжырдың бірінші жетегінен бастап тартқыш органның жетектерін кейіннен жүйелі тежеудің жолымен жүзеге асыруымен ерекшеленеді [111].

Бұл тәсілде электр жетегінің номиналды айналу жылдамдығына үдеумен шығуы қарастырылмаған, яғни тек конвейерді іске қосар алдында электржетектің және гидравликалық керу станциясының көмегімен тартқыш органның алдын-ала тартылуы қарастырылғанын атап өту керек. Сыртқы ортаның төмен температурасы жағдайында жұмыс істеу кезінде тарту станциясының пайдалану сипаттамалары нашарлайды, бұл жалпы конвейер жетегінің сенімділігін төмендетеді. Сонымен қатар, тағы да келесі тәсіл белгілі. Қатпарлы конвейердің көп қозғалтқышты электржетегін бірқалыпты қосу тәсілі жүктеме токтарын өлшеуге және олардың белсенді құрамдас бөлігін бөліп алуға, сондай-ақ іске қосу режимінде жетектерді басқаруға негізделген. Тәсілдің мәні келесі алгоритмге негізген, яғни көпқозғалтқышты қатпарлы конвейердің электржетегін іске қосу процестің бастапқы сәтінде іске қосудың ең төменгі айналу жиілігін береді, әрі қарай, басқарушы электржетектің жүктеме тоғының белсенді құрамдас бөлігі қарқынды ұлғайған жағдайда тапсырма бойынша басты және басқарылатын соңғы жетектер айналу жылдамдығын номиналды мәнге жеткізеді дейін [112].

Осы патентте екі жетекті қатпарлы конвейерді біртіндеп іске қосу әдісі қарастырылған, бұл тәсілде қатпарлы конвейердің соңғы электр жетегін тоқтату қарастырылмаған. Сонымен қатар бұл тәсіл екі жетекті қатпарлы конвейер үшін қарастырылған. Жоғарыда көрсетілген шешімдердің кемшіліктерін талдау және анықтау негізінде біз қатпарлы конвейерді іске қосу кезінде өзара байланысты төрт қозғалтқышты электр жетекті басқару үшін пайдалануға болатын техникалық шешімді ұсындық. Ұсынылған тәсілдің міндеті - тартқыш-тасымалдаушы органның серпімді қасиеттерін ескере отырып, іске қосу режимдерінде қатпарлы конвейердің өзара байланысты көп қозғалтқышты электр жетегін басқаруды қамтамасыз ету, ал техникалық нәтиже - іске қосу режимдерінде тартқыш-тасымалдаушы органға түсетін динамикалық жүктемені төмендету есебінен қатпарлы конвейерлердің жұмыс сенімділігін және оның ресурсын арттыру болып табылады [114].

Техникалық шешімнің мәні серпімді тартқыш орган арқылы өзара байланысты, қатпарлы конвейердің көп қозғалтқышты электр жетегін іске қосу режимдерінде басқару тәсілінде болып, жүктеме токтарын өлшеуге және олардың белсенді құрамдастарын бөлуге негізделген. Бұл тәсіл қатпарлы конвейердің өзара байланысты көп қозғалтқышты электр жетегін іске қосу процесінде тиісті электр жетектің әрбір учаскесінде тартқыш органның жұмыс тармағының алдын ала тартылуын жүргізуімен ерекшеленеді. Осы мақсат үшін іске қосудың бастапқы сәтінде конвейердің соңғы-төртінші басқарылатын жетегін тежейді. Содан кейін келесі ретпен іске қосылу орындалады: үшінші аралық электр жетегі, екінші аралық электр жетегі және одан әрі бірінші басқарушы электр жетегі.

Осы электр жетектер өзінің тиісті учаскелерінде ең аз қозғалыс жылдамдығында тартқыш-тасымалдаушы органның жұмыс тармағының тартылуын қамтамасыз етеді.

Барлық учаскелердегі тармақтардың тартылуы есептік мәнге жеткенде, ол бірінші, екінші және үшінші электр жетектердің тұтынылатын жүктеме тогының ұлғаюы куәландырады, тиісті электр қозғалтқыштары бірдей үдеумен синхронды түрде барлық жетектердің айналу жылдамдығын номиналдық мәнге дейін ұлғайтады.

Іске қосуды басқару жүйесі белгілі техникалық шешімдер негізінде келесідей іске асырылуы мүмкін (4.4-сурет). Қатпарлы конвейердің тартқыш-тасымалдаушы органы 1 - бұл шынжырлы тартқыш органға бекітілген болат қатпарлардан жасалған жүк тасушы кенеп, сонымен бірге бірінші беріліс құрылғысы 2 (БҚ1), екінші беріліс құрылғысы 8 (БҚ2), үшінші беріліс құрылғысы 14 (БҚ3), төртінші беріліс құрылғысы 20 (БҚ4) стандартты цилиндрлік редукторлар түрінде орындалады.

Бірінші жетекші электр жетектің бірінші электр қозғалтқышы 3, екінші аралық электр жетектің екінші электр қозғалтқышы 9, үшінші аралық электр жетектің үшінші электр қозғалтқышы 15 және төртінші электр жетектің төртінші электр қозғалтқышы 21 - қысқа тұйықталған роторы бар

асинхронды электр қозғалтқыштары. Бірінші ток датчигі 5, екінші ток датчигі 11 және үшінші ток датчигі 17 - электр қозғалтқышы тұтынатын электр тоғын өлшейтін стандартты датчиктер.

Бірінші жиілікті түрлендіргіші ($ЖТ_1+АРЖ$) 4, екінші жиілікті түрлендіргіші ($ЖТ_2+АРЖ$) 10, үшінші жиілік түрлендіргіші ($ЖТ_3+АРЖ$) 16 және төртінші жиілік түрлендіргіші ($ЖТ_4+АРЖ$) 22 - сәйкесінше 3, 9, 15, 21 электр қозғалтқыштарының электр қорегінің өзгеретін жиіліктеріне желілік кернеудің ауыспалы кернеуін түрлендіретін стандартты түрлендіргіштер. Бірінші басқару блогы ($ББ_1$) 6, екінші басқару блогы ($ББ_2$) 12, үшінші басқару блогы ($ББ_3$) 18, төртінші басқару блогы ($ББ_4$) 23-жиілік түрлендіргіштерін басқарудың стандартты блоктары. Бірінші қарқындылық задатчигі ($ҚЗ_1$) 7, екінші қарқындылық задатчигі ($ҚЗ_2$) 13, үшінші қарқындылық задатчигі ($ҚЗ_3$) 19 және төртінші қарқындылық задатчигі ($ҚЗ_4$) 24 шығу сигналының жылдамдықтың берілген мәндеріне сәйкес келетін шамаларға дейін біркелкі өзгеруін қамтамасыз ететін қарқындылықтың стандартты задатчиктері түрінде орындалады.

Минималды жылдамдықтың орнату блогы 25 басқарылатын кернеу бөлгіші түрінде болады. Жылдамдық задатчигі 27 жылдамдықты белгілейтін стандартты элемент түрінде орындалады, бұл жағдайда ол жұмысты іске қосудың алғашқы сәтінде минималды жылдамдықта алады, ал жұмыс істейтін тармақ толығымен тартылғанда, барлық электр жетектерінің номиналды жылдамдық мәніне дейін айналуын қамтамасыз етеді. PLC контроллері (programmable logic controller - бағдарламаланатын логикалық контроллер) 26 - технологиялық процестерді, энергетикалық, көліктік және басқа басқару жүйелерін автоматтандыру үшін қолданылатын бағдарламаланатын логикалық контроллер.

Әрмен қарай статикадағы қатпарлы конвейердің өзара байланысты көп қозғалтқышты электржетегін іске қосуды басқару жүйесінің сипаттамасы берілген. Көп жетекті қатпарлы конвейер ставтан, тартқыш-тасымалдаушы органнан, бірінші басқарушы электр жетектен, екінші аралық электр жетегі, үшінші аралық электр жетегі және төртінші қосалқы электр жетектен құрастырылады. Тартқыш-тасымалдаушы орган 1 жұмыс және бос тармақтардан құралады. Жұмыс тармағының орнын ауыстыру үшін айналатын бірінші жұлдызшаның білігі жетекші электржетектің бірінші беріліс құрылғысының 2 шығуымен жалғанған. Бірінші беріліс құрылғысының кіруіне жетекші жетектің бірінші асинхронды электрқозғалтқышы 3 қосылған, оның кіруі жиілік түрлендіргішінің 4 шығуымен қосылған. Сондай-ақ, бірінші жиілік түрлендіргішінің 4 шығуымен бірінші ток датчигі 5 қосылған. Жиілікті бірінші түрлендіргіштің 4 кіруі бірінші басқару блогының 6 шығуымен біріктірілген, оның кіруі қарқындылықтың бірінші задатчигімен 7 біріктірілген. Жұмыс тармағының орнын ауыстыру үшін айналатын екінші аралық жетектің екінші жұлдызшасының білігі екінші беріліс құрылғысының 8 шығуымен қосылған. Екінші беріліс құрылғысының кіруіне екінші асинхронды

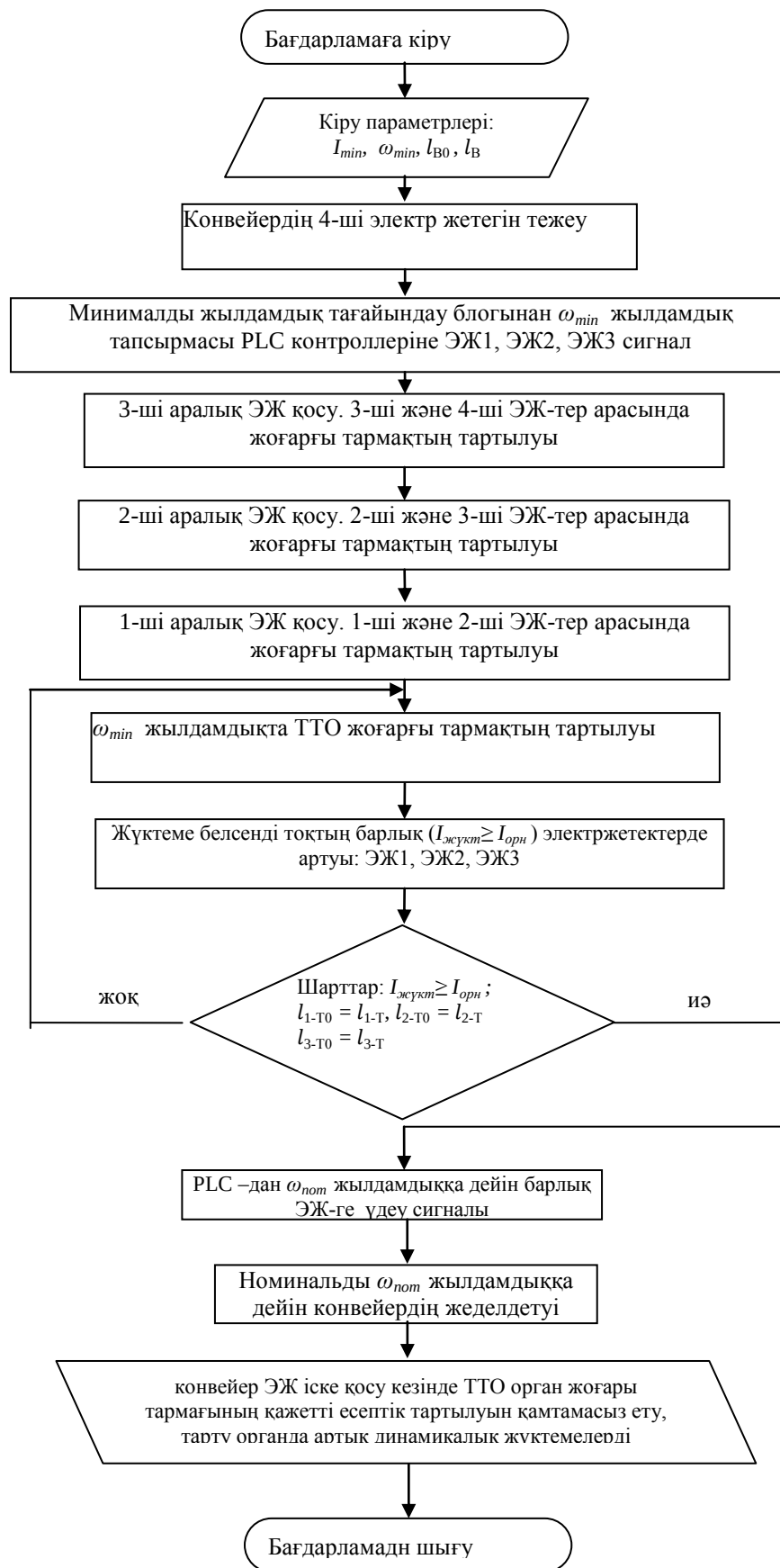
электрқозғалтқышы 9 қосылған, оның кіруі жиілікті екінші түрлендіргіштің 10 шығуымен қосылған. Сондай-ақ, екінші жиілік түрлендіргішінің 10 шығуымен 11 екінші ток датчигі қосылған.

Екінші жиілікті түрлендіргіштің 10 кіруі екінші басқару блогы 12 шығуымен жалғанған, ал ол екінші қарқындылығы задатчигімен 13 қосылған.

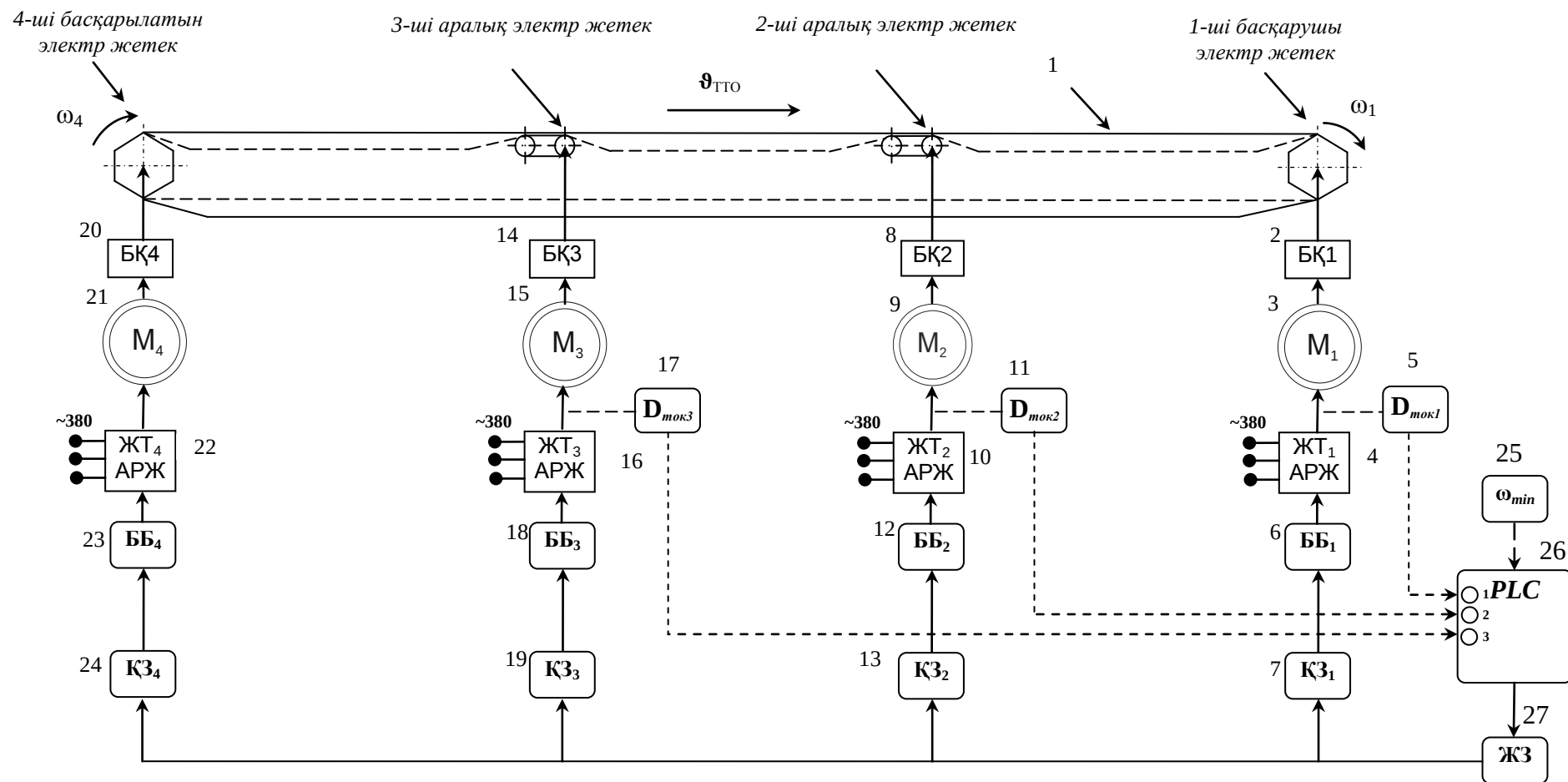
Жұмыс тармағын жылжыту үшін айналатын үшінші аралық үшінші жетек жұлдызшасының білігі үшінші беріліс құрылғысының 14 шығуымен қосылған. Үшінші беріліс құрылғысының 14 кіруіне үшінші асинхронды электр қозғалтқышы 15 қосылған, оның кіруі үшінші жиілікті түрлендіргіштің 16 шығуымен қосылған.

Сондай-ақ, үшінші жиілік түрлендіргішінің 16 шығуымен үшінші ток датчигі 17 қосылған. Үшінші жиілік түрлендіргіштің 16 кіруі үшінші басқару блогының 18 шығуымен жалғанса, оның кіруі үшінші қарқындылығы задатчигімен 19 қосылған. Бос тармақты жылжыту үшін айналатын төртінші жетек жұлдызшасының білігі төртінші беріліс құрылғысының 20 шығуымен жалғанған. Төртінші беріліс құрылғысының 20 кіруіне төртінші асинхронды электрқозғалтқышты 21 жалғанған, оның кіруі төртінші жиілік түрлендіргіштің шығуымен 22 жалғанған. Ең төменгі жылдамдықты орнату блогының 25 шығуы төртінші контроллерінің PLC 26 кіруімен қосылған, оның шығуы 27 жылдамдық задатчигі кіруіне қосылған. Жылдамдық задатчигінің 27 шығуы бірінші 7 қарқындылық задатчигі 7, екінші қарқындылық задатчигі 13, үшінші қарқындылық задатчигі 19, төртінші қарқындылық задатчигі 24 кіруілерімен қосылған. Сондай-ақ, төртінші жиілік түрлендіргішінің 22 кіруімен төртінші басқару блогының 18 шығуы жалғанса, оның кіруі төртінші қарқындылығы задатчигімен 24 қосылған. Бірінші ток датчигі 5, екінші ток датчигі 11, үшінші ток датчигі 17 сәйкес PLC контроллердің бірінші, екінші, үшінші кірулеріне жалғанған.

Бұдан әрі динамикадағы қатпарлы конвейердің өзара байланысты көп қозғалтқышты электржетегін іске қосуды басқару жүйесінің сипаттамасы берілген. Бастапқы сәтте қатпарлы конвейердің көп қозғалтқышты электржетегін іске қосар алдында, конвейердің төртінші басқарылатын электржетегі тежеуіш арқылы бекітіледі. Әрмен қарай әрбір электр жетегі сәйкес - төртінші және үшінші, үшінші және екінші, екінші және бірінші жетектер арасындағы тиісті учаскелерді сай үшінші электр жетегі, екінші аралық электр жетегі және бірінші басқарушы электр жетегі қозғалыстың ең аз жылдамдығында тартқыш-тасымалдаушы органның 1 жоғарғы жұмыс тармағының тартылуын жүзеге асырады. Ең төменгі айналу жылдамдығы минималды жылдамдықты орнату блогының 25 шығуынан келіп түсетін сигналмен, PLC контроллері 26 арқылы, жылдамдық задатчигі 27 арқылы беріледі. Шығу сигналы жылдамдық задатчигінен 27 тиісінше бірінші қарқындылық задатчигіне 7, екінші қарқындылық задатчигіне 13, үшінші қарқындылық задатчигіне 19 және жылдамдықтың бірқалыпты баяу өзгерісін қамтамасыз етеді.



Сурет 4.3- №5122 пайдалы модель патентінің сипаттамасы негізінде қатпарлы конвейердің төрт қозғалтқышты электр жетегін бірқалыпты іске қосу тәсілі алгоритмі



Сурет 4.4 - жиіліктік реттелетін төртқозғалтқышты электр жетегі бар қатпарлы конвейердің бірқалыпты іске қосудың құрылымдық-блоктық сұлбасы

Осы сигнал тапсырма ретінде бірінші басқару блогы 6, екінші басқару блогы 12, үшінші басқару блогы 18 кірулеріне келіп тиісті ең төменгі жиілік кернеуінің сигналы ретінде бірінші жиілік түрлендіргіштің 4, екінші жиілік түрлендіргіштің 10 және үшінші жиілік түрлендіргіштің 16 кірулеріне беріледі. Тиісінше, жетекші электр қозғалтқышы 3, екінші аралық электр қозғалтқышы 9, үшінші аралық электр қозғалтқышы 15 бірінші беріліс құрылғысы 2, екінші беріліс құрылғысы 8 және үшінші беріліс құрылғысы 14 тартқыш-тасымалдаушы органының 1 жұмыс тармағын тарта бастайды.

Тартқыш-тасымалдаушы органның 1 жұмыс тармағының толық тартылуын дәлелдейтін сигналдары 3, 9, 15 электр қозғалтқыштары жүктемесінің белсенді тұтынылатын тоғының ұлғаюын көрсетеді. Бұдан әрі, бірінші ток датчигінен 5, екінші ток датчигінен 11, үшінші ток датчигінен 17 сигналдар контроллерге PLC 26 бір мезгілде немесе әр түрлі тәртіпте жұмысшы тармағының учаскелерінің тарту шамасына қарай келе бастайды.

Бұл жағдайда, тартқыш-тасымалдаушы органның 1 жұмыс тармағының толық тартылу шарты барлық ток датчиктерінен 5, 11, 17 сигналдардың PLC-контроллерге 26 түсуі болып табылады (яғни бірінші, екінші және үшінші электр қозғалтқыштары 3,9,15 жүктеме тоқтарының белсенді құраушысы артуын білідіреді). Осыдан кейін (PLC контроллерде 26 жазылған) өзара байланысты көп қозғалтқышты электржетектің номиналды айналу жылдамдығына дейін бірдей мәнде жеделдету сигналын қалыптастыруға алгоритм іске қосылады.

PLC 26 контроллердің шығуынан шыққан бұл сигнал жылдамдық задатчигіне 27 келіп түседі, содан кейін тиісті қарқындылық задатчиктері арқылы - 7, 13, 19, 24, басқару блогтары - 6, 12, 18, 23, жиілікті түрлендіргіштер - 4, 10,16, 22, асинхронды электр қозғалтқыштары - 3, 9, 15, 21, беріліс құрылғылары - 2, 8, 14, 20 және тиісті жұлдызшалар арқылы қатпарла конвейерінің тартқыш-тасымалдауш органын номиналды мәнге дейін жеделдетілген қозғалысқа келтіріледі.

Осылайша, осы бөлімде және 4.1-бөлімде ұсынылған техникалық шешімдер, яғни жүктеме тоқтарын өлшеуге және олардың белсенді компоненттерінің бөлінуіне негізделген, тартушы органның серпімді қасиеттерін ескере отырып, қатпарлы конвейердің өзара байланысты жиілікпен басқарылатын екі және төрт қозғалтқышты электр жетегін біртіндеп іске қосуға қамтамасыз етеді және тартушы органның жұмыс тармағының қажетті тартылуын, сонымен қатар біздің ойымызша, тарту органында негізсіз динамикалық шамадан тыс жүктемелерді болдырмауға мүмкіндік береді.

Тиісінше, ұсынылған техникалық шешімдерді көпжетекті қатпарлы конвейерде қолданудың экономикалық келесі нәтижелеріне қол жеткіземіз:

- конвейердің жұмыс органына динамикалық жүктемелердің азаюына;
- жұмыс органын ауыстыру және жөндеу шығындарын қысқартуына әкеледі.

4.3 Тартқыш-тасымалдаушы органның нақтылы жүктемесін ескере отыра, көп қозғалтқышты қатпарлы конвейердің жиіліктік реттелетін жетектері арасында жүктемелерді басқару және тарату бойынша техникалық шешімді әзірлеу

Бірінші тараудың 1.4-бөлімде жүргізілген зерттеулер талдауы шынжырлы конвейердің реттелетін жетектері арасында жүктемелерді таратудың авторлар ұсынған әдістері мен тәсілдерінде бірқатар елеулі кемшіліктерін көрсетті, атап айтқанда: жүктемелерді теңестіру жүйесінің жұмыс процесінде басты және шеткі жетектердің асинхронды электр қозғалтқыштарына мәндер бойынша тартымдық-тасымалдаушы органдағы нақты жүктемелерге сәйкес келмейтін бірдей тартымдық моменттер беріледі, [3, 79, 80] электр жетектерімен тұтынылатын қуаттардың және бастапқы берілген моменттер арақатынасы конвейерді пайдаланудың тұрақталған режимдерінде шеткі электр жетектері арасында тартымдық моменттердің икемді таралуын толық қамтамасыз ете алмайды [77, 113].

Көп қозғалтқышты қатпарлы конвейерді пайдалану кезінде, конвейердің шеттері бойынша жетектерді орналастыру жағдайында, жетектердің тарту күшінің арақатынасы олардың орнатылған қуаттарының қатынасына тең емес, бұл шынжырдың әркелкі созылуымен, бос және тиелген тармақтарды тиеудегі айырмашылықпен түсіндіріледі және жоғары динамикалық жүктемелерге әкеледі. Шынжырдағы негізсіз динамикалық күштерді азайту мақсатында жетектер арасындағы жүктеме, әрбір қозғалтқыш өз тармағына сай жүктелетіндей етіп тарату орынды. Жүктемелерді тарату жүйесінде басқарушы электр жетек жұмыс тармағына жүктелген бірінші бас жетек болып табылады. Шеткі соңғы электр жетегі, тиісінше, тартқыш-тасымалдаушы органның төменгі бос тармағының орнын ауыстыруға жұмыс істейді.

Ұсынылып отырған техникалық шешімнің міндеті болып жоғарыда көрсетілген тәсілдердің кемшіліктерін жою, сондай-ақ көп қозғалтқышты қатпарлы конвейердің қажетті өнімділігін қамтамасыз ететін көп қозғалтқышты қатпарлы конвейердің басқарушы және басқарылатын жиіліктік-реттелетін электр жетектері арасында жүктемелерді басқару және тарату тәсілін құру және оның серпімді қасиеттерін ескере отырып, жұмыстың белгіленген режимдерінде тартқыш-тасымалдаушы органның бос тармағының динамикалық жағдайын басқару болып табылады.

Жиіліктік реттелетін электр жетектері арасындағы жүктемені басқару және тарату тәсілі конвейердің басқарушы және басқарылатын электр жетектерінің жүктемелерін өлшеуге, өлшенген жүктемелер функциясында және басты электржетектің жылдамдығын басқаруға арналған, сонымен қатар басқарылатын шеткі электржетекті басқару сигналын түзетуге негізделген [115].

Тәсілдің мәні тұрақталған жұмыс режимдерінде тартқыш-тасымалдаушы органның жұмысшы тармақтың сызықтық жүктемесі мен бос тармағының

күштерін, қоршаған орта температурасы мен конвейердің көтерілу бұрышын өлшеу болып табылады. Әрі қарай, өзгеріп отыратын сызықтық (погонды) жүктемеге сәйкес, басты электр жетегімен жұмысшы тармағының қозғалыс жылдамдығы реттеледі, бос тармағының орнатылған (установка) моменті қоршаған ортаның температурасы мен конвейердің көтерілу бұрышын ескере отыра өзгеріліп отырады. Осыдан кейін бос тармақтағы күш өзгерген кезде электр жетектің тартылу моменті бос тармақтың бекітілген моментінің орнатылуына қатысты реттеліп отырады.

Электр жетектері арасындағы жүктемені тарату және басқару жүйесінің құрылымдық-блоктық сұлбасы сурет 4.7-де келтірілген. Барлық блоктар белгілі техникалық шешімдер негізінде орындалуы мүмкін. Қатпарлы конвейер 1 тартқыш-тасымалдаушы органын (шынжырлы тартқыш органға бекітілген болат қатпарлардан жасалған жүк тасушы кенеп), басты басқарушы электржетектің бірінші беріліс құрылғысы 2 (БҚ1) және қосалқы басқарылатын электржетектің екінші беріліс құрылғысы 12 (БҚ2) стандартты цилиндр редукторлар түрінде орындалады. Электр жетегінің бірінші асинхронды электр қозғалтқышы 3 және екінші асинхронды электр қозғалтқышы 13 - қысқа тұйықталған роторы бар асинхронды электр қозғалтқыштар. Автоматты реттеу жүйесі бар бірінші жиілік түрлендіргіші 4 (ЖТ1+АРЖ) және автоматты реттеу жүйесі бар екінші жиілік түрлендіргіші 14 (ЖТ2+АРЖ) - электр желінің ауыспалы кернеуін түрлендіретін стандартты түрлендіргіштер.

Бірінші PLC1 (Programmable Logic Controller from Mitsubishi Electric) бірінші электр қозғалтқыштың бұрыштық жылдамдық реттегіші 5 - бірінші электр қозғалтқыштың 3 бұрыштық жылдамдықты адаптивті реттеу заңы ($\omega_{\text{айн}}=f(q_c)$) бойынша реттейтін бағдарламаланатын логикалық контроллер. Екінші PLC2 (Mitsubishi Electric-тен бағдарламаланатын логикалық контроллер) 15 контроллер - тартқышты-тасымалдаушы органның бос тармағындағы нақты күштерді ескере отырып, конвейердің басқарылатын екінші электр жетегінің тартылу моментін бақылаудың ($M_{\text{бт}}$) және бейімделу заңы бар бағдарламаланатын логикалық контроллер. Бірінші сумматор 6 - басты жетектің ақпараттық сигналдарды (аналогтық немесе цифрлық) осы сигналдардың қосындысына барабар сигналға түрлендіретін стандартты құрылғы болып табылады және бұл жағдайда бірінші электр қозғалтқышының 3 айналу жылдамдығының мәндерінің, яғни есептелген және нақты өлшенген мәндер арасындағы айырмашылықты анықтайды.

Таразы 10 - тартқыш-тасымалдаушы органның жоғарғы тармағының 9 (D_{q_n}) сызықты жүктемені өлшейтін датчигі бар стандартты өлшеу құралы. Бұрыштық бұрылу жылдамдығының датчигі 7 ($D\omega_{\text{вр}}$) - бірінші электр қозғалтқышының 3 роторының айналу жылдамдығын өлшеуге арналған стандартты датчик.

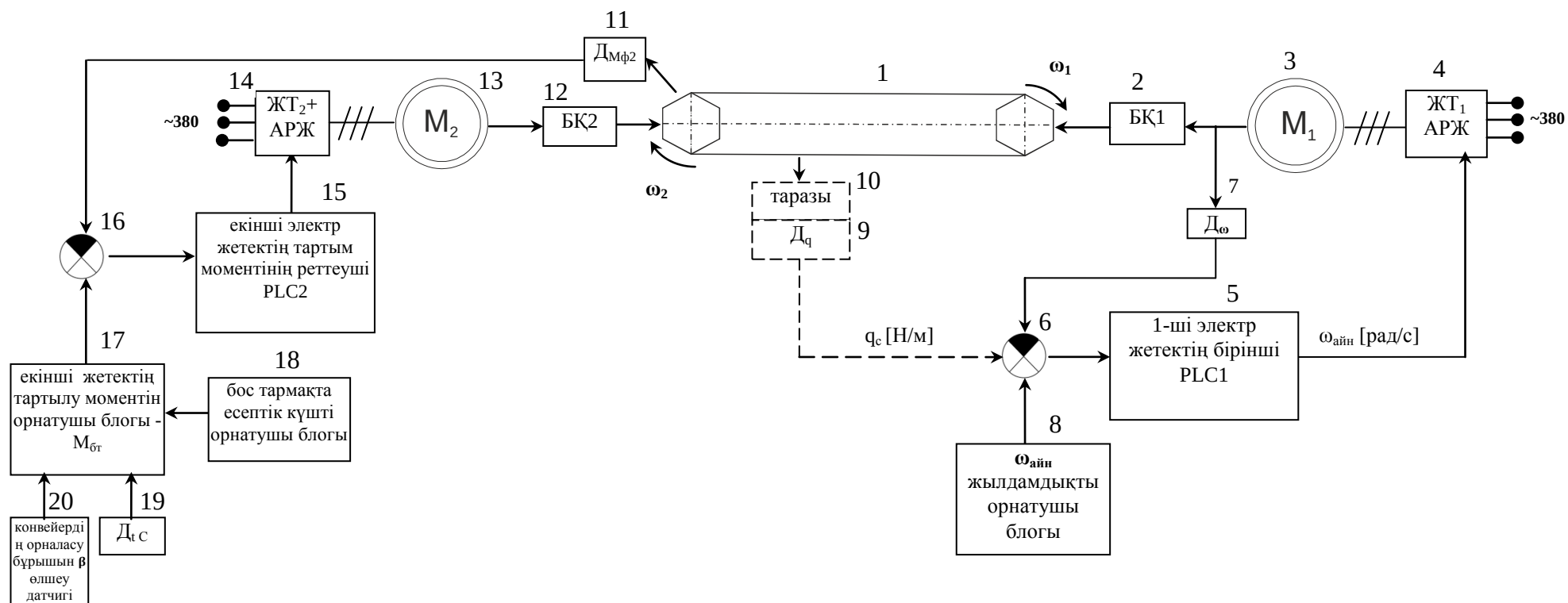
Сурет 4.5 және сурет 4.6 қатпарлы конвейердің жиіліктік реттелетін электр жетектері арасындағы жүктемелерді басқару және тарату алгоритмдерінің блок-схемалары келтірілген.



Сурет 4.5 - Қатпарлы конвейердің жиіліктік реттелетін электр жетектері арасындағы жүктемелерді басқару және тарату алгоритмінің блок-схемасы (тұрақты өнімділікті қамтамасыз ету)



Сурет 4.6 - Қатпарлы конвейердің жиілік реттелетін электр жетектері арасындағы жүктемелерді басқару және тарату алгоритмінің Блок-схемасы (бос тармағының тұрақты тартылуын қамтамасыз ету)



1-конвейер, 2-бірінші беріліс құрылғысы (БҚ1), 3-бірінші асинхронды электр қозғалқышы, 4-бірінші автоматтандырылған реттеу жүйесі бар жиіліктік түрлендіргіш (ЖТ₁+АРЖ), 5 - 1-ші электржетектің бірінші PLC1 (Programmable Logic Controller), 6 - басты электржетектің бірінші сумматоры, 7 - айнарудың бұрыштық жылдамдығының датчигі, 8 - жоғарғы жұмыс тармағының $\omega_{\text{айн}}$ жылдамдықты орнатушы блогы, 9- жұмыс тармағының сызықтық (погонды) жүктеме датчигі, 10-таرازы, 11- басқарылатын электр жетек білігінің ұшына түсетін жүктемені өлшейтін датчигі, 12 - екінші беріліс құрылғысы (БҚ2), 13-екінші асинхронды электр қозғалқышы, 14- екінші автоматтандырылған реттеу жүйесі бар жиіліктік түрлендіргіш (ЖТ₂+АРЖ), 15 - екінші электр жетек тартым моментінің реттеуші PLC2 (Programmable Logic Controller) контроллері , 16 - басқарылатын электр жетектің екінші сумматоры, 17- екінші электр жетектің тартылу моментін орнатушы блогы, 18 - бос тармағында есептік күшті орнатушы блогы, 19- температура датчигі, 20- қатпарлы конвейердің орналасу бұрышын өлшеу датчигі.

Сурет 4.7 - қатпарлы конвейер жетектері арасындағы жүктемелерді тарату жүйес бар жиілікті басқаратын екі қозғалтқышты электр жетектің құрылымдық блок-схемасы

Айналу жылдамдығының орнату блогы 8 - аналогтық немесе сандық задатчик түрінде орындалған бірінші электр қозғалтқышының роторының айналу жылдамдығының есептік мәнін беретін стандартты блок. Шеткі жұлдызшаның білігіне түсетін күшті өлшейтін датчик 11 - тарту-тасымалдаушы органның жоғарғы тармағының керілуінен қосалқы жетектің шеткі жұлдызшасының білігіне түсетін күшті өлшейтін стандартты датчигі (Д-Мф₁). Басқарылатын электр жетектің екінші сумматоры 16 -ақпараттық сигналдарды (аналогтық немесе сандық) осы сигналдардың сомасына баламалы сигналға түрлендіретін стандартты құрылғы.

Электр жетегінің тартымдық моментінің орнатушысы 17 (М_{бт}) - қатпарлы конвейердің тасымалдаушы (көлбеу) бұрышы мен қоршаған ортаның температурасын ескере отырып, басқарылатын электр жетектің тартымдық моментінің есептік мәнін беретін жиіліктік түрлендіргішін басқарудың стандартты блогы.

Тартқыш-тасымалдаушы органның бос тармағының 18 (М_{Ебт}) күштің есептік мәнінің орнатушы блогы - басқарылатын (қосалқы) электр жетектің тартқыш моментінің есептік мәнін беретін блок. Температураны өлшейтін датчигі 19 (Д- $t_{bc}(C^0)$) - қоршаған орта температурасын өлшеудің стандартты датчигі. Тасымалдаушы бұрышын (конвейер орналасу) өлшеу датчигі 20 - көп қозғалтқышты қатпарлы конвейердің тасымалдаушы (көлбеу) бұрышын анықтайтын стандартты аналогты немесе сандық датчик.

Статикадағы көп қозғалтқышты қатпарлы конвейердің электр жетектері арасында жүктемені басқару және тарату жүйесінің сипаттамасы.

Конвейер 1 келесі, яғни ставтан, жұмысшы және бос тармақтары бар тартқыш-тасымалдаушы органынан құралады. Жұмысшы тармағының жылжуы үшін айналатын бірінші жұлдызшаның білігі басты электр жетектің бірінші беріліс 2 құрылғысының шығуымен жалғанған.

Бірінші беріліс құрылғысының 2 кіруіне басты жетектің бірінші асинхронды электрқозғалтқышы 3 қосылған, ал оның кіруі жиілік түрлендіргішінің 4 шығуымен қосылған. Бірінші жиілік түрлендіргішінің 4 кіруі айналу жылдамдығын реттегіштің 5 бірінші PLC шығуымен қосылған, оның кіруі сумматормен 6 қосылған.

Бірінші асинхронды электр қозғалтқыштың екінші шығуы айналуының бұрыштық жылдамдығы датчигінің 7 кіруіне қосылған, оның шығуы бірінші сумматордың 6 бірінші кіруіне қосылған, ал оның үшінші кіруі айналуының есептік жылдамдығын орнатушы 8 блогының шығуымен қосылған.

Конвейердің 1 тартқыш-тасымалдаушы органының жоғарғы жұмыс тармағының сызықтық (погонды) жүктеме датчигінің 9 кіруі салмақ өлшеу құрылғысының 10 шығуымен жалғанған, ал оның шығуы жетекші электржетектің бірінші сумматорының 6 екінші кіруіне қосылған.

Қосалқы, басқарылатын электр жетегінің екінші жұлдызша ұшының білігіне бекітілген, күш өлшеуіш датчигі 11 қосылады. Бос тармақты жылжыту үшін айналатын екінші жұлдызшаның білігі басқарылатын электр жетегінің екінші беріліс құрылғысының 12 шығуына қосылады.

Екінші электр жетектің асинхронды электр қозғалтқышы 13 екінші беріліс құрылғысының 12 кіруіне қосылады, ал электр қозғалтқыштың 13 кіруі екінші жиілікті түрлендіргіштің шығуымен 14 жалғанады. Екінші жиілікті түрлендіргіштің 14 кіруі екінші тартым моментінің реттеуші контроллерінің 15 PLC2 шығуына қосылады, ал оның кіруі екінші сумматормен 16 жалғанған. Басқарылатын электр жетегінің екінші шеткі жүздызша білігіне түсетін күшті өлшеуіш датчигінің 11 шығуы екінші сумматордың 16 бірінші кіруіне қосылды. Екінші сумматордың 16 екінші кіруі қосалқы басқарылатын жетектің 17 ($M_{от}$) тартылу момент орнату блогының шығуына қосылады. Тартылу моментінің орнату блогының 17 бірінші кіруі тартушы органның бос тармағында болатын есептік күштер орнату блогының 18 шығуына, тартылу моментінің орнату блогының 17 екінші кіруі температура датчигінің 19 шығуына жалғанады, ал тартылу моментінің орнату блогының 17 үшінші кіруі көп қозғалтқышты конвейердің орналасу бұрышын өлшеу датчигінің 20 шығуына қосылады.

Көп қозғалтқышты қатпарлы конвейердің электр жетектері арасында жүктемені тарату және басқару жүйесінің динамикадағы сипаттамасы. Жиіліктік реттелетін электр жетегі бар көп қозғалтқышты қатпарлы конвейерді бірқалыпты іске қосқаннан кейін, құрамына бірінші беріліс құрылғысы 2 және бірінші асинхронды электр қозғалтқышы 3 кіретін басқарушы бірінші электр жетекті бірінші жиілікті түрлендіргіштің 4 (және автоматты реттеу жүйесі бар (ЖТ1+АРЖ)) ауыспалы жиілігінен айнарудың номиналды жылдамдығына дейін үдеумен қозғала бастайды. Магистралды көп қозғалтқышты қатпарлы конвейер ауыспалы жүк ағынында жұмыс істеген жағдайда, салмақ өлшеу құрылғысы 10 қосылып, тарқыш-тасымалдаушы органның жұмыс тармағының сызықтық жүктеме датчигінен 9 жұмыс тармағының сызықтық жүктеменің ағымдағы өлшенген мәні туралы бірінші сумматордың 6 екінші кіруіне сигнал түседі. Бұл сызықтық жүктеме датчигінен 9 сигнал және бұрыштық жылдамдық датчигінен 7 бірінші сумматордың 6 кіруіне келіп түсетін сигналмен салыстырылады.

Салыстырмалы деректер мәндерінің айырмасы бірінші айналу жылдамдығын реттегішінің PLC1 контроллер 5 кіруіне беріледі және оның сигналы нақты уақыт режимінде сызықтық жүктемесіне байланысты тартқыш-тасымалдаушы органның жұмыс тармағының қозғалу жылдамдығын реттеу кезінде тағайындаушы сигнал болып табылады. Егер магистралды көп қозғалтқышты қатпарлы конвейер тұрақты жүк ағынында жұмыс істейтін болса, салмақ өлшеу құрылғысы (таразы) 10 ажыратылып және есептік айналу жылдамдығының орнатушы блогы 8 қосылады, оның сигналы бірінші сумматордың 6 үшінші кіруіне түседі. Бұл сигнал есептік айналу бұрыштық жылдамдық датчигінен 7 бірінші сумматордың 6 бірінші кіруіне есептік айналу жылдамдығының орнатушы блогынан 8 келіп түсетін сигналмен салыстырылады.

Сумматорда 6 салыстырылған мәліметтер мәндердің айырмашылығы сигнал ретінде бірінші жылдамдықты реттегіштің PLC1 5 кіруіне беріледі, одан шығып басқару сигналы бірінші жиілік түрлендіргіштің 4 кіруіне өтеді,

әрмен қарай басқарушы электр қозғалтқышы 3 арқылы, содан кейін бірінші беріліс құрылғысы 2 арқылы тартқыш-тасымалдаушы органның жұмысшы тармағының жылдамдығын нақты уақыт режимінде реттеуін қамтамасыз етеді.

Сонымен қатар, асинхронды электр қозғалтқыштың айналу жылдамдығын реттеумен бір мезгілде көп қозғалтқышты қатпарлы конвейердің шынжырдың бос тармағының екінші электр жетекпен тарту моментін басқару жүргізіледі. Тиісінше, тартылу моментінің орнату блогына-17 бірінші кіруіне бос тармақта болатын есептік күштерді орнатушы блогынан - 18, екінші кіруіне температура датчигінен 19 және үшінші кіруіне нақтылы сәтте қатпарлы конвейердің орналасу көлбеулік бұрышын есептейтін датчигінен 20 сигналдар келіп түседі. Басқарылатын электр жетегінің ұшының білігіне қосылған күш өлшеу датчигінің 11 шығуынан шыққан сигналы кері байланыс болып табылады және екінші сумматордың 16 бірінші кіруіне келеді. Екінші сумматордың 16 екінші кіруіне тартылу моментінің орнату блогынан - ($M_{бт}$) 17 басқару жүйесіне негізгі тағайындаушы сигнал кіреді. Бұл сигналдар екінші сумматорда 16 салыстырылады және олардың айырмашылығы басқарылатын электр жетегінің тартылу моментінің PLC2 реттегішінің-15 кіруіне келеді. Содан кейін басқару сигналы екінші электр жетегінің тартылу моментінің PLC2 реттегішінен-15 әрі қарай, екінші жиілік түрлендіргіші 14 арқылы, екінші асинхронды электр қозғалтқышы 13 арқылы, екінші беріліс құрылғысы 12 және екінші жүзшасы арқылы электр жетегінің тартылу моментін басқарады және конвейер тартушы-тасымалдаушы органның бос тармағының қажетті есептелген (нақты жүктеме бойынша) тартылуын конвейерді пайдаланудың тұрақталған режимдерінде қамтамасыз етеді.

Осылайша, көп қозғалтқышты қатпарлы конвейерді пайдалану кезінде, жиіліктік реттелетін асинхронды электр жетектері арасындағы жүктемелерді басқару мен таратудың ұсынылған тәсілі, жұмыстың нақты мезетінде, сызықтық жүктемесін ескере отырып тартқыш-тасымалдаушы органның қозғалысының сызықтық жылдамдығын реттеуге негізделген. Бұл конвейердің номиналды өнімділігін қамтамасыз етеді, сонымен бірге конвейердің екінші электр жетегінің тартылу моментін тұрақты жұмыс режимдерінде бақылау арқылы бос тармақтың жүктеменің есептік мәніне қол жеткізіледі. Жұмыс барысында ойлап табылған және ұсынылған тәсілдің техникалық нәтижесі - тұрақталған жұмыс режимдерінде шамадан тыс динамикалық жүктемелерді азайту арқылы, конвейердің тартқыш-тасымалдаушы элементтерінің қызмет ету мерзімін жоғарылату, сонымен қатар көп қозғалтқышты конвейердің қажетті өнімділігін қамтамасыз ету болып табылады.

4 бөлім бойынша тұжырым

1. Жүктеме токтарын өлшеуге және олардың белсенді құрамдастарын бөлуге негізделген тартқыш-тасымалдаушы органның серпімді қасиеттерін есепке ала отырып қатпарлы конвейердің өзара байланысты жиіліктік - реттелетін екі және төрт қозғалтқышты электр жетегін бірқалыпты іске қосу бойынша ұсынылатын техникалық шешімдер тартқыш-тасымалдаушы органның жұмыс тармағының қажетті есептік біртіндеп тартылуын, конвейерді іске қосу процесінде қол жеткізуге мүмкіндік береді, бұл біздің ойымызша тартқыш органда негізсіз динамикалық жүктемені азайтуға мүмкіндік береді.

Тиісінше ұсынылған техникалық шешімдерден көп жетекті қатпарлы конвейерді қолданудың экономикалық тиімділігін арттыру келесі себептермен анықталады:

- конвейердің жұмыс органына динамикалық жүктемелердің азаюына және оның пайдалану мерзімінің артуымен;
- жұмыс органын ауыстыру және жөндеу шығындарын қысқартумен.

2. Осылайша, көп қозғалтқышты қатпарлы конвейерді пайдалану кезінде, жиілікті реттелетін асинхронды электр жетектері арасындағы жүктемелерді басқару мен таратудың ұсынылған тәсілі, жұмыстың нақты мезетінде, сызықтық жүктемесін ескере отырып тартқыш-тасымалдаушы органның қозғалысының сызықтық жылдамдығын реттеуге негізделген.

Бұл конвейердің номиналды өнімділігін қамтамасыз етеді, сонымен бірге конвейердің электр жетегінің тартылу моментін тұрақты жұмыс режимдерінде бақылау арқылы бос тармақтың жүктемесінің есептік мәніне қол жеткізіледі.

5 ЖИІЛІКТІК РЕТТЕЛЕТІН ЭЛЕКТР ЖЕТЕГІН ЭКСПЕРИМЕНТТІК ТҮРДЕ ЗЕРТТЕУ

5.1 Mitsubishi Electric - FR-A800 түрлендіргіш

Табысты FR-A700 сериясының мұрагері ең жаңа жоғары жылдамдықты Mitsubishi Electric процессорымен жабдықталған. Жақсартылған реттеу қасиеттері және жоғары өнімділік технологиялық процесте қолданылған кезде сенімді және дәл жұмыс істеуді қамтамасыз етеді. Жиілік түрлендіргішінің ерекшелігін бағдарламалау және параметрлерді көшіру үшін USB деп атауға болады, оқуға оңай қашықтан басқару пульті, оңтайлы қуат балансы, энергияны үнемдеу функциясы, жүйенің қауіпсіздігі және қосымша карталар мен желілік байланыс карталарының кең таңдауына арналған үш кеңейту ұясы [116, 117].

FR-A800 сериясы FR-A700 сериясымен толық кері үйлесімділікке ие. Параметрлерді FR Configurator2 бағдарламалық жасақтамасының көмегімен оңай конфигурациялауға болады.



Сурет 5.1 - Mitsubishi Electric FR A-800 жиіліктік түрлендіргіші

5.2 Тәжірибелік зерттеулерге арналған бағдарлама FR Configurator 2 және алынған зерттеулер нәтижелері

Бұл бағдарлама Mitsubishi Electric жиілік түрлендіргіштеріне қосылу арқылы пайдаланылатын электр қозғалтқыштарының параметрлерін өлшеуге арналған.

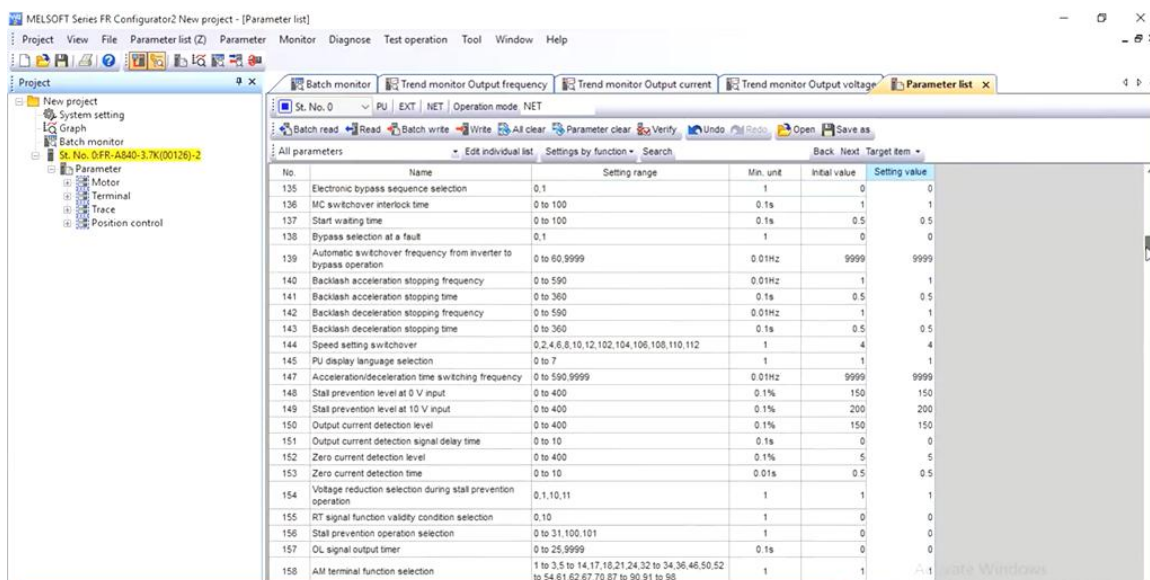
FR Configurator2 Version 1

Inverter setup software



COPYRIGHT(C)2013 MITSUBISHI ELECTRIC CORPORATION ALL RIGHTS RESERVED

Сурет 5.2- FR CONFIGURATOR2 компьютерлік бағдарлама бейнесі



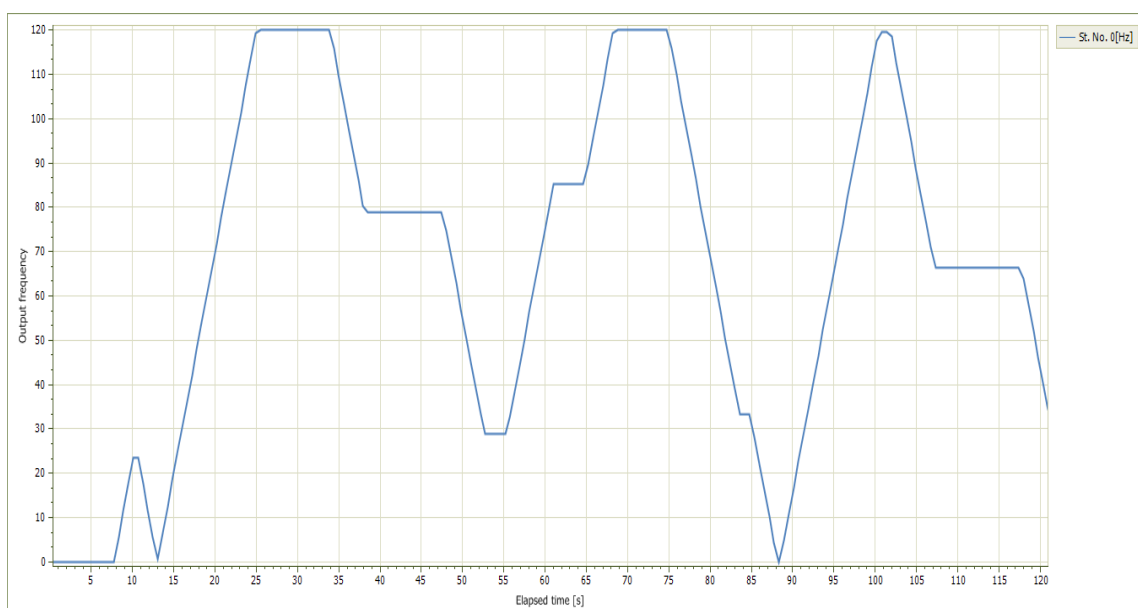
Сурет 5.3- FR CONFIGURATOR2 бағдарламасын іске қосу

Қарағанды техникалық университетінің бас корпусының "Өндірістік процесстерді автоматтандыру" кафедрасында Mitsubishi Electric стендінде FR-CONFIGURATOR2 бағдарламасы арқылы A-800 жиіліктік түрлентіргіші бар электр жетекті қосу және жылдамдығын тексеру бойынша зерттеу жұмыстары жүргізілді. Электрқозғалтқыштың жиілігін басқару сыртқы басқару құрылғылары арқылы - STR, RH, RM, RL тумблерлері көмегін орындалды.

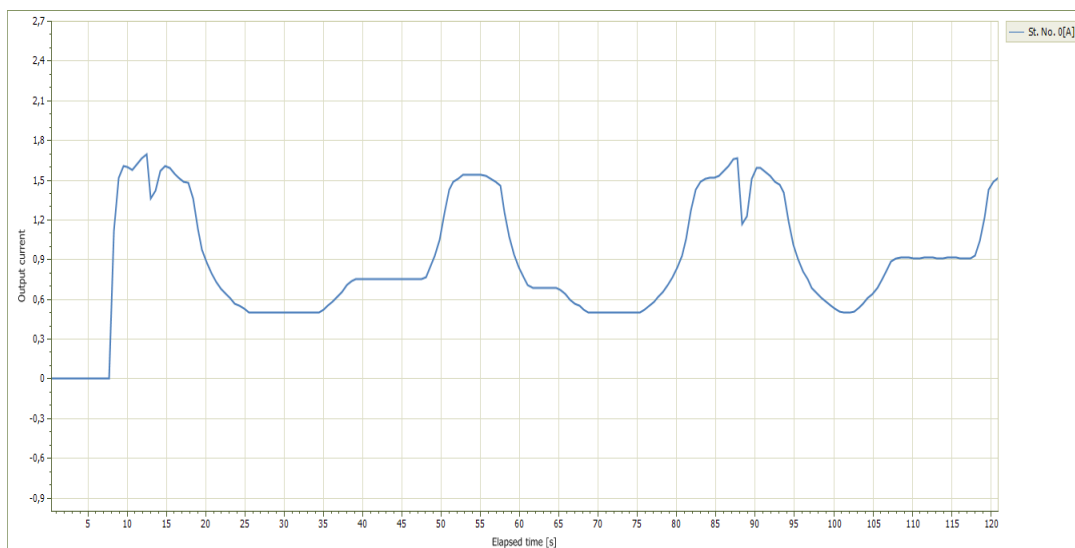


Сурет 5.4 - A800 жиілікті түрлендіргішпен бірге Mitsubishi Electric стенді

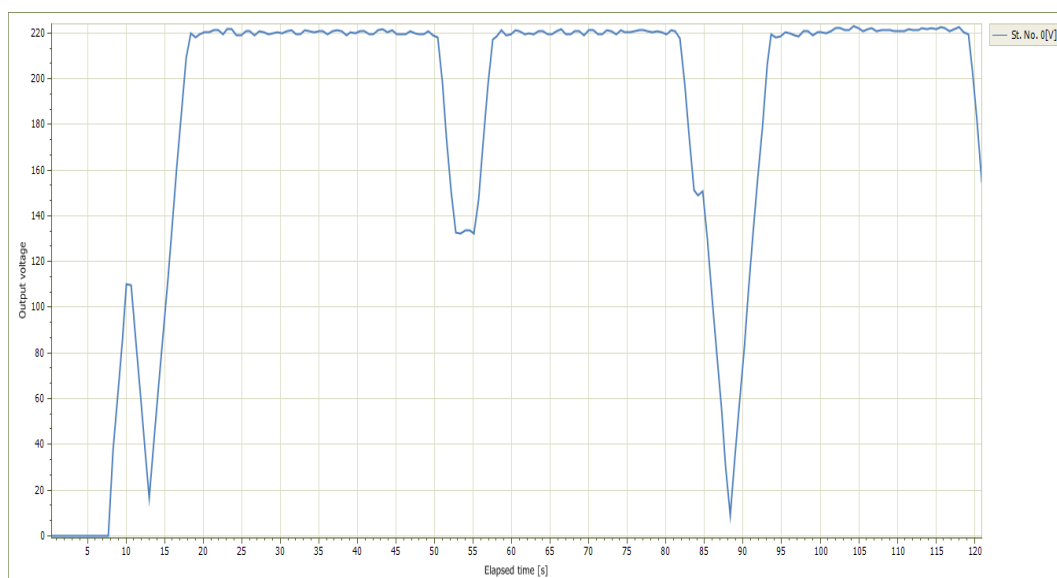
Әрмен қарай function - Trend monitor функциясы арқылы жиілікті түрлендіргіштен шығатын мәндер графиктері жазылып алынды.



Сурет 5.5 - FR Configurator 2 бағдарламасымен A800 жиілікті түрлендіргіштің шығу жиілігін өлшеу нәтижелері



Сурет 5.6 - FR Configurator 2 бағдарламасымен А800 ЖТ шығу тоғын өлшеу нәтижелері



Сурет 5.7 - FR Configurator 2 бағдарламасымен А800 ЖТ шығу кернеуін өлшеу нәтижелері

Жүргізілген жұмыстардың нәтижелері бойынша FR Configurator2 бағдарламасының function - Trend monitor функциясы арқылы online режимде графиктер жасалып алынды.

5 бөлім бойынша тұжырым

Жүргізілген стендтік сынақтардың нәтижесінде Mitsubishi Electric жиілік түрлендіргіші бар жиіліктік реттелетін электр жетегі зерттелді. Асинхронды электр қозғалтқышының бұрыштық айналу жылдамдығын біртіндеп іске қосу және реттеу жүргізілді. А800 сериялы Mitsubishi Electric жиілік түрлендіргішімен параметрлер мәндерінің өзгеру графигі алынды.

ҚОРЫТЫНДЫ

Осылайша, көп қозғалтқышты қатпарлы конвейерлерде жиіліктік - реттелетін электр жетегін қолданудың өзектілігі негізделді.

Жұмыста ұсынылып отырған қатпарлы конвейердің көп қозғалтқышты электржетегін бірқалыпты қосу тәсілі жүктеме токтарын өлшеуге және олардың белсенді құрамдас бөлігін бөліп алуға, сондай-ақ іске қосу режимінде жетектерді басқаруға негізделген. Тәсілдің мәні келесі алгоритмге негізделген, яғни көпқозғалтқышты қатпарлы конвейердің электржетегін іске қосу процестің бастапқы сәтінде іске қосудың ең төменгі айналу жиілігін береді, әрі қарай, басқарушы электр жетектің жүктеме тоғының белсенді құрамдас бөлігі қарқынды ұлғайған жағдайда, тапсырма бойынша басты және басқарылатын соңғы жетектер айналу жылдамдығын номиналды мәнге дейін жеткізеді.

Осылайша, іске қосу режимдерінде көп қозғалтқышты қатпарлы конвейердің ұсынылған математикалық модельдері тартқыш органның серпімді қасиеттерін есепке ала отырып, тартқыш-тасымалдаушы органның динамикалық шамадан тыс жүктемелерін азайту үшін жұмыс тармағын бірқалыпты созу жолымен конвейерді іске қосудың қажетті режимін алуға мүмкіндік береді. Алынған математикалық моделі негізінде MATLAB Simulink бағдарламалық ортасында көп қозғалтқышты конвейердің жиілікті басқаратын электр жетегінің басқару жүйесінің іске қосудың моделі жасалды. Сонымен бірге конвейердің электр жетегін басқару жүйесінің PI контроллері үшін үш түрлі конфигурация нұсқалары үшін модельдеу процесі жүргізілді.

Жиіліктік реттелетін электр жетектері арасындағы жүктемені басқару және тарату тәсілі конвейердің басқарушы және басқарылатын электр жетектерінің жүктемелерін өлшеуге, өлшенген жүктемелер функциясында және басты электр жетектің жылдамдығын басқаруға арналған, сонымен қатар басқарылатын шеткі электр жетекті басқару сигналын түзетуге негізделген. Тәсілдің мәні тұрақталған жұмыс режимдерінде тартқыш-тасымалдаушы органның жұмысшы тармақтың сызықтық жүктемесі мен бос тармағының күштерін, қоршаған орта температурасы мен конвейердің көтерілу бұрышын өлшеу болып табылады. Әрі қарай, өзгеріп отыратын сызықтық жүктемеге сәйкес, басты электр жетегімен жұмысшы тармағының қозғалыс жылдамдығы реттеледі, бос тармағының орнатылған моменті қоршаған ортаның температурасы мен конвейердің көтерілу бұрышын ескере отыра өзгеріліп отырады. Осыдан кейін бос тармақтағы күш өзгерген кезде электр жетектің тартылу моменті бос тармақтың бекітілген моментінің орнатылуына қатысты реттеліп отырады.

Көп қозғалтқышты қатпарлы конвейерлердің іске қосу және тұрақталған жұмыс режимдерінің ерекшеліктері зерттелді.

Ұсынылған шешімдердің болжамдық техникалық нәтижелері:

а) бірқалыпты іске қосу тәсілі бойынша - іске қосу режимдерінде динамикалық жүктемелерді төмендету есебінен қатпарлы конвейердің тартқыш-тасымалдаушы органының пайдалану ресурсын ұлғайту;

б) жетектер арасындағы жүктемелерді басқару және тарату тәсілі бойынша - бос жүріске электр энергиясының өнімсіз шығындарын қысқарту, сондай-ақ бос тармақтағы негізсіз динамикалық жүктемелерді азайту жолымен көп қозғалтқышты қатпарлы конвейердің тартқыш-тасымалдаушы органының пайдалану мерзімін ұлғайту.

Жүргізілген зерттеулер нәтижесінде мынадай ғылыми нәтижелер алынды:

1. Шынжырлы конвейерлердің электр жетектерін дамыту саласындағы зерттеулер мен әзірлемелердің негізгі бағыттарына талдау жасалды;

2. Жиіліктік реттелетін электр жетегі бар көп жетекті қатпарлы конвейердің жоғарыда келтірілген схемасы жасалды;

3. Көп жетекті қатпарлы конвейерді пайдаланудың іске қосу және тұрақталған режимдерінің математикалық модельдері әзірленді;

4. Көп жетекті қатпарлы конвейерді пайдаланудың іске қосу және тұрақталған режимдерінің компьютерлік модельдері әзірленді;

5. Тартқыш-тасымалдаушы органның босаңсуын алдын ала іріктеу процесін және оның тартылуын басқару негізінде тартқыш-тасымалдаушы органға жүктемелердің төмендеуін және оның ресурсының ұлғаюын қамтамасыз ететін қатпарлы конвейердің жиіліктік реттелетін электр жетегін бірқалыпты іске қосу тәсілі әзірленді;

6. Конвейердің тартқыш-тасымалдаушы органының динамикалық күйін басқаруға негізделген, оған түсетін жүктемені азайтып және ресурстың ұлғаюын қамтамасыз ететін конвейердің тартқыш-тасымалдаушы органының нақты жүктелуін ескере отырып, көп қозғалтқышты жиіліктік реттелетін жетектері арасында жүктемелерді бөлу тәсілі әзірленді;

7. Алынған патент негізінде, тартқыш-тасымалдаушы органының серпімді қасиеттерін ескере отырып, қатпарлы конвейердің өзара байланысты жиіліктік реттелетін көп қозғалтқышты электр жетегінің бірқалыпты іске қосылуын қамтамасыз ету бойынша техникалық шешім ұсынылды;

8. Алынған патент негізінде, тартқыш-тасымалдаушы органның ерекшеліктері мен пайдаланудың сыртқы жағдайларын ескере отырып, қатпарлы конвейердің өзара байланысты жиіліктік реттелетін көп қозғалтқышты электр жетегіндегі жүктемелерді басқару және тарату бойынша техникалық шешім ұсынылды;

9. Өткізілген теориялық және эксперименттік зерттеулер нәтижесінде қатпарлы конвейердің серпімді байланыстарын ескере отырып, өзара байланысты көп қозғалтқышты жиіліктік реттелетін электр жетегі жасалды;

10. "Қазақмыс корпорациясы" ЖШС "Молодежный" көмір разрезінен әзірленген техникалық шешімдерге және диссертациялық зерттеу нәтижелерін талқылауға негізінде және "Қарағанды техникалық университеті" оқу процесіне енгізу актілері алынды.

ҚОЛДАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

- 1 Конвейеры: Справочник. Л.:Машиностроение. Пертен Ю.А., Волков Р.А., Гнутов В.К., Дьясков В.К.. // Ленинград. отд-ние. 1984 г. - 367 с.
- 2 Барышев А.И., Будишевский В.А., Скляр Н.А., Сулима А.А., Ткачук А.М. Справочник по конвейерам. // Интернет ресурс. Режим доступа: <https://ru.b-ok.org/book/1157453/0d7ff1>. Дата обращения: 07.11.2017.
- 3 Сагинов А.С., Данияров А.Н., Акашев З.Т. Основы проектирования и расчета карьерных пластинчатых конвейеров. Алмата "Наука". 1984. - 328 с.
- 4 Дедов А.Н. Опыт эксплуатации многоприводного пластинчатого конвейера П-80.// Караганда, Изд-во: КарПТИ. 1969. - 88 с.
- 5 Дедов А.Н., Безуглов Н.Н. Применение пластинчатых конвейеров в угольной промышленности // Угольное машиностроение. - 1977. № 2. - С. 9-11.
- 6 Дедов А.Н., Керас В.Ф., Тимофеев Ю.В. Предварительные результаты испытаний пластинчатого наклонного конвейера ПН-65 // Горные машины и автоматика. 1969, №7, - С. 55-57.
- 7 Дедов А.Н. Экспериментальные исследования крутонаклонного пластинчатого конвейера ПН-65 с промежуточно-уравнительным приводом // Труды института Гипроуглегормаш. Караганда, № 9, - С.155-165.
- 8 ERG Kazakhstan Интернет ресурс. // Режим доступа: - <https://www.youtube.com/watch?v=uBIa8m-MLA4>.
- 9 Aumund_(company). Интернет ресурс. // Режим доступа: [https://en.wikipedia.org/wiki/Aumund_\(company\)#Products](https://en.wikipedia.org/wiki/Aumund_(company)#Products).
- 10 Сайт компании AUMUND. Интернет ресурс. // Режим доступа: <https://aumund.de/de/aumund/produkte.html>.
- 11 AUMUND Fördertechnik. Интернет ресурс. // Режим доступа: channel-AUMUND Fördertechnik.
- 12 Малыбаев С.К. Специальные виды промышленного транспорта. Пластинчатые конвейеры. Основы теории и расчета параметров. Монография // КарГТУ, 2000. - 156 с.
- 13 Данияров А.Н., Хайруллин Т.Х. Специальные виды промышленного транспорта. - Караганда: изд-во КарПТИ, 1982. - 80 с.
- 14 Пластинчатые конвейеры // Modular slat conveyor. "Mod. Mater Handle", 1985, №10, p. 151.
- 15 Панцирные конвейеры // Developmend of the ar mourad flexible conveyors. Wright A. "Colliery Gnad", 1980, №1, p. 16, 18, 20, 22.
- 16 Тарасов А.С. Разработка и исследование системы двухдвигательного электропривода конвейеров для транспортировки сыпучих материалов: дисс...канд. техн. наук.: 05.09.03. Липецк, 2013. - 160 с.
- 17 Черемушкина М.С. Синтез алгоритмов управления многодвигательным электроприводом конвейерного транспорта с использованием полупроводниковых преобразователей: дисс...канд. техн. наук.: 05.09.03. - 2009. - 158 с.

18 Аргентов С.Г. Система асинхронного электропривода на базе машины двойного питания для конвейеров подачи сыпучих грузов. дисс...канд. техн. наук.: 05.09.03. Липецк, 2002.- 205 с.

19 Климаш В.С. Разработка и исследование асинхронного электропривода горных транспортеров и эскалаторов метро с трансформаторно-тиристорными регулирующими устройствами: дисс...канд. техн. наук.: 05.09.03. Ленинград, 1984. - 231 с.

20 Сериков С.А. Оптимальная адаптивная система управления электроприводами подвесных конвейеров: дисс...канд. техн. наук.: 05.09.03.: Липецк, 2004. - 236 с.

21 Дмитриева В.В. Разработка и исследование системы автоматической стабилизации погонной нагрузки магистрального конвейера: дисс...канд. техн. наук.: 05.13.06. Москва, 2005. - 162с.

22 Маланин Д.О. Метод определения динамических нагрузок в конвейерах с цепным тяговым органом: дисс...канд. техн. наук.: 05.05.04. Санкт-Петербург. - 184с

23 Переверзев С.С. Управление режимами пуска асинхронных электроприводов горных и транспортных машин: дисс...канд. техн. наук.: 05.09.03. Кемерово. - 174с.

24 Куанышбаев Ж.М.. Исследование и повышение долговечности основных элементов карьерного пластинчатого конвейера.: дисс...канд. техн. наук.: 05.05.06. 1984. - 305 с.

25 Сухарев И.А. Управление конвейерными линиями на базе асинхронного электропривода в рамках АСУТП: дисс...канд. техн. наук.: 05.09.03. Воронеж, 2003. - 178 с.

26 Спиваковский А.О., Дьячков В.К. Транспортирующие машины. М. "Недра", 1968. - 442 с.

27 Глущенко И.П. Исследование динамических явлений в цепных транспортерах. // Вестник машиностроения. Москва., 1954. №6. - С. 31-38.

28 Давыдов Б.Л., Скородумов Б.А. Динамика горных машин. М., "Госгортехиздат". 1961. - 335 с.

29 Акашев З.Т. Исследование пуска, распределения усилий и торможения пластинчатого конвейера с промежуточными приводами. Автореф. дис... канд. техн. наук.: 05.174 - Рудничный транспорт. Караганда, 1972. - 22 с.

30 Шахмейстер Л.Г., Солод Г.И. Подземные конвейерные установки. М., "Недра" 1976. - 432 с.

31 Чугреев Л.И. Динамика конвейеров с цепным тяговым органом // М., "Недра", 1976. - 162 с.

32 Евневич А.В. Транспортные машины и комплексы. Москва, "Машиностроение" 1975. - 415 с.

33 Солод Г.И., Чугреев Л.И. Промежуточные приводы конвейеров. М. "Недра", 1967. - 198 с.

34 Акашев З.Т. Акашев А.З., Жандыбаев Б.Р. Крутонаклонный конвейерный подъемник для глубоких карьеров. // "Тяжелое машиностроение". (ISSN 0131-1336), 2003, №11.

35 Кост Г.Н. Исследование нагрузок в тяговом органе горизонтальных многоприводных конвейеров // Транспорт горных предприятий. Москва, "Госгортехиздат", 1963. - С.103-111.

36 Котов М.А. Распределение нагрузок между приводами многоприводных конвейеров / Изв. вузов. Горное дело. 1958, №3. - С. 92-96.

37 Данияров А.Н. Исследование и установление эксплуатационных и конструктивных параметров карьерных конвейеров со сложной трассой для скальных горных пород: дис... докт. техн. наук. 05.05.06. - М.: МГИ, 1984. - 516 с.

38 Акашев З.Т., Оразов К.О., Ловягин Н.Е. Формирование и компенсация уравнительных усилий в цепных конвейерах. Астана: ЗАО "Акмолинская полиграфия", 2002. - 294 с.

39 Оразов К.О. Противоударные защитные устройства цепных конвейеров. Алматы, 1997. - 204 с.

40 Малыбаев С.К. Основы расчета динамической прочности конструкции карьерных пластинчатых конвейеров: дисс... докт. техн. наук. Караганда, Изд-во КарГУ, 2001. - 377 с.

41 Куанышбаев Ж.М. Повышение надежности и эффективности транспортных машин. Караганда, Изд-во КарГУ, 2000. - 186 с.

42 Палев П.П. Нагруженность и усталость долговечность привода исполнительного органа горнопроходческих комбайнов: дисс... докт. техн. наук. Новосибирск, 1983. - 45 с.

43 Бреннер В.А., Палев П.П., Сафронов А.Г. и др. Определение действительных нагрузок в элементах трансмиссии исполнительного органа // Физ-техн. проблем. разработки полезн. ископаем. 1970. №6. - С.111-114.

44 Жиенкулов С.А., Ахметов Ш.Д. Вероятностно-статистический расчет пластинчатого конвейера // Теория и технология подъемно-транспортных машин. Алматы, 1987. - С. 29-34.

45 Ильинский Н.Ф. Основы электропривода: Учебн. пособие для вузов. - 3-е изд. // - М. Издательский дом МЭИ, 2007. - 224 с.

46 Бацежев Ю.Г., Костюк В.С. Электропривод и электроснабжение: Учеб. для вузов. - М.: Недра, 1989. - 292 с.

47 Борцов Ю.А., Соколовский Г.Г. Автоматизированный электропривод с упругими связями. - 2-е изд. перераб. и доп. - Спб.: Энергоматизд. Санкт-Петербург. отд-ние, 1992. - 288 с.

48 Докукин А.В., Краус Э.Г., Тулин В.С. Автоматизированный электропривод как средство технического и социального прогресса в шахтах добыче угля // Автоматизированный электропривод. - М.: Энергия, 1980. - С. 305-307.

49 Коринев Б.Л., Скрышник В.А., Шевченко Н.Ф. Перспективы развития тиристорного электропривода и преобразовательной техники для взрывоопасных производств // Автоматизированный электропривод, силовые

полупроводниковые приборы, преобразовательная техника. - М.: Энергоатомиздат, 1983. - С.139-143.

50 Краус Э.Г., Брейдо И.В. Тиристорный электропривод забойных конвейеров. Новое горношахтное оборудование и аппаратура. Испытания и опыт эксплуатации. // Экспресс-информация. - М.: ЦНИИЭИУголь. 1980. - №69. - С. 27-28.

51 Краус Э.Г., Брейдо И.В. Энергетические показатели забойных конвейеров с тиристорным электроприводом // Промышленная энергетика. - 1981. №1. - С. 16.

52 Гаврилов П.Д., Ещин Е.К. Снижение уровня динамической нагруженности скребкового конвейера при помощи асинхронного частотно-управляемого электропривода // Изв. вузов Горный журнал. - 1978. № 11. - С. 99-105.

53 Гаврилов П.Д., Ещин Е.К. Управление динамикой скребкового конвейера с помощью частотно-управляемого электропривода // Физ.-техн. проблемы разработки полезных ископаемых. - 1980. №6. - С.72-77.

54 Барри А.А., Путьков Ф. Влияние параметров свободных колебаний многомассовых упругих объектов управления на динамику взаимосвязанных электромеханических систем управления. // Изв. Ленигр. электротехн. ин-та - 1990. №431. - С.88-93.

55 Барышников В.Д., Королев В.И., Песьяков Г.Н. Исследование динамики взаимосвязанных электроприводов // Автоматизированный электропривод. -М.: Энергоатомиздат, 1986. - С. 69-72.

56 Борцов Ю.А., Поляков Н.А., Путов В.В. Электромеханические системы с адаптивным и модальным управлением. Л.: Энергоматиздат, 1984, - 216 с.

57 Бургин Б.Ш. Исследование абсолютной устойчивости нелинейной системы электропривода с упругой связью // Электричество. 1975. № №1. С. 59-62.

58 Жиликов В.И., Дрючин В.Г. Синтез оптимальных управлений двухмассовой электромеханической системы // Электричество. 1987. №9. - С. 38-42.

59 Ключев В.И. Ограничение динамических нагрузок электропривода. - М.: Энергия, 1971. - 320 с.

60 Соколовский Г.Г., Постников Ю.В. Управление электроприводом упругого механизма при использовании расширенной информации об объекте // Автоматизированный электропривод. М.: 1990. - С.65-76.

61 Raatz E. Einflub von mechanischen Schwingungen auf das dynamische Verhalten von geregelten Antrieben // Messern. Steuern7 Regeln7. 1975. - 18. - Н.7. - S. 252-253.

62 Бургин Б.Ш. Некоторые проблемы синтеза ДЭМС стабилизации скорости // Автоматизация управления организационными и техническими системами. - Томск. 1979. - С.111-118.

63 Вейц В.Л., Вольберг О.Л. Динамика адаптивных электромеханических систем с упругим механизмом и ПИ-регулятором. - Вибротехника (Вильнюс). 1987. - №2/59. - С. 82-91.

64 Левинтов С.Д., Пятибратов Г.Я. Об использовании электропривода для ограничения динамических нагрузок в передачах // Изв. вузов. Электромеханика. 1978. №10. - С. 1096-1102.

65 Шевырев Ю.В. Необходимые и достаточные условия демпфирования колебаний в упругих системах средствами электропривода // Изв. вузов. Электромеханика. 1989. №2. - С. 93-99.

66 Соснин Л.Г., Поляков Н.С. Теория многоприводного скребкового конвейера // Вопросы рудничного транспорта. М.: Недра, 1957. №2. - С.85-106.

67 Беленький Д.М. Магистральные конвейеры. М.: Недра, 1965. - 221с.

68 Беленький Д.М., Кузнецов Д.Г. Пластинчатые конвейеры. М.: Недра, 1971. - 193 с.

69 Проскурин В.И. Исследование многоприводного рудничного пластинчатого конвейера для транспортирования крунокускового материала: Дисс... канд. техн. наук. Караганда, 1970. - 250 с.

70 Медведев А.Е. О применении регулируемого электропривода с автоматическим распределением нагрузки на магистральных многоприводных конвейерах в горной промышленности. дисс...канд.техн.наук. Москва, 1967. - 196 с.

71 Бельфор В.Е. Исследование переходных процессов в многоприводных ленточных конвейерах для горнорудных предприятий: дисс...канд.техн. наук. Москва, 1962. - 24 с.

72 Штокман И.Г., Кондрахин П.М., Маценко В.Н. Расчет и конструирование горных транспортных машин и комплексов. М.: Недра, 1975. - 464 с.

73 Долголенко А.А. Динамические усилия в замкнутых тяговых органах подъемно-транспортных машин // Новая подземно-транспортная техника. Москва, 1949. - С.51-63.

74 Смирнов В.К., Крот П.В. О динамическом расчете скребкового конвейера // Вопросы рудничного транспорта. Москва, 1965. №9.- С. 91-104.

75 Маценко В.Н. Моделирование тягового органа цепных конвейеров // Разработка месторождений полезных ископаемых. Киев, 1965. №5. - С.108-114.

76 Брейдо И.В. Принципы управления и методы синтеза регулируемых электроприводов подземных горных машин. - Алматы: Гига Трейд, 2012. С. 78-85.

77 Брейдо И.В. Оптимизация режимов работы скребковых конвейеров угольных шахт средствами тиристорного электропривода: дисс...канд.техн.наук.. 05.09.03. Караганда, 1982. С. 78-85.

78 Шевченко В.И. Основы теории и разработка средств выравнивания нагрузок в многодвигательных электромеханических системах горных

машин. Автореферат диссертации доктор технических наук по ВАК 05.09.03, Москва, 2002.

79 Бабокин Г.И. Двухдвигательный электропривод конвейера с системой выравнивания нагрузок. Известия ТулГУ. Технические науки. Вып.3: в 5ч. Ч.2. 2010.

80 Бабокин Г.И., Шпрехер Д.М., Насонова Т.В. Исследование системы выравнивания нагрузок в электроприводе скребкового конвейера. Вестник Новомосковского института РХТУ. Интернет ресурс: [<http://www.giab-online.ru/files/Data/2005/4/Babokin18.pdf>].

81 Ещин Е.К. Динамика скребковых конвейеров. Обзор. Вестник Кузбасс-кого государственного технического университета. №5. 2015. - С. 108-115.

82 Соколовский Г.Г. Электроприводы переменного тока с частотным регулированием // Учебник для Вузов: "ACADEMIA", Москва. 2006. - 263 с.

83 Информация о продукции. Режим доступа: Lenze в России. Ремонт. Диагностика. Сервис и продажа. // <http://www.lenze.su/>. 20.07.2020

84 Информация о продукции. DanFoss. Engineering tomorrow. // <https://drives.ru/produkcija/preobrazovateli-chastoty-vlt/vlt-aqua-drive/> Дата обращения: 20.07.2020

85 Информация о продукции. TOSHIBA INTERNATIONAL CORPORATION // <https://tosma.ru/preobr.shtml>. Дата обращения: 20.07.2020

86 Информация о продукции. LG (LS INDUSTRIAL SYSTEMS) // https://www.ls-lg.ru/documents/Catalog_Inverter_L SIS_15_rus.pdf. Дата обращения: 20.07.2020

87 Инструкция и руководство для Delta Electronics VFD-G // <https://manualza.ru/delta-electronics/vfd-g/dhrk1> Дата обращения: 20.07.2020

88 Преобразователи частоты Vacon // Режим доступа: <https://www.vacon.ru.com/> Дата обращения: 20.07.2020

89 Преобразователи частоты Mitsubishi Electric // Режим доступа: www.mitsubishi-com.ru Дата обращения: 20.07.2020

90 Преобразователи частоты FUJI ELECTRIC// Режим доступа: <https://www.fujielectric.com/> Дата обращения: 20.07.2020

91 Преобразователи частоты FUJI ELECTRIC// Режим доступа: <http://www.schneiderelectric.su/> Дата обращения: 20.07.2020

92 Шрейнер Р.Т. Математическое моделирование электроприводов переменного тока с полупроводниковыми преобразователями частоты // - Екатеринбург: УРО РАН, 2000. - 654 с.

93 Сабанин В.Р. и др. Автоматические системы регулирования на основе нейросетевых технологий // Труды Международной научной конференции Control-2003. М.: Издательство МЭИ, 2003.С. 45-51.

94 Ещин Е.К. Соколов В.Л. Иванов В.Г. Каширских Е.К. Патент РФ № 2235410 МПК Н 02 Р 1/26. Способ пуска асинхронного электродвигателя / Заявл. 04.01.03, № 2003100098. Оpubл. 27.08.04. Бюл. №24.

95 Ещин Е.К. Электромеханические системы многодвигательных электроприводов. Моделирование и управление. - Кемерово: Кузбасский гос.техн. ун-т, 2003. - 247 с.

96 Кацман М.М. Электрические машины: Учеб. для учащихся электротехн. спец. техникумов. - 2-е изд, перераб. и доп. - М.: Высш.шк. 1990. - 165 с.

97 Брейдо И.В., Данияров Н.А., Келисбеков А.К. Revisiting the use of variable-frequency electric drive in a multi-motor apron conveyor. Proceedings of the International scientific - practical conference. (Saginov's readings № 10). June 14 -15, 2018, pp. 254-256.

98 Breido I.V., Intykov T.S., Daniyarov N.A., Kelisbekov A.K., Semykina I.Yu. Mathematical model of apron conveyor controlled Electric drive in operation starting modes. NEWS of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan./ ISSN 2224-5278. Volume 2, Number 434 (2019), pp. 232-237.

99 Пятибратов Г.Я., Барыльник Д.В. Моделирование электромеханических систем: Учеб. пособие /Юж.-Рос. гос. политехн. ун-т. - Новочеркасск: ЮРГПУ, 2013. - 103 с.

100 Breido I.V., Daniyarov N.A., Kelisbekov A.K., Akhmetbekova A.M. Using Soft Start Method in Multi-Drive Plate Conveyor Operation. Респ.журн. "Труды Университета", изд-во КарГТУ, №4, 2018. С. 124.

101 Борцов Ю.А., Соколовский Г.Г. Автоматизированный электропривод с упругими связями. - 2-е изд., перераб. и доп. - Спб.: Энергоматиздат. Санкт-Петербург. отд-ние, 1992. - 288 с.

102 Ещин Е.К. Моделирование электромеханических систем горных машин [Электронный ресурс] //2013 г. – Режим доступа: (<http://catalog.inforeg.ru/Inet/GetEzineByID/297147> [14.05.15], <http://www.twirpx.com/file/1600093/> [14.05.15]).

103 Терёхин В.Б. Моделирование систем электропривода в Simulink (Matlab 7.0.1): учебное пособие / Национальный исследовательский Томский политехнический университет. - Томск: Изд -во Томского политехнического университета, 2010. - 292 с.

104 Кондрахин В.П., Мельник А.А., Косарев В.В., Стадник Н.И., Косарев И.В. Математическая модель для исследования нагрузок в двухскоростном многодвигательном приводе и тяговом органе скребкового забойного конвейера // Наукові праці Донецького національного технічного університету, Серія: гірничо-електромеханічна.- Донецьк: ДонНТУ. - 2009. - С. 132-140.

105 Крутов В. И., Грушко И. М., Попов В. В.. Основы научных исследований: Учеб. для вузов. - М.: Высш. шк., 1989. - 400 с.

106 Брейдо И.В., Данияров Н.А., Келисбеков Э.К., Ахметбекова А.М. Көп қозғалтқышты пластиналы конвейерді пайдаланудағы энерготиімділігін арттыру. Труды международной научно-практической online конференции. «Интеграция науки, образования и производства – основа реализации Плана нации» (Сагиновские чтения №12) 18-19 июня 2020 г. Часть 1. С.705-708

107 Тазабеков И.И., Данияров Н.А., Балгабеков Т.К. Регулируемые

приводы магистральных цепных конвейеров: Монография/ Карагандинский государственный технический университет. - Караганда: Изд-во КарГТУ, 2009. - 163 с.

108 Марголин И.И., Васильев К.А. Распределение нагрузки между электропри-водами многоприводного ленточного конвейера. – Ленинград: Записки Ленинградского горного института им. Г.В. Плеханова, 1987, т. 110.

109 Авторское свидетельство СССР №771831, кл. H02P 1/26, 1980.

110 Ещин И.А. Соколов В.Л. Иванов В.Г. Каширских Е.К. Патент РФ № 2235410 МПК Н 02 Р1/26. Способ пуска асинхронного электродвигателя / Заявл. 04.01.03, № 2003100098. Оpubл. 27.08.04. Бюл. № 24.

111 Данияров А.Н., Акашев З.Т., Рожков А.В., Кучин В.Н. Способ натяжения тягового органа многоприводного конвейера. Автор. свид. СССР № 1312025 от 23.05.1987. Бюл. № 19.

112 Брейдо И.В., Келисбеков А.К. Способ плавного запуска многодвигательного электропривода пластинчатого конвейера. Патент полезной модели №3982 МЮ РК от 05.03.2019. (дата обращения: 15.07.2020).

113 Брейдо И.В. Электропривод конвейера. Авторское свидетельство - № SU1072228А, кл. H02P 5/46 от 07.02.84. Бюл. № 5.

114 Брейдо И.В., Данияров Н.А., Келисбеков А.К. Патент полезной модели РК. № охр. док.: 5122. электр. ресурс.- <https://gosreestr.kazpatent.kz/> / Способ управления запуском многодвигательного электропривода пластинчатого конвейера. Заявл. 02.04.2020; № 2020/0346.2; Оpubл. 03.07.2020; url: <https://gosreestr.kazpatent.kz/> (дата обращения: 15.07.2020).

115 Брейдо И.В., Келисбеков А.К. Патент полезной модели РК. № охр. док.: 4896. электр. ресурс.- <https://gosreestr.kazpatent.kz/> / Способ управления и распределения нагрузок между электроприводами многодвигательного пластинчатого конвейера. Заявл. 12.02.2020; № 2020/0147.2; Оpubл. 30.04.2020; Бюл.№ 17. url: <https://gosreestr.kazpatent.kz/> (дата обращения: 15.07.2020).

116 Информация о продукции Mitsubishi Electric. Режим доступа: https://almateks.com/catalog/electrotexnicheskoe_oborudovanie/preobrazovатели_c_hastoty/mitsubishi_fr-a800.html. Дата обращения: 31.07.2020

117 Информация о продукции Mitsubishi Electric. Режим доступа: Инвент-Автоматика, www.atp.kz г., Алматы. Дата обращения: 31.07.2020

ҚОСЫМШАЛАР

**Қазақстан Республикасының пайдалы модельдерге патенттері,
техникалық шешімдерге өндірістен алынған енгізу актілері.**

ҚОСЫМША А
Қазақстан Республикасының пайдалы модельдерге патенттері (№3982)


ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ **РЕСПУБЛИКА КАЗАХСТАН**
REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

ПАТЕНТ
PATENT
№ 3982

ПАЙДАЛЫ МОДЕЛЬГЕ / НА ПОЛЕЗНУЮ МОДЕЛЬ / FOR UTILITY MODEL

 (21) 2019/0216.2
(22) 05.03.2019

Қазақстан Республикасы Пайдалы модельдер мемлекеттік тізілімінде тіркеу күні / Дата регистрации в Государственном реестре полезных моделей Республики Казахстан / Date of the registration in the State Register of Utility Models of the Republic of Kazakhstan: 14.05.2019

(54) Пластиналы конвейердің көп қозғалтқышты электржетегін біркалыпты іске қосу тәсілі
Способ плавного запуска многодвигательного электропривода пластинчатого конвейера
Method for smooth start of a multi-motor electric drive of an apron conveyor

(73) Келисбеков Адильбек Казбекович (KZ)
Kelisbekov Adilbek Kazbekovich (KZ)

(72) Брейдо Иосиф Вульфович (KZ) Breydo Iosif Vulfovich (KZ)




E. Оспанов
Y. Ospanov

«Ұлттық зияткерлік меншік институты» РМК директоры
Директор РГП «Национальный институт интеллектуальной собственности»
Director of the «National Institute of Intellectual Property» RSE

ҚОСЫМША А
Қазақстан Республикасының пайдалы модельдерге патенттері (№4896)


ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ **РЕСПУБЛИКА КАЗАХСТАН**
REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

ПАТЕНТ
PATENT
№ 4896

ПАЙДАЛЫ МОДЕЛЬГЕ / НА ПОЛЕЗНУЮ МОДЕЛЬ / FOR UTILITY MODEL

 (21) 2020/0147.2
(22) 12.02.2020

Қазақстан Республикасы Пайдалы модельдер мемлекеттік тізілімінде тіркеу күні / Дата регистрации в Государственном реестре полезных моделей Республики Казахстан / Date of the registration in the State Register of Utility Models of the Republic of Kazakhstan: 28.04.2020

(54) Көп қозғалтқышты пластиналы конвейерді басқару және электржетектері арасындағы жүктемені тарату тәсілі
Способ управления и распределения нагрузок между электроприводами многодвигательного пластинчатого конвейера
Method of control and distribution of loads between the electric drives of the multi-motor plate conveyor

(73) Келисбеков Адильбек Казбекович (KZ)
Kelisbekov Adilbek Kazbekovich (KZ)

(72) Келисбеков Адильбек Казбекович (KZ) Kelisbekov Adilbek Kazbekovich (KZ)
Брейдо Иосиф Вульфович (KZ) Breydo Iosif Vulfovich (KZ)



ЭЦҚ қол қойылды
Подписано ЭЦП
Signed by EDS

Е. Қуантыров
Е. Қуантыров
Y. Kuantyrov

«Ұлттық зияткерлік меншік институты» РМҚ директоры
Директор РГП «Национальный институт интеллектуальной собственности»
Director of the «National Institute of Intellectual Property» RSE

ҚОСЫМША А
Қазақстан Республикасының пайдалы модельдерге патенттері (№5122)


ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ **РЕСПУБЛИКА КАЗАХСТАН**
REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

ПАТЕНТ
PATENT

№ 5122

ПАЙДАЛЫ МОДЕЛЬГЕ / НА ПОЛЕЗНУЮ МОДЕЛЬ / FOR UTILITY MODEL



(21) 2020/0346.2

(22) 02.04.2020

(45) 03.07.2020

(54) Пластиналы конвейердің көп қозғалтқышты электржетегін іске қосуды басқару тәсілі
Способ управления запуском многодвигательного электропривода пластинчатого конвейера
Method of controlling the start-up of multi-motor drive of plate conveyor

(73) Келисбеков Адильбек Казбекович (KZ)
Kelisbekov Adilbek Kazbekovich (KZ)

(72) Келисбеков Адильбек Казбекович (KZ) Kelisbekov Adilbek Kazbekovich (KZ)
Брейдо Иосиф Вульфович (KZ) Breydo Iosif Vulfovich (KZ)
Данияров Нурлан Асылханович (KZ) Daniyarov Nurlan Assylkhanovich (KZ)



ЭЦҚ қол қойылды
Подписано ЭЦП
Signed with EDS

«Ұлттық зияткерлік меншік институты» РМК директоры
Директор РГП «Национальный институт интеллектуальной собственности»
Director of the «National Institute of Intellectual Property» RSE

Е. Куантыров
Е. Куантыров
Y. Kuantyrov

ҚОСЫМША Ә

Техникалық шешімдерге өндірістен алынған енгізу актілері

«УТВЕРЖДАЮ»

Директор по производству

Королёв Е.А.

ТОО «Разрез Молодежный»



АКТ внедрения результатов диссертационной работы

Товарищество с ограниченной ответственностью "Разрез Молодежный" (далее – ТОО «Разрез Молодежный») в лице директора по производству, с одной стороны, и Республиканское государственное предприятие на праве хозяйственного ведения «Карагандинский государственный технический университет» МОН РК (далее – РГП на ПХВ КарГТУ) в лице заведующего кафедрой «Автоматизация производственных процессов» КарГТУ, доктора технических наук, профессора Брейдо И.В. и докторанта PhD Келисбекова А.К., с другой стороны, составили настоящий акт внедрения результатов диссертационной работы о том, что рассмотрены результаты научно-исследовательской работы докторанта PhD Келисбекова А.К., полученные им в рамках выполняемого им диссертационного исследования по теме «Исследование и разработка взаимосвязанного многодвигательного частотно-регулируемого электропривода пластинчатого конвейера», специальность 6D071800 "Электроэнергетика".

Предложенный в работе Келисбекова А.К. способ плавного запуска многодвигательного электропривода пластинчатого конвейера, заключающийся в использовании частотно-регулируемого электропривода, который позволяет получить необходимый режим запуска конвейера без использования натяжного устройства. Как установлено докторантом, экономическая эффективность предложенного способа запуска конвейера заключается: в увеличении срока эксплуатации конвейера в связи с уменьшением износа при данном способе запуска; в сокращении расходов на замену и расход оборудования, а также в уменьшении потерь электроэнергии при пуске конвейера.

Таким образом, предлагаемый способ плавного запуска многодвигательного электропривода пластинчатого конвейера может быть рекомендован к практическому применению при эксплуатации пластинчатых конвейеров в условиях открытых горных работ.

От ТОО «Разрез Молодежный»:

Главный энергетик

Боранбаев Б.М.



От РГП на ПХВ КарГТУ:

заведующий кафедрой "АПП",

д.т.н., профессор Брейдо И.В.



докторант PhD специальности
6D071800 "Электроэнергетика"
Келисбеков А.К.


" 2 " 20 19 г.

ҚОСЫМША Ә

Техникалық шешімдерге өндірістен алынған енгізу актілері

«УТВЕРЖДАЮ»

Директор по производству
ТОО «Kazakhmys Coal (Казахмыс Коал)»
Королёв Е.А.



"18" 08 2020 г.

АКТ

внедрения результатов диссертационной работы

Товарищество с ограниченной ответственностью "Разрез Молодежный" (далее – ТОО «Kazakhmys Coal (Казахмыс Коал)») в лице директора по производству, с одной стороны, и некоммерческое акционерное общество «Карагандинский технический университет» МОН РК (далее – НАО КарТУ) в лице заведующего кафедрой «Автоматизация производственных процессов» КарТУ, доктора технических наук, профессора Брейдо И.В. и докторанта PhD Келисбекова А.К., с другой стороны, составили настоящий акт внедрения результатов диссертационной работы о том, что рассмотрены результаты научно-исследовательской работы докторанта PhD Келисбекова А.К., полученные им в рамках выполняемого им диссертационного исследования по теме «Исследование и разработка взаимосвязанного многодвигательного частотно-регулируемого электропривода пластинчатого конвейера с учетом упругих связей», специальность 6D071800 "Электроэнергетика".

Предлагаемым в научно-исследовательской работе Келисбекова А.К. способом управления и распределения нагрузок между частотно-регулируемыми асинхронными электроприводами в процессе эксплуатации многодвигательного пластинчатого конвейера осуществляется регулирование линейной скорости перемещения тягово-несущего органа, в зависимости от фактической погонной загрузки рабочей ветви, тем самым обеспечивая номинальную производительность конвейера, в то же время осуществляется обеспечение расчетного значения натяжения холостой ветви путем управления тяговым моментом ведомого электропривода конвейера в установившихся режимах работы.

Таким образом, предлагаемый способ управления и распределения нагрузок между частотно-регулируемыми асинхронными электроприводами в процессе эксплуатации многодвигательного пластинчатого конвейера может быть рекомендован к практическому применению при эксплуатации пластинчатых конвейеров в условиях открытых горных работ.

От ТОО «Kazakhmys Coal
(Казахмыс Коал)»:
Главный энергетик
Боранбаев Б.М.

"17" 08 2020 г.

От НАО КарТУ:
заведующий кафедрой "АПП",
т.н., профессор Брейдо И.В.



"17" 08 2020 г.

докторант PhD специальности
6D071800 "Электроэнергетика"
Келисбеков А.К.

"17" 08 2020 г.

**Кафедра «Автоматизация производственных процессов»
НАО «Карагандинский технический университет»
Корпоративный университет Службы персонала
ТОО «Корпорация Казахмыс»**

**ПРОТОКОЛ № 12/КУ-пр
рассмотрения результатов завершенной диссертационной работы
докторанта НАО «КарТУ» А.К. Келисбекова**

г. Караганда

« 07 » 09 20 20 года

Повестка дня:

1. Рассмотрение результатов завершенной диссертационной работы на тему «Исследование и разработка взаимосвязанного многодвигательного частотно-регулируемого электропривода пластинчатого конвейера с учетом упругих связей», представленной на соискание научной степени доктора PhD (направление «философия науки») по специальности 6D071800 - «Электроэнергетика».
2. Разное.

Слушали:

1.1 Руководителя Корпоративного университета Службы персонала ТОО «Корпорация Казахмыс», д.т.н. Даниярова Н.А., который представил присутствующим Келисбекова А.К. - докторанта НАО «Карагандинского технического университета» (далее – докторант КарТУ). Докторант КарТУ Келисбеков А.К. (завершил 3-й год подготовки) обучался в целевой докторантуре от АО «Жезказганский университет им. О.А. Байконурова» по специальности 6D071800 – «Электроэнергетика».

1.2 Докторант КарТУ Келисбеков А.К. представил заключительный отчет по выполненной диссертационной работе на тему «Исследование и разработка взаимосвязанного многодвигательного частотно-регулируемого электропривода пластинчатого конвейера с учетом упругих связей». Докладчик изложил: актуальность, цель и задачи проводимого исследования, а также основную идею работы, которая заключается в предлагаемом способе плавного запуска многодвигательного электропривода пластинчатого конвейера и способе управления и распределения нагрузок между электроприводами многодвигательного пластинчатого конвейера.

В диссертационной работе по результатам проведенных исследований представлены следующие вопросы:

- проведен анализ основных направлений исследований и технических решений в области разработки электроприводов цепных конвейеров;
- проведен расчет и анализ энергопотребления в различных режимах погонной загрузки рабочей ветви тягово-несущего органа конвейера;

- разработаны математические уравнения, описывающие пусковые и установившиеся режимы эксплуатации многодвигательного пластинчатого конвейера;
- разработана приведенная схема многодвигательного пластинчатого конвейера с асинхронным частотно-регулируемым электроприводом;
- разработан способ плавного пуска частотно-регулируемого электропривода многодвигательного пластинчатого конвейера;
- разработано техническое решение по обеспечению плавного пуска взаимосвязанного частотно-регулируемого многодвигательного электропривода пластинчатого конвейера с учетом упругих свойств тягово-несущего органа;
- на основе представленной системы математических уравнений в программе Matlab Simulink разработана компьютерная имитационная модель динамического процесса работы системы управления головного электропривода пластинчатого конвейера в пусковом режиме эксплуатации;
- разработан способ управления и распределения нагрузок между электроприводами многодвигательного пластинчатого конвейера в установившихся режимах эксплуатации;
- разработано техническое решение по управлению и распределению нагрузок во взаимосвязанном частотно-регулируемом многодвигательном электроприводе пластинчатого конвейера с учетом особенностей тягово-несущего органа;
- на основе представленной системы математических уравнений в программе Matlab Simulink (Math Operations) разработана компьютерная имитационная модель установившегося режима работы многодвигательного электропривода пластинчатого конвейера.

Научная новизна заключается в следующем:

- разработана математическая модель взаимосвязанного асинхронного частотно-регулируемого электропривода пластинчатого конвейера;
- предложен комплекс технических решений по реализации систем плавного запуска и управления распределением нагрузок в многодвигательном асинхронном частотно-регулируемом электроприводе пластинчатого конвейера.

Практическая значимость полученных результатов заключается:

- в предложенном способе плавного запуска многодвигательного асинхронного частотно-регулируемого электропривода пластинчатого конвейера с учетом предварительного провиса его тягово-несущего органа (патент РК на полезную модель №3982 от 05.03.2019 г., №4896 от 12.02.2020 г.);
- в предложенном способе управления и распределения нагрузок между частотно-регулируемыми электроприводами многодвигательного пластинчатого конвейера, с учетом фактической загрузки его тягово-несущего органа (патент РК на полезную модель №5122 от 02.04.2020 г.).

Связь темы диссертации с государственными программами, грантами и хозяйственными работами:

Докторант А.К. Келисбеков участвовал в качестве ответственного исполнителя в оформлении и подаче заявки от КарГТУ на грантовое финансирование по научным и (или) научно-техническим проектам на 2018-2020 годы (МОН РК), проект «Исследование, разработка и обоснование основных параметров крутонаклонного конвейера с линейным приводом для условий открытых горных работ».

Апробация диссертационной работы.

Выступление с докладом на совместном заседании Корпоративного университета Службы персонала и секретариата Научно-технического Совета ТОО "Корпорация Казахмыс", на котором рассмотрены промежуточные результаты выполняемой диссертационной работы (2018 г.).

Публикации в сборниках конференций: в трудах Международной научно-практической конференции «Интеграция науки, образования и производства - основа реализации Плана нации» (Сагиновские чтения №10, 14-15 июня 2018г.), в трудах Международной научно-практической конференции «Интеграция науки, образования и производства – основа реализации Плана нации» (Сагиновские чтения №11, 14-15 июня 2019 г.); в трудах Международной научно-практической конференции «Интеграция науки, образования и производства – основа реализации Плана нации» (Сагиновские чтения №11, 16 июня 2020 г.).

Реализация результатов работы в промышленности.

Результаты исследовательской работы были доложены руководству и инженерно-техническому составу ТОО "Разрез Молодежный" (2018-2020 гг.). По результатам доклада получен положительный отзыв и оформлены акты внедрения результатов диссертационной работы.

Основные научные результаты докторской диссертации опубликованы в 18 научных трудах, в том числе: 3 публикации - в изданиях, рекомендованных Комитетом по контролю в сфере образования и науки МОН РК (в том числе: 1 - в базе Scopus, 16 процентиль); 3 публикации – в изданиях, входящих в информационную базу компании Scopus (с процентилем не менее 25); 1 статья - в журнале, входящем в базу данных Clarivate Analitik (ISI); 10 публикаций - в трудах международных научно-практических конференций (2 – в странах ближнего зарубежья).

Получены патенты полезных моделей РК:

- патент РК на полезную модель №3982 от 05.03.2019 г.
- патент РК на полезную модель №4896 от 12.02.2020 г.
- патент РК на полезную модель №5122 от 02.04.2020 г.

Принято решение:

1. Считать завершенной диссертационную работу докторанта Келисбекова Адильбека Казбековича на тему «Исследование и разработка взаимосвязанного многодвигательного частотно-регулируемого электропривода пластинчатого конвейера с учетом упругих связей», представленную на соискание научной степени доктора PhD (направление «философия науки»).

2. Отметить, что данная диссертационная работа соответствует всем требованиям, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени доктора PhD (направление «философия науки») по специальности 6D071800 – «Электроэнергетика».

3. Рекомендовать к практическому применению предложенные в работе технические решения по модернизации асинхронного многодвигательного электропривода пластинчатого конвейера, применяемого в условиях открытых горных работ.

4. Результаты диссертационного исследования использовать при оформлении заявок на участие в проводимых Министерством образования и науки РК конкурсах в рамках грантового и/или программно-целевого финансирования.

Научный руководитель,
заведующий кафедрой АПП НАО КарТУ
доктор технических наук, профессор

Брейдо И.В.

Руководитель Корпоративного университета
Службы персонала
ТОО «Корпорация Казахстан»,
доктор технических наук
(должность)



Данияров Н.А.
(Ф.И.О.)

«УТВЕРЖДАЮ»

Директор

ТОО «Kaztransprommash»

к.т.н. Рожков А.В.

" 5 " 10 20 20 г.

АКТ

внедрения результатов диссертационной работы

Товарищество с ограниченной ответственностью ТОО «Kaztransprommash» в лице директора к.т.н. Рожкова А.В., с одной стороны, и некоммерческое акционерное общество «Карагандинский технический университет» МОН РК (далее – НАО КарТУ) в лице заведующего кафедрой «Автоматизация производственных процессов» КарТУ, доктора технических наук, профессора Брейдо И.В. и докторанта PhD Келисбекова А.К., с другой стороны, составили настоящий акт внедрения результатов диссертационной работы о том, что рассмотрены результаты научно-исследовательской работы докторанта PhD Келисбекова А.К., полученные им в рамках выполняемого им диссертационного исследования по теме «Исследование и разработка взаимосвязанного многодвигательного частотно-регулируемого электропривода пластинчатого конвейера с учетом упругих связей», специальность 6D071800 "Электроэнергетика".

Предложенный в работе Келисбекова А.К. способ плавного запуска многодвигательного электропривода пластинчатого конвейера, заключающийся в использовании частотно-регулируемого электропривода позволяет получить необходимый режим плавного запуска конвейера. Как установлено докторантом, техническим результатом предложенного способа запуска конвейера заключается: в увеличении срока эксплуатации конвейера в связи с уменьшением износа при данном способе запуска; в сокращении расходов на замену и расход оборудования, а также в уменьшении потерь электроэнергии при пуске конвейера.

Таким образом, предлагаемый способ плавного запуска многодвигательного электропривода пластинчатого конвейера может быть рекомендован к практическому применению при эксплуатации пластинчатых конвейеров в условиях открытых горных работ.

докторант PhD специальности
6D071800 "Электроэнергетика"
Келисбеков А.К.



" 5 " 10 20 20 г.

От НАО КарТУ:
заведующий кафедрой "АПП",
д.т.н., профессор Брейдо И.В.



" 5 " 10 20 20 г.

ЗАВЕРЯЮ
Директор ДАР КарТУ


«УТВЕРЖДАЮ»

**Директор
ТОО «Kaztransprommash»
к.т.н. Рожков А.В.**

" 5 " 10 2020 г.

АКТ

внедрения результатов диссертационной работы

Товарищество с ограниченной ответственностью ТОО «Kaztransprommash» в лице директора к.т.н. Рожкова А.В., с одной стороны, и некоммерческое акционерное общество «Карагандинский технический университет» МОН РК (далее – НАО КарТУ) в лице заведующего кафедрой «Автоматизация производственных процессов» КарТУ, доктора технических наук, профессора Брейдо И.В. и докторанта PhD Келисбекова А.К., с другой стороны, составили настоящий акт внедрения результатов диссертационной работы о том, что рассмотрены результаты научно-исследовательской работы докторанта PhD Келисбекова А.К., полученные им в рамках выполняемого им диссертационного исследования по теме «Исследование и разработка взаимосвязанного многодвигательного частотно-регулируемого электропривода пластинчатого конвейера с учетом упругих связей», специальность 6D071800 "Электроэнергетика".

Предлагаемым в научно-исследовательской работе Келисбекова А.К. способом управления и распределения нагрузок между частотно-регулируемыми асинхронными электроприводами в процессе эксплуатации многодвигательного пластинчатого конвейера осуществляется регулирование линейной скорости перемещения тягово-несущего органа, в зависимости от фактической погонной загрузки рабочей ветви, тем самым обеспечивая номинальную производительность конвейера, в то же время осуществляется обеспечение расчетного значения натяжения холостой ветви путем управления тяговым моментом ведомого электропривода конвейера в установившихся режимах работы.

Таким образом, предлагаемый способ управления и распределения нагрузок между частотно-регулируемыми асинхронными электроприводами в процессе эксплуатации многодвигательного пластинчатого конвейера может быть рекомендован к практическому применению при эксплуатации пластинчатых конвейеров в условиях открытых горных работ.

**докторант PhD специальности
6D071800 "Электроэнергетика"
Келисбеков А.К.**

" 5 " 10 2020 г.

**От НАО КарТУ:
заведующий кафедрой "АПП",
д.т.н., профессор Брейдо И.В.**



**ЗАВЕРЯЮ
Директор ДАР КарТУ**