

Аңдатпа

Бұл жұмыста вентильді-индукторлы қозғалтқышты есептеу қарастырылды, яғни вентильді-индукторлы қозғалтқыштың магнит тізбегі, моменті және қуаты есептеліп, оның пішіні таңдалды.

Өмір тіршілік қауіпсіздігі бөлімінде қозғалтқыш шығаратын шу есептелді және қозғалтқыштар орналасқан бөлмедегі жарықтандыру жағдайлары қарастырылды.

Экономикалық бөлімде айналу жиілігі реттелетін электр жетегі өндіруден пайда болатын экономикалық нәтиже, электр энергиясын үнемдеу шаралары және шығындарды төмендету тәсілдері қарастырылды.

Аннотация

В этой работе был рассмотрен расчет двигателя с вентильно-индуктором, то есть были выбраны магнитная цепь, момент и мощность двигателя индуктора клапана и выбрана его форма.

В разделе «Безопасность жизнедеятельности» был рассчитан шум, создаваемый двигателем, и условия освещения в помещении, где располагались двигатели.

В экономической части рассматривался экономический эффект от регулируемых электроприводов, меры по экономии энергии и способы снижения издержек.

Annotation

In this study, it is considered the engine with a valve inductor that has a magnetic circuit, a momentum and capacity of the motor inductor valve and the exhaust.

In the section "Safer ship of life" was rumored as a noise, a crew engine and a mirror of comfort, in which the engines were evacuated.

The economic part has been regarded as an economical effect from regulated electric drives, electricity and energy efficiency.

Мазмұны

Кіріспе.....	9
1 Шолу бөлігі.....	10
1.1 ВИҚ-тың іс-әрекет принципі.....	10
1.2 ВИҚ-тың құрылымдық сұлбасы.....	18
2 Вентильды-индукторлық қозғалтқыштың есептеуі.....	24
2.1 Жобалауға арналған тапсырма.....	24
2.2 ВИҚ-ты есептеу.....	24
2.2.1 Конфигурация таңдау.....	25
2.2.2 Статордың тіс аймағын жобалау.....	25
2.3 Ротордың тісше зонасы.....	26
2.4 Коммутация циклінің интервалы.....	27
2.5 Магниттік өткізгіштің коэффициентін есептеу.....	28
2.6 ВИҚ-тың орамдары және ток параметрлерін анықтау.....	29
2.7 Фазадағы ток.....	30
2.8 ВИҚ-тың моменті мен қуаты.....	32
2.9 Паз толу коэффициенті.....	32
2.10 Фазаның белсенді кедергісін есептеу.....	33
2.11 Белсенді материалдардың массасын есептеу.....	34
2.12 ПӘК және шығын есептеу.....	36
3 Технологиялық бөлім.....	37
3.1 Конструкция сипаттамасы.....	37
3.2 Конструкцияны технологиялыққа өңдеу кезінде техникалық шешімдер.....	39
3.3 Корпустың технологиялық үрдістерін дайындау.....	40
3.3.1 Қапталған кокиль принципін құю.....	40
3.3.2 Механикалық өңдеу.....	41

3.4	Механикалық өңдеу үшін пайдаланылатын жабдық.....	42
4	Өмір тіршілік қауіпсіздік бөлімі.....	43
4.1	Шу.....	43
4.2	Шуды есептеу.....	43
4.3	Жарықтандыруды өңдеу.....	48
5	Экономикалық бөлім.....	53
5.1	Экономикалық бөлімді есептеу.....	53
	Қорытынды.....	61
	Әдебиеттер тізімі.....	62

Кіріспе

Вентильды-индукторлы қозғалтқыш - бұл электр машинасының және реттелетін электр жетегінің біріктірілген жүйесінің қасиеттерін біріктіретін электромеханикалық энергия түрлендіргішінің салыстырмалы түрде жаңа түрі. Кез-келген электр қозғалтқышы сияқты, ол электр желісінен жеткізілетін электр энергиясын қайта жүктеуге ауыстырылған механикалық энергияға жеткізеді. Бақыланатын электр жетегінің жүйесі ретінде, ВИҚ осы процесті нақты жүктеме бойынша басқаруға мүмкіндік береді: айналу жылдамдығын, қуаты және т.б.

Ол мыналардан тұрады: индуктивті құрылғы (ИҚ), жиілік түрлендіргіші, басқару жүйесі және ротордың орналасу сенсоры. ВИҚ элементтерінің функционалды мақсаты айқын: жиілік түрлендіргіші ИҚ фазаларын төртбұрышты нысандағы полярлы емес кернеу импульсімен қамтамасыз етеді; ИҚ электромеханикалық энергияны конверсиялауды жүзеге асырады, оған енгізілген алгоритмге сәйкес басқару жүйесі және ротордың орналасу сенсорынан келетін кері байланыс сигналдары осы процесті бақылайды.

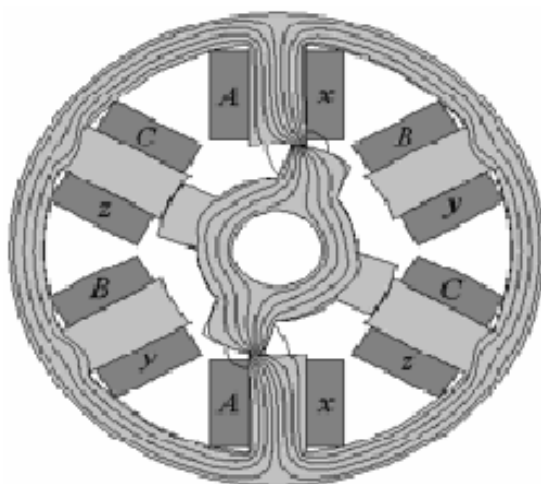
ВИҚ құрылымы реттелетін электр жетегінің классикалық жүйесінен ерекшеленбейді. Сондықтан оның барлық қасиеттері бар. Дегенмен реттелетін электр жетегіне қарағанда, мысалы, асинхронды қозғалтқышы бар ВИҚ ішіндегі ИҚ өзі үшін жеткіліксіз. Негізінен жиілік түрлендіргіші мен басқару жүйесі жоқ болған жағдайда жұмыс істей алмайды.

1. Шолу бөлігі

1.1 ВИҚ-тың іс-әрекет принципі

Вентильді-индукторлы қозғалтқыштардың жұмысы магнит өрісінде орналасқан ферромагниттік денеге механикалық тарту күштері әсер ететін физикалық құбылысқа негізделген, ол бұл денені магнит өрісі ең көп шоғырланған аймаққа жылжытуға ұмтылады.

Фазаларының саны $m \geq 3$ ВИҚ-тың магниттік жүйесі, ротордың кез-келген қалпы үшін оларды қоздырған кезде роторды қозғалысқа келтіретін орауыштар тобы табылатындай етіп орындалған. Бұл "өлі аймақтар" деп аталатын аймақтың болмайтынын білдіреді, оларда орауыштардың бірде-біреуі айналдырушы момент тудыра алмайды, ол қозғалтқышты жүргізген кезде ең орынсыз жағдай. Сондықтан да статор тістерінің саны Z_S ротордың тістер санына тең болмау керек Z_R .



1.2 сурет – КИҚ 6/4-тегі магниттік өрістің бейнесі

Жалпы қабылданған ВИҚ конфигурациясының белгісі бөлшектен тұрады, алымында оның статор тістерінің саны, ал бөлімінде – ротордың тістерінің саны көрсетіледі. 1.2 суретте көрсетілген магнит өрісінің көлденең қимасының ВИҚ 6/4 конфигурациясында А-х фазасын енгізу (қозғау) кезінде. Бұл кезде ротор әсерінен электромагниттік күштер сағат тіліне қарсы бағытта айналатын болады. Периодты коммутация кезінде дәйекті ротор айналу фазалары орташа бұрыштық жылдамдықпен жүзеге асырылады және коммутация жиілігіне тепе-тең болады.

Қандай да бір фазаны қозғау кезінде ротор қозғалтқыш белгіленген орнын алуға тырысады, онда жанданған фазаның индуктивтілігі максималды болады. Тиісінше ротордың орналасуы онда жанданған фазаның индуктивтілігі минималды болғандықтан келісілмеген деп аталады. Жалғыздық коммутация жағдайында, әр уақытта тұрақты кернеу көзіне тек бір фаза қосылса, жағдай келісілген болады, егер ротор тішесінің өсі

қозғалған статор тісшесінің өсімен сәйкес келсе және келісілмеген болса, бұл жағдайда ойық ротор өсі қозғалған статор тісшесімен сәйкес келеді.

Келісілген ротордың жағдайы орнықты тепе-теңдік жағдайы болып табылады, ал келісілмеген – тұрақсыз тепе-теңдік болып табылады.

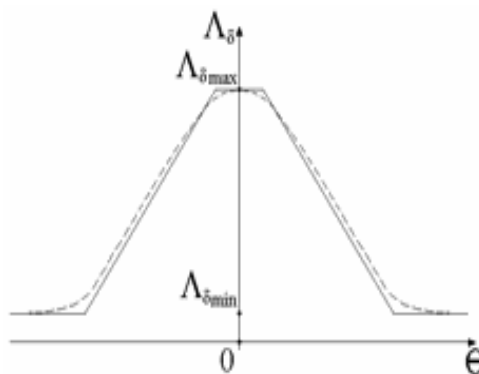
Ротордың бұрыштық жағдайы келісілмеген θ бұрышымен сипаттауға қабылданады. Осы бұрышты есептеу барысында әр түрлі зерттеушілер қабылдаған бұрыштық жағдай, сәйкес келетін немесе келісілген, немесе өзекшелердің келісілмеген жағдайлар болуы мүмкін. Бұл мәселе принципіалды емес болып табылады, алайда осы ерекшелікті ескеру қажет. Берілген оқулықта θ бұрышын есептеу барысында келісілген статор және ротордың өзекшелерінің жағдайы қабылданған, бұндай кезде фаза индуктивтігі ең үлкен мәнге ие болады және осылайша, келісілмеген $\theta=0^\circ$ болмаған жағдайда.

ВИҚ-тың өзекшелерінің өзара орналасуы магнитті өткізгішті әуе саңылауы астында қозғалған Λ_δ тісшесімен сипатталады, ол жалпы жағдайда былай анықталады:

$$\Lambda_\beta = \frac{\Phi_\delta}{F_\delta} \Gamma, \quad (1.1)$$

мұнда, Φ_δ – саңылау арқылы өтетін магнит ағыны, Вб;
 F_δ –саңылаудағы МҚК құлауы, А .

Λ_δ шамасы қозғалтқыштың конфигурациясына, оның тізбек магниттік қанығу дәрежесіне, өзекшелердің тісше аймағының өлшемдеріне және олардың өзара орналасуына байланысты.



1.3 сурет - Тәуелділік $\Lambda_\beta(\theta)$

Ротордың бұрыштық орналасуына саңылаудың магниттік өткізгіштігінің тәуелділігі 1.3-суретте келтірілген. Мұнда нүктелі сызықпен көрсетілген нақты тәуелділігі, ал тұтас сызықпен оның бөлшектік-сызықтық жуықталуы көрсетілген. Оны біз қозғалтқыштағы үрдістерді кейінгі қарастыруды жеңілдету үшін пайдаланамыз.

Ротор ВИҚ-ты әсер ететін электр моменті, магниттік өріс энергиясының W (немесе коэнергии W') жеке туындысына тең, ротордың бұрылу бұрышы θ тіркелген ағыны Φ (немесе ток i) [1] кезінде:

$$M = - \frac{dW}{d\theta} \quad (1.2)$$

Немесе

$$M = \frac{1}{2} \cdot F_{\delta}^2 \cdot \frac{\partial \Lambda_{\delta}}{\partial \theta} \quad (1.3)$$

(1.3) көріп отырғанымыздай момент токпен ғана емес, тәуелділікпен де $\Lambda_{\delta}(\theta)$, 1.3 суретте келтірілген. Ол, атап айтқанда, ротор бұрылған кезде саңылаудың магниттік өткізгіштігінің өзгерістерін электр момент ВИҚ-ты анықтайды.

Ұсынылған жеңілдетілген өтпелі үрдісті бір фазалы коммутация циклін негізге ала отырып ВИҚ-тың жұмысына талдау жүргіземіз.

Қозғалтқыш режиміндегі оң айналу моментін алу үшін (1.3) сәйкес Λ_{δ} өткізгіштігінің магниттік өсу аралығында қорек кернеуі фазаға берілуі тиіс.

Фазаны қосқаннан кейін оның бойымен ток жүреді. Ротордың сол кездегі жағдайы белсенді кедергі және фазаның индуктивтілігімен шектігімен байланысты. МҚК орамдарының әсерінен магниттік сымдарда, магнит ағыны туады. Орауыш фазаларының жолдарына ілініп, олар фазаның ағым ілінуін анықтайды. Қозғалтқыштың белсенді көлемінде магнит өрісі туындайды, қозғалатын статор тіше ауданында қарқындылығы өте жоғары болады. Фазаның ең жоғары индуктивті мәніне сәйкес магнит өрісіндегі ферромагниттік ротор, фазаның қозғалған орауыштарының әсерінен құрылған электромагниттік күштерден айналымға келеді және орнын алуға ұмтылады.

Ротор айналуы толық магнит ағынының өзгеруіне әкеледі, орауыштың өзектерімен ұстасады (яғни орауыштың ағынмен жанасуы Ψ), онда электромагниттік индукция заңына сәйкес ЭҚК-і:

$$e = - \frac{d\Psi}{dt} \quad (1.4)$$

Тұрақты кернеу U_d көзінен фазаны қоректендіру кезінде электрлік тепе-теңдік контуры теңдеуі келесі түрде болады:

$$U_d = -e + i_{\phi} R_{\phi} \quad (1.5)$$

немесе, (1.4) ескеріп,

$$\frac{d\Psi}{dt} = U_d - i_{\phi} R_{\phi} \quad (1.6)$$

мұнда, Ψ – фазаның ағынмен байланысы;
 i_{Φ} – фазадағы ток; R_{Φ} – фазаның электрлік кедергісі.
 Фазадағы ток ағын байланысы және фаза индуктивтілігімен анықталады:

$$i = \frac{\Psi}{L} \quad (1.7)$$

Егер магниттік сымда МҚК төмендеуін елемесек, онда индуктивтілік қалыпты жағдайда саңылаудың магнитті өткізгіштігімен анықталатын болады, оны келесі ара қатынас көрсетеді:

$$L(\theta) = w^2 \Lambda_a(\theta) \quad (1.8)$$

мұнда, w – фазадағы тораптар саны.

Фазаның коммутация цикліндегі үрдістерін тұрақты жылдамдықпен үздіксіз айналу режимінде және қозғалтқыш жұмысы кезінде қарастырайық. Уақыт t [с] ротордың бұрылу бұрышымен γ [рад] байланысты және айналу жылдамдығы ω [рад/с] арақатынасымен:

$$t = \frac{\gamma}{\omega} \quad (1.9)$$

Болдырмауды ескере отырып, бір фазадағы үрдістерді қарастырып шектелік. ВИҚ әрбір фазасындағы энергияның электр механикалық түрлендіруі басқа фазаларға қарамастан жүреді.

Оңайлату үшін фазаның белсенді кедергісін елемейміз $R_{\Phi} = 0$. Бұл жағдайда, формула (1.6) мынадай болады

$$\frac{d\Psi}{dt} = U_d \quad (1.10)$$

Фазаның қосылуы статор және ротор тішшелерінің жақындауы басталғанға дейін жүзеге асырылады және келісілмеген жағдайға жақын болады. Бұл токтың талап етілетін шамасына дейін өсуіне мүмкіндік береді, әзірге фазасының индуктивті кедергісі аз.

Мысалы, фазаны кернеуге U_d қосу кезде уақыт $t_{\text{косу}}$ (сур. 1.4). (1.10) бойынша айқындалатын ағын байланысы, желілік заң бойынша өседі. (1.7) және (1.8) Сәйкесінше жуықтау үшін қабылданған саңылау қисық магниттік өткізгіштігі (сур. 1.3) ток фазаның белсенді кедергісімен ғана шектеулі және ең төменгі индуктивтілігімен желілік заң бойынша $t_{\text{баст}}$ уақыт тез ұлғайады. Тішшелері жабыла бастаған $t_{\text{баст}}$ уақытта, индуктивтілік артуы басталады және фазадағы токтың өсу жылдамдығының сәл азаюна немесе тіпті түсіп кетуіне әкеледі. Бұл фаза кедергісінің толық электрлік көлемі мен ротордың айналу жиілігіне байланысты болады.

Кернеу басқарушы фазаға беріліс $t_{\text{өшіру}}$ уақыты кезінде тоқтатылады. Фаза жұмыс уақыты $t_{\text{жұм}} = t_{\text{өшіру}} - t_{\text{қосу}}$ фазаның жұмыс істеу бұрышымен анықталады $u_{\text{жұм}}$:

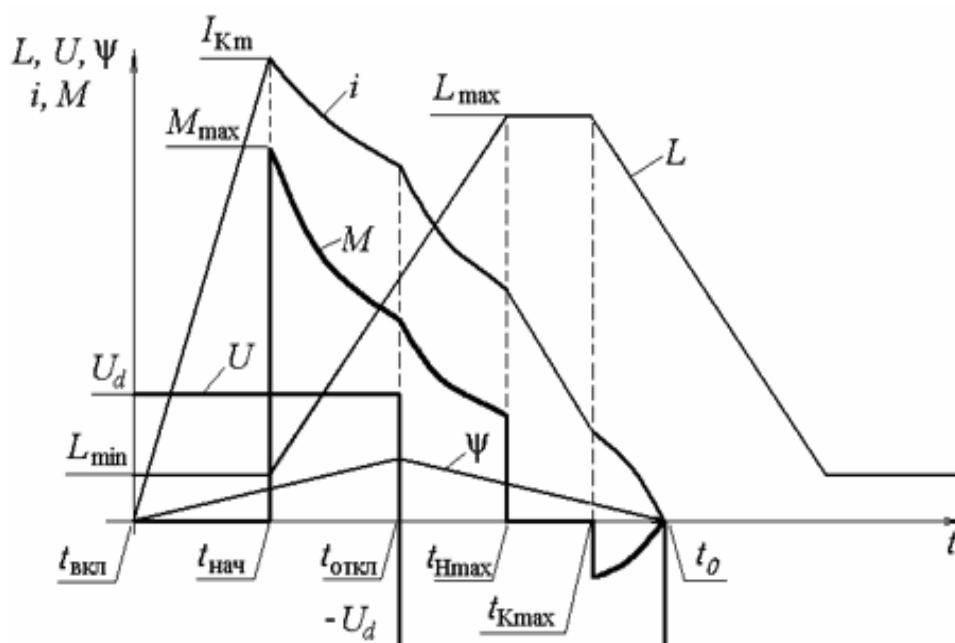
$$t_{\text{жұм}} = \frac{U_{\text{жұм}}}{\omega} \quad (1.11)$$

$t_{\text{өшіру}}$ уақыты кезінде коммутатордың күш кілттері фазаны қорек көзінен ажыратады және фазаның ағым байланысы желілік заң бойынша нөлге дейін азаяды (сур. 1.4). Фазаның белсенді кедергісін ескерген жағдайда аралық ағым байланыс азаюы ($t_{\text{өшіру}}, t_0$) оның өсу аралығына ($t_{\text{қосу}}/t_{\text{өшіру}}$) тең болады.

$t_{\text{өшіру}}$ уақыты индуктивті тізбекте секіріс әсерінен өзгеруі мүмкін емес және ол фазадағы ток болып саналады. Кері диодтар арқылы ағады, конденсаторды қуаттандырады және азая бастайды (1.1 суретті қараңыз). Орауыштың магниттік өрісінің энергиясы механикалық энергия және конденсатордың электр өрісі энергиясына ауысады. Келесі циклде коммутация бұл конденсатор энергиясы фазасының орауыштары магнит өрісінің энергиянысын арттыру үшін пайдаланылады.

Тізбектердің индуктивтілікпен ажырауы кезінде кері диодтардың негізгі рөлі коммутатор күштік кілттерін қауіпті кернеулерден қорғау. Фаза өшірілгеннен кейін осы диодтардың әсері кері полярлы кернеу қосылуына әкеледі. Бұл режим кезінде фазаға қоса берілген кері кернеу арқасында токтың азаюы жылдамдайды. Режим-ажырату режимі деп аталады.

$t_{\text{өшіру}}$ -ден t_{Hmax} аралығына дейін индуктивтілік ұлғаю аясында ток азаяды t_{Hmax} уақыты кезінде статор мен ротордың тісшелері толық жабылғанша.



1.4 Сурет - ВИҚ-тың коммутация циклі

Егер ротор тісшесінің ені статор тісшесінің енінен үлкен болса, онда жоғарыда қабылданған саңылау қисық магниттік өткізгіштігінің жуықтауы айқын көлденең алаңша болады, $\Lambda_{\delta_{\max}}$ (1.3 суретті қараңыз) яғни ең жоғары өткізгіштігіне тиісті. Осы алаңның ені ротор мен статор тісшелерінің енін әртүрлілігіне сәйкес келеді.

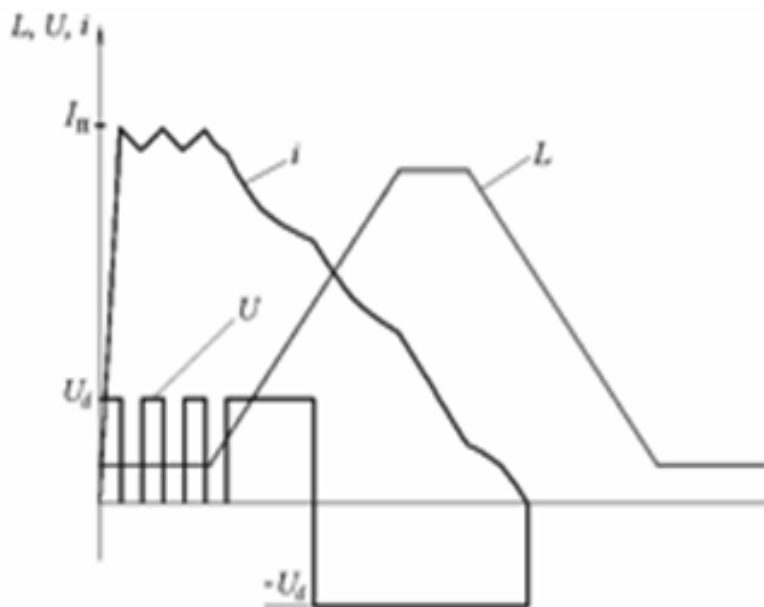
Интервалдағы ($t_{H_{\max}}/t_{K_{\max}}$) ток, формулаға (1.7) сәйкес желілік заңы бойынша өзгеруі ықтимал.

Ақырында, уақыт интервалында $t_{K_{\max}}$ бастап t_0 дейін ток сызықты емес нөлге дейін азаяды.

Жоғарыда сипатталғандай коммутация циклында электромагниттік момент өзгеру сипаты ұқсас талқылау пайдалана отырып анықтауға болады, формула (1.3) талдау үшін пайдаланып, сонымен қатар, $F_{\delta} = i_w$, тиісті саңылаудың ток және магниттік өткізгіштік байланысы болады.

Саңылаудың тұрақты өткізгіштігі ($t_{\text{косу}}, t_{\text{бастау}}$) арналған аралықтағы $\Lambda_{\delta_{\min}}$ уақытта нөлге тең. Интервалда ($t_{\text{бастау}}, t_{\text{өшіру}}$) электромагниттік моменті ток квадратына пропорционалды өзгереді. Уақытша аралықтағы от $t_{\text{өшіру}}$ дейін $t_{H_{\max}}$ момент азаяды, ал ($t_{H_{\max}}, t_{K_{\max}}$) аралығында саңылаудың тұрақты өткізгіштігінде $\Lambda_{\delta_{\max}}$ жаңадан нөлдік мәнге ие болды. Егер фазаны қосу және ажырату бұрыштарын, ток фазада саңылау өткізгіштігінің азаю учаскесінде орны болатындай алсақ, онда электр моменті (1.3) формулаға сәйкес, тежегіш сипатта болады, фазадағы токпен бірге нөлге дейін азаяды (қараңыз. сур. 1.4).

Жоғарыда қаралған біримпульсті жұмыс режимі, ротордың айналу жылдамдығы жеткілікті жоғары болғанда және белгілі уақытта ток шекті рұқсат етілген мәнге дейін өсіп үлгермейді, фазасы басталған сәттен фазалық индуктивтілік ұлғаюға дейінгі сәтке дейін.



1.3 сурет (ЕИМ) режимі

Салыстырмалы шағын айналу жылдамдығы, қозғалтқыштың іске қосу кезіндегі сияқты, ток ($t_{\text{косу}}, t_{\text{бастау}}$) интервалында шекті мәнге I_n жетіп үлгереді және сол кезде фазалық кернеудің ендік-импульсті модуляция (ЕИМ) режимі

әрекет ете бастайды және тоқты шектеу режимін белгілейді. Бұл режимнің өрлеуі келесідей сипатталады-сур. 1.5.

Бірімпульсты режимі энергияны электрмеханикалық түрлендіру тұрғысынан тиімді және неғұрлым оңтайлы болып табылады. Оның номиналды жұмыс режимі бірімпульсты болу үшін ВИҚ осылайша жобаланады.

Номиналды режимде машинаны сипаттайтын параметрлер номиналды деп аталады. ВИҚ-тың номиналды параметрлеріне номиналды қуаты $P_{ном}$, Вт, номиналды айналым жиілігі $n_{ном}$, айн/мин, номиналды момент $M_{ном}$, Н×м, номиналды кернеу $U_{ном}$, ТҮР фазалардың саны, номиналды ПӘК $h_{ном}$ жатады.

Айналу жиілігі n бұрыштық жылдамдыққа ω байланысты:

$$\omega = \frac{2\pi n}{60} \text{ 1/c} \quad (1.12)$$

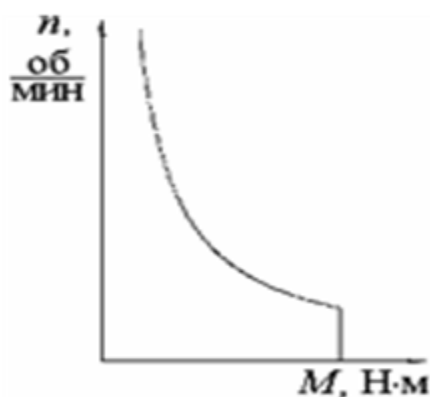
Қуаты P , момент M және бұрыштық жылдамдық ω - бір бірімен белгілі арақатынаста:

$$P = M\omega \quad (1.13)$$

Қозғалтқыш жарамдылығын нақты пайдалану үшін механикалық сипаттаманы анықтайды, ол айналу жиілігінің тәуелділігін қорек көзінің тұрақты кернеу кезін көрсетеді:

$$n = f(M) \quad U = \text{const} . \quad (1.14)$$

Механикалық сипаттамаларының түрі 1.6.сур шамамен бейнеленген. Бұл ВИҚ механикалық сипаттамасы тұрақты ток қозғалтқышының (ТТҚ) сипаттамасымен ұқсас тізбектей қозу сол араға шағын жиілік айналу аймағында орналасқан үлкен моменттер. ТТҚ-ның сипаттамасы гиперболдық сипаты бар және қозғалтқыш артық жүктемемен жұмыс істейді. Айырмашылығы бұл ВИҚ шағын айналу жиіліктері кезінде ток шектегіш қосылады (1.5суретті қараңыз) және сипаттамасы тік сипатты қабылдайды. ВИҚ қысқа тұйықталу режимдерінен мүлдем қорықпайды.



1.6 сурет - ВИҚ-тың механикалық сипаттамасы

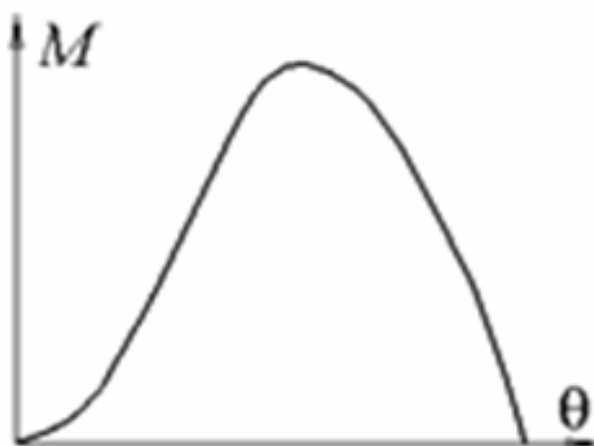
Сонымен қатар, жоғарыда аталғаннан басқа да маңызды көрсеткіштерді атап өткен жөн және ВИҚ-ты жобалау кезінде маңызы зор сипаттамалар да бар.

Магниттік бейсимметрияның маңызды сипаттамасы ВИҚ K_λ коэффициенті болып табылады. Саңылаудың ең жоғарғы және ең төменгі магниттік өткізгіштігінің қатынасына тең:

$$K_\lambda = \frac{\lambda_{\delta max}}{\lambda_{\delta min}} \quad (1.15)$$

Бұл коэффициент ВИҚ энергетикалық мүмкіндігін айтарлықтай дәрежеде сипаттайды және де ол машиналардың электр моменті мен қуатын анықтайды. Жобалау кезінде ВИҚ бұл коэффициенттің үлкен мәнін алуға ұмтылады. Өмірде ВИҚ (болаттын қанығуын ескере отырып) ала алады $K_\lambda = 7...10$ [2].

Қозғалтқыштың фазасын тұрақты токпен қоректендіру кезінде құрылатын айналу моменті, статикалық момент деп аталады.



1.7 сурет - ВИҚ-тың статикалық моменті

Статикалық момент өзгерісі ротордың бұрыштық жағдайында фазадағы тұрақты ток тәуелдік сипатында болады, 1.7 суретте көрсетілгендей ВИҚ жобалау кезінде фазаны қосу бұрышын таңдау өте маңызды болып табылады. Осыған байланысты фазалық ток нысаны және оны өзгерту жүктемеге байланысты. Ескере келгенде, қосу бұрышы ВИҚ энергетикалық көрсеткіштеріне әсер етеді. Фазаны өшіру бұрышы қосу бұрышына байланысты екенін ескерміз.

1.2 ВИҚ-тың құрылымдық сұлбасы

Бұрын хабарланғандай, ВИҚ электр машинасы, автоматты басқару жүйесімен функционалды біріктірілген. ВИҚ құрамына кіретін негізгі элементтерді қарастырайық. Сурет 1.1 бейнеленген функционалдық схемасы үш фазалы ВИҚ, алайда фазалардың кез келген саны бар қозғалтқыштар үшін оның құрулу принципі өзгеріссіз қалады.

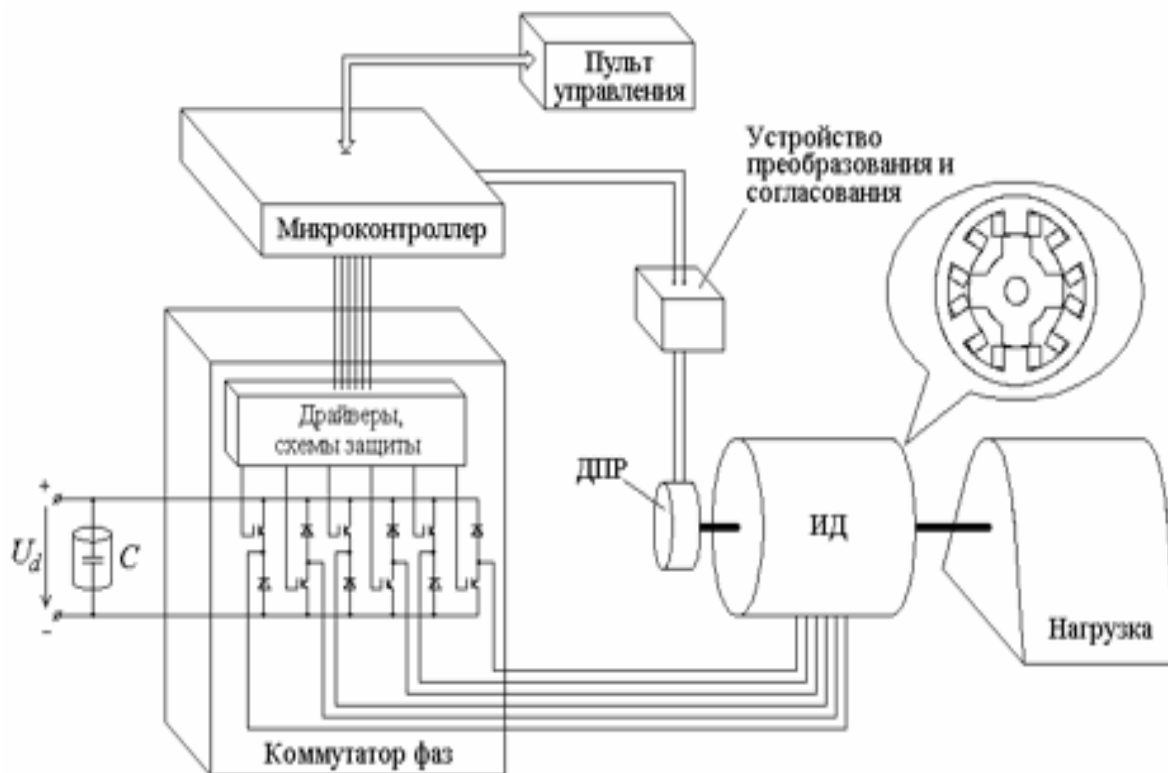
ВИҚ-тың негізгі элементі – электромеханикалық түрлендіргіштің жеке-өзі – индукторлық қозғалтқыш (ИҚ). ИҚ-тың магниттік жүйесі статор мен ротордың өзекшелерінен тұрады және айқын тісшелері анық болады. Құйынды токтардан шығындарды азайту үшін өзекшелерді тазалайды. Арналған роторда орамдар, тұрақты магниттер және қандай да бір қоздыру жүйесі жоқ. Мұндай роторды пассивті деп атайды. Статор тісшелерінде орауыштар орамасының шоғыры орналастырылған. Екі полюсті қозғалтқышта екі орауыш статордың диаметріне қарама-қарсы тісшелерінде орналасқан фазаны құрайды. Магниттік қатыста орауыштың фазалары қарама-қарсы немесе сәйкес біріктірілуі мүмкін, ал электрлікте – параллель немесе дәйекті біріктіріледі.

ВИҚ орауыштарының коммутациясын жүзеге асыру кезінде электронды түрлендіргішке әдетте кернеу бейсимметриялы көпірлік схема бойынша орындалған (1.1 суретті қараңыз) дербес түрлендіргіш пайдаланылады. Мұндай түрлендіргіш әмбебаптығымен және сенімділігімен ерекшеленеді, ол қозғалтқыштағы іс жүзінде кез келген фазалардың коммутация режимін жүзеге асыруға мүмкіндік береді. Қазіргі уақытта Ресейде импорттық элементтік базада жолға қойылған сериялық электрондық түрлендіргіштердің арнайы жасалған басқару ВИҚ өндірісі. Мұндай түрлендіргіш дайын фазалардың коммутаторын білдіреді, тұтас интегралды модульдер жиынтығынан тұрады және саны қозғалтқыш фазаларының санына тең. Жеке модуль бейсимметриялы көпір сызбасы бойынша орындалған. Басқа күштік бөлігінен бөлек құрамында кірістірілген басқару схемасы (драйверлер) және қорғау схемалары, сондай-ақ датчиктер, бақылауға мүмкіндік беретін маңызы бар ток және көпір иығындағы кернеу орналасқан.

ВИҚ қорегі тұрақты ток көзінен жүзеге асырылуы мүмкін немесе түзеткіштен жүзеге асырылады. Инвертор кіре берісінде C сыйымдылық белгіленеді, бұл фильтр функциясын орындайды және бір мезгілде реактивті қуат көзін де қамтамасыз етеді.

Автоматты басқару жүйесі ВИҚ ротордың жағдайына кері байланысы бар болғандықтан, көрсеткіш роторының датчигі (ТТҚ) көмегімен іске асырылған. ТТҚ коммутатор уақтылы қозғалтқыштың фазаларын ауыстырып тұру үшін дәл және нақты ротордың ауысуын қадағалауы тиіс. Сондықтан, импульс санын дұрыс таңдау, ротордың бір айналымы кезінде датчикпен генерацияланатын маңызы зор. Бұл сан фазалардың санына және ВИҚ полюстер санына байланысты. Ең аз импульс саны шектелу себебі жеткілікті болуы тиіс ротордың орналасуын және фазалардың коммутация моменттерін

дұрыс анықтау үшін болған. Ең көп импульс саны микропроцессорлық басқару жүйесі өнімділігімен шектелген, ол өңдеуге тиіс сигналдар ТТҚ ротор нақты уақыт масштабында ең жоғары айналу жиілігі кезінде себепші болды.



Сурет 1.1 - ВИҚ-тың функционалды схемасы

ВИҚ жұмыс істеуін жалпы басқаратын микропроцессор-құрылғы үлкен интегралдық схемалар түрінде микроэлектрондық технологиялар бойынша орындалған. Құрамына арифметикалық-логикалық құрылғы, есептеуіш және қосалқы операцияларды жүзеге асыратын және басқару құрылғысы кіреді. Микропроцессор арнайы басқарушы құрылғыларда пайдалану үшін жасалған, жүйелерде деректерді беру, сондай-ақ технологиялық үдерістерді басқарушы микроконтроллер (МК) деп аталады. Микропроцессор МК-ден басым универсалдығымен ерекшеленеді.

Сәйкес функционалдық схемасы 1.1 суретте келтірілген және сигналдар ТТҚ-нан МК-ға түрлендіру және келісу құрылғысы арқылы беріледі. Сигналдар түрі және деңгейін келтіру үшін қажетті қалыпты жұмыс МК болып табылады.

Деректер ТТҚ-нан және ток датчиктерінен және кернеу коммутаторынан МК-ға ағады. Негізгі міндеті-МК –барлық мәліметтерді жинау және соған байланысты олардың оңтайлы алгоритмін тұжырымдау, ВИҚ коммутация орам бағдарламасына сәйкес, микропроцессорлық басқару жүйесін әзірлеушісі МК салынған.

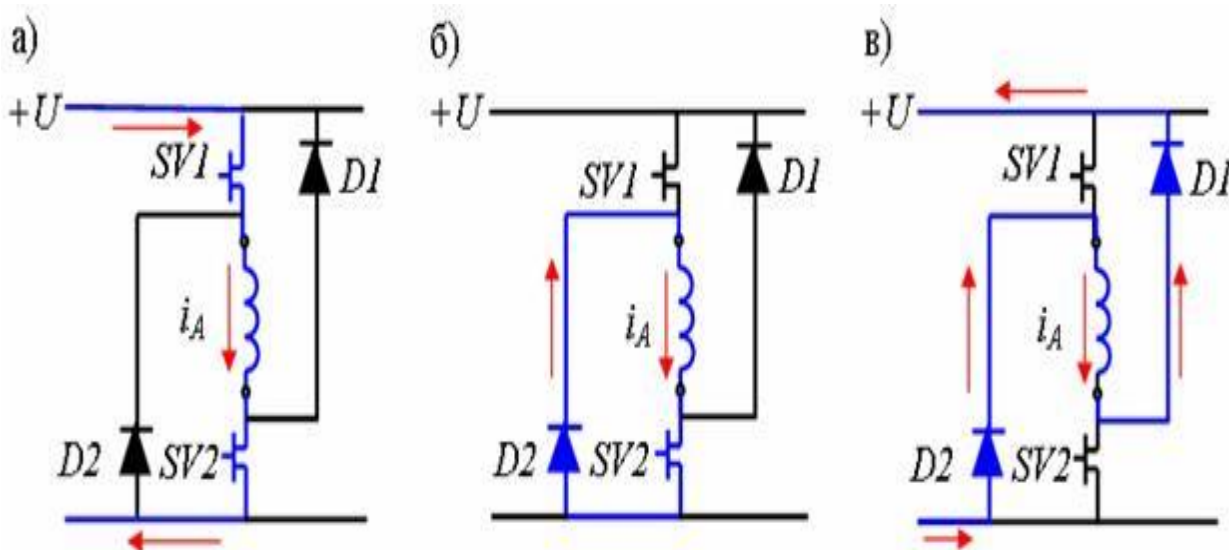
Айта кету керек, ВИҚ жұмысы механикалық коммутатормен де болуы мүмкін (мысалы, коллекторлық типті немесе геркондарда) жартылай өткізгіш түрлендіргіштің және МК. Бірақ МК дәл қолдану оңтайлы басқаруы бар

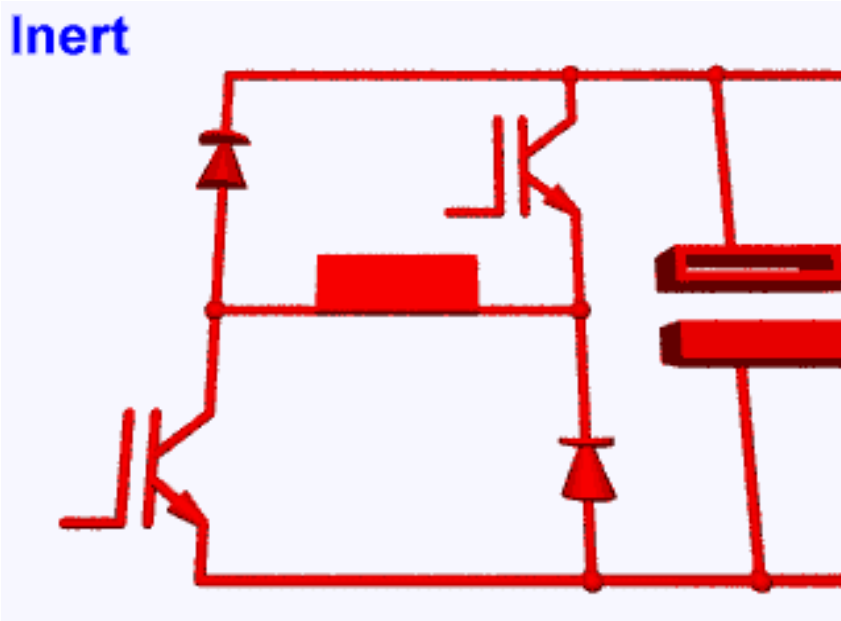
қозғалтқышын жүзеге асыруға және оның техникалық-энергетикалық көрсеткіштерін айтарлықтай арттыруға мүмкіндік береді.

Индуктивті машиналардың құрылысының ерекшеліктері ВИҚ бөлігі болып табылатын ИМ әр түрлі конструктивті конструкцияларға ие болуы мүмкін. Сурет 2, мысалы, 4-фазалы ИМ конфигурациясының көлденең қимасын 8/6 көрсетеді. ИМ конфигурациясын тағайындау кезінде бірінші сан статорлардың тіректерін көрсетеді, екіншісі - ротор. Статор мен ротордың ядроларында полярлы құрылым бар. Полюстердің саны салыстырмалы түрде аз. Статордың тіректерінің саны ротордың полюстерінің санынан көп. Статор мен ротордың ядролары қатты материалдардан жасалған. Статор орамасы - концентрацияланған орауыштар. Ол бір немесе бірнеше фазалы болуы мүмкін. ИМ фаза, әдетте, статордың диаметріне қарсы полюстерінде орналасқан екі орауыштардан рдан тұрады. ИМ-екеуі статорлардың және ротордың тіректерінің екі есе көп белгілі. 4-фазалық нұсқада олар 16/12 теңшеліміне ие. Мұндай ИМ фазасы статордың тіректерінде орналасатын екі жұп жұп тұрады, олардың өстері ортогоналды болып табылады. Фазалық катушкалар параллель немесе қатарлы түрде электрлік жалғануы мүмкін; магнитте - сәйкес немесе керісінше. ИМ роторында орам жоқ. Құрылымдық түрде, ИМ, жиілік түрлендіргіші және ВИҚ жүйесіндегі басқару жүйесі бөлек орындалуы мүмкін. Сонымен қатар, жұмыс кезінде олар бір-бірінен жеткілікті қашықтықта орналасуы мүмкін. Жақында әлемде жиілік түрлендіргіші мен қозғалтқышы бір корпуста бақыланатын электр жетегі жүйесіне енгізілетін тұрақты үрдіс болды. Ағылшын тіліндегі әдебиетте мұндай дизайн интегралдық өнімділіктің электр жетегі ретінде коммерсант деп аударылады. ВИҚ жиіліктегі реттелетін асинхронды қозғалтқышпен салыстырғанда, жиілік түрлендіргішінің және ИМ-нің интегралды орындалуы тиімдірек. Өйткені, асинхронды емес, индуктордың фазалары электрмен байланысты емес. Осылайша, үш фазалы асинхронды қозғалтқышты жиілік түрлендіргіші арқылы үш сымды қосу қажет болса, онда 3 фазалық индуктивті құрылғы үшін алты сым бар. Фазалардың санының артуы байланыстырушы сымдар санын ұлғайтуға алып келеді. А фазасының магнит өрісінде ротордың өзі максималды бағаға енетін магниттік ағынның осылайша бағдарлануына бейім болады. Сонымен қатар статорлар мен ротордың ядроларында шамалы және кері бағытта теңдей бірдей күштер әрекет етеді. Ротордың 1-ші және 4-ші тістеріне әсер ететін күштер сағат тілі бойынша бұрыла бастайды, ал екінші және бесінші тістерде әрекет ететін күштер қарсы болады. Осы тұстағы ротордың қозғалатын фазаның осіне қатысты симметриялы болғандығына байланысты, осы күштердің азимуталдық құрамдас бөлігі нөлге тең болады. Осылайша, сәйкессіз жағдайда ИМ және ВИҚ айналу сәтінде болмайды. Сәйкес келмейтін күй - тұрақсыз тепе-теңдік нүктесі. Шынында да, егер кейбір сыртқы әрекеттердің әсерінен ротор бір-біріне сәйкес келмейтін күйден ауытқып кетсе, ядроларының азимутальды қоспалары нөлге тең болмайды. Демек, ротордың тураланған ұстанымнан алыс бағытқа айналу үрдісі болады. Ротордың тағы бір бағытын алайық. 4.b. Мұнда А фаза ағындарды

байланыстыру және индуктивтілікке қарағанда сәйкес келмейтін жағдайға қарағанда көбірек болады, бұл ядролар арасындағы кішігірім алшақтықпен түсіндіріледі. Бұл жағдайда ядролардағы ПС-ның азимутальды қоспалары нөлден ерекшеленеді және онымен жасалатын электромагниттік сәтте РМ роторын сағат тіліне қарсы бұруға бейім. Кез келген фазаға арналған стационарлық ядролардың және ИМ роторының үйлестірілген көзқарасы осы фазаның әрбір орамасының өсі ротордың өстерінің біреуіне сәйкес келеді (5-сурет), яғни фазалық тістер ротордың полюстарына мүлде қарама-қарсы орналасқан. Бұл ұстаным фазаның индуктивтілігінің максималды мәнімен және оған бекітілген магниттік ағынмен сипатталады, бұл ядролар арасындағы алшақтықтың магниттік төзімділігінің минималды мәнімен түсіндіріледі.

Бұл көзқарас негізгі тартылыстың PS ғана радиалды компоненттері бар. Осыған орай, осы көзқарас ИМ сәті нөлге тең. Үйлестірілген бағдар тұрақты тепе-теңдік нүктесі болып табылады. Шынында да, егер қандай да бір сыртқы күштің әсерінен ротордың үйлесімді бағдардан бір бағытта ауытқуы мүмкін болса, нәтижесінде электромагниттік сәтте оны келісілген күйге қайтаруға бейім болады. Ротордың бір бағытты айналуын жалғастыру үшін, фазаның А үйлесімді бағдарына дейін жиіліктің түрлендіргішінің кілттерін ауыстыру қажет, соның салдарынан А фазасының қуат көзінен ажыратылуы керек және оның алдыңғы ротордың алдыңғы бағытта айналуын жалғастырғысы келетін фаза оған қосылады. Бұл жағдайда ол В кезеңі болып табылады. Ал топтар үшін үйлестірілген бағдарға жақын статор мен ротордың ядроларының өзара орналасуы сәйкес емес күйге жақын фаза үшін, яғни оған кернеу қолданылғанда және оның шығуы оның орауыштарынан ағып кеткенде, ротордың айналуына бейім емес нөлдік сәтте пайда болады сағат қолы.





6 сурет – Коммутациялық интервал

Сурет. 6. Коммутациялық интервалда Жарық диодтың фазасындағы ағымдағы тұйықталудың тізбектері:

- a) SV1, SV2 кілттері жабылды;
 - b) SV1 пернесі - ашық, SV2 - жабық;
 - c) SV1, SV2 пернелері ашық; Фазаға кері кернеу қолданылады;
- және түрлендіргіштің жұмысын көрсету (d).

Фазалық ауысу қажеттілігі ядродағы үйлесімді күйге жеткенге дейін тіпті келісілген күйге жеткенде өшіруге болатын фазада ең аз мүмкін ағымдағы мәнді алуға ұмтылу арқылы туындайды. Өйткені, фазаның ажыратылғаннан кейін, онда сақталған магнит өрісінің энергиясы бірден жоғалады. Фазаның тұрақты фазалық байланыстарын ұстап тұру үшін пайдаланылады, оның ішінде өзін-өзі индукцияның ЭМ пайда болады, ал фазалық ток оның коммутациясынан кейін біраз уақыт нөлге тең болмайды. Ол D2 диодты, жиілікті түрлендіргіш SV2 коммутаторы мен жеткізу желісін жабады (сурет 6.b). Ақыр соңында, ток нөлдік мәнге жетеді (магнит өрісінің энергиясы белсенді фазалық кедергілерде электрлік ысырап ретінде шығарылады, D2 диоды және SV2 схемасы қосылады). Дегенмен, егер бұл ток үйлесімді фазалық бағдарда нөлге тең болса, онда ротордың одан әрі айналуымен ол жасаған магнит өрісі тежеуіш электромагниттік сәттің пайда болуына әкеледі. Фаза өшірілгеннен кейін ИМ өрісін жылдамырақ сөндіру үшін оған кері полярлық кернеу қолданылады. Келісілген позицияға жақын орналасқанға дейін, В фазасы қуатталады. Бұл жағдайға DWP-ден қол жеткізілген кезде, басқару жүйесінде тиісті сигнал жіберіледі, оның өңдеуі жиіліктегі түрлендіргіште және В және С фазасындағы ауысу әрекеттеріне әкеледі. Цикл қайталанатын болады. Осылайша, фазаларды сериялы коммутациялау арқылы ЭМ ротордың бір жақты айналуын жүзеге асыруға болады. Фазалық ауысу тізбегі басқару жүйесінде енгізілген алгоритммен анықталады. Операцияның бастапқы деректері Ротордың орналасқан жері туралы сигналдар болып

табылады, бұл дұрыс емес фазалық ауысу мүмкіндігін жоққа шығарады. Статорлық және роторлық ядролардың ВИҚ-қа өзара әрекеттесудің әсерлі күштері екі құрамнан тұрады: азимуталь, қозғалтқыштың моментін анықтау және радиалды, оның болуы ядролардың өзгерісін тудырады. Ядролардың өзгерісі қозғалтқыштың дірілінің пайда болуына және дыбыс толқындарының шығарылуына әкеледі. Зерттеулер көрсеткендей, дыбыстық толқындарды шығаратын ВИҚ дизайнының негізгі элементі - бұл статорлық ядро. Момент және оның күштерді қалыптастыру күрт синусоидалы бар және Фурье қатарына кеңейтілуі мүмкін. кез келген механикалық жүйесі сияқты, статор негізгі резонанстық жиілігі бар. Шуыл мен дірілдің деңгейін төмендету үшін ВИҚ-ты статор ядросының резонанстық жиілігін мүмкіндігінше үлкен мөлшерде қабылдау керек. Сонымен бірге, периодомотор күші қисығындағы алғашқы гармоника резонанстармен сәйкес келетін жиіліктерге ие болу ықтималдығы күрт төмендейді. Бұрын айтылғандай, ВИҚ - бұл электр машинасы және реттелетін дискінің интеграцияланған жүйесі. Бұл ИМ, жиілікті түрлендіргіш және микропроцессорлық басқару жүйесінің органикалық бірлігі. Сондықтан, оның барлық артықшылықтары мен кемшіліктерін екі топқа бөлуге болады: ИМ-ға байланысты сипаттамалар; Жиілік түрлендіргіштің және басқару жүйесінің сипаттамалары; Осы топтарға сәйкес ВИҚ-тың артықшылықтары мен кемшіліктері төменде берілген.

Артықшылықтары

- ЭМ жобалаудың қарапайымдылығы мен өндірілуі;
- төмен шығындар;
- жоғары сенімділік;
- жоғары техникалық қызмет көрсету;
- Ротордағы төмен шығындар;
- температураның минималды әсері;
- инерцияның төменгі сәті;
- жоғары жылдамдықта жұмыс істей білу;
- басқыншылық ортада жұмыс істей білу;
- Пайдаланудың жоғары дәрежесі.

Кемшіліктері

- шу мен дірілдің жоғары деңгейі;
- болаттың нашар қолданылуы;
- жұмыс тек жиілік түрлендіргішімен бірге мүмкін болады;
- қалыптау кезінде айтарлықтай қалдықтар;

Жиілік түрлендіргіштен және басқару жүйесінен туындаған ВИҚ-тың артықшылығы мен кемшіліктері:

Артықшылықтары

- арнайы жүктеме құрылғысы үшін электромеханикалық энергияны конверсиялау процесін оңтайлы басқару мүмкіндігі;
- жоғары массасы мен жалпы және энергетикалық сипаттамалары.

Кемшіліктері

-орамалардың токтарында жоғары гармоника құрамы жоғары болуына байланысты желімен үйлесімділікті төмендетеді.

Қолдану салалары

ВИҚ-ті электр қозғалтқышы ретінде жұмыс режимі айналмалы жылдамдықтың кең ауқымы бойынша реттеуді жүзеге асыруды талап ететін тетіктердің электр жетегі ретінде пайдалану өте орынды. Мысал ретінде сандық басқару машиналары мен өнеркәсіптік роботтардың электр жетектері болуы мүмкін. ТПК пайдалану тиімділігі едәуір артады, егер жылдамдықты басқару қажеттілігі металлургия, тау-кен өнеркәсібі және жылжымалы құрам үшін электр жетектерінде орын алса, күрделі пайдалану шарттарымен біріктіріледі. Өнеркәсіпте реттелмейтін электржетегі пайдаланылатын құрылғылар мен тетіктердің үлкен сыныбы бар, онда реттелетін электржетегін пайдаланғанда энергия тиімділігі айтарлықтай артады. Бұл құрылғылар, ең алдымен, компрессорлар, сорғылар мен желдеткіштерді қамтиды. Мұнда пайдалану өте болашақты. Кір жуғыш машиналар, шаңсорғыштар, азық-түлік процессорлары және электр құрал-саймандары тұрмыстық техникаларда ВИҚ-ты кем дегенде болашақты қолдану.

2. ВИҚ-ты есептеу

2.1 Жобалауға арналған тапсырма

Мақсаты	Генератор
Номиналды берілетін қуат P_H , Вт	180
Статор фазалар саны m_1	3
Кернеу жиілігі f , Гц	50
Статор фазалар саны p_1	1
Номиналды сызықтық кернеу U_L , В	300
Айналу жиілігі n_H , айн/мин	3000
Статор сыртқы диаметрі D_a , мм	120
Сыртқы әсерлерден қорғау дәрежесі	IP54
Салқындату тәсілі	IC01

2.2 Вентильді-индукторлық қозғалтқыштың есептеуі

Вентильді-индукторлық қозғалтқыш есептеуі ВИҚ фазасының коммутация циклінде өтпелі процесс жеңілдетілген есептеуіне негізделген.

Келесі жорамалдар қабылданды:

- 1) Фазалардың өзара әсері есепке алынбайды;
- 2) Коммутация лезде болады, фазаны қосу оның толық келісуі кезінде болады;
- 3) Болат қанықтыруы ескерілмейді, болат магниттік өтімділігі шексіз үлкен;
- 4) Тақалған бөлекшілік-сызықтық жуықтау қисық магниттік өткізгіштік әуе саңылауында қабылданады;
- 5) Магнитөткізгіштер өзектерінің шығындары шамамен ескеріледі.

2.2.1 Конфигурация таңдау

Статор тісшелерінің саны:

$$Z_S = 2 \cdot p_1 \cdot m \cdot q_1 = 2 \cdot 1 \cdot 3 \cdot 1 = 6$$

мұнда, q_1 - бірінші гармоники полесі үшін полюс және фазаға ойық саны.

Ротор тісшелерінің саны:

$$Z_R = \left(\frac{Z_S}{p_1} - 2 \right) \cdot p_1 = \left(\frac{6}{1} - 2 \right) \cdot 1 = 4$$

2.2.2 Статордың тіс аймағын жобалау

Ауа саңылауы:

$$\delta = 0,3 \text{ мм}$$

Статордың тісшелік бөлінуі:

$$e_{ZS} = \frac{2 \cdot \pi}{Z_S} = \frac{2 \cdot \pi}{6} = 1,047 \text{ рад}$$

Ротордың тісшелік бөлінуі:

$$t_{ZR} = \frac{2 \cdot \pi}{Z_R} = \frac{2 \cdot \pi}{4} = 1,571 \text{ рад}$$

Бұрыштық өлшемдер қыру диаметріндегі статор және ротор тісшесінің еніне тиісті:

$$\beta_S = 0,45 \cdot t_{ZS} = 0,45 \cdot 1,047 = 0,471 \text{ рад}$$

$$\beta_R = 0,5 \cdot t_{ZS} = 0,5 \cdot 1,047 = 0,524 \text{ рад}$$

Статордың ішкі диаметрі:

$$D_i = \frac{D_a}{1 + 2(k_{has} + k_{hzs}) \cdot \sin \frac{\beta_s}{2}} = \frac{120}{1 + 2 \cdot (0,5 + 1,6) \cdot \sin \frac{0,471}{2}} = 44,296 \text{ мм}$$

мұнда, $k_{has} = 1$ - бұғау биіктігінің статор тішесінің еніне қатынасы.
 $k_{hzs} = 1,5$ - биіктіктің статор тішесінің еніне қатынасы
 Статор ярмасы мен тішелерінің мөлшері:

$$b_{zs} = D_i \cdot \sin \frac{\beta_s}{2} = 44,296 \cdot \sin \frac{0,471}{2} = 10,341 \text{ мм}$$

$$h_{as} = k_{has} \cdot b_{zs} = 1 \cdot 10,341 = 10,072 \text{ мм}$$

$$h_{zs} = k_{hzs} \cdot b_{zs} = 1,5 \cdot 10,341 = 22,632 \text{ мм}$$

2.3 Ротордың тіше зонасын жобалау

Ротор сыртқы диаметрі:

$$D_R = D_i - 2 \cdot \delta = 60,592 - 2 \cdot 0,3 = 59,992 \text{ мм}$$

Ротордың тішелік бөлінуі:

$$t_{ZR} = \frac{\pi \cdot D_R}{Z_R} = \frac{\pi \cdot 59,992}{4} = 47,117 \text{ мм}$$

Ротор тішесінің ені:

$$b_{ZR} = D_R \cdot \sin \frac{\beta_R}{2} = 59,992 \cdot \sin \frac{0,524}{2} = 15,527 \text{ мм}$$

Ротор тішесінің биіктігі:

$$h_{ZR} = (20 \dots 30) \cdot \delta = (20 \dots 30) \cdot 0,3 = 6..9 \text{ мм}$$

мұнда, $h_{ZR} = 9$ мм аламыз.

Ротор бұғауының биіктігі:

$$h_{aR} = (0,5..1,5) \cdot b_{ZR} = (0,5..1,5) \cdot 15,527 = 7,764..23,291 \text{ мм}$$

мұнда, $h_{aR} = 9,3$ мм аламыз.

Ротор ойығының максималды ені:

$$b_{PRmax} = D_R \cdot \sin\left(\frac{t_{ZR} - \beta_R}{2}\right) = 59,992 \cdot \sin\left(\frac{47,117 - 0,524}{2}\right) = 29,992 \text{ мм}$$

Статор ойығының максималды ені:

$$b_{PSmin} = D_i \cdot \sin\left(\frac{t_{ZS} - \beta_S}{2}\right) = 60,592 \cdot \sin\left(\frac{1,047 - 0,471}{2}\right) = 17,209 \text{ мм}$$

Келесі шарт орындалуы тиіс:

$$\begin{aligned} b_{PRmax} &> b_{ZS} \\ b_{PRmin} &> b_{ZR} \end{aligned}$$

Шарт орындалады, демек есептеу дұрыс жүргізілген.

Ротор ішкі диаметрі:

$$D_{Ri} = D_R - 2 \cdot h_{ZR} - 2 \cdot h_{aR} = 59,992 - 2 \cdot 9 - 2 \cdot 9,3 = 23,36 \text{ мм}$$

Статор ойығы қимасының ауданы:

$$\begin{aligned} S_{ПС} &= \frac{\pi \cdot (D_i + h_{ZS}) \cdot h_{ZS}}{Z_S} - b_{ZS} \cdot h_{ZS} = \\ &= \frac{\pi \cdot (60,592 + 22,632) \cdot 22,632}{6} - 14,145 \cdot 22,632 = 666,071 \text{ мм} \end{aligned}$$

Орауыштың максималды ауданы:

$$S_{Kmax} = \frac{S_{ПС}}{2} = \frac{666,071}{2} = 333,036 \text{ мм}$$

2.4 Коммутация циклінің интервалы

Минималды қажеттілікте ток өсуінің максималды интервалы:

$$\gamma_{ҚОСУmax} = 0,5 \cdot (t_{ZR} - \beta_S - \beta_R) = 0,5 \cdot (43,016 - 0,417 - 0,521) = 0,288 \text{ рад}$$

Ротордың бұрыштық айналу жылдамдығы:

$$\omega_R = \frac{2 \cdot \pi \cdot n_H}{60} = \frac{2 \cdot \pi \cdot 3000}{60} = 314,159$$

Минималды өтімділік кезінде ток өсу уақыты:

$$t_{\text{ҚОСУmax}} = \frac{\gamma_{\text{ҚОСУmax}}}{\omega_R} \cdot 10^3 = 0,917 \text{ мс}$$

Роторды бұру қажет ең төменгі бұрышы, қандай да бір фазаның келісілген жағдайына дейін, ол кезде толық келісілген болса, көршілес онымен фаза:

$$\gamma_{\text{min}} = t_{ZR} - t_{ZS} = 1,571 - 1,047 = 0,524 \text{ рад}$$

Фазаның жұмыс істеу интервалы:

$$\gamma_{\text{жұм}} = \gamma_{\text{min}} = 0,524 \text{ рад}$$

Фазаның жұмыс істеу уақыты :

$$t_{\text{жұм}} = \frac{\gamma_{\text{жұм}}}{\omega_R} \cdot 10^3 = \frac{0,524}{314,159} \cdot 10^3 = 1,667 \text{ мс}$$

Ротор толықтай келісілмеген жағдайдан фазаның жұмыс істеу интервал бұрышына бұрылған кезде тісшелерінің жабылу бұрышы:

$$\beta_{SRM} = \gamma_{\text{жұм}} - \gamma_{\text{ҚОСУmax}} = 0,524 - 0,288 = 0,236 \text{ рад}$$

Статор мен ротордың тісшелерінің жабылу ені:

$$b_{SRM} = 0,5 \cdot \beta_{SRM} \cdot (D_i - \delta) = 0,5 \cdot 0,236 \cdot (60,592 - 0,3) = 7,103 \text{ мм}$$

2.5 Магниттік өткізгіштіктің коэффициентін есептеу

Магниттік өткізгіштігінің коэффициенті ротордың бұрылған кезде тісшелерін жабу аймағын толықтай келісілмеген жағдайдан фазалар жұмыс істеу интервал бұрышына бұрылу кезінде:

$$\begin{aligned} \lambda_{SRM} &= \frac{b_{SRM}}{\delta} + \frac{2}{\pi} \cdot \ln \left(\frac{b_{ZS} - b_{SRM}}{\delta} \right) + \frac{2}{\pi} \cdot \ln \left(\frac{b_{ZR} - b_{SRM}}{\delta} \right) + 0,964 = \\ &= \frac{7,103}{0,3} + \frac{2}{\pi} \cdot \ln \left(\frac{14,145 - 7,103}{0,3} \right) + \frac{2}{\pi} \cdot \ln \left(\frac{15,527 - 7,103}{0,3} \right) + 0,964 = 28,773 \end{aligned}$$

Ауа саңылауының магниттік өткізгіштігінің максималды коэффициенті:

$$\begin{aligned} \lambda_{\text{max}} &= \frac{b_{ZS}}{\delta} + \frac{4}{\pi} \cdot \ln \left(\frac{b_{ZR} - b_{ZS}}{2 \cdot \delta} \right) + \frac{2}{\pi} \cdot \ln \left(\frac{2 \cdot h_{ZR}}{b_{ZR} - b_{ZS}} \right) + 0,964 = \\ &= \frac{14,145}{0,3} + \frac{4}{\pi} \cdot \ln \left(\frac{15,527 - 14,145}{2 \cdot 0,3} \right) + \frac{2}{\pi} \cdot \ln \left(\frac{2 \cdot 9}{15,527 - 14,145} \right) + 0,964 = 50,81 \end{aligned}$$

Магниттік өткізгіштігінің минималды коэффициенті:

$$\begin{aligned}\lambda_{min} &= \frac{b_{ZS}}{h_{ZR}} + \frac{4}{3} \cdot \left(\frac{h_{ZR} + b_{ZR}}{t_{ZRmin} - b_{ZR} - b_{ZS}} \right) \\ &= \frac{14,145}{9} + \frac{4}{3} \cdot \left(\frac{9 + 15,527}{47,117 - 15,527 - 14,145} \right) = 3,446\end{aligned}$$

Магниттік өткізгіштігінің коэффициенттерінің қатынасы:

$$K_{\lambda} = \frac{\lambda_{max}}{\lambda_{min}} = \frac{50,81}{3,446} = 14,744$$

Келесі шарт орындалуы тиіс:

$$K_{\lambda} > 7$$

Шарт орындалды, демек есептеу дұрыс жүргізілген.

2.6 ВИҚ-тың орамдары және тоқ параметрлерін анықтау

Қарапайым өткізгіш санын қабылдаймыз:

$$a_{эл} = 1$$

Параллель тармақтар санын қабылдаймыз:

$$a = 1$$

Фазадағы орамдар саны:

$$n_K = \frac{Z_S}{m} = \frac{6}{3} = 2$$

Тармақта тізбектей жалғанған орауыштар саны:

$$n_{KB} = \frac{n_K}{a} = \frac{2}{1} = 2$$

Түрлендіргішке кірердегі токтың мәні:

$$I_d = \frac{P_H}{\eta' \cdot (U_d - 2 \cdot U_B)} = \frac{3000}{0,7 \cdot (400 - 2 \cdot 1)} = 10,768 \text{ A}$$

мұнда, $U_B = 1B$ - Түрлендіргіш вентиліндегі кернеу құлауы, $\eta' = 0,7$ - КПД ВИД шамалы мәндері

Бір реттік коммутация кезінде және тік бұрышты ток нысаны ток орауыштарының амплитудалық мәні:

$$I_{Kml} = \frac{I_d}{a} = \frac{10,768}{1} = 10,768 A$$

Тік бұрышты орауыш үшін токтың алынған мәні:

$$I_K = \frac{I_{Km}}{\sqrt{m}} = \frac{10,768}{\sqrt{3}} = 6,217 A$$

Жалғыздық коммутация және токтың үшбұрыш формалы кезінде:

$$I_{Km2} = 2,4 \cdot I_k \cdot \sqrt{m} = 2,4 \cdot 6,217 \cdot \sqrt{3} = 25,844 A$$

2.7 Фазадағы ток

Тармақтар санын аламыз:

$$W_K = 136$$

Өзекшелер ұзындығы:

$$l_\delta = 105 \text{ мм}$$

Орамдардың белсенді кедергісі кезінде кернеу азаюы:

$$\Delta U_R = 12,546 B$$

Фаза орамдарының индуктивлігіндегі кернеу:

$$U_{dL} = U_d - \Delta U_R = 400 - 12,546 = 387,454 B$$

Орауыштардағы токтың максимал мәні:

$$I_{Km} = \frac{U_{dL} \cdot t_{\text{қосумах}}}{n_{\text{КВ}} \cdot \mu_0 l_\delta \cdot W_K^2 \cdot \lambda_{\text{мин}}} = \frac{387,454 \cdot 0,917}{2 \cdot 4 \cdot \pi \cdot 10^{-7} \cdot 105 \cdot 136^2 \cdot 3,446} = 21,115 A$$

Келесі шарт орындалуы тиіс:

$$I_{Kml} < I_{Km} < I_{Km2}$$

Шарт орындалды, демек есептеу дұрыс орындалған.

ВИҚ ағынының ең жоғарғы мәні, фаза ажырау орын алған кезде:

$$\Phi_{max} = \frac{U_{dL} \cdot t_{жұм}}{n_{KB} \cdot W_K} = \frac{387,454 \cdot 1,667}{2 \cdot 200} = 2,374 \text{ мВб}$$

Статор тілшесіндегі индукцияның амплитудалық мәні:

$$B_{ZS} = \frac{\Phi_{max}}{b_{ZS} \cdot l_{\delta \cdot k_c}} = \frac{2,374}{14,145 \cdot 105 \cdot 0,95} = 1,683 \text{ Тл}$$

мұнда, $k_c = 0,95$ - өзекшенің болатпен толу коэффициенті.

Келесі шарт орындалуы тиіс:

$$B_{ZS} = 1,6 \cdot 1,7 \text{ Тл}$$

Шарт орындалды, демек есептеу дұрыс орындалған.

Орауыштағы ток тісшелер жабылу кезінде $t_{жұм}$ кезде оның ажыратылуы:

$$I_{Көшіру} = \frac{\Phi_{max}}{\mu_0 \cdot l_{\delta} \cdot W_K \cdot \lambda_{SRM}} = \frac{2,374}{4 \cdot \pi \cdot 10^{-7} \cdot 105 \cdot 136 \cdot 28,773} = 4,598 \text{ А}$$

Интервалда фазаның косылу сәтінен бастап $\gamma = 0$ кезде тісшелер жабыла бастағанға дейін $\gamma_1 = \gamma_{ҚОСУmax}$ кезінде ток сызықтық заң бойынша өсе бастайды I_{Km} мәніне дейін. Интервалда γ_1 -ден $\gamma_{жұм}$ -ға дейін ток ағын байланысы мен индуктивтілік өзгеруіне сәйкес өзгеріп отырады I_{Km} -дан $I_{Көшіру}$ -ға дейін.

Осы аймақта фаза индуктивтігі сипат білдіру мүмкін:

$$L(\theta) = L_1 + L_2 \theta$$

мұнда,

$$L_1 = L_{Kmin} \left(1 - \frac{K_{\lambda} - 1}{\beta_S} \cdot \lambda_{ҚОСУmax} \right) = 0,00841 \cdot \left(\frac{14,744 - 1}{0,471} \cdot 0,288 \right) = -0,062 \text{ Г}$$

$$L_2 = L_{Kmin} \left(\frac{K_{\lambda} - 1}{\beta_S} \right) = 0,00841 \cdot \left(\frac{14,744 - 1}{0,471} \right) = 0,245 \text{ Г}$$

$$L_{Kmin} = \mu_0 \cdot l_{\delta} \cdot W_K^2 \cdot \lambda_{min} \cdot 10^{-3} = 4 \cdot \pi \cdot 10^{-7} \cdot 105 \cdot 136^2 \cdot 3,446 \cdot 10^{-3} \\ = 0,00841 \text{ Г}$$

Кернеудің теріс әрекет интервал аралығындағы ток $I_{Көшіру}$ -ден нөлге дейін азаяды. Оның өзгеру сипаты айналу жиілігі мен Ψ және L ара қатынасына байланысты. Мұнда жеңілдету үшін мысалы, бұл ток теріс кернеу әрекет ету аралығында сызықтық азаяды.

Қабылданған жуықтауды ескере отырып орауыштағы токтың түпкілікті мәнін анықтаймыз:

Фазаның бастапқы тогы:

$$I_{\phi} = I_K \cdot a = 6,43 \cdot 1 = 6,43 \text{ А}$$

2.8 ВИҚ-тың моменті мен қуаты

ВИҚ орташа моменті:

мұнда,

$$\gamma_2 = \gamma_{ВКЛmax} - \beta_S - \gamma_{РАБ} = 0,288 + 0,471 - 5,524 = 0,236 \text{ рад} \\ \gamma_3 = \gamma_2 + \beta_R - \beta_S = 0,236 + 0,524 - 0,471 = 0,288 \text{ рад}$$

Номиналды момент:

$$M_H = \frac{P_H}{\omega_R} = \frac{3000}{314,159} = 9,549 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

ТҮР қуаты:

$$P = \omega_R \cdot M_{CP} = 314,159 \cdot 9,802 = 3079 \text{ В}$$

Есептелген қуат қажетті қуат мәніне тең, демек есеп дұрыс орындалған.

2.9 Ойықты толтыру коэффициенті

Орауыштағы қолданылған ток тығыздығының мәнін аламыз :

$$j_K = 7,2 \text{ А/мм}^2$$

Орауыштағы мыс қимасы:

$$S_{МК} = \frac{I_K \cdot W_K}{j_K} = \frac{6,43 \cdot 136}{7,2} = 121,459 \text{ мм}^2$$

Сым қимасы:

$$S_{ПП} = \frac{S_{МК}}{W_K \cdot a_{ЭЛ}} = \frac{121,459}{136 \cdot 1} = 0,893 \text{ мм}^2$$

Сым диаметрі:

$$d_{ПП} \sqrt{\frac{4 \cdot S_{ПП}}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,893}{\pi}} = 1,066 \text{ мм}$$

ПЭТВ маркілі сымды аламыз:

$$d=1.2 \text{ мм}$$
$$d=1,12 \text{ мм}$$

Ойықты мыспен толтыру коэффициенті:

$$k_{ЗМ} = \frac{S_{МК}}{S_{Кmax}} = \frac{121,459}{333,036} = 0,365$$

Келесі шарт орындалуы тиіс:

$$k_{ЗМ} = 0,35..0,45$$

Шарт орындалды, демек есептеу дұрыс орындалған.

2.10 Фазаның белсенді кедергісін есептеу

Орауыштың беткі жағының орташа ұзындығы:

$$L_{ЛСР} = \frac{\pi}{2} \cdot \left[\frac{\pi \cdot (D_i + h_{ZS})}{Z_S} - \frac{S_{Кmax}}{h_{ZS}} \right] = \frac{\pi}{2} \cdot \left[\frac{\pi \cdot (60,592 + 22,632)}{6} - \frac{333,036}{22,632} \right]$$
$$= 45,334 \text{ мм}$$

Орауыш тармағының орташа ұзындығы:

$$L_{ВИТСР} = 2(l_{\delta} + L_{ЛСР}) = 2 \cdot (105 + 45,334) = 300,667 \text{ мм}$$

Орауыштың 20°C кезінде белсенді кедергісі:

$$R_{K20} = \rho_{20} \cdot \frac{L_{\text{ВИТСР}} \cdot W_K^2}{S_{K\text{max}} \cdot k_{3M}} \cdot 10^{-3} = 0,0175 \cdot \frac{300,667 \cdot 136^2}{333,036 \cdot 0,365} \cdot 10^{-3} = 0,803 \text{ Ом}$$

мұнда, $\rho_{20} = 0,0175 \text{ Ом} \cdot \text{мм}^2/\text{м}$ - сымның 20°C кезінде бөлек кедергісі.
Орауыш орамның температурасы 75°C болғандағы белсенді кедергісі:

$$R_K = R_{K20} \cdot [1 + 0,0039 \cdot (t_{\text{ОБМ}} - 20)] = 0,803 \cdot [1 + 0,0039 \cdot (75 - 20)] = 0,976 \text{ Ом}$$

мұнда, $t_{\text{ОБМ}}$ - орам температурасы

Фазаның белсенді кедергісі кезіндегі кернеу азаюы:

$$\Delta U_R = n_{\text{КВ}} \cdot R_K \cdot I_K = 2 \cdot 0,976 \cdot 6,43 = 12,546 \text{ В}$$

Кернеу қорегінің дәлденгені:

$$U_d = U_{dL} + \Delta U_R = 387,454 + 12,546 = 400 \text{ В}$$

Дәлдік мән керек мәнмен сәйкес келеді, демек есеп дұрыс орындалған.

2.11 Белсенді материалдардың массасын есептеу

Фазадағы ток жиілігі:

$$f_c = \frac{n}{60} \cdot Z_R \cdot 4 = 200 \text{ Гц}$$

Өріс айналу жиілігі:

$$n_1 = \frac{60 \cdot f_c}{p_1} = \frac{60 \cdot 200}{1} = 12000 \text{ об/мин}$$

Ротордың магнитталу жиілігі:

$$f_R = \frac{n + n_1}{60} \cdot p_1 = \frac{3000 + 12000}{60} \cdot 1 = 250 \text{ Гц}$$

1513 маркалы болатты таңдаймыз 0,35 мм қалындақтағы, тығыздығы:

$$\gamma_{Fe} = 7550 \text{ кг/м}^3$$

Және бөлшектелген шығындармен:

$$p_{уд} = 1,05 \text{ Вт/кг}$$

Мыс массасы:

$$m_{Cu} = \gamma_{Cu} \cdot S_{Kmax} \cdot K_{ЗМ} \cdot L_{ВИТСР} \cdot Z_S \cdot 10^{-9} \\ = 8900 \cdot 333,036 \cdot 0,365 \cdot 300,667 \cdot 6 \cdot 10^{-9} = 1,95 \text{ кг}$$

мұнда, $\gamma_{Cu} = 8900 \text{ кг/м}^3$ -мыс тығыздығы. Статор тішелерінің темір массасы:

$$m_{ZS} = \gamma_{Fe} \cdot h_{ZS} \cdot b_{ZS} \cdot Z_S \cdot l_{\delta} \cdot 0,95 \cdot 10^{-9} \\ = 7550 \cdot 22,632 \cdot 14,145 \cdot 6 \cdot 105 \cdot 0,95 \cdot 10^{-9} = 1,447 \text{ кг}$$

Статор мойынтұрығындағы болат массасы:

$$m_{aS} = \gamma_{Fe} \cdot \pi \cdot (D_a - h_{aS}) \cdot h_{aS} \cdot l_{\delta} \cdot 0,95 \cdot 10^{-9} = \\ = 7550 \cdot \pi \cdot (120 - 7,072) \cdot 7,072 \cdot 105 \cdot 0,95 \cdot 10^{-9} = 1,89 \text{ кг}$$

Ротор тішелерінің болатынын массасы:

$$m_{ZR} = \gamma_{Fe} \cdot h_{ZR} \cdot Z_R \cdot l_{\delta} \cdot 0,95 \cdot 10^{-9} = 7550 \cdot 9 \cdot 15,527 \cdot 4 \cdot 105 \cdot \\ 0,95 \cdot 10^{-9} = 0,421 \text{ кг}$$

Ротор мойынтұрығындағы болат массасы:

$$m_{aR} = \gamma_{Fe} \cdot \pi \cdot (D_{Ri} + h_{aR}) \cdot h_{aR} \cdot l_{\delta} \cdot 0,95 \cdot 10^{-9} \\ = 7550 \cdot \pi \cdot (23,36 + 9,3) \cdot 9,3 \cdot 105 \cdot 0,95 \cdot 10^{-9} = 0,72 \text{ кг}$$

Статор болатының массасы:

$$m_S = m_{ZS} + m_{aS} = 1,447 + 1,89 = 3,336 \text{ кг}$$

Ротор болатының массасы:

$$m_R = m_{ZR} + m_{aR} = 0,421 + 0,72 = 1,141 \text{ кг}$$

Болат массасы:

$$m_{Fe} = m_S + m_R = 3,336 + 1,141 = 4,477 \text{ кг}$$

Белсенді бөлшектердің жалпы массасы:

$$m_{\text{АКТ}} = m_{\text{Cu}} + m_{\text{Fe}} = 1,95 + 4,477 = 6,427 \text{ кг}$$

2.12 ПӘК және шығын есептеу

ВИҚ орамындағы электрлік шығын:

$$P_{\text{ЭЛ}} = I_K^2 \cdot R_K \cdot Z_S = 6,43^2 \cdot 0,976 \cdot 6 = 242,021 \text{ Вт}$$

Статор мойынтұрығындағы индукция:

$$B_{\text{aS}} = B_{\text{ZS}} \cdot \frac{b_{\text{ZS}}}{2 \cdot h_{\text{ZS}}} = 1,683 \cdot \frac{14,145}{2 \cdot 22,632} = 0,526 \text{ Тл}$$

Ротор тішелеріндегі индукция:

$$B_{\text{ZS}} = B_{\text{ZS}} \cdot \frac{b_{\text{ZS}}}{b_{\text{ZR}}} = 1,683 \cdot \frac{14,145}{15,527} = 1,533 \text{ Тл}$$

Ротор мойынтұрығындағы индукция:

$$B_{\text{aR}} = B_{\text{ZS}} \cdot \frac{b_{\text{ZS}}}{2 \cdot h_{\text{aR}}} = 1,683 \cdot \frac{14,145}{2 \cdot 9,3} = 1,277 \text{ Тл}$$

Статор болатындағы шығын:

$$P_{\text{CS}} = \frac{\rho_{\text{уд}}}{B_{\text{и}}^2} \cdot \left(\frac{f_{\text{уд}}}{f_{\text{и}}}\right)^{1,3} \cdot (k_{\text{da}} \cdot B_{\text{aS}}^2 \cdot m_{\text{aS}} + k_{\text{dZ}} \cdot B_{\text{ZS}}^2 \cdot m_{\text{ZS}}) = \frac{1,05}{1,5^2} \cdot \left(\frac{200}{50}\right)^{1,3} \cdot (1,8 \cdot 0,526^2 \cdot 1,89 + 2 \cdot 1,683^2 \cdot 1,447) = 25,836 \text{ Вт}$$

мұнда, $k_{\text{da}} = 1,8$ және $k_{\text{dZ}} = 2$ -коэффициенттері технологиялық факторлардың әсері салдарынан ВИҚ тішелерінің және болат мойынтұрығының шығындары көбеюін ескереді. $B_{\text{и}} = 1,5 \text{ Тл}$ және $f_{\text{и}} = 50 \text{ Тл}$ - шығындарды анықтау кезіндегі индукция мен жиілік шығыны

Ротордың болатындағы шығындар:

$$P_{\text{CR}} = \frac{\rho_{\text{уд}}}{B_{\text{и}}^2} \cdot \left(\frac{f_{\text{уд}}}{f_{\text{и}}}\right)^{1,3} \cdot (k_{\text{da}} \cdot B_{\text{aR}}^2 \cdot m_{\text{aR}} + k_{\text{dZ}} \cdot B_{\text{ZR}}^2 \cdot m_{\text{ZR}}) = \frac{1,05}{1,5^2} \cdot \left(\frac{200}{50}\right)^{1,3} \cdot (1,8 \cdot 1,277^2 \cdot 0,72 + 2 \cdot 1,533^2 \cdot 0,421) = 11,582 \text{ Вт}$$

Болат шығыны:

$$P_{\text{C}} = P_{\text{CS}} + P_{\text{CR}} = 25,836 + 11,582 = 37,418 \text{ Вт}$$

ВИҚ-тағы механикалық шығындарды ескермесек болады, олардың мәнінің өте аздығынан.

ВИҚ-тағы жалпы шығын:

$$P_{\text{СУММ}} = P_{\text{ЭЛ}} + P_{\text{С}} = 242,021 + 37,418 = 279,439 \text{ Вт}$$

ВИҚ пайдалы әрекет коэффициенті :

$$\eta = \frac{P_{\text{Н}}}{P_{\text{Н}} + P_{\text{СУММ}}} \cdot 100 = \frac{3000}{3000 + 279,439} \cdot 100 = 91,5\%$$

Түрлендіргішке кірердегі ток мәні (соңғы)

$$I_d = \frac{P_{\text{Н}}}{\eta(U_d - 2U_B)} = \frac{3000}{0,915 \cdot (400 + 2 \cdot 1)} = 8,24 \text{ А}$$

3. Технологиялық бөлім

3.1 Конструкция сипаттамасы

Қозғалтқыштың корпусы (тұғырық) асинхронды IP23 қорғау дәрежесінде орындалды. Аксиальді жүйе кезінде желдету саңылаулары болмайды (тесіктер қалқандар мойынтірек төменгі бөлігінде орналасады). Машинаның корпусын монтаждау тәсілімен IM1001 тірек табандары бар, олармен қоса төгіледі. Тұжырымдар қорапшасын корпуста орналастыру үшін негізі қарастырылған, ал терезесі шығарушы сымдар орамасы үшін жасалған. Тірек аяқтарында тесік орналасады.

Отырғызуды қамтамасыз ету үшін және мойынтіректерді центрлеу қалқандарында тұғырықтар сақиналы цилиндрлік қайрау (қорғандар) қарастырылған, сондай-ақ бекітуге арналған қалқандар–құлақшалар кесілген тесіктері үшін болттарды (корпустың үстіңгі бөлігінде) бұранды саңылау аяқтарында (төменгі бөлігінде).

3.1.1 Корпустың мақсаты:

Корпус арналған:

- 1) Жетекке қатысты машиналарды бекіту және үйлестіру;
- 2) Аксиальді және тарамдалған бағытта статор өзекшесі мен мойынтірек қалқандардың бекіту және үйлестіру;
- 3) Орамдарды, өзекшелерді және мойынтіректерді қоршаған орта әсерінен қорғау;
- 4) Бөлінген жылуды белсенді машинаның бөліктерінен қоршаған ортаға бөлу;

5) Қорытындылар қораптары мен зауыттық тақтайшаны орналастыру және бекіту;

6) Электрлік қауіпсіздігін қамтамасыз ету және айналмалы бөліктермен жанасуды алып тастау;

3.1.2 Корпусқа қойылатын талаптар

1) Өстің астындағы саңылау пакеті статордың шекті ауытқу биіктігі ГОСТ 13267-73 сәйкес келуі тиіс; Өстерінің арасындағы саңылаулар бекіту болттарының шекті ауытқу арақашықтығы-ГОСТ 8592-79; аяқтар тесіктері - үшінші қатардағы диаметрі және шекті ауытқулары ГОСТ 11284-75.

2) Құрастыру базасының өлшемдері (қыру астында өзек және құлыптар қонатын қалқандар) 8 дәлдік дәрежесінен төмен емес орындалуы тиіс қамтамасыз етуге қажетті сипаты, жанасу қозғалмайтын қосылу статор өзекшесі корпуспен және түйіндесу, корпусстың белгіленген орындарды стендтермен, тақталармен нөлдік саңылаумен. Рұқсатнамалар өзара орналасуы жинақтау қорын, оның ішінде шет жақтарының корпусқа 7 немесе 8 дәлдік дәрежесіне сәйкес келуі тиіс. Рұқсатнамалар беткі берілістегі соғудың-29 кестеде. Радиалдық берілістегі соғудың рұқсатнамалары – 30-кестеде. Тағайындау кезінде рұқсат беткі берілістегі соғудың астында, номиналды өлшемі деп үлкен номиналды диаметрінің тік беті. Тағайындау кезінде рұқсат радиалдық берілістегі соғудың астында номиналды өлшемі дегеніміз номиналды диаметрі қаралатын беттер.

Барлық өңделетін бетінің сыртына құйылған өңделмейтін беттері (құлыптар отырғызуға қалқандар) шығарылуы тиіс.

Тірек беті табандардың тиіс параллель өстің астындағы саңылау пакет статоры. Параллельдік рұқсат – 29-кесте. Тағайындау кезінде рұқсат параллель астында номиналды өлшемі дегеніміз номиналды жағының ұзындығы (корпус ұзындығы). Жалпы рұқсатнамалар - ГОСТ 30893.2-мК.

3) Корпус механикалық беріктік және қаттылығын қамтамасыз ету үшін болаттан маркалы шойын болуы тиіс СЧ20 ГОСТ 1412-85 немесе қорытпаның құймалық және механикалық қасиеттері төмен емес СЧ20 бойынша (материал ауыстыру СЧ25 ГОСТ1412-85, GG-20 DIN 1691). Қабырғасының қалыңдығы корпусстың бұрышы орналасқан табандардан тағайындалады, есептеулерге сәйкес қойылатын талаптарға құйылған конструкцияларға сәйкес ГОСТ 26358-84. Өтпелі тері тесігін секциялы дайындауға жол берілмейді.

4) Салқындату корпусының сыртқы беті жылу есептеу машиналарына сәйкес. Өткізгіштік корпусының кедірі жоғары жылуын қамтамасыз ету үшін және бетінің түсі шарттарына қарқынды жылулық сәуле шығаруына сәйкес болуға тиіс. Құю тазартылуы қоспалар мен күйге тиіс қалыптау. Құю болмауы тиіс ақауларды нашарлататын оның сыртқы түрі. Техникалық талаптар құю ГОСТ 26358-84. Ауытқу мөлшерін құю ГОСТ 26645-85 (көрсетілгендерден басқа). Жіберіледі шамалы ақаулар МЕСТ 19200-80.

Берілмеген құю радиустары 3...5 мм, құю еңістері 1° дейін. Қашу және жүз бұранда ГОСТ 10549-80. Жерге тұйықтау белгісі 10 ГОСТ 21130-75 жабуға керегі қызыл эмальмен боялғаны.

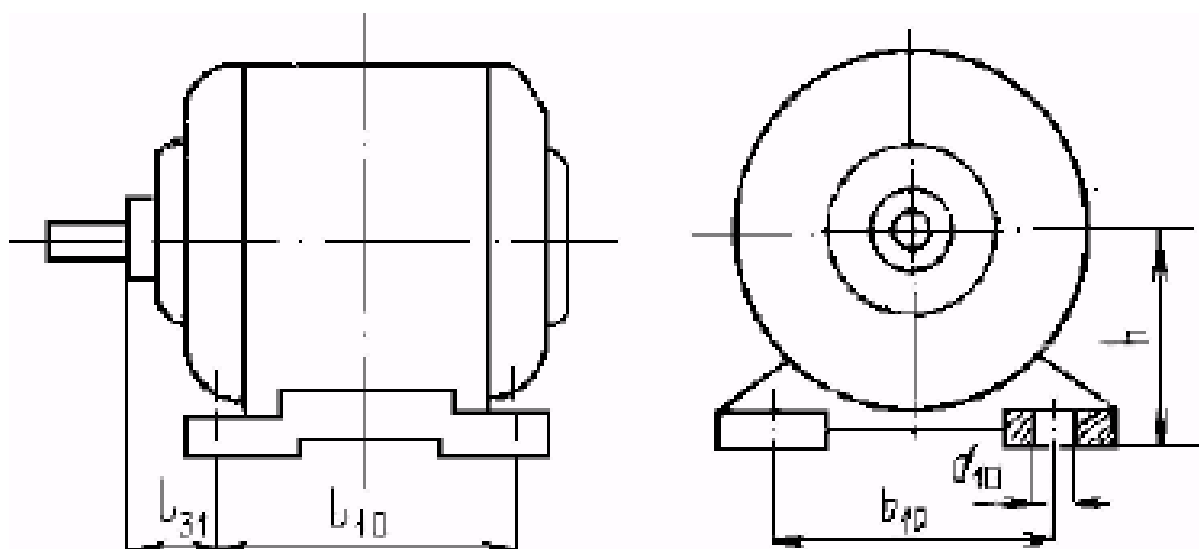
3.2 Конструкцияны технологиялыққа өңдеу кезінде техникалық шешімдерді

Қою мөлшерлерін белгілеудің базасы ретінде құлыпты қабылдайды, ол білігінің шығыс аяғы жағында. Оған қоятын мөлшері басқа құлыпқа дейін тесіктер аяғына дейін. Төлеу бойынша, сондай-ақ басқа да мөлшер қойылады қораптар, жүк болты, болттың жерге тұйықтауын анықтайтын ереже шығаруға.

Әрбір мәніне h тәуелді белгілі бір орнату және қосу мөлшерлері регламенттелген МЕМСТ 18709 -73 үшін $h = 50-400$ мм.

Шекті ауытқу биіктік өсімен айналуы h құрайды-0,5 мм ГОСТ 13267-73.

Шекті ауытқуларды орнату және қосу өлшемдері реттелген ГОСТ 8592-79. Диаметрі және шекті ауытқулар тесіктер аяғында $d_{10}-H_{14}$ бойынша 3 қатарда ГОСТ 11284-75.



1-Сурет – Қойылатын және жалғанатын машиналар мөлшері

Арақашықтық корпусының төменгі бөлігінен машиналарға дейін, тірек бетінің табандарының 4 мм, қабырғасының қалыңдығы станиналары-8 мм.

Кедір-корпустың ішкі бетінің астында статор өзегі және тесік отырғызу үшін қалқандарды Ra 3,2 мкм тағайындайды, еркін корпустың ішкі бетін Ra 12,5 мкм 23 -кесте бойынша 340-ші бет, сәйкес өрістері осы беттерден рұқсат.

Тесіктер астындағы метрикалық бұранданы кесу диаметрі ГОСТ 19257-73. Дәлдік шек өрістер бұрандалардың тесік құлақшалары және қорапта тұжырымдар қабылдаймыз 6H , қалғанын 7H ГОСТ 16093-2004.

Гайка кілттері аяғындағы орны үшін аңқа кілтінің $S=24$ мм және құлақша үшін $S=17$ мм ГОСТ 13682-80.

Жерге тұйықтау белгісі 10 ГОСТ 21130-75 металда құю әдісімен орындалды.

Рұқсат жазықтық тірек бетінің табандарына 0,15 мм, қалыпты дәлдік ГОСТ 8592-79.

Тірек беті табандардың тиіс параллель өстің астындағы саңылау пакеті статор. Рұқсат параллельдік 29-кесте бойынша 0,08. Тағайындау кезінде рұқсат параллельдік астында номиналды өлшемі дегеніміз номиналды жағының ұзындығы (корпус ұзындығы).

3.3 Корпустың технологиялық үрдістерін дайындау

3.3.1 Қапталған кокиль принципін құю

Қапталған кокиль принципін құю ерекшелігі, жұмыс беті кокильдің қабаты жағылады қалыңдығы 4-8 мм, бір рет қолданылатын құм- қаптауға арналған терморезистивті қоспамен. Бұл үшін қолданады 200-220°C дейін қыздырылған және қапталған бөлу құрамы металл, модельдік плитасының 1 және 2 модельін (1-сурет) жабады 150—170°дейін қыздырылған жарым кокиль 3 және ондағы тесіктер арқылы құмды бастарын 4 қоспасын. Бұл қоспасы, содан кейін қату құрады, кокильге арналған берік сыртқы 5 қабаты 4-тен 8 мм. Екінші жартысы кокильдің оосындай тәсілмен қапталады.

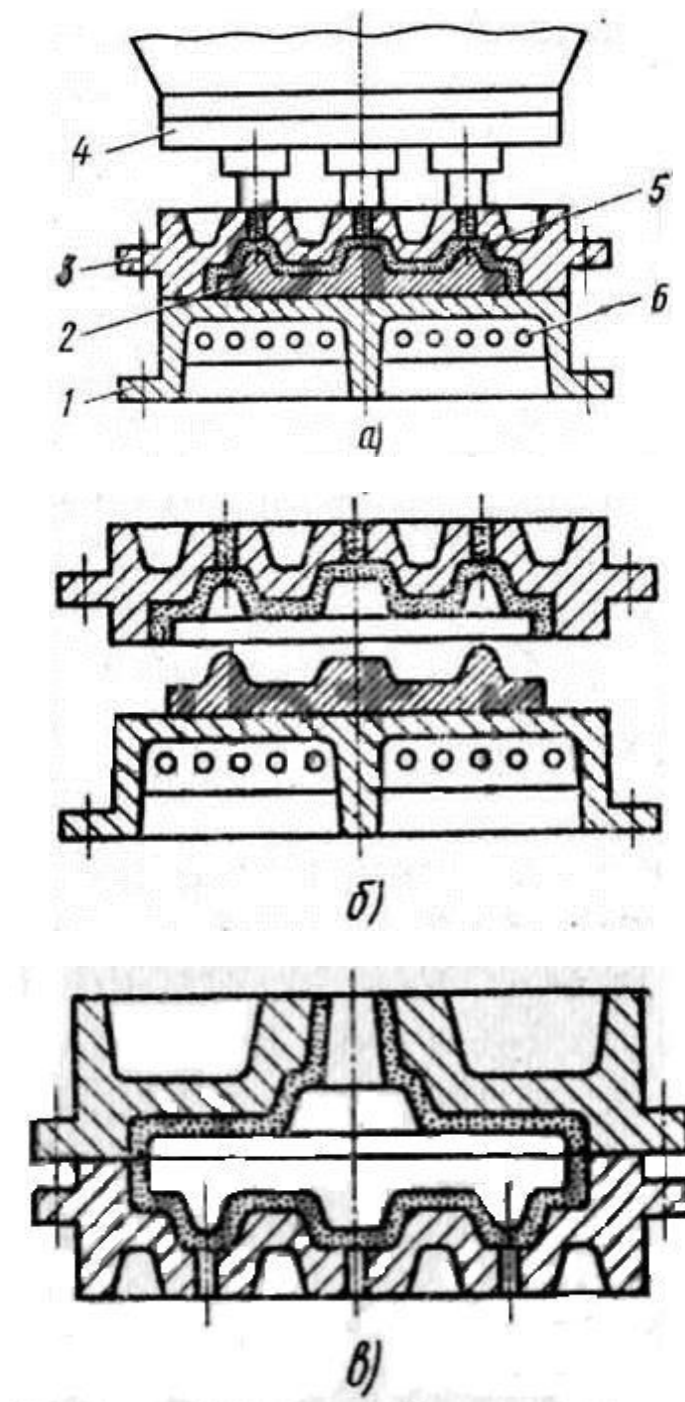
Қапталған кокильден құймаларды алу технологиясы артықшылықтарын біріктіреді, кокильді құю және беттік құю. Салыстырғанда таза құюмен (қапталмаған) кокиль қалыпты құю қапталған кокильдің мынадай артықшылықтары бар: кокильдердің жоғары төзімділігі (30 000 дейін шығанақтардың), құймаларды алып тастау технологиялық үрдісінің күйдіру операцияларын, жеңілдетілген кокиль конструкциясын (оны пісіріліп құйылған жұмыс бөгеттермен қажет етпейтін механикалық өңдеу, бұл кокильдің құнын төмендетеді), құймаларды алу мүмкіндігі, шығынқы және терең, дәл құймаларды кез келген конфигурациясы және олардың қатуының оңтайлы жағдайлары.

3.3.2 Механикалық өңдеу

Осы бұйымдарға токарлық нұсқасын өңдеу қолданылады. Сериялық өндіріс жағдайында станиналары эмбебап металл кескіш жабдықтармен өңделеді.

Корпустың ішкі диаметрі мен бүйір жағы үшін қара базасын қабылдайды, бірәк таза базасын жасайды, алдын ала бір құлыптар өңдеу, ол одан таза базасы ретінде қызмет етеді, сондай-ақ осы операциялардың түпкілікті басқа бүйір жағы және алдын ала корпустың ішкі бетінің жартысы өңделеді, осы құлыппен (1-ші операция). Негізінде алдын-ала өңделген корпустың ішкі бетінің жартысы екінші құлыппен алдын-ала өңделеді, екінші бүйір жағы және басқа да корпустың ішкі бетінің жартысы (2-ші операция).

Негізінде, екінші құлыптың және бүйірінде бекіте отырып, жер бетінде бірінші құлып, түпкілікті корпусстың ішкі беті өңделеді (3-ші операция). Осыдан кейін базада статор пакетінің сыртқы диаметрін және оның бүйірінде түпкілікті құлыптарды өңдеуді жүргізеді (4-ші операция). Негізінде түпкілікті өңделген базалық құлыптың ішкі диаметрі өзекшені жазықтықта табандардың



1-Сурет Кокильді қаптау: а — қоспа үрлемесі, б — модельдік тақтадан қоспаны алу, в — жиналған кокиль; 1 — модельдік тақта, 2 — модель, 3 — кокиль жартысы, 4 — құмды басы, 5 — қаптама беті, 6 — электро-жылытқыш.

фраздауы, қораптардың үстіңгі беті тегіс деп тұжырымдалады, шарықтау астында болт жерге тұйықталады (5-ші операция), корпусында барлық тесіктерді теседі (6-ші операция), тесік бұрандасын турайдды (7-ші операция).

Операция кезінде ескерту:

Токарлық қолжазбаның алғашқы түрі – 4 мм;

Токарлық қорытынды – 2 мм.

3.4 Механикалық өңдеу үшін пайдаланылатын жабдық

Токарлық станок СББ СКЕ 6156Z

Токарлық станок СББ СКЕ 6156Z токарлық өңдеу бөлшектердің сыртқы және ішкі жабындарының типті айналу денелерінің сатылы және қисық сызықты профилі, кесуге арналған бұрандалардың, бұрғылау, ұңғылау және т. б. үшін арналған. Бір немесе бірнеше жолдар жабық жартылай автоматты циклда бір мезгілде екі координаттар өңдеуге болады.

Базалық комплектация:

- 6-позициялық револьверлік бас;
- жұмыс аймағын жарықтандыру;
- 3-х механикалық патрон;
- кілттер жинағы мен құралдары;
- механикалық артқы кемпір Морзе №4 коньсымен;

Станок бұрғылау-өңдеу-қайралу СББ 500V/2

Станок бұрғылау-өңдеу-қайрау автоматты ауысуымен құрал (БАА) және сандық бағдарламамен басқарылатын (СББ) 500V/2 кешенді әртүрлі конструкциялық материалдарды жеке жағдайында бөлшектерді өңдеу үшін арналған, ұсақ сериялы және сериялы өндіріс. Сверлдік-фрезондық- қайралған СББ 500V/2 екі жұмыс аймағы, әрқайсында жылжымайтын стол орнатылған. Екі жұмыс аймағында өңдеу мүмкін немесе дайындаманы өңдеу ұзындығы 1900 мм дейін. Операцияларды бұрғылау, үңгілеу, жазу, жартылай дайын орындайды және қайрақталған тесіктер бұранданы кесуге арналған белгілеу және фрездермен фрезерлеу.

Станоктың сверлдік-фрезондық-қайралған СББ 500V/2 қолдану облысы: машина жасау кәсіпорындары, өнеркәсіптің түрлі салаларында.

- Екі жұмыс аймағында немесе ұзын өлшемді дайындамаларды өңдеуде
- Жоғары жылдамдықты өңдеуде
- Әр түрлі аспаптық дүкендер орнату мүмкіндігі
- Айналымалы үстел басында төрт-бес координаталық өңдеуде жабдықтау мүмкіндігі
- Бөлшектер және құралдарды өлшеу үшін сүңгімен жабдықтау мүмкіндігі.

Жиілікті түрлендіргіш және басқару жүйесі электромеханикалық энергияны конверсиялауды жүзеге асыру үшін қажетті ИҚ ажырамас бөлігі болып табылады. Бұл суретте көрсетілгендей, құрылымдық элементтердің жиынтығы бекітілген. Реттелетін электр жетегі жүйесі ғана емес, сонымен бірге электромеханикалық энергия түрлендіргіші.

4 Өмір тіршілік қауіпсіздік бөлімі

4.1 Шу

Шу деп адамға жағымсыз түрде әсер ететін барлық дыбысты айтады.

Әдетте, шу жиілігі мен қарқындылығы әртүрлі дыбыстардың үйлесуі болып табылады.

Өндірістік шудан қорғанудың мәні зор. Шу адамның ағзасына әсер ете отырып, психикалық және физиологиялық бұзуларды тудырады, жұмыс қабілеттілігін төмендетіп, аурудың және өндірістік жарақаттың пайда болуына алғышарттар жасайды. Ұзаққа созылатын қатты шу жүрек-қан тамыр және жүйке жүйесіндегі функционалдық өзгерудің себебі болуы мүмкін, сондай-ақ, ол естудің нашарлауына және керең болуға әкелуі мүмкін. Ми қабығына әсер ете отырып, шу ашуланғыштық әсерін тудырады, шаршау үрдісін жылдамдатады, зейінді әлсіретеді, реакция жылдамдығын бәсеңдетеді.

Шудың шекті рұқсат етілген көлемі (МЕМСТ 12.1.003-83 ССБТ), ол бір күн бойы және бірнеше жыл бойы адамға күн сайынғы жүйелі түрде әсер еткен кезде, оның ағзасында айтарлықтай науқастануды тудырмайды және оның қалыпты жұмыс істеуіне кедергі келтірмейді. 29-кестесінде жұмыс орнында рұқсат етілген шу деңгейлері көрсетілген.

Шуды нормалаудың негізі – бұл жұмыс ауысымы ішінде адамға әсер ететін дыбыс энергиясын оның денсаулығы мен жұмыс қабілеттілігі үшін қауіпсіз ететіндей түрде шектеу болып табылады. Машина іші көпір қраны операторының жұмыс орны болып табылатындықтан, біздің жағдайда, нормалау ҚН 2.2.4/2.1.8.562-96 «Жұмыс орындары, тұрғын орынжайлары, қоғамдық ғимараттары мен тұрғын құрылыстарындағы шу» бойынша жүргізіледі.

4.2 Шуды есептеу

Есептеулер үшін берілген мәндер:

Бөлменің үлкендігі:

$D = 6 \text{ м};$
 $Ш = 6 \text{ м};$
 $B = 3,3 \text{ м}.$

Бөлменің көлемі $118,8 \text{ м}^3$;
 Қозғалтқыштан өлшенетін нүктеге дейінгі аралық:

$r_1 = 2 \text{ м};$
 $r_2 = 2,2 \text{ м};$
 $r_3 = 4,5 \text{ м}.$

1.1 кестеде дыбыс қысымының деңгейлері көрсетілген.

Шу көзінің ең үлкен мөлшері: $l_{max} = 0,2 \text{ м};$

1.1 кесте – Электр жетегі тудыратын дыбыс қысымының деңгейі

Среднегеометрические частоты октавных полос, Гц	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
L_{pi}	56	56	58	58	60	61	60	59

Бөлмедегі екі немесе одан да көп шу көздерінің дыбыстық қысымын мына формуламен анықталады:

$$L_{ож} = 10 \cdot l g \left(\sum_{i=1}^m \frac{\Delta i \cdot x_i \cdot \Phi_i}{S_i} + \frac{4\psi}{B} \sum_{i=1}^n \Delta i \right), \quad (1.1)$$

мұндағы $\Delta i = 10^{0,1 \cdot L_{pi}}$;

L_{pi} – әрбір шу көзінің дыбыс қуатының деңгейі;

n – барлық шу көздерінің қосындысы;

m – өлшенетін нүктеге жақын шу көзері.

Өлшенетін нүктеден акустикалық центрға дейінгі аралық:

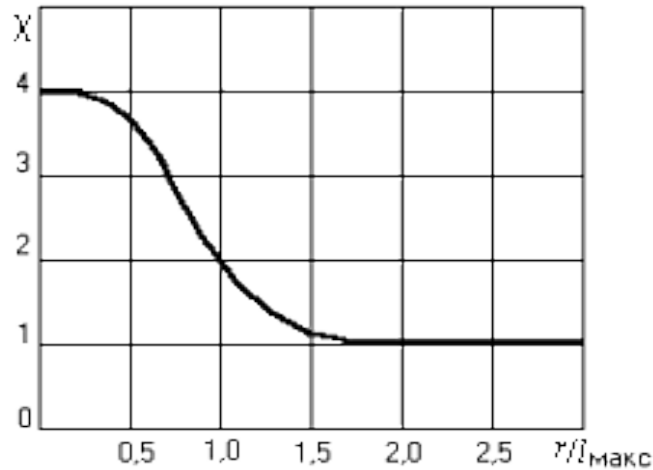
$$r_{min} = 2 \text{ м},$$

Сонымен қатар оған жақын көзі:

$$5 \cdot r_{min} = 10 \text{ м}.$$

Есептелінетін нүктеге жақын орналасқан және есептеулерде қолданылатын барлық шу көздерінің қосындысы 3 ($m=3$) тең болғанда, r_1 , r_2 және r_3 аралықтарында орналасқан көздердің барлық берілгендері есепке алынады.

$x_i - r_i/l_{max}$ қатынасының тәуелдігімен 4.1 суреті арқылы алынатын коэффициент.



4.1 сурет – r_i/l_{max} қатынасымен эмпириалық коэффициенттің χ_i тәуелділігі

l_{max} – шу көздерінің ең үлкен өлшемі.

Бұл коэффициент жақын акустикалық өрістің әсерін есепке алады.

Есептейміз:

$$\frac{r_i}{l_{max}} = \frac{2}{0,2} = 10,$$

$r_i/l_{max} > 2$ болғандықтан $\chi_i = 1$ тең деп қабылдаймыз.

Φ – шу көздерінің бағытталу факторы бірге тең деп қабылдаймыз;

S – өлшенетін нүктеден шу көзіне дейін өтетін елестетілген аймақтың көлемі;

Егер $r > 2l_{max}$ болса, онда аймақ мына аралықта жатыр деп қабылдаймыз:

а) еденнің немесе қабырғаның бетінде, $S = 2\pi r^2$;

б) кеңістікте $S = 4\pi r$;

в) екі бұрышты, қоршалған аймақтан $S = \pi r^2$;

г) үш бұрышты, қоршалған аймақтан $S = \pi r/2$;

Келесі параметр бөлменің тұрақтысы:

$$B = B_{1000} \cdot \mu, \quad (1.2)$$

мұндағы, B_{1000} – бөлменің көлеміне тәуелді бөлме тұрақтысы. Ол бөлменің түріне тәуелді болып келеді.

Біздің жағдай үшін $B_{1000} = \frac{V}{10}$ аламыз.

Онда есептік мәні:

$$B_{1000} = \frac{V}{10} = \frac{118,8}{10} = 11,88.$$

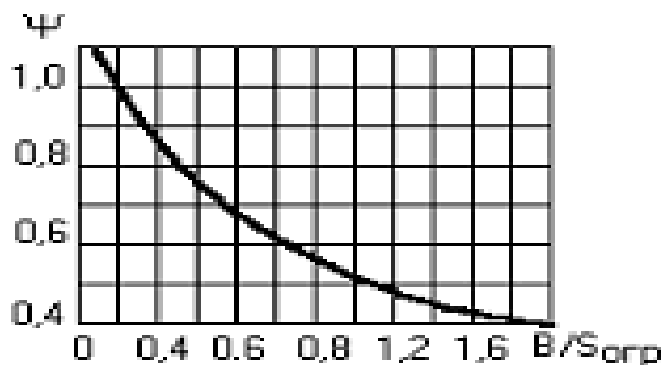
Мұндағы: μ жиілікті көбейткіш, оны 1.2 кестемен анықтаймыз.

1.2 кесте – Жиілікті көбейткіштің мәндері

Бөлменің көлемі, м ³	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
V<200	0,8	0,75	0,7	0,8	1	1,4	1,8	2,5
V=200/1000	0,65	0,62	0,64	0,75	1	1,5	2,4	4,2
V>1000	0,5	0,5	0,55	0,7	1	1,6	3	6

« ψ » коэффициенті дыбыстық өріс толқынының бұзылуын есепке алады, оны $\frac{B}{S_{\text{жал}}}$ тәуелді 4.2 суреттегі сызба арқылы анықтаймыз.

$S_{\text{жал}}$ – бөлменің бетіндегі барлық аумақтың қосындысы ($S_{\text{жал}} = 151,2 \text{ м}^2$);



4.2 сурет – ψ дыбыс өрісі толқынының бұзылу коэффициенті

1.3 кесте – ψ дыбыс өрісі толқынының бұзылу коэффициентінің мәндері

Шамалары	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
B	9,504	8,91	8,316	9,504	11,88	16,632	21,384	29,7
$B/S_{\text{жал}}$	0,06	0,06	0,06	0,06	0,08	0,11	0,14	0,20
ψ	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1	1	1

$$\Delta L_{\text{ТР}} = L_{\text{общ}} - L_{\text{доп}}, \text{ дБ} \quad (1.3)$$

мұндағы, $L_{\text{жал}}$ – есептеу нүктесіндегі дыбыстың октавалық деңгейі;
 $L_{\text{кос}}$ – 1.4 кестеде көрсетілген.

1.4 кесте – Дыбыстық қысымның рұқсат етілген деңгейі

Октавалық жолақтың орташа геометриялық жиілігі, Гц	63	25	250	500	1000	2000	4000	8000
$L_{\text{доп}}$	99	92	86	83	80	78	76	74

63 Гц жиілігі үшін есептеулер жүргіземіз.

63 Гц жиілігі үшін $L_{pi} = 56$ дБ;

Δ_1 төмендегі өрнекпен есептейміз:

$$\Delta_1 = 10^{0,1 \cdot 56} = 398107,17;$$

Бөлме көлемін $S = 2\pi r^2$ формуламен анықтайды:

$$S_1 = 2\pi \cdot 2^2 = 25,13 \text{ м}^2,$$

$$S_2 = 2\pi \cdot 2,2^2 = 30,41 \text{ м}^2,$$

$$S_3 = 2\pi \cdot 4,5^2 = 127,23 \text{ м}^2.$$

$\sum_{i=1}^m \frac{\Delta_i \cdot x_i \cdot \Phi_i}{S_i}$ формуласымен есептелінеді:

$$\sum_{i=1}^3 \frac{\Delta_i \cdot x_i \cdot \Phi_i}{S_i} = \frac{3,98 \cdot 10^5}{25,13} + \frac{3,98 \cdot 10^5}{30,41} + \frac{3,98 \cdot 10^5}{127,23} = 32062,26.$$

Ары қарай $B_{63} = B_{1000} \cdot \mu_{63}$ формуласымен есептеулер жүргіземіз.
 μ коэффициентінің мәнін $V < 200 \text{ м}^3$ және 63 Гц жиілік үшін анықтаймыз $\mu=0,8$;

Онда:

$$B_{63} = 11,88 \cdot 0,8 = 9,504.$$

Енді төмендегі теңдеуді есептейміз:

$$\frac{4\psi}{B} \sum_{i=1}^3 \Delta_i = \frac{4 \cdot 1,1}{9,504} \cdot 3 \cdot 3,98 \cdot 10^5 = 5,52 \cdot 10^5.$$

Одан кейін барлық мәндерді қосамыз:

$$\sum_{i=1}^m \frac{\Delta_i \cdot x_i \cdot \Phi_i}{S_i} + \frac{4\psi}{B} \sum_{i=1}^n \Delta_i = 32062,26 + 5,52 \cdot 10^5 = 584062,26.$$

Енді төмендегі өрнекті анықтаймыз:

$$L_{ож} = 10 \cdot \lg(584062,26) = 57,66 \text{ дБ}.$$

Кестеден 63 Гц жиілігі үшін значение $L_{кос} = 99$ дБ мәнін анықтаймыз.

Есептеудің соңында мына мәнді анықтаймыз:

$$\Delta L_{\text{ТР}} = L_{\text{жал}} - L_{\text{кос}} = 57,66 - 99 = 41,33.$$

Барлық берілгендердің есептелінген нәтижелерін 1.5 кестеге енгіземіз. Есептеулер нәтижесінен шу деңгейінің нақты мәнін аламыз. Таңдап қойылған электр қозғалтқышының шуы талаптарға сай келеді

4.3 Жарықтандыруды өңдеу

Өнеркәсіпте жарықтандыру шарты адамның көзбен көріп жұмыс жасауына, адамның физикалық жағдайына, сонымен қатар еңбек өнімділігіне, өнімнің сапасына және өнеркәсіптегі жарақатқа үлкен әсеретеді.

Еңбектің қолайлы жағдайларын жасау үшін өнеркәсіптік аймақ келесідегідей талаптарға сай болуы керек:

- жарықтану гигиеналық нормаға сәйкес болуы керек;
- жұмыс аймағындағы жарық бірқалыпты болуы керек;
- жұмыс аймағында көлеңкелер болмауы тиіс;
- жарқырау жұмыс аймағында болмауы тиіс;
- дұрыс жарықты беру үшін жарық қажетті спекторлық жарықтан тұруы керек.

Өнеркәсіптің бөлмесін өндегенде жарық көзі таңдалады, оның орналасуы, жарықтың техникалық есептеулері және жарықтандыру құралдарын анықтау қолданылады.

ЛАЦ үшін табиғи жарықтандыруға есептеу жүргіземіз.

Есептеуге берілген мәндері:

Бөлменің өлшемі – 6х8х4м

Көзбен көру жұмысының разряды – III В

Төбе, еден және қабырғалардың жарықтау коэффициенті:

$$\rho_{\text{пот}} = 30\%, \rho_{\text{ст}} = 10\%, \rho_n = 10\%$$

Шешім: $E_{\text{норм}}=300$ лк. («Өнеркәсіпті жарықтандыру» тақырыбы бойынша әдістемелік нұсқаулықтардағы 5.2 кесте).

Жарықтандыруда қолданылатын әдіс – ЛБ люминисцентті шамдар, оның қуаты 80 Вт, сәулелендіру өрісі $\Phi_{\text{л}}=5220$ лм.

Бөлменің индексін анықтаймыз:

$$i = \frac{AB}{h(A+B)} \quad (2.1)$$

мұндағы, A – ені, м;

B – ұзындығы, м;

h – есептелінген биіктігі, м, $4-(1,2+0,5)=2,3$ м тең (жұмыс аумағының еденнен төбеге дейінгі биіктігі 1,2 м, шамның жарық түсіру биіктігі 0,5м):

$$i = \frac{6 \cdot 6}{2,3(6+8)} = 1,12$$

мұнда, $\eta=0,38$ қолдану коэффициенті;

$K_3 = 1,5$ занос коэффициенті.

Қажетті шамдардың саны:

$$N = \frac{E_{\text{норм}} \cdot K_3 \cdot S \cdot Z}{n \cdot \Phi_l \cdot \eta} \quad (2.2)$$

мұнда, $E_{\text{норм}}$ – нормалық жарықтану, лк;
 n – светильник шамдарының саны, ПВЛМ светильник үшін екіге тең 2x80;

Φ_l – жарық ағымы, лм;

S – бөлменің көлемі, 48 м² тең;

Z – бірқалыпты есе жарықтандырудың коэффициенті, 1,1 тең.

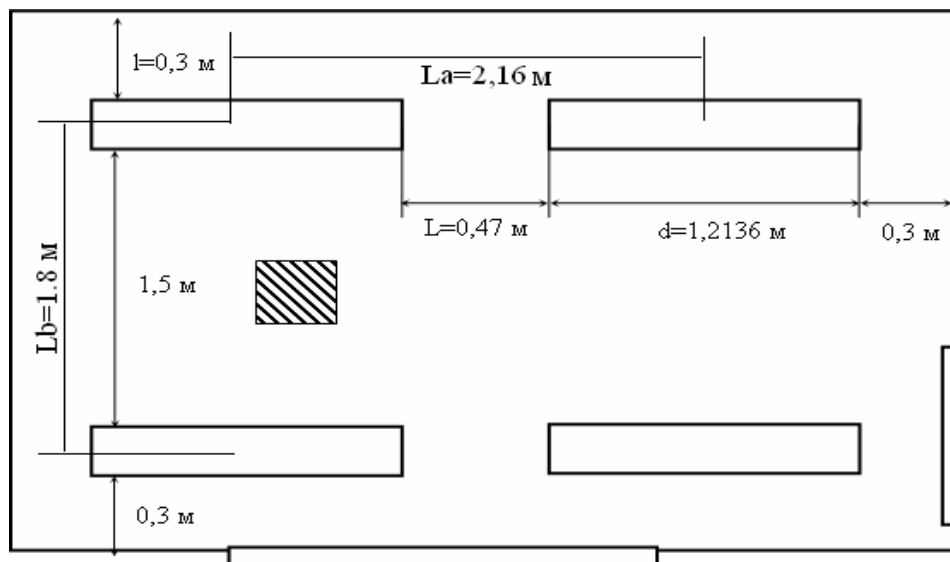
Шешім:

$$N = \frac{300 \cdot 1,5 \cdot 4,8 \cdot 1,1}{2 \cdot 5220 \cdot 0,38} = 4$$

ПВЛМ 2x80 типті 6 шамдарды таңдаймыз.

Шамдарды 2 қатарға үштен қоямыз, светильниктің ұзындығы – 1325 мм, ал ені – 270 мм («Электрлік жарықтандыруды жобалау үшін анықтамалық кітаптар» бойынша 3-9 кестелер).

Шамдардың орналасуы 1.3 суретке көрсетілген.



1.3 сурет – Шамдардың орналасу сұлбасы

Бақылау нүктесін А деп белгілейміз. А нүктесінен әрбір шамға дейінгі аралықты табамыз.

А нүктесінің жарықтануы (барлық шамдарға дейін):

$$E = \frac{\sum e_{\Gamma} \cdot M \cdot \Phi_{\Gamma}}{1000 \cdot K_3}, \quad (2.3)$$

мұнда, $\sum e_{\Gamma}$ – барлық шамдардан А нүктесіне дейінгі шартты жарықтандырудың қосындысы, лк;

M – қашықтағы шамдардың әсерін есепке алатын коэффициент, 1,1 тең.

Қарастырылып отырған А нүктенің шамдарының жарығы:

$$e_{\Gamma} = \frac{I \cdot \cos^3 \alpha}{h^2} \quad (2.4)$$

мұнда, I – нүктеге бағытталған жарық күші, кд.;

α – нүкте мен сәулелер түсетін аймақтың беті мен нормаль арасындағы бұрыш, град.;

h – есептеу биіктігі, м.

Шешім:

$$d_1 = \sqrt{1^2 + 1^2} = \sqrt{2} = 1,41 \Rightarrow \operatorname{tg} \alpha_1 = \frac{d_1}{h} = \frac{1,41}{2,3} = 0,615 \Rightarrow$$

$\alpha_1 = 32^\circ$, $\cos^3 \alpha_1 = 0,61$ (анықтамалық кітаптағы 1-2 кестелер бойынша алынады).

$I_1 = 130$ кд (анықтамалық кітаптағы 3-10 кестелер бойынша алынады).

$$e_1 = \frac{130 \cdot 0,61}{2,3^2} = 15 \text{ лк}$$

$$d_1 = \sqrt{1^2 + 3^2} = \sqrt{10} = 3,16 \Rightarrow \operatorname{tg} \alpha_2 = \frac{d_2}{h} = \frac{3,16}{2,3} = 1,375 \Rightarrow$$

$\alpha_2 = 54^\circ$, $\cos^3 \alpha_2 = 0,203$ (анықтамалық кітаптағы 1-2 кестелер бойынша алынады).

$I_2 = 80$ кд (анықтамалық кітаптағы 3-10 кестелер бойынша алынады).

$$e_2 = \frac{80 \cdot 0,203}{2,3^2} = 3,1 \text{ лк}$$

Жарықтардың қосындысы:

$$\sum e_{\Gamma} = 4e_1 + 2e_2 = 4 \cdot 15 + 2 \cdot 3,1 = 66,2 \text{ лк}$$

1.5 кесте – Есептеу нәтижелері

№	Шамалар	Өлшем бірлігі	Октавалық жолақтың орташа геометриялық жиілігі, Гц							
			63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
1	L_{pi}	дБ	56	56	58	58	60	61	60	59
2	$\Delta_1=10^{(0,1 \cdot L_{pi})}$	-	398107, 2	398107, 2	630957, 3	630957, 3	1000000	1258925	100000 0	794328, 2
3	$S_1=2 \cdot \pi \cdot r_1^2$	м ²	25,12	25,12	25,12	25,12	25,12	25,12	25,12	25,12
4	$S_2=2 \cdot \pi \cdot r_2^2$	м ²	30,3952	30,3952	30,3952	30,3952	30,3952	30,3952	30,3952	30,3952
5	$S_3=2 \cdot \pi \cdot r_3^2$	м ²	127,17	127,17	127,17	127,17	127,17	127,17	127,17	127,17
6	Δ_1/S_1		31696,4 3	31696,4 3	50235,4 6	50235,4 6	79617,8 3	100232,9	79617,8 3	63242,6 9
7	Δ_1/S_2		13097,7	13097,7	20758,4 5	20758,4 5	32899,9 3	41418,56	32899,9 3	26133,3 4
8	Δ_1/S_3		3130,51 2	3130,51 2	4961,52 7	4961,52 7	7863,49	9899,547	7863,49	6246,19 2
9	Сумма "6", "7", "8"		47924,6 4	47924,6 4	75955,4 4	75955,4 4	120381, 3	151551	120381, 3	95622,2 3
10	$B_{1000}(V=3200M^3)$	-	-	-	-	-	11,88	-	-	-
11	μ	-	0,8	0,75	0,7	0,8	1	1,4	1,8	2,50
12	$B_i=B_{1000} \cdot \mu$	-	9,504	8,91	8,316	9,504	11,88	16,632	21,384	29,7
13	$4 \cdot \psi/B_i$		0,46296 3	0,49382 7	0,52910 1	0,46296 3	0,37037	0,2405	0,18705 6	0,13468
14	$\sum_{i=1}^3 \Delta_i = 3 \cdot \Delta_i$		1194322	1194322	1892872	1892872	3000000	3776776	300000 0	2382985

1.5 кестенің соңы

1 5	Произв. "13" и "14"		552926, 6	589788, 4	1001520	876329, 6	1111111	908315,6	561167, 2	320940, 7
1 6	Сумма "9" и "15"		600851, 3	637713	1077475	952285, 1	1231492	1059867	681548, 5	416562, 9
1 7	$L_{ож}=10lg("16")$	дБ	57,7876 7	58,0462 5	60,3240 7	59,7876 7	60,9043 2	60,25251	58,3349 7	56,1968 1
1 8	$L_{доп}$	дБ	99	92	86	83	80	78	76	74
1 9	$\Delta L_{тр}=L_{ож}-L_{доп}$	дБ	- 41,2123	-33,9537	-25,6759	-23,2123	-19,0957	-17,7475	-17,665	- 17,8032

А нүктесінің дарығы А:

$$E = \frac{66,2 \cdot 1,1 \cdot 5220}{1000 \cdot 1,5} = 253 \text{ лк}$$

20%-ға Е мәні үлкен немесе кіші $E_{\text{норм}}$ болу шарты орындалады, бұл дегеніміз жарықтандыру нормаға сәйкес келетіндігін білдіреді (253 лк < 300 лк, 47лк немесе 16%).

5 Экономикалық бөлім

5.1 Экономикалық бөлімді есептеу

Соңғы кездерде Қазақстанда және де шетел мемлекеттерінде көпірлік крандардың жиілігі реттелетін электржетегін қолдану көбею үстінде. Жиілігі реттелінетін жетегімен қамтамасыз етілу кезінде бір қалыппен ауысатын үрдістері жетектің кинематикалық тізбек элементіндегі динамика салмағы төмендейді, осының арқасында кранның механикалық жабдығының жұмыс жасау сенімділігі айтарлықтай жақсарады, тежегішті және деэлектр қозғалтқышты ауыстыруды қажет етпейді.

Крандарда реттелінетін жетекті көп пайдаланудың негізгі себебінің бірі – кранның 30 - 40%-ға жұмыс жасағанда оның электр энергиясын тұтынуының төмендеуі.

Яғни, жиілігі реттелінетін электр жетекті өндіруден болатын экономикалық нәтиже электр энергиясын үнемдеу және қолданымдық шығындарды төмендету болып табылады.

Жиілігі реттелінетін түрлендіргіштерді қолдану қолданыстағы қысқа тұйықталу роторы бар бір жылдамдықты асинхрондық қозғалтқышты пайдалануға өз мүмкіндігін береді.

Автоматтандырылған электрлік жетеккекі технологиялық функцияны атқарады:

- 1) электр энергиясының механикалық энергияға айналуы;
- 2) технология процесімен басқаруы.

Жобада капиталды шығындар мен экономика тиімділігін есептеу көрсетілген.

Бақыланатын электр жетекті қолдану электр энергиясындағы шығын процесін оңтайлы пайдалануға мүмкіндік береді.

Бұл жұмыста 4АН315S10У3 типті қысқа тұйықталған роторлы асинхронды қозғалтқыш таңдалынды. Қозғалтқыштағы тиімділікті анықтау үшін фазалы роторлы асинхронды қозғалтқышпен салыстырамыз.

7 кесте –Қозғалтқыштардың техникалық мәліметтері

Қозғалтқыштардың параметрі	Бірінші нұсқа: қысқатұйықталған роторлы асинхрондық қозғалтқыш	Екінші нұсқа: фазалы роторлы асинхрондық қозғалтқыш
Қозғалтқыш	4АН315S10У3	МТН 611-6
Қуаты, кВт	55	75
ПӘК, %	90,5	86
Айналу жиілігі айн/мин	500	600

Бірінші нұсқа үшін қысқа тұйықталған асинхрондық қозғалтқыштың экономикалық тиімділігін қарастырамыз.

Капиталдық салымдар қосындысы (асинхрондық қозғалтқыш, жиілікті түрлендіргіш):

$$\sum K = K_K + K_M, \quad (8.1)$$

мұнда, K_K – қондырғыларды сатып алу мен тасымалдауға кеткен шығындар көлемі, теңге;

K_M – монтажға кететін шығын көлемін есептеу, теңге.

$$B = B_{AK} + B_{ЖТ}, \quad (8.2)$$

мұнда, B_{AK} – асинхрондық қозғалтқыштың бағасы, теңге;

$B_{ЖТ}$ – жиілікті түрлендіргіштің бағасы, теңге.

$$B = 455000 + 125000 = 580000 \text{ теңге.}$$

Асинхрондық қозғалтқыштың тасымалдауына кететін шығын көлемі оның бағасының 10%-ын құрайды:

$$K_K = 0,1 \cdot B + B = 0,1 \cdot 580000 + 580000 = 638000 \text{ теңге.} \quad (8.3)$$

Монтаждық шығын көлемі оның бағасының 7%-ын құрайды:

$$K_M = 0,07 \cdot B = 0,07 \cdot 580000 = 40600 \text{ теңге.} \quad (8.4)$$

Барлық капиталдық салымдардың қосындысын анықтаймыз:

$$\sum K = 638000 + 40600 = 678600 \text{ теңге.}$$

БТҮ нұсқасы бойынша жылдық эксплуатация шығындар көлемін анықтау. Эксплуатацияның жылдық шығындарын есептейміз:

$$I = I_{\text{етк}} + I_{\text{эс}} + I_{\text{м}} + I_{\text{э}} + I_{\text{а}} + I_{\text{і}}, \quad (8.5)$$

мұнда, $I_{\text{етк}}$ – еңбек ақының төлем қоры;

$I_{\text{эс}}$ – әлеуметтік салық (11%);

$I_{\text{м}}$ – материалдық шығын мен қор бөлігі (капиталдық салымның 0,5%-ын құрайды);

$I_{\text{э}}$ – өндірістегі қажеттіліктер үшін электр энергиясының шығын көлемі;

$I_{\text{а}}$ – амортизациялық аударымдар, біздің салада амортизациялық аударымдардың нормасы 5-10% -ды құрайды;

$I_{\text{і}}$ – іс-қағаздар шығын көлемі барлық шығындардың 15% құрайды.

Қызмет көрсететін мамандардың еңбекақысын есептеу үшін орташа айлық еңбекақысы 8 кестеде берілген.

8 кесте– Орташа айлық еңбекақы

Жұмысшылар тізімі	Саны	Міндетті еңбекақысы, теңге	Жылдық еңбекақысы, теңге
Машинист	1	95000	1140000
Электрик	1	75000	900000
Қорытынды	2		2040000

Бір жылдық еңбек ақының төлем қоры:

$$I_{\text{етк}} = 2040000 \text{ теңге.} \quad (8.6)$$

Әлеуметтік салық шығындарының көлемі:

$$I_{\text{эс}} = (I_{\text{етк}} - 10\% I_{\text{етк}}) \cdot 11\% , \quad (8.7)$$

мұнда, 10% - зейнетақының аударымы;

$$I_{\text{эс}} = (2040000 - 0,1 \cdot 2040000) \cdot 0,11 = 201960 \text{ теңге.}$$

Материалдық шығын және қор бөлігін анықтаймыз, ол капиталды салымдардың 0,5%-ын құрайды:

$$I_{\text{м}} = K \cdot 0,005 = 678600 \cdot 0,005 = 3393 \text{ теңге.} \quad (8.8)$$

Шығын көлемімен есептегендегі жылдық электр энергиясына кететін шығын көлемін анықтау:

$$I_{\text{э}} = W \cdot I_{\text{эТ}} \cdot N, \quad (8.9)$$

мұнда, W – жылдық электр энергияны пайдалану;
 $I_{\text{эт}}$ – электр энергиясының тарифі, 16,65 теңге/кВт·сағ;
 N – электр қозғалтқыштың саны.

Электр энергия шығыны:

Электр энергия шығынының көлемін пайдалы әсер коэффициенті арқылы қозғалтқыштағы номинал шығындарды есептеу арқылы табамыз:

$$\Delta P = P_K \left(\frac{1}{\eta} - 1 \right) = 55 \left(\frac{1}{0,905} - 1 \right) = 5,77 \text{ кВт}$$

P_K – 55 кВт, қозғалтқыштың төлқұжатта берілген мәні бойынша.

Бос жүріс шығын көлемімен жүктелген номиналды шығын көлемін есептейміз:

$$\begin{aligned} \Delta P_{xx} &= 0,05 \cdot \Delta P_H; \\ \Delta P_{xx} &= 0,05 \cdot 5,77 = 0,288 \text{ кВт}; \end{aligned} \quad (8.11)$$

$$\begin{aligned} \Delta P_{HH} &= 0,67 \cdot \Delta P; \\ \Delta P_{HH} &= 0,67 \cdot 5,77 = 3,86 \text{ кВт}. \end{aligned} \quad (8.12)$$

Активті қуаттың максималды шығын көлемін есептейміз, ол келесі формула бойынша есептелінеді:

$$\begin{aligned} \Delta P_M &= \Delta P_{xx} + \Delta P_{HH} \cdot K_{ж}^2; \\ \Delta P_M &= 0,288 + 3,86 \cdot 0,8^2 = 2,75, \end{aligned} \quad (8.13)$$

мұнда, $K_{ж} = 0,8$ – жүктелудің коэффициенті.

Активті қуаттың орташа шығын көлемін төменде келтірілген формуламен есептейміз:

$$\Delta P_c = \Delta P_M \cdot \tau, \quad (8.14)$$

мұнда, τ – шығын көлемінің максимум пайдаланудың салыстырмалы уақыты келесі формуламен анықталады:

$$\tau = 0,7 \cdot \frac{T_M}{T_{ж}}, \quad (8.15)$$

мұнда, T_M – жылдық шығынның максимум пайдаланудың сағат саны, 365 күніне 18 сағаттан.

$$T_{ж} = T_M - 0,1 \cdot T_M; \quad (8.16)$$

$$T_M = 365 \cdot 18 = 6570 \text{ сағат}; \quad (8.17)$$

$$\tau = 0,7 \cdot \frac{6570}{6570 - 0,1 \cdot 6570} = 1,11;$$

$$\Delta P_c = 2,75 \cdot 1,11 = 3,05 \text{ кВт.}$$

Электр энергиясының шығын көлемін есептейміз:

$$\Delta W = \Delta P_c \cdot T_{\text{ж}} = 3,05 \cdot 5913 = 18034,65 \text{ кВт.} \quad (8.18)$$

Электр энергиясының жылдық тұтынуын анықтаймыз:

$$W = T_M \cdot P_K = 6570 \cdot 55 = 361350 \text{ кВт·сағ/жыл.} \quad (8.19)$$

Шығын көлемін есептеу кезіндегі электр энергиясын тұтынуын анықтаймыз:

$$W_T = W + \Delta W = 361350 + 18034,65 = 379384,65 \text{ кВт·сағ/жыл.} \quad (8.20)$$

Электр энергиясының жылдық шығының анықтаймыз:

$$I_3 = 379384,65 \cdot 16,65 \cdot 1 = 6316754,42 \text{ теңге.}$$

Амортизациялық аударымдарды есептейміз:

$$I_a = \sum K \cdot 0,1 = 678600 \cdot 0,1 = 67860 \text{ теңге.} \quad (8.21)$$

Іс-қағаздардың шығының анықтаймыз:

$$I_i = 0,15 \cdot (I_{\text{етк}} + I_{\text{эс}} + I_M + I_a + I_3); \quad (8.22)$$

$$I_i = 0,15 \cdot (2040000 + 201960 + 3393 + 67860 + 6316754,42) = 1294495,11 \text{ теңге;}$$

$$\sum I = I_{\text{етк}} + I_{\text{эс}} + I_M + I_a + I_3 + I_i; \quad (8.23)$$

$$\begin{aligned} \sum I &= 2040000 + 201960 + 3393 + 67860 + 6316754,42 + 1294495,11 \\ &= 9921462,53 \text{ теңге.} \end{aligned}$$

Екінші нұсқа үшін фазалық роторлы асинхронды қозғалтқыштың экономикалық тиімділігін қарастырамыз.

МТН512-6 типті фазалық роторлы асинхрондық қозғалтқыш және де ЯС-100 типті кедергі жәшігі пайдаланылады.

$$B = B_{\text{АК}} + B_{\text{ЖТ}}.$$

мұнда, B_{AK} – асинхрондық қозғалтқыштың бағасы, теңге;
 $B_{ЖТ}$ – кедергі жәшігінің бағасы, теңге.

$$B = 575000 + 283000 = 858000 \text{ теңге.}$$

Асинхрондық қозғалтқыштың тасымалдауына кететін шығын көлемі оның бағасының 10%-ын құрайды:

$$K_K = 0,1 \cdot B + B = 0,1 \cdot 858000 + 858000 = 943800 \text{ теңге.}$$

Монтаждық шығын көлемі оның бағасының 7%-ын құрайды:

$$K_M = 0,07 \cdot B = 0,07 \cdot 858000 = 60060 \text{ теңге.}$$

Барлық капиталдық салымдардың қосындысын анықтаймыз:

$$\sum K = 943800 + 60060 = 1003860 \text{ теңге.}$$

БТҮ нұсқасы бойынша жылдық эксплуатация шығындар көлемін анықтау. Эксплуатацияның жылдық шығындарын есептейміз:

$$I = I_{етк} + I_{ас} + I_M + I_э + I_a + I_i.$$

Материалдық шығын және қор бөлігін анықтаймыз, ол капиталды салымдардың 0,5%-ын құрайды:

$$I_M = K \cdot 0,005 = 1003860 \cdot 0,005 = 5019,3 \text{ теңге.}$$

Шығын көлемімен есептегендегі жылдық электр энергиясына кететін шығын көлемін анықтау:

$$I_э = W \cdot I_{эТ} \cdot N$$

мұнда, W – жылдық электр энергияны пайдалану;

$I_{эТ}$ – электр энергиясының тарифі, 16,65 теңге/кВт·сағ;

N – электр қозғалтқыштың саны.

Электр энергия шығыны:

Электр энергия шығынының көлемін пайдалы әсер коэффициенті арқылы қозғалтқыштағы номинал шығындарды есептеу арқылы табамыз:

$$\Delta P = P_K \left(\frac{1}{\eta} - 1 \right) = 75 \left(\frac{1}{0,86} - 1 \right) = 12,2 \text{ кВт}$$

P_K – 75 кВт, қозғалтқыштың төлқұжатта берілген мәні бойынша.

Бос жүріс шығын көлемі мен жүктелген номиналды шығын көлемін есептейміз:

$$\Delta P_{xx} = 0,05 \cdot 12,2 = 0,61 \text{ кВт.}$$

$$\Delta P_{hh} = 0,67 \cdot 12,2 = 8,17 \text{ кВт.}$$

Активті қуаттың максималды шығын көлемін есептейміз, ол келесі формула бойынша есептелінеді:

$$\Delta P_M = 0,61 + 8,17 \cdot 0,8^2 = 5,83.$$

мұнда, $K_{ж} = 0,8$ – жүктелудің коэффициенті.

Активті қуаттың орташа шығын көлемін төменде келтірілген формуламен есептейміз:

$$\Delta P_c = \Delta P_M \cdot \tau.$$

мұнда, $\tau = 1,11$ – шығын көлемінің максимум пайдаланудың салыстырмалы уақыты, бірінші нұсқада есептелінді.

$$\Delta P_c = 5,83 \cdot 1,11 = 6,47 \text{ кВт.}$$

Электр энергиясының шығын көлемін есептейміз:

$$\Delta W = \Delta P_c \cdot T_{ж} = 6,47 \cdot 5913 = 38257,11 \text{ кВт.}$$

Электр энергиясының жылдық тұтынуын анықтаймыз:

$$W = T_M \cdot P_K = 6570 \cdot 75 = 492750 \text{ кВт} \cdot \text{сағ} / \text{жыл.}$$

Шығын көлемін есептеу кезіндегі электр энергиясын тұтынуын анықтаймыз:

$$W_T = W + \Delta W = 492750 + 38257,11 = 531007,11 \text{ кВт} \cdot \text{сағ} / \text{жыл.}$$

Электр энергиясының жылдық шығынының анықтаймыз:

$$I_3 = 531007,11 \cdot 16,65 \cdot 1 = 8841268,38 \text{ теңге.}$$

Амортизациялық аударымдарды есептейміз:

$$I_a = \sum K \cdot 0,1 = 1003860 \cdot 0,1 = 100386 \text{ теңге.}$$

Іс-қағаздардың шығынының анықтаймыз:

$I_i = 0,15 \cdot (2040000 + 201960 + 5019,3 + 100386 + 8841268,38) = 1678295,05$
теңге.

$\sum I = 2040000 + 201960 + 5019,3 + 100386 + 8841268,38 + 1678295,05 = 12866928,73$ теңге.

9 кесте – Екі қозғалтқыштың нәтижелерінің сипаттамалары

	4АН315S10У3	МТН 611-6
$\eta, \%$	90,5	86
$P_{н}, кВт$	55	75
$\Delta P_{н}, кВт$	5,77	12,2
$\Delta P_{нн}, кВт$	3,86	8,17
$\Delta P_{xx}, кВт$	0,288	0,61
$\Delta P_{м}, кВт$	2,75	5,83
$\Delta P_{с}, кВт$	3,05	6,47
$T_{ж}, сағ$	6570	6570
$\Delta W, кВт \cdot сағ$	18034,65	38257,11
$\sum I, тг$	9921462,53	12866928,73
Айырмашылығы	2945466,2	

Капитал салымдарын салыстырып тиімділігін анықтаймыз.

1-тәсіл. Тиімді нұсқаны табу үшін ең аз шығын кететін нұсқаны анықтаймыз. Екінші нұсқа үшін шығындар көлемін салыстырмалы тиімділіктің нормативті коэффициентіне сәйкес келетін жылдық шығын көлемі және капитал салымдарын құрайды:

$$Z_i = I_i + E_n \cdot K_i \quad (8.24)$$

мұнда, $E_n = 0,15$.

Бірінші нұсқа үшін:

$$Z_i = 1294495,11 + 0,15 \cdot 9924462,55 = 2783164,41 \text{ теңге.}$$

Екінші нұсқа үшін:

$$Z_i = 1678295,05 + 0,15 \cdot 12866928 = 3608334,25 \text{ теңге.}$$

2-тәсіл. Капитал салымдарының жұмыс жасау уақытын анықтаймыз:

$$T_{от} = \frac{K_2 - K_1}{I_1 - I_2} = \frac{1003860 - 678600}{12866928 - 9924462,55} = 2,3 \text{ жыл}$$

3-тәсіл. Салыстырмалы тиімділіктің коэффициентін анықтаймыз:

$$T_{\text{от}} = \frac{I_1 - I_2}{K_2 - K_1} = \frac{12866928 - 9924462,55}{1003860 - 678600} = 9,04$$

Келесі шарт орындалған жағдайда, таңдалынған қозғалтқыш тиімді болады:

$$T_{\text{от}} \leq T_{\text{н}}, E_{\text{т}} \geq E_{\text{н}},$$

мұнда, $T_{\text{н}} = 6,7$ жыл – нормативтік жұмыс жасау уақыты;

$$2,3 \text{ жыл} < 6,7 \text{ жыл}; 9,04 > 0,15.$$

Қысқа тұйықталған асинхронды қозғалтқышты пайдалану тиімді болып келеді, және де энергияны жылдық тұтынуы фазалы роторлы асинхронды қозғалтқышқа қарағанда 2 есе тиімді. Материалдық шығынға көп қаржы жұмсалмайды және қысқа тұйықталған асинхронды қозғалтқыштың бастапқы бағасы арзан. ал фазалы роторлы асинхронды қозғалтқыштың бастапқы бағасы қымбатырақ және энергияға кететін жылдық шығын жоғары. Осы есептеулерден шығатын қорытынды қысқа тұйықталған асинхрондық қозғалтқышты пайдалану әлде қайда тиімді.

Қорытынды

Қысқа тұйықталған асинхрондық қозғалтқышты пайдалану тиімді болып келеді, және де энергияны жылдық тұтынуы фазалы роторлы асинхронды қозғалтқышқа қарағанда 2 есе тиімді. Материалдық шығынға көп қаржы жұмсалмайды және қысқа тұйықталған асинхронды қозғалтқыштың бастапқы бағасы арзан. Ал фазалы роторлы асинхронды қозғалтқыштың бастапқы бағасы қымбатырақ және энергияға кететін жылдық шығын жоғары. Осы есептеулерден шығатын қорытынды қысқа тұйықталған асинхрондық қозғалтқышты пайдалану әлде қайда тиімді.

Әдебиеттер тізімі

1. Тихомиров П.М., Расчёт трансформаторов, Энергия, М., 1986 г.
2. Сергеенков Б.Н., Электрические машины. Трансформаторы, Высшая школа, М., 1989 г.
3. Сапожников А.В., Конструирование трансформаторов, государственное энергетическое издательство, М.-Л., 1959 г.
4. Иванов-Смоленский А.В., Электрические машины, Энергия, М., 1980 г.
5. Костенко М.П., Пиотровский Л.М., Электрические машины часть 1, Энергия, Л, 1973 г.
6. Вольдек А.И., Электрические машины, Энергия, М., 1974 г.
7. Потишко А.В., Справочник по инженерной графике, Будивельник, Киев, 1983 г.
8. Александров К.К., Электротехнические чертежи и схемы, Энергоатомиздат, М. 1990 г.
9. ГОСТ 16110-82 Трансформаторы силовые. Термины и определения.
10. ГОСТ 11677-85 Трансформаторы силовые. Общие технические требования.
11. ГОСТ 11920-85 Трансформаторы силовые масляные общего назначения до 35 кВ включительно. Технические условия.