

Коммерциялық емес акционерлік қоғамы
«АЛМАТЫ ЭНЕРГЕТИКА ЖӘНЕ БАЙЛАНЫС УНИВЕРСИТЕТІ»

Кафедра: Өнеркәсіп қондырғыларының автоматтандырылуы және электр жетегі

Мамандығы: 6M071800 – Электрэнергетикасы

Қорғауға жіберілді
кафедра меңгерушісі
техн.ғыл.д-ры, профессор
Сагитов.П.И.
«___» қаңтар 2015ж.

МАГИСТЕРЛІК ДИССЕРТАЦИЯ
түсініктеме жазба

Тақырыбы: Ортадан төпкіеі қондырғы электр жетегінің мүдделетарынан тиімді бақылау ретімендерін жетілтеу

Магистрант


ҚОЛЫ

Такешева Д.Т.

(А.Ж.Т.)

Ғылыми жетекшісі


ҚОЛЫ

Т.Ғ.Д., проф. Сагитов П.И.

(А.Ж.Т.)

Пікір беруші

ҚОЛЫ

Т.Ғ.К. Ақпанбетов Д.Б.

(А.Ж.Т.)

Алматы, 2015ж.

Мазмұны

Кіріспе

1. Ортадан тепкіш күш қозғалтқыштың айналу жиілігін реттеу жүйесін орнату.

1.1 Ортадан тепкіш күш сорғысының құрылымдық сипаттамасы.

1.2 Ортадан тепкіш күш құрылымының электр қозғалқыштарының айналу жиілігінің әдістері.

1.3 Электр өткізгіштің жиілігін реттеудің экономикалық пайдасының есебі.

2. Ортадан тепкіш күш құрылымының электр жетек жиілігін реттеу.

2.1 Асинхронды электрөткізгіш реттелуінің жиілігі.

2.2 Жиілікті өңдеу құрылымының ұстанымы.

2.3 Заманауи өңдеуді ортақ қолданудың жиілігі.

2.4 Жоғары вольты өңдеу жиілігі.

2.5 Кең

2.6 Импульстің өңдеу үлгісінің жиілігі.

3. Несинусоидалды қуаттану кезіндегі ортадан тепкіш сорғысы электр жетегінің энергетикалық сипаттамасы

3.1 Зерттеудің міндеті мен әдісі.

3.2 Шығыс кернеудің өңделу жиілігінің сараптамасы.

3.2.1 Автономиялық инвертордың шығыс кернеудегі өңделу жиілігінің сараптамасы (ӨЖ- АИ)

3.3 Жиілікті өңдеудегі асинхрондық қозғалтқыш токтарының қуаттануы

3.3.1 Жиілікті өңдейтін автономдық инвертордан ток қозғалтқыш сорғы қуаттанады.

3.3.2 Ток қозғалтқышының сорғысы кең импульсті модуляциясы бар жиілікті өңдейтіннен қуат алады.

3.3.3 Жоғары гармондық токтардан сорғы қозғалтқышының орамының шығыны

Аннотация

Актуальность. Насосные станции предназначены для увеличения напора и изменения давления в магистральных трубопроводах сети. Основная часть насосного агрегата – это электродвигатель. Около 70% затрат электроэнергии приходится на долю электрических двигателей. Так как цены на ресурсы повышаются с каждым годом, перед промышленными предприятиями и предприятиями жилищно-коммунального хозяйства встала задача внедрения новых энергосберегающих систем и оборудования. Данная работа является актуальной потому, что в ней исследуются режимы работы насосной станции электроприводов центробежных установок с частотным управлением.

Целью работы является исследование режимов работы центробежных установок при частотном регулировании, разработка энергоэффективной, надежной системы на основе насосной станции, а также повышение производительности управления.

В процессе выполнения данной работы:

- рассмотрены системы регулирования частоты вращения двигателей центробежных установок;
- рассмотрены принципы построения преобразователей частоты;
- рассмотрены энергетические характеристики электроприводов центробежных насосов при несинусоидальном питании;
- разработаны алгоритм управления насосной станцией в виде блок-схемы и система визуализации.

Аңдатпа

Өзектілігі. Сорғы станциялары жүйедегі магистральдық құбырлардағы арынды ұлғайтуға және қысымды өзгертуге мүмкіндік береді. Сорғы агрегатының негізгі бөлігі – электрлік қозғалтқыш. Электр энергиясы шығындарының 70%-і шамасында электрлік қозғалтқыштардың үлесінде. Ресурстардың бағалары жыл сайын өсетіндіктен, өнеркәсіптік кәсіпорындар мен тұрғын үй-коммуналдық шаруашылық кәсіпорындар энергияны үнемдейтін жаңа жүйелер мен жабдықтарды ендіру мәселесін шешуге мәжбүр. Бұл жұмыстың өзекті болуының себебі – жұмыста жиілікті басқаруы бар ортадан тепкіш қондырғылардың электрлік жетекті сорғы станцияларының жұмыс істеу режимдері зерттеледі.

Жиілікті реттеу кезінде ортадан тепкіш қондырғылардың жұмыс істеу режимдерін зерттеу, сорғы станциясының негізінде энергия жұмсауы тиімді, сенімді жүйені әзірлеу, сондай-ақ басқару өнімділігін арттыру жұмыстың мақсаты болып табылады.

Осы жұмысты орындау барысында:

- ортадан тепкіш қондырғылар қозғалтқыштарының айналу жиілігін реттеу жүйелері қарастырылды;
- жиілікті түрлендіргіштерді салу принциптері қарастырылды;
- синусоидтік емес қоректендіру кезінде ортадан тепкіш сорғылардың электрлік жетектерінің энергетикалық сипаттамалары қарастырылды;
- блок-схема түрінде сорғы станциясын басқару алгоритмі және визуалдандыру жүйесі әзірленді.

Abstract

Relevance. Pumping stations are designed to increase pressure and change pressure in the main pipelines network. The main part of the pump unit is the electric motor. About 70% of electricity consumption is accounted for by electric motors. Since resources price increases every year, industrial enterprises and housing and utilities enterprises are faced with the task of introducing new energy-saving systems and equipment. This work is relevant because it explores operating modes of a pumping station of frequency control centrifugal system electric drives.

The purpose is to study operating modes of centrifugal systems in frequency regulation, development of energy-efficient, reliable system on the basis of the pumping station, as and to improve control performance.

In the course of the work:

- centrifugal units' motors speed control systems were reviewed;
- principles of frequency converters construction were reviewed;
- energy characteristics of centrifugal pumps electric drives at dirty power were reviewed;
- pump station control algorithm as a flow chart and visualization system were developed.

Кіріспе

Желдеткіштер мен сорғыларды басқарудың әр түрлі әдістері бар, яғни жүктемелі дроссельдеу, агрегаттардың бірліктік күштерін жою және олардың санын арттыру т.б. Ең тиімді тәсіл айналу жиілігін реттеу.

Осы уақытқа дейін құбыр өткізгіш транспорттарда магистралды сорғы бекеттерінің классикалық сызбасының жобалануын қарастырып, қысымды реттейтін шиберді бекеттің шығысында агрегаттық сорғының тізбекті-паралельді жұмысын қолданады. Егер ауыстырып құю режимі мүмкін болған жағдайда тұрақты ұсталынбаса, бұл сұлбаны қолдану тиімсіз және үнемсіз. Соның есебінен қысым реттегіш тудыратын гидравликалық кедергі тұрақсыз режимде еңсеріп, тәулік ішінде сорғы бекеттерінің өндірісін көбейтіп немесе азайтса, электрэнергиялық шығынның үлесі едәуір артады. Кейде, аса үнемді жұмыс үшін керекті сипаттамаға сәйкес нақты жұмысқа ыңғайлы сорғы бекетінің жұмыс тәртәбіне қарай бір сорғы агрегатынан келесісіне ауыстыруды қолданады. Қуатты электрлік машина және сорғы агрегаттарының жіберілуі үшін санына қарай шектеу қойылады, себебі мұндай режимді пайдалану энергетикалық құрылғы және сорғы ресурсын едәуір азайтады. Қуаты 8 МВт және одан асатын электр машиналарын мүлде желіден реакторсыз немесе құрылғыны жай ғана жіберуге тыйым салынады. Бұл жағдайлар жіберу иін күшін қамтамасыз ету үшін 5-7 есе қуат қорын тудырып, күшті қуат көзі желісінің жобасын және трансформаторлық қосалқы станцияны талап етеді. Жоғарыда атап өткен магистралды сорғы бекетінің эксплуатациясы көп деген шығын мен құрылыста үлкен капиталдық салымды қажет етеді. Бұл кемшіліктерді болдырмау үшін бір ғана мұнай қотару бекеті құрылысының жаңа технологиялық сұлбасын қолдануға болады. Бұл сұлба электрөткізгіштің жиілігін реттеуге арналған және бірден бірнеше артықшылыққа мүмкіндік береді:

Жиілікті реттелгіш электржсетегін сорғы және желдеткіште қолданыстағы қуатты 25-40% интегралының төмендеудін қамтамасыз етеді де су мен әуе жолдардың дросселінде және тосқауылдардың есебінен энергоблоктың күшін көбейтуге тырысады. Сонымен қатар электр қуатын өндіріп шығару, мысалы, отын жағу процестерінде технологиялық жетілдірілу болып табылады. Сондықтан электр қуатын өндіру (алдымен түтін сорғы, үрлейтін желдеткіштер, соратын сорғылар) процесіне тікелей қатысатын МАЭС-на өзіндік қажетті механизмдерге энергоблок күшін арттыратын энергия және ресурс үнемдеу тұтас фактор ретінде саналуы тиіс.

ЭРЖ құрамына стандартты немесе арнайы асинхронды болмаса синхронды электр қозғалтқыш, трансформатор не реактор жиілікті өзгертетін транзистор не тристор, жіберуді қадағалаушы және коммутациялық аппарат. Кейде, электрмагниттің желімен сәйкестігінің мәселесін шешу үшін ЖРЭ кешенді жеткізілім құрамына фильтрлік-орнын толтыратындар кіруі мүмкін.

ЭРЖ коммуналдық шаруашылықта қолдану тиімді пайда әкеледі. Бақылаусыз асинхронды электрөткізгіш сорғысы, қалалық АТЖ ауамаен

камтамасыздандыру, су жүйесі және желдеткіш қазандық пен орталық жылу пункттері (ОЖП) жиілікті бақылауға электр қуатын 60%, сумен жабдықтау суық су қолдануда 25% дейін, ал ыстық су 15% дейін үнемдеуге мүмкінді береді.

Сумен жабдықтау магистралдарында су күшінің өсуі, жұмыс барысында пайда болатын шығындардың өзгеруі, жүйенің жобасын бекіту кезінде көрсетілген үнемдеуге ыңғайлы су және ауамен жабдықтау күшінің шығынынан болады.

Сумен жабдықтау жүйесінде суды үнемдеу бақыланатын электр өткізгішке қажетсіз қысым шығындары мен байланысты. Коммуналдық салада сумен жабдықтау жүйесінің әр артық атмосферада судың ағуынан 7-9 % қосалқы су шығыны болады. Сонымен, сумен жабдықтау жүйесін халықтың көп қолдануы Мәскеу үшін суды үнемдеу жылына ЭЖР 250 млн.Вт құрайды.

Қатарда көрсетілген қуатты үнемдеу жеңіл есепке алынып бағаланады, ЭЖР біраз қосымша пайда береді:

- жылу беретіндіктен судың жоғалуының азаюынан ыстық сумен жабдықтау жүйесі үшін жылуды үнемдеуге тура келеді;
- негізі жоғары күштің қажеттілігіне байланысты мүмкіндік тудыру;
- жоспарлық жіберу есебінен негізгі жабдықтың тозуының азаюы, гидравликалық соққының болмауы, күштің азаюы, коммуналдық салдағы бар тәжірибеге байланысты негізгі құрылғылардың шағын жөндеуі екі есеге азаяды;
- Тұрғын үй және қызмет орындарына жақын жерде сорғы немесе желдеткіштің болуы артық дыбыстың азаюына аса маңызды;
- сумен жабдықтау және су жүйелерінің кешенді автоматизациясының мүмкіндігі;

АҚШ мамандарының пікірінше ЭЖР қолдануда ресурсты үнемдеу және энергияны үнемдеу экономикалық нәтижемен тиімді. ЭЖР пайдалану тәжірибесінің жиналуынан көрсетілген факторлар шынайы және сандық бағасымен алыну мүмкін.

1 Ортадан тепкіш күш қозғалтқыштың айналу жиілігін реттеу жүйесін орнату

1.1 Ортадан тепкіш күш сорғысының құрылымдық сипаттамасы

Құбыр - құрылымдарының бірден бір ерекшелігіжүк машинасы электр өткізгіш үшін статисткалық иін күштің оның айналу жиілігіне құбыр - құрылымының дуалына қарсы. Бұл тәуелділікті $M_{ст}=f(n)$ механикалық сипаттама деп атайды. Қарастырылған тәуелділік сипаттамасына қажетті күшті құрайтын статисткалық және динамикалық қарым-қатынас, дәлірек айтқанда, құбырмеханизм жүйесінің сипаттамасы арқау болады.

Құбыр механизмінің жүйесінің шынайы сипаттамасы теңдеу арқылы көрсетіледі:

$$H = A_2 n^2 + B_2 n Q + C_2 Q^2, \quad (1.1)$$

мұнда: A_2, B_2, C_2 - коэффициенттер;

Q - өндіру нәтижесі (шығыны), м³/с;

Құбыр механизм жетілдіретін тиімді қуат, кВт

$$P_{пол} = \rho \frac{QH}{102}, \quad (1.2)$$

Құбыр - механизм двигателінің жетілдірілген жетегінің күші.

$$P_{мех} = \rho \frac{QH}{102 \eta_{TM}}, \quad (1.3)$$

мұнда: H - ағын;

ρ - судың күші,

η_{TM} - құбыр механизмінің ПӘК.

Алдымен құбыр-механизм жұмысының қарсы қысымсыз желісін қарастырамыз. Сонымен $H_{CT} = 0$. Желінің сипаттамасы бұл жағдайда формуламен анықталады:

$$H = RQ^2, \quad (1.4)$$

мұнда: R - желінің гидравликалық қарама-қайшылығын сипаттайтын коэффициент.

Құбырмеханизмі мен желінің сипаттамасы анықталатын нүктеде қиылысады, оның өзінде құбыр-механизмі параметрлермен жұмыс істейді. Жұмыс параметрінің нүктесін табу үшін $Q_A = f(n)$ және $H_A = f(n)$ бірігіп теңдеуді шешеміз. (1.1) және (4.1) сонда мынны аламыз:

$$Q = n \left[\frac{-B_2 + \sqrt{B_2^2 - 4A_2(R - C_2)}}{2(R - C_2)} \right]. \quad (1.5)$$

Осыдан, желідегі құбыр-механизмінің өндірісі статисткалық құрамдық күшсіз құбыр-механизмінің жиі айналуы пропорционалды, яғни

$$\frac{Q_i}{Q_j} = \frac{n_i}{n_j} \quad (1.6)$$

немесе

$$Q = k_Q n \quad (1.7)$$

H қатысты (1.1) және (1.5) теңдеуін шеше отырып, мынадай шешім аламыз:

$$H = n^2 \left[\frac{-\frac{B_2}{\sqrt{R}} + \sqrt{B_2^2 - 4A_2(1 - \frac{C_2}{R})}}{2(1 - \frac{C_2}{R})} \right]^2 \quad (1.8)$$

яғни, жетілдірілген құбыр-механизмі айналу жиілігінің шаршысына пропорционалды.

$$\frac{H_1}{H_i} = \left(\frac{n_1}{n_i}\right)^2 \quad (1.9)$$

немесе

$$\frac{H_1}{H_i} = \left(\frac{n_1}{n_i}\right)^2 \quad (1.9)$$

(1.7), (1.10), (1.12) формулаларында k_Q, k_H, k_P – пропорционалдық коэффициенті.

Құбыр-механизмі жұмысы кезінде қарсы қысымсыз ПӘК тұрақты болып қала береді.

$$H_i = \frac{H_1}{Q_1^2} Q_i^2 \quad (1.13)$$

немесе

$$H_i = R Q_i^2 \quad ; \quad (1.14)$$

бұл жерде H_1 және Q_1 құбыр-механизмінің айналу жиілігінде осы желі күші және шығын үшін.

Пропорционалдықтың сипаттамасы шаршылық парабодаларды айқындап, құбыр-механизмінің айналу жиілігін бақылау кезіндегі судың күші мен шығыны қалай өзгертетінін, желідегі жұмыстың біріңғай параметрлерін көрсетеді. (1.10) және (1.14) салыстырсақ пропорционалдық сипаттамасы желі сипаттамасымен сәйкес келеді. Осы нүктелердің барлық сипаттамаларында айналу жиілігін реттеу кезінде ПӘК құбырмеханизмі тұрақты болып қала береді, сондықтан пропорционалдық сипаттамасында ПӘК тұрақтылығы қисық болады. Бұл жағдаймен ПӘК құбыр-механизмінің дуалдағы күші мен белгіленген бағасынан ерекшеленетін айналу жиілігінің жұмысын анықтайды. Себебі ПӘК анықтаудың бұл түрі желінің сипаттау түріне қарамай барлық жағдайда дұрыс болып табылады. Сондықтан ПӘК механизмі тек қана Q мен H байланысуы арқылы және айналу жиілігімен

анықталады. Осылайша тұрба-механизмінің пайдалы күші жылдамдық кубына пропорционалды болса, ПӘК өгермеген, сол себепті құбыр-механизмінің күші айналу жиілігінің кубына пропорционал.

$$\frac{P_{MEX1}}{P_{MEX i}} = \left(\frac{n_1}{n_i} \right)^3 \quad (1.15)$$

немесе

$$\frac{P_{MEX1}}{P_{MEX i}} = \left(\frac{n_1}{n_i} \right)^3 \quad (1.15)$$

Демек, құбыр-механизмінің аэродинамикалық қарама-қайшылық иін күші айналу жиілігінің шаршысына пропорционалды.

$$\frac{M_1}{M_i} = \left(\frac{n_1}{n_i} \right)^2 \quad (1.17)$$

немесе

$$M = k_M n^2. \quad (1.18)$$

(1.6), (1.9), (1.15) қатынасын келтірілген(айналу жиілігінің жаңа мағынасына) формула деп атайды. Бұл формулалар құбыр-механизмі желіге жұмыс істегенде, статисткалық құрама су күші болмағанда ғана дұрыс деп табылады. Механизмнің қарсыласу иін күші қозғалтқыштың валына сәйкес.

$$M = M_{TP} + k_M n^2. \quad (1.19)$$

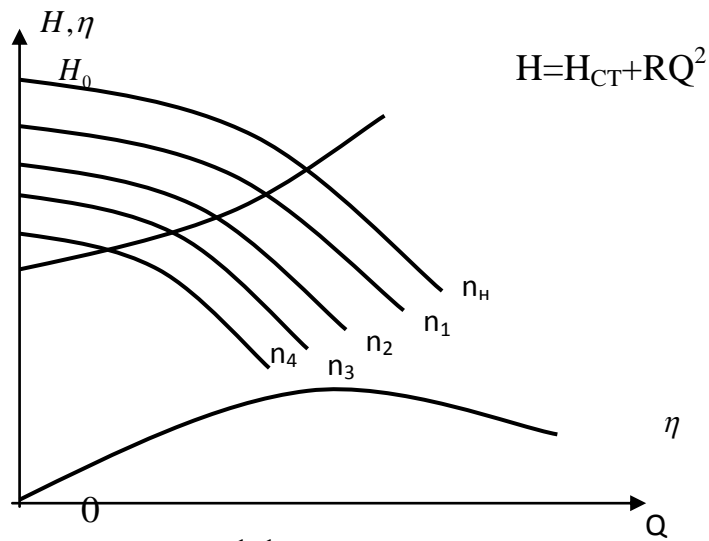
Құбыр-механизмінің қарсыласу иін күші механикалық (мойын тірегі, редуктордың үйкелуі) қарсыласу және (1.18) формуласымен анықталатын аэродинамикалық (немесе гидравликалық) қарсыласу иін күшінен пайда болды. Көбінесе құбыр-механизмінің номиналдық үйкелу иін күші 5% аспайды. Соңғы деректер бойынша құбыр-механизмінің құрылымдық сипаттамасын қатыстық бірліктерге жатқызуға болады:

$$\frac{M}{M_H} = 0.05 + 0.95 \left(\frac{n}{n_H} \right)^2. \quad (1.20)$$

Су күшінің статисткалық құрамы тораптық сипатта формуламен анықталады $H = H_{CT} + RQ^2$.

Құбырмеханизмінің сипаттамасы мен тораптың сипаттамасы әр түрлі айналу жиілігін білдіретін жұмыс нүктесін B_1, B_2, B_3 және D қиылысу нүктесі (1 суретті қара) ретінде табады. айналу жиілігін реттеу көлемінде $n_{\min} = n_4$

бастап $n_{\max} = n_n$ дейін. $n = n_4$ болса құбыр-механизмінің өндірілуі нөлге дейін төмендейді. Әрі қарай құбыр-механизмі жетілдіретін күштің айналу жиілігі төмендесе, онда торап күшінің статистикалық жеңуі жеткіліксіз.



1.1 сурет

1 суретке қарасақ су күшінің статистикасынсыз торап жұмысына қарғанда, Q шығыны айналу жиілігі интенсивті түрде төмендеп жатыр. Құбырмеханизмінің пайдалы іс әрекеті бұл жағдайда тұрақсыз болады да, ал айналу жиілігінің өлшеміне қарай төмендейді.

Судың күші, шығыны және айналу жиілігінің тәуелділігі.

$$Q = \frac{B_2 n - \sqrt{B_2^2 n^2 + 4(R - C_2)(A_2 n^2 - H_{CT})}}{2(R - C_2)} \quad (1.21)$$

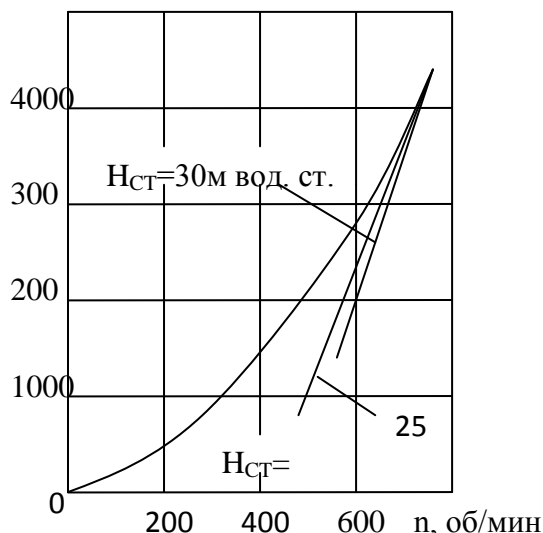
Әрине, егер $H_{CT} = H_0$ болса шығын нөлге тең.

Құбыр-механизмінің айналу жиілігінің белдіктегі иін күшіне тәуелділігі:

$$M = M_{TP} + f(n) \quad (1.22)$$

Берілген Q мен H қиындығынан, сонымен қатар құбыр-механизмінің ПӘК айналу жиілігінің реттелуінен, (1.20) және (1.21) құбыр-механизмінің тораптағы жұмысы кезінде су күшінің статистикалық белдікте айналу жиілігінің қарапайым қутының аналитикалық тәуелділігін алу жеткілікті. Мұндай тәуелділікті графоаналитикалық жолмен немесе төменде көрсетілген оңай түрін қолдану арқылы анықтаған дұрыс.

M, H^*_M



1.2 сурет - Құбыр-механизмінің құрылымдық сипаттамасы.

1.2 суретте статистикалық су күшінің үш түрге есептелген

$H_{CT} = 0$; $H_{CT} = 25$ және $H_{CT} = 30$ құрылымдық сипаттамасы берілген.

Бұл сипаттамалардың талдауы су күшін құрайтын статистикалық өсімінен құбыр-механизмінің айналу жиілігінің өндірісін реттеу диапазоны қысқарады. Айналу жиілігі азайған сайын кезең квадраттық тәуелділікке (1.18) қарағанда интенсивті түрде қысқарады.

Әдетте электр жетек туралы әдебиеттерде турбомашиналарды желдеткіш сипаттағы қуаттық механизмі. Бұл анықтаманы барлық құбыр-механизмдерге арнау дұрыс емес, себебі, егер, айналу жиілігі кезінде желдеткішке квадраттық тәуелділік сай болса, онда қысымға қарсы жұмыс істейтін басқа құбыр-механизмдері үшін бұл тәуелділік жоғарыда көрсетілгендей аса қиындау болады. Сондықтан айналу жиілігінің азаю мөлшерінің қарсыласу кезеңіне байланысты құбыр-механизмдері желдеткіш қуатының сипатына қарай ерекшеленетін кейбір сипаттамаларды түсінуге болады.

Соңғы мәлімет құбыр-механизмдерінің айналу жиілігінің тәуелділік кезеңіне негіз береді:

$$M = k_M n^m, \quad (1.23)$$

мұнда дәреженің көрсеткіші $m \geq 2$ - торап параметрлерінің құрылымы (H_{CT} и R) және құбыр-механизмнің сипаттамасы $H = f(Q)$.

Бірақ, тұрбамашинаның бөлшектік талдау жасағанда су күші құрамының статистикасы тек $H_{CT} = 0$ болғанда қолданылады, ал басқа жағдайларда көрінетін ақаулар байқалады.

Құбыр-механизмінің құрылымдық сипаттамасы дәрежелік тәуелділік кезеңінің көрінісі физикалық сипаттауға сәйкес келмейді. Одан басқа, мұндай

көрініс параметрлер мен тәжірибелердің есебінде жеке ықпалдығына пайда бермейді, себебі бөлшектеу дәрежесімен ыңғайыссыз. Берілген (1.23) жұмыс ауқымында айналу жиілігінің өзгеруінде n_H бастап n_{\min} дейін, шығынның өзгеруіне сәйкес Q_{\max} бастап нөлге дейін әділ екенін естен шығармаған жөн. $n < n_{\min}$ кезінде құбыр-механизмі алда көрсетілгендей басқаша тәуелділікпен анықталады. құбыр-механизмінің белдігінде айналу жиілігі кезіндегі қарсыласу иін күшінің жеткілікті дәл талдамалық тәуелділігінің физикалық принциптерге сай жұмысын аппроксимирвті формада $H = f(Q)$ және $P_{MEX} = f(Q)$ құбыр-механизмдерінің сипаттамасын қолдана отырып алуға болады. Кейбір жорамалдарды қабылдайық. Жеткілікті дәрежеде жұмыс аумағындағы құбыр-механизмінің су күшінің сипаттамасы $H = f(Q)$ прабола түрінде таныстырылуы мүмкін:

$$H = H_0 \left(\frac{n}{n_H} \right)^2 - C_4 Q^2 \quad (1.24)$$

мұнда C_4 – коэффициент.

Шығыннан белдеу қуатының тәуелділігі сипаттаманың көп бөлігіне байланысты түзу сызықты аппроксимирвтеуге болады.

$$P_{MEX} = P_0 \left(\frac{n}{n_H} \right)^3 + A_4 Q \left(\frac{n}{n_H} \right)^2 \quad (1.25)$$

Және коэффициенттерін құбыр-механизмнің көрсетілген бағаға байланысты оңай анықтауға болады

$$C_4 = \frac{H_0 - H_H}{Q_H^2} ;$$

$$A_4 = \frac{P_{MEX H} - P_0}{Q_H} .$$

Бұл формулада: H_0 және P_0 – құбыр-механизмінің белдеудегі су күші мен қуаты, $Q = 0$ сәйкес (жабық тиекпен) және $n = n_H$; H_H , Q_H , $P_{MEX H}$, n_H – берілген су күші, шығын, құбыр-механизмінің айналу жиілігі мен белдеудегі қуаты.

Құбыр-механизмінің жұмыс режімі (1.24) және (1.1) сипаттамасымен анықталады. Қатысты теңдеулерді бірігіп шеше отырып, мынаны аламыз:

$$Q = \sqrt{\frac{H_0 \left(\frac{n}{n_H} \right)^2 - H_{CT}}{R + C_4}} \quad (1.26)$$

(1.25) астында берілген (1.26) теңдеуінен құбыр-механизмінің тораптағы бірінғай параметрлерімен жұмыс аумағында айналу жиілігінің белдеудегі қуатын табамыз.

$$P_{MEX} = P_0 \left(\frac{n}{n_H} \right)^2 - A_4 \left(\frac{n}{n_H} \right)^2 \sqrt{\frac{H_0 \left(\frac{n}{n_H} \right)^2 - H_{CT}}{R + C_4}} \quad (1.27)$$

Осы иін күштен H^*M

$$M = \frac{9560P_0}{n_H} \left(\frac{n}{n_H} \right)^2 + \frac{9560A_4}{n_H} \cdot \frac{n}{n_H} \sqrt{\frac{H_0 \left(\frac{n}{n_H} \right)^2 - H_{CT}}{R + C_4}} \quad (1.28)$$

немесе

$$M = M_0 \left(\frac{n}{n_H} \right)^2 + (M_H - M_0) \cdot \frac{n}{n_H} \sqrt{\frac{H_0 \left(\frac{n}{n_H} \right)^2 - H_{CT}}{RQ_H^2 + H_0 - H_H}}, \quad (1.29)$$

мұнда

$$M_0 = 9560 \frac{P_0}{n_H}.$$

(1.29) H_{CT} қабылдап, нөлге тең, желдеткіш сипаттағы кәдімгі теңдеуді (1.18) аламыз.

Егер алдын ала жұмыс диапазонының айналу жиілігінің минимумын анықтайтын болсақ, онда теңдеуді (1.29) мынадай түрде елестетуге болады:

$$M = M_0 \left(\frac{n}{n_H} \right)^2 + (M_H - M_0) \cdot \frac{n}{n_H} \sqrt{\frac{\left(\frac{n}{n_H} \right)^2 - \left(\frac{n_{\min}}{n_H} \right)^2}{1 - \frac{H_H}{H_0} + \frac{RQ_H^2}{H_0}}}. \quad (1.30)$$

1.2 Ортадан тепкіш күш құрылымының электр қозғалқыштарының айналу жиілігінің әдістері

Электр қозғалтқыштар негізгі екі топқа бөлінеді: тұрақты және айнымалы токтарға. Сорғы орнатуда айнымалы ток қозғалтқыштары

қолданылады. Бірақ шет елдерде сорғы орнатуда бірінғай ток қозғалтқышы негізінде бақыланатын электр қозғалтқыштар сирек қолданылады.

Электр жетекті бақылауға арналған сорғы агрегаты балама сипатта және анықтауыш факторлармен шешілуі тиіс, күш пен механизмнің тұрақты айналу жиілігі, реттеу диапазоны, жұмыста жетектің жіберілу жиілігі мен режимді бақылауды талап ету. Электр жетектің көрсеткіштері және бағасы мен комплектациясына талап қою.

Нпс сорғысы өндірілуді бақылағанда диапазон реттегіші аса емес, осылайша жеткілікті дәлдікпен жоғары жылдамдықты талап етеді. Сондықтан айтылған бақылаулардың арасынан сенімділігі, бағасы және жаппай габаритті көрсеткіштері жағынан ауыспалы токқа (асинхронды және синхронды) орын беретін тұрақты токтың қозғалтқышын алып тастау керек. Алда сорғы агрегатының асинхронды және синхронды қозғалтқыштарының реттелуін қарастырылады.

Тұрақты токтағы электр қозғалтқыштың айналу жиілігін реттеу. Электр қозғалтқышының тұрақты, қатар токтары және дәйекті түрі мен аралас туу түрі бар. Сорғы құрылғыларында паралельді қозғалтқыштардың тууы қолданылады, олардың айналу жиілігі былай анықталады:

$$n = \frac{U - I_a \sum R_a}{\tilde{N}\hat{O}} \quad (1.31)$$

мұнда U - кернеукозғалқышқа қатысты;

I_a - зәкір тогының тізбегі;

Φ - электр жетектің магниттік өрісі, тудырушы токқа пропорционал;

$\sum R_a$ - зәкірдің жалпы қарсыластығы;

C - өлшемнің шамасы.

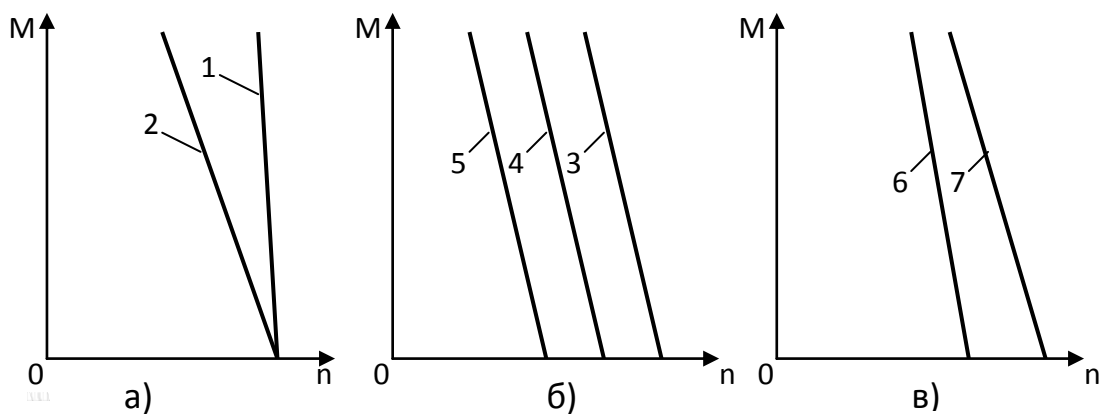
Электр қозғалқыштың айналу жиілігінің үш әдісі бар: электр қозғалтқышқа өтетін кернеудің өзгеруі, зәкір тізбегіне қосымша қарсыластық жүргізу, электр қозғалтқыштың магниттік (тудырушы ток) өрісінің өзгеруі. Өзінің үнемсіздігінен жүргізуді реттеу кезінде зәкір тізбегіне қосымша қарсыластық қолданылады. Қосымша қарсыласуда қуат жоғалады:

$$P_a = I_a R_d, \quad (1.32)$$

мұнда I_a - зәкір тізбегінің тоғы, А;

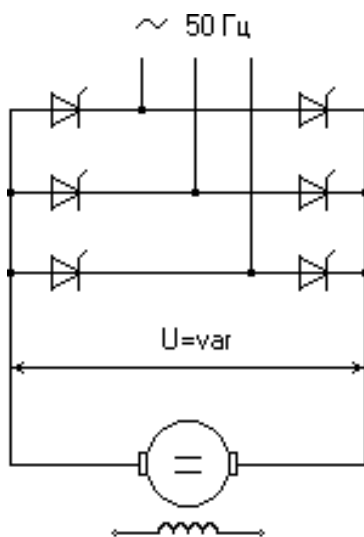
R_d - қосымша қарсыластық, Ом.

Электр қозғалтқышының әр түрлі реттеу әдістегі тұрақты тогының механикалық сипаттамасы 1.3 суретте берілген. Электр қозғалтқыш пен сорғының механикалық сипаттамасының салыстырылуы тұрақты токтың электр жетегі сорғы жұмысының шартымен толық сәйкес келеді.



1.3 Сурет

Заманауи тұрақты токтың жетегіндегі қуат көзінің электр қозғалтқыштың тұрақты тоғының параллельді тууы 2



1.4 сурет

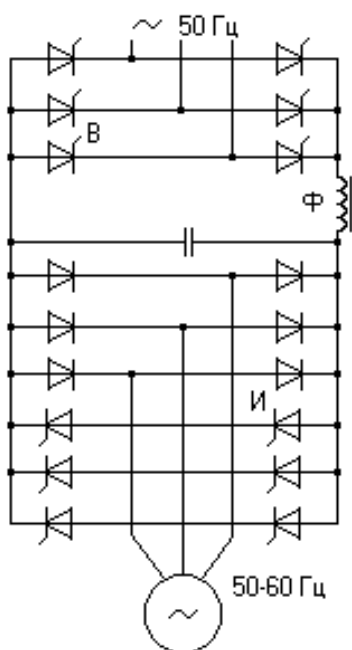
жартылай өткізгіш түзеткіштердің басқаруымен іске асырылады 1 (1.3 сурет). Бұл түзеткіштер үнемді әрі сенімді болып сипатталады ($\text{ПЭК}=0.9 \dots 0.95$). Тұрақты токтың электр қозғалтқышының құрамында шөтке құрылғысы мен коллектор электр жетектің пайдаланылуын қиындататын болғандықтан тұрақты ток электр жетектері кең танылмады. Сонда да шет елдерде мұндай электр қозғалтқыштар сорғы агрегаттарында қуаты 600-800 кВт жеке қолданылады.

Отандық және шет елдік тәжірибелерде ауыспалы токтың реттелетін электр жетегі кең тарағын. Ауыспалы токтың электр қозғалтқышының айналу жиілігі токтағы f , қосындылардың сыңары p және сырғанау s , қуат көзінің жиілігіне байланысты. Бір немесе бір неше параметрлерді өзгертуде электр қозғалтқыштың артынша сорғының айналу жиіліктерін өзгертуге болады.

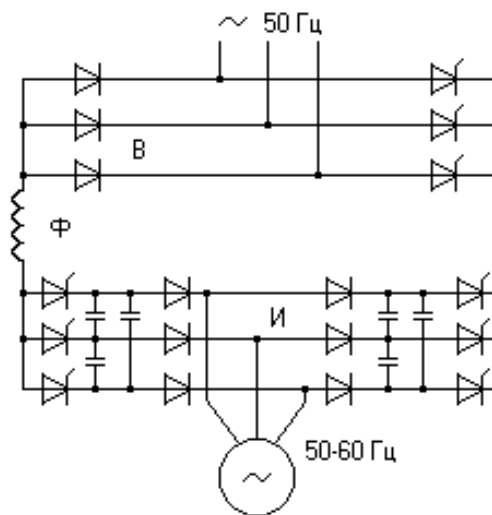
Жиілікті электр жетек. Жиілікті электр қозғалтқышының негізгі элементі тиристрлі (жиілікті) өңдегіш болып табылады. Бұл өңдегіште тораптың f_1 қуат көзі тұрақты жиіліктен ауыспалыға f_2 ауысп кетеді. Пропорционалды жиілікте f_2 өңдегіштің шығысына қосылған электр қозғалтқыштың айналу жиілігі өзгереді.

Жиілікті өңдегіштер екі негізгі топқа бөлінеді: тұрақты токтың аралық үзбесі және тікелей байланысты. Жиілікті өңдегіштің бірінші түрі 1.5 және 1.6 суреттерінде көрсетілген. Өңдегіш B түзеткіштен, Φ филтрадан және I инвентордан тұрады.

Жеке өңдегіштің қатысуымен U_1 кернеудің тораптық параметрлері және f_1 жиілік басқару жүйесіне U_2 мен f_2 қажетті өзгертілетін параметрлерге ауыстырылады.



1.5 сурет



1.6 сурет

Электр қозғалтқышқа мықты жұмыс тудыру үшін токты жүктеу мен магниттің түсімі, кіріс және шығыс параметрлерінің арасынан белгілі бір қатынасты ұстанып, сорғының механикалық сипаттамасына байланысты жиілікті өңдейтін электрлік көрсеткіш жоғары көрсеткіштерді көрсетуі тиіс. Бұл қатынастар Костенконың жиілікті реттеу теңдеуінің заңынан шығады

$$\frac{U_1}{U_2} = \sqrt{\frac{M_1}{M_2}} \cdot \frac{f_1}{f_2}, \quad (1.33)$$

Статисткалық сорғысыз жұмыс істейтін сорғыларға, яғни, квадраттық парабола теңдеуімен көрсетілетін механикалық сипаттамада, қатнас сақталуы керек:

$$\frac{U_1}{f_1^2} = \frac{U_2}{f_2^2} = const. \quad (1.34)$$

Статистикалық сұғыммен жұмыс істейтін сұғымдарға, одан да қиынырақ қатынас қолданылуы керек:

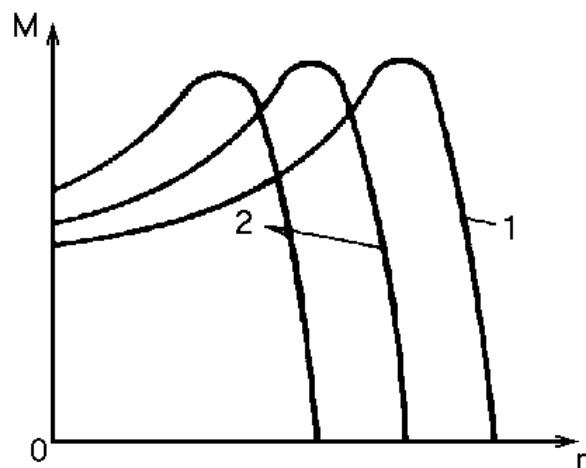
$$\left(\frac{U_1}{f_1}\right)^{1+\frac{k}{2}} = \left(\frac{U_2}{f_2}\right)^{1+\frac{k}{2}}, \quad (1.35)$$

мұнда – сұғымның механикалық сипаттамасы теңдеуінің көрсеткіш дәрежелері.

Көп жағдайларда сұғымны орнатуда қатынасты қамтамасыз ететін өндірістік өндеудің орындалуын қолдануға тура келеді.

$$\frac{U_1}{f_1^2} = \frac{U_2}{f_2^2} = const. \quad (1.36)$$

1.7 суретте жиілікті реттеу мен қатынасты сақтаудағы электр қозғалтқышының асинхронды құрылымдық (механикалық) сипаттамасы көрсетілген. f_2 Жиілікті азайтқанда құрылымдық сипаттама тек n -М координаттарында ғана өз жағдайын ауыстырмайды, сонымен қатар өзінің формасында өзгертеді. Негізінде статор қарсыласуының белсенді өзгеруі қатынасты сақтау кезінде жиіліктің ауысуынан электр қозғалтқыштың максималды иін күші төмендейді. Жиілікті реттеу кезінде максималды иін күш өзгерусіз қалып, құрылымдық сипаттамасының формасы сақталып, оның жағдайы ғана өзгереді.

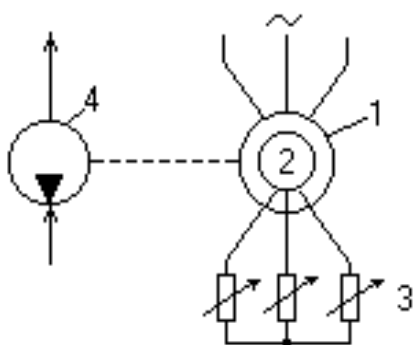


1.7 сурет

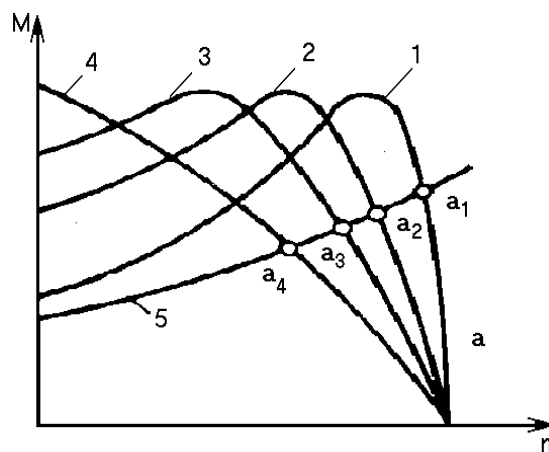
Электр қозғалтқыштың сырғанауының айналу жиілігінің реттелуі электр қозғалтқыш күшпен (ЭҚК) кездесу немесе электр қозғалқыштың ротордың тізбегіне жүргізуде, сонымен қатар электр

қозғалтқыш старторының кернеуінің өзгеруінен қосымша қарсыласуы іске асады.

Электр қозғалтқыштың фазалық роторын қолдану кезінде қосымша қарсыласу жүргізіліп іске асырылуы мүмкін. Электр қозғалтқышының ротор тізбегінің белсенді қарсыласуы арта басатаса электр қозғалтқыштың құрылымдық сипаттамасы өзгеріп, ол жұмсара бастайды (1.7 суретте). Электр қозғалтқыштың құрылымдық сипаттамасы өзгертілгеннен кейін сорғының құрылымдық сипаттамасымен $a1-a4$ нүктесінде қиылысады және т.б. нүктелердің әрқайсысының айналу жиілігі мен иін күшіне сәйкес мағыналары бар. Қозғалтқыштың роторының тізбегінде қосымша қарсыласудың байсалды өзгеруі және сорғы агрегатының айналу жиілігін байсалды өзгерту электр қозғалтқыштың құрылымдық сипаттамасының формасын байсалды өзгертуге мүмкіндік береді. Ротор тізбегінің қарсыласуынан электр қозғалтқыштың сырғанауы көбеюі, сырғанаудың жоғалуының азаюынан.



1 - электр қозғалтқыштың статорының орауы; 2 – электр қозғалтқыштың роторының орауы; 3 - реостат; 4 - сорғы
1.8 сурет



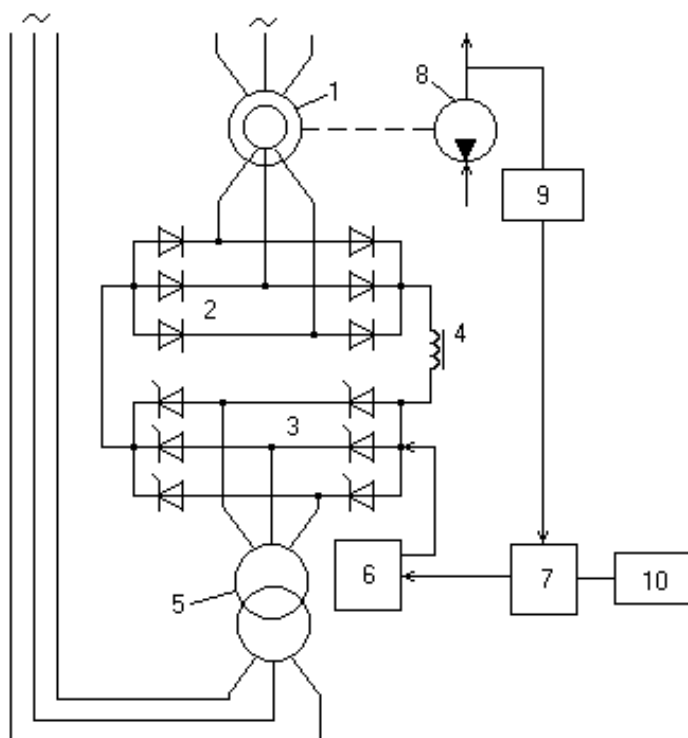
1.9 сурет

Сарқырама желдеткішінің асинхронды (СЖА) сұлбасы бойынша электр қозғалтқыш

Бұл электр жетекте электр қозғалтқыштың айналу жиілігін реттеу электр қозғалтқыштың фазалық ротормен оралған асинхронды ротордың жүргізілуімен ЭҚС өзгертумен іске асырылады.

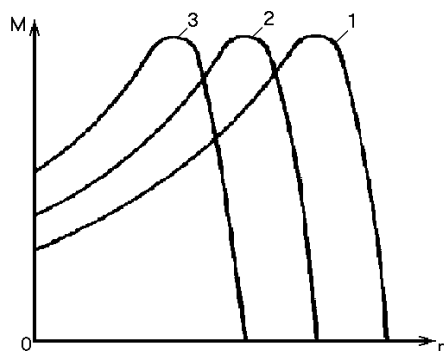
Қозғалтқыштың жұмыс істеу кезінде ток роторының синхронды токтан төмен болғандықтан қозғалтқыштың асинхроны түзетіледі, содан кейін ток жиілігінің торабы басқарылатын тиристорлердің көмегімен инвенторлі режимде жұмыс істейтін ауыспалы токқа ауыстырылады. Соның өзінде трансформатор тоғының бірінші орамында желі кернеуіндегі қарсы фазада. Осыған орай желіге электр қуатының белсенді береді.

Электр жетектің құрылымдық сипаттамасы түзетілген кернеуі 1.11 суретте берілген.



1 - фазалық роторлы электр қозғалқыш; 2 - басқарылмайтын түзеткіш;
3 - басқарылатын инвертор; 4 - өтегіш дроссель; 5 - келісілетін трансформатор; 6 - ИФБЖ инвертор; 7 - технологиялық реттегіш; 8 - сорғы; 9 - (қысымның) технологиялық датчик; 10 - задатчик

1.10 сурет



1.11 сурет

Кернеудің түзетілген мағынасын өзгерту үшін нөлден бастап белгіленген ротордың кернеуіне дейін толық диапозонда берілгеннен нөлге дейін электр қозғалтқыштың айналу жиілігін реттеуге болады. Бірақ, ол үшін өңделген кернеу мен ротордың берілген мағынасы тең болуы тиіс. Электр қозғалтқыш роторының кернеуі жоғары салыстырмалы бағасы бұл жағдайда абажадай және жеткілікті қиын СЖА өндегішін қолдануды талап етеді.

Сұйықтақты транспорттау жүйесі қатарында ортадан тепкіш күш сорғының айналу жиілігін реттеу тиісті диапазонда, мысалы сумен жабдықтау және су бұрғыш алсақ олар өте аз (белгіленгеннен 20-30%). Мұндай жағдайда тиісті диапазонда айналу жиілігін реттеу СЖА сұлбасымен іске асыру, жіберілетін резисторларда – жұмыс диапазонына дейін ротордың екпінін реттеу. Ротор тиісті айналу жиілігін жинағаннан кейін СЖА өңдегіштің берілген кернеуіне карағанда оның кернеуі азая бастайды. Басқару бекетінің контакторы жіберу резисторын сөндіріп, электр қозғалтқыштың ротор тізбегіне жиілікті өңдегішті қосады. алда реттеу СЖА өңдегіш кернеуінің түзетілуін өзгерту арқылы іске асырылады.

СЖА сұлбасындағы электр қозғалтқыш АБЖ сорғысын орнатуда қолданылатын бір мақсаттылықты анықтайтын ерекшеліктері бар:

электр жетектің қуаты жетектегі сорғы агрегатынан берілген 15% аспайтын, каскадта сорғы агрегатына жүргізілген барлық күш қоладнылмайды, тек қана рекуперленген сырғанау қуаты іске асырылады;

СЖА өңдегішінің қуаты электр қозғалтқыштың реттеу терңдігінің жылдамдығына байланысты. Сорғының шектелген диапазонын реттеу қуаттырақ және аса оңай түрлерін қолдануға мүмкіндік береді;

айналу иін күшінің тәуелділігі екінші және одан жоғары дәрежелерде айналу жиілігін электр қозғалтқышытың бір-екі баспалдаққа екпінініске асыруға көмектеседі.

СЖА сұлбасы бойынша электр жетектің кемшілігі элементтердің жеке әкелінуі (электр қозғалтқыш, өндіргіштер, басқару бекеттері) комплектілерімен әкелінбеуі.

СЖА сұлбасы бойынша электр жетектің негізгі құралдарыкелесі тізбек бойынша іске асырылады:

сорғының белдеудегі қуаты белгіленген және сәйкестендірілген су қуатының формуласымен анықталады:

$$N = \frac{\rho g Q H}{1000 \eta_H}, \quad (1.37)$$

Мұнда ρ – сұйықтықтың тығыздығы, кг/м³;

Q - сорғының бергені, м³/с;

g - еркін құлаудың тездетілуі, $g = 9.81 \text{ м/с}^2$;

H - сорғының су күші, м;

η_H - сорғының КЖД;

каталогтан фазалық ротормен электр қозғалтқыш аланады, оның берілген қуаты сорғының қуатынан 5-15% көп болуы керек. Электр қозғалтқышытың белгіленген айналу жиілігі сорғының белгіленген айналу жиілігіне сәйкес келуі тиіс;

каталогтатандаған электр қозғалтқыш белгіленген ротор тізбегінің параметрі электр қозғалтқыш каталогынан анықталады: $U_{н,р}$ кернеу және $I_{н,р}$

ток. Су күшінің және судың көтерілу жалған биіктігіне статисткалық талап етілген минималды мағынасына сүйенсек, осы сорғыны орнатуда электр қозғалтқыштың мүмкіндігінше максималды сырғанауы есептеледі

$$s_{\max} = 1 - \sqrt{\frac{H_{\Pi}^*}{H_{\Phi}}} . \quad (1.38)$$

Табылған мағынада s_{\max} асинхронды қозғалтқыштың ротор сақинасында максималды мүмкін кернеулер анықталады.

$$U_p = U_{n.p} s_{\max} . \quad (1.39)$$

Кернеудің мағынасы бойынша түзеткіш қуатының белгіленген тізбектегі кернеуі (СЖА өңдегіш агрегаттың белгіленген кернеуі) мынадай шартпен таңдалады:

$$U_{n.a} \geq U_p . \quad (1.40)$$

СЖА өңдегіш агрегатының белгіленген тоғы анықталады (түзеткіш фазасының ток қуаты):

$$I_{n.a} \geq I_{n.p} . \quad (1.41)$$

Табылған мағыналары бойынша $U_{n.a}$ және $I_{n.a}$ СЖА өңдегішінің типі таңдалады. СЖА өңдегішін таңдаған соң, келісімді трансформаторлар таңдалады. Егер СЖА өңдегішінің кернеуі белгіленген желі қуатының кернеуінен ерекшеленсе онда олар қажетті.

Отандық СЖА электр жетегінің белгіленген кернеуінің өңделуі 0,4 кВ тең, сондықтан келісілген трансформаторлар жоғары вольтты электр қозғалтқыш жетегінде қарастырылады. Трансформатордың тиісті қуаты, кВ*А:

$$S_{TP} = 1.1\sqrt{3} U_{2T} I_{n.p} , \quad (1.42)$$

Мұндағы U_{2T} —трансформатор екінші орамының белгіленген тізбектік кернеуі, кВ;

$I_{n.p}$ -ротордың тоғы, А.

Трансформаторлардың саны өңдегіштің типіне қарай таңдалады. Бір инветорлі өңдегішке – бір тарнсформатор, ал екі иненторлі өңдегішке – екі трансформатор. Трансформаторлардың түрлері тұрғылықты орнына мен оның таратылуына байланысты: жеке ғимараттарды немесе ашық ауада майлы трансформаторлар, ал сорғы бекетінің ғимаратында құрғақ трансформаторлар орналастырылады. Трансформатордың жоғары кернеуі желідегі қуат көзінің кернеуіне сәйкес келеді.

СЖА типінің өңдегіші ортақ бекеттік 380/220 желісіне жеткілікті мөлшерде өзіне қажетті трансформатор қуаты бір көпірлік инвентормен жалғануы мүмкін. Мұндай жағдайда инвентор тиристорының коммутациясынан болған қуат көзі желісіндегі кернеудің бұрмалануын болдырмау және инвентордың тиристры арқылы өтетін ток екпініне шекту қою, өңдегіштер токты шектеу реакторлары арқылы қосылуы керек. Реактордың индуктиві трансформаторлардың шашылу индуктивінен 4-5 есе көп болуы тиіс. Бұл жағдайда басқару жүйесі желіге байланысты, яғни реактордан жоғары сіндіреді.

Диапазонның айналу жиілігінің реттелуіне байланысты талап етілетін басқару бекеті қозғалтқыштың белгіленген ротордың тоғына байланысты таңдалады. Реттегіш диапазон сорғының минималды айналу жиілігінен талап етілуіне қарай анықталады:

$$D = \frac{n_{\min}}{n_{\max}} = 1 - s_{\max} . \quad (1.43)$$

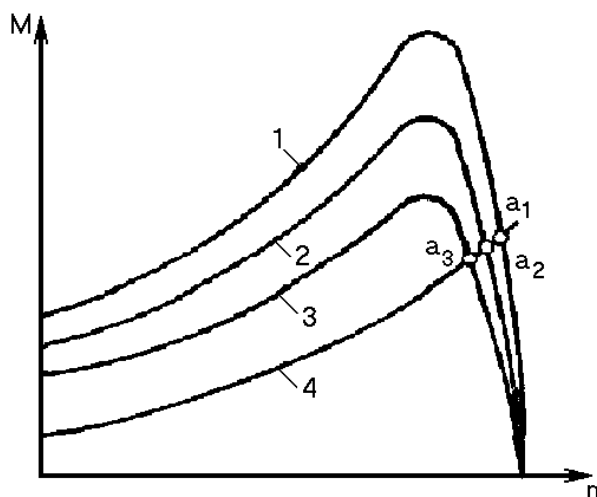
Негізінде сумен жабдықтау және суды айдау реттелетін сорғы 1:2 диапазонда жұмыс істейді, яғни 0,5 аспайтын сырғанау. көбінесе максималды сырғанау 0,25-0,3 аспайды. Сондықтан көп жағдайда диапазонның жиілікті реттелуі үшін басқару бекеттері қолданылуы мүмкін. Басқару бекетінің белгіленген тоғы ротор тоғына тең немесе одан көп болуы тиіс $I_{н.сг} \geq I_{н.р}$.

ТПД және ЩДУ бекеті сияқты, ПО дайындалатын «Электр түзеткішпен» және ЧАЭЗ қуаты 250-2000 кВт басталатын реттелетін электр жетекке арналған

Электр қозғалтқыштағы айналу жиілігін реттеу арқылы статорының кернеуін өзгерту. Асинхронды электр қозғалтқыштың айналу иін күші электр қозғалтқышқа келетін кернеудің шаршысына пропорционал:

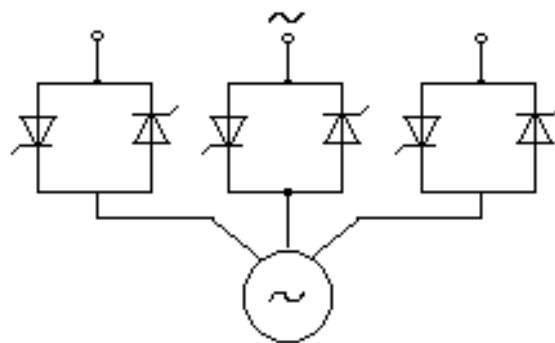
$$M_{ер} = KU^2 . \quad (1.44)$$

Сол себептен статордың қысқышындағы кернеудің өзгеруі электр қозғалтқыштың құрылымдық сипаттамасының формасын өзгертеді. Сорғы мен электр қозғалтқыштың құрылымдық сипаттамасын қарасақ (1.12 суретті қара), қысқыштағы кернеудің өзгергеруінен, әр бір өзгерген кернеудің өзінің жұмыс нүктесі бар $a_1, a_2, a_3, \dots, a_n$, әр сырғанау өзінің нүктесіне сай $s_1, s_2, s_3, \dots, s_n$. Кернеудің өзгеруінен сырғанаудың аумалы мағынасы өзгермейді, сондықтан кез келген жағдайда кернеудің максималды иін күшінің өзгеруі мынаған сәйкес келеді



1- табиғи сипаттамасы; 2,3- кернеудің төмен болғандағы сипаттамасы;
4- сорғының құрылымдық сипаттамасы

1.12 сурет



1.13 сурет

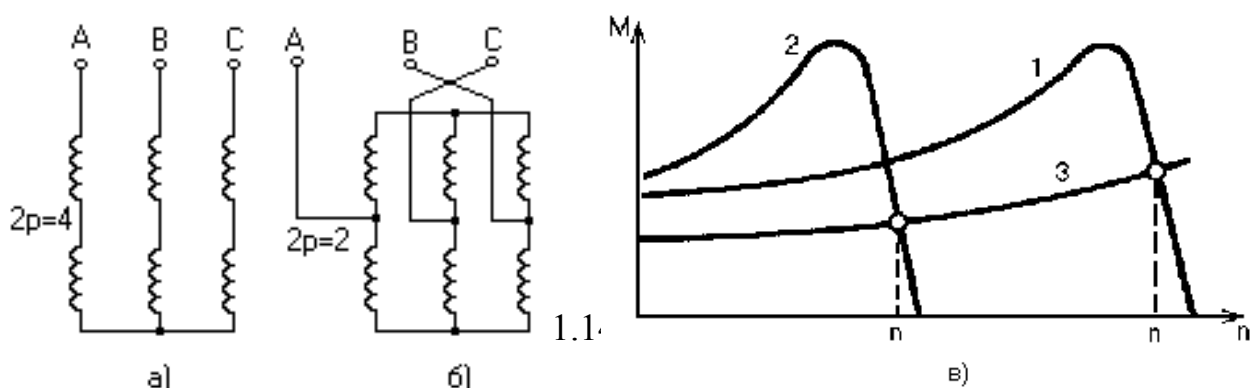
Сырғанаудың бірінші және басқа да мағынасына, 0,1-0,2 шамалас тең. Реттеудің бұл түрін қамтамасыз ететін, салыстырмалы тар диапазонның айналу жиілігінің реттелуі осымен анықталады. Статор қозғалтқышының реттелуі көбіне кернеудің тиристорлі (жиілікті) реттегіші арқылы іске асырылады (1.13 сурет).

Электр қозғалтқыштың екі қосылғышын өзгерту арқылы айналу жиілігін реттеу. Бұл реттеу әдісі жоғары жылдамдықты электр қозғалтқыштарын көру кезінде қолданылады. Электр қозғалтқыштардың жоғары жылдамдықты статорының орамы бөліктерге бөлінген, олардың басы мен аяғы электр қозғалтқыштың клеммасына жүргізілген. Жоғары жылдамдықтағы электр қозғалтқыш роторының орамы қысқа тұйықтықта істелінеді. Белгілі бір үйлестікпен орамды және оның бөліктерін қосып отырса электр қозғалтқышының екі қосылғыштарын өзгертеді. Онда электр қозғалтқыштың айналу жиілігі тәуелділікке байланысты сатылап ауысады:

$$n = (60 \frac{f}{p})(1 - s), \quad (1.45)$$

мұндағы f – желінің жиілік қуаты, $f = 50 \text{ Гц}$.

1.14 суретте статор орамын байланыстыратын негізді сұлба көрсетілген, осы байланыстарға сәйкес электр қозғалтқыштың құрылымдық сипаттамасы екі қосылғыштардың ара қатынасын 1:2 өзгертуге мүмкіндік береді. Мұнда да сорғының механикалық сипаттамасы көрсетілген. Бұл сипаттамалардың электр қозғалтқыштағы әр түрлі екі қосылғышының жұмысының қиылысуы, қарсыласу иін күшімен айналу жиілігін анықтайды.



а - орамның байланысқан сұлбасы, $2p=4$ төмен жылдамдыққа сәйкес;
 б - бұл да жоғары жылдамдықта $2p=2$; в - қозғалтқыштың құрылымдық сипаттамасы; 1 - егер $2p=2$, 2 – егер $2p=4$ болса; 3 - сорғының механикалық сипаттамасы

Бір мезетте ораманың және оның бөлшектерінің айналу жиілігінің бір нешуін қосу мүмкіндігі болмайтын, құлыпталған контактілер майлы сөдіргіштермен іске асады. Қайта қосқанда электр қозғалтқыштың екі қосындысы айналу жиілігі өскен сайын статор орамындағы әр бір фазада ораманың сандары азаяды. Осыған орай фазаға жетелеген ЭҚК өзгеріссіз қала береді, сондықтан статорға жетелеген кернеуді ауыстырудың қажеті жоқ.

Қозғалтқыштар жоғары жылдамдықты төмен вольтты және екі-төрт жылдамдықты асинхронды қысқа тұйықтықтағы машина (қуаты 100 кВт электр қозғалтқыштың біріңғай топтамасы) жоғары вольтты екі жылдамдықты үлкен қуатты электр қозғалтқыш түрінде жасалады. Электр қозғалтқыштағы тік сорғыны электр қозғалтқыштың ДВДА топтамасы 6 кВ, бірдей айналу жиілігі об/минутына 500/300, 500/375, 375/300, қуаттылығы 500 бастап 1400 кВт дейін қолданылады.

Желдеткіш электр қозғалтқыштың базасында электр жетектің жүйесі реттелетін электр жетектің ауыспалы тоғының қатарында ерекше орын алады. Коллектор мен шөткелі аппараттың қызметін тиристорлі инвертор және кеңістіктегі Принцип бойынша электр қозғалтқыштың тұрақты тоғына бұл жүйе сәйкес.

Жиілікті өңдейтін электр жетектің құрамы жиілікті электр жетектің тобына жатқызуға негіз береді. Кеңістіктегі статордың жағдайына сілтейтін, бірдей электр қозғалтқыш пен құрылғылары жиілікті өндегіштен тұратын венитльды электр қозғалтқышты электр механикалық жүйе деп атайды. Өндегіш тұрақты токтың буынында анық көрсетілген және басқарылатын түзеткіш пен инвентордан тұрады. Инвертордың тиристорлі коммутациясында және аз жиілікті кеңістікте ротор жағдайының датчигінің көмегімен іске асырылады. Инвертор винтиль тиристорінің коммутациясы аз жиілікті аумақта ротор жағдайындағы датчигінің көмегімен іске асырылады.

Ал, электр қозғалтқыш қысқышының кернеуінен ЭҚК коммутирлі бөлінген бауларының көмегімен жиілігі аумақта 3-5 Гц жоғары өтпелі ЭҚК іске асырылады. Түзетілген және тегістелген жүріп тұрған кернеу үшін тұрақты токтың тізбегіне тегістейтін дроссельдер қосылады (реакторлар).

Бұл электр жетек түрінің ерекше айырмашылығы электр қозғалтқыштың жәй жетегі түрінде қолдану мүмкіндігі, сонымен қатар электр қозғалтқыштың бірдей топтамасымен шығарылуы. Белсенді объектілерде электр қозғалтқыштың бұл түрін енгізуде, сорғы бекеттерінде орнатылған электр қозғалтқыштарды айырбастаудың қажеті жоқ болғандықтан ол ерекше құнды. Бірақ, жоғары үйлесімдіктің өндірістің шығысында, ол үшін жиілікті секілді электр жетектікі де шақырылған сорғы агрегатының жүктемесінде шектеулер бар екендігін естен шығармау керек.

Электр қозғалтқыштың вентильды өңдегіштері екі нұсқада: төмен және жоғары вольтты өңдегіш бөлік түрінде жасалады.

Өңдегіші төменгі вольтты құрайтын жоғары вольтты электр жетек (6-10 кВ) төмендетілген трансформаторлармен жинақталады. Осы арқылы олар кернеуі 6-10 кВ қуат көзінің желісіне жоғарылатылған трансформаторлармен қосылады және осылар арқылы жоғары вольтты (6-10 кВ) электр қозғалтқыштың қуат көзі іске асырылады.

Жоғары вольтты өңдегіш жетектің бөлшегі қатарында төмендетілген және жоғарылатылған трансформаторлар болмайды. Бірақ, жоғары вольтты өңдегіш нұсқасы тізбекпен бірнеше байланысқан тиристорлі винтили түрінде іске асырылады. Осы үшін қуатты бөлігі қиындап қана қоймайды, сонымен қатар инвентор мен түзеткіштің басқару жүйесі де қиындайды.

Вентильды электр қозғалтқыш, электр қозғалтқыш реттегішінің күрделі, қымбат әрі алып түрі болып табылады. Вентильды электр қозғалтқыш базасында электр жетек құрылғыларын таңдау тәртібі электр жетектің белгіленген жиілікті жетегінің есебімен несинусоидалды өңделген токтың есебінен жоғарда көрсетілгенмен үйлеседі.

1.3 Электр жетектің жиілікті реттеудің қолданудағы пайдасы мен экономикалық есебі

Электроэнергия ғылыми зерттеу институты (АО ВНИИЭ) және Мәскеу электроэнергия институтымен (МЭИ) ғылыми-техникалық кешенді жұмысының бағдарламасына сәйкес ж "Коммуналдық шаруашылық пен ТЭК-те электр жетектің жиілікті реттеуін құру және енгізу" электр жетектің жиілікті реттеудің қолданудағы пайдасы мен экономикалық есебінің Ресейдегі Минтопэнерго бекіткен нұсқаулығының есебі.

Ереже негізгі мәселелерді қарастырып энергия үнемдеуде алдын ала бағаланған ауаны жанарту мен сорғыларда ортақ қолданысты орнатуда ресурсты үнемдеуге мүмкіндік беріп анықтайды.

ЖРЭ қолданумен байланысқан ережеде – ауыспалы процесстің жүргізілу сипаттамасының жақсартылуы, қызмет көрсетуге шығындарды азайту, артық дыбыстарды оқшаулау т.б. артықшылықтары көрсетілмеген.

Ереже қайта пайдаланудағы қондырғыларда таратылады, яғни, қайта жобалаудың технологиялық сұлбасы өзгермеген жағдайда. ЖРЭ мен қондырғылардың жаңадан жобалануының мына мәселелерін есепке алу керек. Олар сорғыдағы кері қақпақтарды қолданудан бас тарту-технологиялық сұлбаның жандандыру мен байланысқан жеңілдету, тосқауылдар мен жапқыштарды болдырмау, желдеткіш пен сорғылардың сандарын азайту және т.б.

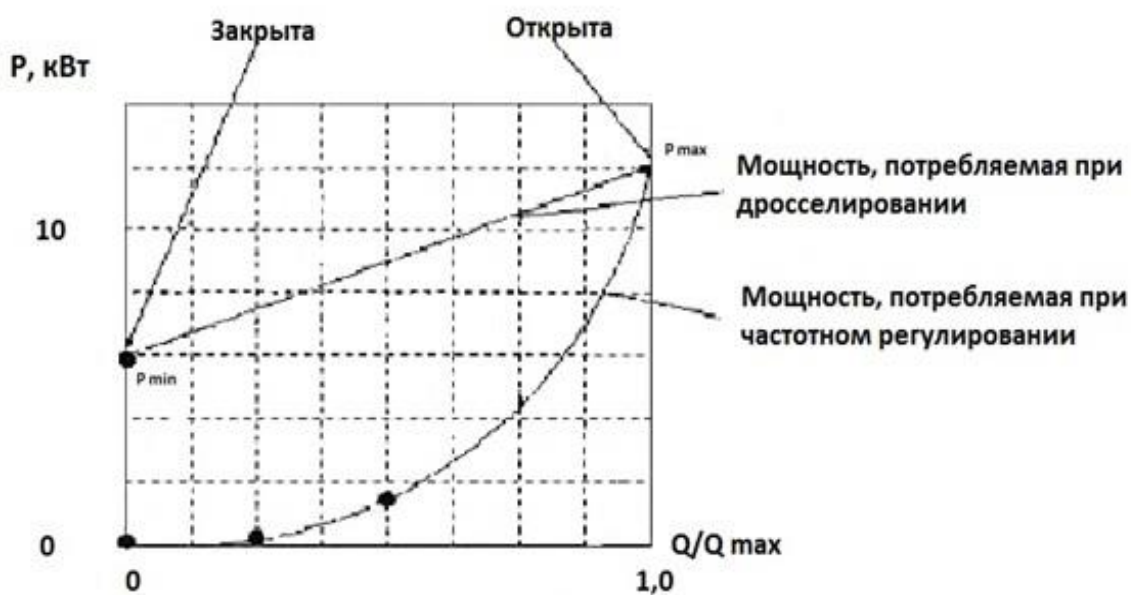
ЖРЭ қолданудың пайдасы мен алдын ала бағасының мысалдары мен әдістері ережеде көрсетілгендей персоналдарға, коммуналдық шаруашылық пен өндірісіне, электр үнемдеуде істеп тұрған сорғы мен желдеткіш агрегаттарын қайта пайдалануға жауапты және энергия үнемдеу іс-шараларын жүзеге асыруға арналған.

Ортадан тепкіш күш агрегаттарының ЖРЭ орнатудағы экономикалық пайдасының анықтамасы

ЖРЭ қолданудағы бір мақсаттылық дроссельдеу айырбасында диаграмма бойынша талап етілген шығын кезіндегі механизм жұмыстары келесі цикл бойынша.

1. Желдеткіштің (сорғының) белгіленген тұстарын тіркейді $Q_{ном}$ м³/сағ., Н, м бекетте, созымалы қозғалтқышта, кВт. $P_{ном}$, об/мин, КПД механизмі мен қозғалтқышы.

2. Қозғалтқышпен қолданылатын кВт және Q өндірілетін P күшті істеп тұрған құрылғыда м³/сағ толық ашық ($P_{макс}$ и $Q_{макс}$.) тосқауылдар мен бөгеттерде өлшейді немесе есеп жолымен орналастырады және $Q = \frac{Q}{Q_{макс}}$ байланысты шығындарға нүктелердің арасында P , кВт тәуелділікті құрастырады 1.15 суреттегі сызбада.



1.15 сурет

ЖРЭ механизмге енгізуде үнемдеуді есептеу үшін, электр энергияны өндіру процесіне қатысушылар – түгін сорғы мен үрлейтін желдеткіштер, қуаттанатын сорғылар және т.б. қайта құрылымданған механизмнің өндірісі пропорционалды тәуелділікте графигі энергоблоқтың қатысты қуатына байланысты ұқсас тәуелділік қатарына қосылады.

$$N^* = \frac{N}{N_{\text{ном}}} = \frac{Q}{Q_{\text{макс}}} = Q^*$$

3. Талап етілген $P_{\text{ЖТ}}$, кВт жиіліктің қайта жасау қуатын анықтайды
 $P_{\text{ЖТ}} = (1,1-1,2) P_{\text{макс}}$.

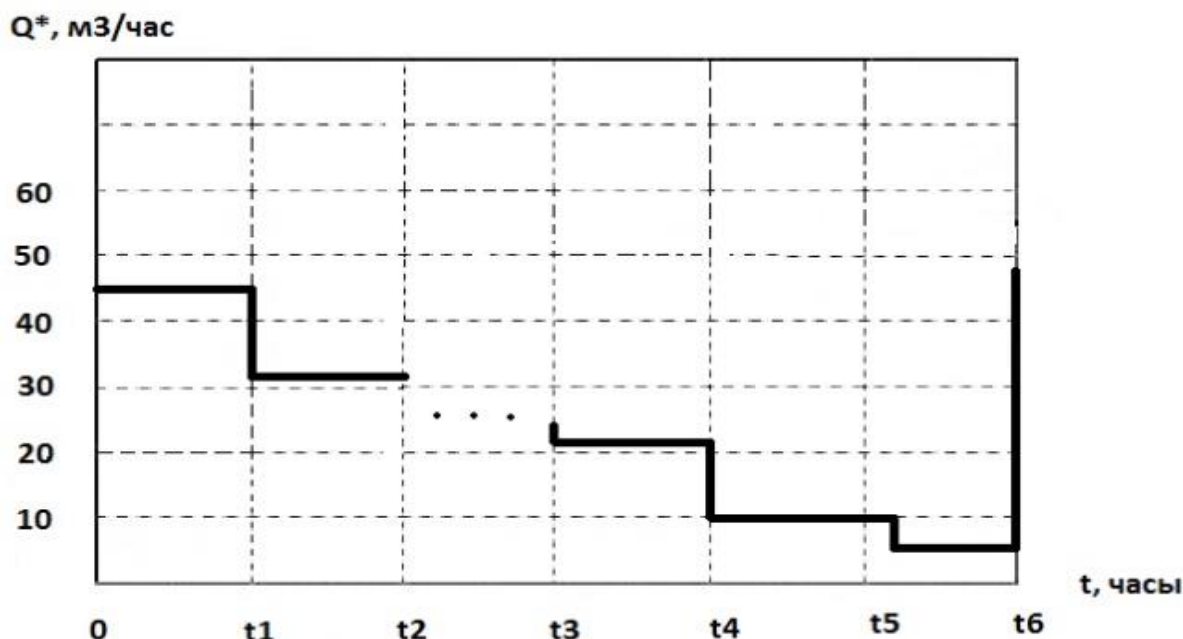
4. Қолданылатын қуаттың P , кВт тәуелділігін құрады, қатысты Q^* шығынға немесе қатысты N^* блогының қуатына, жиілікті реттеу жылдамдығының формуласы бойынша:

$$P = P_{\text{макс}}(Q^*)^3$$

1.15 суреттегі қисық 2 алады. 1 және 2 қисығының арасындағы P айырмашылығы – жылдамдықтың жиілігін реттеудегі қуатты үнемдеу.

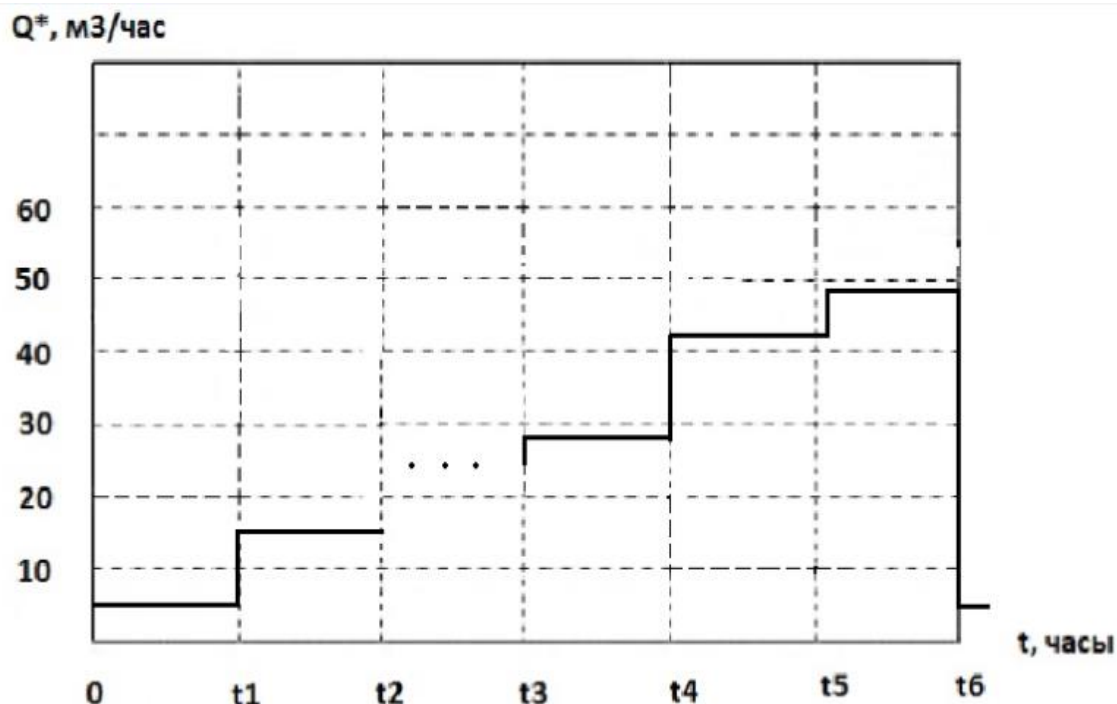
5. $P_{\text{ном}} = \frac{P_{\text{дв.ном}}}{\eta_{\text{дв.ном}}}$ үлкендігі бойынша 2 қисықтың көмегімен болуы мүмкін шығынды бағалайды. Қозғалтқыштың қалыпты жағдайында Q^* қосымша 1 шартты тексереді (Q^* қосымша. Шығын бойынша үлкен пәнне иін күшсіз құрылғы таңдалғанның куәсі).

6. Қатысты шығынның тәуелділігінің диаграмасын Q^* немесе N^* блоктың қатысты қуаты - t - уақыттан 1.16 суретте құрастырылған. Цикл үшін сорғы мен энергоблоктың жылдық жұмысының саған сандарын қабылдау ыңғайлы.



1.16 сурет

7. 1.15 суреттің көмегімен шығындардың диаграмасын $Q^*(t)$ немесе $N^*(t)$ үнемделген қуаттың $\Delta P(t)$ диаграмасын 1.16 суреттен Q^* немесе N^* әр бір интервалда сәйкес мағына бойынша ΔP_i анықтай отырып, тізбектейді.



1.17 сурет

8. Сол кезеңде (жыл) үнемделген қуатты көрсетеді $\Delta \mathcal{E}_ц$:

$$\Delta \mathcal{E}_ц = \sum_{i=1}^m \Delta P_i T_i$$

Мұндағы m - ΔP_i әр түрлі кезеңдегі бөлімшелер саны

9. Берілген тарифте Цэл.эн руб/ кВт·сағ немесе USD/кВт·сағ) бағасын анықтайды.(руб/жыл немесе USD/жыл)жыл бойғы үнемделген электр қуаты.

$$\Delta \text{Сэл. эн} = \Delta \mathcal{E}_ц * \text{Цэл. эн}$$

10. Жаңа техниканың өтемділік мерзімін анықтайды.

А) ТЭС электр қуатын өндіру процесіне қатысатын сорғылар мен желдеткіштерге арналған:

10.1 Энергоблогтың белгіленген қуатының арту мүмкіндігін анықтайды.

$$\Delta N = (0,01 \div 0,02) K N_{\text{ном}}$$

Мұндағы: $K = \frac{P_{ЖТ}}{P_{\Sigma}}$ - электр жетек қуатының қатынасына тең, ЖРЭ жабдықталған, электр жетектің энерго блогының (немесе ТЭС) ортақ қуатына коэффициент.

10.2 Қуаты (энергоблогтың) ΔN жаңа электр бекет құрлысының бағасын анықтайды:

$$Ц_{эл.ст} = \Delta N * C_N$$

Мұндағы жаңадан салынатын ТЭС немесе энергоблогтың бір кВт бағасы, руб/кВт немесе руб/кВт орта сызықпен $C_N = 1250 \text{ USD/ кВт}$

10.3 ЖРЭ($Ц_{ЖТ}$) құрылғыларын алуға шығындарды салыстырады $Ц_{эл.ст}$. Мағынасымен, $\Delta Ц = Ц_{ЖТ} - Ц_{эл.ст}$ үлкендігін анықтайды.

10.4 ЖРЭ қатысты өтемділік мерзімін анықтайды

$$T_{ок} = \frac{Ц_{ЖТ} - Ц_{эл.ст}}{\Delta C_{эл.эн}} = \frac{\Delta Ц}{\Delta C_{эл.эн}}$$

Егер $\Delta Ц \leq 0$ мағынасы болса онда ол жаңа құрылыс шығындарынан ЖРЭ орнатудың жұмсалымы көп болса жаңадан салынған ТЭС немесе энергоблогтың бір кВт бағасы - C_N болса онда ол ЖРЭ орнату сөзсіз тиімді руб/кВт немесе USD/кВт орташа тізбек үшін $C_N = 1250 \text{ USD/ кВт}$ болады.

Түрлі сорғылар мен желдеткіштер үшін

10.5 таңдалған құрылғының $T_{ок}$ өтемділік мерзімін анықтайды, жыл – $k > 1$ коэффициент, қосымша ресурс үнемдеудің пайдасын есепке алады: желілік және ГЭС топырақ асты сорғысының коэффициентінің мағынасы тең қабылдануы мүмкін $k = 1,25 \div 1,35$.

Коммуналдық салада сорғы бекетінің ЖРЭ қолданудағы экономикалық әсердің бағасы

Суық және ыстық сумен жабдықтауда сорғының жұмыс режимі ерекшеліктері, судың шығыны алдын ала берілмейді, керісінше тұтынушылармен анықталады. Қозғалтқыштың жылдамдығын реттей отырып, су күшін өзгертеді, сорғымен жетілдірілген Экономикалық әсер келесі өлшеу мен есептеу негізінде жүзеге асырылады.

1. Сорғының белгіленген мәліметтері тіркейді насоса $Q_{ном}$ м³/сағ; Н м бекетте, η сорғы мен жылжымалы қуаттың қозғалтқышы, кВт, ток I, А; айналу жиілігі n об/мин. КЖД η қозғалтқыштың қуаттың коэффициенті

2. Суды қолданудың максималды сағаты (коммуналдық салада 8-10 сағ. немесе 18-20 сағ., әкімшілік ғимараттарда 13-15 сағ.) су күшін кірісте тексереді Н және шыға берістен Н сорғы – жүйеде орнатылған манометрлермен бір-екі сағаттың көлемінде бірнеше өлшеулер өткізіледі, нәтижесі орталанады.

3. Осы жағдайларда қозғалтқыштың I тоғын тексереді, өлшенетін тістеуік несмесе амперметрдің көмегімен, егер ол орнатылған болса бірнеше өлшеулер жүргізіліп, нәтижесі орталанады.

$I \leq I$ қатынасын тексереді

4. Q_{op} , м³/сағ. тәулік бойғы орташа шығынын есептейді, Шығын өлшегіштің басында Q_1 және Q_2 аяғында бақылау тәулігі бойынша:

$$Q_{op} = \frac{Q_2 - Q_1}{24}$$

5. Формула бойынша ортақ су күшінің минималды қажеттілігін есептейді.

$H = C \cdot N + D$, м бекетте,

мұндағы – қабат сандары (жеке жылу пункттері үшін – жер төлені қосқанда – ең биік үйдің қабат сандары:

C = қалыптағы үйлер үшін;

C = жоғар жайлылық үйлері үшін;

D = жеке үйлер үшін және 15- бөлек топта тұрған жеке қызмет көрсетілетін үйлер үшін.

6. Реттелетін сорғы қамтамасыз ететін талап етілген су күшін бағалайды. егер H (магистральдын өтетін су күші) өзгереді де, H мин. Қолдану керек.

7. Жиілікті өңдейтін талап етілген қатты анықтайды.

$$P_{ЖТ} = (1,1 - 1,2) \frac{H_{тал.ет} - Q_{op}}{367 \eta_{сорғы} \eta_{қоз.тық}}$$

Сорғы агрегатында $\eta_{сорғы}$ - КЖД үлкендігін былай аықтайды

$H_{сорғы} = K \cdot \eta_{сорғылық}$,

Мұндағы K — Q п.1-ден п.4 қатысты өлшенген, Q_{op} шығыны үшін 1.18 суреттегі қисықтығымен анықталады.

1.18 Сурет

8. формула бойынша, руб/жыл, электр қуаттың жылдық үнемделуінің бағасын анықтайды:

$$\Delta Э_{жыл} = \Delta Э_{жыл} \frac{(H_{тык} - H) Q_{op}}{367 \eta_{сорғы} \eta_{қоз.к.}} \cdot Ц_{эл. қуат},$$

$$Мұндағы \Delta Э_{жыл} \Delta Э_{жыл} = \Delta Э_{жыл} \frac{(H_{тык} - H) Q_{op}}{367 \eta_{сорғы} \eta_{қоз.к.}} \cdot Ц_{эл. қуат} \cdot$$

Цэл. қуат, жыл бойы үнеделген электр қуаты кВт·сағ. тжыл· құрылғының жыл бойы жұмыс істеген сағатының саны, Цэл.эн- 1 кВт·сағ бағасы, руб немесе USD

9. Судың жылдық үнемделуінің бағасын анықтайды., жыл/руб

$$\Delta B_{\text{жыл}} = \Delta B_{\text{жыл}} \cdot C_{\text{су}} = 0,07 \frac{H_{\text{тық}} - H}{10} Q_{\text{ср}} \cdot t_{\text{жыл}} \cdot C_{\text{су}},$$

Мұндағы $\Delta B_{\text{жыл}}$ жыл бойы үнеделген су, м³, $C_{\text{су}}$ – 1 м³ судың бағасы, тг немесе USD $H_{\text{тық}}$, H – су күші, ЦТП қамтамасыз ететін шаруашылық сорғылар.

10. Ыстық суды кал/г қысқарту есебінен жылудың жылдық үнемделуін анықтайды.

$$\Delta O = C \cdot \Delta t \cdot \Delta B_{\text{жыл}} \text{ ыс.}$$

Мұндағы $C = 1,0$ - судың жылу мөлшерінің коэффициенті, кал/г, °C; Δt - ыстық судың ысып кету температурасының есептелген төмендігі. °C.

Энергоблогтың 210МВт ГРЭС сорғысының қуат көзінде ЖРЭ қолданудың экономикалық пайдасының есебін жүргіземіз. Сорғы қозғалтқышының белгіленген қуаты 5000 кВт.

Жиілікті өңдейтіннің қуаты қойылған:

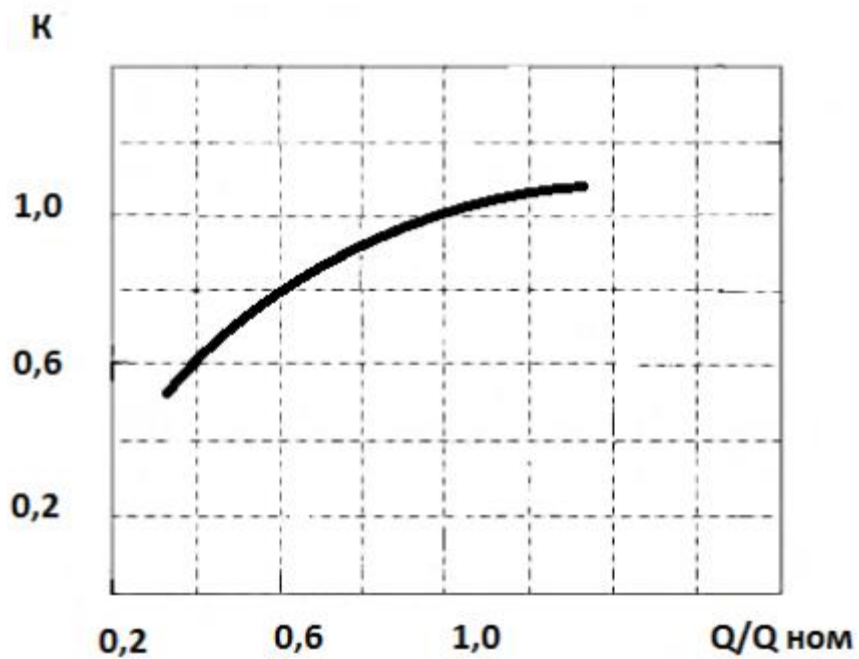
$$P_{\text{ЖТ}} = 1,1 \cdot 5000 \text{ кВт} = 5500 \text{ кВт.}$$

$C = 300 \text{ USD/кВт}$ болғандағы өңделген құрылғының бағасы.

$$\text{ЦЖТ} = 300 \cdot 5500 = 1,65 \text{ млн USD}$$

$\Delta B_{\text{жыл ыстық}}$ - ыстық судың жыл бойы үнеделгені. т.

ЦТП типі үшін ыстық судың шығыны қабылданады, шаруашылық сорғыларымен берілетін судың ортақ шығынынан 0,4.



Жылудың жылдық үнемделуін есептейді, руб/жыл:

$$\text{Ц}\Delta O \cdot = \Delta O \cdot \text{Ц}_{\text{Гкал}}$$

Мұндағы $\text{Ц}_{\text{Гкал}}$ - 1 Гкал жылудың бағасы, руб. немесе USD

11. Ток жыл құрылғыларының қосымша жорамаладап сатып алу мерзімін бағалайды.

$$\text{Ток} = \frac{\text{Ц}_{\text{ЖТ}}}{\text{Ц}_{\text{аэжыл}} + \text{Ц}_{\text{авжыл}} + \text{Ц}_{\text{ао}}}$$

Мұндағы $\text{Ц}_{\text{Гкал}}$ – ЖРЭ құрылғысы мен оның қосымша орнату бағасы.

N, t, P, Q, ΔP және ΔE мағыналары кестеде берілген

N. МВТ ¹¹³ Энергерго блоктың куаты	Осы куатта жұмыс істеудің сағаттар саны	0. тгч ^a Ауыз судың шығыны	ПЭН тұтынудың куаты		P ₁ -P ₂ =ΔP. кВт реттейтін жетекте куттың шығынының азаюы	ΔЭ.мың кВт Электр куатты үнемдеу
			P ₁ кВт Реттелмейтін электр жетектің	P ₂ .кВт Жиілікті реттейтін жетекте		
N ₁ = 210	t ₁ = 2800	640	4960	4060	0	0
N ₂ = 140	t ₂ =800	435	4080	2900	1180	944
N ₃ = 80	t ₃ = 2700	250	3200	1520	1680	4536

Электр бекеттің оперативті журналынан алынған.

Жылу мен будың турбинадағы шығыны энергоблок куатының қызметі арқылы анықталады.

Өзіңнің қажеттіліктеріңе жылдық электр куатының шығынын түсіру:

$$\Delta \text{Э}_{\text{жыл}} = 944 + 4536 = 5,48 \text{ млн.кВт} \cdot \text{сағ} / \text{жыл}.$$

Электр куатының жылдық үнемінің бағасы.

$$\text{Ц}_{\text{эл.эн}} = 0,04 \text{ USD} / \text{кВт} \cdot \text{сағ} \text{ тарифі болса } \Delta \text{C}_{\text{эл.куат}} = 219000 \text{ USD}.$$

$$\text{Ц}_{\text{эл.эн}} = 0,06 \text{ USD} / \text{кВт} \cdot \text{сағ} \text{ тарифі болса } \Delta \text{C}_{\text{эл.куат}} = 329000 \text{ USD}.$$

Энергоблоқтың белгіленген куатының өсуі

$$\Delta N = 0,01 \cdot 5000 / 11600 \cdot 210000 = 900 \text{ кВт}$$

Электр жетектің сорғының және ауыр үрленетін құрылымдардың ортақ қойылған куаты 11600 кВт құрайды, энергоблоқтың минималды өсу куаты қабылданған.

Жаңа құрылыстың бағасы

$$\text{Ц}_{\text{эл.бекет}} = 900 \cdot 1250 = 1,125 \text{ млн. USD}.$$

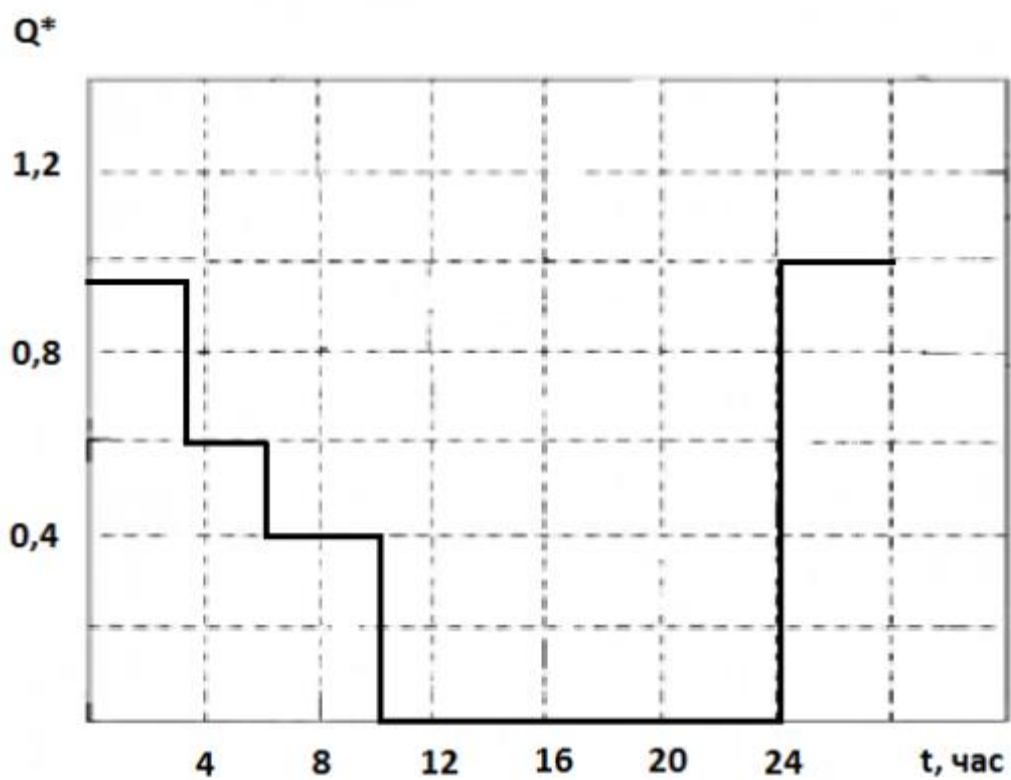
Өтемділік кезеңі

$$0,04 \text{ USD} / \text{кВт} \cdot \text{сағ} \text{ тарифі болса мағынасы Ток} = 2,4 \text{ года};$$

$$0,06 \text{ USD} / \text{кВт} \cdot \text{сағ} \text{ тарифі болса мағынасы Ток} = 1,6 \text{ года};$$

Қозғалтқыш үшін ауамен жылыту жүйесінде 15 кВт орнатылған, 7 ден 17 сағатқа дейін мектептер мен жұмыскерлерге 1.18 суретте қатыстық шығынымен диаграммада көрсетілген. Э аралығында 240 күн ішінде, C_p =

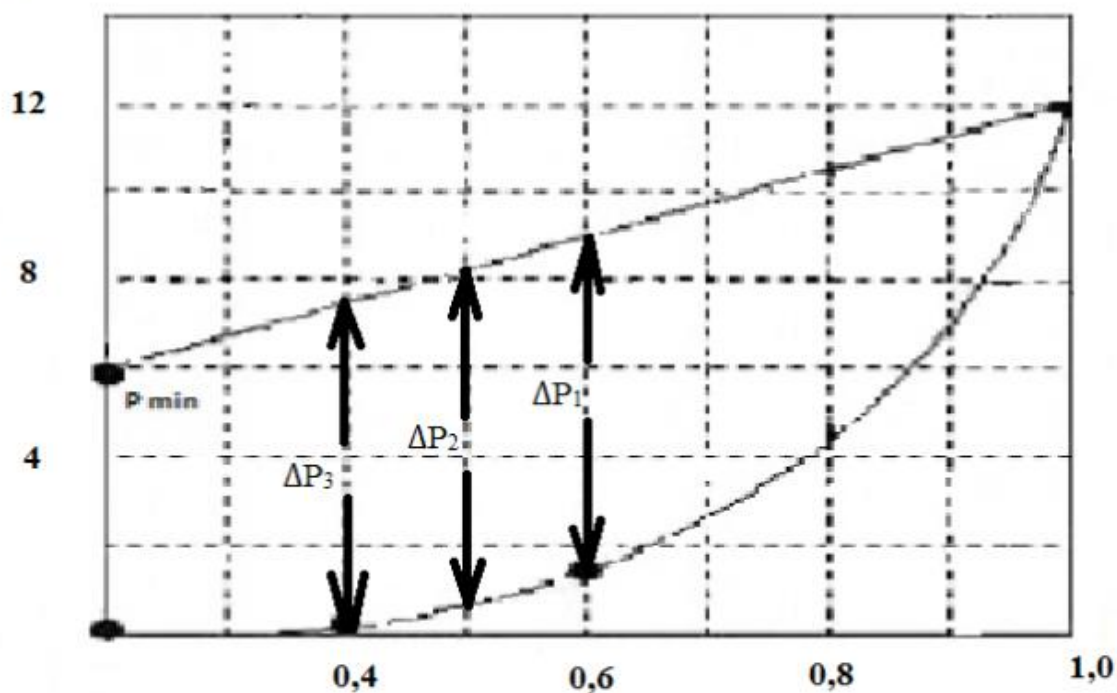
220 USD/кВт (оңай пішінді), Цэл.қуат = 0,07 USD/кВт сағ. жылдық жұмыс кезінде электр қуатын үнемдеуді анықтау және қозғалтқыш жылдамдығының жиілікті реттеуді дроссельдеу жүйесін ауыстыру кезіндегі өтемділікті талап етті.



1.18сурет

$P_{\text{макс}} = 11$ кВт, ал толық жабық тосқауылда 6 кВт – 1 сызба 1.19 суретте

P, кВт



1.19 сурет

ЖРЭ талап етілген қуат: $P_{ЖТ} = 1,1 \cdot P_{\max} = 1,1 \cdot 11 = 12,1 \text{ кВт}$. $P_{ЖТ} = 12 \text{ кВт}$ таңдаймыз, $ЦЖТ = C_p \cdot P_{ЖТ} = 220 \cdot 12 = 2640 \text{ USD}$ оның минималды бағасы

$$P = P_{\max} (Q^*)^3 = 11 (Q^*)^3$$

Қозғалтқышты толық қолданғандағы мүмкін өңделгішітігі.

$$P_{\text{ном}} = \frac{P_{\text{қоз.тық}}}{\eta_{\text{сорғы}}} = \frac{15}{0,92} = 16,3 \text{ кВт құрайды}$$

$$Q_{\text{мүм}}^* = 1.12, \text{ т.е. } Q_{\text{мүм}}^* > 1.$$

$Q^*(t)$ диаграмасы бойынша 1.18 сурет пен 1.19 қисық суретте ΔP_1 , ΔP_2 , ΔP_3 анықтайды.

Тәулік бойы үнемделген қуат:

$$\Delta Э_{ц} = \Delta P_1 t_1 + \Delta P_2 t_2 + \Delta P_3 t_3 = 3,3 \cdot 3 + 5,8 \cdot 3 + 6,2 \cdot 4 = 52,1 \text{ кВт} \cdot \text{сағ}$$

Жыл бойы үнемделген қуат:

$$\Delta \text{ЭЖЫЛ} = \Delta \text{ЭЦ} \cdot 240 = 52,1 \cdot 240 = 12500 \text{ кВт} \cdot \text{сағ} / \text{жыл}.$$

Электр қуат бойынша өтемділік мерзімі:

$$\text{Ток}_{\text{эл. қуат}} = \frac{\text{ЦЖТ}}{\Delta \text{ЭЖЫЛ} + \text{Ц}_{\text{эл. қуат}}} = \frac{2640}{12500 \cdot 0,07} = 3,7, \text{ жылғы}.$$

Есепке алынбаған факторларды айтатын болсақ – реттелмейтініне байланысты жетектің қосымша жылуын алады, жөндеуге және т.б шығындарды қабылдауға болады. $k=1,2$. Сонда

$$\text{Ток} = \frac{\text{Ток}(\text{эл. қуаты})}{1,2} = 3,1, \text{ жылы}.$$

Іске асырылған қуат үнемдейтін сорғы бекеттері

п/п	Мекен жайы	Нысанның сипаттамасы	Үлкендігінің көлемі			Есептелген өлшем			Шынайы өлшемі		
			Н _{вх} , М в.с.	Н _{вых} , М в.с.	Q _{ср} , М ³ /час	Н _{необ} х,	Р _{ЖТ} кВт	ΔЭгод кВтч	ΔVгод М ³	ΔЭгод кВтч	и ¹ ΔVг од ³
1	Красноказарменная к., 14 үй	6-қабатты әкімшілік-оқу корпусы.	20	69	30	40	9.5	22000	23000	32352	30144
2	Красноказарменная 19	9-қабатты тұрғын үй. 453-Тұрғын. Дүкен, бала-бақша кір жуатын орын және т.б.	18	70	13	55	7.5	15000	12000	23568	14148
3	Авиамоторная к., 49/1 үй	6 Қабатты бес үйдің тобы 1420 Тұрғын аулада дәмхана, сорғы және т.б.	17	64	38.3	50	14	25000	28000	29352	27408

Сорғы бекеті үшін сорғы КМ 80 50-200, қозғалтқыш 4А16052ЖУ2, 15 кВт. 2900 мин/об, 6.00 ден 23.00 дейін орнатылған және жұмыс істеген Мәскеу мекен жайы бойынша Красноказарменная 14 үй 6 қабатты әкімшілік ЖРЭ базалық жаңа құрылымының екі жүйесінің оперативті талдама және салыстырмалы талдамасы мен экспресс талдамалары жүргізілген.

Экспресс талдау мен салыстырмалы талдау

Күні, уақыты	Құралдардың көрсетілімі		САҒАТТЫҚ ШЫҒЫНЫ	
	Э.кВтч	В, м ³	Эчас,. кВт	В, м ³ /ч
Базалық жүйесі				
13.01.2014, 13.00	06476,2	040511.7	(6496- 6476.2)/2=9.9	(40562.0-40511,7)/2=25,15
13.01.2014. 15.00	06496.0	040562.0		
Жаңа жүйе				
14 01 2014. 13.00	06518.2	040827,3	(6522.5- 6518,2)/1.5 = 2.87	(40857.1- 40827.2)/1,5=19.87
14 01 2014. 14.30	06522.5	040857,1		

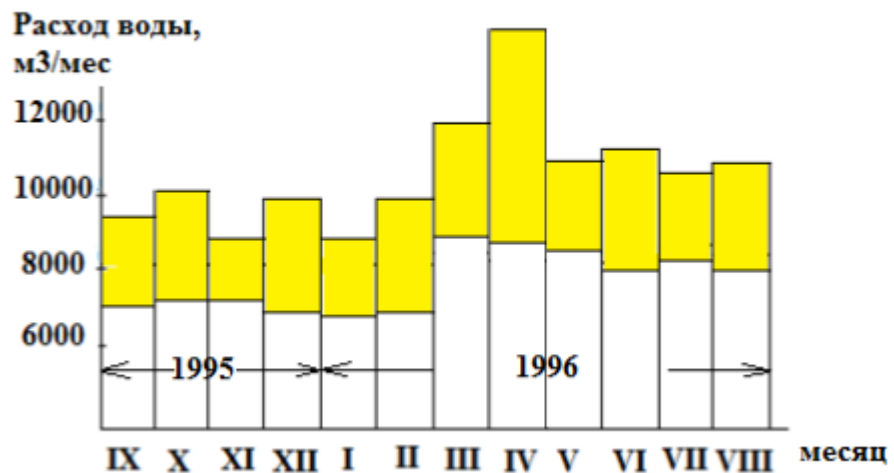
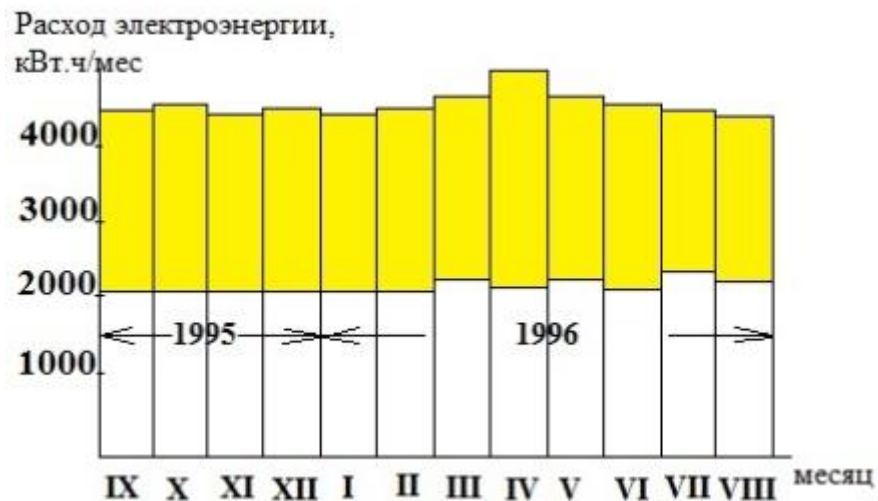
$$\Delta \text{Э}\% = \frac{9,9-2,87}{9,9} \cdot 100\% = 71,0\% \quad \Delta \text{В}\% = \frac{25,15-19,87}{25,15} \cdot 100\% = 21\%$$

Тікелей талдама

Күндері	Электр қуаттың шығыны, кВтч		Судың шығыны, м ³	
	Базалық жүйе	Жаңа жүйе	Базалық жүйе	Жаңа жүйе
10.05.2014-24 05.95	2158	—	5212	—
25.05.14-8 06 14	—	997	—	3830

$$\Delta \text{Э} = \frac{2158-997}{2158} \cdot 100 = 53,8 \quad \Delta \text{В} = \frac{5212-3830}{5212} \cdot 100 = 26,5$$

Бұл салыстырмалы талдама осы және келесі жылдарға электр қуаты мен суға айлық салыстыру негізінде жасалған.



1.20 сурет

2 Ортадан тепкіш күш құрылымының электр жетек жиілігін реттеу

2.1 Асинхронды электрөткізгіш реттелуінің жиілігі

Үш фазалы асинхронды электр қозғалтқыш (АҚ) қысқа жабылған ротормен – ең ауыр электрлік машина түрі. Даму кезеңінде жүз жылдық технологиялық өте жақсы өңделген. Алаңдағы n_o қозғалтқыштың айналу жиілігі f_1 желі қуат көзі кернеуінің жиілігі формуласына сәйкес анықталады.

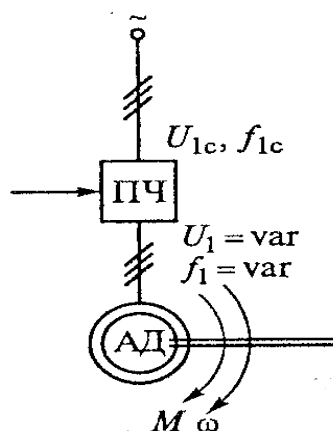
$$n \approx n_o = 60f_1 / p ,$$

мұндағы p - екі қосындының саны.

n мен n_o роторының айналу жиілігінің ерекшелігі сырғанаумен анықталады.

$$s = n_0 - n / n_0 ,$$

Қалыпты қозғалтқышта 0,02...0,04 аспайды, яғни



2.1 сурет жиілікті реттейтін электр жетектің құрылымы

$$n = n_0 - n_0 s = (0,96...0,98) n_0. \quad (2.1)$$

(2.1) берілгеніне қарайтын болсақ, оның бір ғана мүмкіндігі мұндай қозғалтқыштың жылдамдығын жәймен реттеу оралған кернеудің жиілігінің өзгеруі болып табылады. Басқа әдістері – кернеудің амплитудасы немесе екі қосындының өзгеруі болып, қымбат қозғалтқыштың арнайы ауырлау түрін қоладанады немесе энергетикалық сипаттамасының нашарлауымен байланысты.

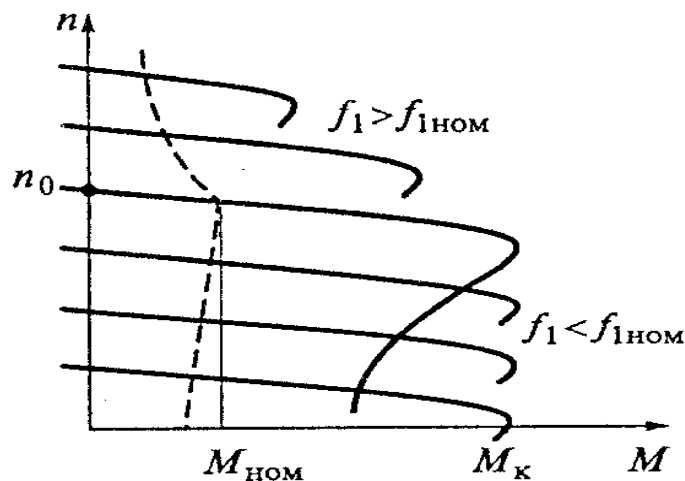
Белгіленгеннен жиіліктің төменге өзгеруіне байланысты амплитуданың кернеуін айырбастау керек. Статорға оралған ЭҚК көрсетілген кернеуге шамалас тең егер оралған керенудің құлауының алдын алса) болады:

$$E_1 = 4,44 \Phi f_1 w_1 k_{06} \approx U_1 ,$$

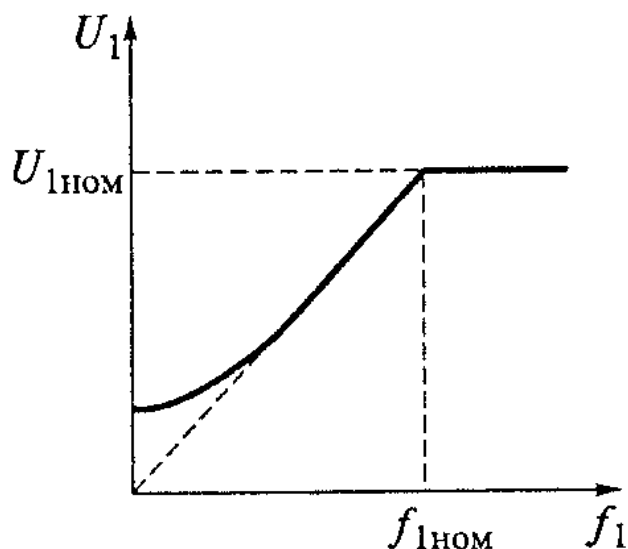
Магнит өрісінің белгіленген жиілігінің өзгеруі кезінде сақтау үшін, максималды иін күште мына шарттарды орындау керек.

$$\Phi = \Phi_{ном} = \frac{U_{1ном}}{f_{1ном}} = \frac{U_1}{f_1} = const.$$

Бұл шартты бақыласақ қалыпты кернеуде жиіліктің төмен қарай өзгеруі мүмкін емес, себебі магниттік өріске сәйкес қисық және токтың магниттелгендігіне байланысты өсуін тудырады.



Жиілігі реттелетін электр жетектің құрылымдық сипаттамасы 2.2 сурет



2.3 сурет Жиілікті реттеуде кернеу тәуелділігі жиілікке байланысты

Белгіленген кернеу белгіленген жиілік жоғары өзгеруі мүмкін, бұл қиын иін күштің төмендеуіне әкеп соғады.

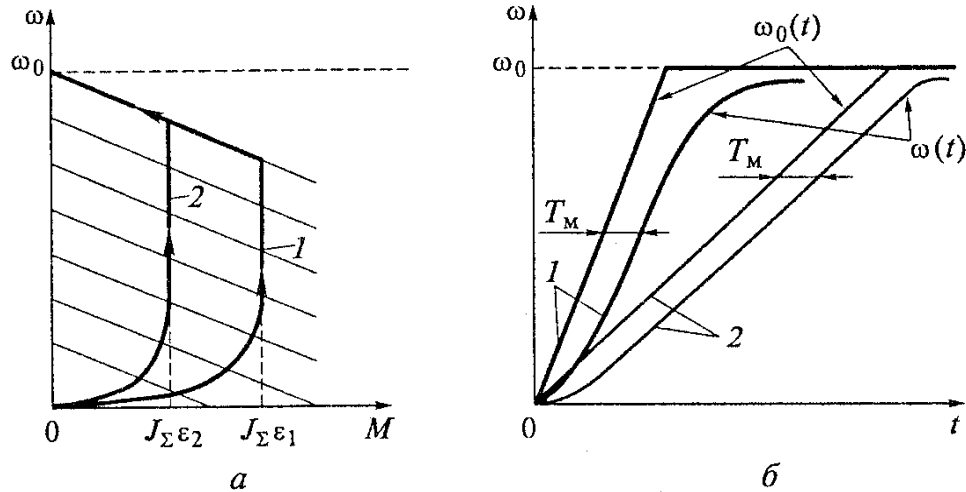
Асинхронды қозғалтқыш түрінің құрылымдық сипаттамасы жиілікті реттеу кезінде 2.2 суретте көрсетілгендей болады

2.3 берілгендей M_k төменгі жиілікте өзгермеген қалпын сақтау және статор орамының кернеуінің құлауын қамтамасыз ету үшін кернеуді аздап көбейтеді.

Жиілікті реттеу кезіндегі қозғалтқыштың мүмкіндігіне ұзақ уақыт 2.3 суретте көрсетілген. Төмен жылдамдықта мүмкін иін күш желдеткіштің нашарлауы мен магниттік өрістің төмендеуіне байланысты жоғары жылдамдықта пропорционал төмендейді.

Жиілікті реттеудің ерекшелігі –бірдей кернеуде және тәжірибе тұрақтылығында жылдамдық өзгеруінен жоғалады. Қиын жағдайдағы сырғнаудың жоғалуын бағалап көрсетеміз. Формаға сәйкес (2.2)

$$\Delta P = V = M\omega_0 s_k \left(1 + \frac{R_1}{R_2}\right). \quad (2.2)$$



2.4 сурет Асинхронды электр қозғалтқыштың жиілікті жіберу координаттарының сызбасы

Олардың мағыналарынан ω_0 және s_k мынаны аламыз

$$\Delta P = M \frac{2\pi f_1}{p} \frac{R_2'}{2\pi f_1 (L_1 + L_2')} \left(1 + \frac{R_1}{R_2'}\right) = M \frac{R_2' + R_1}{p(L_1 + L_2')} \neq f(\omega).$$

Жиілікті реттеудің тағы бір пайдалы тұсы – динамикалық режимді бақылау кезінде қуаттың шығынын азайту үшін қажетті мөлшерде жіберу мен тежеу керек.

Жиілікті реттеу кезінде $\omega_0(t)$ алаңның жылдамдығына кез-келген өзгертуді қоюға болады. 2.4 суретте мысал ретінде жіберудің екі түрі көрсетілген: тездетілген(1) және асықпай (2). Ротордың $\omega(t)$ жылдамдығы алаңның $\omega_0(t)$ үлкендігіне қарай T_m тұрақты уақыты электр құралымдық жылдамдығынан қалып қояды:

$$T_m = \frac{J_\Sigma \Delta \omega}{\Delta M},$$

қозғалтқыштың құрылымдық сипаттамасының жұмыс аумағында анықталуына байланысты.

Негізгі телімде өзгертін процеске байланысты қозғалтқышпен жетілдірілген иін күш - жылдамдыққа пропорционал:

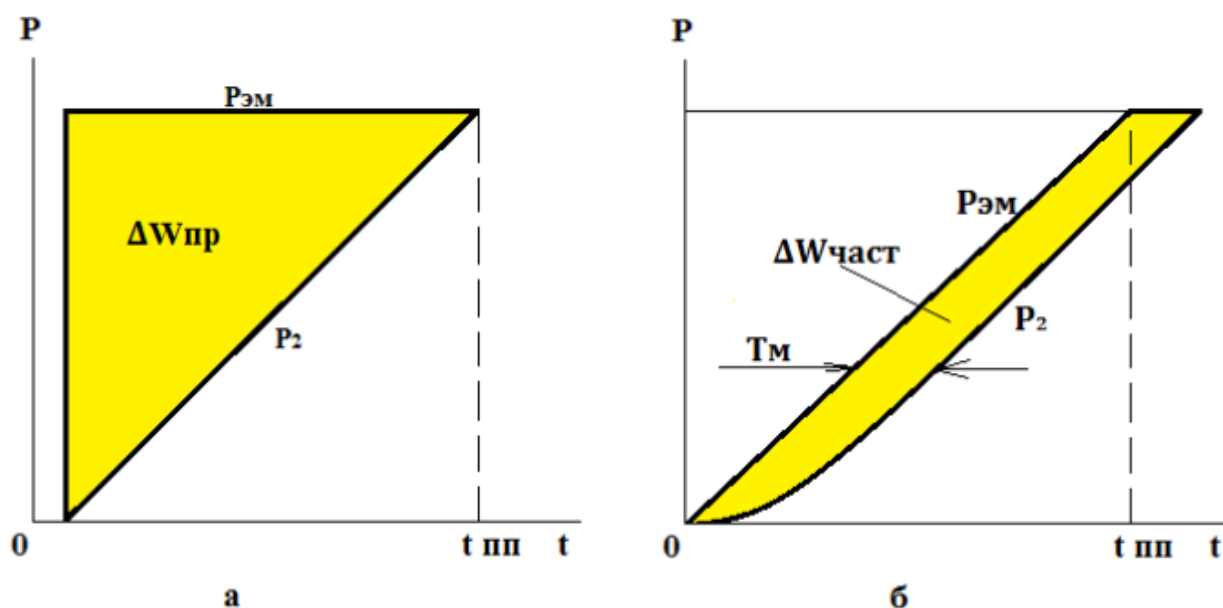
$$M_{\text{дин}} = J_{\Sigma} \varepsilon = J_{\Sigma} \frac{d\omega_0(t)}{dt}.$$

1.4 бөлімде көрсетілгендей қуаттың жұмсалуды тіке жіберу мен тік етежегенде мына берілгенге сәйкесбосқа анықталады:

$$\Delta W_0 = \frac{J_{\Sigma} \omega_0^2}{2} \left(1 + \frac{R_1}{R_2'} \right) (S_{\text{НАЧ}}^2 - S_{\text{КОН}}^2).$$

Динамикалық режимде едәуір көтеретін тұрақтылықты құрайды мұнда тек ауыспалы шығындар ғана есепке алынады.

Жіберу кезіндегі қуаттың шығыны - фигураның ауданы қисық электр магнит $P_{\text{эм}} = M\omega_0$ күшімен және белдіктегі $P_2 = M\omega$ күшпен бекітілген (рисунок 2.5). Тікелей (тежегішті) жіберуде электр магниттік күш ғайыптан тез пайда болады. Ал, жылдамдыққа пропорционал белдіктегі күш ауыспалы процессте басқарылмайтын жылдамдықпен өседі. Қуаттың шығыны а 2.5. суретте көрсетілгендей үш бұрыштың ауданымен анықталады.



2.5 сурет тіке (а) және жиілікті (б) жіберудегі қуаттың шығыны

Жиілікті жіберу (тежегіште) кезіндегі қуаттың шығыны - 2.5 б суретте ерекшеленген аумағы - ауыспалы процессте $t_{\text{ап}}$ басқарылатын уақытқа байланысты болады:

$$\Delta W_{\text{част}} = \Delta W_{\text{пр}} 2 \frac{T_M}{t_{\text{пп}}}$$

сондықтанда үлкейту $t_{\text{ап}}$ кезінде қанша болса да кішкентай болып істеледі.

Сонымен, жиілікті реттейтін асинхронды электр жетек оның оңай іске асырылуында жылдамдықты негізгіден біресе жоғары біресе төмен 50 Гц

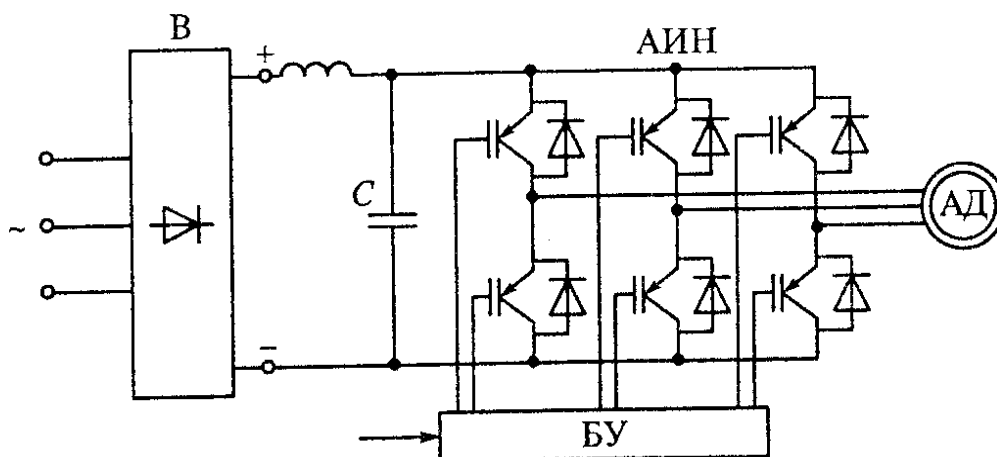
сәйкес мүмкін минималды шығындарда ауыспалы процесте уақытты бақылауға және қуаттың шығынын қалаған деңгейге түсіру мен реттеуге мүмкіндік береді.

2.2 Жиілікті өңдеу құрылымының принциптері

Заманауи бұқаралық электронды жиілікті өңдегіштер 1980 жылдары әлеуетті құралдармен ақпараттық электрониканың дамуының арқасында пайда болды. Оның негізі - толықтай бақыланатын - электрондық кілт-транзистор. Мұндай кілттерді жасау 600 А токқа және кернеудің керісінше 1200 В дейінгі, тізбектегі электр тоғының жиілігін өзгертуде 30 кГц үш фазалы стандартты желіде жұмыс істейтін 380 В, шығыс жиілігінен 0...100 Гц күштің диапазонында 250 кВт дейін жәй массалық ЖТ құруға мүмкіндік берді.

Массалық ЖТ типтік құрылысы 2.6 суретте көрсетілген. Ол басқарылмайтын түзеткіш В, үш фазалы кернеудің дербес инвенторы КДИ қосылған С шығысы арқылы желіден қуат алатын конденсатор, асинхронды қозғалқыш АҚ жиілікті реттейтін кернеуі қуттанатынан тұрады. КДИ кілтін басқару, яғни қосу, сөндіру - микропроцессірлі құралдардан жасалған басқару блогымен ББ жүзеге асырылады.

Автономды инвентордың қозғалыс принциптерін оңай мысалмен, яғни, егер инвентор бірлікке тең кернеу көзіне қосылған болса және үш бірдей қарсыласқан кедергімен жүктелген және бірліктері тең болса, "жұлдыз" сызбасына байланысқан (2.7 сурет) болумен түссіндіріміз.



2.6 сурет - Жиілікті өңдейтін жүйенің сұлбасы - асинхронды электр қозғалтқыш.

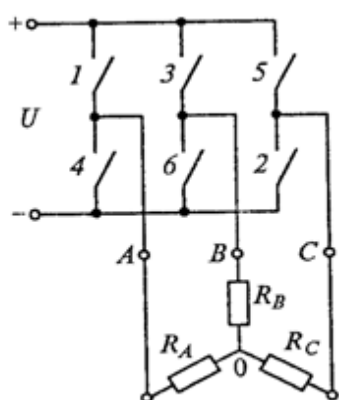
2.7 суретте көрсетілгендей кілттерді 1...6 сан аралығында белгілейміз, ал кезекті кернеудің шығысын алты интервалға бөліп, рим цифірімен I... VI (2.7 б сурет) белгілейміз.

Ток кедергісіне А, В, С бастап 0 дейін оңбағытты таңдай отырып, басқаратын блокқа әр интервалда реттік санымен кілтті қосуды және оларды

үш интервалға, яғни, $1/2$ кезеңге (180° коммутация) - 2.7 б суреттегі қою сызықтар қосылған күйі қалдыруды тапсырамыз.

I интервалда кілттер қосылған 1,5 мен 6, яғни А және С нүктелері "+" ордасына, ал В нүктесі - к "-" қосылған. "+" мен "-" аралығындағы тізбектерінің қарсыласуы $1/2+1 = 3/2$ құраса, ал ток $1: 3/2 = 2/3$, әрі А және С фазаларында оң $1/3$ тең болып, ал В фазасында - теріс - $2/3$ болады (2.8 а сурет).

II интервалында жағдай өзгереді: 1,2 және 6 кілттері қосылып тұрады, В және С нүктелері - с "-" А "+" ордасымен байланысқан, $1/2+1 = 3/2$ ортақ қарсыласу болады, фазадағы ток $1: 3/2 = 2/3$ болады да, ал В және С фазаларындағы токтар - $1/3$ болады (2.8 б сурет).

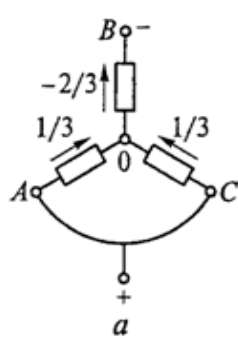


а

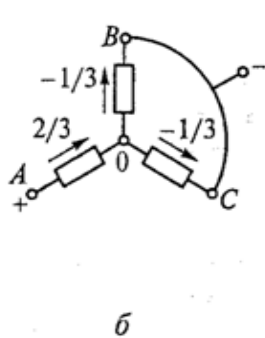
	I	II	III	IV	V	VI	I
1							
2							
3							
4							
5							
6							
	1, 5, 6	1, 2, 6	1, 2, 3	2, 3, 4	3, 4, 5	4, 5, 6	

б

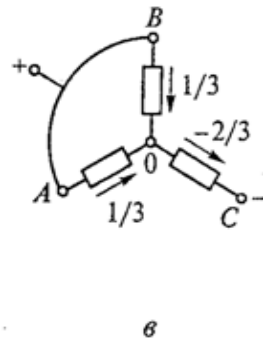
2.7 сурет - Жиілікті өңдеу жұмысының принцибіне: а- құрылысы; б- кілттердің матасу коммутациясының кестесі



а



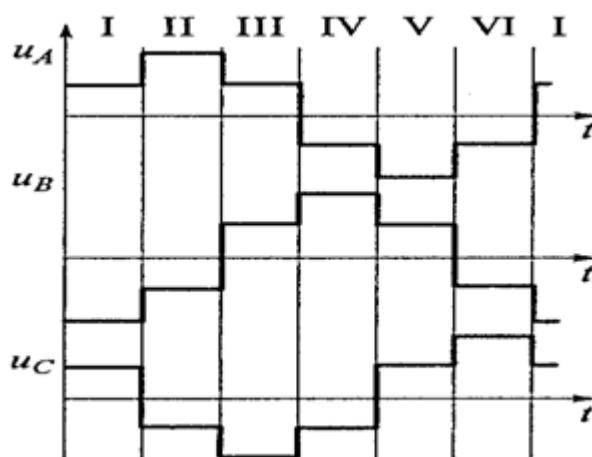
б



в

2.8 сурет - Фазалардың коммутациясы кезіндегі жүк-салмақтың байланысу сұлбасы. 1(а), 2(б), 3(в) интервалдар

Келесі интервалдарды (2.8 суретті қара) қарастырсақ 2.9 суретте берілген жүк-салмақтың қысқыштарында кернеу қалыптасатынын оңай байқауға болады.



2.9 сурет - Фазадағы кернеу

Берілген дербес инвертордың жұмыс принципін мысалмен көрсетеді. Шындығында бұл процесстер аса қиын сипаттама болып табылады.

Біріншіден, асинхронды қозғалтқыш қиын белсенді индуктивті жүк-салмақ болып табалады,соған байланысты әр-бір интервалда өзінің телімі бар,ток керісінше бағытта кілттің бойымен өтсе, онда келтірілген мысалдағындай керену қайталанады. Керісінше токтың қуатын қабылдайтын шунирлейтін транзистор мен канденсатор кілт құрамында диодтармен қамтамасыз етіледі.

Екіншіден қарастырылған жағдайда жиілікті төмен реттеуде негізгіден қажет кернеу амплитудасы реттеледі. Ол үшін басқарылатын түзеткіш В немесе (көбіне) енді-импульсты модуляция қолданылады. Сонымен қатар әр интервал кілттің бойымен өтуі үлкен шағын интервалдар τ ұзақтығымен мөлшеріне бөлінеді. онда шағын интервал кернеуінің орташа мағынасы мынаны құрайды.

$$U_{CP} = \frac{U \cdot t_{BKL}}{\tau} = U\varepsilon \quad (2.3)$$

T_{KOC} түрлендіру кезінде яғни ε , негізінде қалыпты синусоидалды кернеу кез-келген формадағы жүк-салмақтағы кернеудің нәтижесін қалыптастырып, орташа кернеумен басқаруға болады.

Үшіншіден, алдында қарастырылған 180- градусық коммутация тек бір ғана жеке жағдай, 3/1 кезеңі бойы кілт қосылған және коммутацияның арнайы түрі 120-градусық коммутация қолданылады.

Төртіншіден, қозғалтқыш фазасындағы инвертордың жүк-салмағы «жұлдыз» сұлбасына міндетті байланыспаған. Олар шығыс кернеу формасында әсер ететін «үшбұрыш» сұлбасымен байланысуы мүмкін.

Кернеудің амплитудасы мен жиілігінің жәй басқару алгоритмі- тең маңызды жеке жағдай. Инвертор кілтімен басқару үшін, ұсыныған заманауи микропроцессірлік құрлығлардың кең түрдегі мүмкіндіктері тұрақты токтың электр жетегіне функционалдық сипаттамасы жағынан орын

бермейтін асинхронды жиілікті реттейтін электр жетектің жаңа пайдалы саласын жасауға жағдай жасайды. Мұнда әр түрлі иін күшпен тікелей басқару мен модификациядағы векторлық басқару жатады.

Сипатталған басқа автономды инвертор негізіндегі кернеу кеңінен қолданылатын ЖӨ жиілігінің басқа түрлері қолданылып, шығарылады.

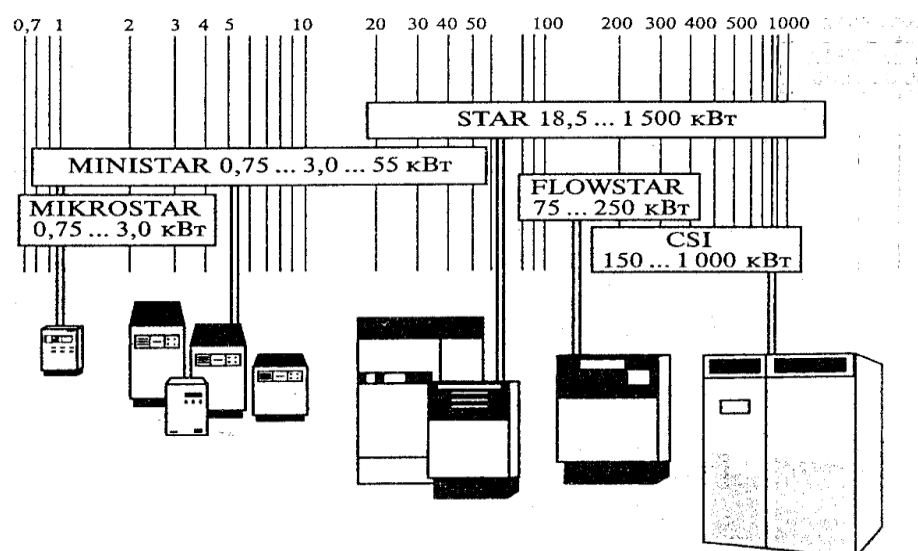
Автономды инвертор тоғы (АИТ) негізіндегі жиілікті өңдейтін тиристор кілтінің негізінде құрылған болуы мүмкін. Онда тұрақты токтың үзбесі ауыр үлкен реактор мен күшінде басқарылатын түзеткіш қолданылады. Инвертор кернеуі өңдеуде базалық коммутациясында жоқ, бірақ қуатты рекуперациясын іске асыру керек шығар, бірақ жиіліктің өзгеруіне шектеулі диапазоны бар және кернеудің қуат желісіне айрықша бұрмалау кіргізеді.

2.3 Заманауи ортақ қолданыстағы жиілікті өңдегіштер

Әлемдік нарықта жүздеген жиілікті өңдегіштерді өндіретіндер жұмыс істейді. Олардың арасында әлемдік танымал алыптар - Mitsubishi, Hitachi (Жапония), ABB (Финляндия), Siemens (ФРГ), ғана емес, сонымен қатар кішкентай және өте кішкентай фирмалар бар. 1990 жылдан бастап ЖӨ жетік меңгерілген.

Ірі фирмалар баяғыдан бері өңдегіштердің кең ауқымды түрде өндіріді. 2.10 суретте ЖӨ мысалында ABB фирмасының (SAMI отбасылығы) күштілігіне - 0,75...3,0 кВт, 3,0...55 кВт, 75...250 кВт, 150...1000 кВт, 1000...8000 кВт қарай кәдімгі өлшемдік шкаласы көрсетілген. Осыған ұқсас отбасылар және т.б. ірі фирмалар Allen Bradley, Mitsubishi шығарады. Соңғы жылдары өз тауарларын ұсынған шағын кәсіпкерліктер мамандандырылады, негізінде бір шығарылымда - үш типтік өлшемдегі қозалғыш диапазонындағы қуаты 5 бастап 75 кВт дейін болады. Электронды ЖӨ нарығының жылдам өсімі – IGBT. IBT және т.б. жаңа элементтік базасының пайда болуымен тікелей байланысты.

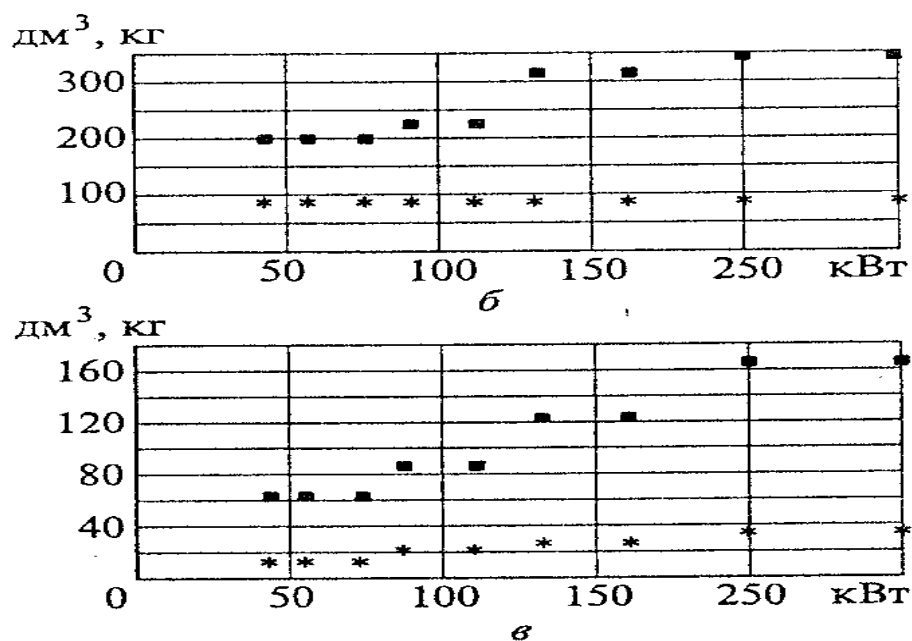
Жиілікті өңдейтін әр түрлі орындаудағы фирмалар мен қойылады.



2.10 сурет - АВВ жиілігін өңдейтін отбасылық

(IP00 бастап IP54 дейін) өңдегіштің күшінен аспалы шағыннан бастап ірі ауқымды көрсеткіштеріне дейін және аспалы шағыннан бастап құрылымдық орындауға дейін – бір неше конструктивті орындауда шығарылады.

Ірі фирмаларда шығарылатын жиілікті өңдегіштер көп жағдайда үш фазалық желінің қуатымен 50/60 Гц және 380... 460 В кернеуімен ылғал қорғағыш пен кедергі қамтамасыз ететін қоршаған ортадағы 10 бастап +40° дейінгі температурада ауаның ылғалдылығы 95% аспайтын ортақ қолданыс үшін арналған.



37... 315 кВт күшіне арналған IP54 қолданысындағы ЖӨ;

■ – салмақ; * - көлем

2.11 сурет - Жиілікті өңдейтін алып көрсеткіштер

Заманауи ЖӨ жоғары техникалық талаптарды қанағаттандырып, қозғалтқыштың жұмсақ бағдарламалық жіберілісін қамтамасыз етеді. Жылдамдықты кең ауқымда ақырын және үнемді, күштің жоғары және тұрақты коэффициенті, қозғалтқышты жақсы қолдану, жүйенің сенімділігі мен дыбыстың шынай азаюы – жоғары пайдаланылатын қасиеттер.

Көпшілік ЖӨ келесі ортақ міндеттері мен функционалдық мүмкіндіктері бар:

- ұқсас кіріспен басқару;

- сандық кіріспен басқару;

- қолмен басқару;

- автоматты басқару;

- диапазон жиілігі 400Гц дейін;

- жиілікті жүргізетін 15 кГц дейін;

- жылдамдық/тежегіш уақыты 6000с дейін;

- U/f типтік тәуелділік қатарын іске асыру мүмкіндігі;

- Векторлық басқарудың мүмкіндігі (тұтынушының тапсырысымен);

Істен шыққан өндегіштің, сонымен қатар қозғалтқыштың диагностикасы;

Жиілікті өндегіштерқорғаудың кең ауқымды алысымен қамтамасыз етілген:

- 3,75 $I_{ном}$ дейін- токтың кенеттен көбеюі; 1 мин пен әр бір 10мин ішінде (1,2...1,5) токтың қайта қосылуынан;

- 1,3 $U_{ном}$ көтерілген кернеуден;

- электронды- фазасының жоғалуынан;

- 0,65 $U_{ном}$ төмендетілген кернеуден;

- электронды – фазасының жоғалуынан;

- электронды, бағдарламалық- қозғалтқыштың қызып кетуінен;

- 70... 85° С жоғары транзистор радиаторының қызып кетуінен;

- АД күрт токтап қалуынан- электронды, бағдарламалық.

2.4 Жоғары вольтты жиілікті өндегіш

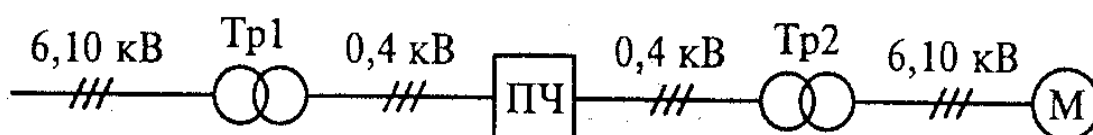
Жарты өткізгіштік күшті басқарылатын құралдардың жоғары жұмыс параметріне солардың базасында жоғары вольтты жиілікті өндегіштер үлкен күшті ауыспалы ток қозғалтқышын басқару үшін мүмкіндік береді.

Қазіргі таңда IGBT модулдер белгіленген кернеуге 6,5 кВ дейін және токтар 2,5 кА, кәдімгі тиристорлер кернеуге 4 кВ дейін болса токтар 4 кА дейін, GTO жабылатын тиристорлер кернеуге 6 кВ дейін және токтар 1,2 кА дейін интегрирленген жабылатын тиристорлар орнатылған драйверлерімен IGCT асимметриялы мен SGCT симметриялы кернеуге 6,5 кВ және 2 кА токтан шығарылады. Жартылай өткізгіш күшті құрылғыларды қолдану кернеуге 3,6,10 және 16 кВ қуаты 20 МВт және одан көбі жоғары вольтты электр жетек ойлап табуға мүмкіндік береді.

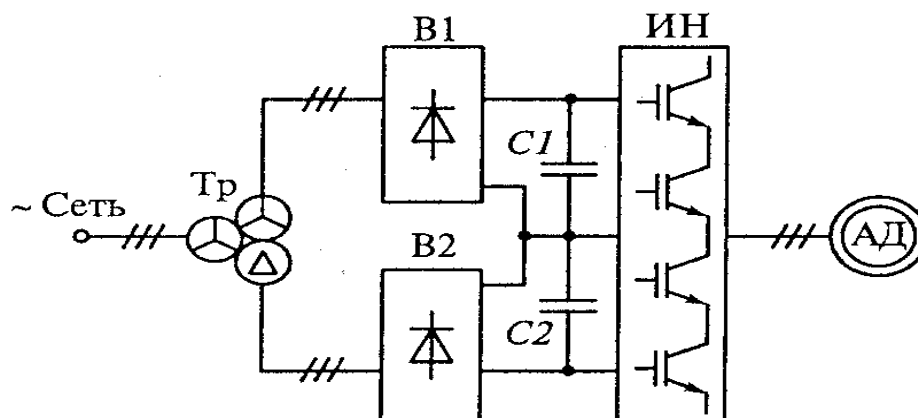
Жоғары вольтты жиілікті өңдегіштер екі негізгі сұлба бойынша орындалады: трансформаторлар және трансформаторларсыз орындалады.

2.12 суретте жиілікті өңдегіштің екі трансформаторлы сұлбасы берілген. Оған сәйкес сипаттама төмендететін трансформатордың болуы $Tr1$ және шығысытық жоғарылататын трансформатор болып табылады. ЖӨ Жиілікті өңдегіш ретінде стандартты төменгі вольтты жиілікті өңдегіш қолданылады.

Жиілікті өңдейтін трансформаторлардың әр түрлілігі бір немесе одан да көп орамасы бар бір кіріс трансформаторымен сипатталады.



1.12 сурет Екі трансформаторлы жиілікті өңдегіштің сұлбасы



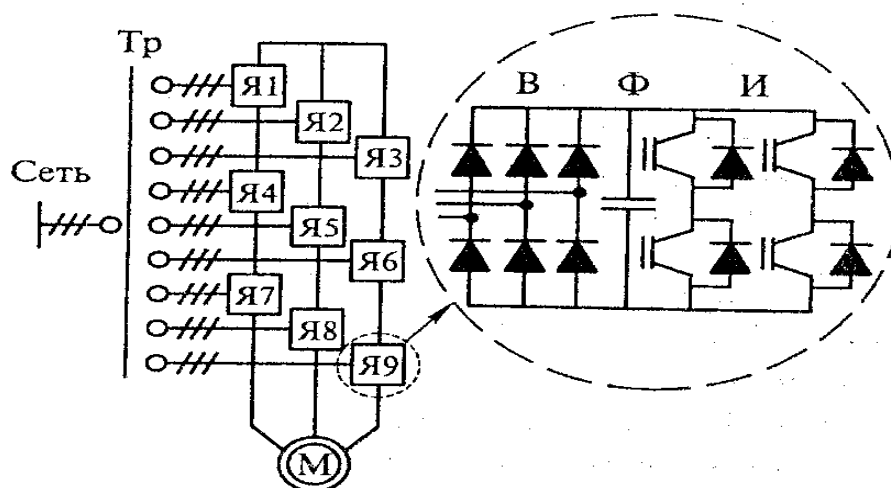
2.13 сурет - Екі орамасы бар бір трансформаторлы жиілікті өңдегіштің сұлбасы

Бұндай трансформатор кернеу мен токтың жүріп тұрған деңгейі төмендейді де электр мен қамтамасыз ету жүйесі және электр магнитінің электр жетегімен сәйкестік мәселесін шешіп, жеңілдетеді. Одан басқа, мұндай өңдегіште күшті жартылай өткізгіштік құрылғылар мен жеке стандартты блок түріндегі төмен белгіленген параметрлер болуы мүмкін.

2.13 суретте екі орамасы бар жиілікті өңдегіштің бір трансформаторлы түрі берілген. Бұл орамалар кернеу инверторына КИ тұрақты токтың фильтры арқылы кернеу берілетін екі тізбектеліп байланысқан $B1$ және $B2$ түзеткішіне қуаттанады. Инвертор өзіне транзистор күшпен тізбектеліп байланысқан кернеудің арасына теңдей бөлуді қамтамасыз етуді қосады. Кейде мұндай өңдегіштің сұлбасы көп деңгейлі деп аталады.

Сонымен қатар үш және одан да көп қосымша орама электрлік кернеуі жағынан бір-бірінен жылжытылған жиілікті өңдегіш трансформаторлар

шығарылады. Кернеудің жүріп тұрған деңгейі төмендеп, электромагниттік сәйкестік шарты жеңілдетіліп көп пульсты сызбаларды істеуге мүмкіндік береді. 2.14 суретте мысал ретінде тоғыз қосымша орамасы бар бір трансформаторлы жиілікті өңдеудің сызбасы берілген. Орамадан кернеу тізбекетіліп әр фазаға үш-үштен қосылып, төменгі вольтты инверторлы бөліктерге берілген Я1...Я9. Бөліктер өз алдына түзеткіштер В бір блокқа, конденсаторлық фильторы Ф және инвертор И, орындалған IGB – транзистор сұлбасында берілген.

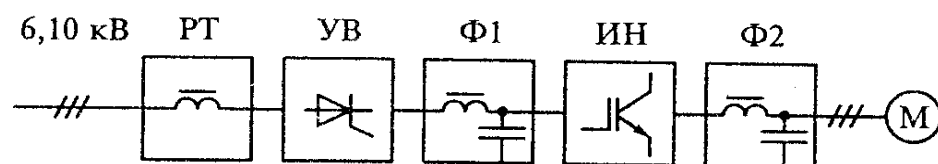


2.14 сурет - Тоғыз орамасы бар бір трансформаторлы жиілікті өңдегіштің сұлбасы

Кернеудің 10 кВ реттелетін жиілігі мен амплитудасы немесе желіден қуаттанатын кернеудің қайта жасалуы тікелей (аралық трансформаторларсыз) тарнсформаторсыз жиілікті өңдегішті қамтамасыз етеді.

2.15 суретте мысал ретінде жоғары вольтты жиілікті өңдегіштің 6 немесе 10 кВ 6300 кВт дейін асинхронды және синхронды қозғалтқыштар күшін басқару үшін жоғары вольтты жиілікті өңдегіштің ВЖТА топтамасының сұлбасы келтірілген. Сұлбаның құрамында ток шектеуіш реактор РТ, басқарылатын түзеткіш УВ, түзетілген кернеу фильторы Ф1, кернеу инверторы ИН, шығыс фильтр Ф2 және М мотор.

Инвертор тібектеіп байланысқан IGBT-модульдарында кең –импульсты модуляция принципі бойынша басқаруды, ал түзеткіш импульсті –фазалфк тиристордің бақылауымен жасалған. Жиілікті өңдедің мұндай түрі кернеу шығысының синусоидалды түрі мен ток қисық кернеудің синусоидалды ұқсастығын алуға мүмкіндік береді. Олар қатыстық орта шаршылық амплитуда мағынсына кернеудің жоғары үйлесуі мен кернеудің құраушысының үйлеімділігін 5... 10 % аспайтын етіп анықтайды.

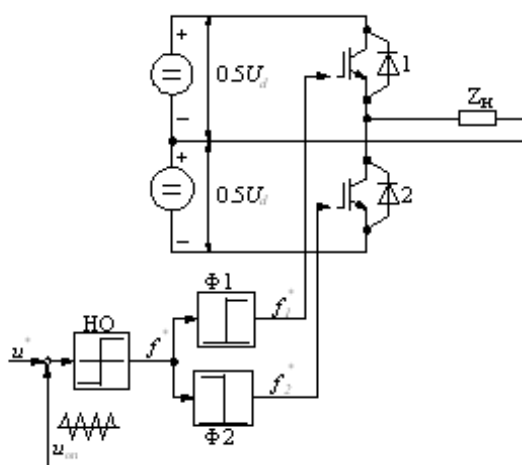


2.15 сурет - ВЖТА типті жиілікті өңдегіштің сұлбасы

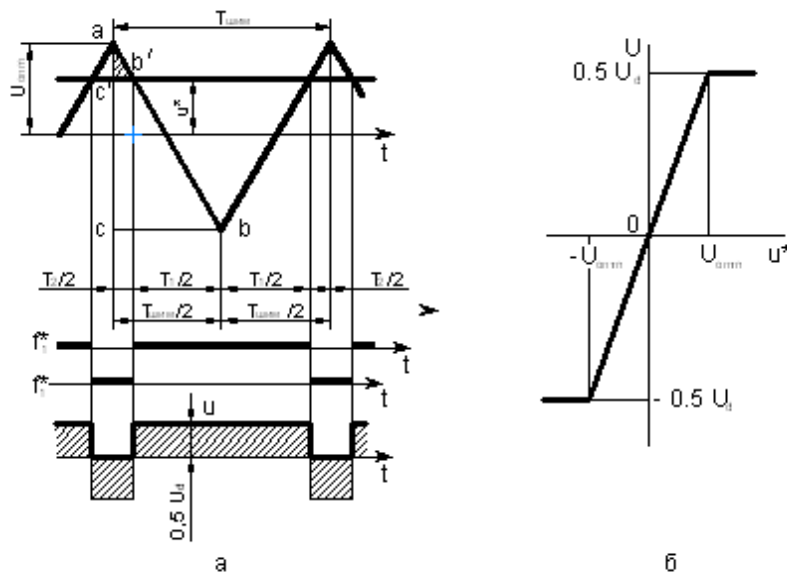
2.5 Кең -импульсты модуляциялы жиілікті өндеудің үлгісі

Зерттеу үшін ортадан тепкіш қозғалтқыштардың электр жетегінің реттелетін ауыспалы жұмыс режимі орнатылып, диссертациялық жұмыстың нысаны болып табылады. ЦМ жұмысындағы барлық режимдерде жиіліктің өңделуі мен оның асинхронды қозғалтқыш пен ерекшелігі боп есептелінетін математикалық үлгіні ойлап табу керек.

Жиілікті өндеуді моделдеу үшін шығыс кернеуінің модуляциясының (КИМ) кең импульсты бір фазалық инвертордың мысалында 2.16 суретте көрсетілген құрылымның тұрақты токтың қайнар көзінен орта нүктедегі принципін қарастырамыз. Кері токтың диоды және кілттік режимде жұмыс істейтін болса, әр қайысысы өзіне транзисторды қосады, белсенді-индуктивті жүк-салмақ Z_H 1 мен 2 электрондық кілттер нүктесінің байланысына және ортақ нүктенің қайнар көзінің қуатының араларына қосылған. Транзисторлік кілттерді басқару жүйесі өзінің құрамында нөл-орган (НО) және $\Phi 1$ мен $\Phi 2$ құрайды. Нөл-органының кіре берісінде берілген белгі (осы жерде және алда "жұлдызша" индекспен берілген белгі белгіленіп тұр) мен ара тұрпатындағы көмекші кернеу салыстырылады.



2.16 сурет - Модуляциясы кең-импульсты бір фазалы инвертордың сұлбасы



а - сүйелмелі және тапсырмалы кернеу;
 б - инвертор реттелуінің сипаттамасы
 2.17 сурет - Инверторді тапсыру коэффициентінің сипаттамасы

Егер $u^* > u_{оп}$ болса әр түрлілігі оң болады, онда шығыстың нөлінде белгі - орган құрастырушының Ф1 шығысында дұрыс, f_1^* оң белгі бар.1 матасқан кілтті ашады, яғни транзисторге сәйкес. Жүк-салмаққа сол жағы "қосу", ал оң жағы "азайту" кернеу $0,5 U_d$ салынған және оларды оң нәтиже деп санаймыз. Теріс әр түрлі болса ($u^* - u_{оп}$) 2 кілтті матасып, жүк-салмақтағы кернеу теріс және- $0,5U_d$ тең болады.

Сүйеу кернеудің $T_{КИМ}$ кезеңі кезінде тұрақты деп кернеудің берілген u^* дұрыс деп табылады. 2.7. суретте симметриялы ара үлгісіндегі сүйеу кернеудің максималды мағынасы $U_{опм}$ және кернеу көрсетілген. суреттің астыңғы жағында f_1^* және f_2^* белгінің жағдайы мен u инвертордың шығысында келесі түрде анықталады:

$$U = 0,5U_d(1 - 2T_2/T_{КИМ}); \quad (2.4)$$

$$T_{КИМ} = T_1 + T_2 = f_{КИМ}^{-1},$$

мұнда T_1, T_2 - 1 мен 2 кілттерінің жабық жағдайының интервалына сәйкес;

$T_{КИМ}$ - импульсты модуляцияның- кең приоды, с;

$f_{КИМ}$ - КИМ жиілік, Гц.

Инвертордың жұмыс бөлігінің сипаттамасы үшін үш бұрыштың abc және ab'c' түріндегі онда $|u^*| \leq U_{опм}$ жазылуы мүмкін:

$$\frac{T_2}{T_{КИМ}} = \frac{U_{опм} - u^*}{2U_{опм}}, \quad (2.5)$$

Жоғарыда көрсетілгенде есепке ала отырып U үшін мынаны істеу керек

$$U = \frac{0,5U_d}{U_{opt}} u^* = k_n u^*, \quad (2.6)$$

мұндағы k_n – тізбек бойындағы сипаттамасында инверторды тапсыру коэффициенті, онда $u^* \leq U_{opt}$.

Жұмыста сорғы агрегатының жұмыс режимінің шығыс кернеудің ЖТ тәуелділігінің сапасын зерттеп және ЦН жиілікті жетекпен басқаруды оптималды түрде іске асыруға мүмкіндік беретін математикалық үлгі. Ол үшін «Mathcad» (MathSoft) математикалық бағдарламасын математикалық үлгілеуде және есептеудің сандық әдісін іске асыру мүмкіндіктері қолданылады. ЖТ мен КИМ жұмыстарының принципіне сәйкес, ара тәрізді сүйелмелі кернеуді анықтаймыз

$$U_{HEC}(t) = k \cdot \arctg\left(\tg \frac{\omega_{HEC} t}{2}\right), \quad (2.7)$$

Онда қисықтықтың модуляциясы

$$U_{MOD}(t) = \mu \sin \omega_{вых} t. \quad (2.8)$$

Онда шығыс кернеуі логикалық функциямен сипатталады

$$U_{вых}(t) = \begin{cases} E, & \text{if } U_{HEC}(t) < U_{MOD}(t) \\ -E, & \text{if } U_{HEC}(t) \geq U_{MOD}(t). \end{cases} \quad (2.9)$$

(2.7), (2.8), (2.9) берілгенінде:

$\mu = U_{MOD} / U_{MODmax}$ - модуляция тереңдігінің қатыстық мағынасы;

E_{II} – инвертор кірісіндегі түзетілген кернеу;

U_{Mmax} – модульденген кернеудің максималды кернеуі;

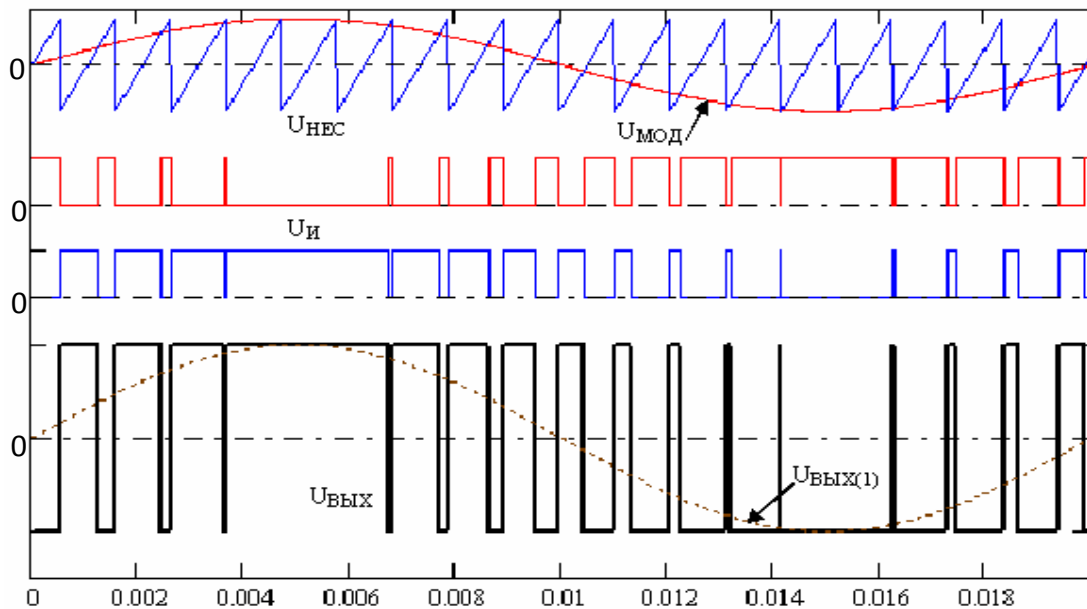
$\omega_{вых}$ – шығыс жиіліктің кернеуі;

2.18 суретте берілген графикалық түрде ғана емес, сонымен қатар сандық кесте түрінде ЖТ, КИМ модельденгенінің нәтижесі болып табылады. Соңғы көрсетілген берілген белгіні басқару тікелей ЖТ желдеткіш тобымен басқаруды қолдануға мүмкіндік береді. Энергетикалық көрсеткіштерді бағалау мен коэффициент өзгеруі арқылы кернеуді бағалау үшін, жедел мағынадан басқа, интегралды сипаттаманы білген жөн

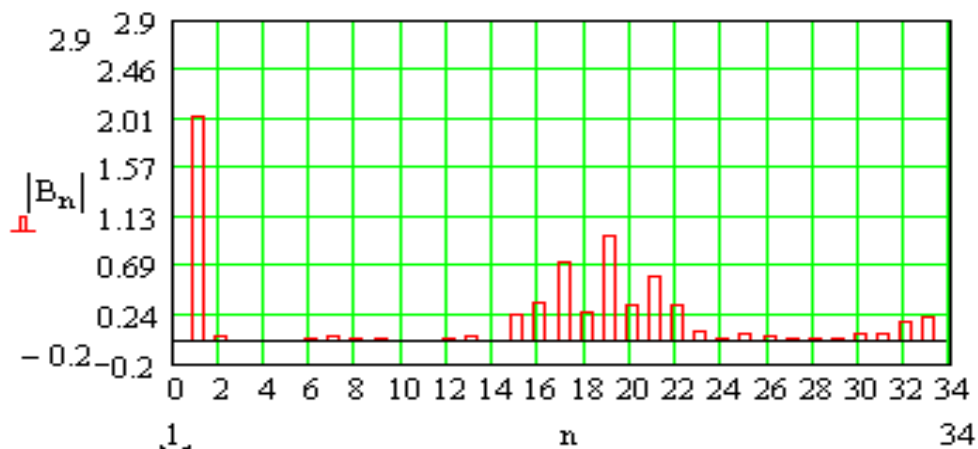
$$k_H = \frac{U_{\text{вых}(1)}}{\sqrt{U_{\text{вых}(1)}^2 + \sum_v U_{\text{вых}(v)}^2}}, \quad (2.10)$$

Мұндағы $U_{\text{вых}(v)}$ – бар мағына v – x кернеудің гармоньы.

Аналитикалық гармонь талдауы қиындатылған, себебі $U_{\text{вых}}$ құрамы өңдегіштің сұлбасына, ЖТ шығыс жиілікке қатыстығына, модуляцияның тереңдігіне тәуелді. «Mathcad» математикалық бағдарламасы Фурьенің өңделуін сандық әдіспен тұрақты функцияда бір неше нұсқада орналастырады. Маңызды дүниелердің бірі зерттелетін қызмет аналитикалық және логикалық комбинация түрінде таныстырылуы мүмкін, яғни анық түрде жазылмаған. Өңделген бөлшектік бағдарламаны қарастырмай, $U_{\text{вых}}$ спектральды талдаманың нәтижесін ұсынамыз (2.19 суретті қара)



2.18 сурет - ЖТ мен КИМ модельдеу нәтижесі



2.19 сурет - ЖТ мен КИМ шығыс кернеуінің спектограммасы

Қорытынды

Жасалған үлгі ЦН жетектің жиілігін оптималды реттеуге және ЖТ шығыс кернеуінің сапасын зерттеуді іске асыруға мүмкіндік береді. Алдағы зерттеулерде токтар мен кернеудің өзгеруі мен сорғы агрегатындағы жұмыс режимін реттеу барлық диапазонға жетектің қуаттық көрсеткіштерінің есептерін жүргізу қарастырылады.

3 Синусоидальды емес қуат кезіндегі ортадан тепкіш сорғы электр жетегінің энергетикалық сипаттамасы

3.1 Зерттеудің мақсаты мен әдісі

ЦН жетегіндегі электр магнитті және электр қозғалқыш процесін талдау және зерттеу кезінде синусоидальды кернеудің жиілігі мен амплитуда бойынша реттелетін мінсіз қайнар көзіне қуаттанған қозғалтқыштар қабылданды. Реттелетін электр жетекте қолданылатын жиілікті өңдейтін несинусоидальды шығыс кернеу электромагниттік иін күште токтың өзгеруіне әкеп соғады. Электр жетек элементтерінің және оның энергетикалық сипаттамасының қолданылуын нашарлатады. Токтың жоғарғы гармоникалық құраушылары ЖТ трансформаторымен қозғалтқыштың орамындағы қосалқы шығындарды шақырады, сонымен қатар болаттағы бораған токтар мен гистерезистерде шығындар көбейеді. Теріс энергетикалық салдарынан басқа сорғы агрегатының қозғалтқыш бөлігі жағымсыз ықпал етеді. Белгілі жаңғырық кезінде жиілік пен амплитуданың үйлесуі кезінде АД қажетсіз ротордың құрылымдық дірілі пайда болады.

Бұл ерекшеліктер үлкен күш пен жұмыс режимінің ұзақтығын сипаттайтын НПС сорғысының электр жетегін жобалау кезінде маңызды мағынаға ие болады. Осыған байланысты тарауда келесі міндеттер қойылады:

- НПС сорғысы қозғалтқышын басқару үшін ЖТ сызбалық шешімінің талдауы мен ЖТ басқару әдістері;
- кернеудің ЖТ әр түрлі нұсқадағы құрамының үйлесімділігін зерттеу;
- асинхронды қозғалтқыш тоғының тездетілген мағынасының есебі мен талдамасы.
- жоғары үйлесімдіктен қозғалтқыштың шығыны және ток пен кернеу коэффициенттерінің өзгеруіне байланысты - жетектің интегралды сипаттамасының есебі мен талдамасы.

Берілген тапсырмаларды шешу үшін, бірінші кезекте, зерттеудің ақырғы тапсырмасына байланысты шығыс кернеудің несинусоидальды формасының жиілігін өңдеуден қуаттанатын асинхронды қозғалтқыштағы электромагниттік процесстің есебі мен талдамасының әдісін анықтау керек.

ЭЕМ көмегімен өңдегіш пен машинаның дифференциалды теңдеу әдісінің тікелей шешімі уақытқа байланысты, электромагниттік процесстің жүргізілу сипаттамасын көрсетуге мүмкіндік беретін, көбіне жетектің

ауыспалы процессін үйрену кезінде аса қиын болғанымен, бірақ қолданылады. Заманауи есептеуіш техника құралдарының мүмкіндігі өте қиын деңгейдегі электромагниттің құрылымдық -желдеткіш процесін есептеуге мүмкіндік береді. Бірақ алынған нәтиже аса ірі және инженерлік есеп үшін қолдану мүмкін емес.

Орнатылған режимде машинаның теориялық бағасын беру үшін үйлесімдік құраушы әдіс қолданылады. Шығыс кернеудің өңделу жиілігінің әр бір үйлесімділігін есепке ала отырып алаң істеп, шынайы қозғалтқышты жалған үйлесімділік машиналарына бөледі. Ток пен сол иін күштің орташа периодының мағынасының шешімімен анықталатын есептің осындай машиналардың әр қайсысының асинхронды қозғалтқыштың фазасында орналасқан кәдімгі ісұлбасына сәйкес болады.

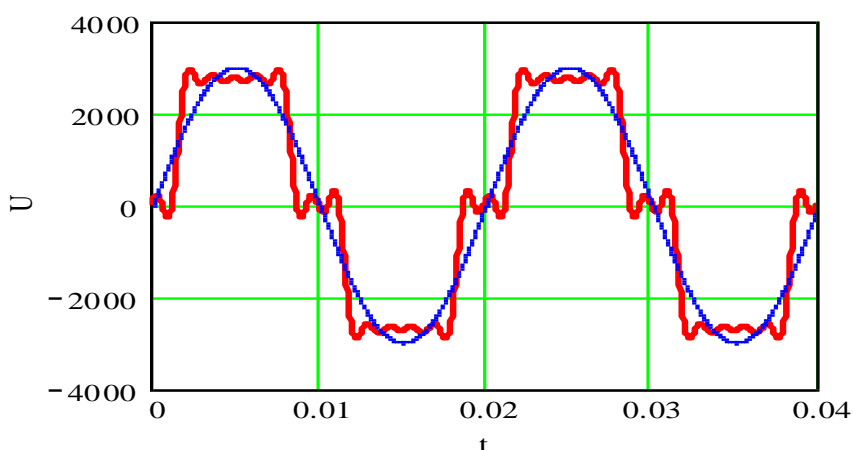
ЭҚК қайнар көзін айқындайтын функциятүрімен және шынжыр теңдеуінің сипатамасының дәрежесін анықтайтын, сонымен қатар берілген ЭҚК сәйкес, арнайы кесте суреті мен Φ -функциясының түп нұсқасын қолдану кезінде аяқталатын $B(T)$ Φ - функцияның көмегімен желдеткіш шынжырының талдау әдәсі ұсынылады. Бұл жерде ЖТ-АД зерттеу сипаттамасы үшін және басқа да желдеткішті өңдейтін жүйе әдісімен "кешенді амплитуданың байланысуы" қолданылған. Бұл әдістер несинусоидалды қуаты бар электр құрылымдық жүйесінің ауыспалы режимі үшін ерекше қызығушылық тудырады.

Қозғалтқыштың айналу жиілігі көлемінде кернеудің қуаттану кезеңі мен электромагниттік иін күштің жүрісін есепке ала отырып, аталмыш казипериодттық режимде асинхронды қозғалтқыш жұмысының үйлесімділік зерттеу әдісі векторлы түрде берілген. Әдіс қозғалтқыштың айналу жиілігі мен иін күшін, сонымен қатар жетектің энергетикалық көрсеткіштерінің ток мағынасын салыстырмалы түрде тез анықтауға мүмкіндік береді. Бұл әдіс статор қуаттанатын кернеудің несинусоидалды формасының жағдайы талдау кезінде АД есепке ала отырып электромагнит процессінде қолданылады.

3.2 Шығыс кернеудің өңделу жиілігінің сараптамасы

3.2.1 Автономиялық инвертордың шығыс кернеудегі өңделу жиілігінің сараптамасы (ӨЖ-АИ)

Әр бір фазаның винтиль жағдайына қосылатын белгілі алгоритмге сай шығыс кернеуден басқарылатын кернеумен жиілікті өңдегіштер және АИ кернеуді (ток) құрастырады. Жүк-салмақтың қосылу сұлбасы (жұлдызша, үш бұрыш) мен желдеткіштің ($\lambda = 120^\circ, \lambda = 180^\circ$) ашық қалпының арақашықтығына тәуелді. Шығысында кернеу тікбұрыш немесе баспалдақты формада болады (3.1, 3.2 суретте). АИ с $\lambda = 120^\circ$ шығыстағы тізбектелген кернеу мен $\lambda = 180^\circ$ фазалық "жұлдызша" жүк-салмақ сұлбасында тік бұрыш формасында болса, онда АИ с $\lambda = 120^\circ$ тізбектелген шығыс кернеу с $\lambda = 180^\circ$ фазасында - баспалдақты формаға ие болады. ӨЖ-АИ шығыс кернеуінің жүйесіне сараптама жүргіземіз.



ӨЖ АИ шығыс кернеуі, $p=6$
3.1 сурет

Шығыс кернеуінің баспалдақ тәрізді қисықтығы Фурье қатарына жатқызылуы мүмкін,

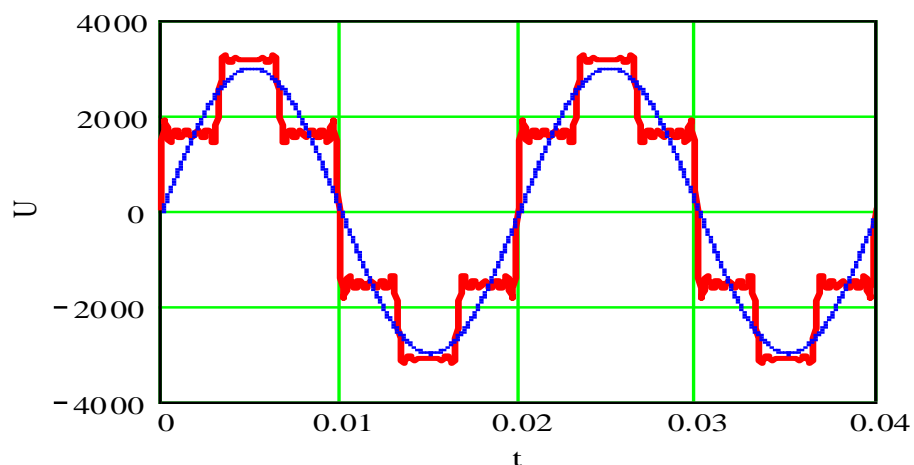
$$U_c = \frac{4}{\pi} U_m r \left[\sin \omega t + \sum_{n=1}^{\infty} \frac{\sin(pn \pm 1)\omega t}{pn \pm 1} \right], \quad (3.1)$$

мұндағы r - кернеуді реттеу тереңдігі;

U_m -анодтық кернеудің амплитудасы;

ω -шығыс кернеудің бұрыш жиілігі;

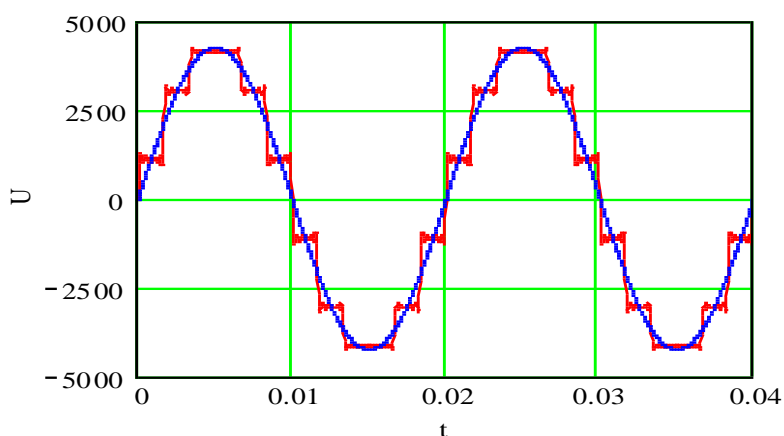
p -ЖТ сұлбасының жүрісі.



"+" белгісі, тікелей тізбектелген үйлесімділікке сәйкес;
 "-" белгісі, керісінше тізбектелген үйлесімділікке сәйкес;
 3.2 сурет

Шығыс кернеуінің тік бұрыш тәрізді қисықтығы Фурье қатарына жатқызылуы мүмкін, былай

$$U_{II} = \frac{4}{\pi} U_m r \left[\sin \omega t + \sum_{n=1}^{\infty} (-1)^n \frac{\sin(pn \pm 1)\omega t}{pn \pm 1} \right], \quad (3.2)$$



ӨЖ АИ шығыс кернеуі, $p=12$
 3.3 сурет

ЖТ шығыс кернеуінің интегралды сипаттамасы кернеудің өзгеру коэффициенті болып табылады $K_{ин}$:

$$K_{ин} = \frac{U(1)}{\sqrt{U^2(1) + \sum_v U_v^2}}, \quad (3.3)$$

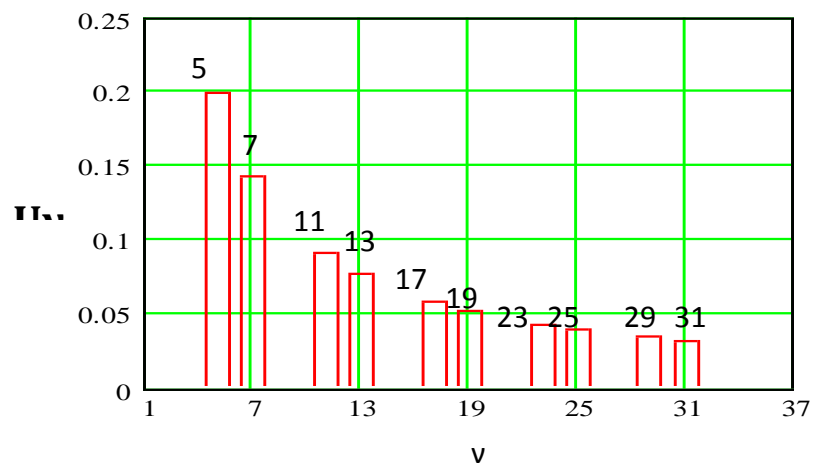
мұндағы: $U(1)$ - ЖТ шығыс кернеуінің бірінші үйлесімдік амплитудасы;
 U_ν - амплитудалар;
 ν - х - үйлесімділік.

Біздің жағдайымызда

$$K_{ин} = \frac{1}{\sqrt{1 + \sum_{n=1}^{\infty} \left(\frac{1}{pn \pm 1}\right)^2}} \quad (3.4)$$

үлкен тұрақтылығы болып, статор кернеуінің тереңдігін реттеу мен шығыс жиілігіне тәуелді емес. Екі дәрежелі жүйе үшін ($p=6$) $K_{ин} = 0,923$, үш дәрежелі үшін ($p=12$) $K_{ин} = 0,980$.

ЖТ кернеуінің спектраль құрамы екі нұсқа үшін де U_c 3.4 суретте берілген. Құраушы амплитудалар тереңдікті r реттеуде пропорционал, ал жиілікті реттеуде жоғары үйлесімділік тәртібі ($\nu = (pn \pm 1)$). $p=12$ тұрақты үйлесімділік тәртібінде 5, 7, 17, 19.. және т.б. жоқ.



ӨЖ АИ шығыс кернеуінің спектралды құрамы
 3.4 сурет

Соңғы жағдайда қарастырылып жатқан сұлба аз емес артықшылық болып табылады. Себебі шығыс кернеуінің белгіленген ток пен кернеудің жоғары үйлесімділік құрамының ықпалын есепке алуға мүмкіндік беріп, сипатталған жетекті және оның минимизациясын шарасын таңдау керек.

3.3 Жиілікті өндеудегі асинхрондық қозғалтқыш токтарының қуаттануы

Электрмагниттік жетектегі процесстің зерттеу үшін несинусоидалды қуаттану мен ауыспалы токтағы электр машинасының жасалып, берілген кең тараған теориясын қолданамыз. шынайы үш фазалы АД мінсіз екі қосылғышты машинаның және фазаның табиғи мәліметтерін қолданылған коэффициенттерімен тұрақты коэффициенттердің теңдеуіне көшу мүмкіндігін береді. Статормен (α, β) байланысқан ортогональды мәліметтердің жүйесі,

айналатын ротормен (d,q) немесе бірдей (x,y) жылдамдықта айналатын жазба үшін.

Машинаның кең тараған теңдеуін матрицалық түрде жазуға болады. Орынатылған режимде бірдей бел ортада.

$$\begin{pmatrix} U_{1X} \\ U_{1Y} \\ U_{2X} \\ U_{2Y} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} r_1 & -\omega_0 L_1 & 0 & -\omega_0 L_m \\ \omega_0 L_1 & r_1 & \omega_0 L_m & 0 \\ 0 & -\omega_0 L_m s & r_2 & -\omega L_2 s \\ \omega_0 L_m s & 0 & \omega_0 L_2 s & r_2 \end{pmatrix} * \begin{pmatrix} I_{1X} \\ I_{1Y} \\ I_{2X} \\ I_{2Y} \end{pmatrix} \quad (3.5)$$

В (3.5) $U_{1X}, U_{1Y}, U_{2X}, U_{2Y}$ – статор кернеуі вектор мен бірдей бел ортадағы ротор кескінінің үлкейтіліп көрсетілуі x, y .

$I_{1X}, I_{1Y}, I_{2X}, I_{2Y}$ – бел ортадағы ротор мен статор тоғы векторының кескінінің үлкейтіліп көрсетілуіне сәйкес.

L_1, L_2 – ротор мен статор фазасының толық индуктивті эквиваленттігі.

L_m – магниттелу шынжырының индуктивтігі.

ω_0 – статор алаңының электромагниттік жиілігінің бұрышы.

r_1, r_2 – ротор мен статор фазасының белсенді қарсыласуы.

Қысқа жабылған жиілікті басқару режиміндегі АД үшін $U_{2X} = U_{2Y} = 0$.
(3.5) шешуге қатысты токтың кескінінің үлкейтіліп көрсетілу, табамыз:

$$I_{1X} = \frac{U_X r_1 (r_2^2 + x_2^2 s^2 + \frac{r_2}{r_1} x_m^2 s) + U_Y X_1 (r_2^2 + x_2^2 s^2 \delta)}{r_1^2 (r_2^2 + x_2^2 s^2 + \frac{r_2}{r_1} x_m^2 s) + x_1^2 (r_2^2 + x_2^2 s^2 \delta) + x_m s (r_1 r_2 - x_1 x_2 \delta s)};$$

$$I_{1Y} = \frac{-U_X x_1 (r_2^2 + x_2^2 s^2 \delta) + U_Y r_1 (r_2^2 + x_2^2 s^2 + \frac{r_2}{r_1} x_m^2 s)}{r_1^2 (r_2^2 + x_2^2 s^2 + \frac{r_2}{r_1} x_m^2 s) + x_1^2 (r_2^2 + x_2^2 s^2 \delta) + x_m s (r_1 r_2 - x_1 x_2 \delta s)};$$

$$I_{2X} = -x_m s \frac{U_X (r_1 x_2 s + r_2 x_1) - U_Y (r_1 r_2 - x_1 x_2 s \delta)}{r_1^2 (r_2^2 + x_2^2 s^2 + \frac{r_2}{r_1} x_m^2 s) + x_1^2 (r_2^2 + x_2^2 s^2 \delta) + x_m s (r_1 r_2 - x_1 x_2 \delta s)}$$

$$I_{2Y} = -x_m s \frac{U_X (r_1 r_2 - x_1 x_2 \delta s) + U_Y (r_1 x_2 s + r_2 x_1)}{r_1^2 (r_2^2 + x_2 s^2 + \frac{r_2}{r_1} x_m^2 s) + x_1^2 (r_2^2 + x_2 s^2 \delta) + x_m s (r_1 r_2 - x_1 x_2 \delta s)} \cdot \quad (3.6)$$

Зерттеуде машиналардың қуаттылығы бірнеше жүз киловаттан және жоғары болатынын есепке ала отырып, статордың белсенді қарсыласуы орнатылған режимде ескермейді. Теңдеу мынадай (3.6) түрге енеді:

$$\begin{aligned} I_{1X} &= \frac{U_X L_m^2 s \omega r_2 - U_Y (\omega^2 L_2^2 s^2 L_1 + r_2^2 L_1 - L_m^2 s^2 \omega^2 L_2)}{\omega (\omega^2 S^2 L_m^4 - \omega^2 L_2^2 s^2 L_1^2)}; \\ I_{2X} &= s L_3 \cdot \frac{-U_X L_1 r_2 + U_Y (L_m^2 \omega s + L_2 L_1 \omega s)}{\omega (\omega^2 s^2 L_m^4 - \omega^2 L_2^2 s^2 L_1^2)}; \\ I_{1Y} &= \frac{U_X (\omega^2 L_2 L_m^2 - L_1 \omega^2 L_2^2 s^2 - L_1 r_2^2) + U_Y r_2 \omega L_m^2 s}{\omega (\omega^2 s^2 L_m^4 - \omega^2 L_2^2 s^2 L_1^2)}; \\ I_{2Y} &= -L_3 s \cdot \frac{U_X (L_m^2 s \omega - \omega L_2 s L_1) - U_Y r_2 L_1}{\omega (\omega^2 s^2 L_m^4 - \omega^2 L_2^2 s^2 L_1^2)}. \end{aligned} \quad (3.7)$$

(3.6), (3.7) теңдеулері бойынша қозғалқыш токтарының және бірінші үйлесім кернеуі үшін есептер жүргізіледі. Онда әрқайсысы үйлесу тәртібі бойынша айналу жиілігінде ν вектордың кескініне $U_{X\nu}$ және $U_{Y\nu}$ сәйкес үлкейтіп көрсету керек. Олай болса I_2 ν статор мен I_2 ν ротор тоғының үйлесімін аналогиялық теңдеулермен (3.6), (3.7) анықтауға болады. Сонда статордың белсенді қарсыласуын ескермегенде, мынаны аламыз:

$$\begin{aligned} I_{1X\nu} &= \frac{U_X L_m^2 s_\nu \omega_\nu r_2 - U_Y (\omega_\nu^2 L_2^2 s_\nu^2 L_1 + r_2^2 L_1 - L_m^2 s_\nu^2 \omega_\nu^2 L_2)}{\omega_\nu (\omega_\nu^2 s_\nu^2 L_m^4 - \omega_\nu^2 L_2^2 s_\nu^2 L_1^2)}; \\ I_{2X\nu} &= s L_3 \cdot \frac{-U_X L_1 r_2 + U_Y (L_m^2 \omega_\nu s_\nu + L_2 L_1 \omega_\nu s_\nu)}{\omega_\nu (\omega_\nu^2 s_\nu^2 L_m^4 - \omega_\nu^2 L_2^2 s_\nu^2 L_1^2)}; \\ I_{1Y\nu} &= \frac{U_X (\omega_\nu^2 s_\nu^2 L_2 L_m^2 - L_1 \omega_\nu^2 L_2^2 s_\nu^2 - L_1 r_2^2) + U_Y r_2 \omega_\nu L_m^2 s_\nu}{\omega_\nu (\omega_\nu^2 s_\nu^2 L_m^4 - \omega_\nu^2 L_2^2 s_\nu^2 L_1^2)}; \end{aligned}$$

$$I_{2Y\nu} = -L_m s_\nu \cdot \frac{U_X (L_m^2 s_\nu \omega_\nu - \omega_\nu L_2 s_\nu L_1) - U_Y r_2 L_1}{\omega_\nu (\omega_\nu^2 s_\nu^2 L_m^2 - \omega_\nu^2 L_2^2 s_\nu^2 L_1^2)} . \quad (3.8)$$

Тәртібі $U_{X\nu}, U_{Y\nu}$ мен ω_ν мағыналары жиілікті өңдегіштің шығыс кернеуінің үйлесімінің құрылым анықталады. Жоғары үйлесімділіктің берілгенінің сырғанауы былай жазылуы мүмкін

$$S_\nu = \frac{\nu \omega_0 \pm \omega}{\nu \omega_0} \quad (3.9)$$

Қозғалтқыш параметрін есепке ала отырып жоғары үйлесімділік алаңы үшін, АД берілген сұлбаның белсенді қарсыласуын ескермеуге болады. Жоғары нақтылықпен

$$S_\nu \cong 1 \pm \frac{1}{\nu} \quad (3.10)$$

Берілген мағынаның (3.7) түрін қабылдайды

$$\begin{aligned} I_{1X\nu} &= \frac{L_2 U_Y}{(L_1 L_2 - L_m^2) \nu \omega} ; \\ I_{1Y} &= \frac{-L_2 U_X}{(L_1 L_2 - L_m^2) \nu \omega} ; \\ I_{2X} &= \frac{L_2 U_Y}{(L_1 L_2 - L_m^2) \nu \omega} ; \\ I_{2Y} &= \frac{-L_2 U_X}{(L_1 L_2 - L_m^2) \nu_n \omega} . \end{aligned} \quad (3.11)$$

3.3.1 Аавтономды инвертордың жиілікті өңдеуден қуаттанатын сорғы қозғалтқышының токтары

АД токтары мағынасының жедел есебі үшін, сонымен қатар олардың интегралды көрсеткіштерін міндетті түрде шығыс кернеуі ӨЖ-АИ (3.1, 3.2) мәліметтің ортогоналды жүйесінде X, Y статоралаңының электромагниттік жиілігінің айналуының мағынасын жазып алу қажет.

Өңделу бойынша белгілі формулаларды қолдана отырып (КЛ) және мәліметтің ортогоналды жүйесіне ауыса отырып, статормен қатаң

байланысқан А.Д. жоғары үйлесімдікті вектордың үлкейтілген кескінін аламыз. ӨЖ-АИ шығыс кернеуінің баспалдақты формасы кезінде

$$U_{\alpha} = \frac{4}{\pi} U_m r \sum_{n=1}^{\infty} \frac{\sin(pn \pm 1)\omega t}{pn \pm 1}; \quad (3.12)$$

$$U_{\beta} = \frac{4}{\pi} U_m r (1 \pm \sum_{n=1}^{\infty} \frac{\cos(pn \pm 1)\omega t}{pn \pm 1}).$$

мұндағы "+" - үйлесімдіктің тіке тізбегіне сәйкес;

мұндағы "-" - үйлесімділіктің кері тізбегіне сәйкес;

Мәліметтің бірдей жүйесінде x, y кең тарлаған вектордың үлкейтілген формасын кескіндеудекернеу былай анықталады:

$$U_x = \frac{4}{\pi} U_m r \sum_{n=1}^{\infty} \frac{\sin pn \omega t}{pn \pm 1} \quad (3.13)$$

$$U_y = -\frac{4}{\pi} U_m r (1 \pm \sum_{n=1}^{\infty} \frac{\cos pn \omega t}{pn \pm 1})$$

Шығыс кернеуде тік бұрыштың формасы Фурье түрінде сипатталады,

$$U_{\text{ВЫХ}, \Pi} = \frac{4}{\pi} U_m r (\sin \omega t + \sum_{n=1}^{\infty} (-1)^n \frac{\sin(pn \pm 1)\omega t}{pn \pm 1}) \quad (3.14)$$

Кескінді үлкейтіп көрсету, $U_{\text{вых}}$ n мәліметтің бірдей ортан белінен X, Y

$$U_{\text{ВЫХ } X} = \frac{4}{\pi} U_m r \sum_{n=1}^{\infty} (-1)^n \frac{\sin pn \omega t}{pn \pm 1} \quad (3.15)$$

$$U_{\text{ВЫХ } Y} = -\frac{4}{\pi} U_m r (1 \pm \sum_{n=1}^{\infty} (-1)^n \frac{\cos pn \omega t}{pn \pm 1})$$

Баспалдақты формада шығыс кернеуінің $U_{\text{шығ}}$ үйлесімділік құрамы түсінікті. Жоғары үйлесімділіктің айналу векторы бағыты бойынша ғана ерекшеленеді.

Бірінші және жоғары үйлесімді ток пен кернеу үшін есепті бөлек жүргізу ыңғайлырақ. Бірінші үйлесімділік кернеуінің мағыналарын қоятын болсақ ӨЖ (3.6, 3.7), АД бірінші үйлесімділік тоғын табамыз.

$$I_{1X} = \frac{\frac{4}{\pi} U_m r_1 Z_1}{r_1^2 Z_1 + X_1^2 Z_2 + X_m^2 s Z_3}; \quad (3.16)$$

$$I_{1Y} = -\frac{\frac{4}{\pi} U_m X_1 Z_2}{r_1^2 Z_1 + X_1^2 Z_2 + X_m^2 s Z_3}.$$

Статор тоғының вектор модулінің бірінші үйлесімділігі:

$$I_1 = \frac{\frac{4}{\pi} U_m \sqrt{r_1^2 Z_1^2 + X_1^2 Z_2^2}}{r_1^2 Z_1 + X_1^2 Z_2 + X_m^2 s Z_3}. \quad (3.17)$$

Ротор тоғы үшін ұқсас қайта өңдеу мынаны береді

$$I_{2X} = \frac{-\frac{4}{\pi} U_m s X_m Z_4}{r_1^2 Z_1 + X_1^2 Z_2 + X_m^2 s Z_3}; \quad (3.18)$$

$$I_{1Y} = -\frac{-\frac{4}{\pi} U_m s X_m Z_3}{r_1^2 Z_1 + X_1^2 Z_2 + X_m^2 s Z_3};$$

$$I_2 = \frac{\frac{4}{\pi} U_m s X_m \sqrt{Z_3^2 + Z_4^2}}{r_1^2 Z_1 + X_1^2 Z_2 + X_m^2 s Z_3}.$$

Бірдей орта белдікке статордың жоғары үйлесімдік кернеуін үлкейтіп көрсету кескіні

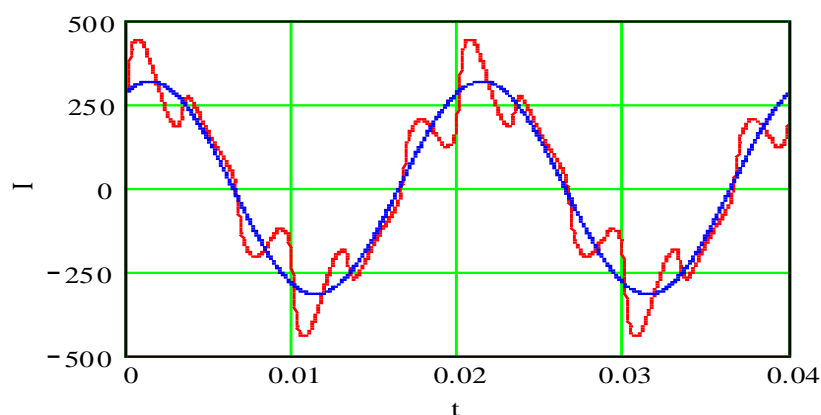
$$U_{xV} = \pm \frac{\frac{4}{\pi} U_m r}{6n \pm 1} \cos 6n\omega t; \quad (3.19)$$

$$U_{yV} = \frac{\frac{4}{\pi} U_m r}{6n \pm 1} \sin 6n\omega t;$$

Статор тоғының жоғары үйлесімдігін үлкейтіп көрсету кескіндемесі.

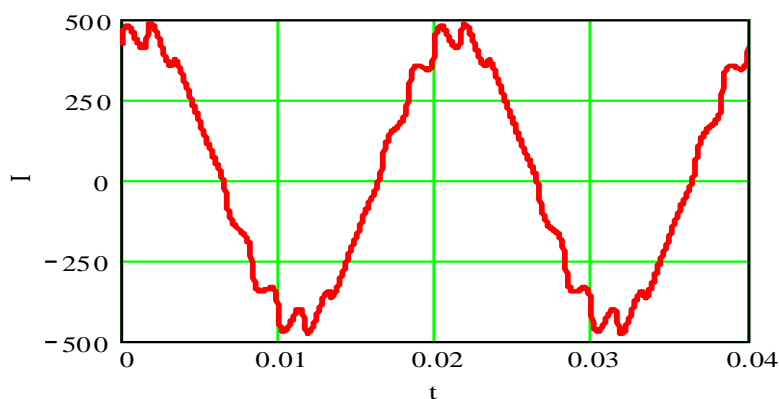
$$I_{1XV} = \pm \frac{\frac{4}{\pi} U_m r}{6n \pm 1} \bullet \frac{r_1 Z_{1V} \cos 6n\omega t + X_1 Z_{2V} \sin 6n\omega t}{r_1^2 Z_{1V} + X_1^2 Z_{2V} + X_m^2 s Z_{3V}}; \quad (3.20)$$

3.5, 3.6 суреттерде сорғы қозғалтқышы тоғының және (3.18) синтезделген қисық фазасы келтірілген. АД параметрлері 3 тарауда келтірілген, $f=50 \text{ Гц}$, $r=1$.



АД қисық ток фазасының қуаттануы кезіндегі ӨЖ мен АИН, $p=6$
3.5 сурет

АД қисық ток фазасының қуаттануы кезіндегі ӨЖ мен АИН, $p=12$



3.6 сурет

$r_1=r_2=0$ жіберу кезінде, мағынасын беріп және өңделуін көрсетіп статор тоғының жоғары үйлесімділік векторының кең тараған кескінін үлкейтіп көрсетуді табамыз:

$$I_{1xv\Sigma} = \frac{4U_m r L_2}{\pi \omega (L_1 L_2 - L_m^2)} \sum_{n=1}^{\infty} \left(\frac{1}{(pn+1)^2} + \frac{1}{(pn-1)^2} \right) \sin 6n\omega t; \quad (3.21)$$

$$I_{1yv\Sigma} = \frac{-4U_m r L_2}{\pi \omega (L_1 L_2 - L_m^2)} \sum_{n=1}^{\infty} \left(\frac{1}{(pn+1)^2} - \frac{1}{(pn-1)^2} \right) \cos 6n\omega t.$$

ӨЖ шығыс кернеуініңтік бұрыш формасында, мынаны аламыз:

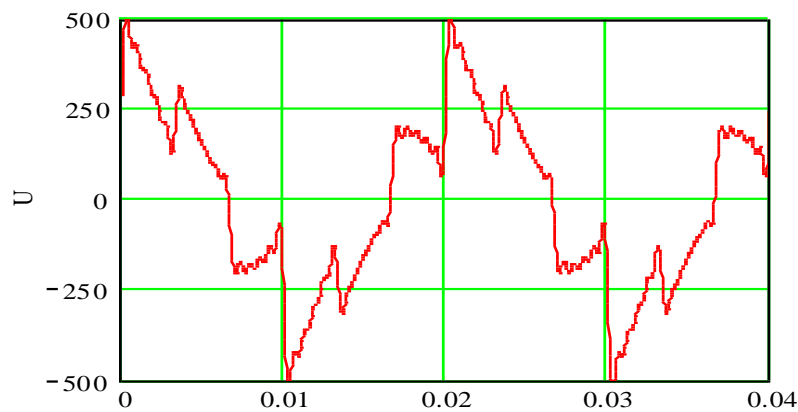
$$I_{1xv\Sigma} = \frac{4U_m r L_2}{\pi \omega (L_1 L_2 - L_m^2)} \sum_{n=1}^{\infty} (-1)^n \left(\frac{1}{(pn+1)^2} + \frac{1}{(pn-1)^2} \right) \sin 6n\omega t; \quad (3.22)$$

$$I_{1yv\Sigma} = \frac{-4U_m r L_2}{\pi \omega (L_1 L_2 - L_m^2)} \sum_{n=1}^{\infty} (-1)^n \left(\frac{1}{(pn+1)^2} - \frac{1}{(pn-1)^2} \right) \cos pn\omega t.$$

ротор тоғының жоғары үйлесімділігікең тараған вектордың кескінін үлкейтіп көрсету былай анықталады,

$$I_{2xv\Sigma} = \frac{L_m}{L_2} I_{1xx\Sigma}; \quad I_{2yv\Sigma} = \frac{L_m}{L_2} I_{1yxv\Sigma}. \quad (3.23)$$

3.7 суретте берілген ЖӨ шығыс кернеуінің сол параметрлерінің АД ток фазасының формасы, асинхронды қозғалтқыштың белсенді қарсыласуын есепке алмай, оңай әдіспен есептелген. Айта кететін болсақ қисықтықтардың жақсы сәйкес келуінің, ауыстыру сұлбасының жеңілдетілген режимін орнату мен жоғары үйлесімділік үшін заңдылықты қолану керек.



3.7 сурет

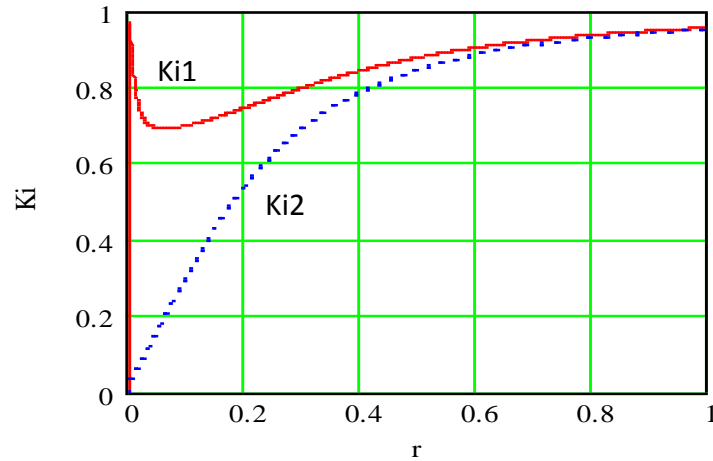
Интегралды баға токтың үйлесімділік құрамымен ұқсас коэффициентке ауыстырылады

$$K_{ui} = \frac{I_{1(1)}}{\sqrt{I_{1(1)}^2 + \sum_v I_{1v}^2}} \quad (3.24)$$

Амплитуда (вектордың модулі) V – токтың тікелей үйлесімділігінің (крісінше) тәртібіне тең:

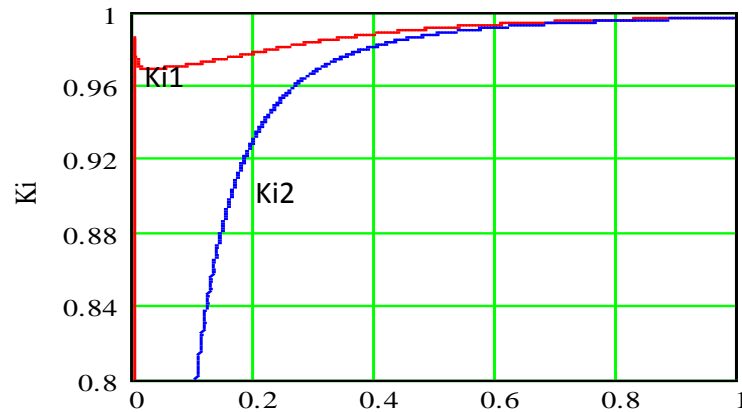
$$I_{1v} = \frac{4U_m r L_2}{\pi \omega (L_1 L_2 - L_m^2) (pn \pm 1)} \quad (3.25)$$

Ротор мен статор тоғының АД ұқсас коэффициенті, $p = 6$



3.8 сурет

Ротор мен статор тоғының АД ұқсас коэффициенті, $p = 12$



3.9 сурет

3.8, 3.9 суреттерде $U/f=\text{const}$ зерттелетін қозғалтқыштың жиілікті басқару ережесі бойынша АД тереңдігін r реттеу статор тоғының ұқсас коэффициентінің тәуелділігі келтірілген. Жетектегі сорғы қозғалтқышының аумағын бесенді реттеу $p=6$ $K_{\text{ш}}$ жеткілікті жоғары (0,92...0,957). АД индуктивті шоттан 0,02 % төмендеп, K_i -қозғалтқыштың модернизациясы бірінғай десек болады. $p = 12$ болағанда тоқтың ұқсастық коэффициентінің мағынасы $K_i = 0.990 - 0.997$ дейін өсе береді.

3.3.2 Кең- импульсты модуляциясы жиілікті өңдейтіннен қуаттану кезіндегі сорғы қозғалтқышының тоғы

(3.9 – 3.11) ортогоналды мәлімет статормен байланысып α, β , жүйесінде алынған.

Бірінші үйлесімділік:

$$U_{\alpha 1} = U_{A1} = \frac{\mu E}{2} \sin \omega t$$

$$U_{\beta 1} = \frac{1}{\sqrt{3}} (U_{B1} - U_{C1}) = -\frac{\mu E}{2} \cos \omega t \quad (3.26)$$

Үйлесімділік комбинациясының тікелей тізбегі:

$$U_{\alpha\Pi} = U_{A\Pi} = \frac{E}{\pi} \sum_{m=1}^{\infty} \sum_{k=-\infty}^{\infty} \frac{(-1)^{m+pk+1}}{m} J_{pk+1}(m\mu\pi) \sin(m\omega_{\Pi}t + (pk+1)\omega t)$$

$$\frac{1}{\sqrt{3}} (U_{B\Pi} - U_{C\Pi}) = -\frac{E}{\pi} \sum_{m=1}^{\infty} \sum_{k=-\infty}^{\infty} \frac{(-1)^{m+pk+2}}{m} J_{pk+1}(m\mu\pi) \cos(m\omega_{\Pi}t + (pk+1)\omega t) \quad (3.27)$$

Үйлесімділік комбинациясының кері тізбегі:

$$U_{\alpha 0} = U_{A0} = \frac{E}{\pi} \sum_{m=1}^{\infty} \sum_{k=-\infty}^{\infty} \frac{(-1)^{m+pk}}{m} J_{pk-1}(m\mu\pi) \sin(m\omega_{\Pi}t + (pk-1)\omega t)$$

$$U_{\beta 0} = \frac{1}{\sqrt{3}} (U_{B0} - U_{C0}) = \frac{E}{\pi} \sum_{m=1}^{\infty} \sum_{k=-\infty}^{\infty} \frac{(-1)^{m+pk}}{m} J_{pk-1}(m\mu\pi) \cos(m\omega_{\Pi}t + (pk-1)\omega t) \quad (3.28)$$

Электромагниттік статорының алаңдағы жиіліктің айналуы кезінде ху ортан беліне ауысу үшін, белгілі формулалар қолданылады:

$$U_x = U_{\alpha} \cos \omega t + U_{\beta} \sin \omega t$$

$$U_y = -U_{\alpha} \sin \omega t + U_{\beta} \cos \omega t \quad (3.29)$$

Өңделудің нәтижесінде бірінші үйлесімділік үшін:

$$U_{x1} = 0; \quad U_{y1} = -\frac{\mu E}{2} . \quad (3.30)$$

Үйлесімділіктің түзу тізбегі үшін:

$$U_{x\Pi} = \sum_{m=1}^{\infty} \sum_{k=-\infty}^{\infty} A_{\Pi}(m, k) \sin(m\omega_{\Pi} + pk\omega)t ;$$

$$U_{y\Pi} = \sum_{m=1}^{\infty} \sum_{k=-\infty}^{\infty} -A_{\Pi}(m, k) \cos(m\omega_{\Pi} + pk\omega)t . \quad (3.31)$$

Үйлесімділіктің кері тізбегі үшін:

$$U_{x0} = \sum_{m=1}^{\infty} \sum_{k=-\infty}^{\infty} A_0(m, k) \sin(m\omega_{\Pi} + pk\omega)t ;$$

$$U_{y0} = \sum_{m=1}^{\infty} \sum_{k=-\infty}^{\infty} A_0(m, k) \cos(m\omega_{\Pi} + pk\omega)t . \quad (3.32)$$

(3.31, 3.32) келесі белгілеулер қолданылған:

$$A_{II}(m,k) = \frac{E(-1)^{m+pk+2}}{\pi m} J_{\pm pk+1}(m\mu\pi)$$

-Үйлесімділіктің тіке тізбек кернеуінің амплитуда комбинациясы

$$A_{II}(m,k) = \frac{E(-1)^{m+pk+2}}{\pi m} J_{\pm pk+1}(m\mu\pi)$$

- Үйлесімділіктің кері тізбек кернеуінің амплитуда комбинациясы

$$A_0(m,k) = \frac{E(-1)^{m+pk}}{\pi m} J_{pk-1}(m\mu\pi)$$

(3.31) мен (3.32) ху бірдей ортан белінде вектордың жоғары үйлесімділіктің түзу және кері тізбегі бірдей жиілікпен айналады , бірақ керісінше айналады. Вектордың бірінші үйлесімділігінің кернеуі ортан белдегі ху қатысты қозғалмайды.

$$U_{xn} = \sum_{m=1}^{\infty} \sum_{k=-\infty}^{\infty} A_n(m,k) \sin(m\varepsilon + pk)\omega t;$$

$$U_{yn} = \sum_{m=1}^{\infty} \sum_{k=-\infty}^{\infty} -A_n(m,k) \cos(m\varepsilon + pk)\omega t;$$

$$U_{x0} = \sum_{m=1}^{\infty} \sum_{k=-\infty}^{\infty} A_0(m,k) \sin(m\varepsilon + pk)\omega t;$$

$$U_{y0} = \sum_{m=1}^{\infty} \sum_{k=-\infty}^{\infty} A_0(m,k) \cos(m\varepsilon + pk)\omega t. \quad (3.33)$$

Ортан белдегі ху үйлесімділік кернеуінің ν үлкейтілген формасы былай анықталады:

$$U_x = U_{xn} + U_{x0} = (A_n(m,k) + A_0(m,k)) \sin \nu \omega t;$$

$$U_y = U_{yn} + U_{y0} = -(A_n(m,k) - A_0(m,k)) \cos \nu \omega t, \quad (3.34)$$

мұндағы $\nu = m\varepsilon + pk$

Нәтижесінде статор кернеуінің жоғары үйлесімділік үлкейтілген формасының мағынасын аламыз

$$\begin{aligned} U_X &= \frac{E}{\pi n} (-1)^{m+p k+1} [J_{3p+1}(m\mu\pi) + J_{3p-1}(m\mu\pi)] \sin v\omega t \\ U_Y &= \frac{E}{\pi n} (-1)^{m+p k+1} [J_{3p+1}(m\mu\pi) + J_{3p-1}(m\mu\pi)] \cos v\omega t \end{aligned} \quad (3.35)$$

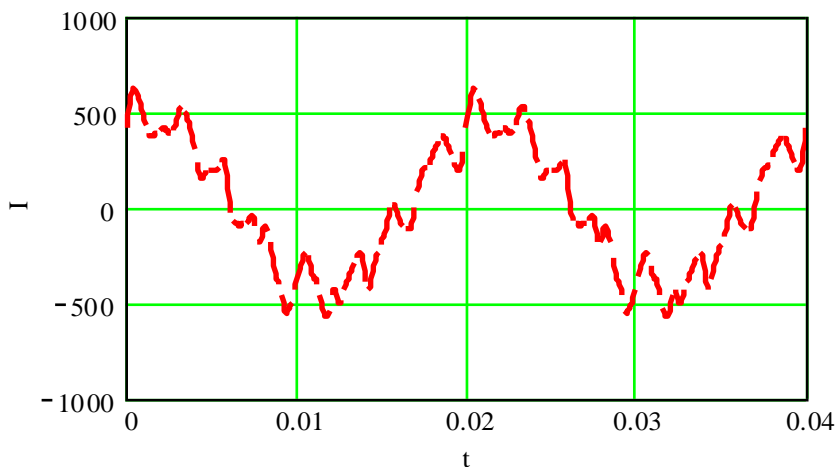
Ұқастықтарды қою және өңдеу кезінде ток мағынасын жедел аламыз:

$$\begin{aligned} I_{1X} &= I_{1Xn} + I_{1X0} = \frac{L_2}{\omega(L_1 L_2 - L_M^2)} \frac{E}{\pi n} \left[\frac{(-1)^{M+3K+2}}{V_n} J_{3K+1}(\beta_{K+1}, m\mu\pi) + \frac{(-1)^{M+3K}}{V_0} J_{3K-1}(\beta_{K-1}, m\mu\pi) \right] \sin(mE + 3K)\omega t \\ I_{1Y} &= I_{1Yn} + I_{1Y0} = \frac{-L_2}{\omega(L_1 L_2 - L_M^2)} \frac{E}{\pi n} \left[\frac{(-1)^{M+3K+2}}{V_n} J_n(1+3K+1, m\mu\pi) - \frac{(-1)^{M+3K}}{V_0} J_n(1+3K-1, m\mu\pi) \right] \cos(mE + 3K)\omega t \end{aligned} \quad (3.36)$$

Қайта өңдеуге сәйкес

$$I_{1A} = I_{1X} \cos \omega t + I_{1Y} \sin \omega t$$

шынайы фаза координатындағы статор тоғының мағынасын аламыз. 3.10 суретте КИМ мен ӨЖ екі деңгейлі қуаттану кезіндегі статор тоғының жедел қисық мағынасы таныстырылған. Қуаттану кезіндегі үш дәрежелі сұлба тоғының қозғалтқышы синусоидалды.



3.10 сурет - КИМ мен ЖӨ қуаттануАД кезіндегі статор тоғы

Статор тоғының ұқсас коэффициентін анықтау үшін тіке тізбектелген токтың (модуль векторы) амплитудасын табамыз:

$$I_{1n} = \sqrt{I_{1Xn}^2 + I_{1Yn}^2} = \frac{L_2}{(L_1 L_2 - L_M^2) \nu_n \omega} \sqrt{U_{Yn}^2 + U_{Xn}^2} = \frac{L_2}{(L_1 L_2 - L_M^2) \nu_n \omega} \frac{E}{\pi \omega} J_n(+3K+1, m\mu\pi) \quad (3.37)$$

Кері ток тізбегінің амплитудасы:

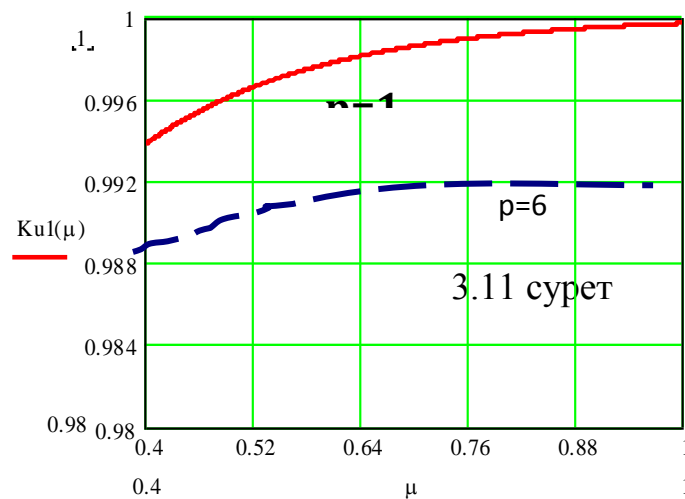
$$I_{10} = \frac{L_2}{(L_1 L_2 - L_M^2) \nu_0 \omega} \frac{E}{\pi \omega} J_n(+3K+1, m\mu\pi) \quad (3.38)$$

Статор тоғының ұқсас коэффициенті

$$K_{UT} = \frac{I_{1(1)}}{\sqrt{I_{1(1)}^2 + \frac{L_2^2 E^2}{(L_1 L_2 - L_M^2)^2 \omega^2 \pi^2} \sum_{k=-\infty}^{\infty} \sum_{M=1}^{\infty} \frac{1}{m^2} \left(\frac{J_n^2(1+3k+1m\mu\pi)}{\nu_n^2} + \frac{J_n^2(1+3k-1m\mu\pi)}{\nu_0^{21}} \right)}} \quad (3.39)$$

3.11 суреттегі сорғы өндірісін реттеу кезінде ұқсас ток коэффициенттерінің қисық өзгеруі есептеліп берілген. Екі дәрежелі сызба интегралды көрсеткішті жетерліктей жоғары қаматамасыз етіп, үш деңгейлі КИМ тоғы іс жүзіне синусоидалды.

ЖӨ мен КИМ қуаттанатын сорғы қозғалтқыш тоғының өзгеру коэффициенті



3.11 сурет

3.3.3 Жоғары гармондық токтардан сорғы қозғалтқышының орамының шығыны

АД орамындағы қосымша Несинусоидалды жүріп жатқан токпен байланысқан шығындарды былай анықтауға болады

$$\Delta P_v = 3 \sum_v (r1 I_{1v}^2 + r2 I_{2v}^2). \quad (3.40)$$

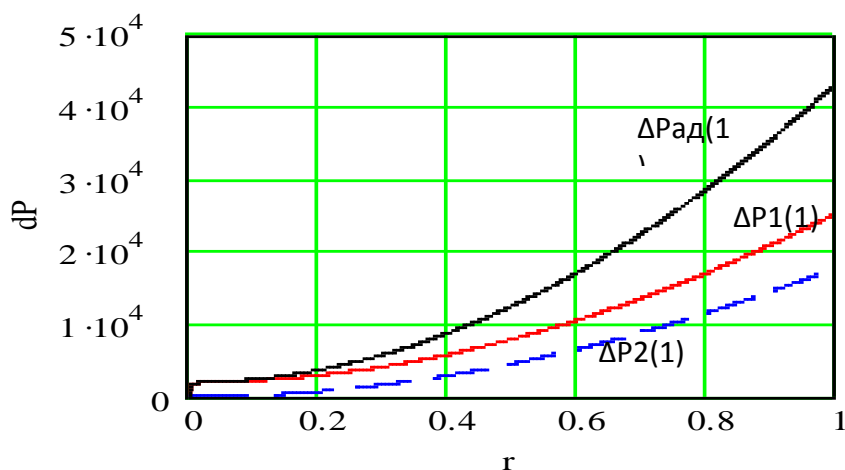
Жоғары үйлесімді токтың шығындары амплитуданың шаршысына пропорционал болғандықтан, токтың өзгеру коэффициентінің алдыңғы бөлімдердегі белгілі есеппен өткізген ыңғайлы.

$$\Delta P_v = 3(r1 I_1^2 / K_{i1}^2 + r1 I_2^2 / K_{i2}^2). \quad (3.41)$$

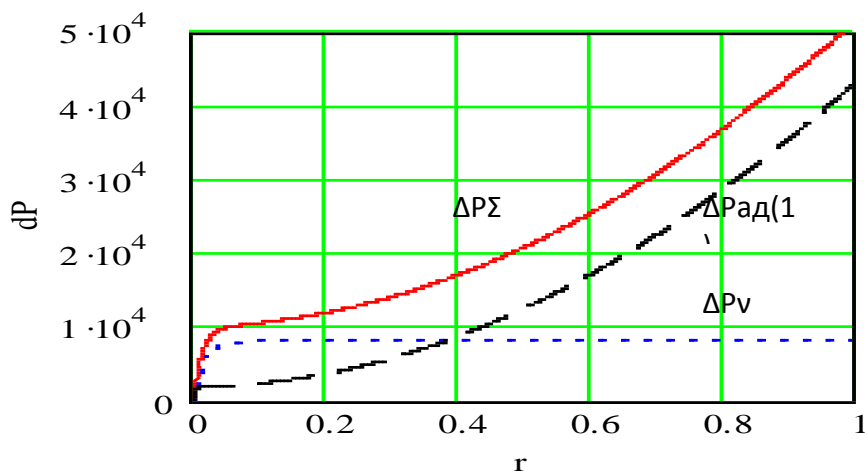
3.12 суретте есептеулердің шешімі келтірілген. Қисық шығындардың талдамасы, мынаны:

Кі бірдей практикалық мағынада жоғары үйлесімдікті ток қозғалтқышының жаңашаланған қосымша мыс шығынының шығысқа қарағанда байқалатын төмен, ротор мен статордың қарсыласуы аздаған белсенділікпен байланысқан:

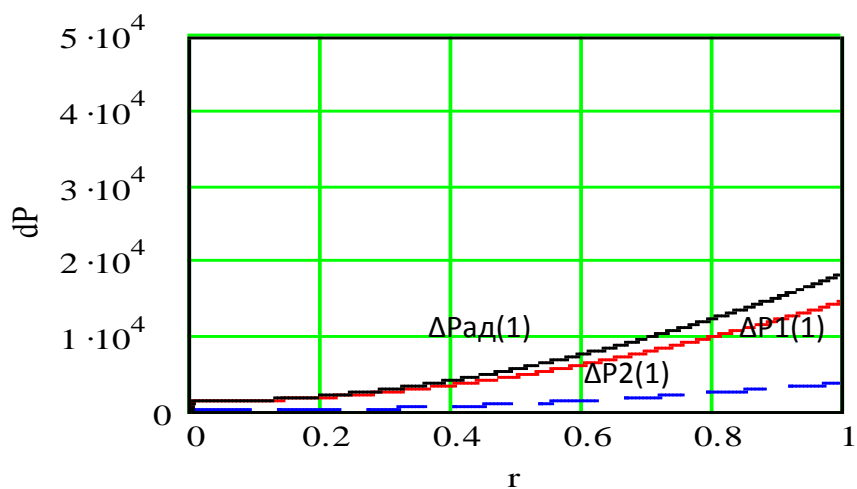
Сорғы қозғалтқышының орамындағы күштің шығыны



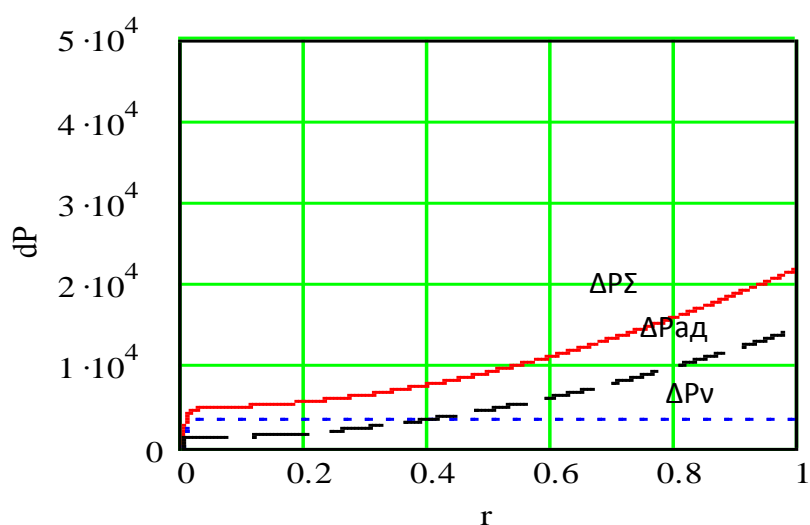
а) Бірінші үйлесімді ток қозғалтқышының шығысындағы шығыны



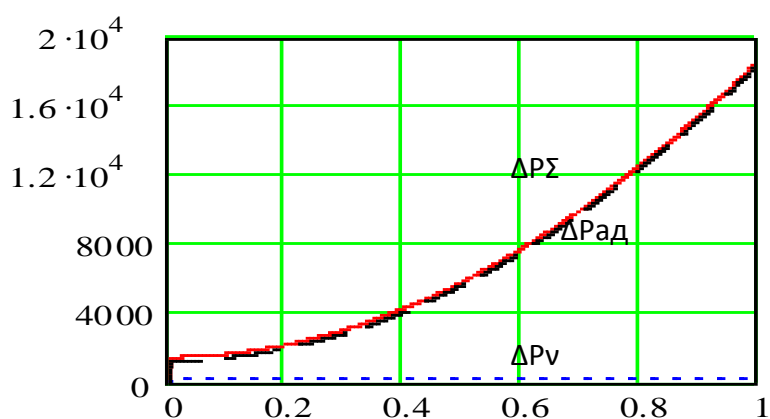
в) несинусоидальды токтың есебімен қозғалтқыш шығынының шығыны, $p=6$



с) бірінші үйлесімді ток қозғалтқышының жаңашалаудағы шығыны



д) несинусоидальды токтың есебімен қозғалтқышты жаңашалаудағы шығыны, $p=6$



е) несинусоидальды токтың есебімен қозғалтқышты жаңашалаудағы шығыны, $p=12$
3.12 сурет

$\Delta P_1(1)$ – бірінші үйлесімдік ток статорының орамының шығыны;

$\Delta P_2(1)$ - бірінші үйлесімдік ток роторының орамының шығыны;

$\Delta P_{ад}$ - бірінші үйлесімдік токтың АД орамының ортақ шығыны;

ΔP_v - жоғары үйлесімдік токтың АД орамындағы шығыны;

ΔP_{Σ} - АД орамындағы жиынтықтардың шығыны;

ӨЖ үш деңгейлі сұлбасы күштің қосымша шығындарын ескермей аз мөлшерге дейін төмендетуге мүмкіндік береді, КИМ мұндай жүйесі токтың жоғары үйлесімділігін 0,5 кВт қамтамасыз етеді.

Қорытындысы

1. Диссертацияда жүргізілген сараптама басқару заңдылықтарын, НПС сорғы агрегатында бірдей емес қозғалтқыштар базасының жиілігін өңдейтін элементтік басқару үшін сұлбалардың едәуір перспективті нұсқасын анықтауға мүмкіндік береді. Осы кезеңде кең диапазонда, жоғары энергетикалық көрсеткіштермен сорғы жетегін реттеуді қамтамасыз ететін, тұрақты ток белгісімен жиіліктің өңделуінде жартылай өткізгішті техникаға ерекше ықылас беріледі. Өңдегіштегі коммутациялық процесстерге аздаған шығындардың және кәдімгі басқару жүйесі ӨЖ мен КИМ алдында байланысқан ӨЖ және АИ кейбір артықшылықтарды алады, бірақ кернеу мен токтың сапасы жағынан соңғы орын береді. ӨЖ мен КИМ элементтік базасындағы даму мүмкіндігі одан әрі өсетінін атап кеткен жөн.

2. Веторлық бөлімдегі – үйлесім әдісінің бірдей емес қозғалтқыштың электромагниттік процессінің сараптамасы, сонымен қатар интегралды сипаттамасының әр түрлі нұсқадағы ӨЖ қуаттанатын АД тоғы мағынасының жеделдігі үшін салыстырмалы жай мағынаны алуға мүмкіндік берді.

3. Жүргізілген зерттеулер бойынша сорғы жетегін қолдануда АИ ток қозғалтқыштарының жоғары үйлесімділік тәртібімен $6n \pm 1$ және қатыстық амплитудамен $1/6n$ шектеулі спекторды құрайды. ӨЖ және КИМ токтарынан қуаттану кезінде АД жиілігінен және амплитудадан тәуелді, бірақ амплитудаданың үйлесімділігін құрайтын статор кернеуі мен жиілікті беретін мағынасында аса қиын спектральды құрам бар. КИМ нұсқасының маңызды артықшылығы мен бағаның салыстырмалы нұсқасы қозғалтқыш токтарының өзгеру коэффициенті бойынша жүргізіледі. Сорғы агрегатын реттеу диапазонында токтың өзгеру коэффициенті КИМ қолдану кезінде құрады.

- Кі бірдей мағынасы кезінде, жанашаланған қозғалтқышты мыстың қосалқы шығындары токтың жоғары үйлесімділігінен алдындағыдан айтарлықтай төмен. Статор мен ротордың аздаған белсенді қарсыластығымен байланысты.

- Үш деңгейлі ӨЖ сұлбасын қолдану қосалқы шығындардың қуатын ескерілмейтін аз мөлшерге дейін төмендетуге мүмкіндік береді, КИМ мұндай жүйесі жоғары үйлесімдіктен 0,5 кВт аспайтын мағынасын қамтамасыз етеді.

- **Әдебиеттер тізімі**

- 1. Ильинский Н.Ф., Козаченко В.Ф. Общий курс электропривода. –М.: Энергоатомиздат, 1992. – 543 с.
- 2. Зеленов А.Б., Карочкин А.В. Автоматизированный электропривод и следящие системы. – Харьков: ХГУ, 1965. – 363 с.
- 3. Копылов И.П. Электромеханика планеты земля.-М.: МАИ, 1998.- 260 с.
- 4. Копылов И.П. Электрические машины. – М.: Логос, 2000. – 606 с.
- 5. Пиотровский Л.М. Электрические машины. – Ленинград: Энергия, 1972. - 497 с.
- 6. Брускин Д.Е., Зорохович А.Е., Хвостов В.С. Электрические машины и микромашины. – М.: Высшая школа, 1972. – 430 с.
- 7. Гинзбург С.А., Лехтман И.Я., Малов В.С. Основы автоматики и телемеханики. – М.: Энергия, 1968. – 512 с.
-
-