

**Коммерциялық емес
акционерлік қоғам**



**АЛМАТЫ ЭНЕРГЕТИКА
ЖӘНЕ БАЙЛАНЫС
УНИВЕРСИТЕТІ**

**Электр жетегі және
автоматтандыру кафедрасы**

ЭЛЕКТР ЖЕТЕГІ

**5В081200-Ауыл шаруашылығын энергиямен қамтамасыз ету мамандығының
студенттері үшін есептеу-сызба жұмыстарын орындау бойынша әдістемелік
нұсқаулықтар**

Алматы 2017

ҚҰРАСТЫРҒАНДАР: С.Б. Алексеев, К.Ж. Калиева, Д.М. Чныбаева.
Электр жетегі. 5B081200 - Ауыл шаруашылығын энергиямен қамтамасыз ету
мамандығының студенттері үшін есептеу-сызба жұмыстарын орындау
бойынша әдістемелік нұсқаулықтар. – Алматы: АЭЖБУ. 2017. – 21 б.

«Электр жетегі» пәнінен есептеу-сызба жұмыстарын орындау бойынша
әдістемелік нұсқаулықтар теориялық мағлұматтардан, есептерді шешу
мысалы мен әдістемесін қамтыған.

Сур.9, кесте 6, әдеб.- 6 атау.

Пікір беруші: аға оқытушы Курпенев Б.М.

«Алматы энергетика және байланыс университеті» коммерциялық емес
акционерлік қоғамының 2017 жылғы баспадан шығару жоспары бойынша
басылады.

© «Алматы энергетика және байланыс университеті» КЕАҚ, 2017 ж.

Сергей Борисович Алексеев
Казима Жанбырбаевна Калиева
Данна Максуткановна Чныбаева

ЭЛЕКТР ЖЕТЕГІ

5B081200-Ауыл шаруашылығын энергиямен қамтамасыз ету мамандығының студенттері үшін есептеу-сызба жұмыстарын орындау бойынша әдістемелік нұсқаулықтар

Редактор Ж.Н. Изтелеуова
Стандарттау бойынша маман Н.К. Молдабекова

Басуға ___ қол қойылды
Таралымы _____ дана
Көлемі 1,38 оқу. – бас.әд.

Пішіні 60x84 1/16
Баспаханалық қағаз №1
Тапсырыс ___ Бағасы 690 тг

Алматы энергетика және байланыс университеті»
коммерциялық емес акционерлік қоғамының
көшірмелі-көбейткіш бюросы
050013, Алматы, Байтұрсынұлы көшесі, 126

Мазмұны

Кіріспе.....	4
1 Түсіндірме жазбасын жазуға және мазмұнына, құрылымына қойылатын негізгі талаптар.....	5
1 Есептеу-сызба жұмыс №1. Тұрақты ток электрқозғалтқышының механикалық сипаттамасын есептеу.....	5
2 Есептеу-сызба жұмыс №2. Жиілік реттегішті электр жетегінің механикалық сипаттамасын есептеу	8
3 Есептеу-сызба жұмыс №3. Жиілік реттегішті электр жетегін модельдеу.....	10
А қосымшасы	16
Б қосымшасы	18
Әдебиеттер тізімі	20

Кіріспе

5B081200 - Ауыл шаруашылығын энергиямен қамтамасыз ету мамандығының барлық білім беру түрлеріне студенттерді дайындау үшін «Электр жетегі» пәнінен есептеу-сызба жұмыстарын орындауға арналған әдістемелік нұсқау.

Есептеу-сызба жұмысының басты мақсаты – ол студенттердің дәрістік, зертханалық жұмыстарда алған білімдерін теориялық қағидаларын тереңірек түсінуге, сонымен бірге студенттердің электр жетегінен қолданбалы есептерді шешу тәжірибелерін жетілдіру.

Пән бойынша үш есептеу-сызба жұмысын (ЕСЖ) орындау қарастырылған, оларда тұрақты және айнымалы тоқтағы электрқозғалтқыштарын басқару принциптері қарастырып, сонымен қатар берілген режимдерде механикалық сипаттамаларды есептеу және тұрғызу орындалады.

Электрқозғалтқыштардың табиғи және жасанды сипаттамаларын есептеу және тұрғызу студенттерге электр жетегінің жұмыс режимдерінің сараптамасын игеруіне және олардың түрлеріне сәйкес реттелетін шамаларының өзгерістерін көрнекі бағалауға көмектеседі.

Әдістемелік нұсқауда студенттерге өз бетінше тапсырмаларды орындау үшін қысқаша теориялық мағлұматтар, жазба түсініктемесінің мазмұнына және жазылуына, құрылымына, ұсынылған библиографиялық көздерге қойылатын негізгі талаптар келтірілген.

1 Жазба түсініктемесінің мазмұнына және жазылуына, құрылымына қойылатын негізгі талаптар

Жазба түсініктемесі (ЖТ) А4 (297×210) мм форматтағы бетте орындалады. Жазба түсініктемесінің мәтіні КЕАҚ СТ 56023-1910-04-2014 [6] талаптарына сәйкес жазылуы тиіс.

Есептеу-сызба жұмыс негізгі мынадай компоненттерден тұрады:

- 1) КЕАҚ СТ 56023-1910-04-2014 (қосыша С) [6] формасындағы мұқаба.
 - 2) Есептеу-сызба жұмысының арнайы бланкасындағы (қосымша В) тапсырма ЖТ-нің екінші парағы болып табылады.
 - 3) КЕАҚ СТ 56023-1910-04-2014 формасындағы мазмұны ЖТ-нің үшінші парағы болып табылады.
 - 4) Кіріспе, мазмұны: есептеу-сызба жұмыс тақырыбының өзектілігі; жұмысты орындау кезіндегі тапсырмалар тізімі; осы есептерді шығарардағы қолданылған әдістер және құрылғылар.
 - 5) Жұмыс тақырыбы бойынша қысқаша теориялық мағлұмат.
 - 6) Әрбір есептер бойынша сұлба, есептеулер, сызбалар, модельдеу нәтижесі және қорытындысы бар есептеу-сызба бөлік.
 - 7) Қорытынды негізгі нәтижелерден және қысқаша түйіндемеден тұру керек.
 - 8) Әдебиеттер тізімі жұмысты орындау барысында қолданылған ғылыми техникалық көздердің тізімі авторларының тектері алфавиттік тәртіпте КЕАҚ СТ 56023-1910-04-2014 [6] талаптарына сәйкес орындалуы керек. Жазбаша түсініктеме мәтінінде библиографиялық көздерге сілтемелер болуы керек.
- Есептеу-сызба жұмысты қорғау кезінде ескеріледі: жұмыстың бекітілген оқу үрдісі сызбада көрсетілген қорғауға мезгілінде тапсырылғаны; тапсырылған жұмыстың мазмұны берілген тапсырмаға сәйкестігі; есептеу-сызба жұмыстың жазылуы [6] және ҚҚБЖ талаптарына сәйкестігі; есептеу-сызба жұмысты қорғау кезінде қойылған сұрақтарға жауаптары.

2 Есептеу-сызба жұмыс №1

2.1 Тапсырма 1

Тәуелсіз қоздырылатын тұрақты ток қозғалтқышы үшін:

- 1) $2I_H$ деңгейінде қозғалтқыштың орнынан қозғау тогын шектейтін орнынан қозғау резисторының (R_D) мәнін анықтау керек.
- 2) Электрқозғалтқышының якорь тізбегінде қала отырып оның номинал ток және жылдамдығы $K\omega_n$ (K коэффициентін оқытушы береді) тең жұмысын қамтамасыз ететін қосымша резистор (R_D) мәнін анықтау керек.
- 3) Егерде якорь тізбегінде орнынан қозғау және қосымша резисторлар қосылған болғанда жұмыс істейтін электрқозғалтқышының жылдамдығын анықтау керек.

4) ($\omega = K \cdot \omega_H$, $I=I_H$) нүктесінен өтетін және тізбектей жалғанған резисторларға ($R_D + R_{II}$) сәйкес табиғи электрмеханикалық, орнынан қозғау электрмеханикалық сипаттамаларын бір сызбада тұрғызу керек.

Электрқозғалтқыштың типін және шамаларын оқытушы қосымша А бойынша береді және 1.1-кестесіне толтырылады.

1.1 кесте – Тәуелсіз қоздырылатын тұрақты ток қозғалтқышының шамалары

№	Атауы	Белгіленуі	Өлшем бірлігі	Мәндері
1	Электрқозғалтқышының номинал қуаты	P_H	$кВт$	
2	Якор тогы	$I_{я}$	A	
3	Номинал кернеу	U	B	
4	Актив кедергі	$R_{я}$	$Ом$	
5	Индуктив кедергі	$L_{я}$	$Гн$	
6	Айналу жиілігі	ω_H	$рад/с$	
7	Номинал момент	M_H	$Н \cdot м$	
8	Инерция моменті	$J_{я}$	$кг \cdot м^2$	
9	Көэффициент	K		

Алға қойылған тапсырманы орындау үшін, тәуелсіз қоздырылған тұрақты ток электрқозғалтқышының электрмеханикалық сипаттамасын түсіндіретін формуланы қолдану қажет [1]:

$$\omega = \frac{U_H - I_{я} \cdot (R_{я} + R)}{k \cdot \Phi}, \quad (2.1)$$

мұндағы U_H – номинал кернеу, В;
 $I_{я}$ – якорь тогы, А;
 $R_{я}$ – якордің актив кедергісі, Ом;
 k – құрылымдық коэффициент;
 Φ – магниттік ағын, Вб.

С коэффициенті мына формуламен анықталынады:

$$C = \frac{M_H}{I_H}. \quad (2.2)$$

$2I_H$ деңгейінде қозғалтқыштың орнынан қозғау тогын шектейтін орнынан қозғау резисторының (R_{II}) мәнін (2.3) формуласымен анықталынады.

Электрқозғалтқышты қосқан кезде оның жылдамдығы $\omega=0$ тең. Барлық белгілі шамаларды электрмеханикалық сипаттама теңдеуіне қойып, орнынан қозғау резисторы R_{II} мәнін анықтаймыз:

$$\omega = \frac{U_H - I_H(R_{Я} + R_{П})}{C}. \quad (2.3)$$

Электрқозғалтқышының якорь тізбегінде қала отырып оның номинал ток $I=I_H$ және жылдамдығы $\omega=K\omega_H$ тең жұмысын қамтамасыз ететін қосымша резистор (R_D) мәнін (2.4) формуласымен анықтаймыз:

$$K\omega = \frac{U_H - I_H(R_{Я} + R_D)}{C}, \quad (2.4)$$

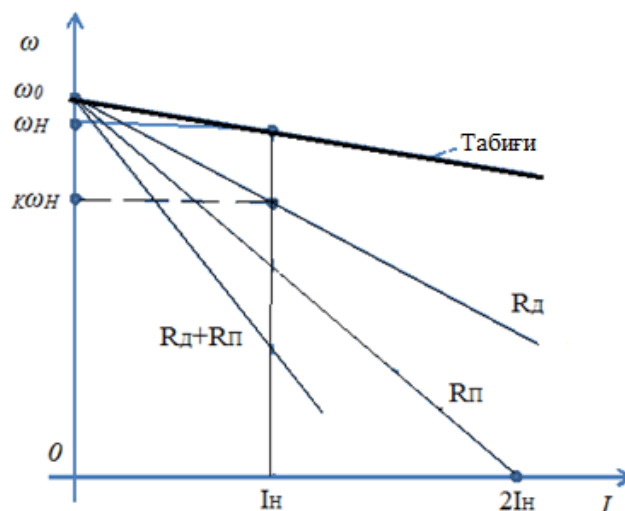
мұнда K -коэффициент, берілген тапсырмаға сәйкес.

Электрмеханикалық сипаттамасын тұрғызу үшін идеал бос жүріс жылдамдығын анықтаймыз:

$$\omega_0 = \frac{U_H}{C}. \quad (2.5)$$

Табиғи электрмеханикалық сипаттама мына нүктелер бойынша: ($\omega=\omega_0$, $I=0$), ($\omega=\omega_H$, $I=I_H$); орнынан қозғау электрмеханикалық сипаттамалары мына нүктелер бойынша: ($\omega=\omega_0$, $I=0$), ($\omega=0$, $I=2I_H$) тұрғызылады. Якорь тізбегіндегі қосымша кедергілерді ескере отырып, дәл осылай жасанды сипаттамалар тұрғызылады [2].

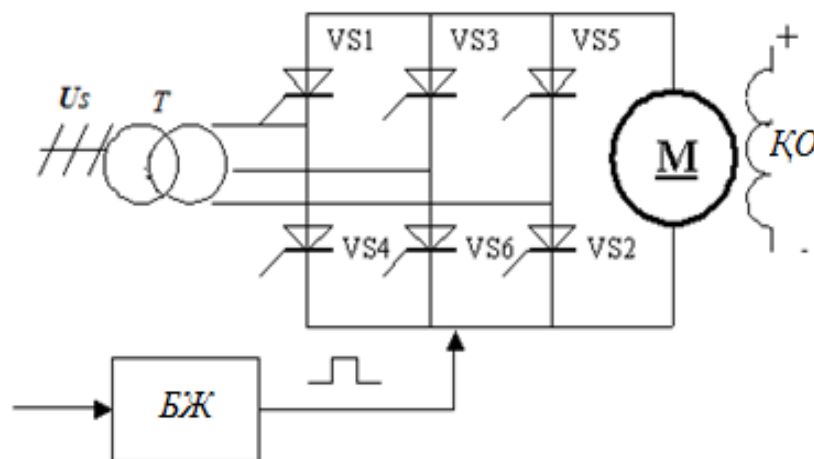
Төменде электрмеханикалық сипаттамаларды тұрғызу мысалы көрсетілген.



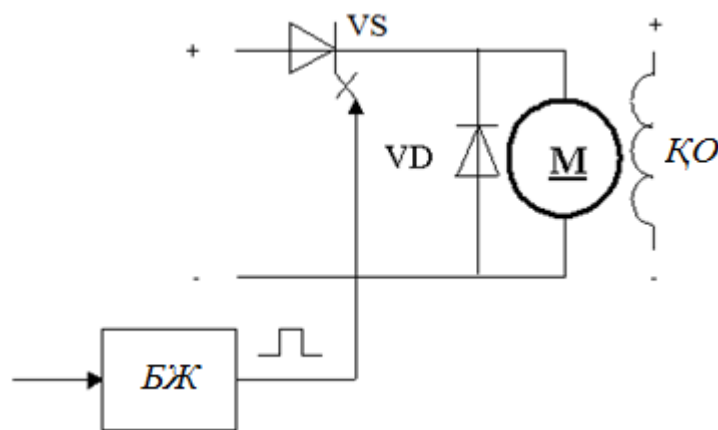
2.1 сурет - Тәуелсіз қоздырылатын тұрақты ток электрқозғалтқышының электрмеханикалық сипаттамалары

2.2 Тапсырма 2

Тәуелсіз қоздырылатын тұрақты ток электрқозғалтқыш жылдамдығын реттеудің екі сұлбасы 2.2 және 2.3 суреттер үшін электрмеханикалық сипаттамаларын $\omega=f(I)$ есептеу және тұрғызу. Бірінші сұлба үшін электрқозғалтқыштың номинал кернеуінде және кернеуі $0,5U_H$ болғанда, екінші сұлба үшін шығыс кернеуінің номинал мәні $0,2U_H$ болғанда коммутация жиілігі 1000 Гц . Сипаттамаларды бір сызбада тұрғызу керек. Қозғалтқыштың типі және шамалары 2.1 тапсырмасына сәйкес келеді.



2.2 сурет – Үшфазалы көпірлі түзеткіш негізіндегі электр жетегі



2.3 сурет – Импульсті реттелмелі электр жетегі

Сериялық тұрақты ток электржетектерінде бұрыштық жылдамдықты якорь тізбегіндегі кернеумен реттеу әдетте бірфазалы және үшфазалы тиристорлық түзеткіштер және ендік-импульсті реттегіштер көмегімен орындалады, оларда қозғалтқыштың айналу жиілігін тиімді реттеу кең диапазонда орындау қамтамасыз етіледі [3].

Кері байланысы жоқ реттеу жүйесіндегі басқарылатын түзеткіштен 2.2 сурет қоректенетін тұрақты ток электрмеханикалық сипаттамасының теңдеуін келесі түрде болады:

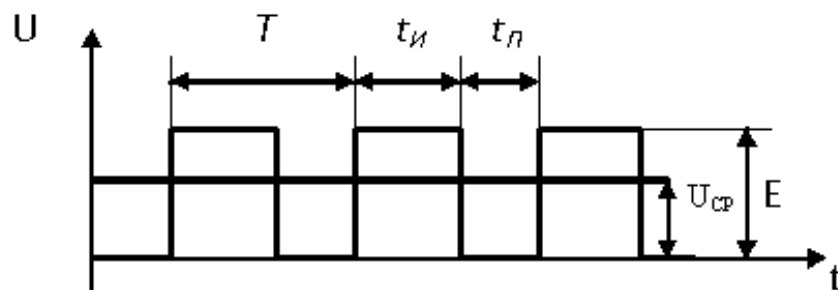
$$\omega = \frac{(U_H \cos \alpha - IR_{Я})}{C}, \quad (2.6)$$

α – БЖ басқару сұлбасы құрастыратын тиристорлы түрлендіргіштің басқару бұрышы ($\alpha = 0 \div 90^\circ$).

2.2 суреттегі ендік-импульсті түрлендіргіш үшін сипаттама теңдеуі келесі түрде болады:

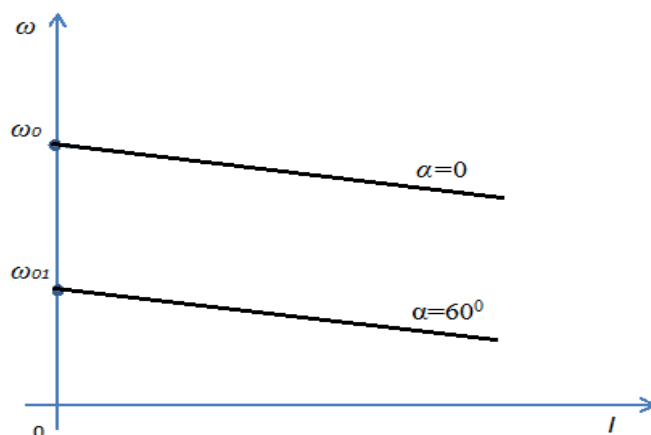
$$\omega = \frac{(\varepsilon U_H - IR_{Я})}{C}, \quad (2.7)$$

мұнда $\varepsilon = t_u / T$ – реттеу коэффициенті (t_u – импульс ұзақтығы, T – период).



2.4 сурет – ЕИР әдісін қолданғандағы жүктеменің шығыс кернеуі

Электрмеханикалық сипаттамаларды тұрғызу үшін координаталары келтірілген формулалар бойынша анықталынады, ал сипаттамалар әрбір сұлбалар үшін жеке-жеке сызбаларда тұрғызылады.



2.5 сурет – Тәуелсіз қоздырылған тұрақты ток электрқозғалтқышының әртүрлі кернеулер мәндеріндегі электрмеханикалық сипаттамалары

3 Есептеу –сызба жұмыс №2

3.1 Тапсырма

Жиілік түрлендіргіштен қоректенетін берілген қуаттағы асинхронды электрқозғалтқыш үшін табиғи сипаттамасын ($f=50\text{Гц}$) және жасанды механикалық сипаттамалары $U/f=const$ жиілік реттеу заңдылығында берілген жиіліктерде ($f_1=f_2=f_3$) есептеу және тұрғызу керек. $\omega=f(M)$ сипаттамаларын барлық жиіліктер үшін бір сызбада тұрғызу керек.

Электрқозғалтқыштың типін және шамаларын оқытушы қосымша Б бойынша береді және 3.1-кестесіне толтырылады.

3.1 кесте – Асинхронды қозғалтқыштың шамалары

№	Атауы	Белгіленуі	Өлшем бірлігі	Мәндері
1	Қозғалтқыш типі			
2	Электрқозғалтқышының номинал қуаты	P_n	кВт	
3	Номинал ток	I_n	А	
4	Номинал кернеу	U_n	В	
5	Синхронды айналу жылдамдығы	n_n	айн./мин	
6	Номинал сырғанау	$s_{ном}$	с.ө.б.	
7	Негізгі магнит ағынының индуктив кедергісі	X_μ	с.ө.б.	
8	Статор орамының актив кедергісі	R_1	с.ө.б.	
9	Статор орамының индуктив кедергісі	X_1	с.ө.б.	
10	Статор орамына келтірілген ротор орамының актив кедергісі	R_2'	с.ө.б.	
11	Статор орамына келтірілген ротор орамының индуктив кедергісі	X_2'	с.ө.б.	
12	Қуат коэффициенті	$\cos\varphi$	с.ө.б.	

Асинхронды қозғалтқыштың механикалық сипаттамалары абсолюттік өлшем бірлікте орындалады. Ол үшін электрқозғалтқыштың каталогтан көшірілген салысырмалы өлшем бірліктегі кедергілер шамалары абсолюттік бірлікке базалық кедергіге көбейту арқылы келтіріледі [4].

Базалық кедергі кернеу мен токтың белгілі номинал мәндер бойынша анықталынады:

$$Z_B = \frac{U_n}{I_n}. \quad (3.1)$$

Асинхронды электрқозғалтқышының айналмалы моменті орын басу сұлбасына сәйкес, келесі теңдеумен анықталынады [1]:

$$M = \frac{3U^2_{\phi} R_2'}{\omega_0 [(R_1 + \frac{R_2'}{s})^2 + (X_1 + X_2')^2] s}. \quad (3.2)$$

$M=f(s)$ механикалық сипаттаманы есептеу үшін Клосс теңдеуі қолданылады:

$$M_D = \frac{2M_K(1 + as_K)}{\frac{s}{s_K} + \frac{s_K}{s} + 2as_K}, \quad (3.3)$$

мұнда M_K - қозғалтқыштың максимал (критикалық) моменті, Н·м.

$$M_K = \frac{3U_{\phi}^2}{2\omega_0 [R_1 \pm \sqrt{R_1^2 + (X_1 + X_2')^2}]}, \quad (3.4)$$

мұнда s_K - критикалық сырғанау.

$$s_K = \pm \frac{R_2'}{\sqrt{R_1^2 + (X_1 + X_2')^2}}, \quad (3.5)$$

мұнда ω_0 - бұрыштық синхронды жылдамдық, рад/с.

$$\omega_0 = \frac{\pi \cdot n_0}{30}. \quad (3.6)$$

$$a = \frac{R_1}{R_2'}. \quad (3.7)$$

Есептелінген M_K , s_K және a шамаларын (3.3) формуласына қойып, және сырғанау S 0 ден 1-ге шейін мәндер бере отырып электрқозғалтқышының $M=f(s)$ механикалық сипаттамасын алуға болады (3.2 кесте).

Сырғанау мәндері S 0 ден 1-ге шейін мәндер бере отырып, электрқозғалтқыштың тиесілі моменттері анықталынады (3.2 кесте).

$\omega=f(M)$ механикалық сипаттамасын тұрғызу үшін сырғанаудың берілген мәніндегі бұрыштық жылдамдық былай анықталынады:

$$\omega = \omega_0 - \omega_0 \cdot s. \quad (3.8)$$

3.2 кесте – Қозғалтқыштың жиілік $f_1=50$ Гц болғандағы механикалық сипаттама координаталары

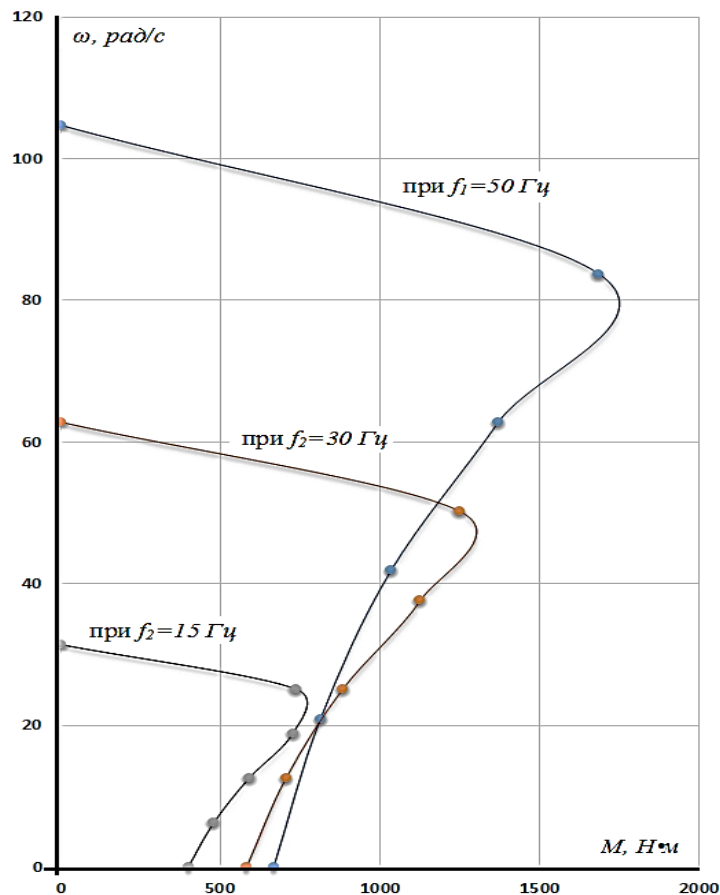
S						
$M, Н\cdot м$						
$\omega, рад/с$						

Берілген жиіліктердің жасанды механикалық сипаттамалары $U/f=const$ жиілік реттеу заңдылығында табиғи сипаттамасы сияқты есептелінеді, бірақта қозғалтқыштың индуктив кедергісі берілген жиіліктерде есептелініп отырылуы тиіс:

$$X = \omega \cdot L = 2\pi \cdot f \cdot L, \quad (3.9)$$

мұндағы L - индуктивтілік, Гн;
 f – жиілік, Гц.

Механикалық сипаттаманың мысалдық түрі 3.1-суретінде көрсетілген.



3.1 сурет - Үш жиіліктегі асинхронды қозғалтқыштың механикалық сипаттамасы

4 Есептеу-сызба жұмыс №3

4.1 Тапсырма

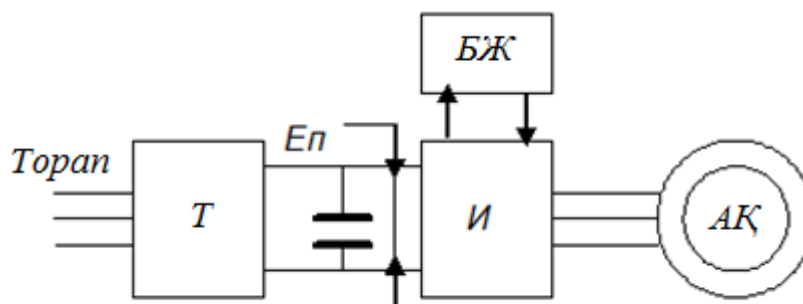
Жиілік түрлендіргіш-асинхронды қозғалтқыш (ЖТ-АҚ) жүйесінде $U/f=const$ реттеу заңдылығында *Matlab* бағдарламалық ортада модель құру, берілген үш жиілікте шамаларды есептеу және механикалық сипаттамаларды тұрғызу керек. Қозғалтқыштың жүктемелік үрдісінде механикалық сипаттамаларды тұрғызу кезінде осциллограммалау.

Электрқозғалтқыштың типін және шамаларын оқытушы қосымша Б бойынша береді және 4.1-кестесіне толтырылады.

4.1 кесте – Асинхронды қозғалтқыштың шамалары

№	Атауы	Белгіленуі	Өлшем бірлігі	Мәндері
1	Қозғалтқыш типі			
2	Электрқозғалтқышының номинал қуаты	P_H	кВт	
3	Номинал ток	I_H	А	
4	Номинал кернеу	U_H	В	
5	Синхронды айналу жылдамдығы	n_H	айн./мин	
6	Номинал сырғанау	$s_{ном}$	с.ө.б.	
7	Негізгі магнит ағынының индуктив кедергісі	X_μ	с.ө.б.	
8	Статор орамының актив кедергісі	R_1	с.ө.б.	
9	Статор орамының индуктив кедергісі	X_1	с.ө.б.	
10	Статор орамына келтірілген ротор орамының актив кедергісі	R_2'	с.ө.б.	
11	Статор орамына келтірілген ротор орамының индуктив кедергісі	X_2'	с.ө.б.	
12	Қуат коэффициенті	$\cos\varphi$	с.ө.б.	

КИМ жиілік реттегіш электр жетегінің құрылымы 4.1-суретінде көрсетілген.



4.1 сурет – КИМ жиілік реттегіш электр жетегінің құрылымы

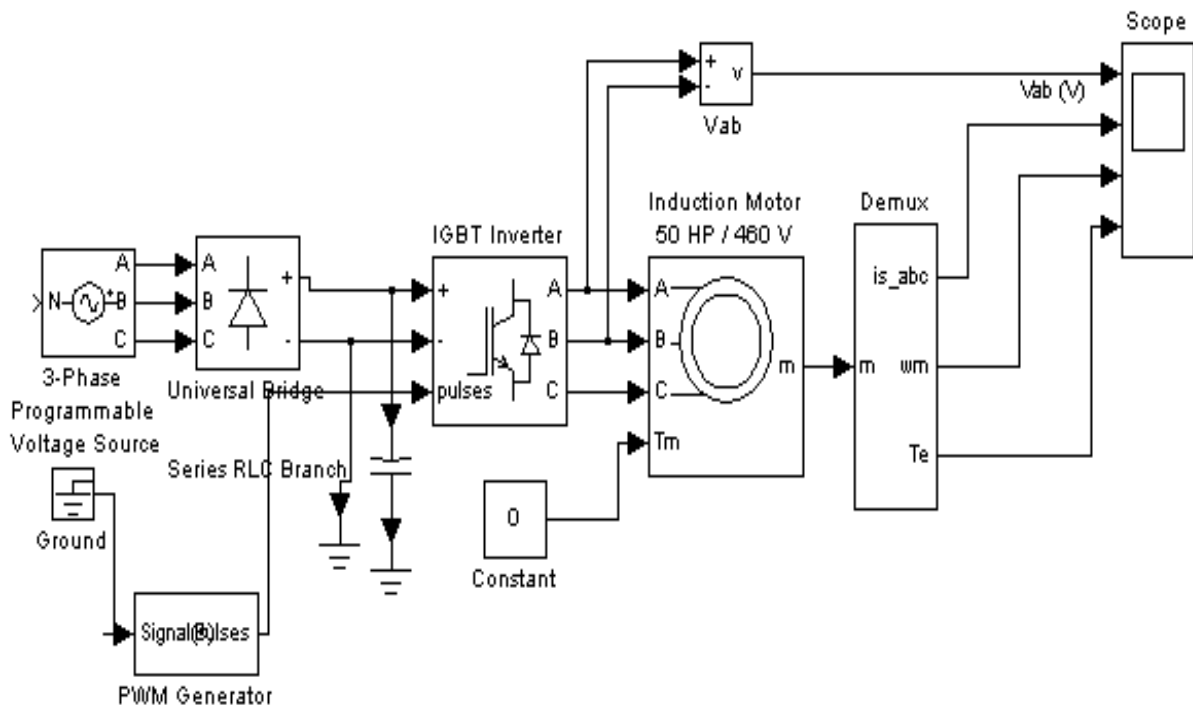
Matlab Simulink функционалды блоктарынан тұрғызылған ПЧ-АД моделі, 4.2-суретте келтірілген.

Электр жетегі моделімен жұмыс жасау үшін электрқозғалтқышының шамаларын абсолюттік өлшем бірлікте алдыңғы тапсырма бойынша қайта есептеп және оларды модел элементтеріне енгізу қажет.

Жиілік түрлендіргішінің күштік сұлбасы (4.1 сурет) диодтар негізіндегі басқарылмайтын түзеткіштен, конденсатордан C және транзистор кілттеріндегі (IGBT) инверторлардан тұрады. Шығыс кернеуінің модуляциясы КИМ әдістемесімен синусоидалық заңдылықпен орындалынады. Инвертордың шығыс кернеуінің модуляция коэффициентіне тәуелділігі мына формуламен анықталынады:

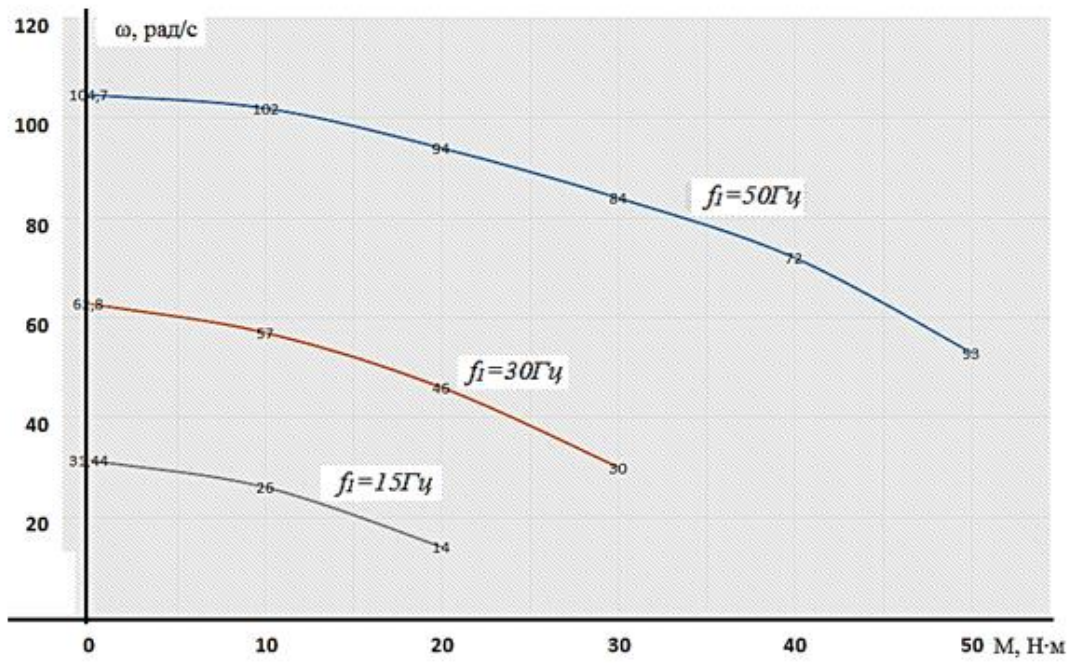
$$U_{H,f} = U_u \mu \sin \omega_s t. \quad (4.1)$$

мұндағы μ – модуляция тереңдік коэффициенті;
 ω_s – модуляцияның шеңберлік жиілігі.



4.2 сурет - *Matlab Simulink* функционалды блоктарынан құралған ЖТ-АҚ моделі

Берілген жиіліктік реттеу заңдылығын орындау үшін *PWM* блогына берілген шығыс жиілігі және осы жиілікте есептелген модуляция коэффициенті μ енгізіледі. Алып жүретін жиілік 2000 Гц қойылады. Механикалық сипаттамаларды алу әдісі [5] келтірілген. Төменде 4.3 суретте модельдеу үрдісінде алынған механикалық сипаттаманың мысалы келтірілген.



4.3 сурет – Асинхронды қозғалтқыштың қоректендіруші кернеудің әртүрлі жиіліктерінде модельде алынған механикалық сипаттамалары

А қосымшасы

А.1 кесте - Тұрақты ток электрқозғалтқышы

Нұсқа №	Қуат, P, кВт	Номинал кернеу, U _н , В	Якор тогы, I _н , А	Актив кедергі, R _я , Ом	Индуктив кедергі, L _я , Гн	Айналу жиілігі, ω _н рад/с	Номинал момент, M _н , Н·м	Инерция моменті, J _я , кг·м ²
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	1,5	220	9	1,99	0,446	314	4,6	0,042
2	2,2	220	12,5	1,03	0,321	314	6,8	0,052
3	3,2	220	17,5	0,642	0,229	314	10	0,09
4	4,5	220	24,3	0,352	0,165	314	14	0,116
5	6	220	33	0,36	0,122	314	18,6	0,15
6	11	220	59	0,121	0,068	314	34	0,008
7	19	220	98,6	0,054	0,041	314	59	0,14
8	22	220	116	0,128	0,055	314	18,6	1,0
9	37	220	192	0,124	0,039	314	34	2,0
10	55	220	280	0,128	0,055	314	59	3,6
11	1,5	220	9	0,124	0,039	157	18,6	3,6
12	2,2	220	12	1,205	0,335	157	13,6	0,116
13	3,2	220	18,4	1,032	0,218	157	20	0,15
14	4,5	220	25,4	0,78	0,158	157	28	0,18
15	6	220	33,2	0,472	0,121	157	37,2	0,35
16	8	220	43,5	0,269	0,092	157	49,7	0,4
17	11	220	59,5	0,187	0,067	157	68,3	0,56
18	14	220	73,5	0,128	0,055	157	87	0,65
19	19	220	103	0,124	0,039	157	118	1,4
20	22	220	116	0,128	0,055	157	37,2	0,35
21	37	220	192	0,124	0,039	157	49,7	0,4
22	55	220	280	0,128	0,055	157	37,2	0,35
23	1,5	220	9	0,124	0,039	104,7	49,7	0,4

А.1 кестенің жалғасы

1	2	3	4	5	6	7	8	9
24	2,2	220	12,5	1,205	0,335	104,7	13,6	0,116
25	3,2	220	17,5	1,032	0,218	104,7	20	0,15
26	4,5	220	24,3	0,78	0,158	104,7	28	0,18
27	6	220	33	0,472	0,121	104,7	37,2	0,35
28	8	220	43,5	0,269	0,092	104,7	49,7	0,4
29	11	220	59,5	0,187	0,067	104,7	68,3	0,56
30	14	220	73,5	0,128	0,055	104,7	87	0,65
31	19	220	103	0,124	0,039	104,7	118	1,4
32	22	220	116	1,205	0,335	104,7	13,6	0,116
33	37	220	192	1,032	0,218	104,7	20	0,15
34	55	220	280	0,78	0,158	104,7	28	0,18
35	1,5	220	9	0,472	0,121	78,5	37,2	0,35
36	2,2	220	12,5	0,269	0,092	78,5	49,7	0,4
37	3,2	220	17,5	0,187	0,067	78,5	68,3	0,56
38	4,5	220	24,3	0,128	0,055	78,5	87	0,65
39	6	220	33	0,124	0,039	78,5	118	1,4
40	8	220	43,5	0,472	0,121	78,5	37,2	0,35
41	11	220	59,5	0,269	0,092	78,5	49,7	0,4
42	14	220	73,5	0,187	0,067	78,5	68,3	0,56
43	19	220	103	0,128	0,055	78,5	87	0,65
44	22	220	116	0,124	0,039	78,5	118	1,4
45	37	220	192	0,128	0,055	78,5	37,2	0,35
46	55	220	280	0,124	0,039	78,5	49,7	0,4

Б қосымшасы

Б.1 кесте - 4А сериялы электрқозғалтқыштарының техникалық берілімдері

№	Қозғалтқыш типі	Электрқозғалтқышының номинал қуаты	Номинал ток	Номинал кернеу	Синхронды айналу жылдамдығы	Синхронды бұрыштық жиілік	Номинал сырғанау	Негізгі магнит ағынының индуктив кедергісі	Статор орамының актив кедергісі	Статор орамының индуктив кедергісі	Статор орамына келтірілген ротор орамының актив кедергісі	Статор орамына келтірілген ротор орамының индуктив кедергісі	Қуат коэффициенті
		P_H , кВт	I_H , А	U_H , В	n_n , об/мин	ω , c^{-1}	$s_{ном}$, о.е.	$X\mu$, о.е.	R_l , о.е.	X_l , о.е.	R_2 , о.е.	X_2 , о.е.	$\cos\varphi$, о.е.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1	4А 71В2У3	1,1	5,5	220	3000	314	0,063	2,8	0,13	0,054	0,069	0,084	0,87
2	4А 80А2У3	1,5	6,5	220	3000	314	0,05	2,5	0,084	0,051	0,049	0,081	0,85
3	4А 80В2У3	2,2	6,5	220	3000	314	0,05	2,7	0,076	0,05	0,049	0,087	0,87
4	4А 90L2У3	3,0	6,5	220	3000	314	0,054	3,4	0,072	0,057	0,047	0,01	0,88
5	4А 100S2У3	4,0	7,5	220	3000	314	0,04	3,4	0,054	0,055	0,036	0,099	0,89
6	4А 100L2У3	5,5	7,5	220	3000	314	0,04	3,8	0,050	0,054	0,036	0,11	0,91
7	4А 112M2У3	7,5	7,5	220	3000	314	0,026	3,7	0,046	0,058	0,028	0,14	0,88
8	4А 132M2У3	11,6	7,5	220	3000	314	0,031	4,2	0,040	0,061	0,025	0,12	0,9
9	4А 160S2У3	15,0	7,5	220	3000	314	0,023	4,0	0,052	0,092	0,022	0,12	0,91
10	4А 160M2У3	18,5	7,5	220	3000	314	0,023	4,5	0,049	0,092	0,022	0,12	0,92
11	4А 180S2У3	22,0	7,5	220	3000	314	0,02	3,6	0,039	0,091	0,020	0,11	0,91
12	4А 180M2У3	30,0	7,5	220	3000	314	0,019	3,8	0,030	0,073	0,018	0,11	0,9
13	4А 200M2У3	37,0	7,5	220	3000	314	0,019	4,1	0,029	0,074	0,021	0,12	0,89
14	4А 200L2У3	45,0	7,5	220	3000	314	0,018	4,9	0,027	0,088	0,020	0,13	0,9

Б.1 кестенің жалғасы

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
15	4A 80A4Y3	1,1	5,0	220	1500	157	0,067	1,7	0,12	0,078	0,068	0,12	0,81
16	4A 80B4Y3	1,5	5,0	220	1500	157	0,067	1,9	0,12	0,078	0,060	0,12	0,83
17	4A 90L4Y3	2,2	6,0	220	1500	157	0,054	2,1	0,098	0,076	0,060	0,13	0,83
18	4A 100S4Y3	3,0	6,5	220	1500	157	0,053	2,2	0,078	0,079	0,053	0,13	0,83
19	4A 100L4Y3	4,0	6,5	220	1500	157	0,053	2,4	0,057	0,079	0,053	0,14	0,84
20	4A 112M4Y3	5,5	7,0	220	1500	157	0,05	2,8	0,064	0,078	0,041	0,13	0,86
21	4A 132S4Y3	7,5	7,0	220	1500	157	0,03	3,0	0,048	0,085	0,033	0,13	0,86
22	4A 132M4Y3	11,0	7,0	220	1500	157	0,028	3,2	0,043	0,085	0,032	0,13	0,86
23	4A 160S4Y3	15,0	7,0	220	1500	157	0,027	4,0	0,047	0,085	0,025	0,13	0,88
24	4A 160M4Y3	18,5	7,0	220	1500	157	0,027	4,3	0,042	0,085	0,024	0,13	0,88
25	4A 180S4Y3	22,0	7,0	220	1500	157	0,02	4,0	0,041	0,080	0,021	0,12	0,9
26	4A 180M4Y3	30,0	7,0	220	1500	157	0,02	3,9	0,034	0,088	0,018	0,12	0,89
27	4A 200M4Y3	37,0	7,0	220	1500	157	0,017	4,4	0,039	0,086	0,018	0,14	0,9
28	4A 200L4Y3	45,0	7,0	220	1500	157	0,018	4,6	0,034	0,082	0,017	0,14	0,9
29	4A 80B6Y3	1,1	4,0	220	1000	104,7	0,08	1,6	0,12	0,11	0,11	0,19	0,74
30	4A 90L6Y3	1,5	5,0	220	1000	104,7	0,064	1,8	0,11	0,11	0,088	0,21	0,74
31	4A 100L6Y3	2,2	5,5	220	1000	104,7	0,051	1,9	0,090	0,11	0,067	0,21	0,73
32	4A 112MA6Y3	3,0	6,0	220	1000	104,7	0,055	1,9	0,085	0,074	0,063	0,10	0,76
33	4A 112MBY3	4,0	6,0	220	1000	104,7	0,051	2,0	0,077	0,073	0,062	0,11	0,81
34	4A 132S6Y3	5,5	7,0	220	1000	104,7	0,041	1,9	0,067	0,072	0,041	0,11	0,8
35	4A 132M6Y3	7,5	7,0	220	1000	104,7	0,032	2,1	0,060	0,070	0,040	0,11	0,81
36	4A 160S6Y3	11,0	6,0	220	1000	104,7	0,03	3,0	0,073	0,11	0,030	0,15	0,86
37	4A 160M6Y3	15,0	6,0	220	1000	104,7	0,03	3,0	0,062	0,10	0,028	0,16	0,87
38	4A 180M6Y3	18,5	6,0	220	1000	104,7	0,027	2,9	0,056	0,11	0,026	0,13	0,87
39	4A 200M6Y3	22,0	6,5	220	1000	104,7	0,025	4,1	0,050	0,11	0,024	0,14	0,9
40	4A 200L6Y3	30,0	6,5	220	1000	104,7	0,023	3,7	0,046	0,12	0,022	0,13	0,9
41	4A 90B8Y3	1,1	6,5	220	750	78,5	0,07	1,4	0,13	0,15	0,11	0,29	0,68

Б.1 кестенің соңы

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
42	4A 100L8Y3	1,5	3,5	220	750	78,5	0,07	1,5	0,11	0,16	0,093	0,32	0,65
43	4A 112MA8Y3	2,2	5,5	220	750	78,5	0,06	1,5	0,093	0,11	0,083	0,17	0,71
44	4A 112MB8Y3	3,0	6,0	220	750	78,5	0,065	1,6	0,080	0,11	0,083	0,17	0,74
45	4A 132S8Y3	4,0	6,0	220	750	78,5	0,041	1,6	0,068	0,1	0,058	0,17	0,7
46	4A 132M8Y3	5,5	6,0	220	750	78,5	0,045	1,8	0,070	0,11	0,061	0,19	0,74
47	4A 160S8Y3	7,5	6,0	220	750	78,5	0,027	2,0	0,075	0,14	0,032	0,18	0,75
48	4A 160M8Y3	11,0	6,0	220	750	78,5	0,027	2,0	0,066	0,13	0,031	0,18	0,75
49	4A 180M8Y3	15,0	6,0	220	750	78,5	0,026	2,4	0,064	0,13	0,030	0,17	0,82
50	4A 200M8Y3	18,5	6,0	220	750	78,5	0,025	2,6	0,057	0,13	0,026	0,18	0,84
51	4A 200L8Y3	22,0	6,0	220	750	78,5	0,027	3,1	0,062	0,14	0,029	0,18	0,84

Әдебиеттер тізімі

- 1 Чиликин М.Г., Сандлер А.С. Общий курс электропривода. Учебник для вузов. – М.: Энергоатомиздат, 1981.- 576 с.
- 2 Вишневский С.Н. Характеристики двигателей в электроприводе. - М.: Энергия, 1977. – 416 с.
- 3 Москаленко В.В. Автоматизированный электропривод. - М.: Энергоатомиздат, 1985. – 416 с.
- 4 Асинхронные двигатели серии 4 А: Справочник. А.Э. Кравчик и др. - М.: Энергоатомиздат, 1985. – 416 с.
- 5 Алексеев С.Б. Электропривод. Методические указания к выполнению виртуальных лабораторных работ специальности 050718-Электроэнергетика. - Алматы: АИЭС, 2009.
- 6 Общие требования к построению, изложению, оформлению и содержанию учебно-методических и учебных работ. СТ НАО 56023-1910-04-2014. - А.: НАО АУЭС. - А., 2014.- 43 с.