

Торайғыров университетінің хабаршысы  
ҒЫЛЫМИ ЖУРНАЛЫ

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ  
Вестник Торайғыров университета

---

# Торайғыров университетінің ХАБАРШЫСЫ

Энергетикалық сериясы  
1997 жылдан бастап шығады



## ВЕСТНИК Торайғыров университета

Энергетическая серия  
Издается с 1997 года

ISSN 2710-3420

---

№ 1 (2023)

ПАВЛОДАР

**НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ**  
**Вестник Торайгыров университета**

**Энергетическая серия**

выходит 4 раза в год \_\_\_\_\_

**СВИДЕТЕЛЬСТВО**

о постановке на переучет периодического печатного издания,  
информационного агентства и сетевого издания

№ 14310-Ж

выдано

Министерство информации и общественного развития  
Республики Казахстан

**Тематическая направленность**

публикация материалов в области электроэнергетики,  
электротехнологии, автоматизации, автоматизированных и  
информационных систем, электромеханики и теплоэнергетики

**Подписной индекс – 76136**

---

<https://10.48081/BNAS6555>

**Бас редакторы – главный редактор**

Кислов А. П.  
*к.т.н., профессор*

Заместитель главного редактора

Талипов О. М., *доктор PhD*

Ответственный секретарь

Калтаев А.Г., *доктор PhD*

**Редакция алқасы – Редакционная коллегия**

Клецель М. Я., *д.т.н., профессор*  
Новожилов А. Н., *д.т.н., профессор*  
Никитин К. И., *д.т.н., профессор (Россия)*  
Никифоров А. С., *д.т.н., профессор*  
Алиферов А.И., *д.т.н., профессор (Россия)*  
Кошеков К.Т., *д.т.н., профессор*  
Приходько Е.В., *к.т.н., профессор*  
Оспанова Н. Н., *к.п.н., доцент*  
Нефтисов А. В., *доктор PhD*  
Омарова А.Р., *технический редактор*

---

За достоверность материалов и рекламы ответственность несут авторы и рекламодатели  
Редакция оставляет за собой право на отклонение материалов  
При использовании материалов журнала ссылка на «Вестник Торайгыров университета» обязательна

© Торайгыров университет

**\*Ә. О. Юсупова<sup>1</sup>, А. О. Потапенко<sup>2</sup>**

<sup>1,2,3</sup>Торайғыров университеті, Қазақстан Республикасы, Павлодар қ.

e-mail: aselasp@mai.ru

## **ӨЛШЕУ ТІЗБЕГІ ЭЛЕМЕНТТЕРІНІҢ КОНСТРУКЦИЯЛАРЫН ТАЛДАУ**

*Өндірісте диагностика үшін өлшеу түрлендіргіштері кеңінен қолданылады, олардың арасында сыйымдылықты өлшеу түрлендіргіштері маңызды орын алады. Түрлендіргіштердің кез-келген түрін пайдалану қуат схемасына қосылуды қамтамасыз етеді. Мақалада егжей-тегжейлі талдау және өлшеу түрлендіргіштерінің сыйымдылығын өлшеудің ең қолайлы схемасын одан әрі таңдау үшін қолданыстағы түрлендіру және өлшеу өлшеу тізбегінің конструкциялары қарастырылады. Диагностика жүйесінің арнайы талаптарына жауап беретін диагностикалық құрылғының қолданыстағы блок-схемаларына сәйкес жоғары жиілікті генератор, өлшеу көпірінен алынған өлшеу тізбегі және генератордың резонанстық жиілігіне реттелген жолақты өткізгіш сүзгі, сондай-ақ тұрақтандырылған тұрақты кернеудің дербес көзі диагностикалық жүйенің элементтері болып табылады. Өлшеу схемасындағы ауа саңылауының қозғалысын түрлендіру ең қарапайым және қолайлы түрлендіру болып табылады, мұнда міндет тек өлшеу органының инсульт шамасын қашықтықтан өлшеуге дейін азаяды, соңғысын талдау арқылы өлшеулер жүргізуге болады. Сыйымдылық сенсорын жоғары жиілік көзінен қуат алатын әртүрлі өлшеу тізбектеріне қосу осы талдау бағытталған сыйымдылықтың өзгеруін тіркеуге мүмкіндік береді. Микропроцессор үшін схема мен бағдарламалық қамтамасыз ету әзірленді, ол Павлодар мемлекеттік университетінде пысықталды. С. Торайғырова «Электр энергетикасы» кафедрасында т.ғ. к. а. в. Мануковский және PhD докторы А. О. Юсупова.*

*Кілтті сөздер: сыйымдылықты өлшеу түрлендіргіштері, ауа саңылауы, ротордың эксцентриситеті, өлшеу схемасы, көпір тізбектері, өлшеу схемаларын талдау.*

## **Кіріспе**

Қазіргі уақытта зақымдануды диагностикалау үшін өлшеу түрлендіргіштері кеңінен қолданылады, олардың арасында сыйымдылықты өлшеу түрлендіргіштері маңызды орын алады.

Қарастырылған заманауи диагностикалық әдістер [1] көрсетті, ротордың орын ауыстыруын өлшеу үшін сыйымдылықты өлшеу түрлендіргіштері (EIP) қолданылатын ең перспективалы бағыттардың бірі болып саналады, олардың жұмыс принципі электродтар арасындағы қашықтықтың өзгеруіне негізделген [2, 5].

Электроникада бұл элементтердің көптеген техникалық шешімдері белгілі. Алайда, диагностикалық жүйені жүзеге асыруда қолданылатын элементтер бұл элементтер белгілі бір критерийлерге сәйкес келуі керек. Осындай критерийлердің бірі-диагностикалық жүйенің жұмыс жиілігі, ал екіншісі-қоршаған орта температурасы. Бұл IP сыйымдылығы, мысалы, машинаның түріне және оның өлшемдеріне байланысты ойық сынадағы фольга түрінде, шамамен 10-100pF сыйымдылығына байланысты. Сондықтан аз мөлшерде ол жоғары сыйымдылық кедергісіне және өлшеу көпірінің тізбектеріндегі токтың аз мөлшеріне ие болады. Бұл жағдайда ЭМ соңғы аймағындағы электр және магнит өрістерінің кеңестері жоғары жиілікті генератордың токтарына сәйкес келуі мүмкін. Олардан қалпына келтіру керек болғандықтан, диагностикалық жүйенің сезімталдығы жеткіліксіз болуы мүмкін. Екінші жағынан, жиіліктің едәуір артуы қоршаған Электронды жабдықтың жоғалуы мен электромагниттік кедергілердің жоғарылауына әкеледі. Осыған байланысты диагностикалық жүйеде пайдалану болжанады жұмыс жиілігі 110-120 кГц-ке тең.

## **Материалдар мен әдістер**

2.17-суретте келтірілген диагностикалық құрылғының блок-схемасының элементтерінің бір бөлігі ЭМ ішінде, ал басқалары оның бетінде орналасқандықтан, бұл элементтер -30-дан +80 градусқа дейінгі температура диапазонында тұрақты жұмыс істеуі керек.

2.17-суретке сәйкес өлшеу тізбегінің қуаты жиілігі мен кернеуі бар айнаымалы ток генераторымен жүзеге асырылады. Жұмыс режимінде ротордың эксцентриситетін диагностикалаудың сенімді жүйесін құру үшін генератор тұрақты жиілік пен амплитудаға, сондай-ақ -30-дан +80 градусқа дейінгі температура диапазонында жұмыс істеген кезде гармониканың төмен деңгейіне ие болуы керек.

[3, 4] белгілі болғандай, гармоникалық тербеліс генераторлары әртүрлі өлшемдер үшін, байланыс, телекоммуникация және автоматика құралдарында қолданылатын құрылғылардағы ең маңызды және кең таралған элементтердің бірі болып табылады. Бұл құрылғылардың барлығы әртүрлі

жылу режимдерінде жұмыс істейді. Сондықтан жиілік пен амплитуданы тұрақтандыру, сондай-ақ гармониканың төмен деңгейі осыған байланысты әртүрлі тәсілдермен жүзеге асырылады.

Орнатушы генераторлардың тербелмелі жүйелері температуралық әсерге ұшырағандықтан, олардың элементтері өз параметрлерін өзгертуге бейім, бұл өз кезегінде Шығыс кернеуінің жиілігі мен амплитудасы түріндегі параметрлердің өзгеруіне әкеледі. Тербелістер тұрақсыз болады. Диагностикалық жүйенің генератор жиілігінің тұрақсыздығы деп жиіліктің номиналды мәнінен уақыт бірлігіне (секундқа) кету қатынасы түсініледі

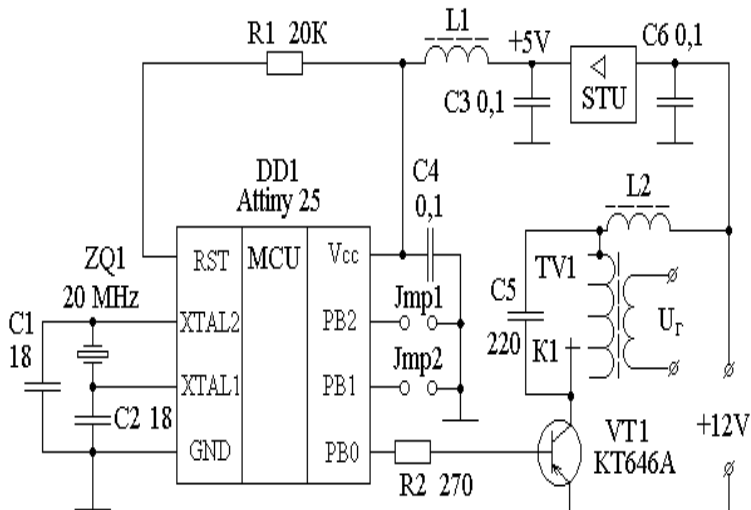
$$\vartheta = \Delta f / f_{\text{нг}} . \quad (1)$$

Қазіргі генераторлардың тұрақсыздығы 10-4-10-10 аралығында. Генераторлардың тұрақтылығын арттыру үшін кварц жиілігін тұрақтандыру кеңінен қолданылады.

Кварцты тұрақтандыру кезінде кварцтың геометриялық өлшемдерін жұмыс температурасында тұрақты сақтау қасиеті қолданылады. Кварц кристалдарынан арнайы кесілген пластиналар тербелмелі тізбектің индуктивтілік элементтері ретінде қолданылады. Кварц генераторларының тұрақсыздығы шамамен 10-6-10-8 құрайды.

Қоршаған ортаның әсерінен температураның ауытқуына байланысты төмен жиілікті резонаторлар жиілігінің тұрақсыздығы орташа жиілікті резонаторларға қарағанда көбірек [5]. Сондықтан, жиіліктің тұрақтылығына жоғары талаптар қойылғанда, 110–130 кГц жиілігін кварц генераторының орташа жиілік диапазонының жиілігін бөлу арқылы алған жөн.

Мұндай техникалық шешімнің нұсқаларының бірі-жоғары жиілікті генератор, оның схемасы 1-суретте көрсетілген.



Сурет 1 – жоғары тұрақтылық кварц генераторының схемасы

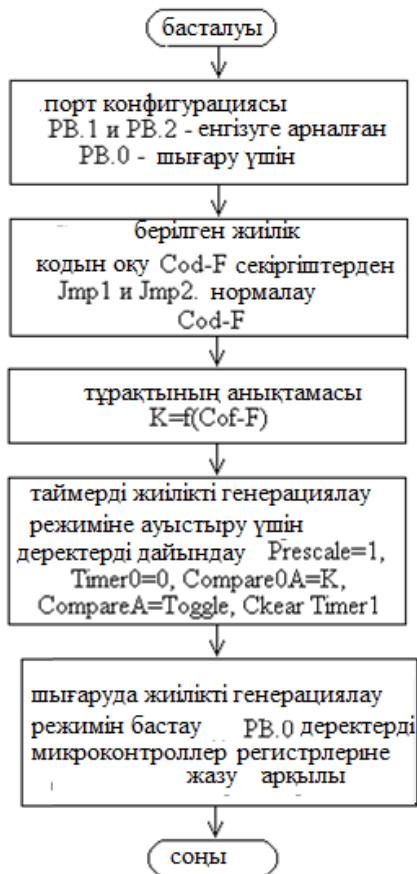
Микропроцессорға арналған бұл схема мен бағдарламалық қамтамасыз ету Павлодар мемлекеттік университетінде пысықталды. С. Торайғырова «Электр энергетикасы» кафедрасында т.ғ. к. А. В. Мануковский және PhD докторы А. О. Юсупова.

Генератор Atmel компаниясының Attiny25 арзан сегіз биттік микроконтроллері (МК) негізінде жүзеге асырылады. DD1 микроконтроллері (МК) типтік схема бойынша қосылады және L1 РЖ дроссельі арқылы типтік тұрақтандырылған қуат көзінен қуат алады. DD1 сағат жиілігі кварц резонаторымен беріледі. Жұмыс жиілігі PB портының шығысында қалыптасады. Микроконтроллердің құрамына кіретін таймердің көмегімен бағдарламалық жолмен. Жиілігі мен амплитудасы бойынша тұрақты тікбұрышты пішінді сигналды күшейту үшін PB портының шығуына жол берілмейді. DD1 Vt1 транзисторында қуат күшейткіші қолданылады. Генераторды диагностикалық жүйемен үйлестіру және тікбұрышты пішінді сигналды синусоидалы пішінге түрлендіру үшін C7 конденсаторымен бірге трансформатор қолданылады. Олар бірге негізгі гармоникаға бейімделген тербелмелі контурды құрайды. Нәтижесінде трансформатордың шығысында жиілігі бар жеткілікті күшті кернеу сигналы пайда болады. Айта кету керек, тізбектің сапасы туралы, C7 және олардың параметрлері қоршаған орта температурасы өзгерген кезде пайда болатын сигнал амплитудасының өзгеруін азайту критерийі негізінде таңдалуы керек.

Генераторда МК қолдану оның аппараттық құралын іске асыруды жеңілдетіп қана қоймай, қажет болған жағдайда жиілікті өзгертуге мүмкіндік берді. Генератордағы жиілікті орнату алынбалы jmp1 және Jmp2 секіргіштерін, сондай-ақ коммутатордың орналасуын біріктіру арқылы жүзеге асырылады. Бұл жұмыс орнындағы кедергілерден қалпына келтіру тұрғысынан пайдалы болуы мүмкін.

Мұндай кварц генераторы –30-дан +80 градусқа дейінгі температура өзгерген кезде барлық диапазондарда жиіліктің тұрақсыздығын қамтамасыз ете алады. Осы температура диапазонындағы амплитудадағы салыстырмалы тұрақсыздық  $\pm 5\%$  - дан аспайды.

МК үшін басқару бағдарламасы «BasCom-AVR» интеграцияланған даму ортасында жоғары деңгейлі тілде жазылған. Бағдарлама алгоритмі 2-суретте көрсетілген. Осы алгоритмге сәйкес, бағдарламаны іске қосқан кезде, қуат қосылғаннан кейін бірден МК порттарын конфигурациялау жүзеге асырылады, нәтижесінде PB порттары пайда болады.1 және PB.2 ақпаратты қабылдау үшін пайдаланылуы мүмкін, ал PB порты.0 – оны шығару үшін. Осыдан кейін МК PB сызықтарынан оқиды.1 және PB.2 PB порты генерация жиілігін кодтайтын секіргіштердің cod\_f байт айнымалысына күйі және оны шамалы разрядтарды нөлдеу арқылы қалыпқа келтіреді. Келесі блоктарда бағдарлама Attiny25 [attiny25-attiny45-attiny85\_datasheet] микроконтроллерінің құрамына кіретін таймердің ces (Clear timer on Compare) режимін жүзеге асырады. Бұл «сәйкестік Регистрінің мәндері сәйкес келген кезде Таймерді тазарту» дегенді білдіреді. Бұл режимді пайдалану PB портының шығысында берілген жиілікті генерациялауға мүмкіндік береді.0 мүмкіндігінше қарапайым түрде. Бұл бағдарламаның ұзындығын қысқартады және тек 2 Килобайт Flash жады бар арзан МК пайдалануға мүмкіндік береді. Келесі блоктарда жиілікті генерациялау режиміне МК аудару үшін мәліметтер дайындалады. Ол үшін жиілікті алдын ала бөлгіштің «Prescale» регистріне МК ішкі сағат генераторынан «1» мәні жазылады, ал сәйкестіктің «Compare A» регистріне – пайда болған жиілік кезеңінің уақытын анықтайтын тұрақтының мәні жазылады.



Сурет 2–МК үшін басқару бағдарламасының алгоритмі

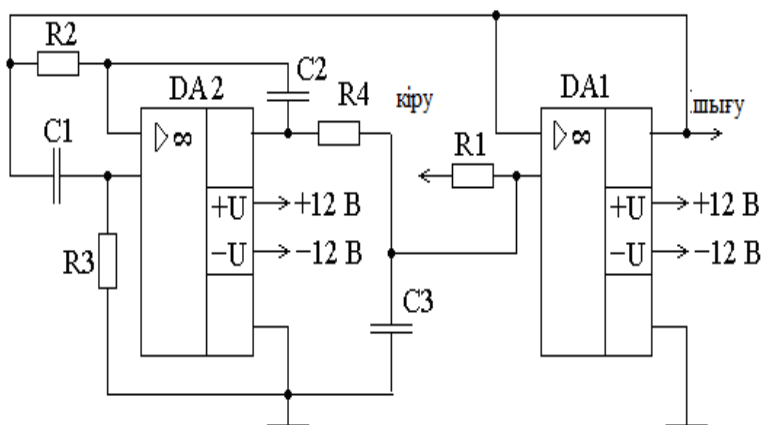
Мысалы, 100 кГц жиілікті генерациялау үшін және prescale=1 таймерді тазарту және Рв Шығыс күйін өзгерту.0 әр 5 мкс сайын шығарылуы керек. 20 МГц жиілікте  $DT=1/20 = 0,05$  МКС таймер уақытының дискреті. «Салыстыру А» регистріне  $5 \text{ МКС}/0,05 \text{ МКС} = 100$  мәнін енгізу керек.

Таймердің матчка реакциясын анықтағаннан кейін Timer0 регистрін нөлге келтіріп, Рв Шығыс күйін ауыстыру керек.0 қарама-қарсы (toggle). Бұл жағдайда ХХХ блогында берілген жиілікті генерациялау басталады. Генерация процесі қуат қосылғаннан кейін бірнеше ондаған миллисекундтан кейін басталады және қуат өшірілгенге дейін жалғасады.



Өздеріңіз білетіндей, жұмыс кезінде ЭМ ішіндегі температура  $-30$ -дан  $+80$  градусқа дейін өзгеруі мүмкін. Сонымен қатар, 2.5-бөлімге сәйкес, бағыттағыштардың әсерін азайту үшін жолақты сүзгілер өлшеу түрлендіргішіне жақын болуы керек. Мысалы, ойық сынаға орналастырыңыз. Осылайша, осы сүзгілердің элементтерінің жұмыс температурасының төмендеуі, сондықтан параметрлердің өзгеруі өте жоғары. Бұл ретте сүзгілер орталық жиілік тұрақтылығы және сүзгінің сапалылығы кезінде қажетті өткізу қабілеттілігін сенімді қамтамасыз етуі тиіс.

Схемасы 3-суретте көрсетілген [6] гираторлардағы жолақты сүзгі осы талаптарға жеткілікті түрде жауап береді. Оның құрамында индуктор жоқ. Ондағы қажетті селективтілікті DA1 және DA2 чиптеріндегі операциялық күшейткіштерге негізделген RC сүзгісі қамтамасыз етеді.



Сурет –3 гираторлардағы белсенді жолақты өткізгіш сүзгінің схемасы

Оны орнату жиілігі мен өткізу қабілеттілігі өрнектерден анықталады

$$f_0 = 1/2\pi\sqrt{R2 \cdot R4 \cdot C1 \cdot C2} \quad \text{и} \quad \Delta f = 1/2\pi \cdot R1 \cdot C3. \quad (2)$$

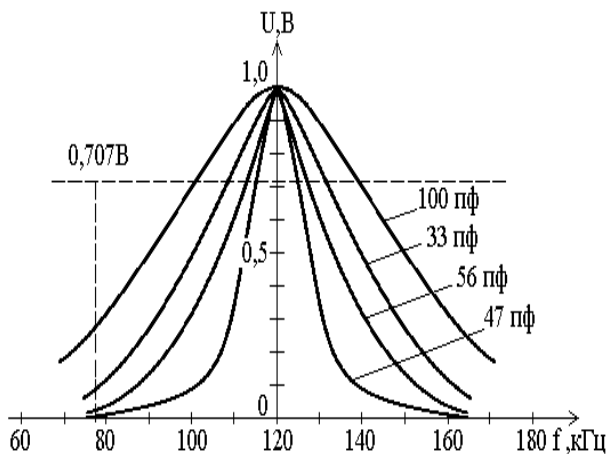
Гираторлық RC сүзгісінің қалыпты жұмыс істеуі үшін берілген орнату жиілігінде шарт орындалуы керек

$$R3 \cdot C1/R2 \cdot C2 = (0...R4/R1) \cdot 10^{-2}. \quad (3)$$

Эксперименттік зерттеулер [6-8] ұсынылған жолақ сүзгісі  $R1 < 500k$  және  $R4 = 1-40k$  резисторларының кедергісінде қанағаттанарлық жұмыс істейтінін көрсетті. Осы кедергілерді өзгерту арқылы сүзгінің сапасын шағын шектерде реттеуге және селективтілік пен басқа да сипаттамаларды сақтай отырып, оның баптау жиілігін өзгертуге болады.

### Нәтижелер және талқылау

3-суреттегі схеманы талдаудан және [8] гираторлық сүзгінің селективтілігіне  $C3$  сыйымдылығының шамасы айтарлықтай әсер етуі керек екені белгілі болады. Гираторлардағы жолақты өткізгіш сүзгінің амплитудалық-жиілік сипаттамалары  $C3$  шамасына байланысты 4-суретте келтірілген. Осылайша, сүзгіні тасымалдаушы жиілікке дұрыс конфигурациялау арқылы берілген жолақты сүзгі Мемлекеттік стандарттардың талаптарын қанағаттандыратын селективтілікке қол жеткізуге мүмкіндік береді [8–10].

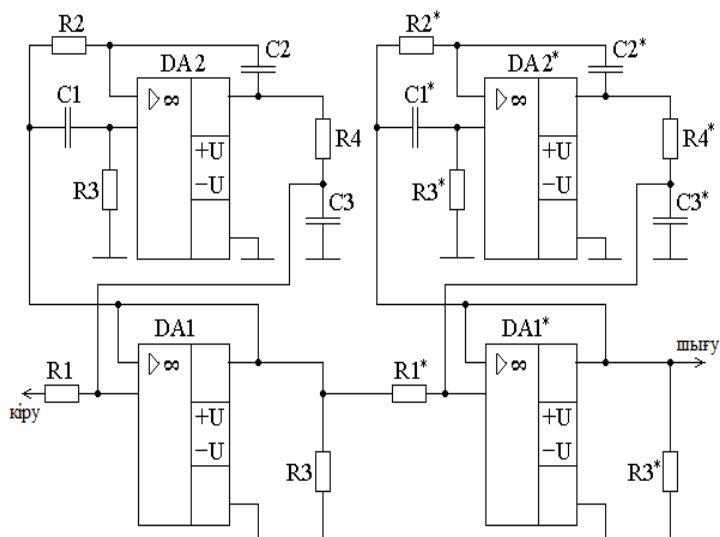


Сурет 4—гираторлардағы сүзгінің  $u=f(f)$  графигі

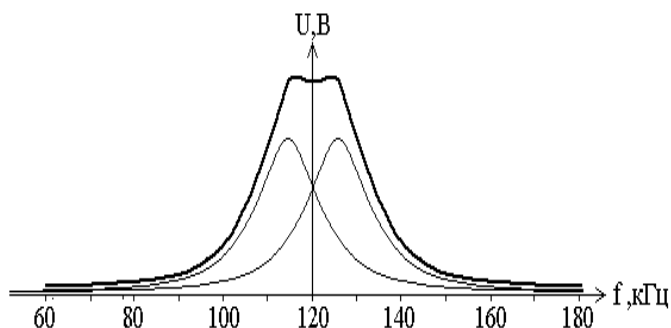
Алайда, көптеген есептеулер мен эксперименттер көрсеткендей [10–12] гираторлардағы сүзгілер белгілі бір тұрақсыздыққа ие жиілік температураның әсерінен  $R2$  және  $R4$  кедергісі, сондай-ақ  $C1$  және  $C2$  сыйымдылығы. Таңдалған элементтермен  $-30$ -дан  $+80$  градусқа дейінгі температураның ауытқуы  $114-127$  кГц аралығындағымешысуға әкеледі деп есептесек, онда бұл сүзгі шығысындағы кернеу амплитудасының  $35-40$  % өзгеруіне әкеледі.

Мұны өткізу жиілігі бар тізбектей қосылған екі сүзгіні пайдалану арқылы жоюға болады және мұндай жолақты сүзгінің схемасы 5-суретте көрсетілген.

Бұл жолақты өткізгіш сүзгінің амплитудалық-жиілік реакциясы С және 6-суретте көрсетілген. Бұл сипаттамадан 114-127 кгц жиілік диапазонында -30-дан +80 градусқа дейінгі температураның әсерінен тербеліс тек 2-2, 5 % амплитудасының өзгеруіне әкелетінін көруге болады. Бұл диагностикалық жүйенің талаптарын толығымен қанағаттандырады.



Сурет 5 – гираторлардағы белсенді екі сатылы жолақты өткізгіш сүзгінің схемасы



Сурет 6 – гираторлардағы екі сатылы сүзгідегі  $u=f(f)$  тәуелділік графигі

### Қорытындылар

1 Диагностикалық жүйенің барлық элементтері ЭМ ішінде немесе оның бетінде орналасқандықтан, олар  $-30$ -дан  $+80$  градусқа дейінгі температура диапазонында сенімді жұмыс істеуі керек.

2 Павлодар мемлекеттік университетінде пысықталған. С.Торайғырова «Электр энергетикасы» кафедрасында т. ф. к. а. в. Мануковский және PhD докторанты А. О. Юсупова кварц генераторы және оның бағдарламалық қамтамасыз етуі жиілік пен амплитудасының жеткілікті тұрақтылығын, сондай-ақ қажетті температура диапазонында пайда болатын Сигнал гармоникасының рұқсат етілген деңгейін қамтамасыз ете алады.

3 Гираторлардағы екі сатылы сүзгі жұмыс температурасының диапазонында  $5$ кГц өткізу қабілеттілігін қамтамасыз ете алады  $-30$ -дан  $+80$  градусқа дейін қабілетті, бұл диагностикалық жүйені жүзеге асыру үшін жеткілікті.

### ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ДЕРЕКТЕР ТІЗІМІ

1 **Иванов-Смоленский, А. В.** Электрические машины. – М. : Энергия, 1980. – 909 с.

2 **Новожилов, А. Н., Юсупова, А. О., Потапенко, А. О.** Метод моделирование электрической емкости измерительного преобразователя. – М. : Журнал «Вестник Машиностроения». №9 – 2021, г.

3 **Novozhilov, A., Potapenko, A., Novozhilov, T.** Simulation of voltage on the stator winding terminals of induction motor with impaired short-circuit winding of rotor, «Applied Mechanics and Materials» Vol. 792. – 2015. – 5 p.

4 **Novozhilov, A., Potapenko, A., Novozhilov, T.** Process Simulation in Induction Motor where Short-Circuit Rotor Bar is Failed during Run-down Regime / *Przegląd elektrotechniczny*. ISSN 0033-2097. – R. 94 NR 6/2018.

5 **Новожилов, А. Н., Юсупова, А. О., Новожилов, Т. А.** Выбор метода выявления эксцентриситета ротора электрической машины / *Вестник ПГУ. Серия Энергетическая*. № 4. – Павлодар, 2016, с. 117–126.

6 **Новожилов, А. Н., Юсупова, А. О., Новожилов, Т. А.** Выбор типа емкостного измерительного преобразователя для диагностики эксцентриситета ротора электрической машины // *Материалы международной конференции «17 Сатпаевские чтения» Том 19*. С. 133–138.

7 **Novozhilov, A., Yussupova A., Assainov, G., Novozhilov, T., Manukovsky, A.** Sources of independent power supply for protection relay/ *Przegląd Elektrotechniczny*. № 5, 2018, P. 23–26.

8 **Novozhilov, A., Yussupova A., Novozhilov, T, A.** A Device for Determining the Rotor Eccentricity of Rotating Electric Machines. *Russian Electrical Engineering*, № 2, P. 32–35

9 **Novozhilov, A., Yussupova A., Novozhilov, T, A.** Determining the Displacement of the Rotor Shaft in an Electrical Machine. *Russian Engineering Research*, 2019, No. 10, P. 827–830. Allerton Press, Inc., 2019.

10 **HuT, H. L., XuS, M., Hui, E.** A high-accuracy, high-speed interface circuit for differential-capacitance transducer. / [Sensors and Actuators A: Physical. Volume 125, Issue 2](#), 10 January 2006, Pages 329–334.

## REFERENCES

1 **Ivanov-Smolensky, A. V.** *Electrichekieskie mashini*. [Electric machines.] [Text]/ Ivanov-Smolensky A.V. – Moscow: Energiya, 1980 – 909 p.

2 **Novozhilov, A. N., Yussupova, A. O., Potapenko, A. O.** Metod modelirovaniya electrichekieskoi emkosti izmeritelnogo preobrazovatelya. [Method of modeling the electrical capacitance of a measuring converter] [Text]/ *The journal «Bulletin of Mechanical Engineering»*, Novozhilov A.N., Yusupova A.O., Potapenko A. O. No. 9, 2021, Moscow.

3 **Novozhilov, A., Potapenko A., Novozhilov. T.** [Simulation of voltage on the stator winding terminals of induction motor with imposed short-circuit winding of rotor] [Text]/ *«Applied Mechanics and Materials»*. Novozhilov, A., Potapenko A., Novozhilov. Vol. 792 – 2015 – 5 p.

4 **Novozhilov, A., Potapenko A., Novozhilov. T.** [Process Simulation in Induction Motor where Short-Circuit Rotor Bar is Failed during Run-down Regime] [Text]/ *Przegląd elektrotechniczny*. Novozhilov, A., Potapenko A., Novozhilov. – ISSN 0033-2097. – R. 94 NR 6/2018

5 **Novozhilov, A. N., Yussupova, A. O., Novozhilov, T. A.** Vibor metoda viyavleniya exentrisiteta rotora electricheskoi mashini. [The choice of a method for detecting the eccentricity of the rotor of an electric machine] [Text]// Bulletin of PSU. A.N. Energy Series No. 4. – Pavlodar, 2016. – P. 117 – 126.

6 **A Novozhilov, A. N., Yussupova, A. O., Novozhilov, T. A.** Vibor tipa emkostnogo izmeritelnogo preobrazovatelya dlya diagnostiki exentrisiteta rotora electricheskoi mashini [Selection of the type of capacitive measuring transducer for the diagnosis of the eccentricity of the rotor of an electric machine] [Text]/ Materials of the international conference 17 Satpayev readings». – Vol 19. – P. 133–138.

7 **Novozhilov, A., Yussupova A., Assainov, G., Novozhilov, T., Manukovsky, A.** [Sources of independent power supply for protection relay] [Text]// Przegląd Elektrotechniczny. – № 5. – 2018. – P. 23–26.

8 **Novozhilov, A., Yussupova A., Novozhilov, T. A.** [A Device for Determining the Rotor Eccentricity of Rotating Electric Machines] [Text]// Russian Electrical Engineering. – № 2. – P. 32–35

9 **Novozhilov, A., Yussupova A., Novozhilov, T. A.** [Determining the Displacement of the Rotor Shaft in an Electrical Machine]. [Text]// Russian Engineering Research. – 2019. – No. 10. – P. 827–830. – Allerton Press, Inc., 2019.

10 **HuT, H. L., XuS, M., Hui, E.** [A high-accuracy, high-speed interface circuit for differential-capacitance transducer]. [Text]/ Sensors and Actuators A: Physical H.L.HuT, M.XuS, E.Hui.– Vol. 125– Issue 2 – 10 January 2006. – P. 329–334.

Материал баспаға 13.03.23 түсті.

\**А. О. Юсупова<sup>1</sup>, А.О. Потапенко<sup>2</sup>*

<sup>1,2,3</sup>Торайғыров университет, Республика Казахстан, г. Павлодар

Материал поступил в редакцию 13.03.23.

## **АНАЛИЗ КОНСТРУКЦИЙ ЭЛЕМЕНТОВ ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ ЦЕПИ**

*На производстве для диагностики широко используются измерительные преобразователи, среди которых значительное место занимают емкостные измерительные преобразователи. Использование любых видов преобразователей предусматривает подключение к схеме питания. В статье рассматриваются существующие конструкции измерительных цепей преобразования и измерения для детального анализа и дальнейшего выбора наиболее подходящей схемы измерения емкости измерительных*

*преобразователей. В соответствии с существующими блок-схемами устройства диагностики, отвечающими специальным требованиям элементам системы диагностики является генератор высокой частоты, измерительная цепь из измерительного моста и полосно-пропускающего фильтра, настроенного на резонансную частоту генератора, а также автономный источник стабилизированного постоянного напряжения. Преобразование перемещения воздушного зазора в измерительной схеме является наиболее простым и приемлемым преобразованием, где задача сводится лишь к дистанционному измерению величины хода измерительного органа, за счет анализа последнего можно и производить измерения. Включение емкостного датчика в различные измерительные схемы, питаемые от источника повышенной частоты, позволяет зафиксировать изменения емкости, на что и направлен данный анализ. Разработана схема и программное обеспечение для микропроцессора доработаны в Павлодарском государственном университете им. С. Торайгырова на кафедре «Электроэнергетика» к.т.н. А. В. Мануковским и докторантом PhD А. О. Юсуповой.*

*Ключевые слова: Емкостные измерительные преобразователи, воздушный зазор, эксцентриситет ротора, схема измерения, мостовые схемы, анализ схем измерения.*

\*А. О. Yussupova<sup>1</sup>, А. О. Potapenko<sup>2</sup>

<sup>1,2,3</sup>Toraighyrov University, Republic of Kazakhstan, Pavlodar

Material received on 13.03.23

## **ANALYSIS OF THE STRUCTURES OF THE ELEMENTS OF THE MEASURING CIRCUIT**

*In production, measuring transducers are widely used for diagnostics, among which capacitive measuring transducers occupy an important place. The use of any type of converters provides connection to the power circuit. The article discusses the existing conversion and measurement circuit designs for a detailed analysis and further selection of the most suitable scheme for measuring the capacity of measuring transducers. According to the existing block diagrams of the diagnostic device that meet the special requirements of the diagnostic system, the elements of the diagnostic system are a high-frequency generator, a measuring circuit from a measuring Bridge and a band-pass filter tuned to the resonant frequency*

*of the generator, as well as an independent source of stabilized constant voltage. The conversion of the movement of the air gap in the measurement scheme is the simplest and most acceptable conversion, where the task is reduced only to remote measurements of the stroke value of the measuring body, measurements can be made by analyzing the latter. Connecting a capacitance sensor to various measurement circuits powered by a high frequency source allows you to record the change in capacitance to which this analysis is directed. The scheme and software for the microprocessor were developed and finalized at S. Toraighyrov Pavlodar State University at the Department of «Electric Power Engineering» by Candidate of Technical Sciences A. V. Mankovsky and PhD student A. O. Yusupova.*

*Keywords: capacitive measuring transducers, air gap, rotor eccentricity, measurement scheme, bridge circuits, analysis of measurement schemes.*



Теруге 13.03.2023 ж. жіберілді. Басуға 31.03.2023 ж. кол қойылды.

Электронды баспа

3,44 Мб RAM

Шартты баспа табағы 23.59. Таралымы 300 дана. Бағасы келісім бойынша.

Компьютерде беттеген: А. К. Мыржикова

Корректор: А. Р. Омарова

Тапсырыс № 4039

Сдано в набор 13.03.2023 г. Подписано в печать 31.03.2023 г.

Электронное издание

3,44 Мб RAM

Усл. печ. л. 23.59. Тираж 300 экз. Цена договорная.

Компьютерная верстка: А. К. Мыржикова

Корректор: А. Р. Омарова, Д. А. Кожас

Заказ № 4039

«Toraighyrov University» баспасынан басылып шығарылған

Торайғыров университеті

140008, Павлодар қ., Ломов к., 64, 137 каб.

«Toraighyrov University» баспасы

Торайғыров университеті

140008, Павлодар қ., Ломов к., 64, 137 каб.

67-36-69

E-mail: [kereku@tou.edu.kz](mailto:kereku@tou.edu.kz)

[www.vestnik-energy.tou.edu.kz](http://www.vestnik-energy.tou.edu.kz)