

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫНЫҢ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ



Ә. Бүркітбаев атындағы Өнеркәсіптік автоматтандыру және цифрлау институты

«Роботтық техника және автоматиканың техникалық құралдары» кафедрасы

Түркменбай Бекет Жақсыкелдіұлы

«Роботқа арналған тактильді сыйымдылық сенсорын жасау»

ДИПЛОМДЫҚ ЖҰМЫС

5B071600 – Аспап жасау мамандығы

Алматы 2021



SATBAYEV
UNIVERSITY

Ә. Бүркітбаев атындағы Өнеркәсіптік автоматтандыру және цифрлау институты

«Роботтық техника және автоматиканың техникалық құралдары» кафедрасы

ҚОРҒАУҒА РҰҚСАТ

РТЖАТҚ кафедра меңгерушісі

техника ғылым кандидаты

 Қ.А. Ожикенов

«7» маусым 2021 ж.

ДИПЛОМДЫҚ ЖҰМЫС

Тақырыбы: «Роботқа арналған тактильді сыйымдылық сенсорын жасау»

5B071600 – Аспап жасау мамандығы бойынша

Орындады

Түркменбай.Б.Ж

Ғылыми жетекшісі

Қауымдастырылған профессор



Уалиев.Ж.Р

« 8 » маусым 2021 ж.

Алматы 2021



SATBAYEV
UNIVERSITY

Ә. Бүркітбаев атындағы Өнеркәсіптік автоматтандыру және цифрлау институты

«Роботтық техника және автоматиканың техникалық құралдары» кафедрасы

5B071600 – Аспап жасау

БЕКІТЕМІН

РТжАТҚ кафедра меңгерушісі

техника ғылым кандидаты

 К.А. Ожикенов

«23» қаңтар 2021 ж.

ТАПСЫРМА

дипломдық жұмысты орындауға

Білім алушыға Түркменбай Бекет Жақсыкелдіұлы

Тақырыбы: Роботқа арналған тактильді сыйымдылық сенсорын жасау

Университет ректорының бұйрығымен бекітілген №2131-б «24» қараша 2021 ж.

Аяқталған жұмысты тапсыру мерзімі «25» мамыр 2021 ж.

Дипломдық жұмыстың бастапқы мәліметтері: роботқа арналған тактильді сыйымдылық сенсорын жасау.

Дипломдық жұмыста әзірленуге жататын мәселелер тізімі:

а) Роботтың тактильді жүйесін зерттеу, есептеулер жүргізу.

б) Компас 3Д бағдарламасында, 3Д-модельін құру.

в) Proteus бағдарламасында сыйымдылық сенсоры мен манипулятор бөлігінің қолдану схемасы құру.

Графикалық материалдың тізбегі (міндетті сызбаларды дәл көрсете отырып):

13 слайд

Ұсынылатын негізгі әдебиеттер: 16 әдебиеттер тізімі

**Дипломдық жобаны дайындау
КЕСТЕСІ**

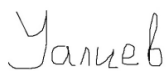
Бөлімдер атауы, әзірленетін сұрақтар тізбесі	Ғылыми жетекшіге ұсыну мерзімдері	Ескертпелер
Теориялық бөлім	22.01 – 15.02.2021 ж.	Орындалды
Есептеу бөлімі	22.01 – 15.02.2021 ж.	Орындалды
Бағдарламалық бөлім	15.03 – 20.04.2021 ж.	Орындалды
Зерттеу бөлімі	15.03 – 20.04.2021ж.	Орындалды
Қорытынды бөлім	15.03 – 20.04.2021 ж.	Орындалды

Аяқталған дипломдық жобаға және оған қытысты бөлімдерінің кеңесшілері мен
қалып бақылаушының

ҚОЛТАҢБАЛАРЫ

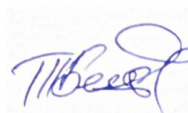
Бөлімдердің атауы	Ғылыми жетекшілер, кеңесшілер, (аты-жөні, тегі, ғылыми дәрежесі, атағы)	Қол қойылған күні	Қол
Қалып бақылаушы	Баянбай Н.А., техника ғылымдары магистрі, лектор	07.06.2021ж.	

Ғылыми жетекшісі



Уалиев.Ж.Р

Тапсырманы орындауға алған білім алушы



Түркменбай.Б.Ж.

Күні

«8» маусым 2021 ж.

АҢДАТПА

Бұл дипломдық жұмыс, роботқа арналған тактильді сыйымдылық датчигін құрастырып, практика негізінде прототипті компьютерлік бағдарлама арқылы тексеруге арналған. Негізінде қазіргі тактильді датчиктер мен сыйымдылық сенсрлары қарастырылған. Жұмыс кезінде , Arduino Uno, Compass-3D, Proteus бағдарламалары қолданылған. Негізгі программалау тілі ретінде Arduino алынды. Тәжірибе ретінде электрschema құрылып датчиктің жұмыс істеу принциптері қарастырылды. Жұмыс барысында тактильді датчик кітапханасын берілген бағдарламаларға орнатып, сыйымдылық сенсорын қарастырдық . Практикалық жағынан электродтардың арақашықтығын өзгерту кезіндегі тактильді сыйымдылықты сенсорды есептеу жұмыстары жүргізілді. Жұмыстың нәтижесінде, жасалған тактильді сыйымдылық датчигінің жеделділігі және қабылдау арақашықтығының ұзарлағанын байқадық. Жұмыстың нәтижесінде барлық қойылған талап тапсырмалар орындалды.

АННОТАЦИЯ

Данная дипломная работа посвящена на разработку тактильного емкостного датчика предназначенная для робота, при проверки на практике прототипа с использованием компьютерных программ. В основе взяты современные тактильные датчики и емкостные датчики. В процессе работы использовались программы Arduino Uno, Compass-3D, Proteus. Arduino был выбран в качестве основного языка программирования. В качестве эксперимента была построена электрическая схема и рассмотрены принципы работы датчика. В процессе работы мы установили библиотеку тактильных датчиков по заданным программам и рассмотрели емкостной датчик. На практике расчет датчика тактильной емкости при изменении расстояния между электродами проводился. В результате работы мы заметили увеличение скорости и дальности приема разработанного тактильного танкового датчика. В результате работы все поставленные задачи были выполнены.

ABSTRACT

This thesis is devoted to the development of a tactile capacitive sensor designed for a robot, when testing a prototype in practice using computer programs. It is based on modern tactile sensors and capacitive sensors. In the process of work, the programs Arduino Uno, Compass-3D, Proteus were used. Arduino has been chosen as the primary programming language. As an experiment, an electrical circuit was built and the principles of operation of the sensor were considered. In the process, we installed a library of tactile sensors in the program and reviewed the capacitive sensor. In practice, the calculation of the tactile capacity of the sensor when changing the distance between the electrodes was carried out. As a result of our work, we noticed an increase in the speed and distance of the receiver of the developed tactile tank sensor. As a result of the work all the tasks were completed.

Мазмұны

КІРІСПЕ	9
1.Тактильді сенсор.	10
1.1Тактильді сенсор технологиясы.	10
1.2Тактильді сенсордың түрлері және негізгі жұмыс принциптері.	12
1.2.1 Пьезорезистикалық датчиктер.	13
1.2.2. Сыйымдылық датчиктері.	14
1.2.3 Магнетик-сенсорлар	15
1.3.Әр түрлі сенсор типтерін салыстыру	15
1.4Тактильді сенсордың артықшылығы	16
1.5Қазіргі заманда тактильді датчиктерді жасау	17
2.Сыйымдылық сенсоры	19
2.1 Сыйымдылық датчиктеріне арналған қосымшалар	19
2.2 Сыйымдылық датчиктерінің кемшіліктері	21
2.3 Сыйымдылық датчигінің классификациясы	22
3.Робот манипулятор	24
3.1Манипулятордың буын жетегі	24
3.3 Манипулятордың құрылымы	26
4.Конструкциялық бөлім	27
4.1 Тактильді сыйымдылық сенсорының құрылымы	27
4.2 Электродтардың арақашықтығын өзгерту кезіндегі тактильді сыйымдылықты сенсорды есептеу	30
4.3 Сыйымдылық сенсорының КОМПАС-3D бағдарламасында жасалынған моделі.	34
4.4 Сыйымдылық сенсорын робот манипуляторға енгізу	35
4.4.1 Сыйымдылық сенсоры мен манипулятор роботтың Proteus бағдарламасындағы қосылу электрсхемасы	36
4.4.2 Жұмыс істеу принципі.	37
ҚОРЫТЫНДЫ	39
ПАЙДАЛАНҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ	40
А Қосымшасы	42

КІРІСПЕ

Бұл дипломдық жұмыста мен тактильді сенсордың құрылымын зерттеп, пайдасын анықтадым. Сонымен қоса сыйымдылық тактильді сенсорды құрастырдым. Электр сыйымдылығына негізделген сенсорлардың әртүрлі түрлерін ескере отырып, оларды сенсорлық датчиктер ретінде қолдануды ескермеуге болмайды. Смартфондар - мұндай құрылғылардың ең айқын мысалы. Сезімтал сенсорларды енгізу өте күрделі болуы мүмкін, бірақ ол кейбір қарапайым негізгі принциптерге негізделген. Мұндай құрылғылардың жұмысы:

- өзінің жеке қуатын пайдалануға;
- өзара сыйымдылықты пайдалануға негізделген.

Датчиктер робототехникадағы маңызды рөлдердің бірін атқарады. Робот әр түрлі датчиктердің көмегімен қоршаған ортаны сезеді және онда шарлай алады. Тірі организмге ұқсастығы бойынша бұл сезім мүшелері.

Тактильді датчиктер роботқа жұмыс аймағындағы басқа заттар арасында пайда болатын байланысқа (күшке) жауап беру мүмкіндігін береді. Әдетте, бұл сенсорлар өндірістік манипуляторлармен, сондай-ақ медициналық қосымшалары бар роботтармен жабдықталған. Тактильді датчиктермен жабдықталған машиналар құрастыру және басқару жұмыстарын тиімді басқарады, яғни жұмыстың нәзіктігін ескеруді қажет етеді.

Заманауи гуманоидты роботтарды дамыта отырып, өндірушілер оларды осы датчиктермен жабдықтап, айналадағы әлем туралы ақпаратты жанасу арқылы қабылдауға қабілетті машиналарды одан да «жандандырады»

1. Тактильді сенсор.

Тактильді сенсор - бұл қоршаған ортамен физикалық өзара әрекеттесуден туындайтын ақпаратты өлшейтін құрал (1.1 сурет). Тактильді датчиктер, әдетте, теріні жанасуды биологиялық қабылдаудан кейін модельденеді, ол механикалық ынталандыру, температура және ауырсыну нәтижесінде пайда болатын тітіркендіргіштерді анықтауға қабілетті (бірақ жасанды тактильді сенсорларда ауырсыну сезімі болмаса да). Тактильді сенсорлар робототехникада, есептеу жүйесінде және қауіпсіздік жүйелерінде қолданылады. Тактильді датчиктерге арналған кең таралған бағдарлама - ұялы телефондар мен компьютерлердегі сенсорлы құрылғылар [1].



1.1 сурет – Тактильді датчик

Қоршаған кеңістіктегі заттарды геометриялық тануға арналған тактильді датчиктердің пайда болуы робототехниканың дамуына байланысты. Тактильді сенсорлар саласындағы негізгі тенденция - адамның терінің тактильдік қасиеттерін молайту. Бұл тенденцияны матрицалық типтегі тактильді қондырғылар барынша қанағаттандырады, өйткені күштің (немесе деформацияның, сәттің) микроэлектронды датчигі болып табылатын матрицаның әрбір ұяшығы нақты ақпарат береді және барлығы бірге тұтас идея қалыптастыруға мүмкіндік береді заттың пішіні. Тактильді датчиктердің дизайны мен технологиялық әзірлемелері дамудың бастапқы сатысында, техникалық талаптар әлі әзірленбеген және олардың сипаттамаларының тізбесі анықталмаған.

1.1 Тактильді сенсор технологиясы.

Соңғы онжылдықта тактильді датчикті жобалау және жасау бойынша көптеген зерттеулер жүргізілді. Тактильді сезуге арналған көптеген үміткерлер бар: резистивті сенсорлар, конденсаторлар, индуктивтік сенсорлар, пьезоэлектриктер, оптикалық сенсорлар, магнитотенсорлар, ультрадыбыстық сенсорлар, магнитоэлектриктер және сенсорлық органикалық өріс транзисторы.

Роботтың тактильді сезінудің негізі адамның тактильді сезінуінен бастау алады. 1.1-кестеде адамның саусақ ұшының қабілеті көрсетілген, бұл бізге сенсорды жобалауға ең жақсы басты критерийлерін береді.

1.1 кесте – Адам саусағының сенсорлық сипаттамалары

№	Параметрлері	Мәні
1	Жиілік реакциясы	0 -100 Гц
2	Жауап беру ауқымы	0 –100 г/мм ²
3	Сезімталдығы	~ 0.2 г/мм ²
4	Кеңістіктік рұқсаттығы	1.8 мм

Жасанды сенсорлық сипаттамаларға: ажыратымдылық, тасымалдау функциясы, сезімталдық, калибрлеу, сызықтық, гистерезис, дәлдік, аралық немесе динамикалық диапазон және шу жатады. Төменде сезімінің кейбір маңызды сипаттамаларына арналған анықтамалар мен жіктемелер келтірілген [2].

Тасымалдау функциясы: физикалық кіріс, кіріс сигналы мен шығыс электр сигналы арасындағы байланыс.

Сезімталдық: шығыс сигналының кіріс сигналына қатынасы, яғни беру функциясының көлбеуі.

Сызықтық: сенсордың шығыс сигналы кіріс сигналының өзгеруіне байланысты сызықтық өсу немесе кемуін білдіретін критерий.

Гистерезис: кіріс сигналы алдыңғы жолдан бұрынғы жолдан, бастапқы мәніне оралғанда датчиктердің шығыс мәні бірдей болмайды.

Дәлдік: нақты мән мен идеал мән арасындағы максималды сәйкессіздік ретінде өлшенеді.

Ауқымды немесе динамикалық диапазон: датчиктерде екі анықтаманы қолдануға болады. Бірі - кіріс сигналының диапазоны, ал екіншісі - кіріс сигналының максималды мәнінің минималды кіріс сигналына қатынасы, мысалы, 1000: 1.

Шу: тізбек ішіндегі шу мен тізбектің сыртындағы тосқауыл шуын екі категорияға бөлуге болады.

Ажыратымдылық: шудың сенсордың сезімталдығына қатынасы.

Жауап беру уақыты: физикалық кіріс сигналын қолдану мен шығыс электр сигналының өзгерісінің нәтижесі арасындағы өткен уақыт мөлшері [3].

Ылғалдылық әсері сенсордың тұрақтылығына, температураның ауытқуы сенсордың сезімталдығына және электромагниттік кедергілерге бейімділік сенсордың жиілік реакциясына әсер етеді деп ойлауға жетелейді. Қысқаша айтқанда, қоршаған ортаның факторлары сенсордың сипаттамаларына едәуір дәрежеде әсер етеді және датчиктің дизайнын таңдау кезінде оны ескеру қажет.

Алдыңғы пікірталас пен ізашарлардың қажырлы еңбегінен кейін роботталған хирургия жүйесінде тактильді сезінудің кейбір негізгі критерийлерін тұжырымдаулар 1.2 кестеде көрсетілген.

1.2 кесте - Тактильді сезу жүйелеріне арналған нұсқаулық

№	Дизайн өлшемдері	Нұсқаулықтары
1	Сезім беті	Сәйкес және берік
2	Күштік бағыт	Қалыпты және тангенциалды
3	Кеңістіктік ажыратымдылық	2 мм
4	Уақытша вариация	Динамикалық та, статикалық та
5	Минималды күш сезімталдығы	1 грамм күш (0,01Н)
6	Күш ауқымы / Динамикалық диапазон	0.01-10 N / 1000 туралы: 1
7	Сызықтық шама	Монотонды, қажет емес сызықтық
8	Жиілік реакциясы	Кем дегенде 100 Гц
9	Уақыт реакциясы	1 мс
10	Тұрақтылық және қайталанғыштық	Жақсы
11	Төзімділік	Қолданба анықталған ортаға төтеп беріңіз
12	Гистерезис	Төмен
13	Интеграция және ойдан шығару	Қарапайым, минималды сымдар, төмен қуат шығыны және төмен шығындар

1.2 Тактильді сенсордың түрлері және негізгі жұмыс принциптері.

Тактильді датчиктер әр түрлі болуы мүмкін, соның ішінде: пьезорезистикалық, пьезоэлектрлік, сыйымдылықты және эластореистикалық датчиктер.

Мұндай датчиктер келесі ақпаратты жинай алады:

- жанасатын заттың жағдайы, пішіні және бағыты
- байланыс аймағындағы күштің мәні мен бағыты
- сырғанау
- жылу өткізгіштік және абсолютті дене температурасы
- беткі құрылым және ылғал
- қаттылық
- жіктеу
- Тию күшінің датчиктері

Кедергі матрицасы – параллель электродтардың перпендикуляр екі жазықтығы, бір-бірінен пьезорезистивті материалмен бөлінген [4]. Массивтің

нүктесі перпендикуляр электродтардың қиылысында анықталады. Төменде басқа қолданылатын тактильді датчиктердің түрлері көрсетілген.

- Магнитті резистивті тактильді сенсор
- Пьезоэлектрлік қабаты бар тактильді сенсор
- Инфрақызыл тактильді сенсор
- Сезімтал тактильді сенсорлар
- Өткізгіш резеңке қабаттары бар тактильді сенсор
- Сыйымдылық сенсоры
- Оптоэлектронды тактильді сенсор
- Диполь моментін қолданатын тактильді сенсор

1.2.1 Пьезорезистикалық датчиктер.

Пьезорезисторлық сенсор пьезорезистивтік материалдың кедергісінің өзгеруімен механикалық кернеуді / кернеуді анықтайды. Нәтижесінде пьезорезистивтік сенсорды деформация өлшегіш деп атайды.

Электрөткізгіштіктің / физикалық резистивтіліктің физикасы - тиімді массаның өзгеруінен пайда болады, m^* .

$$1/\rho = \sigma = qt/m^*, \quad (1.1)$$

Бұл энергия диапазонының өзгеруінен пайда болады. Жоғарыдағы өрнекте q электронның қарапайым заряды және t диффузия константасы болып табылады. $E(k)$ сол жолақтағы k толқын векторының электрон энергиясы бола отырып, $\hbar$ Планктың азайтылған константасы бола отырып,

$$m^* = \frac{\hbar^2}{d^2 E(k) / dk^2} \quad (1.2)$$

- қолданылатын деформация / кернеулер нәтижесінде кристалдық торлы деформациядан көтерілу. Қысқаша айтқанда, материалдың кедергісі ішкі атомдардың орналасуына және олардың қозғалысына байланысты. Штамдар бұл келісімдерді, демек, қарсылықты өзгертеді.

Енді меншікті кедергі стресске сезімтал екенін біле отырып, жаза аламыз.

$$\rho = \rho_{no\ stress} + \Delta\rho(s, \tau) \quad (1.3)$$

мұндағы s және τ тиісінше қалыпты және ығысу созылу кернеуінің компоненттері.

Ом заңын қолдана отырып, электр өрісіне және ток тығыздығына қатысты Джин матрицасының формасын шығарамыз:

$$\begin{matrix} E_1 & \rho_1 & \rho_6 & \rho_5 \\ E_2 & \rho_6 & \rho_2 & \rho_4 \\ E_3 & \rho_5 & \rho_4 & \rho_3 \end{matrix}$$

бізде қарсыластықтың өзгеруі арасындағы байланыс бар және қолданылатын кернеу s және штамм τ келесідей:

$$\begin{array}{ccccccc}
\Delta\rho_1 & \pi_{11} & \pi_{12} & \pi_{13} & 0 & 0 & 0 \\
\Delta\rho_2 & \pi_{12} & \pi_{11} & \pi_{12} & 0 & 0 & 0 \\
\Delta\rho_3 & \pi_{12} & \pi_{12} & \pi_{11} & 0 & 0 & 0 \\
\Delta\rho_4 & 0 & 0 & 0 & \pi_{44} & 0 & 0 \\
\Delta\rho_5 & 0 & 0 & 0 & 0 & \pi_{44} & 0 \\
\Delta\rho_6 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \pi_{44}
\end{array}$$

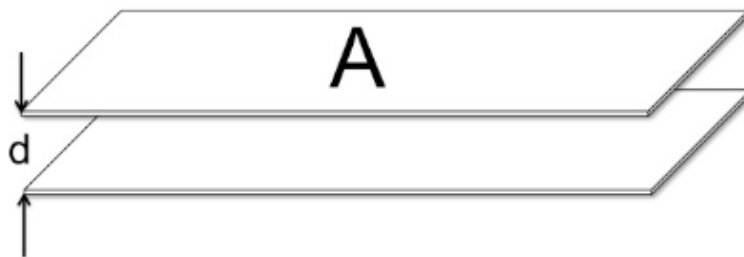
мұндағы π_{ij} бойлық және көлденең бағыттағы пьезоресивтік коэффициенттер. Бағыттарды анықтау үшін классикалық үш өлшемді ортогональды осьтердің X, Y және Z мәндеріне ұқсас 1, 2 және 3 деп аталатын үш ось қолданылады. жоғарыдағы өрнек, сәйкес стрессті қарсылықтың өзгеруімен анықтауға болады.

Пьезорезистикалық реакциялар металға қарағанда маңызды болып табылады, ол кремний, германий сияқты өткізгішті материалдардан тұрады. Алайда, жартылай өткізгіш пьезорезистикалық датчиктер температураның өзгеруіне өте сезімтал екенін ескеру қажет. Сондықтан температураны өтейтін желілер іске асырылуы керек [5]. Әдетте екі әдіс қолданылады. Біріншісі - бірдей температураға тәуелді, бірақ штаммға жатпайтын анықтамалық резисторды қолдану, ал айырмашылық деформация әсерін есепке алу үшін қолданылады.

Екінші әдіс - өлшеуішті Уитстоун көпірінің тізбектеріне қосу.

1.2.2. Сыйымдылық датчиктері.

Сыйымдылық сенсорының негізгі құрылымы ауданы A және арақашықтық d болатын екі жалпақ параллель тақталардан тұрады (Сурет 1.2)



1.2 сурет - Параллельді пластинаның сыйымдылық сенсоры

Егер D пластиналардың өлшемінен әлдеқайда аз болған кезде, сыйымдылық теңдеуі мынаған тең :

$$C = \frac{\epsilon_0 \epsilon_r A}{d} \quad (1.5)$$

мұндағы ϵ_0 - вакуумның өткізгіштігі ($\epsilon_0 = 8,85 \times 10^{-12}$ Ф/м), және ϵ_r - бұл диэлектрлік материалдың плиталар арасындағы салыстырмалы өткізгіштігі.

Бұл формула сыйымдылық пен пластина аймағы, арақашықтық пен материалдың салыстырмалы диэлектрлік өтімділігі арасындағы байланысты

белгілей отырып, сыйымдылық датчигін жобалаудың кілті болып табылады. Қабаттасу аймағының немесе қашықтықтың өзгеруі сыйымдылықтың мәнін өзгертеді, ал диэлектрлік материалдың өзгеруі сенсордың сезімталдығын өзгертеді. Тек параллель конденсатор үшін орындалатынын ескеру қажет. Геометрияның өзгеруі өзгертілген формуланы қажет етеді.

Сыйымдылық датчиктері арзан, жеңіл дайындық пен жоғары сезімталдыққа ие. Алайда, сыйымдылықты өлшеу және салыстырмалы жағдайды шығару үшін күрделі электроника қажет.

1.2.3 Магнетик-сенсорлар

Нарықта магниттік датчиктердің көптеген түрлері бар, олардың ішінде спин-орбиталық шашырауға негізделген анизотропты магниторезистикалық (AMR) датчиктер бар ; магниторезистикалық (GMR) үлкен датчиктер, олар спиннің жинақталуына негізделген; тәуелді туннельдік әсерге негізделген туннельдік магниторезистикалық (TMR) датчиктер және олардың арасында магнетизмге негізделген тактильді датчиктер нәтижесінде ағын тығыздығының өзгеруін өлшейді қолданылатын күштің. Ағынды өлшеуді Холл эффектісі немесе магниторезистивтік (MR) эффектіні қолдану арқылы жүзеге асыруға болады. Лоренц күші болып табылатын жұмыс принципі. Жоғарыда көрсетілген AMR, GMR және TMR сенсорлары магнит өрісін анықтайды, ал Hall эффект датчиктері және MR датчиктері магнит ағынының екінші өрісін анықтайды [6].

1.3. Әр түрлі сенсор типтерін салыстыру

Енді бізде 1.2-тарауда айтылған сенсор типтерінің әрқайсысын тактильді зондтау сипаттамалары бойынша салыстыру үшін жеткілікті ақпарат бар. Салыстырудың қысқаша мазмұны төменде келтірілген.

1.3 кесте – Қарастырылған тактильді сенсордың түрлерін салыстыру

№	Сенсор түрі	Артықшылықтары	Кемшіліктер
1	Пьезорезивтік (штамм өлшегіш)	Жоғары сезімталдық	Қатты және нәзік
		Төмен баға	Сызықтық емес жауап
		Төмен шу	Гистерезис
		Қарапайым электроника	Жоғары температураға тәуелділік
		3D күшін сезіну мүмкін	Сигнал дрейфі (қайталанудың төмен деңгейі)

2	Сыйымдылықты	Сезімтал	Датчик элементтері арасындағы айқасу (шу)
		Төмен құны (қарапайым зауыт)	Гистерезис
		Статикалық және динамикалық сигнал үшін қолайлы	Салыстырмалы күрделі схемалар
		Температураға тәуелді емес	Паразиттік сыйымдылықтар
3	Магниттік	Жоғары сезімталдық	Магнитті емес ортаға шектелген
		Жақсы динамикалық диапазон	Күрделі есептеулер
		Берік	Біраз көлемді
		Механикалық гистерезис жоқ	Қуатты көп тұтыну

1.4 Тактильді сенсордың артықшылығы

Күнделікті өмірде тактильді датчиктерді кездестіре аламыз, мысалы, лифт түймелері мен шамдар негізінде, қолымызбен тигенде күңгірт немесе қатты жанып тұрады. Сондай-ақ, көптеген адамдар білмейтін тактильді сенсорлық қосымшалар бар.

Өте жұқа және кішкентай өзгерістерді өлшейтін датчиктер өте сезімтал болуы керек. Датчиктер өлшеу кезінде аз әсер ететіндей жасалынуы керек; сенсорды кішірейту, датчикті жақсартарды және басқа артықшылықтарға әкелуі мүмкін [7]. Қолданбалардың барлық түрлерінің өнімділігін тексеру үшін тактильді сенсорларды қолдануға болады. Мысалы, бұл датчиктер автомобиль өндірісінде (тежегіштер, муфталар, есіктердің тығыздағыштары, тығыздағыш), батареяларды ламинациялауда, болттарда, отын элементтерінде және т.б. қолданылған.

Тактильді бейнелеу медициналық бейнелеу техникасы ретінде жанасу сезімін сандық кескінге айналдыру үшін тактильді сенсорларға сүйенеді. Тактильді бейнелеу қолмен пальпациялауды мұқият имитациялайды, өйткені оның бетіне қондырылған қысым датчиктерінің жиынтығы бар құрылғының зонды клиникалық тексеру кезінде адамның саусақтары сияқты әрекет етеді, зондпен жұмсақ тіндерді деформациялайды және пайда болатын қысымның өзгеруін анықтайды.

Дәлдікті, ептілікті қолданып өңдеуді қажет ететін объектілермен немесе әдеттен тыс объектілермен өзара әрекеттесуге арналған роботтар адамның тактильдік қабілетіне функционалды түрде сенсорлық аппаратты қажет етеді. Тактильді сенсорлар роботтармен бірге қолдануға арналған. Тактильді сенсорлар робот объектіні ұстай бастағанда қосымша ақпарат беру арқылы визуалды

жүйелерді толықтыра алады. Осы уақытта көру жеткіліксіз, өйткені объектінің механикалық қасиеттерін тек көру арқылы анықтау мүмкін емес. Салмақты, текстураны, қаттылықты, масса центрін, үйкеліс коэффициентін және жылу өткізгіштікті анықтау объектілік өзара әрекеттесуді және тактильді қабылдауды қажет етеді.

1.5 Қазіргі заманда тактильді датчиктерді жасау

Кливленд университетінің зерттеушілері (АҚШ) роботқа арналған заманауи тактильді сенсор келесі қасиеттерге ие болуы керек деп санайды: жоғары сезімталдық, қысымды (күшті) қабылдау, оны пішін мен материалды анықтауға мүмкіндік беретін электрлік сигналдарға айналдыру. объектінің, яғни бейнелерді танудың; адамның саусақтарының сезімталдығына сәйкес келетін кеңістіктік рұқсат (адам терісінің кеңістіктік ажыратымдылығы 2 мм); дәнекерлеу немесе құрастыру роботтары үшін машина жасауда, сондай-ақ микрохирургияда және микроэлектроникада қолданылатын роботтар үшін жеткілікті; жақсы сызықтық сипаттамалар (тек ауытқуларға жол беріледі, олар компьютерде сигналды өңдеу кезінде өтеледі); елеусіз гистерезис; шамадан тыс жүктеме мен қиын жұмыс жағдайларына төзімділік; шағын өлшемі мен салмағы; төмен баға.

Мұны миниатюризациялау мен сезімтал элементі бар бір чипте сигналдарды өңдеу құралдарын құрудың, мысалы, жасалған датчиктің кең мүмкіндіктері бар тактильді датчиктерді жасау мен өндіруде қатты денелі микроэлектрондық технологияны қолдану арқылы қамтамасыз етуге болады. Карнеги Меллон университетінің мамандары.

Кремний, кварц және поликристалды керамиканы қолданатын интегралды микросхемаларға негізделген тактильді датчиктер 0,01-40 Н диапазонында өлшемдерді қамтамасыз ете алады (яғни динамикалық диапазон 4000: 1 құрайды). Кремний датчиктері әсіресе SE матрицасындағы жасушалардың тығыздығы, сенімділігі, төмен гистерезис, төзімділік және арзан болғандықтан кең таралған.

Массачусетс университетінің (АҚШ) зерттеушілері шағылысқан жарықты қысыммен модуляциялау принципіне негізделген тактильді сенсорды ұсынды. 1 см²-ге 330 ұяшық орналастырудың арқасында SE кеңістіктік ажыратымдылығы өте жоғары және оны талшықтардың тығыздығын арттыру арқылы көбейту мүмкіндігі бар. Датчиктің кемшіліктері - бұл бірнеше жүз циклға ғана шыдай алатын эластомердің сынғыштығы және өлшемдердің шамалы динамикасы.

Массачусетс технологиялық институтында жасалған сенсорда 35x34 матрицада реттелген 0,027 мм² көлденең қимасы бар 1190 талшық бар. Талшықтар қалыңдығы 0,5 мм полимерлі қабықпен және сол қалыңдықтағы ақ кремний каучукпен жабылған, ол деформациялайтын рефлектор қызметін атқарады.

Британдық Robotic System фирмасы (Ұлыбритания) эндоскопия әдісімен визуалды ақпарат ала отырып, тактильді датчиктер құру мүмкіндігі туралы зерттеулер жүргізуде [8]. Сезімтал элемент ауа қабатымен және серпімді мембранамен бөлінген мөлдір акрилинді пластинадан түзіледі, ол заттың күш әсерін көбейтеді және соған байланысты шағылысу коэффициентін өзгертеді. Шағылған сәуле CCD кескін түрлендіргішімен түсіріледі. Әр талшық үшін оптикалық талшықтар мен жарық көзін пайдалану қажеттілігіне байланысты сенсор көлемді және ауыр. Компания мамандары матрицаның әр қатарына бір жарық көзін және әр бағанға бір детекторды, ал матрицаны сканерлеуге - пульсациялық сәулелену көзін ұсынды.

2. Сыйымдылық сенсоры

Сыйымдылық сенсоры – өлшенетін шаманың өзгеруі конденсатор сыйымдылығының өзгеруіне айналатын параметрлік типті түрлендіргіш [9].

Арнайы схема сыйымдылықтың өзгеруін сенсордың шекті сигналына айналдырады (мысалы, құрғақ байланыс). Қарапайым датчиктерде бұл әдетте мультивибратор, жиілік (немесе жұмыс циклі) - кернеу түрлендіргіші және компаратор. Кейде, егер соққыға жауап ретінде сыйымдылықтың өзгерісі аз болса, сенсордың сезімталдығы мен нөлін автоматты түрде баптаумен айналысатын микроконтроллерлерге тізбектер қоюға тура келеді.

Сыйымдылық датчиктері су сияқты әлсіз өткізгіш сұйықтықтардың пайда болуын бақылау қажет жерлерде кеңінен қолданылады. Бұл сұйықтық деңгейінің датчиктері, автомобильдердегі жанбыр датчиктері, тұрмыстық техникадағы сенсорлық түймелердегі датчиктер (тірі ұлпаларда су көп) және т.б.

Сондай-ақ, ұшақтардағы отынның мөлшерін өлшеу үшін кеңінен қолданылатын сұйықтық деңгейінің сыйымдылық датчиктері бар. Әдетте, сенсор – бұл жанармайға батырылған жұп металл цилиндрлер (кейде күрделі цистерна түрінде датчиктің реакциясының сызықтығын қамтамасыз ету үшін күрделі формада). Датчиктердің жұмыс істеу принципі сыйымдылығы оқшаулағыштың диэлектрлік өтімділігіне тура пропорционал болатындығына негізделген, ал ауа мен жанармай үшін ϵ әр түрлі болады (сәйкесінше шамамен 1 және 1,8). Нәтижесінде резервуар жанармаймен толтырылған кезде сенсордың реактивтілігі артады. Сыйымдылықтағы жанармай өлшегіштер, әдетте, кернеуі 115 В және жиілігі 400 Гц датчиктерді азайтуға дейін азайтылатын жалпы әуе желілерінен жұмыс істейді.

Сыйымдылық датчиктерінің негізгі артықшылықтары: жоғары сезімталдық шегі және төмен инерция. Негізгі кемшіліктері: сыртқы электромагниттік өрістердің күшті әсері.

2.1 Сыйымдылық датчиктеріне арналған қосымшалар

Сыйымдылық датчиктеріне арналған қосымшалар әр түрлі. Олар барлық салаларда дерлік өндірістік процестерді реттеу және басқару жүйелерінде қолданылады. Сыйымдылық датчиктері цистерналардың сұйық, ұнтақты немесе түйіршікті заттармен толтырылуын бақылау үшін қолданылады, өйткені автоматтандырылған желілердегі, конвейерлердегі, роботтардағы, механикалық өңдеу орталықтарындағы, станоктардағы, сигнал беру жүйелеріндегі, әртүрлі механизмдерді орналастыруға арналған және т.б.

Қазіргі кезде ең кең таралғаны жақындық (бар) датчиктері болып табылады, олардың сенімділігімен қатар олардың артықшылықтары кең. Жақындық датчиктері салыстырмалы түрде арзан болғандықтан, оларды барлық салаларда қолданудың көптеген бағыттарын қамтиды. Осы типтегі сыйымдылық датчиктерін пайдалану типтері:

- пластиктен немесе әйнектен жасалған ыдыстарды толтыру туралы сигнал беру;
- мөлдір пакеттерді толтыру деңгейін бақылау;
- орам сымының үзілуі туралы сигнал беру;
- таспаның керілуін реттеу;
- кез-келген түрдегі есеп шот және т.б.

Сыйымды және бұрыштық орын ауыстыру сенсорлары - бұл машина жасау мен көлікте, құрылыста және энергетикада, әртүрлі өлшеу кешендерінде кеңінен қолданылатын құрылғылар.



2.1 сурет - Сыйымдылық сенсоры

Соңғы жылдары кең өнеркәсіптік қолданысқа енгізілген салыстырмалы түрде жаңа құрылғылар сенсордың қисаю бұрышына пропорционалды электр шығыс сигналы бар шағын көлемді сыйымдылықты инклинометрлерге айналды, тіректер мен арқалықтардың түрлері, автомобиль және теміржол көлбеу бұрыштарын бақылау. оларды салу, жөндеу және пайдалану кезінде вагондардың, кемелер мен суасты роботтарының, көтергіштер мен крандардың, экскаваторлардың, ауылшаруашылық машиналардың орамдарын анықтау, айналмалы нысандардың - біліктердің, дөңгелектердің, беріліс қорабының механизмдерінің қозғалмайтын күйінде жылжуын анықтау және қозғалатын заттар.

Сыйымдылық деңгейінің датчиктері бақылау жүйелерінде, тамақ, фармацевтика, химия, мұнай өңдеу салаларындағы өндірістік процестерді реттеу мен бақылауда қолданылады. Олар сұйықтықтармен, сусымалы материалдармен, суспензиялармен, тұтқыр заттармен (өткізгіш және өткізгіш емес) жұмыс жасағанда, сондай-ақ конденсация, шаңдылық жағдайында тиімді.

Сыйымдылық датчиктері әр түрлі салаларда абсолютті және калибрлі қысымды, диэлектрлік материалдардың қалыңдығын, ауа ылғалдылығын,

деформацияны, бұрыштық және сызықтық үдеулерді және т.б. өлшеу үшін қолданылады [10].



2.2 сурет - Сыйымдылық датчиктерінің түрлері

Сыйымдылық сенсорларының сенсорлардың басқа түрлерінен артықшылығы

Сыйымдылық датчиктері сенсордың басқа түрлеріне қарағанда бірқатар артықшылықтар ұсынады. Олардың артықшылықтарына мыналар жатады:

- өндірістің қарапайымдылығы, қымбат емес материалдарды өндіріс үшін пайдалану;
- контактілердің болмауы (кейбір жағдайларда - бір ағымдағы коллектор);
- ұзақ қызмет ету мерзімі;
- сыйымдылық сенсорының қозғалатын бөлігін жылжыту үшін өте аз күштердің қажеттілігі;
- датчиктің пішінін әр түрлі тапсырмалар мен конструкцияларға бейімдеудің қарапайымдылығы;

2.2 Сыйымдылық датчиктерінің кемшіліктері

Сыйымдылық датчиктерінің кемшіліктеріне мыналар жатады:

- салыстырмалы түрде аз трансферт (конверсия) коэффициенті;
- бөлшектерді экрандауға қойылатын жоғары талаптар;
- жоғары (50 Гц-пен салыстырғанда) жиілікте жұмыс істеу қажеттілігі;

Алайда, көп жағдайда, сенсордың дизайны арқасында жеткілікті экрандауға қол жеткізуге болады және тәжірибе көрсеткендей, сыйымдылықты датчиктер 400 Гц кең таралған жиілікте жақсы нәтиже береді. Конденсаторларға

тән жиек эффектісі тек пластиналар арасындағы қашықтық қарастырылатын беттердің сызықтық өлшемдерімен салыстырылған кезде ғана маңызды болады. Бұл әсерді белгілі бір дәрежеде қорғаныш сақинаны қолдану арқылы жоюға болады, бұл оның әсерін өлшеу үшін іс жүзінде пайдаланылған пластиналар бетінің шегінен асыруға мүмкіндік береді.

2.3 Сыйымдылық датчигінің классификациясы

Жобалау әдісі бойынша барлық сыйымдылықты өлшеу түрлендіргіштерін бір сыйымдылықты және екі сыйымдылықты датчиктерге бөлуге болады. Соңғылары дифференциалды және жартылай дифференциалды.

Бір конденсатор сенсоры дизайны бойынша қарапайым және айнымалы сыйымдылығы бар бір конденсатордан тұрады. Оның кемшіліктеріне ылғалдылық пен температура сияқты сыртқы факторлардың елеулі әсері жатады. Осы қателіктердің орнын толтыру үшін дифференциалдық құрылымдар қолданылады [11]. Мұндай сыйымдылықтардың бір сыйымдылықпен салыстырғанда кемшілігі - паразиттік деп аталатын сыйымдылықты басу үшін сенсор мен өлшеу құрылғысы арасындағы кем дегенде үш (екідің орнына) қорғаныс сымдарының қажеттілігі. Алайда, бұл кемшілік дәл осындай құрылғылардың қолдану өрісінің дәлдігінің, тұрақтылығының және кеңеюінің айтарлықтай артуымен төленеді.

Кейбір жағдайларда дизайн себептері бойынша дифференциалды сыйымдылық датчигін жасау қиын (бұл әсіресе өзгермелі саңылауы бар дифференциалды датчиктерге қатысты). Алайда, егер бір уақытта жұмыс істейтін конденсатор үлгілі конденсатор орналастырылған болса және олар конструкциясында, өлшемдері мен материалдарында мүмкіндігінше бірдей болса, онда бүкіл құрылғының сыртқы әсерге деген сезімталдығы әлдеқайда төмен болады тұрақсыздандыратын әсерлер қамтамасыз етіледі. Мұндай жағдайларда біз дифференциал сияқты екі сыйымдылыққа жататын жартылай дифференциалды сыйымдылық сенсоры туралы айтуға болады.

Екі өлшемді физикалық шамалардың өлшемсіз қатынасы ретінде ұсынылатын екі көлемді датчиктердің шығу параметрінің ерекшелігі (біздің жағдайда сыйымдылықтар) оларды қатынас датчиктері деп атауға негіз береді. Қос сыйымдылықты датчиктерді пайдалану кезінде өлшеу құрылғысында сыйымдылықтың стандартты өлшемдері мүлдем болмауы мүмкін, бұл өлшеу дәлдігінің жоғарылауына ықпал етеді.

Мұндай датчиктер күнделікті өмірде барлық жерде кездессе де, кеңінен қолданыла бастады. Олар механикалық ажыратқыштар мен түймелерді пайдалануды барынша азайтады деп күтуге болады. Ең бастысы, бұл технология жанасу сәтін анықтауға мүмкіндік береді, және тек қазіргі заманғы электроника оны еш қиындықсыз өңдейді.

Деңгейге, қысымға, позицияға және басқа ұқсас тауарларға арналған сыйымдылық датчиктері, сондай-ақ дизайн ерекшеліктері олардың әмбебаптығы

туралы қорытынды жасауға мүмкіндік береді. Бұл оларды өнеркәсіптің әртүрлі салаларында, реттеу және басқару схемаларында қолдануға болатындығын білдіреді. Мысал ретінде осындай есептегіштерді қолдануға болатын халық шаруашылығының келесі бағыттарын атауға болады:

- Мұнай-газ саласы;
- Металдарды өндіру және өңдеу;
- Тау-кен өнеркәсібі;
- Ауыл шаруашылығы, оның ішінде мал шаруашылығы және өсімдік шаруашылығы;
- Ағаш өңдеу өнеркәсібі;
- Сусындар мен тамақ өнімдерін өндіру;
- Станок жасау және роботтандырылған кешендер;
- Целлюлоза-қағаз өнеркәсібі;
- Химия өнеркәсібі және басқалары.

Сыйымды түрлендіргіштерді қолдану әртүрлі мәселелерді шешуге мүмкіндік береді. Олардың барлығын тізімдеу өте қарапайым, бірақ мысал ретінде сіз оларды қолданудың келесі нұсқаларын келтіре аласыз:

- құбырдағы немесе қоймадағы сұйықтықты, сусымалы заттарды, оның ішінде өнімдерді көрсету, олардың толтырылуын бақылау;
- орау кезінде сынған сымға, лентаға және басқа ұқсас заттарға белгі беру;
- бұйымдардың санын есептеу;
- белдіктің керілуін бақылау;
- рұқсат етілмеген кіруді анықтау үшін қауіпсіздік жүйелерінде қолдану.

Мұндай датчиктердің сөзсіз артықшылықтары арасында, олар қай жерде қолданылмасын, тіпті Мәскеуде, тіпті Антарктидада да мынаны атап өткен жөн:

- жеңіл салмақ, өлшемдер, төмен қуат шығыны;
- байланыстардың болмауы;
- ұзақ қызмет ету мерзімі;
- датчиктерді әр түрлі мәселелерді шешуге пайдалануға бейімдеу мүмкіндігі;
- қозғалмалы бөлшектерді жылжыту үшін аз күш.
- өндірістің қарапайымдылығы, сондай-ақ осы мақсаттар үшін қол жетімді, арзан материалдарды пайдалану;

3. Робот манипулятор

Манипулятор дегеніміз – белгілі бір аумақта өздігінен жұмыс жасай алатын, манипуляция жасайтын құрылғылармен жабдықталған техникалық құрылғы [13]. Манипулятордың өндіріс орындарында, зауыттарда, құрылыс саласында берер пайдасы өте көп. Ол адам жұмысын ауыстырып қана қоймай, оның жасайтын жұмысынан асып түседі. Атап айта кетсек, оның ауыр жүктердің орнын ауыстыруы, қайталанып жасалынатын ұсақ әрі көп заттармен тез жұмыс жасауы және кесу, дәнекерлеу, ою секілді істерді жасауда дәлдігі көп салада өзіне қолданыс табуда.

Манипулятордың дәл әрі тез жұмыс жасауы үшін оны жобалау барысы өте маңызды. Себебі, оның дұрыс жобаланбауы қозғалтқыштың істен шығуы, буын бірлескен жерлерінің ажырап кетуі, жүктелген затты көтере алмауы, маневр жасау кезінде дәлдігінің болмауы секілді және т.б. мәселелер тудырады.

Манипулятордың мүмкіншілігі шектеулі адамдарға да тигізер пайдасы бар. Қолдары әлсіз немесе қолы жұмыс жасамайтын адамдарға манипулятор қолдың атқаратын қызметін ауыстырып береді. Әрине, ондай манипуляторлардың адамға қауіпсіздігі басты назарда ұсталады.

3.1 Манипулятордың буын жетегі

Манипулятордың буындарын қозғалысқа келтіру үшін гидравликалық, пневматикалық және электрлік жетектер қолданылады. Манипулятор жасайтын жұмысына және күрделілігіне байланысты жетектің түрі таңдалады.

Гидравликалық жетек (3.1-сурет). Бұл қозғалтқыш түрі манипулятор буының сұйықтықтың көмегімен жүзеге асырады. Бұл құрылыс саласындағы крандарда, ауыр өнеркәсіпте кеңінен қолданылады.

Электрлік жетек. Электрлік жетек электр энергиясын механикалық энергияға айналдыру арқылы жүзеге асады. Электрлік қозғалтқыштың келесі түрлері бар:

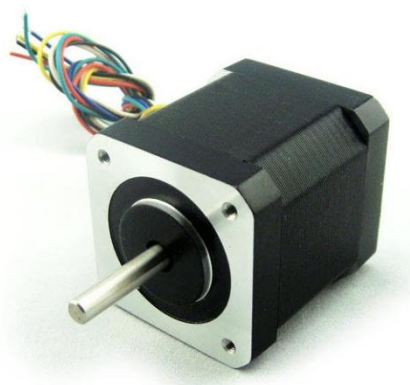
- серво қозғалтқыш;
- қадамды қозғалтқыш;

Манипулятордың жетегі ретінде серво және қадамды қозғалтқыш (3.2-сурет) қолданылады. Себебі, оның қозғалысын бағдарламалау арқылы реттекке болады. Ал тұрақты ток қозғалтқышы ондай жетек қызметін атқара алмайды. Серво және қадамды қозғалтқыш (3.3-сурет) контроллерден келген сандық код арқылы белгіленген қадам жасайды [14]. Сол арқылы манипулятор қозғалысының дәлдігін анықтауға болады.

Біздің манипуляторымыз сервожетек арқылы жұмыс жасайтын болады.



3.1 сурет – Гидравликалық жетекті манипулятор



3.2 сурет – Қадамды электрқозғалтқыш



3.3 сурет – Сервоқозғалтқыш

3.3 Манипулятордың құрылымы

Біздің дипломдық жұмыста қолданылатын манипулятордың жетегі ретінде алты MG 996 сервоқозғалтқышы және екі SG 90 сервоқозғалтқышы қолданылады. MG996R сервоқозғалтқышының айналу сәті өте жоғары. Басқару контроллері ардуино уно платасы арқылы жүзеге асады. Манипулятордың әр буынын қозғау үшін контроллер арқылы джойстикпен басқарылатын болады.



3.4 сурет – Сервоқозғалтқыш MG996R



3.5 сурет – Ардуино уно платасы

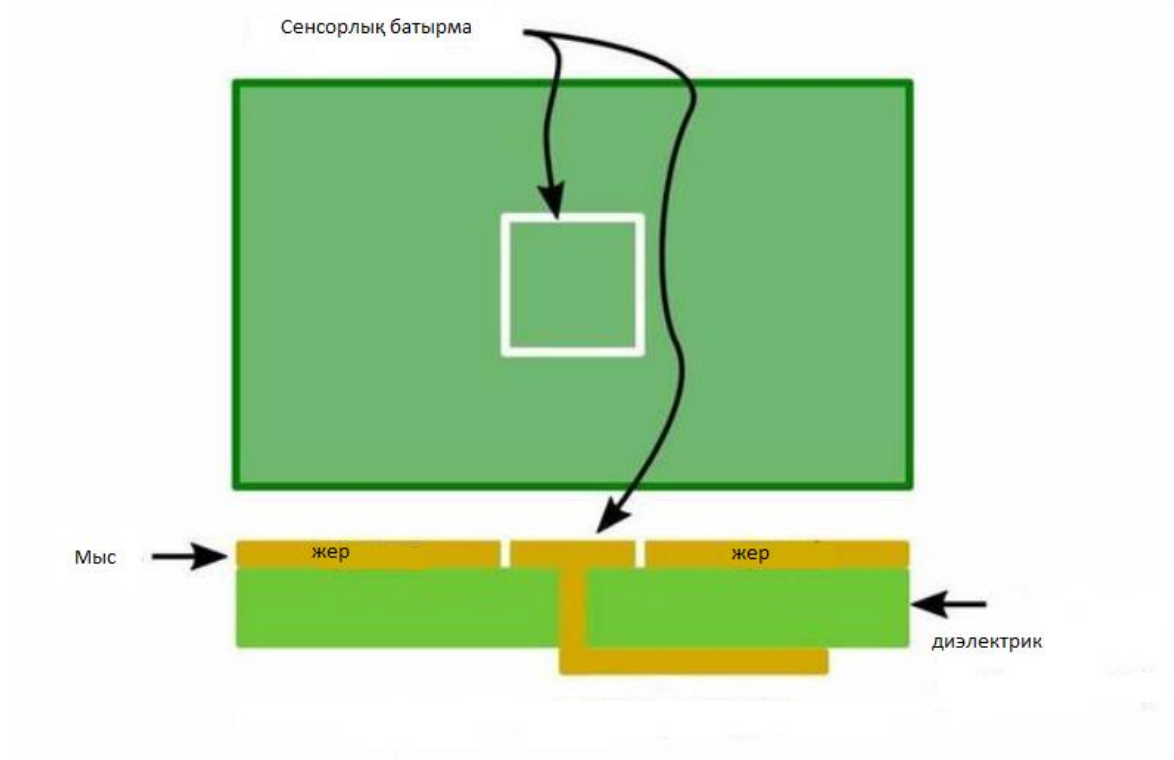
4.Конструкциялық бөлім

4.1 Тактильді сыйымдылық сенсорының құрылымы

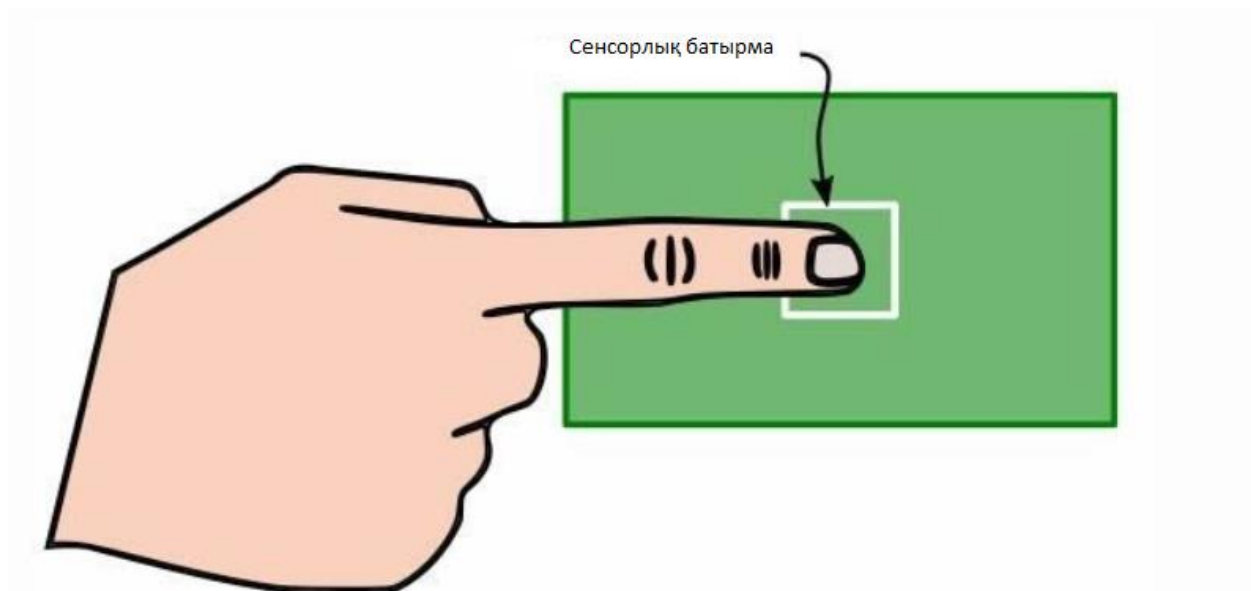
Конденсатор тек сымдары бар жеке көлемдік элемент ретінде болмайды. Сыйымдылықты қатардағы екі кәдімгі өткізгіш те бөледі. Осыған сүйене отырып, қандай да бір диэлектрикпен бөлінген электр өткізгіш қабаттар негізінде конденсатор алуға болады. Мұндай конденсаторды баспа платасы негізінде алуға болады.

Ол төмендегі суретте көрсетілген (екі проекцияда - жоғарғы және бүйір жағында). Біз жалпы мыс қабатынан бөлінген бөлек аймақты (сенсорлық түйме) көреміз. Қалған бөлімдер жерге қосылғандықтан, сенсорлық алаң оны және жер арасындағы конденсатор ретінде қарастырылуы мүмкін.

Мұндай конденсатордың сыйымдылығы аз болады, шамамен 10 ф. Бірақ әр түрлі құрылғылар үшін оның мәні маңызды емес. Бақылау кезінде көбінесе қуат емес, оның өзгеруі маңызды. Дәл осы үшін сенсорлық түйменің күйін өңдейтін схемалар арналған.



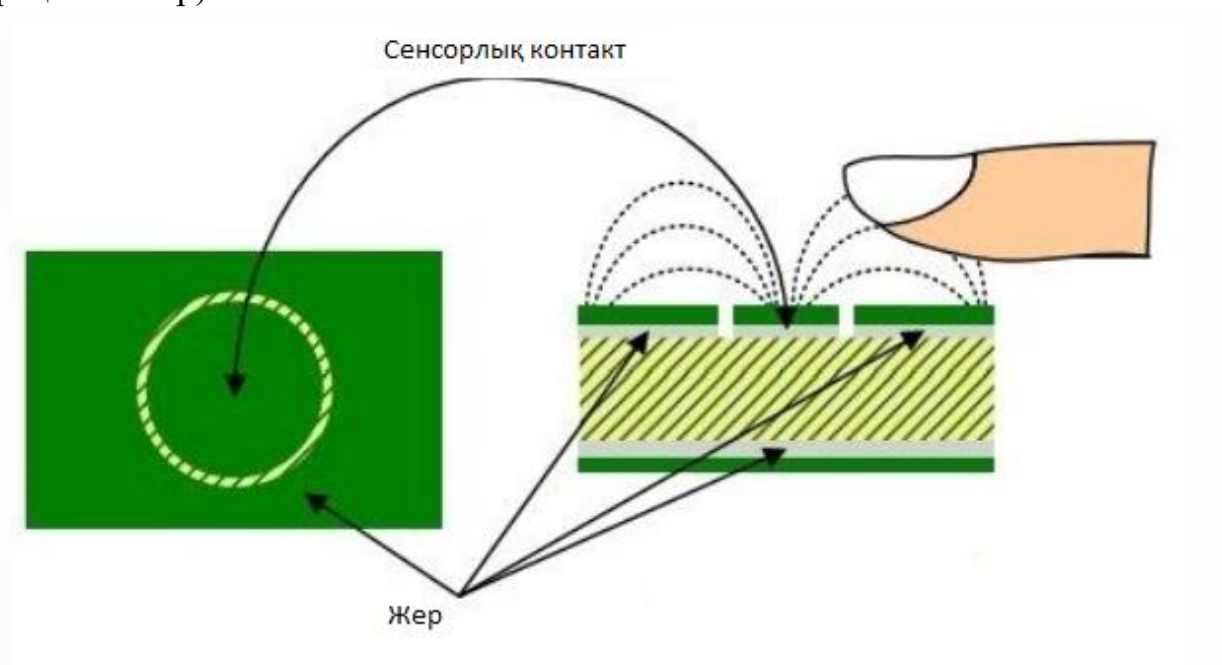
4.1 сурет – Сыйымдылық сенсорының құрылымы



4.2 сурет – Түйменің күйінін өзгертілуі

Бірден айта кету керек, мұндай жанасу адамға ешқандай қауіп төндірмейді. Әдетте барлық тақталар лакпен жабылған, сондықтан өткізгіш элементтермен тікелей байланыс болмайды. Алайда, конденсатордың күйінде өзгерістер болады. Бұл екі себеп бойынша мүмкін:

- адам денесінің диэлектрлік өтімділігі есебінен;
- өзінің өткізгіштігіне байланысты (Дененің өзіндік диэлектрлік тұрақтысы бар)



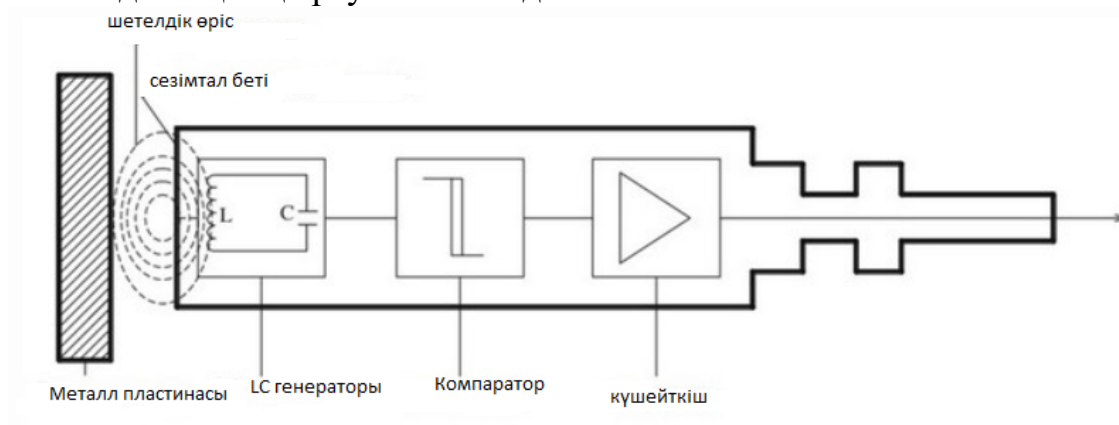
4.3 сурет – Сыйымдылық сенсорының сигнал қабылдауы.

Дененің диэлектрлік өтімділігі бастапқы сәтте изолятор қызметін атқаратын ауаның диэлектрлік өтімділігінен өзгеше болғандықтан, конденсатордың сыйымдылығы өзгереді. Оны есептеу жеңіл - ауаның

диэлектрлік өтімділігі 1, ал су 80-ге тең (адам денесі негізінен су). Бұл сенсорлық батырманың сыйымдылығы артады деген сөз.

Бұл өзгеріс үшін оған қол тигізудің қажеті жоқ. Ғалымдардың зерттеулері көрсеткендей, кейде саусақты байланысқа тигізу жеткілікті.

Жоғарыда айтылғандай, адамға тигізу қауіп төндірмейді, дегенмен сенсорлық түйменің күйін өзгертуге ықпал етеді. Қарапайым түрде саусақтың сыйымдылығы сенсорлық түйменің сыйымдылығымен параллель қосылған деп санауға болады. Сондықтан жүйенің жалпы сыйымдылығы, алдыңғы жағдайдағыдай, артады. Бұл дегеніміз, қарастырылған екі механизм де (диэлектрлік өтімділіктің өзгеруі және адам ағзасының меншікті өткізгіштігі) сыйымдылықтың артуына әкеледі.



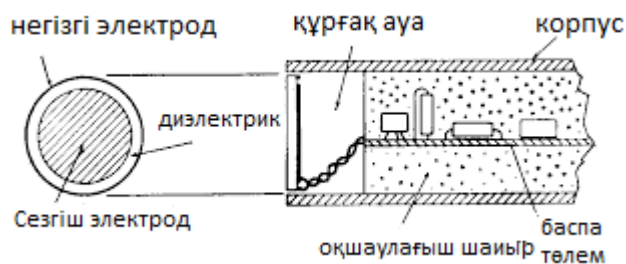
4.4 сурет – Сыйымдылық датчигінің ішкі құрылымы

Мұндай есептегіштің құрамына сигнал генераторы, компаратор және күшейткіш-түрлендіргіш кіреді. Схема қосылған кезде, есептегіштің алдындағы кеңістікте электр өрісі пайда болады. Генератор бөтен заттар болмаған кезде іске қосылмайтын етіп орнатылған. Бұған бос кеңістіктің диэлектрлік тұрақтысы 1-ге тең орналастырылған конденсатор деп саналуы арқылы қол жеткізіледі, бұл генераторды іске қосу үшін сыйымдылықтың мәні жеткіліксіз.

Есептегіштің алдында кез-келген материалдар, заттар, адамдар пайда болған кезде ортаның диэлектрлік өтімділігі өзгереді (өседі), конденсатордың сыйымдылығы да артады. Бұл генераторды іске қосады [16]. Діріл амплитудасы объектіге дейінгі қашықтыққа, оның материалына және диэлектрлік өтімділікке байланысты болады.

Тербеліс амплитудасы белгілі бір мәнге жеткенде, компаратор іске қосылып, күшейткішке сигнал жібереді. Бөтен зат табылды.

Бұл схеманы ұры-қону жүйесінде жабық аймаққа кіруді анықтау үшін ғана емес, басқа мақсаттарда да қолдануға болады. Бұл принцип бойынша бөлшек тауарлар санын санау жүйесі жұмыс істей алады, мысалы, сүт қораптары, консервілер немесе басқа осыған ұқсас заттар.



4.5 сурет – Тактильді сыйымдылық датчигі

4.2 Электродтардың арақашықтығын өзгерту кезіндегі тактильді сыйымдылықты сенсорды есептеу

Біз деформацияланатын диафрагмамен (мембранамен) сыйымдылықты қысым датчигінің дизайнын таңдаймыз. Диафрагма түріндегі қысымды таратқыштар жылжымалы диафрагма дифференциалды сыйымдылық түрлендіргіштің орта электродына айналатындай етіп жасалған. Электрлік сыйымдылықтың өзгеруі электродтар арасындағы қашықтық өзгерген кезде пайда болады.

Электродтардың ауданы мына формула бойынша анықталады:

$$S_{эл} = \pi * R_c^2 \quad (4.1)$$

Мұндағы R_c^2 - электрод радиусы

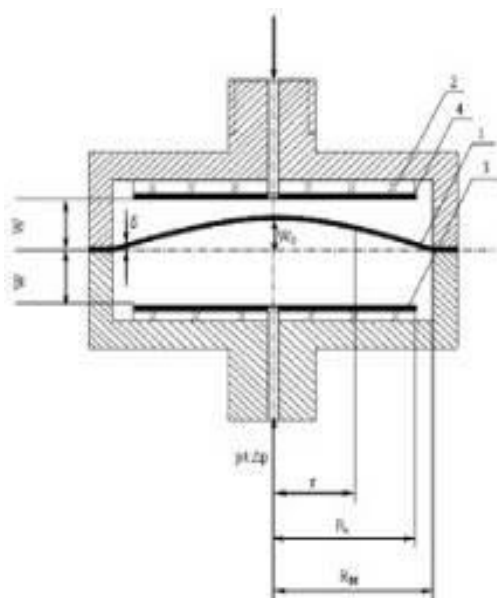
Конденсатордың номиналды сыйымдылығы мембранамен және 3 немесе 4 тіркелген электродпен құрылған:

$$C = \frac{\epsilon_0 * S_{эл}}{W} \quad (4.2)$$

Мұндағы ϵ_0 - ауаның диэлектрлік өтімділігі $= 8.85 * 10^{-2}$

S – электродтың ауданы

W - мембрана мен электрод арасындағы бастапқы саңылау



4.6 сурет – конденсатор мен мембрана құрылымы

Шартты белгілер:

1 – мембрана;

2 – оқшаулағыш;

3, 4 – электродтар;

Сыйымдылық сенсорының қозғалмалы электродтың қозғалысына сезімталдығы:

$$S_{\text{дат}} = \frac{\partial C}{\partial W} = - \frac{\varepsilon_0 * S_{\text{эл}}}{W * W} \quad (4.3)$$

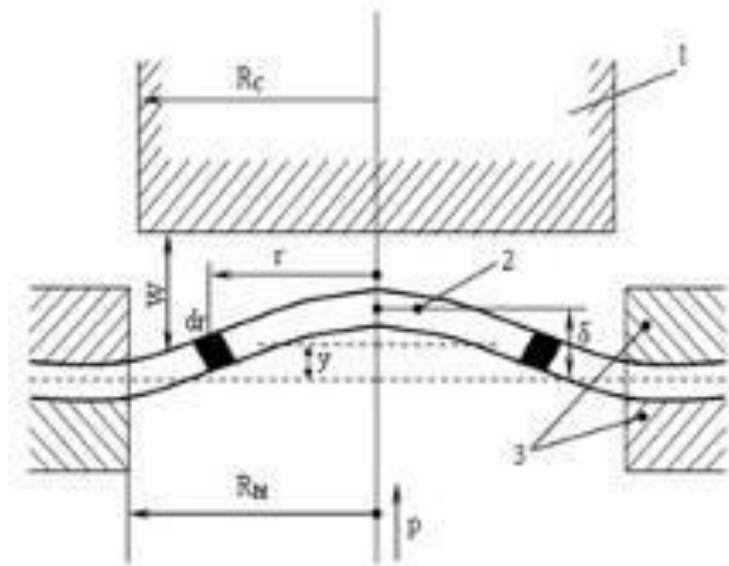
Сезімталдықтың жоғарылауына электродтар арасындағы бастапқы саңылауды азайту және датчиктің көлемін ұлғайту арқылы қол жеткізіледі. Суреттен көріп отырғанымыздай, мембрана өлшенген қысым әсерінен ауыспалы ауытқуды алады. Мембрана орталығы ең үлкен орын ауыстыруға ие, ал мембрананың перифериясы ең кіші. Артық қысыммен біркелкі жүктеме әсерінен мембрана центрінің инсультына тәуелділігін білдіретін теңдеу келесі түрге ие:

$$W_0 = \frac{3 * (1 - \mu^2) * R_M^4}{16 * E * \delta^3} * \Delta p \quad (4.4)$$

Мұндағы E – Юнг модулі

μ – Пуассон коэффициенті

δ – Мембрана қалыңдығы, см.



4.7 сурет - Мембрананың ауытқуы

Шартты белгілер:

1 – қозғалмайтын электрод;

2 – диафрагма;

3 – ұстаушы.

Датчиктің параметрлерін орнатайық:

Қысым, мембрана диаметрі мен мембрананың қалыңдығы арасындағы байланысты келесі түрде ұсынуға болады:

$$\delta = K_{\delta} * D * \sqrt{\Delta p} = 1.335 \text{ см} \quad (4.5)$$

Контур бойымен бекітілген мембрана үшін тығыздағыштағы кернеу келесі өрнекпен анықталады:

$$\sigma_{max} = \frac{3}{4} * \frac{R^2/M}{\delta^2} * \Delta p = 1346.596 \frac{\text{кг*с}}{\text{см}^2} \quad (4.6)$$

Алынған нәтижелерден мембрана мен электрод арасындағы бастапқы саңылауды табамыз:

$$W_0 = 2.508 * 10^{-6} \text{ см}$$

Практикалық есептеулер үшін сыйымдылықтағы қысым датчигінің сезімталдығын сыйымдылықтағы салыстырмалы өсімнің осы өсімді тудырған қысымға қатынасы ретінде білдіру ыңғайлы:

$$S_{\text{дат}} = \frac{\frac{\Delta C}{C}}{\Delta p} = \frac{\delta C}{p} = \frac{\delta C}{\delta W} * \frac{\delta W}{\delta p} = S_1 * S_2 \quad (4.7)$$

Мұндағы, C – тензосезімталдылық сенсор коэффициенті.

p - сенсордың серпімді сезімталдық коэффициенті

Электрод радиусының мембрана радиусына қатынасы:

$$\beta = \frac{R_C}{R_M} \quad (4.8)$$

Осыдан $R_C=3,9$ см

Кабельдің паразиттік қосылу сыйымдылығын ескере отырып, коэффициент келесі түрге ие болады:

$$S_i = \frac{\beta^2}{3} * \frac{\beta^2 * (\beta^2 - 3) + 3}{\beta^2 + a}$$

Осыдан :

$$S_1 = 0.998$$

Датчиктің серпімді сезімталдық коэффициентінің өрнегі жалпақ мембрана үшін келесі түрге ие болатын қатынасты қамтиды:

$$\frac{W_0}{p} = \frac{3}{16} * \frac{(1-\mu^2)*R_M^4}{E*\delta^1} \quad (4.9)$$

Бұдан,

$$S_2 = \frac{1}{W} * \frac{3}{16} * \frac{(1-\mu^2)*R_M^4}{E*\delta^3} = 0.998 \quad (4.10)$$

Сондықтан тактильді сыйымдылық датчигінің жалпы сезімталдығы:

$$S_{\partial} = \frac{\beta^2}{16} * \frac{\beta^2 * (\beta^2 - 3) + 3}{\beta^2 + a} * \frac{1}{W} * \frac{(1-\mu^2)*R_M^4}{E*\delta^3} = 2.35 * 10^{-2}$$

Жиек эффектін жою және сыйымдылықты түрлендіргіш электродтардың шеттерінде біркелкі электр өрісін алу үшін электродтардың біріне арнайы сақина сақинасы қолданылады. Күзет сақинасын қолдану мүмкін болмаған жағдайларда, сыйымдылықты есептеу кезінде түзету коэффициенттерін қолдану керек.

Радиусы ($W \ll$) дөңгелек электродтары бар ауа конденсаторы үшін шеткі эффектін елемеуге болмайтын жағдайда мембрананың әртүрлі позицияларының сыйымдылығы:

$$C = 8.85 * 10^{-2} \left\{ \frac{\pi R_C^2}{W \pm W_0} + R_C \left[\ln \frac{16\pi R_C}{W \pm W_0} + 1 + f \frac{\delta}{W \pm W_0} \right] \right\} \quad (4.11)$$

Алынған шамаларды жинақтап, бізге керек конденсатордың сыйымдылығын анықтаймыз :

$$C = 8.85 * 10^{-2} \left\{ \frac{\pi * 0.7 * 0.7}{0.89} + 0.86 \left[\ln \frac{16\pi * 0.7}{0.89} + 1 + 0.6 \right] \right\} = 0.564 \text{ Ф}$$

4.3 Сыйымдылық сенсорының КОМПАС-3D бағдарламасында жасалынған моделі.

Берілген дипломдық жұмыста тактильді сыйымдылық датчигінің жобалауы алдымен есептеуден басталды. Алынған нәтижелерге сәйкес біз КОМПАС-3Д бағдарламасында модель істейміз. Ең алдымен сыйымдылықтың мәнін 0,564 Ф деп алсақ, біздің датчике қолайлы материал болат (сталь) екенін ұйғарамыз.

$$U_{hgend} = \sqrt{\frac{P_p}{2 * \pi * f * c}}$$

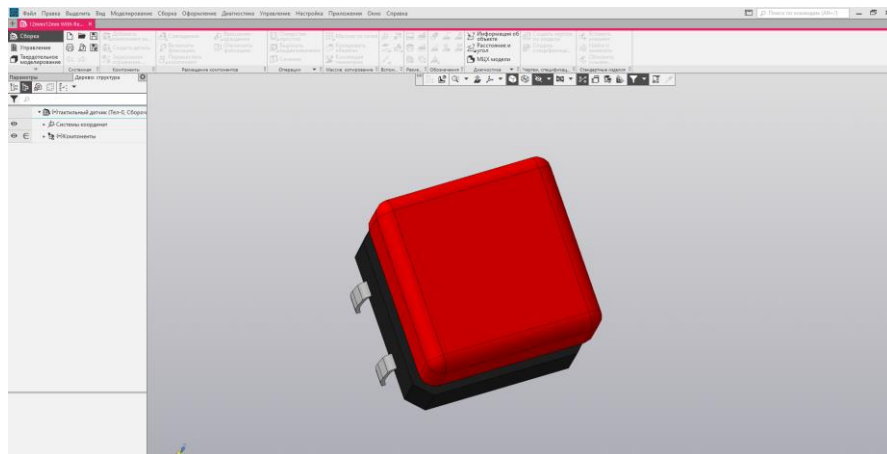
Конденсатордың мәні белгілі болғандықтан, қуат кернеуін берілеген формуламен есептесек, мәні :

$$U_{m=565 * 10^3 \sqrt{\frac{P_p}{f * c}}}$$

Осыдан, $U_m = 24\text{В}$ ге тең. Осыдан алдыңғы бөлімдегі мәліметтерге сүйене отырып, кедергіні берілген формуладан табамыз.

$$R_{из} = \rho * \frac{d}{S * (n - 1)} * 10^{-6}, \text{МОм}$$

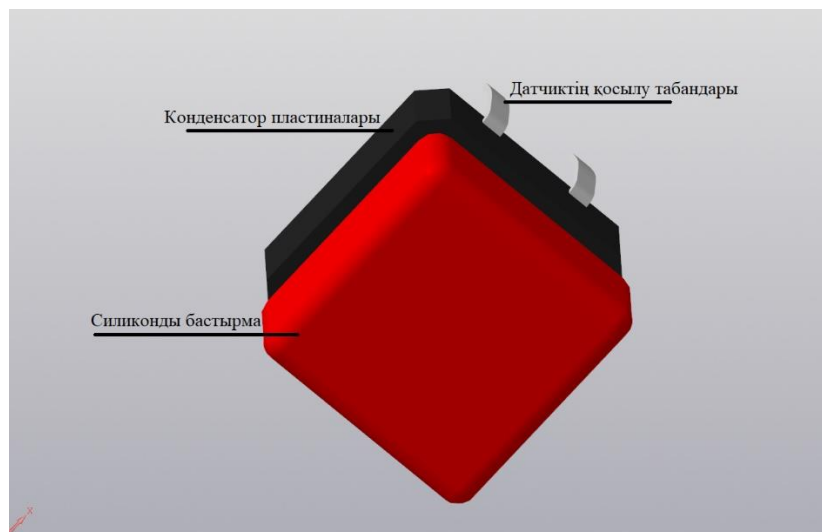
Осыдан, $R = 96 \text{ Ом}$ -ға тең. Алынған нәтижелерден тоқ күшін анықтаймыз – $I = U/R$, бұдан $I = 0.25\text{м А}$.



4.8 сурет - Тактильді сыйымдылық датчигінің 3D моделі.

Берілген сыйымдылық датчигінің моделін Компас-3D бағдарламасында жасадым, себебі бұл бағдарлама жеңіл 3D модельдерін жасауға өте ыңғайлы. Алдыңғы есептеулер жұмысындағы мәліметтерге сай 3D модель жасаған кезде алынған өлшемдері 12 x 12 мм / 3 «x 1,6» (L * Мах диаметріне төзімділік); Себебі корпусың ішіне орнататын микросхемалардың көлемі, біздің өлшемдерімізге сай прототиптерге негізделген. Мысалы конденсатор CM12-3004NA моделінің Datasheet реестріндегі көлемі 6 x 6 мм, h 2. Осындай логикаға сәйкес корпусың көлемін микросхемаларға сай етіп алдым.

Дипломдық жұмыста сыйымдылық датчиктің түрі жалпақ төртбұрыш болып келеді, себебі бұнда анықтау қашықтығы 1 см ге дейін жетеді. Ал басқа сыйымдылық датчиктерінің анықтау қашықтығы тек 1 -10 мм арасында. Анықтау объектісі - тек өткізгішпен ғана емес, сонымен қатар сұйық, тіпті пластмасса, су, әйнек, май және т.б. ұнтақпен де шектеледі. Негізгісі металл және металл емес материалдар.



4.9 сурет – Тактильді сенсордың құрылымы

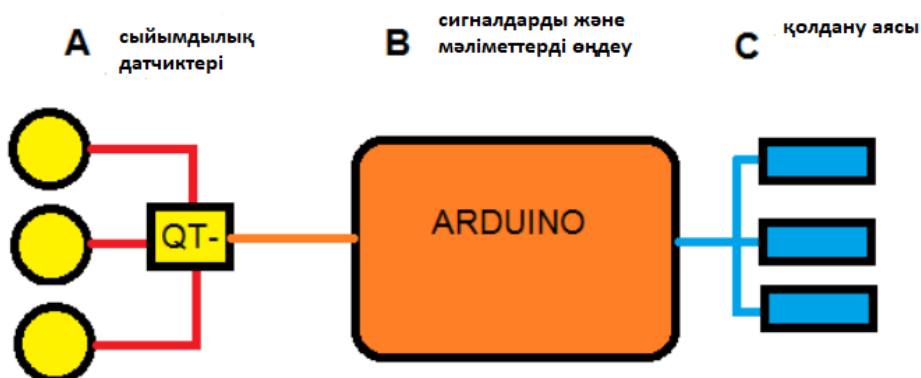
Менің жасаған датчиктіктің есептеу кезеңінде тапқан Қуат кернеуі 24 В тұрақты ток, Ағымдағы шығыс –25 мА. Датчиктің өзінің жауап беру жиілігі – 100 Гц. Себебі сыйымдылық мәнін анықтағанда конденсатордың габариті біздің датчикке тура келді. Жасалынған материал : Сенсордың басы силикон, негізгі денесі болаттан (сталь) ал қосалқы материалдар ол пластик пен қорытпа. Сенсор датчигінің бас диаметрі 12 мм.

4.4 Сыйымдылық сенсорын робот манипуляторға енгізу

Бүгінгі күні сыйымдылықты сенсорлар MP3 ойнатқыштары, ұялы телефондар және басқа портативті құрылғылар сияқты тұтынушылық өнімдерде кеңінен қолданылады. Барған сайын технологиялар тұрмыстық техника, сондай-ақ автомобиль және өнеркәсіптік қосымшалар сияқты қосымша салаларда

қолданылады. Бұл дамудың бірнеше себептері бар. Шамамен 10 жыл бұрын резистивті сенсорлық интерфейстер смартфондарда, планшеттерде және PDA-да кең таралған, бірақ қазіргі кезде бұл электронды құрылғыларда сыйымдылық ең көп қолданылады.

Бұл дипломдық жұмыста ATMEЛ компаниясының QT10XX сериялы ИҚ сыйымдылық датчиктерінің сигналдарын өңдеуге арналған негізгі тізбектер біздің датчикке ұқсасы болғандықтан, біз оны прототип ретінде алдық. Келесі суретте сыйымдылықты тактильді интерфейстерді дамытудың жалпы тұжырымдамалық архитектурасы көрсетілген.



4.10 сурет – Сыйымдылықты тактильді интерфейстердің тұжырымдамалық архитектурасы.

4.10 суретте біз тұжырымдамалық құрылымның үш негізгі блокқа бөлінгенін көреміз, олар:

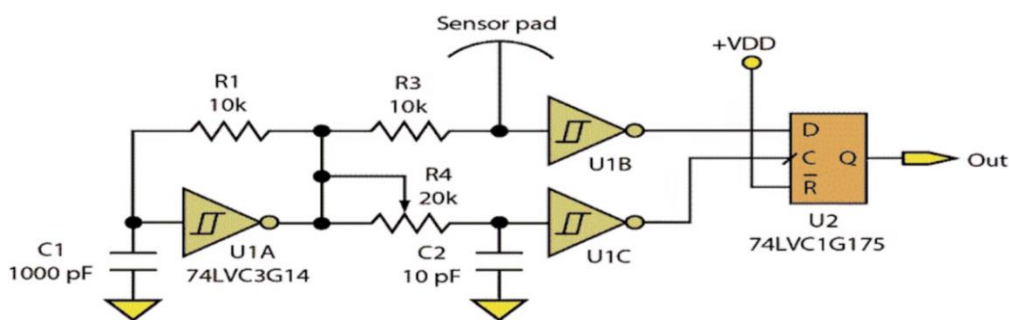
А. Сыйымдылықты датчиктердің дизайны және өндірісі ІС сигнализациямен (QT сериясы). Бұл бөлімде датчиктер микроконтроллерге қосылады, сонымен қатар аналогтық кондиционер құрамына кіретін конденсаторлар мен беттік қондыру технологиясының резисторлары орналасқан. және сезімталдықты реттеуге арналған резисторлар (тарту резисторлары).

В. В бөлімі негізінен сигналдарды өңдеуге және шығыс функцияларын анықтауға қызмет етеді. Біздің жағдайда біз ARDUINO платформасын және біздің қосымшаларымызға қажетті функцияларды орындау үшін әр түрлі алгоритмдерді қолдандық.

С. Сонымен, С бөлімінде сыйымдылықты сенсорлық интерфейстермен басқарылатын әрекеттер жиынтығын тексеруге болады.

4.4.1 Сыйымдылық сенсоры мен манипулятор роботтың Proteus бағдарламасындағы қосылу электрсхемасы

Бұл дипломдық жұмыстың барысында Proteus бағдарламасында тактильді сыйымдылық датчигінің электсұлбасын алдымен жасадым.



4.11 сурет – Тактильді сыйымдылық датчигінің сұлбасы

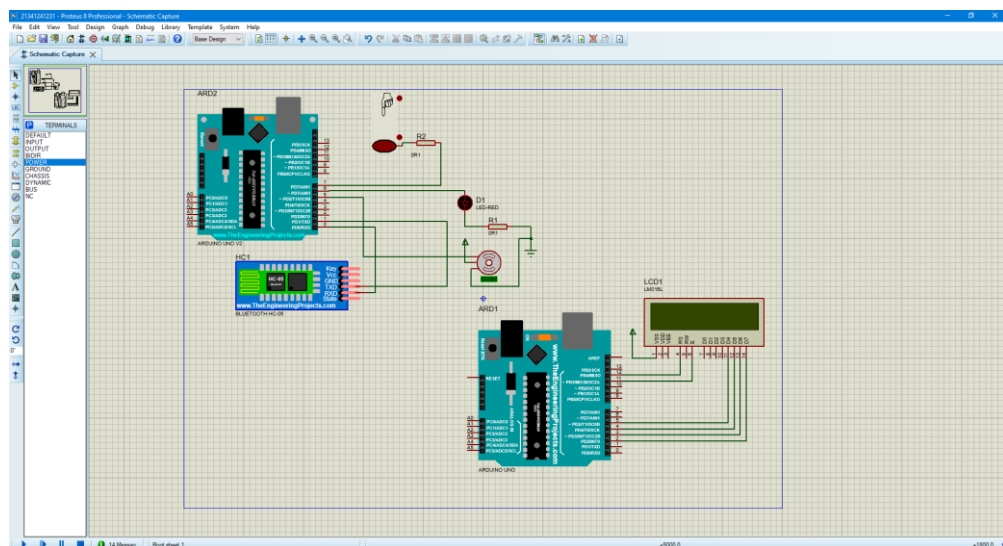
Proteus бағдарламасының жеке кітапханасында сыйымдылық датчигінің конфигурациясына өзімнің сыйымдылық датчигін орнаттым. Ол процесстен кейін тактильді сенсордың (Touch sensor) сезімталдылығы едәуір өсті.

Дипломдық жұмыстың негізгі мақсаты тактильді сенсорды құрастырып роботқа қолдануы болғандықтан. Алдымен proteus бағдарламасында сұлбаны жасап аламыз. Микроконтроллер ретінде Arduino Uno бекіттім, себебі Arduino микроконтроллерлері , сервоприводпен және тактильді сенсорларды қолдануға өте жеңіл және қолайлы болды. Манипулятор негізінен біздің диплом бойынша 6 сервоприводтан құралған және 2 дене-қозғаушы сервоприводтар.

4.4.2 Жұмыс істеу принципі.

Берілген сұлбада (Сурет 4.12) Arduino контроллері тактильді датчик пен денені анықтап сервоприводты қосып байланыстырады. Біздің тактильді сыйымдылық сенсорының бас диаметрі 12 мм болғандықта, сервоприводтың 360 градус айналу осін 180 градусқа төмендетеміз. Және де сигналдың барып тұрғанын көру үшін алдымен 1 LED диодты платаға жалғаймыз. Егер тактильді датчик біздің конфигурациямызбен 1 см арақашықта денені сенсорымен байқаса, алынған мәліметтер блютуз модуль арқылы біздің 2 микроконтроллерге шығарады. Мәліметтерге – денеің материалы және температура жатқыздық. Берілген материалдарды жинақтап схемаға қосқан кезде, тактильді датчик денені байқаса, диод жанып, сервопривод 0 ден 180 градусқа айналады, алынған мәлімет жіберіледі. Егер 5 секунд ішінде датчик денені байқамаса , диод шам өшеді.

Жобаның негізгі артықшылығы: Қабылдау арақашықтығының үлкеюі , және қабылдау уақытының жеделділігінде. Басқа тактильді датчиктердің кешіктіру уақыты 0,5 сек-қа дейін барады, ал бұл диплом жұмысы барысында құрылған датчиктің кешіктіру уақыты 0,800 мсек-тан аспады.



4.12 сурет – сыйымдылық сенсоры мен манипулятор бөлігінің қолдану схемасы

ҚОРЫТЫНДЫ

Бұл дипломдық жұмыс барысында, тактильді датчиктердің құрылымын, пайдасы және кемшіліктерін қарастырдық. Тактильді датчиктердің түрлерін салыстырып, сыйымдылық сенсорының артықшылықтарын көрдік. Жұмыс барысында датчик пен роботтың арасындағы байланысын ұйғарып, манипуляторға орналатын датчикті құрастырдық.

Практикалық жағынан электродтардың арақашықтығын өзгерту кезіндегі тактильді сыйымдылықты сенсорды есептеу жұмыстары жүргізілді. Сонымен қатар Компасс-3Д бағдарламасында сыйымдылық датчигінің моделін құрап, детальдарын анықтадық.

Бұл жұмыс негізінен датчиктің жұмыс істеу қабілетін жоғарылатып, датчик пен контроллер арасындағы байланысты жеделдету дипломдық жобаның басты мақсатына айналды.

Осы дипломдық жұмыста барлық қойылған тапсырмалар орындалды.

ПАЙДАЛАНҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

- 1 Сенсоры в контрольно-измерительной технике. Автор: Таланчук П.М., С. П. Голубков, В. П. Маслов и др. Киев. Техника, 1991. –173 стр.
- 2 «Sensor Technology - SynTouch, Inc». www.syntouchllc.com.
- 4 Фокс, Чарльз және басқалар. «Биомиметикалық мұртты роботпен тактильді SLAM. «2012 IEEE робототехника және автоматика бойынша халықаралық конференция. IEEE, 2012 ж.
- 5 Дахия, Р.С .; Метта, Г .; Валле, М .; Сандини, Г. (2010). «Тактильді сезіну - адамнан гуманоидқа дейін - IEEE журналдары мен журналы». Робототехника бойынша IEEE транзакциялары. 26 (1): 1–20. doi:10.1109 / TRO.2009.2033627.
- 6 Шимоджо, М .; Намики, А .; Исикава, М .; Макино, Р .; Мабучи, К. (2004). «Электр сымдары тігілген қысымды өткізгіш резеңке қолданатын тактильді сенсор парағы - IEEE Journals & Magazine». IEEE сенсорлар журналы. 4 (5): 589–596.
- 7 Фишел, Джереми А .; Сантос, Вероника Дж.; Loeb, Gerald E. (2008). «Саусақтардың биомиметикалық ұштарына арналған мықты микро-діріл сенсоры». Биомиметикалық саусақ ұштары үшін мықты микро-діріл сенсоры - IEEE конференциясы. 659-663
- 8 «Биологиялық шабыттандырылған жиектік кодтауға негізделген тактильді сенсор жасау - IEEE конференциясының басылымы». Маусым 2009. 1-6 бет.
- 9 Кэсси, Эндрю; Эканаяке, Виранта (2006). «Фазалық есептеулерді қолдана отырып, биологиялық рухтандырылған тактильді сенсорлық массив». Фазалық есептеуді қолданатын биологиялық шабыттанған тактильді массив - IEEE конференциясын жариялау. 45-48 бет.
- 10 K. Hosoda, Y. Tada, M. Asada, Anthropomorphic robotic soft fingertip with randomly distributed receptors, Robotics and Autonomous Systems 54 (2006) 104–109.

- 11 J. Scheibert, S. Leurent, A. Prevost, G. Debregeas, The role of fingerprints in the coding of tactile information probed with a biomimetic sensor, *Science* 323 (2009) 1503–1506.
- 12 Y.S. Lee, K.D. Wise, A batch-fabricated silicon capacitive pressure transducer with low temperature sensitivity, *IEEE Transactions on Electron Devices* 29 (1982) 42–48.
- 13 J.C. Greenwood, Silicon in mechanical sensors, *Journal of Physics E: Scientific Instruments* 21 (1988) p1114
- 14 C.M. Oddo, L. Beccai, M. Felder, F. Giovacchini, M.C. Carrozza, Artificial roughness encoding with a bio-inspired MEMS-based tactile sensor array, *Sensors* 9 (2009) 3161–3183.
- 15 P. Maiolino, F. Galantini, F. Mastrogiovanni, G. Gallone, G. Cannata, and F. Carpi, “Soft dielectrics for capacitive sensing in robot skins: Performance of different elastomer types,” *Sensors and Actuators A: Physical*, vol. 226, pp 37–47, 2015.
- 16 H.K. Kim, S. Lee, and K.S. Yun, “Capacitive tactile sensor array for touch screen application,” *Sensors and Actuators A: Physical*, vol. 165, no. 1, pp. 2–7, 2011.

А Қосымшасы

```
#include <Servo.h>
#include <RemoteXY.h>
Servo myservo;

int pos = 0;
int in = 2;
int out = 13;
int state = HIGH;
int r;
int p = LOW;
long time = 0;
long debounce = 200;
void setup()
{
    myservo.attach(9);
    pinMode(in, INPUT);
    pinMode(out, OUTPUT);
}
void loop()
{
    r = digitalRead(in);
    if (r == HIGH && p == LOW && millis() - time > debounce) {
        for (pos = 0; pos <= 180; pos += 1) { // goes from 0 degrees to 180
degrees
            // in steps of 1 degree
            myservo.write(pos);                // tell servo to go to position in
variable 'pos'
            delay(5);                          // waits 15ms for the servo to reach
the position
        }
        for (pos = 180; pos >= 0; pos -= 1) { // goes from 180 degrees to 0
degrees
            myservo.write(pos);                // tell servo to go to position in
variable 'pos'
            delay(5);                          // waits 15ms for the servo to reach
the position
        }
        if (state == HIGH)
            state = LOW;
        else
            state = HIGH;
        time = millis();
    }
    digitalWrite(out, state);
    p = r;
```

А Қосымшасының жалғасы

```
}

#include <LiquidCrystal.h>
#include <RemoteXY.h>

#define REMOTEXY_MODE__SERIAL
#define RemoteXY.bluetooth
const int rs = 12, en = 11, d4 = 5, d5 = 4, d6 = 3, d7 = 2;
LiquidCrystal lcd(rs, en, d4, d5, d6, d7);

void setup() {
  // set up the LCD's number of columns and rows:
  lcd.begin(16, 2);
  // Print a message to the LCD.
  lcd.print("text=type?/temperature>type_of_item");
  RemoteXY.bluetooth
(Type:C:\\Temp\\arduino_build_111412/Bluetooth.ino.hex);
}
void loop() {
  if {
    lcd.print(data type==0?LOW:HIGH);
    RemoteXY.bluetooth
(Type:C:\\Temp\\arduino_build_111412/Bluetooth.ino.hex);
  }
  else {
    lcd.print(data type==1?HIGH);
    RemoteXY.bluetooth
(Type:C:\\Temp\\arduino_build_111412/Bluetooth.ino.hex);
  }
}
```