

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ ЖОҒАРҒЫ БІЛІМ МИНИСТРЛІГІ
«Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті» коммерциялық
емес акционерлік қоғамы



Автоматика және ақпараттық технологиялар институты
«Робототехника және автоматиканың техникалық құралдары» кафедрасы

Шылмырза Үсен Жұманұлы

«Азот станциясы қондырғысының ағыны мен қысымына қызмет көрсететін басқару
блогын жасау»

МАГИСТРЛІК ДИССЕРТАЦИЯ

7M07107 – Робототехника және мехатроника

Алматы 2023



Автоматика және ақпараттық технологиялар институты

«Робототехника және автоматиканың техникалық құралдары» кафедрасы


Шылмырза Үсен Жұманұлы

Магистр академиялық дәрежесін алу үшін
МАГИСТРЛІК ДИССЕРТАЦИЯ


Диссертацияның атауы: «Азот станциясы қондырғысының ағыны мен қысымына қызмет көрсететін басқару блогын жасау»

Дайындау бағыты: 7М07107 – Робототехника және мехатроника


Ғылыми
жетекші т.ғ.к.,
қауымдастырылған профессор

 Туықбаев А.А.
« 5 » маусым 2023 ж.

Рецензент
Абай атындағы ҚазҰПУ
«Физика» кафедрасының
қауымдартырылған
профессор міндетін атқарушысы,
т.ғ.к.,

 Жаменкеев Е.К.
« 05 » маусым 2023 ж.

Норма бақылаушы
PhD, қауымдастырылған
профессор

 Бектиевов А.Ю.
« 5 » маусым 2023 ж.





SATBAYEV
UNIVERSITY

Автоматика және ақпараттық технологиялар институты

«Робототехника және автоматиканың техникалық құралдары» кафедрасы

7M07107 – Робототехника және мехатроника



**Магистрлік диссертацияны орындауға арналған
ТАПСЫРМА**

Магистрант Шымырза Үсен Жұманұлы

Тақырыбы: Азот станциясы қондырғысының ағыны мен қысымына қызмет көрсететін басқару блогын жасау

Университет ректорынан 2023 ж. «29» 10 № 17-53-14 бұйрығымен бекітілген

Аяқталған жұмысты тапсыру мерзімі: «31» маусым 2023 ж.

Магистрлік диссертацияның бастапқы деректері: Азот станциясы.

Магистрлік диссертацияда қарастырылатын мәселелер тізімі:

а) аналитикалық шолу жасау

б) басқару блогының архитектурасы мен схемасын жобалау

в) бағдарламалық жасақтаманы әзірлеу

Графикалық материалдың тізімі (міндетті сызбаларды дәл көрсете отырып):

жұмыс презентациясы слайттарда 21 көрсетілген

Ұсынылатын негізгі әдебиеттер: 66 әдебиеттер тізімі және 3 қосымша

Магистрлік диссертацияны дайындау
КЕСТЕСІ

Бөлімдер атауы, әзірленетін сұрақтар тізбесі	Ғылыми жетекшіге ұсыну мерзімдері	Ескерту
Аналитикалық шолу	16.01.2023	выполнено
Басқару блоктары	21.02.2023	выполнено
Бағдарламалық бөлім	13.04.2023	выполнено
Қорытынды бөлім	15.05.2023	выполнено

Аяқталған магистрлік диссертация үшін, оған қытысты бөлімдердегі диссертациялар кеңесшілері мен қалып бақылаушының қолдары

Бөлімдердің атауы	Кеңесшілер, тегі, аты, әкесінің аты, (ғылыми дәрежесі, атағы)	Қол қойылған күні	Қол
Қалып бақылаушы	Бектилезов А.Ю., PhD, қауымдастырылған профессор	5.06.2023	
Негізгі бөлім	Туякбаев А.А., т.ғ.к., қауымдастырылған профессор	5.06.2023	
Есептеу бөлім	Туякбаев А.А., т.ғ.к., қауымдастырылған профессор	5.06.2023	

Ғылыми жетекшісі

Туякбаев А.А.

Білім алушы тапсырманы орындауға алды

Шылмырза Ү.Ж.

Күні

« 05 » маусым 2023 ж.

АНДАТПА

Бұл диссертация азот станциясы қондырғысының шығыны мен қысымын басқару блогын әзірлеуді қарастырады. Азот станциялары әртүрлі өндірістік процестердегі маңызды құрамдас бөліктер болып табылады, мұнда азот қысымы мен шығынын дәл бақылау мен реттеуді қамтамасыз ету қажет.

Зерттеудің мақсаты-қондырғыдағы азот шығыны мен қысымын оңтайландыруға қабілетті тиімді және сенімді басқару блогын әзірлеу, осылайша оның өнімділігі мен экономикалық тиімділігін арттыру.

Осы мақсатқа жету үшін келесі міндеттер қойылды: азот станцияларындағы ағын мен қысымды басқарудың қолданыстағы әдістерін талдау, математикалық модель мен басқару алгоритмдерін әзірлеу.

Зерттеу ағын мен қысымды басқарудың қолданыстағы әдістері мен технологияларына шолу жасайды. PID реттегіштері, адаптивті және оңтайлы басқару әдістері сияқты әртүрлі Алгоритмдер талданады. Азот станциясының ерекшелігін ескеретін және басқарудың жоғары дәлдігі мен тұрақтылығын қамтамасыз ететін алгоритм әзірленуде.

Басқару блогын іске асыру үшін қысым реттегіштері, ағынды басқару клапандары, қысым мен ағын датчиктері, контроллерлер және басқа да қажетті элементтер сияқты компоненттер таңдалады. Жүйенің дәлдігіне, тұрақтылығына және сенімділігіне қойылатын талаптарды ескере отырып, басқару блогының архитектурасы мен схемасын жобалау жүргізіледі.

Әрі қарай, азот станциясының аппараттық компоненттерімен қосылу және өзара әрекеттесу схемасы жасалады. Ағын мен қысым параметрлерін басқару және бақылау үшін бағдарламалық қамтамасыз ету жүзеге асырылады. Жүйенің дұрыс жұмыс істеуі мен жобаның талаптарына сәйкес келуін қамтамасыз ету үшін тесттер мен тексерулер жүргізіледі.

Бұл зерттеудің жаңалығы мен өзектілігі қазіргі заманғы алгоритмдер мен реттеу әдістерін қолдануға негізделген азот станциясындағы ағын мен қысымды басқарудың жаңа тәсілін ұсынудан тұрады.

Зерттеу нысаны мұнай-газ өнеркәсібі, химия өнеркәсібі, электроника өндірісі және т.б. сияқты әртүрлі салаларда қолданылатын азот станциясын орнату болып табылады. Жұмыстың теориялық маңыздылығы азоттың шығыны мен қысымын басқару саласындағы білімді кеңейтуге ықпал ететін жаңа басқару моделі мен алгоритмдерін әзірлеу болып табылады.

Зерттеудің практикалық маңыздылығы өндірістің нақты жағдайында әзірленген басқару блогын қолдану мүмкіндігі болып табылады. Бұл азот шығыны мен қысымының тұрақтылығын, сондай-ақ шығындарды азайтуды және процестердің өнімділігін арттыруды қамтамасыз ете отырып, азот станциясының тиімділігін арттыруға мүмкіндік береді.

Зерттеу нәтижесінде газ параметрлерін дәл бақылау мен реттеуді қамтамасыз ететін азот станциясының қондырғысының шығыны мен қысымын басқару блогы жасалады. Бұл басқару блогын азоттың қысымы мен шығынын бақылау және реттеу қажет болатын әртүрлі өндірістік процестерде қолдануға болады және жүйенің тиімділігі мен сенімділігін арттыруға ықпал етеді.

АННОТАЦИЯ

В данной диссертационной работе рассматривается разработка блока управления расходом и давлением установки азотной станции. Азотные станции являются важными компонентами в различных промышленных процессах, где требуется обеспечение точного контроля и регулирования давления и расхода азота.

Целью исследования является разработка эффективного и надежного блока управления, способного оптимизировать расход и давление азота в установке, обеспечивая тем самым повышение ее производительности и экономическую эффективность.

Для достижения данной цели были поставлены следующие задачи: анализ существующих методов управления расходом и давлением в азотных станциях, разработка математической модели и алгоритмов управления.

В ходе исследования производится обзор существующих методов и технологий управления расходом и давлением. Анализируются различные алгоритмы, такие как PID-регуляторы, адаптивные и оптимальные методы управления. Разрабатывается алгоритм, учитывающий специфику азотной станции и обеспечивающий высокую точность и стабильность управления.

Для реализации блока управления выбираются компоненты, такие как регуляторы давления, клапаны управления расходом, датчики давления и расхода, контроллеры и другие необходимые элементы. Проводится проектирование архитектуры и схемы блока управления, учитывая требования к точности, стабильности и надежности системы.

Далее разрабатывается схема подключения и взаимодействия с аппаратными компонентами азотной станции. Реализуется программное обеспечение для управления и мониторинга параметров расхода и давления. Проводятся тесты и верификация системы, чтобы убедиться в правильном функционировании и соответствии требованиям проекта.

Новизна и актуальность данного исследования заключаются в предложении нового подхода к управлению расходом и давлением в азотной станции, основанного на использовании современных алгоритмов и методов регулирования.

Объектом исследования является установка азотной станции, используемая в различных отраслях, таких как нефтегазовая промышленность, химическая промышленность, производство электроники и другие. Теоретическая значимость работы заключается в разработке новой модели и алгоритмов управления, что способствует расширению знаний в области управления расходом и давлением азота.

Практическая значимость исследования заключается в возможности применения разработанного блока управления в реальных условиях производства. Он позволит повысить эффективность работы азотной станции, обеспечивая стабильность расхода и давления азота, а также снижение издержек и повышение производительности процессов.

В результате исследования разрабатывается блок управления расходом и давлением установки азотной станции, который обеспечивает точный контроль и регулирование параметров газа. Этот блок управления может быть применен в различных промышленных процессах, где требуется контроль и регулирование давления и расхода азота, и способствовать повышению эффективности и надежности работы системы.

ABSTRACT

In this dissertation work, the development of a flow and pressure control unit for the installation of a nitrogen station is considered. Nitrogen stations are important components in various industrial processes where precise control and regulation of nitrogen pressure and flow is required.

The aim of the study is to develop an efficient and reliable control unit capable of optimizing the flow rate and pressure of nitrogen in the plant, thereby ensuring an increase in its productivity and economic efficiency.

To achieve this goal, the following tasks were set: analysis of existing methods for controlling flow and pressure in nitrogen stations, development of a mathematical model and control algorithms, creation of a prototype control unit, conducting experimental studies and evaluating its effectiveness.

The study provides an overview of existing methods and technologies for flow and pressure management. Various algorithms such as PID controllers, adaptive and optimal control methods are analyzed. An algorithm is being developed that takes into account the specifics of the nitrogen station and ensures high accuracy and stability of control.

Components such as pressure regulators, flow control valves, pressure and flow sensors, controllers and other necessary elements are selected for the implementation of the control unit. The design of the architecture and circuit of the control unit is carried out, taking into account the requirements for accuracy, stability and reliability of the system.

Next, the scheme of connection and interaction with the hardware components of the nitrogen station is being developed. Software is implemented to control and monitor flow and pressure parameters. Tests and verification of the system are carried out to ensure proper functioning and compliance with the requirements of the project.

The novelty and relevance of this study lies in the proposal of a new approach to flow and pressure management in a nitrogen plant based on the use of modern algorithms and control methods.

The object of the study is the installation of a nitrogen station used in various industries, such as the oil and gas industry, chemical industry, electronics manufacturing and others. The theoretical significance of the work lies in the development of a new model and control algorithms, which contributes to the expansion of knowledge in the field of nitrogen flow and pressure management.

The practical significance of the study lies in the possibility of using the developed control unit in real production conditions. It will increase the efficiency of the nitrogen plant, ensuring the stability of nitrogen flow and pressure, as well as reducing costs and increasing the productivity of processes.

As a result of the research, a flow and pressure control unit of the nitrogen station installation is being developed, which provides accurate control and regulation of gas parameters. This control unit can be used in various industrial processes where monitoring and regulation of nitrogen pressure and flow is required, and contribute to improving the efficiency and reliability of the system.

ҚАБЫЛДАНҒАН ҚЫСҚАРТУЛАР ТЕРМИНДЕРІ ТІЗІМІ

PSA – Pressure Swing Adsorption – қысымның төмендеуімен адсорбция

PLC – Programmable Logic Controller – бағдарламаланатын логикалық контроллер

КМЕ – көміртекті молекулалық електер

КЦА – қысқа циклді адсорбция

PID реттегіш – пропорционалды интегралды дифференциалды реттегіштер

P, I және D – пропорционалды, интегралды және дифференциалды

MPU – болжалды басқару моделі

GPRS – жалпы пакеттік радио қызметі

ADC – аналогты-цифрлық түрлендіргіш

МАЗМҰНЫ

Кіріспе	9
1 Азот станциялары жұмысының негізгі принциптері	11
1.1 Азот алу әдістері және процесстері	14
1.1.1 Жаңа азот алу әдісі	20
1.2 Азот өндіру процесі	23
1.2.1 Оттегінің адсорбциясы арқылы азот алу	25
1.2.2 Ауаны мембраналық бөлу арқылы азот алу	27
1.3 Азот станциясының шығыны мен қысымын басқару блоктары	29
2 Басқару блоктары	39
2.1 Функционалдық талаптар	44
2.2 Басқару блогының архитектурасы мен схемасын жобалау	44
2.2.1 Микроконтроллер	47
2.2.2 Сенсорлар	51
2.2.3 Аналогты анықтау модулінің сигнал жинау схемасы	54
3 Бағдарламалық бөлім	58
3.1 Басқару блогын бағдарламалау	62
Қорытынды	
Пайдаланылған әдебиеттер тізімі	
Қосымша А	
Қосымша Б	
Қосымша В	

КІРІСПЕ

Атмосферада шамамен 40 миллион тонна газ бар, оның 78% азот. Белсенді емес химиялық қасиеттері мен жоғары инерттілігіне байланысты азот химия, металлургия, электроника және Ұлттық қорғаныс сияқты салаларда кеңінен қолданылады. Қазіргі уақытта азот компанияларының көпшілігі қысымды адсорбция (PSA) газды бөлу технологиясын қолданады.

PSA газ қоспаларын бөлу үшін әртүрлі газ молекулалары үшін молекулалық електердің адсорбциялық сипаттамаларындағы айырмашылықты пайдаланады. Көміртекті молекулалық електің оттегі мен азотқа бөліну әсері негізінен молекулалық млектің бетіндегі осы екі газдың диффузиясының әртүрлі жылдамдығына негізделген және оттегінің диффузиясы тезірек жүреді. Қысқа уақыт ішінде оттегі молекулаларының көп мөлшері адсорбцияланады, осылайша газ фазасында азотқа бай компоненттер өндірілуі мүмкін. Белгілі бір уақыт өткеннен кейін молекулалық електен оттегінің адсорбциясы тепе-теңдікке жетеді. Әр түрлі қысымда газды адсорбциялау үшін көміртекті молекулалық Електің әртүрлі сипаттамаларына сәйкес қысымның төмендеуі көміртекті молекулалық електен оттегінің адсорбциясын шығарады. PSA әдісінде әдетте екі параллель баған қолданылады, бір адсорбциялық баған азот өндіру үшін, екінші адсорбциялық баған жүйеде үздіксіз пайдалану үшін жоғары тазалықтағы азотты алу үшін қысыммен адсорбция мен декомпрессиялық регенерацияны ауыстырып, декомпрессиялайды және қалпына келтіреді.

Нақты өндіріс процесінде адсорбция уақыты жоғары қысымды азот генераторының энергияны үнемдеу әсері үшін өте маңызды. Азотқа тұрақты қажеттілік жағдайында ауа компрессорының энергия тұтынуын азайту мақсатына сығылған ауаны пайдалану коэффициентін арттыру және сығылған газға деген қажеттілікті азайту арқылы қол жеткізуге болады. Жоғары қысымды нитрогенератордың сығылған ауаны пайдалану коэффициентін арттыру арқылы азотқа тұрақты сұраныс жағдайында Сығылған газға деген қажеттілік азаяды, бұл ауа компрессорының энергия тұтынуын азайту мақсатына қол жеткізуге мүмкіндік береді. Бағандағы көміртекті молекулалық Електің кеңістігін толығымен пайдалану үшін адсорбция уақытын тиісті түрде арттырыңыз және екі баған арасындағы ауысуларды азайтыңыз. Азотқа деген қажеттілік артатын ерекше жағдайларда, тазалық талаптарына сай болу үшін адсорбция уақытын уақытында қысқарту керек.

Қазіргі уақытта жоғары қысымды азот генераторын басқару жүйесі негізінен релелік басқаруды немесе бағдарламаланатын логикалық контроллерді (PLC) пайдаланады. Қайта орнатуды басқару әдісі электромагниттік клапанның сапасын сипаттай алмайтын көптеген құрылғыларды пайдаланады және контактінің жеңіл зақымдалуында, үлкен көлемде және басқарудың жалғыз әдісінде кемшіліктер бар, әсіресе адсорбция уақытын өзгерту қиын. PLC басқару әдісі өте сенімді, бірақ көлемі тым үлкен, бағасы жоғары, төмен және орташа қысымды азот генераторын басқару жүйесі

қолданылмайды. Жоғарыда аталған екі басқару әдісімен салыстырғанда, кірістірілген басқару есептеудің жоғары өңдеу қабілетінің, компьютермен ыңғайлы байланыстың, арзан бағаның және шағын өлшемнің артықшылықтарына ие.

Зерттеу мақсаты – бұл зерттеудің мақсаты азот станциясын орнатудағы ағын мен қысымды дәл басқаруды қамтамасыз ете алатын тиімді және сенімді басқару блогын әзірлеу болып табылады. Негізгі мақсат-станцияның тиімділігін арттыру, ресурстарды пайдалануды оңтайландыру және процестердің қауіпсіздігін қамтамасыз ету.

Зерттеу міндеттері:

- Басқару блогына қойылатын талаптарды талдау;
- Азот станциясын орнатудың негізгі сипаттамалары мен параметрлерін зерттеу.

- Азот ағыны мен қысымын басқарудың дәлдігіне қойылатын талаптарды анықтау.

- Басқару жүйесінің сенімділігіне, қауіпсіздігіне және энергия тиімділігіне қойылатын талаптарды анықтау.

Аппараттық платформа мен сенсорларды таңдау:

- Әр түрлі қол жетімді аппараттық платформалар мен контроллерлерді зерттеу.

- Өнімділікке, сенімділікке және шығындарға қойылатын талаптарды ескере отырып, оңтайлы платформаны таңдау.

- Азот ағыны мен қысымын өлшеуге арналған сенсорлардың түрлері мен сипаттамаларын анықтау.

Басқару алгоритмдерін әзірлеу:

- Ағын мен қысымды басқарудың қолданыстағы әдістері мен алгоритмдерін зерттеу.

- Азот станциясының ерекшелігін және басқарудың дәлдігі мен тұрақтылығына қойылатын талаптарды ескере отырып, басқару алгоритмдерін әзірлеу.

Басқару блогының архитектурасы мен схемасын жобалау:

- Басқару блогының құрылымы мен функционалдық схемасын әзірлеу.
- Басқару жүйесін енгізу үшін қажетті компоненттер мен интерфейстерді таңдау.

- Станцияның аппараттық компоненттерімен қосылу және өзара әрекеттесу схемасын әзірлеу.

Бағдарламалық және аппараттық құралдарды іске асыру:

- Тандалған аппараттық платформада басқару алгоритмдерін іске асыру үшін бағдарламалық кодты әзірлеу.

- Станцияның сенсорларымен және атқарушы құрылғыларымен өзара әрекеттесуді қамтамасыз ететін аппараттық модульді немесе тақтаны әзірлеу.

1 Аналитикалық шолу

Азот (N) - атомдық нөмірі 7 болатын химиялық элемент. Ол бейметалдар деп аталатын элементтер тобына жатады. Азот тірі организмдердің негізгі құрылыс блоктарының бірі болып табылады және аминқышқылдары, ақуыздар және нуклеин қышқылдары сияқты органикалық қосылыстарда жиі кездеседі. Табиғатта азот әдетте атмосфералық ауаның шамамен 78% құрайтын диатомды молекулалар (N₂) түрінде болады.

Азот салыстырмалы түрде инертті газ болып табылады және жоғары тұрақтылыққа ие. Ол тыңайтқыш аммиак өндірісі, азот қышқылының синтезі, жарылғыш заттар өндірісі және лазерлік қосымшаларда инертті газ ретінде әртүрлі өндірістік процестерде қолданылады.

Сондай-ақ, азот сұйық күйде (сұйық азот) биологиялық үлгілерді мұздату және сақтау үшін және криогенді сақтау процесінде қолданылады. Азоттың ғылыми және өндірістік салаларда, соның ішінде тамақ өнеркәсібінде, электроникада, медицинада және тіпті ғарыш салаларында қолдану аясы кең.

Азот станциясы әдетте жоғары таза азотты өндіру және жеткізу үшін қолданылатын жүйені білдіреді. Бұл құрылғы қоршаған ауадан азот алуға және оны инертті атмосфера немесе азот көзі қажет болатын әртүрлі қолданбаларда пайдалануға мүмкіндік береді.

Азот станциялары әдетте келесі компоненттерден тұрады:

– Компрессор: ол қоршаған ортадан ауаны сығуға жауап береді, оны әрі қарай өңдеуге дайындайды.

– Сүзгілер: таза және құрғақ азотты қамтамасыз ету үшін сығылған ауаны шаңнан, ластанудан және ылғалдан тазартады.

– Адсорбциялық ыдыстар: құрамында Сығылған ауадан оттегі мен басқа қоспаларды таңдауға қабілетті материал бар. Адсорбция деп аталатын процестің нәтижесінде жүйеден таза азот шығарылады.

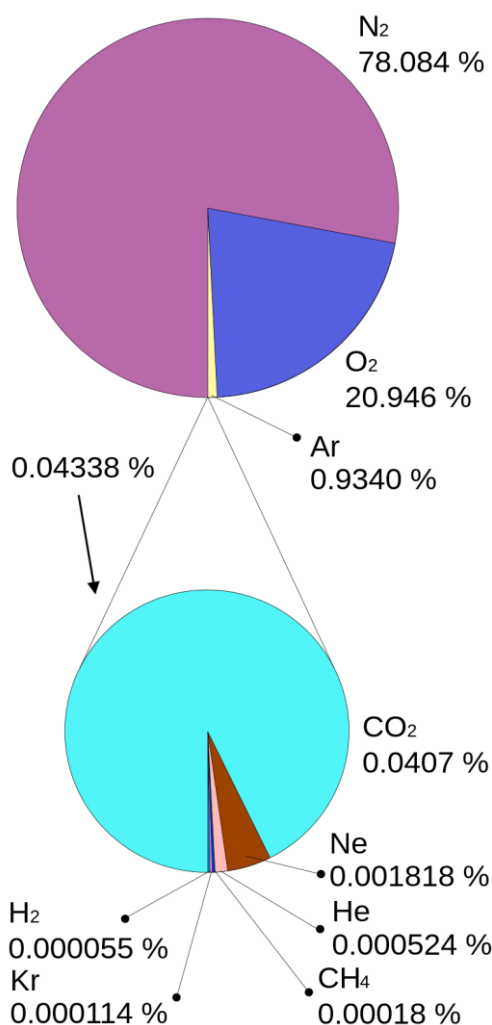
– Регенерация: адсорбциялық ыдыстар оттегімен қаныққаннан кейін регенерация процесі жүреді, оның барысында материал тазартылып, қайта пайдалану үшін қалпына келтіріледі.

– Буферлік контейнерлер: жоғары таза азотты қажет ететін қосымшаларда сақтау және тарату үшін қолданылады.

Азот станциялары электроника, тамақ өнеркәсібі, медицина, лазер өндірісі және дәнекерлеу сияқты әртүрлі салаларда кеңінен қолданылады. Олар әр қосымшаның нақты қажеттіліктері мен талаптарына бейімделуі мүмкін жоғары таза азоттың сенімді және үнемді көзін қамтамасыз етеді.

Ауа-бұл біздің планетамызды қоршап тұрған және көптеген организмдерге, соның ішінде адамдарға өмірлік маңызды компоненттер беретін газдардың қоспасы. Ауаның құрамы әдетте келесі газдардың көлемдік үлесінің пайызымен көрсетіледі:

- Азот (N₂): шамамен 78%
- Оттегі (O₂): шамамен 21%
- Аргон (Ar): шамамен 0,93%
- Көмірқышқыл газы (CO₂): шамамен 0,04%
- Неон (Ne): шамамен 0,0018%
- Гелий (He): шамамен 0,0005%
- Метан (CH₄): шамамен 0,0002%
- Криптон (Kr): шамамен 0,0001%
- Су буы(H₂O): климаттық жағдайларға байланысты өзгереді, әдетте 0,1% - дан 4% - ға дейін%



Сурет 1.1 - Ауа құрамындағы газдардың көлемдік үлесінің пайызы

Азот станциялары азотты пайдаланып бақыланатын атмосфераны құру және қолдау үшін қолданылады. Олардың өнеркәсіпте, ғылымда, медицинада және басқа салаларда әртүрлі қолданылуы бар. Азот станцияларының негізгі жұмыс принциптеріне мыналар жатады:

Азот жеткізу: азот станциялары компрессорларды, сүзгілерді, қабылдағыштарды және сақтау жүйелерін қамтуы мүмкін азот жеткізу жүйесімен жабдықталған. Азотты станцияға сыртқы көзден жеткізуге немесе ауаны қысу және тазарту арқылы өндіруге болады.

Қысымды реттеу: азот станцияларының маңызды қызметі жүйедегі азот қысымын реттеу болып табылады. Ол үшін компрессорлар мен шығатын клапанның жұмысын бақылау арқылы берілген қысымды ұстап тұратын қысым реттегіштері қолданылады.

Азоттың таралуы: азот станциясы азоттың қажетті орындарға немесе процестерге таралуын қамтамасыз етеді. Ол үшін құбырлар, шлангтар және клапандар мен фитингтер сияқты әртүрлі арматуралар қолданылады. Азоттың таралуы көптеген жеке қоректену нүктелері арқылы немесе азот бөлек сызықтар арқылы әртүрлі аймақтарға жеткізілетін орталық жүйе арқылы жүзеге асырылуы мүмкін.

Ағынды бақылау: азот станциялары азот ағынын дәл бақылауды қамтамасыз етуі керек. Ол үшін жүйе арқылы өтетін азоттың көлемін өлшейтін ағын датчиктері қолданылады. Бұл деректерді компрессорлардың жұмысын реттеу және берілген азот ағынын сақтау үшін пайдалануға болады.

Қауіпсіздік және бақылау: азот станциялары жұмыс қауіпсіздігін және процестерді бақылауды қамтамасыз етеді. Бұған қысым мен температура деңгейін бақылау, ағып кетулер мен төтенше жағдайларды анықтау кіреді. Төтенше жағдайлар туындаған жағдайда жүйе азот беруді автоматты түрде үзуі немесе қорғаныс механизмдерін белсендіруі мүмкін.

Азот станцияларының негізгі жұмыс принциптері азоттың тұрақты жеткізілуін қамтамасыз етумен, қысым мен ағынды реттеумен, процестердің қауіпсіздігі мен бақылауын қамтамасыз етумен байланысты. Осы элементтердің барлығы әртүрлі қосымшаларда қажетті шарттар мен жұмыс сапасына қол жеткізуге мүмкіндік береді.

Ағын мен қысымды басқару азот станцияларының жұмысында маңызды рөл атқарады. Бұл азотты пайдаланудың оңтайлы жағдайларын және қажетті процестердің орындалуын қамтамасыз етуге мүмкіндік береді. Міне, азот станцияларындағы ағын мен қысымды басқарудың кейбір негізгі рөлдері:

Ресурстарды үнемдеу: азот шығынын басқару оны пайдалануды оңтайландыруға және артық шығынды немесе артық шығынды болдырмауға мүмкіндік береді. Азот шығынын өзекті талаптар мен процестерге сәйкес реттеу азотты сатып алу және жеткізу шығындарын азайтуға мүмкіндік береді.

Қысымды бақылау: азот қысымын басқару жүйенің тұрақты жұмыс жағдайларын қамтамасыз ету үшін маңызды. Берілген қысымды ұстап тұру жабдықтар мен процестердің жұмысына теріс әсер етуі мүмкін қысымның өзгеруіне жол бермейді, сонымен қатар жүйенің қауіпсіздігін қамтамасыз етеді.

Процестерді реттеу: азот ағыны мен қысымын басқару азот ортасын пайдаланатын процестерді реттеу мен бақылауда шешуші рөл атқарады. Мысалы, дәнекерлеу немесе дәнекерлеу саласында азоттың шығыны мен

қысымын дәл бақылау қосылыстардың сапасына әсер етіп, ақаулардың алдын алады.

Қауіпсіздік: азот шығыны мен қысымын басқару азот станцияларының қауіпсіздігін қамтамасыз етумен де байланысты. Дұрыс емес басқару қысымның жоғарылауы, ағып кету немесе қауіпсіздік талаптарына сәйкес келмеу сияқты жағымсыз жағдайларға әкелуі мүмкін. Дұрыс басқару мұндай жағдайларды анықтауға және алдын алуға, сондай-ақ қызметкерлер мен жабдықтардың қауіпсіздігін қамтамасыз етуге мүмкіндік береді.

Өнімділікті оңтайландыру: азот шығыны мен қысымын тиімді басқару азот станцияларының өнімділігін арттыруға көмектеседі. Тұрақты жұмыс жағдайлары және параметрлерді дәл бақылау оңтайлы нәтижелерге қол жеткізуге және азотты қолданатын процестердің тиімділігін жақсартуға мүмкіндік береді.

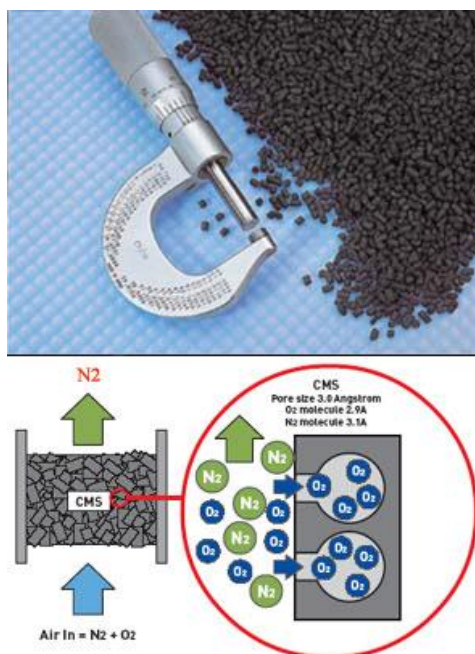
Осылайша, ағын мен қысымды басқару процестердің тиімділігіне, қауіпсіздігіне және сапасына, сондай-ақ азотты пайдаланудың экономикалық көрсеткіштеріне әсер ететін азот станциялары жұмысының ажырамас бөлігі болып табылады.

1.1 Азот алу әдістері және процесстері

Азот ауаның негізгі құрамдас бөлігі болып табылады және әртүрлі өндірістік процестерде кеңінен қолданылады. Азот алудың бірнеше әдістері бар:

Адсорбция: бұл әдіс кейбір материалдардың (мысалы, белсендірілген көмір немесе молекулалық електер) азотты адсорбциялау қабілетіне негізделген. Газ қоспасы адсорбент қабаты арқылы өтеді, онда азот материалдың бетінде сақталады, ал басқа газдар ол арқылы өтеді. Содан кейін адсорбцияланған азотты жағдайларды өзгерту арқылы шығаруға болады (мысалы, қысымды немесе температураны өзгерту арқылы).

Көміртекті молекулалық електер (КМЕ) - кеуекті, үш өлшемді торды құрайтын көміртек атомдарынан тұратын құрылымдар. Көміртекті молекулалық електердің беткі қабаты жоғары және оларды химия, катализ, энергетика және тазарту технологиялары сияқты әртүрлі салаларда пайдалы ететін ерекше қасиеттері бар.



Сурет 1.2 – Көміртекті молекулалық елек

КМЕ көптеген наноөлшемді кеуектерден тұратын тұрақты құрылымға ие. Бұл кеуектер әртүрлі мөлшерде және пішінде болуы мүмкін, бұл көміртекті молекулалық електердің бақыланатын кеуек өлшемдері мен қасиеттеріне ие болуына мүмкіндік береді. Бұл оларды әртүрлі қолданбалар үшін тартымды етеді.



Сурет – 1.3 Көміртекті молекулалық електің жұмыс істеу принципі

Көміртекті молекулалық електердің кейбір негізгі қолданылуына мыналар жатады:

Газдарды сақтау және бөлу: КМЕ көмірсутектер, сутегі, оттегі және басқа газдарды қоса алғанда, әртүрлі газдарды сақтау және бөлу үшін пайдаланылуы мүмкін. Олардың кеуекті құрылымы молекулаларды тиімді ұстауға және бөлуге мүмкіндік береді.

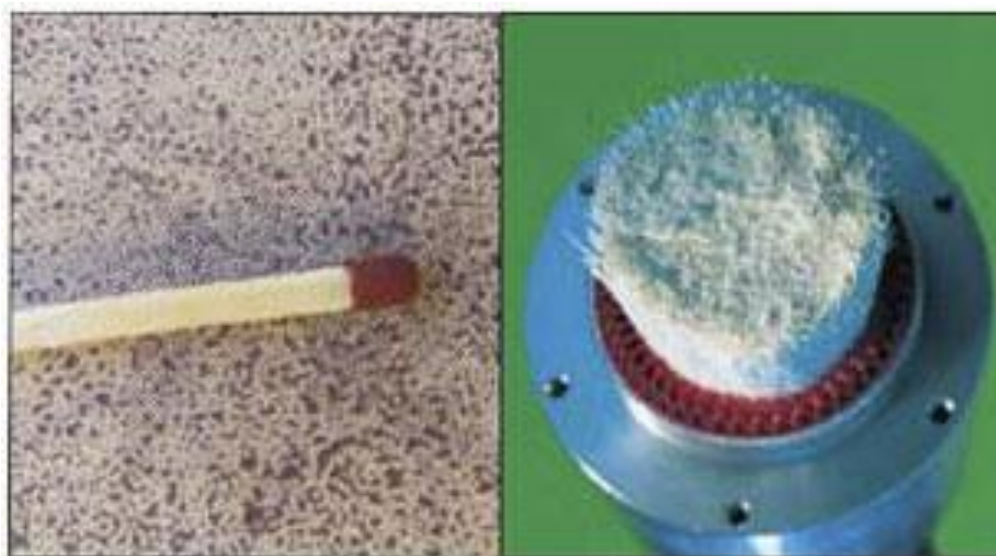
Катализ: көміртекті молекулалық електер катализаторлардың тасымалдаушысы ретінде қызмет ете алады немесе катализде өздігінен қолданыла алады. Олардың жоғары беткі ауданы және белсенді орталықтардың қол жетімділігі тиімді реактивті белсенділікті қамтамасыз етеді.

Суды адсорбциялау және өңдеу: КМЕ ластаушы заттарды кетіру және суды өңдеу үшін пайдаланылуы мүмкін. Олардың кеуекті құрылымы ауыр металдар, органикалық қосылыстар және басқа зиянды заттар сияқты әртүрлі ластаушы заттарды адсорбциялауға және сақтауға қызмет ете алады.

Энергетика: көміртекті молекулалық електерді суперконденсаторлар мен литий-ионды батареялар сияқты энергетикалық құрылғыларда қолдануға болады. Олардың жоғары беткі ауданы мен кеуектілігі энергетикалық құрылғылардың сыйымдылығы мен тиімділігін арттыруға ықпал етеді.

Сұйық ауаны фракциялық айдау: бұл азотты өнеркәсіптік масштабта алудың ең кең таралған әдісі. Ол фракциялық айдау арқылы ауа компоненттерін (азот, оттегі, аргон және т.б.) бөлуге негізделген. Сұйық ауа салқындатылады және дистилляцияға ұшырайды, онда әртүрлі компоненттер буланып, жеке фракцияларға жиналады.

Мембраналық әдістер: бұл әдістер азотты басқа газ компоненттерінен бөлу үшін жартылай өткізгіш мембраналарды пайдаланады. Мембраналар басқа газдарды қалдырып, азот молекулаларының өтуіне мүмкіндік береді.



Сурет – 1.4 Мембраналық талшықтың газ бөлу қабатының қалыңдығы

Аммиакты денитрификациялау: азотты аммиакты денитрификациялау арқылы алуға болады. Бұл процесс аммиактың оттегімен немесе металл оксидтерімен жоғары температурада реакциясын қамтиды, нәтижесінде азот пайда болады.

Азот генераторы: азотты кері осмос, қаныққан бу қысымы, селективті адсорбция немесе мембраналық сүзу сияқты әртүрлі принциптер негізінде жұмыс істейтін азот генераторлары арқылы алуға болады. Бұл құрылғылар пайдалану орнындағы ауадан азот шығарады.

Бұл азотты бөлу әдістері жоғары таза азот алу үшін өнеркәсіптік процестерде кеңінен қолданылады. Мысалы, азотты Дистилляция немесе мембраналық технологиялар арқылы бөлу арқылы алынған сұйық азотты әртүрлі салаларда, соның ішінде тамақ өнеркәсібінде, электроникада, медицинада және инертті орта немесе төмен температура қажет болатын өндірістік процестерде қолдануға болады.

Азот өмір үшін маңызды элемент болып табылады және көптеген өнеркәсіптік және ауылшаруашылық қосымшаларында маңызды рөл атқарады. Атмосферада азот көп болғанымен, ол салыстырмалы түрде инертті түрде болады, оны тірі организмдер қолдана бермейді. Нәтижесінде азотты неғұрлым қолайлы түрде алудың бірнеше әдістері жасалды. Бұл мақалада біз азот алу үшін қолданылатын кейбір әдістерді қарастырамыз.

1) Хабер-Бош процесі каталитикалық реакция болып табылады, онда азот (N_2) және сутегі (H_2) катализатордың (әдетте металл темір) қатысуымен жоғары температурада (шамамен $400-500^{\circ}C$) және қысымда (әдетте 150-200 атмосфера) әрекеттеседі. Реакция келесі теңдеу бойынша аммиактың түзілуіне әкеледі: $N_2 + 3H_2 \rightleftharpoons 2NH_3$

Алынған аммиакты тыңайтқыштар, химиялық қосылыстар және басқа да өнімдер өндірісінде қолдануға болады.

2) Азотты бекіту - бұл атмосфералық азотты (N_2) аммиак (NH_3) немесе нитраттар (NO_3^-) сияқты организмдер үшін қол жетімді азот түрлеріне айналдыру процесі. Бұл процесс азоттың биологиялық циклінде маңызды рөл атқарады және тірі организмдер үшін азоттың негізгі көзі болып табылады.

Азотты бекіту әртүрлі тәсілдермен жүзеге асырылуы мүмкін:

– Биологиялық азотты бекіту: биологиялық азотты бекітудің негізгі қатысушылары кейбір өсімдіктермен, әсіресе бұршақ дақылдарымен (бұршақ, соя, жоңышқа және т.б.) симбиотикалық қатынасты құрайтын *Rhizobium* тұқымдасының азотты бекітетін бактериялары сияқты бактериялардың белгілі бір түрлері болып табылады. Бұл өсімдіктердің тамырларында өмір сүретін бактериялар азотты ауадан бекітіп, оны өсімдіктер үшін қол жетімді пішіндерге айналдырады.

– Азотты бекітетін балдырлар: балдырлардың кейбір түрлері де қоршаған ортадан азотты бекітіп, оны өсу мен даму үшін пайдалана алады.

– Топырақтағы азотты бекітетін бактериялар: Азобактерия және Клебсиелла тұқымдасының азотты бекітетін бактериялары сияқты кейбір

еркін тіршілік ететін бактериялар атмосфералық азотты бекітіп, оны аммиакқа немесе өсімдіктер қолдануға болатын басқа түрлерге айналдыра алады.

– Өнеркәсіптік азотты бекіту: өнеркәсіпте азот біз бұрын айтқан Хабер-Бош процесі арқылы бекітіледі. Бұл процесс атмосфералық азотты аммиакқа айналдыруға мүмкіндік береді, содан кейін оны әртүрлі химиялық қосылыстар жасау үшін пайдалануға болады.

Азотты бекіту топырақтың құнарлылығын сақтау және өсімдіктер мен басқа тірі организмдер үшін азоттың болуын қамтамасыз ету үшін маңызды процесс болып табылады.

3) Азотты бөлу-азотты оттегі, аргон немесе көмірқышқыл газы сияқты газ қоспасының басқа компоненттерінен бөлу процесі. Бұл әр түрлі өндірістік процестерде немесе таза азот қажет болатын қосымшаларда қажет болуы мүмкін.

Азотты бөлудің кейбір әдістері:

Фракциялық айдау: бұл әдіс газ қоспасының әртүрлі компоненттерінің қайнау температурасындағы айырмашылықтарға негізделген. Мысалы, сұйық ауаны фракциялық айдау кезінде газдардың қоспасы салқындатылады және әр түрлі компоненттер конденсацияланып, бөлінгенге дейін біртіндеп салқындатылады. Қайнау температурасы төмен азотты бөлек жинауға болады.

Мембраналық әдістер: бұл әдіс азотты өткізетін, бірақ басқа газ компоненттерінің өтуін кешіктіретін немесе шектейтін арнайы мембраналарды пайдаланады. Мембраналар жартылай өткізгіш немесе молекулалық електер болуы мүмкін. Мембрана арқылы өткенде азот ол арқылы өтеді, ал қалған газдар ұсталады. Осылайша азотты бөлуге болады.

Диффузия: бұл әдіс азот пен басқа газдар арасындағы диффузия жылдамдығының айырмашылығына негізделген. Арнайы аппараттар мен мембраналарды пайдаланған кезде газ қоспасы диффузияға ұшырайды, онда азот басқа газдарға қарағанда тезірек немесе оңай таралады және оны бөлек жинауға болады.

Адсорбция: бұл әдісте азот белсендірілген көмір немесе молекулалық електер сияқты белгілі бір материалдардың бетіне адсорбцияланады. Адсорбция азот молекулалары мен басқа газдардың материал бетімен әрекеттесуіндегі айырмашылыққа негізделген. Материалға азот адсорбциясынан кейін қалған газдарды алып тастауға болады, ал азотты босатып, жинауға болады.

4) Электрохимиялық тотықсыздану процесс химиялық реакцияны жүргізу үшін электр тогын қолдануды қамтитын электролизге негізделген. Азоттың электрохимиялық тотықсыздануы жағдайында азот газы (N_2) катализатор ретінде әрекет ететін электрод арқылы өтеді.

Процесс барысында келесі реакциялар жүреді:

– Тотығу жартылай реакциясы: $2H_2O \rightarrow O_2 + 4H^+ + 4e^-$

– Тотықсыздану жартылай реакциясы: $N_2 + 6H^+ + 6e^- \rightarrow 2NH_3$

Электролиз және электродтағы реакциялар нәтижесінде азот (N_2) мен су (H_2O) аммиакқа (NH_3) айналады. Алынған аммиакты әртүрлі өндірістік

процестерде жинауға және қолдануға болады немесе одан әрі мочеви́на немесе нитраттар сияқты басқа азотты қосылыстарға айналдыруға болады.

Электрохимиялық тотықсыздану азоттан аммиак алудың тиімді әдісі болып табылады және жоғары температура мен қысымды қажет ететін Хабер-Бош каталитикалық процесіне балама ұсына алады. Дегенмен, электрохимиялық қалпына келтіру әлі де зерттеу және әзірлеу сатысында және оны өнеркәсіптік қолдану қосымша зерттеулер мен оңтайландыруды қажет етеді.

5) Ион алмасу-бұл бір заттың иондары ерітіндідегі басқа заттың иондарымен алмастырылатын процесс.

Ион алмасу процесі әдетте ион алмасу шайырын немесе ауыстырылатын иондары бар шайырды пайдалануды қамтиды. Бұл шайыр иондардың белгілі бір түрін тарту және ұстау қабілетіне ие. Сұйықтықтан азот қосылыстары жойылған жағдайда, шайырдағы ауыстырылатын ион азот иондарына үлкен жақындығы бар натрий болуы мүмкін.

Ион алмасу процесі келесідей жүреді:

– Құрамында азот қосылыстары бар сұйықтық шайыр немесе ион алмастырғыш қабаты арқылы өтеді.

– Сұйықтықтағы азот иондары шайырдағы ауыстырылатын ион иондарымен әрекеттеседі.

– Азот иондары шайырдағы ауыстырылатын ион иондарымен ауыстырылады.

– Шайыр қабатынан өткен сұйықтық азот қосылыстарынсыз шығады, ал Шайырда сіңірілген азот иондары болады.

Шайыр (смола) азот иондарымен қаныққаннан кейін оны қалпына келтіруге болады. Регенерация процесі шайырды алмастырғыш ионның жоғары концентрациясы бар ерітіндімен жууды қамтиды. Бұл шайырдан сіңірілген азот иондарын кетіруге және оның қайта пайдалану қабілетін қалпына келтіруге мүмкіндік береді.

Ион алмасу ауыз суды өңдеу, Ағынды суларды тазарту, тамақ өндірісі және фармацевтика өнеркәсібін қоса алғанда, әртүрлі салалардағы Судан және басқа сұйықтықтардан әртүрлі заттарды кетіру үшін кеңінен қолданылады.

Қорытындылай келе, азот көптеген қолданбаларда қолданылатын маңызды элемент болып табылады. Атмосферада азот көп болғанымен, оны табиғи түрінде қолдану оңай емес. Сондықтан Хабер-Бош процесі, азотты бекіту, азотты бөлу, электрохимиялық тотықсыздану және ион алмасуды қоса алғанда, азотты неғұрлым қолайлы түрде алудың бірнеше әдістері әзірленді. Бұл әдістер әртүрлі салаларда төңкеріс жасап, азотты тірі организмдер үшін қол жетімді етті.

1.1.1 Жаңа азот алу әдісі

Азот, әдетте магниттік қасиетке ие емес. Стандартты жағдайларда азот диамагнетик болып табылады, яғни ол магнит өрістерінен әлсіз итеріледі.

Заттарды магниттік қасиеттері бойынша магниттерге, диамагнетиктерге және ферромагнетиктерге жіктеуге болады.

Магнетиктер: Магнетиктер тұрақты магниттік моментке ие және сыртқы магнит өрісінің болуына қарамастан магниттік қасиеттерін көрсетеді. Бұған темір, никель, кобальт және олардың қорытпалары сияқты материалдар кіреді. Магнит өрісі болған кезде магнетиктер ферромагниттік мінез-құлықты көрсетеді, яғни олар магниттеліп, тұрақты магниттелуі мүмкін.

Диамагнетиктер: диамагнетиктер, керісінше, әлсіз теріс магниттік мінез-құлықты көрсетеді, яғни олар магнит өрістерінен бас тартады. Диамагнетизм сыртқы өріске қарама-қарсы магнит өрісінің әсерінен болады. Әдетте диамагнетизмді көрсететін заттарға су, алюминий, мыс және көптеген органикалық заттар жатады.

Ферромагниттер: Ферромагниттер күшті оң магниттік мінез-құлыққа ие. Олар сыртқы магнит өрісі болған кезде магниттелуі мүмкін және өріс жойылғаннан кейін магниттелуі мүмкін. Темір, никель, кобальт және олардың кейбір қорытпалары ферромагнетиктердің мысалдары болып табылады. Бұл материалдар жоғары магниттелген және тұрақты магниттер жасау үшін пайдаланылуы мүмкін.

Ауаны сұйықтыққа айналдырмас бұрын оны салқындату арқылы азот алу әдісі белгілі, содан кейін сұйытылған ауаның температурасы біртіндеп жоғарылайды, оның барысында азот оттегіден және басқа газдардан бөлінеді, өйткені сұйық азоттың қайнау температурасы – 196°C , ал оттегінің қайнау температурасы -183°C (Габриелян О.С. Химия. М.: Дрофа, 2002, 72-73 беттер).

Бұл әдістің негізгі кемшілігі-оның көлемділігі және алынған азоттың жоғары құны.

Көміртекті молекулалық електі қолдану арқылы азотты адсорбциялық жолмен алудың белгілі әдісі бар, кіріс мөлшері шамамен 3А (0,3 нм) болатын тесіктері бар, ал азот молекулаларының мөлшері 3,1 А (0,31 нм), ал оттегі молекулаларында 2,9 А (0,29 нм) бар, бұл оттегі молекулаларының оларда қалуына әкеледі, ал азот молекулалары ұсталмайды. (Шестиперстов Л.Ф. Газ қоспаларын үш адсорбциялық колоннаны қолдана отырып, қысқа циклді жылусыз адсорбция әдісімен бөлу. Патент RU 2597600 С1 МПК 01D 53/047, жарияланды. "Қысқа циклді адсорбцияның газ қоспаларын бөлу тәсілі оның ішінде салқындатқыш ағынының қысымын параллель қосылған адсорбциялық колонналардағы адсорбент қабаты арқылы жоғарылату, онда қысымды жоғарылату және төмендету режимдері циклдік және дәйекті түрде ұйымдастырылады, жоғары қысымды бағаннан өнімнің газ қоспасының мақсатты компонентімен байытылған ағынды бұру және тұтынушыға беру және жоғары қысымды бағаннан алынған бағанды үрлеу үш бірдей

адсорбциялық бағанды қолданумен ерекшеленетін байытылған өнім ағынының бір бөлігі болып табылатын қысымды төмендету, оның ішінде уақыттың әр сәтінде екеуі газ қоспасының жақсы сорбцияланатын компоненттерінің адсорбция режимінде болады, ал біреуі бұрын адсорбцияланған газ қоспасының компоненттерінің десорбция режимінде болады, бұл ретте адсорбция режимінде тұрған екі адсорбциялық колоннадан біреуі арқылы тұтынушыға аз сіңірілетін құрамдас бөліктермен байытылған өндірістік газ қоспасын беру жүргізіледі, сонымен бірге уақыт басқа адсорбциялық баған қысымды бастапқы газ қоспасының көзінің қысымына жақын шамаға дейін біртіндеп арттыру режимінде, газ қоспасының жақсы сорбцияланатын компоненттерінің адсорбциясымен және бағанда өндірістік газ қоспасының жиналуымен".

Бұл әдістің негізгі кемшілігі-оттегі молекулаларын сіңіретін көміртекті молекулалық електердің (КМЕ) салыстырмалы түрде тез қартаюы.

Ұсынылған пайдалы модель азот алу кезінде көміртекті молекулалық електердің (КМЕ) қызмет ету мерзімін арттыру мәселесін шешеді.

Техникалық нәтиже-азот алу кезінде көміртекті молекулалық електердің қызмет ету мерзімін ұзарту.

Бұған газ қоспаларын қысқа циклді жылусыз адсорбциямен бөлу, бөлінетін газ қоспасының ағынының қысымын жоғарылату, оны параллель жалғанған адсорбциялық колонналардағы адсорбент қабаты арқылы өткізу процестерін қамтитын әдісте қол жеткізіледі, онда қысымның жоғарылауы мен төмендеуі режимдері циклдік және дәйекті түрде ұйымдастырылады, тұтынушыға газ қоспасының мақсатты компонентімен байытылған ағынды бұру және беру жоғары қысымды бағаннан жасалған өнім және төмен қысымды бағанды үрлеу, байытылған өнім ағынының бөлігі, үш бірдей адсорбциялық колоннаны пайдаланған кезде, олардың екеуі уақыттың әр сәтінде газ қоспасының жақсы сорбцияланатын компоненттерінің адсорбция режимінде болады, ал біреуі бұрын адсорбцияланған газ қоспасының компоненттерінің десорбция режимінде болады, бұл ретте адсорбция режимінде тұрған екі адсорбциялық колоннадан біреуі арқылы аз сіңірілетін қоспалармен байытылған тұтынушыға беру жүргізіледі өндірістік газ қоспасының компоненттері, сонымен бірге басқа адсорбциялық баған қысымды шамаға дейін біртіндеп арттыру режимінде, газ қоспасының жақсы сорбцияланатын компоненттерінің адсорбциясымен және бағанда өндірілетін газ қоспасының жинақталуымен бастапқы газ қоспасының көзінің қысымына жақын.

Ұсынылған пайдалы модельге сәйкес, тазартылған ауа арнайы қондырғы арқылы өтеді, одан азот концентрациясы жоғары және оттегі концентрациясы аз газ қоспасы диэлектрлік түтіктің кірісіне орнатылған тұрақты магнит арқылы жеке резервуарға тартылатын оттегінің парамагниттік қасиеттерін пайдалану арқылы алынады, ол жалпы ауа ағынынан оттегі молекулаларын

тартады және тұрақты магниттің артына орнатылады қыздыру катушкасы, оттегінің 70°C парамагниттік қасиеттеріне дейін қызған кезде жоғалады, бұл оттегінің әрбір бөлігін атмосфераға немесе басқа резервуарға есыстыруға әкеледі ал ауаның тұрақты магнит тартпайтын бөлігі мен азот, соның ішінде бірінші резервуарға жиналады және ол көміртекті молекулалық електен адсорбер арқылы өтеді.

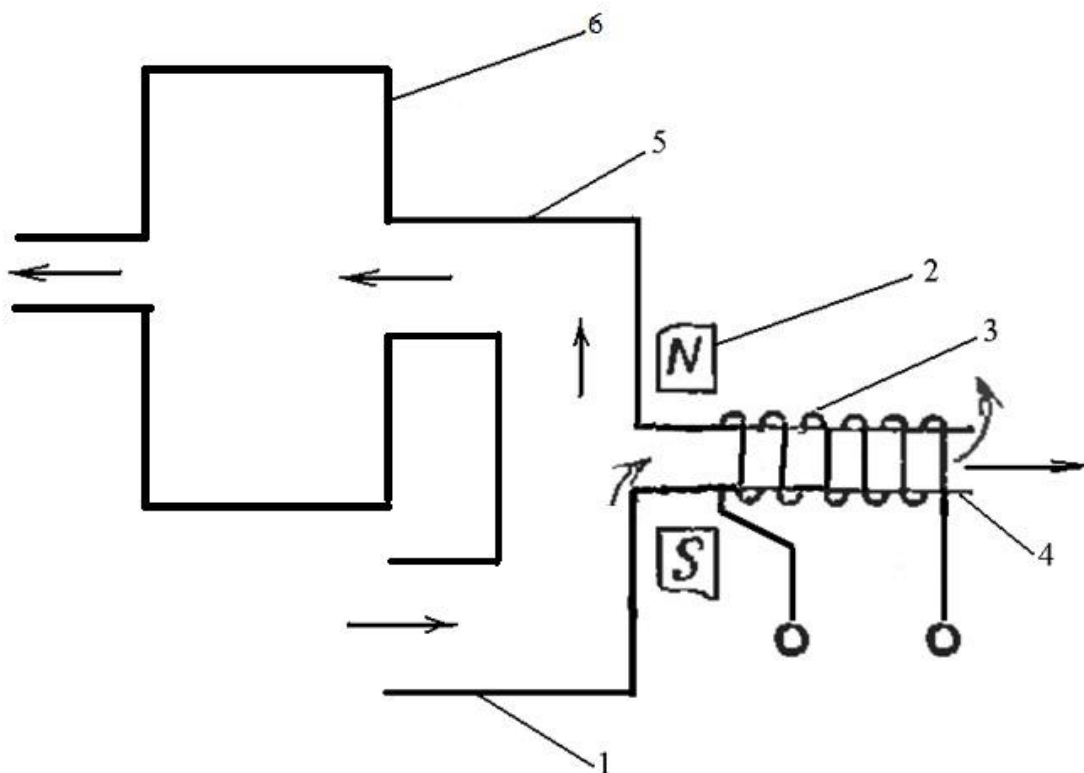
Ұсынылған пайдалы модельдің мәні келесідей.

Мәселе мынада, оттегі молекулалары парамагниттік қасиеттерге ие және магнит арқылы тартылады және атмосфераға түседі немесе қосымша резервуарға жиналады, ал азоттың көп концентрациясымен және оттегінің аз концентрациясымен алынған газ қоспасы, бұл қоспа көміртекті молекулалық електен (КМЕ) адсорберге тартылады.

Адсорберде іске қосылатын оттегі газ қоспасының қалыптыдан аз болуына байланысты, сондықтан көміртекті молекулалық електің тозуы аз болады және оның қызмет ету мерзімі артады.

Ұсынылған өнертабыстың мәнін 1,5 суретте келтірілген сурет арқылы түсіндіруге болады, онда ауаны сырттан қосымша резервуарға, тұрақты магнитке, жылыту катушкасына, диэлектрлік түтікке және азот мөлшері жоғары және оттегі мөлшері аз газ қоспасын адсорбентпен, яғни көміртекті молекулалық елекпен (КМЕ) колоннаға жіберілетін қосымша резервуарға шығаруға арналған құбыр схемалық түрде көрсетілген. Тұрақты магнит 2 оттегі молекулаларын 4 диэлектрлік түтікке тартады, ал 3 катушка оттегі молекулаларын қыздыру арқылы олардың парамагниттік қасиеттерін жоғалтуына әкеледі, бұл оларды магнит тартатын оттегінің жаңа бөліктерімен есыстырады. Ауаның тартылмайтын бөлігі-бұл азот және 5-құбырдағы басқа газдар қосымша резервуарға шығады, ол жерден адсорбентпен, яғни көміртекті молекулалық елекпен (КМЕ) колоннаға жіберіледі.

Осылайша, ұсынылған өнертабыс адсорбенттің, яғни азот өндірісіндегі көміртекті молекулалық електің (КМЕ) қызмет ету мерзімін арттыру мәселесін шешуге мүмкіндік береді.



Сурет 1.5 – Сырттан ауаны қосымша резервуарға шығаруға арналған құбыр (1 – қосымша резервуар, 2 – тұрақты магнит, 3 – жылыту катушқасы, 4 – диэлектрлік түтік, 5 – құбыр, 6 – колонна)

1.2 Азот өндіру процесі

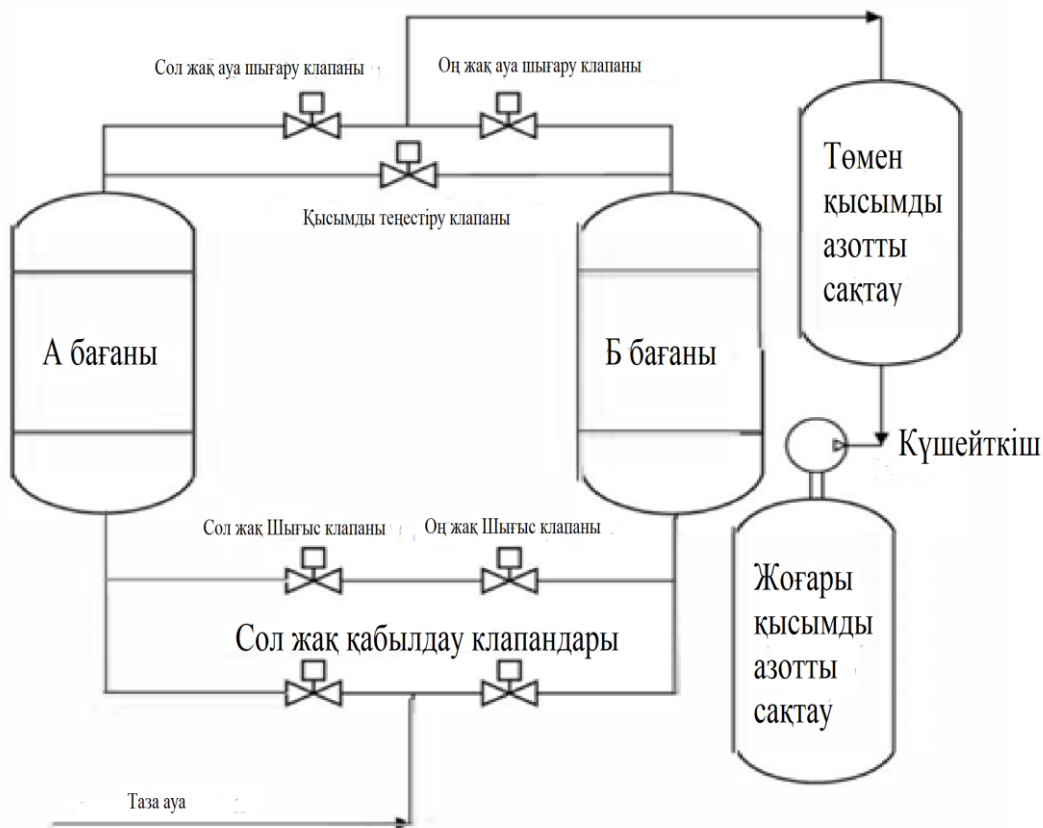
Азот генераторының негізгі жұмыс процесі 1.1-суретте көрсетілген. Ауа алдымен ауа компрессорымен 0,8 МПа дейін қысылады, содан кейін май мен су сияқты қоспаларды кетіру үшін ауа сүзгісінен өтеді. Тазартылған ауа адсорбция бағанына А сол жақ кіріс клапаны арқылы түседі, баған қысымы көтеріледі, сығылған ауадағы оттегі көміртектің молекулалық елегімен адсорбцияланады, ал азот А мұнарасының шығыс клапаны арқылы төмен қысымды азотты сақтау ыдысына түседі.

Сол жақтағы сіңіруден кейін А және В бағандары екі баған арасындағы қысым тепе-теңдігін қамтамасыз ететін қысымды теңестіру байланыстырушы клапаны арқылы өтеді. Бұл процесс қысымды теңестіру деп аталады.

Қысымды теңестіру аяқталғаннан кейін таза ауа адсорбциялық в бағанына оң жақ кіріс клапаны арқылы енеді, бағандағы қысым көтеріледі, сығылған ауадағы оттегі көміртекті молекулалық електен адсорбцияланады, азот мұнараның Шығыс клапаны арқылы төмен қысымды азотты сақтауға арналған резервуарға түседі. бұл процесс дәл қазір жүріп жатыр.

Сонымен қатар, оң жақтағы В бағаны оттегін сіңіргенде, А бағанындағы көміртекті молекулалық електен оттегі сол жақ Шығыс клапаны арқылы ауаға шығарылады. Бұл процесс регенерация болып табылады.

Сол сияқты, А бағаны процестің уақытын сіңіру үшін қалғанда, В бағаны да регенерация процесінде болады, В бағанының оң жақ сіңірілуі аяқталған кезде, бұл қысымды теңестіру процесіне айналады, осылайша азоттың қайталанатын циклдары пайда болады.



Сурет 1.6 – Азот өндіру процесі

Контроллер электромагниттік клапанды басқару арқылы кіріс және шығыс газын, кондиционер бағанының адсорбция және регенерация уақытын басқарады. Азот өндіру процесінде түзілетін Азот төмен қысымды азотты сақтау ыдысында сақталады. Азот инъекциясы кезінде төмен қысымды резервуардағы азот қысымы белгіленген мәннен асып кетсе, компрессор автоматты түрде іске қосылады және сығылған азот жоғары қысымды резервуарда сақталады, ол жоғары қысымды азот қысымы белгіленген күшейту мәніне жеткенде дайын азот болып табылады. нүкте, компрессор тоқтайды. Егер жоғары қысымды азот қысымы 2 минут ішінде төмендемесе, азот шығаратын жабдықтың бір бөлігі тоқтатылады.

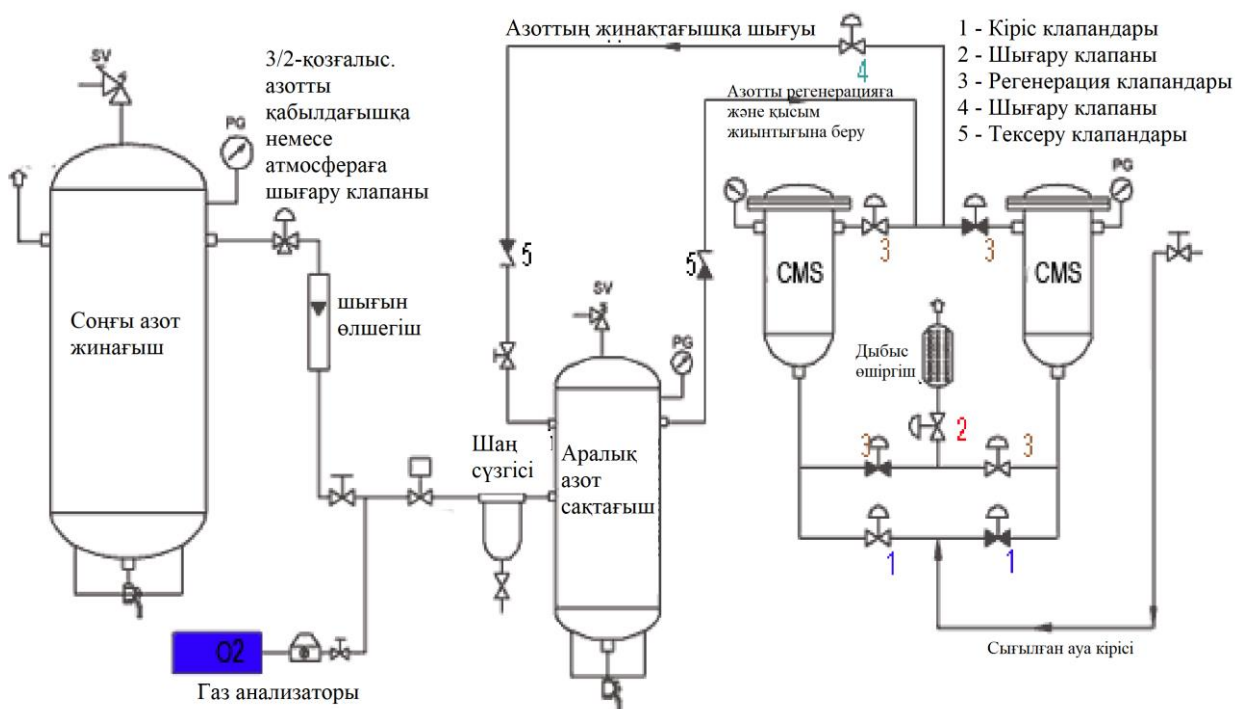
1.2.1 Оттегінің адсорбциясы арқылы азот алу

Азотты ауадан шығарудың адсорбциялық әдісі ауаның негізгі құрамдас бөліктерінің: азот пен оттегінің молекулаларының мөлшеріндегі айырмашылықтарға негізделген. Азотты алу үшін адсорбциялық қондырғы адсорбент-көміртекті молекулалық електермен толтырылған немесе қысқаша CMS, ағылшынша "көміртекті молекулалық елек" толтырылған адсорбер контейнерлерінен тұрады (әдетте жұптастырылған, кейде одан да көп мөлшерде болады). Бұл молекулалық електер әдетте диаметрі 1-3 миллиметр болатын қара түсті дәндерге немесе ұзын цилиндрлерге ұқсайды.

Азот алу үшін адсорбциялық қондырғыларда қолданылатын CMS айтарлықтай кеуек көлеміне ие, бұл споралардың кіріс өлшемі шамамен 3 ангстром ($=0,3$ нм). Кинетикалық диаметрі шамамен $2,9$ Å болатын оттегі молекулалары кеуектерге еніп, оларды ұстап қалады; кинетикалық диаметрі $3,1$ Å азот молекулалары адсорбент қабаты арқылы кедергісіз өтеді. Әрине, іс жүзінде оттегі молекулаларының бір бөлігі адсорбент арқылы өтіп, онда қалмайды; керісінше, азот молекулаларының бір бөлігі болжамды $3,0$ Å мөлшерінен үлкен тесіктерге еніп, оларда сақталады. Дегенмен, адсорбердің шығысы азотпен азды-көпті байытылған газ қоспасын шығарады (жол бойында CMS ішінара сығылған ауадан және оның құрамындағы бу тәрізді ылғалдан алынатынын ескеріңіз-және молекулалық електердің ұзақ қызмет ету мерзімін қамтамасыз ету үшін адсорбциялық азот генераторының кірісіне қазірдің өзінде құрғатылған сығылған ауаны берген жөн. азот болады және қосымша құрғатылған).

Адсорбент, көміртекті молекулалық електер, шектеулі кеуек сыйымдылығына ие және сәйкесінше шектеулі ұстау қабілетіне ие болғандықтан, өте тез (адсорбциялық азот генераторларын практикалық енгізуде, 40-200 секундтан кейін) оны қалпына келтіру, яғни оның сақтау қабілетін қалпына келтіру қажет болады. Ол үшін адсорбердегі қысым атмосфераға күрт ағып кетеді, бұл бұрын ұсталған оттегі молекулаларының CMS кеуектерінен шығуына әкеледі. CMS-ті неғұрлым толық қалпына келтіру үшін, қысымды босатқаннан кейін, осы уақытта өндірілген азоттың бір бөлігі адсорберге жеткізіледі, ол регенерацияланатын адсорбер арқылы атмосфералық қысымнан сәл жоғары қысыммен үрленеді, оның тесіктерінен оттегі молекулаларының қысымын босатқаннан кейін әлі де "жуылады". Алынған газ қоспасы, оттегі мөлшері біршама жоғары ауа, атмосфераға шығарылады. Регенерация аяқталғаннан кейін азот адсорберге әлі де біраз уақыт түседі, бірақ клапан жабылған кезде, адсорбердегі қысым жүйеде бар деңгейге көтеріледі. (Мысалы, жоғарыдағы диаграммада көрсетілген нұсқа ретінде, қондырғының дизайны регенерацияны және қысымды кейіннен теңестіруді азотты тікелей бір адсорберден екіншісіне емес, аралық азот жинақтағышынан қамтамасыз ете алады, ол үшін азот генераторының конструкциясына қосымша клапандар енгізіледі).

Адсорбциялық қондырғыдағы адсорберлер мезгіл-мезгіл (регенерацияның есептік жиілігіне сәйкес) рөлдерді өзгертеді: жұмыс адсорбері регенерация режиміне өтеді, ал регенерациядан өткен адам жұмысшы болады. Азотты алудың адсорбциялық әдісі қысқа циклді қызусыз адсорбция (КЦА) әдісі деп те аталады: қысқа цикл - адсорберлер рөлдерінің жиі өзгеруіне байланысты, қызусыз-өйткені CMS регенерациясы олар арқылы үрленген азотты қыздырмай жүзеге асырылады.



Сурет 1.7 – Оттегінің адсорбциясы арқылы азот алу

Адсорбциялық азот генераторлары күрделі салымдар жағынан да, техникалық қызмет көрсету жағынан да салыстырмалы түрде арзан, нұсқау, конструктивті және техникалық қызмет көрсету оңай. Адсорбциялық қондырғылар азотты аз және орташа мөлшерде өндіруге қабілетті, сонымен қатар криогендік сызықтар сияқты, қажет болған жағдайда жоғары тазалықтағы азотты алуға мүмкіндік береді-99,999% және одан жоғары. Алайда, төмен тазалықтағы азотты алу ешқашан үнемді болмайтын криогендік қондырғылардан айырмашылығы, адсорбциялық азот генераторларының көмегімен, егер ең жоғары тазалық қажет болмаса, төмен тазалықтағы азотты алуға болады - 99,99%...99,9%...99% және одан әрі 95% тазалықтағы "лас" азотқа дейін-адсорбциялық типтегі азот қондырғысы, тазалығы төмен азот өндірісіне реттелген, сол қондырғыға қарағанда өнімділігі жоғары болады, бірақ жоғары тазартылған газ өндіруге реттеледі; сығылған ауаны орнату арқылы тұтыну мандері де сәйкесінше өзгереді. Алынған азоттың өнімділігі мен мүмкін болатын тазалығының кең ауқымы адсорбциялық азот

генераторларын қолданудың әртүрлілігін анықтайды-зертханалық модельдер ғылыми мекемелерде және кәсіпорындардың зертханаларында кездеседі, ал үлкен қондырғылар азық-түлік, электронды, мұнай өндіру, май экстракциясы және басқа да салалардың ірі өндірістерін азотпен қамтамасыз етеді.

Азот станциясындағы адсорбция – жоғары таза азот алу үшін ауадан оттегін шығару процесі. Ол кейбір материалдардың (адсорбенттердің) қоспадан белгілі бір газдарды сіңіру қасиетіне негізделген.

Азот станциясындағы адсорбция процесі әдетте зеолит сияқты молекулалық Електің көмегімен жүзеге асырылады. Зеолиттер-бұл кеуектеріндегі газ молекулаларын адсорбциялай алатын микрокеуекті құрылымы бар кристалды материалдар. Азот станциясының адсорбциясы процесінде зеолит ауадан оттегін адсорбциялау үшін қолданылады.

Азот станциясындағы адсорбция процесінің негізгі қадамдары келесідей:

– Сығылған ауаны беру: құрамында оттегі мен азот бар ауа компрессор көмегімен азот станциясына жеткізіледі. Ауа қысымы мен тығыздығын арттыру үшін қысылады.

– Алдын ала тазалау: Сығылған ауа бөлшектер мен ылғалды кетіру үшін сүзгілер мен сепараторлар сияқты алдын ала тазалау құрылғыларынан өтеді. Бұл адсорбентті ластанудан қорғау және жүйенің тиімді жұмыс істеуін қамтамасыз ету үшін маңызды.

– Оттегінің адсорбциясы: сығылған және тазартылған ауа құрамында зеолит немесе басқа адсорбенттер бар адсорбциялық ыдыстар арқылы өтеді. Зеолиттердің оттегін селективті адсорбциялау қабілеті бар, бұл азот пен басқа инертті газдардың өтуіне мүмкіндік береді.

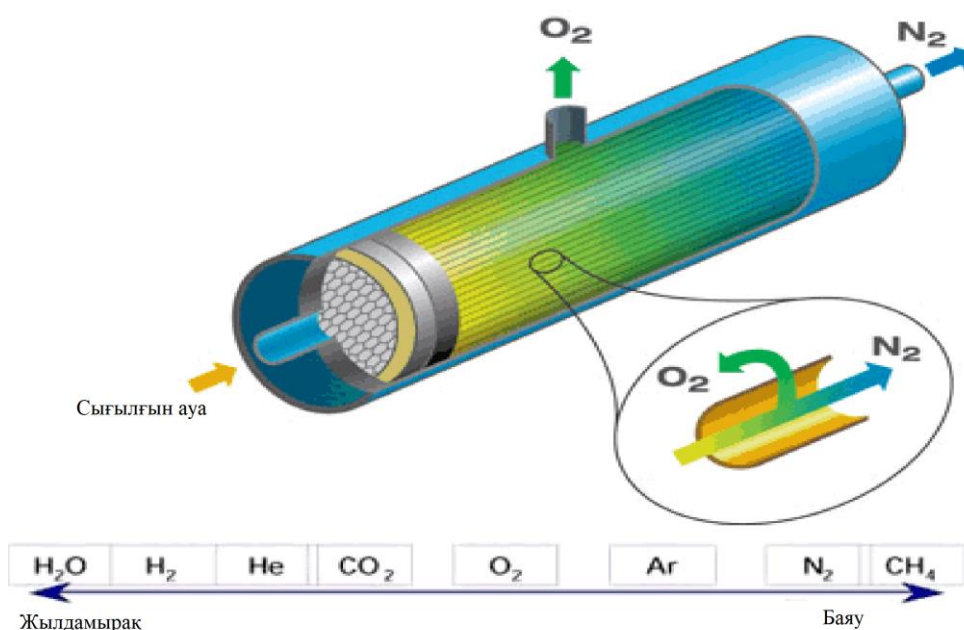
– Адсорбенттің регенерациясы: адсорбенттің белгілі бір жұмыс уақытынан кейін оның оттегінің адсорбция қабілеті төмендейді. Оның тиімділігін қалпына келтіру үшін регенерация процесі адсорбентті белсендіреді. Бұл әдетте адсорбентті азотпен жуу немесе адсорбцияланған оттегін кетіру үшін қысымды төмендету арқылы болады.

– Азот шығымы: адсорбент регенерациясынан кейін азот газы пайдалануға қол жетімді болады. Ол азот станциясынан шығарылады және қажетті пайдалану орнына бағытталуы мүмкін.

1.2.2 Ауаны мембраналық бөлу арқылы азот алу

Азотты алудың барлық негізгі және нақты мүмкін әдістері атмосфералық ауаның ыдырауына негізделген. Жоғарыда біз адсорбциялық қондырғылардың азот алу принципін қысқаша сипаттадық. Олардан басқа, мембраналық қондырғылар бар, олардың негізінде деп аталатындар бар. ауа бөлудің мембраналық модульдері, әдетте цилиндр тәрізді контейнерлер, олардың ішінде көптеген талшықтар параллель орналасқан-арнайы полимерлі материалдардан жасалған "макаронин" - полиимид, полисульфон,

полифенилоксид. Сығылған ауа мембраналық модульдің кірісіне беріледі, ол жерден барлық жеке талшықтар арасында біркелкі бөлініп, олардың ішкі жағына түседі. Талшық қабырғалары-бұл кеуектердің асимметриялық орналасуы бар мембраналар, олар арқылы H_2O су молекулалары, сутегі H_2 және гелий He талшықтардың сыртына тез және оңай таралады. Орташа жылдамдықпен қабырғалар арқылы оттегі молекулалары, сондай-ақ көмірқышқыл газы CO_2 енеді. Керісінше, көбінесе мембраналардың ішкі жағында, әдетте ауадағы заттардан, азот молекуласынан, сондай-ақ аргон мен көміртегі тотығы CO -дан қалады. Адсорбциялық азот қондырғылары сияқты, азотты мембраналық жолмен өндіру процесінде ол да кептіріледі.



Сурет 1.8 – Мембрана қабырғалары O_2 молекулаларын оңай өткізеді, бірақ N_2 емес.

Мембраналар ластанудың болуына, әсіресе компрессорлық майдың түсуіне өте сезімтал. Көптеген өндірушілердің мембраналық модульдері (бірақ барлығы емес) тиімді жұмыс істеуі үшін олардың кірісіне кіретін сығылған ауаны арнайы жылытуды қажет етеді. Дегенмен, азотты алу үшін мембраналық қондырғылар, әдетте, қысқа циклді қызусыз адсорбция принципі бойынша жұмыс істейтіндерге қарағанда дизайн бойынша біршама қарапайым: мысалы, CS_2 қондырғысы сығылған ауаны бір немесе басқа адсорберге, 2 ұқсас клапанға жіберу үшін кем дегенде 2 кіріс клапанын (әдетте электромагниттік жетегі бар) қажет етеді сол адсорберлерден және конструкцияда көзделген кезде қысымды босату үшін, азотты регенеративті үрлеу және кейіннен қысымды теңестіру үшін аралық жинақтағыштан адсорберлерге қайта жіберуге арналған тағы 2 немесе одан да көп клапандар. Бұл клапандардың барлығы мембраналық азот генераторында жоқ.



Сурет 1.9 – Азотты оқшаулау үшін мембраналық талшықтарға кірістер

Өкінішке орай, азот өндіруге арналған мембраналық қондырғыларды құру принципі және қазіргі уақытта қолданыстағы мембраналық материалдардың қасиеттері жоғары тазалықтағы азот алуға мүмкіндік бермейді. Іс жүзінде қолданыстағы өнеркәсіптік өндірілген мембраналық азот генераторлары шамамен 99,5% "төбемен" шектелген.

1.3 Азот станциясының шығыны мен қысымын басқару блоктары

Азот станциясының шығыны мен қысымын басқару блоктары жүйенің негізгі компоненттері болып табылады. Олар азот ағынын және оның жүйедегі қысымын бақылауды қамтамасыз етеді, бұл көптеген тапсырмаларды орындау үшін қажет.

Азот станцияларындағы ағын мен қысымды басқарудың қолданыстағы әдістері мен технологияларына шолу осы салада қолданылатын әртүрлі тәсілдермен танысуға мүмкіндік береді. Міне, олардың кейбіреулері:

Қысым реттегіштері: қысым реттегіштері жүйеде тұрақты азот қысымын ұстап тұру үшін кеңінен қолданылады. Олар механикалық, электронды немесе пневматикалық болуы мүмкін. Механикалық қысым реттегіштері берілген қысымды ұстап тұру үшін серіппелі механизм мен диафрагманы пайдаланады. Электрондық қысым реттегіштері кері байланыс пен бақылау алгоритмдері арқылы дәлірек басқаруды қамтамасыз етеді. Пневматикалық қысым реттегіштері азот қысымын реттеу үшін сығылған ауаны немесе газды пайдаланады.



Сурет 1.10 – Газ қысымын реттегіш

Ағынды басқару клапандары: ағынды басқару клапандары жүйеде азот ағынын реттеу үшін қолданылады. Олар қолмен немесе автоматты түрде болуы мүмкін. Қол клапандары операторға ағынды қолмен реттеуге мүмкіндік береді. Автоматты ағынды басқару клапандары әдетте азот ағынын берілген параметрлерге сәйкес реттеуге мүмкіндік беретін ағын датчиктерімен және кері байланыспен жабдықталған.



Сурет 1.11 – Газды ортаға арналған клапан

Датчиктерді қолдану: датчиктер азот станцияларының шығыны мен қысымын басқаруда маңызды рөл атқарады. Қысым датчиктері жүйедегі азот қысымын өлшеу және берілген қысымды ұстап тұру үшін контроллермен кері байланыс үшін қолданылады. Ағын датчиктері жүйе арқылы өтетін азот көлемін өлшеу үшін және ағынды реттеу үшін контроллермен кері байланыс үшін қолданылады.

PID реттегіштері: PID реттегіштері (пропорционалды интегралды дифференциалды реттегіштер) ағын мен қысымды басқаруда кеңінен қолданылады. Олар үш компонентті біріктіру арқылы жүйенің параметрлерін дәл және тұрақты басқаруды қамтамасыз етеді: пропорционалды, интегралды және дифференциалды әрекет. PID реттегіштерін жүйенің оңтайлы өнімділігіне қол жеткізу және берілген параметрлерден ауытқуларды жылдам түзету үшін конфигурациялауға болады.

Автоматтандыру және бағдарламалық басқару: Автоматтандыру және бағдарламалық басқару технологияларының дамуымен азот станциялары интеллектуалды және автоматтандырылған болды. Бағдарламаланатын логикалық контроллерлерді (PLC) және арнайы бағдарламалық жасақтаманы пайдалану күрделі басқару алгоритмдерін жүзеге асыруға, Сенсорлардан деректерді талдауға, Төтенше жағдайлар туралы ескертуге және жүйені қашықтан басқару мен бақылауды қамтамасыз етуге мүмкіндік береді.

Азот станциясының ағынды басқару блогы уақыт бірлігінде жүйе арқылы өтетін азот көлемін реттеуге мүмкіндік береді. Бұған әдетте шығын өлшегіш пен ағын реттегішін азот желісіне орнату арқылы қол жеткізіледі. Шығын өлшегіш жүйе арқылы өтетін азот көлемін өлшейді, ал ағын реттегіші қажет болған жағдайда азот ағынын өзгертуге мүмкіндік береді. Ағынды басқару блогы қосымша бақылау мен қауіпсіздікті қамтамасыз ету үшін клапандар мен өлшеуіштер сияқты қосымша компоненттерді қамтуы мүмкін.

Азот станциясының қысымды басқару блогы жүйедегі азот қысымын реттейді. Бұған әдетте азот сызығына қысым реттегішін орнату арқылы қол жеткізіледі. Қысым реттегіші тапсырманы орындау үшін қажетті қысым деңгейін реттеуге мүмкіндік береді. Қысымды басқару блогында жүйенің қысымын өлшейтін өлшеуіштер мен азот ағынын реттейтін клапандар болуы мүмкін.

Екі басқару блогы да азот станциясының маңызды құрамдас бөліктері болып табылады және оларды орнатуды жүйеде орындалатын белгілі бір процестің талаптарына сәйкес кәсіби маман орындауы керек.

Ағын мен қысымды басқару блоктарының бір маңызды функциясы-азот станциясының қауіпсіздігін қамтамасыз ету. Азоттың қысымы мен шығынын бақылау қысымның күтпеген көтерілуін немесе азоттың жоспарланғаннан көп мөлшерін пайдалану қажеттілігін болдырмайды. Бұл әсіресе улы немесе жарылғыш материалдармен байланысты жағдайларда маңызды болуы мүмкін, мұнда берілген параметрлерден сәл ауытқу ауыр зардаптарға әкелуі мүмкін.

Сонымен қатар, ағын мен қысымды басқару қондырғылары азот станциясының параметрлерін автоматты түрде басқаруға мүмкіндік беретін

автоматты басқару және реттеу жүйелерімен жабдықталуы мүмкін. Бұл әсіресе жүйеде азот қысымының немесе ағынының тұрақты деңгейін ұстап тұру қажет болған жағдайларда пайдалы болуы мүмкін.

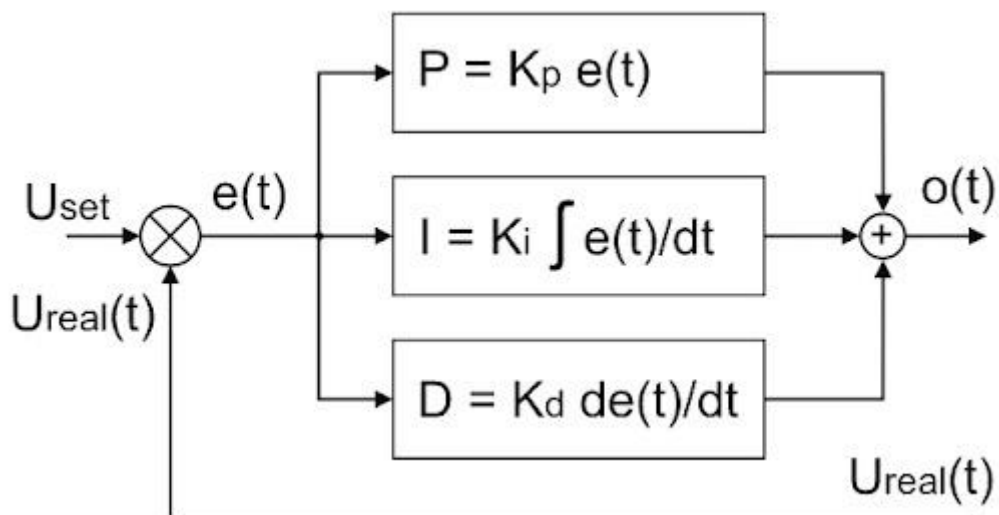
Соңында, ағын мен қысымды басқару блоктары нақты талаптарға байланысты әртүрлі қосымша компоненттермен толықтырылуы мүмкін. Мысалы, азотты бөлшектерден немесе басқа ластаушы заттардан тазарту үшін сүзгілер орнатылуы мүмкін немесе температураны, ылғалдылықты немесе жүйенің басқа параметрлерін бақылау үшін әртүрлі датчиктер орнатылуы мүмкін.

Азот станциясының шығыны мен қысымын басқару үшін реттегіштердің әртүрлі түрлерін, соның ішінде классикалық PID реттегішін, сондай-ақ реттегіштердің басқа түрлерін қолдануға болады.

PID реттегіші (пропорционалды интегралды дифференциалды реттегіш) - азот станцияларындағы ағын мен қысымды басқаруды қоса алғанда, өндірістік процестердегі әртүрлі параметрлерді басқару үшін қолданылатын реттегіштің ең көп таралған түрі. PID реттегіші параметрді дәл басқаруды қамтамасыз ету үшін үш компонентті пайдаланады: пропорционалды компонент, интегралды компонент және дифференциалды компонент. Пропорционалды компонент реттеу қатесіне байланысты Шығыс параметрін реттеуді қамтамасыз етеді, интегралды компонент қалдық реттеу қатесін өтейді және дифференциалды компонент процестің өзгеруіне жылдам жауап береді.

PID реттегіштерінен басқа, азот станцияларындағы ағын мен қысымды басқару үшін пропорционалды реттегіштерді, интегралды реттегіштерді, дифференциалды реттегіштерді, сондай-ақ олардың комбинацияларын қоса алғанда, реттегіштердің басқа түрлерін пайдалануға болады. Реттегіштің әр түрінің өзіндік артықшылықтары мен кемшіліктері бар және белгілі бір түрді таңдау қажетті дәлдікке, процестің күрделілігіне және басқа факторларға байланысты.

PID реттегішін орнату - берілген жүйе үшін пропорционалды интегралды дифференциалды (PID реттегіші) параметрлерін оңтайландыру үшін қолданылатын процесс. PID реттегіші-қажетті берілген мән мен өлшенетін процесс айнымалысы арасындағы қателік негізінде шығыс сигналын реттейтін кеңінен қолданылатын кері байланыс контроллері.



Сурет 1.12 – PID реттегіші

Пропорционалды мүше (P): P мүшесі ағымдағы қателеге пропорционалды Шығыс шығарады. Бұл қателедегі өзгерістерге жылдам жауап беруге көмектеседі. Пропорционалды күшейтуді арттыру контроллердің реакциясын тездетуі мүмкін, бірақ бұл шамадан тыс жүктеме мен тұрақсыздыққа әкелуі мүмкін.

Интегралды (I) мүше: I мүше уақыт өте келе қатені біріктіреді, бұл стационарлық қателерді жоюға көмектеседі және тұрақты қателерге жауап береді. Интегралды термин тұрақты режимде орын ауыстыруды тудыратын орын ауыстыруларды немесе бұзылуларды өтей алады. Алайда, тым жоғары интегралды күшейту тұрақсыздық пен ауытқуларға әкелуі мүмкін.

Дифференциалды (D) мүше: D-мүше қатенің өзгеру жылдамдығын есептейді және өзгеру жылдамдығына пропорционалды Шығыс шығарады. Бұл болашақ қателіктер тенденциясын болжауға және реакцияны бәсеңдетуге, асып кетуді азайтуға және тұрақтылықты арттыруға көмектеседі. Тым жоғары дифференциалды күшейту жүйеде шуды күшейтуі мүмкін.

PID реттегішін орнату процесі жүйенің қажетті жауабына қол жеткізу үшін осы үш параметрді (P, I және D) орнатуды қамтиды. Міне, PID орнатудың бірнеше жалпы әдістері:

Қолмен орнату: бұл әдіспен контроллерді күшейту тәжірибе мен бақылау негізінде қолмен реттеледі. Процесс жүйе өзгере бастағанға дейін P күшейту коэффициентін біртіндеп арттыруды, содан кейін тұрақтылықты қамтамасыз ету үшін күшейтуді аздап азайтуды қамтиды. I және D күшейту коэффициенттері дәл осылай түзетіледі.

Зиглер-Николс әдісі: бұл PID реттегішін бастапқы орнатудың танымал эвристикалық әдісі. Бұл жүйенің критикалық күшейту коэффициентін және тербеліс кезеңін анықтауды, содан кейін осы мәндерге негізделген P, I және D күшейту коэффициенттерін есептеу үшін арнайы формулаларды қолдануды қамтиды.

Модельге негізделген теңшеу: бұл әдіс жүйенің математикалық моделін әзірлеуді және оңтайлы PID реттегішін жобалау үшін жиілік реакциясын талдау, түбірдің орнын анықтау немесе полюстерді орналастыру сияқты әдістерді қолдануды қамтиды.

Автоматты конфигурация алгоритмдері: кейбір жетілдірілген PID реттегіштерінде жүйенің реакциясына байланысты кірісті автоматты түрде реттейтін кіріктірілген автоматты реттеу алгоритмдері бар. Бұл алгоритмдер көбінесе оңтайлы параметрлерді бағалау үшін релелік кері байланыс немесе жүйені анықтау сияқты әдістерге сүйенеді.

PID реттегішін орнату қайталанатын процесс екенін және қалаған басқару өнімділігіне жету үшін бірнеше түзетулер қажет болуы мүмкін екенін ескеру маңызды. Теңшеу әдісін таңдау белгілі бір жүйеге, қол жетімді ресурстарға және қалаған басқару мақсаттарына байланысты.

Сенімді жауап беру уақыты әдісін қолдана отырып, PID реттегішін орнатқан кезде мақсат тұрақтылық пен сенімділікті сақтай отырып, жүйенің қажетті жауап беру уақытына қол жеткізу болып табылады. Сенімді жауап беру уақыты әдісі жүйенің өзгеруіне жылдам жауап беруді қамтамасыз ету үшін контроллер параметрлерін реттеуге, сондай-ақ жүйенің белгісіздіктері мен кедергілерін есепке алуға бағытталған.

Төменде сенімді жауап беру уақыты әдісін қолдана отырып, PID реттегішін орнату қадамдары берілген:

– Қажетті жауап уақытын анықтаңыз: жүйеңізге қажетті жауап уақытын анықтаудан бастаңыз. Жауап беру уақыты-бұл жүйеге нүктені кезең-кезеңімен өзгерткеннен кейін соңғы мәннің белгілі бір пайызына (мысалы, 90% немесе 95%) жету үшін қажет уақыт.

– Дифференциалды уақытты (D) және интегралды уақытты (I) орнатыңыз: қажетті жауап беру уақытына сүйене отырып, PID реттегішінің дифференциалды уақытын (D) және интегралды уақытын (I) орнатыңыз. Дифференциалды уақыт жүйенің әлсіреуіне және жауап беру жылдамдығына әсер етеді, ал интегралды уақыт тұрақты режимдегі қателерді жоюға көмектеседі.

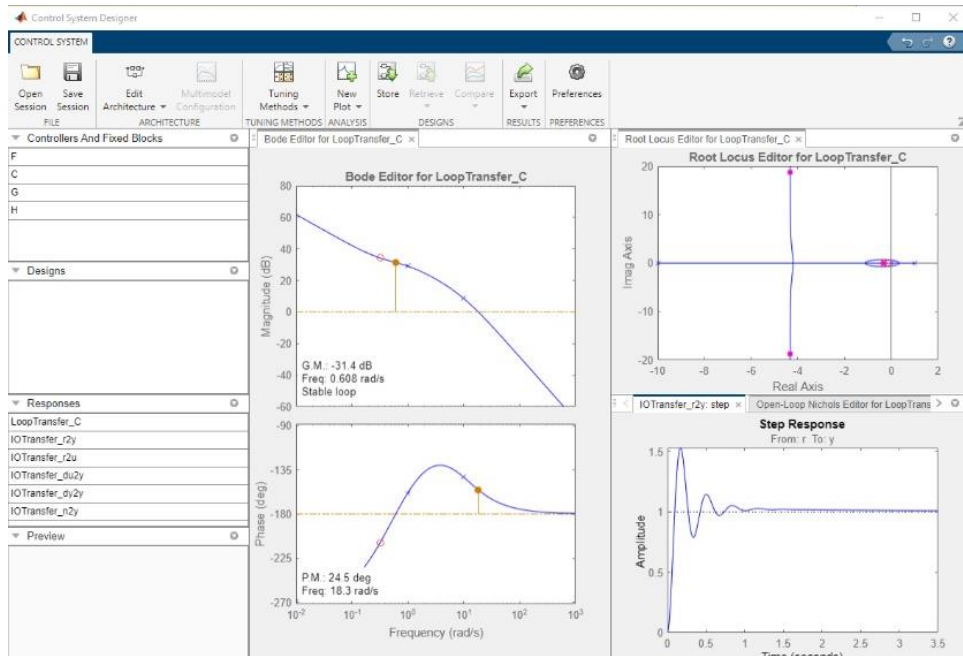
– Жылдам жауап алу үшін шудың шамадан тыс жоғарылауына жол бермеу үшін абай болу арқылы дифференциалды уақытты (D) азайтыңыз.

– Баяу жауап беру үшін көбірек демпфер мен тұрақтылықты қамтамасыз ету үшін дифференциалды уақытты (D) көбейтіңіз.

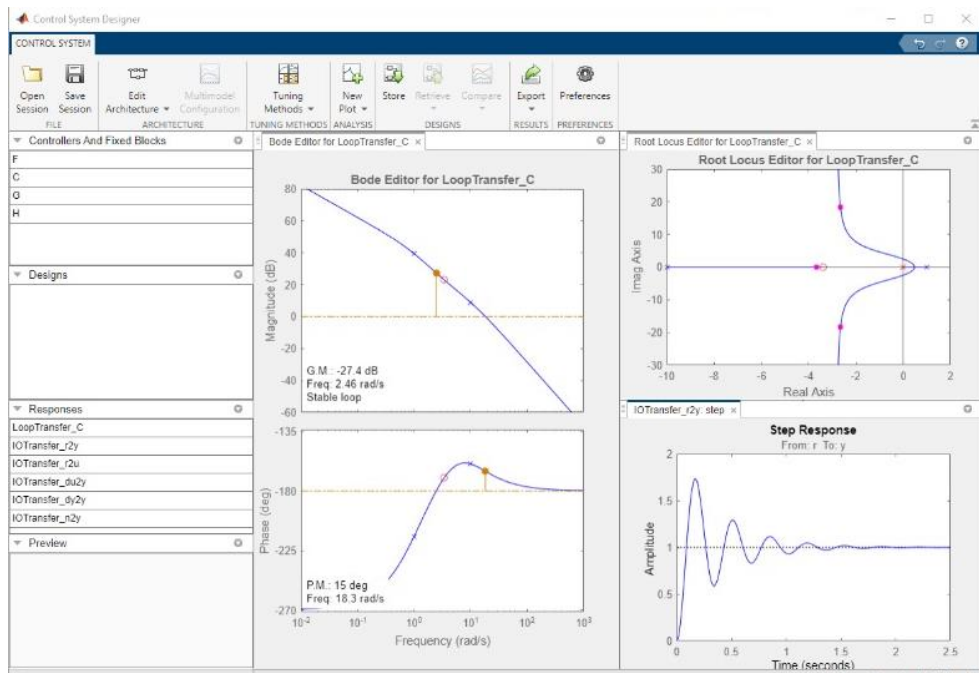
– Тұрақты режимдегі қателерді азайту үшін интегралды уақытты (I) реттеңіз. Жоғары мәндер интегралды әрекетті арттырады, бірақ тұрақсыздыққа әкелмеу үшін абай болыңыз.

– Пропорционалды күшейтуді (P) реттеңіз: пропорционалды күшейту жүйенің жалпы реакциясына әсер етеді. Жылдам жауап алу үшін пропорционалды күшейтуді (P) арттырыңыз, бірақ тұрақсыздық пен асып кетуден сақ болыңыз.

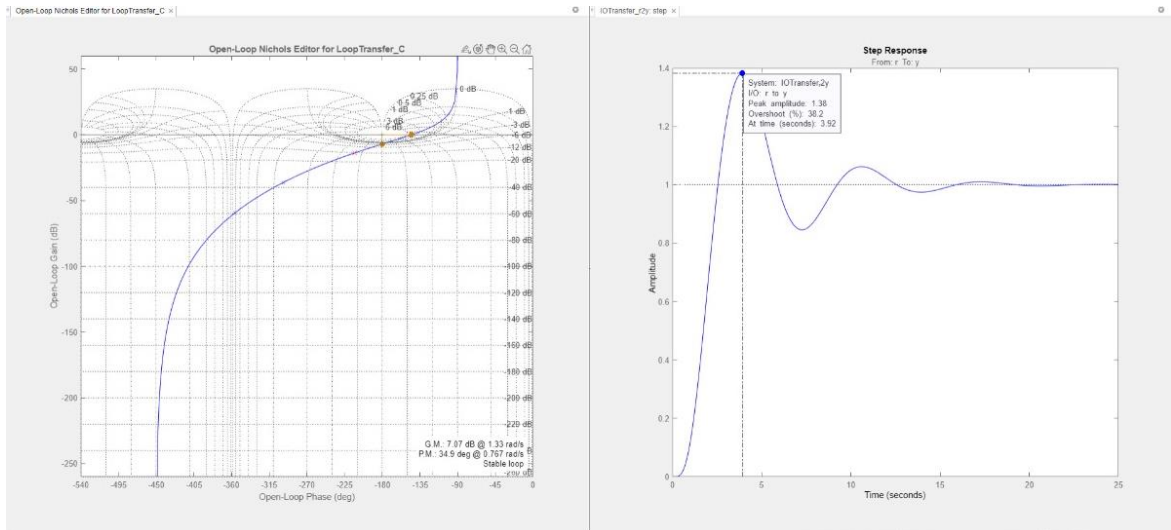
– Тестілеу және бағалау: жүйеге теңшелген PID реттегішін енгізіңіз және оның өнімділігін бағалаңыз. Қажетті жауап уақытына қол жеткізілгенін анықтау үшін жауап беру уақытын және басқа да тиісті көрсеткіштерді қадағалаңыз. Қажет болса, параметрлерді реттеуді қайталаңыз және қажетті жауап беру уақытына жеткенше тестілеу процесін қайталаңыз.



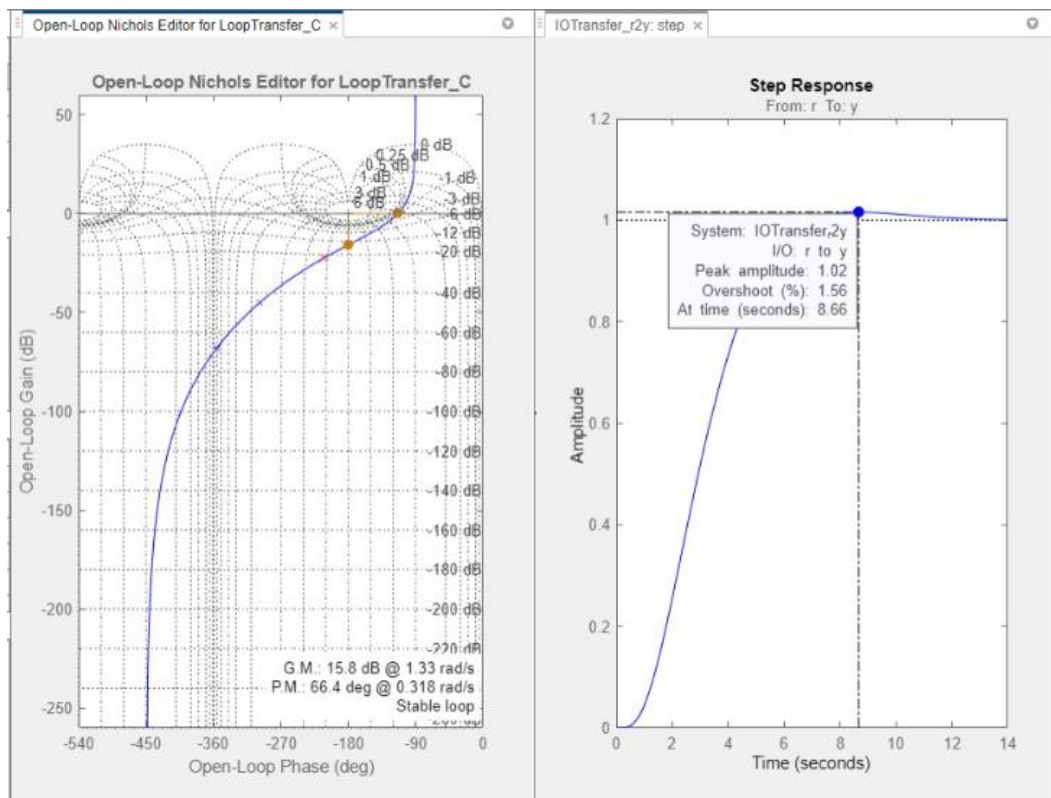
Сурет 1.13 – PID реттегішінің оңтайлы параметрлері бар өтпелі қисық графигі.



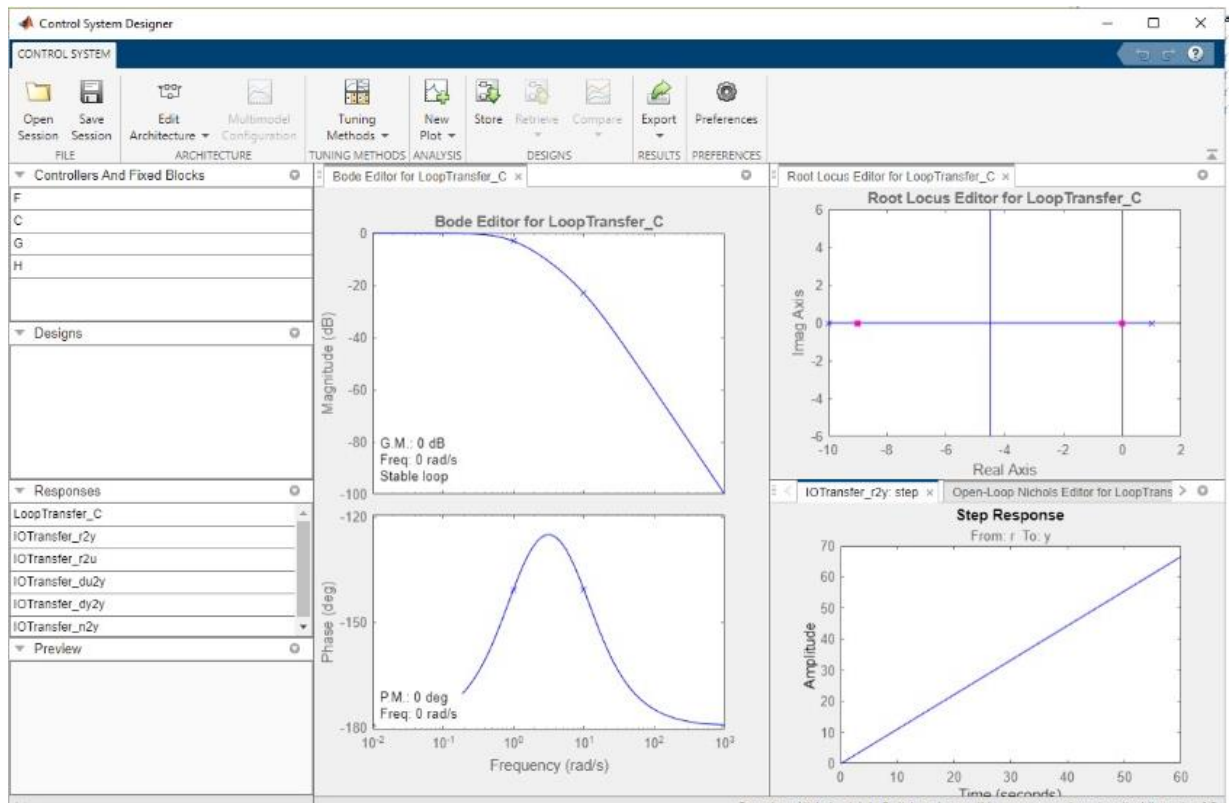
Сурет 1.14 – PID реттегішінің оңтайлы параметрлері бар өтпелі қисық графигі.



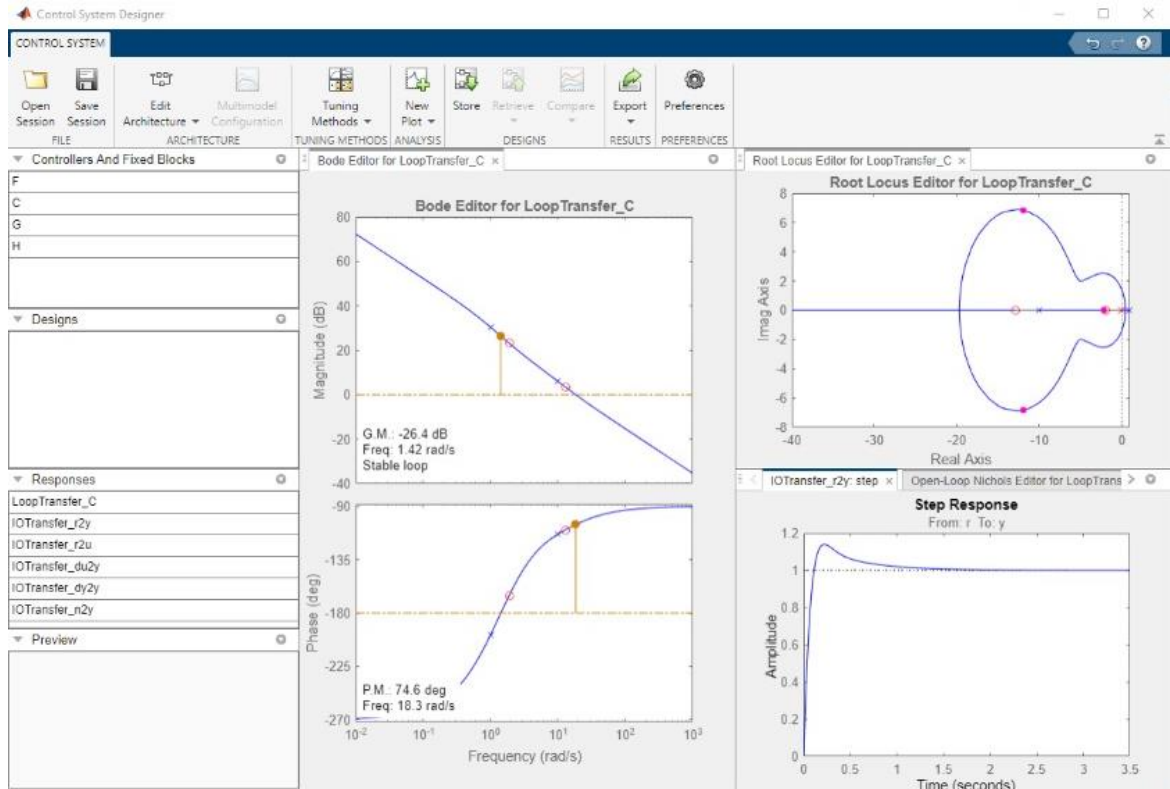
Сурет 1.15 – PI реттегішінің оңтайлы параметрлері бар өтпелі қисық графигі.



Сурет 1.16 – PI реттегішінің оңтайлы параметрлері бар өтпелі қисық графигі.



Сурет 1.17 – PD реттегішінің оңтайлы параметрлері бар өтпелі қисық графигі.



Сурет 1.18 – PD реттегішінің оңтайлы параметрлері бар өтпелі қисық графигі.

PI, ID, PD және PID-бұл процестерді реттеу үшін автоматты басқару жүйелерінде қолданылатын реттегіштердің түрлері. Мұнда әрқайсысының қысқаша сипаттамасы берілген:

PI (пропорционалды интегралды) реттегіш:

– PI реттегіші тек екі негізгі компонентті пайдаланады: пропорционалды және интегралды әрекеттер.

– Пропорционалды әрекет басқару қатесіне пропорционалды (қажетті және ағымдағы мән арасындағы айырмашылық) және оның мақсаты жүйенің реакциясын қателеге пропорционалды ету болып табылады.

– Интегралды әрекет тұрақты режимдегі тұрақты қатені жою үшін уақытпен басқару қатесін біріктіреді.

– PI реттегіші әдетте тұрақты қатені жою және реттеудің дәлдігін қамтамасыз ету үшін қолданылады.

ID (интегралды-дифференциалды) реттегіш:

– Идентификатор сонымен қатар үш компонентті қолданады: интегралды, дифференциалды және пропорционалды әрекеттер.

– Интегралды әрекет басқару қатесін уақытпен біріктіреді, ал дифференциалды әрекет қатенің өзгеру жылдамдығына жауап береді.

– Пропорционалды әрекет басқару қатесіне пропорционалды.

– Идентификатор жүйенің өзгерістерге жылдам жауап беруін және реттеудің жоғары дәлдігін қамтамасыз ету үшін қолданылады.

PD (пропорционалды-дифференциалды) реттегіш:

– PD реттегіші екі компоненттен тұрады: пропорционалды және дифференциалды әрекет.

– Пропорционалды әрекет басқару қатесіне пропорционалды.

– Дифференциалды әрекет басқару қатесінің өзгеру жылдамдығына жауап береді.

– PD реттегіші тербелістерді жою және жүйенің өзгерістерге тұрақты реакциясын қамтамасыз ету үшін қолданылады.

PID (пропорционалды интегралды дифференциалды) реттегіш:

– PID реттегіші барлық үш компонентті біріктіреді: пропорционалды, интегралды және дифференциалды әрекеттер.

– Пропорционалды әрекет басқару қатесіне пропорционалды.

– Интегралды әрекет уақыт өте келе басқару қатесін біріктіреді.

– Дифференциалды әрекет басқару қатесінің өзгеру жылдамдығына жауап береді.

– PID реттегіші жүйенің өзгерістерге тұрақты, дәл және жылдам жауап беруін қамтамасыз ету үшін автоматты басқару жүйелерінде кеңінен қолданылады.

2 Басқару блоктары

Азот станциясының шығыны мен қысымын басқару блогында станцияның нақты талаптары мен функцияларына байланысты әртүрлі компоненттер мен жүйелер болуы мүмкін. Міне, осындай басқару блогына қосылуы мүмкін кейбір жалпы компоненттер:

Қысым реттегіштері: қысым реттегіштері жүйеде белгілі бір азот қысымын ұстап тұру үшін қолданылады. Олар механикалық немесе электронды болуы мүмкін және азот ағынын реттеу және ықтимал тербелістерді жою арқылы қысымның тұрақтылығын қамтамасыз етеді.

Шығын өлшегіштер: Шығын өлшегіштер жүйе арқылы өтетін азот ағынының көлемін немесе жылдамдығын өлшейді. Олар механикалық, электронды немесе ультрадыбыстық болуы мүмкін және азот ағынын дәл бақылау үшін қолданылады.

Клапандар: ағын мен қысымды басқару клапандары азот ағынын реттеу және бақылау үшін қолданылады. Олар электромагниттік, механикалық немесе пневматикалық болуы мүмкін және белгіленген параметрлерге сәйкес азот ағынының ашылуы мен жабылуын қамтамасыз етеді.

Қысым датчиктері: қысым датчиктері жүйедегі азот қысымын өлшеу және бақылау үшін қолданылады. Олар аналогтық немесе сандық болуы мүмкін және қысым реттегіштері мен басқару блогының басқа компоненттері үшін кері байланыс береді.

Компьютерлік интерфейс: кейбір басқару блоктары компьютердің көмегімен азот станциясын басқаруға және бақылауға мүмкіндік беретін компьютерлік интерфейс пен немесе бағдарламалық жасақтамамен жабдықталуы мүмкін. Бұл параметрлерді орнатуды, деректерді жазуды және графиктер мен графикалық пайдаланушы интерфейсін көрсетуді қамтуы мүмкін.

Азот станциясын орнату үшін басқару блогын жобалау жүйелі тәсілді және әртүрлі аспектілерді ескеруді қажет етеді. Міне, осындай басқару блогын жобалау кезінде қабылдауға болатын негізгі қадамдар:

Талаптарды талдау: бірінші қадам-ағын мен қысымды басқару блогына қойылатын талаптарды талдау. Бұл қажетті қысым диапазонын, азот ағынын, басқарудың қажетті дәлдігі мен тұрақтылығын және нақты қолдану ерекшеліктерін анықтауды қамтиды.

Компоненттерді таңдау: талаптарды талдау негізінде қысым реттегіштері, ағынды басқару клапандары, қысым мен ағын датчиктері, контроллерлер және басқа да қажетті элементтер сияқты тиісті компоненттерді таңдауға болады. Онтайлы компоненттерді анықтау бюджетке, нарықтағы қолжетімділікке және жобаның талаптарына байланысты болуы мүмкін.

Басқару схемасын жобалау: таңдалған компоненттер негізінде басқару схемасын жасауға болады. Бұл электр және пневматикалық қосылыстарды қоса алғанда, компоненттер арасындағы байланыстарды анықтауды қамтиды.

Сондай-ақ, қауіпсіздік пен қорғаныс мәселелерін, соның ішінде ағып кетудің және төтенше жағдайлардың алдын алу жүйелерін қарастырған жөн.

Бағдарламалық жасақтаманы әзірлеу: егер бағдарламалық жасақтама қажет болса, тиісті бағдарламалық жасақтама жасалуы керек. Бұған басқару алгоритмдерін әзірлеу, PID реттегіштерін орнату, пайдаланушы интерфейсін енгізу және ағын мен қысымды басқаруға қатысты басқа мүмкіндіктер кіруі мүмкін.

Тестілеу және күйін келтіру: Басқару блогы жасалғаннан кейін жүйені тестілеу және күйін келтіру қажет. Бұған компоненттердің жұмысын тексеру, сәйкестікті тексеру және басқарудың тұрақтылығы, дәлдігі және қауіпсіздігі бойынша сынақтар жүргізу кіреді.

Азот станциясының шығыны мен қысымын есептеу әртүрлі факторлар мен жұмыс жағдайларына негізделуі мүмкін. Ағын мен қысымды бағалау кезінде пайдалы болуы мүмкін бірнеше есептеу формулалары:

Азот шығынын сығылатын газ үшін Бернулли теңдеуі арқылы есептеуге болады:

$$Q = \frac{(A \cdot v)}{3600} \quad (2.1)$$

мұндағы Q - азот шығыны ($\text{м}^3/\text{с}$), A - ағынның көлденең қимасының ауданы (м^2), v - ағынның жылдамдығы ($\text{м}/\text{с}$). Белгілі ағын жылдамдығымен орнату үшін формуланы да қолдануға болады:

$$Q = \frac{V}{t} \quad (2.2)$$

мұндағы Q - азот шығыны ($\text{м}^3/\text{с}$), V - газ көлемі (м^3), t - уақыт (секундпен).

Азот қысымын идеал газдың күй теңдеуі арқылы есептеуге болады:

$$P = \frac{mRT}{V} \quad (2.3)$$

мұндағы p - азоттың қысымы (Па немесе барда), m - азоттың массасы (кг - да), R - әмбебап газ тұрақтысы ($8,314 \text{ Дж}/(\text{моль} \cdot \text{К})$), T - азоттың температурасы (в К), V - азоттың көлемі (в м^3).

Құбырдағы қысымды есептеу үшін Дарси-Вейсбах теңдеуін қолдануға болады:

$$\Delta P = \frac{(f \cdot L \cdot \rho \cdot v^2)}{2 \cdot D} \quad (2.4)$$

мұндағы ΔP -қысымның төмендеуі (Па немесе барда), f - құбырдағы үйкеліс коэффициенті, L - құбырдың ұзындығы (м - де), ρ - азоттың тығыздығы ($\text{кг}/\text{м}^3$), v -ағынның жылдамдығы ($\text{м}/\text{с}$ -та), D -құбырдың диаметрі (м-де).

Саптама арқылы азот ағынын Торричелли теңдеуі арқылы есептеуге болады:

$$Q = C \cdot A \sqrt{\frac{2 \cdot \Delta P}{\rho}} \quad (2.5)$$

мұндағы Q-азот шығыны (кг/с немесе м³/с), C - саптаманың коэффициенті, A - саптаманың көлденең қимасының ауданы (м²), ΔP - саптаманың алдындағы және артындағы қысым айырмасы (Па немесе барда), ρ - азот тығыздығы (кг/м³).

Резервуардағы газ қысымын идеал газ теңдеуі арқылы есептеуге болады:

$$P = \frac{m \cdot R \cdot T}{V - V_0} \quad (2.6)$$

мұндағы p-газ қысымы (Па немесе барда), m-резервуардағы азоттың массасы (кг-да), R-эмбебап газ тұрақтысы (8,314 Дж/(моль·К)), T - азоттың температурасы (К - де), V - резервуардың көлемі (в м³), V₀ - көлемі резервуардағы бос орын (м³).

Компрессордағы ауа қысымын адиабаталық газды қысу процесінің теңдеуі арқылы есептеуге болады:

$$\frac{P_2}{P_1} = \left(\frac{V_1}{V_2} \right)^\gamma \quad (2.7)$$

мұндағы P₁-ауаның бастапқы қысымы (Па немесе барда), P₂ - ауаның соңғы қысымы (Па немесе барда), V₁ - ауаның бастапқы көлемі (м³), V₂ - ауаның соңғы көлемі (м³), γ - адиабатаның көрсеткіші.

Клапан немесе қысым реттегіші арқылы азот ағынын оріфісе арқылы ағын теңдеуі арқылы есептеуге болады:

$$Q = C \cdot A \cdot \sqrt{2 \cdot \Delta P} \quad (2.8)$$

мұндағы Q-азот шығыны (кг/с немесе м³/с), c - клапанның немесе қысым реттегішінің коэффициенті, A - клапанның немесе реттегіштің саңылауының көлденең қимасының ауданы (м²), ΔP - клапан немесе реттегіш арқылы қысымның төмендеуі (Па немесе бар).

Бойль-Мариотт газ заңы тұрақты температурадағы қысым мен газ көлемі арасындағы байланысты сипаттайды. Ағынды есептеу формуласы келесідей болады:

$$Q = \frac{(P_1 \cdot V_1)}{(P_2 \cdot V_2)} \quad (2.9)$$

мұндағы Q-азоттың шығыны (кг/с немесе м³/с), P и және V соответственно - сәйкесінше азоттың бастапқы қысымы мен көлемі, p₂ және V₂ - сәйкесінше азоттың соңғы қысымы мен көлемі.

Құбырдағы үйкеліс жоғалту қысымын Дарси-Вейсбах формуласы арқылы есептеуге болады:

$$\Delta P = \frac{f \cdot \left(\frac{L}{D}\right) \cdot (\rho \cdot V^2)}{2} \quad (2.10)$$

мұндағы ΔP-қысымның төмендеуі (Па немесе барда), f - құбырдағы үйкеліс коэффициенті, L - құбырдың ұзындығы (м - де), D - құбырдың диаметрі (м - де), ρ-азоттың тығыздығы (кг/м-де) 3), V-ағынның жылдамдығы (м/с-та).

азот станциясындағы саптама арқылы азот ағынын есептеудің жалпы формуласы:

$$Q = C \cdot A \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot \Delta P}{\rho}} \quad (2.11)$$

мұндағы:

Q-азот шығыны (кг/с немесе м³ / с),

C-саптама коэффициенті,

A-саптаманың көлденең қимасының ауданы (М),

ΔP-саптаманың алдындағы және артындағы қысым айырмашылығы (Па немесе барда),

ρ-азоттың тығыздығы (кг/м³).

Ағын мен қысымды басқарудың қолданыстағы әдістері мен алгоритмдерін зерттеу азот станциясы үшін басқару блогын әзірлеудегі маңызды қадам болып табылады. Мұнда қолдануға болатын бірнеше жалпы әдістер мен алгоритмдер берілген:

Пропорционалды интегралды дифференциалды (PID) реттегіш: PID реттегіші ең көп қолданылатын басқару алгоритмдерінің бірі болып табылады. Ол ағын мен қысымды дәл және тұрақты басқаруды қамтамасыз ету үшін үш негізгі компонентті - пропорционалды, интегралды және дифференциалды әрекетті біріктіреді. Бұл алгоритмді жүйенің оңтайлы жұмысына қол жеткізу үшін конфигурациялауға болады.

Болжалды басқару моделі (MPU): MPU-жүйенің математикалық моделіне негізделген басқару алгоритмі. Ол жүйенің болашақ мінез-құлқын болжау және берілген өнімділік критерийлеріне сәйкес оңтайлы басқару үшін болжамды модельді пайдаланады. MPU жақсы басқару дәлдігін және жүйенің шектеулерін есепке алу мүмкіндігін қамтамасыз ете алады.

Адаптивті басқару: адаптивті басқару өзгермелі жағдайларда жүйені оңтайлы басқаруды қамтамасыз ету үшін нақты уақыттағы басқару алгоритмінің параметрлерін автоматты түрде реттеуге негізделген. Бұл әсіресе

жүйенің параметрлері уақыт өте келе өзгертін немесе сыртқы факторларға байланысты өзгертін жағдайларда пайдалы.

Жасанды нейрондық желілерді басқару: жасанды нейрондық желілерді азот станциясындағы ағын мен қысымды басқару үшін пайдалануға болады. INS Тарихи мәліметтер негізінде оқытылады және жүйеде күрделі тәуелділіктер мен сызықтық зависимостіктерді анықтай алады. Оларды нақты уақыт режимінде ағын мен қысымды болжау және басқару үшін пайдалануға болады.

Оңтайлы басқару: оңтайлы басқару әдістері берілген оңтайлылық критерийлеріне жету үшін оңтайлы басқару сигналдарын немесе стратегияларын табуға негізделген. Олар оңтайлы басқару сигналдарын немесе стратегияларын табу үшін динамикалық бағдарламалау әдісі, максималды принцип әдісі немесе сандық оңтайландыру әдістері сияқты әртүрлі алгоритмдерді қолдана алады.

Азот станциясы үшін басқару алгоритмдерін әзірлеу жүйенің ерекшелігін және басқарудың дәлдігі мен тұрақтылығына қойылатын талаптарды ескеруді талап етеді. Бұл процесте сізге көмектесетін бірнеше қадамдар:

Талаптарды талдау: азот станциясының басқару талаптарын, соның ішінде берілген ағын мен қысым диапазонын, қажетті басқару дәлдігін, уақыт шектеулерін және басқа факторларды мұқият зерттеңіз. Бұл әзірленіп жатқан алгоритмдерде ескерілуі керек өнімділік критерийлері мен шектеулерді анықтауға көмектеседі.

Жүйені модельдеу: оның динамикасын, қасиеттерін және компоненттердің өзара әрекеттесуін ескере отырып, азот станциясының математикалық моделін жасаңыз. Модель физикалық принциптерді, эмпирикалық деректерді немесе екі тәсілдің комбинациясын қолдана отырып жасалуы мүмкін. Модельдеу жүйенің мінез-құлқын түсінуге және әртүрлі басқару алгоритмдерінің тиімділігін бағалауға көмектеседі.

Басқару алгоритмін таңдау: жүйенің талаптары мен моделіне сүйене отырып, дұрыс басқару алгоритмін таңдаңыз. Бұл PID реттегіші, MPU, адаптивті басқару немесе бұрын айтылған басқа әдістер болуы мүмкін. Олардың берілген шектеулер шегінде басқарудың қажетті дәлдігі мен тұрақтылығына қол жеткізу қабілетіне назар аударыңыз.

Орнату және оңтайландыру: жүйенің ең жақсы өнімділігіне қол жеткізу үшін таңдалған басқару алгоритмінің параметрлерін реттеңіз. Бұл PID реттегішінің коэффициенттерін анықтауды, MPU-дағы салмақ коэффициенттерін анықтауды немесе жоба талаптарына сәйкес басқа параметрлерді орнатуды қамтуы мүмкін. Алгоритмдерді оңтайландыру оңтайлы басқару немесе сандық оңтайландыру әдістерін қолдану арқылы жүзеге асырылуы мүмкін.

Валидация және тестілеу: басқару алгоритмдерін жасағаннан кейін оларды нақты азот станциясында немесе модельдеу модельдерін қолдана

отырып валидациялау және сынау. Әр түрлі жағдайларда алгоритмдердің жұмысын бағалаңыз және олардың жоба талаптарына сәйкестігін тексеріңіз.

2.1 Функционалдық талаптар

Азот генераторы төмен және жоғары қысымды азот сақтайтын резервуарлардағы қысымды, сондай-ақ азот концентрациясын анықтайды және соленоидты клапандардың көмегімен азот өндіру процесін басқарады. Сонымен бірге ол жалпы пакеттік радио қызметі (GPRS) арқылы өлшенген деректерді және нақты уақыттағы жұмыс күйін бақылай алады. Жоғары қысымды азот генераторына қойылатын негізгі функционалдық талаптарға мыналар жатады:

- Жүйе 24 В тұрақты ток көзін пайдаланады;
- Ол нақты уақыт режимінде азот генераторының жұмыс күшін, азот тазалығын, азот қысымын және басқа күй мәндерін жинап, көрсете алады;
- Нақты уақыт режимінде екі мұнараның қысымы мен жұмыс күйін көрсету;
- Адсорбция уақыты, регенерация уақыты және азот қысымының жоғарғы шегі сияқты параметрлерді орнатуға және сақтауға болады, осылайша құрылғы келесі жолы іске қосылғанда орнатылған мәнге сәйкес жұмысын жалғастыра алады;
- Азот қысымы белгіленген қысымға жеткенде және азот концентрациясы талаптарға сай болғанда, шектен тыс қорғаныс функциясы азот генераторын автоматты түрде тоқтата алады. Қысым төмендесе немесе концентрация төмендесе, ол азот өндіру үшін азот генераторын автоматты түрде қайта іске қоса алады, осылайша жабдықтың энергия шығынын азайтады;
- RS485 және GPRS сияқты көптеген байланыс әдістері арқылы нақты уақыттағы беру өрісі деректерді өңдейді және бақылау терминалы жіберген нұсқауларды алады.

2.2 Басқару блогының архитектурасы мен схемасын жобалау

Азот станциясын орнату ағыны мен қысымын басқару блогының архитектурасы мен схемасын жобалау жобаның талаптары мен таңдалған компоненттерді ескеруді талап етеді.

Функционалдылықты анықтау: ағын мен қысымды басқару блогы орындауы керек негізгі функцияларды анықтаңыз. Бұл берілген қысымды орнатуды, газ ағынын бақылауды, шамадан тыс жүктемелерден қорғауды және басқа да қажетті функцияларды қамтуы мүмкін.

Азот станциясының шығыны мен қысымын басқару блогының функционалдығын анықтау жобаның талаптарына және осы блок орындауы керек нақты тапсырмаларға байланысты. Мұнда қосылуы мүмкін кейбір жалпы мүмкіндіктер берілген:

Берілген қысымды орнату: басқару блогы азот станциясының жүйесінде берілген қысымды орнатуға қабілетті болуы керек. Ол белгілі бір деңгейде ұстап тұру үшін газ қысымын басқара және реттей алуы керек.

Газ ағынын басқару: басқару блогы жүйеде газ ағынын басқара алуы керек. Бұл белгілі бір жағдайларда немесе процестің қажетті параметрлерінде газ ағынын бақылауды қамтуы мүмкін.

Шамадан тыс жүктемеден қорғау: басқару блогы шамадан тыс жүктемелерден қорғауды қамтамасыз етуі керек және жүйеде максималды қысымның немесе газ ағынының асып кетуіне жол бермеуі керек. Мұны шекті мәндер, дабылдар немесе басқа қауіпсіздік механизмдері арқылы жүзеге асыруға болады.

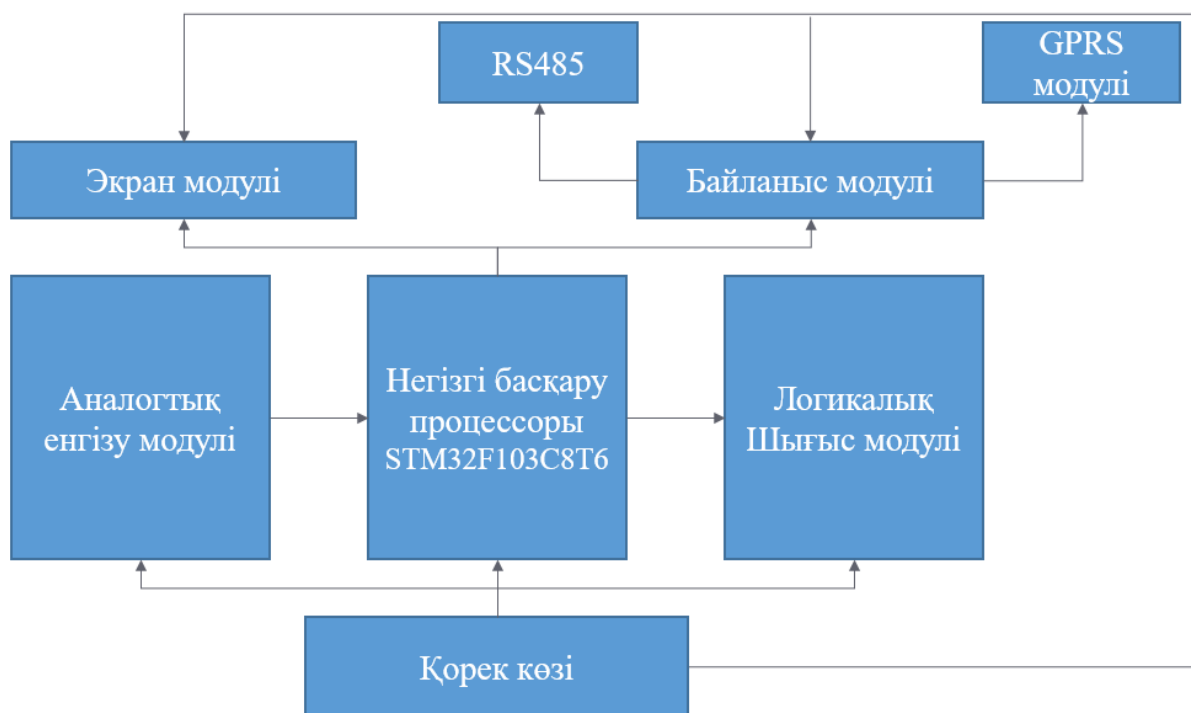
Деректерді бақылау және көрсету: басқару блогы қысым, газ ағыны және жүйенің басқа параметрлері туралы деректерді бақылау және көрсету функциясымен жабдықталуы мүмкін. Бұл операторға станцияның жұмысын бақылауға және қажетті параметрлерді орнатуға мүмкіндік береді.

Автоматты жұмыс режимі: басқару блогы автоматты режимде жұмыс істей алады, онда ол берілген параметрлерге сәйкес газдың қысымы мен шығынын дербес реттейді. Бұл жүйенің дербестігін қамтамасыз етеді және оның жұмысын жеңілдетеді.

Өзара әрекеттесу интерфейсі: басқару блогында жұмыс параметрлерін реттеуге, қажетті қысым мен газ ағынының мәндерін орнатуға және жүйенің күйі туралы ақпаратты көрсетуге мүмкіндік беретін оператордың өзара әрекеттесу интерфейсі болуы мүмкін.

Басқару жүйесінің аппараттық жүйесіне микроконтроллер, қуат модулі, аналогтық енгізу модулі, логикалық Шығыс модулі, экран модулі, байланыс модулі және сенсор кіреді.

Қуат модулі контроллерді, сенсорларды және әртүрлі модульдерді қуаттандыру үшін әртүрлі кернеулерді шығарады. STM32F103C8T6 негізгі басқару чипі сенсор деректерін алады және оны аналогтық енгізу модулі арқылы өңдейді. Шығыс модулі сенсор деректері мен басқару логикасына сәйкес басқарылады; экран модулі жүйенің күйін нақты уақытта көрсету үшін сериялық порт арқылы негізгі басқару чипіне қосылады және жүйенің параметрлерін өзгерте алады. Байланыс модуліне RS485 модулі және GPRS модулі кіреді. Оны сәйкесінше жоғарғы компьютерге қосуға болады және GPRS модулі жүйенің күйін нақты уақыт режимінде бақылайды және қашықтан бақылау үшін жұмыс параметрлерін жоғарғы компьютерге жібереді.



Сурет 2.1 – Басқару блогының логикасы

Микроконтроллер негізінде азот станциясының шығыны мен қысымын басқару блогының алгоритмін жасау үшін келесі қадамдарды орындау қажет:

- 1) Микроконтроллерді инициализациялау:
 - Қысым мен ағын датчиктерін қосу және клапандар немесе сорғылар сияқты активаторларды басқару үшін Енгізу-шығару порттарын орнату.
 - Уақыт аралықтарын өлшеу және басқару сигналдарын жасау үшін таймерлерді орнату.
- 2) Сенсорларды қосу:
 - Қысым мен ағын датчиктерін микроконтроллердің тиісті кірістеріне қосу.
 - Датчиктерден аналогтық сигналдарды оқу үшін аналогтық кірісті орнату.
- 3) Датчиктерден деректерді оқу:
 - Қосылған датчиктерден қысым мен ағынның мәндерін мезгіл-мезгіл оқу.
 - Аналогтық мәндерді сандық түрге түрлендіру.
- 4) Актуаторларды басқару:
 - Өлшенген қысым мен ағын деректері негізінде қажетті басқару мәндерін есептеу.
 - Берілген қысым мен ағынды ұстап тұру үшін актуаторлар (клапандар, сорғылар) үшін басқару сигналдарын генерациялау.
 - Микроконтроллердің тиісті порттарына басқару сигналдарын беру.
- 5) Тексеру және түзету:

- Ағымдағы қысым мен ағын мәндерін бақылау.
 - Өлшенген мәндердің берілген шектерде екенін немесе Басқару сигналдарын түзетуді қажет ететінін тексеріңіз.
 - Қажет болса, берілген параметрлерді сақтау үшін басқару сигналдарын түзету.
- б) Циклдік қайталау:
- Бүкіл процесс берілген жиілікпен циклдік режимде орындалуы керек.
 - Әр циклде деректерді оқу, актуаторларды басқару және жүйенің күйін тексеру жүреді. Айтылған алгоритм негізінде жазылған код А қосымшасында көрсетілген.

2.2.1 Микроконтроллер

STM32-STMicroelectronics шығарған 32 биттік микроконтроллерлер тобы. STM32 чиптері Cortex-M7F, Cortex-M4F, Cortex-M3, Cortex-M0+ немесе Cortex-M0 сияқты әрқайсысы бірдей 32 биттік ARM ядросын қолданатын серияларға топтастырылған. Әрбір микроконтроллер процессор ядросынан, статикалық жедел жадтан, флэш-жадтан, жөндеуден және әртүрлі перифериялық интерфейстерден тұрады.

STM32 микроконтроллерлері-STMicroelectronics әзірлеген микроконтроллерлер тобы. Олар ARM Cortex-M архитектурасына негізделген және әртүрлі қолданбалар үшін функционалдылық пен өнімділіктің кең ауқымын ұсынады.

STM32 бірнеше микроконтроллерлер сериясын ұсынады, соның ішінде STM32F0, STM32F1, STM32F2, STM32F3, STM32F4, STM32L0, STM32L1, STM32L4, STM32H7 және басқалары. Әр серия ерекше сипаттамаларға ие және әр түрлі қосымшаларға арналған.

Кесте 2.1 – STM32 сеиялары

STM32 сериясы	ARM CPU ядросы
L5	Cortex-M33
F7, H7	Cortex-M7F
F4, F3, L4, J	Cortex-M4F
F2, F1, L1, W, J	Cortex-M3

L0, J	Cortex-M0+
F0, J	Cortex-M0

Кесте 2.2 – STM32 микроконтроллер платформалары

Микроконтроллер платформасы	Топқа кіретін сериялардың атаулары
Жоғары өнімділік	F2, F4, F7, H7
Кең қолдану	F0, G0, F1, F3, G4
Өте төмен тұтыну	L0, L1, L4, L4+, L5
Сымсыз	WB, WL

STM32 микроконтроллерлерінде UART, SPI, I2C, USB, Ethernet және басқалары сияқты перифериялық құрылғылармен жұмыс істеудің қуатты мүмкіндіктері бар. Олар әртүрлі интерфейстер мен байланыс протоколдарын қолдайды, бұл оларды әртүрлі жобаларды әзірлеуге ыңғайлы етеді.

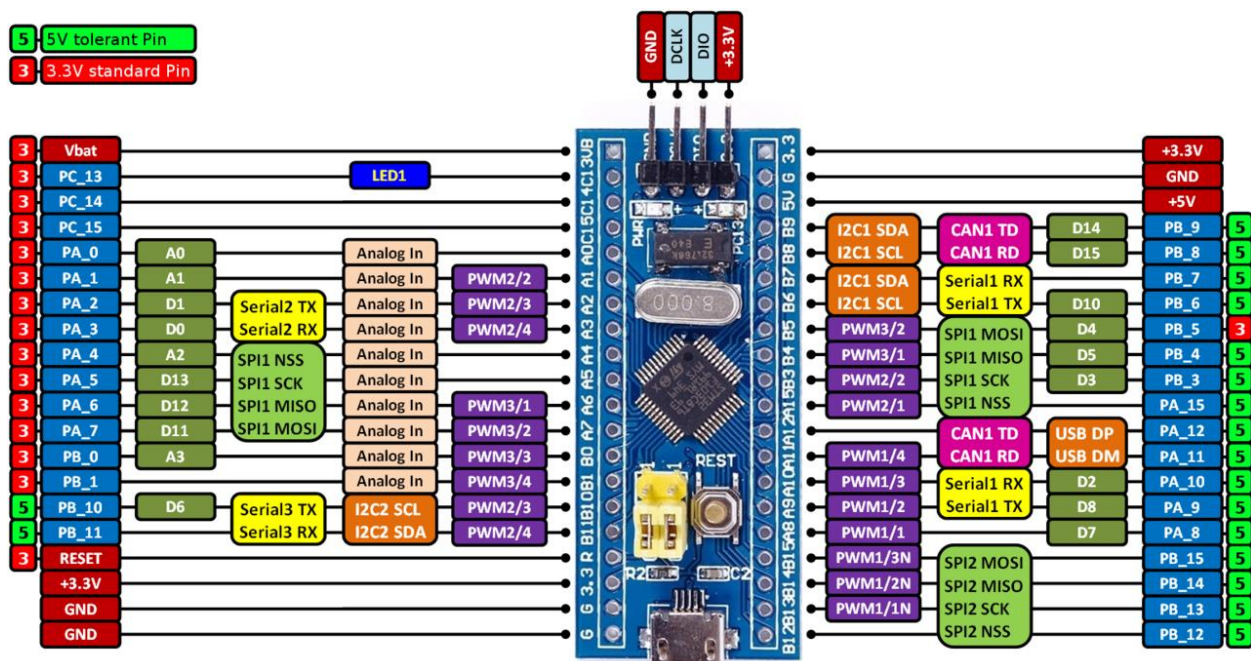
STM32 сонымен қатар stm32cubeMX, Keil MDK, STM32CubeIDE және басқалары сияқты әртүрлі әзірлеу құралдары мен бағдарламалау орталарын ұсынады, бұл микроконтроллерлер үшін қолданбаларды әзірлеуді және жөндеуді жеңілдетеді.

Кесте 2.3 – Жоғары өнімді STM32 микроконтроллерлері

Серия атауы	ARM ядросы	Макс. ядро жиілігі, МГц	CoreMark	Flash жады (кБайт)	RAM көлемі (кБайт)	Ерекшеліктері
F2 ^[6]	Cortex-M3	120	398	128-1024	до 128	Ethernet MAC, USB 2.0 HS OTG, камера интерфейсі, аппараттық шифрлауды қолдау және сыртқы жад интерфейсі

F4 ^[7]	Cortex-M4F	180	608	64-2056	до 384	Chrom-ART Accelerator™, dual Quad-SPI, SDRAM interface, Ethernet MAC, camera interface
F7 ^[8]	Cortex-M7F	216	1082	64-2056	256-512	AXI және multi-ahb шиналар, L1 кэш, Double precision FPU (кейбір модельдерде), Chrom-art үдеткіш (кейбір модельдерде). F7 pin-to-pin сериясы F4 сериясымен үйлесімді.
H7 ^[9]	Cortex-M7F, Cortex-M4F (Dual-core line)	480, 240	3224	128 — 2048	до 1,4 МБайт	TFT-LCD, JPEG codec, Ethernet, Chrom-GRC™, optional embedded SMPS, dual Octo-SPI with on-the-fly decryption
	Cortex-M7F(Single-core line)	550				

STM32 микроконтроллерлері өзінің танымалдылығымен, кең құжаттамасымен және белсенді әзірлеушілер қауымдастығымен автоматтандыру, өнеркәсіп, энергетика, медициналық техника, робототехника және т.б. сияқты көптеген салаларда кеңінен қолданылады. Олар көптеген ендірілген жүйелер үшін сенімді және икемді шешім болып табылады.



Сурет 2.2 – STM32F103C8T6 микроконтроллері

STMicroelectronics компаниясының STM32F103C8T6 микроконтроллері әртүрлі басқару жүйелері мен микроконтроллер қолданбалары үшін танымал және кеңінен қолданылатын құрылғы болып табылады. Оның ерекшеліктері туралы кейбір ақпарат:

Архитектура: STM32F103C8T6 ARM Cortex-M3 ядросына негізделген, ол жақсы өнімділік пен энергия тиімділігін қамтамасыз етеді. Ол 32 биттік есептеулерді қолдайды және кірістірілген қалқымалы нүкте қолдауына ие.

Жұмыс жиілігі: Микроконтроллер 72 МГц-ке дейін жұмыс істей алады, бұл басқару жүйесінің көптеген қосымшалары үшін жеткілікті өнімділікті қамтамасыз етеді.

Жад: STM32F103C8T6 бағдарламалық кодты сақтауға арналған 64 КБ кірістірілген Flash жады және деректерді уақытша сақтауға арналған 20 КБ жедел жады (SRAM) бар. Ол сонымен қатар SPI немесе I2C сияқты интерфейстер арқылы сыртқы жадты қолдайды.

Перифериялық құрылғылар: Микроконтроллерде UART, SPI, I2C, таймерлер, аналогтық және сандық түрлендіргіштер сияқты әртүрлі перифериялық құрылғылар бар. Бұл әртүрлі сенсорларды, актуаторларды және басқа құрылғыларды микроконтроллерге қосуға мүмкіндік береді.

Нақты уақыттағы Операциялық жүйе (RTOS) және кітапханалар: STMicroelectronics STM32F103C8T6 микроконтроллерімен жұмыс істеуге арналған кітапханалар мен драйверлер жиынтығын ұсынады. Ол сондай-ақ FreeRTOS және cmsis-RTOS сияқты танымал RTOS-пен үйлесімді, бұл нақты уақыттағы жүйелерді әзірлеуді жеңілдетеді.

Интеграцияланған күйін келтіру: Микроконтроллерде сыртқы құралдарды қажет етпестен қолданбаларды күйін келтіруді және

бағдарламалауды жеңілдететін кіріктірілген күйін келтіргіш пен бағдарламашы бар.

Төмен қуат тұтыну: STM32F103C8T6 жүйенің қуат тұтынуын оңтайландыруға және батареяның қызмет ету мерзімін ұзартуға мүмкіндік беретін әртүрлі қуат үнемдеу режимдерін қолдайды.

2.2.2 Сенсорлар

Азот станциясындағы ағын мен қысымды басқару үшін әртүрлі датчиктерді қолдануға болады. Міне, осындай жүйелерде пайдалы болуы мүмкін сенсорлардың бірнеше түрі:

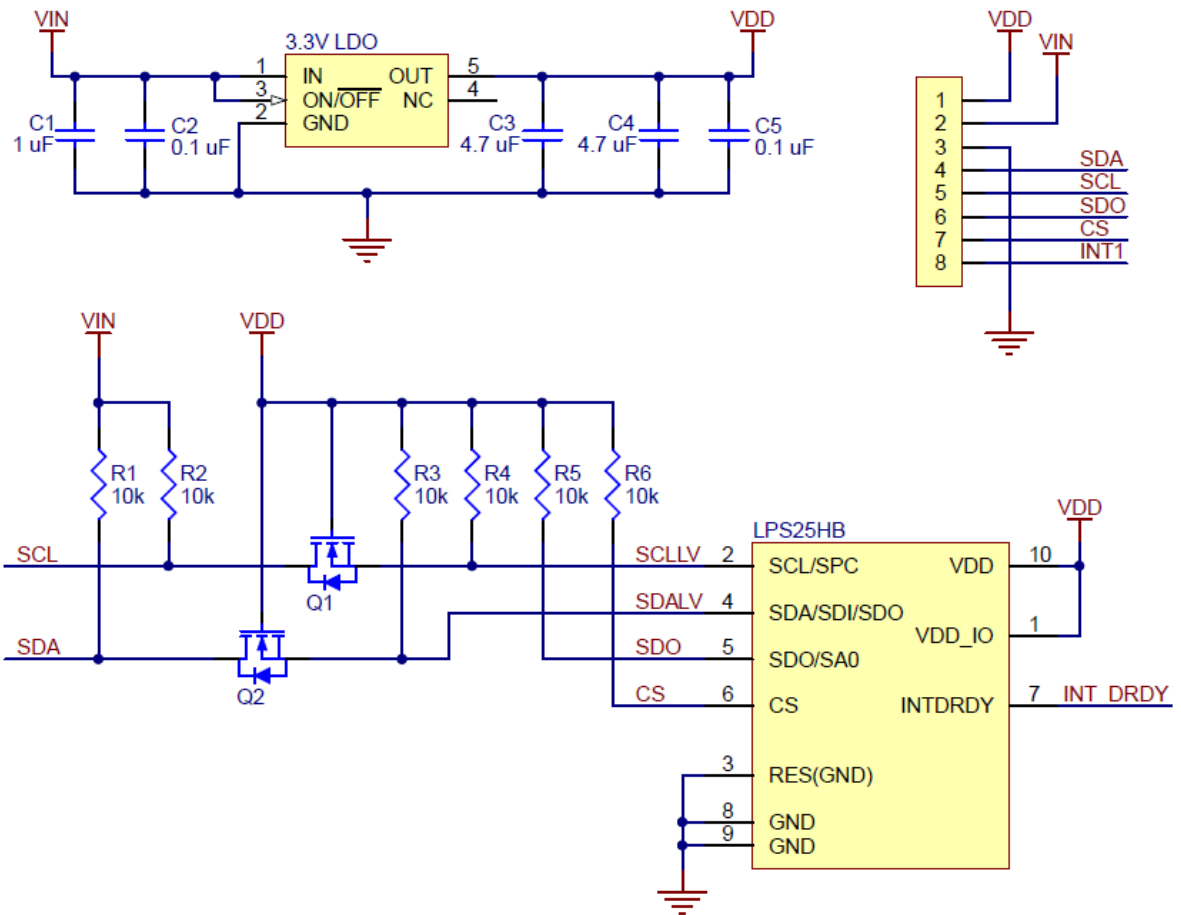
Қысым датчиктері: қысым датчиктері азот станциясының жүйесіндегі қысымды өлшеу үшін қолданылады. Олар аналогтық немесе сандық болуы мүмкін және жүйеде ағымдағы қысым туралы ақпарат береді. Мысал ретінде пьезорезистивті элементтерге негізделген қысым датчиктерін немесе мембранаға негізделген датчиктерді келтіруге болады.

Біз қысым датчигі LPS25HB STM32F103C8T6 тақтасына қосамыз. Бұл сенсор MEMS технологиясын қолдана отырып жасалған.

Бұл қысым сенсоры I2C интерфейсімен қатар SPI интерфейсін қолдана отырып қосыла алады. Бірақ біз қосылымды әдеттегі I2C арқылы қолданамыз.

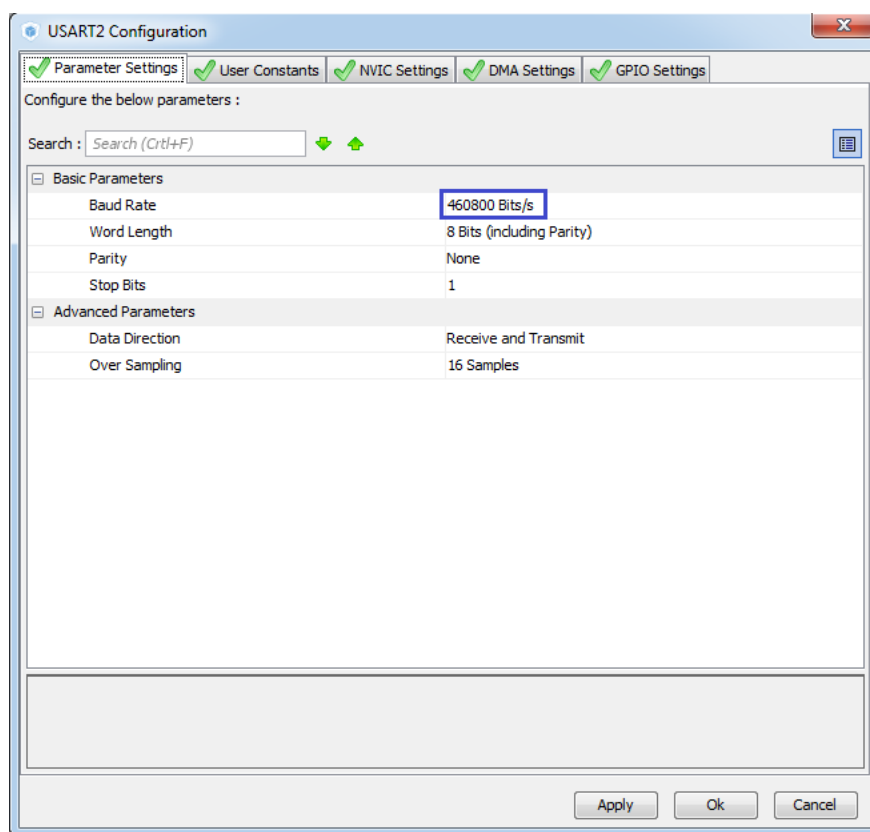
Сенсордың келесі сипаттамалары бар:

- Қысым көрсеткіштерінің диапазоны 260 – 1260 гПа (гектопаскаль);
- Температура көрсеткіштерінің диапазоны -30 - +105 анис
- Қысым көрсеткіштері үшін 24 бит және температура көрсеткіштері үшін 16 бит ажыратымдылығы;
- Қысым үшін 4096 LSB/hPa (бір гектопаскальға бит) сезімталдығы;
- Температура үшін 480 LSB / °C.
- Шу деңгейінің орташа квадраттық мәні (RMS noise) – кіріктірілген сүзгісі жоқ 0,03 гПа және кіріктірілген сүзгісі бар 0,01;
- +25 анис - ±0,1 гПа температурада нөлден ауытқу.
- Температура көрсеткіштерінің ауытқуы ±2 °C.
- Өлшеу жиілігі 1-25 Гц.
- Lis3mdl.c файлдары және lis3mdl.h сәйкесінше lps25hb.c және lps25hb.h.m. деп өзгертіледі.



Сурет 2.3 – LPS25HB қысым датчигінің сұлбасы

CubeMX жобасын іске қосамыз, USART жылдамдығы әзірге біз 115200 bps орнатамыз.



Сурет 2.4 – CubeMX платформасының USART конфигурациясы

Жобаны генерациялаймыз, бағдарламалаушыны автоматты қалпына келтіруге орнатып, lps25hb.c файлын қосамыз. Жобаны құрастырамыз.

Файлдардың атын өзгертуге байланысты бізде қателер болады. Бұл қателерді жою үшін біз тақырып файлдарын main.c және lps25hb.c ішіне қосуды түзетеміз.

```
#include "stm32f4xx_hal.h"
#include "lps25hb.h"
#include "lps25hb.h"
```

Таймерді үзу өңдегішінде деректерді оқу және оны USART-қа жіберу үшін функцияға шақыруға түсініктеме беріңіз.

```
//Mag_Read();
HAL_UART_Receive_IT(&huart2,(uint8_t*)str,8);
```

Кодтың толық нұсқасы Б қосымшасында көрсетілген.

Ағын датчиктері: ағын датчиктері жүйе арқылы өтетін азот мөлшерін өлшейді. Олар жаппай, көлемді немесе термиялық ағын датчиктері болуы мүмкін. Олар азот ағынының жылдамдығы туралы ақпарат береді және ағынды бақылау және жүйені тұрақтандыру үшін пайдаланылуы мүмкін.

Деңгей датчиктері: деңгей датчиктері резервуардағы немесе сыйымдылықтағы азот деңгейін бақылау үшін пайдалы болуы мүмкін. Олар ультрадыбыстық, сыйымдылықты өлшеу немесе гидростатикалық қысымға негізделген қысым датчиктері сияқты әртүрлі өлшеу принциптеріне негізделуі мүмкін.

Температура датчиктері: температура датчиктерін азот станциясы жүйесіндегі температураны бақылау үшін пайдалануға болады. Олар азоттың немесе жүйенің басқа элементтерінің температурасын бақылауға мүмкіндік береді, бұл станцияның қауіпсіздігі мен тиімділігін қамтамасыз ету үшін маңызды болуы мүмкін.

Төмен қысымды азот сенсоры: бұл сенсор азот қысымын төмен диапазонда өлшеуге арналған. Ол әдетте ауа немесе газ қысымын бақылауға, вакуумдық жүйелерге және төмен қысымды дәл өлшеуді қажет ететін басқа қолданбаларға қатысты жүйелерде қолданылады.

Жоғары қысымды азот сенсоры: бұл сенсор жоғары диапазондағы азот қысымын өлшеуге арналған. Ол әдетте гидравликалық жүйелер, компрессорлар және басқа да осыған ұқсас қосымшалар сияқты жоғары қысымды бақылауды қажет ететін жүйелерде қолданылады.

Азот концентрациясының сенсоры: бұл сенсор қоршаған ортадағы немесе жүйе ішіндегі азот концентрациясын өлшеуге қызмет етеді. Оны ауа сапасын бақылау жүйелерінде, ауа сүзгілерінде, сондай-ақ азот концентрациясының деңгейін анықтау маңызды өндірістік процестерде қолдануға болады.

Кернеу және Ток сенсоры: бұл сенсор жүйедегі кернеу мен токты өлшеуге арналған. Оны қуат кернеуі, тұтыну тогы, электр жүктемелері және басқа да осыған ұқсас қосымшалар сияқты электрлік параметрлерді бақылау үшін пайдалануға болады.

2.2.3 Аналогты анықтау модулінің сигнал жинау схемасы

Аналогты анықтау модулінің сигналын жинау бірнеше қадамдарды қамтуы мүмкін. Міне, олардың кейбіреулері:

Сигналды қабылдау: аналогтық сигнал әдетте антеннадан немесе басқа сенсордан алынады және аналогты анықтау Модулінің кірісіне беріледі. Бұл сигнал қосымшаға байланысты радиожілік, аудио сигнал немесе басқа сигнал болуы мүмкін.

Күшейту: алынған сигнал өте әлсіз болуы мүмкін, сондықтан оның қуатын немесе сигнал деңгейін күшейту үшін анықтау модулінде күшейткіш жиі қолданылады. Күшейткіш жүйенің талаптарына байланысты аналогтық немесе сандық болуы мүмкін.

Сүзу: шуды немесе қажетсіз жиіліктерді жою үшін сигналды сүзу қажет болуы мүмкін. Сүзгілерді шу деңгейін төмендету және сигнал/шу қатынасын жақсарту үшін қолдануға болады, бұл анықтау дәлдігін арттыруға көмектеседі.

Демодуляция: егер сигнал модуляцияланған болса, мысалы, амплитудалық модуляцияны (АМ) немесе жиілікті модуляцияны (FM) қолдана отырып, Аналогты анықтау модулінде модуляцияланған сигналдан негізгі сигналды алу үшін демодулятор қолданылуы мүмкін.

Өңдеу және талдау: алынған аналогтық сигналды бізді қызықтыратын оқиғаның немесе объектінің бар-жоғын немесе сипаттамаларын анықтау үшін одан әрі өңдеуге және талдауға болады. Бұл процесте сигналдарды өңдеудің әртүрлі әдістерін қолдануға болады, мысалы, сүзу, корреляция, спектрлік талдау және т. б.

Шешім және нәтижелерді беру: өңделген сигналды талдау негізінде оқиғаны анықтау немесе жіктеу туралы шешім қабылданады. Нәтижелер жүйенің немесе қосымшаның талаптарына байланысты аналогтық сигнал, сандық сигнал немесе басқа формат түрінде берілуі мүмкін.

Азот станциясы қондырғысының шығыны мен қысымын басқару блогының Аналогты анықтау Модулінің сигнал жинау схемасы келесі компоненттерді қамтуы мүмкін:

Қысым датчиктері: ағымдағы қысымды өлшеу үшін азот станциясы жүйесінің әртүрлі нүктелерінде қысым датчиктері орнатылады. Датчиктерде әдетте өлшенген қысымға пропорционалды шығыс кернеуі немесе ток болады.

Ағын датчиктері: жүйе арқылы өтетін азот мөлшерін өлшейтін ағын датчиктері орнатылады. Ағын датчиктерінде газдың ағымдағы шығынын білдіретін аналогтық Шығыс болуы мүмкін.

Күшейткіштер: қысым мен ағын датчиктерінен әлсіз сигналдарды күшейту үшін күшейткіштерді қолдануға болады. Күшейткіштер сигналдардың амплитудасын арттырады, әрі қарай өңдеу үшін олардың жеткілікті қуатын қамтамасыз етеді.

Сүзгілер: өлшеу дәлдігіне әсер етуі мүмкін Шу мен кедергілерді азайту үшін сүзгілерді қолдануға болады. Сүзгілер қажетсіз жиілік компоненттерін басуға және бізді қызықтыратын сигналдарды ғана сақтауға мүмкіндік береді.

Аналогты-цифрлық түрлендіргіш (ADC): ADC қысым мен ағын сенсорларынан аналогтық сигналдарды сандық форматқа түрлендіреді. Сандық деректерді одан әрі микроконтроллер немесе басқа есептеу құрылғысы өңдеп, талдай алады.

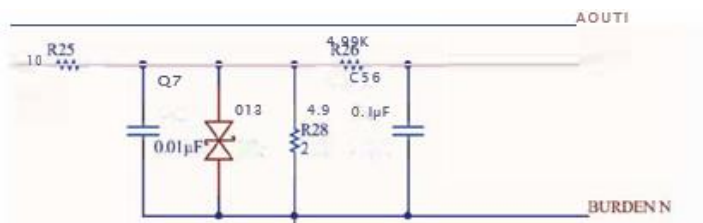
Микроконтроллер: Микроконтроллер жиналған деректерді өңдейді, басқару алгоритмдерін қолданады және берілген параметрлерге сәйкес шешім қабылдайды. Ол сондай-ақ жүйедегі ағын мен қысымды реттеу үшін клапандарды және басқа құрылғыларды басқара алады.

Шығару құрылғылары: өңдеу және басқару нәтижелерін дисплей немесе сигнал индикаторлары сияқты Шығыс құрылғыларында көрсетуге болады. Бұл жүйе операторына ағын мен қысымның ағымдағы күйі туралы ақпарат алуға мүмкіндік береді.

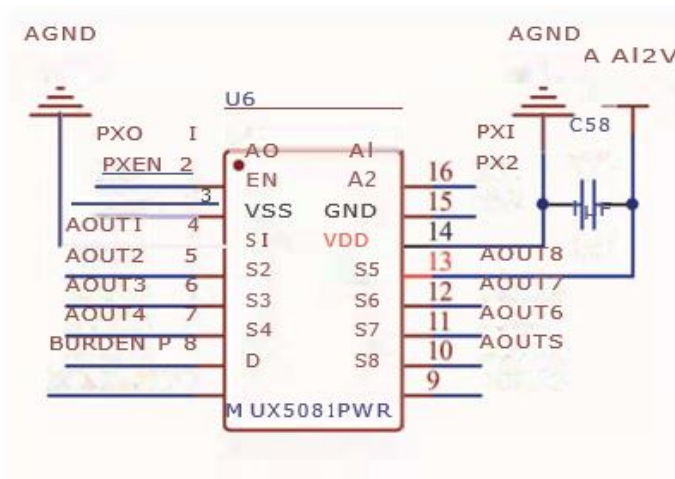
Азот станциясының шығыны мен қысымын басқару блогындағы Аналогты анықтау Модулінің сигнал жинау схемасы жобаның нақты талаптары мен орнату сипаттамаларын ескере отырып жасалуы мүмкін.

Сенсор сигналы микроконтроллермен тікелей қабылданбайтын және өңделмейтін 4-20 мА ток сигналы болғандықтан, ток сигналы сәйкес кернеу сигналына айналады. Түрлендіру схемасы 2.4 – суретте көрсетілген. Ток

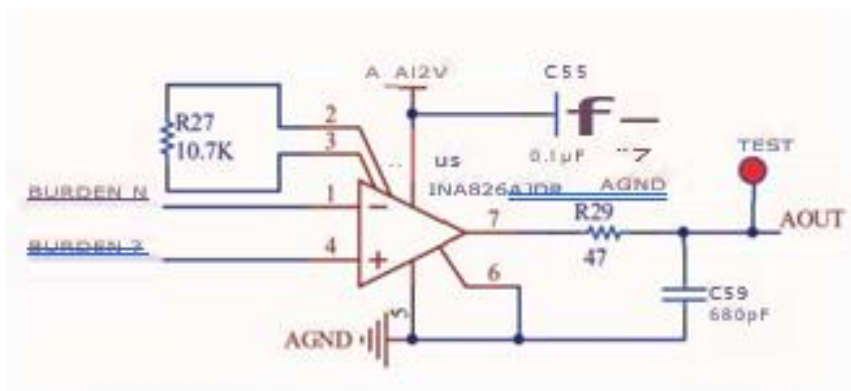
сигналын 0.0996–0.498 в кернеу сигналына түрлендіретін төмен температуралы дрейфті және жоғары дәлдіктегі іріктеу резисторын таңдау.



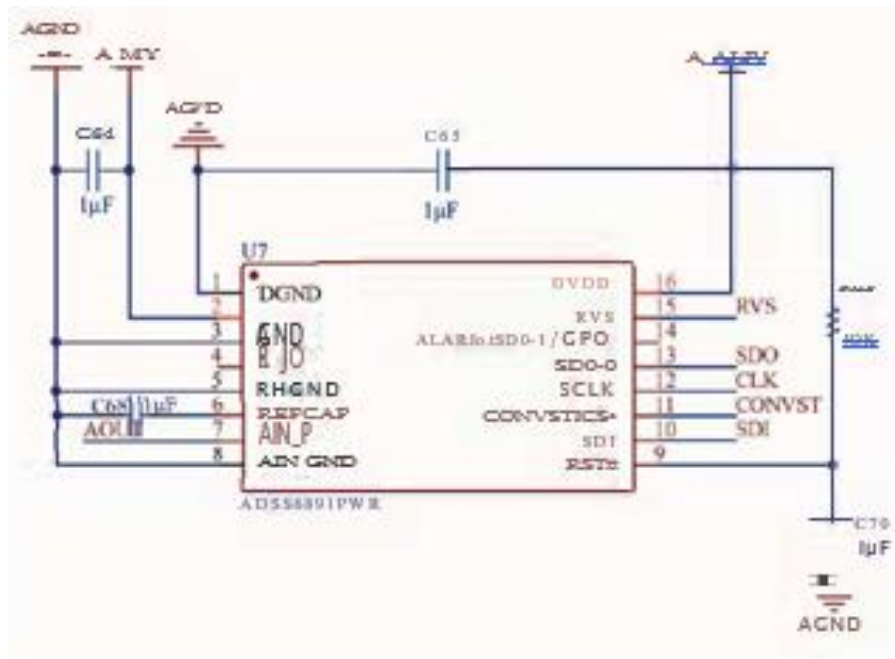
Сурет 2.5 – Ағымдағы сигналды іріктеу схемасы



Сурет 2.6 – 8 жолақты мультиплексордың схемасы



Сурет 2.7 – INA826AIDR өлшеу күшейткішінің схемасы



Сурет 2.8 – AD түрлендіру тізбегінің схемалық диаграммасы

3 Бағдарламалық бөлім

CubeMX-STMicroelectronics компаниясы STM32 микроконтроллерлерінде жобалар жасау үшін ұсынатын бағдарламалық жасақтаманы әзірлеу құралы. Ол микроконтроллерді конфигурациялауға, перифериялық модульдерді таңдауға және олардың арасындағы байланыстарды реттеуге арналған графикалық пайдаланушы интерфейсін (GUI) ұсынады.

CubeMX әзірлеушілерге STM32 микроконтроллерін конфигурациялауға, қажетті перифериялық модульдерді таңдауға, олардың параметрлерін реттеуге және таңдалған параметрлерге негізделген бастапқы кодты автоматты түрде жасауға мүмкіндік береді. Бұл STM32 микроконтроллерлерімен жұмысты бастауды едәуір жеңілдетеді және даму процесін жылдамдатады.

CubeMX-те сағат жиілігін таңдау, GPIO (жалпы енгізу-шығару мақсаты), аналогтық және сандық интерфейстердің конфигурациясы (мысалы, UART, SPI, I2C), үзілістерді орнату, әртүрлі интеграцияланған кітапханалар үшін бастапқы кодты құру (мысалы, HAL, LL, CMSIS) сияқты әртүрлі мүмкіндіктер бар., және генерация Keil MDK, iar Embedded Workbench және басқалары сияқты әртүрлі интеграцияланған даму орталарына (ide) арналған жобалар.

CubeMX сонымен қатар stm32cubeide сияқты басқа әзірлеу құралдарымен біріктірілген, бұл STM32 микроконтроллерлерінде жобаның басынан аяғына дейін бірыңғай жұмыс процесін қамтамасыз етеді.



Сурет – 3.1 STM32CubeMX платформасы

STMicroelectronics компаниясының STM32F103C8T6 микроконтроллері әртүрлі басқару жүйелері мен микроконтроллер қолданбалары үшін танымал және кеңінен қолданылатын құрылғы болып табылады. Оның ерекшеліктері туралы кейбір ақпарат:

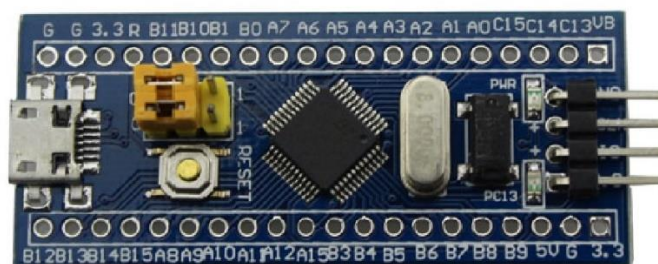
Архитектура: STM32F103C8T6 ARM Cortex-M3 ядросына негізделген, ол жақсы өнімділік пен энергия тиімділігін қамтамасыз етеді. Ол 32 биттік есептеулерді қолдайды және кірістірілген қалқымалы нүкте қолдауына ие.

Жұмыс жиілігі: Микроконтроллер 72 МГц-ке дейін жұмыс істей алады, бұл басқару жүйесінің көптеген қосымшалары үшін жеткілікті өнімділікті қамтамасыз етеді.

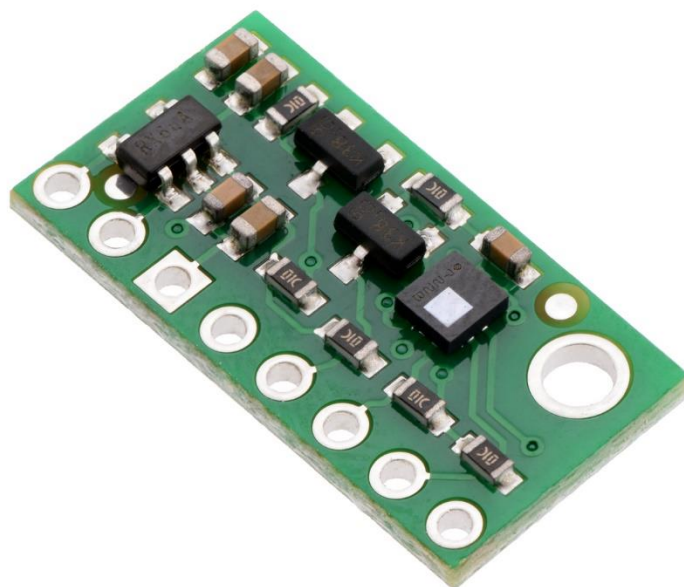
Жад: STM32F103C8T6 бағдарламалық кодты сақтауға арналған 64 КБ кірістірілген Flash жады және деректерді уақытша сақтауға арналған 20 КБ жедел жады (SRAM) бар. Ол сонымен қатар SPI немесе I2C сияқты интерфейстер арқылы сыртқы жадты қолдайды.

Перифериялық құрылғылар: Микроконтроллерде UART, SPI, I2C, таймерлер, аналогтық және сандық түрлендіргіштер сияқты әртүрлі перифериялық құрылғылар бар. Бұл әртүрлі сенсорларды, актуаторларды және басқа құрылғыларды микроконтроллерге қосуға мүмкіндік береді.

Нақты уақыттағы Операциялық жүйе (RTOS) және кітапханалар: STMicroelectronics STM32F103C8T6 микроконтроллерімен жұмыс істеуге арналған кітапханалар мен драйверлер жиынтығын ұсынады. Ол сондай-ақ FreeRTOS және cmsis-RTOS сияқты танымал RTOS-пен үйлесімді, бұл нақты уақыттағы жүйелерді әзірлеуді жеңілдетеді.



Сурет – 3.2 Микроконтроллер (STM32F103C8T6)



Сурет – 3.3 Қысым датчигі (LPS25HB)

LPS25HB-бұл STMicroelectronics компаниясы жасаған абсолютті қысым мен температура сенсоры. STM32F103C8T6-сол компанияның STM32 отбасынан шыққан микроконтроллер.

Азот станциясы үшін STM32F103C8T6 микроконтроллері бар LPS25HB сенсорын пайдалану үшін сізге мыналар қажет:

Байланыс: LPS25HB құрылғысын I2C немесе SPI шинасы арқылы микроконтроллерге қосыңыз. Қосылым дұрыс жасалғанына көз жеткізіңіз және қосылу үшін микроконтроллердегі дұрыс сымдарды пайдаланыңыз.

Кітапханалар мен драйверлер: STM32F103C8T6 микроконтроллерімен үйлесімді LPS25HB үшін сәйкес кітапхананы немесе драйверді табыңыз немесе жасаңыз. Бұл сенсормен өзара әрекеттесуге, қысым мен температура туралы мәліметтерді оқуға мүмкіндік береді.

Кодтау: таңдалған кітапхананы немесе драйверді пайдаланып, сенсорды инициализациялайтын, деректерді оқитын және азот станциясының талаптарына сәйкес қажетті әрекеттерді орындайтын микроконтроллерге арналған бағдарламалық кодты жазыңыз.

Интеграция: кодты азот станциясының негізгі жобасына біріктіріңіз. Микроконтроллердің басқа компоненттермен және басқару жүйесімен дұрыс байланысқанына көз жеткізіңіз.

STM32F103C8T6 микроконтроллеріндегі азоттың көлемдік шығынын өлшеу үшін UART, I2C немесе SPI сияқты сәйкес интерфейсі бар көлемді шығын өлшегішті пайдалануға болады. Мұндай баяндаманы жасау үшін сізге сәйкес сипаттамалары бар ағын сенсоры және сол сенсормен жұмыс істеу үшін кітапхана немесе драйвер қажет.

STM32F103C8T6 көлемді азот шығын өлшегішін қосу және пайдалану процедурасы келесідей болуы мүмкін:

Сенсорды таңдау: нарықта қол жетімді көлемді шығын өлшегіштердің әртүрлі модельдерін зерттеп, азот шығынын өлшеу үшін дұрыс сенсорды таңдаңыз. Сенсордың UART, I2C немесе SPI сияқты STM32F103C8T6 қолдайтын тиісті интерфейсі бар екеніне көз жеткізіңіз.

Байланыс: таңдалған көлемді шығын өлшегішті сенсорлық құжаттамаға сәйкес және сәйкес интерфейсті пайдаланып STM32F103C8T6 микроконтроллеріне қосыңыз. Бұл әдетте қуат, жер (GND) және тиісті байланыс желілерін қосуды қамтиды.

Кітапханалар мен драйверлер: таңдалған көлемді шығын өлшегіш үшін STM32F103C8T6 микроконтроллерімен үйлесімді кітапханалар немесе драйверлер бар-жоғын тексеріңіз. Егер мұндай кітапханалар болса, орнату және пайдалану нұсқауларын орындаңыз.

Кодтау: ағын сенсорын инициализациялайтын, азот шығыны туралы деректерді оқитын және көлемдік ағынды анықтау үшін қажетті есептеулерді орындайтын микроконтроллерге арналған бағдарламалық кодты жазыңыз. Сенсормен өзара әрекеттесу және ағымдағы деректерді алу үшін кітапхана немесе драйвер ұсынған мүмкіндіктер мен әдістерді пайдаланыңыз.

Калибрлеу және конфигурация: калибрлеу және конфигурация туралы ақпарат алу үшін таңдалған көлемді шығын өлшегіштің құжаттамасын тексеріңіз. Сенсорды калибрлеу немесе оның параметрлерін қажеттіліктеріңізге сәйкес реттеу қажет болуы мүмкін.

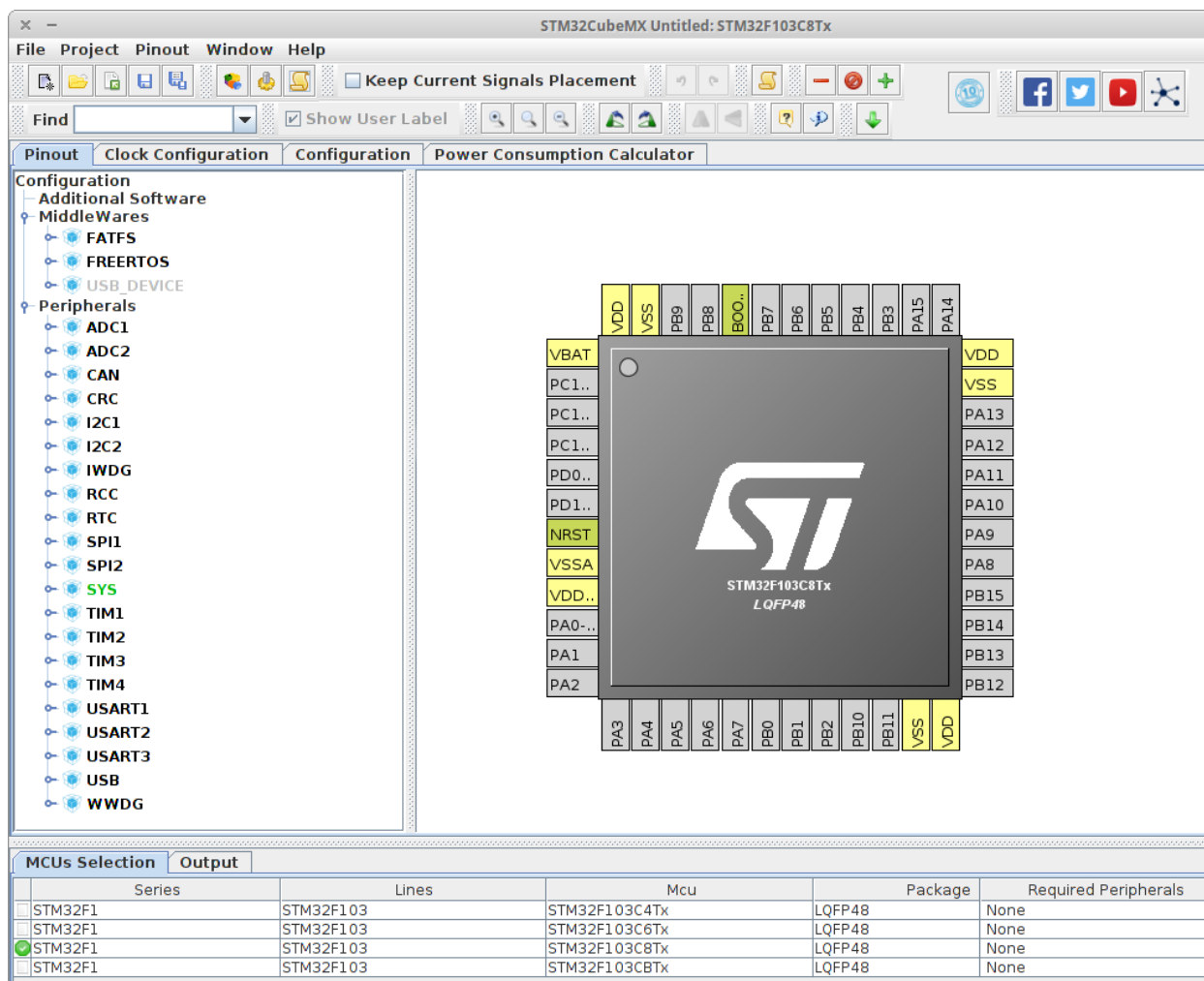
Интеграция: кодты азот станциясының негізгі жобасына біріктіріңіз және азоттың көлемдік шығыны туралы деректерді өндеуді сіздің қажеттіліктеріңізге сәйкес реттеңіз.



Сурет 3.4 – Газдың көлемдік шығын датчигі

3.1 Басқару блогын бағдарламалау

STM32F103C8T6 микроконтроллері арқылы азот станциясындағы клапандарды басқару үшін тиісті GPIO түйреуіштерін Шығыс режимінде конфигурациялау және клапандарды ашу және жабу үшін басқару қажет.



Сурет – 3.5 STM32CubeMX платформасында STM32F103C8T6 процессоры

STM32F103C8T6 микроконтроллері арқылы азот станциясындағы шығын мен қысымды басқару үшін бағдарламаны кезең-кезеңімен талданды.

1 Клапандар мен сенсорлар үшін GPIO орнату бойынша:

- Клапандар мен сенсорларға арналған GPIO инициализация функциясын қосу.
- Клапан түйреуіштерін орнату,
- Клапандар қосылған түйреуіштерді орнату,
- Брекетпен шығу режимін қосу,
- Pin жылдамдығын орнату,
- Порт пен түйреуіштерді инициализациялау,
- Ағын және қысым датчиктері үшін түйреуіштерді орнату,

- Ағын мен қысым датчиктері қосылған түйреуіштерге бекіту,
- Аналогтық кіріс режимін қосу,
- Порт пен түйреуіштерді инициализациялау.

```
#include "stm32f10x.h"

void GPIO_Init(void)
{
    GPIO_InitTypeDef GPIO_InitStructure;

    GPIO_InitStructure.GPIO_Pin = GPIO_Pin_0 | GPIO_Pin_1;
    GPIO_InitStructure.GPIO_Mode = GPIO_Mode_Out_PP;
    GPIO_InitStructure.GPIO_Speed = GPIO_Speed_50MHz;
    GPIO_Init(GPIOA, &GPIO_InitStructure);

    GPIO_InitStructure.GPIO_Pin = GPIO_Pin_2 | GPIO_Pin_3;
    GPIO_InitStructure.GPIO_Mode = GPIO_Mode_AIN;
    GPIO_Init(GPIOA, &GPIO_InitStructure);
}
```

Сурет – 3.6 Клапандар мен сенсорлар үшін GPIO орнатылуы.

2 ЦАТ орнату (ADC) бойынша:

- ADC инициализация функциясы (ADC),
- ADC сағатын қосу,
- ADC1 орнату,
- ADC параметрлерімен құрылымды инициализациялау,
- Арналарды сканерлеуді өшіру,
- Үздіксіз түрлендіруді қосу,
- Деректерді оңға туралау,
- Түрлендіруге арналған арналар саны енгізу,
- ADC инициализациясы,
- ADC арналарын орнату,
- Ағын сенсорына арналған арна,
- Қысым сенсорына арналған арна,
- ADC қосу,
- Калибрлеуді қалпына келтіру,

- Калибрлеуді қалпына келтірудің аяқталуын күту,
- Калибрлеуді іске қосу,
- Калибрлеудің аяқталуын күту.

```

void ADC_Init(void)
{

    RCC_APB2PeriphClockCmd(RCC_APB2Periph_ADC1, ENABLE);

    ADC_InitTypeDef ADC_InitStruct;
    ADC_StructInit(&ADC_InitStruct);
    ADC_InitStruct.ADC_Mode = ADC_Mode_Independent;
    ADC_InitStruct.ADC_ScanConvMode = DISABLE;
    ADC_InitStruct.ADC_ContinuousConvMode = ENABLE;
    ADC_InitStruct.ADC_DataAlign = ADC_DataAlign_Right;
    ADC_InitStruct.ADC_NbrOfChannel = 2;
    ADC_Init(ADC1, &ADC_InitStruct);

    ADC_RegularChannelConfig(ADC1, ADC_Channel_2, 1, ADC_SampleTime_55Cycles5);
    ADC_RegularChannelConfig(ADC1, ADC_Channel_3, 2, ADC_SampleTime_55Cycles5);

    ADC_Cmd(ADC1, ENABLE);
    ADC_ResetCalibration(ADC1);
    while(ADC_GetResetCalibrationStatus(ADC1));
    ADC_StartCalibration(ADC1);
    while(ADC_GetCalibrationStatus(ADC1));
}

```

Сурет – 3.7 Цифрлы-аналогты түрлендіргіштің орнатылу (ADC)

3 Клапанды басқару функциясы бойынша:

- Бірінші клапанды ашу үшін жоғары түйреуішті орнату,
- Бірінші клапанды жабу үшін түйреуішті төменге орнату,
- Екінші клапанды ашу үшін жоғары түйреуішті орнату,
- Екінші клапанды жабу үшін түйреуішті төменге орнату.

```

void ControlValves(uint8_t valve1State, uint8_t valve2State)
{
    if (valve1State == 1)
    {
        GPIO_SetBits(GPIOA, GPIO_Pin_0);
    }
    else
    {
        GPIO_ResetBits(GPIOA, GPIO_Pin_0);
    }

    if (valve2State == 1)
    {
        GPIO_SetBits(GPIOA, GPIO_Pin_1);
    }
    else
    {
        GPIO_ResetBits(GPIOA, GPIO_Pin_1);
    }
}

```

Сурет – 3.8 Бірінші және екінші клапандарды басқару функциясы

4 Сенсорлардан деректерді оқу функциясы бойынша:

- Ағын сенсоры үшін ADC түрлендіруін іске қосу,
- Қысым сенсоры үшін ADC түрлендіруді іске қосу.

```

void ReadSensorsData(uint16_t* flowValue, uint16_t* pressureValue)
{
    ADC_RegularChannelConfig(ADC1, ADC_Channel_2, 1, ADC_SampleTime_55Cycles5);
    ADC_SoftwareStartConvCmd(ADC1, ENABLE);
    while(!ADC_GetFlagStatus(ADC1, ADC_FLAG_EOC));
    *flowValue = ADC_GetConversionValue(ADC1);

    ADC_RegularChannelConfig(ADC1, ADC_Channel_3, 1, ADC_SampleTime_55Cycles5);
    ADC_SoftwareStartConvCmd(ADC1, ENABLE);
    while(!ADC_GetFlagStatus(ADC1, ADC_FLAG_EOC));
    *pressureValue = ADC_GetConversionValue(ADC1);
}

```

Сурет 3.9 – Сенсорлардан деректерді оқу функциясы.

5 Негізгі функция

- GPIO және ADC инициализациясын жасау,
- Сенсорлардан деректерді оқу,
- Деректерді өңдеу және ағын мен қысымды басқару,
- Датчиктерден алынған мәліметтер негізінде ағын мен қысымды басқару логикасын қосу,
- Ағымдағы мәндерді берілген мәндермен салыстыруға және клапандарды сәйкесінше басқару.

```
int main(void)
{

    GPIO_Init();
    ADC_Init();

    uint16_t flowValue = 0;
    uint16_t pressureValue = 0;

    while(1)
    {

        ReadSensorsData(&flowValue, &pressureValue);

    }
}
```

Сурет 3.10 – Негізгі функциясы

Бұл STM32F103C8T6 микроконтроллерін пайдаланып азот станциясының шығыны мен қысымын басқаруға мүмкіндік беретін негізгі кодтың жазылу кезеңдері. Кодтың толық нұсқасы В қосымшасында көрсетілген.

ҚОРЫТЫНДЫ

"Азот станциясы қондырғысының шығыны мен қысымын басқару блогын әзірлеу" тақырыбындағы диссертациялық жұмыстың қорытындысында келесі негізгі қорытындыларды келтіруге болады:

Зерттеу нәтижесінде STM32F103C8T6 микроконтроллеріне негізделген азот станциясы үшін ағын мен қысымды басқару блогы әзірленді және жүзеге асырылды. Бұл қондырғы жүйеде азот шығыны мен қысымды жоғары дәлдікпен және сенімділікпен басқаруға және реттеуге мүмкіндік береді.

Басқару блогының функционалдығын жүзеге асыру үшін STM32F103C8T6 микроконтроллерінің аналогтық-цифрлық түрлендіргіш (ADC), сандық кіріс/шығыс (GPIO), байланыс интерфейстері (мысалы, UART, I2C немесе SPI) және басқа перифериялық Модульдер сияқты мүмкіндіктері пайдаланылды.

Жүйенің тұрақты жұмысын және берілген ағын мен қысым параметрлеріне қол жеткізуді қамтамасыз ететін азот станциясының шығыны мен қысымын басқару алгоритмдері әзірленді және оңтайландырылды.

Жүргізілген сынақтар мен эксперименттер шығын мен қысымды басқару блогының тиімділігін растады. Бұл жүйеде қажетті азот шығынын және қысымды жоғары дәлдікпен қамтамасыз етуге мүмкіндік береді және берілген мәндерден ауытқу азаяды.

Жұмыс нәтижесінде азот станциясының жұмысын оңтайландыру және ағын мен қысымды басқару блогын пайдалану бойынша нұсқаулықтар жасалды.

Зерттеу нәтижесінде азот алу әдісі бойынша жаңа азот алу әдісі зерттеліп, пайдалы модельге патент ұсынылды (регистрация №2023/0122.2).

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

- 1 Ожикенов К.А., Туякбаев А.А., Шылмырза У.Ж., и др. Способ получения азота. Положительное решение по заявке №2023/0122.2 от 06.02.2023
- 2 A. Smith, "Control Systems Engineering", Wiley, 2018.
- 3 K. Ogata, "Modern Control Engineering", Pearson, 2010.
- 4 T. Marlin, "Process Control: Designing Processes and Control Systems for Dynamic Performance", McGraw-Hill Education, 2019.
- 5 B. Liptak, "Instrument Engineers' Handbook, Volume 2: Process Control and Optimization", CRC Press, 2016.
- 6 J. Gertler, "Fault Detection and Diagnosis in Engineering Systems", CRC Press, 2012.
- 7 M. R. Fayed, L. Otten, "Handbook of Industrial Mixing: Science and Practice", Wiley, 2003.
- 8 M. S. Shinskey, "Process Control Systems: Application, Design, and Tuning", McGraw-Hill Education, 1996.
- 9 R. W. Perry, D. W. Green, J. O. Maloney, "Perry's Chemical Engineers' Handbook", McGraw-Hill Education, 2018.
- 10 N. S. Nise, "Control Systems Engineering", Wiley, 2019.
- 11 D. E. Seborg, T. F. Edgar, D. A. Mellichamp, F. J. Doyle, "Process Dynamics and Control", Wiley, 2010.
- 12 G. Stephanopoulos, "Chemical Process Control: An Introduction to Theory and Practice", Prentice Hall, 1996.
- 13 W. L. Luyben, "Process Modeling, Simulation, and Control for Chemical Engineers", McGraw-Hill Education, 2017.
- 14 P. Belanger, "Control System Design Guide: Using Your Computer to Understand and Diagnose Feedback Controllers", Elsevier, 2004.
- 15 J. P. Bentley, "Principles of Measurement Systems", Pearson, 2005.
- 16 R. L. Bishop, R. C. Dorf, "Modern Control Systems", Pearson, 2010.
- 17 J. M. B. S. Silva, "Modeling and Control of Dynamic Systems", CRC Press, 2018.
- 18 M. W. Hirsch, S. Smale, R. L. Devaney, "Differential Equations, Dynamical Systems, and Linear Algebra", Academic Press, 2013.
- 19 D. R. Coughanowr, "Process Systems Analysis and Control", McGraw-Hill Education, 2010.
- 20 J. C. Gómez-López, J. M. Gómez-Ramirez, "Optimal Control of Distributed Systems with Conjugation Conditions", CRC Press, 2018.
- 21 S. Skogestad, I. Postlethwaite, "Multivariable Feedback Control: Analysis and Design", Wiley, 2005.
- 22 G. Gustafsson, "Flow Control: Passive, Active, and Reactive Flow Management." Butterworth-Heinemann, 2000.
- 23 P. M. Danckwerts, "Gas-Liquid Reactions." McGraw-Hill, 1970.

- 24 M. R. R. Grace, C. R. Knowles, "Gas-Liquid-Solid Fluidization Engineering." Butterworth-Heinemann, 1998.
- 25 H. H. Ruth, "Principles of Combustion." Wiley, 2012.
- 26 R. K. Herz, "Control Valves: Practical Guides for Measurement and Control." Instrument Society of America, 2005.
- 27 C. D. Johnson, "Process Control Instrumentation Technology." Pearson, 2018.
- 28 T. Marlin, "Process Control: Designing Processes and Control Systems for Dynamic Performance." McGraw-Hill Education, 2019.
- 29 B. Liptak, "Instrument Engineers' Handbook, Volume 1: Process Measurement and Analysis." CRC Press, 2003.
- 30 M. Skogestad, I. Postlethwaite, "Multivariable Feedback Control: Analysis and Design." Wiley, 2005.
- 31 C. A. Smith, A. B. Corripio, "Principles and Practice of Automatic Process Control." Wiley, 2005.
- 32 T. Marlin, "Process Modeling, Simulation, and Control for Chemical Engineers." McGraw-Hill Education, 2017.
- 33 D. E. Seborg, T. F. Edgar, D. A. Mellichamp, "Process Dynamics and Control." Wiley, 2010.
- 34 C. E. Thomas, C. L. Thomas, "Process Control: Modeling, Design, and Simulation." Prentice Hall, 2002.
- 35 D. W. Eberly, "Modeling and Control of Flow-Induced Vibrations." Springer, 2005.
- 36 K. J. Åström, T. Hägglund, "PID Controllers: Theory, Design, and Tuning." Instrument Society of America, 1995.
- 37 J. M. Gómez, A. R. Díaz, F. Gordillo, "Advances in Control Systems: Theory and Applications." Springer, 2013.
- 38 K. J. Åström, T. Hägglund, "Advanced PID Control." ISA, 2006.
- 39 B. W. Bequette, "Process Control: Modeling, Design, and Simulation." Prentice Hall, 2002.
- 40 C. G. Kontes, "Process Control Systems: Application, Design, and Tuning." McGraw-Hill Education, 1997.
- 41 P. R. Roney, A. T. Middelberg, "Measurement and Control Basics." ISA, 2009.

А қосымшасы

```
#ifndef LPS25HB_H_
#define LPS25HB_H_
#include "stm32f4xx_hal.h"
#include <string.h>
//_____
#define ABS(x)    (x < 0) ? (-x) : x
//_____
#define LD2_Pin GPIO_PIN_5
#define LD2_GPIO_Port GPIOA
#define LD2_ON HAL_GPIO_WritePin(GPIOA, GPIO_PIN_5, GPIO_PIN_SET)
//GREEN
#define LD2_OFF HAL_GPIO_WritePin(GPIOA, GPIO_PIN_5,
GPIO_PIN_RESET)
//_____
#define LPS25HB_ADDRESS    0xBA
//_____
#define    LPS25HB_WHO_AM_I_REG    0x0F
#define    LPS25HB_RES_CONF_REG    0x10
#define    LPS25HB_CTRL_REG1    0x20
//_____
#define    LPS25HB_WHO_AM_I    0xBD
//_____
#define    LPS25HB_PD_ACTIVE_MODE    0x80
#define    LPS25HB_PD_POWERDOWN_MODE    0x00
#define    LPS25HB_PD_MASK    0x80
//_____
#define    LPS25HB_ODR_ONE_SHOT    0x00
#define    LPS25HB_ODR_1HZ    0x10
#define    LPS25HB_ODR_7HZ    0x20
#define    LPS25HB_ODR_12_5HZ    0x30
#define    LPS25HB_ODR_25HZ    0x40
#define    LPS25HB_ODR_MASK    0x70
//_____
#define    LPS25HB_DIFF_EN_ENABLE    0x08
#define    LPS25HB_DIFF_EN_DISABLE    0x00
#define    LPS25HB_DIFF_EN_MASK    0x08
//_____
#define    LPS25HB_BDU_DISABLE    0x00
#define    LPS25HB_BDU_ENABLE    0x40
#define    LPS25HB_BDU_MASK    0x04
//_____
#define LPS25HB_SIM_3_WIRE    0x01
```

А қосымшасының жалғасы

```
#define LPS25HB_SIM_4_WIRE    0x00
#define LPS25HB_SIM_MASK    0x01
//-----
#define LPS25HB_AVGP_8      0x00
#define LPS25HB_AVGP_32    0x01
#define LPS25HB_AVGP_128   0x02
#define LPS25HB_AVGP_512   0x03
#define LPS25HB_AVGT_8     0x00
#define LPS25HB_AVGT_16    0x04
#define LPS25HB_AVGT_32    0x08
#define LPS25HB_AVGT_64    0x0C
#define LPS25HB_AVGT_MASK   0x0C
#define LPS25HB_AVGP_MASK   0x03
//-----
#define LPS25HB_TEMP_OUT_L_REG 0x2B
#define LPS25HB_TEMP_OUT_H_REG 0x2C
//-----
#define LPS25HB_PRESS_OUT_XL_REG 0x28
#define LPS25HB_PRESS_OUT_L_REG 0x29
#define LPS25HB_PRESS_OUT_H_REG 0x2A
//-----
void Press_Ini(void);
void Press_Read(void);
//-----
#endif /* LPS25HB_H_ */
```


Б қосымшасы

```
#include "stm32f10x.h"
// Функция инициализации GPIO для клапанов и датчиков
void GPIO_Init(void)
{
    GPIO_InitTypeDef GPIO_InitStructure;
    // Настройка пина для первого клапана
    GPIO_InitStructure.GPIO_Pin = GPIO_Pin_0; // Пин, к которому подключен
первый клапан
    GPIO_InitStructure.GPIO_Mode = GPIO_Mode_Out_PP; // Режим выхода с
подтяжкой
    GPIO_InitStructure.GPIO_Speed = GPIO_Speed_50MHz; // Скорость работы
пина
    GPIO_Init(GPIOA, &GPIO_InitStructure); // Инициализация порта и пина
    // Настройка пина для второго клапана
    GPIO_InitStructure.GPIO_Pin = GPIO_Pin_1; // Пин, к которому подключен
второй клапан
    GPIO_Init(GPIOA, &GPIO_InitStructure); // Инициализация порта и пина
    // Настройка пинов для датчиков расхода и давления
    GPIO_InitStructure.GPIO_Pin = GPIO_Pin_2 | GPIO_Pin_3; // Пины, к которым
подключены датчики расхода и давления
    GPIO_InitStructure.GPIO_Mode = GPIO_Mode_AIN; // Режим аналогового
входа
    GPIO_Init(GPIOA, &GPIO_InitStructure); // Инициализация порта и пинов
}

// Функция инициализации ADC (АЦП)
void ADC_Init(void)
{
    // Включение тактирования ADC
    RCC_APB2PeriphClockCmd(RCC_APB2Periph_ADC1, ENABLE);

    // Настройка ADC1
    ADC_InitTypeDef ADC_InitStructure;
    ADC_StructInit(&ADC_InitStructure); // Инициализация структуры с
настройками ADC
    ADC_InitStructure.ADC_Mode = ADC_Mode_Independent; // Независимый
режим работы ADC
    ADC_InitStructure.ADC_ScanConvMode = DISABLE; // Отключение
сканирования каналов
    ADC_InitStructure.ADC_ContinuousConvMode = ENABLE; // Включение
непрерывного преобразования
```

Б қосымшасының жалғасы

```
ADC_InitStruct.ADC_DataAlign = ADC_DataAlign_Right; // Выравнивание
данных вправо
ADC_InitStruct.ADC_NbrOfChannel = 2; // Количество каналов для
преобразования
ADC_Init(ADC1, &ADC_InitStruct); // Инициализация ADC
// Настройка каналов ADC
ADC_RegularChannelConfig(ADC1, ADC_Channel_2, 1,
ADC_SampleTime_55Cycles5); // Канал для датчика расхода
ADC_RegularChannelConfig(ADC1, ADC_Channel_3, 2,
ADC_SampleTime_55Cycles5); // Канал для датчика давления

ADC_Cmd(ADC1, ENABLE); // Включение ADC
ADC_ResetCalibration(ADC1); // Сброс калибровки
while(ADC_GetResetCalibrationStatus(ADC1)); // Ожидание окончания
сброса калибровки
ADC_StartCalibration(ADC1); // Запуск калибровки
while(ADC_GetCalibrationStatus(ADC1)); // Ожидание окончания
калибровки
}

// Функция управления клапанами
void ControlValves(uint8_t valve1State, uint8_t valve2State)
{
    if (valve1State == 1)
    {
        GPIO_SetBits(GPIOA, GPIO_Pin_0); // Установка пина в HIGH для
открытия первого клапана
    }
    else
    {
        GPIO_ResetBits(GPIOA, GPIO_Pin_0); // Установка пина в LOW для
закрытия первого клапана
    }

    if (valve2State == 1)
    {
        GPIO_SetBits(GPIOA, GPIO_Pin_1); // Установка пина в HIGH для
открытия второго клапана
    }
    else
    {
```

Б қосымшасының жалғасы

```
GPIO_ResetBits(GPIOA, GPIO_Pin_1); // Установка пина в LOW для
закрытия второго клапана
}
}

// Функция получения данных от датчиков
void ReadSensorsData(uint16_t* flowValue, uint16_t* pressureValue)
{
    // Запуск преобразования ADC для датчика расхода
    ADC_RegularChannelConfig(ADC1, ADC_Channel_2, 1,
ADC_SampleTime_55Cycles5);
    ADC_SoftwareStartConvCmd(ADC1, ENABLE);
    while(!ADC_GetFlagStatus(ADC1, ADC_FLAG_EOC));
    *flowValue = ADC_GetConversionValue(ADC1);

    // Запуск преобразования ADC для датчика давления
    ADC_RegularChannelConfig(ADC1, ADC_Channel_3, 1,
ADC_SampleTime_55Cycles5);
    ADC_SoftwareStartConvCmd(ADC1, ENABLE);
    while(!ADC_GetFlagStatus(ADC1, ADC_FLAG_EOC));
    *pressureValue = ADC_GetConversionValue(ADC1);
}

int main(void)
{
    // Инициализация GPIO и ADC
    GPIO_Init();
    ADC_Init();
    uint16_t flowValue = 0;
    uint16_t pressureValue = 0;
    while(1)
    {
        // Чтение данных от датчиков
        ReadSensorsData(&flowValue, &pressureValue);
        // Управление клапанами
        ControlValves(1, 0); // Открыть первый клапан, закрыть второй клапан
        // Дополнительный код для обработки данных или других действий
    }
}
```

В қосымшасы

```
#include <STM32F10x.h>

// Пины для управления установкой
#define PRESSURE_SENSOR_PIN PA0
#define FLOW_SENSOR_PIN PA1
#define CONTROL_VALVE_PIN PB0
#define CONTROL_PUMP_PIN PB1
#define ALARM_PIN PB2

// Предельные значения
#define MAX_PRESSURE 100
#define DESIRED_FLOW 50

// Глобальные переменные для хранения текущих значений
float currentPressure;
float currentFlow;

// Функция инициализации GPIO
void GPIO_Init()
{
    RCC_APB2PeriphClockCmd(RCC_APB2Periph_GPIOA |
RCC_APB2Periph_GPIOB, ENABLE);

    GPIO_InitTypeDef GPIO_InitStructure;

    // Настройка пина для считывания давления
    GPIO_InitStructure.GPIO_Pin = PRESSURE_SENSOR_PIN;
    GPIO_InitStructure.GPIO_Mode = GPIO_Mode_AIN;
    GPIO_Init(GPIOA, &GPIO_InitStructure);

    // Настройка пина для считывания расхода
    GPIO_InitStructure.GPIO_Pin = FLOW_SENSOR_PIN;
    GPIO_InitStructure.GPIO_Mode = GPIO_Mode_AIN;
    GPIO_Init(GPIOA, &GPIO_InitStructure);

    // Настройка пинов для управления клапаном и насосом
    GPIO_InitStructure.GPIO_Pin = CONTROL_VALVE_PIN |
CONTROL_PUMP_PIN | ALARM_PIN;
    GPIO_InitStructure.GPIO_Mode = GPIO_Mode_Out_PP;
    GPIO_InitStructure.GPIO_Speed = GPIO_Speed_50MHz;
```

В қосымшасының жалғасы

```
GPIO_Init(GPIOB, &GPIO_InitStructure);
}

// Функция чтения давления с датчика
float ReadPressure()
{
    // Реализация чтения давления с датчика
    // Возвращаем полученное значение
}

// Функция чтения расхода с датчика
float ReadFlow()
{
    // Реализация чтения расхода с датчика
    // Возвращаем полученное значение
}

// Функция управления клапаном
void ControlValve(bool isOpen)
{
    if (isOpen)
    {
        // Реализация открытия клапана
    }
    else
    {
        // Реализация закрытия клапана
    }
}

// Функция управления насосом
void ControlPump(bool isOn)
{
    if (isOn)
    {
        // Реализация включения насоса
    }
    else
    {
        // Реализация выключения насоса
    }
}
```

В қосымшасының жалғасы

```
    }  
}  
  
// Функция обработки аварийной ситуации  
void HandleAlarm()  
{  
    // Реализация обработки аварийной ситуации  
}  
  
int main(void)  
{  
    // Инициализация периферии  
    GPIO_Init();  
  
    while (1)  
    {  
        // Считываем текущие значения давления и расхода  
        currentPressure = ReadPressure();  
        currentFlow = ReadFlow();  
  
        // Проверка давления  
        if (currentPressure > MAX_PRESSURE)  
        {  
            ControlValve(false); // Закрываем клапан  
            HandleAlarm();      // Обрабатываем аварийную ситуацию  
        }  
  
        // Проверка расхода  
        if (currentFlow < DESIRED_FLOW)  
        {  
            ControlPump(true); // Включаем насос  
        }  
        else  
        {  
            ControlPump(false); // Выключаем насос  
        }  
    }  
}
```