

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

Інститут інформаційних технологій
Інформаційно-вимірювальних технологій

Петрук Ігор Олегович

(прізвище, ім'я, по батькові)

УДК 681.511.42

(індекс)

МАГІСТЕРСЬКА РОБОТА

Розроблення та метрологічний аналіз способу генерування електроенергії
методом перекачування газу в газопроводі
(назва роботи)

Метрологія і вимірювальна техніка

(назва освітньої програми)

152. Метрологія та інформаційно-вимірювальна техніка

(шифр і назва спеціальності)

Петрук Ігор Олегович

(підпис, ініціали та прізвище здобувача освітнього ступеня)

Науковий керівник Піндус Н.М., к.т.н., доцент

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Допущено до захисту

Завідувач кафедри

(посада) (підпис) (дата) (ініціали та прізвище)

Рецензент

(посада) (підпис) (дата) (ініціали та прізвище)

Робота містить результати власних досліджень. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело

Івано-Франківськ

2024

ЗМІСТ

Вступ	
Розділ 1. Аналіз методу виробництва електроенергії за рахунок потоку газу в газопроводі	
1.1 Аналіз способу вироблення електроенергії від станцій для регулювання тиску системи розподілу природного газу.....	
1.2 Аналіз енергетичної установки для утилізації енергії надлишкового тиску газу на газорозподільній станції.....	
1.3 Постановка задачі.....	
Розділ 2. Розробка перетворювача енергії газу в електричну	
2.1. Детальний опис перетворювача.....	
2.2. Місце встановлення та принцип роботи.....	
2.3. Креслення перетворювача	
Розділ 3. Метрологічне дослідження перетворювача енергії газу в електричну енергію.....	
3.1. Хід виконання та завдання для дослідження.....	
3.2. Проведення експериментів.....	
3.3. Похибки вимірювання.....	
3.3.1. Характеристика похибок вимірювань за джерелом виникнення.....	
3.3.2. Характеристика похибок вимірювань за закономірністю їх зміни.....	
3.3.3. Характеристика похибок вимірювань за формою та способом відображення.....	
3.4. Діаграма Ісікави та розширена невизначеність.....	
Висновки.....	
Перелік посилань на джерела.....	

РЕФЕРАТ

Магістерська робота: «Розроблення та метрологічний аналіз способу генерування електроенергії методом перекачування газу в газопроводі» Петрук І.О., ІФНТУНГ, 2024 , 46 с., 15 рис., 1 табл, 8 джерел.

Об'єкт дослідження – енергія потоку газу.

Мета роботи – розроблено перетворювач енергії газу в електричну енергію потоку газу в газопроводі середнього тиску.

В даній магістерській роботі проведено дослідження з виробництва електроенергії шляхом перетворення енергії газу на електричну енергію.

Розроблено перетворювач енергії газу в електричну енергію потоку газу в газопроводі середнього тиску. Перетворювач встановлений на розподільному газопроводі, містить вал з лопатями перпендикулярний до труби та руху газу. Газ який рухається по трубі попадає на лопаті та розкручує вал. Оберти передаються на ротор генератора. Обертаючий ротор розташований в середині статора. При обертанні ротора в обмотці статора виникає електромагнітне поле, що утворює перемінний струм. Проведено метрологічний аналіз складових похибок при роботі з перетворювачем, проаналізовано найвагомші фактори впливу та джерела виникнення окремих невизначеностей (похибок вимірювання), та складено причинно-наслідкову діаграму Ісікави.

ПЕРЕТВОРЕННЯ ЕНЕРГІЇ ГАЗУ, ЕЛЕКТРИЧНА ЕНЕРГІЯ МЕТРОЛОГІЧНЕ
ДОСЛІДЖЕННЯ ПЕРЕТВОРЮВАЧА, ГАЗОПРОВІД СЕРЕДНЬОГО ТИСКУ

ABSTRACT

Diploma project: " Development and metrological analysis of a method of generating electricity by pumping gas in a gas pipeline ". Petruk I.O., IFNTUNG, 2024, 46 p., 15 fig., 1 tab, 8 sources.

The object of research is a gas flow energy.

The purpose of the work is development of converter of gas energy into electrical energy of gas flow in a medium-pressure gas pipeline has been developed.

In this master's thesis, research was conducted on the production of electricity by converting gas energy into electrical energy. A converter of gas energy into electrical energy of gas flow in a medium-pressure gas pipeline has been developed. The converter is installed on the distribution gas pipeline, contains a shaft with blades perpendicular to the pipe and gas movement. The gas moving through the pipe hits the blades and spins the shaft. Revolutions are transmitted to the rotor of the generator. The rotating rotor is located in the middle of the stator. When the rotor rotates, an electromagnetic field is created in the stator winding, which creates an alternating current. A metrological analysis of component errors when working with the converter was carried out, the most significant influencing factors and sources of individual uncertainties (measurement errors) were analyzed, and an Ishikawa cause-and-effect diagram was drawn up.

GAS ENERGY CONVERSION, ELECTRIC ENERGY METROLOGICAL SURVEY OF THE CONVERTER, MEDIUM PRESSURE GAS PIPELINE

ВСТУП

Тема магістерської роботи: «Розроблення та метрологічний аналіз способу генерування електроенергії методом перекачування газу в газопроводі».

Мета і задачі досліджень – розроблення перетворювача енергії газу в електричну енергію потоку газу в газопроводі середнього тиску.

Об'єкт дослідження – енергія потоку газу.

Предмет досліджень – виробництво електроенергії шляхом перетворення енергії газу на електричну енергію.

Практична цінність – розроблено перетворювач енергії газу в електричну енергію.

Методи та засоби досліджень – теорія невизначеності і математична статистика

Новизна магістерської роботи – запропоновано новий шлях використання енергії потоку газу в газопроводі середнього тиску

Суттєве підвищення енергоефективності національної економіки України, є одним із основних шляхів забезпечення національної безпеки, наповнення бюджету, підвищення конкурентоспроможності виробленої продукції та послуг, як на внутрішньому, так і на зовнішніх ринках, вирішення соціально – економічних завдань.

Один з багатьох шляхів вирішення вказаної проблеми - необхідно особливу увагу приділити подальшому підвищенню енергоефективності, використання та розробку альтернативних джерел енергії [1].

Важливим напрямком в енергетиці, є використання потенційної енергії природного газу високого тиску магістральних газопроводів [2]. На території України розташована мережа трубопроводів. Компресорні станції створюючи

тиск перекачують газ. Для перекачування природного газу, по мережі труб на великі відстані, його стискають компресорами, збільшуючи тиск в транспортній магістралі. Під час технологічного процесу роботи газотурбінних агрегатів може бути використано до 7% перекачуваного газу. Тиск в магістральних газопроводах підтримується в межах 50-70 атмосфер. Для споживачів газу, тиск такої високої величини неприйнятний. Тому для зниження тиску, до місць споживання природного газу зроблені відведення від основної магістралі, де на газорозподільних станціях (ГРС) йде зниження тиску газу до 6-12 атмосфер, а потім на газорозподільних пунктах (ГРП) він понижується до 1-3 атмосфер. При цьому потенційна енергія стисненого газу втрачається безповоротно. Перепад тиску може бути використаний для повернення частини енергії використаної під час стискання газу для транспортування. Основним напрямом у вирішенні питання економії енергетичних ресурсів, є заміна дросельних пристроїв ГРС та ГРП детандер-генераторними установками (ДГУ), призначеними для виробництва електроенергії. Використання детандер-генераторних установок дає можливість не тільки використовувати в господарській діяльності вторинні ресурси та забезпечити вироблення електроенергії, а також забезпечити зниження рівня шкідливих викидів в порівнянні з традиційними технологіями [3, 4].

Ефективність виробництва електроенергії за технологією із застосуванням детандерів у 4-5 разів вище, ніж на сучасних теплових електростанціях [3,4]. Розроблені детандер-генераторні установки потужністю від 1 до 30 МВт. Нині фахівці оцінюють турбодетандерні агрегати, одним з перспективніших видів продукції турбінної промисловості з величезним ринком збуту в Україні та за її межами. Причому, ринком найбільш затребуваний потужностний ряд 1,5 - 6,0 МВт.

Таким чином, подальший розвиток енергетики малих та середніх потужностей та впровадження ефективних, екологічно чистих технологій, пов'язано з використанням детандер-генераторних установок, робота яких

заснована на дроселюванні газу високого тиску через турбіну турбодетандера та отримання за рахунок цього електроенергії без затрат палива.

Також хотілося б сказати, що детандер-генераторні установки відносяться до обладнання, створеного по без паливним технологіям, підтримуваним Кіотським протоколом до конвенції ООН зі зміни клімату. Тому реалізація цих проектів проводиться з використанням механізму залучення коштів за рахунок продажу квот на емісію парникових газів.

На магістральних газопроводах (МГ) газ широко використовується в якості палива для газотурбінних газоперекачувальних агрегатів (ГПА), палива для електростанцій, що забезпечують роботу компресорних станцій (КС) та інших систем газопроводу.

Аналіз парку ГПА показує, що з встановлених понад 4000 агрегатів близько 80% оснащені газотурбінним приводом (ГТП) Аналогічна статистика характерна і для ДК «Укртрансгаз» (Україна). На транспорт газу по МГ витрачається 10-12% природного газу, що перекачується [6].

В газотранспортних системах зниження тиску паливного газу до необхідних величин в даний час, в основному, здійснюється шляхом дроселювання за допомогою клапанних регуляторів тиску прямої дії. Такий підхід спрощує схему паливостачання, але робить її неекономічною, так як надлишкова енергія тиску газу корисно не використовується. Альтернативою клапанним регуляторам є утилізуючі системи, що базуються на турбодетандерних агрегатах (ТДА), що забезпечують одночасно з основною функцією (зниження і регулювання тиску газу) отримання механічної роботи на валу розширювальної машини з перетворенням її в електроенергію. Корисна потужність, яку можна було б отримати за допомогою ТДА, встановленого паралельно вузлу дроселювання, як правило, не перевищує 500 кВт.

1. АНАЛІЗ МЕТОДУ ВИРОБНИЦТВА ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ ЗА РАХУНОК ПОТОКУ ГАЗУ В ГАЗОПРОВОДІ

Альтернативними джерелами енергії згідно із Законом України «Про альтернативні джерела енергії» є відновлювані джерела енергії, до яких належать: енергія сонця, вітру, геотермальна енергія, енергія хвиль та припливів, гідроенергія, енергія біомаси, газ з органічних відходів, газ каналізаційних очисних станцій, біогаз. Серед вторинних енергетичних ресурсів: доменний та коксовий газ, газ метан дегазації вугільних родовищ, перетворення скидного енергопотенціалу технологічних процесів.

Відповідно до Закону України «Про альтернативні види рідкого та газоподібного палива» нетрадиційні джерела та види енергетичної сировини — це сировина рослинного походження, відходи, тверді горючі речовини, інші природні і штучні джерела та види енергетичної сировини, у тому числі нафтові, газові, газоконденсатні і нафтогазоконденсатні вичерпані, непромислового значення та техногенні родовища, важкі сорти нафти, природні бітуми, газонасичені води, газогідрати тощо. Виробництво (видобуток) і переробка яких потребують застосування новітніх технологій і які не використовуються для виробництва (видобутку) традиційних видів палива.

Спосіб який пропонується, передбачає встановлення на розподільному газопроводі перетворювач, який містить вал з лопатями перпендикулярний до труби та руху газу. Газ який рухається по трубі попадає на лопаті та розкручує вал, оберти передаються на ротор генератора. Обертаючий ротор розташований в середині статора. При обертанні ротора в обмотці статора виникає електромагнітне поле, що утворює перемінний струм.

1.1. Аналіз способу вироблення електроенергії від станцій для регулювання тиску системи розподілу природного газу.

При пошуку аналогічних чи подібних способів виробництва електроенергії в Спеціалізованій БД «Винаходи (корисні моделі) в Україні», розглянуто наступні патенти на винахід:

До уваги пропоную розглянути Патент № 86795 «Спосіб вироблення електроенергії від станцій для регулювання тиску системи розподілу природного газу».

Системи розподілу природного газу використовують три типи мереж трубопроводів для природного газу: високого тиску (приблизно 1000 фунтів/дюйм²), середнього тиску (приблизно 100 фунтів/дюйм²) та низького тиску (приблизно 5 фунтів/дюйм²). Там, де трубопровідна мережа високого тиску подає газ в трубопровідну мережу середнього тиску, тиск повинен знижуватися від 1000 фунтів/дюйм² до 100 фунтів/дюйм². Там, де трубопровідна мережа середнього тиску подає газ до трубопровідної мережі низького тиску, тиск повинен знижуватися від 100 фунтів/дюйм² до 5 фунтів/дюйм². Це здійснюється за допомогою ряду контрольних клапанів, які знижують тиск, в установках, відомих як станції для регулювання тиску. Коли тиск природного газу знижується, то газ розширюється. Коли природний газ розширюється, то його температура спадає. Це суттєве зниження температури призводить до формування гідратів, які ушкоджують контрольні клапани, які знижують тиск. Для уникнення формування гідратів перед зниженням тиску природний газ попередньо нагрівають на станціях для регулювання тиску з метою збереження температури на виході, що становить 5 градусів по Цельсію. Режим попереднього нагрівання природного газу вверх по потоку від клапанів для регулювання тиску споживає деяку кількість природного газу для надання гарячої води або в паровому котлі низького тиску, який передає теплоту до

теплообмінника. Потім теплообмінник використовують для попереднього нагрівання природного газу, який надходить.

У цьому типовому режимі обладнання трубопроводу для регулювання тиску, втрата енергії крізь контрольні клапани, які знижують тиск, при зниженні тиску із 1000 фунтів/дюйм² до 100 фунтів/дюйм² є значною. Подібним чином, крізь контрольні клапани, які знижують тиск, відбувається втрата енергії під час зниження тиску від 100 фунтів/дюйм² до 5 фунтів/дюйм². Якщо можна було б відбирати цю енергію, то потенційно буде приріст використуваної енергії на противагу до втрати використуваної енергії, вивільненої станціями для регулювання тиску.

Патент № US 6,167,692 описує енергетичне обладнання, яке використовує горючий газ для спалювання при наперед встановленому тиску для приведення в дію основних блоків. У цьому енергетичному обладнанні, горючий газ подається під тиском, вищим за наперед встановлений тиск. Надається вдосконалення, яке полягає у тому, що розширник горючого газу розташований внизу по потоку від джерела горючого газу і зверху по потоку від камери згорання для зниження тиску горючого газу. Надлишкова енергія від розширника використовується для приведення в дію допоміжних блоків. Згідно з винаходом, описаним в документі US 6,167,692, надлишкова енергія перетворюється перед використанням на механічну енергію. Це перетворення призводить до втрат енергії, які залежать від ККД перетворювального пристрою. На противагу до цього, представлений винахід використовує надлишок енергії у такий спосіб, що уся використувана енергія максимізується. Потрібен спосіб вироблення електроенергії від станцій для регулювання тиску системи розподілу природного газу.

Згідно з представленим винаходом надається спосіб для регулювання тиску системи розподілу природного газу виробленням електроенергії від станції. Перший етап показує подачу природного газу до станції для регулювання тиску в турбіну, яка приводиться в дію шляхом розширення природного газу, коли його тиск знижується. Другий етап — відбір потужності

на виході з турбіни для корисного застосування. Вищеописаний спосіб використовує енергію, що втрачається на даний момент крізь шток клапанів для регулювання тиску, у вигляді турбіни, відомої як турбодетандер. Ці та інші ознаки винаходу стануть більш очевидними з наступного опису, у якому розглянуто креслення, які передбачені тільки для ілюстрації, а ніяким чином для обмеження об'єму винаходу конкретними варіантами виконання.

Рисунок 1.1 - є схематичним кресленням станції для регулювання тиску.

Рисунок 1.2 - є схематичним кресленням станції для регулювання тиску, сконструйованої у відповідності з описом представленого винаходу.

Переважний спосіб вироблення електроенергії від станції для регулювання тиску системи розподілу природного газу тепер буде описуватися з посиланням на Рис.1 та Рис.2. Для вміщення представленого способу в контекст спершу буде описана система попереднього рівня.

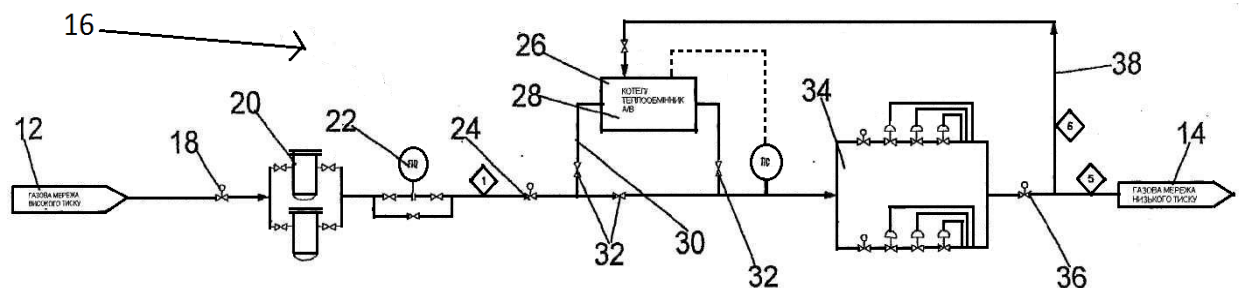


Рисунок 1. 1 - Станція для регулювання тиску

Розглянемо рисунок 1.1: трубопровідна мережа високого тиску (12), трубопровідна мережа низького тиску (14). Між трубопровідною мережею високого тиску та трубопровідною мережею низького тиску знаходиться станція для регулювання тиску (16). Природний газ з високим тиском, який протікає від трубопровідної мережі (12) високого тиску, проходить крізь стопорний клапан (18) першої лінії, проходить конструкцію контрольного клапана (20), збірну конструкцію (22) точного контрольного клапана перед потраплянням у стопорний клапан (24) другої лінії. Котел (26) з під'єднаним теплообмінником (28), розташований на обхідному контурі (30). Передбачено три клапани (32), які контролюють подачу природного газу в, та з

теплообмінника (28). Природний газ попередньо нагрівають в теплообміннику. Потім попередньо нагрітий природний газ спрямовують крізь ряд контрольних клапанів (34), які знижують тиск. Стопорний клапан (36) третьої лінії надає можливість станції (16) для регулювання тиску ізолюватися від трубопровідної мережі низького тиску (14). Трубопровід (38) для подачі горючого газу відводить деяку кількість обробленого природного газу з низьким тиском для використання при заправці котла (26) паливом. Принцип роботи полягає у попередньому нагріванні природного газу в теплообміннику (28) для уникнення одержання гідратів, коли природний газ проходить крізь ряд контрольних клапанів (34), які знижують тиск. Одержується енергія, згенерована у вигляді тиску природного газу, яка є втратою біля контрольних клапанів (34), які знижують тиск. Окрім того, підведення енергії необхідне у вигляді споживання газу для живлення котла (26). Тому має місце втрата корисної енергії.

На рисунку 1.2- конфігурація проілюстрована по відношенню до станції для регулювання тиску. Передбачено, що існуюча інфраструктура буде залишатися на місці для підтримання резервних систем для суспільної безпеки.

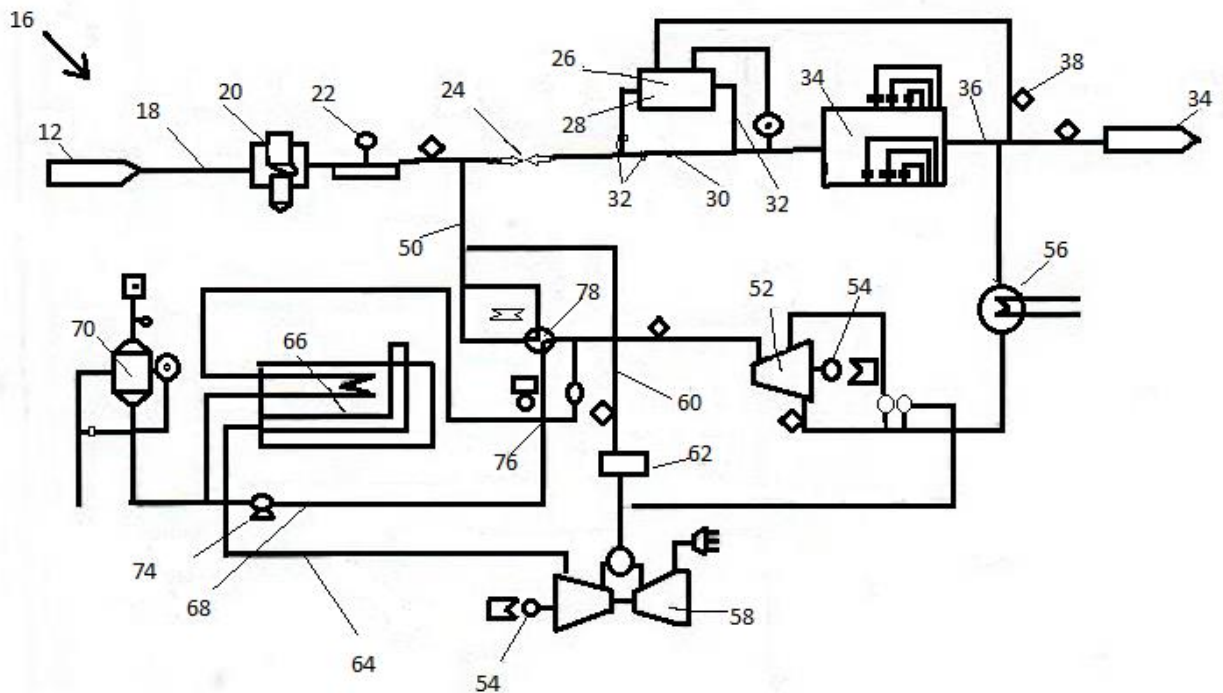


Рисунок 1.2 – Структурна схема станції для регулювання тиску, сконструйованої у відповідності з описом представленого винаходу

У відповідності з описом представленого способу природний газ відводять шляхом пропускання крізь теплообмінник (28) та ряд контрольних клапанів (34), які знижують тиск. Ключовим аспектом представленого способу є подача природного газу, який надходить до станції для регулювання тиску, по лінії (50) у турбіну (52), яка приводиться в дію шляхом його розширення, коли його тиск знижується. Потім потужність на виході турбіни (52) відбирається для корисних застосувань. Бажано використовувати турбіну для живлення електрогенератора (54). Використання турбіни (52) може здійснюватися або з, або без природного газу, який попередньо нагрівається, як буде далі описуватися. Турбіна (52) переважно є турбіною, відомою як «турбодетандер». Це є турбіна з радіальним надходженням потоку та спрямовуючими регульованими вхідними лопатками, які використовуються для відбирання енергії із газового струменя. Спосіб використовує турбодетандер (турбіна (52)) для генерування потужності в станціях (16) для контролю тиску в системі розподілу природного газу. Розширення крізь спрямовуючі вхідні лопатки та колесо розширника створює обертальний момент, і тому потужність на валі, яка може використовуватися для обертання генератора потужності (54). Там, де характеристики природного газу робочого струменя дозволяють, турбіна (52) може використовуватися без попереднього нагрівання природного газу. Природний газ подається в турбіну (52) з метою штучного створення низьких температур.

Теплообмінник (56) передбачений для утримування низьких температур, створених для використання або при охолодженні або при кондиціонуванні повітря. Потім може забезпечуватися циркуляція текучої субстанції крізь теплообмінник (56), який може використовуватися для кондиціонування повітря сусіднього обладнання або охолодження сусідніх холодильних складів. Охолодження, досягнуте розширенням газу, зазвичай набагато значніше за те, яке досягається розширенням крізь клапан по Закону Джоуля-Томпсона (J-T).

Там, де необхідне попереднє нагрівання природного газу, котел (26) замінений газотурбінним генератором (58) потужності, який інколи називають «мікротурбіною». Частина природного газу з високим тиском відводиться по трубопроводу (60) і пропускається крізь систему (62) кондиціювання газу для кондиціювання природного газу для того, щоб він був придатним для газотурбінного генератора (58) потужності. Відхідні гази з газотурбінного генератора потужності протікають по трубопроводу (64) і пропускаються крізь перший теплообмінник (66). Передбачено контур для циркуляції гарячої води, який включає циркуляційний трубопровід (68) розширювального резервуару, розширювальний резервуар (70), насос (74) та клапани (76). Розширювальний резервуар (70) забезпечує поповнення водою циркуляційний трубопровід (68), як це вимагається. Насос (74) використовується для циркуляції гарячої води крізь циркуляційний трубопровід (68). Вода циркулює крізь трубопровід, який проходить крізь теплообмінник (66) так, що відбувається теплообмін з гарячими відхідними газами з газотурбінного генератора (58) потужності, які нагрівають воду. Потім відхідні гази випускаються в атмосферу. Потім в другому теплообміннику (78) відбувається вторинний теплообмін між гарячою водою та природним газом. Природний газ, який був попередньо нагрітий в другому теплообміннику (78), потім подається по лінії (50) до турбіни (52). Також відбирається потужність на виході газотурбінного генератора (58) потужності для корисних цілей вироблення електроенергії за допомогою частини (54) генератора.

Метою способу є відбір та використання енергії, що на даний момент не використовується. В залежності від обставин може бути бажаним розмістити осушник вверх по лінії від другого теплообмінника (78) для сушіння природного газу. Відповідні осушники, які використовують адсорбційне середовище, добре відомі в рівні техніки. Зазвичай використовуються два. Один завжди працює, у той час як в іншому відновлюється адсорбційне середовище. Зазвичай там, де метою є створення низьких температур для кондиціювання повітря або охолодження, контур для циркуляції гарячої води

не буде використовуватися. В цьому патентному документі слово «який містить» використовується у необмеженому сенсі для позначення того, що після слова включені елементи, проте не виключаються елементи, спеціальним чином не зазначені. Посилання на елемент неозначеним артиклем «а» не виключає можливості, що присутній більш ніж один елемент, якщо в контексті чітко не вимагається, щоб був присутній один і тільки один з елементів.

Для фахівця у цій галузі буде очевидним, що можуть вноситися модифікації до зображеного варіанта виконання, без відходу за рамки винаходу згідно з формулою винаходу

1.2 Аналіз енергетичної установки для утилізації енергії надлишкового тиску газу на газорозподільній станції

Також слід розглянути Патент №63335 «Енергетична установка для утилізації енергії надлишкового тиску газу на газорозподільній станції».

Винахід відноситься до енергетики, зокрема, до енергетичних установок, що утилізують енергію надлишкового тиску газу на газорозподільних станціях. Відома газорозподільна станція з енергетичною установкою, яка містить магістральний газопровід з пристроєм, що редукує, газотурбінний двигун з теплообмінником-утилізатором на виході, теплообмінник-регенератор і турбодетандер з електрогенератором. Природний газ, відібраний із магістрального газопроводу перед пристроєм, що редукує, по трубопроводу надходить у теплообмінник-регенератор, де підігрівається зворотним потоком газу із турбодетандера. Із теплообмінника-регенератора газ спочатку надходить у теплообмінник-утилізатор, де підігрівається відпрацьованими газами газотурбінного двигуна, а потім у турбодетандер. За рахунок надлишкового тиску, газ обертає турбіну турбодетандера і з'єднаний з ним електрогенератор, до якого підключений і газотурбінний двигун. Газ, що розширився і частково

оохолодився після турбодетандера надходить у теплообмінник-регенератор для попереднього підігріву відібраного із магістрального газопроводу газу, а потім скидається в магістральний газопровід за редукувальним пристроєм.

Недоліком такої станції — є нагрів відібраного газу в теплообміннику-утилізаторі безпосередньо вихлопними газами газотурбінного двигуна, які мають високу температуру, що підвищує пожежонебезпеку і знижує безпечну експлуатацію станції. Крім того, додатково потрібно пристрій для охолодження газу перед скиданням у магістральний газопровід. В основу винаходу поставлена задача удосконалення газорозподільної станції з енергетичною установкою шляхом підвищення безпеки при її експлуатації, а також спрощення її конструкції. Поставлена задача вирішується за рахунок того, що газорозподільна станція, що містить магістральний газопровід із пристроєм, що редукує, газотурбінний двигун з теплообмінником-утилізатором на виході і турбодетандер з електро-генератором, кінематичне з'єднаним з газотурбінним двигуном, споряджена підігрівником газу, підключеним по теплоносію до входу і виходу теплообмінника-утилізатора, а по середовищу, що нагрівається, відповідно, входом до магістрального газопроводу перед редукувальним пристроєм, а виходом — до магістрального газопроводу після редукувального пристрою.

Спорядження газорозподільної станції підігрівником газу, підключеним по теплоносії до входу і виходу теплообмінника-утилізатора, дозволяє за рахунок підігріву відібраного із магістрального газотрубопроводу газу в підігрівнику, виключити можливість виникнення пожежонебезпечної ситуації, і як наслідок підвищити безпеку газорозподільної станції при її експлуатації. Крім того, при цьому газ на виході із турбодетандера має температуру припустиму для безпосереднього скидання в магістральний газопровід, без додаткового охолодження в спеціальному пристрої, що дозволяє спростити конструкцію енергетичної установки.

На рисунку³ зображена схема запропонованої енергетичної установки для утилізації енергії надлишкового тиску газу на газорозподільній станції.

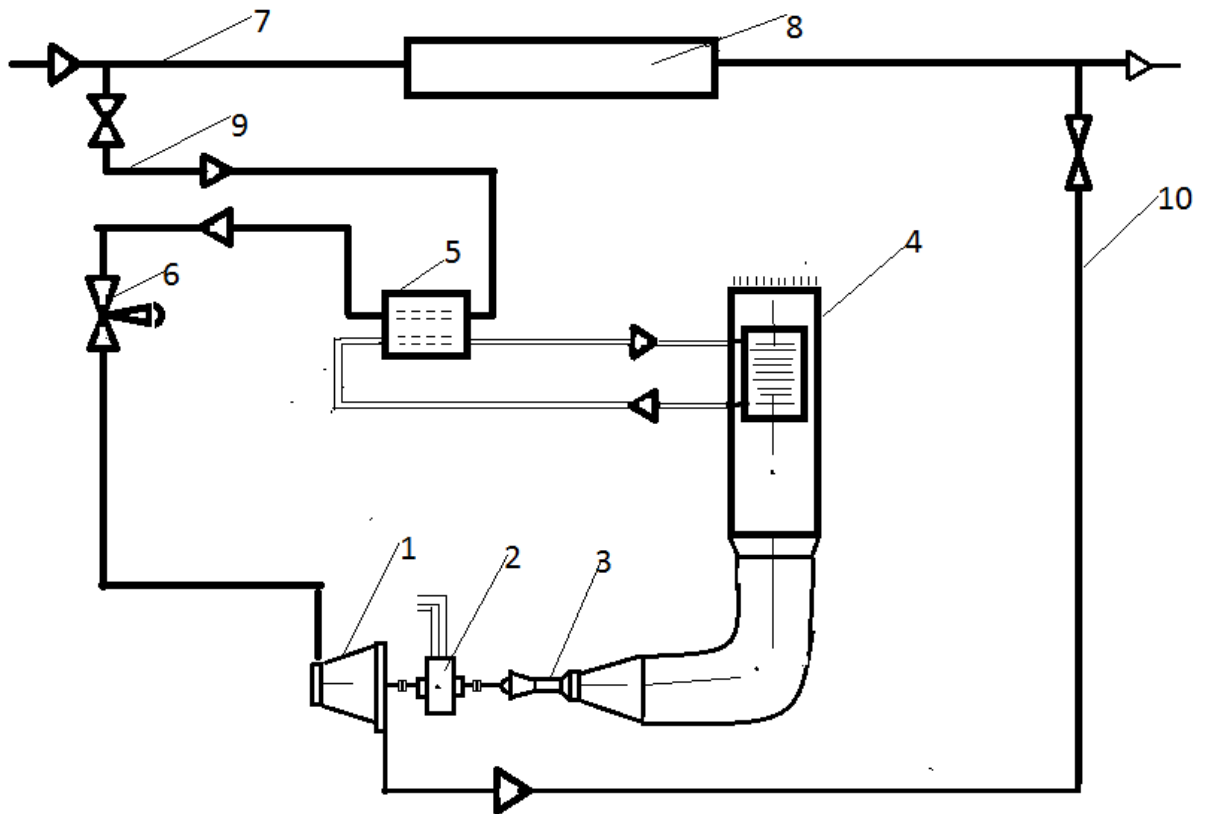


Рисунок 1.3 - установки для утилізації енергії надлишкового тиску газу на газорозподільній станції

Енергетична установка містить турбодетандер (1) з електрогенератором (2), газотурбінний двигун (3) з теплообмінником-утилізатором (4) на виході, підігрівник газу (5), регулювальний клапан (6), а також магістральний газопровід (7) з редукувальним пристроєм (8), вхідний (9) і вихідний (10) трубопроводи.

Пропонована енергетична установка працює таким чином: природний газ високого тиску відбирається із магістрального газопроводу (7) перед редукувальним пристроєм (8) і по вхідному трубопроводу (9) надходить у підігрівник газу (5), де підігрівається теплоносієм, що надходить з теплообмінника-утилізатора (4). Підігрів теплоносія здійснюється вихлопними газами газотурбінного двигуна (3).

З підігрівника (5) газ після дроселювання до заданого тиску в регулювальному клапані (6) подається в турбодетандер (1). За рахунок надлишкового тиску газ обертає турбіну турбодетандера (1) і з'єднаний з ним

електрогенератор (2), до якого підключений і газотурбінний двигун (3) для передачі йому своєї вироблюваної потужності. Газ низького тиску, що розширився і охолодився, після турбодетандера (1) надходить по вихідному трубопроводу (10) у магістральний газопровід (7) після редукувального пристрою (8).

1.3 Постановка задачі

Отже, із проведеного аналізу відомих методів виробництва електроенергії за рахунок потоку газу в газопроводі, можна зробити висновок про обмежену інформацію вироблення електроенергії в даний спосіб. Перевагою є наявність постійного ресурсу для виробництва електроенергії — потоку газу. В порівнянні з іншими методами, даний винахід не залежить від погодніх умов та інших зовнішніх факторів.

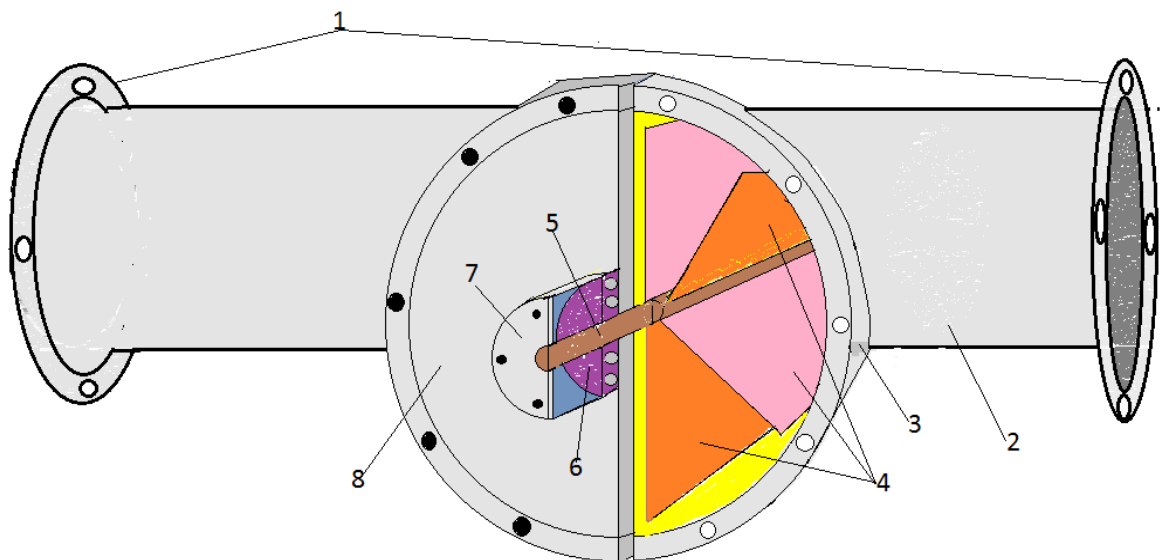
Усе вказане вище підтверджує ефективність використання енергії потоку природного газу.

2. РОЗРОБКА ПЕРЕТВОРЮВАЧА ЕНЕРГІЇ ГАЗУ В ЕЛЕКТРИЧНУ

2.1. Будова та принцип роботи перетворювача

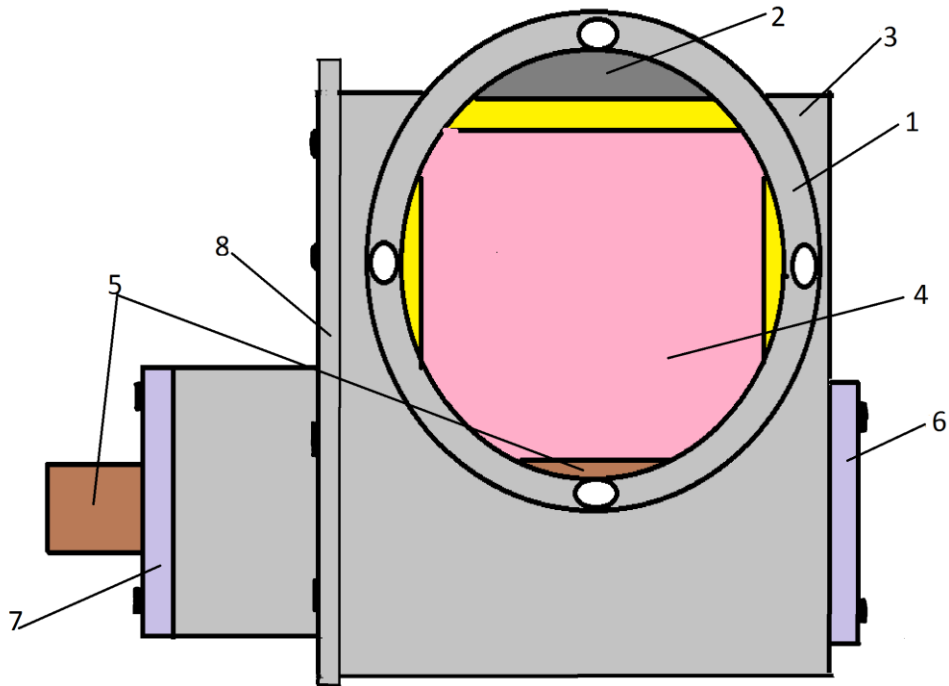
В магістерській роботі описано перетворювач енергії газу в електричну енергію (надалі — перетворювач), який немає обмеження в: об'ємі, описі, місці встановленні, способах та умовах використання, схемах, рисунках, розмірах, матеріалах, тощо.

Перетворювач встановлюється на розподільному газопроводі середнього тиску (рисунок 2.1). Перед ним необхідно встановити запірну арматуру для регулювання подачі природного газу та обвідну лінію навколо виробу (з встановленням запірної арматури до та після виробу). В разі виходу з ладу, для проведення ремонту та обслуговування, подача газу здійснюється по байпасній лінії перетворювача. Також слід встановити манометри для контролю тиску до та після перетворювача.



1-фланці; 2-стальна труба для проходження газу; 3.-стальна труба з вмонтованими лопатями; 4-лопаті; 5-вал; 6-підшипник; 7-мала кришка; 8-велика кришка.

Рисунок 2.1-Перетворювач енергії газу в електричну енергію



1-фланець; 2-.металевий бар'єр; 3-стальна труба з вмонтованими лопатями; 4-лопаті; 5-вал; 6-мала права кришка;7-мала ліва кришка; 8-велика ліва кришка.

Рисунок 2.2-Перетворювач руху газу

На рисунках 2.1 і 2.2 зображено перетворювач енергії газу в електричну енергію. Ключовим елементом є вал (5) з лопатями (4) перпендикулярний до труби (2). Сам перетворювач кріпиться фланцевими з'єднаннями (1) до розподільного газопроводу середнього тиску. Вал фіксується на двох підшипниках (6) по різних кінцях. Вал та лопоті виготовленні з алюмінію, для зменшення маси та затрати зусилля при приведення валу в дію. Перетворювач складається з двох бокових кришок. Права мала кришка необхідна для зняття або заміни підшипника та втулок. Ліва велика кришка необхідна для зняття самого валу з лопатями. На великій кришці теж наявна мала кришка для зняття або заміни підшипника та втулок.

2.2. Місце встановлення та принцип роботи

Газ який рухається по трубі проходить через даний перетворювач, тисне на лопаті, розкручує вал, оберти передаються через ремінь на ротор генератора. Обертаючий ротор розташований всередині статора. При обертанні ротора в обмотці статора виникає електромагнітне поле, що утворює перемінний струм. Чим більше обертів, тим більша сила струму. Робочий тиск складає 2 атм. Кількість обертів, які може здійснити вал, залежить від об'єму відібраного природного газу на даній ділянці. Чим більший відбір, тим більша швидкість потоку газу, який збільшує кількість обертів валу. При малому відборі газ тисне на передню і на задню частини лопаті, що не дає можливість привести її в дію.

Розглянута нижче схема показує фактичне місце проведення експерименту та встановлення перетворювача на газопроводі.

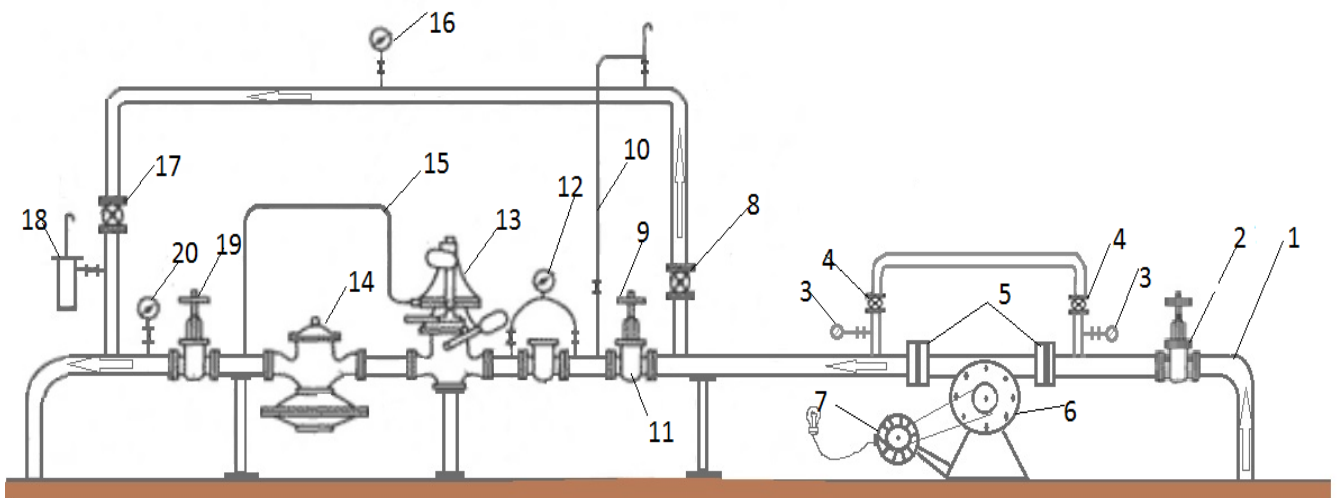


Рисунок 2.3 – Замірня ділянка для проведення експерименту

1-засувка перед перетворювачем та ШРП; 2-манометр байпасної лінії перетворювача перед першою засувкою байпасної лінії по ходу газу; 3-засувка на вході байпасної лінії перетворювача; 4-засувка на виході байпасної лінії перетворювача; 5-манометр після засувки на виході байпасної лінії; 6-перетворювач; 7-генератор; 8-перша засувка байпасної лінії ШРП по ходу газу; 9-засувка на вході ШРП; 10-контрольна трубка; 11-фільтр; 12-манометр

до\після фільтру; 13-запобіжно-запірний клапан; 14-регулятор тиску; 15-імпульсні трубки регулятора тиску; 16-манометр байпасної лінії ШРП; 17-вихідна засувка байпасної лінії ШРП; 18-запобіжно-скидний клапан; 19-засувка після ШРП; 20-манометр після вихідної засувки.

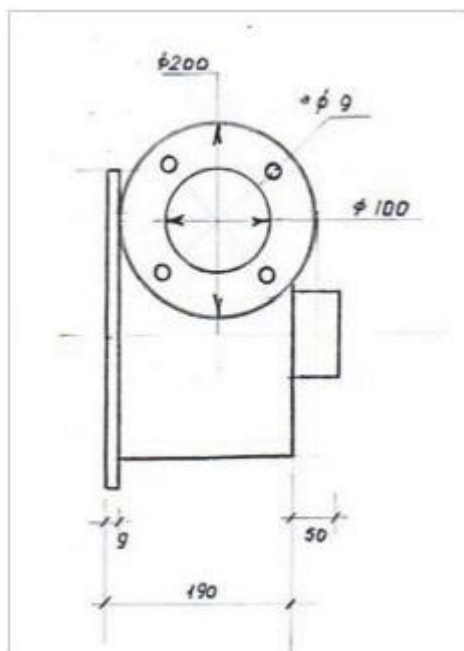


Рисунок 2.4- Фронтальне зображення перетворювача

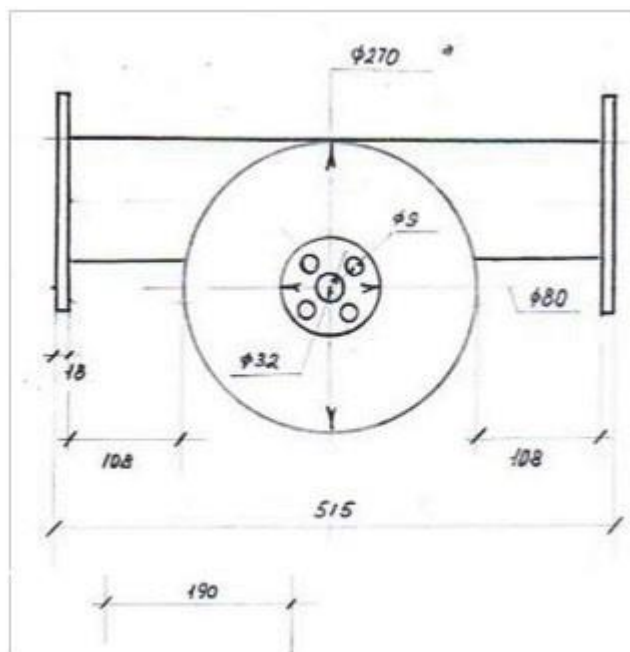


Рисунок 2.5-Зображення перетворювача справа

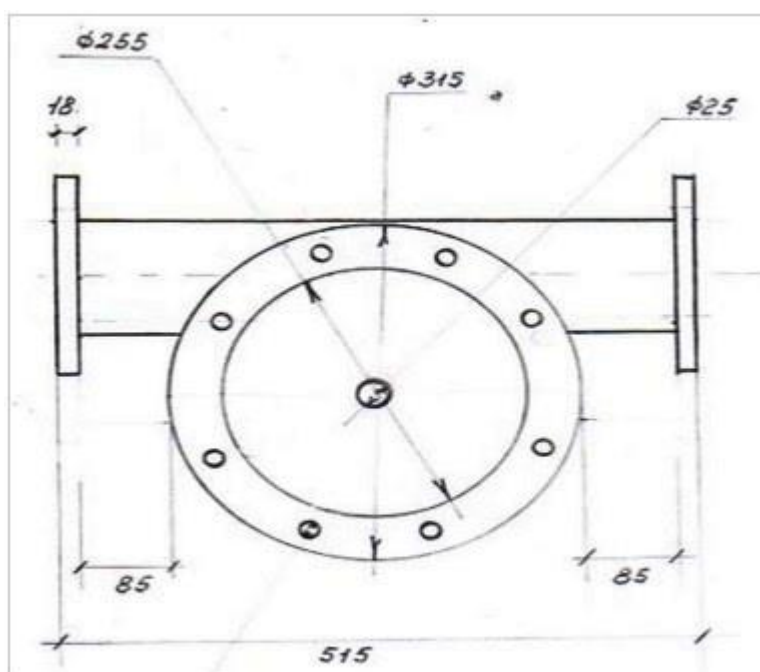


Рисунок 2.6-Зображення перетворювача зліва

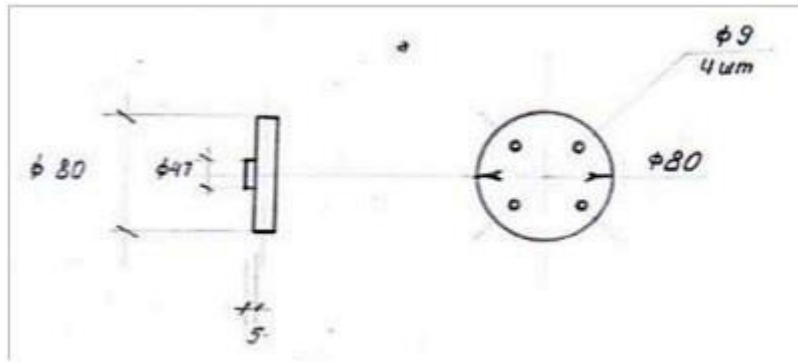


Рисунок 2.7- Мала права кришка

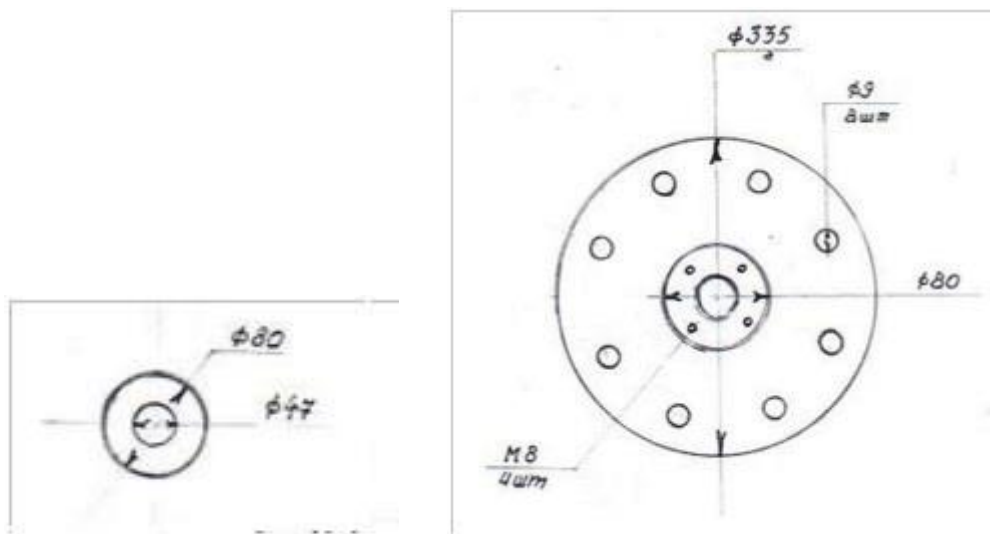


Рисунок 2.8-Підшипник

Рисунок 2.9-Велика ліва кришка



Рисунок 2.10 - Вигляд вхідного фланця зверху



Рисунок 2.11 - Вигляд вхідного фланця справа.

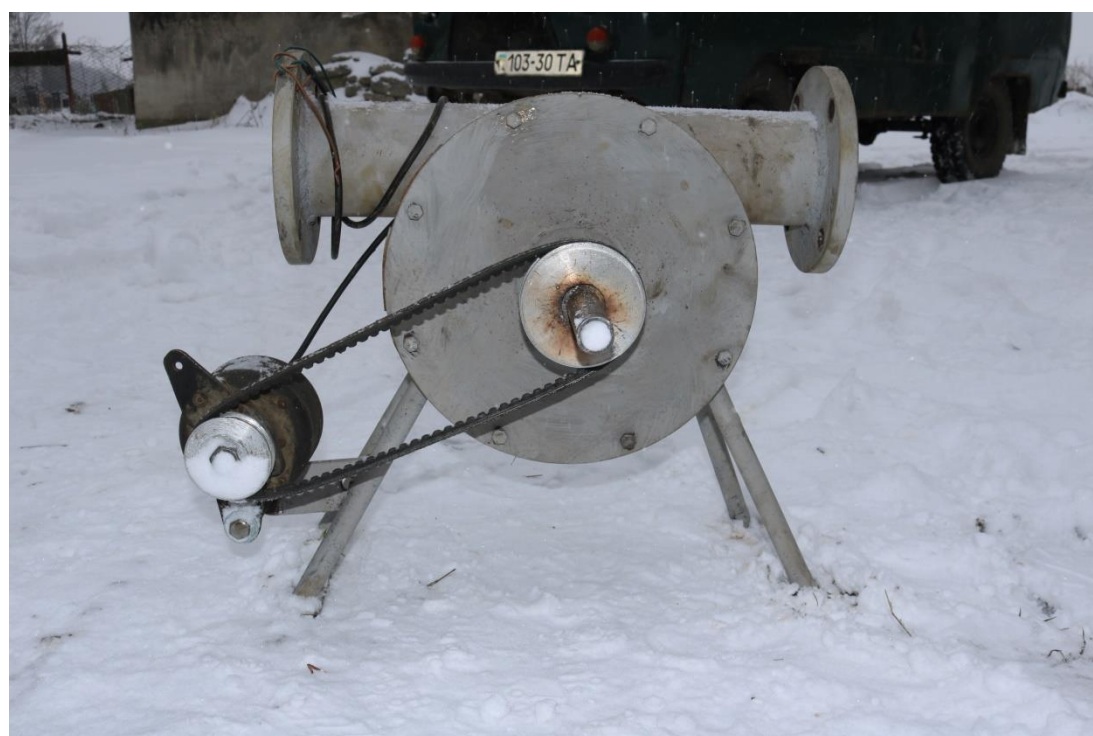


Рисунок 2.12-Вигляд вхідного фланця зліва



Рисунок 2.13 - Вигляд вхідного фланця спереду

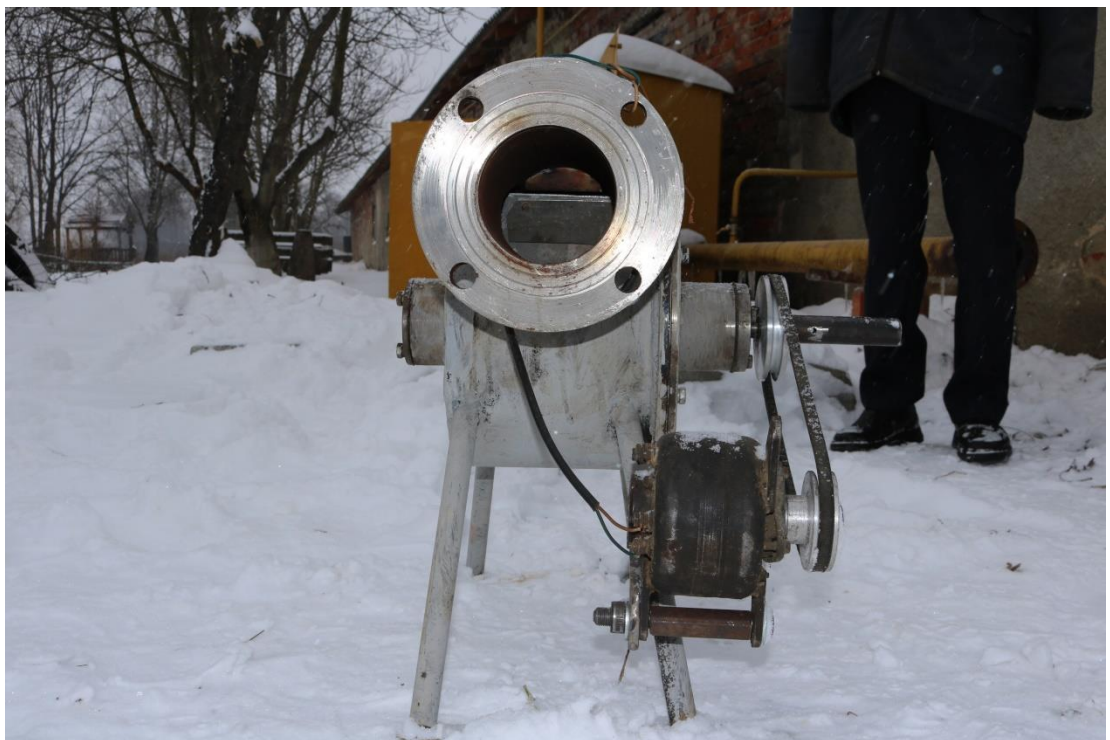


Рисунок 2.14 - Вигляд вхідного фланця ззаду

3. МЕТРОЛОГІЧНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ПЕРЕТВОРЮВАЧА ЕНЕРГІЇ ГАЗУ В ЕЛЕКТРИЧНУ ЕНЕРГІЮ

3.1. Планування експериментальних досліджень

Дослідження планується проводити у відділеннях ПАТ, які обслуговує розподільчі мережі районів області. Таким чином здійснюється розподіл природного газу для певної кількості абонентів.

Експеримент проводиться на одному із ШРП перед населеним пунктом (н/п), в якому є за кільцьована газова мережа. Якщо при проведенні експерименту вийде з ладу перетворювач або заклинить вал з лопатями, що зупинить подачу газу до н/п, безперебійна подача газу здійснюватиметься через інші ГРП/ШРП.

При проведенні експерименту слід дослідити наступне:

1. Визначити чи відбувається падіння тиску газу при витраченій енергії, яка призводить в рух вал з лопатями;
2. Визначити кількість обертів валу з лопатями за хвилину при наявному тиску газу;
3. Визначити мінімальну кількість обертів для приведення в рух генератора;
4. Визначити кількість обертів, необхідну для нормальної роботи генератора та достатню для вироблення електричного струму;
5. Головне завдання — чи даний перетворювач та запропонований спосіб забезпечить виробництво електроенергії.

Перед початком виконання експерименту, випробуємо перетворювач.

Етап 1. Перетворювач встановлений на розподільчий газопровід середнього тиску. Поступово відкривалася запірна арматура перед перетворювачем та здійснювалась подачу газу. Робочий тиск склав 2 атм. При

даних умовах вал в дію не приводиться. Причиною стало, на мою думку, недостатній відбір природного газу в газопроводі, що створило однаковий тиск перед лопатями та після них, що рівномірно тиснуло з усіх сторін на всі лопаті валу.

Крім цього, перетворювач знаходиться в двох метрах перед шафорозподільним пунктом, що здійснює пониження тиску газу з середнього (2 атм) до низького (0,5 атм) та сповільнює швидкість руху газу в газопроводі. В середині перетворювача, між верхніми частинами лопаті та верхньої частини труби, наявний просвіт в 2 см, через який проходив газ та не створював зусилля на лопаті.

Етап 2. Встановлено металеву пластину між верхньою частиною лопаті та верхньої частини труби. Щоб не пропускати газ, всю енергію потоку газу концентрувати на лопаті та приводити її в рух. Проведено послідовність дій як в етапі 1, однак не отримано позитивного результату.

Етап 3. Здійснено заміну металевого валу з лопатями на алюмінієвий. Зменшивши вагу буде затрачатися менше зусилля для приведення в дію валу. Було проведена послідовність дії як в етапі 1, однак не отримано позитивного результату.

Етап 4. Враховуючи попередні спроби, слід збільшити відбір природного газу. Це збільшить швидкість газу та приведе в дію вал з лопатями. Для випрямлення та напрямку потоку газу в одну точку лопаті, встановлено перехідник на вхідному фланці перетворювача по ходу газу. Перехідник — металевий конус, який переходить від діаметру труби $d 110$ до $d 32$ і скеровує потік газу на центральну частину лопоті.

Як видно на Рисунку 6, перетворювач знаходиться зразу після запірної арматури, по якій проходить газ по газопроводу через коліно під кутом 90° . На мою думку, була недостатня відстань від коліна газопроводу до перетворювача для випрямлення потоку газу, що не давало достатньої сили потоку для приведення в рух вал з лопатями.

Збільшення відбору природного газу здійснено наступним чином. Як зазначалося раніше, експеримент проводиться на одному з ШРП перед населеним пунктом. Припинивши подачу газу на одному ГРП\ШРП, відбувається збільшення відбору природного газу з іншого ГРП\ШРП.

Було обмежено подачу газу на одному з ШРП перед н/п, чим збільшився відбір природного газу на ШРП, де проводиться експеримент. Послідовність дій, як в етапі 1 призвело в рух валом з лопатями.

3.2. Проведення експериментів.

Експеримент 1. Відкриваємо поступово запірну арматуру та подаємо природній газ на перетворювач. Це робиться для того, щоб не відбулося гідравлічного удару, який виведе з ладу перетворювач.

Необхідно з'ясувати, чи відбулася зміна тиску газу до та після перетворювача. Через відсутність можливості встановити манометр перед перетворювачем, було зафіксовано робочий тиск на манометрі в ШРП до встановлення перетворювача. Тиск склав 2 атм.

Після встановлення перетворювача, перевіряємо тиск газу на цьому ж манометрі. Тиск склав 1,9 атм.

Результат вимірювання показав, що перепад тиску після перетворювача складає 0,1 атм. Нам вдалося виконати перший пункт завдання експерименту.

Експеримент 2. До валу прив'язали нитку, яка намотувалась на вал протягом хвилини. Для виконання пунктів 2 і 3 завдань експерименту, виконуємо послідовність дій як в Експерименті 1.

Розмотавши нитку ми заміряли загальну довжину нитки — 18 054 см. Діаметр валу 9,5 см. Для визначення кількості обертів валу за хвилину при робочому тиску в 2 атм скористаємося формулою:

$$T_1 = \frac{L}{d} \quad (3.1)$$

де T — кількість обертів за 1 хв, L — довжина нитки, d — діаметр валу.

В результаті обчислень отримали $T_1=1\ 900$ об.

Тепер ротор з'єднуємо з валом перетворювача ремнем, який кріпиться на шків валу та шків ротора. Знову кріпимо нитку, яка намотувалася на вал протягом 1 хв. Відкриваємо поступово запірну арматуру та подаємо природній газ на перетворювач. Довжина $L=3\ 540$ см. В результаті обчислень отримали $T_2=372$ об.

Результат вимірювання показав, що кількість обертів валу з лопатями за хвилину при наявному тиску газу без приєднання до ротора становить 1 900 обертів, та з приєднанням до ротора — 372 оберти.

Різниця обертів валу з під'єднанням до ротора та без під'єднання, є опором ротора R :

$$R = T_1 - T_2 \quad (3.2)$$

Отримали $R=1\ 528$ обертів.

Щоб подолати опір ротора та привести його в дію необхідно 1 528 обертів.

Експеримент 3. Даний експеримент має визначити доцільність перетворювача та спроможність його виробляти електроенергію в достатній кількості для подальшої передачі в електромережу.

Для визначення сили струму, до кабелю з'єданого з генератором, підключено ручний вольтметр. Здійснено поступову подачу природного газу. Вал перетворювача через ремінь передавав зусилля на вал ротора генератора. Вольтметр показав значення в 12 вольт. Далі було приєднано лампочку в 12 вольт, яка засвітилась. Під'єднаний амперметр показав значення в 1,5 А:

$$P = I \cdot U \quad (3.3)$$

де P — значення ват (Вт), I — значення ампер (А), U — значення вольт (V).

В результаті обчислень отримали $P=18$ Вт/год, що складає 0,018 кВт/год.

За результатами даного експерименту ми підтвердили, що перетворювач виробляє електроенергію.

3.3. Аналіз складових сумарної похибки

Вимірювання реалізується як сукупність операцій у застосуванні технічного засобу, що зберігає одиницю фізичної величини (ФВ), яка забезпечує знаходження співвідношення (у явному або неявному вигляді) вимірюваної величини з її одиницею і отриманням значення цієї величини. За характером зміни вимірюваної величини в часі вимірювання поділяються на статичні та динамічні. Статичні вимірювання — це вимірювання, при яких протягом певного проміжку часу вимірювана величина майже не змінюється або ж її значення змінюється поступово, відповідно до процесу виробництва. Статичні вимірювання використовуються, як правило, для встановлення взаємозв'язку між фізичними величинами одного і того самого об'єкта дослідження. Вони застосовуються у пасивних експериментах і забезпечують задовільний рівень наочності при зміні вимірюваних величин за певний проміжок часу (годину, зміну, добу). Динамічні вимірювання — вимірювання, які показують зміну вимірюваної величини в часі при різних збуреннях, що впливають на об'єкт дослідження або ж на засіб вимірювання.

Процес вимірювання, незалежно від умов, в яких його проводять, завжди супроводжується похибками, які унеможливають отримання дійсного значення вимірюваної величини. Джерела похибок при вимірюваннях наступні: недосконалість конструкції засобів вимірювань або принципової схеми методу вимірювання; неточність виготовлення засобів вимірювань; недотримання зовнішніх умов при вимірюваннях; суб'єктивні похибки і таке інше.

Перелічені джерела похибок можна визначити і у нашому вимірюванні при проведенні експерименту.

Похибка властива будь-якому вимірюванню і є важливим показником якості вимірювань. Вказуючи результат вимірювання, необхідно наводити характеристику похибки, з якою він отриманий. Адекватним похибці є інший показник якості вимірювань — точність вимірювання.

Практична цінність вимірювання визначається кількісно за оцінкою відхилення результату вимірювання від істинного значення вимірюваної фізичної величини, тобто визначенням похибки. Виникнення похибок вимірювань зумовлено впливом різноманітних за фізичною природою факторів, що супроводжують вимірювання. Аналітичний підхід до визначення похибок заключається в розподілі їх на складові, кожна з яких викликана певними факторами. Дослідження джерел складових похибки проводяться експериментально, визначаючи властивості похибки та з необхідною точністю оцінюючи її складові. Знаючи властивості й оцінки складових, можна правильно врахувати їх при оцінці сумарної похибки, а також при необхідності ввести поправку в результат вимірювання або організувати вимірювальний експеримент так, щоб звести окремі складові, а з ними й сумарну похибку до допустимого значення. Для підвищення об'єктивності оцінки похибок вимірювань і визначення шляхів їх зменшення, з метою покращення якості вимірювань необхідно знати джерела виникнення різних складових сумарної похибки вимірювань і закономірності їх зміни. Похибки вимірювань класифікують за такими ознаками:

- 1) за джерелом виникнення;
- 2) за закономірністю або характером зміни;
- 3) за формою або способом відображення кількісних характеристик похибки вимірювань.

3.3.1. Дослідження джерел похибок

Складові похибок вимірювання та їх джерела групуємо у відповідності до основних структурних елементів процесу вимірювання та класифікуємо наступним чином. Методична складова похибки вимірювання зумовлена недосконалістю методу вимірювання. Методичні похибки прямих вимірювань наступні:

1. Похибка, зумовлена неадекватністю фізичної моделі об'єкта вимірювання (ОВ) до реального об'єкта та задачі вимірювання. Дослідник чітко розмежовує фактично вимірювану величину за прийнятою фізичною моделлю ОВ від тієї фізичної величини, що реально відтворює досліджувану властивість ОВ і підлягає вимірюванню. Невідповідність прийнятої фізичної моделі ОВ (порогова невідповідність) викликає складову методичної похибки, яка обмежує точність вимірювання, оскільки фізична модель ОВ визначає вимірювану величину, а звідси — вибір методу вимірювання і засобу вимірювальної техніки.

2. Похибка, яка зумовлена зміною залежності між вимірюваною і проміжною величинами, якщо при вимірюваннях використовується проміжне перетворення засобу вимірювальної техніки (ЗВТ).

3. Похибка передавання розміру вимірюваної величини від ОВ до ЗВТ. Тобто фізичне з'єднання ЗВТ з ОВ не завжди здійснюється так, щоб розмір вимірюваної величини був однаковий на виході ОВ і на вході ЗВТ (похибка створена з'єднувальними проводами між ОВ і ЗВТ).

Методичні похибки опосередкованих вимірювань:

1. Похибка обчислень і похибка алгоритмів або програм обчислення.
2. Похибка, зумовлена тим, що функції обчислюються як неперервні, а реально вони є дискретними (вимірювання здійснюються при дискретних значеннях фізичної величини — аргументу).

Особливість методичних похибок вимірювань полягає в тому, що вони, як правило, неконкретні і тому не можуть бути одержані будь-які узагальнені

кількісні оцінки. Причина виникнення є наслідком спрощень або допущень, застосування емпіричних формул і залежностей (вимірювання твердості металів різними методами: Роквелла, Брінелля, Вікерса та ін.). Враховуючи це, методичні похибки не нормуються і не вказуються в технічній документації, а оцінюються дослідником при реалізації вибраного методу вимірювань із врахуванням конкретних умов експлуатації ЗВТ.

Така оцінка досить складна і часто потребує ґрунтовного експериментального дослідження прийнятого методу вимірювань. Якщо метод апробований протягом тривалого часу, то його похибки можуть бути встановлені і записані в паспорт методу. Складання подібних атестаційних паспортів похибок стандартних методів вимірювань є одним з важливих завдань сучасної метрології. Інструментальна складова похибки вимірювання зумовлена властивостями та недосконалістю засобів вимірювальної техніки, які використовуються при вимірюванні. Якістю виготовлення та стабільністю мір вимірювальних приладів і перетворювачів, унаслідок зношення (розмір кінцевої міри довжини зменшується, величина зношення залежить від інтенсивності використання), способом градування та похибкою відліку та градування вимірювальних приладів (ціна поділки аналогових або одиниця найменшого розряду цифрових) та взаємодією тих засобів з об'єктом вимірювання.

Суб'єктивна складова похибки вимірювання може виникати через недосвідченість і неуважність спостерігача у момент відліку показу. Тобто залежить від індивідуальних властивостей дослідника, що виконує вимірювання, від його психофізіологічних якостей, зокрема, від недосконалості органів чуття (зору, слуху, швидкості реакції на сигнал), від здатності до концентрації уваги, від ступеня стомленості (швидкість реакції на сигнал різна у різних осіб). Велику роль відіграє кваліфікація експериментатора.

Суб'єктивна похибка вимірювання характерна для аналогових вимірювальних приладів і є двох видів.

Першим видом суб'єктивної похибки вимірювань є похибка відліку, яка зумовлена округленням показів під час їх відліку оператором зі шкали аналогового вимірювального приладу. Вона проявляється в тому, що однаковий показ приладу, який, наприклад, дорівнює 56,3 поділки, один оператор зчитує правильно, другий — як 56,0, третій — як 56,5 і т.д.

В проведеному експерименті можлива похибка відліку при обрахунку кількості обертів валу перетворювача без/з приєднання до генератора. Можлива похибка експериментатора, що здійснював відлік хвилини секундоміром, так і експериментатора, що контролював кількість намотаної нитки на вал для визначення обертів.

Другим видом суб'єктивної похибки вимірювань є похибка паралакса, обумовлена взаємним розташуванням ока експериментатора, стрілки вказівника і шкали аналогового вимірювального приладу. Суб'єктивні похибки не можуть бути заздалегідь передбачені і вказані в технічній документації аналогових вимірювальних приладів. У цифрових вимірювальних приладах операція округлення виконується автоматично, а похибка округлення, що виникає при цьому, називається похибкою квантування, вона нормується і вказується в технічному описі приладу. Виключення суб'єктивної складової похибки вимірювання досягають застосуванням спеціальних типів шкал, використанням цифрового відліку і автоматизацією одержання результату вимірювання. Таким чином, суб'єктивні похибки вимірювань наразі не можуть бути оцінені кількісно, а тому вони не входять у математичну модель сумарної похибки вимірювань.

В проведеному експерименті похибка паралакса можлива при вимірюванні тиску манометром до/після перетворювача.

3.3.2. Характеристика похибок вимірювань за закономірністю їх зміни

У процесі багаторазового проведення експерименту можлива поява окремих результатів спостережень, що різко відрізняються від інших. Ці спостереження призводять до появи випадкових похибок, які істотно перевищують очікувані за даних умов. Промахи слід виявити й відкинути як явно помилкові результати спостережень. Випадкова складова похибки характеризує відхилення окремого результату спостереження від певного центра їх групування, систематична — зміщення цього центра групування відносно істинного значення вимірюваної величини. Різні засоби вимірювальної техніки мають похибки, характер прояву яких може істотно відрізнятися: в одних — похибка практично адитивна, в других — в основному мультиплікативна, в третіх — є і адитивна, і мультиплікативна.

В кожному конкретному засобі ВТ можуть бути і випадкові, і систематичні складові похибки. При цьому слід урахувати також умови експлуатації засобів вимірювальної техніки. Якщо складові похибки вимірювання залишаються сталими або закономірно змінюються, то для їх розрахунку і сумування використовують методи функціонального аналізу. Якщо ж складові похибки вимірювання змінюються стохастично (випадково), то для їх розрахунку та сумування застосовують методи теорії ймовірностей і математичної статистики.

Випадкова похибка — це складова похибки вимірювання, що змінюється випадково (непередбачено за значенням і знаком) при повторних вимірюваннях того самого розміру фізичної величини. Поява випадкових похибок зумовлена, в основному, дією на метрологічні характеристики ЗВТ великої кількості внутрішніх і зовнішніх факторів, що змінюються випадково, тобто випадкові похибки є, як правило, інструментальними.

До інструментальної похибки можна віднести об'єм газу що проходить по газопроводу, який постійно змінюється в залежності від споживання газу

споживачами. А споживання газу залежить від температури зовнішнього середовища. Чим нижча температура, тим більше споживання.

Крім того, джерелом випадкової похибки може бути суб'єктивний фактор. Випадкова складова похибки не може бути виключена з результату вимірювання, але може бути зменшена при статистичній обробці багаторазових спостережень.

Окремий вид випадкових похибок складають грубі похибки, що виникають як окремі результати спостережень, різко відрізняються від інших. Такі похибки називають надмірними. До них належать ті похибки, реальні значення яких істотно перебільшують очікувані значення, відповідні основним компонентам процесу вимірювання.

Причинами грубих похибок є: помилки оператора, несправність і неправильне застосування ЗВТ, короткочасні і різкі зміни умов вимірювання (короткочасна втрата живлення в будь-якому електричному колі, збій від імпульсних завад, механічний удар і т.д.). Особливо великі за значенням грубі похибки називають надлишковими, що виникають через дії оператора — порушенням правил експлуатації ЗВТ, помилками при відліку та записі результатів вимірювань. Грубі похибки доцільно виявляти і виключати з розгляду. Для їх виявлення існують статистичні методи. Результат вимірювання, одержаний з надмірними похибками, називають промахом, або аномальним результатом вимірювання. Вони можуть бути наслідком неправильного відліку за шкалою приладу, помилки під час визначення ціни поділки шкали манометра або запису результату вимірювання, різкого поштовху в момент відліку показів (гідравлічний удар), стрибка напруги живлення вимірювальної системи тощо. Промахи настільки очевидні, що є досить помітними для досвідченого оператора на етапі попереднього аналізу результатів вимірювань. Вони повинні бути, обов'язково, вилучені з подальшого розгляду.

Систематична похибка — це складова похибки вимірювання, яка при повторних вимірюваннях того самого розміру фізичної величини залишається

постійною або змінюється за певним законом. Систематичні похибки можуть бути методичними, інструментальними і суб'єктивними.

Окремі інструментальні похибки ЗВТ, будучи систематичними для конкретного зразка ЗВТ, переходять у розряд випадкових для групи однакових ЗВТ. Наприклад, неточність градування їх шкал. Це стосується і методичних похибок вимірювань. За характером зміни від вимірювання до вимірювання розрізняють сталі та змінні систематичні похибки вимірювань.

Сталі систематичні похибки — сталі за значенням у будь-який час вимірювань. До них належать методичні похибки, інструментальні похибки (неточність міри, вхідного подільника напруги і градування приладу) і суб'єктивні похибки досвідчених операторів. Присутність у результатах вимірювань сталих систематичних похибок є найбільш небезпечною, оскільки їх важко виявити. Це пов'язано з тим, що така похибка, на відміну від випадкових та інших видів систематичних похибок, ніяк себе не проявляє при повторних вимірюваннях. Для її виявлення часто потрібно проводити спеціальні метрологічні дослідження (звірення показів робочого ЗВТ з показами зразкового ЗВТ, тобто повірка). Особливістю сталих систематичних похибок є те, що вони можуть бути передбачені і усунуті введенням відповідних поправок, знайдених один раз на весь термін служби або на міжповірочний інтервал даного ЗВТ.

Змінні систематичні похибки змінюються в процесі вимірювання за певним законом у функції часу (або від вимірювання до вимірювання), тобто детерміновано. За характером зміни їх поділяють на: прогресуючі, періодичні та змінні за складним законом. Прогресуючими (або дрейфуючими) називають систематичні похибки, які монотонно збільшуються або зменшуються в часі. Вони, як правило, викликаються процесами старіння тих чи інших вузлів і елементів ЗВТ\Перетворювача: розрядження автономних джерел живлення, старінням резисторів і конденсаторів, деформацією механічних деталей і т.д. Особливістю прогресуючих похибок є можливість корекції шляхом введення поправок у результати вимірювань лише в задані моменти часу. Тобто,

прогресуючі похибки потребують безперервної корекції і тим частіше, чим меншим повинно бути їх залишкове значення. Зміна величини прогресуючих похибок являє собою випадковий процес.

Періодичні систематичні похибки — похибки, значення яких є періодичною функцією часу або функцією переміщення вказівника вимірювального приладу. Такі похибки зустрічаються в індикаторах годинникового типу. На приладах з круговою шкалою і стрілкою, якщо вісь стрілки індикатора зміщена щодо центру шкали на деяку величину, то похибка $\Delta\varphi$ змінюється за синусоїдальним законом $\Delta\varphi=e\times\sin\varphi$, де e — ексцентриситет (зсув центру шкали); φ — кут повороту стрілки в процесі вимірювання, відлічуваний від прямої, що проходить через центр шкали і вісь повороту стрілки).

Систематичні похибки можуть змінюватися також за складним законом за рахунок сумісної дії декількох систематичних похибок. Похибка міри довжини, яка виникає при відхиленні температури, при якій виконуються вимірювання, до нормальної температури. За складним законом систематична похибка змінюється в тому випадку, коли вона викликається декількома факторами, кожний з яких змінюється за певним законом, властивим цьому фактору.

Таким чином, у загальному випадку сумарна похибка результату вимірювання складається з систематичної і випадкової складових, тому її слід розглядати в цілому як випадкову величину.

3.3.3. Характеристика похибок вимірювань за формою та способом відображення

Для кількісної оцінки впливу повної похибки, а також її систематичної і випадкової складових на результат вимірювання використовують показники якості вимірювань: точність, правильність, збіжність, відтворюваність і достовірність.

Точність вимірювань характеризується відносною похибкою вимірювань (чим менша відносна похибка, тим вища точність вимірювань) і наближеністю до істинного значення.

Правильність вимірювань — показник якості вимірювань, що відбиває близькість до нуля систематичних похибок у результатах вимірювань. Правильність характеризує вплив систематичної похибки на результат вимірювання.

Збіжність вимірювань — показник якості вимірювань, що відбиває близькість між собою результатів вимірювань того самого розміру фізичної величини, які виконуються повторно тими самими методами вимірювань і засобами вимірювальної техніки в однакових умовах. Збіжність результатів вимірювань відображає близькість до нуля випадкової похибки.

Відтворюваність (повторюваність у встановлених границях похибки) вимірювань визначається близькістю між собою результатів вимірювань того самого розміру фізичної величини, які отримують у різних місцях і в різний час виконання експерименту, різними методами вимірювань і засобами вимірювальної техніки, але приводять до однакових умов виконання вимірювань (температури, тиску, вологості та інших впливових величин). Збіжність і відтворюваність можуть бути оцінені кількісно дисперсією результатів вимірювань.

Достовірність вимірювань — показник якості вимірювань, що характеризує ступінь довіри до отриманого результату. Достовірність оцінки похибок визначають на основі законів теорії ймовірності та математичної статистики. Це дає можливість для кожного конкретного випадку вибирати засоби і методи вимірювань, що забезпечують отримання результату, похибка якого не перевищує заданих меж з необхідною достовірністю.

Поняття про ймовірнісні та статистичні характеристики похибок вимірювань та області їх використання. Випадкові похибки у результатах вимірювання призводять до того, що при повторних вимірюваннях того самого розміру фізичної величини результати цих вимірювань будуть відрізнятися, а їх

розсіювання (розкид) буде мати випадковий характер. При окремому вимірюванні випадкова похибка викликається численними причинами і врахувати їх при вимірюваннях неможливо. Для оцінки випадкових похибок вимірювань, як випадкових процесів чи величин, використовується апарат теорії ймовірності або математичної статистики.

Вводиться відмінність між цими групами характеристик похибок вимірювань: ймовірнісними і статистичними.

Ймовірнісні характеристики похибки вимірювань — це параметри функції розподілу ймовірностей похибки вимірювань, які відображають властивості генеральної сукупності похибок усіх результатів вимірювань, одержаних за даною методикою виконання вимірювань у відомих умовах. Область використання ймовірнісних характеристик похибок вимірювань — технічні вимірювання.

Статистичні характеристики похибки вимірювань — випадкові величини, які являють собою оцінки ймовірнісних характеристик параметрів розподілу ймовірностей похибки вимірювань. Їх визначають експериментально за деякою скінченною кількістю результатів вимірювань (а не з генеральної сукупності) і є предметом вивчення математичної статистики. Статистичні характеристики лише наближаються до характеристик генеральної сукупності похибки вимірювань. Чим більший об'єм вибірки, тим ближче обчислені статистичні характеристики до детермінованих ймовірнісних характеристик генеральної сукупності. При нескінченній кількості вимірювань (спостережень) у серії статистичні характеристики стають такими, що дорівнюють ймовірнісним характеристикам, тобто детермінованими, а не випадковими величинами. Отже, статистичні характеристики похибки вимірювань відображають ступінь близькості до істинного значення вимірюваної величини тільки того єдиного результату вимірювання, який обчислено за даними конкретної серії вимірювань.

Область використання статистичних характеристик похибки вимірювань — лабораторні та експериментальні вимірювання. Таким чином, ймовірнісні

характеристики похибки вимірювань справедливі для будь-якого результату вимірювання, а статистичні характеристики властиві конкретному результату вимірювання, одержаному для конкретного досліджуваного об'єкта за даних конкретних умов.

Важливим процесом при проведенні експерименту є виявлення і вилучення систематичних похибок з результатів вимірювань.

Систематичні похибки, незалежно від характеру їх змінювання в часі при постановці і проведенні вимірювального експерименту, повинні бути виявлені і вилучені з результатів вимірювань або хоча б зменшені, для чого важливо знати джерела і причини їх виникнення. За цією ознакою розрізняють такі систематичні похибки: похибку через неадекватність об'єкта і фізичної моделі вимірювання; похибки методу вимірювання і ЗВТ; похибки, обумовлені дією впливних величин, і суб'єктивну похибку оператора. Систематичні похибки можуть бути викликані одночасно декількома причинами, які треба враховувати при організації вимірювального експерименту і виробленні заходів щодо їх вилучення

3.4. Дослідження складових розширеної невизначеності шляхом побудови причинно-наслідкової діаграми

Аналізуючи найвагомші фактори впливу та джерела виникнення окремих невизначеностей (похибок вимірювання), які впливають на якість результату експерименту, складено діаграму Ісікави

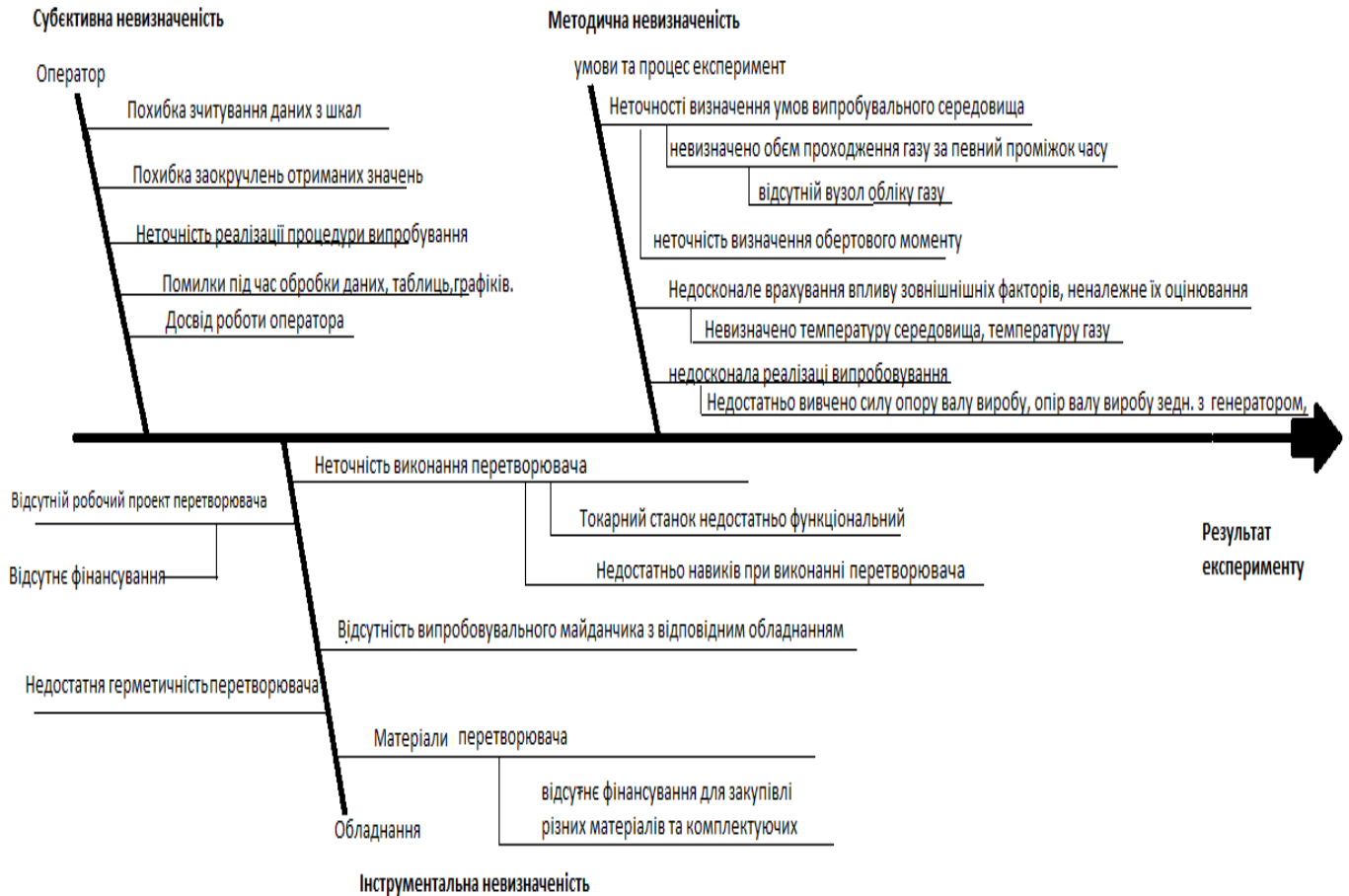


Рисунок 3.1- Причинно-наслідкова діаграма

Розширена невизначеність — інтервал навколо результату вимірювання, в межах якого ймовірно розташована більшість розподілу значень, які з достатнім обґрунтуванням можуть бути приписані вимірюваній величині.

Розраховую на основі причинно наслідкової діаграми сумарну стандартну невизначеність U_c результату вимірювання в даному випадку записую корінь квадратний із суми квадратів наведених джерел невизначеності:

Декілька складових похибки одноразового вимірювання треба об'єднати, подаючи результат вимірювання з розширеною невизначеністю. Для визначення коефіцієнту покриття k необхідно знати вид розподілу і рекомендовану для подання результату імовірність P .

Оскільки розподіл можна вважати рівномірним, то визначають розширену невизначеність як границю інтервалу для рівняння довіри P згідно формули:

$$U = k_1 \sqrt{\sum_{i=1}^n U_i^2} = k_1 \cdot u_c = 0,009 \text{ кВт/год}$$

де $k_1 = k(P) / \sqrt{3}$ - коефіцієнт, що залежить від рівня довіри P , кількості складових, а також співвідношення між складовими.

При значенні коефіцієнта $k_1 = 1,1$ [5], прийнявши рівень довіри $P = 0,95$, отримаємо значення розширеної невизначеності:

ВИСНОВКИ

В даній магістерській роботі проведено дослідження з виробництва електроенергії шляхом перетворення енергії газу на електричну енергію.

Розроблено перетворювач енергії газу в електричну енергію потоку газу в газопроводі середнього тиску. Перетворювач встановлений на розподільному газопроводі, містить вал з лопатями перпендикулярний до труби та руху газу. Газ який рухається по трубі попадає на лопаті та розкручує вал. Оберти передаються на ротор генератора. Обертаючий ротор розташований в середині статора. При обертанні ротора в обмотці статора виникає електромагнітне поле, що утворює перемінний струм. Проведено метрологічний аналіз складових похибок при роботі з перетворювачем, проаналізовано найвагоміші фактори впливу та джерела виникнення окремих невизначеностей (похибок вимірювання), та складено причинно-наслідкову діаграму Ісікави.

Запропонований виріб є простий та не потребує надто складних інженерних рішень.

Наукова новизна роботи: середовище за допомогою якого отримано електроенергію — нетипове .

Практичне значення отриманих результатів: розроблено спосіб отримання електроенергії в нових умовах.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ НА ДЖЕРЕЛА

1. Чеховський С.А., Середюк О.Є., Петришин І.С., Піндус Н.М., Ващишак С.П., Витвицька Л.А., Кононенко М.А., Романів В.М. Метрологія і технологічні вимірювання в нафтогазовій промисловості. Навч. посібник Факел, 2010, с. 500.
2. Н. М. Піндус Метрологія і технологічні вимірювання та прилади в нафтогазовій промисловості: навч. посібник/ С. А. Чеховський, І. С. Петришин, - Івано-Франківськ: ІФНТУНГ, 2010.- 534 с
3. Поліщук Є.С. Методи та засоби вимірювань неелектричних величин: Підручник.- Видавництво Державного університету "Львівська політехніка", 200.- 360 с.
4. Метрологія та вимірювальна техніка : Підручник / Є.С. Поліщук , М.М. Дорожовець, В.О.Яцук, В.М. Ванько, Т.Г. Бойко; За 45ед.. Є.С. Поліщука. – Львів: Видавництво «Бескид Біт», 2003.-544 с.
5. . Кісіль І. С. Метрологія, точність і надійність засобів вимірювань. Навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів.- Івано-Франківськ: Факел, 2002. – 400 с.
6. Вимірювання витрати та кількості газу: Довідник / Андрієшин М.П., Каневський С.О., Марчук Є.Ф., Карпаш О.М., Петришин І.С., Середюк О.Є., Чеховський С.А. – Івано-Франківськ,: ПП "Сімик", 2004.-160 с.
7. Петришин І.С., Сафронов Б.М. Вимірювання тиску. Навчальний посібник.- Івано-Франківськ: Факел, 2004. – 269 с.
8. Ціделко В.Д., Яремчук Н.А. Невизначеність вимірювання. Обробка даних і подання результату вимірювання :Монографія – К.: "Політехніка", 2002 – 176 с.