

ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет програмування та комп'ютерних і телекомунікаційних систем

Кафедра телекомунікацій, медійних та інтелектуальних технологій

КВАЛІФІКАЦІЙНИЙ ПРОЕКТ

Перший (Бакалаврський)

Освітній рівень

Галузь знань 17 Електроніка та телекомунікації

Шифр і назва спеціальності

Спеціальність 172 Телекомунікації та радіотехніка

Шифр і назва спеціальності

на тему Сейсмометрична система охорони периметрів

КПТР 2017001.01.06ПЗ

Виконав: студент 4 курсу, група ТР-17-1



підпис

Г.О. Бабак

Ініціали, прізвище

Керівник: к-т техн. наук, доц.



підпис

О.С. Пивовар

Ініціали, прізвище

До захисту допускаю:

Зав. кафедри: д-р техн. наук, проф.



підпис

С.К. Підченко

Ініціали, прізвище

16 _____ червня _____ 2021 р.

Хмельницький, 2021

Хмельницький національний університет
Факультет програмування та комп'ютерних і телекомунікаційних систем
Кафедра телекомунікацій, медійних та інтелектуальних технологій (ТМІТ)
Освітній рівень перший (бакалаврський)
Галузь знань 17 – Електроніка та телекомунікації
Спеціальність 172 – Телекомунікації та радіотехніка
Освітня-професійна програма Телекомунікації та радіотехніка

ЗАТВЕРДЖУЮ

Зав. кафедрою ___ ТМІТ ___

С.К. Підченко__

« 5 » __ лютого 2021 р.

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНИЙ ПРОЕКТ

Бабаку Григорію Олексійовичу

1 Тема роботи: Сейсмометрична система охорони периметрів.

Керівник роботи Пивовар Олег Сергійович, к.т.н, доцент.

Затверджено наказом по університету від « 5 » лютого 2021р. № 11

2 Строк подання студентом роботи на кафедру: 20.05.2021р.

3 Вихідні дані (характеристика об'єкта, умов дослідження та ін.)

Ескіз та загальні принципи побудови схеми електричної принципової гравіметричної системи захисту, умови застосування – неопалювальні приміщення. Забезпечити можливість інтелектуальної обробки сигналів сейсмічних сенсорів – геофонів. Геофони мають бути виконані у герметизованих корпусах з можливістю як підземного так і поверхневого встановлення. Напряга живлення – 12В, кількість каналів прийому не менше 4.

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, що їх належить розробити)

1. Техніко-економічне обґрунтування побудови охоронної системи. 2. Аналіз принципів роботи та охоронних структур на базі геофонів. 3. Розробка та аналіз структурної та принципової схем виробу. 4. Оформлення частини конструкторської документації згідно діючим стандартам як робочі креслення, переліки елементів та специфікації.

Завдання отримав Г.О. Бабак

Керівник проекту О.С. Пивовар

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ п/п	Назва етапів (розділів) дипломної роботи	Строк виконання етапів дипломної роботи	Примітка
1	<i>Вибір тематики</i>	<i>до 5.02.21</i>	<i>обрано</i>
2	<i>Аналіз початкових даних</i>	<i>до 25.02.21</i>	<i>проаналізовано</i>
3	<i>Написання вступу та 1 розділу (ТЕО)</i>	<i>до 15.03.21</i>	<i>виконано</i>
4	<i>Написання 2 розділу (структурна схема)</i>	<i>до 15.04.21</i>	<i>виконано</i>
5	<i>Оформлення креслення структурної схеми</i>	<i>до 15.04.21</i>	<i>виконано</i>
6	<i>Написання 3 розділу (схема електрична принципова, розрахунки)</i>	<i>до 1.05.21</i>	<i>виконано</i>
7	<i>Оформлення текстової частини</i>	<i>до 10.05.21</i>	<i>виконано</i>
8	<i>Оформлення графічної частини</i>	<i>до 15.05.21</i>	<i>виконано</i>
9	<i>Корекція зауважень наукового керівника</i>	<i>до 17.05.21</i>	<i>виконано</i>
10	<i>Підготовка доповіді , оформлення документів супровіду</i>	<i>до 18.05.21</i>	<i>виконано</i>
11	<i>Подання готової роботи на попередній захист</i>	<i>20.05.21</i>	<i>виконано</i>
12	<i>Корекція зауважень під час попереднього захисту</i>	<i>до 01.06.21</i>	<i>виконано</i>
12	<i>Рецензування, анти плагіат, підписи</i>	<i>до 06.06.21</i>	<i>виконано</i>

Студент



Підпис

Г.О. Бабак

Ініціали, прізвище

Керівник проекту



Підпис

О.С. Пивовар

Ініціали, прізвище

РЕФЕРАТ

Кваліфікаційний проект бакалавра на тему «Сейсмометрична система охорони периметрів» студента 4-го курсу гр. ТР-17-1 Бабака Григорія Олектсійовича виконано на кафедрі «Телекомунікації, медійних та інтелектуальних технологій» Хмельницького національного університету у 2021р. Керівник кваліфікаційного проекту доц. Пивовар Олег Сергійович.

Проект складається із вступу, 3 розділів, висновків з виконання проекту, списку використаних джерел (19 бібліографічних посилань, 2 сторінки) та матеріалів у кінці звіту (9 сторінок). Загальний обсяг роботи в якому викладено основний зміст складає 67 сторінку і містить 19 рисунків на 19 сторінках по тексту та 4 таблиці, що займають 1,5 сторінки по тексту. Повний обсяг роботи - 75 сторінок.

Кваліфікаційний проект присвячений розгляду питань побудови систем охорони на базі сейсмометричних сенсорів різного виконання із первинним аналоговим виходом. Проведено технічне обґрунтування вибору сейсмічної системи охорони периметру, розглянуто аналогічні рішення в різних країнах світу, виділено переваги та недоліки, а також особливості сейсмометричних систем. На основі розгляду технічних рішень та принципів роботи аналогів сформовано технічне завдання на розробку сейсмометричної системи охорони периметру, структурна схема, принципова схема блоку обробки інформації давачів, проведено енергетичні розрахунки для вибору елементів схеми та схемотехнічні розрахунки первинних кіл для обробки аналогової інформації чутливих сенсорів.

Ключові слова: охорона периметрів, сейсмометричний сенсор, блок обробки, попередній підсилювач.

ABSTRACT

Bachelor's thesis proposal «Seismometric system of perimeter protection» written by Babak Hryhoriy Oleksiyovych, a 4th year student of group TR-17-1 at the Department of Telecommunications, Media and Intellectual Technologies of Khmelnytsky National University, in 2021. Academic advisor - Pyvovar Oleg Serhiyovych, Associate Professor.

The thesis proposal consists of an introduction, 3 sections, main scientific findings, a list of works cited (19 bibliographic references on 2 pages) and additional materials at the end of the report (9 pages). The total volume of the thesis in which the main content is stated is 67 pages; it contains 19 figures on 19 pages of text and 4 tables, which occupy 1.5 of the page of text. The full volume of the thesis is 75 pages.

The thesis proposal is centered on the issues of development of security systems on the basis of seismometric sensors of various executions with primary analog output. The technical substantiation of the choice of seismic systems of perimeter protection is carried out, similar solutions in different countries of the world are considered, the advantages and disadvantages, as well as features of seismometric systems are allocated. Based on the review of technical solutions and principles in analogous projects, a technical task for the development of perimeter seismometric protection system, a block diagram and a schematic diagram of the sensor information processing unit is formed. Energy calculations for the selection of circuit elements and circuit calculations of primary circuits for processing analog information in sensitive sensors are carried out.

Keywords: perimeter protection, seismometric sensor, processing unit, preamplifier.

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ	8
ВСТУП.....	9
1 ОБҐРУНТУВАННЯ ДОЦІЛЬНОСТІ РОЗРОБКИ	11
1.1 Сейсмометричні системи охорони	11
1.1.1 Мета та можливості периметричних систем	11
1.1.2 Класифікація периметричних систем охорони	12
1.1.3 Сейсмометричний принцип охоронних систем	15
1.1.4 Особливості сейсмометричної охорони периметру.....	16
1.2 Інтеграція сейсмічних сенсорів в охоронні системи	17
1.2.1 Охоронні системи із розподіленими та зосередженими сенсорами	17
1.2.2 Переваги діючих сейсмометричних систем.....	19
1.2.3 Сейсмічні засоби виявлення з вібраційним кабелем	21
1.3 Дискретні сенсори сейсмометричних систем.....	24
1.3.1 Геофони як основа сейсмічних сенсорів.....	24
1.3.2 П'єзоелектричні сейсмометричні сенсори.....	25
1.4 Периметричні системи із дискретними сенсорами.....	26
1.4.1 Різновиди та монтаж дискретних сенсорів	26
1.4.2 Склад системи охорони із геофонами	27
1.4.3 Завадостійкість систем із дискретними сенсорами	28
2 СХЕМОТЕХНІЧНЕ ПРОЕКТУВАННЯ.....	30
2.1 Аналіз аналогів розроблюваного виробу	30
2.1.1 Геофонна охоронна система периметрів.....	30

					КПТР2017001.01.06ПЗ				
Вип.	Аркуш	№ Докум.	Підпис	Дата					
Розробив	Бабак.				Сейсмометрична система охорони периметрів <small>Пояснювальна записка</small>	Літера	Аркуш	Аркушів	
Перевірів	Пивовар						6	67	
Н. контр.	Стецюк				ХНУ, ТР-17-1				
Затв.	Підченко								

2.1.2	Системи охорони на основі сенсорів тиску	31
2.1.3	Системи охорони на базі п'єзоелектричних сенсорів	34
2.2	Розробка технічного завдання на виріб.....	35
2.2.1	Загальні відомості про розробку	35
2.2.2	Склад системи, що розробляється	36
2.2.3	Технічні характеристики системи охорони	37
2.2.4	Вимоги до надійності	40
2.3	Конструкція системи охорони	40
2.3.1	Побудова попереднього підсилювача сейсмічного сенсора.....	43
2.3.2	Побудова блоку обробки	45
2.4	Сигнали кабелі сейсмічних сенсорів	46
2.5	Електричні системні розрахунки	47
3	РОЗРОБКА ЕЛЕКТРИЧНОЇ СХЕМИ	50
3.1	Розробка блоку обробки	50
3.1.1	Активна елементна база блоку обробки.....	50
3.1.2	Обґрунтування вибору типу схеми.....	51
3.2	Розрахунок інструментального підсилювача	52
3.2.1	Схема та рівні сигналів	52
3.2.2	Вхідні кола та узгодження опорів.....	54
3.3	Фільтрація сигналів сейсмічних сенсорів.....	55
3.3.1	Вибір типу фільтрації.....	55
3.3.2	Типи амплітудно-частотних характеристик фільтрів.....	57
3.3.3	Розрахунок активного фільтру.....	58
3.3.4	Коефіцієнти підсилення та частоти зрізу.....	61
ВИСНОВКИ		65
ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ		66

					КПТР2017001.01.06ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		7

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ

АЧХ – амплітудно-частотна характеристика

БОСД – блок обробки сигналів давачів

ВБК – вібраційний сенсорний кабель

ГФ – сейсмічний електромагнітний перетворювач (геофон)

ГФС – геофонний сенсор

ІП – інструментальний підсилювач

КАС – кабельний сенсор

ККД – коефіцієнт корисної дії

КП – коефіцієнт підсилення

МАС – манометричний сенсор

ПП – попередній підсилювач

ПОС – периметрична охоронна система

СЛ – сейсмометричний локатор

СП – сейсмічний сповіщувач

ССТ – сейсмометричний сенсор тиску

ССО – сейсмічна система охорони

ТЗ – технічне завдання на розробку виробу

ФНЧ – фільтр низьких частот

					КПТР2017001.01.06ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		8

ВСТУП

Масштабні терористичні акти в минулому та теперішньому сторіччі, вихід тероризму на міжнародну арену викликають тяжкі занепокоєння урядів усіх цивілізованих країнах і змушують їх вживати радикальних заходів щодо забезпечення безпеки громадян, цивільних та військових об'єктів [1]. Ці заходи в більшості спрямовані на запобігання небезпечним ситуаціям, до яких можуть привести диверсійно-терористичні акції щодо критично важливих зон виробництва, сільського господарства, науки, транспорту, тощо, а також інших заходів масового скупчення людей під час різноманітних культурних та громадських акцій[2,3].

Найбільш важливими і надзвичайно небезпечними об'єктами терористичних акцій є літовища, і особливо військові склади озброєнь та техніки завдяки тому, що вони мають досить велику територію і розгалужену багат шарову інфраструктуру, що дозволяє терористам ефективно маскуватися активно та пасивно. Незважаючи на те, що на цих об'єктах застосовуються найновіші засоби контролю та перевірки - можливість здійснення прихованого проникнення на внутрішню територію цих об'єктів активних терористів або просто порушників-злочинців із метою знищення, пошкодження або викрадення майна в цій області завжди зберігається в більшому або меншому ступені[4-8].

Для надійного функціонування вказаних об'єктів слід забезпечити комплексну та багаторівневу безпеку, де найбільш важливою на тепер складовою якої є інтелектуальні інженерно-технічні системи та мережі, які дозволяють генерувати простір надійного його захисту, і крім того, також виявляти та нейтралізувати терористичні загрози практично за будь яких умов і сценаріїв розвитку подій щодо несанкціонованого вторгнення.

Загальний світовий досвід переконливо доводить, що одне тільки застосування надійних автоматичних технічних засобів охорони, створених на базі новітніх інтелектуальних технологій, дозволяє досить суттєво знизити

					КПТР2017001.01.06ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		9

-
відсоток злочинних вторгнень та намірів вторгнень на об'єкти, що охороняються таким чином [9].

Серед усього комплексу охорони, охорона периметрів є найпершою ланкою в сукупній системі організаційно-технічних заходів, пов'язаних із охороною об'єктів, що займають великі площі. Основне завдання охорони периметра – чітко виявити під час перетину кордонів об'єкту поодинокого порушника або цілої групи порушників, і як можна точніше та швидше визначити зону периметра, де саме відбулося проникнення і локалізувати порушника ще до того, як його дії будуть становити реальну небезпеку до об'єкту[5].

Із розвитком технологій різко зросла кількість типів активних та пасивних сенсорів, з'явилися технологічно нові та надзвичайно чутливі сенсори та методи їх обробки, до таких сенсорів відносяться різноманітні сейсмометричні сенсори, які по іншому називають геофонами[10]. Перевага геофонів полягає в тому, що за їх допомогою легко створити систему прихованого контролю, а також об'єднати геофони у єдину систему контролю та забезпечити інтелектуальний захист периметру від несанкціонованого вторгнення із чітким визначенням місця на поверхні ґрунту, а також і під поверхнею ґрунту.

					КПТР2017001.01.06ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		10

1 ОБҐРУНТУВАННЯ ДОЦІЛЬНОСТІ РОЗРОБКИ

1.1 Сейсмометричні системи охорони

1.1.1 Мета та можливості периметричних систем

Головною метою охорони периметра об'єктів є фіксування факту спроби порушення межі замкненої забороненої зони. Вважається, що це один із найбільш ефективних щодо попередження загрози різновид захисту від несанкціонованого доступу на охоронну зону завдяки тому, що сигнал про порушення видається значно раніше від того, як порушник встигне наблизитись до об'єкту.

Система охорони периметра має наступні властивості і такі можливості[10]:

- 1) унеможлиблює непомітне проникнення на територію через перелаз, підкоп або силовий пролом огорожі;
- 2) виключає незаконне винесення або вивезення різноманітних цінностей із охоронних зон та повідомляє про розміщення сторонніх осіб на території без санкцій охорони;
- 3) встановлення впродовж периметру охорони сенсорів у вигляді відеокамер, сенсорів руху, геофонів, лазерних та інфрачервоних сенсорів, тощо із інтелектуальною інтеграцією у вже існуючу охоронну структуру;
- 4) дає можливість організувати і підтримувати цілодобовий контроль цілісності охорони об'єкту через сучасні локальні та глобальні навігаційні та мобільні підсистеми, в тому числі через персональні смартфони;
- 5) припустимим є використання бездротових систем контролю периметру із високим рівнем захисту, що дозволяє дуже швидко здійснити встановлення

					КПТР2017001.01.06ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11

технічних засобів без суттєвих змін їх конструкції або численних перебудов на виділеній території об'єкту;



Рисунок 1.1 – Зони охорони об'єктів (периметр, підступ, приміщення)

Під час розробки рішень щодо застосування технічних засобів охорони (рис.1.1) необхідно розглянути характеристики та параметри об'єктів охорони для побудови периметру за наступними напрямками [11]:

- 1) тип огорожі периметру та матеріал з якого він виготовлений, наприклад, цегляний паркан, металевий паркан, бетонний паркан, колючий дріт, рубчаста сітка, тощо;
- 2) сукупна довжина периметру та його конфігурація та можливі точки доступу;
- 3) локальні кліматичні умови, структура місцевого ландшафту, коливання температури, тиску, опади, тощо;
- 4) рівень близькості до шляхів комунікацій, в першу чергу, залізничних шляхів та шосе;
- 5) географічні умови експлуатації (відкритий простір, лісовий масив, населені пункти, тощо);
- 6) характер ґрунту (чорноземи, каміння, піски, суглинок).

Отже периметричні системи мають широкі можливості щодо побудови та захисту від несанкціонованого вторгнення.

1.1.2 Класифікація периметричних систем охорони

					КПТР2017001.01.06ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		12

Всі діючі периметричні системи охорони поділяються на 2 великих класи: стаціонарні та такі, що можуть бути швидко розгорнуто. Стаціонарні системи призначені для суто тривалої і безперервної роботи із технічними ресурсом не менше 5 років, інші – для тимчасового блокування периметру на час не більше декількох місяців.

За узагальненим фізичним принципом дії охорона периметру може бути реалізована:

- 1) пасивними засобами;
- 2) активними засобами (системами).

За рівнем прихованості розташування засобів охорони в зоні доступу порушника також системи охорони периметру поділяють на:

- 1) немасковані;
- 2) масковані;

Масковані системи охорони периметру переважно розміщують під поверхнею ґрунту, парканах або в інших ізольованих середовищах, що суттєво зменшує ймовірність проникнення із застосуванням засобів нейтралізації чутливих елементів системи та різноманітних хитрощів, тощо. Можливість встановлення активних та пасивних завад для маскованих систем значно менша, але такі системи вимагають більш ретельного технічного обслуговування та періодичного регулювання [12].



Рисунок 1.2 – Побудова променевої системи охорони

					КПТР2017001.01.06ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		13

-

Всі немасковані засоби охорони більш дешеві і практичніше за масковані, але ймовірність викриття їх розташування та знешкодження порушником значно вища ніж для маскованих прихованих засобів.

В свою чергу немасковані засоби охорони поділяють на такі різновиди [13]:

- 1) незагороджувальні;
- 2) загороджувальні;
- 3) променево загороджувальні (рис.1.2).

Незагороджувальні засоби охоронних систем являють собою дріт або кабель, які охоплюють і позначають периметр, але фізично не перешкоджають руху порушників. За їх допомогою генерується і контролюється деяке фізичне охоронне поле, наприклад, акустичне, електричне, магнітне, тощо. Під час перетину означеного периметру параметри поля змінюються, що дозволяє локалізувати факт вторгнення на заборонену зону. Всі немасковані засоби охорони більш дешеві і практичніше за масковані, але ймовірність викриття їх розташування та знешкодження порушником значно вища ніж для маскованих прихованих засобів.

Основним чутливим елементом загороджувальних засобів охорони є сукупність поодиноких дротів або сигнальних та захисних кабелів [10], які розміщено на елементах додаткових несівних конструкцій (сітка, дріт) або самі безпосередньо виконують функцію фізичного блокування доступу. Електричні сигнали утворюються під час механічних деформацій елементів загороджування, які виникають під час вторгнення порушника.

В променевих засобах захисту периметру за допомогою компактних випромінювачів оптичної або електромагнітної енергії формуються вузько спрямовані поля, які реєструються компактным мініатюрним приймачем або приймачами, що встановлено вздовж периметру.

					КПТР2017001.01.06ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		14

1.1.3 Сейсмометричний принцип охоронних систем

Сейсмічні охоронні структури [12] реагують на коливання або деформації матеріалу середовища, який контактує із ними, що викликані переміщенням порушників. Чутливий сенсор сповіщувачів таких систем часто встановлюється безпосередньо в ґрунті або в інших прихованих спорудах штучного або природного походження і перетворює слабкі зрушення ґрунту, що називають сейсмічним сигналом в електричний сигнал чутливим елементом, який надалі аналізується в блоці обробки сигналів (БОСС) (рис.1.1).

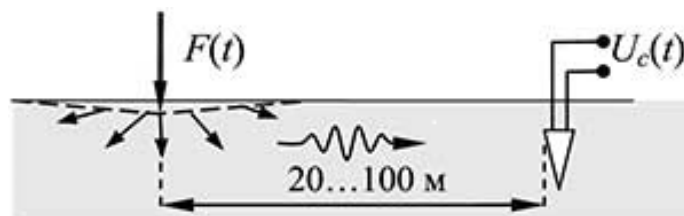


Рисунок 1.3 - Взаємодія об'єкта виявлення із сейсмічним сенсором через навколишнє середовище

В охоронних системах існує термін «вібросейсмічний сповіщувач», що поєднує властивості вібраційного та сейсмічного через використання однакового перетворювача фізичних величин в електричний сигнали. Наприклад, довгий вібраційний кабель, встановлений на бетонному паркані або в ґрунті, повністю визначає охоронне призначення приладу - для виявлення підкопу або пролому, або спроби це зробити.

Інший термін, що вживається то є "сейсмоакустичний сенсор" обумовлений близькістю використовуваних фізичних процесів, що відбуваються під час поширення акустичних і сейсмічних хвиль уздовж межі розділу двох неоднорідних середовищ з різною щільністю.

					КПТР2017001.01.06ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		15

Іноді вживають термін «сейсмометричний», що походить з метрології, коли мова йде про вимірювання будь-яких параметрів сейсмічних сигналів та подібних сигналів, що поширюються у ґрунті.

1.1.4 Особливості сейсмометричної охорони периметру

На відміну від інших, сейсмометричні системи охорони периметрів відрізняються рядом особливостей, що викликають підвищену зацікавленість різноманітних користувачів таких охоронних систем. Серед основних особливостей слід відмітити наступні [13]:

- 1) підземне або інше замасковане встановлення сейсмодатчиків забезпечує їх ефективне маскуванню, і, таким чином, робить їх повністю невидимими для потенційного порушника;
- 2) охоронні датчики, що розміщені в прихованих зонах дозволяють забезпечити охорону периметру, на яких не має можливості встановити інші традиційні наземні датчики завдяки невідповідності до існуючих у місці розташування мікрокліматичних або кліматичних умов, а також завдяки певним особливостям рельєфу цієї місцевості, наприклад, на березі річок, у хащі лісу, тощо;
- 3) приховані під землею охоронні засоби є конче незамінними на об'єктах, де встановлення парканів, ескарпів, валів, захисних бар'єрів, тощо неможливе за критеріями загальної естетики, наприклад, для архітектурних пам'яток, музеїв під відкритим небом, капонірів, тощо;
- 4) замасковане встановлення чутливих сейсмічних елементів забезпечує самозахист охоронної системи від навмисних пошкоджень з боку потенційних порушників, або ефективного обходу ними контрольованих такими засобами зон.

Ці та інші привабливі особливості дозволяють розглядати сейсмічні системи як надзвичайно перспективний клас охоронних систем периметрів.

					КПТР2017001.01.06ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		16

1.2 Інтеграція сейсмічних сенсорів в охоронні системи

1.2.1 Охоронні системи із розподіленими та зосередженими сенсорами

Найбільш часто застосовують розміщення сейсмічних сенсорів під рівнем землі або ґрунту. Подібні охоронні комплекси із підземним розміщенням чутливих елементів системи сенсорів, як решту несейсмічних системи охорони периметрів можна умовно поділити на два класи [6,7]:

- 1) із застосуванням розподілених сенсорів;
- 2) із застосуванням дискретних сенсорів.

До першого класу (рис.1.4) відносяться системи з розподіленими чутливими елементами сенсорів, де як розподілені підземні сенсори успішно і доволі часто застосовують волоконно-оптичні кабелі, мікрофонні кабелі трибо електричного, електромагнітного або п'єзоелектричного типу, розподілені радіохвильові сенсори-приймачі на базі кабелів та хвилеводів витікаючої хвилі, кабельні розподілені магнітометричні елементи, лінійні протяжні барометричні структури, тощо.

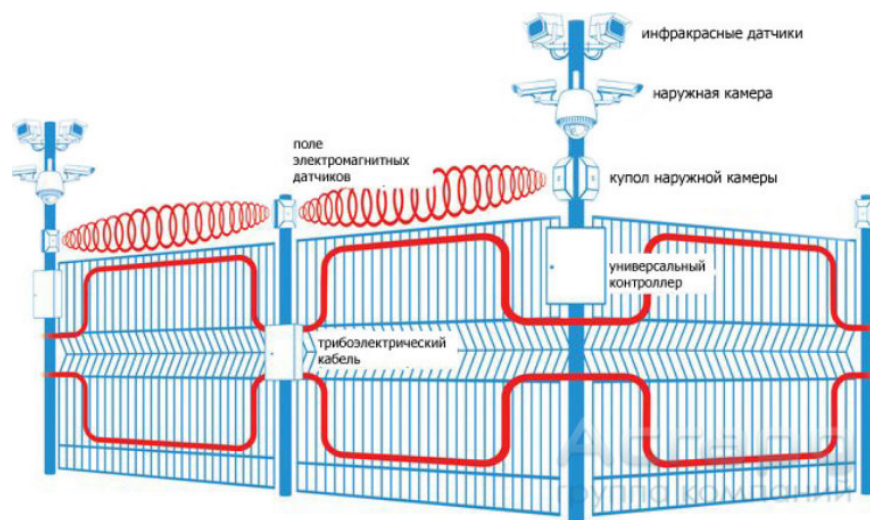


Рисунок 1.4 – Розташування дискретних та розподілених сенсорів на паркані охоронного периметру

					КПТР2017001.01.06ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		17

До другого класу (рис.1.4) відносяться системи з дискретними сенсорами та сповіщувачами, що широко представлені на ринку охоронних систем, однак, що стосується саме дискретних сенсорів охорони периметрів із підземним розміщенням, то вибір засобів та технологій обробки даних тут значно скромніший. І серед них найбільш широко використовуються саме сейсмічні сенсори, які реєструють вібрації, зрушення або стискання середовища ґрунту вздовж периметру охорони. Крім сейсмічних сенсорів знайшли застосування також дискретні магнітометричні сенсор, але їх використання під час охорони периметрів досить обмежене.

Кожні типи сенсорів мають свої переваги та недоліки, але якщо ж порівнювати такі параметри як вартість і практичність монтажу системи охорони, то у ряді випадків отримаємо, що системи з дискретними сенсорами мають свої специфічні особливості, які досить дорого і складно реалізувати в системах із розподіленими сенсорами, а саме[8,10]:

- 1) можливість вільної конфігурації периметру для об'єднати у кілька груп, тобто зон охорони, що дозволяє реалізовувати ієрархічний принцип і розбити весь периметр на кілька зон довільної довжини, і обробку сенсорів всього периметру реалізувати на основі одного потужного багатозонного процесору;
- 2) можливість індивідуального налаштування окремого сенсора в групах, що дозволяє компенсувати неоднорідності параметрів ґрунтів та проводити дистанційне регулювання сенсорів відповідно мікрокліматичним та кліматичним умовам, що недосяжно для розподілених сенсорів;
- 3) можливість виявлення або локалізація місця порушення кордону із розрізнявальною спроможністю до кроку розташування сенсорів, в кабельних сенсорах реалізація розрізнявальної спроможності суттєво утруднена та спряжена із застосуванням спеціальних сигналів із широкою базою;

					КПТР2017001.01.06ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		18

- 4) можливість синхронного врахування впливу та застосування диференційної обробки між парами та групами кількох дискретних сенсорів, що дозволяє ефективно реалізувати компенсацію впливу сторонніх завад та виявляти не тільки факт порушення але і класифікувати самих порушників.

1.2.2 Переваги діючих сейсмометричних систем

В даний час спостерігається зростання інтересу до сейсмічних систем, засобів та сенсорів виявлення об'єктів через можливості, що відкрилися із застосуванням прогресивної елементної бази, в тому числі потужних мікропроцесорів та мікроконтролерів. Класифікація такими автоматичними засобами охорони об'єктів сейсмічного впливу може реалізовуватись або на основі дослідження часової структури сейсмосигналу одного перетворювача, або на базі обробки сигналів декількох сейсмічних сенсорів (рис.1.5).

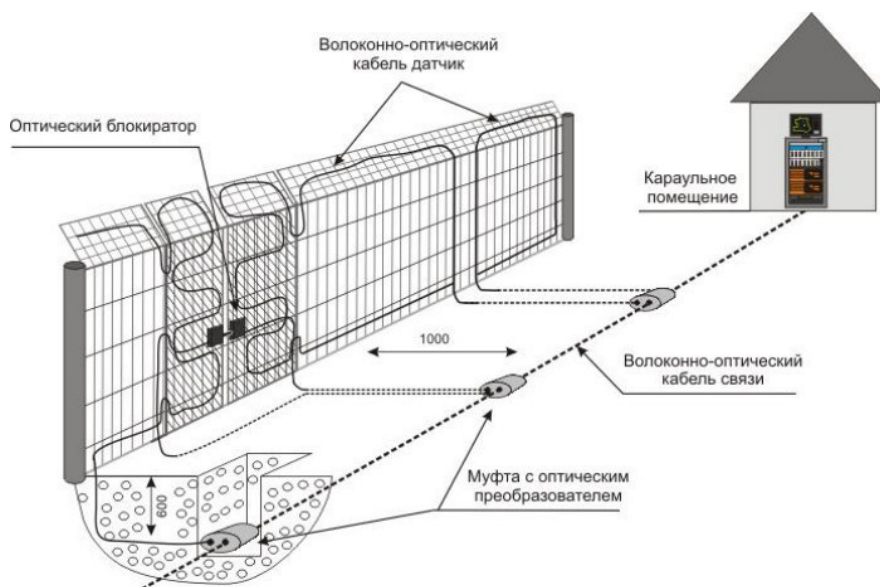


Рисунок 1.5 – Сейсмічна система охорони периметру на базі оптичних розподілених сенсорів високої чутливості

Останнім часом [10,12,13] з'явилися повідомлення про створення багатоканальних сейсмічних засобів виявлення нового покоління, що забезпечують не тільки виявлення, а й стеження за порушником на основі

					КПТР2017001.01.06ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		19

-
використання методів пеленгації за допомогою сейсмолокаторів «Форшлаг» (НВО «Північ»), «Коридор» (НІКІРЕТ), «Кріт» ДСО «Імпульс Інтернейшнл», тощо.

Структура побудови (рис.1.5) цих систем подібна і включає в себе виносну або лінійну частину і цифровий комплект обробки та відображення охоронної інформації. Виносна частина призначена для прийому сейсмічних сигналів, їх попереднього посилення, можливо оцифровування та передачі в цифровий процесор.

До складу виносної частини як правило входять сейсмічні сенсори, попередні інструментальні підсилювачі, система їх живлення, магістральні сигнальні кабелі. Такі системи здатні забезпечити пошук, захоплення, класифікацію та навіть побудову траєкторії руху об'єкту в смузї охорони шириною до 70 м від лінії периметру.

Відносно висока вартість таких інтелектуальних сповіщувачів [11] обумовлена складними умовами експлуатації саме його чутливої лінійної частини, що розташовується в ґрунті, а також необхідністю розробки потужного програмного забезпечення, герметизації вузлів та блоків, забезпеченням стійкості до корозії, захист від впливу гризунів і т.д. вимагає складних та коштовних технологічних рішень і визначає рівень підвищених витрат під час виробництва, експлуатації та розгортання.

Порівняно із іншими типами сповіщувачів сейсмічні сповіщувачі мають суттєві переваги:

- 1) прихований маскуванням у ґрунті, чутливий елемент візуально не демаскує периметр охорони, а пасивний принцип дії сенсора (тільки прийом) виключає можливість його виявлення за випромінювання фізичних полів, що фактично порівнює шанси вторгнення для підготовленого і не підготовленого порушників кордону;
- 2) висока ймовірність виявлення під час переміщення порушників поповзом або через застосування підкопу.

					КПТР2017001.01.06ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		20

Таким чином, використанн дискретних сенсорів вкупі із розподіленою системою обробки на основі сигнальних процесорів та різні варіанти установки чутливих елементів в замаскованому вигляді забезпечує можливість охороняти підступи до периметру і зону після, а також виявляти спробу підкопу під огорожею, а також охороняти додатково не позначений периметр, досить сильно віддалений від об'єкту охорони.

1.2.3 Сейсмічні засоби виявлення з вібраційним кабелем

У доступних та простих по конструкції сенсорах в якості чутливого елемента часто використовується вібраційний сейсмічний кабель (рис.1.7).

Чутливий елемент такого сенсора може встановлюватися під будь-якими видами парканів та для передачі сигналу використовується дипольне флангове включення цього кабелю, що симетрично відгалужується від місця встановлення центрального блоку – блоку обробки сигналів.



Рисунок 1.6 – Встановлення чутливого елемента для виявлення підкопу

Необхідна, хоча і не дуже висока ймовірність виявлення забезпечується самим принципом дії вібраційного кабелю і алгоритмом обробки зондуючого

					КПТР2017001.01.06ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		21

сигналу блоку обробки: частотна фільтрація та спектральний аналіз, підрахунок кількості імпульсів, аналіз форми та параметрів сигналу, тощо [12].

Наприклад, виробники вібраційного сповіщувача «Верес» гарантують його працездатність у всіх кліматичних зонах за умови товщини снігового шару до 1 м і висоті трав до 0,5 м. Допускається встановлення кабельного сенсору практично в будь-якому ґрунті, зазвичай, крім болота та скель.

До недоліків вказаних вище сповіщувачів можна віднести можливість видачі помилкового сигналу тривоги за умови:

- 1) коливань ґрунту під час зміщення коренів дерев за умови дії вітру та атмосферних опадів;
- 2) впливу індустриальних заводів, перш за все у містах та їх околицях, де розташовуються такі потужні і активні джерела сейсмічних заводів, як автомобільний та залізничний транспорт, аеропорт, промислові підприємства із потужними двигунами, цивільні комунікації, водогони, помпи, тощо;
- 3) різкого замерзання або відтаювання ґрунтів через нестабільний клімат;
- 4) зсувів ґрунту, що викликано потужними опадами, землетрусами, різкими змінами кліматичних умов, тощо.

Суттєвим, а мабуть і головним недоліком сейсмічних кабелів вібраційного впливу є [13,14] зменшення чутливості після промерзання ґрунту більше глибини його встановлення.

Виходячи з цього факту необхідно врахувати:

- 1) Слід періодично проводити обслуговування вібраційного оповіщувача та передбачити сезонні регламентні роботи, під час яких проводиться регулювання чутливості та інших параметрів з урахуванням реального стану ґрунту.
- 2) Слід забезпечити ефективну ширину чутливої зони вібраційного кабелю не менше 1м.

					КПТР2017001.01.06ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		22

- 3) Щоб гарантувати однорідну чутливість чутливих елементів, в підземних системах вібраційний кабель кріплять до армуючої металевої або пластикової сітки (рисунок 1.3), що розміщують рівномірно та горизонтально під поверхнею ґрунту на глибині до двадцяти сантиметрів для визначення підходу або стрибків з огорожі.
- 4) Під час вертикального розташування сітки (рис.1.7) під огорожею вібраційний сповіщувач налаштовується на удари лопатою, що легко дозволяє визначити підкоп, однак одночасно чутливість сповіщувача погіршується, але підвищується його стійкість до природних завад.



Рисунок 1.7 – Встановлення вібраційного сейсмічного кабелю на армуючій сітці горизонтального або вертикального розташування

Наприклад, У підземній системі охорони периметрів австралійської компанії Future Fiber Technologies, що отримала назву Secure Fence BGS (від Below Ground System - підземна система), два окремих вібраційних кабелю прокладаються вздовж периметру об'єкту охорони. Зазвичай ця система застосовується як другий охоронний периметр, паралельний базовому арканному периметру. Вібраційні кабелі вкладаються в траншею на глибині до 75мм залежно від рівня промерзання і прикріплюються до пластикової

					КПТР2017001.01.06ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		23

армуючої сітки, яка підвищує чутливість системи до реєстрації впливу порушника, що переміщується по поверхні охоронної зони [11].

Паралельна цифрова кореляційна обробка сигналів від двох чутливих розподілених вібросенсорів дозволяє компенсувати сигнали завад, наприклад, шуми під час дощу, вібрації від руху транспорту, та виділити на їх тлі сигнали реального порушення периметру. Система дозволяє навіть виявляти характер пересування об'єкту: йде або біжить порушник, а також реєструвати спроби підкопу під лінією охоронного периметра.

1.3 Дискретні сенсори сейсмометричних систем

1.3.1 Геофони як основа сейсмічних сенсорів

Застосування в якості чутливого елемента спеціалізованих сейсмічних сенсорів геофонів суттєво підвищує чутливість сповіщувачів порівняно із вібраційними кабелями. Геофоний сенсор або вимірювач є більш складним і коштовним заособом порівняно із вібраційним кабелем, хоча конструкція геофона по суті не складна, але вимагає прецизійного виготовлення (рис.1.8).



Рисунок 1.8 – Зовнішній вигляд геофонного сенсора

Геофон складається являє собою соленоїд із рухомим осердям. Магнітне осердя всередині котушки індуктивності може вільно коливатися вздовж вісі завдяки системі пружного підвісу. Під час дії вібрацій виникають коливання

					КПТР2017001.01.06ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		24

магнітного осердя котушки і в результаті такої дії на зажимах котушки генерується змінна напруга, що пропорційна швидкості коливань або частоті вібрацій [7,8].

Смуга частот вихідного сигналу, які генеруються таким дискретним сенсором зазвичай становить від 1...200Гц, що відповідає типовим частотам вібраційних сигналів від порушників, що поширюються у ґрунті. У підземних системах охорони периметрів переважно використовуються геофони із вертикальним переміщенням, які реєструють вертикальні хвилі ґрунту під час пересування людей, транспорту, тварин, тощо.

1.3.2 П'єзоелектричні сейсмометричні сенсори

П'єзоелектричні сенсори дозволяють реєструвати сейсмічні сигнали у значно більшій смузі за геофони, із частотами до декількох сотен кілогерц. Чутливість таких сенсорів (рис.1.9) достатня для виявлення людини - порушника, яка на відстані до 3м.

Принцип роботи сенсорів полягає в тому, що деформації п'єзокристалу під дією зовнішньої сили приводять до утворення різниці потенціалів на контактах із величиною близько мікрвольт. За умови застосування інструментальних підсилювачів цього досить для забезпечення високої чутливості.



Рисунок 1.9 – П'єзоелектричний сенсор SG-01 системи Sisms CP та принцип його застосування

					КПТР2017001.01.06ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		25

П'єзокристалічні сенсори типу SG-01 (рис.1.8) мають герметичний пластиковий корпус і встановлюються у ґрунті на глибині близько 60см. Таку значну глибину встановлення розробники систем пояснюють інваріантністю відгуку до метеорологічних факторів на поверхні, а також зменшенням впливу стискання ґрунту під час проходження транспорту.

П'єзоелектричні сейсмічні сенсори [8] орієнтуються вертикально, щоб реєструвати вертикальні хвилі тиску ґрунту від пересування порушника (рис. 1.9). Сенсори в системі охорони не мають адреси і не містять активних компонентів та випускаються у складі системи сигнального з'єднувального кабеля. Рекомендована відстань між сенсорами - 90см, максимальна кількість сенсорів у шлейфі – 50, робоча довжина периметра становить 50м.

1.4 Периметричні системи із дискретними сенсорами

1.4.1 Різновиди та монтаж дискретних сенсорів

Відкритий або прихований монтаж геофонів на жорсткому паркані (рис.1.9) дозволяє виявляти порушника, прямо під час подолання стіни паркану. Іноді геофони прикривають шаром ґрунту, але кріплять їх до стіни, а отже вирішують одночасно два завдання контроль зони близько стіни та контроль подолання порушником паркану.

Геофонні сенсори рідко використовуються самотійно [10]. Зазвичай їх розміщують вздовж периметру у вигляді лінійних ланцюжків, що включають до 50 окремих дискретних сенсорів.

Геофони встановлюють під шаром ґрунту на глибині від 15 до 35 см на із кроком зазвичай від 2 до 4м.

					КПТР2017001.01.06ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		26



Рисунок 1.9 – Підземний геофонний давач системи Psicon, що закріплено на стіні для контролю подолання паркану

Виробниками геофонів рекомендується встановлювати їх в стабільному і щільному ґрунті, наприклад, можна в шарі щільного піску, що є відмінним транспортним середовищем для поширення вібрацій. Пухкі та неоднорідні ґрунти є поганим середовищем поширення вібросигналів і це призводить до погіршення чутливості охоронної системи периметру.

1.4.2 Склад системи охорони із геофонами

У всіх випадках під час застосування геофонів охоронна система периметру має складатися з двох компонентів: центрального процесора і кабельної лінії з підключеними до нього геофонами та системою транспортування живлення.

Геофони, працюючи разом реєструють вібрації ґрунту, які утворюються під час переміщення порушника і пересилають сигнали у центральний процесор обробки за допомогою протоколів із криптографічним захистом для обробки і прийняття рішення про подання сигналу тривоги. У випадку, якщо сигнал, що прийнятий процесором і оброблений за заданим алгоритмом відповідає заданим критеріям, система охорони периметру генерує сигнал тривоги та запускає звукові та оптичні сповіщувачі небезпеки [11].

					КПТР2017001.01.06ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		27

Деякою частковою проблемою застосування геофонів є надзвичайно висока чутливість та відсутність усіляких вбудованих селективних властивостей, що дозволяють відрізнити різні типи вібрацій від завад, наприклад, скрипіння корінь дерев.

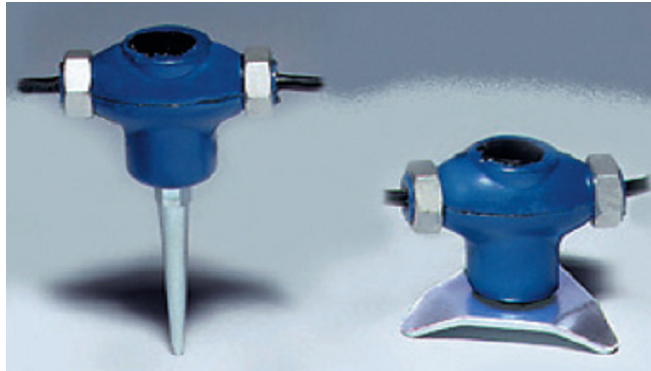


Рисунок 1.10 - Геофони S30

Геофонні давачі із вертикальним переміщенням магніту (рис.1.10) можуть встановлюватись в під землею, в асфальті, бетоні. Якщо наявний об'єкт із потужними завадами, такими як від автотраси, то паралельно встановлюють дві лінії геофонних сенсорів на відстані близько 20м : зовнішню та внутрішню, із наступною кореляційною обробкою між сенсорами цих ліній.

Аналізатор процесора обробки порівнює відгуки обох ліній геофонів і відфільтровує сигнали, які не пов'язані з реальним вторгненням порушника. Типові сигнали від порушників, які реєструються геофонами лежать у діапазоні від 5...20Гц, типова максимальна кількість геофонів в одній лінії становить 25, а середня довжина ланки охорони - 75м.

1.4.3 Завадостійкість систем із дискретними сенсорами

Завдання забезпечення завадостійкості сейсмометричних систем охорони периметрів може бути реалізована способами. Наприклад [10], в системі S - 103

					КПТР2017001.01.06ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		28

(Safeguard Technology Inc. США) геофони розміщено під асфальтом або бетоном за наступними правилами:

- 1) Якщо поблизу об'єкту охорони немає активного руху транспорту, то уздовж його периметру розгортається одна лінія геофонів на відстані 3 м один від одного блок обробки налаштовується на порушника – людину.
- 2) Якщо об'єкт охорони географічно поблизу шосе або іншого джерела потужних вібрацій, паралельно основній лінії геофонів встановлюють додаткову зовнішню лінію, віддалену від внутрішньої приблизно на 20 м, як це вказувалось вище. Така організація охорони периметру за умови потужних завад передбачає значне збільшення кількості геофонів але і забезпечує велику зону захисту від подібних «автомобільних» завад.
- 3) Використання спеціальних інтелектуальних методів відлаштування завад на базі , наприклад, нейронних мереж обробки сигналів.

Третій варіант реалізується в системі «Psicon» (Великобританія), де селекція сигналів порушників периметру заснована на роботі потужного «інтелектуального» процесора обробки сигналів і адаптивної фільтрації завад за технологією, що отримала назву TESPAP.

Під час застосування цієї технології сигнали піддаються матричному перетворенню в аналізаторі, що використовує принцип нейроподібного розпізнавання образів і порівняння їх із базовими еталонними зразками, записаними в пам'яті такого аналізатора.

Через потужність та швидкість роботи процесора таке порівняння відбувається в реальному часі і дозволяє надійно виділяти слабкі сигнали порушника на тлі вельми потужних завад та шумів. Особливість всіх нейронних систем є те, що таку охоронну систему можна «навчити» під час роботи, зберігаючи в пам'яті бази даних і «тривожні», і «заважаючі» портрети сигналів та завад [14].

					КПТР2017001.01.06ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		29

2 СХЕМОТЕХНІЧНЕ ПРОЕКТУВАННЯ

2.1 Аналіз аналогів розроблюваного виробу

2.1.1 Геофонна охоронна система периметрів

Одним з типових представників даного виду сейсмічних сповіщувачів є геофона система «Годограф-СМ-С-1», що призначена для організації охорони периметру від порушників що пересувається різними типами руху (крок, біг, поповз, тощо). «Годограф-СМ-С-1» дозволяє організувати периметричну охорону як за умови присутності паркану, так і без паркану. Один процесор системи забезпечує охорону двох послідовних ділянок (рис.1.11) із генерацією тривожних сигналів, а також сигналів самоконтролю несправності окремо по кожній ділянці [6].

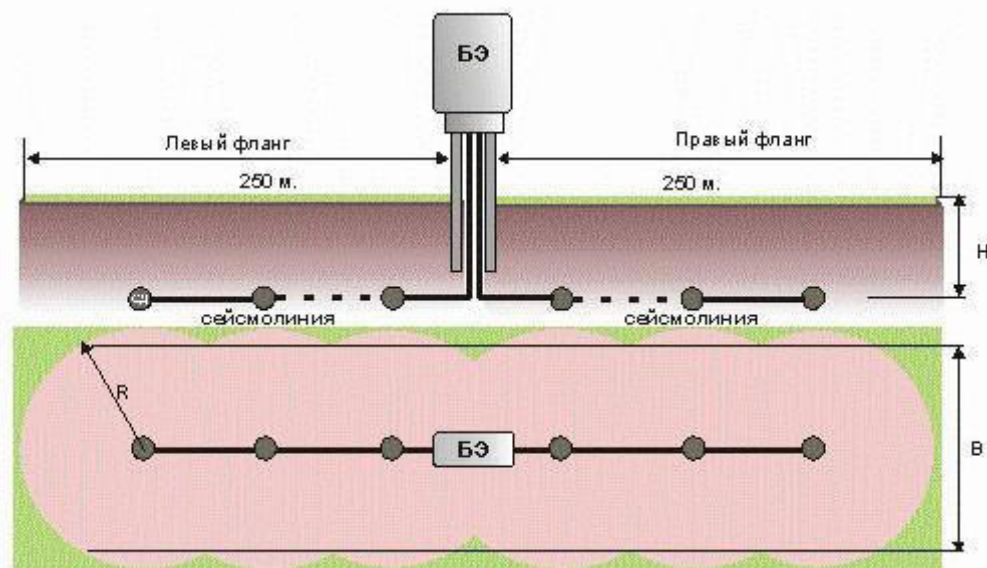


Рисунок 2.1 – Розміщення геофонів у двох ділянках системи охорони

Чутливий елемент організовано із окремих ланок геофонів до 6 шт. на ланку. Ланки послідовно об'єднуються одна до одної за допомогою сучо

					КПТР2017001.01.06ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		30

-
герметичних роз'ємних з'єднань, що і забезпечує високий рівень ремонтпридатності зони чутливого елемента через заміну пошкодженого.

Зручність настройки сповіщувача на місцевості і контроль його працездатності забезпечується наявністю вбудованої панелі керування. В сповіщувачі є можливість дистанційної настройки за допомогою віддаленого ПК, що підключається до блоку обробки сигналів по інтерфейсу RS-485. За інформацією виробника, сповіщувач надійно функціонує в різних типах ґрунту, крім пухкого піщаного і болотяного.

Встановлений під ґрунтом окремий геофон дозволяє виявляти сигнал від порушника на відстані до 2,0 м, тому геофони і монтують вздовж периметру на відстані близько 3,0 м один від одного, однак ці ж геофони будуть реєструвати рухи транспорту або зрушення кореню дерева під час вітрових поривів на відстані до декількох десятків метрів, тому слід розглянути питання завадостійкості охоронних геофонних систем.

2.1.2 Системи охорони на основі сенсорів тиску

Для організації підземних охоронних ліній периметру італійська компанія GPS Standard використовує розподілені гідравлічні сенсори тиску для охорони як огорожених, так і неогорожених об'єктів примусовим штучним парканом.

Система забезпечує створення зон виявлення порушника з використанням розподіленого чутливого елемента манометричного, оптоелектронного, натяжного, вібраційного та інших типів.

Перевагами такої системи є:

1. Висока стійкість до атмосферних і електромагнітних впливів особливо під час охорони нафтових, газових, хімічних підприємств, пам'ятників архітектури, музеїв, котеджів, тощо.
2. Надійне виявлення порушника під час перетину чутливої зони різними способами пересування людини (рис.2.2).

					КПТР2017001.01.06ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		31

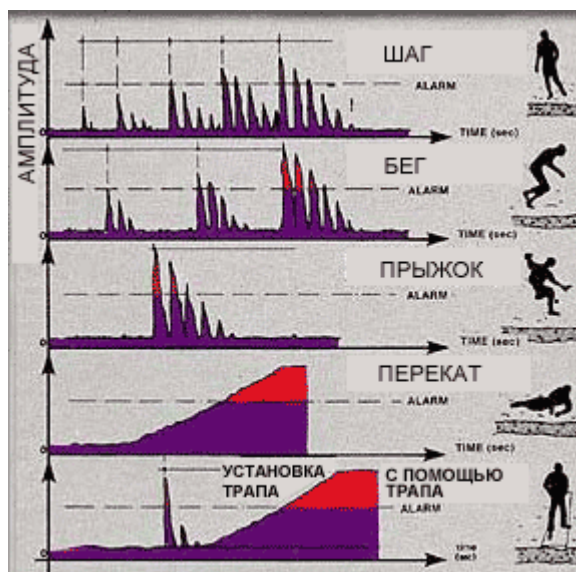


Рисунок 2.2 – Характерні сигнали системи охорони під час різних способів пересування людини

Особливо цікавою є конструкція і принцип дії сповіщувача з чутливим елементом манометричного типу [11], що являє собою електронний надчутливий сенсор і підключені до нього спеціальні трубчасті шланги, що заповнені незамерзаючою рідиною (антифризом).

Давачі тиску у вигляді шлангів із рідиною укладаються в ґрунті на глибину від 30см на відстані від 1,5 м один від одного. Шланги (труби) виготовлені зі спеціальної композиції синтетичних армованих еластичних довговічних матеріалів під час знаходження в ґрунтах.

Робота давача тиску полягає у наступному: під час проходження охоронної зони порушник створює певний тиск у зоні найближчого шлангу, а чутливий сенсор вимірює диференціальне зміну тиску між суміжними шлангами.

До складу лінійної частини системи, що розглядається, крім шлангів і сенсора входять спеціальні компенсаційні клапани, які забезпечують компенсацію тиску антифризу в шлангах. У сенсорі шлангових вимірювачів тиску розміщуються мембрани перетворення тиску в електричні сигнали і процесор обробки сигналів із тривожною релейною сигналізацією.

					КПТР2017001.01.06ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		32

Особливість шлангових сенсорів тиску є те, що шланги, завдяки їх гнучкості, можуть бути прокладено в ґрунті досить довільним способом, що робить утруднює виявлення охоронної зони потенційним порушником. Також з'являється унікальна можливість розгортання системи на складних периметрах із непересічними конфігурацією і рельєфом місцевості, без спеціальної підготовки і наступного обслуговування зон виявлення.

Іншим прикладом гідравлічних сейсмометричних сенсорів є система МРК20 [12] та її двотрубна версія, що забезпечує середній і високий рівень захисту охоронюваної зони (рисунок 2.3).

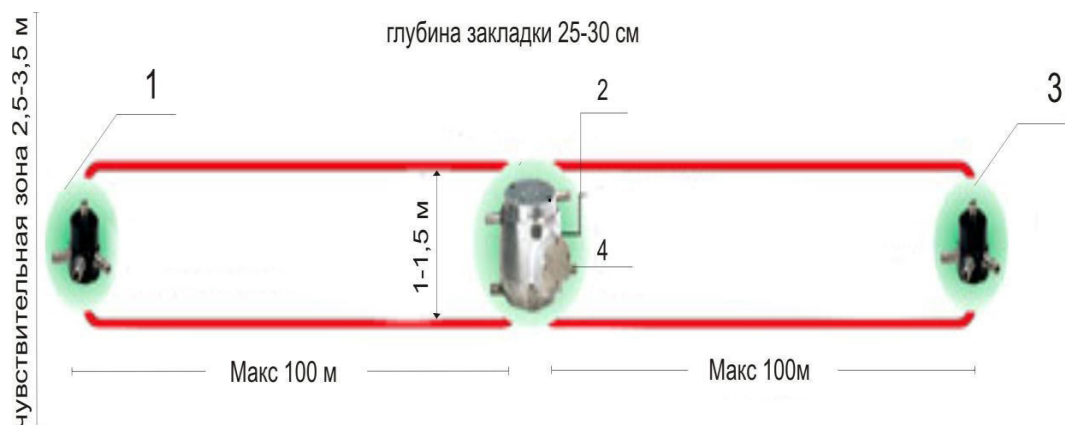


Рисунок 2.3 – Двотрубна версія гідравлічної сейсмометричної системи МРК40, де 1, 3 – компенсаційні клапани, 2 – сигнальний кабель до блоку керування, 4 – перетворювач тиску

Система МРК40 забезпечує формування зони охорони периметру довжиною до 200 м, із двох незалежних ділянок до 100 м довжиною. Кожна із цих ділянок може бути налаштована особисто під умови цієї ділянки периметру. Збільшуючи кількість ділянок і встановлюючи їх один за іншим, можна створювати системи захисту периметру практично будь-якої довжини, а також конфігурації «зірка» крім традиційної «ланцюг».

Ширина чутливої зони МРК40 до 7 м. Блок обробки і перетворення, що монтується під землею, загерметизовано в металевому корпусі. Загальний струм

					КПТР2017001.01.06ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		33

споживання сенсору перетворювача всього 15 мА із напругою від 12 до 18В. Діапазон робочих температур системи від -30°C + 60°C.

2.1.3 Системи охорони на базі п'єзоелектричних сенсорів

Ще одним прикладом п'єзоелектричних сенсорів для підземного застосування є сенсори компанії Sieza (Чехія), а система охорони має назву Peridect Underground.

П'єзосенсори у шлейфі системи охорони розбиті на дві підгрупи – А и В, в яких окремі п'єзоелектричні елементи чергуються для наступного порівняння сигналів сенсорів обох груп і компенсації завад та шумів.

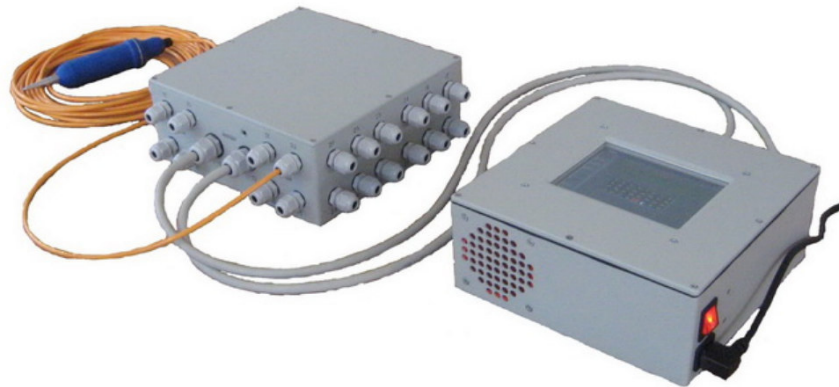


Рисунок 2.4 – Охоронна система на базі пьезосенсорів Peridect Underground

Лінія п'єзоелектричних сенсорів має бути встановлена на відстані до процесора обробки до 150м. Дискретні сенсори системи SP-02 можна навіть інтегрувати у бетонний шар товщиною до 10см. Процесор системи налаштований на реєстрацію виключно низькочастотних компонентів сигналів давачів для охорони коротких і водночас критичних відрізків периметра (підходи до вікон, дверей, пішохідних зон). До одного контролера із блоком обробки системи охорони зазвичай можна підключити до 24 груп сенсорів [13].

Для нормальної роботи сенсорів такої системи не потрібна спеціально створена гравійна або пісчана підсипка площини траншеї. До одного процесора

					КПТР2017001.01.06ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		34

-
обробки в такій системі можна підключити до 246 дискретних окремих сенсорів або груп сенсорів, що працюють по лінійній схемі, завдяки цьому вдається перекрити діапазон довжин периметрів до 800м.

2.2 Розробка технічного завдання на виріб

2.2.1 Загальні відомості про розробку

Сейсмометрична (сейсмічна) система охорони периметрів належить до пасивних, маскованих засобів захисту периметрів об'єктів, ділянок та закритих територій від несанкціонованого доступу порушників у вигляді людей, тварин та транспортних засобів шляхом пішого пересування, переповзання, підкопу, перестрибування, примусового порушення цілісності парканів та штучних та природних огорож. Сейсмометрична (сейсмічна) система охорони периметрів застосовується у складі інтелектуальних систем комплексного внутрішнього та зовнішнього захисту.

Метою розробки є створення частини комплексу конструкторської документації базового варіанту багатоканальної системи охорони периметрів із застосуванням дискретних сенсорів та інтелектуальної обробки сигналів за допомогою спеціальних процесорних засобів, дослідження факторів впливу реальних підземних каналів подачі інформації на достовірність інформації про дії порушників, розробка алгоритмів подолання впливу природних та штучних хибних наведень та спрацьовувань, а також і апаратної реалізації структури пристроїв первинної обробки сигналів прихованих дискретних сенсорів для підвищення достовірності прийнятих рішень про перетин периметру та дії порушників у зоні периметру.

					КПТР2017001.01.06ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		35

2.2.2 Склад системи, що розробляється

До складу Сейсмометрична (сейсмічна) система охорони периметрів мають входити (рис.2.5):

- 1) активні датчі геофонного типу;
- 2) багатоканальна мережа ліній передачі для підключення активних сенсорів;
- 3) блок попередньої обробки сигналів датчів (БОСД);
- 4) блок живлення активних елементів системи (БЖ);
- 5) персональний комп'ютер (ПК);
- 6) USB адаптер для передачі інформації з БОСД на ПК.

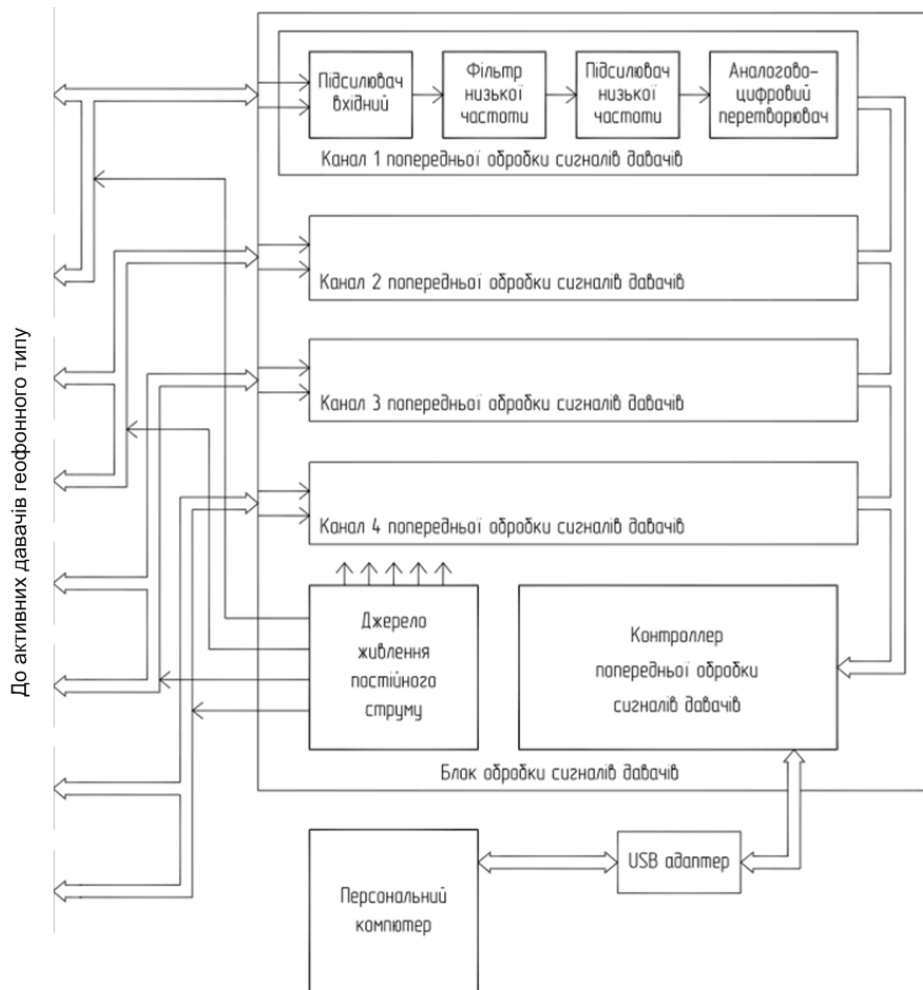


Рисунок 2.5 - Сейсмометрична (сейсмічна) система охорони периметрів
(фрагмент схеми електричної структури)

					КПТР2017001.01.06ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		36

Геофонні сенсори повинні поєднуватись у незалежні групи. Кожна група має бути підключена до окремої мережі, за допомогою якої здійснюється живлення сенсорів та передача сигналів від чутливих елементів на БОСД.

Конструктивно геофонні сенсори мають бути виконані у герметичних корпусах із можливістю як підземного так і підповерхневого встановлення. Кожен сенсор у ланцюжку має бути поєднуватись із наступним в ланцюжку через відрізок мережевого кабелю за допомогою герметизованих роз'ємних з'єднань для швидкого розгортання та згортання системи охорони периметру. Довжина окремої мережі таким чином буде визначатися кількістю підключених геофонних сенсорів та кроком їх підключення.

Блок обробки сигналів представляє собою мікропроцесорний пристрій, який повинен розміщуватись у приміщенні із укриттям від кліматичних умов або штучним кліматом.

Живлення БОСД може здійснюватись від автономного джерела напругою +12В (резервне), або від промислової мережі змінного струму (основне).

USB адаптер для передачі інформації з БПОСД на ПК може бути покупний, або дороблений з метою необхідної довжини сигнально-живлячого кабеля.

2.2.3 Технічні характеристики системи охорони

Технічні характеристики системи визначаються на основі аналізу функціонально-конструктивних аналогів побудови подібних систем охорони периметрів і можуть бути уточнені, розширені або змінені в ході розробки проекту. За базові показники взяті значення аналогічних систем охорони периметрів, які заявляються виробниками на ринку товарів і послуг охоронних засобів (табл.2.1).

					КПТР2017001.01.06ПЗ	Арк.
						37
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 2.1 – Основні технічні характеристики сейсмометричної системи охорони периметрів

№ з з	Найменування параметру	Одиниці виміру	Значення параметру	Примітки
1	Довжина периметру зони охорони	м	200	не менше
2	Кількість окремих кабельних ліній	шт.	4	
3	Довжина однієї лінії	м	50	середня
4	Кількість сенсорів на лінії	шт	16	
5	Відстань між сенсорами	м	3...4	типова
6	Напруга живлення	В	12	резервна
7	Струм споживання,	А	2	не більше

Таблиця 2.2 – Основні технічні характеристики геофонних сенсорів

№ з з	Найменування параметру	Одиниці вимір.	Значення параметру	Примітки
1	Власна частота	Гц	5...10	
2	Спотворення	%	1	не більше
3	Чутливість	В/м/с	50...100	
4	Габаритні розміри	мм	50x50x100	
5	Напруга живлення	В	12	
6	Струм споживання	мА	20	не більше
7	Діапазон робочих температур	°С	-40...+60	

В якості чутливих елементів в системі, що розробляється пропонується використовувати сенсори геофонного типу із вертикальним встановленням під шаром ґрунту або на поверхні ґрунту (табл.2.2).

Блок обробки сигналів давачів (рис.2.5) має бути виконаний у пилозахисному або повністю герметизованому корпусі. Підключення кабельних ліній, джерела живлення, та USB адаптера повинно виконуватись через типові універсальні роз'єкти з можливістю фіксації за допомогою заціпок. Повинна бути виключена можливість неоднозначного підключення зовнішніх компонентів системи до блоку. Основні технічні характеристики блоку обробки сигналів давачів представлено в таблиці 2.3.

Таблиця 2.3 – Основні технічні характеристики БОСД

№ з з	Найменування параметру	Одиниці виміру	Значення параметру	Примітки
1	Кількість каналів прийому	Гц	4	
2	Чутливість	мкВ	□ 100	
3	Динамічний діапазон вхід. сигналів	дБ	50	не менше
4	Габаритні розміри	мм	150x100x50	
5	Напруга живлення		12	
6	Струм споживання	мА	200	не більше
7	Діапазон робочих температур	°С	0...+60	

Блок обробки сигналів сенсорів (див. рис.2.5) має бути виконаний у пилозахисному або повністю герметичному корпусі. Підключення кабельних ліній, джерела живлення, та USB адаптера повинно виконуватись через типові універсальні роз'єкти з можливістю фіксації за допомогою заціпок. Також має

					КПТР2017001.01.06ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		39

-
бути виключена можливість неоднозначного підключення зовнішніх компонентів системи до блоку. Основні технічні характеристики для БОСД представлено в таблиці 2.3. Зрозуміло, що це не вичерпний перелік характеристик, але найбільш необхідний для побудови системи охорони з технічної точки зору.

2.2.4 Вимоги до надійності

Вимоги до надійності в першу чергу відносяться до БОСД. Цей пристрій має забезпечити безперервну цілодобову роботу. Працездатність пристрою має зберігатись за умови відсутності періодичного технічного обслуговування із такими параметрами надійності:

Середнє напрацювання на відмову	не менше 20000 год
Середній час ремонту	0,3 год
Гарантований термін служби пристрою	5 років

Термін служби пристрою обраний із умови побудови охоронної системи для стаціонарних об'єктів та на основі аналогів та вимог держстандартів щодо систем охорони периметрів.

2.3 Конструкція системи охорони

До складу конструкції сейсмометричної системи охорони периметрів (ССОП) входять наступні компоненти (рис. 2.6):

- 1) активні геофонні давачі (АГД);
- 2) кабельна мережа живлення та передачі сигналів давачів;
- 3) блок обробки сигналів давачів (БОСД);
- 4) джерело живлення постійного струму АГД та БОСД;
- 5) персональний компютер (ПК);

					КПТР2017001.01.06ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		40

6) USB адаптер для зв'язку (ПК) та БОСД.

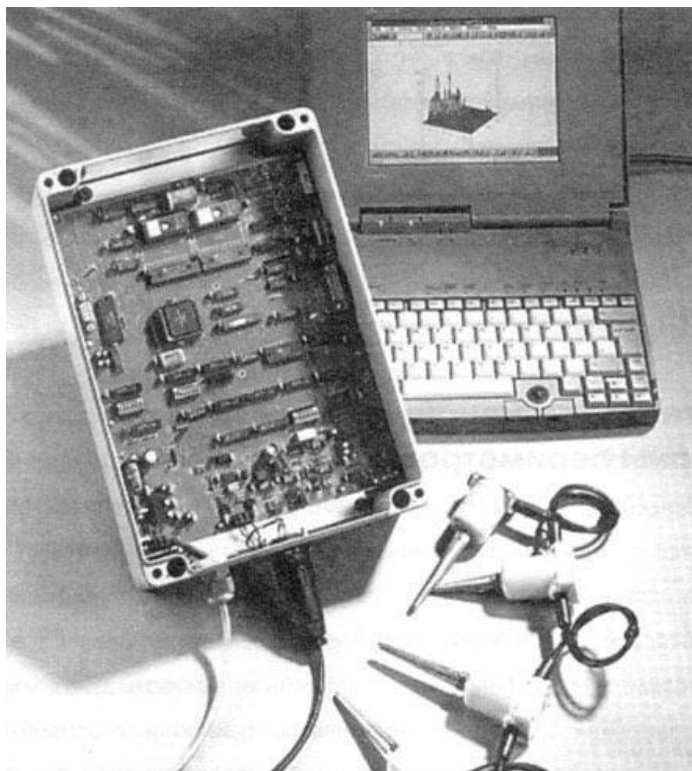


Рисунок 2.6 Зовнішній вигляд типової сейсмометричної системи

Відповідно аналогам [4-11] кабельна мережа живлення та передачі сенсорних сигналів конструктивно складається з чотирьох незалежних кабельних ліній. Кожна універсальна кабельна лінія має окреме підключення до БОСД за допомогою герметичного роз'єднання.

Кабельна лінія охоронних комплексів зазвичай складається з двох витих пар провідників: одна пара для забезпечення живлення електронних схем активних сенсорів та пристроїв первинної обробки їх сигналів та пара для передачі на значні відстані охоронної інформації, в деяких випадках функціональне призначення пар об'єднують.

Максимальна довжина окремої лінії становить близько 50м, із можливістю підключення до 10 сенсорів. Способи об'єднання ланок сенсорів у загальну лінію охорони периметру може бути різним, але зазвичай застосовують лише три варіанти (рис.2.7)

					КПТР2017001.01.06ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		41

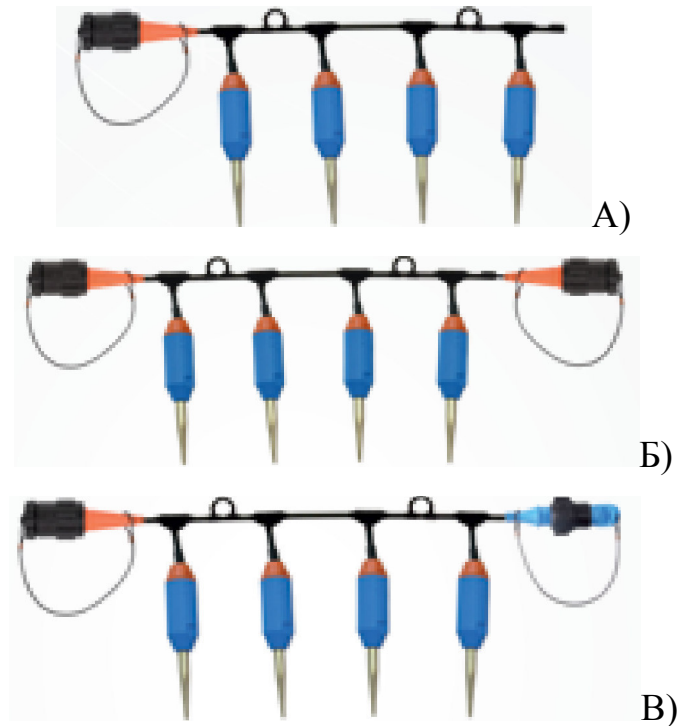


Рисунок 2.7 – Типи під'єднання сейсмодавачів: А) нормативна (штекер),
 Б) двостороння (штекер-штекер), В) подовжувач (штекер-гніздо)

Двосторонні зв'язки на рисунку 2.7, Б) дозволяють підключитися з будь-якого боку, що забезпечує велику гнучкість під час розгортання лінії сенсорів. Зв'язки з подовжувачем (рис.2.7, В) дозволяють з'єднувати ланки сеймосенсорів в необмеженій кількості, щоб адаптувати до довільної конфігурації встановлення на реальній місцевості.

В якості сенсорів ССОП використовуються чутливі елементи, які побудовано на базі електромеханічних перетворювачів [6,7] низькочастотних механічних коливань рухомої частини в електричні сигнали змінного струму. Рівень цих сигналів надто низький для передачі по каналу зв'язку і становить близько одиниць мікрвольт.

Отже, для забезпечення можливості передачі таких сигналів на значні відстані запропоновано ввести до їх складу елементи попереднього підсилення і фільтрації. До складу подібного активного геофону входять (див.рис.2.9):

					КПТР2017001.01.06ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		42

- 1) електромеханічний сенсор;
- 2) попередній підсилювач;
- 3) фільтр низьких частот;
- 4) вихідний підсилювач.

На рисунку 2.8 представлено типи застосовуваних герметичних роз'язттів, які використовуються при розміщенні геофонів під землею, в тому числі і болотяній місцевості.

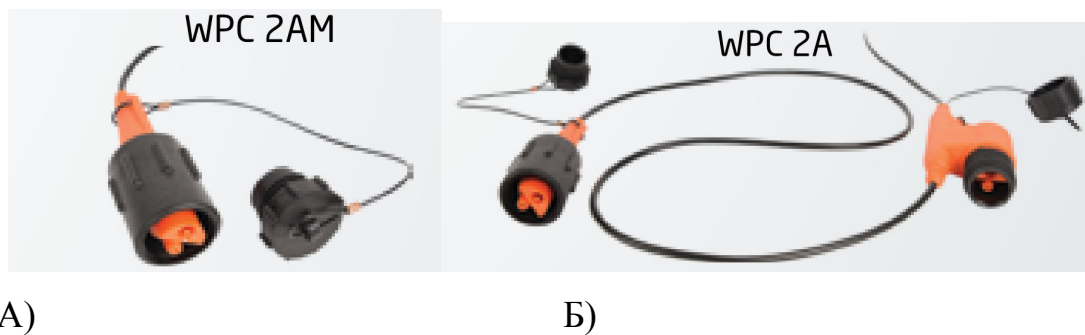


Рисунок 2.8 Типи роз'язттів: А) WPC2AM – одиничний штекер;
Б) WPC2A – подвійний штекер-гніздо.

Як вже зазначалось, електромеханічний сенсор геофону представляє собою рухому котушку на еластичних підвісах, що розміщена між двома полюсами постійного магніту..

2.3.1 Побудова попереднього підсилювача сейсмічного сенсора

Попередній підсилювач представляє собою диференційний підсилювач із низьким рівнем шуму та можливістю встановлення узгодженого опору навантаження котушки електромеханічного сенсора. Основні функції попереднього підсилювача:

- 1) узгодження вихідного опору сенсора для отримання максимальної потужності сигналу в каналі передачі;

					КПТР2017001.01.06ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		43

- 2) зменшення рівня синфазних завад під час транспортування тривожних сигналів;
- 3) підсилення сигналу до рівнів, який необхідно для подальшої обробки.

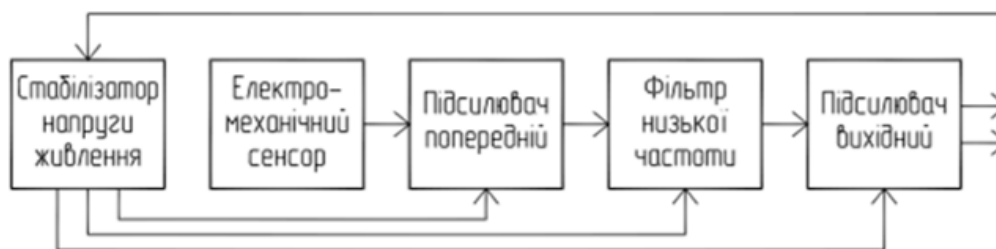


Рисунок 2.9 – Структурна схема активного сенсора

Фільтр низьких частот (ФНЧ) призначено для зменшення рівня завад, пов'язаних з виникненням струмів високочастотних коливань, які не пов'язані з механічними впливами, що виникають в результаті спрямованих дій порушників кордонів [15].

Вихідний підсилювач (рис.2.9) призначено для підсилення рівня потужності вихідного сигналу та забезпечення зв'язку з кабельною лінією комунікаційної мережі. Основні функції вихідного підсилювача:

- 1) підсилення потужності сигналу до необхідного рівня близько 1 В;
- 2) формування парафазного вихідного сигналу;
- 3) узгодження вихідного опору електромеханічного сенсора з характеристичним опором кабеля;
- 4) забезпечення заданого рівня амплітудно-фазових спотворень.

Для забезпечення стабільності параметрів та точності первинної обробки, живлення елементів схеми попереднього підсилення здійснюється від вбудованого стабілізатора напруги живлення. Живлення надходить через окрему пару провідників кабелю, що мають більший перетин для забезпечення мінімального падіння напруги під час каскадного підключення сенсорів.

2.3.2 Побудова блоку обробки

Обробка доставлених сигналів в головному блоці об'єднання сигналів сенсорів - БОСД здійснюється по чотирьом незалежним каналам обробки. До складу кожного каналу попередньої обробки сигналів БОСД входять:

- 1) вхідний підсилювач;
- 2) фільтр низьких частот;
- 3) підсилювач низької частоти;
- 4) аналогово-цифровий перетворювач.

Вхідний підсилювач БОСД являє собою диференційний інструментальний підсилювач. Основні функції попереднього підсилювача БОСД:

- 1) компенсація втрат сигналів сенсорів під час передачі на велику відстань;
- 2) підсилення сигналу до рівня, який необхідно для подальшої обробки АЦП;
- 3) узгодження вихідного опору кабельної лінії з вхідним опором блоку;
- 4) зменшення рівня синфазних завад через диференційну обробку на вході приймача;
- 5) забезпечення максимального відношення сигнал-шум;
- 6) узгодження опорів під час внутрішніх комунікацій.

За допомогою фільтра низьких частот здійснюється зменшення рівня побічних завад, пов'язаних з наведеними струмами в кабельній лінії, та сигналами, які виникають в результаті сторонніх впливів, не пов'язаних з спрямованими діями порушників кордонів.

Для подальшої обробки сигналів сенсорів із метою оптимізації прийняття рішень, відфільтровані та підсилені сигнали сенсорів піддаються перетворенню у цифрові коди, що вже як цифрові сигнали передаються контролер попередньої обробки сигналів. Основні функції контролера попередньої обробки цифрових сигналів:

- 1) формування масиву даних про роботу сенсорів;
- 2) усереднення та інтерполяція значень про вібросигнали;

					КПТР2017001.01.06ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		45

- 3) порівняння вхідних сигналів із еталонними значеннями еталонів;
- 4) передача масивів даних для довготривалого збереження у пам'яті ПК.

За допомогою ПК масив цифрових сигналів піддається математичній обробці для порівняння із еталонами. Еталони формуються в режимі навчання системи із підкріпленням після кінцевого розгортання та налагодження системи. Моніторинг стану та навчання системи охорони здійснюється цілодобово. Контролер пов'язаний з персональним комп'ютером через USB адаптер, або інший високошвидкісний інтерфейс.

2.4 Сигналі кабелі сейсмічних сенсорів

Для передавання струму живлення до ланцюжки сенсорів та передачі від сенсорів сейсмометричної інформації можуть бути застосовані різні типи кабелів [8], в тому числі і універсальні. Розглянемо деякі з них. Першим є група кабелів для передачі сигналів Ethernet технології комунікацій, а саме група із споріднених UTP, FTP, STP, ScTP екранованих та неекранованих кабелів на декілька пар перевитих дротів стандарту EIA/TIA 568. :

Відповідно до стандарту вказаного стандарту, повний хвильовий опір таких кабелів складає $100\text{Ом} \pm 15\%$ із затуханням на ділянці в 100 метрів, до що дорівнює від 2 до 7 дБ залежно від категорії кабелю та опором за постійним струмом близьким до 10 Ом.

Ще один перспективний кабель для застосування під час підключення геофонів КВПВП-5Е має дві або чотири виті пари із дроту діаметром 0,52мм, із ізоляцією суцільним поліетиленом і подвійній оболонці із хлорвінілового пластикату, а також додаткової оболонки зі світлонечутливого поліетилену для захисту від зовнішніх факторів. Основні параметри кабеля КВПВП-5Е-2×2×0,52 наведено в таблиці 2.5.

					КПТР2017001.01.06ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		46

Таблиця 2.5 – Основні параметри кабелів типу КВПВП-5Е-2×2×0,52

№ ч. ч.	Найменування параметру	Одиниці вимір.	Значення
1	Кількість витих пар	шт.	2
2	Омічна асиметрія провідників пари	% / 100м	2
3	Опір за постійним струмом за нормальних умов	Ом/300м	19
5	Хвильовий опір	Ом	100 ± 15%
6	Згасання	дБ/км	25
7	Діапазон робочих температур	°С	-50...+60

2.5 Електричні системні розрахунки

Як приклад наведемо ряд розрахунків для підтвердження запропонованих вимог у технічному завданні щодо системи обробки та первинних сенсорів.

Середньоквадратичне значення напруги невисоке і на виході геофону (ГФ) становить близько 30мкВ. Максимальне значення напруги на вході аналогово-цифрового підсилювача становить близько 2,5В. Отже необхідний загальний коефіцієнт підсилення за напругою становить:

$$K_{uz} = \frac{U_{АЦП}}{U_{ЕМП} \cdot \frac{1}{0,7}} = \frac{2,5}{30 \cdot 10^{-6} \cdot \frac{1}{0,7}} = 6 \cdot 10^4 \quad (2.1)$$

де $U_{АЦП}$ – амплітуднезначення напруги на вході АЦП,

$U_{ЕМП}$ – середньоквадратичне значення напруги на виході ГФ.

					КПТР2017001.01.06ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		47

Підсилення сигналу ГФ до необхідного рівня здійснюється розподілено у двох пристроях: попередньому підсилювачі власне сенсора та у вхідному підсилювачі БОСД. Із теорії забезпечення мінімуму шумів доцільно обрати коефіцієнт підсилення (КП) попереднього підсилювача ГФ $K_{\text{ПП}} = 1000$, а коефіцієнт підсилення вхідного підсилювача блоку обробки сигналів КВП = 60.

Частота власних коливань електромагнітного ГФ не перевищує значення у 20Гц. Це досить низьке значення частоти резонансу, тому втрати за рахунок реактивного опору кабельної лінії можна визначити без урахування скін ефекту, який проявляється на дещо більших частотах, тобто для оціночних розрахунків [16,17] можна використовувати питоме значення для активного опору (таблиця 2.1). Опір постійному струму кабельної лінії заданої довжини можна визначити як:

$$R_l = \frac{R_{\text{лн}}}{L_{\text{лн}}} \cdot L_l = \frac{19}{300} \cdot 50 = 3,5(\text{Ом}) \quad (2.2)$$

де $R_{\text{лн}}$ – нормоване значення довжини лінії ділянки сенсорів;

$L_{\text{лн}}$ – нормативна довжина лінії в документації;

L_l – фактична довжина лінії під час розгортання системи охорони.

Коефіцієнт передачі напруги на основі такої кабельної лінії, яка розглядається як чорний ящик (з виходу сенсора до входу попереднього підсилювача) для постійного струму можна розрахувати на основі елементів схеми резистивного подільника напруги:

$$K_u = \frac{R_{\text{вхВП}}}{R_{\text{вхВП}} + R_l} = \frac{100}{100 + 3,5} = 0,96 \quad (2.2)$$

K_U – коефіцієнт передачі напруги через активний опір лінії передачі,

$R_{\text{вхВП}}$ – вхідний опір попереднього підсилювача блоку БОСД;

					КПТР2017001.01.06ПЗ	Арк.
						48
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

R_L – активний опір лінії передачі заданої довжини;

Втрати потужності в кабельній лінії за рахунок активного опору дротів будуть становити:

$$D_R = 10 \lg \frac{1}{\left(\frac{1}{K_U}\right)^2} = 10 \lg \frac{1}{\left(\frac{1}{0,96}\right)^2} = 0,6(\text{дБ}) \quad (2.3)$$

де D_R – затування сигналу за рахунок активного опору лінії передачі.

Згасання сигналу у лінії передачі за рахунок електромагнітних втрат на змінному струмі виходячи із характеристик кабелю становить:

$$D_{EM} = d_{EM} \cdot L_L = 0,025 \cdot 50 = 1,3(\text{дБ}) \quad (2.4)$$

Таким чином загальні втрати в кабелі при передачі сигналів сенсорів на типовій відстані для ланок геофонів у 50м становитимуть:

$$D_{\Sigma} = D_R + D_{EM} = 0,6 + 1,3 = 1,9(\text{дБ}) \quad (2.5)$$

Потужність, яку повинен забезпечити вихідний підсилювач активного давача:

$$P_{вихД} = \frac{\left(U_{EMП} \cdot \frac{1}{0,7} \cdot K_D\right)^2}{\rho_L} = \frac{\left(30 \cdot 10^{-6} \cdot \frac{1}{0,7} \cdot 10^3\right)^2}{100} = 10^{-3}(\text{Вт}) \quad (2.6)$$

Таким чином під час розрахунку отримано параметри для розробки ряду послідовних модулів системи охорони периметрів на базі сейсмічних сенсорів.

					КПТР2017001.01.06ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		49

3 РОЗРОБКА ЕЛЕКТРИЧНОЇ СХЕМИ

3.1 Розробка блоку обробки

3.1.1 Активна елементна база блоку обробки

Детальній розробці в цьому розділі підлягає конструктив БОСД. Обробка сигналів сенсорів здійснюється по 4-м незалежним вхідним каналам. В кожному каналі попередньої обробки сигналів БОСД здійснюється підсилення і фільтрація аналогових сигналів окремих ліній, а також перетворення їх у цифрову форму із метою подальшої передачі у контролер попередньої обробки сигналів (дивись схему електричну принципову ЕЗ).

Вхідний підсилювач блоку виконано за схемою диференційного інструментального підсилювача на базі сучасної мікросхеми МАХ4363 (DA1). У складі мікросхеми присутньо 4 незалежних операційних підсилювача. Використання операційних підсилювачів в корпусі однієї мікросхеми дозволяє:

- 1) підвищити температурну стабільність каскадів диференційної схеми;
- 2) підвищити рівень подібності каскадів та зменшити загальні напруги зміщення на виході схеми;
- 3) зменшити габаритні параметри кінцевого виробу;
- 4) зменшити загальну вартість виробу вартість.

Регулювання загального коефіцієнту підсилення вхідного підсилювача сигналів геофонів здійснюється за допомогою резистора R11.

Фільтр низької частоти побудовано на базі мікросхеми МАХ4363 (DA2) за технологією активного фільтра. У цій мікросхемі розміщено 2 незалежних операційних підсилювача. Окремі ланки ФНЧ виконано за схемою неінвертуючого операційного підсилювача із частотозалежним зворотним

					КПТР2017001.01.06ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		50

зв'язком, що забезпечує формування двох полюсів передавальної характеристики фільтру [16,17].

Дві ланки фільтру забезпечують пригнічення сигналу у смузі подавлення не менше як 24дБ на октаву. Частота зрізу ФНЧ становить близько 1 кГц, та відповідає діапазону сигналів геофонів. Коефіцієнт передачі у смузі прозорості кожної ланки ФНЧ одиничний. Таким чином, в одному функціональному блоці реалізується і попередній малошумлячий підсилювач і фільтрація із заданою амплітудно-частотною характеристикою (АЧХ).

3.1.2 Обґрунтування вибору типу схеми

Застосування в якості вхідного підсилювача БОСД диференційного підсилювача обумовлено рядом слушних технічних причин, що зазначено надалі.

По-перше, передача сигналів на великі відстані здійснюється на основі кабелів із витих пар дротів, а у нас саме такі відстані присутні. Застосування перевитих пар широко відомо і має сенс тільки для диференційної схеми передачі із пара фазними сигналами.

Лінія із перевитих пар дротів має стабільні параметри хвильового опору незалежно від довжини ділянки зв'язку. Хвильовий опір такої конструкції лінії залежить, в основному, від кроку перевивання дротів. Це дає можливість узгоджувати характеристичні опори елементів кіл за допомогою простих методів – підбору термінальних резисторів на вході підсилювача електричних сигналів, якщо вхідний опір підсилювача вважати досить значеним, більше 10кОм. Кабельна магістральна лінія, до якої під'єднуються геофони як раз і являє собою набір витих пар.

По-друге, прецизійні і стабільні вимірювальні підсилювачі слабких сигналів відповідно аналогам пристрою найчастіше виконують за диференційною схемою. Такий підхід пригнічення синфазних завад є

					КПТР2017001.01.06ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		51

ефективним тому, що зміну вихідних сигналів, яка викликана, наприклад, нагрівом близьких компонентів можна вважати однаковими і різницю між ними можна вважати близькою нулю, що і реалізує диференційний підсилювач.

3.2 Розрахунок інструментального підсилювача

3.2.1 Схема та рівні сигналів

На рисунку 3.1 показана розроблена схема підсилювача з диференційним входом, високим входним опором і великим рівнем послаблення синфазного сигналу.

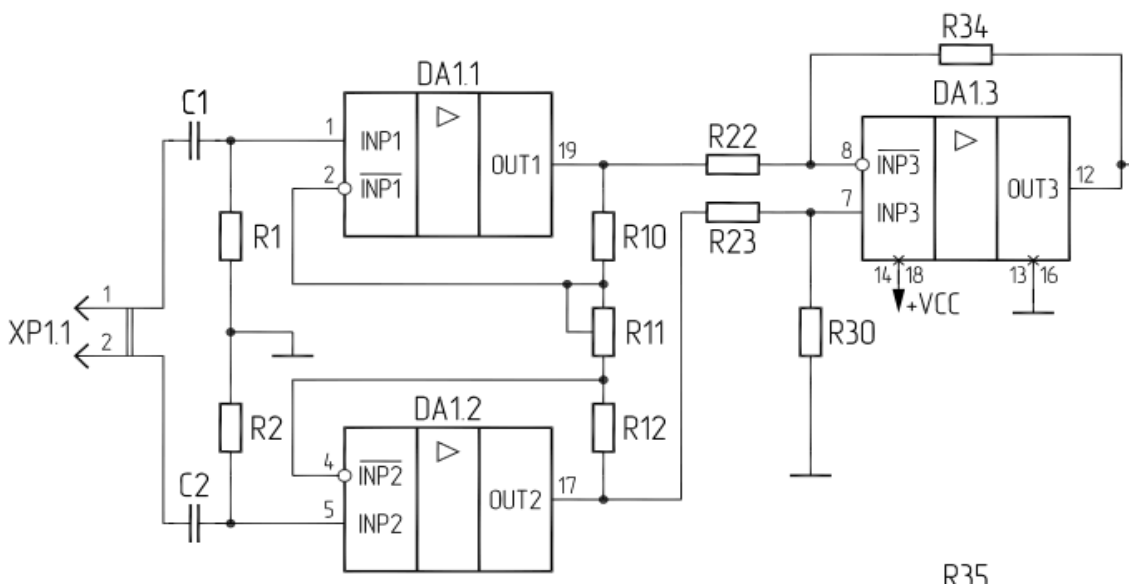


Рисунок 3.1 – Схема інструментального підсилювача системи (фрагмент схеми електричної принципової)

Відповідно рис.3.1 ідентичні операційні підсилювачі DA1 та DA2 представляють собою комбінований диференційний підсилювач, який має високий входний опір, особливо для інтегральних схем на польових транзисторах.

Схема їх включення забезпечує підвищене значення коефіцієнту від'ємного зворотного зв'язку за синфазним сигналом. Операційний підсилювач DA3 виконує функцію віднімання сигналів первинних підсилювачів DA1 та DA2 і тим самим зменшує вплив напруги зміщення на вихідний сигнал підсилювачів DA1 та DA2 і синфазної вхідної напруги також.

Якщо значення опорів резисторів R6, R7, R8, R9 відповідають умові [16,17]

$$\frac{R8}{R7} = \frac{R9}{R6} \quad (3.1)$$

то значення вихідної напруги розраховується за:

$$U_{вих} = ((U_{вх2} - U_{вх1}) + (U_{зм2} - U_{зм1})) \cdot \frac{R9}{R6} \cdot \left(\frac{R3 + R5}{R4} + 1 \right) \quad (3.2)$$

де $U_{вх}$ – вхідні напруги ;

$U_{зм}$ – внутрішні напруги зміщення операційних підсилювачів.

З (3.2) очевидно, що регулювання значення коефіцієнту підсилення всього підсилювача може реалізовуватись за допомогою одного резистора R4. За таких умов не порушується симетрія значень коефіцієнтів передачі окремих ланок (DA1.1, DA1.2) пари підсилювачів.

Загалом, замість вхідних підсилювачів DA1, DA2 можна встановити прості повторювачі напруги, але в такому випадку втрачається можливість регулювання або підстроювання значення коефіцієнту підсилення за допомогою лише одного підстроювального резистора R4, і також зменшується значення коефіцієнту подавлення синфазного сигналу.

					КПТР2017001.01.06ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		53

Слід зазначити, що у (3.2) вплив напруг зміщення нуля підсилювачів DA1 та DA2 порівняно із вхідною напругою незначний і буде повністю відсутній при однакових значеннях $U_{зм1}$ та $U_{зм2}$ та їх однакових синхронних змін. Це обумовлено тим, що кінцевий у каскаді операційний підсилювач DA3 підсилює лише різницю напруг $U_{вихDA1}$ та $U_{вихDA2}$, що викликані таким синфазним сигналом.

Тому, при рівних значеннях ослаблення синфазного сигналу в DA1 та DA2 пригнічення його на виході DA3 буде практично повним. Така умова виконується автоматично, якщо окремі операційні підсилювачі виготовлені в одному технологічному циклі серії або ще краще, розміщені на одному кристалі мікросхеми.

3.2.2 Вхідні кола та узгодження опорів

Для узгодження вхідного опору диференційного підсилювача із характеристичним опором включеної надалі кабельної лінії передачі сигналів сенсорів (див. рис.3.1) та забезпечення необхідного значення вхідних струмів встановлені термінальні резистори $R1 = R2 = 100\text{Ом}$.

Конденсатори C1 та C2 усувають впливи постійних напруг зміщення, які виникають під час підключення диференційного підсилювача до джерел сигналів геофонних сенсорів. Вираз для коефіцієнту передачі вхідного підсилювача відповідно до рівняння (3.2) буде мати вигляд [16,17]:

$$K_{вх} = \frac{R9}{R6} \cdot \left(1 + \frac{R3 + R5}{R4}\right) \quad (3.3)$$

Згідно проведеного аналізу в попередньому розділі кваліфікаційного проекту коефіцієнт підсилення вхідного підсилювача KUBП має бути більше 60. Доцільно обрати коефіцієнт підсилення диференційного каскаду (DA1, DA2)

					КПТР2017001.01.06ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		54

близько $K_{U12} = 10$ і коефіцієнт передачі суматора протифазних сигналів (DA3) теж близько $K_{U3} = 10$. За точністю параметрів обираємо резистори зі стандартного ряду підвищеної точності E24:

для значення резистора $R9 = 10\text{кОм}$ значення резистора $R6$ буде становити:

$$R6 = \frac{R9}{K_{U12}} = \frac{10}{10} = 1(\text{кОм}) \quad (3.4)$$

Для $R3 = 10\text{кОм}$, $R5 = 10\text{кОм}$ значення резистора $R4$ буде становити:

$$R4 = \frac{R3 + R5}{K_{U3} - 1} = \frac{10 + 10}{9} = 2(\text{кОм}) \quad (3.5)$$

Так як за допомогою резистора $R4$ встановлюється загальний коефіцієнт підсилення цілого блоку вхідного підсилювача то його доцільно обрати змінним, значення, що обране зі стандартного ряду E24 буде становити $R4 = 5,1\text{кОм}$.

3.3 Фільтрація сигналів сейсмічних сенсорів

3.3.1 Вибір типу фільтрації

Амплітудно-частотні характеристики схем фільтрації можуть бути оптимізовані за різними критеріями відповідно умов експлуатації та технічному завданню (ТЗ). В даному виробі слушно застосувати активні фільтри, які найчастіше за все будуться на основі операційних підсилювачів із ланками фільтрів другого порядку [16,17]. Кожному критерію для оптимізації задовольняють певні значення коефіцієнтів активного фільтру a_i та b_i .

					КПТР2017001.01.06ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		55

Наприклад, передавальна функція для ФНЧ 2-ого порядку у загальному сенсі має вигляд:

$$A(S_n) = \frac{A_0}{1 + a_1 S_n + b_1 S_n^2} \quad (3.6)$$

Під час синтезу таких ланок часто виникають комплексні корені, які не дозволяють реалізувати фільтр за допомогою лише RC-кіл. Можливість формування таких коренів рівняння полягає у застосуванні RLC-кіл, але в зоні високих частот практична реалізація необхідних для цього індуктивностей не викликає проблем.

В області низьких частот проблема в тому, що значення необхідних великих індуктивностей, реалізувати на практиці важко завдяки вимогам до габаритів, стабільності, тощо. Однак, застосуванню котушок індуктивності в області низьких частот вдається позбавитись, якщо використовувати активні компоненти і резистивно-ємнісними зворотними зв'язками.

Найбільш універсальними з точки зору побудови фільтрів на активних компонента є операційні підсилювачі, які мають такі переваги перед такими елементами як транзистори:

- 1) велике значення коефіцієнту передачі (без кіл зворотного зв'язку);
- 2) високе значення вхідного опіру;
- 3) стабільність електричних та неелектричних параметрів;
- 4) можливість реалізації будь-якого типу зворотного зв'язку за допомогою простих електричних кіл;
- 5) робота в широкому діапазоні частот.

Таким чином, вибір типу активного фільтру для роботи у складі блоку обробки сигналів давачів системи сейсмометричного контролю охоронного периметру можливо вважати доведеною.

					КПТР2017001.01.06ПЗ	Арк.
						56
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3.3.2 Типи амплітудно-частотних характеристик фільтрів

Насамперед проведемо порівняння найважливіших типів амплітудно-частотні характеристик ФНЧ [16,17], як базового типу для побудови фільтрів для виділення і інших ділянок частот, що легко реалізуються як активні фільтри на операційних підсилювачах (рис.3.2). Серед яких:

- 1) Фільтр Батерворта, що має максимально можливу горизонтальну ділянку АЧХ, яка лише наближаючись до частоти зрізу різко спадає.

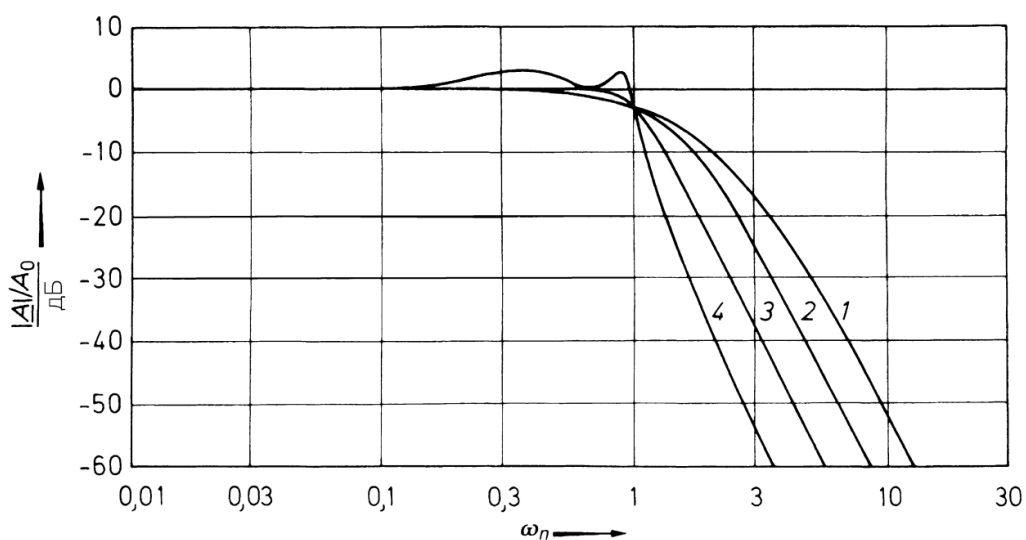


Рисунок 3.2 – АЧХ фільтрів різних типів:

1 – з критичним затуханням, 2 – Бесселя, 3 – Баттерворта, 4 – Чебишева

- 2) Фільтр Чебишова, що має більш крутий спад АЧХ за решту типів фільтрів але в смузі прозорості АЧХ змінюється хвилеподібно залежно від значення порядку фільтра. Крутизна в перехідній зоні АЧХ тим більше, чим більша амплітуда хвилеподібності у смузі прозорості.
- 3) Фільтр Бесселя має найбільш оптимальну перехідну характеристику. Груповий час затримки сигналів у широкому діапазоні частот є постійним, або фазовий зсув між входом та виходом пропорційний значенню частоти.

В цілому АЧХ фільтра Бесея у смузі подавлення має найбільш невисоку крутизну серед перерахованих типів фільтрів.

Існує дуже багато схемотехнічних представлень фільтрів на основі застосування операційних підсилювачів як активних компонент. На одному операційному підсилювачі може бути реально реалізований фільтр від 1-ого до 6-ого порядку.

Але побудова складних фільтрів високих порядків з необхідним типом АЧХ та дотриманням стабільності на основі лише одного застосованого активного елемента є досить складним завданням [16,17], спряженим із високим рівнем точності застосованих пасивних компонент та низькою стабільністю дотримання характеристик в цілому на значних інтервалах часу в широкому діапазоні впливів зовнішніх факторів. Тому в переважній більшості на активних компонентах реалізуються фільтри 1-го або другого порядку, що і візьмемо за основу розробки.

3.3.3 Розрахунок активного фільтру

Активний фільтр побудуємо на основі підсилювача із додатнім зворотнім зв'язком (рис 3.3) [16,17]. Його коефіцієнт підсилення за рахунок внутрішнього зворотного зв'язку має мати таке значення:

$$A(S_n) = \frac{1 + R_4/R_3}{1 + \omega_{zp}(R_1 + R_2)C_2S_n - \omega_{zp}R_1C_2R_4/R_3S_n + \omega_{zp}^2R_1R_2C_1C_2S_n^2} \quad (3.7)$$

Подільник напруги R_4, R_3 реалізує тільки від'ємний зворотній зв'язок і встановлює заданий коефіцієнт підсилення каскаду. Додатній зворотній зв'язок забезпечується за допомогою зв'язку із виходу на вхід за допомогою конденсатора C_2 .

					КПТР2017001.01.06ПЗ	Арк.
						58
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Рисунок 3.3 – Базова ланка 2-го порядку фільтра низьких частот із додатним зворотним зв'язком

Основними перевагами застосування такого типу базової ланки в активному фільтрі низьких частот є:

- 1) можливість вибору значення компонент за умовою $R1 = R2$, $C1 = C2$ (у цьому випадку тип фільтрації буде визначатися співвідношенням $R4 / R3$);
- 2) можливість побудови фільтрів із можливістю пере налаштування частоти зрізу за допомогою спарених резисторів, значення яких змінюється однаково;
- 3) можливість реалізації окремих типів фільтрації через заміну негативного зворотного зв'язку на повторювач сигналів із $R4 = 0$, $R3 = \infty$;
- 4) технологічність під час моделювання, розрахунків, налагодження, де кожна ланка може бути регульована незалежно від інших та їх спільна АЧХ буде легко визначатися через добуток АЧХ окремих ланок;
- 5) можливість конструювати фільтри дуже високих порядків, через просте каскадування ланок до 2-го порядку.

З метою зменшення номенклатури пасивних компонентів можна запропонувати варіант побудови ланки для якої виконуються співвідношення між компонентами:

$$C1 = C2 = C, \quad R1 = R2 = R \quad (3.8)$$

					КПТР2017001.01.06ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		59

У цьому випадку реалізація АЧХ багатоланкового фільтра буде представляти суму АЧХ окремих ланок, якщо коефіцієнт передавання виражено в децибелах. Для реалізації фільтрів різних типів необхідно встановлювати певне значення коефіцієнта підсилення кожної окремої ланки.

Передавальна функція фільтра для виконання умови (3.1) має вигляд:

$$A(S_n) = \frac{\alpha}{1 + \omega_g RC(3 - \alpha)S_n + (\omega_g RC)^2 S_n^2} \quad (3.9)$$

Зв'язок коефіцієнтів a_1 , b_1 ланки другого порядку із частотою зрізу та значеннями пасивних компонент C і R має вигляд:

$$a_1 = \omega_g RC(3 - \alpha) \quad (3.10)$$

$$b_1 = (\omega_g RC)^2 \quad (3.11)$$

$$RC = \frac{\sqrt{b_1}}{2\pi \cdot f_g} \quad (3.12)$$

Коефіцієнт підсилення кожної окремої ланки фільтрації також визначається із умови забезпечення необхідного рівня добротності полюсів і залежить від їх взаємного розташування. Нерівномірність АЧХ у смузі пропускання буде залежати саме від добротності полюсів передавальної функції.

Зв'язок коефіцієнта підсилення із добротністю полюса для активного фільтра визначається як:

					КПТР2017001.01.06ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		60

$$\alpha = A_0 = 3 - \frac{a_1}{\sqrt{b_1}} = 3 - \left(\frac{1}{Q_1} \right) \quad (3.13)$$

Коефіцієнт α в (3.13) не залежить від частоти зрізу і визначається тільки добротністю полюсів. Величина α і визначає тип фільтра, що реалізується.

3.3.4 Коефіцієнти підсилення та частоти зрізу

Коефіцієнт підсилення операційного підсилювача окремої ланки фільтру за постійним струмом визначається співвідношенням резисторів R_4 та R_3 :

$$\alpha = 1 + \frac{R_3}{R_4} \quad (3.14)$$

Коефіцієнти a_i b_i мають нормовані значення до частоти зрізу та добротності ланки. Під час розрахунків для реалізації фільтра Чебишова 4-ого порядку з нерівномірністю 0,5дБ застосуємо вже наперед розраховані коефіцієнти для побудови окремих ланок фільтру (таблиця 3.1)

Таблиця 3.1 – Коефіцієнти для розрахунку активного фільтра Чебишова

Порядок фільтра	№ ланки	a_i	b_i	f_{gi} / f_g	Q_i
4	1	2,6282	3,4341	0,538	0,71
	2	0,3648	1,1509	1,419	2,94

Розрахунок значень елементів фільтру проведемо для частоти зрізу фільтра $f_g = 100$ Гц, що відповідає типовим значенням частот вібрацій сейсмічних сенсорів.

Опір резисторів R_1 R_2 1-ої ланки згідно умови (3.8) обираємо із стандартного ряду $R_1=R_2=10\text{кОм}$. Згідно виразу (3.12) та значень коефіцієнтів фільтру Чебишова (таблиця 3.1) визначаємо величину ємності конденсатора C :

$$C = \frac{\sqrt{b_1}}{2\pi \cdot R \cdot f_g} = \frac{\sqrt{3,4341}}{2 \cdot 3,14 \cdot 10 \cdot 10^3 \cdot 100 \cdot 0,538} = 5,5 \cdot 10^{-7} (\Phi) \quad (3.15)$$

Для ємнісних компонент значення ємності конденсаторів C_1 і C_2 для 1-ої ланки обираємо відповідно стандартному ряду: $C = C_1 = C_2 = 0,5\text{мкФ}$.

Аналогічно визначаємо значення ємності конденсаторів $C_1 = C_2$ для 2-ї ланки фільтру геофону:

$$C = \frac{\sqrt{b_2}}{2\pi \cdot R \cdot f_{gi}} = \frac{\sqrt{3,4341}}{2 \cdot 3,14 \cdot 10 \cdot 10^3 \cdot 100 \cdot 1,419} = 2 \cdot 10^{-7} (\Phi) \quad (3.16)$$

Величину ємності конденсаторів C_1 і C_2 для 2-ої ланки також обираємо зі стандартного ряду: $C = C_1 = C_2 = 0,220\text{мкФ}$.

Необхідний коефіцієнт підсилення 1-ої ланки відповідно формулі (3.13) становить:

$$\alpha_1 = 3 - \left(\frac{1}{Q_1} \right) = 3 - \frac{1}{0,71} = 1,59 \quad (3.14)$$

Значення опору резистора R_4 1-ої ланки обираємо на основі стандартного ряду як $R_4 = 10\text{кОм}$. Тоді згідно (3.14) величина опору R_3 1-ої ланки становитиме:

$$R_3 = R_4 \cdot (\alpha - 1) = 10 \cdot (1,59 - 1) = 5,9(\text{кОм}), \quad (3.15)$$

					КПТР2017001.01.06ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		62

що відповідає значення для стандартного ряду E24.

Необхідне значення коефіцієнту підсилення 2-ої ланки згідно (3.13) становить [16,17]:

$$\alpha_2 = 3 - \left(\frac{1}{Q_2} \right) = 3 - \frac{1}{2,94} = 2,66 \quad (3.15)$$

Опір резистора R4 2-ої ланки обираємо зі стандартного ряду R4 = 10кОм. Тоді згідно (3.14) значення опору R3 для 2-ої ланки активного фільтру становить:

$$R_3 = R_4 \cdot (\alpha - 1) = 10 \cdot (2,66 - 1) = 17(\text{кОм}) \quad (3.15)$$

На цьому розрахунок фільтра вважається закінченим [16,17], але у нього є кілька додаткових кіл, оцінку значень елементів яких слід також провести.

Коливання, що виникають у рухомій системі електромагнітного перетворювача геофону в залежності від типу перетворювача вібраційних сигналів в електричні складають одиниці-сотні Герц. Сигнали цих частот без перешкод мають проходити по каналу обробки і проводовим лініям зв'язку.

Вхідне коло, яке утворюється (рис.3.2) елементами R₁ та C_{бл} також являє собою і фільтр високих частот. Частота зрізу такого фільтру має складати одиниці Герц.

Таким чином, нижня гранична частота фільтру низьких частот для значення опору R1 = 10кОм та значення такого компонента як блокуючи ємність C_{бл} = 10мкФ, що введена саме для проходження струмів високої частоти становить:

					КПТР2017001.01.06ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		63

$$f_{н.ФНЧ} = \frac{1}{2\pi \cdot R_1 C_{\text{бл}}} = \frac{1}{6,28 \cdot 10 \cdot 10^3 \cdot 10 \cdot 10^{-6}} = 1,3(\text{Гц}) \quad (3.16)$$

Таке значення повністю відповідає умовам передачі нижніх значені інформаційних сигналів від вимірювальних перетворювачів геофонів та дозволяє просто реалізувати проходження змінних струмів по колах схеми без генерації зайвих спотворень та завад. Також, розраховане значення нижньої частоти зрізу фільтруючої ланки пристрою повністю задовольняє умові безперешкодної передачі сигналів геосенсорів на вхід АЦП.

					КПТР2017001.01.06ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		64

ВИСНОВКИ

1. Проведено аналіз сейсмометричних принципів, що застосовуються в системах охорони периметрів об'єктів доступу, що відповідає сучасній складній ситуації із терористичними загрозами у світі. Розглянуто принцип дії, різновиди та класифікацію охоронних систем із використанням сейсмометричних давачів.

2. Розглянуто способи встановлення сейсмометричних сенсорів на об'єктах охорони в складі систем охорони периметрів, їх потенційні можливості та переваги і недоліки порівняно із іншими подібними системами охорони.

3. В якості аналогів розглянуто тактико-технічні характеристики систем охорони із застосуванням сейсмометричних сенсорів: «Форшлаг» (НВО «Північ»), «Коридор» (НІКІРЕТ), сейсмічна станція «Кріт» (ДСО «Імпульс Інтернейшлн»), що застосовують розподілену систему давачів у вигляді сенсорних кабелів.

4. Прототипом системи, що розробляється у кваліфікаційній роботі магістра є система із геофонними сейсмічними сенсорами. Розглянуто принцип дії геофонів, можливості їх розміщення для охорони периметрів, способи об'єднання в складну систему із завадостійкою обробкою сигналів.

5. Розроблено схему електричну структурну та схему електричну принципову БОСД сейсмометричної системи охорони периметрів з застосуванням активних геофонних давачів.

6. Проведено розрахунки основних енергетичних параметрів системи. Та електричні розрахунки елементів підсилення та фільтрації БОСД.

7. Представлені складальні креслення для побудови окремих модулів сейсмометричної системи охорони периметрів об'єктів.

					КПТР2017001.01.06ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		65

ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Лыньков, Л.М. Методы и средства защиты объектов связи от несанкционированного доступа: учеб. – метод. пособие / Л.М. Лыньков, Т.В. Борботько, Н. И. Мухуров. – Минск: БГУИР, 2007. – 139 с
2. www.mdsafe.com.ua Системы охранной сигнализации.
3. Синилов В.Г. Системы охранной, пожарной и охранно-пожарной сигнализации. Издание 2-е - М.: Издательский центр «Академия», 2004 - 352 с
4. www.bez.net.ru Охранные извещатели.
5. Магауенов Р.Г. Системы охранной сигнализации: основы теории и принципы построения / Р.Г. Магауенов. – Издательство: Горячая линия–Телеком, 2004. –367с.
6. www.allbest.ru/referat Системи сигналізації.
7. Сейсмодатчик СД-1 Паспорт АТПН.425411.001-03 ПС Режим доступа: www.npfpol.ru
8. Мокренко П.В. Элементы і пристрої фізичної та електронної охорони об'єктів. – Львів: Фенікс, 2000 – 185 с.
9. ДСТУ EN 50131-1:2006 Системи тривожної сигналізації. Системи охоронної сигналізації. Частина 1. Загальні вимоги (EN 50131-1:1997, IDT).
- 10.Шанаев Г.Ф. Системы защиты периметра/Г.Ф. Шанаев, А.В. Леус М.:Security Focus 2011. –280 с.
- 11.Бронников А. А., Котов В. В., Никитенков, Д. С. Периметровая пассивная сейсмическая система охраны объекта // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2009. – № 2-2. – С.222–226.
- 12.Звездинский С. С. Периметровые маскируемые сейсмические средства обнаружения // Специальная техника. – 2004. – № 2. – С. 20–28; – № 3. – С. 26–37.

					КПТР2017001.01.06ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		66

13.Костенко К. В., Шевцов В. Ф. Классификация объектов в сейсмических системах охраны // Информационно-управляющие системы. – 2009. – № 3. – С. 2–6.

14.Ingchang Huang, Qianwei Zhou, Xin Zhang, Enliang Song, Baoqing Li, Xiaobing Yuan. Seismic target classification using a wavelet packet manifold in unattended ground sensors systems // Sensors. – 2013. – № 13(7). – P. 8534–8550.

15.Каудман М., Сидман А.Г. Практическое руководство по расчетам схем в электронике: Справ. в 2 т. Т.2:Пер. с англ./Под ред. Ф.Н. Покровского. - М.:Энергоатомиздат, 1993. - 288 с.

16.Хоровиц П., Хилл У. Искусство схемотехники. В 3 т. Т.1: Пер. с англ.- 4-е изд., перераб. и доп. - М.:Мир, 1993. - 413 с.

17. Титце У., Шенк К. Полупроводниковая схемотехника: Справочное руководство: Пер. с нем. - М.:Мир, 1983. - 512 с.

					КПТР2017001.01.06ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		67

Anti-Plagiarism v-15.257

Максимальное совпадение с одним документом 1.0%

Словари проверки: en_US, ru_RU, ua_UA. Ошибок в документах: 10%

ID: 94041 Название: Сейсмометрична система охорони периметрів Добавлено в БД: 2021-06-15 Авторы: Бабак Григорій Олексійович Руководители: Пивовар Олег Сергійович Консультанты: Опоненты:	Документ		Суммарное совпадение по Базе Данных	
	Символы	Лексемы	Символы	Лексемы
	64772	980	476 (1%)	10 (1%)

Источник плагиата

ID	Описание	Наличие плагиата в документе	
		Символы	Лексемы



Имя пользователя:
Kafedra TMIT KhNU

ID проверки:
1008303923

Дата проверки:
15.06.2021 15:30:55 EEST

Тип проверки:
Doc vs Internet

Дата отчета:
15.06.2021 15:41:06 EEST

ID пользователя:
100005657

Название файла: Бабак_TP17-1

Количество страниц: 69 Количество слов: 11042 Количество символов: 86366 Размер файла: 1.64 MB ID файла: 1008371926

0.62% Совпадения

Наибольшее совпадение: 0.1% с Интернет-источником (<https://kxtp.kpi.ua/theses/2020-horb.pdf>)

0.62% Источники из Интернета 63 Страница 71

Поиск совпадений с Библиотекой не производился

0.24% Цитат

Цитаты 1 Страница 72

Не найдено ни одной ссылки

0% Исключений

Нет исключенных источников

Модификации

Обнаружены модификации текста. Подробная информация доступна в онлайн-отчете.

Замененные символы 48

РІШЕННЯ КАФЕДРИ

ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙ, МЕДІЙНИХ ТА ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

ПРО ДОПУСК КВАЛІФІКАЦІЙНОГО ПРОЕКТУ ДО ЗАХИСТУ

Підтверджуємо ознайомлення з результатом звіту подібності щодо роботи, генерованого системою виявлення текстових збігів/ідентичності/схожості:

Назва: Сейсмометрична система охорони периметрів

Автор: **Бабак Григорій Олексійович**

Спеціальність: **172 Телекомунікації та радіотехніка**

Освітня програма: Телекомунікації та радіотехніка

Науковий керівник: **к.т.н., доц. Пивовар Олег Сергійович**


Після аналізу звіту подібності зроблено такий висновок:

№	Висновок	Позначка про відповідність
1	Запозичення, виявлені в роботі, є законними і не є плагіатом (далі – зазначаються підстави віднесення запозичень до правомірних). Робота приймається до захисту.	<u>Відповідає</u>
2	Виявлені запозичення не є плагіатом, розміщені в розділах, які не описують безпосередньо авторське дослідження, але кількість цитат перевищує обсяг, виправданий поставленою метою роботи (далі – зазначаються детальні та аргументовані підстави віднесення запозичень до правомірних). Робота приймається до захисту, але має бути відкоригована. Відкоригований варіант має бути поданий на кафедру за 2 дні до захисту, разом із заявою щодо самостійності виконання письмової роботи та ідентичності друкованої та електронної версії роботи	
3	Виявлені запозичення не є плагіатом, але частково розміщені в розділах, які описують безпосередньо авторське дослідження, а кількість цитат перевищує обсяг, виправданий поставленою метою роботи. В зв'язку з цим мета роботи та поставлені завдання не були досягнені. Робота може бути допущена до захисту (наступного року) після того як буде відкоригована та допрацьована і успішно пройде повторну перевірку на академічний плагіат.	
4	Робота містить навмисні текстові спотворення, передбачувані спроби укриття запозичень або інші прояви академічного плагіату. Робота містить фабрикацію або фальсифікацію даних. Робота не допускається до захисту.	
5	Інше:	

Підтвердження: Запозичення у розмірі 0,6%, виявлені в роботі є випадковими і не є плагіатом. Робота приймається до захисту.

14.06.2021р.

Керівник кваліфікаційного проекту



Олег ПИВОВАР

Зав. каф. ТМІТ



Сергій ПІДЧЕНКО

РЕЦЕНЗІЯ

на кваліфікаційний проект студента групи ТР-17-1

Бабака Григорія Олексійовича

«Сейсмометрична система охорони периметрів»

Зважаючи на ситуацію із терористичною загрозою в Україні останнім часом тема проекту актуальна, однозначно потребує розгляду із різних напрямків. Кваліфікаційний проект бакалавра складається із текстової частини, що складається із вступу, 3 розділів, висновків з виконання проекту, списку використаних джерел та додаткових матеріалів у кінці звіту. Загальний обсяг роботи в якому викладено основний зміст складає 62 сторінки і є достатнім для проектів бакалаврів. Графічна частина представлена 3 аркушами схем та креслень формату А1, із специфікаціями, відомостями та переліками елементів.

Перевагами кваліфікаційного проекту є ґрунтовний огляд аналогів, коректність та правильність електричних розрахунків, акуратність та технічна грамотність виконання схем та креслень на основі державних стандартів. Однак в роботі присутні ряд неточностей, частково порушена нумерація рисунків, деякі підрозділи не розкрито в повному обсязі. Особливістю проекту є розробка не тільки частини схемотехнічної документації, але і частини конструкторської документації у вигляді креслень.

В цілому кваліфікаційний проект Бабака Григорія Олексійовича. “ Сейсмометрична система охорони периметрів ” загалом відповідає вимогам до кваліфікаційних проектів бакалаврів та заслуговує на оцінку “добре”.

Рецензент:

к.т.н.,

Відгук керівника
на кваліфікаційний проект студента групи ТР-17-1
Бабака Григорія Олексійовича
«Сейсмометрична система охорони периметрів»

Студент 4-го курсу Бабак Г.О. під час виконання кваліфікаційного проекту провів розгляд питань розробки частини конструкторської документації з важливого на даний час напрямку – побудови спеціалізованих сучасних охоронних систем із чутливими сейсмічними сенсорами, що може бути застосована для охорони кордону України, важливих державних та приватних об'єктів, тощо. Під час проектування особлива увага приділялася розробці технічного завдання та розробці електричних схем базових складових виробу, представлена також і конструкторська документація складальних креслень.

В проекті наведено ряд загальних та електричних розрахунків, що доводять добрий ступінь опанування матеріалу студентом. Під час виконання проекту студент адекватно прислуховувався до зауважень, графічна частина виконана акуратно, розрахунки параметрів та характеристик проведено технічно грамотно. Самостійно запропонував конструкцію геофонного сенсору та конструкцію блоку обробки геофонної інформації та представив їх складальні креслення.

Вважаю, що кваліфікаційний проект заслуговує оцінки «Добре».

Керівник проекту:

к.т.н., доц. каф. ТМІТ



Олег Пивовар

Завідувачу кафедри
телекомунікацій, медійних та
інтелектуальних технологій (ТМІТ)

Підченко С.К.

здобувача вищої освіти
студента 4 курсу, гр. ТР-17-1
Бабак Григорій Олексійович

ЗАЯВА

З правилами чинного Положення «Про дотримання академічної доброчесності в Хмельницькому національному університеті» від 26.09.2020 (зі змінами від 26.11.2020), згідно з яким виявлення плагіату є підставою для відмови в допуску кваліфікаційного проекту до захисту та застосування заходів дисциплінарної та академічної відповідальності, ознайомлений. Про використання програмно-технічних засобів для перевірки кваліфікаційних робіт здобувачів вищої освіти на плагіат оповіщена та надаю свою згоду на обробку та збереження університетом моєї роботи в інституційному репозитарії університету.

Також надаю університету право на передачу моєї роботи для обробки та збереження в базах даних програмно-технічних засобів (Unicheck та Anti-Plagiarism) та використання роботи для виявлення плагіату в інших роботах, які перевіряються програмно-технічними засобами та користувачами, що мають доступ до цих програмно-технічних засобів, виключно в обмежених цілях для виявлення плагіату в текстах робіт.

Робота для перевірки університетом надається в друкованому та електронному варіанті. Електронна версія моєї роботи збігається (ідентична) з друкованою.

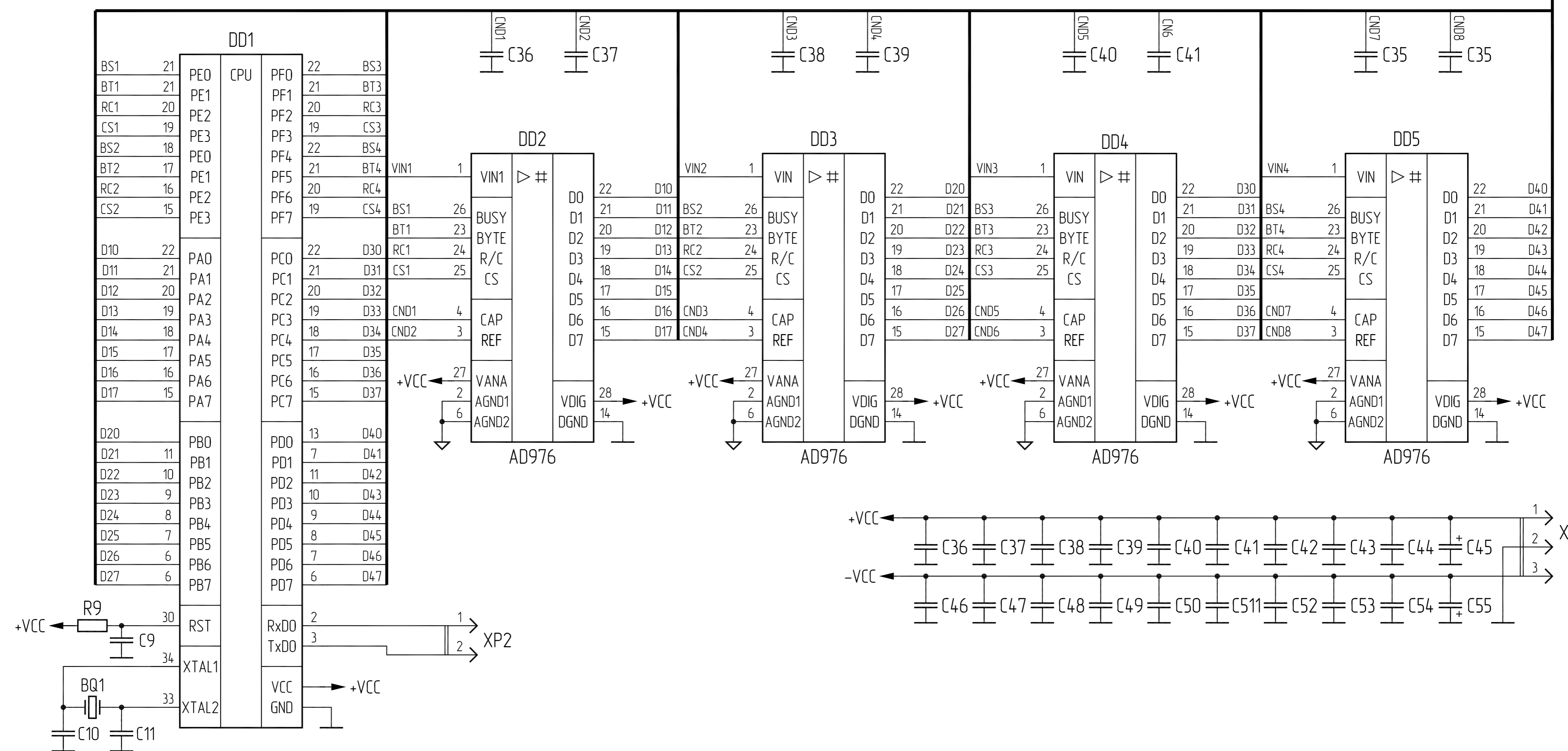
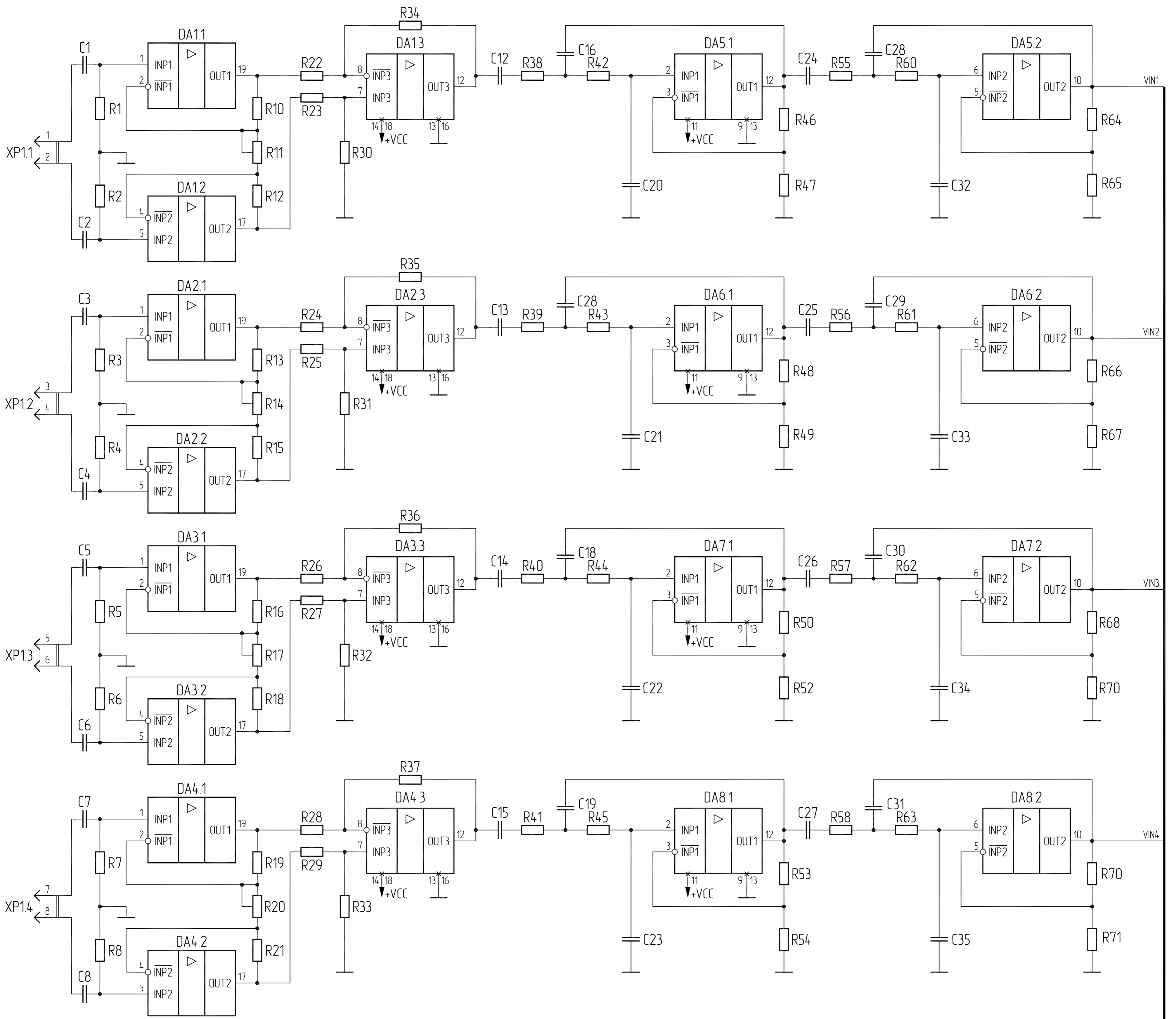
14.06.21

дата



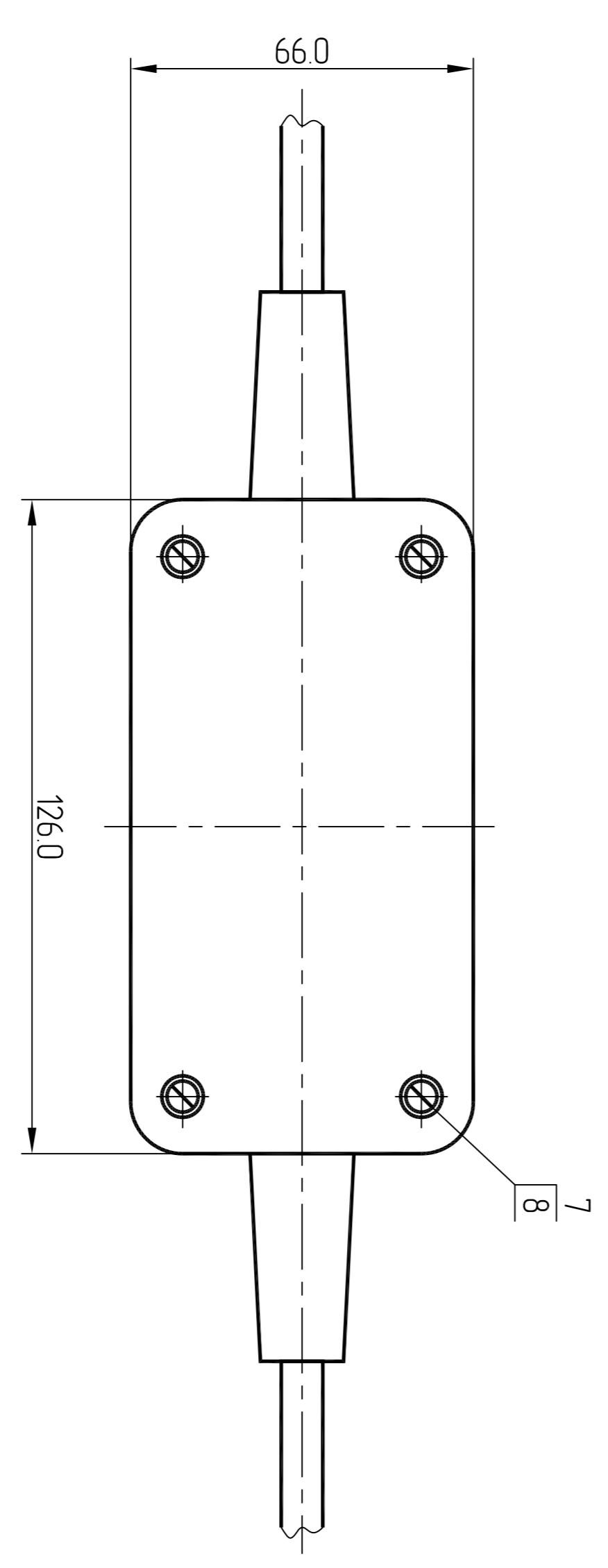
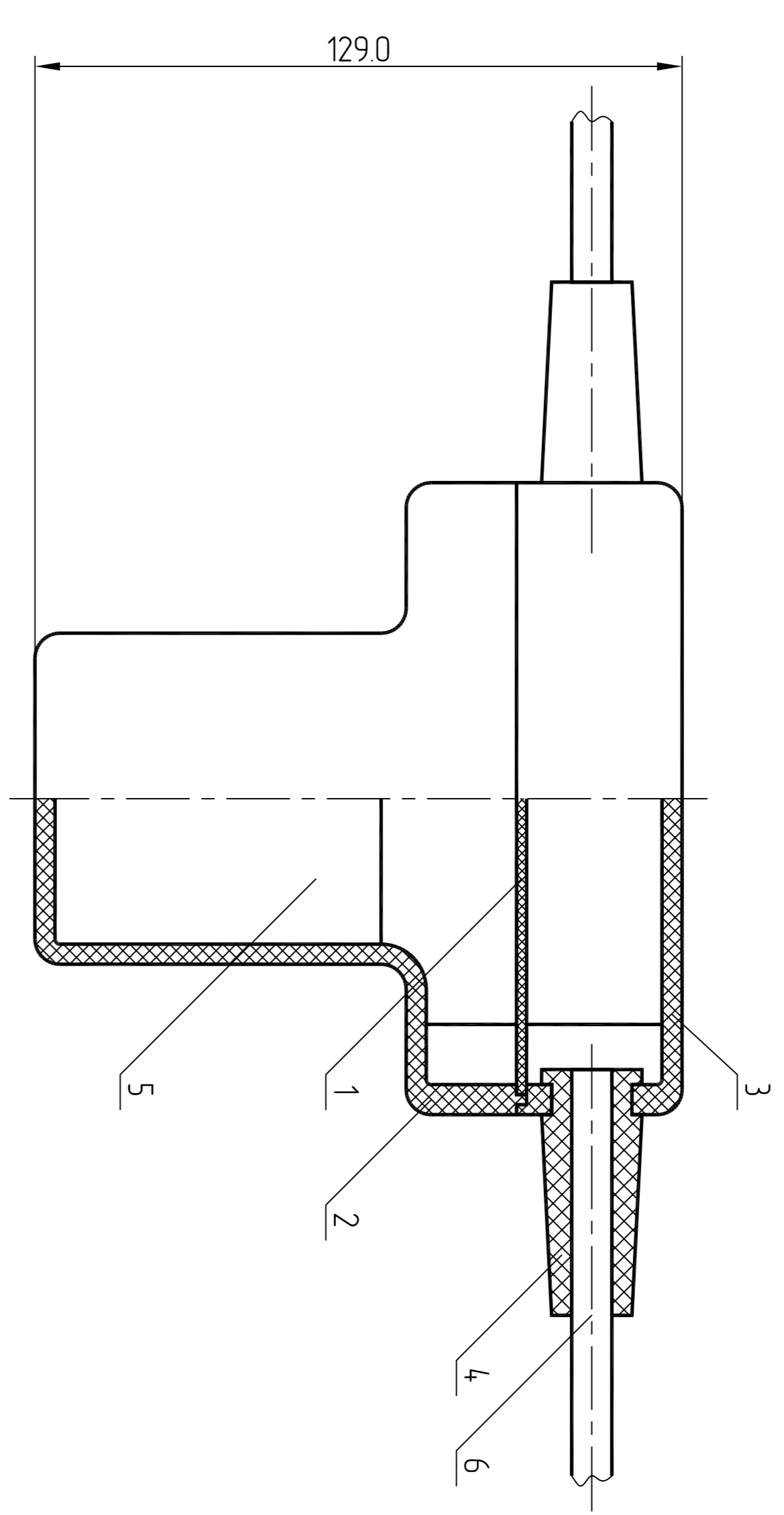
підпис

Бабак Г.О.



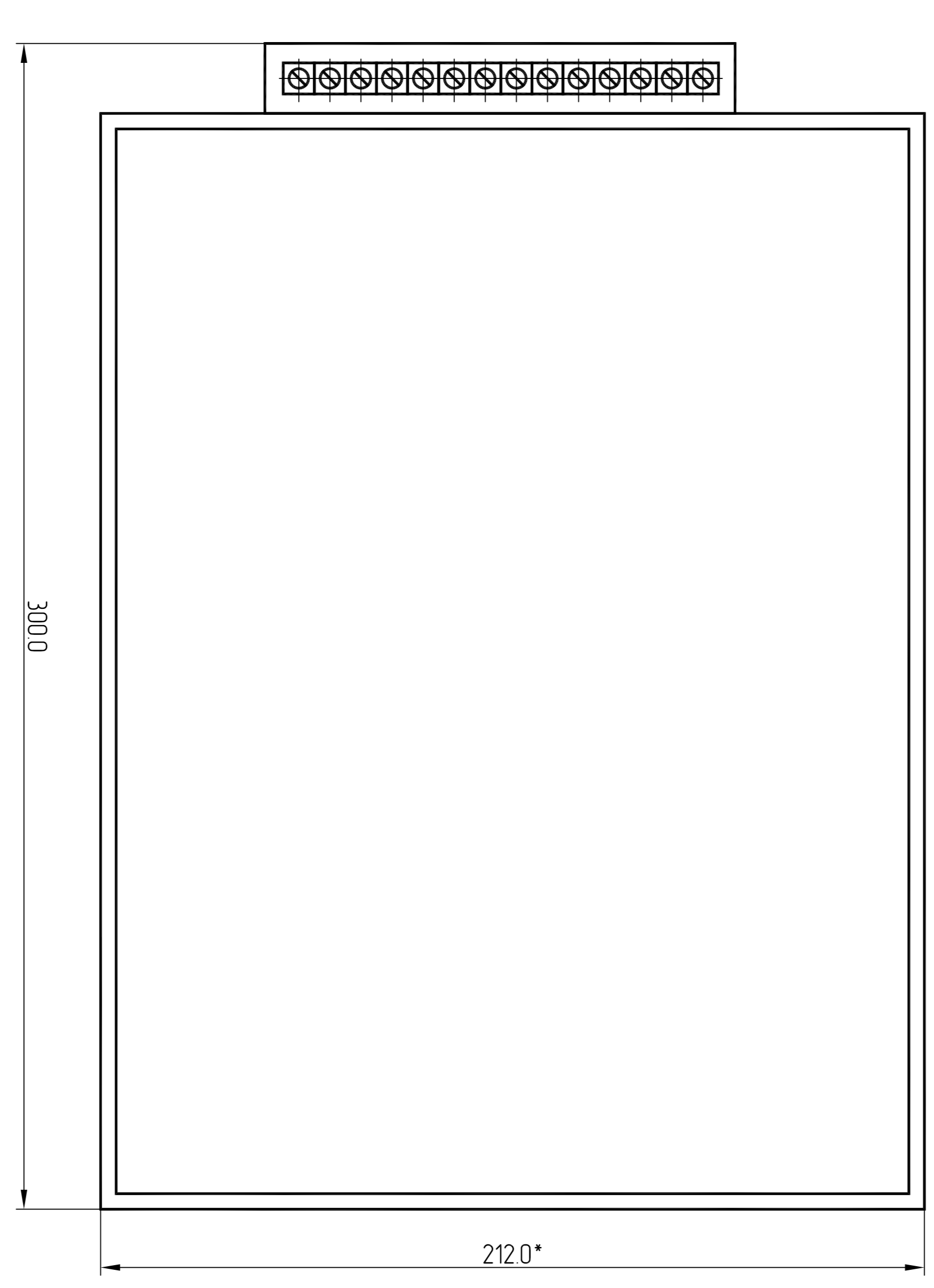
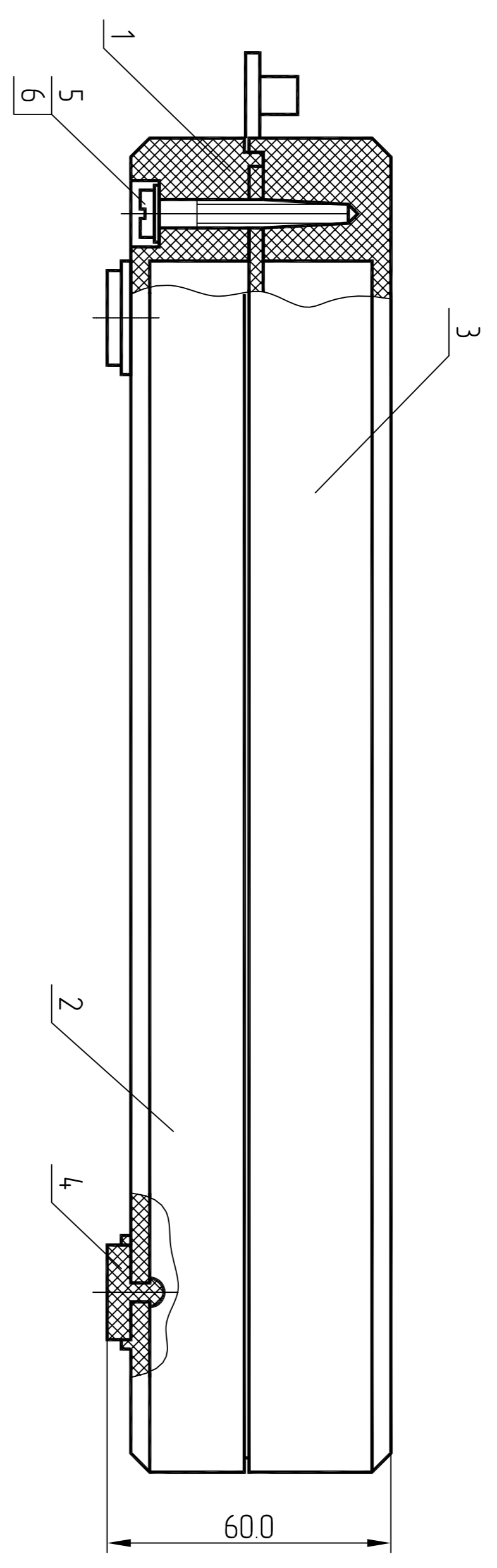
КПТР 2017001.01.06 E3				
Эм	Арх	Н вказ	Підпис	Дата
Розроб	Бабак Г.О.			
Перевір	Львівська ОС			
Т контр				
Н контр	Стецюк В.І.			
Затв	Підченко С.К.			
Блок обробки сигналів датчиків				Літер
Схема електрична принципова				Маса
				Масшт.
				Аркш 1
				Аркшів 1
ФІТ, ХНУ				

КПТР.2017001.01.06 СК

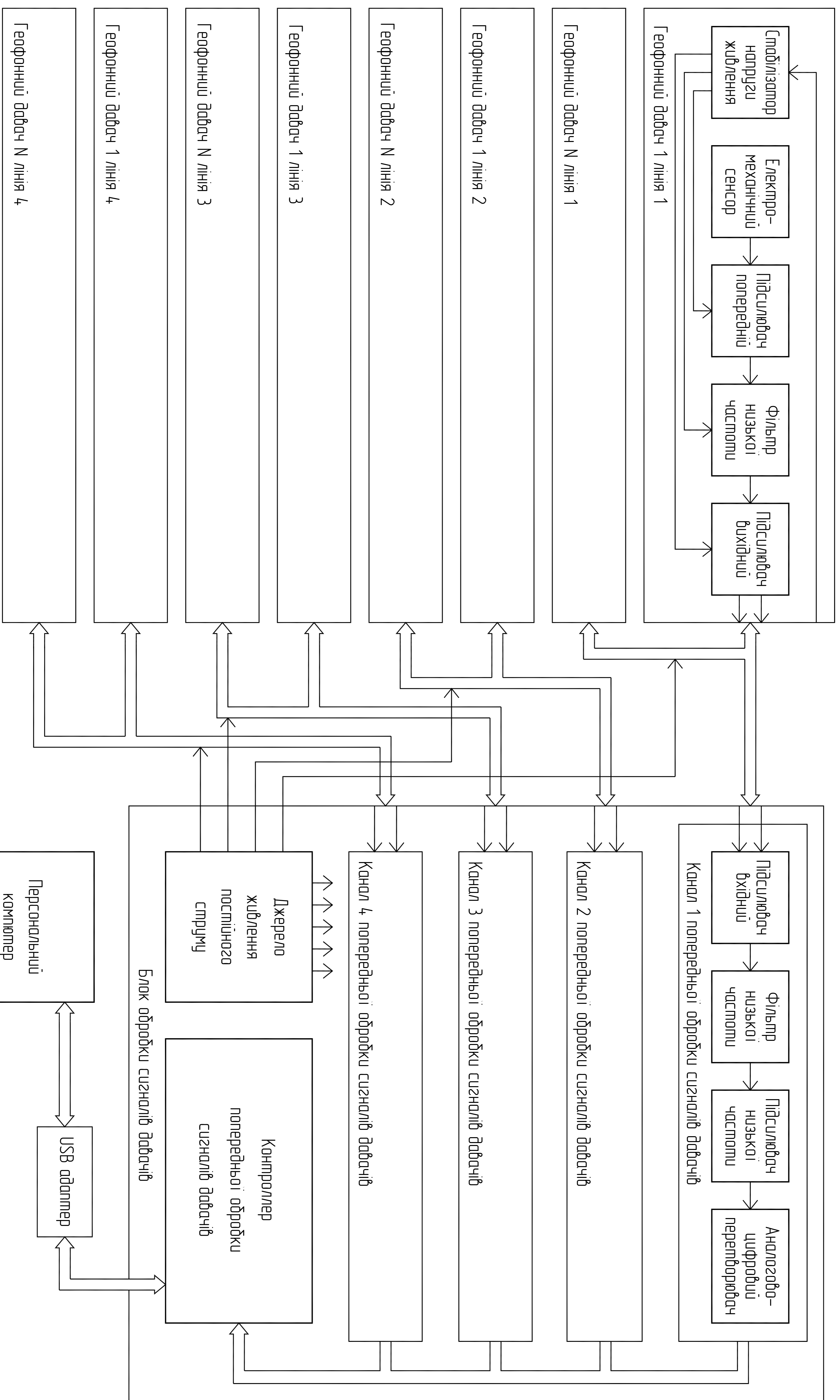


КПТР.2017001.01.06 СК			
Экз. Аук.	М. Выхвч.	Підпис	Дата
Розроб.	Бодак Т.О.		
Перевір.	Підобир Д.С.		
Т.Комп.			
Начальн.	Специж В.І.		
Замб.	Підприємство СК		
Львівський національний університет імені Леона Садовського		ФІТ, ХНУ	
Архив 1	Архив 1	Архив 1	Архив 1

КПТР.2017001.01.06 СК



КПТР.2017001.01.06 СК			
Экз. Аук.	М. Выхвч.	Підпис	Дата
Розроб.	Бодак Т.О.		
Перевір.	Підобир Д.С.		
Т.Комп.			
Начальн.	Специж В.І.		
Замб.	Підприємство СК		
Блок обробки суцільної обробки		ФІТ, ХНУ	
Архив 1	Архив 1	Архив 1	Архив 1



КПТР 20170010106 Е1												
Зн	Адж	Н. Давгуч	Павлиц	Діма	Сейсмометрична система охоронч. периметрів					Ліній	Маса	Масштаб
Розроб	Біляк Г.О.	Перевір	Підобор	О.С.	Схеми електрош. стрижнів					Архив	1	Архив
Технік		Спеціал	В.І.							Архив	1	Архив
Начальн	Спеціал	В.І.								Архив	1	Архив
Змін	Підпис	С.К.								Архив	1	Архив

Позиц. познач.	Найменування	Кільк.	Примітки
C1...C9	0805-X7R-50V-10mkF ± 10%	9	
C10,C11	0805-X7R-50V-22pF ± 10%	2	
C12...C15	0805-X7R-50V-10mkF ± 10%	4	
C16...C23	0805-X7R-50V-500nF ± 5%	8	
C24...C27	0805-X7R-50V-10mkF ± 10%	4	
C28...C35	0805-X7R-50V-220nF ± 5%	8	
C36...C55	0805-X7R-50V-220nF ± 10%	20	
DA1...DA4	MAX4363	4	
DA5...DA8	MAX4362	4	
DD1	ATmega2561	1	
DD2...DD5	AD976	4	
R1...R8	0805-0,125W-1000m ± 5%	8	
R9	0805-0,125W-1k0m ± 5%	1	
R10	0805-0,125W-10k0m ± 5%	1	
R11	3329H-0,5W-5 ± 10%	1	
R12,R13	0805-0,125W-10k0m ± 5%	2	
R14	3329H-0,5W-5 ± 10%	1	
R15,R16	0805-0,125W-10k0m ± 5%	2	
R17	3329H-0,5W-5 ± 10%	1	
R18,R19	0805-0,125W-10k0m ± 5%	2	
R20	3329H-0,5W-5 ± 10%	1	
R21	0805-0,125W-10k0m ± 5%	1	
R22...R29	0805-0,125W-1k0m ± 5%	8	
R30...R63	0805-0,125W-10k0m ± 5%	34	

КПТР.2017001.01.06 ПЕЗ					
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	
Розроб.	Бадак Г.О.				
Перевір.	Пубовар О.С.				
Н.контр.	Стецюк В.І.				
Затв.	Підченко С.К.				
Блок обробки сигналів датчиків			Літер.	Аркуш	Аркушів
Перелік елементів			У	1	2
			ФІТ, ХНУ		

Формат	Зона	Познач.	Позначення	Найменування	Кільк.	Примітки
				<u>Документація</u>		
A2			КПТР.2017001.01.06 СК	Складальне креслення	1	
				<u>Складальні одиниці</u>		
A2	1		КПТР.2017001.01.06 СК	Плата	1	
				<u>Деталі</u>		
A2	2		КПТР.2017001.01.06	Корпус	1	
A2	3		КПТР.2017001.01.06	Кришка	1	
A3	4		КПТР.2017001.01.06	Ущільнювач	2	
				<u>Стандартні вироби</u>		
		5		Давач вібраційний ІF200X	1	
		6		Кабель КВПВП-5Е	1	
		7		Гвинт М3Х5.58 ГОСТ17473-72	4	
		8		Шайба 3,68Г 01.9 ГОСТ6402-78	4	

					КПТР.2017001.01.06			
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.	Бадак Г.О.				Давач геофонний	Літер.	Аркуш	Аркушів
Перевір.	Пубовар О.С.						1	1
Н.контр.	Стецюк В.І.				ФІТ, ХНУ			
Затв.	Підченко С.К.							

№ ряд	Формат	Позначення	Найменування	Кіл арк	№ екз	Примітки
			<u>Документація загальна</u>			
1	A4		Завдання на дипломний проект	1	1	
2	A4		Анотація	3	1	
3	A4	КПТР.2017001.01.06 ПЗ	Сейсмометрична система охорони периметрів			
			Пояснювальна записка	1	1	54 арк.
4	A4	КПТР.2017001.01.06 ПЕЗ	Блок обробки сигналів датчиків			
			Перелік елементів	1	1	2 арк.
5	A4	КПТР.2017001.01.06	Датчик геофонний			
			Специфікація	1	1	1 арк.
6	A4	КПТР.2017001.01.06	Блок обробки сигналів датчиків			
			Специфікація	1	1	1 арк.
			<u>Документація графічна</u>			
7	A1	КПТР.2017001.01.06 Е1	Сейсмометрична система охорони периметрів			
			Схема електрична структурна	1	1	

					КПТР.2017001.01.06 ВП			
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Бабак Г.О.			Сейсмометрична система охорони периметрів Відомість дипломного проекту	Літер.	Аркуш	Аркушів
Перевір.		Пубовар О.С.				У	1	2
Н.контр.		Стецюк В.І.				ФІТ, ХНУ		
Затв.		Підченко С.К.						

