



МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ТЕРНОПІЛЬСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ ІВАНА ПУЛЮЯ

Кафедра електричної інженерії



Методичні вказівки для виконання
лабораторної роботи №3

**«Визначення питомої потужності й
енергії змінного повітряного потоку
за допомогою комп'ютеризованої
дослідної лабораторної установки»**

З КУРСУ

**"Енергетичні системи забезпечення
життєдіяльності людини"**

для здобувачів вищої освіти
за ОПІ Електроенергетика, електротехніка
та електромеханіка
другого рівня вищої освіти

ID 1974

Тернопіль 2023

Методичні вказівки для виконання лабораторної роботи №3 «Визначення питомої потужності й енергії змінного повітряного потоку за допомогою комп'ютеризованої дослідної лабораторної установки» з курсу «Енергетичні системи забезпечення життєдіяльності людини» для здобувачів другого рівня вищої освіти за ОПП Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка / Уклад.: М.М. Зінь. – Тернопіль: ТНТУ ім. І. Пулюя, 2023. – 19 с.

Укладач: Зінь М.М.

Рецензент: Коваль В.П.

Методичні вказівки розглянуто і затверджено на засіданні кафедри електричної інженерії.

Протокол № 1 від 25.08.2023 р.

Схвалено методичною радою ФПТ Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя.

Протокол № 1 від 30.08.2023 р.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 3

ТЕМА: Визначення питомої потужності й енергії змінного повітряного потоку за допомогою комп'ютеризованої дослідної лабораторної установки.

МЕТА РОБОТИ: Ознайомитися з будовою і роботою комп'ютеризованої системи вимірювання та графічного відображення (у вигляді часових графіків) швидкості змінного повітряного потоку; навчитися опрацьовувати часові графіки швидкості змінного повітряного потоку на предмет одержання енергетичних характеристик (питомих потужності й енергії) зазначеного потоку.

ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ

Анемометр сигнальний цифровий М-95М-Ц

Призначення анемометра

Анемометр сигнальний цифровий М-95М-Ц (рис. 1) призначений для вимірювання швидкості вітру, автоматичного визначення небезпечних за сумісною дією швидкості та тривалості поривів вітру, а також включення під час цього відповідних сигнальних і протиаварійних пристроїв.



Рис. 1. Загальний вигляд анемометра М-95М-Ц

Анемометр встановлюється на баштових і портових кранах та інших об'єктах, які вимагають оснащення пристроями аварійного вітряного захисту і вимірювання швидкості вітру. Анемометр складається з вимірювального пульта і датчика швидкості вітру. Датчик вітру розміщується й експлуатується на відкритому повітрі, а вимірювальний пульт – у приміщенні.

Технічні характеристики анемометра

Анемометр цифровий сигнальний типу М-95М-Ц має такі основні технічні характеристики:

Діапазон вимірювання швидкості вітру – від 2 до 30 м/с.

Діапазон установки меж спрацювання сигналізації за швидкості вітру – від 12 до 30 м/с. Межа основної похибки спрацювання сигналізації, що допускається, за швидкістю вітру повинна становити не більш ніж $\pm 0,4$ м/с.

Поріг спрацювання попередньої сигналізації за швидкістю вітру – на рівні (75 ± 5) % від встановленого значення границь за швидкістю вітру.

Діапазон встановлення меж спрацювання сигналізації за часом – від 2 до 5 с. Межа основної похибки спрацювання сигналізації, що допускається, за часом повинна становити не більш ніж $\pm 0,4$ с.

Допустима довжина двожильного екранованого сполучного кабелю між давачем швидкості вітру і вимірювальним пультом – 15, 30, 60 або 100 м. Якщо довжина кабелю не вказана під час замовлення, то анеометр поставляється з кабелем завдовжки 15 м.

Електричне живлення анеометра здійснюється від:

- мережі змінного струму напругою 220 В з частотою (50 ± 1) Гц або (60 ± 1) Гц;
- джерела постійного струму напругою 24 В.

7. Споживана потужність – не більше 10 В·А.

8. Допустима напруга комутації виконавчого реле – не більш ніж 250 В за струму комутації, не більше:

- 0,2 А для постійного струму;
- 2,0 А для змінного струму.

9. Індикація результатів вимірювання швидкості вітру – цифрова з дискретністю відліку 0,1 м/с. Кількість знаків відліку – 3.

10. В анеометрі передбачений вбудований контроль, який забезпечує перевірку спрацювання сигналізації за встановленими межами швидкості вітру і тривалістю дії поривів вітру, а також забезпечує встановлення меж за швидкістю вітру.

11. Умови експлуатації анеометра:

- давач швидкості вітру — від мінус 60 °С до плюс 50 °С і відносній вологості до 95 % за температури повітря плюс 35 °С;
- вимірювальний пульт — від мінус 10 °С до плюс 40 °С і відносній вологості до 90 % за температури повітря плюс 30 °С.

12. Середній термін служби анеометра – не менше 8 років.

Маса та габаритні розміри основних елементів комплексу вимірювального приладу не повинна перевищувати значень, які вказані у табл. 1.

Значення маси і розмірів елементів установки

Найменування	Маса, кг	Габаритні розміри, мм
Давач швидкості вітру	1,0	висота 300, діаметр 200
Пульт вимірювання	2,5	200×160×90

Будова і принцип роботи анемометра

Анемометр (рис. 2) складається з давача швидкості вітру, вимірювального пульта, з'єднувального кабелю та кабелю живлення.

Принцип роботи анемометра заснований на вимірюванні швидкості вітру та часу дії поривів вітру і порівняння їх з наперед встановленими для об'єкту певного типу допустимими значеннями (границями спрацьовування сигналізації за швидкістю вітру і тривалістю її дії). У випадку досягнення під час вимірювань параметрів допустимих граничних значень для певного об'єкту включається виконавчий пристрій перемикання кіл сигналізації та керування протиаварійними пристроями.

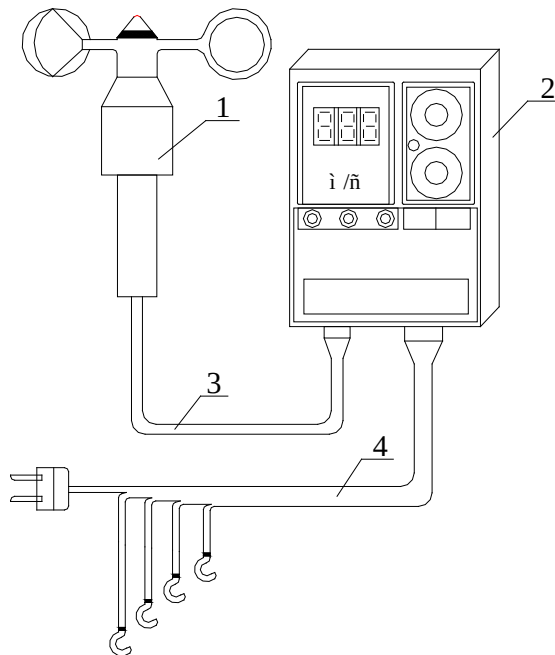


Рис. 2. Анемометр цифровий М-95М-Ц (схема): 1 – давач швидкості вітру; 2 – вимірювальний пульт; 3 – з'єднувальний кабель; 4 – кабель живлення

Будова складових частин анемометра

Давач швидкості вітру (рис. 3) складається з давача (тахогенератора) 1, у нижній частині якого знаходиться роз'єм 2 для підключення з'єднувального кабелю. На вісь тахогенератора встановлюється крильчатка 3 і фіксується далі за

допомогою гайки 4 з ущільнювальною шайбою 5. Зібрані отак деталі давача встановлюються у спеціальну трубу 6 і затискаються гвинтами 7. Для фіксації давача 1 на приладі (спеціальній трубі) 6 використовується стопорний гвинт 8.

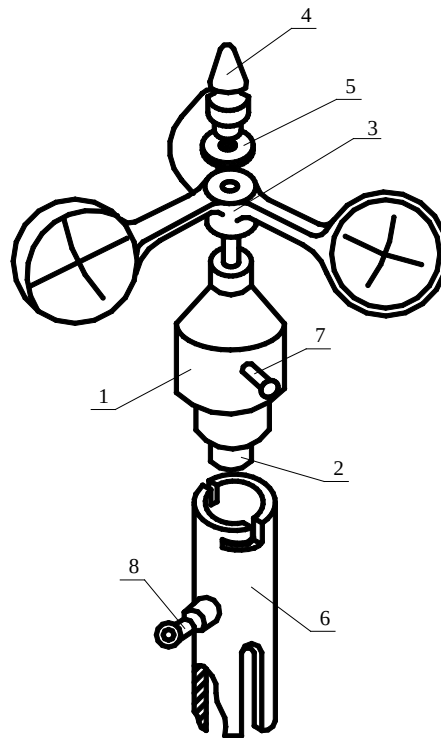


Рис. 3. Давач швидкості вітру: 1 – тахогенератор (давач); 2 – роз’єм для підключення з’єднувального кабелю; 3 – крильчатка; 4 – фіксуюча гайка; 5 – ущільнювальна шайба; 6 – спеціальна труба; 7 – гвинт для затискання; 8 – штопорний гвинт

Вимірювальний пульт (рис. 4) складається з двох основних частин: передньої несучої панелі і задньої кришки, які сполучені між собою гвинтами. На передній несучій панелі розташовані цифровий індикатор швидкості вітру 1 з захисним дашком і світлофільтром, світлові індикатори “УВАГА” 2, “МЕЖА” 3, “НЕБЕЗПЕЧНО” 4, кнопки перемикачів “КОНТРОЛЬ” 5 і “СКИДАННЯ” 6, знімної захисної кришки 7, під якою розміщені регулятори меж за швидкістю вітру 8, часу 9 і калібрування 15. У нижній частині вимірювального пульта розміщені роз’єм 10 для підключення кабелю живлення і роз’єм 11 для підключення з’єднувального кабелю від давача, клеми (розетка) 12 для підключення джерела живлення 24 В і запобіжник 13. На задній стороні кришки є спеціальні пази 14 і отвір під гвинт, а у нижній частині корпусу – отвір для кріплення вимірювального пульта на стінці кабіни крану або іншого об’єкту.

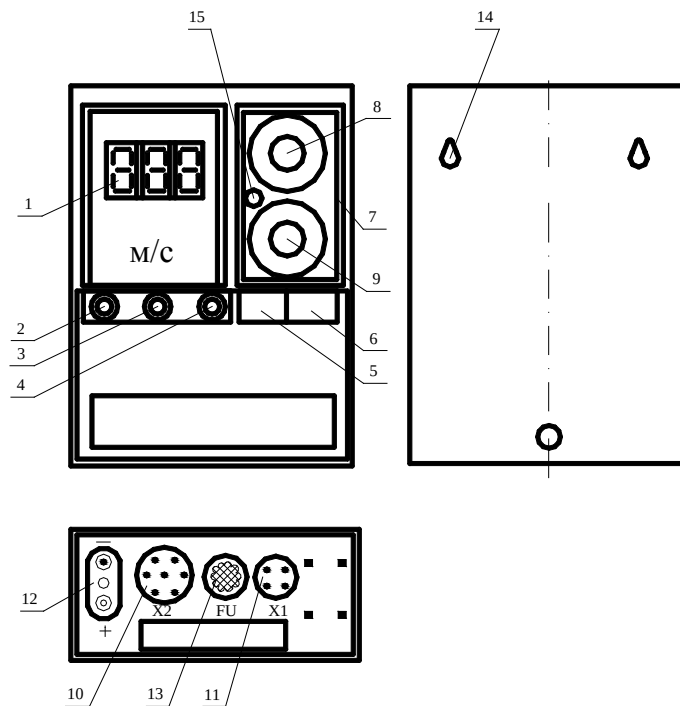


Рис. 4. Вимірювальний пульт: 1 – цифровий індикатор швидкості вітру; 2 – світловий індикатор “УВАГА”; 3 – світловий індикатор “МЕЖА”; 4 – світловий індикатор “НЕБЕЗПЕЧНО”; 5 – кнопка перемикача “КОНТРОЛЬ”; 6 – кнопка перемикача “СКИДАННЯ”; 7 – знімна захисна кришка; 8 – регулятор меж за швидкістю вітру; 9 – регулятор межі за часом; 10 – роз’єм для підключення кабелю живлення; 11 – роз’єм для підключення з’єднувального кабелю від давача; 12 – клеми (розетка) для приєднання джерела живлення 24 В; 13 – запобіжник; 14 – спеціальні пази під гвинт; 15 – калібрування

З’єднувальний кабель – двожильний екранований кабель, на кінцях якого знаходяться роз’єми для підключення до давача і пульта.

Кабель живлення – з’єднувальний кабель, яким подається напруга живлення 220 В і виводяться провідники кіл керування та сигналізації, а також провідник захисного заземлення.

Виводи мережевого (~220 В, 50 Гц) живлення закінчуються двополюсною вилкою. Виводи решти провідників забезпечені кабельними наконечниками.

Автоматична система реєстрації, опрацювання та зберігання експериментальної інформації на базі давача швидкості вітру – анемометра М-95М-Ц

У крайні десятиліття розвиток комп'ютерної техніки дозволив створити нові типи автоматичних систем реєстрації, оброблення та зберігання експериментальної інформації. Наприклад, схема, яку наведено на рис. 5, практично виключає участь людини у важких для неї та монотонних вимірюваннях і застосовується для всіх типів вимірювань.

Характерною рисою технічного вимірювання є передавання сигналів. Під сигналом ми розуміємо фізичну величину, яка несе інформацію. В процесі тих чи інших перетворень у вимірювальному приладі параметри і вид сигналу часто змінюються, однак інформація, яка передається сигналом, повинна зазнавати мінімально можливого спотворення.



Рис. 5. Принципова схема автоматизованої системи реєстрації експериментальної інформації

Для збирання інформації про швидкість вітру на кафедрі електричної інженерії ТНТУ ім. І. Пулюя розроблено автоматичну систему моніторингу швидкості вітру на основі схеми, яка наведена на рис. 5 з використанням цифрового анемометра М-95М-Ц. Така система повинна мати давач швидкості вітру. В анемометрі М-95М-Ц давачем швидкості вітру служить синхронний тахогенератор змінного струму на постійних магнітах з чотирма парами полюсів (рис. 6), який приводиться у дію за допомогою крильчатки 3 (рис. 3). Вихідною характеристикою давача є амплітудно-частотний сигнал (позаяк навантаження на тахогенератор є змінним).

Тахогенератор (ТГ) – вимірювальний генератор постійної або змінної напруги, невеликої потужності, призначений для перетворення миттєвого значення частоти обертання валу (механічне обертання крильчатки давача) в електричний сигнал. Сигнал, який генерується давачем, подається для безпосереднього відображення на вимірювальний пульт або на вхід автоматичних пристроїв, що відстежують частоту обертання.

Тахогенератор не вимагає додаткового живлення, він є простий і надійний у роботі, тому його застосовують в якості електричного давача частоти

обертання у різних пристроях автоматики та в електромеханічних пристроях обчислювальної техніки. Недоліком ТГ є неможливість вимірювання дуже повільного обертання валу, бо у такому випадку вихідний генерований сигнал є надто малим.

Розроблена нами система реєстрації, зберігання й опрацювання інформації містить давач швидкості вітру, у якості якого виступає синхронний тахогенератор плюс крильчатка. Остання фактично є вимірювальним вітродвигуном. Робота синхронного ТГ на постійних магнітах заснована на пропорційності кутової частоти обертання ротора генератора амплітуді та частоті його вихідного сигналу (напруги).

Синхронний тахогенератор (СТГ) є простим тахогенератором змінного струму. Конструктивно він подібний до однофазного синхронного генератора невеликої потужності з ротором у вигляді постійного магніту-зірочки (рис. 6).

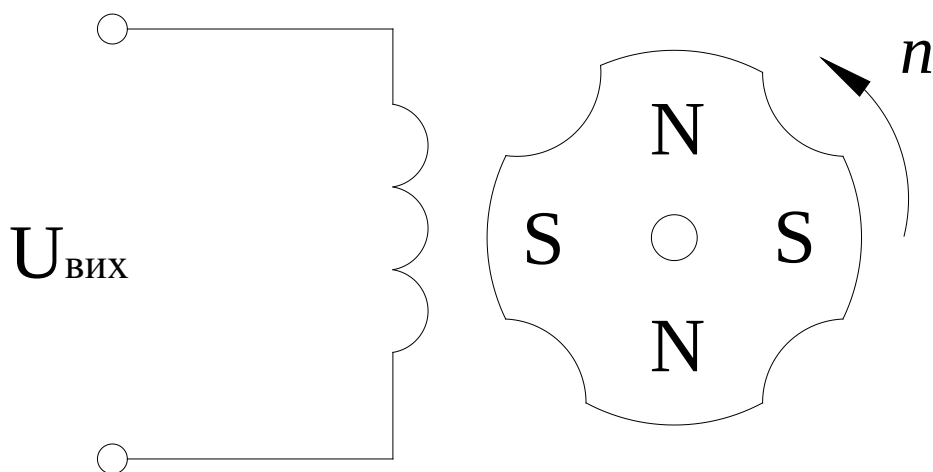


Рис. 6. Синхронний тахогенератор (схема)

Під час обертання ротора в обвитті статора індукується ЕРС, діюче значення якої пропорційне до частоти обертання n (ротора).

Одночасно зі зміною частоти обертання ротора n змінюється частота струму у статорі f , а також змінюється індуктивний опір ($X_L = 2 \cdot \pi \cdot f \cdot L$) як самого тахогенератора, так і навантаження, на яке він працює. Це призводить до спотворення вихідної характеристики СТГ і до появи значних амплітудних та фазових похибок. Тому вимірювання швидкості вітру ми будемо виконувати за чистотою вихідного амплітудно-частотного сигналу (змінної напруги) без використання АЦП. Замість аналого-цифрового перетворювача ми використаємо спеціальну перетворювальну плату.

Під амплітудно-частотним сигналом розуміють у загальному випадку сигнал, який характеризується зміною у часі амплітуди та частоти коливання.

Під час використання такої системи вимірювання характеристик сигналу необхідно встановити залежність між швидкістю вітру і частотою вихідного сигналу (напруги) давача. Згідно з технічними характеристиками чашкового анемометра лінійна швидкість на крильчатці давача рівна одній четвертій швидкості вітру. Враховуючи наведене співвідношення між швидкостями, а також радіус крильчатки цифрового анемометра М-95М-Ц, кутова швидкість обертання крильчатки визначається за формулою:

$$\omega = \frac{V_{\kappa}}{r_{\kappa}} = \frac{V_{\epsilon}}{4 \cdot r_{\kappa}}, \quad (1)$$

де V_{κ} – лінійна швидкість крильчатки, м/с;

V_{ϵ} – швидкість вітру, м/с;

r_{κ} – радіус крильчатки давача швидкості ($r_{\kappa}=0,1$ м).

Позаяк синхронний тахогенератор (давач швидкості вітру) має чотири пари полюсів (тобто $P=4$), то частота обертання крильчатки анемометра є у чотири рази меншою від частоти струму, який індукується в обмотці статора СТГ і визначається (враховуючи формулу 1) з виразу:

$$f = \frac{V_{\epsilon} \cdot P}{8 \cdot \pi \cdot r_{\kappa}} = \frac{V_{\epsilon} \cdot 4}{8 \cdot 3,14 \cdot 0,1} = 1,5924 \cdot V_{\epsilon}, \text{ Гц}, \quad (2)$$

де f – частота індукованого струму в обмотці статора, Гц;

P – кількість пар полюсів.

На основі формули (2) побудована залежність частоти вихідного сигналу давача від швидкості вітру (рис. 7).

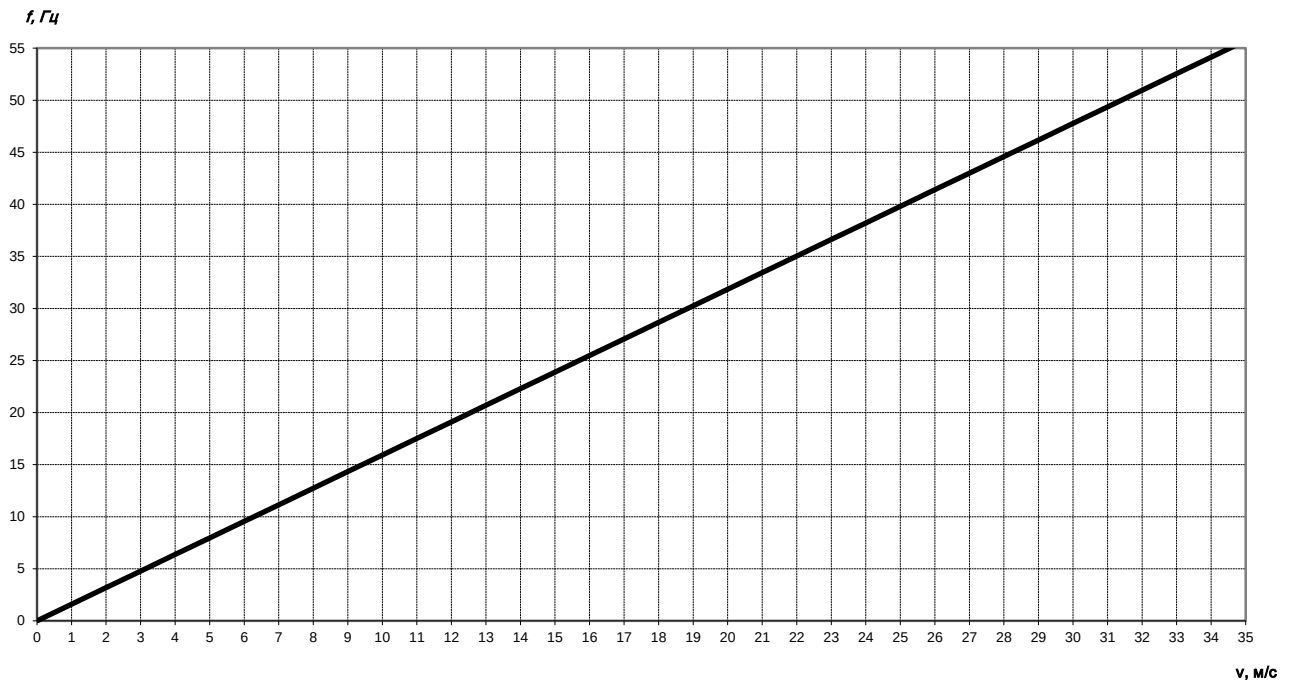


Рис. 7. Графік залежності частоти вихідного сигналу давача від швидкості вітру

Враховуючи, що період коливання є величиною, яка обернено пропорційна до частоти ($f = 1/T$), залежність періоду коливань сигналу від швидкості вітру має наступний вигляд (рис. 8):

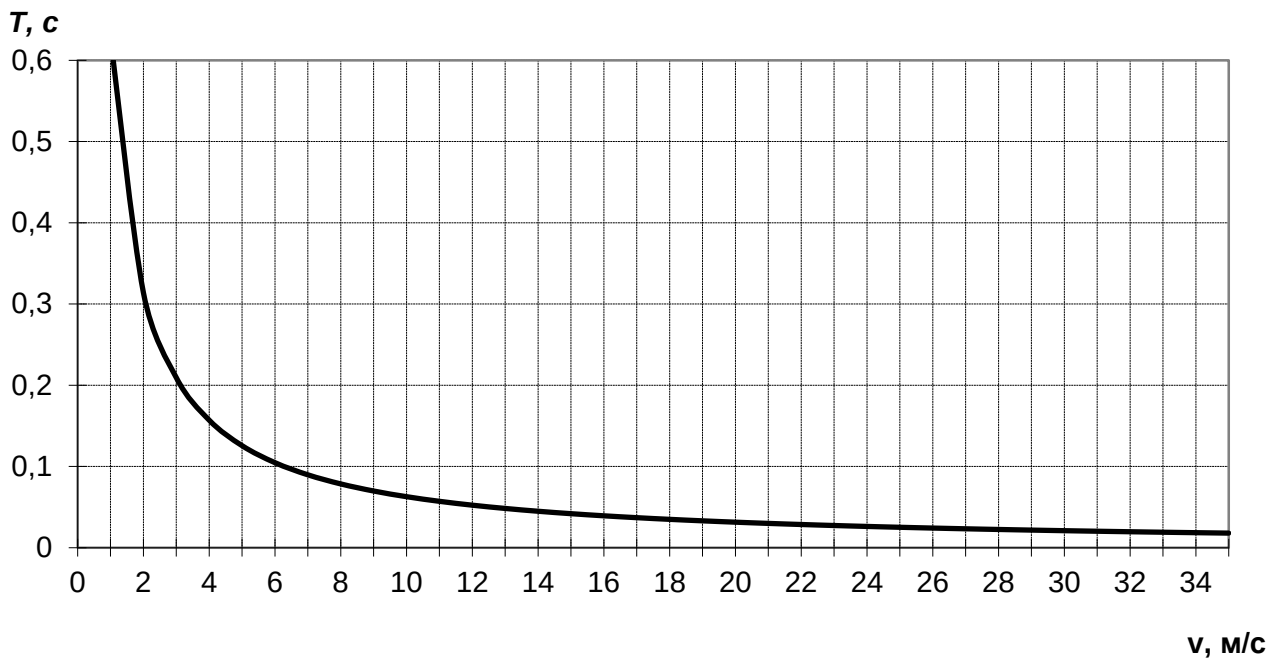


Рис. 8. Графік залежності періоду коливань вихідного сигналу давача від швидкості вітру

Проектування та характеристики елементів блок-схеми підсилення і формування прямокутних імпульсів

Для отримання інформації про швидкість вітру використовуємо давач швидкості анемометра М-95М-Ц (синхронний тахогенератор). З СТГ знімається сигнал, який проходить блок підсилення і формування прямокутних імпульсів, які у подальшому вводяться в ЕОМ через стандартний цифровий порт вводу-виводу LPT і обробляються програмою. На рис. 9 наведено блок-схему блоку підсилення і формування прямокутних імпульсів, яка призначена для забезпечення визначення швидкості вітру за частотою вихідного сигналу давача.

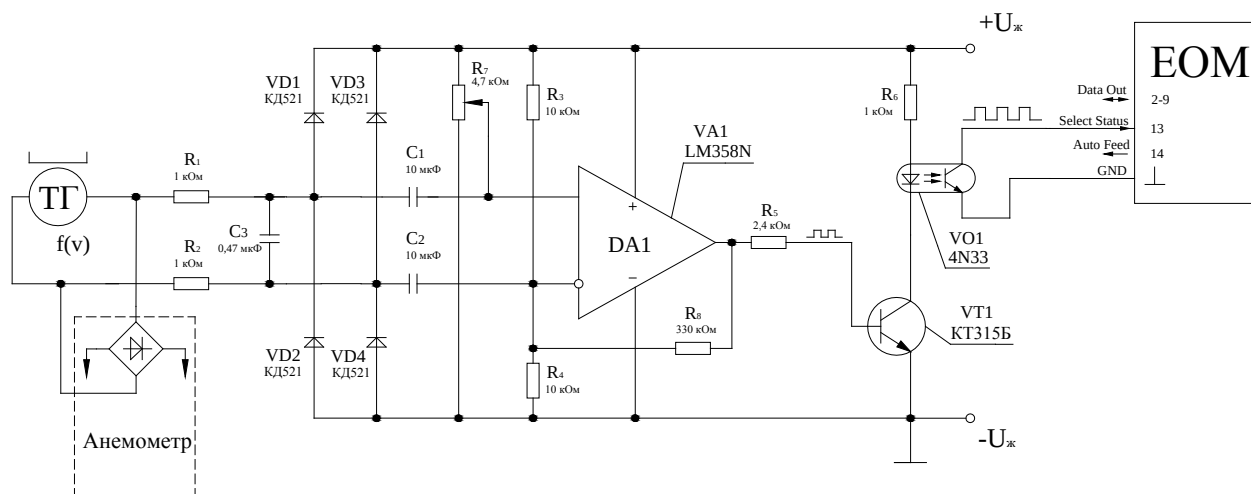


Рис. 9. Схема підключення давача швидкості вітру до ЕОМ через блок підсилення і формування прямокутних імпульсів

На рис. 9 прийняті наступні умовні позначення:

R_1 і R_2 – обмежувальні резистори по 1 кОм;

$VD1$, $VD2$, $VD3$, $VD4$ – обмежувальні діоди (марки КД521);

C_1 і C_2 – конденсатори ємності по 10 мкФ;

C_3 – конденсатор ємності 0,47 мкФ;

R_3 і R_4 – резистори дільника напруги по 10 кОм;

R_5 – резистор для забезпечення необхідної величини струму бази на 2,4 кОм;

R_6 – резистор для забезпечення необхідної величини прямого струму для спрацювання транзисторної оптопари $VO1$ на 1 кОм;

R_7 – змінний резистор для регулювання величини вхідної напруги операційного підсилювача на 4,7 кОм;

R_8 – резистор, який забезпечує необхідний коефіцієнт підсилення операційного підсилювача, на 330 кОм;

VO1 – транзисторна оптопара - 4N33 ($I_{\max} = 80$ мА, $U_{\max} = 30$ В);

VA1 – операційний підсилювач напруги (LM358N);

VT1 – транзистор моделі KT315Б, коефіцієнт підсилення струму бази рівний $\beta = 20$ ($U_{\max} = 25$ В, $R_{KE} = 40$ Ом).

На виході синхронного тахогенератора отримуємо змінний сигнал (напругу), амплітуда і частота якого є пропорційними до швидкості вітру. Цей сигнал одночасно подається на вимірювальний пульт анемометра і на спроектований блок підсилення та формування прямокутних імпульсів (змінний сигнал СТГ беремо з однофазного діодного моста).

На вході блоку для захисту від статичних розрядів і перенапруг використовуємо резистори R_1 і R_2 , а також обмежувальні діоди, що захищають як від від’ємних, так і від додатних перенапруг (VD1 і VD3 – від додатних та VD2 і VD4 – від від’ємних напруг). Захист від високочастотних завад здійснюється за допомогою конденсатора C_3 . Для виключення впливу постійної складової сигналу на вході операційного підсилювача (ОП) змінного струму VA1 включені конденсатори C_1 і C_2 (ємності по 10 мкФ). Через конденсатори змінна напруга подається на операційний підсилювач напруги VA1, що виконаний на мікросхемі LM358N, яка має коефіцієнт підсилення до 50 тисяч і працює у режимі обмеження амплітуди вихідного сигналу на рівні напруги живлення (± 5 В). Відтак на виході формуються прямокутні імпульси, що подаються на транзистор VT1, який підсилює величину струму до значення, необхідного для роботи оптопари VO1. На виході транзисторної оптопари (яка виконує роль гальванічної розв’язки) формується прямокутний сигнал, частота якого пропорційна до частоти вхідного аперіодичного сигналу давача швидкості вітру. Для налаштування режиму роботи схеми використовується змінний резистор R_7 , а також підбирається резистор R_8 для забезпечення необхідного підсилення, за якого формується прямокутний сигнал і фільтруються завади.

Підбір параметрів блок-схеми (рис. 9) виконувався на основі характеристик транзисторної оптопари VO1 (4N33) і транзистора VT1 моделі KT315Б (який складається з двох n-p переходів, тобто n-p-n), що ввімкнений за схемою зі спільним емітером. Така схема ввімкнення забезпечує найбільше підсилення як за струмом, так і за напругою, у порівнянні з іншими схемами ввімкнення транзистора. Враховуючи виміряну максимальну напругу живлення блок-схеми $U_{ж} = \pm 5$ В (максимальна напруга, яку генерує тахогенератор з

урахуванням спаду напруги на опорах R_1 і R_2 та обвитці статора СТГ) і опір R_{KE} , підбирають опір резистора R_6 для забезпечення прямого струму I_{VO} оптопари 4N33 не більшим ніж 80 мА. Отже, прямий струм оптопари VO1 (за $U_{Ж} = \pm 5$ В) рівний:

$$I_{VO} = I_K = \frac{U_{Ж}}{R_6 + R_{KE}} = \frac{5}{1000 + 40} = 0,00481 \text{ А}, \quad (3)$$

де I_K - колекторний струм транзистора VT1, А;

R_{KE} - опір на виводах колектор-емітер транзистора VT1, який дорівнює 40 Ом.

Позаяк для цієї схеми включення транзистора вхідним струмом є струм бази I_B , коефіцієнт підсилення якого транзистором рівний $\beta = 20$, а для змінних складових зворотній струм колекторного переходу $I_{KO} = 0$ А, то величина струму бази повинна бути не більшою від значення:

$$I_B = \frac{I_K}{\beta} = \frac{0,00481}{20} = 0,0002405 \text{ А}, \quad (4)$$

Підбір величини опору резистора R_5 здійснюється з урахуванням визначеного струму бази I_B та величини граничної напруги транзистора ($U_{\max} = 25$ В). Величина вихідної напруги операційного підсилювача повинна бути не більшою від значення (підібраний резистор опором $R_5 = 2,4$ кОм):

$$U_{BIX} = U_{\max} + U_5 = U_{\max} + I_B \cdot R_5 = 25 + 2400 \cdot 0,0002405 = 25,5772 \text{ В}, \quad (5)$$

де U_5 – спад напруги на резисторі R_5 , В.

Коефіцієнт підсилення операційного підсилювача, який встановлюється за допомогою резистора R_8 , повинен забезпечити підсилення вхідної напруги до величини, що набагато більша від напруги живлення операційного підсилювача ($U_{Ж} = \pm 5$ В). Така різниця напруг забезпечує зріз сигналу вихідної напруги, завдяки чому формується сигнал у вигляді прямокутних імпульсів.

Знайдемо максимальне значення вхідної напруги операційного підсилювача U_{BX} , враховуючи опори резисторів R_3 і R_4 та резистора R_8 , величина опору якого визначає коефіцієнт підсилення операційного підсилювача ($R_8 = 330$ кОм):

$$U_{BX} = \frac{U_{BIX}}{K} = \frac{U_{BIX} \cdot R_3 R_4}{R_8} = \frac{25,5772 \cdot 5000}{330000} = 0,388 \text{ В}, \quad (6)$$

де K – коефіцієнт підсилення напруги операційним підсилювачем;

$R_3 R_4$ – опір паралельного з'єднання резисторів R_3 і R_4 , Ом.

Значення вхідної напруги ОП регулюється за допомогою резистора R_7 для забезпечення виконання умов нерівності $U_{BX} \leq 0,388$. Така нерівність досягається експериментальним шляхом, тож підібраний резистор має опір $R_7 = 4,7$ кОм. Цей резистор створює необхідний спад напруги на вході операційного підсилювача, чим забезпечує встановлення максимальної границі величини його вхідної напруги.

Введення перетвореного сигналу від давача швидкості вітру – анемометра М-95М-Ц в ЕОМ

Для вводу перетвореного сигналу давача швидкості вітру в ЕОМ скористаємося цифровим портом вводу-виводу LPT.

Line Print Terminal (LPT) — міжнародний стандарт паралельного інтерфейсу для підключення периферійних пристроїв персонального комп'ютера. В основному використовується для підключення до комп'ютера принтера, сканера й інших зовнішніх пристроїв, проте може застосовуватися і для інших цілей. Цей порт був розроблений тільки для однонаправленого передавання даних, оскільки передбачалося, що порт повинен використовуватися тільки для роботи з принтером. Згодом різні фірми розробили й інші розширення інтерфейсу. У часі написання цих методичних вказівок порт LPT вже не використовують в нових комп'ютерах. Але є можливість докупити плату розширення, яка містить цей порт. Основна перевага LPT-порту – його дуже легко програмувати, що вкрай важливо для навчальних цілей.

Порт LPT на стороні керувального пристрою (комп'ютера) має 25-контактний 2-рядний роз'єм DB-25-female (рис. 10). На периферійних пристроях зазвичай використовується 36-контактний роз'єм, тому кабель для підключення периферійних пристроїв до комп'ютера за допомогою паралельного порту звичайно виконуються з 25-контактним роз'ємом DB-25-male з однієї сторони і 36-контактним IEEE 1284-B – з іншої (АВ-кабель).

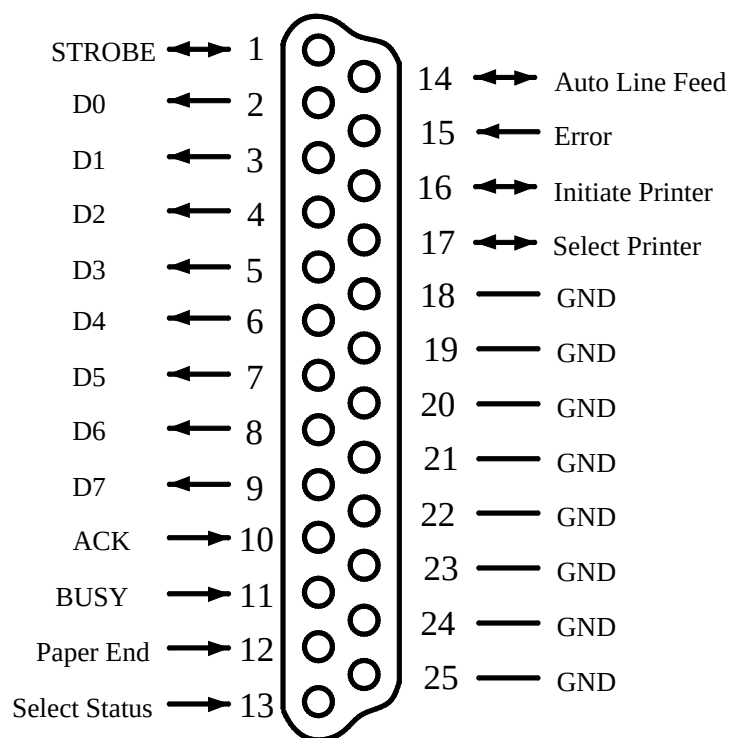


Рис. 10. Загальний вигляд 25-контактного роз'єму паралельного порту LPT (female) на стороні керувального пристрою (EOM)

За допомогою порту LPT дані передаються в одну сторону – від комп'ютера до зовнішнього пристрою. Але повністю однонаправленим його назвати не можна, позаяк 4 зворотні лінії використовуються для контролю за станом пристрою (швидкість передавання даних може досягати 1,2 Мбіт/с). Для подавання сформованого прямокутного сигналу (після гальванічної розв'язки), частота якого прямо пропорційна до частоти вхідного аперіодичного сигналу давача швидкості вітру, використано одну з таких ліній – Select Status. Через 25-контактний кабель за допомогою роз'єму DB-25-male здійснено підключення виводів оптопари до лінії 13 “Select Status” і загальної лінії 18–25 “GND” (земля). Схема приєднання до EOM блоку підсилення сигналу та формування з нього прямокутних імпульсів (через 25-контактний роз'єм паралельного порту LPT) наведена на рис. 11.

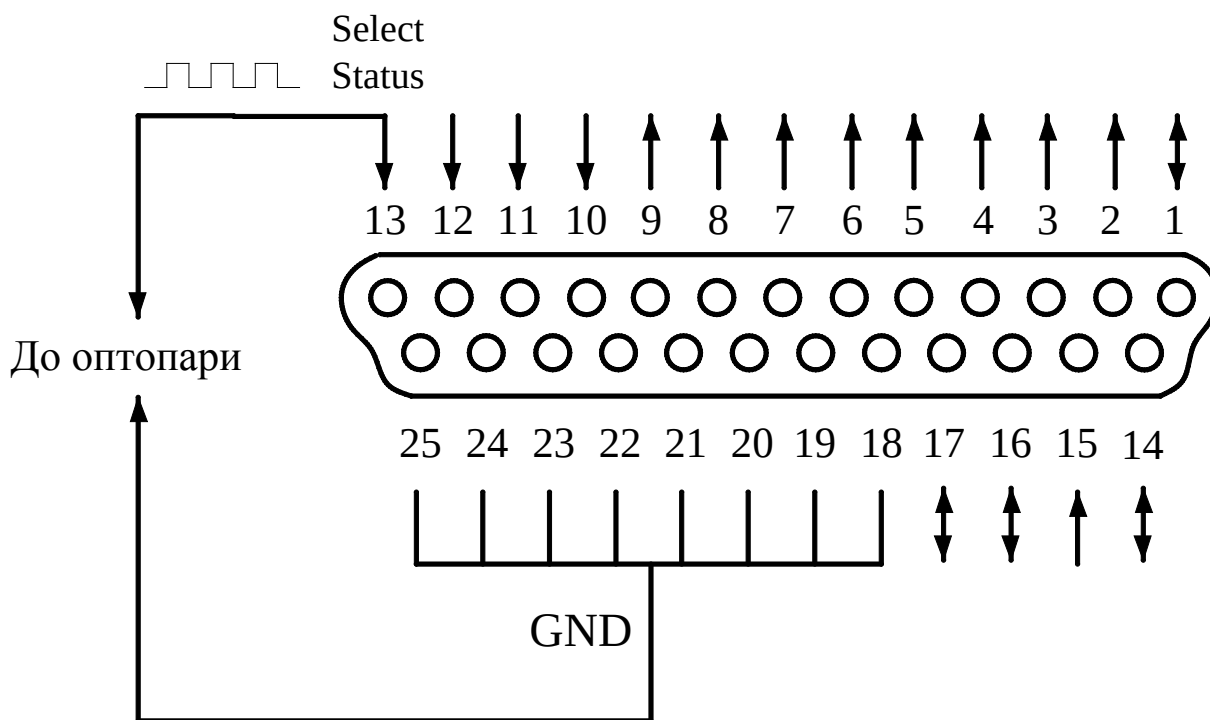


Рис. 11. Схема підключення блоку підсилення та формування прямокутних імпульсів до ЕОМ через паралельний порт LPT

Для опрацювання на ЕОМ вхідного сигналу від давача швидкості вітру, що перетворений (сигнал) за допомогою блок-схеми (рис. 9), яка, про що вже зазначалося вище, підсилює сигнал та формує його у вигляді прямокутних імпульсів, складено програму на мові програмування. Блок-схема алгоритму цієї програми зображена на рис. 12.

Зчитана й опрацьована інформація (про швидкість вітру) з паралельного порту LPT ЕОМ записується через кожні 24 години у *текстовий файл*. У *графічний файл* (формату wmf (Windows-метафайл)) інформація записується через кожну годину (у вигляді графіку зміни швидкості в часі). Приклад такого графіку зображений на рис. 13.

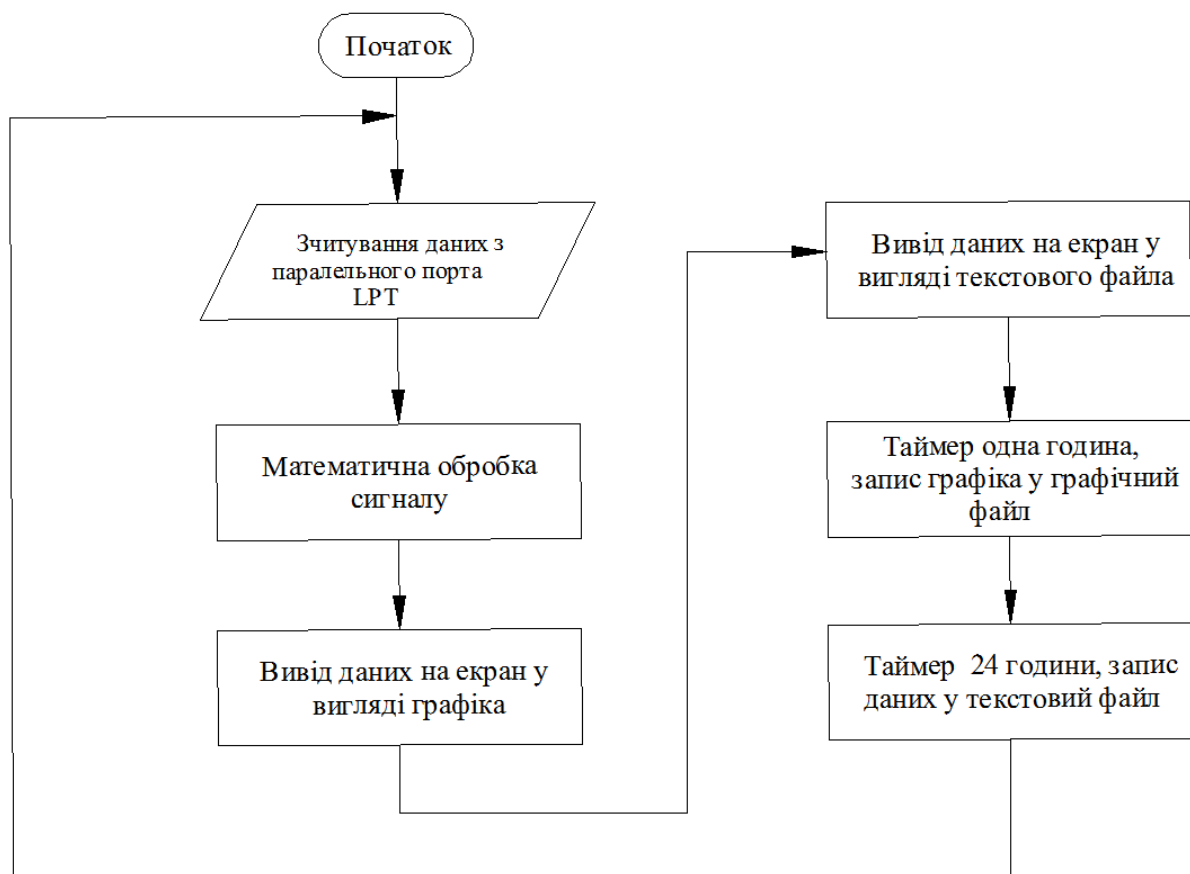


Рис. 12. Схема алгоритму зчитування, оброблення та зберігання інформації з паралельного порту LPT

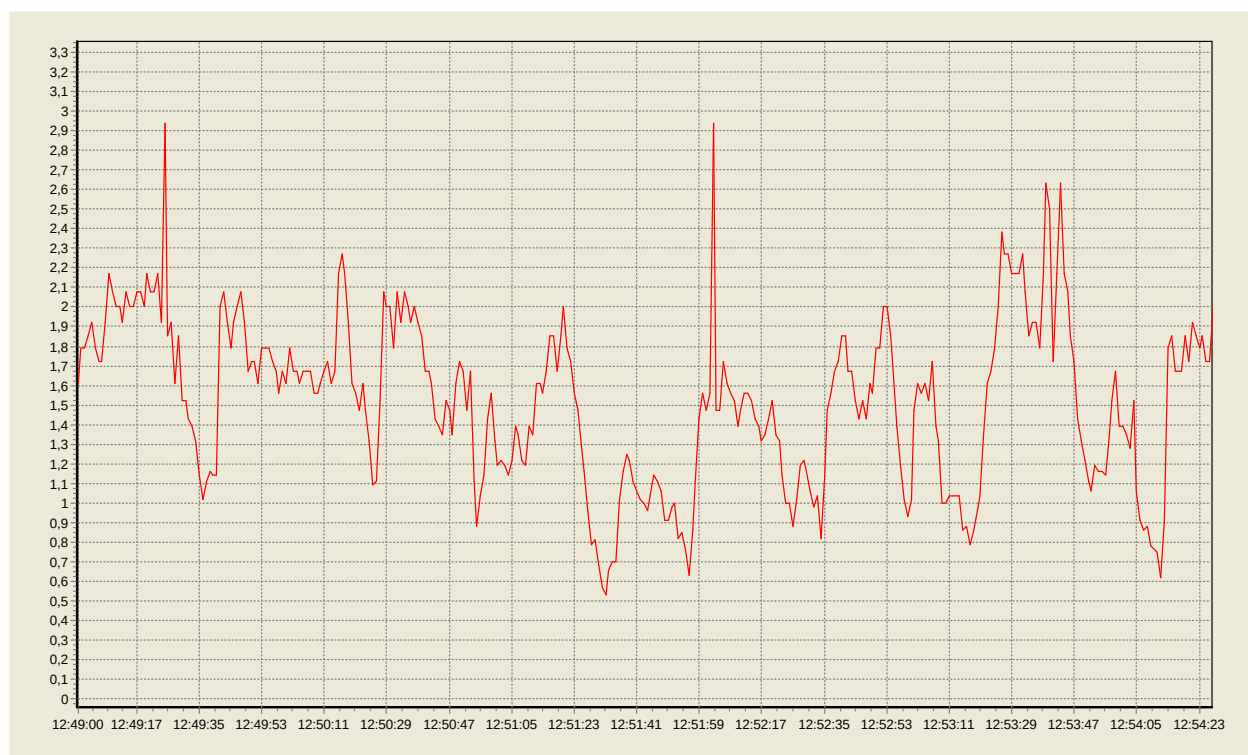


Рис. 13. Графік зміни швидкості вітру в часі

Зберігання експериментальної інформації про величину швидкості вітру в текстовому файлі дозволяє опрацьовувати дані у різних обчислювальних програмах. Отримані графіки зміни швидкості вітру в часі наочно показують величину та пориви швидкості вітру у певній місцевості з прив'язкою до часу події.

ОДЕРЖАННЯ Й ОПРАЦЮВАННЯ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДАНИХ

У процесі виконання лабораторної роботи студент отримує графік, який подібний до наведеного на рис. 13, та текстовий файл, що описує цей графік. Після цього він повинен опрацювати й узагальнити одержану інформацію на предмет визначення параметрів питомої потужності та питомого енергетичного потенціалу повітряного потоку протягом різних проміжків часу (наприклад, часу, за який було записано графік, однієї години, доби, місяця, року).

ЛІТЕРАТУРА

1. Єнін П.М., Швачко Н.А. Теплопостачання (частина 1 «Теплові мережі та споруди»): навч. посіб. – К.: Кондор, 2007. – 244 с.
2. Пирков В.В. Особливості проектування сучасних систем водяного опалення. – К.: П ДП «Такі справи», 2003. – 176 с.
3. Драганов Б.Х. та ін. Теплотехніка: підруч. – К.: Інкос, 2005. – 504 с.
4. Джеджула В. В. Вентиляція та кондиціонування громадських об'єктів: навч. посіб. / В. В. Джеджула. – Вінниця: ВНТУ, 2021. – 71 с.
5. Системи опалення, вентиляції і кондиціонування повітря будівель [Електронний ресурс]: навч. посіб. для студ. спец. 144 «Теплоенергетика» / М.Ф. Боженко; НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського». – Електронні текстові дані (1 файл: 36,087 Мбайт). – К.: НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського», 2019. – 380 с.
6. Братута Е.Г. та ін. Кондиціонування та вентиляція повітря: текст лекцій / Е.Г. Братута, А.М. Ганжа, О.В. Круглякова, В.В. Чубарова. – Харків: НТУ «ХПІ», 2009. – 128 с.
7. ДБН В.2.5-67:2013. Опалення, вентиляція та кондиціонування. – К.: Мінрегіон України, 2013. – 147 с.
8. ДБН В.2.6-31:2006 зі Зміною №1 від 1 липня 2013 р. Конструкції будинків і споруд. Теплова ізоляція будівель. – К.: Мінбуд України, 2006. – 27 с.
9. ДБН В.2.6-31:2021. Теплова ізоляція та енергоефективність будівель. – К.: Мінрегіон України, 2022. – 40 с.