

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

Кафедра автоматизації технологічних процесів і виробництв
Метрологія,
технологічні вимірювання та прилади

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №5

**«ЕКСПЕРЕМЕНТАЛЬНЕ ЗНАХОДЖЕННЯ ДИНАМІЧНОГО
КОЕФІЦІЄНТУ КОЛИВАЛЬНОЇ СИСТЕМИ ВІБРАЦІЙНОГО
ЖИВИЛЬНИКА.»**

ТЕРНОПІЛЬ 2015

Тема: ЕКСПЕРЕМЕНТАЛЬНЕ ЗНАХОДЖЕННЯ ДИНАМІЧНОГО КОЕФІЦІЄНТУ КОЛИВАЛЬНОЇ СИСТЕМИ ВІБРАЦІЙНОГО ЖИВИЛЬНИКА.

Мета роботи: 1. Ознайомитись з методикою розрахунку коливальної системи вібраційних живильників.

2. Експериментальне визначення залежності динамічного коефіцієнту μ від відношення $\frac{\omega}{\omega_0}$ кутових частот збуджуючої сили і вільних коливань.

Прилади і матеріали.

1. Вібраційний живильник.
2. Звуковий генератор.
3. Тиристорний підсилювач потужності.
4. Випрямляч.
5. Вібродавач.
6. Електронно-променевий осцилограф.
7. Цифровий частотомір.

Теоретичні відомості.

Вібраційний живильник являє собою коливні (двохмасові) системи, в яких характер руху мас робочих органів живильника характеризується як геометричними, так і динамічними параметрами системи.

Особливістю більшості конструкцій вібраційних живильників є використання вібраційного принципу дії, при якому малою збуджуючою силою вібратора можна розвинути на робочому органі значні підсилення.

Пристрій роботи живильника в потрібному резонансному режимі можна досягнути лише при правильному розрахунку їх коливальної системи.

Вібраційний живильник може бути представлений у вигляді моделі двухмасової системи з двома степенями вільності (рис. 5.1). Маса m_2 , що представляє основу живильника, розташована на амортизаційних підвісах малої жорсткості C_2 .

Чаша живильника представлена у вигляді маси m_1 , що розташована на підвісах жорсткістю C_1 .

На кожен масу діють збуджуючі сили вібратора, рівні по модулю і протилежні по фазі. Диференціальні рівняння руху для обох мас, що знаходяться під дією гармонічної збуджуючої сили будуть мати вигляд:

$$\begin{cases} m_1 y_1'' = -c_1(y_1 - y_2) - F \cdot \sin(\omega t) \\ m_2 y_2'' = -c_2 y_2 + c_1(y_1 + y_2) + F \cdot \sin(\omega t) \end{cases}$$

Диференціальні рівняння двухмасової системи віброживильника з двома степенями вільності можна звести до рівняння руху одномасової системи з однією ступенню вільності, враховуючи силу опору.

Сили опору, які діють на коливальну систему віброживильника,

складаються з сили внутрішнього опору в матеріалі пружин підвісок і сил зовнішнього опору – сил тертя заготовок до поверхні чаші.

Сили опору можна виразити формулою:

$$T_c = -h \cdot y',$$

де h – коефіцієнт опору;

y' – швидкість переміщення маси.

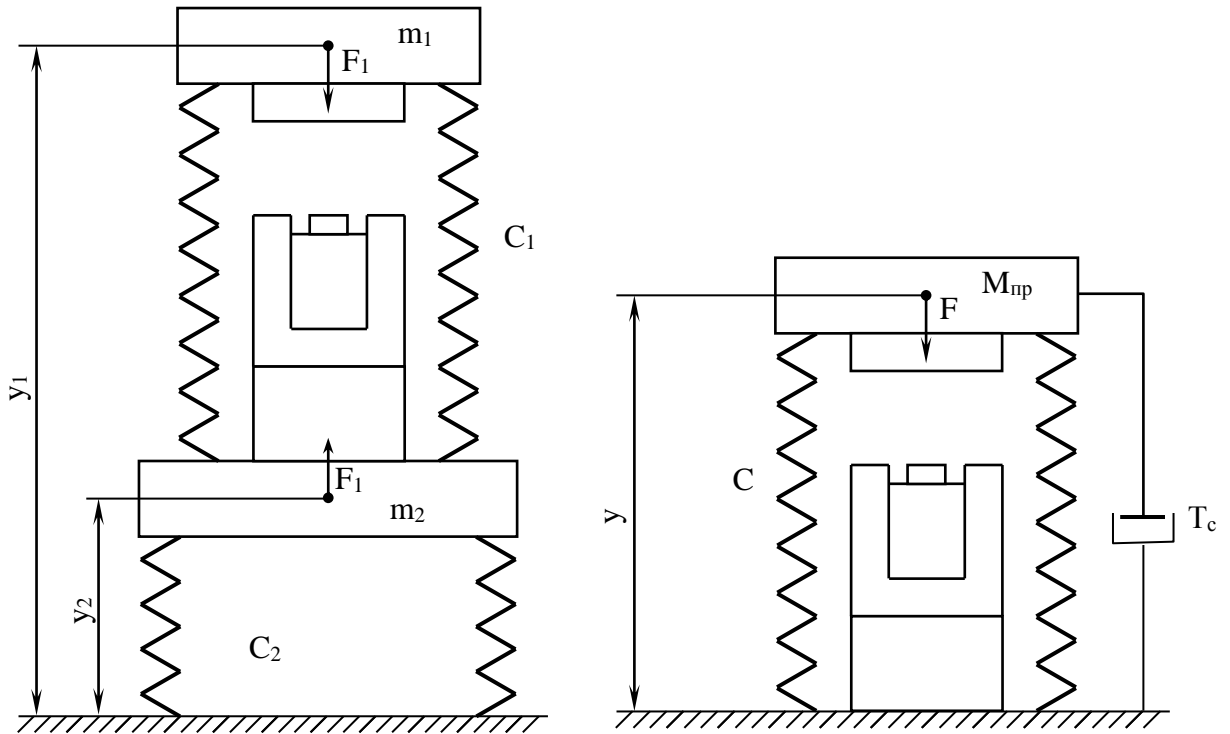


Рис. 5.1. Модель вібраційного живильника.

Рівняння вимушених коливань одномасової системи віброживильника має вигляд:

$$y'' + 2ny' + \omega_0 y = \frac{F \cdot \sin(\omega t)}{m},$$

де $n = \frac{h}{2m}$ – коефіцієнт згасання.

Якщо знехтувати коливаннями, які мають значення лише на початку руху, то переміщення коливальної маси при встановлених вимушених коливаннях знаходяться рівнянням:

$$y = \frac{F}{m\omega_0^2} = \frac{1}{\sqrt{\left(1 - \frac{\omega^2}{\omega_0^2}\right)^2 + \frac{4\omega^2 n^2}{\omega_0^4}}} \cdot \sin(\omega t - \varepsilon),$$

де ε – кут зсуву фаз між переміщенням і зовнішньою силою.

Кут ε знаходиться із співвідношення:

$$\tan \varepsilon = \frac{2\omega n}{\omega_0^2 - \omega^2} = \frac{2\omega n}{\omega^2 \left(1 - \left(\frac{\omega}{\omega_0}\right)^2\right)}.$$

Позначивши $\frac{F}{m\omega_0^2} = y_{cm}$ можна записати:

$$A = y_{cm} \frac{1}{\sqrt{\left(1 - \frac{\omega^2}{\omega_0^2}\right)^2 + \frac{4\omega^2 n^2}{\omega_0^4}}},$$

де y_{cm} – статичне зміщення, яке було б отримане при статичному прикладанні сили F .

Відношення $\frac{A}{y_{cm}}$ називається динамічним коефіцієнтом μ .

Вираз для динамічного коефіцієнта маємо із попередньої формули:

$$\mu = \frac{A}{y_{cm}} = \frac{1}{\sqrt{\left(1 - \frac{\omega^2}{\omega_0^2}\right)^2 + \frac{4\omega^2 n^2}{\omega_0^4}}}.$$

Величина μ залежить від відношення $\frac{\omega}{\omega_0}$ кутових частот збуджуючої сили і вільних коливань без затухань, а також від відношення $\frac{n}{\omega_0}$, яке мале.

Значення динамічного коефіцієнта в залежності від відношення $\frac{\omega}{\omega_0}$, при різних значеннях затухання, що характеризується величиною $\frac{n}{\omega_0}$, представлена на графіку. Отримане сімейство кривих називається частотними характеристиками або резонансними кривими коливальної системи.

Якщо затухання в системі невелике, то в міру збільшення частоти збуджуючої сили ω динамічний коефіцієнт, а отже, і амплітуда коливань збільшуються.

Максимум динамічного коефіцієнта зміщений в сторону від абсциси $\frac{\omega}{\omega_0} = 1$. Але це зміщення невелике, і наближено знаходиться по формулі:

$$\mu_{\max} = \frac{\omega_0}{2n}.$$

Звідси видно, що максимум динамічного коефіцієнта обернено пропорційний коефіцієнту затухання n .

Максимальна амплітуда коливань знаходяться виразом:

$$A_{cm} = y_{cm} \mu = \frac{y_{cm} \omega_0}{2n}.$$

Область збільшення амплітуд, де $\mu > 1$ називається областю резонансу.

Резонансною частотою називається частота зовнішньої сили, що співпадає з частотою власних коливань системи.

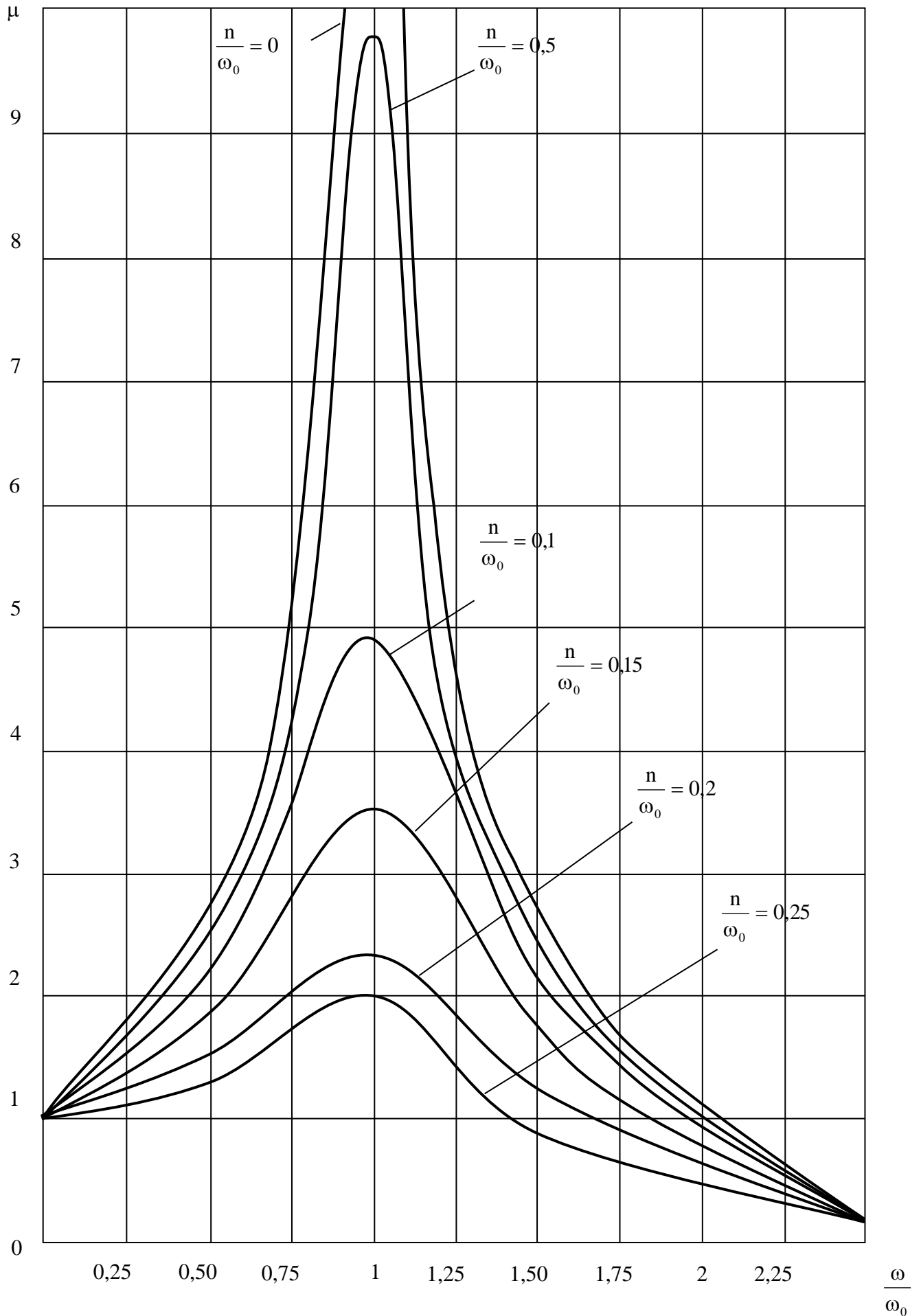


Рис. 5.2 Графічне зображення залежності динамічного коефіцієнту μ .

Опис лабораторної установки.

Пристрій для експериментального знаходження динамічного коефіцієнту коливальної системи вібраційного живильника (рис. 5.3) складається із електромагнітного вібратора 1, якор якого закріплений на коливній масі 2 віброживильника, що встановлений на пружній системі 3. На коливній масі також встановлений вібродавач 4, який електрично зв'язаний з електронно-променевим осцилографом 5. Обмотка вібратора 1 через напівпровідниковий діод підключена до виходу тиристорного підсилювача 6.

Вихід тиристорного підсилювача підключено до звукового генератора 7. До останнього також підключений частотомір 8.

Наявність тиристорного підсилювача пояснюється тим, що амплітуда на виході звукового генератора не достатня для нормального функціонування віброживильника.

Лабораторна установка працює наступним чином.

Сигнал звукової частоти генератора 7 подається на вихід тиристорного підсилювача 6, що живиться від джерела постійного струму. З виходу тиристорного підсилювача підсилений сигнал через напівпровідниковий діод подається в обмотку електромагнітного вібратора 1. Діод необхідний для того, щоб виключити коливання якоря вібратора з подвоєною частотою.

При поступленні в обмотку вібратора напруги живлення якор останнього приводить масу 2 в коливні рухи.

Амплітуда коливань маси 2 реєструється осцилографом 5 при допомозі давача 4.

Частоту коливань можна знайти за допомогою цифрового частотоміра 8 підключеного до виходу звукового генератора 7.

Порядок виконання роботи.

1. Наладка віброживильника на резонансний режим роботи:

- а) включити звуковий генератор, частотомір, осцилограф і прогріти на протязі 10 хвилин;
- б) встановити частоту звукового генератора 200 Гц;
- в) включити тиристорний підсилювач потужності;
- г) плавно знижуючи частоту звукового генератора добитись коливань робочого органу віброживильника; при наближенні частоти звукового генератора до 0, при якій робота тиристорного підсилювача недопустима, необхідно виключити підсилювач, підняти частоту генератора на вихідну величину і повторно включити підсилювач;
- д) плавною зміною частоти генератора добитися максимальної амплітуди коливань робочого органу віброживильника, спостерігаючи за величиною амплітуди по екрану осцилографа;
- е) встановити частоту розгортки генератора в межах 0,2...2 с/поділку. В момент знаходження проміння в лівій частині екрану включити живлення тиристорного підсилювача і спостерігати процес затухання. По розмаху амплітуди коливань на екрані осцилографа визначити A_{noch} ,

A_{kin} і час затухання.

2. Отримання експериментальних даних:

- а) занести в таблицю значення резонансної частоти вібраційного живильника (покази частотоміра);
- б) спостерігаючи за екраном осцилографа, включити тиристорний підсилювач, при цьому на екрані осцилографа з'явиться зображення затухаючих коливань;
- в) по шкалі осцилографа заміряти максимальне і мінімальне значення амплітуди затухаючих коливань (мінімальне значення прийняти половині товщини променя осцилографа). Значення амплітуди записати в таблицю;
- г) по шкалі осцилографа заміряти час затухання амплітуди коливань від максимальної величини до мінімальної. Час затухання записати в таблицю;
- д) включити тиристорний підсилювач і повторити заміри 5 разів.

3. Обробка отриманих даних:

Запишемо рівняння гармонійних затухаючих коливань:

$$y'' + 2ny' + \omega_0^2 y = 0.$$

Розв'язком цього рівняння буде:

$$y = Ae^{-nt} \cdot \sin(\omega_0 t - \varepsilon).$$

Звідси максимальна амплітуда коливань представиться у вигляді:

$$y_{1.\max} = Ae^{-nt},$$

а амплітуда k -того періоду буде мати вигляд:

$$y_{k.\max} = Ae^{-n(t+kT)}.$$

Вираз kT буде не що інше як час затухання t_{zam} , що заміряний з моменту включення тиристорного підсилювача до моменту повного затухання коливань на екрані осцилографа (коли амплітуда коливань рівна половині товщини променя осцилографа).

Запишемо відношення початкового значення амплітуди до величини амплітуди виміряної через час t_{zam} :

$$\frac{y_1}{y_k} = \frac{Ae^{-nt}}{Ae^{-n(t+t_{zam})}} = e^{nt_{zam}}.$$

Звідки

$$\ln \frac{y_1}{y_k} = nt_{zam}, \quad (5.1)$$

$$n = \frac{\ln \frac{y_1}{y_k}}{t_{zam}}. \quad (5.2)$$

Таким чином ми отримуємо формулу для експериментального знаходження коефіцієнта затухання коливальної системи вібраційного живильника.

Оскільки $y_1 = A_0$ є амплітудою встановлених коливань, а $y_k = A_k$ – гранична величина амплітуди коливань на екрані осцилографа, що приймаються рівними половині товщини променя, то формулу (5.2) можна записати у вигляді:

$$n = \frac{\ln \frac{A_0}{A_k}}{t_{зам}}. \quad (5.3)$$

Для знаходження коефіцієнту затухання коливальної системи вібраційного живильника в формулу (5.3) необхідно підставити середні значення A_0 , $t_{зам}$, взяті з таблиці, а також величину A_k – чисельно рівну половині товщини променя осцилографа. Далі по формулі (5.1) необхідно порахувати значення динамічного коефіцієнту μ для наступних величин відношення $\frac{\omega}{\omega_0}$:

0.25; 0.5; 0.75; 1; 1.25; 1.5; 1.75; 2; 2.25.

По результатам обчислення побудувати графік залежності динамічного коефіцієнту від відношення частоти вимушених коливань резонансної частоти коливальної системи вібраційного живильника.

№ п/п	f_0	$f_{0.ср}$	$\omega_{0.ср} = 2\pi f_{0.ср}$	A_0	$A_{кр}$	A_k	$t_{заг}$	$t_{заг}$	$n_{ср}$
1									
2									
3									

Література.

1. Повидайло В.А., Розрахунок и конструирование вибрационных питателей., Машгиз, 1962.
2. Повидайло В.А., Дезпалов К.И., Расчет и конструирование бункерных загрузочных устройств., Машгиз, 1959.
3. Рабинович А.Н., Автоматизация механико–зборочного производства., Изд. “Вища школа”, 1969.

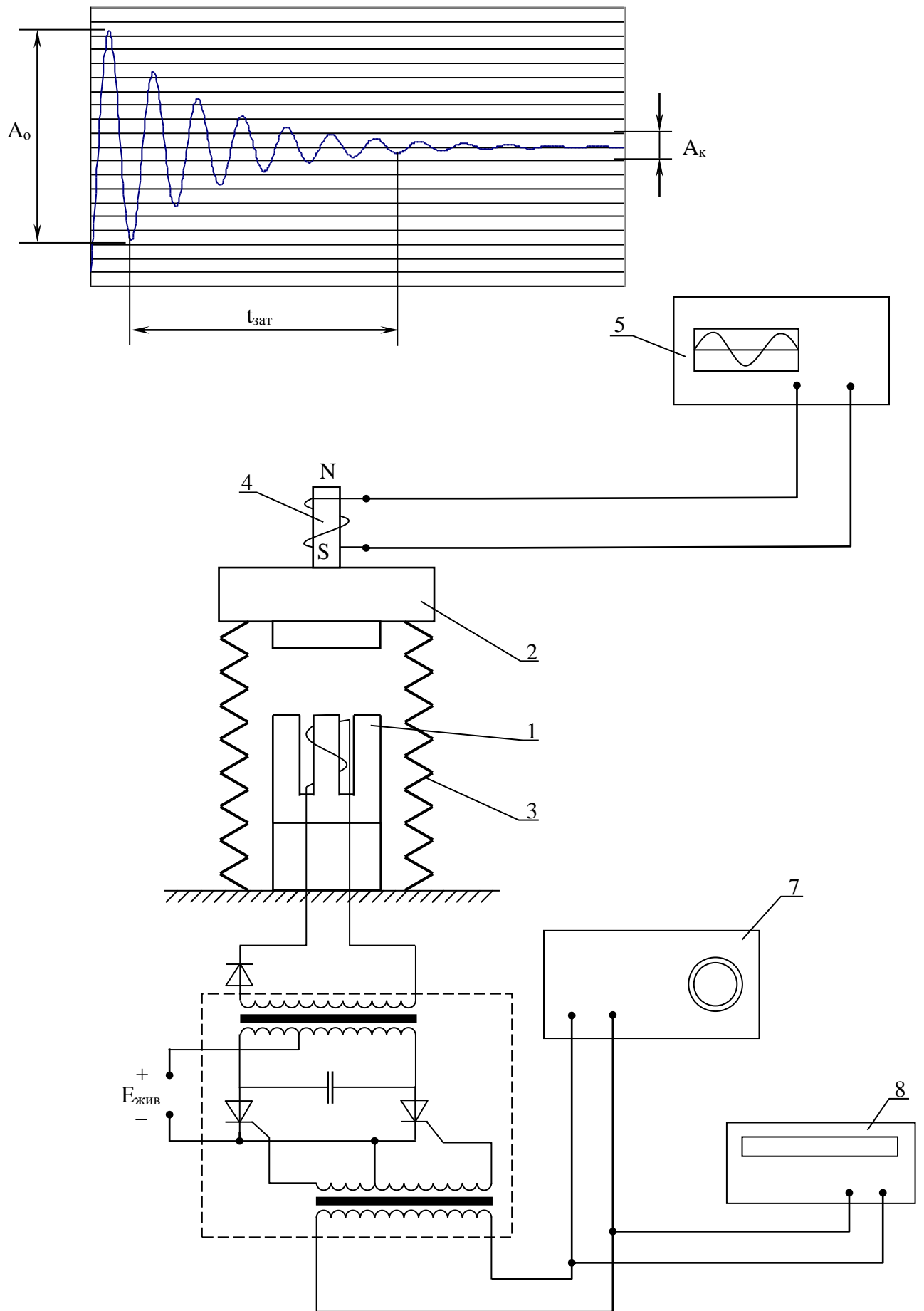


Рис. 5.3. Схема лабораторної установки.