



Изследване на пиезохарвестер като преобразувател на енергия от околната среда (Energy Harvesting)

НИХ-515 / 2025 г.

Маг. инж. Александър Мандаджиев
Бургаски Държавен Университет „Проф. Д-р Асен Златаров“
Дата: 12.12.2025



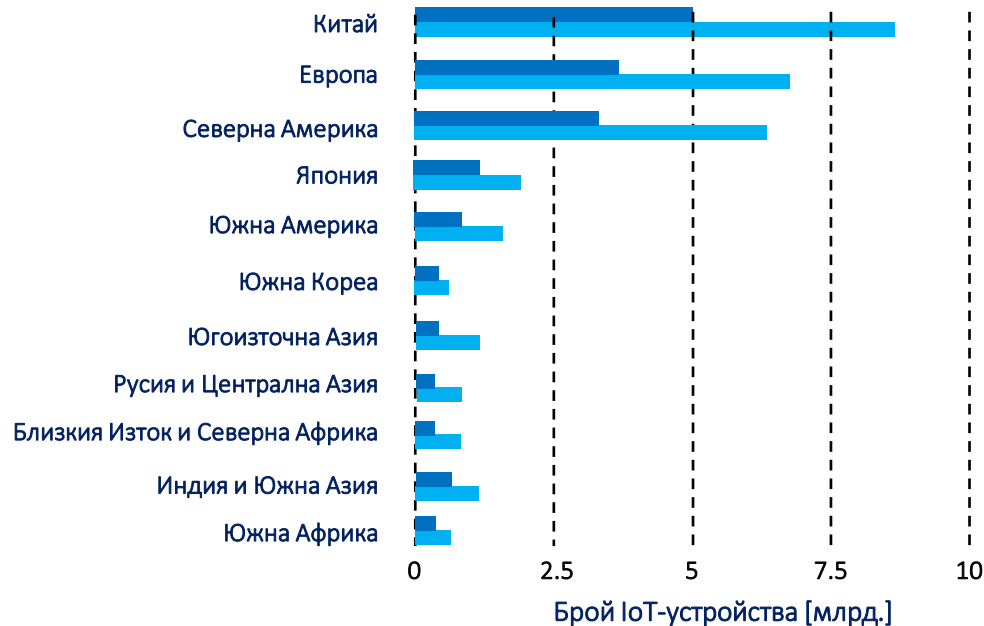


1. Въведение

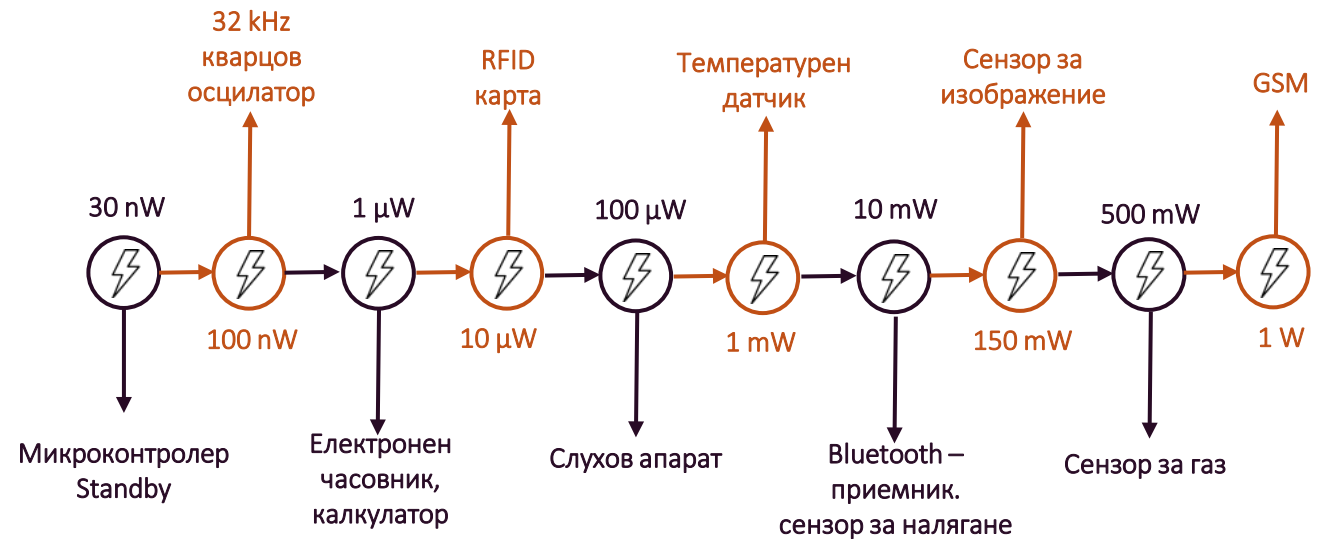
Постоянно нарастващ брой на:

- IoT-устройства – 18.8 млрд за 2024г
- Микро електро-механични системи(MEMS)
- Безжични сензори (Wireless Sensor Nodes)
- Малки, преносими, електронни устройства
- Устройства на биомедицината

Брой на активните IoT-устройства по регион



Консумация на мощност





2. Цели на проекта

Целите, свързани с изследването на пиезохарвестерите са следните:

➤ Честотен анализ:

- Изследване на резонансните характеристики на пиезохарвестера
- Резонансна честота в режим на отворена верига
- Резонансна честота в режим на късо съединение

➤ Електрически анализ:

- Напрежение на отворена верига в зависимост от честота и амплитуда на механичните вибрации
- Ток на късо съединение в зависимост от честота и амплитуда на механичните вибрации
- Генерирана мощност
- Товарна зависимост

➤ Създаване на аналитичен модел в Matlab/Simulink.

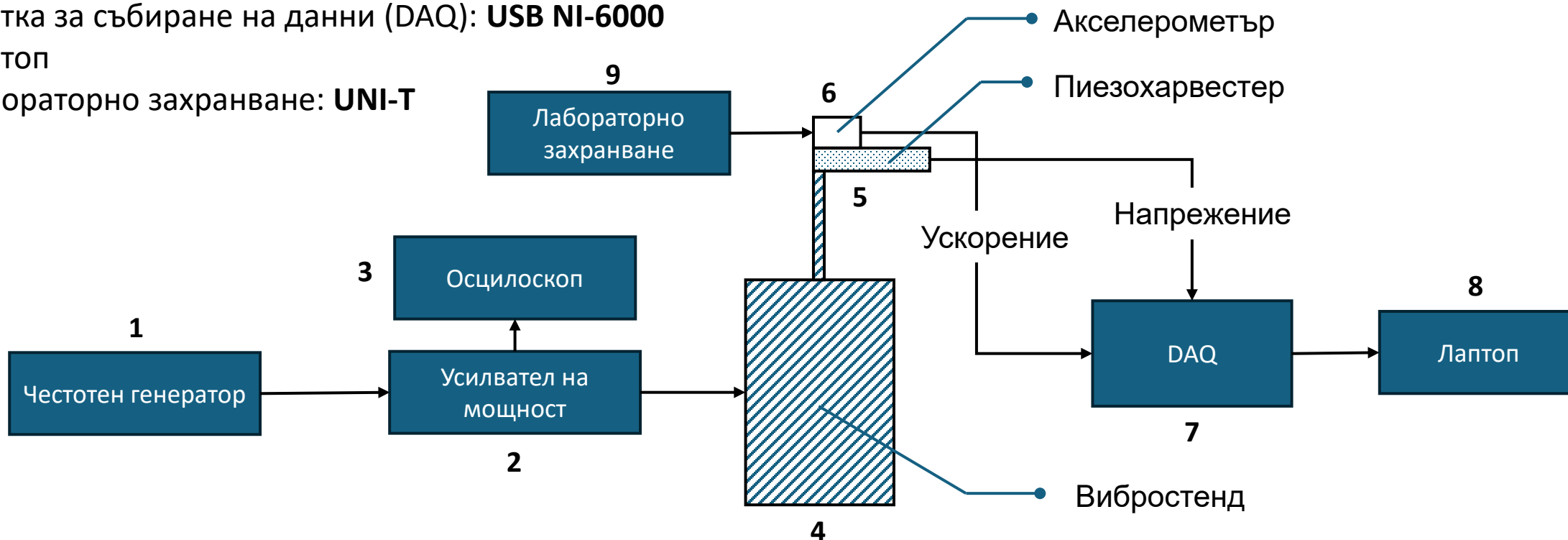
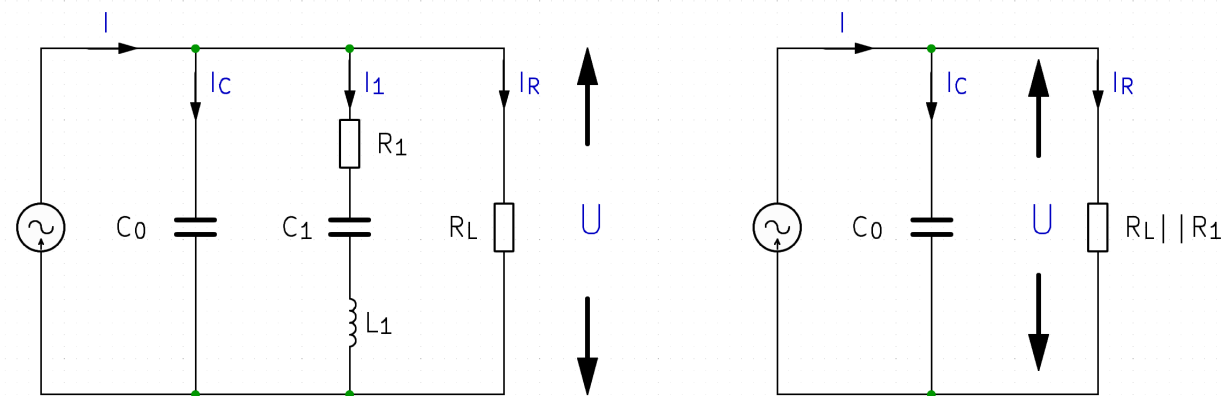
➤ Създаване на електрически модел в LTSpice.



3. Експериментална постановка

НИХ-515 / 2025 г.

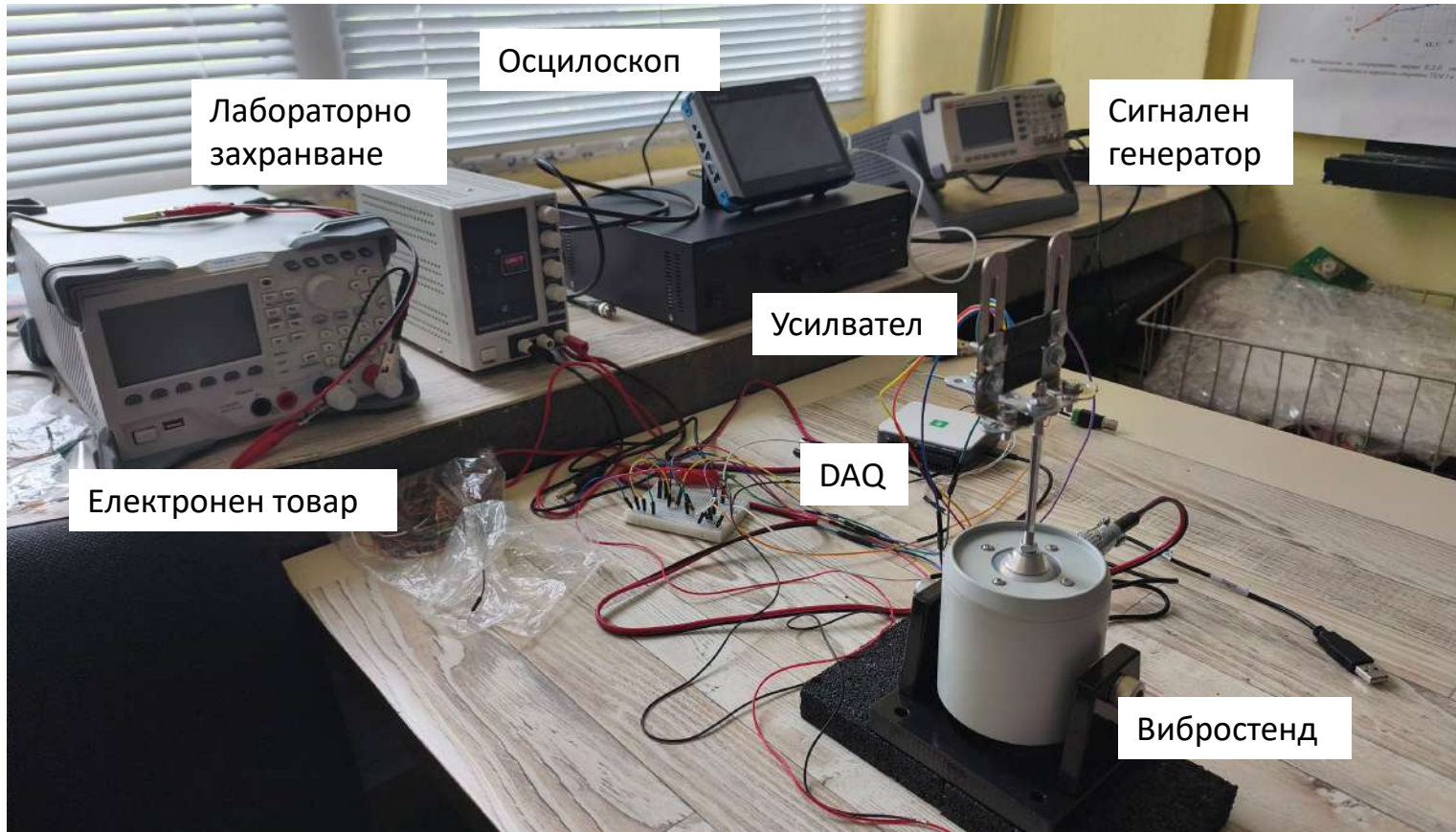
1. Сигнален генератор: **UNI-T UTG10005A**
2. Усилвател на мощност: **YE5871A**
3. Осцилоскоп: **FNIRSI DPOS350P**
4. Вибростенд: **JZK-2**
5. Пиезохарвестер: **LDTM-028K**
6. Акселерометър: **ADXL-335**
7. Платка за събиране на данни (DAQ): **USB NI-6000**
8. Лаптоп
9. Лабораторно захранване: **UNI-T**





3. Експериментална постановка

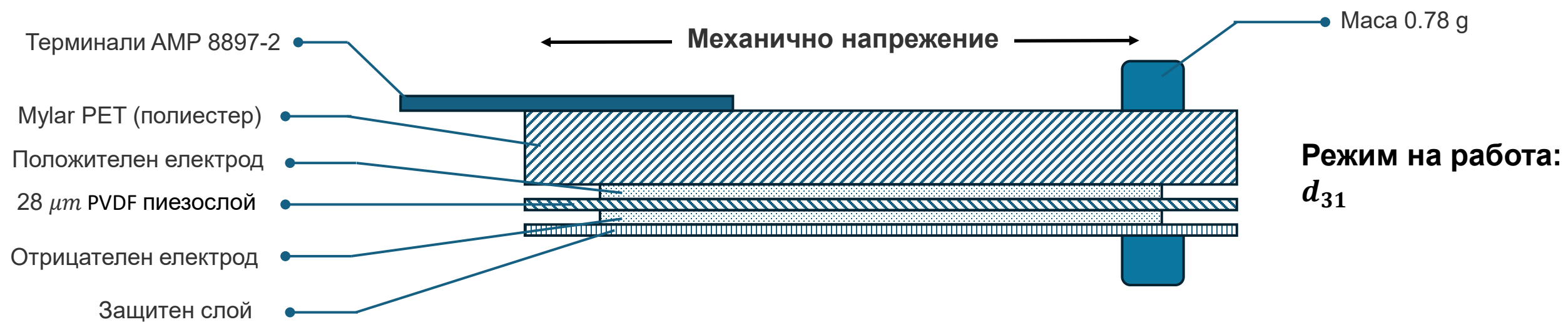
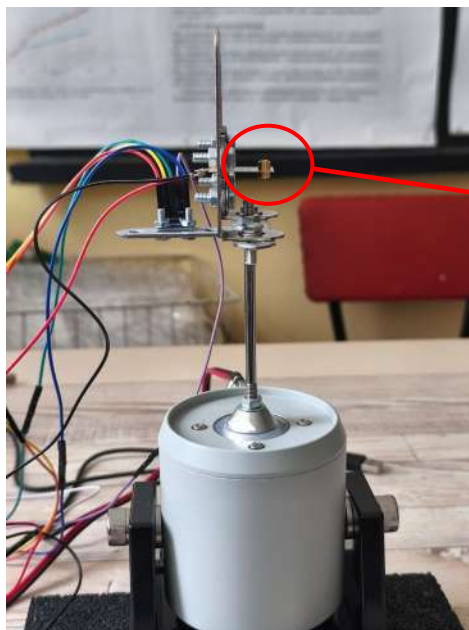
НИХ-515 / 2025 г.





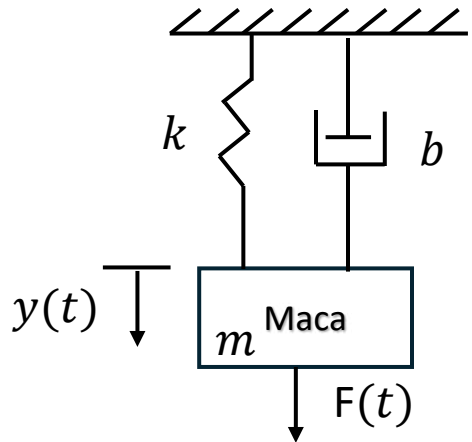
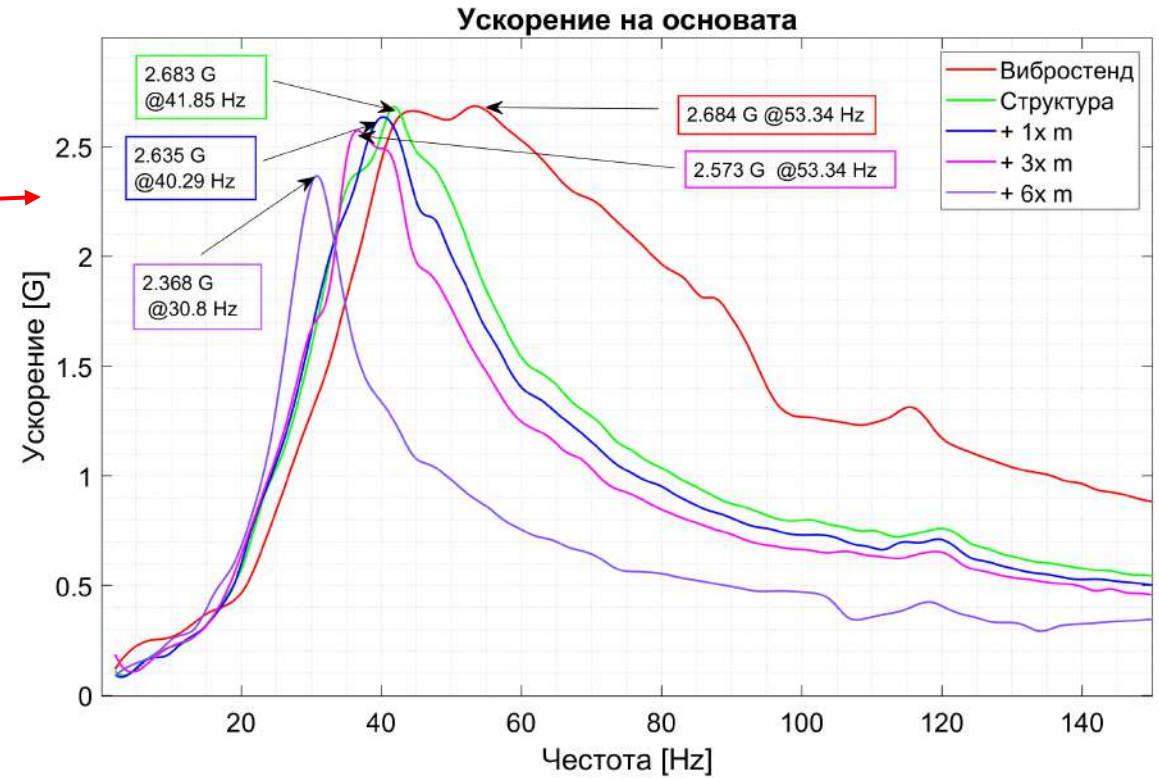
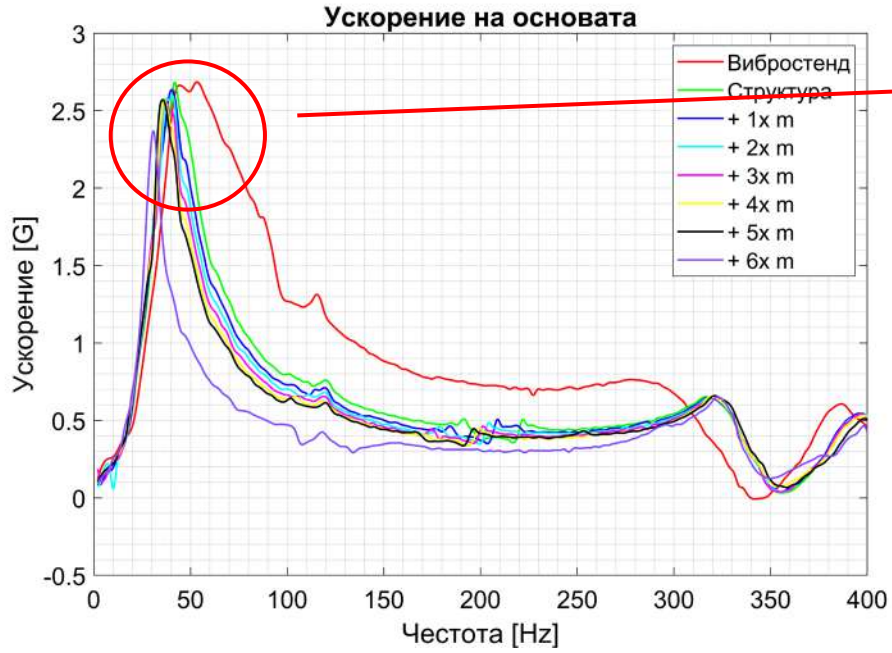
4. Структура на изследвания пиезохарвестер LDTM- 028K

НИХ-515 / 2025 г.





5. Резултати

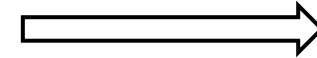


Сила на пружината: $F_s = ky(t)$

Сила на демпера: $F_d = b \frac{dy}{dt}$

Възбуждаща сила: $F(t)$

2-ри закон на Нютон



ω_n : резонансна честота $\sqrt{\frac{k}{m}}$

ζ : демпериране

$$F(t) - F_s - F_d = m\ddot{y}$$

$$F(t) - ky(t) - by\dot{(t)} = m\ddot{y}(t)$$

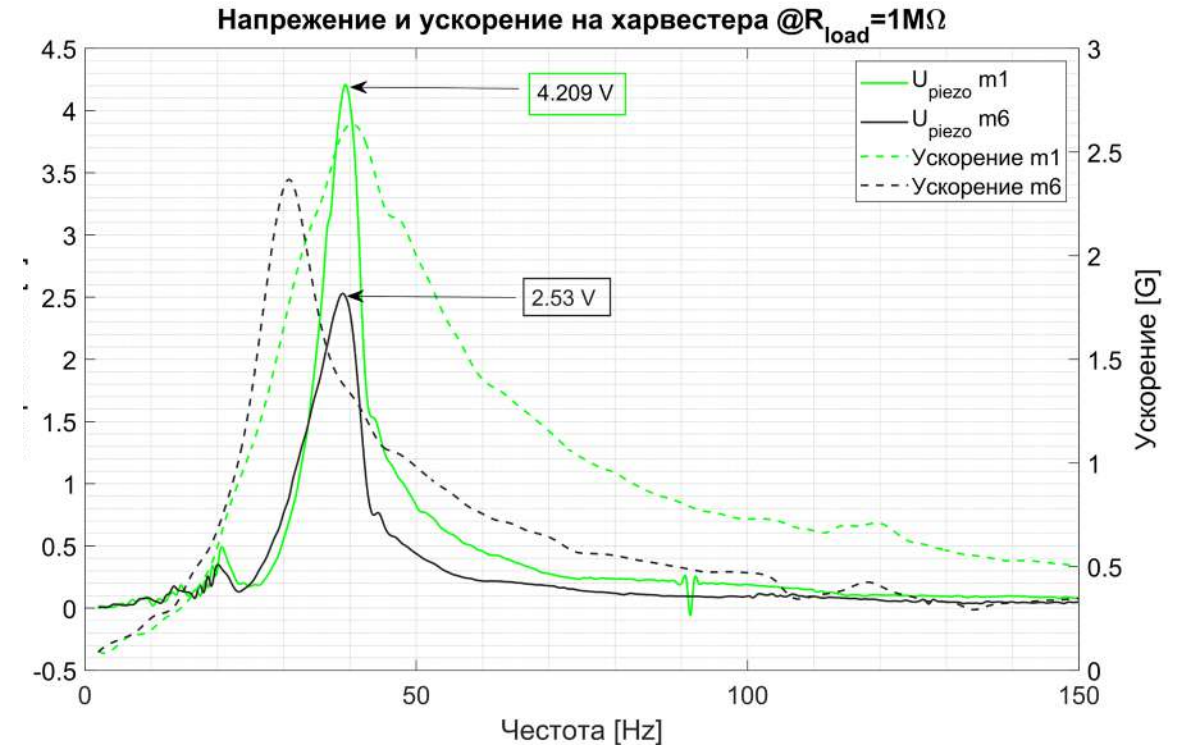
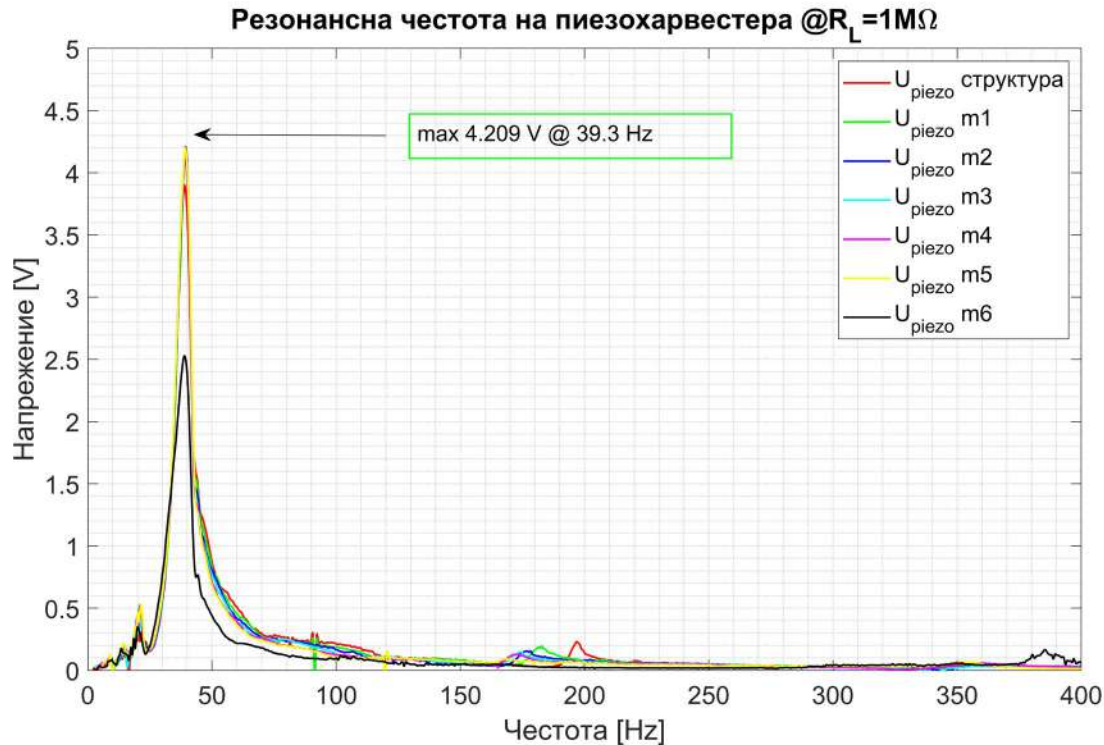
$$\ddot{y} + \frac{b}{m}\dot{y} + \frac{k}{m}y = \frac{1}{m}F$$

$2\zeta\omega_n$ ω_n^2



5. Резултати

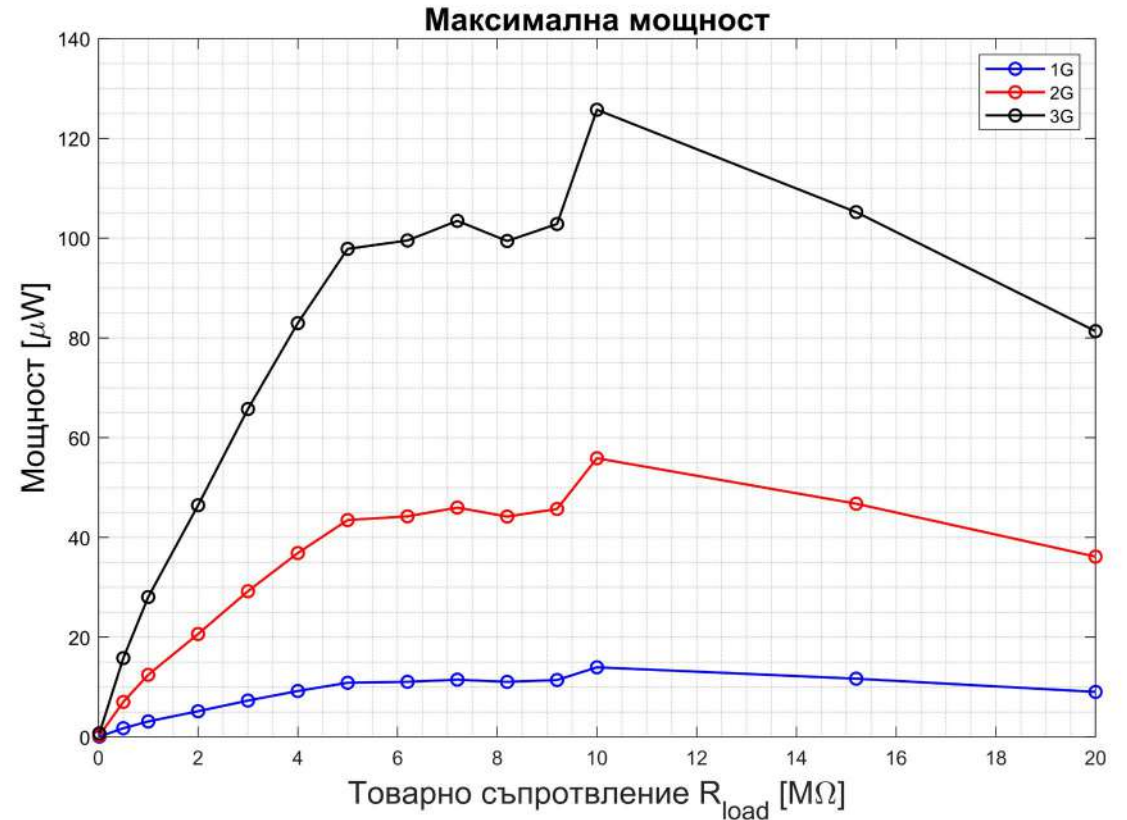
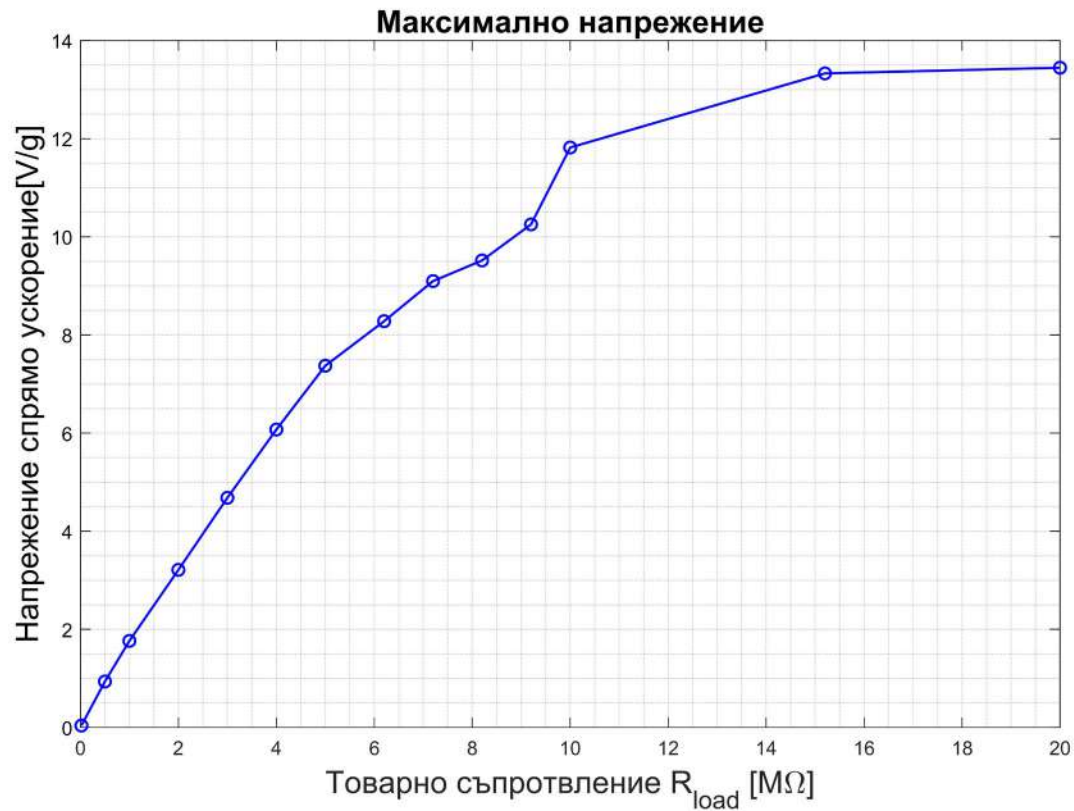
1. Резонансната честота на пиезохарвестера е установена по експериментален път: **39.3 Hz**
2. Най-високата стойност на генерирано напрежение е **4.209 V** при товарно съпротивление $R_L = 1M\Omega$
3. При малка промяна на възбуждащата честота **39.3 Hz** \rightarrow **30.9 Hz** се получава спад на напрежението с **60%**: **4.209 V** \rightarrow **2.53 V**





5. Резултати

1. С увеличаване на товарното съпротивление генерираното напрежение расте. При $R_L = 20\text{M}\Omega$ то достига 13.45 V/G .
2. Генерираната мощност достига своята максимална стойност при $R_L = 10\text{M}\Omega$. В зависимост от ускорението, което изпитва пиезохарвестера то достига $125.7\ \mu\text{W}$ при 3 G





6. Дискусия на резултатите

1. Резонансната честота на пиезохарвестера е установена по експериментален път: **39.3 Hz**
2. Най-високата стойност на генерирано напрежение е **4.209 V** при товарно съпротивление $R_L = 1M\Omega$
3. При малка промяна на възбуждащата честота **39.3 Hz** \rightarrow **30.9 Hz** се получава спад на напрежението с **60%**: **4.209 V** \rightarrow **2.53 V**
4. С увеличаване на товарното съпротивление генерираното напрежение расте. При $R_L = 20M\Omega$ то достига **13.45 V/G**.
5. Генерираната мощност достига своя пик при $R_L = 10M\Omega$. В зависимост от ускорението, което изпитва пиезохарвестера то достига **125.7 μW**
6. Необходимо е да се създаде аналитичен модел на Matlab/Simulink
7. Тъй като експериментално установените стойности за генерирано напрежение и мощност много силно зависят от възбудителната честота, не е необходимо да се изработи схема за управление и съхранение на добитата енергия.



7. Финансов отчет

НИХ-515 / 2025 г.

Бургаски държавен университет "Проф.д-р Асен Златаров" Научно-изследователска и художествено творческа дейност Финансов отчет за първа година на договор НИХ - 515/2025		
Изследване на пиезохарвестер като преобразувател на енергия от околната среда (Energy Harvesting)		
Получени средства: 5440,00 лв Изразходени средства: 5417,12 лв Ръководител: доц. д-р Ивайло Беловски Срок на проекта: 2 година		
№ по ред		Сума
2. Към перо "Други материали и активи" :		
2.1	<u>Модули:</u> Вибростенд JZK-2 Усилвател на мощност Пиезоелементи	2891.12
2.2	<u>Шумомер</u>	130.00
2.3	<u>Осцилоскоп FNIRSI DPOS350P</u>	850.00
2.4	<u>Осцилоскоп RIGOL DHO804</u>	937.00
		Общо : 4808.12
8. Към перо "Рецензенти":		
8.1	<u>Заплащане на рецензенти по отчета</u>	65.00
		Общо : 65.00
9. Към перо "Административно/финансово-счетоводно обслужване":		
9.1	10% от стойността на договора	544.00
		Общо : 544.00
		Общо извършени разходи по проекта: 5417.12



Благодаря за вниманието!

НИХ-515 / 2025 г.

Маг. инж. Александър Мандаджиев
Бургаски Държавен Университет „Проф. Д-р Асен Златаров“
Дата: 12.12.2025

