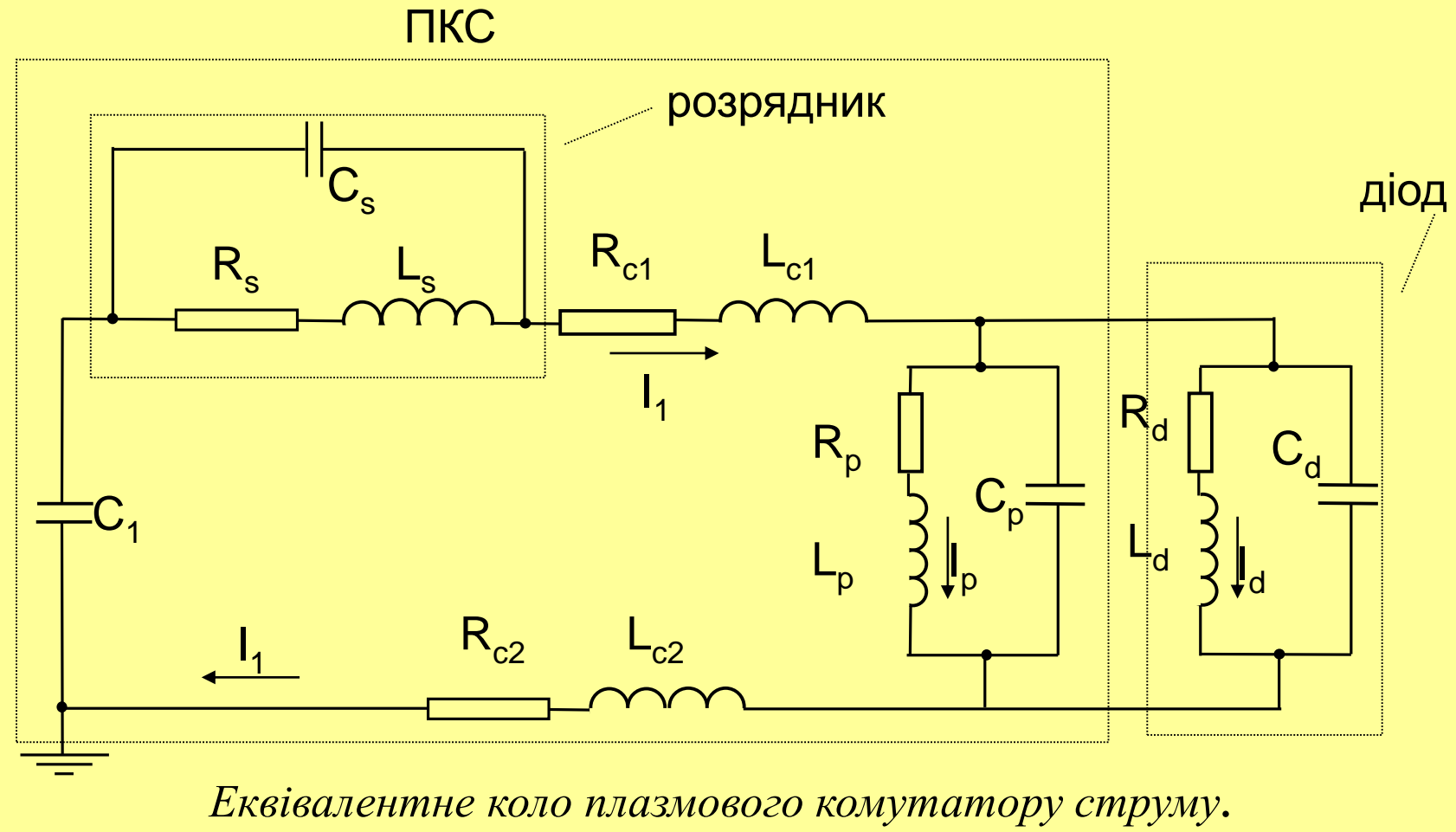


Дослідження впливу параметрів первинного кола на вихідні параметри прискорювачів з плазмовим комутатором струму

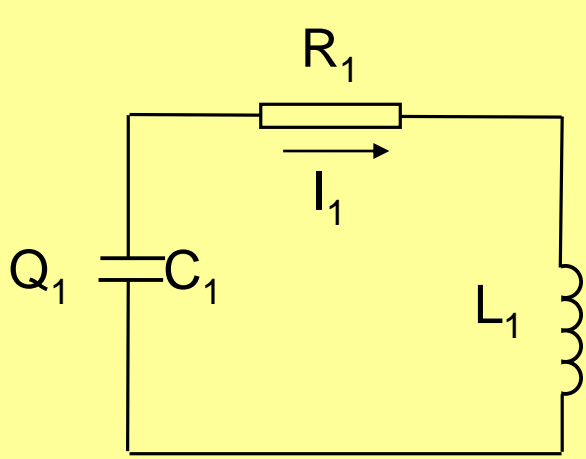
В.Б. Юферов, О.В. Мануйленко, І.А. Пащенко, І.В. Буравілов
О.С. Свічкарь, О.М. Пономарев

Інститут плазмової електроніки та нових методів прискорення ННЦ ХФТІ, Харків, Україна

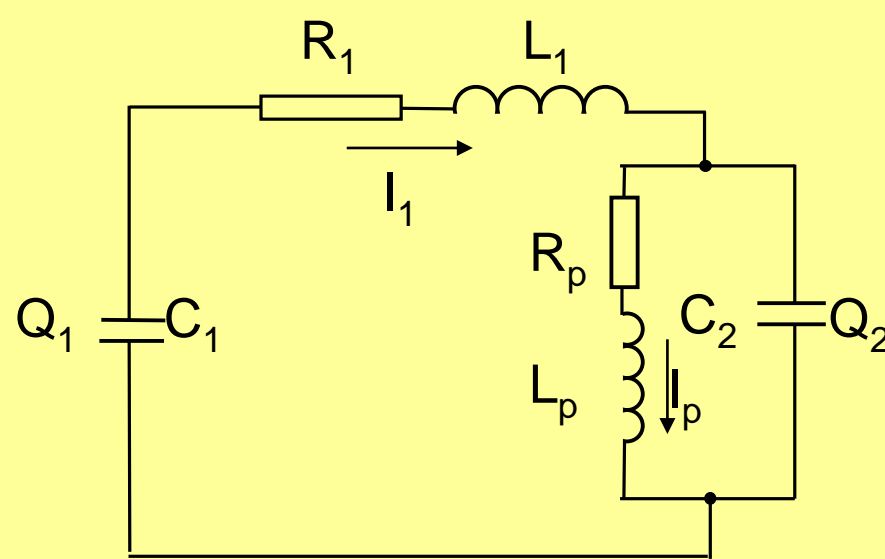
Обчислювання первинного кола індуктивного накопичувача енергії та моделювання розриву струму в плазмовому комутаторі струму



Еквівалентне коло плазмового комутатора струму.



а



б

Спрощені еквівалентні кола для а) аналітичного розрахунку протікання струмів та розподілу напруг до розмикання струму в плазмовій перемичці та для б) чисельних розрахунків стадії розмикання струму та створення імпульсу перенапруги.

$$\begin{cases} \frac{dI_1}{dt} = -\frac{Q_1}{L_1 C_1} - \frac{R_1}{L_1} I_1 \\ \frac{dQ_1}{dt} = I_1 \end{cases}$$

Динаміка струму та напругу в RLC-колі, розрахунки якої можна використовувати для калібровки вимірюючого обладнання,

$$Q_1 = U_0 C_1 \left(\frac{R_1}{2L_1 \omega} \sin \omega t + \cos \omega t \right) e^{-\frac{R_1 t}{2L_1}}$$

$$I_1 = -U_0 C_1 \left(\frac{R_1^2}{4L_1^2 \omega} + \omega \right) \sin \omega t \cdot e^{-\frac{R_1 t}{2L_1}}$$

$$\omega = \sqrt{\frac{1}{L_1 C_1} - \frac{R_1^2}{4L_1^2}}$$

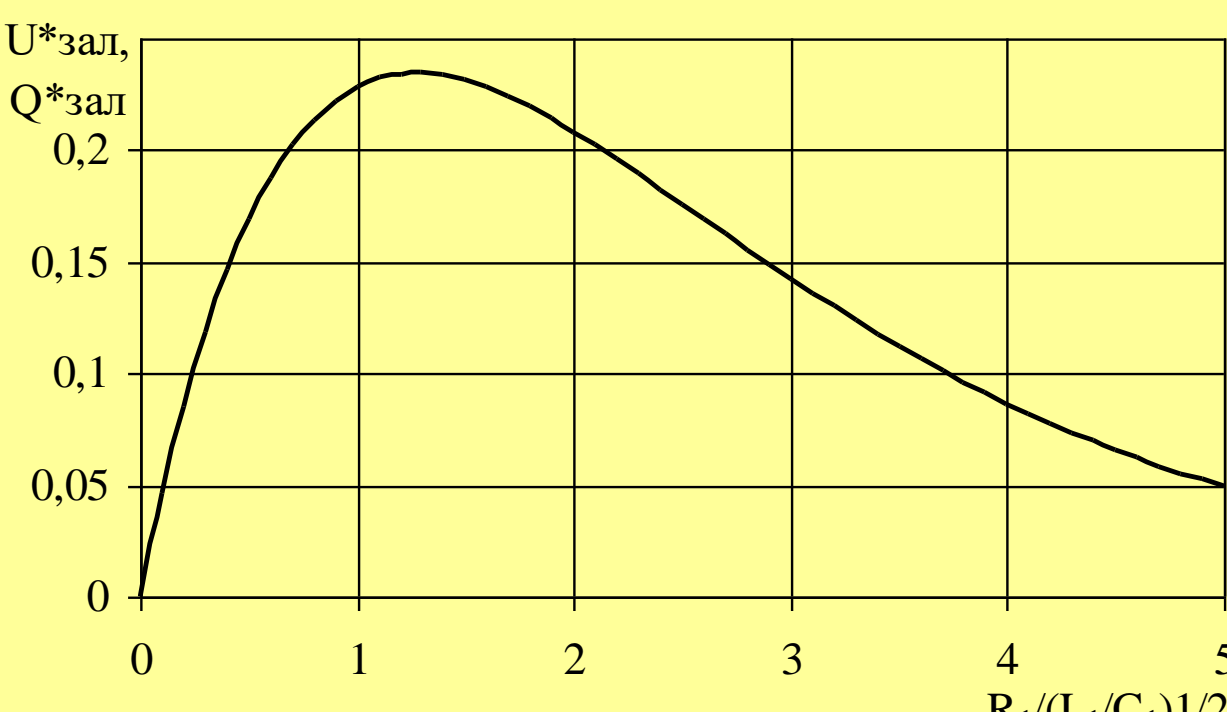
добротності кола,

$$U_1^{*zal} = U_0 \frac{R_1}{2L_1 \omega} e^{-\frac{R_1}{2L_1 \omega} \left(k\pi + \frac{\pi}{2} \right)}$$

- залишкова напруга в конденсаторній батареї

та визначення параметрів кола з експериментальних осцилограм струму

$$L_1 = \frac{T^2}{4\pi^2 C_1} \quad I_{mi} - i\text{-й екстремум струму, } k > i \text{ та обидва індекси або парні, або непарні}$$
$$R_1 = \ln \frac{I_{mi}}{I_{mk}} \frac{T}{\pi^2 C_1 (k-i)}$$



Залежність безрозмірних залишкових заряду Q_{zal}^* та напруги U_{zal}^* від відношення активного та реактивного опорів $R_1/L_1 \omega$

В індуктивному накопичувачі імпульс перенапруги виникає внаслідок стрибка струму в контурі. Починаючи від конденсаторної батареї в обох напрямках по первинному колу напруга буде збільшуватись внаслідок самоіндукції $-\Delta L di/dt$ на всіх індуктивних елементах ΔL кола.

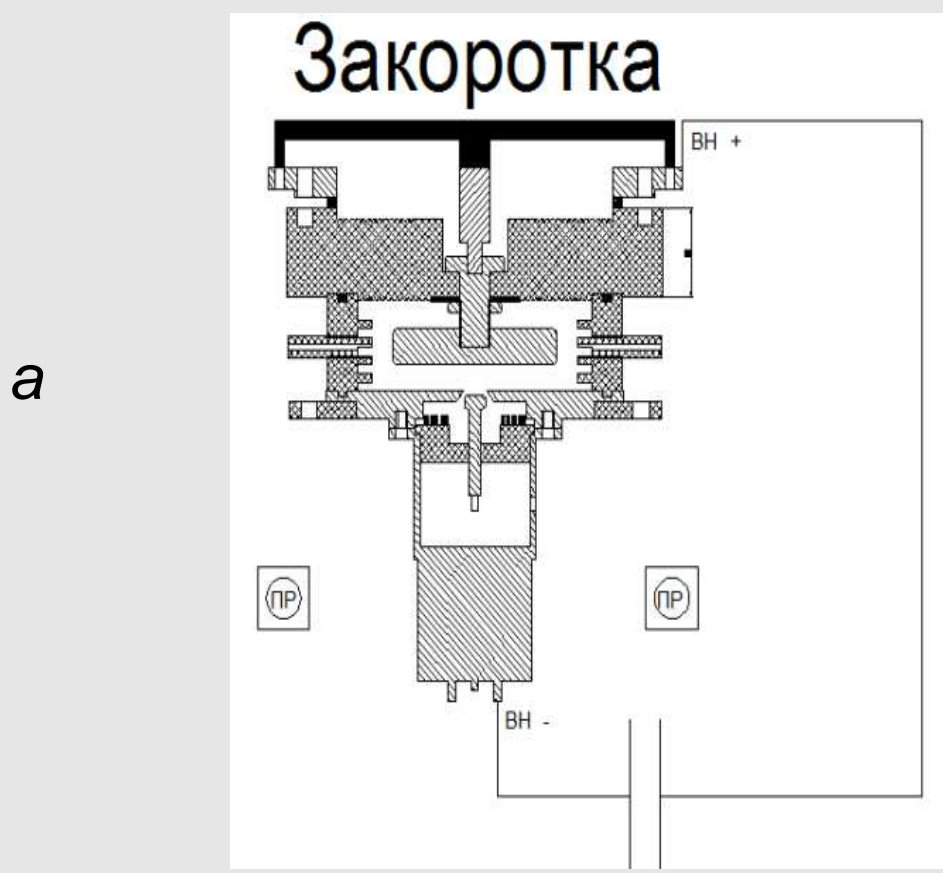
Саме магнітна енергія первинного кола, у випадку розмикання струму, буде витрачатися на виникнення градієнту електричного поля E_r вздовж коаксіалу. Тому параметри установки повинні бути вибрані таким чином, щоб якнайбільше енергії конденсаторної батареї до моменту розриву струму переходило в енергію магнітного поля струму первинного кола. Цій меті сприяє збільшення індуктивності первинного кола, але воно також зменшує амплітуду струму та швидкість його зростання, що може привести до зникнення умов для розриву струмової петлі. На це треба зважати при конструюванні установки.

Експерименти по визначенню первинних параметрів прискорювача «ДІ»

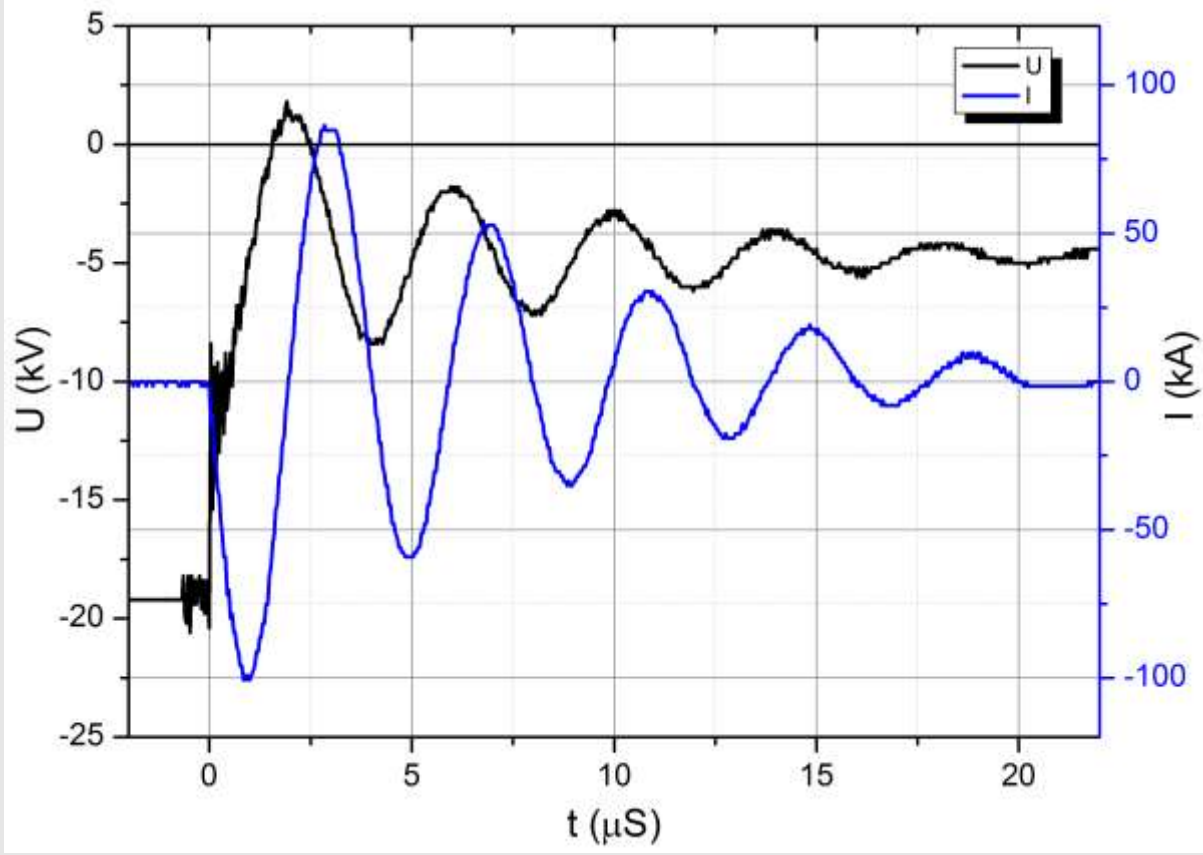
На прискорювачі «ДІ» були проведені «холодні» експерименти з різними варіантами закоротки індуктивного накопичувача між анодом та катодом: на кінці, ближньому до конденсаторної батареї (а), між катодом та внутрішнім анодом (б) та між катодом на зовнішнім анодом (в), та через плазмову перемичку (г). Для кожного варіанту наведена експериментальні осцилограми струму. За допомогою теорії були визначені опір первинного кола та його індуктивність, які приведені у таблиці.

Варіант закоротки:

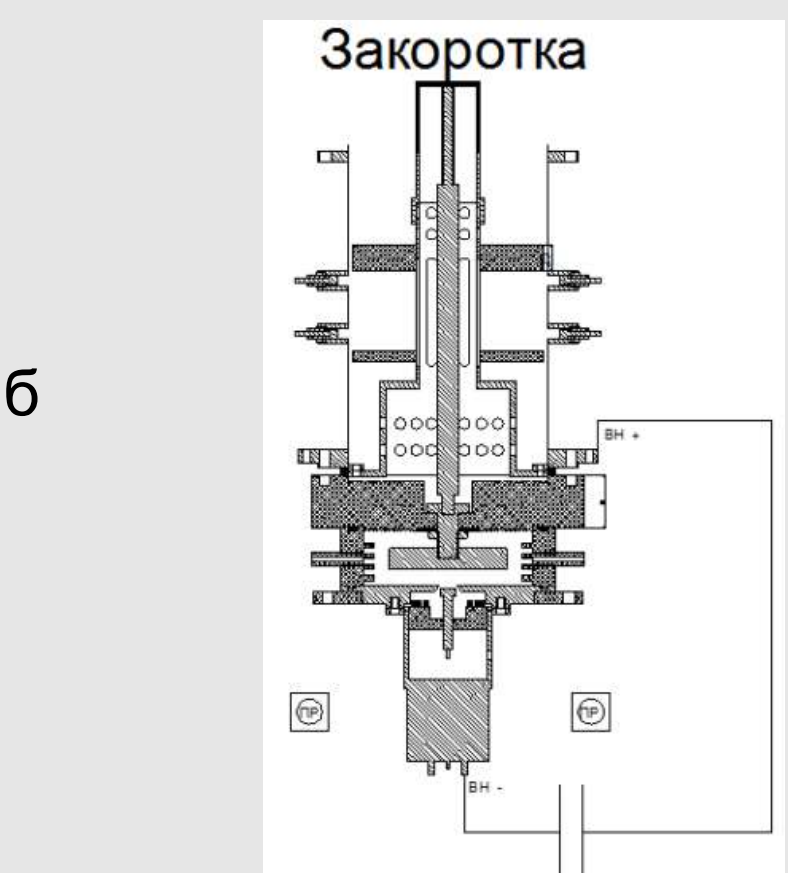
Осцилограми струму та напруги на:



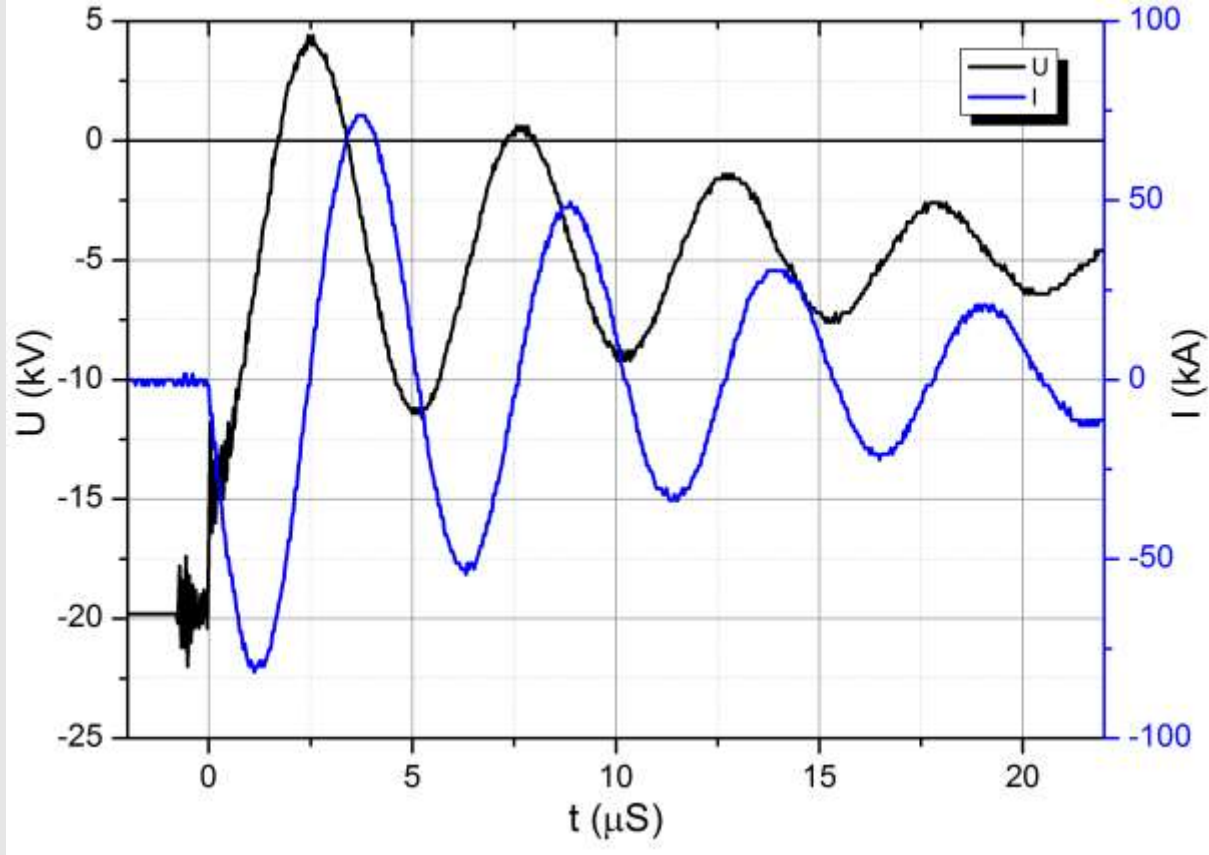
закоротка розрядника



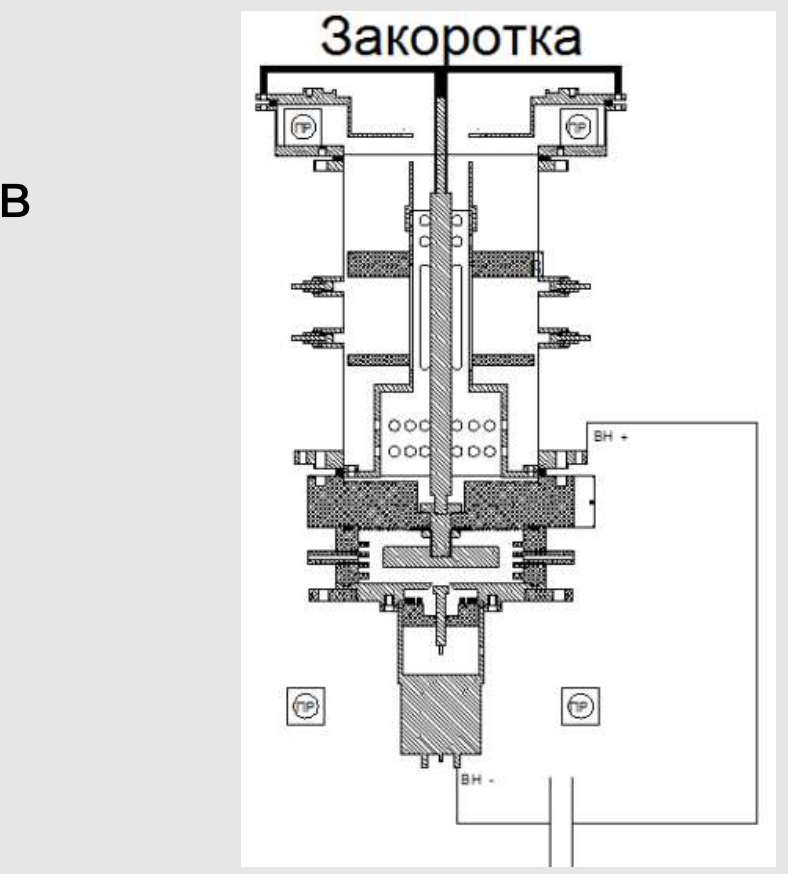
розряднику



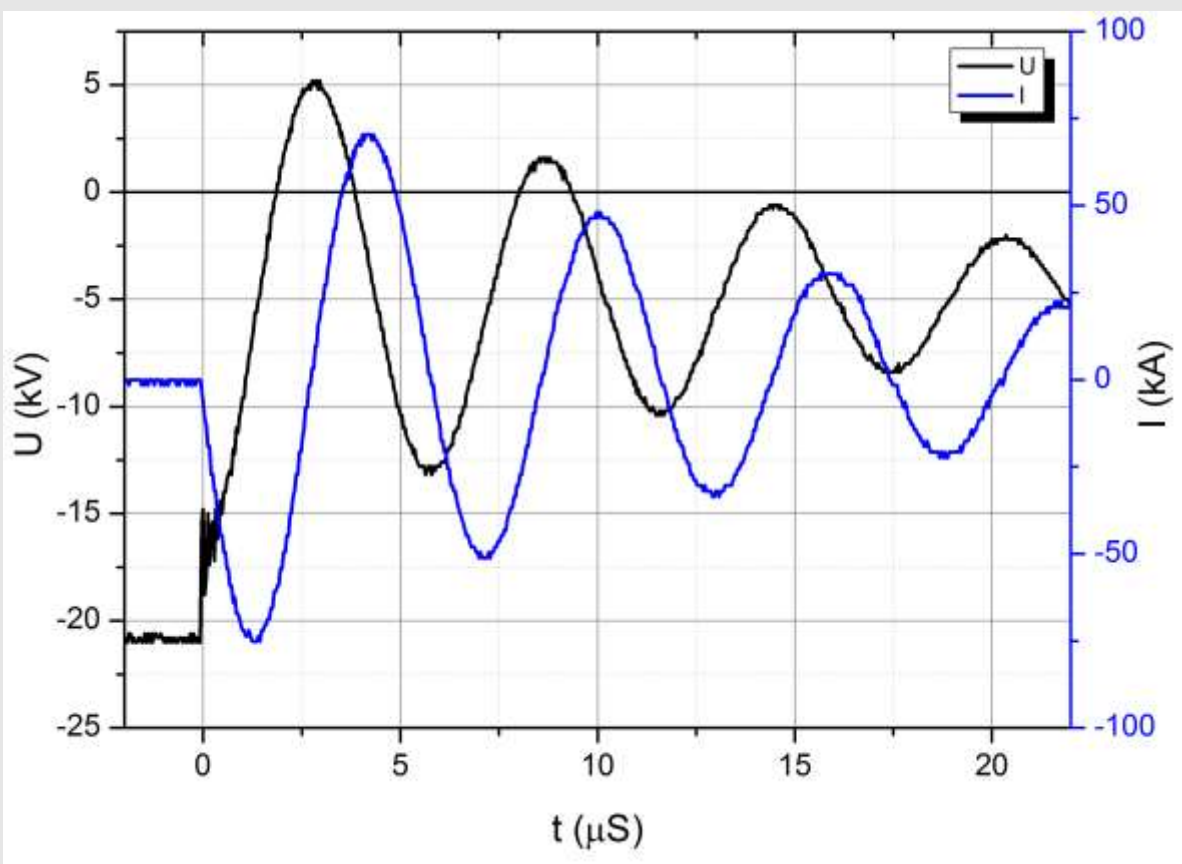
між катодом та внутрішнім анодом



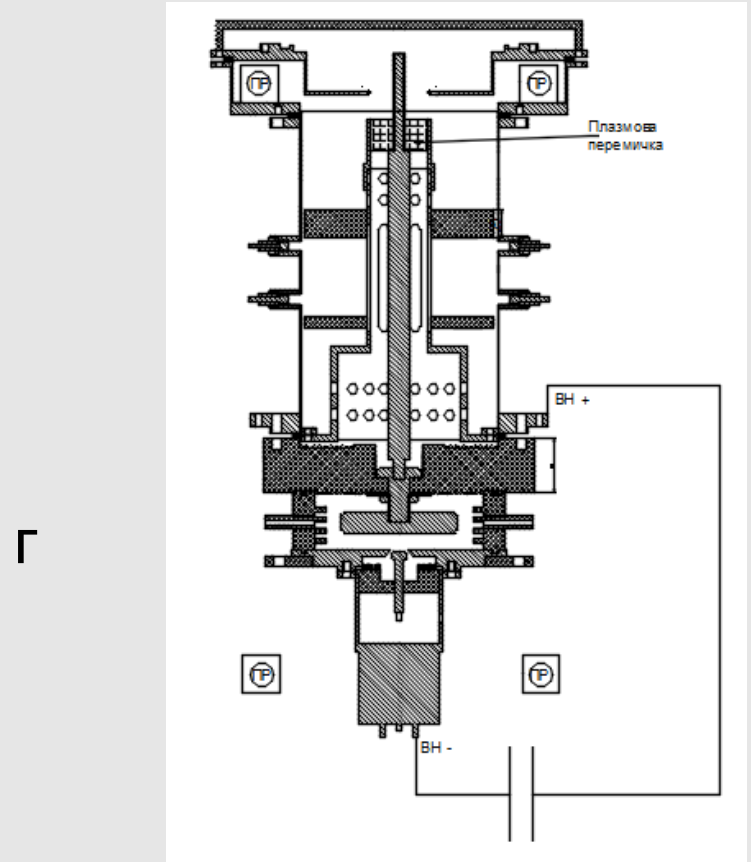
внутрішньому аноді



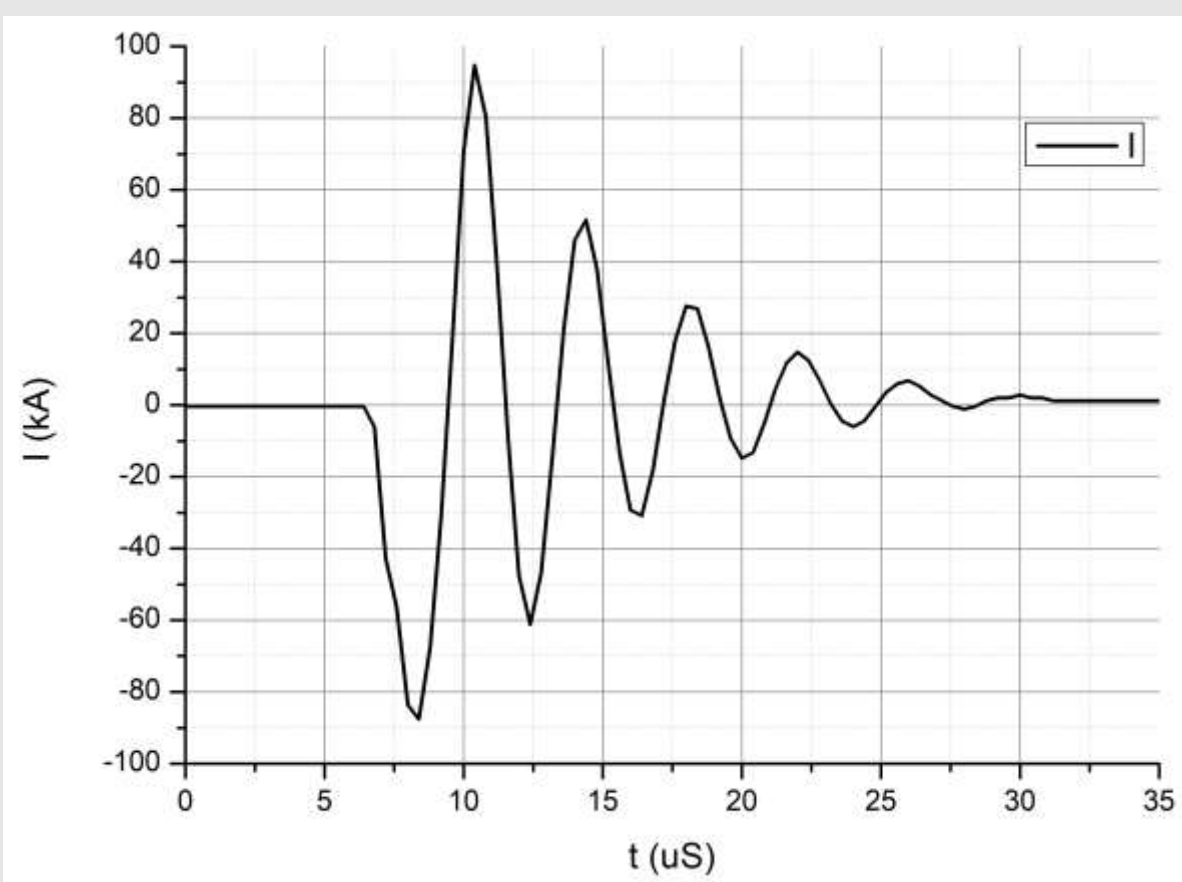
між катодом та зовнішнім анодом



плоскому аноді



Плазмова перемичка (нема обриву струму)



Параметри електричного кола у різних експериментальних умовах

	T, мкс	L, нГн	R, Ом	R(L/C) ^{1/2}	U*зал, %
а	4,0	134,4	0,035	0,17	7,3
б	5,2	224,0	0,038	0,14	6,2
в	5,8	287,0	0,040	0,13	5,9
г	3,9	126,5	0,046	0,22	9,3

Саме магнітна енергія первинного кола, у випадку розмикання струму, буде витрачатися на виникнення градієнту електричного поля вздовж коаксіалу. Тому параметри установки повинні бути вибрані таким чином, щоб як найбільше енергії конденсаторної батареї до моменту розриву струму переходило в енергію магнітного поля струму первинного контуру.