



# Електроніка та мікросхемотехніка

## **Лекція №5**

### **Тема 4. Котушки індуктивності та дроселі, їх класифікація, умовні позначення та основні електричні параметри.**

1. Загальні відомості
2. Класифікація і умовне графічне позначення котушок індуктивності
3. Основні параметри котушок індуктивності
4. Дроселі, особливості застосування

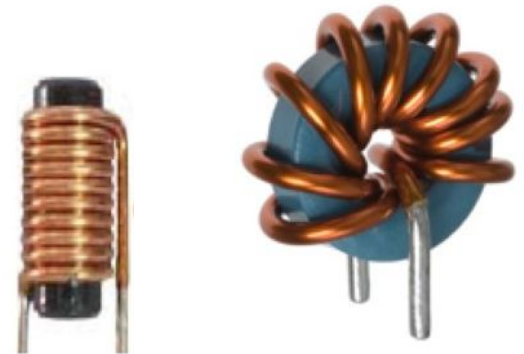
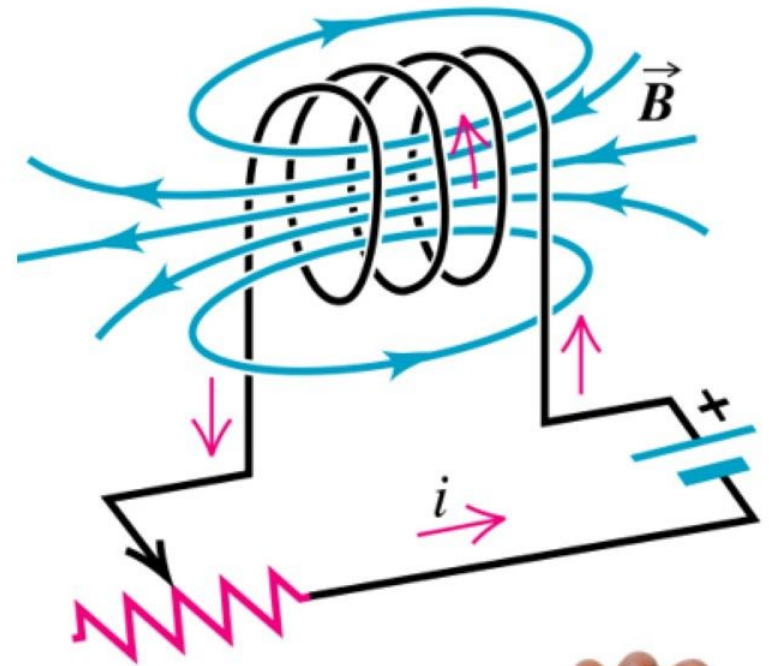
# Котушка індуктивності

*Котушка індуктивності* – являє собою кручену, спіральну або гвинтоспіральну котушку з одножильного або багатожильного ізолюваного проводу, що має значну індуктивність при відносно малій ємності та малому активному опорі, здатна накопичувати електромагнітну енергію у власному магнітному полі.

*Індуктивність* – коефіцієнт пропорційності між магнітним потоком (Тл = Вб · м<sup>2</sup>), створюваним струмом будь-якого витка, і величиною цього струму

$$\Phi = LI$$

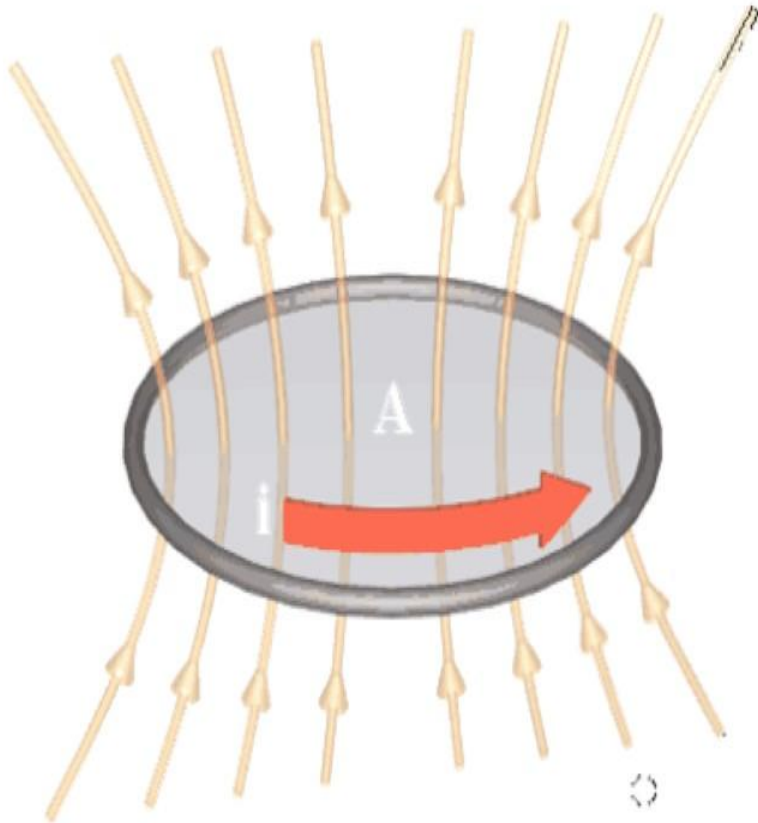
За одиницю вимірювання індуктивності в Міжнародній системі СІ прийнята Генрі [Гн/Н]. Ця одиниця досить велика, тому на практиці частіше застосовуються більш дрібні одиниці індуктивності: мілігенрі  $10^{-3}$  [мГн/мН], мікрогенрі  $10^{-6}$  [мкГн/μН].



# Котушка індуктивності

Для одного витка

$$\Phi = LI$$



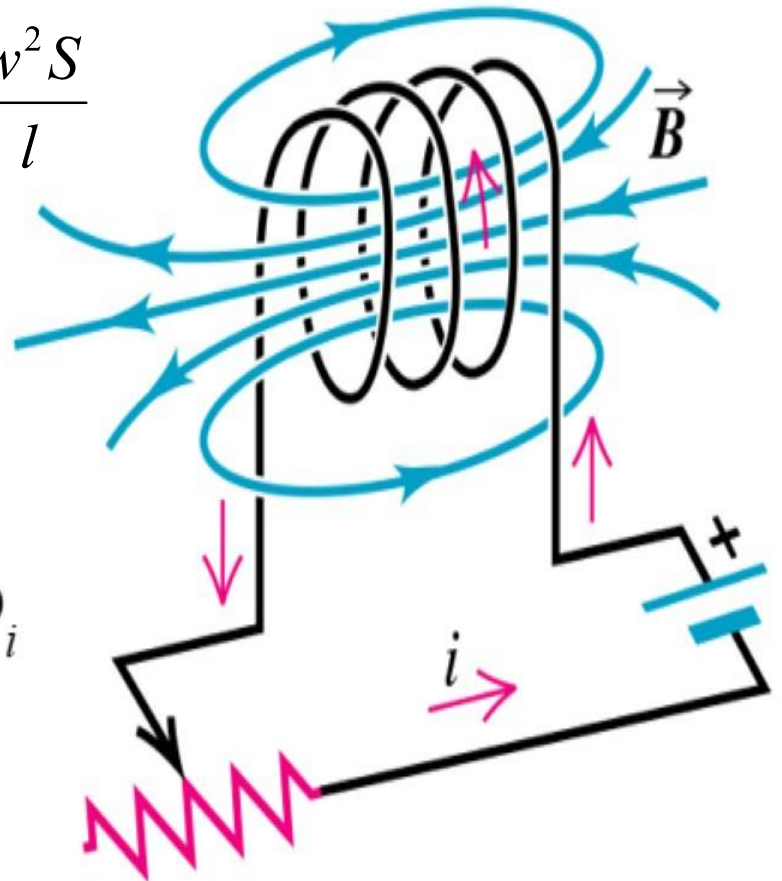
Для котушки

$$\Psi = L'I$$

$$L' = \mu_0 \mu \frac{w^2 S}{l}$$

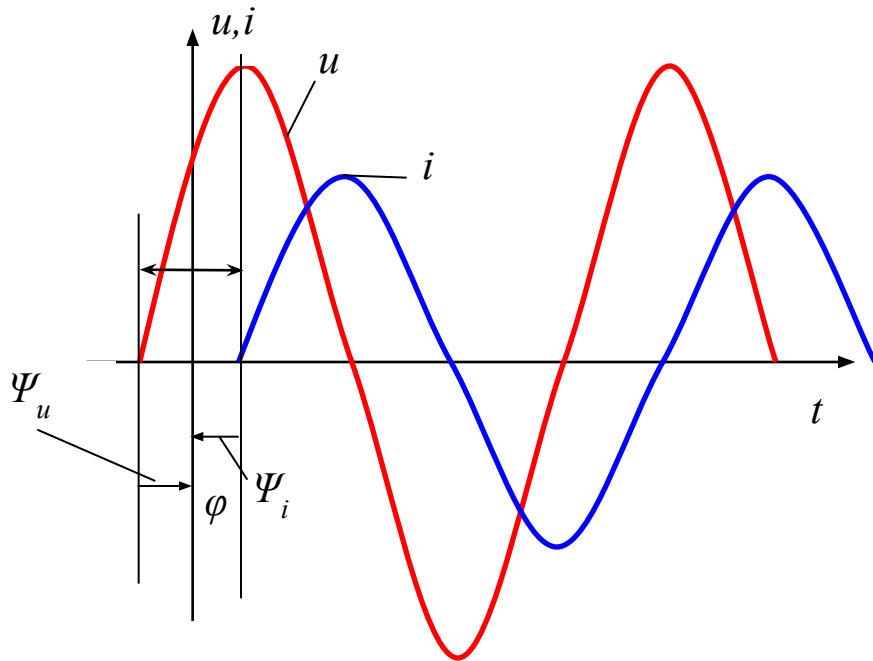
де

$$\Psi = \sum_{i=1}^N \Phi_i$$



$$u_L = L \frac{di_L}{dt}$$

$$X_L = \omega L$$



При протіканні струму через котушку індуктивності в ній накопичується енергія, зосереджена в електромагнітному полі, що дорівнює роботі, яку необхідно зробити для встановлення поточного струму  $I$ . Величина цієї енергії дорівнює

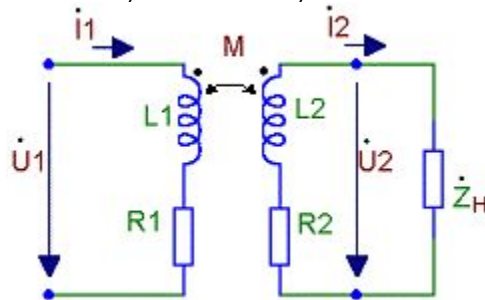
$$W_L = \frac{LI^2}{2}$$

Якщо струм в колі різко змінюється (розмикання контактів, зміна полярності сигналу, зміна навантаження) на виводах котушки виникає сплеск ЕРС самоіндукції (протиЕРС), за рахунок якої індуктивність прагне підтримати протікання струму в тому ж напрямі

$$E_c = -L \frac{dI}{dt}$$



*Котушки зв'язку* застосовують для індуктивного зв'язку між окремими колами і каскадами. Такий зв'язок дозволяє розділити по постійному струму кола бази і колектора та ін. До котушок зв'язку не висувають жорстких вимог по добротності і точності.



*Варіометри* - це такі котушки, в яких передбачена можливість зміни індуктивності в процесі експлуатації для перебудови коливальних контурів. Вони складаються з двох котушок, з'єднаних послідовно. Одна з котушок нерухома (статор), інша розташовується всередині першої та обертається (ротор). При зміні положення ротора відносно статора змінюється величина взаємоіндукції, а отже, індуктивність варіометра.



*Дроселі* застосовують в колах фільтрації живлення електронних пристроїв.

*Котушки індуктивності*, за виключенням дроселів, не є комплектуючими виробами, тому залежно від конкретного завдання розраховуються і виготовляються індивідуально.

# Умовні позначення котушок індуктивності



без сердечника



дросьель



з відводами



з магнітоелектричним  
сердечником



з феритовим  
сердечником



з феромагнітним  
підлаштовувальним  
сердечником





# Основні параметри котушок індуктивності

*Номинальна індуктивність котушки* - значення індуктивності, яке є вихідним для відліку відхилень.

*Допустиме відхилення індуктивності котушки* - різниця між граничним і номінальним значеннями індуктивності.

*Номинальна добротність котушки індуктивності* - значення добротності при номінальному значенні індуктивності.

*Добротність* характеризує відносні втрати потужності в котушці і визначає якість котушки індуктивності, використовуваної в коливальному контурі

$$Q = \frac{X_L}{R}$$

Значення добротності залежить від частоти. За відсутності феромагнітного магнітопроводу і малої ємності  $C$  добротність залежить від співвідношення між індуктивністю  $L$  і активним опором проводу  $R_{\text{пр}}$ . Для зниження активного опору проводу обмотки котушок намотують досить товстим проводом, застосовуючи спеціальний багатожильний провід, а для роботи на високих частотах покривають його сріблом.

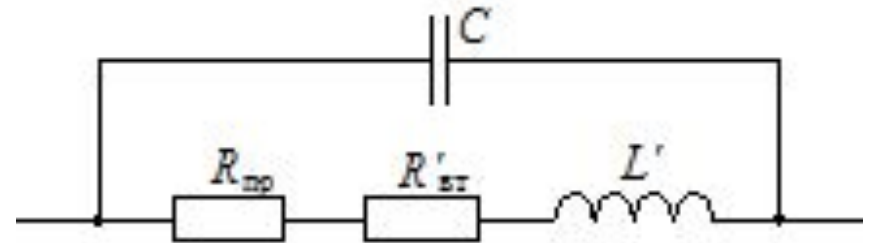
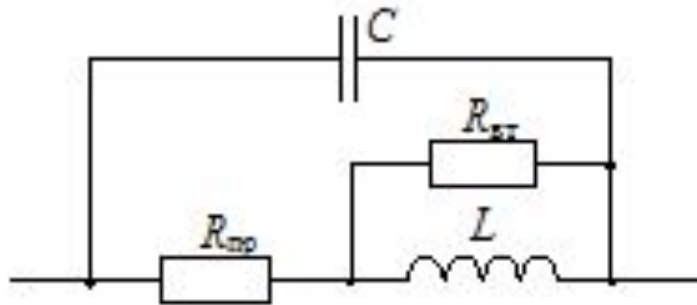
*Температурний коефіцієнт індуктивності котушки (TKL)* - відносна зміна індуктивності котушки при зміні температури

$$\alpha_L = \text{TKL} = \frac{\Delta L}{L_0 \cdot \Delta T}$$

де  $L_0$  – початкове значення індуктивності котушки;  
 $\Delta L$  – зміна індуктивності;  
 $\Delta T$  – зміна температури котушки.

*Власна ємність котушки індуктивності* - електрична ємність, яка становить з її індуктивністю резонансний контур, виміряна на частоті власного резонансу.

Поряд з індуктивністю  $L$  реальні котушки індуктивності включають опір проводу  $R_{\text{пр}}$ , втрати в магнітопроводі  $R_{\text{вт}}$  і ємність  $C$ . Для проведення електротехнічних розрахунків використовують одну з еквівалентних схем (рис). Слід зазначити, що  $L$  і  $L'$ ,  $R_{\text{вт}}$  і  $R'_{\text{вт}}$  не рівні один одному і повинні бути приведені до певної схеми.



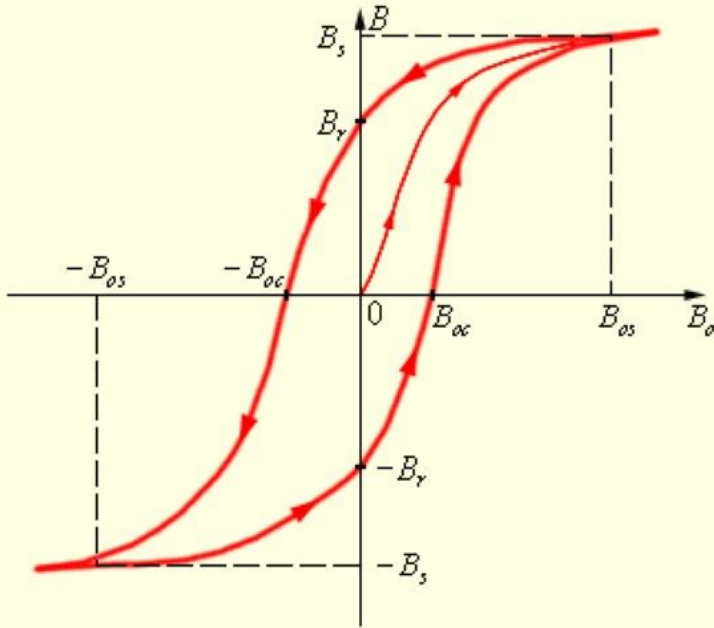
# Дроселі

*Дросель* - котушка індуктивності, що має високий опір змінному струму і малий опір постійному. Дроселі призначені як для захисту схем по колах живлення від попадання в них наведених високочастотних сигналів, так і щоб уникнути засмічення мережі живлення електромагнітними перешкодами. Для зменшення масогабаритних параметрів зазвичай намотуються на металеве або феритове осердя, найбільш часто використовують тороїдний або гантелевидний тип осердя.

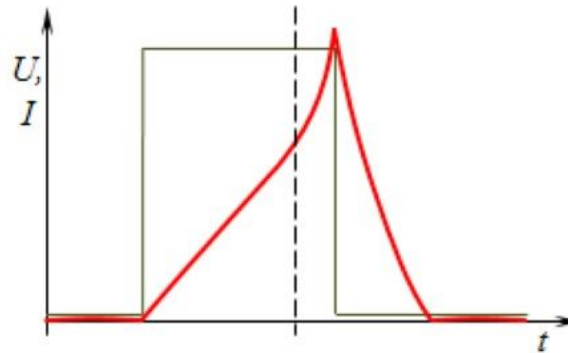
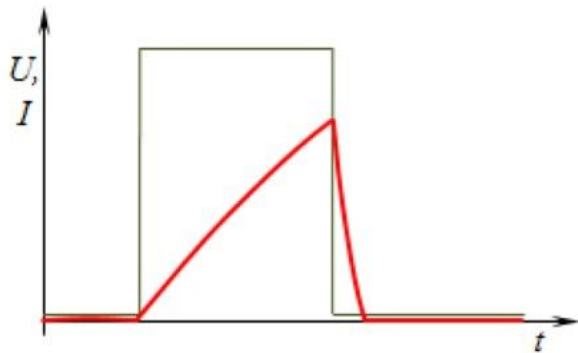


Розрізняють дроселі низької і високої частот. Дроселі низької частоти використовують у випрямних пристроях для створення фільтрів, які згладжують пульсації. Їх застосовують тоді, коли джерело живлення повинно віддавати великий струм і потрібно отримати малі пульсації постійної напруги.

# Дроселі



Оскільки дросель включають в коло послідовно з опором навантаження, протікання постійного струму може призвести до насичення сердечника. Це призводить до суттєвого зменшення індуктивності дроселя, а, отже, і до збільшення швидкості наростання струму, тобто ефективність дроселя різко знижується. Щоб уникнути насичення в магнітопроводі роблять невеликий (0,05 ... 0,1 мм) повітряний зазор або застосовують сердечники з розпорошеного заліза і т.п.



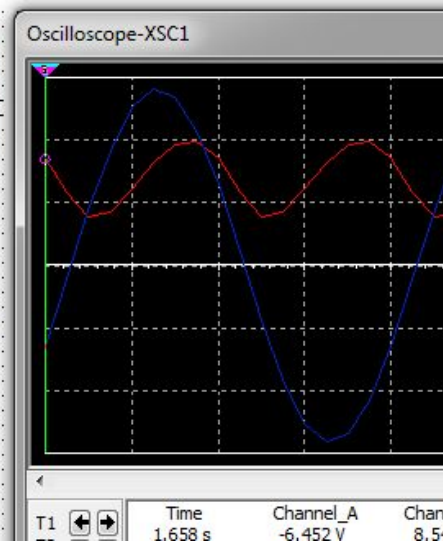
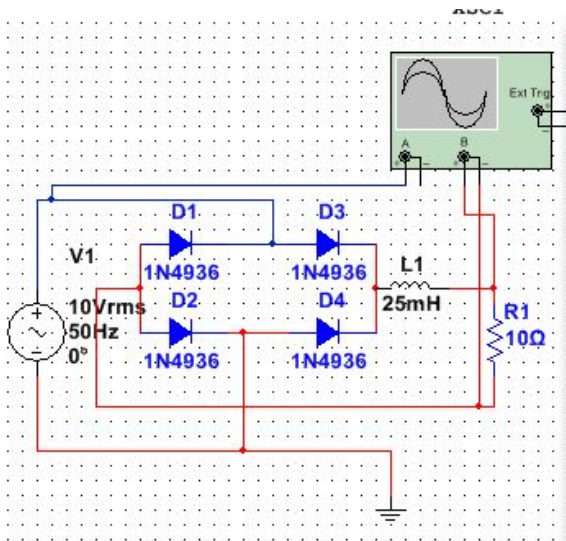
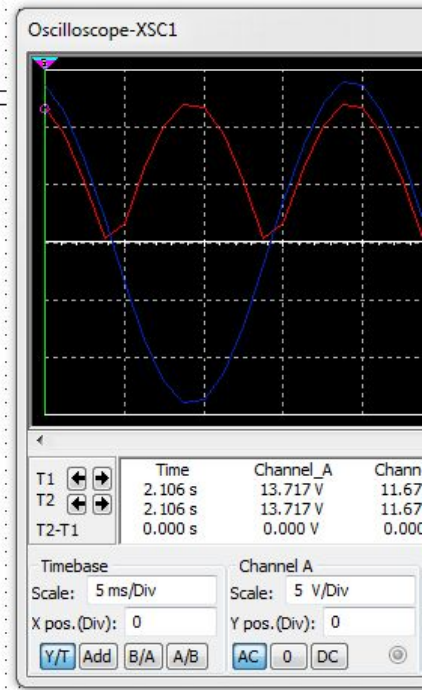
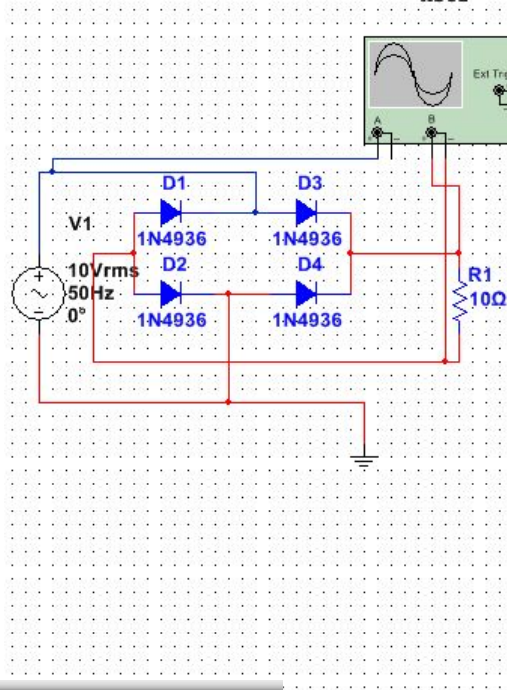
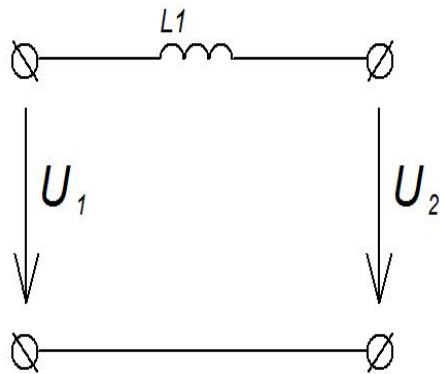
Дроселі високої частоти призначені для роботи в високочастотних електронних колах. Вони повинні мати мінімально можливу ємність, для забезпечення якої котушки індуктивності намотують на діелектричний каркас в навал або з певним кроком намотки.

# Простіша схема використання дроселя

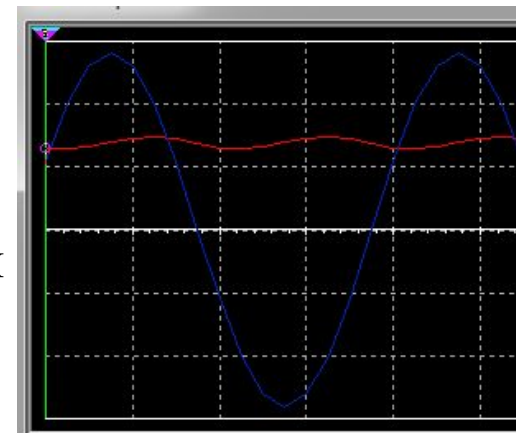
ФНЧ

$$X_{L1} = \omega L1$$

$$\omega \rightarrow 0 \quad X_{L1} \rightarrow 0$$

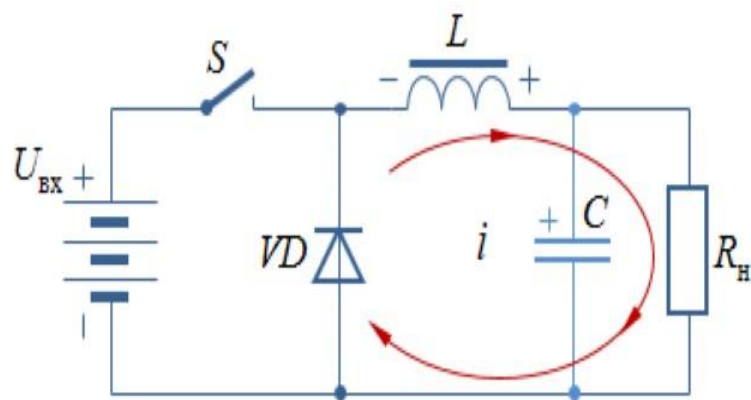
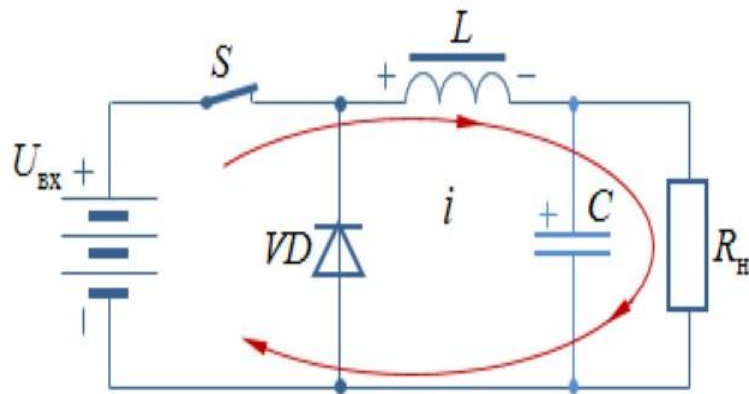


$$L = 200 \text{ мГн}$$



# Дросель в DC/DC перетворювачах

знижуючий



підвищуючий

