

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

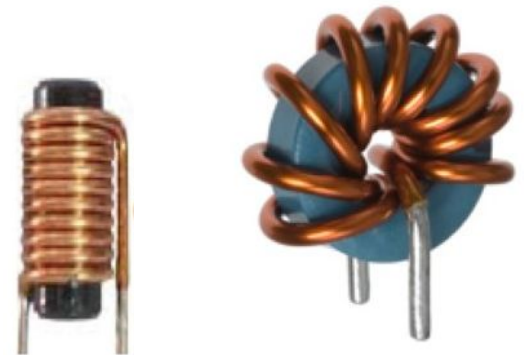
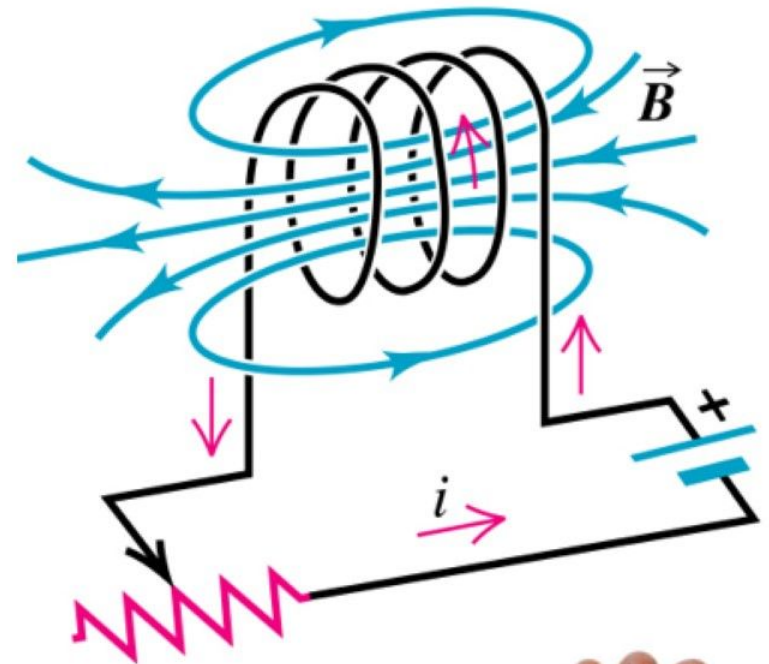
Котушка індуктивності

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 · м²), створюваним струмом будь-якого витка, і величиною цього струму

$$\Phi = LI$$

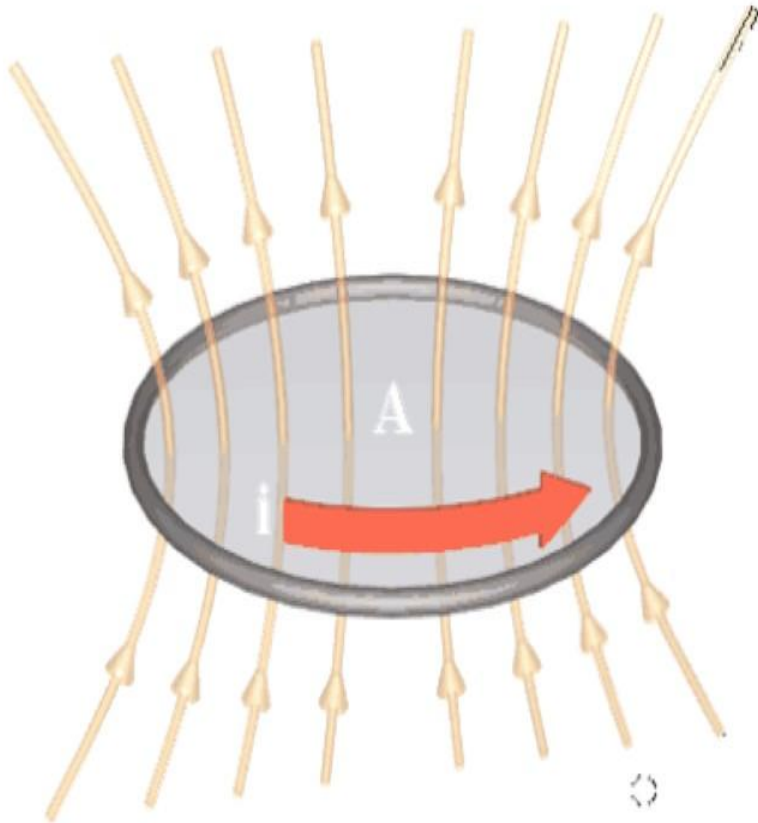
За одиницю вимірювання індуктивності в Міжнародній системі СІ прийнята Генрі [Гн/Н]. Ця одиниця досить велика, тому на практиці частіше застосовуються більш дрібні одиниці індуктивності: мілігенрі 10^{-3} [мГн/мН], мікрогенрі 10^{-6} [мкГн/μН].



Котушка індуктивності

Для одного витка

$$\Phi = LI$$



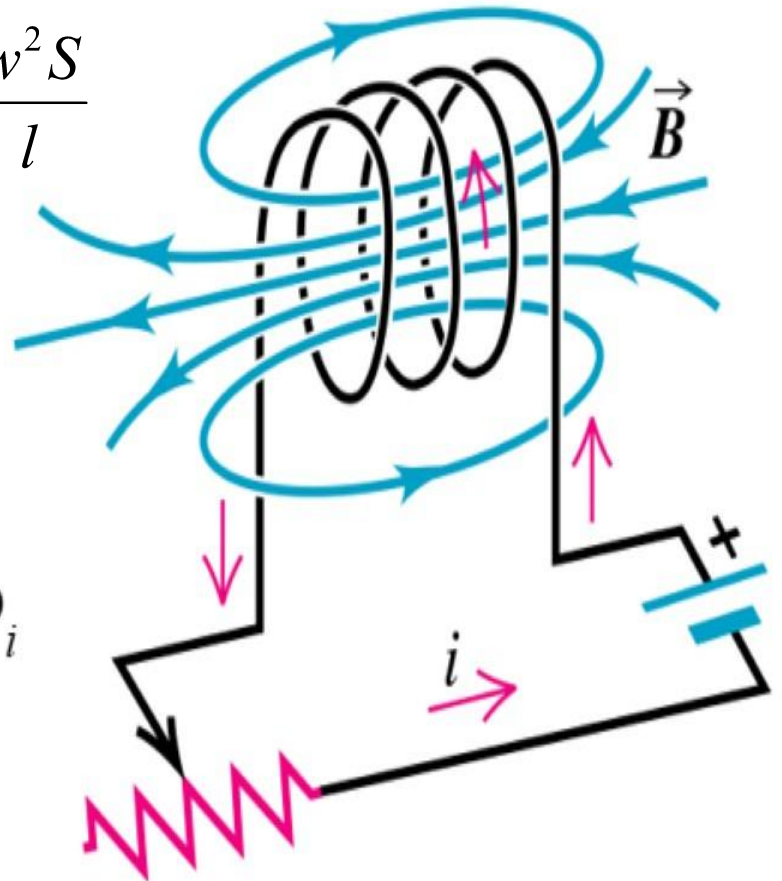
Для котушки

$$\Psi = L'I$$

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

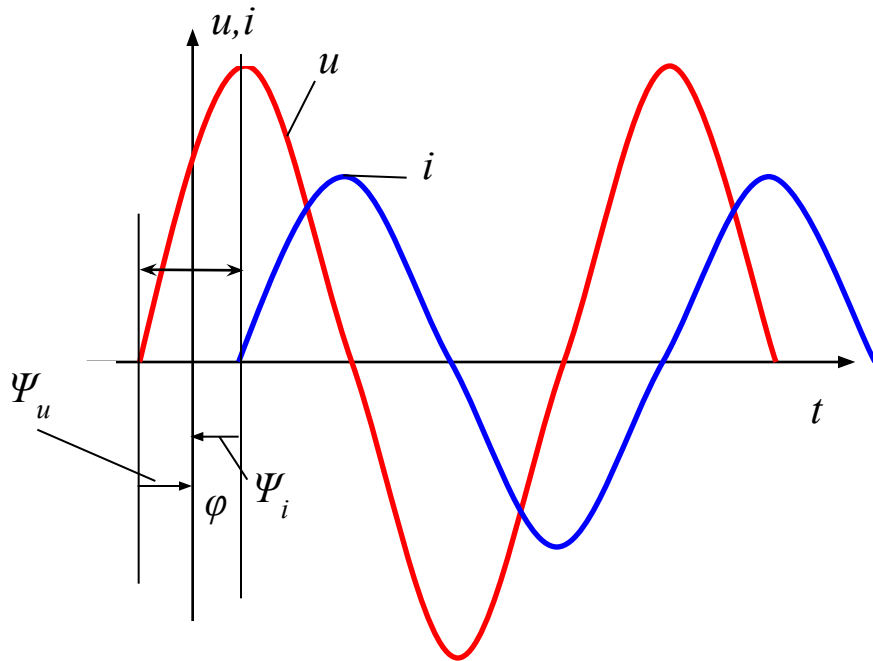
де

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



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

$$X_L = \omega L$$



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

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

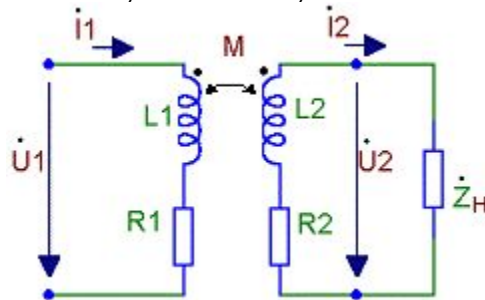
За конструктивним виконанням котушки бувають одношаровими і багатшаровими, з каркасом і без нього, з осердям і без нього, екрановані і неекрановані, циліндричні, тороїдні і плоскі, а за технологією виготовлення - намотані, друковані та тонкоплівкові.

За призначенням і областю застосування котушки індуктивності поділяють на чотири групи: контурні котушки, котушки зв'язку, варіометри і дроселі.



Контурні котушки спільно з конденсаторами складають коливальний контур. До контурних котушок висувають високі вимоги, оскільки їх якість визначає параметри коливального контуру, а, отже, і вихідні параметри радіоприймача. Конструкція їх визначається робочою частотою або діапазоном частот, а також коливальною потужністю в контурі.

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



дросель



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.

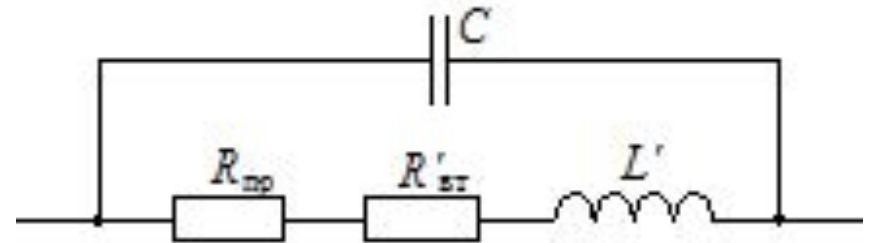
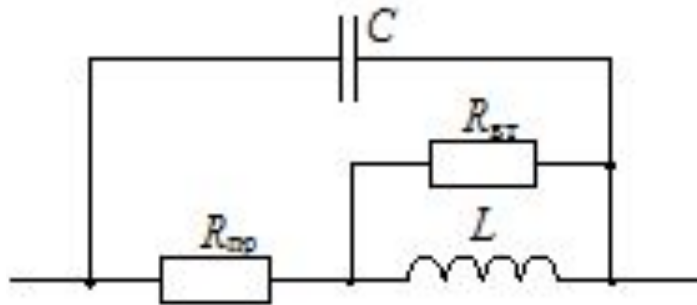
Температурний коефіцієнт індуктивності котушки (TKL) - відносна зміна індуктивності котушки при зміні температури

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

де L_0 – початкове значення індуктивності котушки;
 ΔL – зміна індуктивності;
 ΔT – зміна температури котушки.

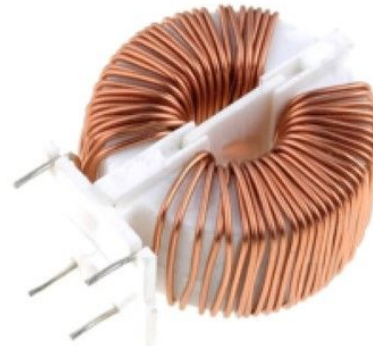
Власна ємність котушки індуктивності - електрична ємність, яка становить з її індуктивністю резонансний контур, виміряна на частоті власного резонансу.

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.



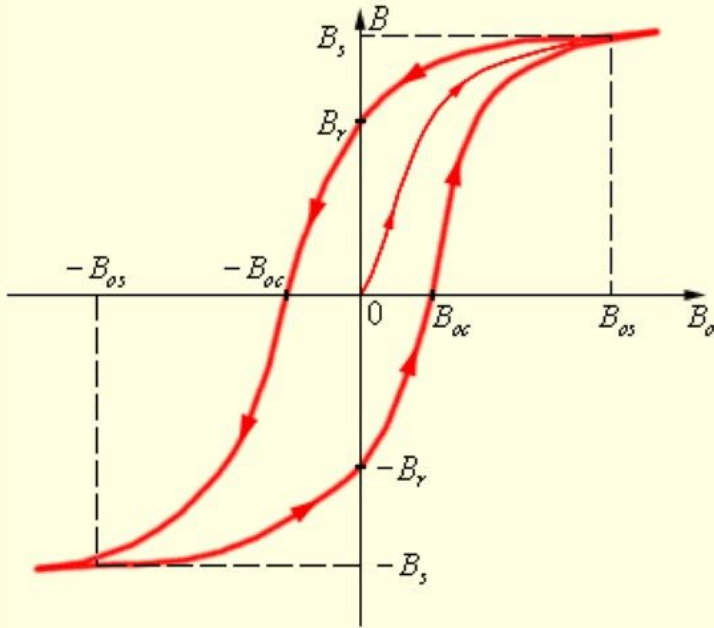
Дроселі

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.

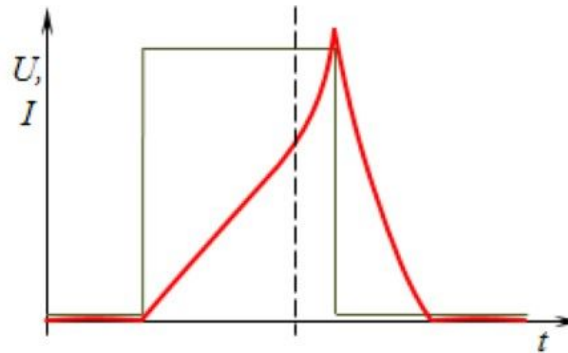
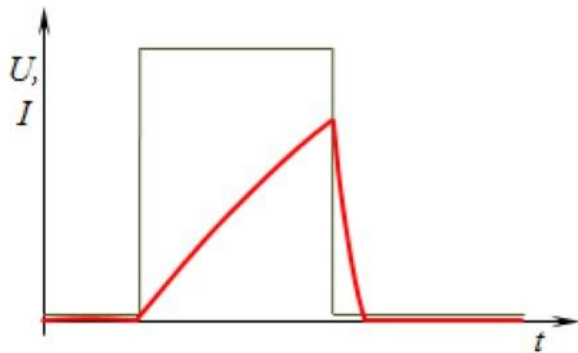


Розрізняють дроселі низької і високої частот. Дроселі низької частоти використовують у випрямних пристроях для створення фільтрів, які згладжують пульсації. Їх застосовують тоді, коли джерело живлення повинно віддавати великий струм і потрібно отримати малі пульсації постійної напруги.

Дроселі



Оскільки дроселі 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.



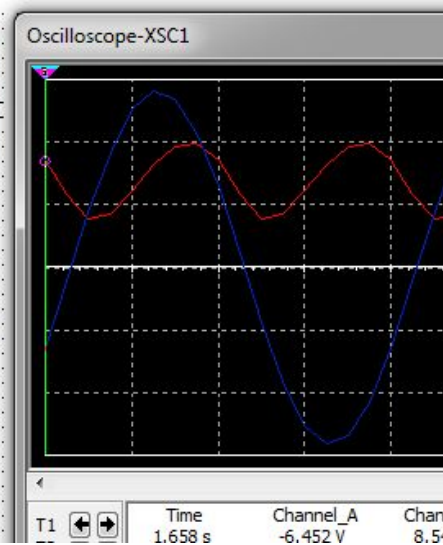
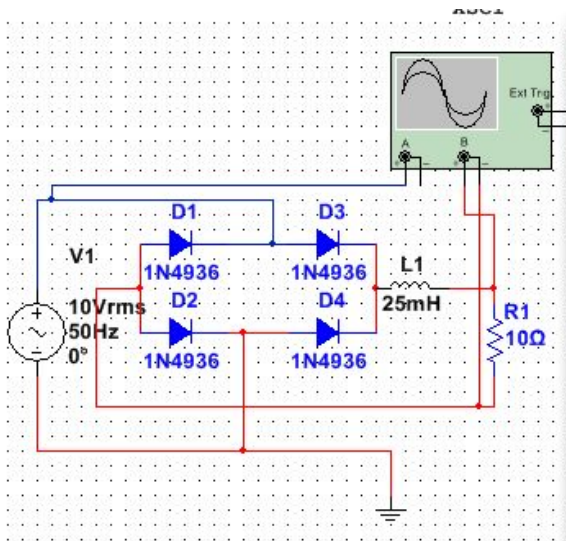
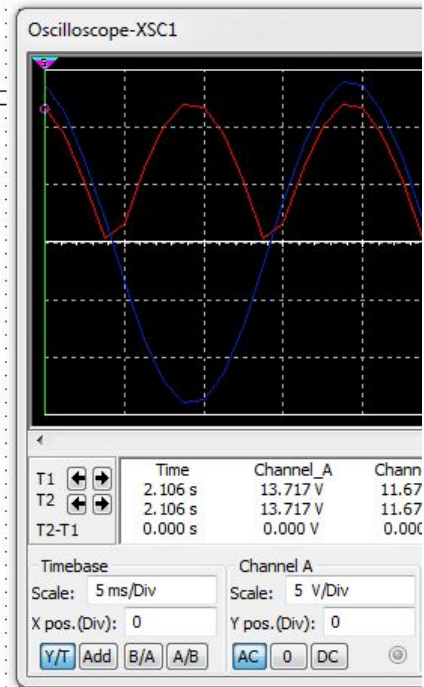
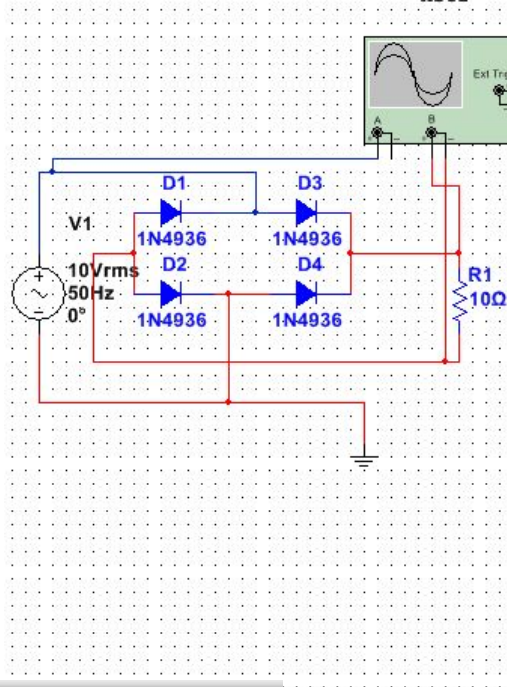
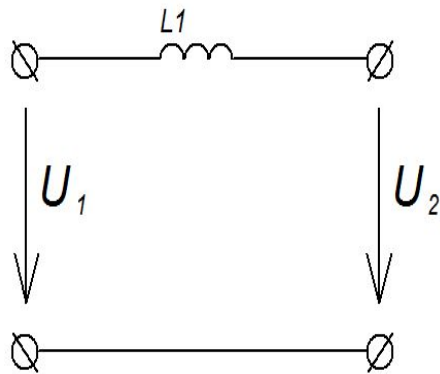
Дроселі високої частоти призначені для роботи в високочастотних електронних колах. Вони повинні мати мінімально можливу ємність, для забезпечення якої котушки індуктивності намотують на діелектричний каркас в навал або з певним кроком намотки.

Простіша схема використання дроселя

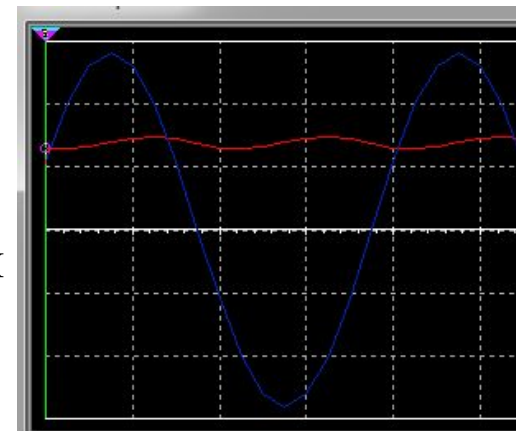
ФНЧ

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

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

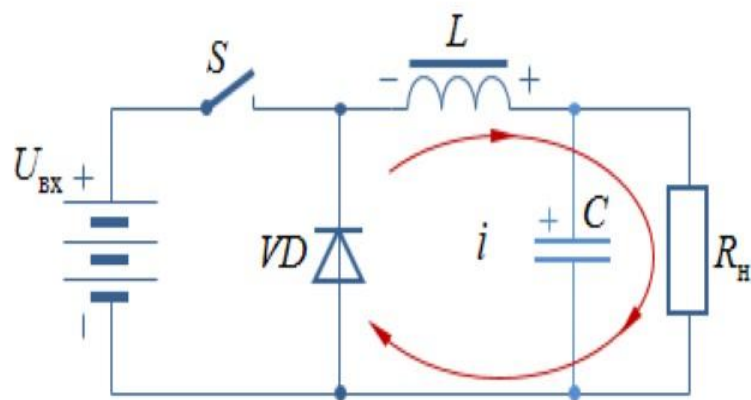
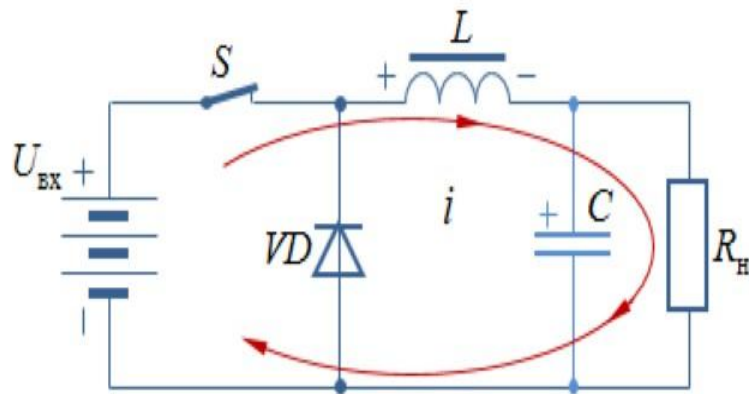


$$L = 200 \text{ мГн}$$



Дросель в DC/DC перетворювачах

знижуючий



підвищуючий

