

Лекція 8

Основи електромагнітної сумісності РЕА

Паразитне наведення - це передача напруги, не передбачена схемою чи конструкцією, від одного радіопристрою або його частини до другого. Таке наведення виникає внаслідок паразитного зв'язку між ними - тобто зв'язку по електричних колах, що з'являється в пристроях незалежно від бажання конструктора.

Електромагнітна сумісність РЕА - набір правил та рекомендацій, направлених на зменшення кількості та рівня паразитних наведень в апаратурі.

При розгляді паразитних наведень доводиться мати справу з трьома елементами:

- 1) джерелом наведення;
- 2) приймачем наведення;
- 3) паразитним зв'язком між ними.

Ліквідація наведень зводиться, перш за все, до виявлення вказаних трьох елементів. Задача ускладнюється ще й тим, що в більшості випадків паразитні наведення створюються кількома джерелами і в кількох колах зворотного зв'язку. В цих умовах виявлення слабших джерел виявляється можливим тільки після усунення сильніших джерел та зв'язків.

Між двома електричними колами, які перебувають між собою на деякій відстані, можуть виникати електромагнітні зв'язки через:

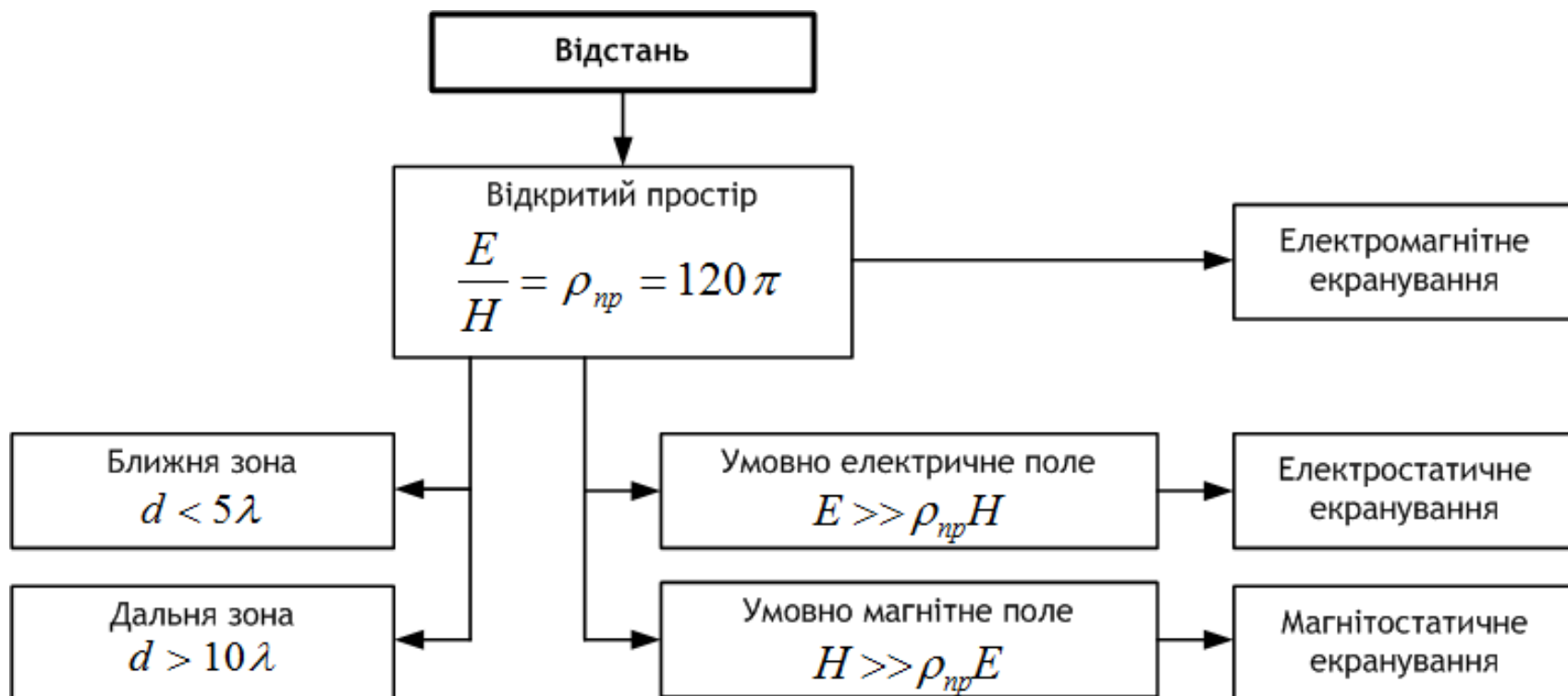
- електричне поле;
- магнітне поле;
- електромагнітне поле випромінювання;
- проводи та хвилеводи, що з'єднують ці кола.

Напруженість ближніх електричного і магнітного полів у вільному просторі обернено пропорційна квадрату відстані від елемента, який породжує поле. Напруженість електромагнітного поля випромінювання обернено пропорційна першому степеню відстані. Напруга на кінці провідної лінії або хвилеводу із збільшенням відстані спадає дуже повільно, за винятком випадку стоячих хвиль в лінії, коли невеликі зміни відстані можуть призводити до значного збільшення або зменшення напруги.

Захист від впливів електромагнітних полів

Екранування

Екранування - спосіб локалізації електромагнітного поля (ЕМП) в заданому об'ємі. Розрізняють задачу зовнішнього і внутрішнього екранування. При зовнішньому екрануванні з метою забезпечення завадостійкості необхідно захистити електричні кола з відносно низькими енергетичними рівнями від впливу зовнішніх полів завад. При внутрішньому екрануванні необхідно обмежити поширення власного внутрішнього поля об'єкта заданим об'ємом.



Ефективністю екранування називають відношення напруг, струмів, напруженостей електричного і магнітного полів в екранованому просторі при відсутності екрану та при його наявності:

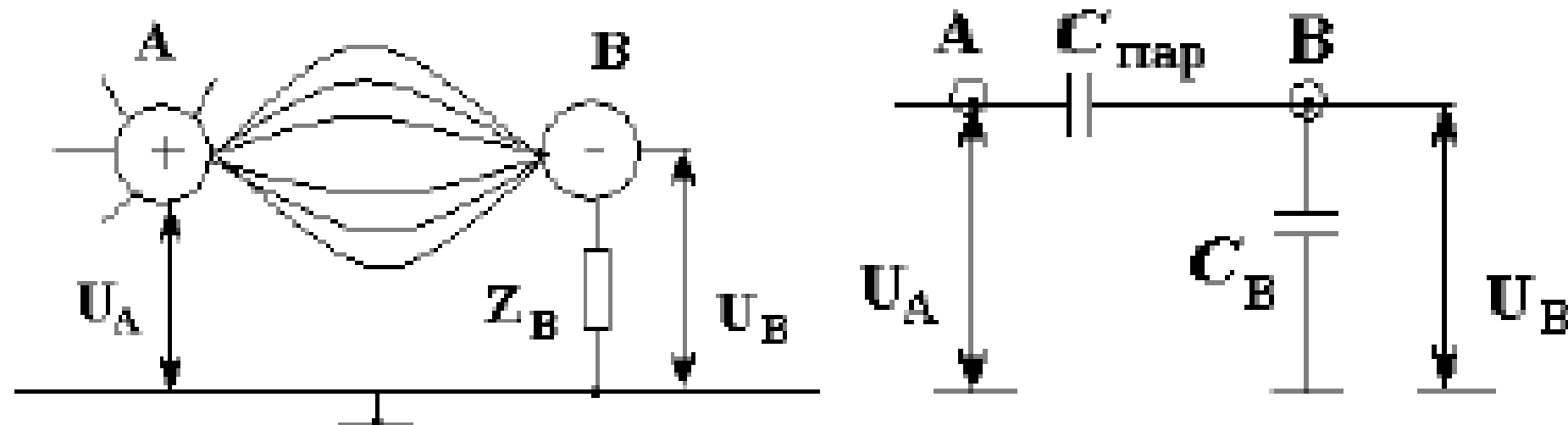
$$\xi = \frac{U}{U'} = \frac{I}{I'} = \frac{E}{E'} = \frac{H}{H'}$$

В техніці дротового зв'язку цю величину прийнято задавати в *неперах*:

$$B = \ln \xi = 0,115A \quad [Hn]$$

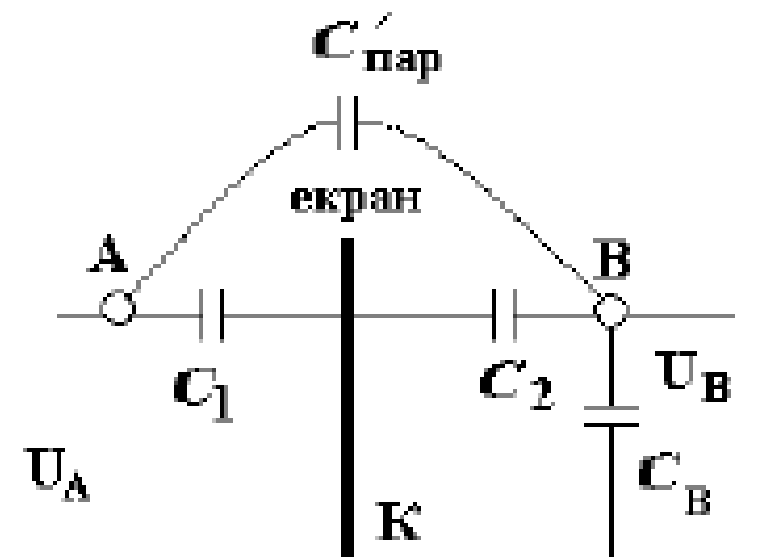
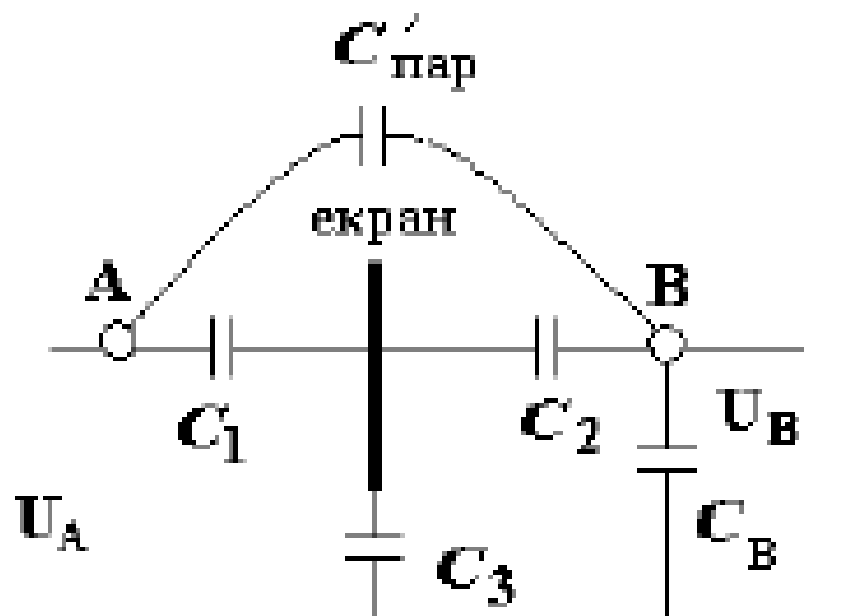
В радіотехніці ефективність екранування задають в *децибелах*:

$$A = 20 \lg \xi = 8,7B \quad [dB]$$



$$Z_{\text{пар}} = \frac{1}{\omega C_{\text{пар}}} \quad Z_B = \frac{1}{\omega C_B}$$

$$U_B = U_A \frac{Z_B}{Z_B + Z_{\text{пар}}} = U_A \frac{C_{\text{пар}}}{C_B + C_{\text{пар}}}$$



$$U_B = U_A \frac{C_1 C_2}{(C_B + C_2)(C_1 + C_3)}$$

$$U'_B = U_B \frac{C'_{пар}}{C'_{пар} + C_2 + C_B} \approx U_B \frac{C'_{пар}}{C_2 + C_B}$$

Принципи екранування магнітного поля

Від постійного і повільно змінного магнітного поля захищають за допомогою екранів, виготовлених з феромагнітних матеріалів (пермалюю або сталі) з великою відносною магнітною проникністю μ_r

Для низькочастотного магнітного поля:

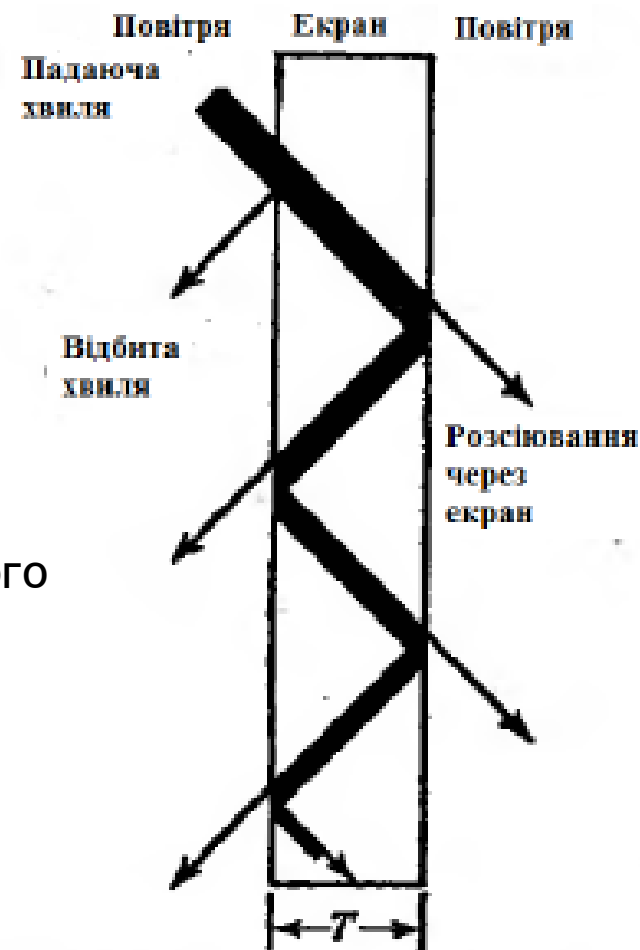
$$\xi = 1 + \frac{\mu_r d}{D}$$

де d - товщина стінок екрану, D - діаметр еквівалентного сферичного (круглого), близький до довжини стінки кубічного екрану.

Для високочастотного магнітного поля:

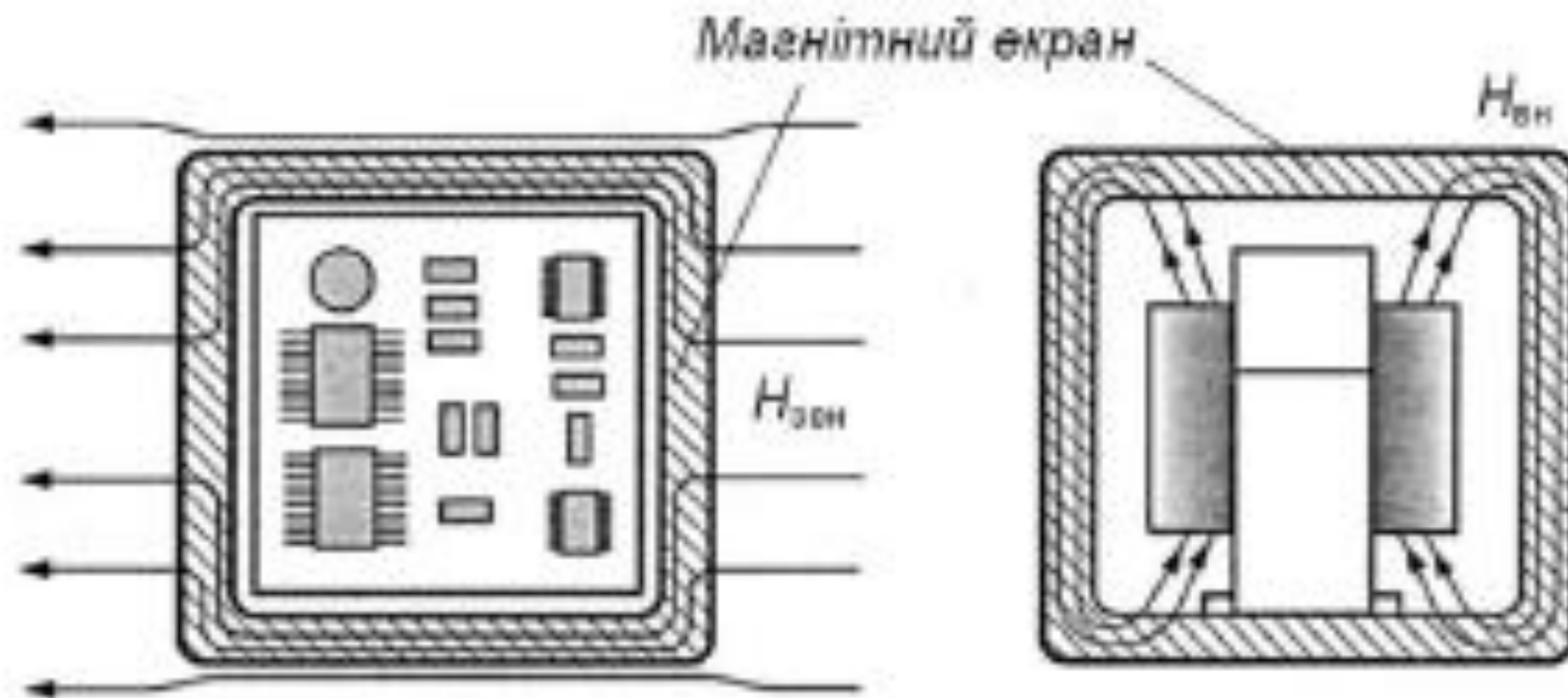
$$d > \delta \quad \xi = e^{-\alpha} \left(\frac{1}{2} + \frac{D}{2,8 m \mu_r \delta} \right)$$

$$\delta = \sqrt{\frac{2}{\omega \mu \sigma}}$$



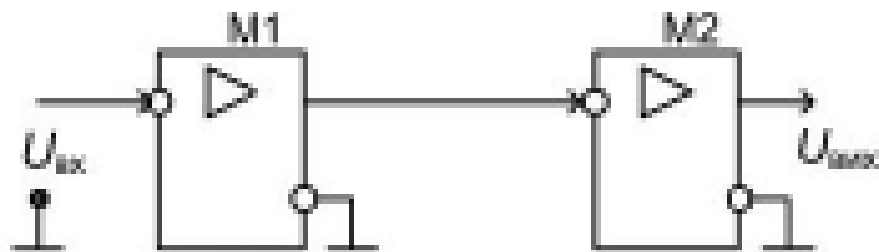
m - коефіцієнт форми екрану:
для прямокутного $m=1$; для циліндричного $m=2$; для сферичного $m=3$.

Принципи екранування магнітного поля

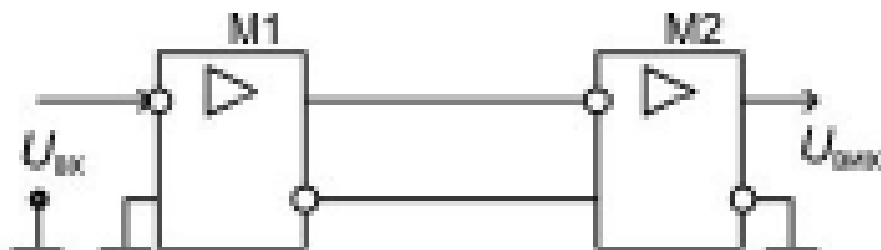


Ефективна глибина проникнення магнітного поля у метали

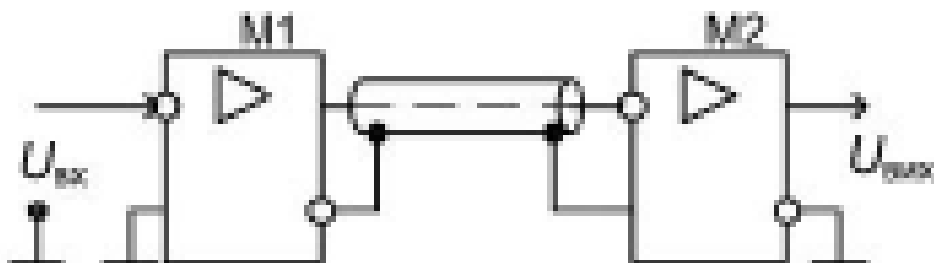
Частота f , МГц	Мідь	Латунь	Алюміній	Сталь		Пермалой
				$\mu = 50$	$\mu = 100$	
10^2	6,7000	12,4000	8,8000	–	1,540	0,380
10^3	2,1000	3,9000	2,7500	–	0,490	0,120
10^4	0,6700	1,2400	0,8800	–	0,154	0,038
10^5	0,2100	0,3900	0,2750	–	0,049	0,012
10^6	0,0670	0,1240	0,0880	0,0230	–	–
10^7	0,0210	0,0390	0,0275	0,0070	–	–
10^8	0,0067	0,0124	0,0088	0,0023	–	–




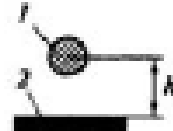
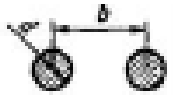
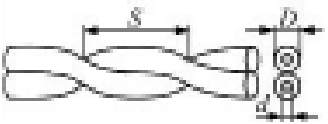
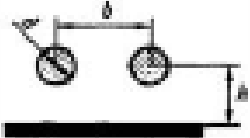
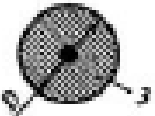
- несиметрична ЛЕЗ - модулі з'єднуються одним дротом, земля спільна



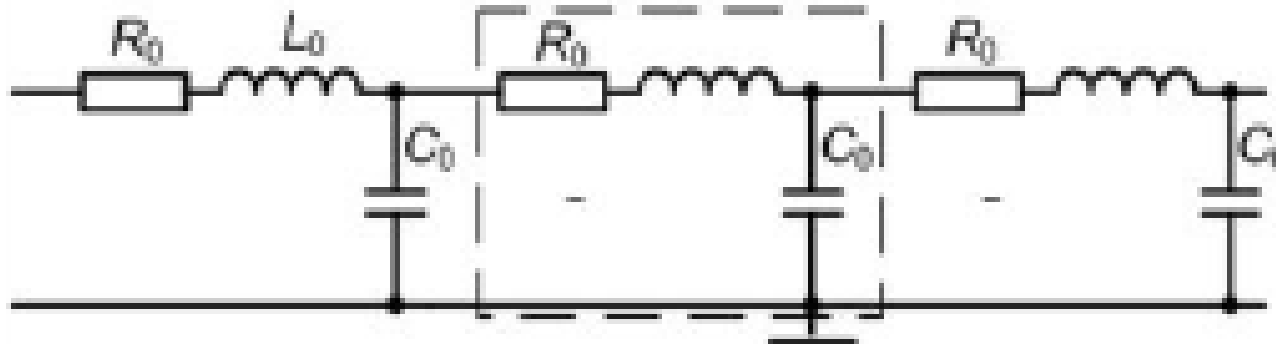
- симетрична ЛЕЗ - модулі з'єднуються двома ізолюваними дротами (або витою парою), земля спільна



- екранована ЛЕЗ - модулі з'єднуються коаксіальним кабелем або екранованим кабелем, оплетення (екран) кабелю заземлене, земля спільна

Тип лінії електричного зв'язання	Ємність (C_p), пФ/м	Індуктивність (L_p), мкГн/м	Хвильовий опір (Z_p), Ом
	-	$0,2(\ln 4/d - 0,75)$	-
	$\frac{24 \cdot \epsilon}{\lg(4h/d)}$	$0,46 \cdot \lg\left(\frac{4h}{d}\right)$	$\frac{138}{\sqrt{\epsilon}} \lg\left(\frac{4h}{d}\right)$
	$\frac{12,1 \cdot \epsilon}{\lg(2b/d)}$	$0,4 \mu (\ln \frac{2b}{d} + 0,25)$	$\frac{276}{\sqrt{\epsilon}} \lg(2b/d)$
	$\frac{12,1 \cdot \epsilon}{\lg(2D/d)}$	$0,46 \cdot \lg \frac{2D}{d}$	$\frac{276}{\sqrt{\epsilon}} \lg\left(\frac{2D}{d}\right)$
	$\frac{24,3 \cdot \epsilon \cdot \lg k}{\lg^2\left(\frac{4h}{d} \lg^2 k\right)}$	$0,46k,$ $k = \sqrt{b^2 + 4h^2}/b$	$\frac{138}{\sqrt{\epsilon}} \lg\left(\frac{4h}{d} \sqrt{1 + \frac{4h^2}{b^2}}\right)$
	$24,1 \cdot \epsilon / \lg(D/d)$	$0,46 \cdot \lg\left(\frac{D}{d}\right)$	$\frac{138}{\sqrt{\epsilon}} \lg\left(\frac{D}{d}\right)$

Примітка. 1 – переріз сигнального провідника, 2 – спільна шина, 3 – екран коаксіального кабелю, d – діаметр сигнального провідника, h – відстань між провідником та спільною шиною, b – відстань між провідниками, S – крок скрутки витої пари.

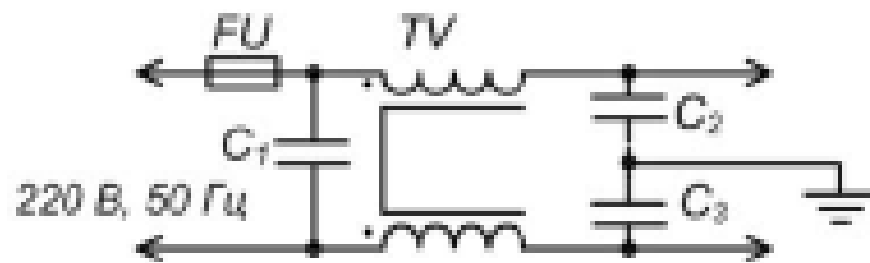


$$f_{\text{сб}} = \frac{1}{\pi} \sqrt{\frac{1}{L_0 C_0}} \quad Z_0 = \sqrt{\frac{L_0}{C_0}}$$

$$\tau_{\text{срл}} = Z_0 C_0 \sqrt{1 + C_{\text{в}} / (C_0 \cdot D)}$$

Подавлення завад в системі електроживлення

Слід також завжди вживати заходів для захисту мережі електроживлення від електромагнітних завад, що виникають внаслідок функціонування імпульсних джерел живлення, колекторних електродвигунів та інших пристроїв, під час роботи яких є переривання струму або виникає іскріння. За відсутності протизавадових фільтрів завади від зазначених вище пристроїв здатні порушити роботу електронної апаратури, встановленої на відстані кількох метрів і більше від джерела завад, а також може призвести до порушення функціонування апаратури, що живиться від тієї ж мережі електроживлення.



Електромагнітна сумісність (ЕМС) технічних засобів - це здатність технічних засобів функціонувати із заданою якістю в певному електромагнітному середовищі, не створювати у процесі функціонування неприпустимих електромагнітних завад іншим технічним засобам і неприпустимих електромагнітних дій на біологічні об'єкти.

Термінологія в галузі ЕМС визначена в Міжнародному електротехнічному словнику (International Electrotechnical Vocabulary - IEC) - глава 161 - Електромагнітна сумісність, який впроваджено в Україні як національний стандарт: ДСТУ - ІЕС 60050 - 161 «Словник електротехнічних термінів. Глава 161. Електромагнітна сумісність»: 2003.

Далі буде...

...Тепловий режим РЕА