

Міністерство освіти і науки України
Національний гірничий університет



**МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ ДО САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ „ВИВЧЕННЯ
ЗАСОБІВ ЗАХИСТУ ВІД ЕЛЕКТРОМАГНІТНИХ ВИПРОМІНЮВАНЬ” З
ДИСЦИПЛІНИ “ОХОРОНА ПРАЦІ В ГАЛУЗІ” СТУДЕНТАМИ НАПРЯМУ
ПІДГОТОВКИ 0903 ІНЖЕНЕРНА МЕХАНІКА**

Дніпропетровськ
2013

Міністерство освіти і науки України
Національний гірничий університет

МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ
до самостійної роботи „Вивчення засобів захисту від електромагнітних
випромінювань” з дисципліни “Охорона праці в галузі” студентами напряму
підготовки 0903 Інженерна механіка

Дніпропетровськ
НГУ

2013

Методичні рекомендації до самостійної роботи „Вивчення засобів захисту від електромагнітних випромінювань” з дисципліни “Охорона праці в галузі” студентами напряму підготовки 0903 Інженерна механіка /Уклад.: С.І. Чеберячко, С.Б. Мікрюков, В.Г. Марченко, І.І. Пугач. - Дніпропетровськ: Національний гірничий університет, 2013. - 16 с.

Укладачі:

С.І. Чеберячко, канд. техн. наук, доц. ;
С.Б. Мікрюков, канд. техн. наук, доц. ;
В.Г. Марченко, асист.
І.І. Пугач, асист.

Відповідальний за випуск завідувач кафедри АОП В.І. Голінько, д-р техн. наук, проф.

Укладачі:

Чеберячко Сергій Іванович

Мікрюков Сергій Борисович

Марченко Володимир Григорович

Пугач Іван Іванович

МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ ДО САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ „ВИВЧЕННЯ
ЗАСОБІВ ЗАХИСТУ ВІД ЕЛЕКТРОМАГНІТНИХ ВИПРОМІНЮВАНЬ”
З ДИСЦИПЛІНИ “ОХОРОНА ПРАЦІ В ГАЛУЗІ” СТУДЕНТАМИ НАПРЯМУ
ПІДГОТОВКИ 0903 ІНЖЕНЕРНА МЕХАНІКА

Редакційно-видавничий комплекс *Редактор Ю.В. Рачковська*

Підписано до друку 10.11.2013. Формат 30х42/4.
Папір Captain. Ризографія. Умовн. друк. арк. 1,0.
Обліково-видавн. арк. 1,0. Тираж 50 прим. Зам. .

НГУ

49027, м. Дніпропетровськ-27, просп. К. Маркса, 19.

1. МЕТА І ЗАВДАННЯ РОБОТИ

Мета роботи - ознайомитись із засобами та заходами захисту від електромагнітного випромінювання, що застосовуються в даний час для виробничого електроустаткування; придбати практичні навички в екрануванні джерел електромагнітних випромінювань. По закінченні занять студент зобов'язаний:

- знати методи і порядок розрахунку інтенсивності електромагнітних полів;
- уміти визначати тип і товщину екранів для захисту робочих місць від електромагнітних випромінювань;
- уміти користатися довідковими і нормативними даними при розрахунку.

2. ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ

В машинобудуванні широко використовують електромагнітні поля (змінні і постійні) для індукційної та діелектричної термообробки різних матеріалів, отримання плазмового стану речовини, телебачення і радіомовлення і т.д.

Джерела електромагнітних полів наведені на рис 1.



Рис. 1. Джерела електромагнітних полів

Електромагнітні випромінювання з частотою від 3 до $3 \cdot 10^{12}$ Гц належать до радіохвильового діапазону. У табл. 1 наведена номенклатура діапазонів частот електромагнітних полів (ЕМП).

ЕМП можуть негативно впливати на людину. Ступінь впливу ЕМП на

організм залежить від діапазону частот, інтенсивності та тривалості дії, характеру випромінювання, розміру опромінюваної поверхні тіла та індивідуальних особливостей організму. Основні несприятливі ефекти в організмі людини, що виникають під впливом ЕМП, наведені на рис. 2.

Первинним проявом дії електромагнітної енергії є нагрів, який може призвести до змін і навіть пошкодження тканин і органів. Нагрів особливо небезпечний для органів зі слабкою терморегуляцією й для тих, у складі яких багато води (мозок, очі, нирки, сім'яні залози). Коливання надвисоких частот викликають також помутніння кришталика ока.

Таблиця 1

Назва діапазону	Діапазон частот	Довжина хвилі	Назва хвилі
Низькі частоти (НЧ)	0,003 - 0,3 Гц	$10^7 - 10^6$ км	Інфранизькі
	0,3 - 3,0 Гц	$10^6 - 10^4$ км	Низькі
	3,0 - 300 Гц	$10^4 - 10^2$ км	Промислові
	300 Гц - 30 кГц	$10^2 - 10$ км	Звукові
Високі частоти (ВЧ)	30 - 300 кГц	10 - 1 км	Довгі
	300 кГц - 3 МГц	1 км - 100 м	Середні
	3 - 30 МГц	100 - 10 м	Короткі
Ультрависокі частоти (УВЧ)	30 - 300 МГц	10 - 1 м	Ультракорткі
Надвисокі частоти (НВЧ)	300 МГц - 3 ГГц	100 - 10 см	Дециметрові
	3 ГГц - 30 ГГц	10 - 1 см	Сантиметрові
	30 ГГц - 300 ГГц	10 - 1 мм	Міліметрові

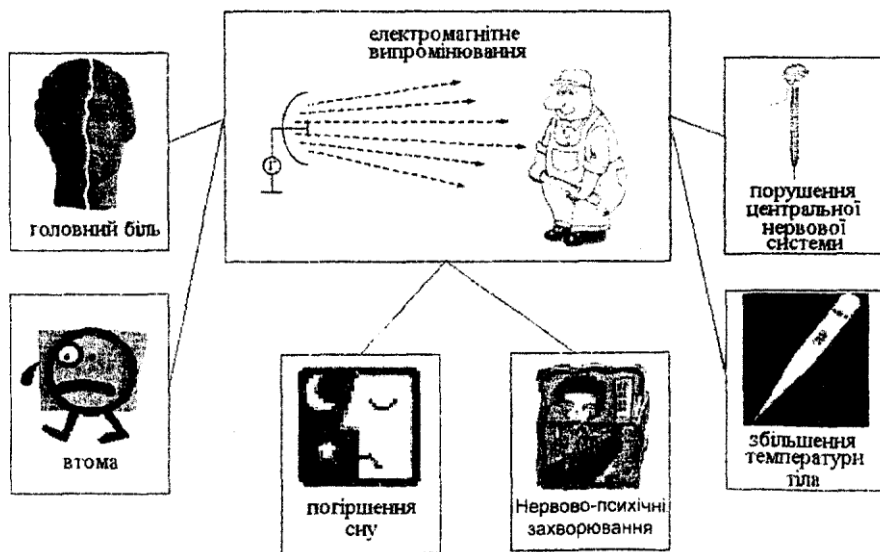


Рис. 2. Вплив електромагнітного випромінювання на людину

ЕМП характеризується довжиною хвилі X (м) або частотою коливань (Гц):

$$\lambda = ct = c / f, \quad (1)$$

де $c = 3 \cdot 10^8$ м/с - швидкість розповсюдження радіохвиль; t - період коливань, с.

Згідно з ГОСТ 12.1.006-84 нормованими параметрами в діапазоні частот $60 \text{ кГц} - 30 \text{ МГц}$ є напруженість електричної E , $\text{Вт/м}'$, та магнітної H , Л/м , складових поля. На робочих та в місцях можливого перебування персоналу, пов'язаного з впливом електромагнітного поля, гранично допустима напруженість цього поля протягом робочого дня не повинна перевищувати нормативних значень.

Вплив електромагнітного поля на біологічний об'єкт оцінюється кількістю електромагнітної енергії, поглинутої цим об'єктом при його знаходженні в цьому полі, Вт

$$W_{\text{пол}} = \sigma \cdot S_{\text{эф}}, \quad (2)$$

де σ - густина потоку потужності випромінювання електромагнітної енергії, Вт/м ; $S_{\text{эф}}$ - ефективна поглинаюча поверхня тіла людини, м^2 .

Небезпеку електромагнітних полів з частотами до 300 МГц оцінюють напруженістю його складових, а в діапазоні частот $300 \text{ МГц} - 300 \text{ ГГц}$ - щільністю потоку енергії. Значення гранично допустимої напруженості електричного та магнітного полів на робочих та в місцях перебування персоналу наведено в табл. 2 та 3.

В табл. 4 показані гранично допустимі значення щільності потоку енергії залежно від часу опромінення. Якщо радіотехнічні системи працюють у режимі сканування або обертання і опромінення періодичне, тоді гранично допустимі значення щільності потоку енергії збільшуються з 10 разів (табл. 5).

Якщо обслуговуючий персонал підлягає впливу електромагнітної енергії та рентгенівського проміння або високої температури повітря в робочій зоні (понад 28°C), то гранично допустима щільність потоку енергії не повинна перевищувати $0,1 \text{ Вт/м}^2$ протягом робочого дня та 1 Вт/м^2 протягом 2 год за зміну. А решту робочого часу значення гранично допустимої щільності потоку енергії не повинне перевищувати $0,1 \text{ Вт/м}^2$.

Гранично допустимі величини електромагнітної енергії в населених пунктах наведено в табл. 6.

Гранично допустимі величини електромагнітної енергії при експлуатації побутових НВЧ-печей не повинні перевищувати $0,1 \text{ Вт/м}^2$ при триразовому щоденному опроміненні по 40 хв та загальній тривалості опромінення не більше 2 год за добу.

Робочі місця обслуговуючого персоналу можуть опинитись у таких зонах ЕМП: ближній, проміжній і дальній (рис. 3) - залежно від частоти поля, параметрів випромінюючої системи та відстані від джерела випромінювання до робочого місця.

Таблиця 3

Таблиця 2 Гранично допустима напруженість
електричного поля

Частота електромагнітного поля 106 МГц	Допустима напруженість електричного поля, В/м
0,06 – 3	50
3 – 30	20
30 – 50	10
50 – 300	5

Гранично допустима напруженість
магнітного поля

Частота електромагнітного поля 106 МГц	Допустима напруженість електричного поля, А/м
0,001 - 0,012*	25
0,001 - 0,03**	100
0,06 - 1,5	5
30 - 50	0,3

001 - 0,012* - неперервний режим; 0,001 - 0,03** - імпульсний режим

Таблиця 4

Гранично допустимі величини густини потоку енергії
в діапазоні частот 300 МГц - 300 ГГц

Густина потоку потужності енергії σ , Вт/м ²	Допустимий час перебування в зоні впливу ЕМП	Примітки
До 0,1	Робочий день	
0,1 - 1,0	Не більше 2 год	В інший робочий час густина потоку енергії не повинна перевищувати 0,1 Вт/м ²
1,0 - 10,0	Не більше 10 хв	При умові використання захисних окулярів. В інший робочий час густина потоку енергії не повинна перевищувати 0,1 Вт/м ²

Таблиця 5

Гранично допустимі значення густини потоку енергії для радіотехнічних систем в режимі сканування або обертання

Густина потоку енергії, Вт/м ²	Час перебування
До 1	Робочий день
Від 1 до 10	Не більше 2 год

Гранично допустимі величини електромагнітної енергії в населених пунктах

Таблиця 6

Частота електромагнітної енергії (довжина хвилі)	Гранично допустима інтенсивність електромагнітної енергії на території житлової забудови, В/м	Частота електромагнітної енергії (довжина хвилі)	Гранично допустима інтенсивність електромагнітної енергії на території житлової забудови, В/м
50 Гц	500	3 – 30 МГц	4
30 – 300 кГц	20	30 – 300 МГц	2
0,3 – 3 МГц		0,3 – 300 ГГц	0,05 Вт/м ²

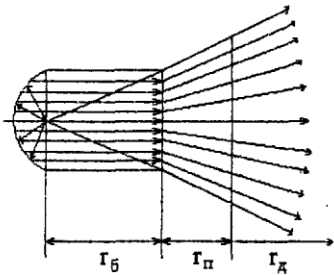


Рис. 3. Межі зон при спрямованому випромінюванні

При ізотропному (всеспрямованому) випромінюванні ближня зона (зона індукції) розповсюджується на відстань, м,

$$r_{бл.з} \leq \lambda / 2\pi .$$

При спрямованому випромінюванні

$$r_{бл.з} \leq d^2 / 4\lambda ,$$

$$r_{д.з} \geq d^2 / \lambda ,$$

де d - діаметр відбивача-антени, м.

Змінне ЕМП є сукупністю двох взаємопов'язаних змінних полів - електричного і характеризуються відповідними векторами напруженості E (В/м) між ними при розповсюдженні ЕМП у повітрі

співвідношення

$E = 377 \cdot H$, де 377 - коефіцієнт пропорційності, В/А; а у середовищі, яке є електропровідним,

$$E = H \sqrt{\omega \mu / \nu \cdot e^{-kz}} ,$$

де ω - колова частота електромагнітних коливань ($\omega = 2\pi f$), рад/с;

μ - магнітна проникність середовища, Гн/м;

ν - питома електропровідність, См/м (См = 1/Ом);

k - коефіцієнт затухання ($k = \sqrt{\omega \nu \mu / 2}$);

z - глибина проникнення ЕМП в екран, мм.

Дотримання допустимих значень ЕМП контролюють шляхом вимірювання напруженостей H та E на робочих місцях за допомогою спеціальних вимірювачів (рис. 4). Контроль проводять періодично не рідше одного разу на рік, а також при введенні в експлуатацію нових чи модернізованих установок з джерелами ЕМП.



а)



б)

Рис. 4. Вимірювачі електромагнітних випромінювань:

а - Narda EMR - 300; б - Циклон-5

Класифікація засобів та заходів захисту від ЕМП випромінювань радіочастотного діапазону наведена на рис. 5.

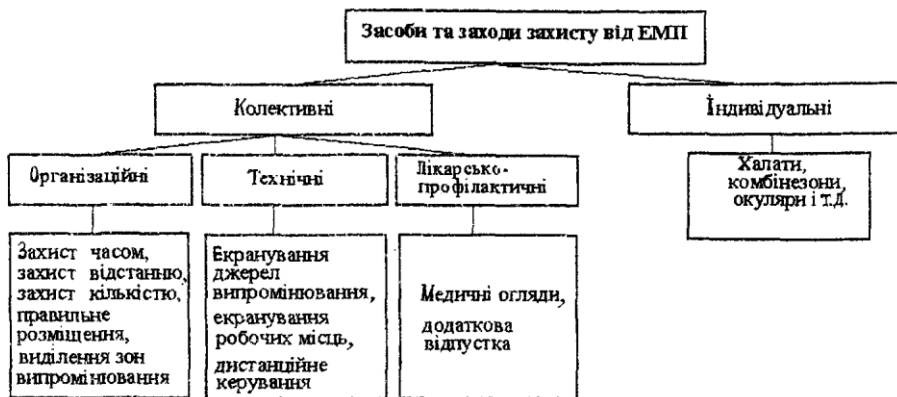


Рис. 5. Класифікація засобів захисту від електромагнітних випромінювань

Залежно від умов експлуатації обладнання, діапазону частот, розташування робочого місця, рівня опромінення застосовують такі методи захисту: захист часом та відстанню, зменшення випромінювання в джерелі випромінювання, екранування джерела полів або випромінювань, екранування робочих місць, засоби індивідуального захисту, раціональне розташування в приміщенні установок, раціоналізація режимів експлуатації установок та роботи обслуговуючого персоналу, застосування попереджувальної світлової та звукової сигналізації.

Захист часом передбачає обмеження часу перебування людини в робочій зоні, якщо інтенсивність опромінення перевищує встановлені норми. Цей метод використовується, коли немає можливості знизити інтенсивність опромінення до допустимих значень і лише для електричного поля частотою 50 Гц та випромінювань в діапазоні 300 МГц - 300 ГГц.

Якщо інтенсивність опромінення в діапазоні 300 МГц - 300 ГГц знаходиться між двома нормованими рівнями (табл. 4), то допустиме значення часу опромінення визначається за формулою

$$t_{\text{доп}} = T \frac{1 + 0,005\psi / \psi_{\text{доп}}}{0,65 + 0,355\psi / \psi_{\text{доп}}}$$

де ψ - інтенсивність опромінення, Vm/m^2 ;

$\psi_{\text{доп}}$ - допустима інтенсивність опромінення, Vm/m^2 .

Захист відстанню застосовується тоді, коли неможливо послабити інтенсивність опромінення за допомогою інших методів. В цьому випадку збільшують відстань між джерелом випромінювання та обслуговуючим персоналом. В ближній зоні при спрямованому випромінюванні цей метод не застосовується, оскільки в цій зоні щільність поверхневої енергії не залежить від віддалі.

Передбачено також улаштування санітарно-захисних зон.

Санітарно-захисна зона для передавальних *радіостанцій*, обладнаних антенами неспрямованої дії, для телецентрів і телевізійних ретрансляторів, а також для радіолокаційних станцій кругового огляду встановлюється по колу.

Для передавальних радіостанцій, обладнаних антенами спрямованої дії, а також для радіолокаційних станцій, антени яких сканують у визначеному секторі або фіксують у заданому напрямку, санітарно-захисна зона встановлюється в напрямку дії випромінювання електромагнітних хвиль.

Земельні ділянки, що входять у санітарно-захисну зону, не вилучаються у землекористувачів і можуть використовуватись як сільськогосподарські угіддя, а також для розміщення на них виробничих споруд, що належать радіотехнічному об'єкту або іншим відомствам, з дотриманням діючих санітарних норм і правил.

Зниження випромінювання в джерелі виникнення досягається шляхом застосування спеціальних пристроїв - поглиначів потужності, атенуаторів, спрямованих відгалужувачів, хвилеводних ослаблювачів.

Виділення зон випромінювання. Межі зони, де Ψ перевищує гранично допустимі значення, для кожного випадку експериментально визначають розташування апаратури при її роботі на максимальну потужність випромінювання. Установки огорожуються або вивішуються попереджувальний надпис "Не заходити, небезпечно". Така зона може додатково позначатись яскравою фарбою на підлозі приміщення.

Екранування джерел випромінювання використовується для зниження інтенсивності електромагнітного поля на робочому місці (рис. 6). Застосовуються екрани з металевих листів або сіток у вигляді замкнених камер, шаф або кухонь.

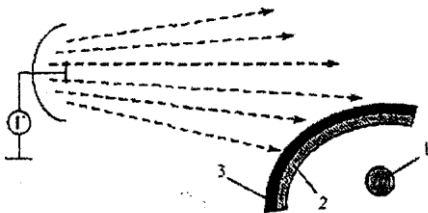


Рис. 6. Структурна схема екранування робочого місця від ЕМ випромінювань: 1 - робоче місце; 2 - металева пластина; 3 - радіопоглинальний матеріал

Основна характеристика екрана - ступінь послаблення електромагнітного поля, тобто ефективність екранування, що є відношенням E, H, Ψ в даній точці при відсутності екрана до E_e, H_e, Ψ_e в тій же точці з екраном.

Ступінь послаблення електромагнітного поля залежить від глибини проникнення високочастотного струму в товщину екрана (рис. 7). Чим більша магнітна проникність екрана і чим вища частота екранованого поля, тим менша глибина проникнення і необхідна товщина екрана.

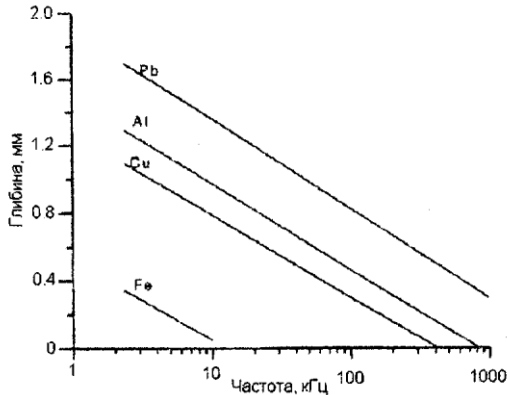


Рис. 7. Залежність глибини проникнення електромагнітного поля для різних матеріалів

Конструкції і розміри екранів можуть бути різними відповідно до умов застосування. Конструкції можуть бути замкненими або незамкненими, відбивними або поглинаючими.

Для поглинаючих екранів використовують основу з каучуку, поролону, полістиролу тощо з електропровідними добавками (активоване вугілля, сажа, порошок карбонільного заліза), а також керамічно-металеві композиції.

Для відбивних екранів найкращими матеріалами є мідь, латунь, алюміній, а також сталь. Ефективність екранів залежить від частоти ЕМП, матеріалу екрана, його розмірів і якості конструкції. Екрани можуть бути суцільними і сітчастими.

Знаючи характеристики металу, можна розрахувати товщину екрана δ , мм, який забезпечує необхідне послаблення електромагнітних полів на даній віддалі

$$\delta = \frac{\ln E_x}{\sqrt{\frac{\omega \mu \gamma}{2}}}$$

де $\omega = 2\pi f$ - кутова частота змінного струму, рад/с;

μ - магнітна проникність металу захисного екрана, Г/м;

γ - електрична провідність металу екрана, (Ом-м)⁻¹;

E_x - ефективність екранування на робочому місці, що виражається з формули

$$E_x = \frac{H_x}{H_{XE}}$$

де H_x і H_{XE} - максимальні значення напруженості магнітної складової поля на віддалі X, м, від джерела відповідно без екрана і з екраном, А/м.

Напруженість H_x може бути визначена з виразу

$$H_X = \frac{\omega I a^2}{4X^2} \beta_m,$$

де ω та a - кількість витків та радіус котушки, м;

I - сила струму в котушці, А;

X - відстань від джерела (котушки) до робочого місця, м;

β_m - коефіцієнт, що визначається співвідношенням $\frac{X}{a}$ - (при $\frac{X}{a} > 10$ $\beta_m = 1$).

Якщо допустима електрична складова поля E_D регламентується, магнітна - може бути визначена з виразу

$$H_D = 1,27 \cdot 10^5 \frac{E_D}{X_f},$$

де f — частота поля, Гц.

Одним з найбільш ефективних технічних засобів захисту від ЕМ випромінювання радіочастотного діапазону є екранування (рис. 5). Для екранів використовуються матеріали з великою електричною провідністю.

Принцип дії захисних екранів базується на поглинанні енергії випромінювання матеріалом з наступним відведенням в землю, а також на відбиванні її від екрану.

3. МЕТОДИ РОЗРАХУНКУ ІНТЕНСИВНОСТІ ЕМП

На стадії проектування різноманітних високочастотних установок та радіоелектронної апаратури необхідно виконувати попередній розрахунок можливої інтенсивності ЕМП на робочому місці.

Відомо, що амплітуда електричної складової поля у ближній зоні зменшується обернено пропорційно кубу відстані від джерела випромінювання, а магнітної - обернено пропорційно квадрату цієї відстані. У дальній зоні амплітуди обох складових спадають обернено пропорційно першому ступеню відстані.

При *ізотропному випромінюванні* напруженість електричного, В/м, і магнітного, А/м, полів на робочому місці визначають за формулами:

у ближній зоні

а) для провідника (антени)

$$E = \frac{I}{2\pi\epsilon_0 r^3} \text{ або } E = \frac{I}{4\pi^2 \epsilon_f r^3};$$

$$H = I / 4r^2,$$

де I - сила струму у провіднику (антені), А;

l - довжина провідника (антени), м;

ϵ - діелектрична проникність середовища, Ф/м (для повітря $\epsilon = 1$);

ω - колова частота поля, рад/с ($-\text{с}^{-1}$);

f - частота поля, Гц;

r - відстань від джерела випромінювання, м;

б) для котушки $H = Ina^2 / 4r^2$, де n - кількість витків котушки, a - радіус котушки, м;

у дальній зоні

$$H \approx 11 / 8\pi a^2 fr ; \quad (E = 377 * H).$$

При спрямованому випромінюванні густину потоку енергії (ГПЕ), $Вт/м^2$, визначають за формулами (за віссю спрямованості):

у ближній зоні
$$\psi = 3P_c / S ,$$

де S - геометрична площа антени, $м^2$;

P_c - середня потужність випромінювання, $Вт$ (для установок, що працюють в імпульсному режимі);

$$P_c = P_{имп} \frac{\tau}{T},$$

Де $P_{имп}$ - потужність випромінювання в імпульсі, $Вт$;

τ - тривалість імпульсу, с;

T - період проходження імпульсів, с);

у проміжній зоні
$$\psi = (r_{бл.з} / r)^2 \cdot \frac{3P_c}{S} ,$$

де $r_{бл.з}$ - радіус ближньої зони;

у дальній зоні
$$\psi = P_c \sigma_a / 4\pi r^2 ,$$

де σ_a - коефіцієнт посилення антени за потужністю,

$$\sigma_a = kS_e / \lambda^2 ,$$

де σ_a - коефіцієнт, що враховує конструкцію антени ($k=3...10$);

S_e - ефективна площа антени, $м^2$, $S_e = \eta S$ ($\eta=0,4...0,7$ коефіцієнт).

Розрахунок за наведеними формулами є орієнтовним і підлягає перевірці після влаштування установки.

5. ПРИКЛАД РОЗРАХУНКУ ЕКРАНА ДЛЯ ІНДУКЦІЙНОЇ КОТУШКИ

Для розрахунку екрана індукційної котушки (індукційної печі, гартованого індуктора) необхідні такі дані:

- радіус котушки a (м);
- довжина l (м); кількість витків w ;
- сила струму в котушці I (А);

- робоча напруга U (В); робоча частота f (кГц);
радіус сердечника (металу, виробу, що нагріваються) a_c (м);
довжина сердечника l_c (м);
- припустимі втрати потужності W (Вт) (звичайно $\sim 1\%$ від потужності установки);
припустиме ослаблення поля усередині котушки в результаті екранування ΔH (звичайно $\sim 5\%$);
- відстань від котушки до робочого місця r (м).

Втрати енергії в екрані розраховують у наведеному нижче порядку. Визначають глибину проникнення поля в екран по формулі

$$\delta = \frac{1}{\sqrt{\sigma_e \mu_e \pi f}}, \text{ м,}$$

де σ_e - питома провідність матеріалу екрана, $\frac{1}{\text{Ом} \cdot \text{м}}$;

μ_e - абсолютна магнітна проникність матеріалу екрана, гн/м ,

$$\mu_e = \mu_0 \mu_e',$$

де $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$ Гн/м;

μ_e' - відносна магнітна проникність.

Для немагнітних матеріалів $\mu_e' = 1$; для алюмінію $\mu_e' = 1$, $\sigma = 3,55 \cdot 10^7 \frac{1}{\text{Ом} \cdot \text{м}}$;

для сталі $\mu_e' \approx 2000$, $\sigma = 1 \cdot 10^7 \frac{1}{\text{Ом} \cdot \text{м}}$.

Як правило, глибина проникнення поля в екран менше 1 мм, але, виходячи з міцності екрана, товщину його стінок d варто приймати не менш 1 мм. При цьому $d > \delta$

У цьому випадку втрати енергії W у циліндричному екрані розраховують за такими формулами:

- для котушок без сердечника, що задовольняють умові $l > 1,5(A - a)$,

$$W = \frac{2\pi\omega^2 I^2 a^4}{l A^3 \sigma_e \delta}, \text{ Вт,}$$

де A - радіус екрана, м. Спочатку орієнтовно можна прийняти $A \approx 3a$;

- для котушок без сердечника, що задовольняють умові $l < 1,5(A - a)$,

$$W = \frac{[3\pi(A - a) + 2a] a^4 I^2 \omega^2}{2A^4 (A - a) \sigma_e \delta}, \text{ Вт;}$$

- для котушок із сердечником, що задовольняють умові $l > 1,5(A - a); l_c \ll l$,

$$W = \frac{2\pi w^2 I^2 a^4}{A^3 \left[1 + \frac{a_c^2 (A^2 - a^2) l_c}{A^2 (a^2 - a_c^2) l} \right]^2} \sigma_3 \delta, \text{ Вт.}$$

Для котушок із сердечником, що задовольняють умові $l < 1,5(A - a)$, варто зробити розрахунок двічі за формулами (1) і (2) та прийняти менший з отриманих результатів.

У випадку екрана квадратного перетину величина A приймається рівною половині сторони квадрата.

Знайдену величину втрат W варто порівняти з припустимою величиною втрат W_n . Якщо $W < W_n$, то можна зменшити радіус екрана A , коли цьому не заважає конструкція самої установки. Якщо $W > W_n$, то варто збільшити радіус екрана A' і знову привести розрахунок.

Якщо для сталевго екрана прийнятних розмірів втрати енергії виявляються неприпустимими, варто прийняти алюмінієвий екран.

Щоб уникнути додаткових втрат енергії в торцевих стінках екрана, відстань від цих стінок до найближчих витків котушки потрібно брати не менше $1/\gamma_c$, де γ_c - постійна згасання симетричної хвилі, що поширюється

уздовж осі екрана: $\gamma_c = \frac{3,83}{A}$ - для циліндричного екрана радіусом A ; $\gamma_c = \frac{3,14}{A_1}$

для екрана квадратного перетину зі стороною $2A_1$

Ослаблення екраном поля усередині котушки розраховують для циліндричного екрана радіусом A . При розрахунку екрана квадратної форми

його варто замінити циліндричним, думаючи, що $A = \frac{2A_1}{\sqrt{\pi}}$, де $2A_1$ - сторона квадрата (при цьому площа квадрата дорівнює площі кругу).

Ослаблення магнітного поля ΔH (%), обумовлене екрануванням, визначають за формулами:

- для котушки без сердечника за умови $l > 2a, l > 2(A - a)$

$$\Delta H = \frac{a^2}{A^2} 100;$$

- те ж, за умови $l < 2a$

$$\Delta H = \frac{a^3}{A^3} 100;$$

- те ж, за умови $l < 2(A - a), l > 2a$

$$\Delta H = \frac{la^2}{2A^3} 100;$$

- для котушки із сердечником за умови $l > 2(a - a_c), l > 2(A - a), l_c = l$

$$\Delta H = \frac{a^2 - a_c^2}{A^2 - a_c^2} 100.$$

Розраховане ослаблення варто порівняти з припустимим (дивись умови задачі). Якщо знайдене ослаблення перевищує припустиме, потрібно збільшити радіус екрана A .

Перевірку екрана котушки на ефективність екранування проводять у такий спосіб.

Необхідну ефективність екранування E_{mp} знаходять шляхом розподілу величини напруженості поля, створюваного котушкою на робочому місці при відсутності екрана (H_p), на величину припустимої напруженості поля (Y_0) за санітарними нормами

$$E_{mp} = \frac{H_p}{H_n}.$$

Значення H_p можна знайти за формулою

$$H_p = \frac{wIa^2}{4\rho^3},$$

де ρ - відстань від котушки до робочого місця, м.

Необхідну величину ефективності екранування потрібно порівняти з фактичною.

Для суцільного циліндричного екрана радіусом A чи квадратного зі стороною $2A$ ефективність екранування при $d > \delta$ буде

$$E' = \frac{Ae^{\frac{d}{\delta}}}{2\sqrt{2}\delta\mu_e'},$$

де μ_e' - відносна магнітна проникність матеріалу екрана; d - товщина матеріалу, м.

Ефективність екрана, що має форму труби, відкритої з одного кінця, при відсутності- проникнення поля безпосередньо крізь матеріал екрана визначають за формулою

$$E'' = e^{\gamma_n z}, \quad (3)$$

де z - відстань від відкритого кінця екрана до найближчого витка котушки уздовж осі

екрана, м; $\gamma_n = \frac{1,84}{A}$ - для циліндричного екрана радіусом A ;

$\gamma_n = \frac{1,57}{A_1}$ - для екрана квадратного перетину зі стороною $2A_1$.

Якщо екран має форму відкритої з двох сторін труби, то також можна скористатися формулою (3), підставляючи менше з двох значень Z .

Фактична ефективність екранування дорівнює меншій з величин E' та E'' .

ЗАВДАННЯ ДО САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ

Розрахувати параметри екрана для індукційної котушки, вихідні дані якої наведені в табл. 7.

Таблиця 7

№ вар.	a , м	l , м	w	I , А	U , В	f , кГц	a_c , м	l_c , м	ρ , м	W , Вт	ΔH , %	Матеріал екрана
1	1,5	7	60	200	800	8	1,0	5,0	5	1000	4	Алюміній
2	1,0	10	80	400	400	4	0,7	8,0	6	900	5	Мідь
3	1,2	5	32	78	800	18	1,0	3,0	4	500	3,5	Сталь
4	0,9	8	65	90	400	70	0,6	5,0	7	300	4	Алюміній
5	0,8	5	52	120	800	65	0,6	4,0	5	700	3	Срібло
6	1,1	3	28	200	400	55	0,9	2,5	4	700	4	латунь
7	1,4	2	20	300	800	90	1,2	1,5	3	2000	5	золото
8	2,0	5	62	200	400	70	1,6	4,0	5	700	4	нікель
9	1,0	6	70	65	800	10	0,6	5,0	6	500	5	Сталь легована
10	1,5	5	150	40	800	18	1,2	4,0	3	300	4	Олово
11	1,3	10	100	160	400	40	1,1	9,0	7	600	3	Титан
12	1,6	3	40	120	800	22	1,4	1,8	5	900	4	Срібло
13	1,3	7	68	100	400	22	1,1	5,0	4	350	3	Мідь
14	2,2	3	42	300	200	35	1,8	2,4	4	500	4	Латунь
15	1,7	4,5	52	200	400	22	1,4	3,0	5	700	3	Золото
16	1,2	3	40	200	800	10	1,0	2,6	7	1200	4	Алюміній
17	0,8	4	36	150	400	22	0,6	3,5	6	540	5	Нікель
18	1,4	2	24	400	400	18	1,2	1,5	5	1400	4	Сталь
19	1,0	4,8	60	200	800	45	0,8	4,2	6	1200	4	Олово
20	1,6	3,8	42	150	200	32	1,4	3,5	7	300	5	Титан
21	1,8	6	56	200	400	65	1,6	5,0	5	1200	5	Сталь легована
22	0,8	4	43	100	800	70	0,6	3,5	4	700	4	Срібло
23	1,1	5	47	200	800	35	0,8	4,0	3	1400	4	Алюміній
24	1,3	4	38	100	400	65	1,1	3,6	4	350	5	Латунь
25	2,0	5	95	200	400	55	1,8	4,2	5	1300	4	Мідь

6. СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Минько В.М. Охрана труда в машиностроении / Минько В.М. - М.: Академия, 2012. - 256 с.
2. Державні санітарні правила планування та забудови населених пунктів. - К.: МОЗ України, 1996. - 66 с.
3. Безопасность труда на производстве. Защитные устройства / Под ред. Б.М. Злобинского. - М.: Металлургия, 1971.-456 с.
4. Петров С.В. Охрана труда на производстве и в учебном процессе: Учебное пособие / Петров С.В., Вольхин С.Н., Петрова М.С. - М.: ЭНАС, 2006. - 232 с.