

ЛЕКЦІЯ 5

ЗАХИСТ ВІД ЕЛЕКТРОМАГНІТНОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ

Згідно з вимогами НД нормованими параметрами в діапазоні частот 60 кГц—30 МГц є напруженість електричної E , Vm/m^2 та магнітної H , A/m , складових поля. На робочих місцях 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, Vm

$$W_{\text{полг}} = \sigma \cdot S_{\text{ЕФ}}, \quad (6.2)$$

де σ — густина потоку потужності випромінювання електромагнітної енергії, Vm/m^2 ;
 $S_{\text{ЕФ}}$ — ефективна поглинаюча поверхня тіла людини, m^2 .

Небезпеку електромагнітних полів з частотами до 300 МГц оцінюють напруженістю його складових, а в діапазоні частот 300 МГц—300 ГГц — щільністю потоку енергії. Значення гранично допустимої напруженості електричного та магнітного полів на робочих місцях та в місцях перебування персоналу наведено в табл. 6.2 та 6.3.

В табл. 6.4 наведено гранично допустимі величини 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 в 10 разів (табл. 6.5).

Якщо обслуговуючий персонал підлягає впливу електромагнітної енергії та рентгенівського випромінювання або високої температури повітря в робочій зоні (понад 28 °С), то гранично допустима щільність потоку енергії не повинна перевищувати 0,1 Vm/m^2 протягом робочого дня, 1 Vm/m^2 протягом 2 год. за зміну. Протягом решти робочого часу значення гранично допустимої щільності потоку енергії не повинне перевищувати 0,1 Vm/m^2 .

Гранично допустимі величини електромагнітної енергії в населених пунктах наведено в табл. 6.6.

Гранично допустимі величини електромагнітної енергії при експлуатації побутових НВЧ-печей не повинні перевищувати 0,1 Vm/m^2 при триразовому щоденному опроміненні по 40 хв. та загальній тривалості опромінення не більше 2 год. за добу.

Т а б л и ц я 6.2

Гранично допустима напруженість електричного поля

| Частота електромагнітного поля $\times 10^6$, МГц | Допустима напруженість електричного поля, V/m |
|--|---|
| 0,06—3 | 50 |
| 3—30 | 20 |
| 30—50 | 10 |
| 50—300 | 5 |

Таблиця 6.3

Гранично допустима напруженість магнітного поля

| Частота електромагнітного поля $\times 10^6$, МГц | Допустима напруженість магнітного поля, А/м |
|--|---|
| 0,001—0,012* | 25 |
| 0,001—0,03** | 100 |
| 0,06—1,5 | 5 |
| 30—50 | 0,3 |

Примітка. 0,001—0,012* — неперервний режим; 0,001—0,03** — імпульсний режим.

Таблиця 6.4

Гранично допустимі значення щільності потоку енергії в діапазоні частот 300 МГц—300 ГГц

| Густина потоку потужності енергії σ , Вт/м ² | Допустимий час перебування в зоні впливу ЕМП | Примітка |
|--|--|--|
| 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. У інший робочий час густина потоку енергії не повинна перевищувати 0,1 Вт/м ² |

Таблиця 6.5

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

| Щільність потоку енергії, Вт/м ² | Час перебування |
|---|------------------|
| До 1 | Робочий день |
| Від 1 до 10 | Не більше 2 год* |

Примітка. Не більше 2 год.* — протягом решти робочого часу значення щільності потоку енергії не повинна перевищувати 1 Вт/м².

**Гранично допустимі величини електромагнітної енергії
в населених пунктах**

| Частота електромагнітної енергії (довжина хвилі) | Гранично допустима інтенсивність електромагнітної енергії на території житлової забудови, V/m | Частота електромагнітної енергії (довжина хвилі) | Гранично допустима інтенсивність електромагнітної енергії на території житлової забудови, V/m |
|--|---|--|---|
| 50 Гц | 500 | 3—30 МГц | 4 |
| 30—300 кГц | 20 | (100—10 м) | |
| (10—1 км) | | 30—300 МГц | 2 |
| 0,3—3 МГц | | (10—1 м) | |
| (1—0,1 км) | | 0,3—300 ГГц | 0,05* |
| | | (1 м—1 мм) | |

П р и м і т к а. 0,05* — у Vt/m^2 .

В табл. 6.7 наведено допустимий час перебування людини в електричному полі промислової частоти надвисокої напруги (400 кВ і вище).

У випадку, коли напруженість поля на робочому місці перевищує 25 кВ/м, або ж коли необхідно забезпечити більшу тривалість перебування людини в полі, ніж вказано в табл. 6.7, необхідно використовувати екранувальні костюми або екранувальні пристрої.

Простір, у котрому напруженість електричного поля складає 5 кВ/м і більше, називають небезпечною зоною або зоною впливу. Ця зона знаходиться в межах круга з центром у точці розташування найближчої струмоведучої частини, котра знаходиться під напругою, радіусом $R = 20$ м для електроустановок напругою 400—500 кВ і $R = 30$ м для електроустановок напругою 750 кВ (рис. 6.4).

Ці відстані отримано замірами всередині прольоту високовольтної лінії при найбільшій стрілі провисання дротів та біля повітряних вимикачів на відкритому розподільчому пристрої.

Допустиме значення струму, який тривалий час проходить через тіло людини і зумовлений впливом електричного поля електроустановок надвисокої напруги, складає

50—60 мкА, що відповідає напруженості електричного поля 5 кВ/м. Це значення вважається допустимим, оскільки при електричних розрядах, які виникають в момент дотику до металевої конструкції, яка має інший, ніж людина, потенціал, больові відчуття не виникають.

Межею зони впливу є віддаль від струмоведучих частин до точок на поверхні землі, напруженість поля над котрими на висоті 1,8 м (рівень голови людини) складає 5 кВ/м.

**Гранично допустимий час перебування людини
в електричному полі напругою 400 кВ і вище (50 Гц)**

| Електрична напруженість E , кВ/м | Допустимий час перебування, хв. | Примітка |
|------------------------------------|---------------------------------|---|
| < 5 | Без обмежень (робочий день) | — |
| 5—10 | ≤ 180 | Іншу частину робочого дня людина знаходиться в місцях, де напруженість електричного поля менша або рівна 5 кВ/м |
| 10—15 | ≤ 90 | |
| 15—20 | ≤ 10 | |
| 20—25 | ≤ 5 | |

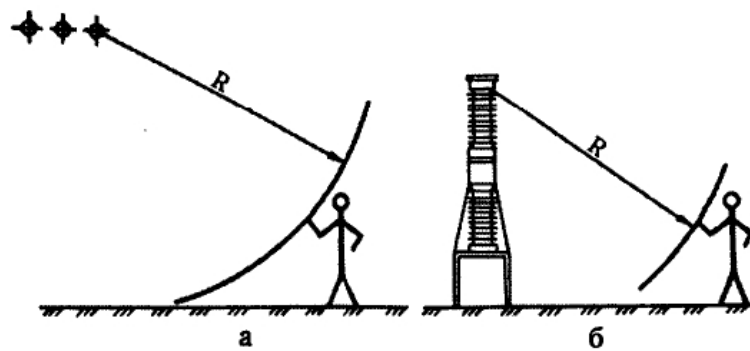


Рис. 6.4. Радіуси небезпечних зон:

а — джерело впливу — відкритий розподільний пристрій або проводи повітряної лінії електропередач;
б — джерело впливу — струмоведучі частини апаратів

ЗАХИСТ ВІД ЕЛЕКТРИЧНОГО ПОЛЯ ПРОМИСЛОВОЇ ЧАСТОТИ

Залежно від особливостей опромінення людей, місця розташування та технічних характеристик високовольтних ліній і відкритих розподільних пристроїв застосовують наступні методи захисту від електричних полів: захист часом або віддаллю; вибір оптимальних геометричних параметрів високовольтних ліній та відкритих розподільних пристроїв, застосування заземлених тросів, стаціонарних пересувних екранувальних пристроїв, екранувального одягу.

Захист часом передбачає скорочення часу перебування людини в електричному полі промислової частоти, якщо напруженість поля перевищує 5 В/м (табл. 6.2).

Захист віддаллю. Оскільки напруженість електричного поля промислової частоти зменшується при збільшенні віддалі від джерела поля, то існують такі віддалі, на яких напруженість поля не перевищує допустимого значення.

Правила техніки безпеки при експлуатації електроустановок в окремих випадках передбачають поєднання захисту часом і віддаллю одночасно.

Допускається працювати на землі в зоні впливу електричного поля на робочих місцях у наступних випадках:

- біля високовольтних ліній $400\text{—}500 \text{ кВ}$ без обмеження часу в межах 20 м від осі опори будь-якого типу і не більше 90 хв. у випадку виконання робіт у прольоті;
- біля високовольтних ліній 750 кВ не більше 180 хв. в межах 30 м від осі проміжної опори і не більше 10 хв. при виконанні робіт у прольоті або поблизу анкерної або кутової опори.

Для захисту від електричних полів надвисокої напруги (50 Гц) необхідно збільшувати висоту підвішування фазових проводів ліній електропередач.

З метою захисту населення від впливу електричного поля високовольтних ліній передбачаються санітарно-захисні зони. Встановлено наступні значення гранично допустимих рівнів (ГДР) напруженості електричного поля: всередині житлових будинків — $0,5 \text{ кВ/м}$; на території зони житлової забудови — 1 кВ/м ; в населеній місцевості (міста, селища, села, території городів та садів) — 5 кВ/м ; на ділянках перетину високовольтних ліній з автомобільними дорогами I—IV категорій — 10 кВ/м ; в ненаселеній місцевості (включаючи сільськогосподарські угіддя) — 15 кВ/м ; у важкодоступній місцевості — 20 кВ/м .

Території санітарно-захисних зон розташовуються вздовж трас повітряних ліній електропередач по обидва їх боки. Розміри цієї території визначаються від проекції на землю крайнього струмонесучого дроту до відстаней, на яких забезпечується гранично допустимий рівень поля, встановлений діючими санітарними нормами.

Для повітряних ліній електропередачі напругою 330 кВ встановлюється межа санітарно-захисної зони в одну сторону 20 м , для 500 кВ — 30 м , для 750 кВ — 40 м , для 1150 кВ — 55 м .

В межах санітарно-захисних зон повітряних ліній електропередач забороняється розміщувати житлові і громадські будівлі, дачні ділянки та інші місця перебування людей, майданчики для стоянки та зупинки всіх видів транспорту, підприємства з обслуговування автомобілів, а також сховища нафти і нафтопродуктів.

При проектуванні в санітарно-захисних зонах сільськогосподарських угідь вирощування винограду, хмелю з метою запобігання впливу електричного поля на сільськогосподарських працівників необхідно встановлювати шпалерну проводку для підвіски винограду і хмелю перпендикулярно до осі повітряних ліній електропередач.

Відстань від осі повітряних ліній електропередач, що проектуються, до межі населених пунктів не повинна бути меншою 250 м для повітряних ліній електропередач напругою 750 кВ і 300 м — для повітряних ліній електропередач напругою 1150 кВ. На ділянках стисненої траси повітряної лінії електропередач напругою 750—1150 кВ (ущелини, насипи тощо) допускається зменшення відстаней, але менше, ніж зазначені вище.

Повітряні лінії електропередачі напругою 35—110 кВ і вище потрібно розміщувати за межами сельбищної території або проводити їх заміну підземними кабельними лініями. Прокладку електричних мереж напругою 20 кВ на сельбищних територіях міст і селищ міського типу в районах забудови будинками 4-х поверхів і вище, а також на території курортних комплексів потрібно, як правило, передбачати кабельними лініями.

Якщо напруженість електричного поля перевищує ГДР, повинні бути передбачені заходи щодо її зниження шляхом віддалення житлової забудови від високовольтних ліній, вирощування сільськогосподарських культур, які не потребують ручної обробки, тобто повинні бути виключені умови для тривалого перебування людей в зоні дії електричного поля. Використовуються різні екрани, високі чагарники, дерева, будівельні конструкції з дерева та цегли. Машини та механізми, які знаходяться в санітарно-захисних зонах, повинні бути заземленими. Як заземлювач допускається використовувати металевий ланцюг, котрий торкається землі. Машини без критичних металевих кабін повинні бути обладнані екранами. На території санітарно-захисних зон ВЛ — 750 кВ та вище заборонено виконувати сільськогосподарські роботи особам віком до 18 років.

Вибір оптимальних геометричних параметрів високовольтних ліній та відкритих розподільних пристроїв. Величини потенціалів та напруженості електричного поля залежать від конструктивних параметрів дротів високовольтної лінії та шин відкритих розподільних пристроїв. Суттєво знизити потенціал та напруженість електричного поля можна шляхом оптимального вибору цих параметрів. На рис. 6.5 показано залежність потенціалу під крайнім фазовим проводом високовольтної лінії на висоті 1,8 м над поверхнею землі від геометричних параметрів високовольтної лінії 750 кВ та висоти підвішування дротів h , кількості дротів у фазі n , віддалі між дротами та між фазовими дротами d , а також від радіуса дротів r_0 .

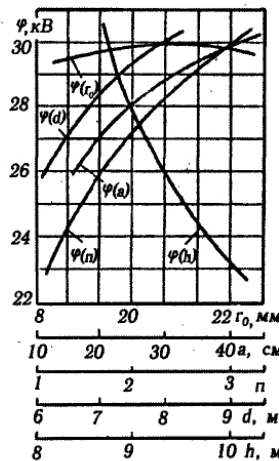


Рис. 6.5. Залежність потенціалу під крайнім фазовим дротом високовольтної лінії на висоті 1,8 м над поверхнею землі від геометричних параметрів високовольтної лінії 750 кВ

Застосування заземлених тросів. Заземлені троси, підвішені під струмоведучими з'єднувальними шинами, дозволяють значно знизити параметри електричного поля промислової частоти у робочій зоні. Відносне зменшення потенціалу при цьому характеризується коефіцієнтом зменшення потенціалу

$$k_{\varphi} = \frac{\varphi - \varphi'}{\varphi} \cdot 100, \quad (6.3)$$

де φ та φ' — потенціали в точці при відсутності та при наявності заземлених тросів відповідно, В.

У випадку використання одного заземленого троса на висоті 2,5 м від поверхні землі під з'єднувальними шинами відкритого розподільного пристрою 750 кВ, k_{φ} під даною шиною сягає 75%, тобто потенціал зменшується з 30 до 9 кВ. При наявності трьох заземлених тросів, розташованих під кожною фазою, k_{φ} під крайніми фазами складає 50%, а під середніми — 75%. Найсуттєвіше впливають на потенціал зменшення висоти підвішування та відстані між заземленими тросами.

Екрани. Захисні властивості екранів базуються на ефекті послаблення напруженості електричного поля в просторі поблизу заземленого металевго предмета. Екрани виготовляються у вигляді металевої сітки, розташованої між екранованим простором та джерелом електричного поля (рис. 6.6).

Захисна дія екрана характеризується ефективністю екранування $\varepsilon = \varphi_p / (\varphi_p - \varphi_{pe})$, де φ_p і φ_{pe} — потенціали в точці P при відсутності і при наявності екрана відповідно.

На рис. 6.6 показано залежність ефективності екранування сітчастим екраном (при $h_l = 2$ м та $h_p = 1,8$ м) від розміру чарунки a , діаметра дроту d та віддалі по

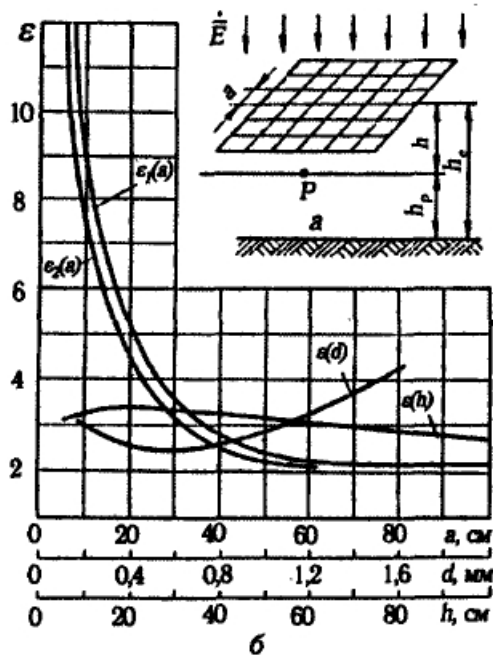


Рис. 6.6. Екран з металевої сітки (а) та залежність ефективності екранування від параметрів екрана (б):

$\epsilon_1(a)$ — при $d = 0,4$ мм та $h = 20$ см; $\epsilon_2(a)$ — при $d = 1,25$ мм та $h = 20$ см;
 $\epsilon(d)$ — при $a = 50$ см та $h = 20$ см; $\epsilon(h)$ — при $a = 30$ см та $d = 1,6$ мм

вертикалі від екрана до досліджуваної точки h . Ефективність екранування збільшується при зменшенні розміру чарунки (крива $\epsilon(a)$), наближенні розглядуваної точки до екрана (крива $\epsilon(h)$) та збільшенні діаметра дроту сітки (крива $\epsilon(d)$).

Сітчасті екрани використовуються при $\epsilon \geq 8$. Розмір сторони чарунки сітки — 10—15 см. Діаметр дроту сітки — 0,8—1,6 мм. Для екранів використовують сітки з оцинкованого сталевого дроту. Дріт фарбується з метою запобігання корозії.

Стационарні екрани виготовляються у вигляді козирків, навісів та перегородок. Козирки встановлюються над дільницями, з котрих здійснюється обслуговування обладнання. Висота розташування навісів — 2—2,5 м від поверхні землі над проходами та дільницями, з котрих здійснюється огляд обладнання. Перегородки встановлюють посередині між сусідніми повітряними вимикачами таким чином, щоб нижня грань перегородки знаходилась на висоті 2—3 м над поверхнею землі для вільного проходу людей та проїзду автотранспорту.

Переносні екранувальні пристрої призначені для захисту персоналу, котрий протягом тривалого часу виконує експлуатаційні, ремонтні та монтажні роботи в зоні впливу, якщо стационарні екрани відсутні. Переносні екрани виготовляються у вигляді знімних навісів, козирків, перегородок, щитів, наметів. Переносні екрани виготовляються з металевих сіток. Намети та навіси виготовляють з металізованої тканини або брезенту, вкритого алюмінієвою фарбою.