

УДК 621.396.96

А.В. Гнатов

Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба

ПАРАМЕТРИ ЕЛЕКТРОМАГНІТНИХ ЗАВАД, ЯК ПРЕДМЕТ ДІАГНОСТУВАННЯ

Стаття присвячена опису основних параметрів електромагнітних завад по яким можна проводити діагностування технічних об'єктів. Розкриті такі параметри, як ефективне значення напруги, ефективна шумова температура, середня потужність шуму та представленні основні розрахункові співвідношення для їх розрахунку.

ненавмисні електромагнітні завади, ефективне значення напруги, ефективна шумова температура

Вступ

Постановка проблеми. З аналізу оцінок достовірності функціонування систем контролю і діагностування (КД) виходить, що вони в першу чергу за-

лежать від достовірності КД, яка характеризується перш за все вибраними параметрами КД [1]. Що ж представляє собою метод КД по електромагнітній обстановці (ЕМО)? Він може бути визначений як

сукупність моделей, правил, алгоритмів, що описують процедуру розпізнавання технічного стану об'єкту з заданим ступенем деталізації по електромагнітним характеристикам даного об'єкту. Від вибору цих характеристик залежить наскільки якісно і оперативно буде проведено КД розгляданого об'єкту. Тому, важливо зрозуміти, який параметр вибрати для КД і як він розраховується.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Останнім часом все більше з'являється публікацій та різного роду наукових робіт, які присвячені електромагнітної сумісності (ЕМС) технічних засобів та їх КД [2]. Про це свідчить і той факт, що проблема ЕМС щорічно підіймається на найвпливовіших науково-технічних конференціях і симпозіумах [3]. На цей час вже зібрано чимало матеріалів по проблемі ЕМС та КД, але ще багато питань залишаються не розкритими.

Це стосується й такому напрямку в науці і техніці, як технічна діагностика та контроль технічного стану обладнання по його ЕМО, який тільки починає свій розвиток. Більшість праць по цій тематиці носить лише загальний характер [4, 5].

Мета статті. Ця стаття присвячена представленню та опису основних параметрів електромагнітної обстановки, які використовуються, як параметри для контролю і діагностування технічних об'єктів.

Параметри неавтономних електромагнітних завад

Знання параметрів неавтономних електромагнітних завад (НЕМЗ) необхідно для визначення імовірного відношення сигнал-завада при дії завади на рецептор, встановлення стандартних вимог до допустимих рівнів завад, розробці пристроїв, які послаблюють (подавляють) завади на шляху їх розповсюдження, а також для якісного проведення контролю та діагностування по електромагнітній обстановці (ЕМО) окремого пристрою, чи в цілому системи технічних засобів.

При детермінованих значеннях параметрів НЕМЗ уява про них не виходить за межі установлених понять про потужність, напругу, струм, напруженість поля, енергетичному спектру та ін. Вірогідна оцінка в цьому випадку пов'язана, головним чином, з виробничими допусками на параметр, що в загальному випадку характеризується нормальним розподіленням значень параметру.

Уява про параметри НЕМЗ ускладнюється, якщо вони ґрунтуються на поняттях про випадкові стаціонарні і нестаціонарні електромагнітні процеси [4]. Це відноситься і до випадків одночасної дії на рецептор завад від декількох джерел. В таких випадках значення одного параметру завади виявляється недостатнім і для її опису необхідно знати декілька

параметрів.

Поширеними параметрами НЕМЗ є усереднена за певний час потужність P_{cp} завади, яка вимірюється ефективній смузі частот Δf , і відповідне цій потужності ефективне значення напруги U_{ef} завади. При вимірюванні широкосмугових імпульсних завад значення P_{cp} пропорційне смузі пропускання Δf приймача, що вимірює. При розширенні Δf , наприклад у два рази, потужність P_{cp} завади зростає також у два рази і, відповідно $U_{ef} \approx \sqrt{\Delta f}$. Така адитивна властивість параметру "ефективне значення напруги завади" по відношенню до смуги частот є його особливістю, якою не володіють інші параметри завади, наприклад "пікове значення напруги завади", "середнє значення напруги завади".

Характерний параметр випадкової стаціонарної завади (флуктуаційний шум), яка є зовнішньою і адитивною завадою по відношенню до приймача, є "ефективна шумова температура".

Під цим розуміють усереднену спектральну щільність потужності шуму, яка виражена як температура у градусах Кельвіна деякого опору та дорівнює вхідному опору антени, який виділяє на виході джерела таку-саму потужність, що і зовнішнє джерело завади.

При малому рівні зовнішніх шумів враховують особисту шумову температуру антени, яка залежить від втрат в антені і антенному тракті. При значному рівні зовнішніх шумів можна зневажати особистою шумовою температурою антени.

З урахуванням таких умов "антена температура" F_a дорівнює:

$$F_a = \frac{P_{ш}}{kT\Delta f}, \quad (1)$$

де $P_{ш}$ – середня потужність шуму на узгодженому навантаженні, Вт; k – постійна Больцмана ($1,38 \times 10^{-23}$ Дж/К); T – температура, К; Δf – ефективна смуга пропускання приймача, Гц.

Так як усі параметри завад у нормативній документації та стандартах по електромагнітній сумісності представлені у децибелах, то F_a слід також привести в децибелах.

Виражаючи F_a в децибелах відносно kT в смузі Δf і $P_{ш}$ в дБ·Вт, отримаємо:

$$F_a = 10 \lg P_{ш} - 10 \lg kT - 10 \lg \Delta f. \quad (2)$$

При нормальній навколишній температурі ($T_0 = 20^\circ \text{C}$) $10 \lg kT_0 = -240$ дБ·В, отже:

$$F_a = P_{ш} - 10 \lg \Delta f + 240. \quad (3)$$

На рис. 1. приведені усереднені значення рівнів завад в діапазоні 10 кГц ... 100 МГц від основних природних джерел (атмосферні і космічні завади),

які були виміряні з урахуванням допущення, що власними втратами в антенному тракті можна знехтувати [1].

Антену температуру флуктуаційних завад (шумів) вимірюють за допомогою вимірювача напруженості поля з малим рівнем власних шумів.

Показники його вихідного прибору $U_{\text{еф}}$ необхідно перераховувати на величину напруженості поля, пов'язуючи з вимірюваною потужністю завад на відповідній частоті [1]. З цією метою необхідно враховувати, що прийнята ззовні антеною потужність шуму дорівнює:

$$P_{\text{ш}} = \frac{E^2}{120\pi} \cdot \frac{G\lambda^2}{4\pi}, \quad (4)$$

де E – електрична напруженість поля, В/м; G – коефіцієнт посилення антени; λ – довжина хвилі, м.

Оскільки

$$\lambda = \frac{300}{f},$$

де f – частота, МГц і

$$E = \frac{U_{\text{еф}}}{h_{\text{д}}},$$

де $h_{\text{д}}$ – діюча частота антени (м) тоді:

$$E[\text{дБмкВ}] = 20 \lg U_{\text{еф}}[\text{мкВ}] - 120 - 10 \lg h_{\text{д}}[\text{дБ}],$$

можна перетворити вираз (4), якщо виразити обидві його частини в децибелах:

$$P_{\text{ш}}[\text{дБВт}] = U_{\text{еф}}[\text{дБмкВ}] - 120 - 20 \lg f[\text{МГц}] + (G - h_{\text{д}})[\text{дБ}] + 10 \lg \left(\frac{300^2}{120 \cdot 4\pi^2} \right), \quad (5)$$

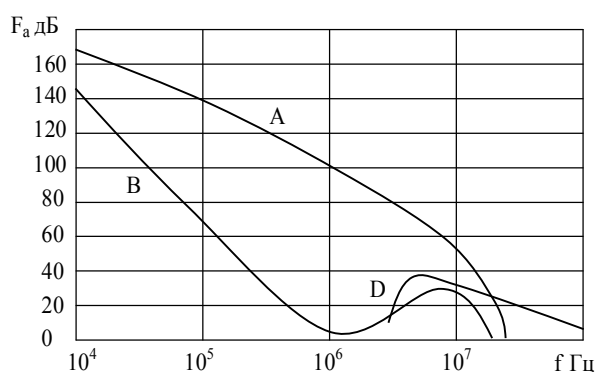


Рис. 1. Залежність рівнів атмосферних і космічних завад від частоти:

A, B – рівні атмосферних завад, які перевищують на протязі 0,5% (A) і 99,5% (B) часу вимірювання;
D – шум Галактики

Якщо підставимо вираз (5) в (3), отримаємо формулу для розрахунку антенної температури:

$$F_a = [\text{дБкТ}] = U_{\text{еф}}[\text{дБмкВ}] - 20 \lg f[\text{МГц}] - 10 \lg \Delta f[\text{Гц}] + (G - h_{\text{д}})[\text{дБ}] + 96,8. \quad (6)$$

Якщо антена вимірювача представляє собою короткий вертикальний штир з висотою $h \ll \lambda$, заземлений через вимірювальний пристрій, то для вертикальної поляризації поля антени температура

$$F_a = [\text{дБкТ}] = U_{\text{еф}}[\text{дБмкВ}] - 20 \lg f[\text{МГц}] - 10 \lg \Delta f[\text{Гц}] + 95,5. \quad (7)$$

Тобто, при вимірюванні широкосмугового флуктуаційного шуму знання $U_{\text{еф}}$ дозволяє визначити F_a за допомогою вимірювача напруженості поля. При цьому показники приладу вимірювача пропорційні $\sqrt{\Delta f}$, так як складові шуму некогерентні. Але для інших випадків, коли складові спектру завад когерентні, наприклад у випадку регулярної завади у виді імпульсів радіолокатора, що повторюються з певною частотою, параметр $U_{\text{еф}}$ пропорційний смузі Δf вимірювача [6].

Список літератури

1. Гнатов А.В. Диагностика сложных систем комплексов технических средств по электромагнитной обстановке // Системы обработки информации: Зб. наук. пр. ХВУ.–Х.: ХВУ, 2004. – Вып. 10 (38). – С. 16-25.
2. Гнатов А.В. Математична модель корисних сигналів та завад на комплексі технічних засобів // Системы обработки информации. – Х.: ХУ ПС, 2005. – Вып. 3 (43). – С. 175-183.
3. Самоїленко Б.Ф., Гнатов А.В., Гнатова Щ.В. Методика оцінки електромагнітних завад для комплексу радіотехнічних засобів // Вісник НТУ "ХП". – Х.: НТУ "ХП", 2003. – № 7, т. 3. – С. 40-44.
4. Князев А. Д. Элементы теории та практики забезпечення електромагнітної сумісності РЕЗ. – М.: Радио и связь, 1984. – 336 с.
5. Кравченко В.І., Болотов Е.А., Летунова Н.И. РЭС и мощные электромагнитные помехи. – М.: Радио и связь, 1987. – 250 с.
6. Уайт Д. Электромагнитная совместимость радиоэлектронных средств и непреднамеренные помехи: Пер. с англ. / Под ред. А.И. Сагира. – М.: Сов. радио, 1979. – В. 3. – 464 с.

Надійшла до редколегії 12.02.2007

Рецензент: д-р техн. наук, проф. А.В. Бажинов, Харківський національний автомобільно-дорожній університет, Харків.