



ОТНОСНО ФОРМУЛИРАНЕ НА ПОДХОДИ И КОНЦЕПЦИИ ЗА ОЦЕНКА НА ВЛИЯНИЕТО НА ЕЛЕКТРОМАГНИТНИТЕ ПОЛЕТА ВЪРХУ ЕЛЕКТРОМАГНИТНАТА СЪВМЕСТИМОСТ В ЕЛЕКТРОСНАБДИТЕЛНИТЕ СИСТЕМИ.

Василев Р. Н., Киров В. М., Гюров В. Н., Прошков М. А., Панчев Х. И.

rsnvasilev@yahoo.com, kvc_electroinvest@yahoo.com, vgiurov@yahoo.com,
m_proykov@abv.bg, hr_panchev@abv.bg,

**Технически Университет Варна
Варна 9010, ул. "Студентска" № 1
БЪЛГАРИЯ**

Ключови думи: електромагнитна съвместимост, електроснабдителни системи (ЕСС); влияние на електромагнитните полета

Резюме: В работата в предложен специфичен подход за тълкуване и оценка на Електромагнитната съвместимост (ЕМС) чрез разглеждане и обединяване на изкуствено създадените и природните електромагнитни смущения и възможностите за тяхното количествено остойностяване. Обект на изследване са електроснабдителните системи със своите характеристики и параметри и различни силови електрообзавеждания на ВН и СН. Застъпено е становището, че ЕМС трябва да се разглежда като комплексно понятие, свързано с идентифициране на източниците на смущения, техническите и методическите средства за изследването им, установяване на негативното им влияние и маркиране възможностите за минимизирането им. Това понятие трябва да отчита въздействието на електромагнитната среда върху биологичните и физиологичните функции на човешкия организъм, респективно върху здравето на човека, като се осъществява ограничаване и подтискане на влиянието му чрез инструментариума на синтезирани „научно-обосновани хигиенни норми за въздействие върху човека“. Комплексният много факторен подход се корени и в приобщаването на Показатели за качество на електрическа енергия към характеристиките на ЕМС, което се обосновава с еднородната им природа, а също така и включването на аварийните електрически режими, комутационните процеси и специфичните енергетични характеристики на заземителните инсталации към тази електротехническата общност. Влиянието на природните източници на електромагнитни смущения е оценено чрез въздействие на мълниите, статичното електричество, радиочестотните полета, електромагнитните излъчвания в мрежи НН, електромагнитните смущения от магнитното поле на Земята и др. За количествена оценка на параметрите на електромагнитните полета е приложим детерминиран формализован подход чрез логаритмични представления в относителни единици или непер.

1. ВЪВЕДЕНИЕ

Под ЕМС се разбира способността на отделните потребители, група потребители и системи, да работят в заобикалящата ги електромагнитна среда, създавана от различни генериращи източници и трансфериращи елементи, с характеристики, параметри и показатели, осигуряващи нормално, надеждно и ефективно функциониране на целия комплекс от електротехнически съоръжения.

При изследване на ЕМС основната задача на изследователите е да се търсят причините за нейното влошаване, като за целта задълбочено се анализират източниците на електромагнитните смущения, средата на тяхното разпространение и развитие, оценява се количествено негативното им влияние и възможностите за тяхното подтискане и отстраняване. Възникването на влошена ЕМС и нейното драстично нарушаване, се дължи не само на съществуващото разнообразие на режими, явления и процеси, свързани с експлоатацията на П/ст ВН и СН (установени, преходни, комутационни, аварийни и др. режими), но така също и на действието на естествени (природни) смущаващи фактори – слънчеви изригвания, аномалии в магнитното поле на Земята, мълнии, статично електричество и др. Следователно, при изследване на негативното влияние на различните източници на електромагнитни смущения, трябва да се прилага пълен, всеобхватен и комплексен подход, като освен технико-икономическите и технологични аспекти, се оценяват и здравословно-медицинските, екологичните и общочовешките (влияещи директно върху обществото) фактори.

ЕМС, като физическо явление в Електроенергетиката, се инплантира и проектира върху два материални обекта- от една страна тук се включва цялата електроенергийна и електроснабдителна инфраструктура, представляваща съвкупност от стационарни, схемотехнически изградени и функциониращи елементи, съоръжения, звена и системи, а от друга страна това е разглежданото в най-общ план генерирано, трансферирано и полезно потребено електричество, представено чрез две материални субстанции – електромагнитните полета на изследваните обекти и тяхната комерческа производна – консумираната електрическа енергия (ЕЕ).

2. ХАРАКТЕРНИ КОМПОНЕНТИ НА ЕМС

2.1. *Инфраструктурни електротехнически компоненти на ЕМС*

Електроенергийната инфраструктура се разглежда като логически изградена система от взаимосвързани елементи и съоръжения, осигуряващи надежден, устойчив и ефективен пренос на електрическа енергия и създаване на нормална електромагнитна обстановка и условия за съществуване и функциониране на електромагнитната среда. Тя включва генериращи източници на електромагнитни смущения и ЕЕ, електрически мрежи, силови и измервателни трансформатори, защитни, регулиращи и управляващи съоръжения, комутационни апарати, информационни системи и др. Адаптирането, интегрирането и инплантирането на ЕМС като електроенергийна категория в електроенергийната инфраструктура, се осъществява с помощта на характеристики и показатели, формиращи взаимната свързаност и корелационните зависимости между двете материални субстанции, като например надеждност на трансфера на електричеството в електромагнитната среда; схемотехнически особености и параметри на ЕСС; показатели свързани с пропускателната способност и проводимост на електрическите мрежи и електромагнитните полета; технико-икономическите параметри и характеристиките на електроенергийната инфраструктура и мн. др.[1,2,3].

2.2. *Електромагнитни и електроенергийни компоненти на ЕМС*

Електромагнитната среда е съвкупност от електромагнитни явления, съществуващи в по-горе дефинираната електроенергийна инфраструктура. Тук се наслаждат електромагнитни полета от естествен и изкуствен произход, като много често мощността и въздействията на изкуствените електромагнитни полета, превъзхождат съществено тези от естествен произход. Инфраструктурните електромагнитни съоръжения, намиращи се под напрежение, създават около себе си електрически (E , V/m) и магнитни (H , A/m) полета на промишлената честота и на честотата на хармоничните изкривявания. Те способстват за влошаване на електромагнитната среда и много често са причина за възникване на повреди и аварии в П/ст на ВН и СН, което допълнително влошава ЕМС [7, 13].

От своя страна ЕЕ притежава характеристики, даващи количествена и качествена оценка на процеса на пренасянето ѝ през инфраструктурните съоръжения. Проблемите свързани с качеството на ЕЕ, нейното нормиране, контролиране, управление и оптимизиране, имат релативна връзка както с устойчивостта и надеждността на ЕСС, така също и с някои технико – икономически характеристики, като загубите на мощност и ЕЕ, специфичния разход на ЕЕ за единица продукция, електроенергийната ефективност (ЕЕЕФ), претоварване или недонатоварване на мрежите и съоръженията, генериране на прекомерни количества реактивни потоци, оценени с помощта на фактора на мощността и др. По този начин, качеството на ЕЕ и посочените по – горе връзки и зависимости, имат пряко отношение към глобалния проблем за осигуряване на ЕМС в ЕСС. Аналогично се подхожда и към процесите на нормиране и стандартизиране – показателите на качеството на ЕЕ (ПКЕЕ) са в пряка връзка с изискванията за постигане на ЕМС и респективно участват в нормативните предписания на различни стандарти.[15,16,17]

Направленият по – горе анализ показва, че ЕМС трябва да се разглежда в пряка връзка не само с ПКЕЕ, но и с допълнителни показатели и характеристики, свързани и зависещи от качеството на ЕЕ, като например „надеждност и устойчивост на ЕСС“; „ЕЕЕФ“; „специфичен разход на ЕЕ“; „загуба на мощност и ЕЕ“; „структурни и схемотехнически особености на ЕСС“ и др.

3. ИЗТОЧНИЦИ ОТ ЕЛЕКТРОМАГНИТЕН ХАРАКТЕР, ВЛОШАВАЩИ ЕМС

Човешкият организъм, изграден на молекулярно-клетъчно ниво, чрез своята вътрешна електропроводна среда, съставена от различни водни електролити, преобразува енергията на електромагнитното поле в механична енергия, която може да предизвика нарушаване на нормалния ритъм на съкращаване на сърдечния мускул и парализира нервните окончания. В тази връзка редица международни организации, като Световната организация по здравеопазване (СОЗ), Международната електрическа компания (МЕК), Международната организация за защита от йонизирани излъчвания (ИКРА), Европейския комитет за нормиране в областта на електротехниката (CEU) и др., разработват нормативни изисквания за оценка на въздействието върху човека на електромагнитните полета. При интензивност на външното електромагнитно поле от порядъка на 20kV/m и 4kA/m и при честота 50Hz, в организма на човека се индуцира ток с плътност около 10mA/m², който се счита за неопасен. При стойности в границите на (50 ÷ 1000)mA/m², се наблюдават изменения на синтеза на протеини и ДНК, нарушение на йонното равновесие, изменение в процеса на делене на клетките, а също

така може да настъпи силно възбуждане на централната нервна система, аритмия и сърдечна фибриляция [7, 9, 10].

Електроенергетиката на СН, ВН и СВН се характеризира с възможности за създаване на високи интензивности на електрическото поле с $f = 50\text{Hz}$ (до 25kV/м. и по – високи, а също и високи интензивности на магнитното поле (до 1000A/м. и по – високи).

Мълният, като най – мощен природен източник на електромагнитни смущения има силно влияние в мястото на удара в земята и близо до него, където амплитудата и ускорението на тока са най – големи. В зависимост от това става избора на мълниезащитните устройства, имащи функцията да предотвратят индуктиране на токове и напрежения в мрежата за автоматизирано технологично управление на електротехническите обекти [3,6].

При директно попадение на мълния върху въздушен електропровод ВН, действието и представлява бягаща полувълна по дължината на електропровода. Фронта на импулса е от порядъка на няколко микросекунди, а стръмността на фронта е до $50\text{MV/}\mu\text{s}$. Продължителността на импулса е от порядъка на няколко десетки микросекунди [3, 7].

Върху показателите и характеристиките на ЕМС оказват негативно влияние още и следните фактори:

- *Статичното електричество, породено от триене на различни материали;*
- *Радиочестотните полета от радио и навигационни станции и др.;*
- *Електромагнитни излъчвания в мрежи НН на постоянен и променлив ток;*
- *Електромагнитни смущения от магнитно поле на Земята и др.*

4. КОЛИЧЕСТВЕНА ОЦЕНКА НА ПАРАМЕТРИТЕ НА ЕЛЕКТРОМАГНИТНИТЕ ПОЛЕТА, ВЛИЯЕЩИ ВЪРХУ ЕМС

При определяне влиянието на електромагнитните полета върху ЕМС се преминава през следните три етапи:

- *Получаване на изходни данни;*
- *Определяне на електромагнитните характеристики на обекта по експериментален или изчислителен път;*
- *Установяване на съответствие или несъответствие между получените характеристики и нормативни изисквания.*

Обикновено изходните данни се получават по експериментален път непосредствено от обекта или чрез анализ на проектната и техническата документация. Например за определяне на въздействието на електромагнитното поле на промишлена честота, е необходимо да се познават токовете на к.с., схемите на вторичната комутация, на заземителната и мълниезащитната инсталация, съпротивлението на почвата и т.н.

За измерване на радиочестотните полета се използват селективни високо – честотни волтметри с набор от антени или персонални спектроанализатори. За измерване на потенциала на тялото на човека от статично електричество се използват електростатични волтметри, снабдени с капацитивни делители за разширяване на обхвата на измерваното напрежение над 3kV . Измерването на магнитните полета на промишлена честота се извършва с помощта на уреди за измерване на магнитното поле.

Токът (I), който протича през човешкото тяло при съприкосновение с обект, намиращ се в ел. магн. поле, зависи от напрежението на линията, капацитета на обекта по отношение на линията ВН и активното съпротивление на човека [7]:

$$I = K_{\phi} \cdot V \cdot E$$

където: K_{ϕ} – коефициент характеризиращ геометрията на обекта; V – обема на обекта; E – напрегнатостта на полето на височина на 1,8м. над земята.

Интензивност на магнитно поле, съответно при еднофазно к.с. на шини ВН в близост до релейни защиты H_{pz} и по дължината на реактор H_p се определя с изразите:

$$H_{pz} = \frac{I_{kc}}{2\pi \cdot l} \quad (1) \quad H_p = \frac{I \cdot n}{2} \cdot \frac{r^2}{(r^2 + x^2)^{1,5}}$$

където: I_{kc} – ток на еднофазно к.с. [kA]; L – разстоянието до шината по която тече тока I_{kc} ; r – радиус на реактора; x – разстоянието по оста на реактора от неговия център до точката на измерване; I – ток на реактора [A]; n – броя на навивки на реактора.

Интензивността на импулсни магнитни полета (интензивност от мълнии), може да се определи от израз (1), където l е разстоянието до мълниеприемника, по който тече тока на мълнията I_m .

Минимално - допустимото разстояние от мълниеприемника до кабелния канал за вторична комутация, по условие за пробив към земя $L_{доп}$ и минималното разстояние от мълниеотвода, до устройствата на релейната защита, по условие за допустима напрегнатост на полето $L_{мин}$, се определят от изразите:

$$L_{доп} = \frac{U_3}{E_{пр.з.}} ; \quad U_3 = R_n I_m L_{мин} > \frac{I_m}{2\pi H_{доп.}}$$

където: U_3 – потенциала на заземителя на мълниеотвода; R_n – импулсно съпротивление на мълниеотвода; $E_{пр.з.}$ – пробивна напрегнатост на почвата, която приема средна стойност $E_{пр.з.} = 300 \text{ kV/m}$; $H_{доп.}$ – допустимо ниво на напрегнатостта на импулсното магнитно поле, съгласно нормативните изисквания.

Минималното допустимото разстояние по въздуха от мълниеотводи до силовото обзавеждане и тоководещите части на П/ст $L_{доп.в}$ и минималното допустимото разстояние S_{min} между кабелите на вторичната комутация и силовите кабели, при тяхното съвместно прокарване, се определят от изразите:

$$L_{доп.в} = \frac{U_m}{E_{проб.в.}} \quad S_{min} = \frac{2L}{1 + \exp\left(1,75 \cdot 10^6 \frac{K_{вз}}{I_{kc}}\right)}$$

където: U_m – потенциална разлика между точките, в които се развива заряда; $E_{проб.в.}$ – интензивност на електрическото поле на разряда във въздуха (приема се $E_{проб.в.} = 500 \text{ kV/m}$), $K_{вз}$ – взаимен коефициент на екраниране на кабелите; L – дължина на участъка със съвместно прокарване на кабелите; I_{kc} – максимална стойност на тока на к.с.

При екранирани кабели, заземени в двата края, тока I_{kc} през екрана при к.с., се определя от израза:

$$I_{каб.к.с.} = \frac{\Delta U_3}{Z_{екр.} L_{каб.}}$$

където: ΔU_3 – пад на напрежение между заземителите; $Z_{екр.}$ – съпротивление на екрана на кабела на промишлена честота; $L_{каб.к.с.}$ – дължина на кабела.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В разработката е направен опит да се формулират по различен начин постановките и подходи за оценка на ЕМС с отчитане влиянието на електромагнитните полета. Застъпена е тезата, че ЕМС трябва да се разгледа като комплексно понятие, свързано в идентифициране на източниците на смущения, техническите и методическите средства за изследването им, установяване на негативното им влияние и маркиране възможностите за минимизирането им. Това понятие трябва да отчита въздействието на електромагнитната среда върху биологичните и физиологичните функции на човешкия организъм, респективно върху

здравето на човека. Влиянието на природните източници на електромагнитни смущения е оценено чрез въздействието на мълниите, статичното електричество, радиочестотните полета, електромагнитните излъчвания в мрежи НН, електромагнитните смущения от магнитното поле на Земята и др. За количествена оценка на параметрите на електромагнитните полета е приложен детерминиран формализован подход.

ЛИТЕРАТУРА

- [1.] Александров А., Електрически апарати, ТУ-София, ISBN 945-438-236-4, София, 1999.
- [2.] Личев А., Електрически апарати и електротехнология, „Техника“, София, 1980.
- [3.] Вълчев М., Георгиев М., Тодорова А., Дюстабанов Г., Тошев П., Техника на високите напрежения, ДИ „Техника“, София, 1980.
- [4.] Боровиков В.А., и др. , Електрические сети энергетических систем, „Энергия“, Л., 1977.
- [5.] Энергетика за рубежом, управление энергосистемами и связь, М., Энергоатомиздат, 1986.
- [6.] Бургсдорф В.В., Якобс А.И., Заземляющие устройства электроустановок, М. Энергоатомиздат, 1987.
- [7.] Дяков А.Ф., и др., Электромагнитная совместимость в электроэнергетике и электротехнике, М., Мир „Энергоатомиздат“ ISBN 5-283-02589-6, 2003.
- [8.] Кармашев В.С., Электромагнитная совместимость технических средств, Справочник, М., 2001
- [9.] Овсянников А.Г., Электромагнитная совместимость в электроэнергетике, Новосибирск, НГТУ, 2002.
- [10.] Brinmann K. EMV biologischer Systeme. Bd. 6 Untersuchgen der magnetischen Flussdichten in Wohnungen und Industrie und deren biologischen Bewertung – Berlin Offenbach, 1999.
- [11.] Morillon F., ResrosioN., CuinshonL., Adam Ph., Lisik H.: Calculation ot the electromagnetic field emitted by an EHV substation, CIGRE, 1994
- [12.] Armanini D., Conti R., Mantini A., Nicolini P.: Measurements of power-frequency magnetic fields around different industrial and household sources, CIGRE, 1990
- [13.] Wiggins C.M., Thomas D.E., Nickel F.S., Wright S.E. Transient Electromagnetic Interference in Substations, IEEE Winter Meeting New York, 1994.
- [14.] Cortina R., Porrino A., P.C.T. Van Der`Laar, A.P.J. Van Deursen. Analysis ot EMC problems on auxiliary equipment in electrical installations due to lighting and switching operations - CIGRE, 1992.
- [15.] Илия Илиев – Критичен анализ на проблемите свързани с влияние на външни консуматори върху качеството на електрическа енергия. стр. 136 сборник Енергиен форум НТСЕБ 27-30 юни 2017г.
- [16.] Илия Илиев И.Х., Прошков М.А., Киров Р.М. – Подобряване на електромагнитната съвместимост в електроснабдителните системи при надлъжна компенсация на реактивните товари.стр. 156 сборник Енергиен форум НТСЕБ 27-30 юни 2017г.
- [17.] Илия Илиев И.Х., Прошков М.А., Киров Р.М. – Изследване на електромагнитната съвместимост при експлоатация на прокатни станове. стр. 392 сборник Енергиен форум НТСЕБ 27-30 юни 2017г.
- [18.]

ABOUT THE FORMULATION OF APPROACHES AND CONCEPTS FOR THE EVALUATION OF THE INFLUENCE OF ELECTROMAGNETIC SPHERE ON ELECTROMAGNETIC COMPATIBILITY IN ELECTRICITY SUPPLY SYSTEMS.

Vasilev R.N., Kirov R.M., Giurov V.N., Proikov M.A., Panchev H.I
rsnvasilev@yahoo.com, kvc_electroinvest@yahoo.com, vgiurov@yahoo.com,
m_proykov@abv.bg, hr_panchev@abv.bg,

*Technical University of Varna
Studentska 1, 9010 Varna,
BULGARIA*

Key words: *electromagnetic compatibility, power supply systems, influence of electromagnetic fields*

Abstract: *The work on a proposed specific approach for the interpretation and evaluation of "Electromagnetic Compatibility" by examining and combining artificially created and natural electromagnetic disturbances and the possibilities for their quantification. The object of the study is the power supply systems with their characteristics and parameters and various power systems of HV and MV. EMC as an electrical category is considered to be composed of infrastructure electrical components and electromagnetic and power components. The sources for deterioration of the electromagnetic environment are mainly the HV and MV electricity facilities, operating both in established regimes and in transition processes. The impact of lightning, radio frequency fields, static electricity, etc. is evaluated sources of electromagnetic interference. Numerical definitions of different characteristics and parameters of EMC systematized mathematical formalizations and simplified analytical expressions. The current through the human body, the intensity of the magnetic field in the single-phase hp, the intensity of the pulsed magnetic fields, the minimum allowable distances, etc. are defined parameters. The approach developed allows the EMC to look at a complex notion that takes into account the characteristics of the environment in which the phenomenon manifests itself, as well as the characteristics of the sources of interference. Such an approach is characterized by a high degree of relevance, identity and adequacy for the problem being addressed.*