

ОЦЕНКА УРОВНЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ НА ПОДСТАНЦИЯХ НАПРЯЖЕНИЕМ 35-750 КВ

Постоянными составляющими окружающей среды являются электрические и магнитные поля как природного (электрическое и магнитное поля Земли), так и техногенного происхождения (излучения промышленного оборудования и бытовых приборов). Электромагнитные поля оказывают влияние на физиологическое состояние попадающих в зону их воздействия биологических объектов, а также на функционирование электронных приборов, выполненных на базе микропроцессорных интегральных схем.

Воздействие электромагнитного поля на человека

Электрооборудование переменного тока промышленной частоты создает электромагнитное поле (ЭМП), которое может негативно влиять на людей и окружающую среду. Наибольшую опасность представляет электрическая составляющая этого поля. Мерой непосредственного влияния является напряженность электрического поля частотой 50 Гц [1].

Воздействие ЭМП на человека обусловлено тем, что каждый живой организм представляет собой биологическую систему, регулируемую слабыми электрическими импульсами, передаваемыми по каналам нервной системы, и обладающую компенсационными механизмами в отношении внешних воздействий.

Положительный эффект воздействия ЭМП используется в медицине, где широкое распространение получили такие методы физиотерапевтического лечения слабыми электрическими и магнитными полями высокой частоты, как индуктотермия (лечение высокочастотным электромагнитным полем 3–30 МГц с преобладанием магнитной составляющей) и ультравысокочастотная терапия (применение электрического поля ультравысокой частоты – 0,3–3 МГц, в котором электрическая составляющая преобладает над магнитной).

Противоположный эффект возникает в случае, когда биологический объект находится в ближней зоне мощного ис-

точника ЭМП, создаваемого электроэнергетическими объектами (трансформаторами, линиями электропередачи и др.). За исключением отдельных случаев (гиперчувствительность к ЭМП) человек не способен сразу оценить интенсивность окружающего поля, поскольку симптомы изменения состояния здоровья начинают проявляться только в процессе продолжительного нахождения в зоне воздействия мощного электромагнитного излучения.

В частности, при длительном воздействии на организм мощных источников ЭМП у человека отмечаются вялость, сонливость, головная боль, развиваются неврозы, возникают нарушения деятельности сердечно-сосудистой системы в форме вегетативной дисфункции, изменяются показатели крови. Кроме того, продолжительное нахождение в зоне воздействия поля может вызвать эффект нагревания внутренних тканей организма. При высокой напряженности электрического поля возникает опасность возникновения электрических разрядов между человеком и заземленными токоведущими частями.

Защита от негативного воздействия ЭМП

Безопасным для людей считается электрическое поле (ЭП) напряженностью до 1 кВ/м. При напряженности ЭП, превышающей 1 кВ/м, в целях защиты людей от его негативного воздействия установлены две защитные зоны [1].



М.А. ДРАКО,
м.т.н., заведующий
электротехнической
лабораторией отдела учета
и качества электроэнергии
РУП «Белэнергосетьпроект»



А.М. КОРОТКЕВИЧ,
к.т.н., директор
РУП «Белэнергосетьпроект»



О.А. МОЙСЕЕНКО,
ведущий инженер
электротехнической
лаборатории отдела учета
и качества электроэнергии

- Защитная зона первого уровня – территория, окружающая источник ЭМП, в котором напряженность электрического поля находится в пределах 10 кВ/м при наибольшем рабочем напряжении электрооборудования. В границах защитной зоны первого уровня пребывание людей, кроме эксплуатационного персонала, запрещено. Прежде всего это относится к территории подстанций напряжением 220 кВ и выше.
- Защитная зона второго уровня – территория, которая окружает источник ЭМП с напряженностью поля в пределах 1...10 кВ/м при наибольшем рабочем напряжении. В пределах защитной зоны второго уровня допускается временное пребывание людей, однако запрещается размещать жилые дома или объекты, требующие специальной охраны (больницы, интернаты, дошкольные учреждения и т.п.). Силовые электроустановки могут располагаться как в первой, так и во второй защитной зоне.

Пребывание работников на подстанциях в ЭП (50 Гц) с уровнем напряженности, не превышающим 5 кВ/м, допускается в течение всего рабочего дня [2].

Предельно допустимый уровень напряженности воздействующего ЭП в зоне нахождения человека при выполнении им производственных работ согласно [2] принят равным 20–25 кВ/м, причем регламентируемое время работы не должно превышать 10 мин. Пребывание в ЭП напряженностью более 25 кВ/м без применения индивидуальных средств защиты запрещается.

При необходимости установления предельного времени T пребывания в ЭП при измеренной напряженности E , кВ/м, его вычисляют по выражению

$$T = \frac{50}{E} - 2. \quad (1)$$

Предельное время может быть реализовано разово либо несколькими частями в течение рабочего дня.

Если рассматривать воздействие ЭП применительно к электронной аппаратуре, то ее попадание в зону влияния сильных электромагнитных излучений может приводить к созданию помех на входе технического средства (ТС), перегреву элементов микросхем, пробоем подзатворных диэлектриков. Это нарушает нормальные условия функционирования ТС и ведет к выходу рабочих параметров аппаратуры за пределы установленных допусков или необратимому изменению технических характеристик ТС.

К основным мерам по защите от негативного влияния ЭМП на организм человека можно отнести:

- внедрение современных технологий производства, передачи и распределения электроэнергии;
- уменьшение мощности излучения от источника путем экранирования или применения поглотителей электромагнитной энергии;
- применение средств индивидуальной защиты;
- установление санитарно-защитной зоны;
- соблюдение норм по допустимому времени пребывания в электрическом поле при соответствующем уровне напряженности.

Оценка уровня электромагнитного излучения

Большое значение для планирования организационных мероприятий по защите от негативного влияния ЭМП имеет наличие объективной информации об уровне их интенсивности.

В соответствии с [2] контроль уровня ЭМП должен проводиться не реже 1 раза в год в порядке текущего контроля при внесении в условия и режим работы источников ЭМП изменений, влияющих на уровни излучений, после ремонта источников ЭМП, при вводе в эксплуатацию оборудования с источниками ЭМП и не реже 1 раза в 3 года – в порядке государственного санитарного надзора.

При проведении измерений ЭМП необходимо определять соответствие измеренного наибольшего среднеквадратического значения напряженности регламентируемым значениям для магнитного поля (МП) промышленной частоты [3] и для ЭП промышленной частоты (ЭППЧ) [4].

Приведем пример алгоритма определения наибольших среднеквадратических значений напряженности ЭППЧ с применением измерителя напряженности поля промышленной частоты ПЗ-50.

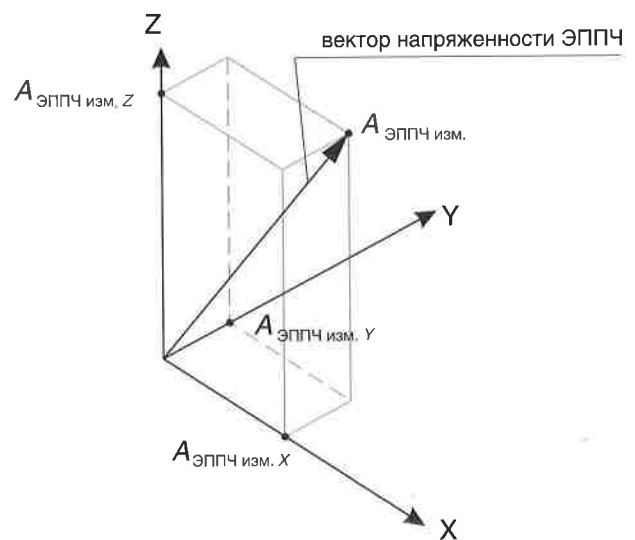
1. Антенной-преобразователем последовательно в выбранной точке пространства в трех взаимно перпендикулярных плоскостях (пространственной системе координат) методом прямого измерения определяются действительные электрические напряженности, кВ/м. Измерения напряженности ЭП должны проводиться на высоте 0,5; 1,5 и 1,8 м от поверхности земли [2].

Число наблюдений является заданной известной переменной и варьируется в зависимости от необходимой итерационной точности результата (то есть при каждом последующим $n+1$ наблюдении выборки статистические результаты будут точнее, чем при количестве наблюдений, равном n).

2. Расчетным путем находится модуль вектора напряженности

$$A_{\text{ЭППЧ изм.}} = \sqrt{(A_{\text{ЭППЧ изм. X}})^2 + (A_{\text{ЭППЧ изм. Y}})^2 + (A_{\text{ЭППЧ изм. Z}})^2}, \quad (2)$$

где $A_{\text{ЭППЧ изм. X}}$, $A_{\text{ЭППЧ изм. Y}}$, $A_{\text{ЭППЧ изм. Z}}$ – проекции вектора напряженности магнитного и, соответственно, электрического поля на три взаимно ортогональные оси в точке измерения (см. рисунок).



Графическая интерпретация вектора напряженности

3. Оценивается фактическое значение $A_{\text{ЭППЧ}}$ с учетом погрешности, вносимой измерителем:

$$A_{\text{ЭППЧ}} = A_{\text{ЭППЧ изм.}} \cdot (1 + \delta A_{\text{ЭППЧ изм.}}), \quad (3)$$

где $\delta A_{\text{ЭППЧ изм.}}$ – погрешность измерителя ПЗ-50 в относительных единицах.

4. По известным аналитическим выражениям, приведенным в [5], оцениваются значения неопределенности результатов измерений, причем указанные значения рассматриваются как некоррелированные. За оценку измеряемой величины берется среднее арифметическое значение

$$\bar{A}_{\text{ЭППЧ}} = \bar{A}_{\text{ЭППЧ изм.}}, \quad (4)$$

Значения коэффициентов чувствительности c находят путем вычисления частных производных

$$c_1 = \frac{\partial A_{\text{ЭППЧ}}}{\partial A_{\text{ЭППЧ изм.}}} = 1, \quad (5)$$

$$c_2 = \frac{\partial A_{\text{ЭППЧ}}}{\partial A_{\text{ЭППЧ изм.}}} = \bar{A}_{\text{ЭППЧ}}. \quad (6)$$

Вклады в неопределенность базируются на коэффициентах чувствительности

$$u_1(A_{\text{ЭППЧ}}) = c_1 \cdot u(\bar{A}_{\text{ЭППЧ изм.}}), \quad (7)$$

$$u_2(A_{\text{ЭППЧ}}) = c_2 \cdot u(\delta A_{\text{ЭППЧ изм.}}). \quad (8)$$

Суммарная стандартная неопределенность при измерении вычисляется по формуле

$$u_c(A_{\text{ЭППЧ}}) = \sqrt{u_1^2(A_{\text{ЭППЧ}}) + u_2^2(A_{\text{ЭППЧ}})}. \quad (9)$$

Расширенная неопределенность формируется для коэффициента охвата, равного 2,0 и соответствующего уровню доверия 95 %:

$$U_{A_{\text{ЭППЧ}}} = k \cdot u_c(A_{\text{ЭППЧ}}). \quad (10)$$

Итогом математической обработки являются полученные значения результата измерения \pm расширенная неопределенность:

$$A_{\text{ЭППЧ}} = \bar{A}_{\text{ЭППЧ}} \pm U_{A_{\text{ЭППЧ}}}. \quad (11)$$

5. Производится оценка результата измерения, который считается удовлетворительным, если его значение с учетом неопределенности не превышает максимально допустимое значение напряженности ЭППЧ, нормируемое [2] и представленное в таблице.

Указанный алгоритм заложен в разработанную специалистами предприятия и апробированную на электрических подстанциях 35–750 кВ Белорусской энергосистемы методику [5], прошедшую государственную метрологическую экспертизу и соответствующую [6].

Заключение

Актуальной задачей минимизации негативного влияния ЭППЧ на человека и микропроцессорное оборудование и предотвращения аварийных ситуаций на объектах народного хозяйства является определение реальной электромаг-

Допустимые значения напряженности ЭППЧ

Напряженность ЭП (50 Гц) на рабочем месте, кВ/м	Допустимое время пребывания в ЭП (50 Гц) в течение суток, мин
До 5 включительно	480
6	380
7	308
8	255
9	213
10	180
11	153
12	130
13	110
14	94
15	80
16	68
17	56
18	47
19	38
20	30
Свыше 20 до 25 включительно	10
Свыше 25	Не допускается

нитной обстановки и проведение мероприятий по защите и обеспечению электромагнитной совместимости технических средств.

Список литературы

1. Жежеленко, И.В. Электромагнитная совместимость в электрических сетях : учеб. пособие / И.В. Жежеленко, М.А. Короткевич. – Минск : Выш. шк., 2012. – 197 с.: ил.
2. Гигиенические требования к электромагнитным полям в производственных условиях: утв. постановлением Министерства здравоохранения Республики Беларусь № 69 от 21.06.2010.
3. Электромагнитная совместимость. Часть 4–8. Методы испытаний и измерений. Испытания на устойчивость к магнитному полю промышленной частоты: ГОСТ IEC 61000-4-8-2013. – Введ. 01.10.2014. – Минск : Госстандарт, БелГИСС, 2014. – IV, 25 с.: ил.
4. Система стандартов безопасности труда. Электрические поля промышленной частоты. Допустимые уровни напряженности и требования к проведению контроля на рабочих местах: ГОСТ 12.1.002-84. – Введ. 01.01.1986. – 8 с.
5. МВИ 4705-2013. Методика выполнения измерений напряженности электрического и магнитного полей промышленной частоты.
6. Государственная система обеспечения единства измерений. Методики выполнения измерений. Основные положения: ГОСТ 8.010-99. – 24 с.