

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЛИЯНИЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ПОЛЯ ВОЗДУШНЫХ ЛИНИЙ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА НА ЭКОСИСТЕМЫ

Черкашина Вероника Викторовна

д. т. н., доцент

Харьковский Национальный технический университет
«Харьковский политехнический институт»

Черемисин Николай Михайлович

к. т. н., профессор

Харьковский национальный технический университет
сельского хозяйства им. П. Василенко

Введение. Непрерывный рост энергопотребления и развитие электроэнергетики диктуют повышенные требования к надежности, качеству и экологической безопасности линий электропередачи. В последние десятилетия придается большое значение изучению влияния воздушных линий (ВЛ) электропередачи на человека и окружающую среду, т.е. на экосистему в целом. Это связано с интенсивным использованием электромагнитной и электрической энергии в современном информационном обществе, что и привело к возникновению и формированию нового фактора загрязнения окружающей среды – электромагнитного. В настоящее время мировой общественностью признано, что электромагнитное поле (ЭМП) искусственного происхождения является важным экологическим аспектом с высокой активностью. Одним из источников интенсивного ЭМП являются и ВЛ переменного тока.

Актуальность рассмотрения воздействия ЭМП ВЛ на экосистему вызвана не только необходимостью объективной оценки реальной опасности для здоровья человека, а также и экономическими соображениями. Потому, что соблюдение санитарных норм и правил, которые регламентируют нормирование ширины санитарно-защитной зоны для ВЛ связаны со значительными экономическими затратами, в том числе, и стоимостью земли отчуждаемой под электросетевые объекты.

Цель работы. Для определения влияния электромагнитного поля воздушных линий переменного тока на экосистемы усовершенствовать предпроектную методику расчета напряженности поля для уточнения ширины санитарно-защитной зоны в зависимости от конструкции линий.

Материалы и методы. Особенностью ВЛ переменного тока является отсутствие объемного заряда ионов у поверхности земли: объемный заряд пульсирует вблизи проводов, не достигая земли, поэтому для ВЛ переменного тока нормированию подлежит напряженность ЭМП.

ЭМП ВЛ переменного тока по частотной характеристике относится к низкочастотному диапазону. Кратковременному воздействию сильных ЭМП подвергается, как правило, персонал, обслуживающий электросетевые объекты. Население же может длительно пребывать в зоне влияния слабых полей промышленной частоты, например, проживая вблизи ВЛ. Известно, что напряженность ЭМП вблизи ВЛ напряжением 110кВ и выше может достигать границы индивидуальной восприимчивости поля, когда человек по косвенным признакам (шевеление волос, покалывания при микроразрядах между телом и одеждой и т.д.) ощущает наличие поля. В общем случае, параметром, определяющим степень воздействия ЭМП на человека, является плотность наведенного в теле тока. В большинстве международных стандартов в качестве исходной для установления допустимых уровней параметров ЭМП рассматривается неопасная для организма плотность тока 10 мА/м^2 . Соответствующая этой плотности эквивалентная напряженность ЭМП затем может быть уменьшена применением коэффициентов запаса для условий производственного воздействия и для населения. Полученные таким образом величины (reference level) фиксируются в качестве нормируемых уровней [1, с.5-10].

Допустимый уровень напряженности ЭМП 5 кВ/м, определенный по биологическому воздействию, может быть приемлемым и с учетом возможного неблагоприятного действия электрических разрядов при контакте человека с окружающими предметами. По результатам исследований напряженность

ЭМП, при которой 80% людей не испытывают болевых ощущений при разрядах, равна 5,2 кВ/м [2, с. 31-39].

Пребывание лиц, не электротехнического персонала, в зоне влияния ЭМП ВЛ в настоящее время в Украине регламентировано напряженностью ЭМП, которая составляет на территории зоны жилищной застройки – 1 кВ/м. При этом не следует забывать, что такой уровень напряженности ЭМП находится на рубеже санитарно-защитной зоны ВЛ, границы которой по обе стороны от проекции крайних проводов на землю составляют: 20 м - для ВЛ напряжением 330 кВ и 40 м - для ВЛ напряжением 750 кВ. Для ВЛ напряжением до 330 кВ санитарно-защитные зоны не устанавливаются. Для этих линий регламентируются только охранные зоны [3, п.п. 1.6.5 - 1.6.10].

Поскольку организация границ санитарно-защитной зоны ВЛ связана не только со значительными экономическими затратами, но и с отчуждением земли, то это обстоятельство и вызвало необходимость провести дополнительные расчеты влияния ЭМП в точках, удаленных от проводов линий и уточнить границы санитарно-защитной зоны.

Так, как в Украине применяются традиционные ВЛ, то и нормативные документы [3] соответствуют данному конструктивному исполнению. Учитывая международный опыт по внедрению линий электропередач повышенной пропускной способности и сниженного экологического влияния к которым относятся управляемые самокомпенсирующие ВЛ (УСВЛ) [4] целесообразно рассмотреть их и сравнить с традиционными ВЛ.

С точки зрения определения величины ЭМП поставленная задача сводится к отысканию потенциала проводящего тела, помещенного в поле ВЛ. Применение современных технических средств позволит решить данную задачу с предельной точностью.

Расчет параметров поля возможно провести используя уравнения Максвелла для системы «провода – тросы – земля» [5, с. 29-32]:

$$U_{ij} = \sum_{n=1}^n \alpha_{ij} \cdot q_{ij}, \quad (1)$$

где $\dot{U}_{ij}$ - фазные напряжение проводов ВЛ; α_{ij} - потенциальные коэффициенты; q_{ij} , – заряды проводов на единицу длины.

Используя вторую группу уравнений Максвелла, для определения зарядов на проводах, формируем емкостные коэффициенты β :

$$q_{ij} = \sum_{n=1}^n \beta_{ij} \cdot U_{ij} . \quad (2)$$

Учитывая симметричность трехфазной системы напряжений определяем потенциал $\dot{U}_A$ на высоте h :

- для ВЛ традиционной конструкции:

$$\dot{U}_A = U \{ \sum [\beta_{ij} - 0,5(\beta_{ij} + \beta_{ij})\alpha_{jA}] + \sum j0,86[(\beta_{ij} - \beta_{ij})\alpha_{jA}] \}; \quad (3)$$

- для УСВЛ:

$$\dot{U}_A = U e^{j\theta} \{ \sum [\beta_{ij} - 0,5(\beta_{ij} + \beta_{ij})\alpha_{jA}] + \sum j0,86[(\beta_{ij} - \beta_{ij})\alpha_{jA}] \}, \quad (4)$$

где $e^{j\theta}$ - угол сдвига между системами векторов напряжений цепей.

Определив потенциал U_A , изменяем вертикальную составляющую h определяем потенциал $\dot{U}_A'$ и вычисляем напряженность ЭМП по выражению:

$$E_A = \frac{U_A - U_A'}{\Delta h} . \quad (5)$$

Полученное значение E_A соответствует вертикальной составляющей напряженности ЭМП в области головы человека ростом 1,8 м.

Результаты и обсуждение. Усовершенствованная методика расчета является универсальной. Потому, что позволяет рассчитать и проанализировать изменение электромагнитного поля ВЛ разной конструкции. Также в отличие от других методик [6, с.17-20] учитывает габарит линии и стрелу провисания провода.

Изменение величины напряженности ЭМП зависит от габарита и конструкции ВЛ о чем свидетельствуют и результаты расчета по усовершенствованной методике (ф.1 - 5), которые представлены в табл. 1.

Таблица 1

**Результаты сравнительного анализа напряженности ЭМП ВЛ 330 кВ
разных конструкций**

Габарит Н, м	Традиционная ВЛ 330 кВ		УСВЛ 330 кВ	
	Расстояние, м	Е, кВ/м	Расстояние, м	Е, кВ/м
8	18	0,992	14	0,914
10	20	0,957	16	0,846
12	22	0,902	16	0,957
14	22	0,903	18	0,864
16	22	0,949	18	0,927
20	22	0,942	18	0,984
24	22	0,940	18	0,952

Исходя из выше представленного следует, что по сравнению с ВЛ традиционной конструкции УСВЛ обеспечивают при прочих равных условиях снижение величины напряженности ЭМП в пространстве, окружающем линию и вблизи поверхности земли, что соответственно уменьшить отвод земельных участков под трассу ВЛ электропередачи.

Выводы. Таким образом, при проектировании ВЛ, трассы которых проходят вблизи населенных пунктов или других мест продолжительного нахождения людей (огородов, детских площадок) целесообразно при предпроектной оценке вариантов анализировать электромагнитную обстановку вблизи трассы ВЛ, в частности, рассматривать значение напряженности ЭМП не только по трассе линии, а и на расстоянии более 20 м от крайнего проекции провода. Потому, что с удалением от ВЛ напряженность поля уменьшается медленнее, чем на незначительных расстояниях, поэтому данный факт и требует более точных расчетов.

Для реализации этих задач могут быть использованы следующие технические решения:

- уменьшение межфазных расстояний за счет проведения мероприятий по снижению расчетной кратности перенапряжения;

- переход от традиционных к самокомпенсирующим линиям электропередачи повышенной пропускной способности и сниженного экологического влияния;

- использование растительных массивов для обеспечения экологической безопасности линий.

Список литературы

1. Дьяков А.Ф., Левченко И.И., Никитин О.А., Аношин О.А. и др. Электромагнитная обстановка и оценка влияния ее на человека. // "Электричество", № 5, 1997. С. 5 - 10.

2. Контроль физических факторов окружающей среды, опасных для человека: Энциклопедия «Экометрия» из серии справочных изданий по экологическим и медицинским измерениям». М.:ИПК Издательство стандартов, 2003. - С. 26 – 59/

3. Державні санітарні норми і правила захисту населення від впливу електромагнітних випромінювань зі змінами зареєстровані Мінюстом України 16 травня 2017 р. за № 625/30493.

4. Постолатий В.М., Быкова Е.В. Управляемые электропередачи // Труды института энергетики АН Молдовы. Кишинев, 2007, Вып №8 – 234 с.

5. Черкашина В.В., Добровольська Л.Н., Бондаренко В.О., Гадай А.В., Грицюк Ю.В., Грицюк І.В., Давиденко Л.В., Коменда Н.В., Волинець В.І. Підвищення рівня ефективності енергоспоживання в електротехнічних пристроях і системах.: монографія. Луцьк: РВВ Луцького НТУ, 2017.- 268 с.

6. Чехов В.И., Зарудский Г.К. Экологические аспекты передачи электроэнергии: учебное пособие. М.:МЭИ, 1991.– 44 с.