

## ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ ВЛИЯНИЕ СЕЛЬСКИХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ 10-0,4 кВ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ

О.К. Никольский, Н.И. Черкасова

*Дана общая характеристика влияния воздушных линий электропередачи на окружающую среду. Описаны основные источники электромагнитных излучений промышленной частоты и механизмы воздействия электрического и магнитного поля на организм человека.*

*Ключевые слова: воздушные линии, электромагнитное загрязнение окружающей среды, электрическое и магнитное поле.*

Экологические аспекты передачи электроэнергии высокого и сверхвысокого напряжения в настоящее время учитываются директивными документами, в соответствии с которыми нормируется допустимая напряженность электрического поля, уровень акустических шумов и радиопомех. На стадии проектирования этих воздушных линий (ВЛ) выбор параметров, конструктивных особенностей прокладки трассы и т.д. увязываются с техническими требованиями и условиями электромагнитной совместимости с целью уменьшения негативного влияния ЛЭП на окружающую среду обитания человека.

Вместе с тем влияние распределительных электрических сетей напряжением 10-0,4 кВ на экологическую обстановку мало изучено. Эти ВЛ пролегают обычно через сельские населенные пункты, их протяженность составляет порядка 80 % всех электрических сетей в России. Отметим при этом, что электромагнитное поле (ЭМП) ВЛ промышленной частоты проявляется в виде электромагнитного загрязнения окружающей среды, воздействие которого на сельских жителей, животных и растительный мир мало изучено. Необходимо также принять во внимание имеющееся деструктивное воздействие ЭМП на объекты (электроустановки зданий и информационно-технологическое оборудование), проявляющееся в виде помех. При возникновении аварий ВЛ (обрыв провода, короткое замыкание) возникает угроза поражения людей и сельскохозяйственных животных (известны случаи массового поражения шаговым напряжением КРС), оказавшихся в зоне растекания электрического поля земли. Кроме того, трасса ЛЭП обычно проходит вблизи магистральных и распределительных газопроводов. Отсутствие надежной электри-

ческой защиты ВЛ 10-0,4 кВ от аварийных режимов, вызванных короткими замыканиями, может привести к повреждениям газопроводов, и как следствие, взрывам. Таким образом, при оценке негативного влияния сельских ВЛ необходимо учитывать комплекс факторов социального, экономического и экологического характера (рис.1), часть из которых поддаются количественной оценке. Однако большую часть негативных воздействий на социум и биосферу оценить в количественном выражении весьма сложно или невозможно.

В общем случае постановка задачи снижения негативного воздействия электрических сетей на окружающую среду должно сводиться к минимизации комплексного показателя  $P_k$  материальных убытков (в денежном эквиваленте) и дополнительных затрат на компенсацию этих убытков, т.е.

$$P = [U_{\text{соц}}, U_{\text{экон}}, U_{\text{экол}}, Z_{\text{комп}}] \rightarrow \min, \quad (1)$$

где  $U_{\text{соц}}$ ,  $U_{\text{экон}}$ ,  $U_{\text{экол}}$ ,  $Z_{\text{комп}}$  – соответственно социальные, экономические, экологические ущербы и компенсационные затраты.

Рассмотрим отдельные аспекты воздействия ВЛ на людей, животных и растительный мир, обусловленные проявлением электромагнитного поля и электрического тока.

Известны исследования в области биологического воздействия электрических и магнитных полей на организм людей и животных [1]. Наблюдаемые при этом эффекты, если они и возникают, до сих пор не ясны и трудно поддаются интерпретации, поэтому эта проблема остается по-прежнему актуальной.



Рисунок 1 – Последствия влияния ВЛ на человека и окружающую среду

Одним из наиболее сильных возбудителей электромагнитного поля являются токи промышленной частоты (50 Гц). Источниками излучения энергии ВЛ в окружающее пространство служат провода ЛЭП. Несмотря на то, что электромагнитная энергия ВЛ в значительной мере поглощается почвой, напряженность поля под проводами и вблизи них может быть значительной. Известно [2], что напряженность полей под линиями зависит от класса напряжения ЛЭП (электрическое поле), нагрузки (преобладает магнитное поле), от высоты подвески, расстояния между проводами, рельефа местности под линией.

Эффект воздействия ЭМП на биологический объект принято оценивать количеством электромагнитной энергии, поглощаемой этим объектом при нахождении его в поле. При промышленных частотах ЭМП можно рассматривать как некоторое комбинированное поле, состоящее из двух полей (электрического и магнитного). С определенным допущением считается, что эти поля не связаны между собой: электрическое поле возникает при наличии напряжения на токоведущих частях ВЛ, а магнитное – при прохождении электрического тока по этим частям. Поэтому можно рассматривать отдельно друг от друга влияние полей, оказываемое ими на биологические объекты.

Исследования показали [3], что максимальный ток в теле человека, индуцированный электрическим полем, намного выше,

чем ток, вызванный магнитным полем. Так, вредное воздействие магнитного поля проявляется лишь при его напряженности около 200 А/м, что наблюдается на линиях выше 110 кВ на расстоянии 1-1,5 м от проводов фазы линии и опасно только для обслуживающего персонала при работах под напряжением. Это обстоятельство позволило сделать вывод об отсутствии опасного биологического влияния магнитных полей ВЛ – 10 кВ на людей и животных, находящихся под ЛЭП. Согласно проведенным исследованиям установлено, что электрическое поле ВЛ является основным биологически действенным фактором опасности для людей и животных. Так как под проводами ВЛ, проходящей через поселки, могут находиться люди и животные, то возникает необходимость оценки возможных последствий длительного и кратковременного пребывания живых существ в электрическом поле различной напряженности. Наиболее чувствительны к электрическим полям копытные животные (КРС, лошади) и человек в обуви, изолирующей его от земли. Копыто животных также является хорошим изолятором. Наведенный потенциал в этом случае может достигать опасных значений (сотни вольт). Импульс тока через тело животного при касании к заземленному предмету (кустарники, трава и т.д.) может составлять 100-200 мкА. Такие импульсные токи безопасны для организма, но могут вызывать стрессовые состояния у копытных животных [4].

## ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ ВЛИЯНИЕ СЕЛЬСКИХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ 10-0,4 кВ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ

В действии электрического поля на человека доминирующим фактором являются протекающие через его тело токи. Это определяется высокой проводимостью тела, где преобладают органы с циркулирующей в них кровью и лимфой. В настоящее время экспериментами на животных и людях-добровольцах установлено, что плотность тока проводимости  $0,1 \text{ мкА/см}^2$  и ниже не оказывает опасного воздействия на организм человека, так как импульсные биотоки, обычно протекающие в мозгу, превышают плотность такого тока проводимости. Однако при токах, превышающих  $1 \text{ мкА/см}^2$ , в глазах человека наблюдается мелькание световых кругов. Более высокие плотности токов уже захватывают пороговое значение стимуляции сенсорных рецепторов, а также нервных и мышечных клеток, что ведет к появлению испуга, непровольным двигательным реакциям. Таким образом, следует различать два вида вредного воздействия электрического поля на человека вблизи ВЛ:

- непосредственное воздействие, проявляющееся при нахождении в электрическом поле. Эффект этого воздействия усиливается с увеличением напряженности и длительности пребывания в нем;

- воздействие электрических зарядов (импульсного тока), возникающих при прикосновении человека или животного к изолированным от земли конструкциям, корпусам машин и механизмов или при прикосновении человека, изолированного от земли, к растениям, заземленным конструкциям и т.д.;

- воздействие тока (тока стекания), проходящего через человека, находящегося в контакте с изолированными от земли объектами.

В таблице 1 приведены данные, устанавливающие взаимосвязь плотности тока и его биологического влияния на организм человека.

Таблица 1

J (мкА/см <sup>2</sup> )	Наблюдаемые эффекты
0,1	Нет
1,0	Нарушение мозговой деятельности
10-50	Острые невралгические симптомы, подобные тем, которые вызываются непосредственным электрическим током
Более 100	Возрастает вероятность фибрилляции желудочков сердца, длительный спазм дыхательных мышц, остановка сердечной деятельности

Механизм воздействия магнитного поля на живой организм в настоящее время мало изучен. Отдельные полученные результаты зачастую противоречивы. Объяснение этому принято считать сложность выделения магнитной составляющей (напряженности магнитного поля) из переменного ЭМП и прочих электромагнитных излучений. Вместе с тем, согласно эпидемиологическим данным живые организмы подвергаются более опасному воздействию от магнитной составляющей поля, чем от электрической. Объяснение этому является тот факт, что магнитная составляющая более свободно проникает в ткани организма. При этом под их действием биологические частицы, обладающие магнитными свойствами, изменяют свою пространственную конфигурацию, нанося, тем самым, серьезный вред здоровью. Существует также гипотеза о влиянии магнитного поля на циркуляцию крови в сердечно-сосудистой системе. Выдвинувшие эту гипотезу биофизики исходят из того, что проводящая жидкость,двигающаяся в магнитном поле, создает электрический ток. Последний, вступая во взаимодействие с магнитным полем, порождает силы, замедляющие или ускоряющие движение крови в организме. Кроме того, изменяющееся во времени магнитное поле генерирует в организме электрическое поле замкнутого контура, что может вызвать сбой в электромагнитных процессах, протекающих в живых организмах. Определено, что безопасная для здоровья магнитная индукция составляет около  $0,4 \text{ мТл}$  при частоте 50 или 60 Гц. В магнитных полях (от 3 до 10 мТл) возникает эффект магнитофосфена – возникновение световых мерцаний в глазах – в результате непрямого воздействия на зрительный анализатор наведенных электрических токов. Имеются также данные, подтверждающие возникновение рака у детей от магнитного поля, а также негативного влияния электростатического поля на человека и животного, поражения ткани растений.

### Выводы

Проблема изучения негативного влияния воздушных сетей 10-0,4 кВ на экологическую обстановку сельских населенных пунктов является комплексной, зависящей от многих факторов. Развитие биоэлектромагнитных стандартов и регламентов является перспективным способом экологического нормирования. В основу таких стандартов должны быть положены опытные и статистические данные о влиянии ЛЭП 10-0,4 кВ на организм людей и животных. С использованием стандартов

возможен анализ экологического риска. Преимущества методологии анализа экологических рисков применительно к оценке последствий влияния электромагнитного поля ВЛ на окружающую среду особенно очевидны в тех случаях, когда с наличием неопределенности информации невозможно сделать однозначный вывод о результатах воздействия различных фактов ЭМП на людей и животных.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Поспелова Т.Г. Проблемы учета влияния воздушных линий на окружающую среду//Энергетическое строительство, 1984, № 7.

2. Основы электромагнитной совместимости. Учебник для вузов / Под редакцией проф. Р.Н. Карякина. Алт.гос.техн.ун-т им. И.И. Ползунова.- Барнаул, Алтайский полиграфический комбинат, 2007.

3. Григорьев Ю.Г. Проблемы электромагнитной безопасности населения//Материалы российской конференции «Проблемы электромагнитной безопасности. Фундаментальные и прикладные исследования». М., 1996.

4. Никольский О.К. Комплексная система обеспечения безопасности электроустановок сельских населенных пунктов. Методические и практические рекомендации, Барнаул, Изд-во АлтГТУ, 2011.

***Никольский Олег Константинович**, д.т.н., профессор, зав. кафедрой «Электрификация производства и быта» АлтГТУ им. И.И. Ползунова, тел(3852)367129, E-mail:[elnis@inbox.ru](mailto:elnis@inbox.ru)*

***Черкасова Нина Ильинична**, к.т.н., доцент, зав. кафедрой «Электроэнергетика» РИИ (филиал АлтГТУ им. И.И.Ползунова), тел. (38557) 59875, E- mail:[elnis@inbox.ru](mailto:elnis@inbox.ru)*