

ОБЕСПЕЧЕНИЕ НА СТАДИИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ СОВМЕСТИМОСТИ ВОЗДУШНЫХ ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ С ИХТИОФАУНОЙ ПЕРЕСЕКАЕМЫХ ВОДОЕМОВ

Шевченко С.С.

Рассматриваются проблемы электромагнитной совместимости воздушных каналов передачи электроэнергии с ихтиофауной пересекаемых водоемов. Приводятся результаты численных и экспериментальных исследований по влиянию электромагнитного поля ЛЭП высокого напряжения на жизнедеятельность обитателей речных водоемов. Предлагаются меры, которые можно учесть на стадии проектирования ВЛ, по снижению антропогенного влияния ЛЭП на ихтиофауну пересекаемых водоемов.

Постановка задачи.

До последнего времени при проектировании воздушных линий высокого напряжения (ВЛ ВН) оценивалась лишь интенсивность электростатического поля по трассам ВЛ. Величины напряженностей магнитного поля оказывались существенно меньше тех предельных значений, которые предполагались допустимыми. Однако, в последние годы, в мировой практике все большее внимание уделяется влиянию магнитных полей на здоровье представителей биосферы. Определение допустимых значений затрудняется тем, что даже сильные магнитные поля находятся ниже зоны восприимчивости человеком. Однако, отсутствие восприимчивости не исключает вредного влияния магнитных полей относительно небольшой напряженности, какими являются поля, инициируемые ВЛ ВН как на человека, так и на других представителей биосферы. Так, например, зарегистрирован повышенный процент раковых больных среди населения, проводящего значительную долю своего времени в непосредственной близости от электропередач высокого напряжения [1]. На Волге было замечено нарушение миграции рыб после строительства ВЛ 500 кВ, пересекающей этот водоем [2].

Вообще представители ихтиофауны, в частности рыбы, обладают высокой электрической чувствительностью. С помощью электричества рыбы могут общаться, определять месторасположение объектов, защищаться и нападать. Также существует гипотеза о возможности ориентации рыб при миграции по магнитному полю земли, при этом разные виды рыб обладают различными электрогенерирующими способностями.

При воздействии на рыб поля переменного тока наблюдается следующая реакция. Первая стадия - вздрагивание. При увеличении тока наступает оборонительная реакция, когда рыба пытается уйти из зоны воздействия электрического тока. Следующий этап - осциллотаксис. Это явление, когда рыба занимает положение поперек линий тока. При дальнейшем увеличении тока наступает электрошок (гибель рыбы). При определенной напряженности магнитного поля (плотности тока), индуцируемой в водной среде ВЛ, пересекающей водоем, последняя будет являться искусственным препятствием для продвижения рыб, что может привести в итоге к потере нерестилищ в реке. В этой связи на стадии проектирования ВЛ необходимо уделять внимание электромагнитной совместимости ВЛ с ихтиофауной пересекаемого водоема и при необходимости и, если это экономически целесообразно, предусмотреть такие конструкции ВЛ, которые приводят к снижению их электромагнитного влияния на обитателей речной фауны.

Численные и экспериментальные исследования электромагнитных полей в водной среде.

В связи с развитием методов компьютерного моделирования технологических процессов в настоящее время все большее распространение находят численные методы решения уравнений в частных производных, которыми описываются электростатические и электромагнитные поля, инициируемые ВЛ ВН. Таким образом, используя численные методы, можно моделировать различные конструкции ВЛ и определять уровень воздействия электромагнитного поля воздушных линий на ихтиофауну водоемов.

На кафедре «Техника и электрофизика высоких напряжений» Новосибирского государственного технического университета на протяжении 15 лет ведутся научные исследования по влиянию каналов передачи электроэнергии различного конструктивного исполнения на биосферу, в том числе и на представителей ихтиофауны. На кафедре был разработан метод расчета электромагнитного поля (ЭМП), инициируемого воздушными линиями электропередачи (ВЛЭП) на речную фауну. Суть метода заключается в численном решении уравнений в частных производных, методом конечных элементов, который позволяет избежать допущений, присущих аналитическим методикам. Единственным, возможным недостатком численного метода, является точность расчета, для достижения которой, необходимо увеличивать время расчета и использовать вычислительную технику большой мощности.

Для проверки достоверности численных расчетов, кафедрой ТЭВН был поставлен эксперимент по измерению характеристик электромагнитного поля инициируемого ВЛ ВН. Эксперимент проводился на реке Чумыш, Алтайского края, которую пересекает ВЛ 500 кВ (рис.1).



Рис 1. Пересечение ВЛ 500 кВ реки Чумыш

На рис.2 приведены результаты по определению плотности тока в водной среде, полученные численным и экспериментальными методами, из которых следует некоторое несоответствие между расчетом и экспериментом, которое можно объяснить погрешностью в определении высоты подвеса проводов и удельного сопротивления водной среды.

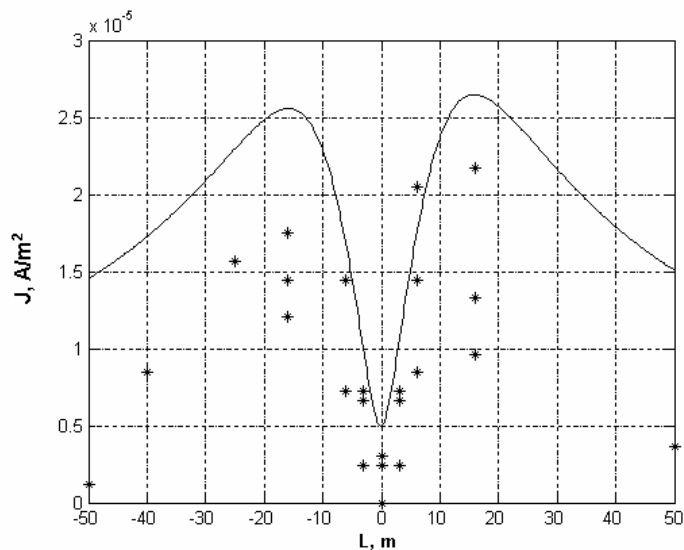


Рис.2 Распределение плотности продольного тока в водной среде под ВЛ 500 кВ:
сплошная линия – численный расчет; точки – экспериментальные данные

Анализ численных и экспериментальных исследований показал, что для рассматриваемого случая эксплуатации ВЛ (которая работала в недогруженном режиме) интенсивность магнитного поля (плотности тока) в водной среде не превышала допустимых значений. Вместе с тем следует отметить, что при неблагоприятных условиях (например, высокой проводимости водной среды и большом значении рабочего тока в ВЛ) величина плотности тока в водной среде может достигать и превышать пороговых значений для жизнедеятельности рыб (рис.3).

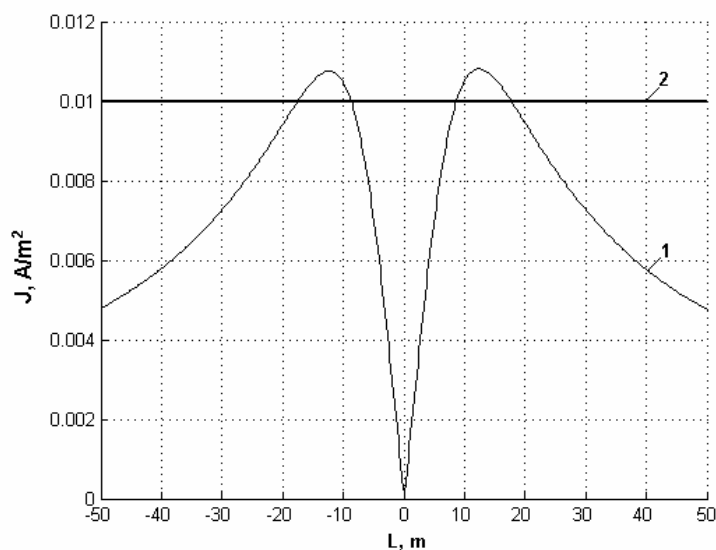


Рис. 3. Распределение плотности продольного тока в водной среде под ВЛ 500 кВ, при неблагоприятных условиях: 1 – расчетная кривая; 2 – порог возбуждения некоторых видов рыб (например, кета).

Меры по снижению электромагнитного влияния ВЛ на ихтиофауну пересекаемых водоемов.

Один из самых простых методов – это увеличение высоты подвеса проводов над уровнем воды пересекаемого водоема. Известно, что характеристики электромагнитного

поля уменьшаются пропорционально расстоянию от источника этих полей. Тем самым, увеличение высоты подвеса приводит к уменьшению влияния ЭМП. Для снижения затрат, вызванных увеличением стоимости опор, рекомендуется использовать естественные возвышенности [4].

Также можно рекомендовать временное снижение величины передаваемой мощности, что позволит уменьшить напряженность электрического и магнитного полей. Такую меру следует применять в периоды миграции и нереста рыб.

Уменьшения уровня ЭМП также можно достичь, используя различные конструкции фаз. Например, можно увеличить радиус расщепления и (или) число составляющих фазы (увеличение эквивалентного радиуса фазы). При этом произойдет выравнивание ЭМП (поле станет более однородным), и, как следствие, снижение интенсивности ЭМП в водоеме. Поскольку такая мера приведет к значительному удорожанию стоимости воздушной линии, то ее стоит применять лишь на тех участках линии, где необходимо обеспечить повышенную электромагнитную безопасность. Безусловным плюсом этого способа является возможность применения его к существующим линиям электропередач. Но при этом стоит рассмотреть вопрос о том, как повлияет на процесс электропередачи изменение волнового сопротивления линии на этих участках.

На двух и многоцепных линиях возможно расположить фазы воздушной линии таким образом, что их взаимное влияние приведет к уменьшению значения напряженности поля (рис.4). Эту меру также можно использовать на уже построенных воздушных линиях, без крупных капиталовложений.

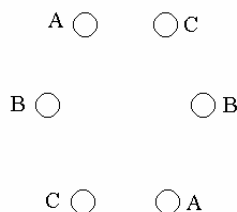


Рис.4 Обратное расположение фаз двухцепной ВЛ

Для новых линий можно предложить еще более эффективную меру – изменить расположение расщепленных проводов в фазе (рис.5). При этом, подобрав наиболее оптимальное расположение составляющих фаз в пролете, можно получить максимальное снижение уровня ЭМП, благодаря взаимному влиянию полей расщепленных проводов.

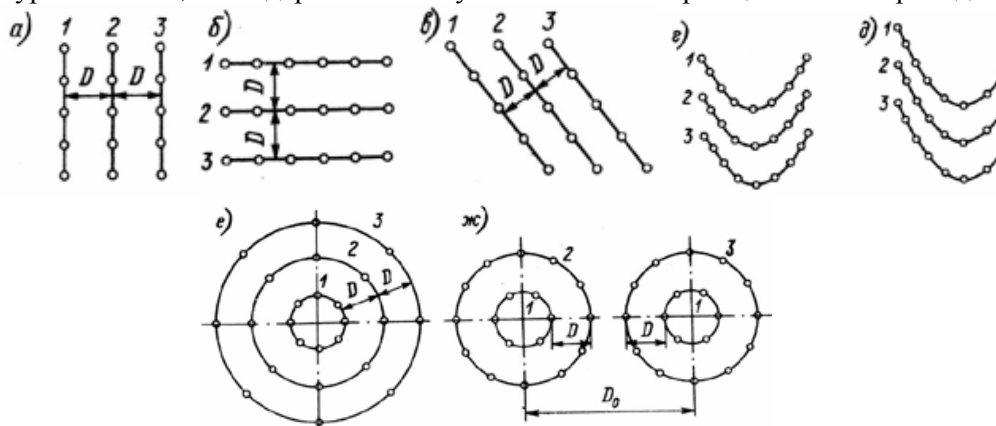


Рис.5 Различные варианты расщепления фазных проводов

При изменении расстояния между фазными проводами линии электропередач происходит изменения индуктивности и емкости линии и, следовательно, волнового сопротивления. Этот эффект был использован при создании компактных воздушных линий –

линий с повышенной пропускной способностью (рис.6). Кроме того, сближение фазных проводов приводит к значительному снижению интенсивности ЭМП вследствие наложения полей отдельных фаз друг на друга. Также это позволяет снизить зону отчуждения воздушной линии, что удешевляет стоимость линии электропередач.

Для локального снижения электромагнитного поля под ВЛ можно предложить уменьшение междуфазного расстояния путем установки жестких изолирующих распорок в середине пролета (рис.7), где наблюдается максимальный провис проводов, и, следовательно, максимальная напряженность электромагнитного поля. Такое конструктивное решение позволяет уменьшить напряженность электрического и магнитного поля не только в месте установки распорок, но и по всей длине пролета. Причем максимальное уменьшение напряженности будет наблюдаться в середине пролета, где расстояние между фазными проводами будет минимально.

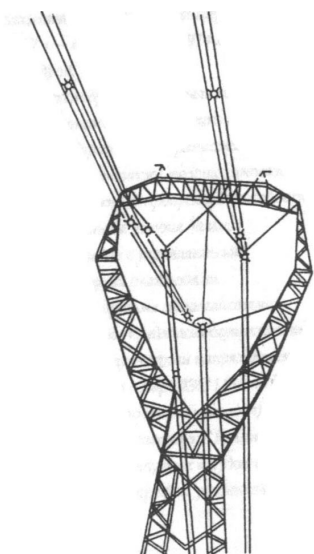


Рис.6 Компактная ВЛ 500 кВ

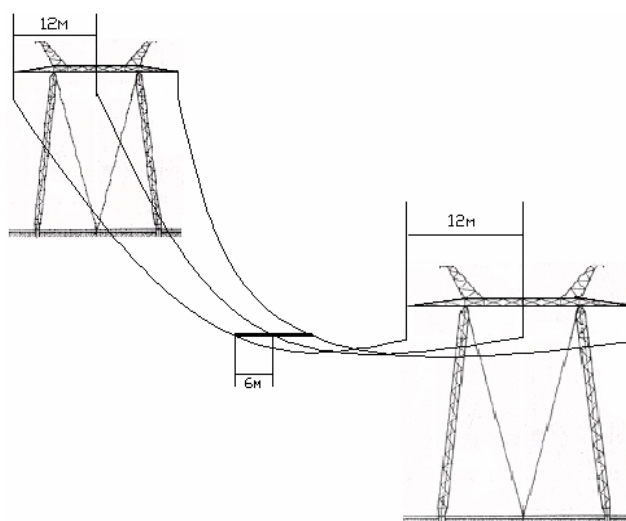


Рис.7 Эскиз установки распорок на ВЛ 500кВ

На рис.8 приведено распределение напряженности ЭМП в направлении, поперечном трассе ВЛ. Кроме того, необходимо использовать различные типы экранов. На сегодняшний день известны и успешно применяются электростатические, электромагнитные, пассивные, активные и резонансные типы экранов.

На рис. 9 приведено распределение плотности тока в водной среде с учетом прокладки дополнительных проводников, расположенных от крайних фаз на расстоянии, равном междуфазному расстоянию. Как видно из рисунка, в рассматриваемой конструкции ВЛ снижение плотность продольного тока снизилась примерно на 40%.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Плотность продольного тока в водоемах, пересекаемых ВЛ ВН, может превышать значение, отвечающее реакции возбуждения рыб, обитающих, нерестящихся или мигрирующих в этом водоеме.

2. В составе проектов ВЛ ВН, основанных на системном подходе, должны рассматриваться, в том числе, и вопросы экологической обстановки по трассам ВЛ, пересекающих водоемы. При необходимости следует предпринять ряд организационно-технических мер по снижению электромагнитного влияния ВЛ на обитателей пересекаемых водоемов.

3. Уменьшения напряженности электромагнитного поля под ВЛ (в том числе и в водной среде) можно добиться сокращением расстояния между фазами ВЛ, т.е. применением различных конструкции компактных ВЛ повышенной пропускной способности.

4. При проектировании многоцепных ВЛ с вертикальным расположением фаз уменьшения интенсивности ЭМ поля можно добиться с помощью соответствующей фазировки проводов различных цепей.

5. При необходимости снижения уровня ЭМП поля на действующих ВЛ с горизонтальным расположением фаз на опорах с металлом в окне опоры можно устанавливать на локальных участках изолирующие распорки, сближающие провода.

6. Снижение интенсивности ЭМ в водной среде может быть достигнуто с помощью прокладки дополнительных проводов в водоеме.

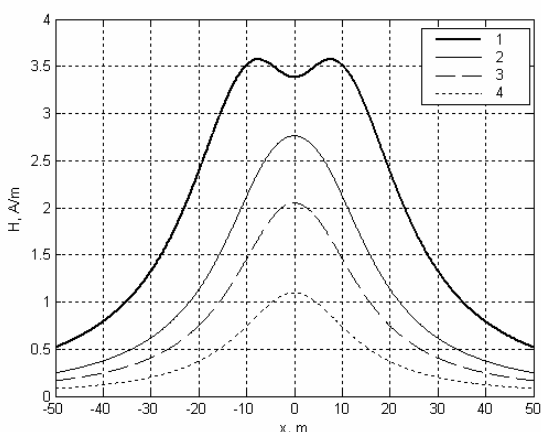


Рис 8. Распределение напряженности магнитного поля в поперечном профиле: 1 – без изолирующих распорок, 2, 3 и 4 – изолирующие распорки длиной 6, 4 и 2 м, соответственно

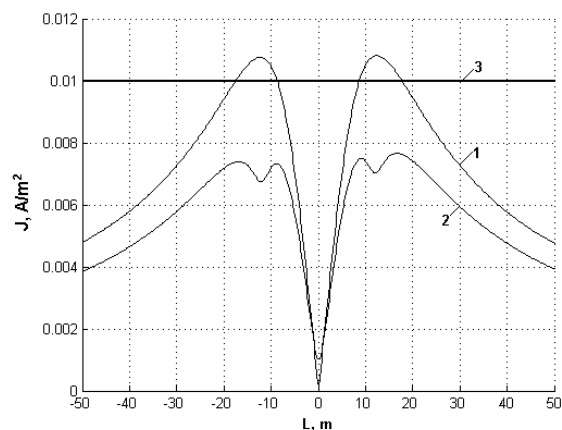


Рис 9. Распределение плотности продольного тока в водной среде под ВЛ 500 кВ при неблагоприятных условиях: 1 – при отсутствии дополнительных проводников; 2 – при прокладке дополнительных проводников; 3 – порог реакции возбуждения некоторых видов рыб

ЛИТЕРАТУРА

1. Rashkes V.S., Lordan R. Magnetic field reduction methods: efficiency and cost // PE-076-PWRD-0-11-1996.
2. Мессерман Д.Г. Электрическое поле в пресноводных водоемах вблизи переходов воздушных линий электропередачи // Исследование электрического поля линий и подстанций высокого напряжения переменного и постоянного тока: Сб. науч. тр. НИИПТ. Л.: Энергоатомиздат.-1985.-С.27-31.