

$$\begin{cases} aU_3^4 + bU_3^3 + cU_3^2 + dU_3 + e = 0 \\ U_2 = f(U_3) \\ S_1 = h(U_2, U_3) \end{cases},$$

где a, b, c, d, e – комплексные коэффициенты, определяемые через параметры системы и известные параметры режима.

Первое уравнение системы решается по методу Феррари [2], который понижает порядок уравнения с получением двух квадратных и одного кубического уравнения. В свою очередь корни кубического уравнения находятся по формулам Кардано.

Результатами работы являются: 1. аналитическое решение задачи расчета установившегося режима схемы «теругольник»; 2. условия существования установившегося режима в исследуемой сети.

Литература

1. Томкевич А. П., Янушкевич О. А. О точном решении системы уравнений узловых напряжений в форме баланса мощности. Вестник БГПА. №1. 2002. С. 63–65.
2. Курош А. Г. Курс высшей алгебры – М.: Наука, 1968. – 431 с.

УДК 621.316.1.064.2

ВЛИЯНИЕ ЭЛЕКТРОУСТАНОВОК ВЫСОКОГО НАПРЯЖЕНИЯ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ

А.А. Марченко, О.В. Микулич, А.Н. Парков

Научный руководитель К.Ф. СТЕПАНЧУК, д.т.н., профессор

Линии 330, 500, 750 кВ – внушительные и своеобразно красивые сооружения. Глядя на них издали, испытываешь чувство гордости за огромные технические достижения современности. Однако когда подходишь к линии ближе, к этому чувству примешивается внутреннее беспокойство. Линия шумит и потрескивает, коронируя. Непосредственно под линией сверхвысокого напряжения акустический шум достигает 60–80 дБ. На некотором расстоянии от линии шум заметно ослабевает.

Какие предлагаются методы борьбы с шумом? Можно снижать напряженность на поверхности провода, предупреждая коронирование, но это ведет к новым и немалым вложениям средств в провода. Можно расширить зону ограничений. Разумное сочетание указанных методов помогает решить эту проблему.

Коронирующая линия интенсивно излучает электромагнитные волны в широком диапазоне частот от 1 кГц до 100 МГц и более. При этом в зоне линии нарушается работа приемников, телевизоров и вы-

сокочастотная связь. Радиопомехи сильно возрастают во время дождя туманов.

Линии электропередач проходят по полям и лесам, пересекают дороги и реки. Территории, расположенные под воздушными линиями и вблизи них, очень большие – десятки тысяч квадратных километров. Неужели вся эта земля будет потеряна для хозяйственной деятельности людей? Безусловно, нет! Ходить и работать под линиями все-таки необходимо. Пусть не очень долго и не везде – время и место можно сознательно ограничить, однако находиться под линиями приходится.

До середины 50–х годов вопрос этот почти не обсуждался. Подолгу работая или прогуливаясь под линиями на подстанциях напряжением 3–220 кВ, люди как будто не испытывали никаких неприятных ощущений. Шум от короны во время дождя сливался с окружающим звуковым фоном и особых протестов не порождал. Но вот построили линии и подстанции 500 кВ, и положение резко изменилось. Шум заметно усилился, кроме того, дежурные электрики и ремонтный персонал, которым подолгу приходилось находиться вблизи таких линий или на территории подстанций, начали жаловаться на усталость, ощущение беспокойства, головную боль. Было установлено, что причина этих явлений не только в шуме – влияет электромагнитное поле, и в работу срочно подключились физики и медики. Исследования и наблюдения, проведенные в 60–х и в начале 70–х годов, выявили следующее. Человек может без вреда для здоровья работать под линией при напряженностях электрического поля порядка 1–5 кВ/м. Более высокие напряженности, например 20 кВ/м, приводят к появлению и накоплению в организме физиологических нарушений и расстройств. В особенности страдает нервная система. Находиться систематически и подолгу в таких условиях, а тем более работать недопустимо. Кратковременное однократное или периодическое появление в зоне сравнительно высоких напряженностей возможно, но время пребывания должно быть ограничено: при напряженности 15 кВ/м допустимая продолжительность пребывания человека в электрическом поле составляет 1,5 ч, при напряженностях 20–25 кВ/м время сокращается до нескольких минут.

Следовательно, напряженность поля под воздушной линией надо нормировать: большинство специалистов решили, что в местах, где под линией возможно появление людей и животных, она не должна превышать 15 кВ/м. Это мнение было узаконено и стало «нормой».

Отметим еще одно интересное явление, с которым пришлось столкнуться под воздушными линиями и на подстанциях сверхвысокого напряжения. Под линией в области высокой напряженности емкость тела человека непрерывно перезаряжается с частотой 50 Гц. Если

обувь изолирующая, то прикосновение к заземленному объекту вызовет разряд этой емкости. Искра и ток могут быть не только неприятными, но даже опасными (при токах свыше 5–10 мА) для человека. Еще опаснее разряд емкости автобуса или автомашины на резиновом ходу через тело человека на землю. Представьте, что автобус остановился под действующей линией сверхвысокого напряжения, а вы пытаетесь в него войти. Возникнет крайне опасная ситуация. Несложные расчеты показывают, что ток, который пройдет через тело в момент (и после) прикосновения человека к ручке двери автобуса, может достигать критических величин. Нельзя автобусу останавливаться под линией, и тем более нельзя в это время входить в него и выходить из него!

А как быть с трактором, вспахивающим зябь, или с любой другой техникой в районе воздушных линий? Совершенно очевидно, что эту технику надо заземлять, а людей, которые на ней работают, обучить специальным мерам безопасности и обязательно оговорить время их пребывания под воздушными линиями или в районе их.

УДК 621.315

АНАЛИЗ МЕТОДОВ РАСЧЕТА ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ РЕЖИМОВ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМ

А.В. Комар

Научный руководитель А.П. ТОМКЕВИЧ

Для эффективного управления электрическим режимом энергосистемы, желательным является расчет установившегося режима в реальном времени, что невозможно без непосредственного использования средств телемеханики и ЭВМ. Задача расчета установившегося режима может выступать как самостоятельный вопрос, а также как подзадача в более сложных расчетах (например, оптимизационных). В связи с этим актуально исследование путей совершенствования существующих и разработка новых методов расчета установившегося режима. Ключевой проблемой этого вопроса является получение алгоритма расчета, дающего гарантированное решение задачи в случае существования режима. К сожалению, используемые в настоящее время итерационные методы расчета не обладают указанным свойством.

Определяющую роль при выборе метода расчета режима играет принятая физическая модель сети (в практических расчетах – это нелинейная схема замещения с сосредоточенными параметрами). В результате получаем нелинейную систему алгебраических уравнений.

При использовании итерационных методов расчета значительное влияние оказывает форма записи уравнений системы. Эмпирически