

Осипов Владимир Александрович

канд. техн. наук, доцент, заведующий кафедрой

Колесников Сергей Святославович

инженер

ФГБОУ ВО «Ростовский государственный

университет путей сообщения»

г. Ростов-на-Дону, Ростовская область

ЭНЕРГИЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ПОЛЯ КОНТАКТНОЙ СЕТИ И СПОСОБЫ ЕЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ

Аннотация: в данной статье рассмотрен метод бесконтактного отбора мощности тяговой сети с использованием расчета картины поля потенциалов системы влияющих проводов и моделирования поля двухпутного участка железной дороги.

Ключевые слова: бесконтактный отбор мощности.

Энергия электромагнитного поля, окружающего участок железной дороги создает ряд проблем, связанных с задачами электромагнитной совместимости и вопросами влияния электрических железных дорог на соседние линии. Таким образом, возникает идея поиска возможности бесконтактного отбора и преобразования электромагнитной энергии контактной сети, с целью передачи ее линейным устройствам контактной сети, либо другим маломощным потребителям, расположенным вблизи полотна железной дороги.

Как показывают предварительные расчеты, в одном пролете контактной сети (порядка 50 метров) за счет магнитного влияния тяговых токов, протекающих в контактной сети, на концах изолированного от земли проводника, подвешенного на высоте 7 метров, наводится ЭДС, величина которой колеблется от 0 до 15 вольт, в зависимости от величины влияющего тока. Однако, такой источник переменной ЭДС имеет существенный недостаток – кратковременный режим работы, и зависимость величины ЭДС от значений тока, протекающего по

контактной подвеске. Другой путь – отбор энергии электрического поля посредствам емкостной связи между контактной сетью, играющей роль одной обкладки конденсатора, и проводникам, подвешенным в пролете между опорами, и используемым в качестве второй обкладки конденсатора. Рассмотрим более подробно особенности реализации данного метода. Таких особенностей у данного метода два.

Во-первых, подвеску проводника-антенны в пролете между опорами необходимо производить в месте, где потенциал электрического поля будет максимальным. Таким образом, возникает задача поиска метода расчета картины поля потенциалов системы влияющих проводов. Задача весьма упрощается, если все величины, характеризующие поле, зависят только от двух координат. Таковыми и являются контактная сеть и линии ДПР в середине пролета, где влияние опор на конфигурацию поля можно считать ничтожно малым.

Для расчета такой системы идеально подходит известный метод зеркальных изображений, применяемый совместно с первой группой уравнений Максвелла.

$$\begin{aligned}\Phi_1 &= \tau_1 \alpha_{11} + \tau_2 \alpha_{12} + \tau_3 \alpha_{13} + \dots \\ \Phi_2 &= \tau_1 \alpha_{21} + \tau_2 \alpha_{22} + \tau_3 \alpha_{23} + \dots, \\ \Phi_3 &= \tau_1 \alpha_{31} + \tau_2 \alpha_{32} + \tau_3 \alpha_{33} + \dots\end{aligned}\tag{1}$$

В этом случае расчет поля заряженных проводников, расположенных вблизи плоской проводящей поверхности, ограничивающей среду (в нашем случае это поверхность земли) сводится к расчету поля нескольких проводников при отсутствии проводящей среды.

Так как у всех коэффициентов α под знаком логарифма находится дробь, числитель которой всегда больше знаменателя, то все коэффициенты α положительны:

$$\alpha_{km} = \frac{1}{2\pi\epsilon_a} \ln \frac{b_{km}}{a_{km}}; \quad \alpha_{kk} = \frac{1}{2\pi\epsilon_a} \ln \frac{2h_k}{r_k};\tag{2}$$

Система позволяет подсчитать потенциалы заряженных тел по известным общим зарядам тел.

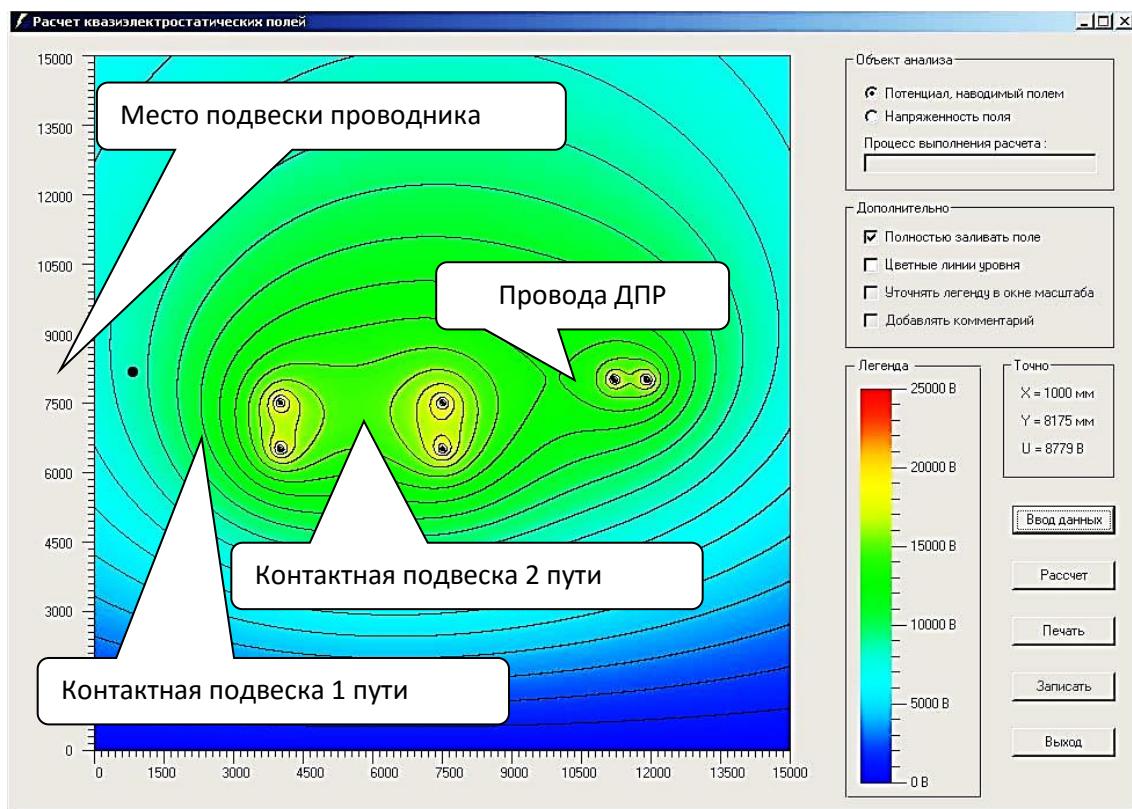


Рис. 1. Поле потенциалов двухпутного участка железной дороги

Используя рассмотренную методику, промоделируем поле двухпутного участка железной дороги и определим место, наиболее целесообразного размещения антенны. Из рисунка 1 видно, что контактная сеть в пространстве создает достаточно мощное электрическое поле, потенциал которого на уровне 7–9 метров вдоль оси опор может достигать 7000–9000 вольт. Однако следует обратить внимание на тот факт, что при достаточно высоком напряжении, наводимом на проводник-антенну, полученный таким образом источник переменной ЭДС, обладает очень высоким внутренним сопротивлением, определяемым емкостью между проводником и системой влияющих проводов. Кроме этого, источник оказывается постоянно нагруженным на сопротивление емкостной связи проводник-земля.

Расчеты рабочей емкости проводника-антенны по отношению к системе высоковольтных проводов электротяговой сети показали, что в зависимости от геометрии подвески антенны и расположения высоковольтных проводов величина рабочей емкости колеблется в интервале от $9,42 \cdot 10^{-3}$ мкФ/км до

$18,29 \cdot 10^{-3}$ мкФ/км. Собственная емкость антенны по отношению к земле при изменении высоты его подвеса в пределах от 7 м до 4 м составляет $6 \cdot 10^{-3}$ – $11 \cdot 10^{-3}$ мкФ/км.

Составим расчетную схему (рисунок 2) подключения нагрузки R к источнику переменной ЭДС. На этой схеме обозначим C_{ka} – емкость между проводником-антенной и системой влияющих проводов, C_{az} – емкость между антенной и землей.

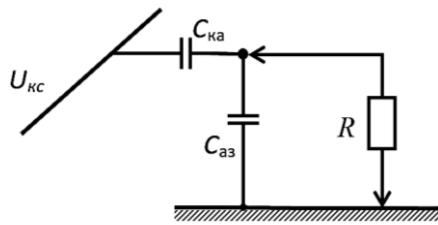


Рис. 2. Расчетная схема

Анализ режимов работы схемы, изображенной на рисунке 2 позволяет утверждать, что на активном сопротивлении нагрузки будет выделяться активная мощность, значение которой может достигать 25 Вт. Однако отбор таких значений мощности становится возможным только при чрезвычайно малых токах, протекающих по сопротивлению нагрузки – порядка 2 мА. (эта величина определяется значением емкости C_{ka}).

Для использования принимаемой таким образом электроэнергии, особенностью которой является достаточно высокое напряжение – до 9000 В и весьма малый ток – 0,002 А необходима разработка устройства, преобразующего получающую энергию к более низкому напряжению и соответственно повышающему значение допустимых токов.