

УДК 621.315.1

Беспроводная передача электрической энергии на расстояние

Качанов А.В., Герасимович А.С.

Научный руководитель: Олешкевич М.М., к.т.н., доцент

Общеизвестный факт, что провода линий, изготовленные из алюминия или меди, являются проводящими каналами, вдоль которых движется поток электромагнитной энергии от генератора к приемнику и обратно к генератору. Максимальная передаваемая мощность ЛЭП ограничивается потерями на сопротивлении линии, максимальным напряжением, которое определяется электрической прочностью изоляции и электромагнитной устойчивостью линии. В современном мире устойчивость обеспечивается жёстким регулированием параметров линии с помощью быстродействующих шунтовых реакторов и последовательной емкостной компенсацией с целью исключения перетоков реактивной мощности и подавления резонансных свойств линии. Однако для передачи электрической энергии не обязательно пользоваться металлическими проводами. Существуют методы для передачи электричества только по одному проводу. Можно вообще не использовать провода, или использовать в качестве проводов альтернативные среды. Ниже приведены некоторые способы передачи электрической энергии.

Первый способ передачи электрической энергии заключается в использовании эффекта резонанса. При подключении передатчика к внешней сети возле него формируется электромагнитное поле, которое воспринимается другим передатчиком, настроенным в резонанс с первым и подключённым к потребителю. Примерно то же самое происходит и в обычных трансформаторах (их обмотки не соединены между собой), но на меньшем расстоянии. В качестве передатчиков могут выступать, например медные катушки. По мере удаления от источника напряженность магнитного поля падает пропорционально квадрату расстояния – так что передавать энергию на сколько-нибудь большие дистанции с помощью индукции не представляется возможным, однако в комнатных масштабах, задача оказывается вполне решаемой. Отсюда следует, что решена проблема с появлением в зоне действия беспроводной зарядки «несанкционированных» токов: само по себе поле достаточно слабо, и лишь резонанс позволяет добиться передачи значительных количеств энергии на приемник.

Наиболее эффективное из созданных к этому моменту устройств состоит из 60-сантиметровых медных катушек и магнитного поля частотой в 10 мегагерц (рис. 1). Оно позволяет передавать энергию на расстояние в два метра с 50-процентной эффективностью. Проводятся исследования с серебром и другими материалами с целью уменьшить размер катушек и увеличить эффективность. Разработана технология с 75-процентной эффективностью, но на расстоянии до 1 метра. Учёные надеются достичь 80 процентной эффективности передачи.

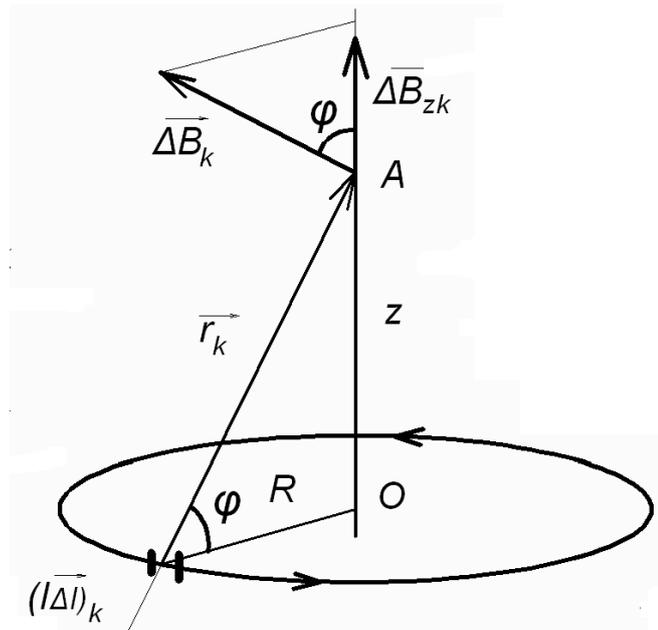


Рис. 1 Магнитная индукция, создаваемая витком с током.

Модуль вектора индукции:

$$\begin{aligned}
 B &= \sum_k \Delta B_{zk} = \sum_k \frac{\mu_0 \cdot (I \cdot \Delta l)_k}{4 \cdot \pi \cdot r^2} \cdot \cos \varphi = \frac{\mu_0 \cdot I \cdot \cos \varphi}{4 \cdot \pi \cdot r^2} \cdot \sum_k (\Delta l)_k = \\
 &= \frac{\mu_0 \cdot I \cdot \cos \varphi}{4 \cdot \pi \cdot r^2} \cdot 2 \cdot \pi \cdot R = \frac{\mu_0 \cdot I \cdot R}{2 \cdot \pi \cdot r^2} \cdot \cos \varphi
 \end{aligned}$$

Если учесть, что

$$\cos \varphi = \frac{R}{r}$$

то получим:

$$B = \frac{\mu_0 \cdot I \cdot R}{2 \cdot r^2} \cos \varphi = \frac{\mu_0 \cdot I \cdot R^2}{2 \cdot r^3} = \frac{\mu_0 \cdot I}{2} \cdot \frac{R^2}{(R^2 + z^2)^{\frac{3}{2}}}$$

Если рассмотреть выражение для индукции поля на оси кольца на расстояниях значительно больших радиуса кольца $z \gg R$. В этом случае формула упрощается и приобретает вид:

$$B = \frac{\mu_0 \cdot I}{2} \cdot \frac{R^2}{(R^2 + z^2)^{\frac{3}{2}}} \approx \frac{\mu_0 \cdot I}{2} \cdot \frac{R^2}{z^3} = \frac{\mu_0 \cdot I}{2 \cdot \pi} \cdot \frac{\pi \cdot R^2}{z^3} = \frac{\mu_0 \cdot p_m}{2 \cdot \pi \cdot z^3}$$

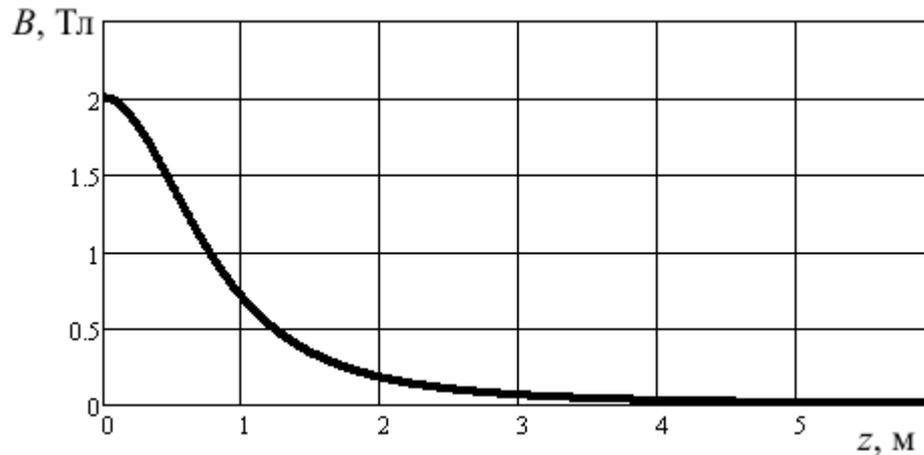


Рис. 2 График зависимости магнитной индукции от расстояния до центра витка

Как видно из выше изложенного, передача энергии на большие расстояния является малоэффективной и для промышленной передачи энергии на большие расстояния непригодной.

Заменить два провода линии электропередач одним возможно, включив в цепь перед потребителем, преобразователь (диодный мост или вилку Авраменко). При использовании в качестве провода линии альтернативных сред: трубку из полиэтилена, заполненную водопроводной или морской водой, пластиковый лоток с землей, пленку двуокси олова-окси индия (ITO) на стекле, графитовую нить, линия должна находиться при резонансе напряжений с частотой 1-25 кГц.

Замена проводящего канала из металлического проводника на канал из неметаллических проводящих материалов не вызывает уменьшения передаваемой мощности однопроводной электрической системы и нагрева материала проводящих каналов, последовательное соединение которых также не приводит к уменьшению передаваемой мощности. Разрыв цепи в проводящем канале из воды путем создания воздушного промежутка приводит к возникновению дугового разряда реактивного емкостного тока, однако этот разряд не вызывает повышения температуры воды, что подтверждает отсутствие потерь энергии в проводящем канале. Увеличение температуры воды не приводит к снижению передаваемой мощности. Отмечено уменьшение pH воды от нейтрального значения до 4. Увеличение концентрации морской соли в воде до уровня 5-7 г/л не увеличивало передаваемую мощность по сравнению с водопроводной водой. Однако замена водопроводной воды на деонизованную воду(лишённую всех примесей) приводит к снижению передаваемой мощности на 100%.

Проводящие каналы из неметаллических материалов в однопроводной энергетической системе в резонансном режиме имеют квазисверхпроводящие свойства. Возможным объяснением этого эффекта являются отсутствие активного тока проводимости в канале и главная роль в передаче энергии токов смещения, для которых закон Джоуля-Ленца не выполняется.

В режиме резонанса напряжений, действующие значения напряжений на индуктивности высоковольтных обмоток и проводящего канала, межвитковой емкости обмоток и емкости проводящего канала равны при противоположных фазах, а потери от прохождения емкостного зарядного тока через активное сопротивление проводящего канала ничтожно малы. Потери на корону и утечки токов могут быть снижены за счет изоляции проводящего канала. В данном случае активный ток и магнитное поле линии равны нулю, а электрическое поле линии имеет максимальное значение. Как и в

обычных линиях электропередач, максимальная передаваемая мощность ограничена зарядной мощностью линии. Угол между векторами напряжения в начале и в конце линии равен нулю. В то время как в обычных линиях напряжение вдоль них изменяется незначительно, а угол между векторами напряжений в начале и в конце составляет величину, пропорциональную волновой длине линии. Добротность однопроводной энергетической системы при частоте 5 кГц в 100 раз выше обычных линий электропередач при частоте 50 Гц, что в условиях резонанса приводит к значительному увеличению напряжения и передаваемой мощности вдоль проводящего канала.

Получение проводящего канала, возможно путем ионизации ионов воздуха лазерным лучом. Неодимовый лазер с удвоением частоты с энергией в импульсе один джоуль способен создать концентрацию ионов в воздухе 10 в 15 см в -3степ., достаточную для инициации стримеров и передачи электрической энергии по проводящему каналу. Потенциал ионизации, время жизни ионов и возбужденных состояний молекул, коэффициент многофотонного поглощения определяют предельную длину проводящего канала в атмосфере 300 км и его волновое сопротивление 200-400 Ом. Необходимое напряжение однопроводной энергетической системы составляет от 0,5 МВ до 15 МВ в зависимости от длины канала.

Таким образом, для передачи электрической энергии при частоте 1-25 кГц и выше в резонансном режиме возможно использование однопроводного канала из следующих неметаллических проводящих сред: воды, влажной земли, углепластика, окисных пленок, ионизированных воздушных каналов в атмосфере. Указанные неметаллические проводящие каналы в резонансном режиме имеют ничтожно малые потери на сопротивлении по сравнению с металлическими проводниками, используемыми в нерезонансных методах передачи электрической энергии с помощью активных токов проводимости в замкнутой цепи. Электрическая энергия в резонансном режиме может передаваться с малыми потерями от источника к приемнику, вдоль однопроводного канала из неметаллических проводящих материалов на частоте 1-25 кГц и выше на любое расстояние и в любом направлении относительно Земли. Передаваемая мощность ограничена, как и в обычных линиях электропередач, зарядной мощностью линии.

На основе вышесказанного, можно сделать следующее заключение: в ряде стран предпринимаются значительные усилия по разработке метода беспроводной передачи энергии или передачи её с помощью альтернативных сред. На сегодняшний день можно констатировать, что несмотря на достаточно большое количество разработок в данной области ни одна из них не может претендовать на реальную практическую реализацию в промышленных масштабах ввиду низкого к.п.д., большой опасности.

Литература

1. Гашилов А.М., Дмитриев Е.В., Пивчик И.Г. Численный анализ волновых процессов в электрических сетях.- Новосибирск: Наука, 2003.- 147 с.
2. Сверхпроводящие машины и устройства./ Под ред. С. Фонера, Б. Шварца-М.: «Мир», 1977. -763 с.