

УДК 3937

DOI 10.21661/r-113036

*В.А. Осипов, С.С Колесников*

## МОДЕЛИРОВАНИЕ МАГНИТНОГО ПОЛЯ УЧАСТКА ЖЕЛЕЗНОЙ ДОРОГИ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА

*Аннотация:* в данной статье рассмотрены оптимальные места размещения проводника для отбора энергии магнитного поля с использованием моделирования картины поля для однопутного и двухпутного участков железной дороги.

*Ключевые слова:* бесконтактный отбор мощности.

*V.A. Osipov, S.S. Kolesnikov*

## SIMULATION OF MAGNETIC FIELD ON THE RAILWAY SECTION OF ALTERNATING CURRENT

*Abstract:* the article deals with optimal conductor placement to select the magnetic field energy using field image simulation for single-track and double-track railway sections.

*Keywords:* contactless power selection.

Любая электрическая цепь при протекании по ней переменного тока создаст в окружающем пространстве переменное электромагнитное поле. Это поле создает во всех проводящих конструкциях, находящихся в зоне его действия, индуктированную ЭДС. Степень влияния зависит от симметричности цепей, как влияющих, так и подверженных влиянию. Излучение от тяговой сети в настоящее время никак не используется для народно-хозяйственных нужд. 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. Чтобы обеспечить отбор мощности с наибольшим КПД необходимо определить места, где такой

отбор производить наиболее эффективно. Для решения поставленной задачи на первом этапе необходимо выполнить расчет картины магнитного поля участка железной дороги.

Влияющую цепь электрической железной дороги представляет контур, включающий тяговую сеть, тяговую подстанцию и локомотив. В формировании общей картины электромагнитного поля тяговой сети участвуют провода контактной сети, линии ДПР, питающие и отсасывающие провода, а также рельсы с распределенной проводимостью относительно земли и сама земля.

Для решения поставленной задачи моделирования картины поля необходимо однозначно задаться величинами токов, протекающих во всех проводниках, определяющих картину магнитного поля участка ж.-д., поэтому при выполнении расчетов будем руководствоваться следующими соображениями. Как известно (1): во-первых, при переменном токе тяговая составляющая тока в рельсах падает значительно быстрее, чем при постоянном токе. Это объясняется тем, что полное сопротивление рельсов много больше омического и длины фидерных зон при переменном токе значительно больше. То есть при достаточно большом расстоянии от нагрузки до подстанции в рельсах будет протекать только вихревой ток, и можно считать, что ток в рельсах пропорционален току в контактной подвеске.

Во-вторых, эквивалентное сопротивление цепной контактной подвески, состоящей из медного троса и провода,  $Z_{\text{эк}}$ , может быть определено по выражению (1):

$$Z_{\text{эк}} = \frac{Z_K Z_T - Z_{KT}^2}{Z_K + Z_T - 2Z_{KT}} \quad (1)$$

где  $Z_K$  – сопротивление контактного провода (КП);

$Z_T$  – сопротивление несущего троса (НТ);

$Z_{KT}$  – сопротивление взаимоиנדукции КП и НТ.

Анализ выражения (1) показывает, что ток между контактным проводом и несущим тросом делится приблизительно поровну, т.е. несущий трос и контактный провод можно рассматривать как расщепленный провод.

При расчете будем считать поле квазистационарным, и для определения напряженности магнитного поля в пространстве, окружающем кабель будем пользоваться законом полного тока, применительно одиночного проводника, расположенного в неферромагнитной среде:

$$H = \frac{I}{2\pi R} \quad (2)$$

где  $I$  – мгновенное значение тока в проводнике

$R$  – расстояние до точки, в которой определяется  $H$

Приведенное выражение (2) позволяет решить поставленную задачу, так как критерием допустимости рассмотрения переменного магнитного поля около проводов контактной сети и рельсового пути в отдельные моменты времени как поля постоянных токов может служить соотношение между линейными размерами области, в которой рассматривается поле, и длиной электромагнитной волны.

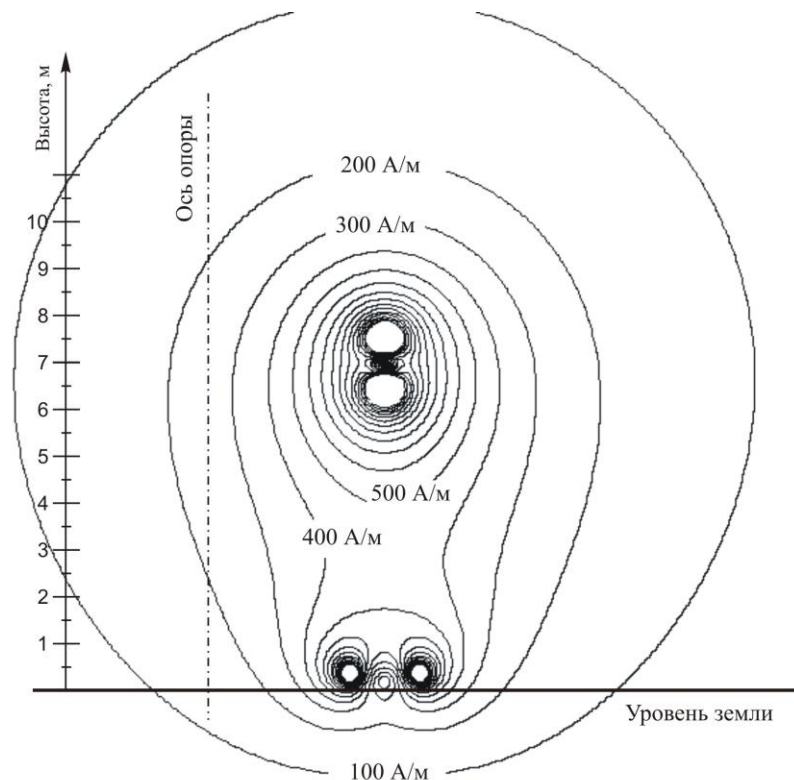


Рис. 1. Картина магнитного поля однопутного участка

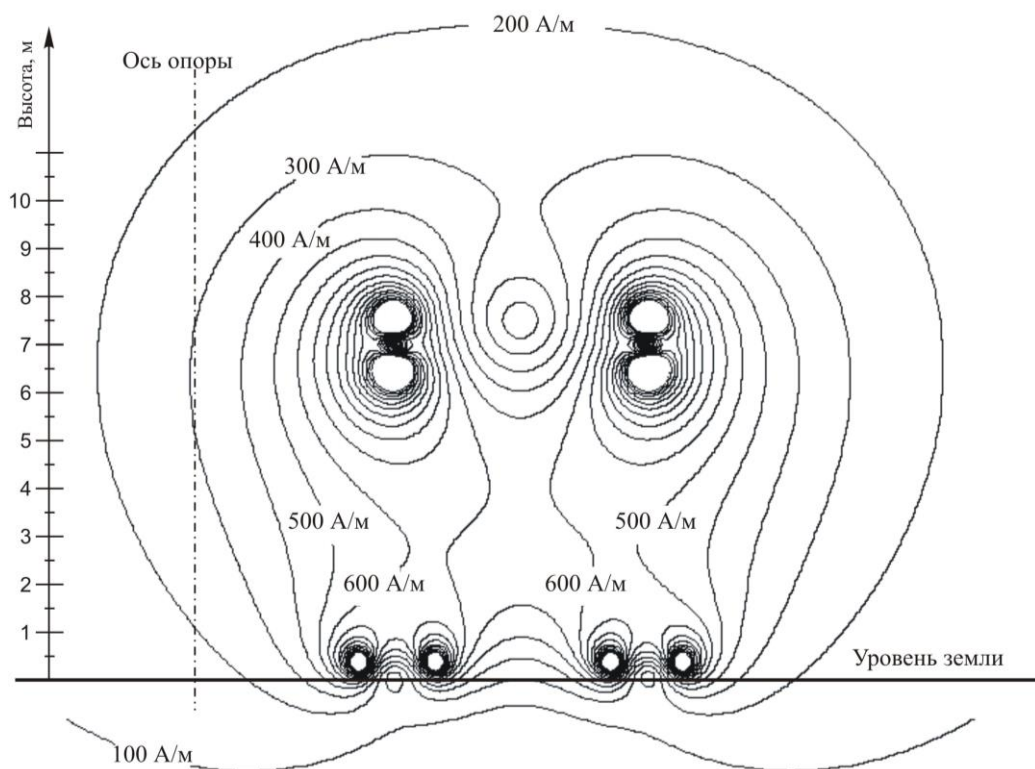


Рис. 2. Картина магнитного поле двухпутного участка

На рисунках 1 и 2 в качестве примера представлены результаты моделирования картины напряженности магнитного поля однопутного и двухпутного участков, при условии, что на опорах контактной сети отсутствуют прочие влияющие линии – трос группового заземления, линии ДПР и др.

При определении места оптимального размещения проводника для отбора энергии магнитного поля необходимо учесть тот факт, что величина ЭДС, наводимой в проводнике будет прямо пропорционально зависеть от индукции  $B$  магнитного поля в месте подвеса проводника.

Известно (2), что  $B$  и  $H$  в воздухе связаны линейной зависимостью, а, следовательно, задача определения оптимального места размещения проводника будет сводиться к поиску точки с максимальной напряженностью магнитного поля, расположенной на линии совпадающей с осью опоры контактной сети. Полученные зависимости (рисунок 1 и 2) позволяют однозначно определить эти точки: для двухпутного участка – 6,1 м., для однопутного – 6,5 м над поверхностью земли. Важно отметить, что место расположения проводника необходимо определять, учитывая особенности участка ж.-д.

***Список литературы***

1. Марквардт К.Г. Электроснабжение электрических железных дорог: учебник для вузов ж.-д. транспорта // Транспорт. – М., 1965.

2. Нейман Л.Р. Демирчян К.С. Теоретические основы электротехники. Т. 2: Учебник для вузов // Энергия. – Л., 1967.

---

**Осипов Владимир Александрович** – канд. техн. наук, доцент, заведующий кафедрой теоретических основ электротехники ФГБОУ ВО «Ростовский государственный университет путей сообщения», Россия, Ростов-на-Дону.

**Osipov Vladimir Alexandrovich** – candidate of technical sciences, assistant professor, head of Electrical Engineering Theory Chair FSBEI of HE “Rostov State Transport University”, Russia, Rostov-on-Don.

**Колесников Сергей Святославович** – инженер ФГБОУ ВО «Ростовский государственный университет путей сообщения», Россия, Ростов-на-Дону.

**Kolesnikov Sergey Svyatoslavovich** – engineer of FSBEI of HE “Rostov State Transport University”, Russia, Rostov-on-Don.

---