

БЕСКОНТАКТНОЕ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕ ТРАНСПОРТНЫХ МАШИН БУДУЩЕГО

М.В.Чашко, Г.В.Демченко, В.А.Цыганков
ДНТУ

Передача електричної енергії на транспортну машину без електричного контакту, за допомогою магнітного поля, підвищує надійність електроживлення, знижує небезпеку електричного травматизму і знижує вірогідність вибуху на вибухонебезпечних виробництвах. У майбутньому таке електроживлення може бути використане для міського і шахтного транспорту.

Статья посвящена технологиям передачи электрической энергии на подвижный объект без электрического контакта, посредством электромагнитного поля.

Актуальность ее обусловлена повышением производительности и надежности, которые обеспечивает передача энергии без механического контакта на транспортную машину. Механическое взаимодействие вызывает износ и разрушение контактных приводов и токосъемника от трения и от электрической дуги, возникающей при разрыве контакта во время движения. На ряде производств искрение контакта недопустимо из-за возможности возникновения взрыва (угольные шахты, химические и нефтеперерабатывающие предприятия и др.). Применение аккумуляторов ограничивает производительность транспортных машин и создает высокую аварийность откатки: из-за ограниченной емкости аккумулятора производительность машины в 2-3 раза меньше возможной, а при коротком замыкании внутри аккумуляторной батареи она становится источником пожара, так как отключить ток невозможно. Проблема устранения электрического контакта решается использованием для передачи энергии магнитного поля. Для шахтных электровозов эта проблема решена в Национальной горной академии Украины (академик Г.Г. Пивняк) [1], для внутривозовского транспорта – в Техническом университете г. Брауншвейг, Германия, (доктор Й.Мейнс) [2], для городского пассажирского транспорта – в Ливерморской Национальной лаборатории им. Лоуренса, США [3].

Составными элементами бесконтактного электропитания являются тяговая линия, энергоприемник и источник энергии (рис.1).

Тяговая линия представляет собой изолированный проводник (кабель), расположенный вдоль трассы движения транспортного сред-

ства (например, электровоза), над ним или в полотне дороги, по которой оно движется.

Энергоприемником являются витки изолированного провода с магнитопроводом или без него, расположенные вдоль электровоза.

Источник энергии в известных системах – устройство, преобразующее трехфазный ток промышленной частоты в однофазный ток высокой частоты ($10^4 - 10^5$ Гц). При импульсном электропитании в качестве источника используется непосредственно сеть тока промышленной частоты. Тяговая линия подключена к источнику питания, энергоприемник соединен с приводом электровоза.

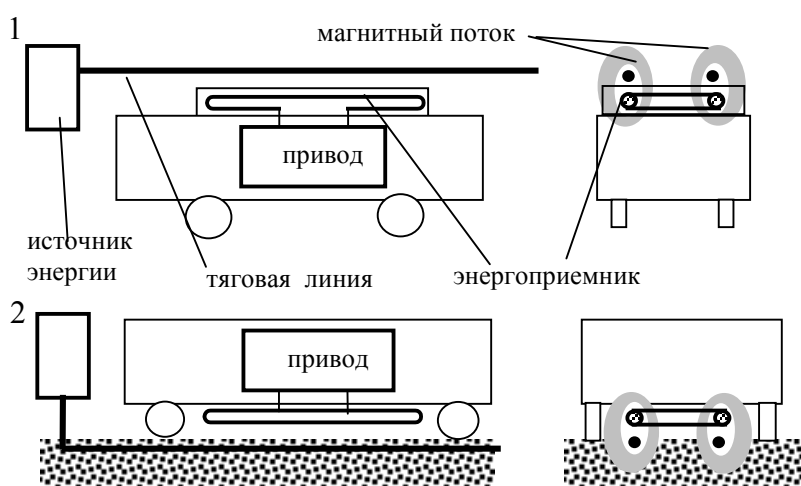


Рис. 1. Схема индукционного электропитания:

- 1 – с подвешенной тяговой линией,
- 2 – с линией в полотне дороги.

Ток от источника проходит по тяговой линии, создавая около нее магнитный поток, изменяющийся во времени. Он индуцирует в энергоприемнике ЭДС, которая используется для перемещения машины. В результате она способна совершать транспортную работу без электрического контакта с тяговой линией.

Прохождение тока по тяговой линии сопровождается потерями мощности в ее сопротивлении и в окружающем пространстве, например, в крепи выработки и в горных породах, так как в них индуцируется ЭДС.

Идея передачи энергии на подвижный объект электромагнитной индукцией появилась после изобретения генератора переменного тока и трансформатора – в 1885 году. Она была забыта, затем снова появилась в 1922 году, снова была забыта, и, наконец, в 1938 г. А.А.Пистолькорс проделал количественный анализ возможности электропитания магнитным потоком высокой частоты. В 40-х годах Г.И.Бабат реализовал эту идею в виде тележки с бесконтактным высокочастотным электропитанием от кабеля, расположенного под землей. В конце 40-х годов рассматривалась возможность перевода на бесконтактное электропитание городского транспорта г. Киева. Несмотря на обнадеживающие опубликованные результаты, бесконтактное элек-

тропитание для общественного транспорта в Украине не стало развиваться, а стало развиваться как альтернатива аккумуляторам для шахтных электровозов. В 50-х – 80-х годах Н.А.Староскольским, затем Г.Г.Пивняком выполнены теоретические и организованы опытно-конструкторские работы, результатом которых стали несколько опытных партий бесконтактных электровозов.

За рубежом Министерство энергетики США заказало Ливерморской Национальной лаборатории им. Лоуренса анализ технической осуществимости бесконтактного электропитания. Результатом работы лаборатории было утверждение его целесообразности и развертывание научно-исследовательских работ по проблеме электромотоцикла с бесконтактным подводом энергии от подземного кабеля [3]. Был создан в 1988 г. электробус с бесконтактным электропитанием. Линия, заключенная в разомкнутый магнитопровод, обтекается током 800 Гц от специального преобразователя, магнитный поток линии замыкается через воздушный зазор и магнитопровод энергоприемника.

В 90-х годах в Германии (Технический университет, г. Брауншвейг, Й.Мейнс) создана система индукционного электропитания, в которой тяговая линия состоит из секций длиной 40-60 м, каждая секция питается от своего преобразователя частоты 60 Гц / 20 кГц [2].

Исследования по бесконтактному электропитанию поставлены в ДонНТУ в 80-х годах, с целью осуществить его непосредственно от сети переменного тока, чтобы исключить преобразователь частоты. Были созданы теоретические основы и экспериментальный образец, испытанный в шахтных условиях.

Появление запираемых тиристоров, IGBT транзисторов и интегральных модулей на их основе позволило передавать энергию так, что в большей части линии она проходит на частоте 50 Гц или постоянном токе и не рассеивается в пространство, а на участке, где находится транспортная машина, образуются импульсы, способные передать энергию через воздушный промежуток в энергоприемник транспортной машины [4] (рис. 2). В линию постоянного или переменного тока включены ключи и накопители энергии (емкости или индуктив-

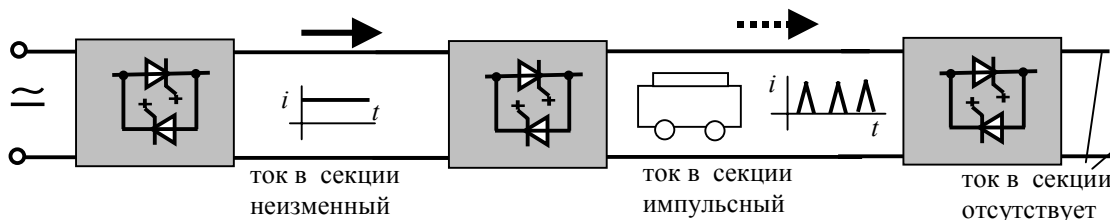


Рис. 2. Схема индукционного электропитания импульсами произвольной частоты.

ности). Программа замыкания – размыкания ключей обеспечивает создание импульсов тока и магнитного потока на участке линии, где находится транспортная машина. На других участках ток либо отсутствует, либо постоянный или переменный промышленной частоты.

Предпосылками применения бесконтактного электропитания в будущем является устранение механического контакта, упразднение наземной части контактной сети и снижение взрывоопасного искрения. Предполагается, что эти факторы преобладают над некоторым снижением энергетической эффективности (КПД 70-80%) и необходимостью капитальных затрат на освоение.

Выводы: 1. Для бесконтактного электропитания существует ниша в электроэнергетике. Ее признаки: условия, при которых электрический контакт ненадежен (например, при высоких скоростях движения). Условия, при которых неизолированная линия может вызвать травматизм или пожар (ограниченные пространства тоннелей, шахтных выработок и т.п.). Условия, при которых неизолированная линия невозможна из-за высокой электропроводности окружающей среды (вода, электропроводная пыль и т.п.).

2. Основными проблемами бесконтактного электропитания являются повышенные потери энергии в тяговой линии при передаче ее током высокой частоты и необходимость в преобразовании тока 50 Гц или постоянного в ток высокой частоты.

3. Идеальная система бесконтактного электропитания (обеспечивающая электропитание транспортной машины с минимальными потерями энергии при минимальной материалоемкости) должна иметь следующие свойства: минимальная длина участка линии, в которой ток имеет высокую частоту; минимальное количество преобразователей частоты; минимальное количество параллельных каналов энергии (на высокой частоте, на промышленной частоте, на постоянном токе).

4. Бесконтактное электропитание технически возможно и целесообразно для ряда условий. Есть основания предполагать, что в будущем оно найдет свою нишу.

Литература

1. Транспорт с индуктивной передачей энергии для угольных шахт / Пивняк Г.Г., Ремизов И.П., Саратикянц А.А. и др. Под редакцией профессора Г.Пивняка. – М: Недра, 1990. – 245 с.
2. Meins J. Contactless power supply for transport systems // Проблемы автоматизированного электропривода. Сб. научн. Трудов Харьковского государственного политехнического университета. Харьков, ХГПУ, 1998. – С.216-220.
3. Мани Л. Транспорт, энергетика и будущее. – Л.: «Мир», 1987. – 155 с.

4. Чашко М.В. Передача электрической энергии без электрического контакта // Збірник наукових праць ДонДТУ. Серія «Електротехніка і енергетика». – Вип. 17. – Донецьк, ДонДТУ. – 2000. – С.92-94.