

ПЕРЕДАЧА ЭНЕРГИИ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ ИНДУКЦИЕЙ

Чашко М.В., Божок Ю.Б.

Статья посвящена индукционному бесконтактному электропитанию на промышленной частоте.

Индукционным бесконтактным электропитанием названо такое, при котором энергия неподвижного источника движущемуся потребителю передается посредством магнитного потока, изменяющегося во времени. Под промышленной частотой понимается частота 50 Гц (за рубежом 60 Гц) переменного тока.

Составными элементами индукционного электропитания являются тяговая линия, энергоприемник и источник энергии.

Тяговая линия представляет собой изолированный проводник (кабель), расположенный вдоль трассы движения транспортного средства (электровоза), над ним или в полотне дороги, по которой оно движется.

Энергоприемник представляет собой витки изолированного провода, расположенные на электровозе или под ним, вытянутые вдоль электровоза.

Источник энергии представляет собой, в общем случае, устройство, преобразующее трехфазный ток промышленной частоты в однофазный ток высокой частоты (10^4 - 10^5 Гц). В настоящей работе в качестве источника используется непосредственно сеть трехфазного тока промышленной частоты. Тяговая линия подключена к источнику питания, энергоприемник подключен к приводу электровоза.

При работе устройства ток от источника проходит по тяговой линии, создавая около нее магнитный поток, переменный во времени. Этот магнитный поток индуктирует в энергоприемнике электродвижущую силу (ЭДС), которая используется как источник энергии для движения электровоза. И в результате электровоз способен 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 или в горных породах, так как в них также индуктируется ЭДС.

Идея передачи энергии на подвижный объект электромагнитной индукцией появилась сразу после изобретения генератора переменного тока и трансформатора – в 80-х годах прошлого века. Она сразу же была забыта, затем снова появилась в 20-х годах, снова была забыта, и, наконец, в 1938 г. А.А. Пистолькорс подошел к проблеме с научных позиций. Он выполнил количественный анализ возможностей электропитания магнитным потоком высокой частоты. В 40-х годах Г.И. Бабат реализовал эту идею в виде тележки с индукционным высокочастотным электропитанием от кабеля, расположенного под землей. В конце 40-х годов рассматривалась возможность перевода городского

транспорта г. Киева на индукционное высокочастотное электропитание. В этой связи было выполнено несколько исследовательских работ (С.И.Тетельбаумом в Киеве и А.С.Филаретовой в Москве, по-видимому, независимо, так как ставились эксперименты по исследованию одного и того же аспекта проблемы – потеря в земле).

Несмотря на обнадеживающие опубликованные результаты, высокочастотное индукционное электропитание как коммунальное не стало развиваться, а стало развиваться как электропитание, альтернативное аккумуляторному 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 электровозов с высокочастотным индукционным электропитанием.

За рубежом об этих работах, по-видимому, не известно, так как Министерство энергетики США заказало Ливерморской национальной лаборатории им. Лоуренса анализ технической осуществимости индукционного электропитания. Результатом работы лаборатории было утверждение о его осуществимости и целесообразности и развертывание научно-исследовательских работ по проблеме электромобиля с индуктивным подводом энергии от подземного кабеля. Был создан в 1988 г электробус с индукционным электропитанием. Прслеживается тенденция в развитии индукционного электропитания в отношении частоты: 30-е годы – 10^7 Гц, 40-е – 10^6 Гц, 50-70-е – 10^4 Гц, 80-е – 10^2 Гц.

Из истории следует:

1. Тенденция развития индукционного электропитания состоит в снижении частоты тока, используемого для передачи энергии от линии к энергоприемнику. Следующее ее значение должно иметь порядок 10^1 , то есть тема настоящей работы совпадает с объективным развитием техники.

2. Основным тормозом для широкого распространения индукционного электропитания являются потери энергии в тяговой линии.

3. Тормозом для распространения индукционного электропитания является необходимость в преобразовании частоты.

Из анализа литературы по индукционному электропитанию сделаны следующие выводы:

1. Задача индукционного электропитания на промышленной частоте движущихся объектов не только не решена, но и не ставилась.

2. Научные основы электропитания существуют только для электропитания на высокой частоте, не менее нескольких килогерц.

3. Высокочастотному питанию имманентно присущи свойства: необходимость в преобразователе частоты; необходимость в компенсации индуктивного сопротивления тяговой линии; необходимость в специальном высокочастотном исполнении кабеля, коммутирующей аппаратуры, конденсаторов и т.д.

Основное назначение индукционного питания – передать энергию с минимально возможными потерями, используя минимальный объем проводнико-

вых и магнитных материалов. При таком питании потери энергии и материалоемкость системы зависят от магнитного потока, скорости его изменения и длины тяговой линии. Они увеличиваются с увеличением потока и длины линии и уменьшаются с увеличением скорости изменения потока.

При постановке исследования следует исходить из основных законов электромагнетизма: магнитный поток образуется вокруг проводника с электрическим током; магнитный поток может переносить энергию в пространстве, если он изменяется во времени; потери энергии от электрического тока пропорциональны длине проводника; интенсивность переноса энергии пропорциональна как величине магнитного потока, так и скорости его изменения.

При использовании этих законов можно показать, что увеличения передаваемой энергии и снижения потерь, а также снижения материалоемкости можно достичь путем увеличения магнитного потока с помощью конденсаторов, а с помощью полупроводниковых элементов можно увеличить скорость изменения магнитного потока и уменьшить длину токопроводящего участка.

Предпосылкой такого решения явилось появление за последние годы новой элементной базы — полностью управляемых полупроводниковых приборов на ток и напряжение более 1 кА и 3 кВ, а также конденсаторов с удельной емкостью до 10 Ф/дм^3 . Это дает основания полагать, что можно осуществить индукционное электропитание непосредственно от сети промышленной частоты. Однако необходимых параметры процесса можно получить только разработкой теоретических зависимостей, существующих при передаче энергии между энергетическими, пространственными и временными параметрами электропитания.

Из изложенного делается вывод, что первоочередной задачей является разработка теории бесконтактного индукционного электропитания от сети промышленной частоты.