

УДК 629.1.04

СПОСОБ ПОЗИЦИОНИРОВАНИЯ КАТУШЕК ДЛЯ СИСТЕМЫ БЕСПРОВОДНОЙ ПЕРЕДАЧИ МОЩНОСТИ ЭЛЕКТРОМОБИЛЮ

Е. В. Коростылев, Н. В. Руденко

Донской государственной технической университет (г. Ростов-на-Дону, Российская Федерация)

В данной статье представлен способ, благодаря которому удастся увеличить эффективность беспроводной передачи мощности между катушкой для передачи мощности и катушкой для приема мощности. Эффективность увеличивается посредством более точного размещения катушек с помощью способа позиционирования катушек, который разделен, в свою очередь, на два этапа. Тем самым способ позволяет уменьшить вероятность некорректной парковки транспортного средства (ТС) перед зарядной станцией.

Ключевые слова: способ позиционирования, беспроводная передача мощности, электромобиль, система заряда, зарядная станция.

METHOD FOR POSITIONING COILS FOR A WIRELESS POWER TRANSMISSION SYSTEM TO AN ELECTRIC VEHICLE

E. V. Korostylev, N. V. Rudenko

Don State Technical University, (Rostov-on-Don, Russian Federation)

This article presents a method by which it is possible to increase the efficiency of wireless power transmission between the power transmission coil and the power receiving coil. The efficiency is increased by more precise placement of coils using the coil positioning method, which is divided, in turn, into two stages. Thus, the method reduces the likelihood of incorrect parking of the vehicle in front of the charging station.

Keywords: positioning method, wireless power transmission, electric vehicle, charging system, charging station.

Введение. На основе анализа литературных источников был сделан вывод, что беспилотные автомобили могут широко использоваться уже в 30-х годах нашего века. В связи с этим актуальным является вопрос зарядки беспилотного электротранспорта, то есть необходимо автоматическое зарядное устройство, которое будет заряжать электромобиль без участия человека беспроводным способом. Беспроводная передача мощности, в свою очередь, осуществляется между катушками посредством электромагнитной индукции.

Основная часть. Эффективная передача мощности возможна только в том случае, когда катушки обращены друг к другу. Чтобы обеспечить такое расположение катушек, в случае с беспилотным автомобилем, необходима система позиционирования катушек. Процесс позиционирования подразделяется на два этапа — первичный и вторичный [1].

Первичный этап позиционирования катушек. Ключевой концепцией первого этапа системы позиционирования является планирование и параметризация основных профилей управления поворота колес и скоростью транспортного средства для достижения желаемой формы траектории движения в пределах доступного пространства непосредственно перед зарядной станцией. Парковочный манёвр выполняется путем последовательных управляемых движений на основе данных, полученных через средство связи и на основе данных, полученных с ультразвуковых датчиков [2].

Ультразвуковые датчики, в свою очередь, необходимы для определения расстояния до препятствий при парковке. Количество датчиков, расположенных по периметру автомобиля, равно 12 (спереди и сзади по 4, справа и слева по 2). На рис. 1 показано расположение датчиков на транспортном средстве.

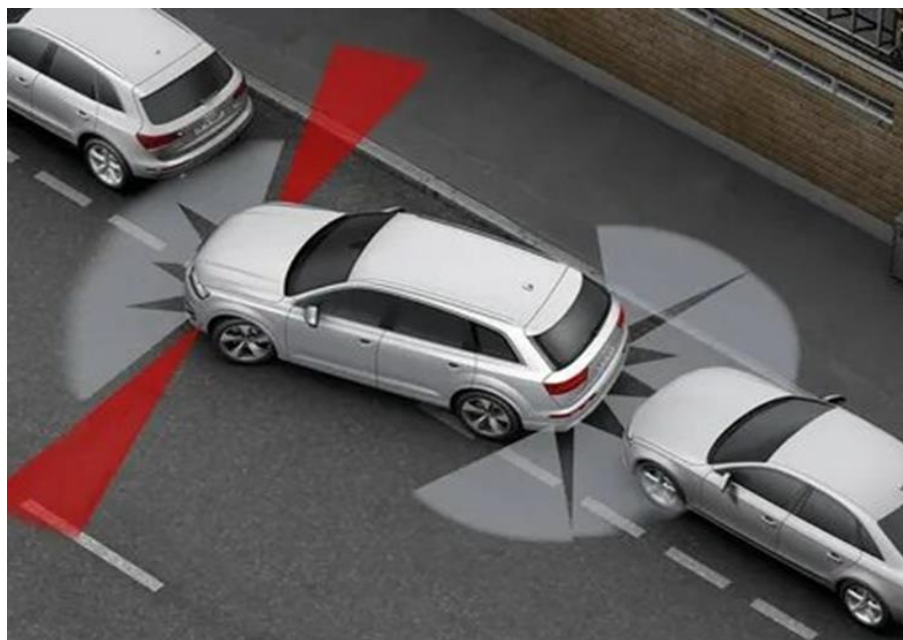


Рис. 1. Расположение датчиков на транспортном средстве

Данные, получаемые с датчиков, считываются блоком обработки данных ультразвуковых датчиков, а затем направляются в контроллер. В контроллере производится расчет одометрии, представляющий собой положение ТС в данный момент времени в двухмерной декартовой системе координат ОХУ. Благодаря этому строится представление о расположении найденных объектов. Также благодаря данным одометрии производится информирование системы о том, на каком месте сгенерированной траектории находится ТС. Что касается определения взаимного расположения ТС и зарядной станции, то оно производится благодаря ультразвуковым датчикам и двухсторонним сигналам между ТС и зарядной станцией, передаваемым с помощью средств связи.

Воздействие системы на рулевое управление, регулятор мощности и тормозную систему выполняется посредством сигналов контроллера на стороне транспортного средства.

Для вычисления одометрии используются данные угла поворота колес и скорости машины. С помощью колесной базы, скорости и угла поворота колес вычисляется угловая скорость ТС по следующей формуле.

$$\omega = (V \cdot \theta) / L, \quad (1)$$

где ω — угловая скорость, рад/с; V — скорость ТС, м/с; θ — угол поворота колес, рад; L — колесная база, м.

Таким образом, система имеет угловую и линейную скорость в каждый момент времени. Для расчета одометрии используются усредненные значения угловой скорости ω и вектора скорости X_v по координате X и Y_v по координате Y . Таким же образом рассчитывается dt разница по времени между двумя измерениями в секундах. После этого происходит вычисление позиции транспортного средства. Вычисление происходит от точки $(X, Y) = (0, 0)$ с ориентацией α_0 машины в начальной x -позиции ТС равной нулю. При вычислении позиции ТС используются формулы 2–4:

$$X = (V_x \cdot \cos(\alpha) - V_x \cdot \cos(\alpha)) \cdot dt \quad (2)$$

$$Y = (V_x \cdot \sin(\alpha) + V_y \cdot \cos(\alpha)) \cdot dt \quad (3)$$

$$\alpha = \alpha_0 + \omega \cdot dt \quad (4)$$

Данные одометрии вычисляются после активации системы позиционирования.

Алгоритм построения траектории разделяется на две части. Первая часть собирает карту препятствий и генерирует точки старта и конца траектории парковки, а вторая генерирует траекторию по имеющейся карте препятствий по требуемым точкам старта и конца парковки. После сбора карты препятствий перед зарядной станцией карта сужается для ограничения области поиска траектории и наносятся ограничения на парковочное место. Ограничения на парковочное место перед зарядной станцией нужны, чтоб исключить генерацию некорректной траектории, по которой ТС способно совершить опасные маневры, например, заехать на бордюр во время парковки.

Вторая часть алгоритма основана на построении траектории по данным карты препятствий и по данным начала и конца траектории. Конец траектории, в свою очередь, находится в том месте, где уже возможна передача электрической мощности между индуктивными элементами. Генерация траектории осуществляется согласно следующему алгоритму. Прокладывается маршрут из точки начала в точку конца траектории методом подбора по мере перемещения по сетки препятствий на одну клетку. Из всех траекторий алгоритм выбирает самую оптимальную.

Необходимо условно задать систему координат в конце траектории для представления о допустимых погрешностях в расположении катушек. А именно ось ОХ будет параллельно оси симметрии ТС, а ось ОУ — соответственно перпендикулярно оси ТС. По этой системе координат в момент завершения первого этапа процесса позиционирования разница координат осей индуктивных элементов по оси ОУ должна быть не более 20 % от диаметра передающей катушки. А разница координат осей индуктивных элементов по оси ОХ не должна превышать 80 %. Такое условие необходимо для того, чтобы была возможность уменьшить межосевое расстояние по оси ОУ на величину не более 5 % от диаметра передающей катушки с помощью управления рулевым механизмом в процессе дальнейшего позиционирования. Уменьшение расстояния между осями катушек по оси ОХ достигается за счет перемещения электромобиля назад (вперед).

Далее производится второй этап позиционирования индуктивных элементов на основании определения величины взаимоиндукции и выборе местоположения с его максимальным значением.

Вторичный этап позиционирования катушек. Второй этап позиционирования катушек позволяет наиболее точно совмещать передающую и приемную катушку индуктивности. Принцип действия основан на определении коэффициента связи между катушками и выборе положения транспортного средства, где коэффициент связи максимальный. Коэффициент связи, в свою очередь, является количественным отношением магнитного потока, связанного с катушкой для приема мощности, к магнитному потоку, выводимому посредством возбуждения катушки для передачи мощности. Коэффициент связи является максимальным, когда катушка для передачи мощности и катушка для приема мощности обращены друг к другу. Процесс бесконтактной зарядки начинается только тогда, когда коэффициент связи между катушками превышает «минимально допустимый коэффициент связи» [3].

В начале второго этапа позиционирования, когда межосевое расстояние большое, катушка для передачи мощности очень слабо возбуждается и далее по мере увеличения коэффициента связи возбуждение увеличивается. Ступенчатое увеличение возбуждения катушки для передачи мощности необходимо, так как есть риски, что человек будет находиться рядом с катушкой. Стоит

отметить, когда происходит переключение с очень слабого на слабое возбуждение, катушки находятся на относительно небольшом расстоянии. В данном случае вероятность нахождения человека возле катушки для передачи мощности мала.

В процессе позиционирования переменное напряжение, возникшее на приемной катушке, определяется посредством вольтметра V1 (рис. 2).

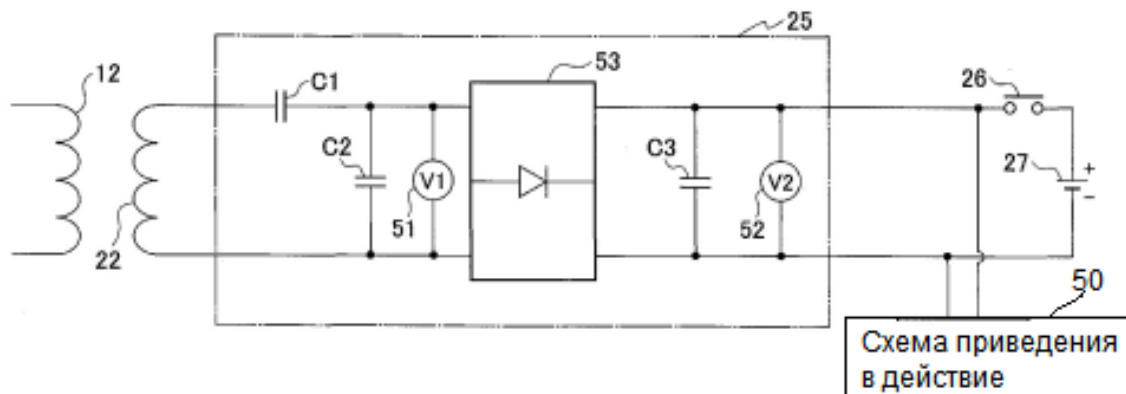


Рис. 2. Схема обнаружения позиции катушек

Первоначально необходимо, чтобы напряжение превышало предварительно установленное первое пороговое значение $U_{п1}$. В случае, когда вольтметр фиксирует первое пороговое напряжение, возбуждение передающей катушки переключается с очень слабого на слабое возбуждение. Когда катушка для передачи мощности слабо возбуждается и затем напряжение, измеряемое вольтметром V1, превышает второе пороговое напряжение $U_{п2}$, транспортное средство приближается к позиции, в которой возможна беспроводная передача мощности.

Таким образом, при преодолении каждого последующего порогового напряжения, транспортное средство приближается к позиции, в которой возможна беспроводная передача мощности. Когда транспортное средство остановлено и релейный переключатель выключен, определение напряжения производится посредством второго вольтметра V2 (рис. 2) (второй вольтметр, в отличие от первого, измеряет величину постоянного напряжения на выходе из полупроводникового выпрямителя). Второй этап позиционирования продолжается до тех пор, пока коэффициент связи между катушками не превысит минимально допустимое значение, при котором возможна передача мощности.

Заключение. С целью увеличить эффективность беспроводной передачи мощности было предложено разделить процесс позиционирования катушек на два этапа. На первом этапе позиционирование осуществляется на основе данных ультразвуковых датчиков (так как на расстояние в несколько раз большем диаметра передающей катушки, коэффициент связи равен нулю). На втором этапе, когда расстояние между осями меньше 0,8 диаметра передающей катушки, позиционирование осуществляется на основе определения коэффициента связи. В результате данный процесс позиционирования позволит повысить эффективность беспроводной передачи мощности и позволит уменьшить вероятность некорректной парковки.

Библиографический список

1. Садковский, Б. П. Бесконтактные способы восстановления электроэнергии электромобилей / Б. П. Садковский, А. Ю. Андросов // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. — 2016. — № 11–4. — С. 31–36.

2. Разработка системы помощи водителю при парковке для коммерческих транспортных средств / А. В. Тумасов, П. О. Береснев, В. И. Филатов [и др.] // Труды НГТУ им. Р. Е. Алексеева. — 2020. — № 3 (130). — С. 132–140.

3. Способ обнаружения позиции катушки для системы бесконтактной подачи мощности и устройство приема мощности : патент № 2695781 С1 Российская Федерация: МПК В60L 53/38, Н02J 50/90. / Ю. Цукамото — № 2018144010 : заявл. 18.05.2016 : опубл. 26.07.2019. — С. 1–30.

Об авторах:

Коростылёв Егор Вячеславович студент кафедры «Электротехника и электроника» Донского государственного технического университета (344003, РФ, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1), egor.korostylev.99@mail.ru

Руденко Николай Валерьевич доцент кафедры «Электротехника и электроника» Донского государственного технического университета (344003, РФ, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1), кандидат технических наук, rnv.09@mail.ru

About the Authors:

Korostylev, Egor V., Student, Department of Electrical Engineering and Electronics, Don State Technical University (1, Gagarin sq., Rostov-on-Don, 344003, RF), egor.korostylev.99@mail.ru

Rudenko, Nikolay V., Associate professor, Department of Electrical Engineering and Electronics, Don State Technical University (1, Gagarin sq., Rostov-on-Don, 344003, RF), Cand.Sci., rnv.09@mail.ru