

РЕЙСОВАЯ ПОДЗАРЯДКА ЭЛЕКТРОМОБИЛЕЙ

Н.И. Стручаев – Таврический государственный агротехнологический университет, доцент кафедры «Электротехнологии и тепловые процессы» кандидат технических наук, доцент;

Ю.А. Постол – Таврический государственный агротехнологический университет, доцент кафедры «Электротехнологии и тепловые процессы» кандидат технических наук, доцент

Аннотация

Статья посвящена усовершенствованию технологии использования электропривода для автомобилей и приведен предложенный авторами вариант совершенствования способа утилизации тепловой энергии, выделяющейся при работе электродвигателя и контроллера электромобиля с использованием её для привода двигателя Стирлинга и далее – электрогенератора для подзарядки аккумуляторных батарей во время рейса.

Введение. В настоящее время активно проводятся исследования новых направлений разработки охладителей электродвигателя и контроллера электромобиля, отвечающих современному уровню развития промышленности. Одно из них, это создание технологии подзарядки аккумуляторных батарей во время рейса¹. Эффективным способом подзарядки аккумуляторных батарей во время рейса, является утилизация тепловой энергии, выделяющейся при работе электродвигателя и контроллера электромобиля с использованием её для привода электрогенератора для подзарядки аккумуляторных батарей во время рейса. Этот способ позволяет максимально утилизировать бросовую теплоту в сочетании с повышенной простотой устройства для подзарядки аккумуляторных батарей во время рейса.

Анализ последних исследований. Все большую популярность приобретают электромобили, при этом отмечают как неоспоримое преимущество, высокий КПД электродвигателя 80...85 %, по сравнению с традиционным двигателем внутреннего сгорания автомобиля². Так у

¹ Электромобиль: Техника и экономика. – Л.: Машиностроение. Ленингр. отд., 1987. 253 с.

² Блохин, А.Н., Чивенков, А.И. Концепция создания экологически безопасного легкого коммерческого электромобиля с перспективными источниками и накопителями энергии // Материалы 71-й Междунар. науч.-техн. конф. ААИ «Безопасность транспортных средств в эксплуатации». - Н. Новгород: НГТУ, 2010. С. 56–59.

автомобильного дизеля КПД максимум 42%, у бензинового ДВС КПД – 35%³, однако необходимо считать КПД всей энергетической установки электромобиля, которая содержит такие основные узлы как: аккумуляторная батарея, контролер, электродвигатель привода. Величина полезного использования энергии электрохимического аккумулятора 70...80%, КПД контролера 90...95%, КПД современных электродвигателей составляет 80...85%. Таким образом, уровень полезно используемой энергии электрохимических источников в энергетической установке электромобиля может достигнуть 50...60%, что незначительно выше величины КПД теплового двигателя внутреннего сгорания автомобиля. Однако электрические автомобили имеют возможности более эффективного ее использования. Одна из этих возможностей – возврат энергии в батарею, или иначе – рекуперация энергии, например, за счет использования для рекуперативного торможения электродвигателя в режиме генерации⁴.

Объект исследования. Целью данной работы является анализ возможностей рекуперации электроэнергии для рейсовой подзарядки аккумуляторных батарей электромобиля за счет установки двигателя Стирлинга⁵ с электрогенератором для утилизации тепловой энергии, выделяющейся при работе электродвигателя и контроллера электромобиля.

Задачи статьи: усовершенствование способа рекуперации электроэнергии для рейсовой подзарядки аккумуляторных батарей электромобиля, в котором введение в систему новых конструктивных элементов позволит повысить эффективность использования электрической энергии аккумуляторных батарей, обеспечить утилизацию тепловой энергии выделяемой при работе электродвигателя и контроллера, увеличить величину пробега электромобиля без стационарной подзарядки аккумуляторных батарей.

Предложенное авторами устройство подзарядки электромобиля, состоит из аккумуляторной батареи, контроллера, электродвигателя, дополнительно установлен электрогенератор, двигатель Стирлинга, который включает

³ Тарасик В.П. Теория движения автомобиля: учебник для вузов. - СПб.: БХВ-Петербург, 2006. 478 с.

⁴ Когенераційний опалювальний пристрій: пат. 126798 України: МПК F24H 1/10 (2006.01) М.І. Стручаєв, Ю.В. Зирянов, Ю.О. Постол, А.В. Константинов. - №u201800035; заявл. 02.01.2018; опубл. 10.07.2018, Бюл. №13. - 6 с.

⁵ Кукис В.С. В.А. Романов, Ю.А. Постол. Двигатель Стирлинга вчера, сегодня, завтра // Ползуновский альманах. – 2009. – № 3. – С.93–98.

нагреватель и холодильник, а также установлены теплообменники для утилизации теплоты, выделяющейся при работе электродвигателя с жидкостным охлаждением и контроллера.

Функциональная схема устройства для рейсовой подзарядки электромобилей показана на рисунке 1.

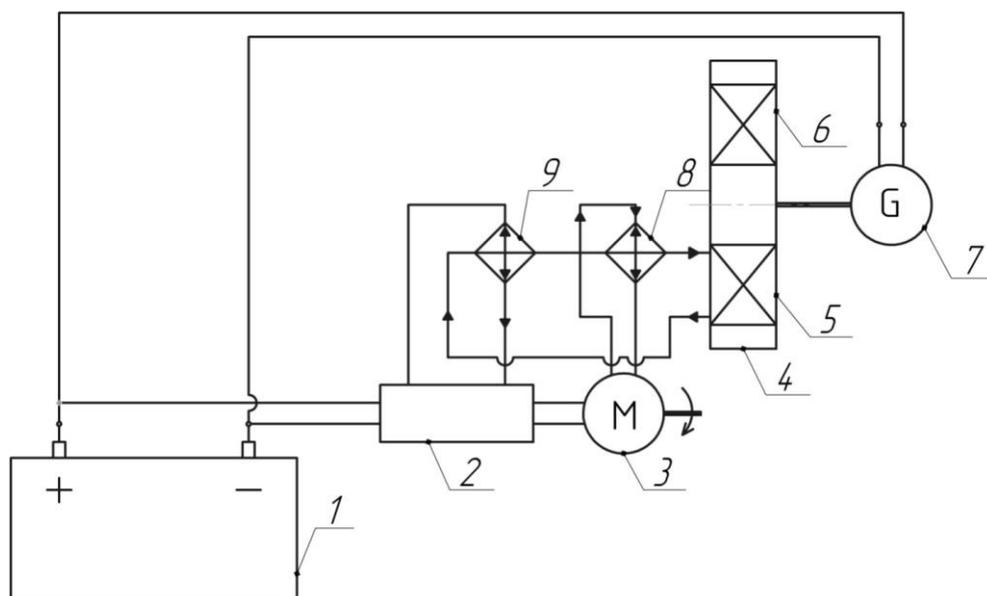


Рисунок 1. Функциональная схема устройства для рейсовой подзарядки электромобилей:

- 1 – аккумуляторные батареи; 2 – контроллер; 3 – электродвигатель; 4 – двигатель Стирлинга; 5 – нагреватель двигателя Стирлинга; 6 – холодильник двигателя Стирлинга; 7 – электрогенератор; 8 – теплообменник утилизации теплоты электродвигателя; 9 – теплообменник утилизации теплоты контроллера

Принцип действия предлагаемого устройства заключается в следующем. При подключении аккумуляторных батарей 1 через контроллер 2 к электродвигателю 3 и начале их работы, начинает выделяться нежелательная тепловая энергия, которая в свою очередь, через теплообменник 8 для утилизации теплоты электродвигателя и теплообменник 9 для утилизации теплоты контроллера, подается в нагреватель 5 двигателя Стирлинга 4. Эта тепловая энергия используется в нагревателе 5 для привода двигателя

Стирлинга 4, соединённого с электрогенератором 7 для производства электроэнергии. Двигатель Стирлинга 4 охлаждается с помощью холодильника 6. Электроэнергия, которую вырабатывает электрогенератор 7, используется для подзарядки аккумуляторных батарей 1 без остановки движения. Далее цикл повторяется.

Двигатель Стирлинга, соединенный с электрогенератором позволяет преобразовать нежелательную тепловую энергию, выделяющуюся при работе аккумуляторных батарей, контроллера и электродвигателя автомобиля в электрическую энергию, а, следовательно, снизить расход электрической энергии аккумуляторов и увеличить пробег автомобиля за счет непрерывной их подзарядки и повысить КПД автомобиля.

Метод исследования. В основу расчета энергетической эффективности устройства рейсовой подзарядки автомобиля, положен метод энергетического баланса. Из анализа конструкции и схем автомобиля следует, что система состоит из следующих энергетических модулей, осуществляющих последовательное преобразование энергии: аккумуляторной батареи, контроллера (инвертора и силового преобразователя) и тягового электродвигателя.

Уравнение энергетического баланса автомобиля можно представить в виде

$$E_{ак.б.} = E_{пол.} + E_{охл.потерь}, \text{ МДж} \quad (1)$$

где $E_{ак.б.}$ – энергетическая емкость аккумуляторной батареи, МДж (кВт·ч);

$E_{пол.}$ – количество энергии, полезно используемой в тяговом электродвигателе, МДж (кВт·ч); $E_{охл. потерь}$ – количество тепловой энергии, теряемой в контроллере и электродвигателе, МДж.

Количество полезно используемой энергии будет

$$E_{пол.} = E_{контр} + E_{эл.дв.}, \text{ МДж} \quad (2)$$

где $E_{контр}$ – потребление энергии контроллером, МДж (кВт·ч); $E_{эл.дв.}$ – потребление энергии тяговым электродвигателем, МДж (кВт·ч).

Количество тепловой энергии, теряемой в контроллере электродвигателе, которую можно утилизировать системой охлаждения и двигателем Стирлинга с электрогенератором.

$$E_{\text{потерь}} = E_{\text{охл. контр.}} + E_{\text{охл. эл. дв.}}, \text{ МДж} \quad (3)$$

где $E_{\text{охл. контр.}}$ – количество тепловой энергии, теряемой в контроллере, МДж (кВт·ч); $E_{\text{охл. эл. дв.}}$ – количество тепловой энергии, теряемой в электродвигателе, МДж (кВт·ч).

Результаты исследования. Рассмотрим для примера аккумуляторную батарею энергетической емкостью, $E_{\text{ак.б.}} = 85 \text{ кВт}\cdot\text{ч}$ (306 МДж). Результаты расчета представлены в таблице.

Результаты расчета, энергетической эффективности устройства
рейсовой подзарядки электромобиля

№пп.	Величина, обозначение, единицы измерения	Значение
1	Энергетическая емкость аккумуляторной батареи, $E_{\text{ак.б.}}$, МДж	306
2	КПД аккумуляторной батареи, η , %	70...80
3	Количество тепловой энергии, теряемой в аккумуляторной батарее, которую можно утилизировать $E_{\text{охл. а.б.}}$ МДж	62...92
3	Потребление энергии контроллером, $E_{\text{контр}}$ МДж	0,014...0,024
4	КПД контроллера, η , %	90...95
5	Потребление энергии электродвигателем, $E_{\text{эл.дв}}$ МДж.	212...220
6	КПД электродвигателя, η , %	80...85
7	Количество тепловой энергии, теряемой в контроллере, которую можно утилизировать $E_{\text{охл. контр}}$ МДж	0,0012... 0,0014...
8	Количество тепловой энергии, теряемой в электродвигателе, которую можно утилизировать, $E_{\text{охл. эл. дв.}}$, МДж	33...42,3
9	КПД двигатель Стирлинга с электрогенератором, η , %	35...40
10	Количество тепловой энергии, которую можно утилизировать для привода двигателем Стирлинга с электрогенератором, $E_{\text{дв. стир.}}$, МДж	11,5...17
11	Количество энергии, которую можно использовать для рейсовой подзарядки электромобиля, $E_{\text{рейс. п.з.}}$ %	4...6

Необходимо отметить, что рейсовая подзарядка электромобиля работает соответственно нагрузке, другими словами зависит от скорости движения или движения под гору, по пересеченной местности и так далее. Аналогично, возврат энергии в батарею, или иначе – рекуперация энергии, за счет использования для рекуперативного торможения электродвигателя в режиме генерации дает до 12 % подзарядки, однако этот вид утилизации энергии также

имеет спонтанный характер: в данном случае он максимален при торможении и равен нулю при равномерном движении. Тем не менее это хоть и незначительная, но все-таки существенная возможность увеличения пробега электромобиля без остановки для подзарядки.

На рисунке 2 представлены результаты определения количества энергии, которую можно использовать для рейсовой подзарядки электромобиля при различной скорости движения.

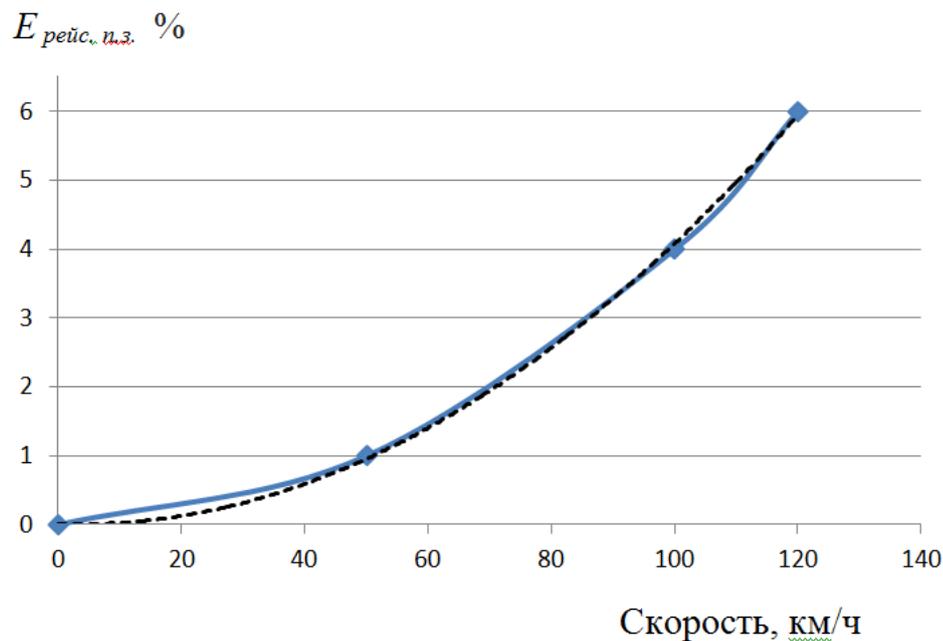


Рисунок 2. Зависимость количества энергии, которую можно использовать для рейсовой подзарядки электромобиля $E_{рейс. п.з.}$, при различной скорости движения V , км/ч

Полуэмпирическое уравнение, которое довольно хорошо описывает эту зависимость, можно представить в следующем виде

$$E_{рейс.п.з.} = 4 \cdot 10^{-4} \cdot V^2 - 32 \cdot 10^{-4} \cdot V + 0.014, \% \quad (4)$$

где $E_{рейс. п.з.}$ — количество энергии, которую можно использовать для рейсовой подзарядки электромобиля, %;

V — скорость электромобиля, км/ч.

Выводы. Анализ уравнения (4) показывает, что количество энергии, которую можно использовать для рейсовой подзарядки электромобиля зависит от квадрата скорости движения.

Методика определения эффективности утилизации тепловой энергии выделяемой при работе электродвигателя и контроллера может быть использована при проектировании.

Устройство подзарядки электромобиля позволяет повысить эффективность использования электрической энергии аккумуляторных батарей на 4...6 процентов, обеспечить утилизацию тепловой энергии выделяемой при работе электродвигателя и контроллера, увеличить величину пробега электромобиля без стационарной подзарядки аккумуляторных батарей за счет того, что дополнительно установлено электрогенератор, двигатель Стирлинга, который включает нагреватель и охладитель, а также установлено теплообменник утилизации теплоты электродвигателя и теплообменник утилизации теплоты контроллера.

Предложенный вариант усовершенствования способа и устройства подзарядки электромобиля имеет практическое значение и может быть использован на практике.