

УДК 629.113

В.В.Степанов (6 курс, каф. КГМ),
А.Д.Элизов, к.т.н., доц., А.Г.Семёнов, к.т.н., в.н.с.

РАЗРАБОТКА МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ КОМБИНИРОВАННОЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ УСТАНОВКИ АВТОПОГРУЗЧИКА

Энергия, затрачиваемая на движение автотранспортного средства (АТС) с комбинированной энергетической (силовой) установкой (КЭУ), в принципе может быть реализована при самых разных сочетаниях энергетических параметров ДВС и тяговой аккумуляторной батареи или накопителя электроэнергии. В связи с этим возникает вопрос: какие из возможных сочетаний наиболее рациональны вообще, и какие – для тех или иных конкретных условий? Ответить на него можно двумя способами: либо экспериментально, т. е. на натурных объектах, либо работая с математическими моделями данных объектов.

Причем второй путь, что уже многократно доказано, явно предпочтительнее. Разумеется, если такие модели есть.

Этого нельзя сказать о моделях, описывающих энергетику КЭУ. Хотя, например, в публикации [1] упоминается, что на заводе “Ижмаш-Авто” существуют методики по расчету мощностных и конструктивных параметров КЭУ, состоящей из тяговых ДВС и электродвигателя. Также в данном направлении ведутся исследования специалистов НАМИ, разработки которых [2] использованы при составлении нижеприведенной модели энергетики КЭУ разработанного нами погрузчика с последовательным типом КЭУ (ДВС + генератор + конденсаторная батарея + электродвигатели).

Уравнения, характеризующие энергетику КЭУ, обладают некоторыми особенностями. Первая особенность – то, что уравнения составлены на основе удельных (мощность и энергия) параметров, т. е. в расчете на единицу полной массы АТС. Вторая особенность – область действия уравнений, которая ограничена ездовым циклом и диапазоном удельных мощностей ДВС, которые должны обеспечивать движение АТС. Еще одна особенность: все уравнения составлены в предположении, что единственным источником энергии служит ДВС, т. е. считается, что тяговая батарея не подзаряжается ни от внешнего источника, ни за счет рекуперации энергии торможения.

Учитывая все сказанное, удельную энергию W_u , которая необходима для реализации одного цикла работы автопогрузчика, можно подсчитать, исходя из очевидных физических соображений, по формуле (1):

$$W_u = \int_{t_0}^{t_u} P_x dt, \quad (1)$$

где P_x — функция, описывающая цикл работы погрузчика (зависимость мощности N от времени t).

Энергия, отдаваемая ДВС за ездовой цикл, рассчитывается по формуле:

$$W_{ДВС} = P_{ДВС} \cdot (t_u - t_0),$$

где $P_{ДВС}$ — мощность ДВС.

Но нас интересует энергия, отдаваемая генератором — W_G :

$$W_G = P_G \cdot \eta_G \cdot \eta_n \cdot (t_u - t_0), \quad (2)$$

где P_G — мощность генератора; η_G — КПД генератора; η_n — коэффициент, учитывающий потери при передачи энергии от генератора к другим агрегатам.

Для реализации цикла работы погрузчика необходимо выполнение условия:

$$W_{Ц} \leq W_G.$$

Энергия $W_{бц}$, поступившая в накопитель энергии от генератора за время цикла, определяется по формуле (3):

$$W_{бц} = \eta_W \cdot W_3, \quad (3)$$

где η_W — коэффициент отдачи тяговой батареи по энергии; W_3 — энергия, отдаваемая генератором в тяговую батарею за цикл работы, определяемая по формуле (4):

$$W_3 = \sum_{i=1}^{14} \int_{t_{эм_i}}^{t_{км_i}} (P_G - P_X) dt, \quad (4)$$

где $t_{эм_i(км_i)}$ — момент начала (конца) подзарядки тяговой батареи на любом из режимов цикла.

Энергия, отдаваемая накопителем за цикл работы, находится по формуле (5):

$$W_{бцф} = \sum_{i=1}^{14} \int_{t_{км_i}}^{t_{эм_i}} (P_X - P_G) dt. \quad (5)$$

Но для нормальной реализации цикла работы необходимо выполнить еще одно условие:

$$W_{бцф} \leq W_3.$$

На рис. 1 изображен общий вид цикла работы погрузчика и некоторые обозначения, поясняющие основные формулы.

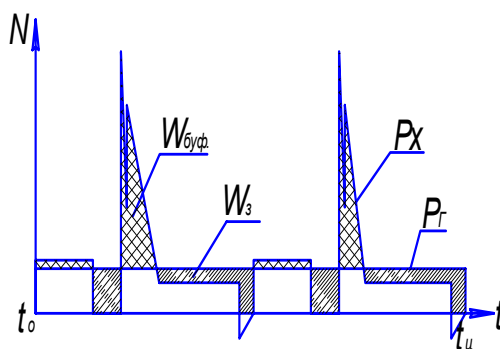


Рис. 1. Цикл работы погрузчика.

Вышеприведенные уравнения позволяют определить потоки энергии, связанные с ДВС, при условии, что основные параметры АТС, характеристики и закон регулирования ДВС, а также параметры ездового цикла известны.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Кондрашкин А.С., Филькин Н.М., Сальников В.Ю. Методики оптимизации параметров энергосиловой установки автомобиля // Автомобильная промышленность. 2002. № 4. С. 32.

2. Эйдинов А.А., Яковлева О.А. Математические модели энергетики комбинированных силовых установок // Автомобильная промышленность. 2002. № 1. С. 17-19.