

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.

КОМПЛЕКС РАБОТ ПО ФИЗИЧЕСКОМУ МОДЕЛИРОВАНИЮ КОМБИНИРОВАННОЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ УСТАНОВКИ АВТОПОГРУЗЧИКА

Работа носит исследовательский, прикладной характер и относится к проекту создания погрузчика с комбинированной энергетической установкой (КЭУ), выполненной по последовательной схеме, и мотор-колёсами оригинальной конструкции.

Для подробного и качественного анализа, а также для понимания энергетических процессов, протекающих в КЭУ погрузчика, необходимо либо иметь реальную рабочую установку, либо создать экспериментальную установку, моделирующую КЭУ погрузчика.

Первый вариант приходится отбросить в силу его дороговизны и отсутствия соответствующих материально-технических возможностей. Второй вариант приемлем.

Физическое моделирование КЭУ автопогрузчика. На базе имеющихся на кафедре КГМ технических средств создана экспериментальная установка, являющаяся по своей сути аналогом КЭУ погрузчика, представленной на рис. 1.

В качестве аналогов ДВС и генератора использовался агрегат, состоящий из электродвигателя последовательного возбуждения и генератора параллельного возбуждения от автомобиля “Москвич”, соединенных муфтой. Для согласования их работы использована приведенная на рис. 1 электрическая схема.

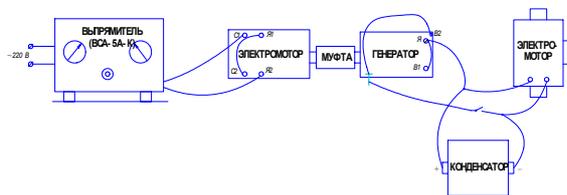


Рис. 1. Схема экспериментальной установки.

Электродвигатель питается от выпрямителя электрического тока (модель ВСА-5А-К), который в свою очередь подключен к электросети. К генератору подключен небольшой электромотор, который является аналогом мотор-колес погрузчика. В электрическую цепь, соединяющую генератор и электромотор, могут быть также подключены конденсаторные накопители энергии разной емкости, являющиеся аналогом накопителя энергии на погрузчике.

Исследование конденсаторных накопителей энергии. В первой серии экспериментов на описанной установке определялись характеристики конденсаторных элементов, имеющихся в нашем распоряжении. Затем эти характеристики сравнивались с заявленными характеристиками конденсаторов “ЭСМА”.

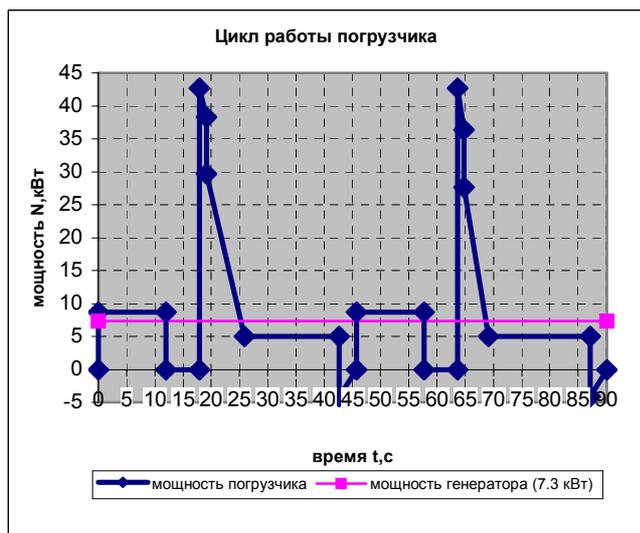
В экспериментах использовались следующие конденсаторы:

1. конденсатор $C=30 \text{ Ф}$, $U=15 \text{ В}$, $m=25 \text{ кг}$;
2. конденсатор К50-37, $C=0.1 \text{ Ф}$;
3. конденсатор $C=0.05 \text{ Ф}$.

Они сравнивались с конденсаторным модулем компании “ЭСМА”, составленным из семи конденсаторов ЭК 353 на напряжение 12 В, т.е. на рабочее напряжение электромотора нашей экспериментальной установки.

В эксперименте оценивались напряжение и время разряда полностью заряженных конденсаторов. Результаты экспериментов приведены в табл. 1, по данным которой рис. 2.

Из графика следует, что по конденсатор “ЭСМА” имеет лучшую характеристику. Это делает невозможным использование имеющихся у нас в наличии конденсаторов для



дальнейших экспериментов по моделированию заданного цикла работы погрузчика (рис. 3).

Таблица 1. Результаты экспериментального исследования конденсаторных накопителей

| Емкость конденсатора | Время разряда, с | Напряжение, В | Ток разряда, А |
|-------------------------|------------------|---------------------|----------------|
| 30 Ф | 0;5;10;15 | 11.9;8;6;4 | 20 |
| 0.05 Ф | 0;0.3;1 | 11.9;8;4 | 20 |
| 0.1 Ф | 0;1;2 | 11.9;8;4 | 20 |
| ЭСМА-11.43 кФ (7 ЭК353) | 0;15;31;46;73 | 11.9; 8.4;7.7;7;6.3 | 600 |

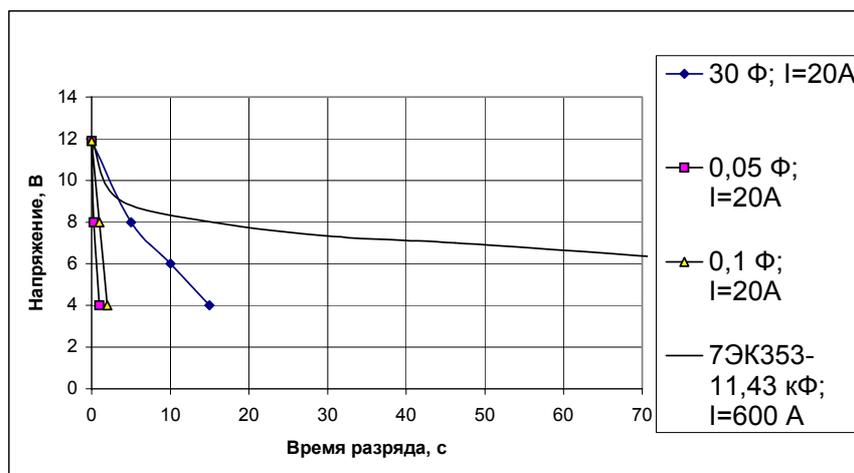


Рис. 2. Время разряда конденсаторов.

Эксперимент по оценке момента электромотора при его пуске с конденсатором и без него. По данным рис. 3 видно, что основная часть энергии требуется от накопителя в период пуска электродвигателей мотор-колес и разгона погрузчика. Энергия, требуемая от накопителя в пиковые моменты работы КЭУ, в несколько раз больше энергии, которую вырабатывает генератор. Блок конденсаторов должен обеспечить нормальную работу системы в моменты перегрузки, т.е. обеспечивать некоторый коэффициент перегрузки $k_{пер}$. Рассчитаем этот коэффициент, исходя из потребностей системы в

Рис. 3. Цикл работы погрузчика.

$N_{max} = 42.7$ кВт и мощности генератора $N_r = 7.3$ кВт :

$$k_{пер} = \frac{42.7}{7.3} = 5.8.$$

Но могут возникнуть сомнения: достаточно ли добавленной накопителем энергии, чтобы создать на мотор-колесе момент, необходимый для трогания с места погрузчика?

Ответить на этот вопрос также поможет опыт.

Чтобы оценить пусковой момент, использовалась простая установка: на ось, находящуюся на гладкой вертикальной поверхности (доска) за одно из своих «ушек» подвешивается электромотор (см. рис. 4).

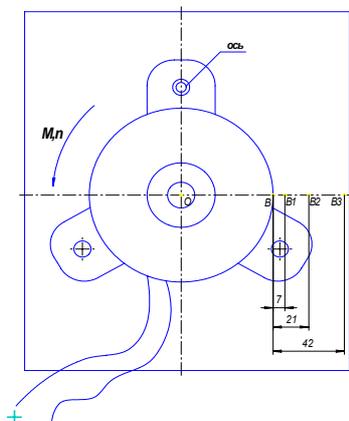


Рис. 4. Оценка пускового момента электромотора.

В обычном состоянии, когда установка выключена, электромотор находится в состоянии покоя (на рис. 4 – расстояние $OB=d/2=54$ мм). Когда установка включена, генератор вырабатывает электрический ток, а при подключении электромотора к генератору в начальный момент времени вращения электромотора возникает крутящий момент, который сдвигает электродвигатель относительно вертикальной оси на расстояние a (то есть точка B перемещается на расстояние a – в точку $B1$).

Далее в электрическую цепь электромотора подключался конденсатор и оценивался возникающий при этом крутящий момент. В опыте использовалась визуальная оценка возникающего «пускового» момента при работе установки от генератора и при использовании двух конденсаторов емкостью 0,1 Ф и 30 Ф. Результаты этой оценки показаны на рис. 4.

Если по данным опыта рассчитать коэффициент перегрузки как отношение максимального отклонения электромотора при включении конденсатора и генератора к отклонению электромотора при использовании одного генератора, то получим:

$$k_{пер} = \frac{42}{6} = 6,$$

т.е. полученный в результате опыта $k_{пер}$ даже превосходит коэффициент, рассчитанный нами ранее ($k_{пер} = 5.8$). Это нас устраивает, и из результатов опыта становится видно, что при использовании конденсатора с достаточной емкостью, на валу электромотора возникает относительно большой добавочный момент. Этот «пусковой» момент необходимо получить

на мотор-колесе. А поскольку мощности генератора для этого недостаточно (см. рис. 3), то необходимую мощность мы “доберем” от конденсаторного накопителя энергии, работающего в буферном режиме.