

Исследования такого устройства показали, что мощность вольтодобавки, необходимая для снижения коэффициента нелинейных искажений до уровня  $6\div 7\%$  от исходной величины в 14% и мощности ПЧ – 400 кВт, составит 18 кВт на фазу.

#### Список литературы:

- [1] Коробко Г.И., Попов С.В., Бишлетов А.В. Разработка и исследование параллельной работы генераторов автономной электростанции: Международный научно-промышленный форум «Великие реки – 2008». Труды конгресса. Н.Новгород: Нижегород. гос. архит.-строит. ун. – Н.Новгород: НГАСУ, 2009. – с. 304.
- [2] Коробко Г.И., Попов С.В., Бишлетов А.В., Матвеев О.А. Алгоритм автоматического выбора ведущего генератора автономной электростанции при параллельной работе трех и более генераторных агрегатов. Труды 14-го международного научно-методического форума «Великие реки 2012». Материалы научно-методической конференции профессорско-преподавательского состава, аспирантов, специалистов и студентов «Проблемы использования и инновационного развития внутренних водных путей в бассейнах великих рек». Том 2. – Н. Новгород: Изд-во ФБОУ ВПО «ВГАВТ», 2012. – с. 282–284.
- [3] Коробко Г.И., Лебедев В.В. Системы компенсации нелинейных искажений напряжения судовой сети на базе вольтодобавочных устройств. Вестник Волжской государственной академии водного транспорта. Выпуск 32. – Н.Новгород: Изд-во ФБОУ ВПО «ВГАВТ», 2012. – с. 202–206.

*А.С. Репин, В.В. Гуляев, О.А. Бурмакин*  
ФБОУ ВПО «ВГАВТ»

## ДИНАМИКА ЭЛЕКТРОСТАРТЕРНОЙ СИСТЕМЫ ПУСКА ДИЗЕЛЯ С ДИСКРЕТНО-ИМПУЛЬСНЫМ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕМ ЭНЕРГИИ

Системы пуска ДВС с накопителями электрической энергии применяются на транспорте достаточно давно [1]. Практическая реализация таких систем стала возможной благодаря появлению на рынке энергоемких и относительно недорогих накопителей отечественного и зарубежного производства. Применительно к системам пуска такие накопители получили название импульсных конденсаторов сверхвысокой энергоемкости (ИКСЭ), а по принципу аккумуляции заряда представляют собой накопители молекулярного типа.

Начиная с 2002 г. электрическая емкость серийно выпускаемых накопителей возросла с 2–4 Ф до 200–300 Ф на сегодняшний день, рабочие напряжения – с десятков Вольт до сотен Вольт, при устойчивом снижении массогабаритных показателей. Растущие значения энергоемкости накопителей открывают широкие перспективы применения их не только в современных системах запуска двигателей, но и в других системах энергетики, например, в качестве эффективных компенсирующих устройств для устранения провалов напряжений в сетях.

Совершенствование систем пуска с привлечением накопителей развивается по двум направлениям:

1. Использование предварительно заряженного накопителя в качестве самостоятельного источника энергии для питания стартерного двигателя (СД) системы пуска.
2. Использование совместной работы стартерного аккумулятора и накопителя с одновременной работой на общую нагрузку.

Динамика этих систем хорошо изучена, известны их достоинства и недостатки, однако следует отметить одну особенность, присущую всем электростартерным системам пуска с накопителями – их использование вызывает увеличение пикового зна-

чения тока якоря стартерного двигателя и, как следствие, ударных нагрузок в связке стартерный двигатель – ДВС или стартерный двигатель – дизель-генератор. Для исключения подобных явлений, накопители в системах пуска применяются совместно с устройствами, обеспечивающими дозированный отбор энергии от накопителя и стартерной батареи [2]. Такими устройствами являются импульсные преобразователи, построенные по принципу прерывателей, в силовой цепи якоря СД.

Упрощенные схемы силовых цепей систем пуска с накопителями и преобразователями показаны на рис. 1 и рис. 2, соответственно. Причем на рис. 2 представлен усовершенствованный вариант стартерного электропривода ДВС, отличающийся от известных схем наличием дискретного регулятора напряжения на входе.

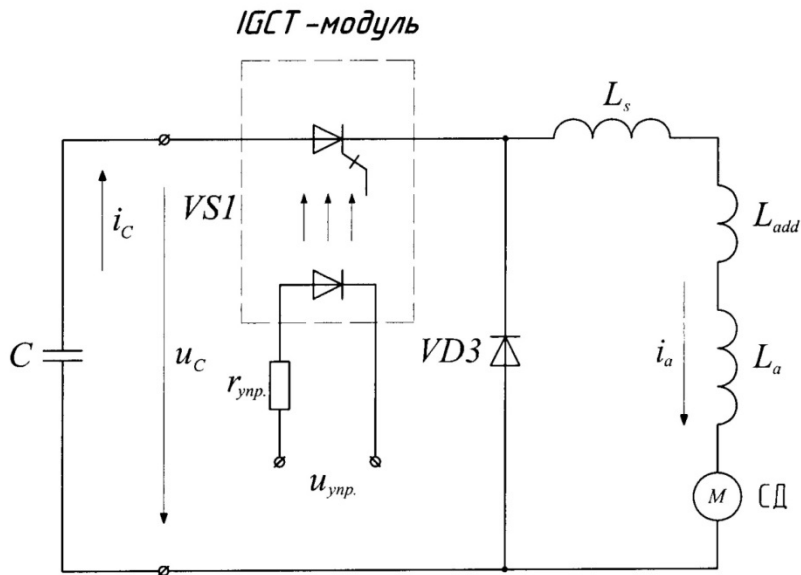


Рис. 1. Система пуска ДВС с использованием накопителя в качестве самостоятельного источника питания СД

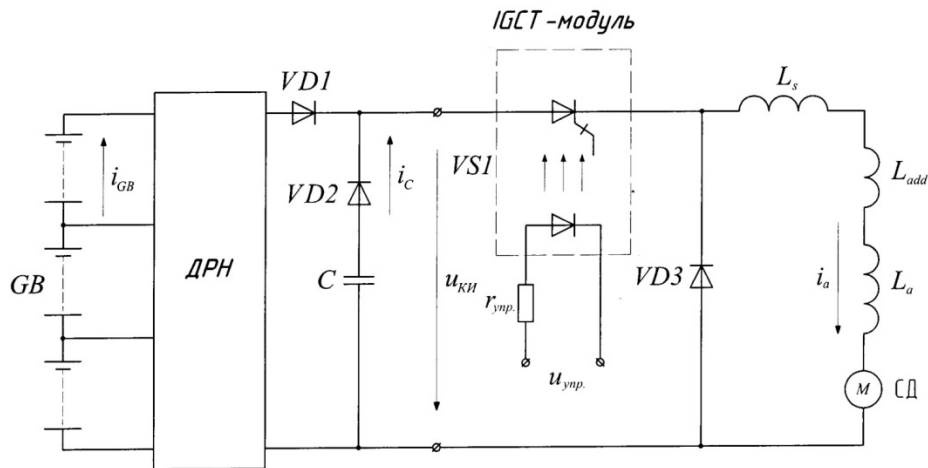


Рис. 2. Система пуска ДВС с использованием совместной работы стартерного аккумулятора и накопителя и дискретно-импульсным преобразователем энергии

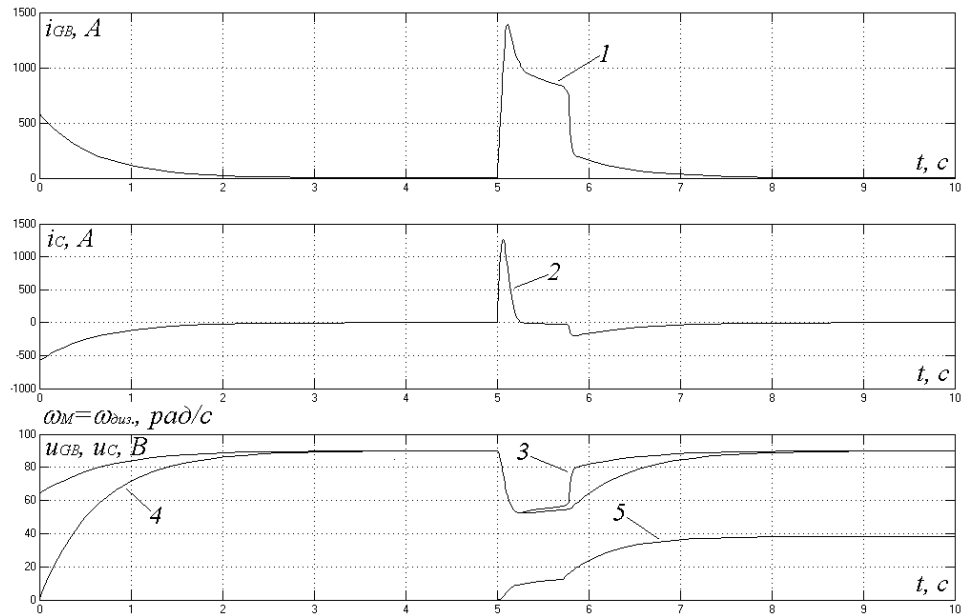
Использование такого регулятора дает возможность включения отдельных секций стартерной батареи не только последовательно, но и параллельно. На первоначальном этапе пуска секции включаются в параллель, электрическая емкость аккумулятора увеличивается и пуск протекает при пониженном напряжении. Предварительно заряженный накопитель работает только в начальный момент времени, создавая условия для эффективного «отрыва вала ДВС» с мертвой точки покоя – в этот момент ток якоря максимален, а аккумулятор, разряжаясь на СД, обеспечивает дальнейшую раскрутку вала до пусковой частоты вращения. В процессе пуска ДРН обеспечивает ступенчатое регулирование входного напряжения СД, прерыватель – требуемый характер отбора мощности от комбинированного источника питания системы пуска.

Поскольку накопитель относительно выходной координаты (тока разряда  $i_C$ ) является дифференцирующим звеном с небольшой постоянной времени, а электрическая емкость накопителя огромна, пиковое значение тока якоря в первоначальный момент составляет сотни Ампер и может в 1,5–1,8 раза превышать аналогичный показатель по сравнению со штатной системой прямого пуска от стартерной батареи. Снять этот недостаток, повысив надежность пуска и одновременно сохранив его нормируемые временные параметры, позволяет ДРН совместно с прерывателем, по предлагаемой схеме.

Полученные динамические характеристики системы при номинальном напряжении питания СД с использованием накопителей различной емкости представлены на рис. 3.

Из анализа полученных динамических характеристик разомкнутой системы при номинальном напряжении видно, что с увеличением емкости накопителя разгружается стартерная батарея, но увеличивается ток якоря. Поэтому при проектировании новых и модернизации существующих систем пуска ДВС должен быть обеспечен разумный баланс между обозначенными выше показателями, с учетом стоимости накопителя.

Представляется, что введение в структуру системы пуска ДРН положительно скажется на динамических характеристиках системы и окажется целесообразным, с экономической точки зрения, для агрегатов с установленной мощностью сотни кВт и выше.



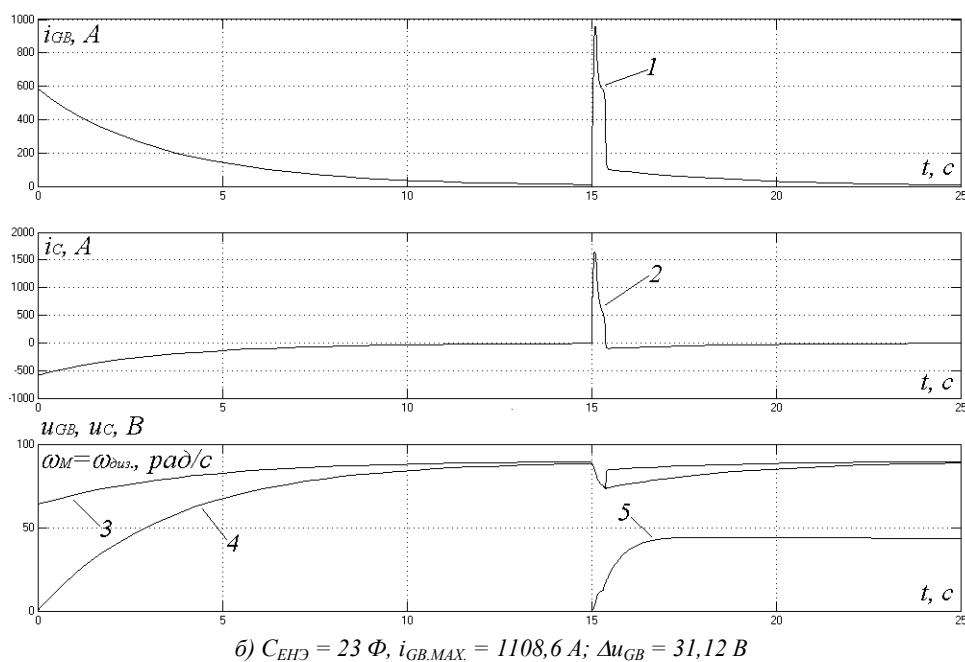


Рис. 3 Динамические характеристики системы пуска с накопителями различной емкости: 1 – ток разряда автономного источника, 2 – ток заряда/разряда ЕНЭ, 3 – напряжение на внешних зажимах СБ, 4 – напряжение на внешних зажимах ЕНЭ, 5 – угловая скорость вала СД, равная скорости коленчатого вала ДВС

#### Список литературы:

- [1] Репин А.С., Гуляев В.В., Бурмакин О.А. Система стартерного электропривода с дискретно-импульсным регулятором напряжения и ячейковыми накопителями энергии. Труды 14-го международного научно-промышленного форума «Великие реки – 2012». Том 2 Проблемы использования и инновационного развития внутренних водных путей в бассейнах великих рек., стр. 284–286.
- [2] Репин А.С., Бурмакин О.А., Гуляев В.В. Система электростартерного пуска двигателей внутреннего сгорания (ДВС) с адаптивным ШИМ-регулятором. Вестник Волжской государственной академии водного транспорта. Выпуск №33. стр. 196–200.

**В.И. Самулев, Ю.П. Мухин**  
ФБОУ ВПО «ВГАВТ»

### АНАЛИЗ ПЕРЕХОДНЫХ ПРОЦЕССОВ В САЭС С ПРИМЕНЕНИЕМ ВЕТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК (ВЭУ)

При детальном рассмотрении вопросов широкого применения ВЭУ на стоечных судах ВВТ решались сразу две встречные, по направлению исследований, задачи. Первая заключалась в разработке наиболее приближенной к реальным физическим условиям, модели ВЭУ, а именно той модели, которая удовлетворяла бы условиям,