

ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИЕ НАКОПИТЕЛИ ЭНЕРГИИ

И.А. Разживин, магистрант

Национальный исследовательский Томский политехнический университет

г. Томск, Россия

tomsk_rso@mail.ru

Электромеханическими накопителями (ЭМН) называют устройства, служащие для запасания и хранения механической энергии с последующим ее преобразованием и отдачей в форме электрической энергии для дальнейшего использования [1].

К электромеханическим накопителям по природе своей относятся гидроаккумулирующие станции, системы аккумулирования с помощью сжатого воздуха и электромеханические системы в качестве накопителя, в которых используется инерционный накопитель (маховик).

Инерционные накопители энергии известны по своему применению в различных сферах еще с древних времен, до сравнительно недавнего времени они широко не использовались ввиду малой энергоемкости, при этом дальнейшее ее наращивание было ограничено прочностью материала маховика и могло привести к его поломке, что при огромных значениях энергии было весьма небезопасным.

Благодаря глубокому изучению процессов преобразования одного вида энергии в другую, ее сохранения и передачи, учеными-исследователями были достигнуты значимые результаты. Усовершенствовалась конструкция маховика, как основного накопителя кинетической энергии, маховик претерпел ряд конструктивных изменений, в частности была разработана конструкция супермаховика, способного сохранять больше кинетической энергии, благодаря своим конструктивным особенностям [2].

В зависимости от вида и назначения ЭМН в его состав входят различные электрические машины. Например, в состав ЭМН может входить одна или несколько электрических машин постоянного и (или) переменного тока. В промышленных установках распространены ЭМН с асинхронными приводными двигателями и трех- или однофазными синхронными генераторами с демпферными обмотками [1].

Механический накопитель на базе маховика, совмещенный с электрической машиной, работающей в генераторном и двигательном режиме (электромеханический накопитель) представляет собой конструкцию, схожую с асинхронным двигателем или насосом (рис 1).

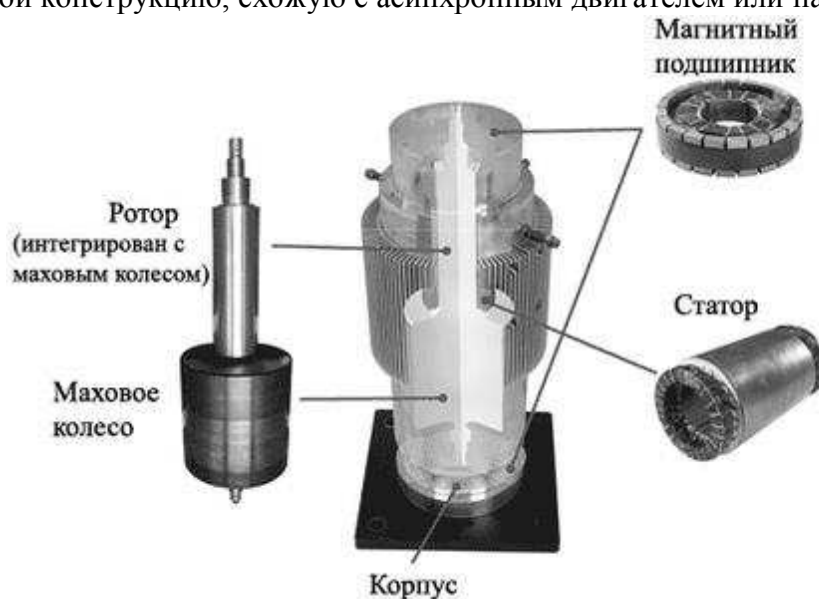


Рисунок 1. Электромеханический накопитель энергии модели VYCON.

ЭМН такого типа способны только запасать и хранить механическую энергию, но также и преобразовывать и отдавать ее в форме электрической энергии для дальнейшего использования. Запасается, как правило, кинетическая энергия вращательного движения маховика, который при заряде электромеханического накопителя раскручивается от источника механической энергии. При разряде, запасенная механическая энергия преобразуется в электрическую энергию с помощью электродвигателя, работающего в режиме генератора. Следовательно, простейший электромеханический накопитель состоит из трех конструктивно объединенных частей – маховика, электродвигателя и генератора.

Преимущество электромеханических накопителей заключается в высокой экологичности и долговечности, простоте технического обслуживания, и самой высокой удельной мощности из всех типов устройств, аккумулирующих энергию.

Устройства механического накопителя совмещенного с электрической машиной, начали изучаться с конца 70-х годов XX века. В те года появились сверхпрочные и легкие материалы, повысились характеристики постоянных магнитов, магнитных подшипников, электроники. Вследствие этого современные механические накопители обладают большой энергоемкостью и способностью быстро отдавать запас энергии. Использование этих технологий позволяет внедрять электромеханические накопители в различные устройства. В таблице 1 приведены значения удельного энергосодержания некоторых современных накопителей энергии:

Таблица 1. Удельное энергосодержание современных накопителей энергии

Накопитель энергии	Удельное энергосодержание, Вт·час/кг
Электрические конденсаторы	до 5
Кислотно-свинцовые аккумуляторы	40
Никелевые металл-гидридные аккумуляторы	80
Жидкий азот	100-200
Литые стальные маховики	До 15
Супермаховики из углепластиков, стальных лент	100-200

Как видно из таблицы, применяя современные технологии, среди которых прочные и легкие материалы, магнитные подшипники, можно добиться серьезных значений удельного энергосодержания у механических накопителей [3].

Учитывая тот факт, что электромеханические накопители энергии приобретают актуальность в применении, благодаря высокому удельному энергосодержанию, большинство ведущих компаний мира в области тяжелой промышленности, машиностроения применяют механические накопители энергии в космических технологиях, в автотранспорте, в источниках бесперебойного питания (UPS), транспорте, в системах повышения качества электрической сети, в системах автономного электроснабжения [4].

Широко распространёнными примерами применения механических накопителей являются:

1) использование устройств ЭМН в поездах метро многих крупных городов. Снижение пиков нагрузки и рекуперация энергии при торможении электровозов эффективно производится с помощью накопления энергии в маховике. Такая система, например, с выдчей в течение 30 секунд мощности в 1 МВт позволяет снизить мощность двигателя на 10-15%. Облегчить пусковые характеристики работы двигателей, стабилизировать параметры сети.

2) Использование ЭМН при пуске газовых турбин, что позволяет стабилизировать напряжение и частоту в сети, путем выдачи мощности маховиком в 1 МВт в течение 15 мин.

Также частным успешным примером применения маховиковой системы как средства воздействия на режим сети является накопительная установка ROTES, разработанная компанией Toshiba. Система представляет собой вертикальный двигатель-генератор мощностью 26,5 МВА с маховиком на валу. Установка ROTES работает с 1996 г в изолированной энергосистеме острова Окинава и существенно снижает колебания частоты в системе при работе электропечей (колебания нагрузки порядка 30 МВт при полном потреблении острова 400-1200 МВт). Особенностью установки ROTES является применение для двигатель-генератора машины с двойным питанием, что позволяет регулировать частоту ее вращения и тем самым поглощать или отдавать накопленную в маховых массах энергию в сеть [5].

Особое значение электромеханических накопителей актуально для систем автономного электроснабжения. Известно, что общей особенностью возобновляемых источников энергии, таких как энергия ветра и солнца, является их неустойчивость по величине и по времени. Так ветровой поток характеризуется неустойчивостью по направлению и скорости, что может привести, например, к краткосрочным колебаниям параметров электрического тока. То же самое наблюдается и в солнечной энергетике, которая связана с изменениями дня и ночи, а также влиянием погодных условий.

Поэтому имеет смысл использовать электромеханические накопители для аккумуляции энергии в период ее выработки, и затем использовать для непрерывной ее подачи потребителю, когда выработка не осуществляется. Особенно это актуально для систем автономного электроснабжения, которые позволяют обеспечить потребителей электрическим током там, где это затруднено традиционным способом через общую электрическую сеть.

Принцип действия такой схемы следующий. Избыточная электроэнергия подается на электродвигатель, который раскручивает маховик, в котором запасается энергия. После того, как потребитель восстановил способность истратить получаемую электроэнергию, генератор преобразовывает энергию вращения обратно в электроэнергию. Если учесть, что современные электродвигатели и генераторы обладают высоким КПД, а потери при использовании современных технологий и материалов в конструкции накопителя минимальны, можно сделать вывод, что использование электродинамического накопителя в связке производитель-потребитель в автономных энергосистемах является перспективным решением (рис.2).

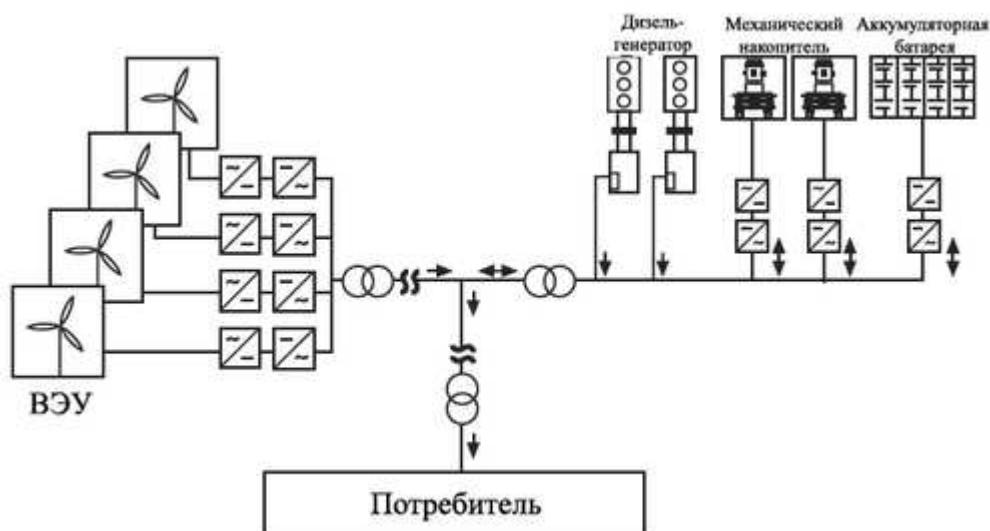


Рисунок 2. Схема системы автономного электроснабжения от Enercon

Выше приведена схема системы автономного электроснабжения, применяемая в Германии. В системе в качестве промежуточных звеньев установлены дизель-генератор, аккумуляторная батарея, а также механический накопитель энергии.

Для улучшения параметров качества электрической энергии (электрического тока и напряжения) в системах, где используются электромеханические накопители энергии обычно используют системы на базе контроллеров Distribution Static Synchronous Compensator (DSTATCOM), совмещенные с электромеханическим накопителем. Такие системы предназначены для сглаживания колебания напряжения и мощности от различных энергогенерирующих систем.

Более того в Ливерморской лаборатории производились исследования, опираясь на которые установили, что современные электромеханические накопители энергии обладают существенным преимуществом над другими видами систем аккумулирования в эффективности восстановления энергии (кВтч на разряд по отношению кВтч на заряд). КПД в них превышает 95%, что значительно лучше, чем любая свинцово-кислотная батарея. Удельная величина запасенной энергии при этом может достигать 5-10 кВт, что в несколько десятков раз выше, чем у электрохимических батарей (рис.3).

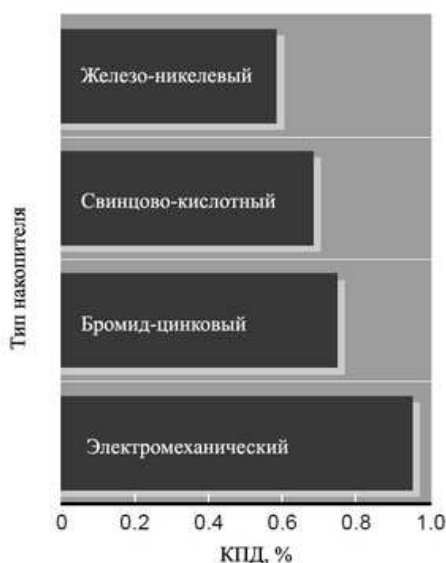


Рисунок 3. Сравнительные характеристики КПД некоторых типов накопителей

Обладая высокой удельной мощностью, механические накопители способны быстро передавать и запасать энергию, что способствует их дальнейшему внедрению. И становятся важным средством оптимизации режимов работы энергосистемы, в части восполнения дефицита электроэнергии в системах локального электроснабжения и потребления избытка генерируемой мощности в сети. Коммерческая основа накопителя — сохранение продукции, полученной по низкой цене и реализация ее по более высокой при необходимости[3].

Список литературы:

1. Накопители энергии: Учеб. Пособие для вузов/ Д.А. Бут, Б.Л. Алиевский, С.Р. Мизюрин, П.В. Васюкевич,-М.: Энерготомиздат., 1991, 400 с.
2. Гулина Н.В. Супермаховики-из суперкарбона/ Н.В. Гулина//Изобретатель-рационализатор.-2005.-№12(672).
3. Электронный ресурс. – Режим доступа: <http://www.renewable.com.ua/energy-storage/45-elektromehaneskij-nakopitel-energii.html>.
4. С.П. Чудновец, С.А. Харитонов. Накопители электрической энергии для систем генерирования электрической энергии (аналитический обзор). Научный вестник НГТУ.- 2013.-№1(50).
5. Применение накопителей энергии в электроэнергетике Б.А. Алексеев. Электро 2/2005.