

УДК 541.13(075.8)

В.А. КОБЕЛЕВА студент гр. МЗО-403С-21 (МАИ),

Я.В ЕЛЬЦОВ студент гр. МЗО-403С-21 (МАИ),

г. Москва

А.С. ТИТОВ магистр (ТГТУ),

С.Ю. ЕВДОКИМОВА магистр (ТГТУ)

Научный руководитель А.В. ЩЕГОЛЬКОВ, к.т.н., доцент (ТГТУ)

г. Тамбов

НОВЫЕ ПОДХОДЫ ПРИМЕНЕНИЯ СУПЕРКОНДЕНСАТОРОВ В СИСТЕМАХ ЭЛЕКТРОГЕНЕРАЦИИ

Современные суперконденсаторы получили существенное развитие за счёт усовершенствованных электродных материалов, применения новых типов электролитов, а так же повышения эффективности разделяющих электроды - сепараторов. Это позволяет использовать их в новых технологиях накопления электрической энергии, что повышает эффективность систем электрогенерации. Отметим, что суперконденсатор как превосходит литий-ионный аккумулятор, так и уступает ему в ряде параметров, следовательно целесообразно их совместное использование. Полезен суперконденсатор и в качестве промежуточного или кратковременного накопителя электроэнергии в моменты перегрузки сети связанные с пиковыми режимами потребителей электрической энергии. Специальная схема подключения с использованием силовых ключей, основанная на технологии IGBT-транзисторов позволяет осуществить использование суперконденсатора в энергетической системе, так как прямое подключение его к сети невозможно без соответствующей адаптации. В системе управления суперконденсаторами - могут быть применены специальные программы (ПО), для написания которых целесообразно использовать в том числе и технологии нейронных сетей. ПО будет переключать группы силовых ключей, в моменты когда они будут нужны, а так же собирать данные о работе системы.

Введение

Суперконденсаторы в настоящий момент обладают высокими характеристиками в вопросе накопления электроэнергии, благодаря чему могут конкурировать с литий-ионными аккумуляторами. Электроды суперконденсаторов были усовершенствованы вследствие применения высокопористых материалов, которые обеспечивают эффективное накопление электрического заряда [1,4,5], совместно с адаптивным взаимодействием с электролитом [2]. В качестве электролитов в современных суперконденсаторах используются новые типы ионных жидкостей, позволяющие улучшить целый ряд параметров. Стоит отметить так же и применение новых

видов сепарирующих материалов, которые так же эффективно взаимодействуют с электродными материалами, обеспечивая правильное взаимоотношение с электролитом, улучшают их электрофизические параметры. Суперконденсаторы достигли своих наилучших параметров, что позволяет использовать их в системе накопления электроэнергии и эффективно их использовать в системах электрогенерации [3].

Теория вопроса

Суперконденсатор имеет ряд преимуществ перед литий-ионным аккумулятором, но не может полностью его заменить, однако эффективно использовать их совместно. Стоит отметить, что современные нужды электроэнергетики требуют в своих технологиях использование суперконденсаторов в качестве промежуточного накопителя энергии, или накопителя электрической энергии на короткий промежуток времени. Это связано с тем, что в электрических сетях возникает определённая пауза с максимальным потреблением электроэнергии, когда потребитель определённый период времени не работает на свою максимальную мощность. При этом, бывают случаи, когда включаются несколько потребителей или мощность потребителя становится максимальной, в таком случае система может испытывать перегрузку, что сопровождается падением напряжения. В данной ситуации могут быть использованы суперконденсаторы. На рисунке 1 показана концепция применения суперконденсаторов с учетом использования инверторного блока и системы управления.

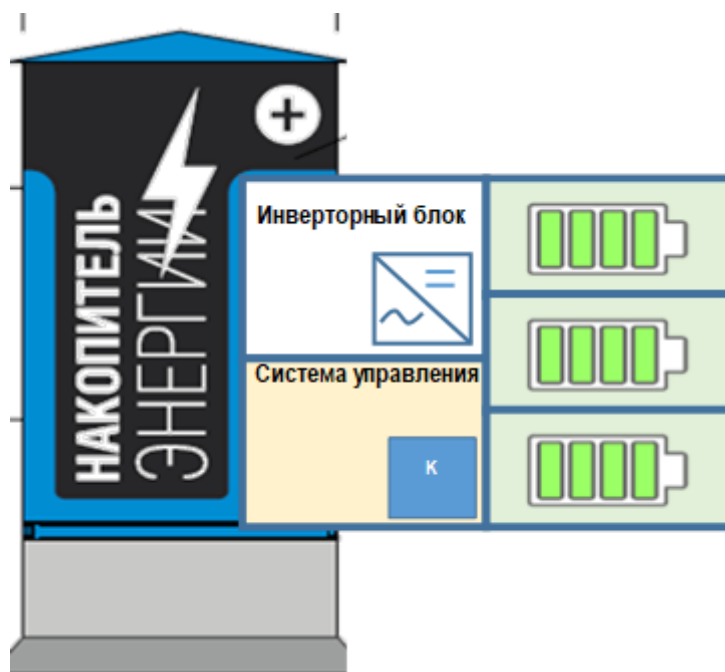


Рис. 1. Концепция применения суперконденсаторов

Отметим, что суперконденсатор не может быть подключен к электрической сети напрямую, для его адаптации к существующей сети требуются схемы подключения в которых может быть использовано устройство выпрямления переменного тока (рис. 2).

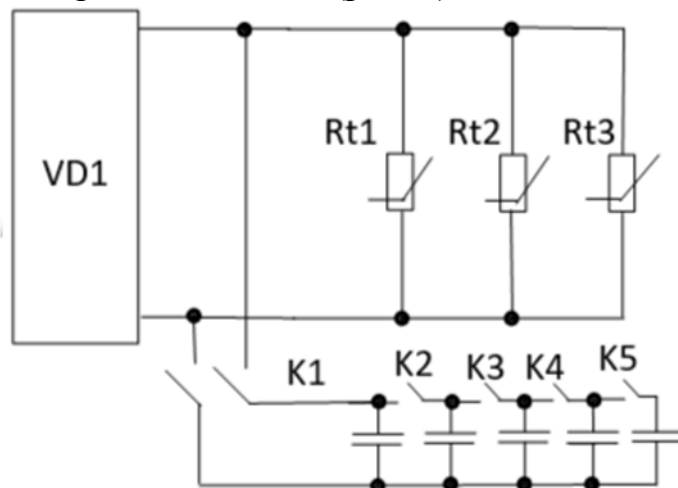


Рис. 2. Схема подключения суперконденсаторов к сети и потребителю электрической энергии

В качестве основного элемента схемы подключения могут выступать силовые ключи, которые основаны на технологии IGBT-транзисторов, которые на сегодняшний момент так же достигли своего максимального уровня совершенства (быстродействие и пониженные потери энергии). Они позволяют работать с максимальной эффективностью при минимальных потерях энергии в режимах переключения, а также при формировании переменного тока из постоянного.

Методика проведения исследований

Предложенное решение работает наилучшим образом, если использовать специальное программное обеспечение, которое может быть создано в том числе при использовании технологий нейронных сетей. Основной функцией данного ПО является переключение отдельных групп суперконденсаторов под непосредственные задачи электрической сети, а также режимы работы электрических генераторов. Немаловажной функцией программного обеспечения является и анализ режимов работы сети. Так, проанализировав режим работы энергосистемы, можно выбирать правильную мощность и заранее прогнозировать, какие группы суперконденсаторов будут использоваться для подключения. Получается, что ПО здесь так же имеет важное значение, потому что мы имеем набор отдельных элементов на основе силовых ключей и суперконденсаторов. Иными словами мы получаем некую матрицу, которой необходимо управлять, учитывая определенные критерии оптимизации. Основным критерием можно выбрать как

максимальную мощность включения, так и максимальную эффективность. Использование современных языков программирования позволяет получать ПО, способное улучшить или задать направление совершенствования данного программного обеспечения. В представленном случае мы получаем взаимодействие силовых элементов с программными элементами управления. Таким образом мы формируем программно-аппаратный комплекс, который должен обеспечить улучшение работы электрических сетей, а также систем электрогенерации.

Заключение

Технология применения суперконденсатора в связке с силовым и программным управлением полностью коррелируется с общим развитием направления «energy net», «smart grid» или технологий активно-адаптивных электрических сетей. Иными словами, сетей, способных обеспечить самодиагностику, и в то же время максимальную надёжность. Так же, в заключение отметим, что использование данных «буферных» накопителей в электрических сетях позволяет интегрировать в общий комплекс электросетевого хозяйства возобновляемые источники энергии: ветрогенераторы, элементы фотовольтаики и другие альтернативные методы получения энергии.

Список литературы:

1. Патент № 2774115 С2 Российская Федерация, МПК H01G 9/048, H01M 4/52. Электродный материал для суперконденсаторов, используемых для систем автономного электроснабжения и портативного пуска автотранспортной техники : № 2020106756 : заявл. 25.03.2020 : опубл. 15.06.2022 / С. Ю. Колосов, А. В. Щегольков ; заявитель Общество с ограниченной ответственностью "Энергокристалл".
2. Патент № 2784889 С2 Российская Федерация, МПК H01G 9/004, H01G 11/26. Суперконденсатор для систем автономного электроснабжения и портативного пуска автотранспортной техники : № 2020106757 : заявл. 25.03.2020 : опубл. 30.11.2022 / С. Ю. Колосов, А. В. Щегольков ; заявитель Общество с ограниченной ответственностью "Энергокристалл".
3. Гогорян, М. Л. Аспекты применения суперконденсаторов в электроэнергетике / М. Л. Гогорян, Н. В. Земцова, А. В. Щегольков // Энергетика будущего - цифровая трансформация : Сборник трудов III всероссийской научно-практической конференции, Липецк, 14–15 декабря 2022 года. – Липецк: Липецкий государственный технический университет, 2022. – С. 227-229.
4. Применение углеродных нанотрубок, полученных CVD-методом, для суперконденсаторов с электролитом на основе LiPF₆ / А. В. Щегольков, М. С. Липкин, А. В. Щегольков, А. Семенова // Вопросы ма-

териаловедения. – 2022. – № 1(109). – С. 64-76. – DOI 10.22349/1994-6716-2022-109-1-64-76. TWCSQC.

5. Ghobad Behzadi pour, Leila Fekri aval, Ehsan Kianfar, Comparative studies of nanosheet-based supercapacitors: A review of advances in electrodes materials, Case Studies in Chemical and Environmental Engineering, Volume 9, 2024, 100584, ISSN 2666-0164, <https://doi.org/10.1016/j.cscee.2023.100584>.

Информация об авторах:

Кобелева Виктория Александровна, студент кафедры «Электроэнергетические, электромеханические и биотехнические системы», МАИ, 125993, г. Москва, Волоколамское шоссе, д. 4, viktoriakobeleva2018@yandex.ru

Титов Антон Сергеевич, магистр кафедры «Электроэнергетика» ТГТУ, 392000, г. Тамбов, ул. Советская, д. 106/5, пом. 2, antontitov168@gmail.com

Евдокимова Светлана Юрьевна, магистр кафедры «Электроэнергетика», ТГТУ, 392000, г. Тамбов, ул. Советская, д. 106/5, пом. 2, Svetik210102@mail.ru

Ельцов Ярослав Владимирович, студент кафедры «Электроэнергетические, электромеханические и биотехнические системы» МАИ, МЗО-403С-21, кафедра 305 «Пилотажно-навигационные и информационно-измерительные комплексы», 125993, г. Москва, Волоколамское шоссе, д. 4, yaroslav032003@mail.ru

Щегольков Александр Викторович, к.т.н., доцент кафедры «Электроэнергетика», ТГТУ, 392000, г. Тамбов, ул. Советская, д. 106/5, пом. 2, Energynano@yandex.ru