

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«НОВОСИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

---

---

# **НАУКА ТЕХНОЛОГИИ ИННОВАЦИИ**

---

---

**Сборник  
научных трудов**

**г. Новосибирск, 04-08 декабря 2017 г.  
в 10-и частях**

**Часть 4**

НОВОСИБИРСК  
2017

УДК 62(063)  
ББК 72.5я431  
Н34

**Н34 НАУКА. ТЕХНОЛОГИИ. ИННОВАЦИИ** // Сборник научных трудов в 10 ч. / под ред. доц. О.В. Боруш. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2017. – Часть 4. – 421 с.

ISBN 978-5-7782-3418-5  
Ч.4: ISBN 978-5-7782-3422-2

В сборнике публикуются материалы по научным направлениям:  
*«Энергетика»*

---

---

## **ОРГАНИЗАЦИОННЫЙ КОМИТЕТ**

### **Председатель Оргкомитета:**

Батаев А.А., д.т.н., профессор, ректор НГТУ

### **Зам. председателя Оргкомитета:**

Вострецов А.Г., д.т.н., профессор, проректор по научной работе НГТУ

Филатова С.Г., к.т.н., доцент, директор ИТЦ

### **Программный комитет:**

Драгунов В.П., д.т.н., профессор, начальник ОПК ВК

Корель И.И., к.ф-м.н., доцент, декан ФТФ

Осьмук Л.А., д.социол.н., профессор, директор ИСТР

Поляков С.А., к.ю.н., доцент, декан ЮФ

Рева И.Л., к.т.н., доцент, декан АВТФ

Ромм М.В., д.ф.н., профессор, декан ФГО

Саленко С.Д., д.т.н., профессор, декан ФЛА

Тимофеев В.С., д.т.н., профессор, декан ФПМИ

Хайруллина М.В., д.э.н., профессор, декан ФБ

Хрусталев В.А., д.т.н., профессор, декан РЭФ

Вильбергер М.Е., к.т.н., доцент, декан ФМА

Янпольский В.В., к.т.н. доцент, декан МТФ

Чернов С.С., к.э.н., доцент, декан ФЭН

УДК 62(063)  
ББК 72.5я431

ISBN 978-5-7782-3422-2 (Часть 4)  
ISBN 978-5-7782-3418-5

© Коллектив авторов, 2017  
© Новосибирский государственный  
технический университет, 2017

## СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СИСТЕМ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НАКОПИТЕЛЕЙ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ

**Г.Б. Нестеренко, Г.А. Пранкевич,  
Д.В. Армеев (научный руководитель)  
Новосибирский государственный технический университет,  
г. Новосибирск, nesterenkogb@yandex.ru**

*При использовании комплексной системы расчета и планирования электрических режимов PowerFactory создана модель системы электроснабжения реального угольного разреза. Смоделированы различные режимы, и проведён их анализ. Определены основные проблемы электроснабжения объекта. В качестве решения некоторых из них рассмотрены системы накопления энергии.*

*The model of the real surface coal mine electric power supply system has been constructed in PowerFactory – the complex system for an operational planning and electric modes calculation. Various modes and states have been simulated and analyzed. The general issues of the object power supply have been determined. The energy storage systems have been considered as a solution for that.*

Главным отличием электроэнергетики от других отраслей всегда была невозможность хранения производимого ею товара – невозможность запасаения и перераспределения во времени электроэнергии (в промышленных масштабах). Однако развитие систем накопления энергии приближает отрасль к снятию этого ограничения, а также к решению других актуальных вопросов [1].

Система накопления энергии (СНЭ) предназначена для накопления, хранения энергии и отдачи ее в сеть или нагрузку с целью поддержания функционирования энергосистемы с обеспечением требуемого качества электроэнергии и реализации требуемых режимов.

Функции систем накопления энергии, актуальные для систем электроснабжения промышленных предприятий с резкопеременной нагрузкой, таких как угольный разрез [2]:

- сглаживание графика нагрузки, «срезание» пиков;
- компенсация колебаний мощности, резких сбросов/набросов;
- сглаживание провалов, прерываний, колебаний и медленных изменений напряжения;
- компенсация высших гармоник тока;
- симметрирование по фазам;
- компенсация реактивной мощности;
- обеспечение резервирования.

Структура системы накопления энергии и её основные подсистемы показаны на Рисунке 1.

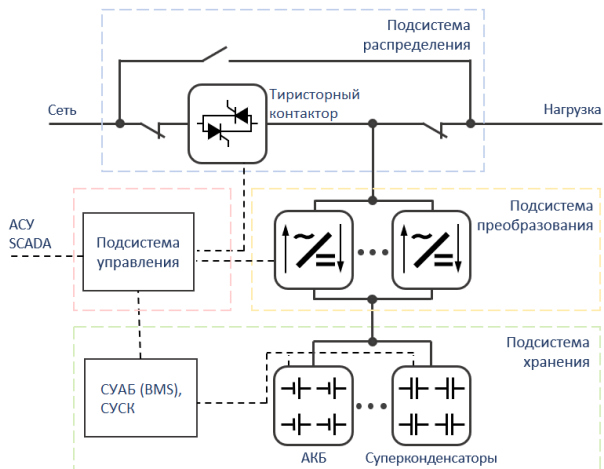


Рисунок 1 – Структура системы накопления энергии

#### Подсистемы СНЭ:

**Подсистема распределения.** Имеет в составе коммутационные аппараты, согласующие трансформаторы, аппараты релейной защиты.

**Подсистема преобразования.** Основным элементом подсистемы – реверсивный преобразователь, способный осуществлять двунаправленное преобразование энергии

**Подсистема хранения.** Комплектуется аккумуляторными батареями и/или суперконденсаторами. Надзор за состоянием элементов осуществляется системой управления аккумуляторными батареями (battery management system) и системой управления суперконденсаторами.

**Подсистема управления.** Предназначена для обеспечения совместной работы всех подсистем, гибкой настройки, обеспечения канала двустороннего информационного обмена с АСУ, SCADA и т.д.

**Объект исследования.** В работе рассмотрена перспективная схема электроснабжения горнодобывающего предприятия – угольного разреза в Новосибирской области. В программно-вычислительном комплексе PowerFactory, разработанном компанией DIgSILENT Germany, создана модель, позволяющая анализировать как статические, так и динамические режимы (Рисунок 2). Схема электроснабжения имеет три уровня номинальных напряжений: 35; 6; 0,4 кВ. Суммарная мощность нагрузки составляет порядка 15 МВт. Протяжённость ВЛ и КЛ – 65 км.

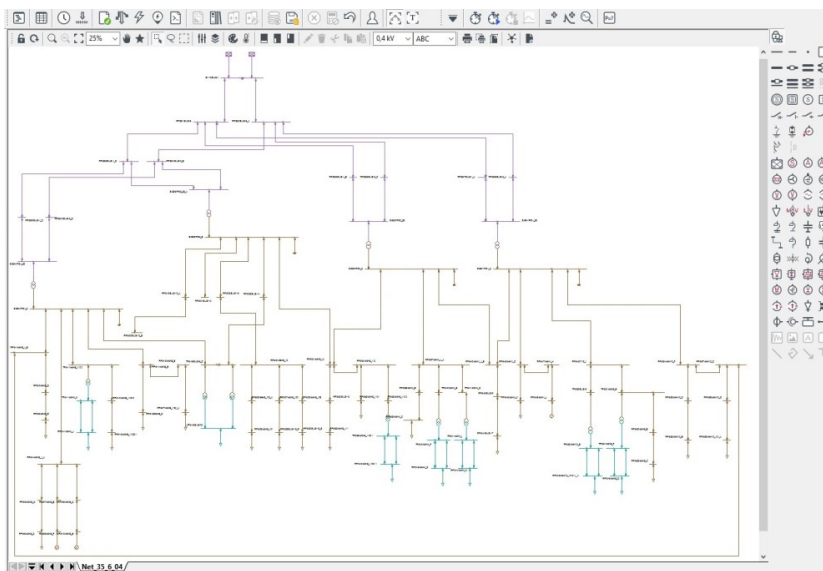


Рисунок 2 – Схема системы электроснабжения угольного разреза в ПКВ PowerFactory

### Основные результаты.

В числе электроприёмников предприятия можно выделить мощные карьерные экскаваторы с резкопеременной потребляемой мощностью, максимум которой превышает 1 МВА. В связи с большим значением пиковой мощности напряжение приходится поддерживать выше номинального. В данной ситуации наблюдаются следующие проблемы:

Происходят отключения электроприёмников из-за снижения напряжения до значений ниже допустимых, вызванного протеканием пиковой мощности.

При попытке одновременного пуска нескольких экскаваторов напряжение опускается ниже допустимого, что значительно затрудняет пуск.

Производительность экскаваторов и других электроприёмников падает из-за колебаний напряжения.

Значительные потери электроэнергии.

Срок службы кабелей, проводов и другого оборудования сокращается.

График потребления мощности предприятием из сети – резкопеременный.

Описанные явления приводят к значительным экономическим потерям.

Установка систем накопления энергии на четырёх подстанциях 35/6 кВ позволяет как компенсировать резкие набросы/сбросы мощности, так и сгладить график нагрузки в целом, а также обеспечить требуемое качество электроэнергии. Это предотвратит отключения оборудования, сократит время его простоя и повысит его производительность, что приведёт к значительному экономическому эффекту для угледобывающего предприятия.

Новизна результатов. Данная работа положила начало моделированию энергосистем, имеющих в своём составе СНЭ, при помощи ПВК PowerFactory, позволяющего анализировать установившиеся режимы и переходные процессы. Это будет использовано для дальнейшей разработки методики выбора параметров и алгоритмов управления СНЭ. На настоящий момент единой методики решения этой задачи нет, отсутствует системный подход.

Область применения результатов. Моделирование сетей с системами накопления энергии актуально не только для систем электроснабжения. Системы накопления энергии также могут с успехом применяться на сетевых подстанциях для высвобождения мощности под технологические присоединения или для регулирования режимных параметров; в автономных энергосистемах для обеспечения бесперебойного питания и оптимальной загрузки генераторов; с возобновляемыми источниками энергии для интеграции их в энергосистемы. Кроме того, системы накопления энергии являются важными элементами активно-адаптивных сетей, Smart grid, Microgrid. Расширение применения систем накопления энергии в России – одно из основных положений Национальной технологической инициативы «Энерджинет».

Во всех вышеуказанных случаях компьютерное моделирование помогает оптимально выбрать параметры системы накопления энергии и отработать алгоритмы её работы.

Литература:

1. Применение накопителя энергии для демпфирования колебаний мощности в автономных энергосистемах / Д.Ю. Балувев, В.М. Зырянов, Н.Г. Кирьянова, Г.А. Пранкевич // Инфраструктурные отрасли экономики: проблемы и перспективы развития: материалы 18 всерос. науч.-практ. конф. – Новосибирск, 2017 – С. 181–187.
2. Методы выбора параметров накопителя энергии при резкопеременной нагрузке / О.И. Горте, В.М. Зырянов, Н.Г. Кирьянова, Г.А. Пранкевич // Электроэнергетика глазами молодежи: материалы 8 междунар. науч.-техн. конф. – Самара, 2017. – Т. 3. – С. 135–138.

## СОДЕРЖАНИЕ

### НАУЧНОЕ НАПРАВЛЕНИЕ – ЭНЕРГЕТИКА

#### Секция СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ, ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ И ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СЕТИ

1. Абасс Ахмед Зкеар	<i>Новосибирск</i> .....	3
2. Агафонова М.В., Худжасаидов Д.Х., Матренин П.В.	<i>Новосибирск</i> .....	7
3. Быстрых В.В.	<i>Новосибирск</i> .....	11
4. Губкина Т.С.	<i>Барнаул</i> .....	15
5. Данн В.Э., Утунчиева А.Б.	<i>Новосибирск</i> .....	19
6. Драко М.А., Короткевич А.М.	<i>Минск</i> .....	21
7. Дулов И.В., Фролов М.Ю.	<i>Новосибирск</i> .....	25
8. Духанина К.В.	<i>Новосибирск</i> .....	29
9. Зенков А.П.	<i>Новосибирск</i> .....	33
10. Ивашкевич А.А., Мышкина Л.С.	<i>Новосибирск</i> .....	37
11. Камышев И.С.	<i>Новосибирск</i> .....	40
12. Кирьянова Н.Г., Бендер С.Я., Коротков И.Ю.	<i>Новосибирск</i> .....	44
13. Колотыгина Е.К., Фролова Я.А.	<i>Новосибирск</i> .....	47
14. Лиске Е.Г.	<i>Новосибирск</i> .....	51
15. Марченко В.А.	<i>Новосибирск</i> .....	55
16. Надобная Е.А., Худжасаидов Д.Х.	<i>Новосибирск</i> .....	59
17. Нестеренко Г.Б., Пранкевич Г.А.	<i>Новосибирск</i> .....	63
18. Нестеренко Е.С., Чудновец М.И., Запольская Т.Б.	<i>Новосибирск</i> .....	67
19. Николаев А.В.	<i>Новосибирск</i> .....	70
20. Панова Я.В.	<i>Новосибирск</i> .....	74
21. Петровская Т.К., Фролова Я.А.	<i>Новосибирск</i> .....	78
22. Пономарев И.К., Романова А.В.	<i>Новосибирск</i> .....	82
23. Кирьянова Н.Г., Пранкевич Г.А.	<i>Новосибирск</i> .....	85
24. Преймак А.Ю.	<i>Новосибирск</i> .....	90
25. Сельменева Д.С.	<i>Новосибирск</i> .....	94
26. Сидорова О.А.	<i>Новосибирск</i> .....	97
27. Филимонов В.А.	<i>Новосибирск</i> .....	101
28. Финашин Р.А.	<i>Новосибирск</i> .....	105
29. Шульга М.А.	<i>Новосибирск</i> .....	109
30. Щегельский В.В.	<i>Новосибирск</i> .....	113
31. Фролова Я.А., Эрекайкин Е.И.	<i>Новосибирск</i> .....	117
32. Эрекайкин Е.И., Духанина К.В., Преймак А.Ю.	<i>Новосибирск</i> .....	121