

ООО «КИНЕТИК»

ТЕХНИЧЕСКОЕ ПРЕДЛОЖЕНИЕ.

ПРИМЕНЕНИЕ НАКОПИТЕЛЕЙ КИНЕТИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ (НКЭ) В ЭНЕРГОСЕТЕВОМ КОМПЛЕКСЕ

1. ОСНОВАНИЯ ДЛЯ ПРЕДЛОЖЕНИЯ

1.1 Основанием для Предложения является «Программа энергосбережения и повышения энергетической эффективности» ОАО «ФСК ЕЭС» на период 2015-2019г.г. (Протокол утверждения от 06.06.2014 г., №1239/3), которая в п.п. 4.6 и 4.7 предусматривает снижение затрат и потерь на передачу электроэнергии, а также в зданиях и сооружениях Компании. Технические мероприятия должны быть направлены на замену перегруженного оборудования, оптимизацию загрузки сетей, улучшение качества электроэнергии и средств ее учета.

1.2 НКЭ предназначен для использования в энергосистеме попеременно в качестве источника генерации, в качестве нагрузки, а также в качестве компенсатора реактивной мощности. При этом:

- выравниваются графики нагрузки и частоты, сглаживаются колебания мощности и стабилизируются напряжение и частота в энергосистеме;

- снижаются инвестиции в источники генерации и ЛЭП установкой НКЭ у потребителей, т.е. снижением вращающегося резерва;

- повышается качество электроэнергии и снижаются потери минимизацией перетоков реактивной мощности;

- обеспечивается гарантированное питание оперативного постоянного тока и собственных (технологических) нужд подстанций на переменном токе при мгновенном (до 0,02 с) подхвате провала напряжения.

Дополнительно НКЭ могут быть использованы в стационарных и мобильных устройствах (спецустановках), для повышения надежности электроснабжения у промпотребителей особо-значимых объектов, для рекуперации энергии от торможения подвижного состава на тяговых подстанциях, а также в установках с ВИЭ для сохранения и последующей отдачи энергии для поддержания мощности при временном снижении или прекращении подачи энергии от альтернативного источника и др.

2. НАЗНАЧЕНИЕ

2.1 Накопитель кинетической энергии (НКЭ) выполняются в виде модулей, которые в количестве одного или более могут поставляться в стандартном 10-ти или 20 футовых контейнерах.

2.2 Структура условного обозначения НКЭ:

НКЭ – 0,4/600/80, где НКЭ – накопитель кинетической энергии;
0,4 - номинальное выходное напряжение переменного тока, кВ;
600 -выходной переменный ток, А,
80 - накопленная электроэнергия, кВт.ч.

2.3 В результате выполнения работы осуществляется разработка конструкторской и технической документации, изготовление и поставка оборудования одного или более модулей НКЭ, шеф-монтаж и приемочные испытания на полигоне НТЦ ФСК.

3. СОСТАВ НКЭ

3.1 Основными элементами конструкции НКЭ являются:

1. ленточный супермаховик;
2. вакуумированный корпус с системой откачки воздуха;
3. устройство вывода вращения из вакуумной камеры;
4. система подвески супермаховика;
5. механизм кинематического расцепления и сцепления супермаховика с электромашинной;
6. обратимая асинхронная электромашинная (синхронная для больших мощностей);
7. Преобразователь частоты с системой управления и автоматики.

Разработанная ООО «Кинетик» конструкция включает в себя первый в мире разрывобезопасный супермаховик горизонтальной плоскостью вращения, находящийся в вакуумированном корпусе. Вал супермаховика выходит из корпуса в верхней крышке, к которой присоединен фланец, несущий на себе электромашинную фланцевую исполнения. Валы супермаховика и электромашинной расположены соосно, имеется возможность их разъединения для более длительного хранения запасенной энергии. Примененная электромашинная является обратимой, т.е. может работать как в режиме электродвигателя, так и в режиме генератора. В качестве базового элемента НКЭ ООО «Кинетик» используется ленточный супермаховик, с высокой массовой и объемной плотностью энергии (массовая плотность энергии 60 кДж/кг; - объемная плотность энергии 350 кДж/литр). Главным же преимуществом предлагаемых нами установок с ленточным супермаховиком является принципиальная безопасность их выхода из строя, невозможность полного разрушения супермаховика. Выходит из строя (разрывается) при превышении критической частоты вращения лишь один внешний виток, тормозящий весь маховик и дающий сигнал аварийным устройствам на остановку. Поэтому модуль НКЭ не требует установки защитных устройств (броневых колец, как при эксплуатации углепластиковых супермаховиков) и поэтому в итоге массовая плотность энергии всего модуля НКЭ целиком получается такой же или выше.

Общий вид НКЭ без преобразователя частоты показан на рис. 1



Рис. 1 Общий вид НКЭ без преобразователя частоты

Помимо исключительной безопасности ключевыми преимуществами НКЭ на основе ленточного супермаховика являются:

- высокая удельная энергоемкость системы (особенно объемная);
- масштабируемость системы, путем изменения количества базовых элементов – отдельных супермаховиков;

- при эксплуатации не требуется дополнительных защитных сооружений;
- изготовление из достаточно дешевых и доступных материалов;
- простота изготовления, включая навивку ленточного супермаховика;
- возможность использования стандартных промышленных электромашин, а также их замену без разгерметизации корпуса НКЭ, т.к. электромашинка находится вне герметичного корпуса НКЭ;
- возможность более длительного хранения энергии при расцеплении супермаховика и электромашинки (расцепление осуществляется как дистанционно вручную, так и автоматически);
- большой срок эксплуатации;
- широкий температурный диапазон эксплуатации от -60 до +80;
- разрыво- и взрывобезопасность и экологическая безопасность;
- монтаж не требует специальных защитных сооружений для установки;
- низкая себестоимость по сравнению с другими видами накопителей.

В настоящее время спроектирован и изготовлен комплекс оборудования для мелкосерийного выпуска накопителей кинетической энергии ООО «Кинетик».

3.2 Место установки НКЭ – на входе силовых трансформаторов и трансформаторов собственных нужд подстанции. Возможные режимы работы: генератор-нагрузка-компенсатор реактивной мощности.

3.3 Структурная схема YR” приведена на рис. 2

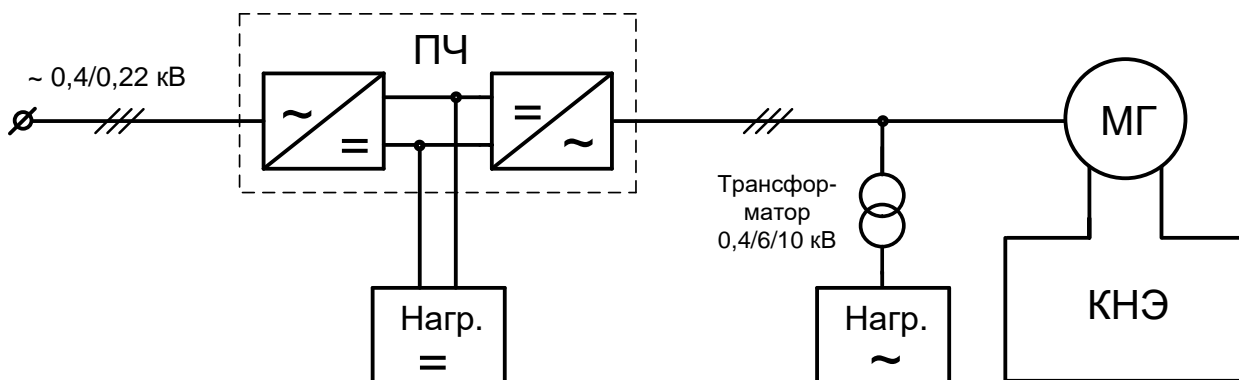


Рис. 2 Структурная схема КНЭ

Структурная схема НКЭ содержит преобразователь частоты ПЧ с системой управления и автоматики, мотор-генератор МГ, собственно накопитель, нагрузку постоянного тока (оперативный ток) и нагрузку переменного тока (собственные нужды).

3.4 Эквивалентная электрическая схема замещения НКЭ приведена на рис. 3

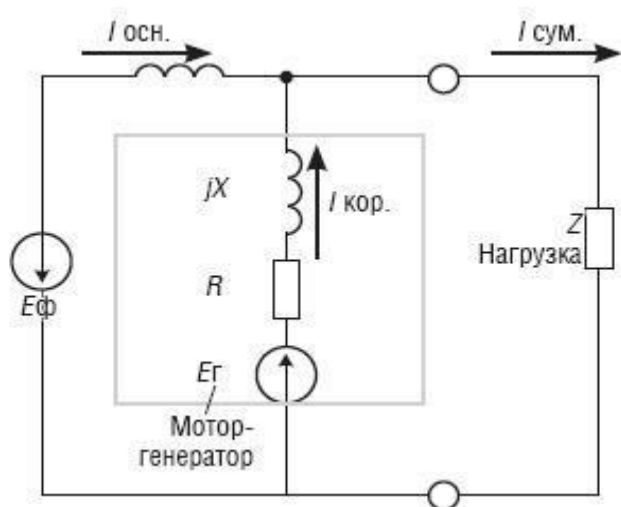


Рис. 3 Схема замещения КНЭ

Схема содержит эквиваленты внешней сети с источником E_{ϕ} , мотор-генератора с источником E_{Γ} и нагрузки Z .

Предлагаемая конструкция НКЭ позволяет отбирать даже от небольшого агрегата огромные мощности - при 5000 об/мин отбор мощности может составить до 2 МВт.

4. ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

4.1 Технические характеристики линейки опытных образцов НКЭ

1	Масса накопителя энергии (без электромшины и преобразователя частоты), кг, не более	От 1200 до 6000
	Габаритные размеры (без электромшины и преобразователя частоты), (ДхШхВ), мм, не более	1800x1800x700
2	Максимальная выходная электрическая мощность, кВт, не менее	От 5 до 1000
3	Входное напряжение, кВ частотой 50 Гц	0,4
4	Выходное напряжение, кВ частотой 50 Гц	0,4

5	Количество циклов заряда-разряда за один час, не менее	7
6	Время подхвата	от 0,02 до 2 с в зависимости от энергоемкости и мощности
7	Тип электромашины	4-х полюсная, асинхронная
8	Тип преобразователя частоты	Частотный преобразователь АС - DC-AC на IGBT транзисторах
9	Тип маховика	Составной, ленточный, разрывобезопасный
10	Энергоемкость	От 5 до 80 кВт*час
11	К.П.Д.	Не ниже 90% при коротком хранении до 60 минут, 80% при длительном хранении до 5 часов

4.2 Накопитель кинетической энергии должен соответствовать по надежности продукции (в соответствии с требованиями ГОСТ 27.002-89, ГОСТ 21493-76)

Срок эксплуатации не менее 15 лет. Режим работы непрерывный и необслуживаемый.

4.3 Габаритные и установочные размеры и масса разрабатываемого электротехнического оборудования должны быть минимальными.

4.4 Оборудование НКЭ должно иметь возможность размещения в стандартном контейнере. Оборудование соответствует климатическому исполнению УХЛ категории 2 по ГОСТ 15150-69 и ГОСТ 15543.1-89. При этом температурный диапазон от -50°C до +50°C, относительная влажность не более 80% при +20°C.

4.5 Стойкость к внешним механическим воздействиям должна соответствовать ГОСТ 17516.1-90, группа исполнения согласуется на стадии Т.3. Требования по безопасности, экологии и другим показателям назначения также согласуются на стадии ТЗ.

4.6 Новизна разработки определяется наличием 14 патентов РФ.

4.7 Конструктивное исполнение входящих в разрабатываемый накопитель кинетической энергии устройств и агрегатов должно обеспечивать:

- наращивание электрической мощности за счет параллельной работы НКЭ;
- удобство эксплуатации;

- возможность ремонта;
- свободный доступ ко всем элементам узлам и блокам, требующим регулирования или замены в процессе эксплуатации.

5 РАБОТА НКЭ

5.1 Работа НКЭ иллюстрируется на примере НКЭ энергоемкостью 5 кВт*час, массой 1200 кг, номинальным числом оборотов 5000 об/мин. в схеме рис. 2.

5.2 Питание преобразователя частоты ПЧ AC-DC-AC осуществляется от сети 3x380 с частотой 50 Гц. ПЧ контролирует и задает уровень тока заданной частоты, подаваемого на мотор-генератор МГ. После разгона и выхода на номинальные обороты (режим двигателя) ПЧ и МГ отключаются и маховик НКЭ вращается свободно в вакуумированном корпусе (режим хранения). При пропадании питания сети НКЭ за время менее 0,02 с переходит в режим генерации вплоть до подключения резервного источника питания (дизель-генератор или микротурбина-генератор).

6 ИСПЫТАНИЯ НКЭ

В рамках испытаний НКЭ, проведенных на базе научно-производственной лаборатории WILA Maskinfabrik A/S были проведены следующие тесты:

1. Балансировка супермаховика НКЭ, сборка испытательного стенда.
2. Пуско-наладка системы управления НКЭ, доработка программного обеспечения, тестирование датчиков и исполнительных устройств.
3. Тестирование системы вакуумирования корпуса, поиск и устранение протечек воздуха.
4. Тестовая раскрутка супермаховика до 800 об/мин.
5. Диагностика шумов, запись данных с датчика вибрации, анализ времени выбега супермаховика.
6. Разборка НКЭ.
7. Повторная балансировка с устранением неточности центрирования.
8. Сборка, вакуумирование, подготовка к пуску.
9. Пошаговая тестовая раскрутка супермаховика до 3000 об/мин, с шагом в 200 об/мин, запись параметров.
10. Рекуперация энергии в «сеть».
11. Раскрутка до 4000 об/мин, проверка устройства замыкания супермаховика для длительного хранения энергии.
12. Рекуперация энергии на «резистор».
13. Проверка системы экстренной остановки супермаховика.
14. Раскрутка до 5000 об/мин. Режим выбега. Запись всех параметров. Изменение давления в корпусе, анализ температуры супермаховика.
15. Определение КПД НКЭ.
16. Подготовка к испытаниям на безопасность.

Результаты испытаний продемонстрировали полную работоспособность опытного экземпляра НКЭ и его возможность накапливать и отдавать в сеть электрическую энергию в различных режимах работы в соответствии с

расчетными параметрами. Проведенные испытания полностью подтвердили расчетные параметры работы накопителя кинетической энергии.

Режимы работы НКЭ задавались с помощью системы управления, разработанной на базе частотного инвертора-преобразователя компании Mitsubishi со встроенным блоком рекуперации энергии. В испытаниях принимала участие компания «Нордсистем» и WILA Maskinfabrik A/S.

На рисунке 4 график прохождения резонансной частоты.

модель	ед. изм.	диап.	(A) 14:58:26	(B) 15:06:01	(C) 15:10:21	15:28:21
(1) K_Vibration	%	0 - 100	72.52 %	8.76 %	8.76 %	6.00 %
(2) K_n_Invertor	об/мин	0 - 12000	518.9 об/мин	1726.0 об/мин	2408.1 об/мин	2355.0 об/мин

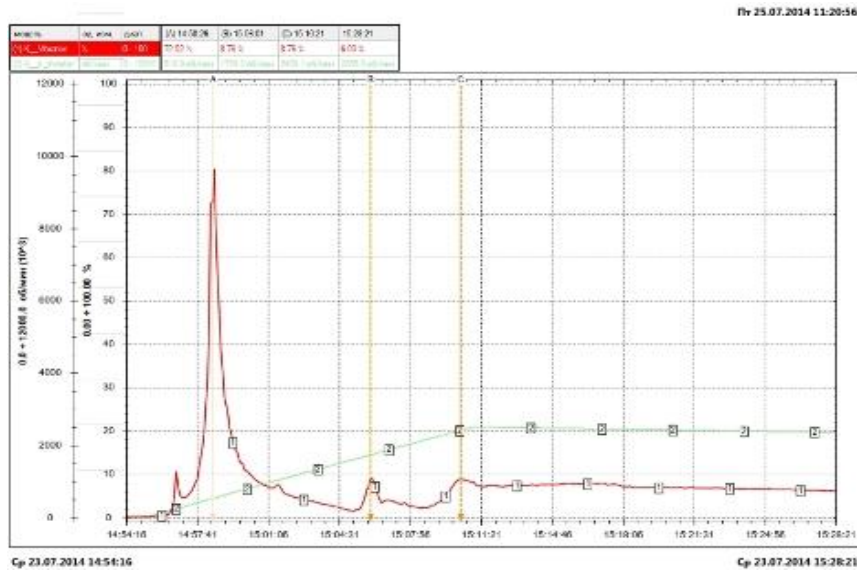
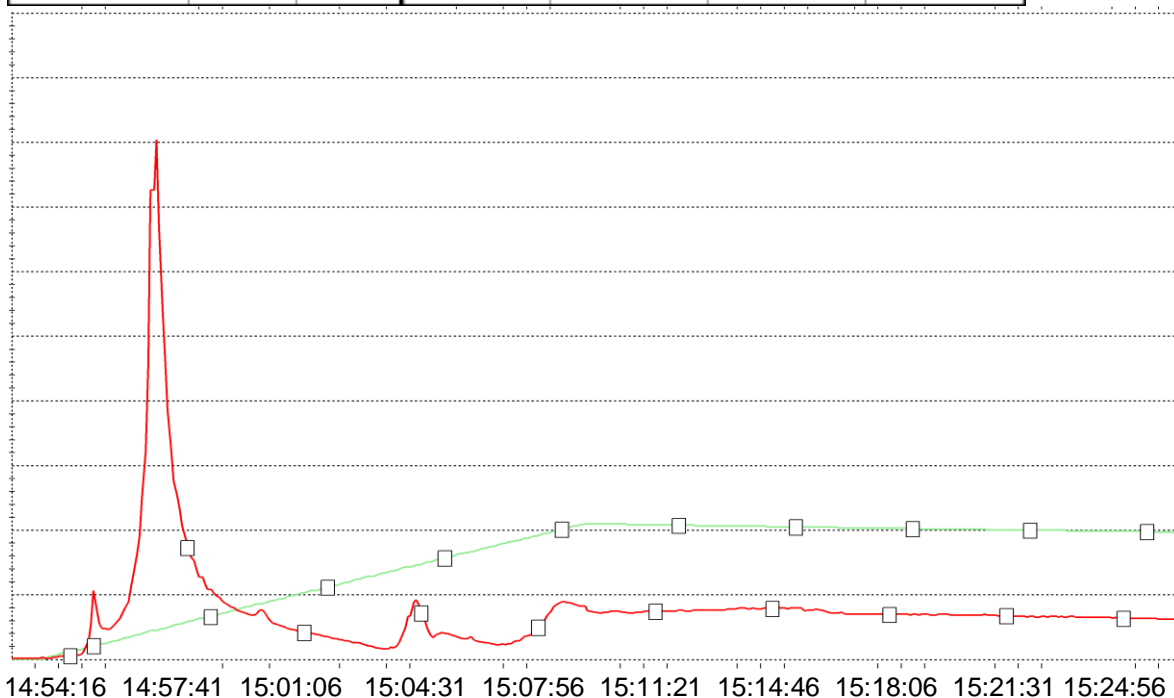


Рис. 4

На рисунке 5 график саморазряда накопителя в зависимости от времени накопления.

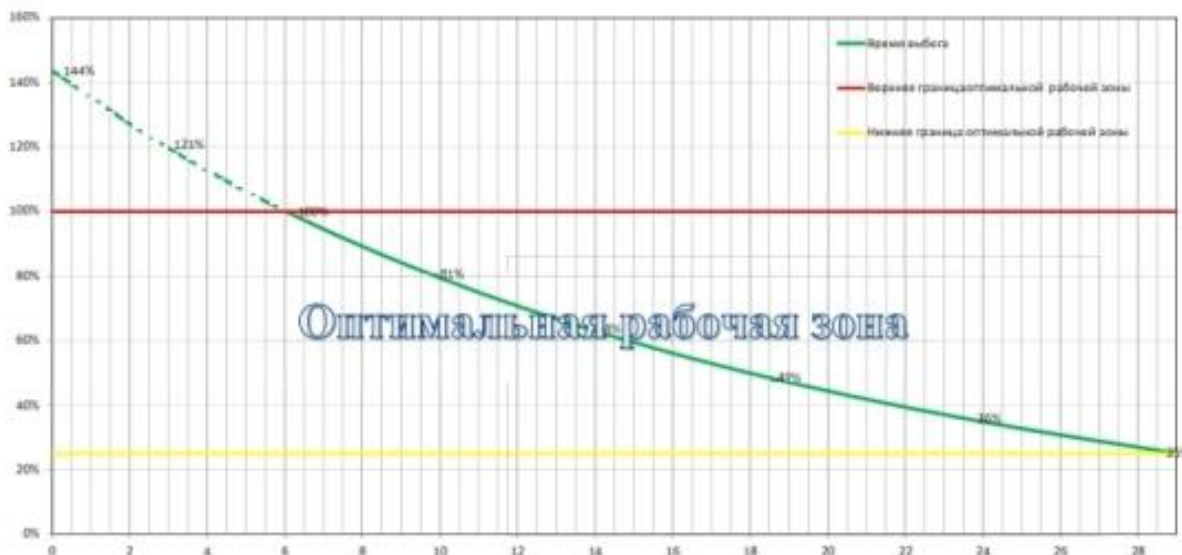


Рис 5. Оптимальная рабочая зона

В настоящее время после успешно проведенных испытаний ООО «Кинетик» приступила к изготовлению конструкторской документации для серийного накопителя энергоемкостью 5 – 80 кВт*час. Линейка данных моделей будет базовой для выхода на рынок и разработки различных проектных решений с использованием НКЭ.

ООО «Кинетик» в настоящее время готовит к испытаниям накопитель энергоемкостью 50 кВт*час для системы рекуперативного торможения в тяговых сетях электроснабжения ОАО «РЖД». Устройство удачно интегрируется с уже применяемым оборудованием и одновременно решает проблему рекуперации и хранения электроэнергии для дальнейшего ее использования или источника дополнительной мощности при движении нагруженного состава по местности со сложным горным рельефом.

Разработка пользовательских решений на базе НКЭ ООО «Кинетик» ведется силами собственного конструкторского бюро при тесном взаимодействии с профильными институтами России и Европы.

7. ОБЪЕМ ПОСТАВКИ

7.1 Объем поставки определяется характером применения КНЭ. В случае стационарной установки поставляется оборудование по п. 3.1 с заданным числом модулей.

7.2 В случае мобильной установки в контейнере поставляется контейнер с заданным числом модулей, коммутационным оборудованием, обязательной силовых и сигнальных кабелей, системой заземления, вентиляции, пожаротушения и др. вспомогательным оборудованием.

Генеральный директор

Бобров В.М.