

Окончание табл. 2

Вид дефекта	Процент отказов от общего их количества, %
Дефекты масляной системы охлаждения	5,38
Повреждения стержневых шпилек	4,35
Переток масла из бака устройства РПН в бак трансформатора	4,3
Обрыв и выгорание шинки заземления	3,23
Витковое замыкание в обмотках	3,22
Деформация обмотки	2,16
Образование короткозамкнутых контуров	2,15
<i>Итого</i>	100

Из табл. 2 следует, что повреждения устройств РПН составляют 44 %, локальные перегревы составляют 26 %, электрические частичные разряды составляют ~12 %.

При сравнительном анализе потока отказов трансформаторов в российской и белорусской энергосистеме, да и в целом в энергосистемах стран СНГ можно выделить основные причины отказов: ошибки при установке, монтаже, ремонте и эксплуатации трансформаторов; несвоевременный капитальный ремонт трансформатора и, как следствие, развитие дефектов под влиянием эксплуатационных факторов; моральный износ установок.

#### Литература

1. Хлыстиков, А. В. Проблемы надежности работы силовых трансформаторов / А. В. Хлыстиков, И. В. Игнатьев // Системы. Методы. Технологии. – 2013. – № 3. – С. 117–120.
2. Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/osnovnye-neispravnosti-i-metody-diagnostirovaniya-silovyh-transformatorov-v-usloviyah-ekspluatatsii>.
3. Режим доступа: <http://www.format-energo.ru/repair/defects/>.
4. Грунтович, Н. В. Экспертные системы управления энергоэффективностью и энергетической безопасностью / Н. В. Грунтович // Энергоэффективность: опыт, проблемы, решения. – 2014. – № 4. – С. 16.

## ИНТЕГРАЦИЯ ЭЛЕКТРОСЕТЕВОГО ОБОРУДОВАНИЯ РАЗЛИЧНЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ

С. Ж. Доскенова

*Рудненский индустриальный институт, Республика Казакстан*

Научный руководитель К. С. Рыспаев

Сперва давайте ответим на такой вопрос: что такое энергия? Энергией мы называем то что, без чего невозможно существовать не только человечеству, но и всему живому на земле. Вот поэтому вопросы, связанные с использованием различных источников энергии и их воздействия на среду, которая нас окружает, будут стоять перед нами всегда. Будь это гидроэлектростанция, атомная энергетика, солнечные батареи или ветрогенераторы, они вряд ли когда нибудь потеряют свою актуальность и важность.

От каждого из источников энергии, известного нам, дается возможность получать несколько видов энергии одновременно. К примеру, солнце. Солнце – источник

тепла, света и т. д. При этом солнечная батарея производит электрическую энергию, которая затем заново будет трансформироваться в свет и тепло.

Основные виды энергии делятся на две большие группы:

- возобновляемые;
- невозобновляемые.

Что такое возобновляемые источники энергии? Под ними понимается энергия из энергетических ресурсов, которые считаются возобновляемыми или неисчерпаемыми по человеческим масштабам, такие как водные потоки, солнечный свет, ветер, приливы и геотермальная теплота.

На данный момент энергетический сектор переживает переходный период и переживает значительные изменения, чтобы обеспечить всеобщий доступ к недорогим, надежным, устойчивым и современным источникам энергии для всех. Ключевым моментом является преобразование энергетических систем путем интеграции различных традиционных и возобновляемых источников энергии в широком диапазоне мощностей. Если страна будет привлекать инвестиции, то произойдет ускорение инноваций с помощью интеллектуальных сетей, эффективных и надежных технологий.

По словам министра Евразийской экономической комиссии (ЕЭК), преимущества распределенной «зеленой» энергетики – это близость к потребителю, снижение потерь в сетях, а глобально – энергетическая независимость и серьезный экономический эффект, включая возможность снижения цены за счет сокращения издержек. В частности, развитие получают такие направления альтернативной энергетики, как солнечная, ветровая и биоэнергетика.

Рассмотрев вопрос увеличения энергии, получаемой из этих возобновляемых источников, малораспространенных источников энергии, а также рассмотрев вопросы повышения надежности, мы проанализировали множество статей. Сегодня производство электроэнергии основано на невозобновляемых источниках энергии. Во многих странах доля возобновляемых источников энергии очень мала. Например, в России только 19 % производства электроэнергии приходится на возобновляемые источники. А самый масштабный показатель – 85 % – можно увидеть в Бразилии. В Евросоюзе доля электроэнергии, вырабатываемой из возобновляемых источников, за период с 2004 по 2013 гг. увеличилась с 14 до 25 %. В Германии уже в 2018 г. было произведено 38 % электроэнергии из возобновляемых источников.

В странах Центральной Азии разработаны и актуализированы целевые параметры развития возобновляемых источников энергии. Предусматривают увеличение доли производства электрической энергии с использованием энергии ветра и солнца до уровня не менее 20 % к 2025 г. И к 2030 г. до уровня не менее 25 %. Такие возобновляемые источники энергии, как солнечная и ветровая энергия, могут помочь в создании рабочих мест, в сокращении местного загрязнения воздуха. Получаемая энергия от возобновляемых источников энергии экологии не приносит никакого вреда.

Мировой опыт масштабного развития возобновляемых источников энергии указывает на необходимость применения различных мер в энергосистеме в зависимости от доли переменных возобновляемых источников энергии в годовом производстве.

Рекомендации:

– обеспечить солнечные и ветровые электростанции с системами накопления электрической энергии, которые могут поддерживать электроснабжение при сбоях в сети, обеспечивать регулирование напряжения с изменением потока реактивной мощности и регулирование частоты сети;

– развернуть строительство электростанций с использованием переменных возобновляемых источников энергии в районах с наилучшими условиями (с подходящими метеорологическими условиями, недалеко от центров нагрузки);

– диверсифицировать источники энергии. Метеорологические условия часто позволяют обеспечивать взаимное дополнение между возобновляемыми источниками энергии. Например, плохие условия для производства энергии ветра могут быть хорошими условиями для производства солнечной энергии;

– перестроить работу энергосистемы и внедрить новые средства и инструменты поддержания работы энергосистемы, включая системы накопления энергии, расширяющие возможности потребителей, переводя их из пассивных в активных участников рынка.

Чтобы понять суть, мы взяли ветрогенераторы для проведения исследований.

Согласно экспертным анализам, выполненным для Республики Казахстан, прогнозные сценарии по выработке ветровой энергии предусматривают в 2030 г. выработку порядка 2000 МВт · ч. Для сравнения, максимальная нагрузка энергосистемы Казахстана в зимний период составляет 15500 МВт. Для установки ветрогенераторов необходимо использовать информацию о скорости ветра в местах создания ветроэлектростанций. Мы использовали значения при описании среднегодовых значений энергетического потенциала Казахстана для горизонтов 10,50 и 100 м в проекте создания Атласа по энергии ветра института гидрогеологии и геоэкологии. Информация о наблюдениях на метеорологических станциях, архив проекта ООН/ГЕФ по возобновляемым источникам энергии и данные NASA были проанализированы. В ходе исследования использовались формулы:

$$\rho_0 = \frac{p}{RT_b},$$

где  $\rho_0$  – плотность воздуха на поверхности Земли, кг/м<sup>3</sup>;  $p$  – давление воздуха на поверхности Земли;  $R$  – универсальная газовая постоянная сухого воздуха, 286,8 Дж/(кг · °К);  $T_b$  – виртуальная температура, °К.

Виртуальную температуру можно получить следующим образом:

$$T_b = T \left( 1 + 0,378 \frac{E}{p} \right),$$

где  $T$  – температура воздуха на высоте, °К;  $E$  – давление насыщения водяного пара:

$$E = E_0 \cdot 10^{7_{235+t}} \cdot 45t,$$

где  $E_0$  – температура воздуха 0 °С, давление насыщения водяного пара 6,1 гПа;

$$p_h = p_0 e^{-cz},$$

где  $p_h$  – плотность воздуха на высоте кг/ м<sup>3</sup>;  $e$  – основа натурального логарифма 2,71828;  $c$  – комплексный коэффициент, равный  $1,25 \cdot 10^{-4}$ ;  $z$  – толщина слоя от поверхности до уровня, м.

При оценке потенциала энергии ветра использовалась формула

$$E_b = p_h S V^3 k,$$

где  $E_B$  – по производству энергии ветра генератор кВт/ч;  $S$  – ветер района, улучшения условий работы породоразрушающего инструмента на вращающемся генератора;  $V$  – среднегодовая скорость ветра;  $k$  – значение общего коэффициента, характеризующего расход энергии при производстве энергии и работе ветрогенератора, равно 0,35.

В настоящее время солнечные электростанции производят 697 МВт, что составляет половину производства возобновляемой энергии в Казахстане. Солнечная энергия обладает огромным потенциалом в качестве возобновляемого источника энергии из-за малонаселенных больших территорий и климатических условий, особенно на юге Казахстана, где солнце светит от 2200 до 3000 ч в год. В летние месяцы (июнь–август) в силу своего географического положения южная часть Казахстана получает прямую солнечную радиацию в течение большей части светового дня, что составляет 83–96 % от максимально возможного значения. В то время как северная часть страны получает около 2000 ч солнечного света, южные города, такие как Кызылорда и Шымкент, получают 2936 и 2892 ч солнечного света ежегодно, что достаточно для удовлетворения спроса на электроэнергию в южном Казахстане. Для сравнения, среднее количество солнечных часов во Вьетнаме составляет 2200, в Китае – 2500, в Германии, Великобритании, Норвегии и Японии – менее 1000 в год. Для снижения тарифов необходимо наладить производство средств генерации в Казахстане. Необходимо разработать ветроэнергетическую установку, которая имела бы меньшую стоимость, но при этом могла бы работать непрерывно дольше.

По состоянию на май 2020 г. в стране было 97 проектов в области возобновляемых источников энергии с общей мощностью 1260 МВт, еще 19 проектов были одобрены правительством, девять из которых должны были быть запущены к декабрю 2020 г. (Сатубалдина, 2020).

Если интегрировать ветровую энергию с солнечной энергией в Казахстане, это принесло бы большой успех. Можно заметить, что программы и политика в области возобновляемых источников энергии поддерживают краткосрочный и долгосрочный потенциал возобновляемых источников энергии в Казахстане. Однако несмотря на многочисленные законодательные акты, к сожалению, стране предстоит пройти долгий путь, чтобы догнать развитые страны.

#### Л и т е р а т у р а

1. Антонов, О. Зеленая энергетика Казахстана в 21 веке: мифы, реальность и перспективы. Материалы обзора по состоянию на 2014 г.
2. Цыба, Ю., Кузьмин, Ю. (2017). Электр энергетикасының қазіргі жай-күйі: Қазақстанның Электр энергетикасы және жаңартылатын энергия көздерін пайдалану перспективалары. Алматы энергетика және байланыс университеті, ЭОЖ.
3. Сидорович, В. Әлемдік энергетикалық революция: жаңартылатын энергия көздері біздің әлемді қалай өзгертеді / В. Сидорович. – М. : Альпина Баспасы, 2015. – 208 б.

### **ОЦЕНКА СОЛНЕЧНОЙ АКТИВНОСТИ И ВЕТРОПОТЕНЦИАЛА РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН НА ПРИМЕРЕ КОСТАНАЙСКОЙ ОБЛАСТИ**

**Б. К. Есенбаев**

*Рудненский индустриальный институт, Республика Казахстан*

Научный руководитель К. С. Рыспаев

Солнечная инсоляция – это величина, определяющая количество облучения поверхности пучком солнечных лучей (даже отраженных или рассеянных облаками). Поверхностью может быть что угодно, в том числе и солнечная батарея, которая преоб-