

трансформаторе подстанции 6–10/0,38 кВ. Тогда следует рассмотреть возможность перехода в одном из режимов на соседнее ответвление.

Учет зоны нечувствительности приводит к снижению зоны наложения и в определенных случаях может привести к тому, что диапазоны не будут накладываться друг на друга. Это значит, что при некоторых значениях потерь напряжения ответвление на трансформаторе подстанции 6–10/0,38 кВ выбрать не удастся.

Литература

1. РД 153-34.0-15.501-00. Методические указания по контролю и анализу качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения. Часть 1. Контроль качества электрической энергии. – М.: ЛИНВИТ, 2000. – 38 с.

2. ГОСТ 13109-97. Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения. – Взамен ГОСТ 13109-87. – Мн.: БелГИСС: Межгосударственный совет по стандартизации, метрологии и сертификации, 1997. – 62 с.

3. Федин, В.Т. Оперативное управление в энергосистемах. Часть 3. Регулирование нормальных режимов в энергосистемах и электрических сетях: Учеб. метод. пособие по дисциплине «Оперативное управление в энергосистемах». – Мн., 2002. – 128 с.

УДК 620.97

ВЕТРОЭНЕРГЕТИКА КАК НАИБОЛЕЕ ПЕРСПЕКТИВНЫЙ ВИД РАЗВИТИЯ НЕТРАДИЦИОННЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ

Питаленко Е.В., Угорич С.В.

Научный руководитель – канд. техн. наук, доцент **ЦЫГАНКОВ В.М.**

Ветроэнергетика – отрасль науки и техники, разрабатывающая теоретические основы, методы и средства использования энергии ветра для получения механической, электрической и тепловой энергии и определяющая области и масштабы целесообразного использования ветровой энергии в народном хозяйстве. Ветроэнергетика состоит из двух основных частей: ветротехники, разрабатывающей теоретические основы и практические приемы проектирования технических средств (агрегатов и установок), и ветроиспользования, включающего теоретические и практические вопросы оптимального использования энергии ветра, рациональной эксплуатации установок и их технико-экономических показателей, обобщение опыта применения установок в народном хозяйстве.

В настоящее время наибольшего развития достигла в Германии, Англии, Голландии, Дании, США (только в штате Калифорния 15 тыс. ветряков). Наиболее оправданы небольшие ветряные энергетические установки (ВЭУ) мощностью до 15 кВт, хотя сооружаются и установки мощностью 100–500 кВт, а во Франции, Дании и в некоторых других странах были введены в строй ВЭС с номинальной мощностью свыше 1 МВт. В таблице 1 приведены данные об установленной мощности по странам.

Обычно на одной площадке устанавливается большое количество ВЭУ, образующих так называемую ветровую ферму. Самая большая ферма сооружена в Калифорнии и включает около 1000 ВЭУ, ее общая мощность 100 МВт. Попытки сооружения «ветровых монстров» (в устье Эльбы была построена ВЭУ «Гровиан» мощностью 3 МВт, а в штате Огайо в США – мощностью 10 МВт) неоправданны, так как такие установки вызывают сильное шумовое загрязнение на больших территориях, примыкающих к ВЭУ. Небольшие ВЭУ – идеальные источники энергии для ферм. Они могут быть под-

ключены к центральной системе энергоснабжения, дающей энергию в период безветрия и, напротив, принимающей излишки энергии от ВЭУ в особо ветреную погоду.

Таблица 1. Суммарная установленная мощность ветростанций

Страна, регион	Установленная мощность (МВт)
США	1700
Дания	520
Германия	320
Великобритания	145
Нидерланды	132
Испания	55
Греция	35
Швеция	12
Италия	10
Бельгия	7
Португалия	2
Ирландия	7
Франция	1
Остальные регионы Европы	35
Индия	100
Китай	25
Остальные регионы мира	75
Всего	около 3200

Во многих развитых странах существуют Государственные программы развития возобновляемых источников энергии, в том числе и ветроэнергетики. Благодаря этим программам решаются научно-технические, энергетические, экологические, социальные и образовательные задачи. Более 10 крупнейших банков Европы инвестируют ветроэнергетическую индустрию. Более 20 крупных Европейских частных инвесторов финансируют ветроэнергетику. Стоимость ветровой энергии зависит в основном от следующих 6 параметров:

- инвестиций, вложенных в производство ветроагрегата (выражается как соотношение \$/кв.м – цена одного кв. метра ометаемой площади ротора ветротурбины);
- коэффициента полезного действия системы;
- средней скорости ветра;
- доступности;
- технического ресурса.

За последние три десятилетия технология использования энергетических ресурсов ветра была сосредоточена на создании сетевых ветроагрегатов WECS. В этом направлении достигнуты значительные успехи. Многие тысячи современных установок WECS оказались полностью конкурентоспособными по отношению к **обычным** источникам энергии. Существующие электрические сети осуществляют транспортировку электроэнергии, вырабатываемой ветропарками, в различные регионы.

Ветроэнергетические установки.

Устройство для преобразования кинетической энергии **воздушного** потока в электрический ток носит название ветрогенератор. Принцип действия **всех** ветродвигателей один: под напором ветра вращается ветроколесо с лопастями, **передавая** крутящий мо-

мент через систему передач вала генератора, вырабатывающего электроэнергию, водяному насосу. Чем больше диаметр ветроколеса, тем больший воздушный поток оно захватывает и тем больше энергии вырабатывает агрегат.

Большинство современных ветрогенераторов вырабатывает трехфазный переменный ток. Вследствие непостоянства скорости и направления ветра этот ток имеет непостоянную амплитуду и частоту, что не позволяет использовать его непосредственно для питания электроприборов.

Типы ветродвигателей:

- с горизонтальной осью вращения (крыльчатые);
- с вертикальной осью вращения (карусельные: лопастные и ортогональные).

Достоинства и недостатки ветровой энергии.

К достоинствам, прежде всего, следует отнести доступность, повсеместное распространение и практически неисчерпаемость ресурсов. Источник энергии не нужно добывать и транспортировать к месту потребления. Эта особенность ветра чрезвычайно важна для труднодоступных районов, удаленных от источников централизованного энергоснабжения, и для относительно мелких (мощностью до 100 кВт) потребителей энергии, рассредоточенных на обширных пространствах. Основное препятствие к использованию ветра как энергетического источника – непостоянство его скорости, а следовательно, и энергии во времени. Ветер обладает не только многолетней и сезонной изменчивостью, но также изменяет свою активность в течение суток и за очень короткие промежутки времени. Потенциал ветровой энергии зависит от значений среднегодовой или среднепериодной скорости и повторяемости различных скоростей ветра. Его оценивают количеством энергии, которую с помощью ветродвигателя можно получить в данной местности. Мощность ветрового потока пропорциональна кубу скорости ветра. Поэтому даже относительно небольшие его изменения приводят к значительным колебаниям мощности. Чтобы уменьшить эти колебания или избежать их, ветровую энергию в периоды, когда имеется избыточная мощность, аккумулируют и затем используют в периоды безветрия или недостаточных скоростей ветра.

Основным недостатком ветроэлектростанций, на сегодняшний день, является их высокая стоимость, которая определяет высокую цену за 1 кВт·ч электроэнергии, полученной от ветрогенератора. Ни одна система альтернативной энергетики не может гарантировать постоянного электроснабжения.

Применение.

Современные способы применения энергии ветра в механических целях:

- гоночные яхты, паромы, большие суда для перевозки грузов с автоматизированным управлением парусами;
- ветряные мельницы;
- водяные насосы мощностью до 10 кВт, приводимые в движение ветроколесом и используемые в с/х.

Ветродвигатели могут не только вырабатывать энергию. Способность привлекать внимание вращением без расходования энергии используется для рекламы. Наиболее простой – однолопастной карусельный ветродвигатель представляет собой прямоугольную пластинку с ортогональными краями. Закрепленный на стене он начинает вращаться даже при незначительном ветре. На большой площади крыльев карусельный трех-четырёх лопастный ветродвигатель может вращать рекламные плакаты и небольшой генератор. Запасенная в аккумуляторе электроэнергия может освещать крылья с рекламой в ночное время, а в безветренную погоду и вращать их.

Территория Республики Беларусь находится в умеренной ветровой зоне. Стабильная скорость ветра составляет 4–5 м/с и соответствует нижнему пределу устойчивой работы отечественных ВЭУ. Это позволяет использовать лишь 1,5–2,5 % ветровой

энергии. К зонам благоприятным для развития ветроэнергетики, со среднегодовой скоростью ветра выше 5–5,5 м/с, относится 20 % территории страны. Поэтому ветроэнергетику можно рассматривать в качестве вспомогательного энергоресурса, решающего местные проблемы, например, отдельных фермерских хозяйств. По некоторым оценкам, возможная установленная мощность ВЭУ к 2010 году в республике может составить 1500 кВт. В Дзержинском районе сдана ВЭУ 250 кВт на опоре 35 м.

Литература

1. Шефтер, Я.И. Использование энергии ветра. – М.: Энергоатомиздат, 1983. – 200 с.
2. Олешкевич, М.М., Лосюк, Ю.А. Нетрадиционные источники энергии: Учебно-методическое пособие для студентов вузов. – Мн.: БГПА, 2001.
3. Коваленко, Э.П. Возобновляемые источники и возможности их использования в Беларуси. – Мн.: ЦНИИКИВР, 1995. – 137 с.

УДК 621.311

СИСТЕМНАЯ АВАРИЯ В ЕЭС РОССИИ

Клим М.В.

Научный руководитель – канд. техн. наук, доцент КАЛЕНТИОНОК Е.В.

В Единой энергосистеме России 25 мая 2005 года произошла тяжелая системная авария, вызвавшая погашение ряда электростанций и потребителей суммарной мощностью порядка 3 540 МВт в Московской, Тульской, Калужской, Рязанской и Смоленской энергосистемах. Предпосылкой возникновения и развития данной аварии послужила авария на ПС 500 кВ «Чагино», схема которой приведена на рисунке. В результате повреждения в 20 ч 57 мин 24.05.2005 г. трех фаз измерительного трансформатора тока воздушного выключателя ВВ 110 кВ I СШ АТ-2 и последующего развития аварии (разрушение ТТ СВ II СШ 110 кВ, 2-х фазное КЗ на СШ 220 кВ с обрывом шлейфа на портале и потеря питания собственных нужд) в 21 ч 15 мин 24.05.2005 г. была полностью погашена ПС 500/220/110 кВ «Чагино». При этом отключились все присоединения 110, 220 и 500 кВ, два синхронных компрессора на подстанции, два энергоблока и два турбогенератора ТЭЦ-22, работавших с суммарной нагрузкой 640 МВт на шины 220 кВ ПС «Чагино». В результате отключения трех ВЛ 500 кВ произошел разрыв Московского кольца 500 кВ. В связи со сложившимся режимом работы электрической сети Московской энергосистемы были проведены оперативные расчеты режимов на период предстоящего максимума нагрузки с учетом расчетных возмущений. В течение ночи диспетчерский персонал ЦДУ и ОДУ центра предпринимал усилия по замыканию Московского кольца 500 кВ. Однако по разным причинам замкнуть кольцо не удалось.

В связи с ослаблением электрической сети и утреннего роста нагрузки, начиная с 8 ч 15 мин 25.05.2005 г. диспетчеру Московского регионального диспетчерского управления периодически стали поступать сообщения дежурных электрических сетей и подстанций о возникновении перегрузок ВЛ 110 и 220 кВ (токи в линиях достигали значений до 1 кА) и снижении напряжения, значения которых приведены в таблице 1. В сложившихся условиях предаварийной ситуации, эффективным средством предотвращения аварии было бы быстрое отключение потребителей средствами автоматики или дистанционно. Автоматических устройств разгрузки электрической сети при снижении напряжения и перегрузках линий электропередачи в Московской энергосистеме не было и не существовало никогда ранее и диспетчерский персонал Московской энергосистемы попытался обойтись без радикальных действий, т. е. без отключения групп потребителей с питающих центров. Это привело к тому, что в период 9 ч 15 мин до