

УДК 621.311

**СИСТЕМА ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ НА ПРИМЕРЕ  
ВЕТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ УСТАНОВКИ  
THE POWER SUPPLY SYSTEM ON THE EXAMPLE  
OF A WIND POWER PLANT**

А.Д. Бобко

Научный руководитель – В.А. Малецкая, преподаватель-стажёр  
Белорусский национальный технический университет, г. Минск

A. Babko

Supervisor – V. Maletskaya, Trainee teacher  
Belarusian national technical university, Minsk

**Аннотация:** Работа касается системы электроснабжения ветроэнергетических установок. Она включает в себя перечень используемых трансформаторов, кабелей, защит и их предназначение. Также в работе описывается перечень этапов подключения ветроэнергетических установок к системе электроснабжения, её заземление и молниезащита. Работы может послужить помощью при создании проекта электроснабжения ветроэнергетических установок различных типов.

**Abstract:** The work concerns the power supply system of wind power plants. It includes a list of used transformers, cables, protections and their purpose. The work also describes a list of stages of connecting wind power plants to the power supply system, its grounding and lightning protection. The work can serve as an aid in creating a project for the power supply of wind power plants of various types.

**Ключевые слова:** ВЭУ, электроснабжение, кабель, трансформатор, молниезащита, энергосистема.

**Keywords:** WPP, power supply, cable, transformer, lightning protection, powersystem.

### Введение

В Республике Беларусь в последнее время получают распространение альтернативные источники энергии. В том числе туда входят ветроэнергетические установки различных типов, мощностей, размеров и т.д. ВЭУ нужно подключить к энергосистеме для передачи и распределения выработанной электроэнергии по всей стране и за её пределы. Для этого и разрабатываются планы электроснабжения.

### Основная часть

Ветроэнергетические установки подключаются к энергосистеме через трансформаторные подстанции. Это нужно для того, чтобы преобразовать напряжение выработанное ветрогенератором до уровня энергосистемы.

ВЭУ подключают к системе электроснабжения в несколько этапов:

- выбор места установки ВЭУ;
- проектирование ВЭУ, наружной подсветки ВЭУ, устройства контуров заземления и др.;
- установка самой ВЭУ, трансформаторных подстанций, кабельных линий и др.;
- подключение ВЭУ к сети и проверка безопасности и стабильности её работы в энергосистеме;

- обслуживание и плановая проверка ВЭУ.

В данной работе рассмотрим пример электроснабжения ВЭУ EnerconE-58/1000 мощностью 1000 кВт.

В любой энергосистеме может произойти аварийные ситуации. Для защиты ветрогенератора, ВЭУ имеет систему управления, которые предусматривает такие защиты, как:

- защиту от падения напряжения;
- защиту от перенапряжения;
- защиту от падения частоты;
- защиту от повышения частоты;
- защиту от несимметричной нагрузки (токовой);
- защиту от несимметричного напряжения.

Срабатывание вышеуказанных защит приводит к отключению силового контактора. Также система управления ВЭУ выполняет активную регулировку  $\cos(\varphi)$ .

Если обратиться к правилу устройства электроустановок (ПУЭ) заметим, что для обеспечения надежной и безопасной работы, устанавливаемую ВЭУ следует присоединить к проектируемому контуру заземления не менее чем в двух местах. Генератор ВЭУ присоединяется к контуру заземления посредством металлической мачты, имеющей непрерывную электрическую связь с конструкцией железобетонного фундамента. Такая система заземления относится к типу TN-C.

Для безопасности ВЭУ должна иметь молниезащиту. Согласно ТКП 336-2011 для ВЭУ рекомендован III уровень молниезащиты. Обычно молниезащита ВЭУ выполняется комплектно на заводе-изготовителе и действует по принципу клетки Фарадея. Общая базовая конструкция турбины выполняется с учетом требований международного стандарта молниезащиты IEC 61400-24 уровня I (на примере ветроэнергетической установки (ВЭУ) типа EnerconE-58/1000 мощностью 1000 кВт).

Лопастей снабжены приемниками молний и гибкими изолированными проводами. Электрический контакт с башней обеспечен через ступицу. Конструкция гондолы и башни – полностью металлическая.

Также на некоторые ВЭУ согласно п. 7.6 ТКП 17.02-02-2010 (02120) на гондоле предусматривается биоакустический маяк для отпугивания птиц.

Для электроснабжения ВЭУ применяются специальные кабели, которые соответствуют требованиям надёжности и долговечности. Основные типы кабелей, применяемых для ВЭУ:

- силовые;
- оптические;
- контрольные;
- с полиэтиленовой (ПЭ) оболочкой
- и другие.

Силовые кабели используют для передачи генерируемой энергии к трансформатору и дальше в энергосистему. Они должны быть устойчивы к воздействию окружающей среды и механическим нагрузкам. Оптические кабели

используют для быстрой связи между ветроэнергетическими установками и системой управления. Они обеспечивают высокую пропускную способность, что позволяет более точно управлять ВЭУ. Контрольные кабели используют для передачи сигналов управления между компонентами ВЭУ. Они должны быть хорошо защищены от воздействия электромагнитных волн. Кабели с полиэтиленовой (ПЭ) оболочкой имеют хорошую стойкость к кручению, что делает их использование предпочтительным в ветроэнергетике в целом.

Кабеля для ветроэнергетических установок прокладываются на глубине от 0,7 до 1 метра. Оптимальной глубиной считается около 1 метра. Ширина траншеи под кабель обычно около 0,3 метров.

Трансформаторы для ВЭУ применяют различных типов. Например, для повышения напряжения, генерируемого ветрогенератором, используют силовые трансформаторы. Они также служат для передачи электроэнергии на большие расстояния. Для стабильной работы ВЭУ применяются трансформаторы тока и напряжения. С помощью их можно производить контроль и измерения параметров электрической сети. Могут использоваться машинно-трансформаторные агрегаты (МТА), что позволяет повысить надёжность и эффективность системы.

Техническая эксплуатация электроустановок должна производиться в соответствии с требованиями "Правил технической эксплуатации электроустановок потребителей" с соблюдением правил техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителями.

В процессе эксплуатации периодически проверяется надёжность контакта проводов в местах крепления их винтами к выводам коммутационных аппаратов. При наличии признаков подгорания и разрушения коммутационного аппарата, последние должны заменяться новыми. Элементы электроустановки имеют определенный срок службы и их замена (при отсутствии повреждений) по правилам производиться только на основе проектной документации на ремонт.

В процессе эксплуатации периодически проверяется надёжность и механическая целостность ВЭУ и её электроснабжения в целом.

### **Заключение**

Стоит заметить, что электроснабжение это одна из важнейших частей энергетики во всём мире. Она затрагивает множество аспектов, электрического оборудования, а также требует большого внимания ещё на этапе разработки проекта электроснабжения любого из объектов (в работе рассмотрено на примере ВЭУ).

### **Литература**

1. ТКП 17.02-02-2010 (02120) «Правила размещения и проектирования ветроэнергетических установок».
2. ТКП 336-2011 «Молниезащита зданий, сооружений и инженерных коммуникаций».
3. IEC 61400-24 «Wind energy generation systems - Part 24: Lightning protection».