

# Проектирование электрической части ветропарка мощностью 60 МВт

К.Р. Крайнов

Самарский государственный технический университет, Самара, Россия

**Обоснование.** Ветроэнергетика — это один из самых быстрорастущих и перспективных источников возобновляемой энергии в мире. За последние несколько лет отрасль вышла на новый уровень развития благодаря совершенствованию технологий и увеличению эффективности ветрогенераторов [1]. Однако, в связи с малым опытом эксплуатации, одной из самых заметных проблем в этой отрасли является неразвитость и неопределенность в нормативно-правовом поле, регулирующем сектор ветроэнергетики [2]. Это вызывает некоторые трудности при более детальных и точных расчетах и моделировании ветропарков. Стоит более внимательно изучить данный аспект.

**Цель** — спроектировать электрическую часть ветропарка мощностью 60 МВт для изучения особенностей ветропарков.

**Методы.** Первым этапом моделирования является построение схемы ветропарка. Проектирование ветропарка крайне непростая задача, требующая сложных и объемных вычислений гидродинамики ветровых потоков выбранного района, а также учета территориальных, экологических и законодательных особенностей местности. Поэтому было принято допущение — идеализированная модель ветропарка, где ветроэнергетические установки (ВЭУ) размещаются просто в шахматном порядке, чтобы не мешать ветровым потокам друг друга. Следующий этап — выбор электрооборудования. Трансформаторы и кабельные линии выбираются по проходящей мощности, а выключатели по расчетам токов короткого замыкания (КЗ). Однако за счет инверторного оборудования ВЭУ есть одно важное замечание при расчетах токов КЗ ветропарка. Короткое замыкание в электрической сети сопровождается резким падением напряжения. Данное явление будет фиксироваться инвертором ВЭУ, который имеет собственную микропроцессорную защиту, способную практически мгновенно отключить инвертор, а вместе с ним и генератор от сети [3]. Таким образом, в подпитке точки КЗ сами ветрогенераторы не будут участвовать, КЗ будет питаться только от системы, т.е. индуктивные сопротивления ветрогенераторов при расчетах не учитываются. Последним этапом было моделирование ветропарка в программном комплексе (ПК) RastrWin3 с целью рассмотрения максимального электрического режима работы ветропарка. Моделирование ВЭУ в ПК RastrWin3 осуществлялось путем задания PQ-диаграммы ветрогенератора.

**Результаты.** Таким образом, был спроектирован ветропарк, в котором коллекторная электрическая сеть построена по радиальной схеме по критерию минимизации длины кабелей 20 кВ. Ветропарк генерирует мощность 60 МВт в максимальном режиме. Он включает в себя 24 ветроэнергетические установки по 2,5 МВт и трансформаторную подстанцию с одним повышающим трансформатором ТРДН-63000/110/20. Ветрогенераторы подключаются к ТП группами — всего 8 групп по 3 ВЭУ в каждой. Данный ветропарк подключается к существующей воздушной линии (ВЛ) 110 кВ отпайкой.

По расчетам токов КЗ получили, что на стороне высокого напряжения ПС 110 кВ, т. е. на шине 110 кВ — 3,395 кА; на стороне низкого напряжения ПС 110 кВ, т. е. на шине 20 кВ — 24,319 кА; в самой удаленной точке от ПС 110 кВ, на кабельной линии 20 кВ — 16,791 кА. Дополнительно были рассчитаны ударные токи и тепловые импульсы при КЗ в данных точках. На основании всех полученных данных были выбраны выключатели ВБП-20-25/630÷1600 У2 — для сети 20 кВ и ВБП-110III-31,5/2000 УХЛ1 — для сети 110 кВ.

В ПК RastrWin3 был смоделирован максимальный электрический режим ветропарка после расчета всех необходимых параметров элементов (рис. 1). Таким образом, ветропарк в максимальном электрическом режиме выдает в линию 110 кВ 58,2 МВт активной мощности и 9,2 Мвар реактивной мощности. Генерацию реактивной мощности можно регулировать. Потери активной мощности составляют 1,8 МВт. В каждой отдельной ветви теряется от 0,1 до 0,2 МВт активной мощности. Генерация реактивной мощности в каждой отдельной ветви 1,9 Мвар. Уровни напряжения во всех узлах находятся в пределах нормы  $\pm 10\%$ .

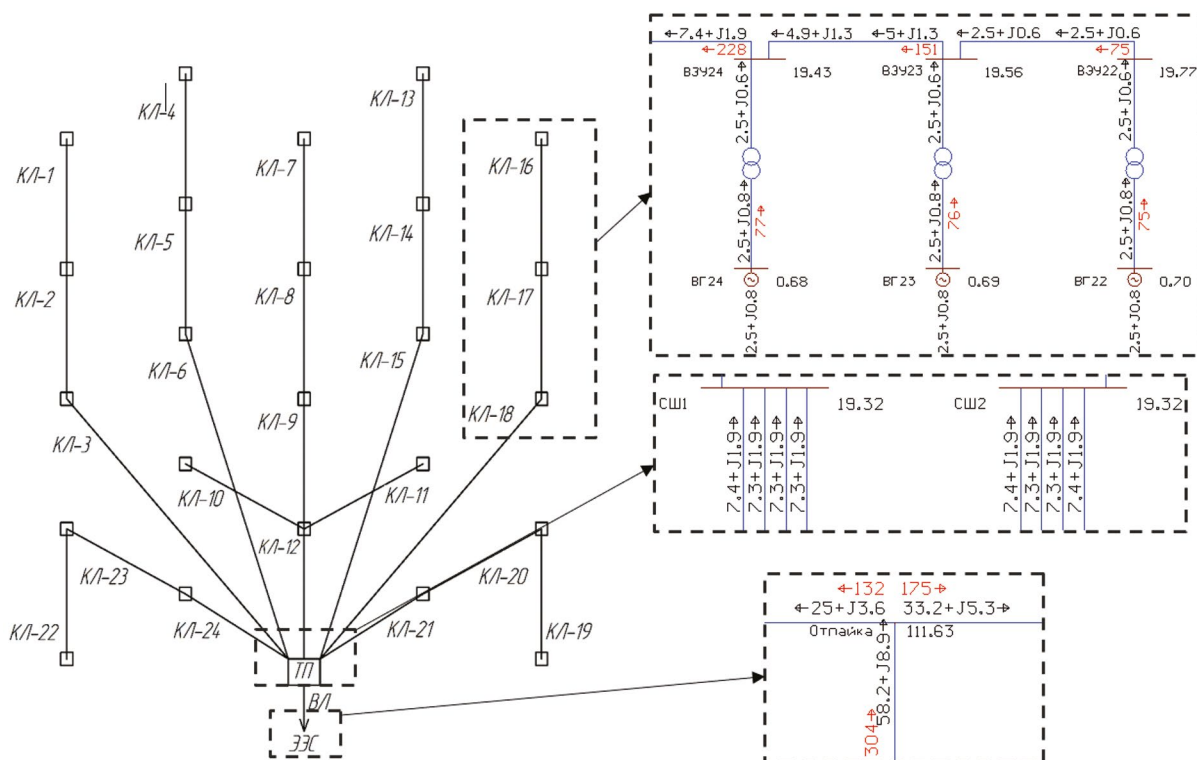


Рис. 1. Коллекторная сеть ветропарка и фрагментарные выноски его максимального режима работы

**Выводы.** Более детально изучены: проектирование ветропарков, особенности расчета токов КЗ, моделирование ветропарков в программном комплексе для изучения режимов его работы.

**Ключевые слова:** ветроэнергетика; ветрогенератор; ветропарк; расчет токов короткого замыкания; проектирование ветропарка.

### Список литературы

1. arhangelsk.fas.gov.ru [Электронный ресурс]. Федеральный закон № 35-ФЗ «Об электроэнергетике» с изменениями от 01.01.2019. Режим доступа: <https://arhangelsk.fas.gov.ru/page/6943>
2. Юрченко И.В. Обзор рынка ветроэнергетики России // Экономические науки. 2023. № 220. С. 18–24. EDN: OFXGXC doi: 10.14451/1.220.18
3. Дадонов А.Н., Кротков Е.А. Исследование зависимости располагаемого диапазона реактивной мощности ветряной электростанции от значения напряжения в прилегающей электрической сети // Промышленная энергетика. 2020. № 9. С. 46–51. EDN: PZZHSO doi: 10.34831/EP.2020.18.92.007

*Сведения об авторе:*

**Кирилл Романович Крайнов** — студент, группа 4-ЭТФ-20Этф-2, факультет электротехнический; Самарский государственный технический университет, Самара, Россия. E-mail: [kraynov-2002@inbox.ru](mailto:kraynov-2002@inbox.ru)