

Параметры ротора ветроэнергетической установки с концентратором воздушного потока

Калкаманов С.А., Лебедь В.Г., Харьковская национальная академия городского хозяйства

Использование ветроэнергетических установок (ВЭУ) для производства электрической энергии в промышленных масштабах наиболее эффективно в регионах, где среднегодовая скорость ветра V_{cp} больше 6 м/с. Так как подавляющее большинство регионов Украины имеют $V_{cp} < 6$ м/с, то использование традиционных ветроэнергетических установок в этих регионах нерентабельно. Поэтому одним из актуальных направлений исследований по использованию альтернативных источников энергии является разработка и внедрение высокоэффективных методов отбора энергии из ветрового потока, в частности ВЭУ с использованием концентраторов воздушного потока (КВП).

К первому поколению КВП относятся ветровые диффузорные усилители, для которых величина относительной мощности турбины составляет $\bar{N} \approx 3,5$ при отношении длины КВП к диаметру турбины $L/d_t \approx 7$. Второе поколение КВП, основанное на использовании щелевых диффузоров, при $L/d_t = 3$ позволяет развивать мощность турбины $\bar{N} \approx 2,6$. Третье поколение КВП, основанное на использовании управления внутренним и внешним течениями воздуха в КВП, в настоящее время находится на стадии разработок.

При использовании в КВП систем активного управления параметрами течения воздуха возможно поддержание постоянных условий работы ротора в широком диапазоне изменения параметров ветрового потока. Как следствие, задачу проектирования ВЭУ с КВП можно выполнить в два этапа.

На первом этапе проектирования для заданного диапазона ветрового режима определяются основные параметры концентратора воздушного потока, включая параметры управления воздушным потоком около КВП. При этом работа ротора моделируется в виде активного сечения с заданным перепадом давления. После нахождения основных геометрических параметров КВП определяется значение относительной скорости за турбиной, обеспечивающей максимальные значения перепада давления, а следовательно, и мощности турбины. На втором этапе определяются геометрические параметры турбины, обеспечивающие найденное оптимальное значение относительной скорости за турбиной. При необходимости корректировки полученных данных, расчеты по первому и второму этапам повторяются.

В основу методики расчета геометрических параметров турбины положено условие, что оптимальные значения перепада давления и мощности турбины, определенные по импульсной теории должны быть равны значениям, полученным по лопастной теории. Это позволяет связать основные геометрические и кинематические характеристики лопасти ветроэнергетической установки с рабочими параметрами концентратора воздушного потока. Профиль лопасти ВЭУ и аэродинамические характеристики профиля считаются заданными. Также при определении параметров ротора учитываются ограничения, обусловленные аэродинамическими и аэроупругими явлениями. В результате проведения расчетов определяются количество, крутка, удлинение и сужение лопастей ротора, а также угловая скорость вращения ротора.

На основе разработанной методики проведены расчеты геометрических параметров ветроэнергетической установки с концентратором воздушного потока для среднегодовой скорости ветра $V_{cp} = 5,5$ м/с, характерной для большинства южных районов Украины. Результаты расчетов показывают, что ветроэнергетическая установка с КВП и системой активного управления внутренним и внешним течениями воздуха позволяет более чем в два раза уменьшить диаметр ротора по сравнению с ветроэнергетической установкой без КВП и на 90% увеличить мощность, снимаемую с вала ротора.