

УДК 621.311.212 (575.2) (04)

## МАЛЫЕ ГЭС В РАСПРЕДЕЛЕННЫХ ЭНЕРГОСИСТЕМАХ

*И.А. Аккозиев, Т.А. Шестопалова, В.А. Юриков, М.Г. Тягунов*

Рассматривается ряд особенностей, которые необходимо учитывать при разработке систем моделирования энергокомплексов при проектировании и работе малых ГЭС в распределенных энергосистемах.

*Ключевые слова:* малые ГЭС; энергокомплекс; малые распределенные энергосистемы.

В течение XX века электроэнергетика в Советском Союзе развивалась путем централизации электроснабжения – создания все более мощных электроэнергетических объектов. Следствием этого явилось формирование территориально протяженных электроэнергетических систем, для резервирования и повышения надежности электроснабжения была создана Единая энергетическая система [1]. Это было экономически выгодно, и способствовало повышению качества электроэнергии [2].

Однако в настоящее время объемы старения энергетического оборудования значительно превышают объемы технического перевооружения, реконструкции и ввода новых энергетических мощностей [1]. Поэтому вопросы снижения надежности электроснабжения, в том числе в условиях аварий, роста тарифов на тепло и электроэнергию являются дополнительными стимулами развития распределенной энергетики, ориентированной на конкретного потребителя в конкретной точке, в конкретном регионе [3].

На сегодняшний день распределенная энергетика России – это около 50 тысяч различных электростанций (более 98 % из них дизельные) суммарной мощностью 17 ГВт – примерно 8 % от установленной мощности всех электростанций страны [4].

Сокращение запасов органического топлива и проблемы экологии приводит к необходимости поиска путей использования возобновляемых источников энергии. Среди них существенное место по запасам и масштабам использования занимает энергия потоков воды.

Основными преимуществами технологий малой распределенной энергетики являются учет специфики локального спроса, максимальное использование местных энергоресурсов и возобновляемых источников энергии, единство всего энергокомплекса – от генерации до потребителя [6].

Малые распределенные энергосистемы состоят из потребителей различных видов энергии (электрической, тепловой, механической и т.д.), генераторов требуемых видов энергии, средств доставки энергии потребителю, они также включают в себя систему резервирования источников питания и единого управления всеми элементами энергосистемы.

К особенностям малых распределенных энергосистем следует отнести:

- незначительность потерь энергии в транспортной системе (электро-, тепло- и др. линиях передачи энергии) в связи с незначительным расстоянием между местом производства энергии и ее потребителями;
- соизмеримость единичной мощности источников и потребителей энергии с мощностью энергосистемы;
- существенное взаимное влияние режимов работы элементов на устойчивость и надежность работы энергосистемы.

Особенности работы малых распределенных энергосистем требуют создания единой методики проектирования и экспертизы проектов этих энергосистем, и, в частности, обоснования их структуры и параметров. Такая методика должна быть построена на основе математических моделей объектов (элементов) малых распределенных энергосистем.

Модели малых гидроэнергетических установок (ГЭУ), как генерирующих источников малых энергосистем, включают в себя:

- модель поступления энергоресурса (валовой потенциал первичной энергии) для заданного места расположения малой ГЭУ;
- модель первичного преобразователя энергии (технический потенциал) – определение количества энергии, которая может быть выработана имеющимися на рынке малыми гидроэнергетическими установками;

- модель накопителей первичной энергии (водохранилище ГЭУ);
- модель системы управления малой ГЭУ и ее агрегатами, включая системы регулирования частоты и напряжения.

При проектировании малых ГЭУ следует учитывать то обстоятельство, что на выбор установленной мощности малой ГЭУ наиболее существенно влияет характеристика энергосистемы, для работы в которой проектируется малая ГЭС [5].

Традиционный подход при проектировании малых ГЭУ, работающих на изолированную нагрузку, состоит в том, что график нагрузки потребителя практически определяет параметры и режим работы малой ГЭУ. Установленная мощность малой ГЭУ включает гарантированную (обеспеченностью не ниже 95 %), резервную и сезонную (дублирующую) мощности:  $N_{уст} = N_{гар} + N_{рез} + N_{сез}$  [5]. Малые ГЭУ в составе малых распределенных энергосистем должны обосновываться иначе. Должны учитываться как особенности различных типов потребителей электрической и других видов энергии, так и особенности режима неэнергетических водопользователей.

Первоочередными объектами для сооружения малых ГЭУ являются существующие гидроузлы водохозяйственного назначения. Почти 58 % средних (до 20 млн м<sup>3</sup>) и 90 % малых (до 1 млн м<sup>3</sup>) водохранилищ не используются в энергетических целях [7].

Режим работы малых ГЭУ, создаваемых на водохранилищах неэнергетического назначения, подчинен требованиям основного водопользователя. Установленную мощность для них принимают по гарантированной с обоснованием целесообразности устанавливаемой дублирующей мощности для получения сезонной выработки электроэнергии:  $N_{уст} = N_{гар} + N_{сез}$ . При этом гарантированную мощность определяют по стоку напряженного для потребителя месяца в году расчетной обеспеченности для основного водопользователя [5].

Такой подход нецелесообразен в случае малых распределенных энергосистем, при определении параметров которых необходимо комплексно рассматривать весь энергетический комплекс от генератора до потребителя. Для малых ГЭУ среди потребителей энергии различных типов в процессе проектной проработки необходимо выделять потребителей электроэнергии и воды, а также иных прямых потребителей механической энергии. Поэтому необходимо учитывать этих потребителей в комплексе с малой ГЭУ и это должно стать основой распределенного подхода к энергоснабжению.

Отдельной проблемой для рационального развития и управления электроэнергетических систем

с распределенной генерацией является разработка принципов оптимизации режимов, которые должны учитывать новые регулирующие свойства энергопотребителей и их независимость от диспетчерских решений [8].

Следует отметить, что от 60 до 70 % территории России (Крайний Север, Дальний Восток, Сибирь, Бурятия, Якутия, Алтай, Курильские острова, Камчатка, часть Центральной России) не охвачены централизованным электроснабжением. На этой огромной территории проживает более 20 млн человек и жизнедеятельность людей обеспечивается главным образом средствами малой энергетики [9].

Кыргызская Республика также обладает большим ресурсом малых рек с огромным энергетическим потенциалом и имеет определенный исторический опыт в использовании малых гидроэлектростанций.

Развитие распределенной генерации разгружает как основную, так и распределительную сеть, что способствует снижению потерь электрической энергии, повышению надежности и устойчивости электроэнергетической системы [2].

Технологическая платформа “Малая распределенная энергетика” базируется на нескольких технологиях, среди которых обозначены модульные комплексы, комбинирующие генерацию разных видов, в том числе возобновляемых источников энергии.

Математическая модель малой ГЭУ должна учитывать все перечисленные выше особенности и применяться в комплексе с моделями других источников энергии, моделью потребителя и моделью системы управления всем энергокомплексом в целом.

Поскольку малые ГЭУ устанавливаются, как правило, на существующих гидроузлах водохозяйственного назначения, то на этапе проектной проработки необходимо выделить потребителей электроэнергии и водопотребителей. Проектирование этих потребителей должно осуществляться с учетом параметров малой ГЭУ.

Разработанная методика позволит автоматизировать процесс обработки информации и существенно ускорить процедуру согласования проектных параметров с экспертами и инвесторами.

#### *Литература*

1. *Ворожжихин В.В.* Перспективы распределенной энергетики в России // Капитал страны. Федеральное интернет-издание – <http://www.kapital-rus.ru/index.php/articles/article/23090>.
2. *Воронай Н.И.* Распределенная генерация в электроэнергетических системах // Межд.

*И.А. Аккозиев, М.К. Торопов, А.И. Буюклянов*

---

- научн.-практич. конф. “Малая энергетика-2005”, 2005.
3. Малая, но необходимая // Энергетика и промышленность России. 2011. № 19 (183).
4. *Громакова С.* Любовь к электричеству // Большой бизнес. 2011, № 6 (82).
5. Малая гидроэнергетика / Л.П. Михайлов, Б.Н. Фельдман, Т.К. Марканова и др.; под ред. Л.П. Михайлова. М.: Энергоатомиздат, 1989. 184 с.
6. *Кожуховский И.С.* О базовых идеях Концепции малой распределенной энергетики России // [http://energosber.info/upload/malaya\\_raspredelennaya\\_energetika\\_presentation.ppt](http://energosber.info/upload/malaya_raspredelennaya_energetika_presentation.ppt).
7. *Зацетин Е.П., Косолапов А.Б.* Перспективы развития распределенной генерации с использованием мини-ГЭС в Центральном Черноземье // Вести высших учебных заведений Черноземья. 2011. № 2(24).
8. *Баламетов А.Б., Халилов Э.Д.* О размещении распределенной генерации в электроэнергетической системе // <http://ieacademy.edu.az/Ekoenergetika/journal2/Article%2011.pdf>.
9. Методические указания по составлению правил использования водных ресурсов водохранилища гидроузлов электростанций. М., 1989.