

Выбор оптимального решения для применения комбинированных установок на основе возобновляемых источников энергии

*В.И. Чиндяскин, к.т.н., Д.В. Гринько, аспирант,
Оренбургский ГАУ*

Появление большого количества комбинированных установок вызывает необходимость систематизации существующих устройств, что позволит формировать наиболее эффективные системы электроснабжения. Для нахождения наиболее оптимальных технологических решений применения комбинированной системы нужен анализ каждого компонента в отдельности и системы в целом.

На сегодняшний день разработано несколько типов комбинированных систем на основе ВИЭ [1–5]:

- системы электроснабжения переменного напряжения (АС);
- системы электроснабжения постоянного напряжения (DC);
- системы со смешанным соединением.

Комбинированные системы электроснабжения переменного напряжения можно разделить на две категории:

- централизованные;
- распределённые (децентрализованные).

В централизованной комбинированной системе электроснабжения переменного тока (АС) все элементы, составляющие систему, связаны с главной

АС-шиной перед потребителем. Эта конфигурация изображена на рисунке 1.

В представленной системе ветроустановка и дизельный генератор вырабатывают переменный ток, таким образом они могут быть непосредственно соединены с главной АС-шиной или с конвертерами АС/АС. Фотоэлектрический модуль производит постоянный ток (DC), следовательно, инвертор (преобразователь напряжения) должен использоваться прежде соединения с главной АС-шиной. Для батарей с потоком DC должен использоваться двунаправленный инвертор (рис. 1).

В децентрализованной комбинированной системе электроснабжения переменного тока (АС) все элементы распределены или децентрализованы.

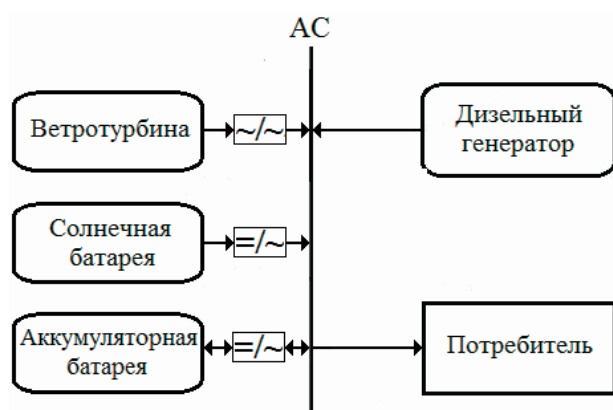


Рис. 1 – Централизованная комбинированная система электроснабжения переменного тока (АС) [1]

Элементы, образующие систему, не связаны с магистральной АС-шиной, некоторые или все элементы индивидуально связаны с потребителем (рис. 2).

В децентрализованной системе источники энергии не должны быть связаны с одной общей шиной, как в предыдущем случае. При такой конфигурации источники энергии не обязательно должны быть расположены близко друг к другу, поскольку каждый источник системы связан с потребителем отдельно. Постоянный ток (DC), полученный из фотогальванических элементов и аккумуляторных батарей, должен быть преобразован в переменный ток (АС) соответствующими инверторами перед потребителем. Этот тип системы выгоден тем, что различные источники могут быть расположены отдаленно друг от друга, благодаря чему могут быть подобраны более удобные места установки (места с большей освещенностью для фотогальванических элементов или более ветреные для ветроустановок). Также у этой системы есть недостатки в плане трудности управления. При сравнении централизованных и децентрализованных систем очевидно преимущество централизованных комбинированных систем электроснабжения, поскольку они могут управляться более легко и удобно.

В централизованной комбинированной системе постоянного тока (DC) все элементы связаны с главной шиной постоянного тока (DC) непосредственно перед потребителем. Связь с шиной переменного тока (АС) сделана через главный

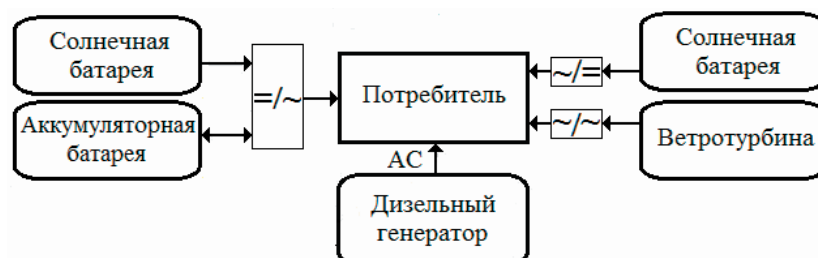


Рис. 2 – Децентрализованная комбинированная система электроснабжения переменного тока (АС) [2]

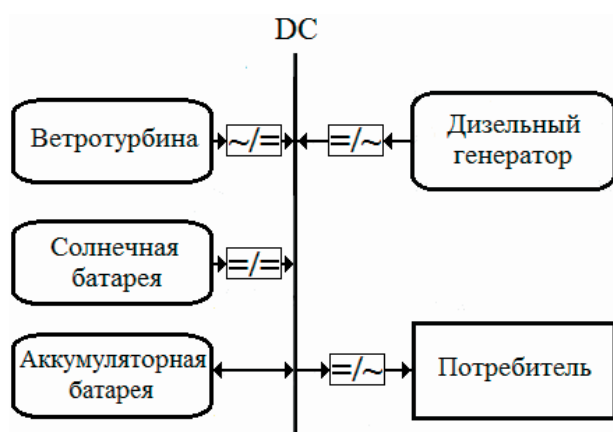


Рис. 3 – Централизованная комбинированная система постоянного тока (DC) [3, 4]

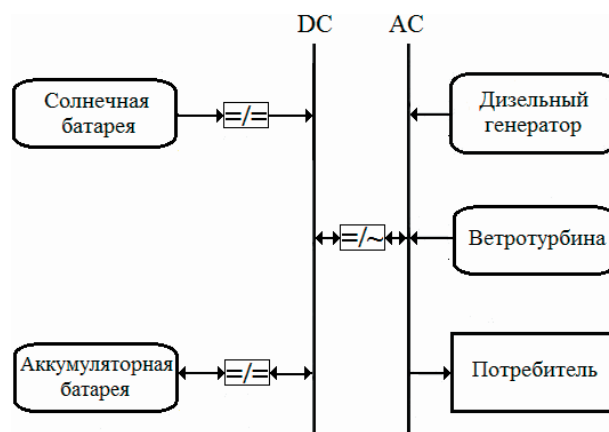


Рис. 4 – Комбинированная система смешанного электроснабжения [5]

инвертор (на рисунке 3 показана схема конфигурации). Так как источники энергии связаны в шине постоянного тока DC, следовательно, ветротурбина и дизельный генератор нуждаются в конвертерах AC/DC прежде, чем они будут связаны с главной шиной. Потребитель AC связан с главной шиной DC через главный инвертор DC/AC.

В комбинированной системе смешанного электроснабжения объединены комбинированные системы AC и DC. На рисунке 4 показан смешанный тип комбинированной системы на основе альтернативных источников энергии. С этим типом конфигурации некоторые альтернативные источники (в рассматриваемом случае фотогальванический элемент) связаны с батареей через DC-шину, а другие альтернативные источники (ветротурбина) связаны с дизельным генератором на шине AC.

Сравнение смешанных AC и DC систем показывает, что у систем AC есть многочисленные преимущества, такие, как соединение с главной шиной потребителя без использования инвертора, что упрощает проект и ведёт к сокращению затрат системы, увеличивая надёжность поставки электроэнергии. Интеграция DC во многих случаях обуславливает высокую стоимость при разработке, использовании дорогостоящих аппаратных средств, ремонте и обслуживании. Расширение энергосистемы для того, чтобы покрыть растущие потребности энергии, является более трудной задачей при интеграции DC.

Комбинированные системы электроснабжения так же можно разделить на два класса:

- последовательные;
- параллельные.

В последовательной конфигурации системы, представленной на рисунке 3, все источники энергии и батарея связаны с DC-шиной. Здесь нужно отметить, что мощности переменного тока от ветротурбины и дизельного генератора должны быть преобразованы в DC, используя конвертеры AC/DC, прежде чем энергия будет поставлена в главную DC-шину. В представленной системе вся излишняя энергия DC сохраняется в батарее. Чтобы защитить батарею от перезарядки (или пол-

ной разрядки), система должна быть оборудована контроллером заряда для ограничения зарядного тока при достижении завершения заряда, от этого зависит то, как часто придётся менять аккумулятор. Инвертор преобразует энергию DC, сохранённую в батарее, в стандартный уровень напряжения AC и затем поставляет потребителю через магистральную шину. Этот тип конфигурации является централизованной DC-системой, в ней все источники энергии и батарея связаны с DC-шиной. Вся энергия DC преобразуется единственным преобразователем AC непосредственно перед потребителем. Здесь нужно отметить, что мощности переменного тока от ветротурбины и дизельного генератора должны быть преобразованы в DC, используя конвертеры AC/DC прежде соединения с магистральной DC-шиной.

Этот тип конфигурации относительно прост в выполнении. Однако данная система также имеет ряд недостатков:

- поскольку большая часть энергии проходит через батарею, это приводит к увеличению количества циклов зарядки/разрядки;
- существует потребность в большой ёмкости батареи;
- индивидуальное проектирование увеличивает стоимость системы.

В параллельной конфигурации комбинированной системы существуют два подтипа постоянного тока (DC) и переменного (AC). Система с конфигурацией DC-соединения, показанная на рисунке 5, использует двунаправленный инвертор и может действовать как инвертор и использоваться для заряда батареи от дизельного генератора. В этой конфигурации возобновляемые источники энергии и батарея связаны вместе магистральной шиной DC и подают энергию потребителю через двунаправленный инвертор DC/AC. Мощность переменного тока от ветроустановки должна быть преобразована в DC, используя инвертор AC/DC прежде соединения с магистральной DC-шиной.

Параллельная комбинированная система с конфигурацией DC-сцепления может быть улучшена за счёт соединения всех источников энергии с магистральной AC-шиной для получения

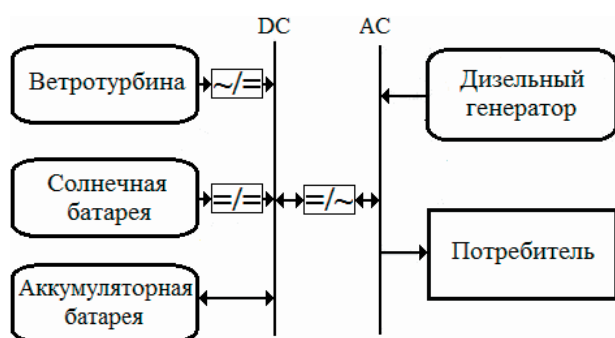


Рис. 5 – Комбинированная система с параллельным соединением (конфигурация DC-соединения) [4]

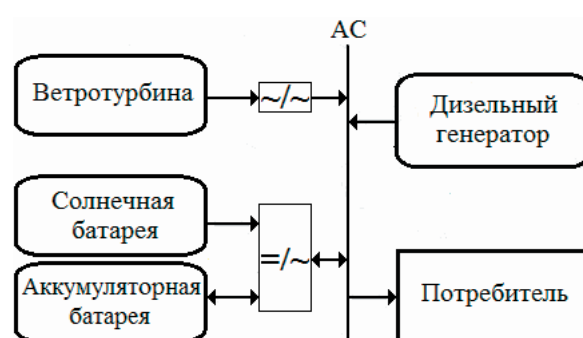


Рис. 6 – Комбинированная система с параллельным соединением (конфигурация AC-соединения) [4]

конфигурации АС, как показано на рисунке 6. В представленной системе энергия от возобновляемых источников энергии может поставляться потребителю параллельно с дизельным генератором. Двухнаправленный инвертор используется здесь таким образом, чтобы батарея могла поставлять энергию потребителю либо быть заряженной от других источников энергии в зависимости от потребностей и состояния других источников энергии. Энергия DC, полученная от солнечной установки и аккумуляторной батареи, должна быть преобразована в АС перед соединением с магистральной АС-шиной. Данная конфигурация является централизованной, так как все источники энергии связаны с магистральной шиной АС, по которой энергия поставляется потребителю.

Рассмотренные системы электроснабжения могут быть использованы для классификации комбинированных установок на основе ВИЭ.

Литература

1. Mike Meinhardt, Martin Rothert, Michael Wollny, and Alfred Engler. Pure AC-Coupling – The Concept for Simplified Design of Scalable PV-Hybrid Systems using Voltage/frequency Statics Controlled Battery Inverters.
2. ARE – shining a Light for a progress. Hybrid power systems based on renewable energies- A suitable and cost-competitive solution for rural electrification. URL:// www.ruralelec.org/fileadmin/DATA/Documents/06_Publications/Position_papers/ARE-WG_Technological_Solutions_-_Brochure_Hybrid_Systems. Ed.: ARE-Alliance for Rural Electrification, 2008.
3. Ahmed Agus Setiawan, Yu Zhao, Rob Susanto-Lee, and Chem. V. Nayar. Design, economic analysis and environmental considerations of mini-grid hybrid power system with reverse Osmosis desalination plant for remote areas. Renewable Energy- Elsevier, vol. 34, Iss.2, pp. 374–383. February 2009.
4. Gajanana Hegde, Pratap Pullammanappallil, and Chem Nayar. Modular AC Coupled Hybrid Power Systems for the Emerging GHG Mitigation Products Market. IEEE- Centre for Renewable Energy & Sustainable Technology. Vol. 3 Perth, Australia, 15–17 October 2003, pp. 971–975, ISBN:0-7803-8162-9.
5. Osama Omari, Egon Ortjohann, Alaa Mohd, and Danny Morton. An Online Control Strategy for DC Coupled Hybrid Power Systems. IEEE Power Engineering Society General Meeting, Tampa, FL, 23 July- 2007, pp. 1–8, ISSN:1932-5517, ISBN:1-4244-1298-6.