

## ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ БАЛАНС ПОЛНОСТЬЮ АВТОНОМНОГО УЛИЧНОГО СВЕТИЛЬНИКА

*Д.С. Пимонов, М.И. Грамм*

Рассмотрены эксплуатационные характеристики технических решений для внесетевого уличного светильника с комбинированным электроснабжением от ветроэлектрического блока с солнечной батареей и аккумулятором. Основой для обсуждения является расчёт энергетического баланса потоков энергии ветра и солнечной энергии на широте города Челябинска. В расчёте и при окончательной рекомендации по компонентам установки приняты во внимание линейки изделий, реально выпускаемых промышленностью.

Ключевые слова: потребляемая мощность, мгновенная мощность, трёхфазная цепь, несимметрия, качество электроэнергии.

Проект предусматривает установку современного освещения складской площади внутри охраняемой зоны типа товарного двора, пригаражного полигона и т.п. Задание заказчиком размеров освещаемой площади, внешних условий непрерывной всесезонной работы, стоимостных решений по части капитальных затрат на установку и на текущую эксплуатацию весьма однозначно диктуются существующими нормами и правилами (СН 541-82 и др. [1]). В этом отношении при проектировании использованы существующие наработки с техническими решениями на основе реально производимых элементов таких установок. Подбор их и мотивированное комбинирование выпускаемых промышленностью изделий составляют основу проекта. Проблемой является получение характеристик надёжности и устойчивости работы не включённого в сеть светильника, учитывающих весьма скромные энергетические возможности ветроэнергии и энергии солнечно-

го света в реальных условиях Южного Урала [2]. Оценке этих возможностей с точки зрения эксплуатации автономного светильника и посвящена данная статья.

Исходными параметрами для расчёта общего энергетического баланса светильника являются статистические характеристики потенциалов ветровой энергии и солнечной энергии, содержащиеся в официально признанных документах, основанных на многолетних наблюдениях и на результатах практического внедрения близких по техническим характеристикам устройств. За итоговые параметры, характеризующие локальную энергетическую обстановку на Южном Урале, после анализа нескольких документов взяты для проектирования сведения из Bulletin Energy [3]. Необходимо отметить, что данные этого издания, представленные на рис. 1, соответствуют большинству отечественных публикаций. Положительным свойством этого издания представляется некоторое занижение показателей, отражающее стремление повысить надёжность проектов.

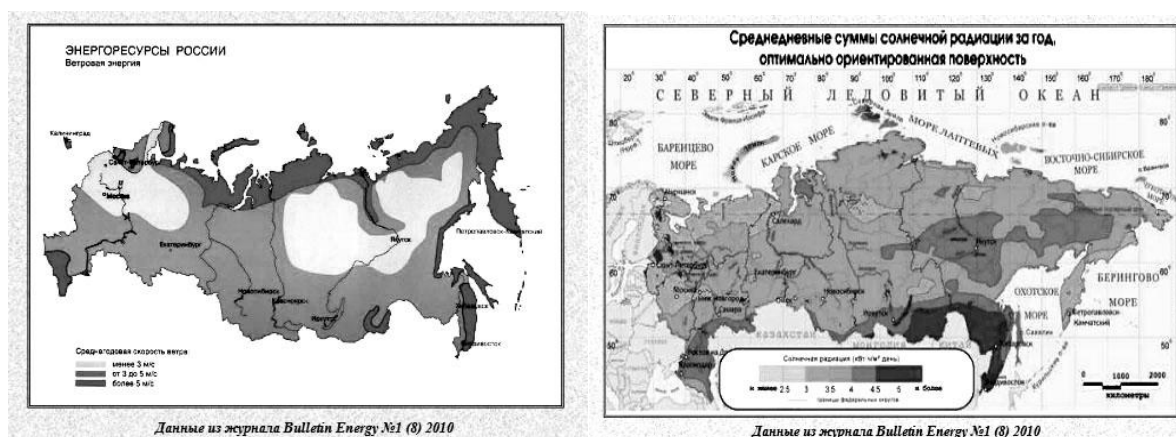


Рис. 1. Карты ветровых и солнечных энергоресурсов России

Итак, согласно Bulletin Energy №1 (8) 2010 средняя скорость ветров на Южном Урале составляет от 3 до 5 метров в секунду, а средние суммы солнечной радиации дают около 3 киловаттчас на квадратный метр оптимально ориентированной поверхности в сутки. Эти параметры задают величину доступного потока энергии от возобновляемых источников – ветра и солнца.

Со стороны потребления мы располагаем параметрами необходимой освещённости и требуемой для её создания электрической мощности. При стандартной высоте  $h=6$  метров столба светильника и расстоянии между столбами  $d=25$  метров освещённость от каждого светильника в средней между столбами точке должна составить не менее  $E=300$  люксов (СН 541-82). Из несложных геометрических соображений получаем квадрат рас-

стояния  $r$  от светильника до средней точки равным  $r^2 = 12^2 + 6^2 = 180$ . Для угла  $\alpha$  падения крайнего луча на эту точку получим  $\alpha = \arctg(2/12) = 26,56^\circ$ . Рассчитаем величину требуемого светового потока светильника, приняв телесный угол светового потока  $\Omega = 0,1$ стерадиана:

$$\Phi = \frac{E \cdot \Omega \cdot r^2}{\cos(\alpha)} = \frac{300 \cdot 0,1 \cdot 180}{\cos(26,56)} = 6037 \text{ люменов.} \quad (1)$$

Из линейки выпускаемых промышленностью уличных светильников выбираем NT-LIRA 52 со световым потоком 6900 люменов, электрической мощностью 52 ватта при напряжении питания  $U = 220$  вольт при частоте  $f = 50$  герц. Коэффициент мощности – не менее 0,97. Светильник современный с высокой эффективностью светоотдачи – 113 люменов на ватт.

Обратимся к общей структурной схеме проектируемого светильника (рис. 2). Вся схема обеспечивает энергией светильник круглый год в тёмное время суток –  $12 \cdot 365 = 4380$  часов. Таким образом, потреблённая светильником энергия за это время составит  $W = 227,7$  киловаттчас.

Рассмотрим возможности использования солнечной батареи. На широте Челябинска (55 градусов северной широты) потенциал солнечного излучения составляет около 3 киловаттчас (рис. 1б) на квадратный метр батареи в сутки. Фотоэлементы массового производства на основе монокристаллического кремния имеют практический КПД 16–17 %, использующие поликристаллический кремний – 14–15 %, аморфный кремний – 8–9 %. Ограничившись последним недорогим вариантом солнечной батареи, получим за год с квадратного метра величину около  $W_s = 100$  киловаттчас энергии.

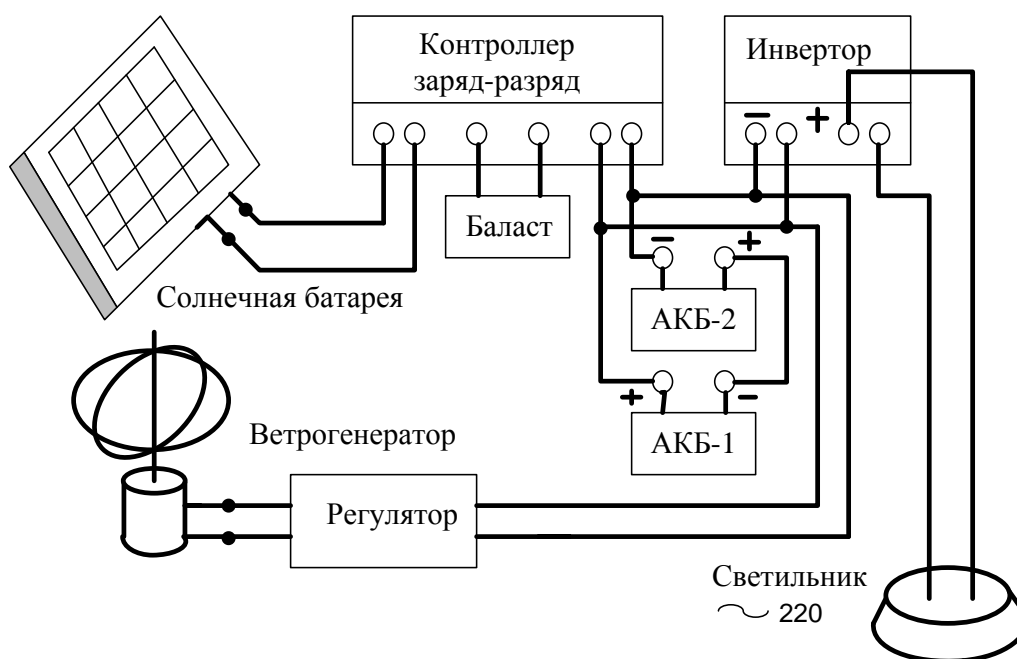


Рис. 2. Блок схема полностью автономного уличного светильника

Обратимся к возможностям ветроэнергетической установки. Рассмотрим вариант применения недорогого ветрогенератора с вертикальной осью типа WS-WT китайской фирмы Wellsee мощностью при ветре 4 м/с, типичном для Южного Урала (рис. 1а), около 300 ватт [4]. Принимая во внимание величину в 52 ватта мощности, потребляемой светильником, видим, что наличие ветра с избытком обеспечит работу светильника. При этом возможна и подзарядка аккумуляторных батарей всей установки (рис. 2). Общая энергия, поставляемая ветроустановкой за год, может составить величину  $W_w=109,5$  киловаттчас. Поскольку речь идёт о средних величинах и о вероятностных процессах, то неизбежно в общую схему установки должны быть включены накопители энергии. Ими являются два 12-вольтовых аккумулятора. Какова их мотивированная минимальная ёмкость?

Оценим эффективность аккумулятора ёмкостью 60 амперчас. В отсутствие подзаряда от ВЭУ и от солнечных батарей при КПД  $k=0,7$  всей схемы от АКБ до светильника он сможет работать  $T=60 \cdot 0,7/0,236=178$  часов. Отметим, что коэффициент 0,7 учитывает невозможность работы светильника NT-LIRA 52 при падении напряжения ниже 176 вольт. Полученная возможная длительность работы светильника без подзарядки от ВЭУ или от солнечных батарей вполне удовлетворяет возможные провалы в генерировании электроэнергии.

**Выводы.** Показана техническая возможность обеспечения энергией полностью автономного уличного светильника, удовлетворяющего требованиям СНИП 541-82. В реальных условиях Южного Урала общий энергетический баланс комбинированной установки из светильника, солнечной батареи, ветрогенератора и аккумуляторов оказывается даже несколько энергоизбыточным, что позволяет говорить о надёжной работе такой установки.

#### Библиографический список

1. СНИП 541-82 [Электронный ресурс]. – URL: [http://www.elec.ru/library/snip/sn\\_541-82/](http://www.elec.ru/library/snip/sn_541-82/).
2. Безруких, П.П. Ветроэнергетика: справочное и методическое пособие / П.П. Безруких. – М.: ИД «Энергия», 2010. – 320 с.
3. Сетевой журнал Energy Bulletin [Электронный ресурс]. – URL: [http://www.analysisgroup.com/uploadedfiles/content/insights/cases/energy\\_bulletin\\_ss\\_2010.pdf](http://www.analysisgroup.com/uploadedfiles/content/insights/cases/energy_bulletin_ss_2010.pdf).
4. Каталог фирмы Wellsee [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.wellsee.cc/goods-212-Wellsee+wind+turbine+%28cellular+wind+turbine%29+WS-WT300W.html>.

[К содержанию](#)