

СОЛНЕЧНОЕ ЭЛЕКТРОПИТАНИЕ БАЗОВЫХ СТАНЦИЙ СОТОВОЙ СВЯЗИ

А.Г. Айвазян, Д.В. Агабекян, А.А. Варданян

Национальный политехнический университет Армении

Использование солнечной энергии в базовых станциях сотовой связи в основном обусловлено техническими и финансовыми проблемами их подключения к традиционным источникам энергии, поскольку станции часто расположены на большом расстоянии от единой распределительной электрической сети. Солнечное электропитание базовых станций имеет некоторые специфические особенности, связанные с необходимостью более эффективной генерации электроэнергии и бесперебойного энергоснабжения нагрузки. При этом следует максимально учитывать реальные условия эксплуатации систем солнечного электропитания, в том числе метеорологические и географические факторы, возможность затенения солнечных модулей, необходимость дистанционного контроля и т.д.

В данной работе разработана архитектура системы солнечного электропитания базовых станций сотовой связи, основными составляющими которой являются солнечные модули, аккумуляторная батарея, блоки управления и дистанционного мониторинга. В блоке управления интегрированы контроллер заряда, преобразователь тока, регулятор максимальной мощности и электронный узел слежения за Солнцем. В блоке дистанционного мониторинга регистрируются значения метеорологических показателей и электрических выходных параметров. Передача информации осуществляется через GSM-модемы с использованием SMS-команд в диалоговом режиме.

Предложена методика аргументированного выбора параметров системы солнечного электропитания и рационального круглогодичного режима энергоснабжения базовой станции сотовой связи. Ключевыми моментами методики являются учет среднесуточного энергопотребления, наихудшего годового сезона (месяца) солнечного излучения, потерь мощности за весь гарантийный период эксплуатации и дополнительной мощности на питание узлов самой солнечной системы, а также определение емкости аккумуляторов для обеспечения автономного функционирования базовой станции в определенный период. Методика продемонстрирована для базовых станций сотовой связи различного стандарта.

Ключевые слова: солнечное электропитание, базовая станция сотовой связи, архитектура, дистанционный мониторинг, установочная мощность.

Введение. Преимуществами солнечного электропитания являются экологичность, безопасность, бесшумность, надежность, длительный срок безаварийной службы и низкие эксплуатационные затраты. С точки зрения ресурсов солнечного излучения и благоприятной инвестиционной среды, солнечная энергетика в Армении имеет большие перспективы [1].

В настоящее время телекоммуникационные компании интенсивно используют солнечную энергию, как наиболее надежный и экономически жизнеспособный вариант энергоснабжения. Замена дизельных генераторов на системы солнечного электропитания повышает качество энергоснабжения, сокращает или ликвидирует потребление дизельного топлива, решает экологические проблемы [2, 3]. Немаловажным фактором является непосредственное использование генерируемого постоянного тока, что позволяет снизить конверсионные потери. Однако основными причинами использования солнечной энергии в телекоммуникационных системах являются технические и финансовые проблемы их подключения к традиционным источникам энергии. Особенно это касается базовых станций сотовой связи, которые часто расположены на большом расстоянии от единой распределительной электрической сети, в труднодоступных местах (холмы, долины, леса и т.д.).

Солнечное электропитание базовых станций сотовой связи имеет некоторые специфические особенности, связанные с необходимостью более эффективной генерации электроэнергии и бесперебойного энергоснабжения нагрузки [4, 5]. Это заставляет разработчиков систем солнечного электропитания искать новые и совершенствовать известные технические решения, обеспечивающие повышение эффективности, производительности и снижение себестоимости генерируемой энергии. При этом следует максимально учитывать реальные условия их эксплуатации, в том числе метеорологические и географические факторы, возможность нежелательного затенения солнечных модулей, необходимость постоянного дистанционного контроля и т.д.

В данной работе разработана архитектура системы солнечного электропитания базовых станций сотовой связи, а также предложена методика аргументированного выбора их параметров и рационального круглогодичного режима энергоснабжения базовых станций.

Архитектура системы солнечного электропитания. На рис. 1 представлена общая архитектура системы солнечного электропитания базовых станций сотовой связи.

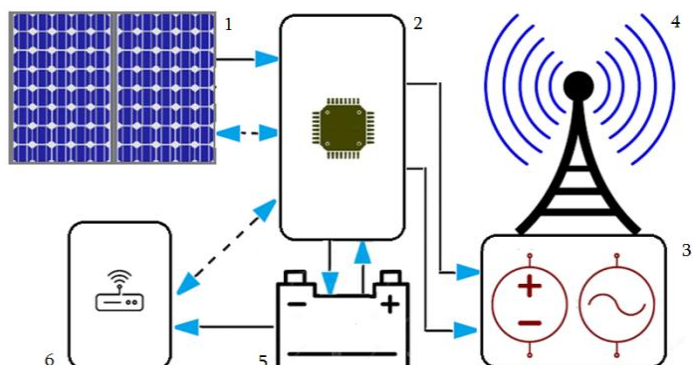


Рис. 1. Архитектура системы солнечного электропитания базовых станций

Генерируемая солнечными модулями 1 энергия подается на блок управления 2, в котором интегрированы контроллер заряда, преобразователь токов, регулятор максимальной мощности и электронный узел слежения за Солнцем. Сформированные напряжения подаются нагрузкам постоянного и переменного токов 3 базовой станции 4. Избыток электроэнергии накапливается в аккумуляторных батареях 5 и используется по мере необходимости. Контроль метеорологических показателей и электрических выходных параметров, а также исправности компонентов системы солнечного электропитания осуществляется блоком дистанционного мониторинга 6.

Архитектура блока дистанционного мониторинга системы солнечного электропитания базовых станций сотовой связи представлена на рис.2.

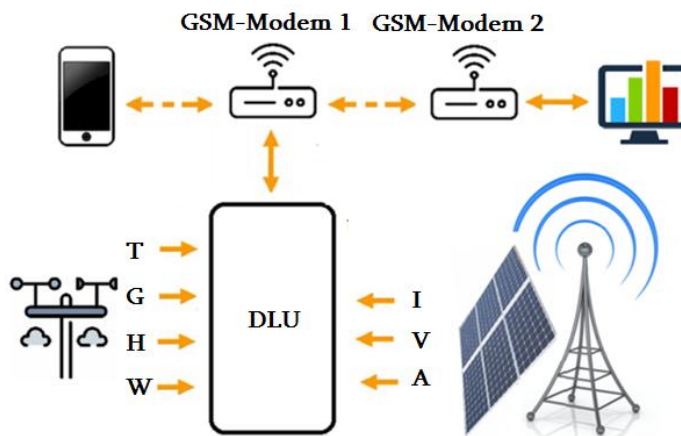


Рис. 2. Архитектура блока дистанционного мониторинга

Значения метеорологических показателей (Т - температура, G - интенсивность излучения, W - скорость ветра, H - влажность) и электрических выходных параметров (I - ток и V - напряжение солнечной системы, A - напряжение аккумулятора), регистрируемых соответствующими датчиками, передаются в узел регистрации данных (Data Logging Unit - DLU). Последний представляет собой микроконтроллер, который передает полученную информацию в виде SMS-команд через GSM-Modem 1 непосредственно на мобильный телефон и/или через GSM-Modem 2 на компьютер оператора. Диалоговый режим обеспечивается с помощью обратной связи.

Методика проектирования системы солнечного электропитания.

Методика разработана с целью исключения возможности “вероятности сброса нагрузки” (Loss of Load Probability) [6]. В первую очередь оценивается среднесуточное энергопотребление базовых станций мобильной связи E_{BS} по следующему выражению:

$$E_{BS} = 24P_{BS} = 24 \left[\frac{N_{TRX}(P_{PA}^{DC} + P_{RF}^{DC} + P_{BB}^{DC})}{(1 - \delta_{MS})(1 - \delta_{Cool})} + P_{PS}^{AC} \right],$$

где N_{TRX} - количество передатчиков; P_{BS} , P_{PA}^{DC} , P_{RF}^{DC} , P_{BB}^{DC} и P_{PS}^{AC} - мощности соответственно базовой станции, усилителя, радиочастотной системы, модуля цифровой обработки и оборудования переменного тока; δ_{MS} и δ_{Cool} - соответственно нагрузочные потери и потери, связанные с охлаждением оборудования.

На суммарное энергопотребление базовой станции влияет множество факторов: технология связи, состав оборудования, температура окружающего воздуха. Имеет место так называемый “каскадный эффект” энергосбережения. Например, при сокращении энергопотребления основного оборудования уменьшается тепловыделение, что вызывает уменьшение энергозатрат на охлаждение.

Установочная мощность системы солнечного электропитания P_{PV} рассчитывается по формуле

$$P_{PV} = E_{BS} k \frac{G_{STC}}{G_R} + \Delta P_{PV},$$

где G_{STC} - суточный поток солнечного излучения по стандартным условиям тестирования (STC - Standard Test Conditions, $G_{STC} = 1000 \text{ Вт/м}^2$); G_R - суточный реальный поток солнечного излучения; k - коэффициент потерь; ΔP_{PV} - требуемая дополнительная мощность.

Коэффициент потерь учитывает снижение мощности за весь гарантийный период эксплуатации солнечной станции, в основном, из-за уменьшения светопропускания ламинирующей пленки и защитного ударопрочного стекла солнечных модулей (~20% за 20 лет). Дополнительная мощность предусмотрена для электропитания узлов самой солнечной системы и компенсации потерь на проводящих шинах и соединительных проводах (составляет примерно 5% от общей мощности солнечной станции). С целью обеспечения круглогодичного режима электропитания мобильной станции суточный реальный поток солнечного излучения рассматривается для наихудшего сезона (месяца) солнечного излучения.

Аккумуляторная батарея набирается из определенного числа отдельных аккумуляторов путем их параллельного и последовательного соединения. Общая емкость аккумуляторной батареи C_B выбирается таким образом, чтобы обеспечить автономное электропитание оборудования базовой станции мобильной связи в определенный период:

$$C_B = \frac{E_{BS} T}{V_B \delta_B D},$$

где T - продолжительность автономного функционирования (72 час); V_B - номинальное напряжение (48 В); D - глубина разряда (~80%); δ_B - энергоэффективность аккумуляторов (~90%).

На рис. 3 представлены типичные расчетные значения мощностей систем солнечного энергопотребления базовых станций мобильной связи различного стандарта (2G, 3G - Node B, 4G - eNode B), где $n/n/n$ обозначает количество входных-выходных антенн (N_S) в тройном (N_S) секторе, а $N_{TRX} = N_S N_A$. Расчеты проводились на основе типичных значений энергопотребления оборудования базовых станций [7] и многолетних данных солнечного излучения за январь месяц в условиях Армении [8]. При этом предполагалось, что солнечные модули ориентированы под оптимальным углом наклона, что для января составляет 56° [1].

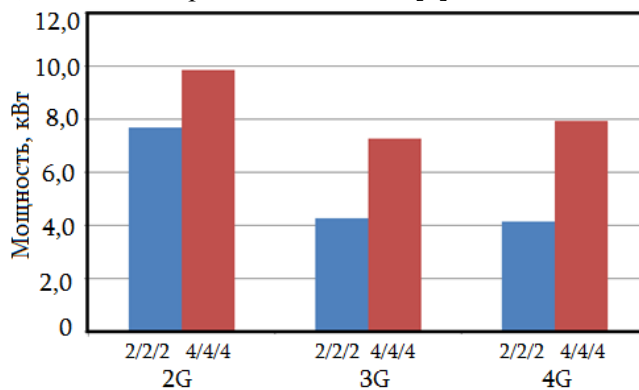


Рис. 3. Мощности систем солнечного электропитания базовых станций мобильной связи различного стандарта

Отметим, что для автономного электропитания базовых станций сотовой связи иногда используют и другие альтернативные источники энергии, в том числе ветрогенераторы и газификаторы биомассы [9].

Заключение. Разработана архитектура системы солнечного электропитания базовых станций сотовой связи с возможностью дистанционного мониторинга метеорологических показателей и электрических выходных параметров. Передача информации осуществляется через GSM-модем с использованием SMS-команд в диалоговом режиме.

Предложена методика проектирования солнечной системы электропитания, которая обеспечивает возможность аргументированного выбора рационального круглогодичного режима энергоснабжения базовых станций, требуемой емкости аккумуляторов, установочной мощности и номинального напряжения системы солнечного электропитания.

Литература

1. **Айвазян К.Г.** Высокоэффективные солнечные элементы и станции. – Ереван: Гаспринт, 2016.- 198 с.
2. **Alsharif M.H., Kim J., Jin Hong Kim.** Green and Sustainable Cellular Base Stations: An Overview and Future Research Directions // Energies.- 2017.- N10.- P. 587-604.

3. **Chamola A., Sikdar B.** Solar Powered Cellular Base Stations: Current Scenario Issues and Proposed Solutions // IEEE Commun. Mag.- 2016.- V. 54, N 5.- P. 108-114.
4. **Issaadi W., Khireddine A., Issaadi S.** Management of a Base Station of a Mobile Network using a Photovoltaic System // Renewable and Sustainable Energy Reviews.- 2016.- V. 59.- P. 1570-1590.
5. **Iqbal A., Saad Bin Arif M., Khursheed Siddiqui.** Analysis of a Solar PV/battery/DG Set-based Hybrid System for a Typical Telecom Load: A Case Study // Int. J. of Sustainable Energy. -2017.- V. 36.- P. 259-264.
6. **Gbadamosia S., Nwulu N.** Reliability Assessment of Composite Generation and Transmission Expansion Planning Incorporating Renewable Energy Sources // J. of Renewable and Sustainable Energy.- 2020.- V. 12.- P. 026301.
7. **D'Amours M., Girard A., Sansò B.** Planning Solar in Energy-Managed Cellular Networks // IEEE Access. -2018.- V. 6. – P. 65212-65226.
8. Solar Resource Maps. <https://r2e2.am/en/2017/06/26/solar-maps> [Доступен 25.09.2020].
9. **Ahmed F., Naeem M., Iqbal M.** Telecommunication Systems // ICT and Renewable Energy: a Way forward to the Next Generation Telecom Base Stations.- 2017.- V. 64.- P. 43–56.

*Поступила в редакцию 01.12.2020.
Принята к опубликованию 17.02.2021.*

ԲԱԶԱՅԻՆ ԲՋՋԱՅԻՆ ԿԱՅԱՆՆԵՐԻ ԱՐԵՎԱՅԻՆ ԷԼԵԿՏՐԱՍՆՈՒՑՈՒՄԸ

Ա.Գ. Այվազյան, Դ.Վ. Աղաբեկյան, Ա.Ա. Վարդանյան

Բազային բջջային կայաններում արևային էներգիայի կիրառումը պայմանավորված է հիմնականում էլեկտրասնուցման ավանդական աղբյուրներին դրանց միանալու տեխնիկական ու ֆինանսական խնդիրներով, քանի որ կայանները հաճախ տեղակայվում են համընդհանուր էլեկտրական ցանցից մեծ հեռավորության վրա: Ընդ որում, անհրաժեշտ է առավելագույնս հաշվի առնել արևային էլեկտրասնուցման համակարգերի շահագործման իրական պայմանները (օդերևութաբանական և աշխարհագրական գործոններ, ստվերի առկայություն, հեռահար հսկման անհրաժեշտություն և այլն):

Աշխատանքում մշակվել է բջջային բազային կայանների արևային էլեկտրասնուցման համակարգի ճարտարապետությունը, որի հիմնական բաղադրիչներն են արևային մոդուլները, կուտակիչների մարտկոցը, կառավարման և հեռահար մոնիթորինգի բլոկները: Կառավարման բլոկում ներառված են լիցքավորման վերահսկիչը, հոսանքի փոխակերպիչը, առավելագույն հզորության կարգավորիչը և արևին հետևելու էլեկտրոնային հանգույցը: Հեռահար մոնիթորինգի բլոկում գրանցվում են օդերևութաբանական ցուցանիշների և ելքային բնութագրերի տվյալները: Տեղեկատվությունը փոխանցվում է GSM մոդեմների միջոցով՝ կիրառելով SMS հրահանգներ երկխոսության ռեժիմում:

Առաջարկվել է արևային էլեկտրասնուցման համակարգի պարամետրերի և բջջային բազային կայանի շուրջտարյա էներգամատակարարման ռացիոնալ ռեժիմի հիմնավորված ընտրության ընթացակարգ: Դրա առանցքային կետերն են օրական միջին էներգաձախսի, արեգակնային ճառագայթման տարեկան վատագույն սեզոնի (ամսվա), շահագործման ամբողջ երաշխիքային ժամանակահատվածում էներգիայի

կորուստների և արևային համակարգի հանգույցների լրացուցիչ սնուցման հաշվի առնելը, ինչպես նաև կուտկիչների ունակության որոշումը՝ որոշակի ժամանակահատվածում բջջային կայանի ինքնավար գործունեությունն ապահովելու համար: Ընթացակարգը կիրառվել է տարբեր ստանդարտների բազային բջջային կայանների համար:

Առանցքային բառեր. արևային էլեկտրասնուցում, բազային բջջային կայան, ճարտարապետություն, հեռահար մոնիթորինգ, դրվածքային հզորություն:

SOLAR POWER SUPPLY OF CELLULAR BASE STATIONS

A.G. Ayvazyan, D.V. Aghabekyan, A.A. Vardanyan

The use of solar energy in cellular base stations is mainly conditioned by technical and financial problems of connecting them to traditional energy sources, since the stations are often located at a great distance from the unified distributing electric network. Solar power supply of base stations has some specific features associated with the need for more efficient power generation and uninterrupted power supply to the load at that, it is necessary to take into account as much as possible the real operating conditions of solar power systems, including the meteorological and geographical factors, the possibility of shading of solar modules, the need for remote monitoring, etc.

In this paper, the architecture of a solar power supply system for cellular base stations has been developed, the main components of which are the solar modules, the storage battery, the control and remote monitoring units. The control unit integrates the charge controller, the current converter, the maximum power regulator and the sun tracking electronic device. The remote monitoring unit records the values of meteorological indicators and electrical output parameters. Information is transmitted via GSM modems by sending SMS commands in the duplex mode.

A procedure is proposed for a reasoned choice of the solar system parameters and rational year-round operation mode of the cellular base station. The key points of the procedure are taking into account the average daily energy consumption, the worst annual season (month) of solar radiation, power losses for the entire warranty operation period and additional power of the solar system itself, as well as determining the capacity of batteries to ensure the autonomous functioning of cellular base station in a certain period. The procedure is demonstrated for base stations of various standards.

Keywords: solar power supply, cellular base station, architecture, remote monitoring, installed power.