|  |  |
| --- | --- |
| **УДК 44.37.29** | |
|  | **O.A. Shumaieva, A.A. Chepiga**  *Donetsk National Technical University,*  *Donetsk, Donetsk People's Republic*  ***Е.А. Шумаева,*** *к.гос.упр., доцент*  ***А. А. Чепига***  *ГОУ ВПО «Донецкий национальный*  *технический университет»,*  *Донецк, Донецкая Народная Республика* |
|  |  |
| DIE EFFEKTIVITÄT DER AUSNUTZUNG DES ORIENTIERUNGSSYSTEMS DER PHOTOELEKTRISCHEN MODULE  IN DEN KLIMABEDINGUNGEN IN DONEZK | |
|  | |
| **THE EFFICIENCY OF THE SYSTEM OF ORIENTATION OF PHOTOVOLTAIC MODULES IN THE CLIMATIC CONDITIONS OF THE DONETSK** | |

*Аннотация. В статье рассмотрена проблема применения системы ориентирования солнечных батарей, а также эффективность ее использования в климатических условиях города Донецка. Для данного исследования была разработана программа на базе математической модели, которая позволила дать оценку целесообразности данной установки в промышленности.*

*Ключевые слова: Эффективность, система ориентирования, затраты, доход, срок окупаемости, зеленый тариф.*

*Annotation. Im Artikel ist das Problem der Anwendung Orientierungssystems der Solarbatterien sowie die Effektivität ihrer Nutzung in den Klimabedingungen der Stadt Donezks behandelt. Für diese Forschung wurde das Programm auf Grund des mathematischen Modells entwickelt, das die Zweckmäßigkeit dieser Anlage in der Industrie einschätzen lässt.*

*Stichwort: die Effizienz, das System der Orientierung, die Kosten, der Ertrag, die Rückflussdauer, grüne Tarif.*

*Abstract. The article deals with the problem of using the orientation system of solar cells, as well as the effectiveness of its use in the climatic conditions of the city of Donetsk. For this study, a program was developed based on a mathematical model, which allowed evaluating the possibility of using this installation in industry.*

*Keywords: Efficiency, orientation system, costs, income, payback period, green tariff.*

**Die Problemstellung.** Zurzeit wird die riesige Aufmerksamkeit den Fragen der Energieeinsparung im Bau zugewendet. Es ist für die Unternehmen sowohl aus dem ökologischen, als auch Wirtschaftsaspekt günstig. Eine der Hauptweisen der Energie- und Naturschätzeeinsparung ist die Verwendung der alternativen Energiequellen, unter anderem der Solarenergie. In der vorliegenden Arbeit bestimmt man aufgrund der Berechnung der Energieerzeugung mit Hilfe des Programms, das mit der Programmsprache С entwickelt ist, inwieweit die Ausnutzung der photoelektrischen Module (PМ) in den untersuchenden Klimabedingungen von Donezk vorteilhaft ist.

**Analyse der letzten Forschungen und Veröffentlichungen.** Das Problem der Ausnutzung der Sonnenenergie ist unter den Bedingungen der Intensitätserhöhung des Bedarfs an verschiedenen Energiearten für die Bevölkerungsbedürfnisse sehr aktuell. Deshalb stellt die Erhöhung der Handlungseffektivität der Solarbatterien eine wichtige Aufgabe für die Forscher dar. Dieses Problem wurde von verschiedenen Wissenschaftlern untersucht, einer der Schwerpunkte der Forschungen ist die Entwicklung der Systeme, die die maximale Nutzung der Solarenergie gewährleisten können. Bei der Durchführung der Forschungen wurden die Entwicklungen der Theoretiker und der Praktiker verwendet. So wurde für die Entwicklung des Programms für die Effektivitätseinschätzung der Solarzellen das mathematische Modell verwendet, das die Menge der produzierten Energie und die geographische Lage zusammenfinden lässt. Das ist auf den Betrachtungen gegründet, die in der Forschung von Kitajewa M.W. [2, s. 25-34] behandelt sind. Die berechnete Rückflussdauer der Anlage wurde mit der optimalen wirtschaftlichen Nutzungsdauer des Solarmoduls (12 Jahren) entsprechend dem staatlichen Standard Russlands 57229-2016 [1] verglichen.

**Das Ziel.** Das Ziel der Arbeit besteht in der Untersuchung der Anwendungseffektivität des Orientierungskontrollsystems PМ. Dazu wurde mit Hilfe des Programms die Berechnung des entwickelten Modells mit Rücksicht auf die geographische Lage und die Klimabedingungen der Stadt Donezk durchgeführt. Es gab die Möglichkeit, folgende Ergebnisse, wie die Leistung der Sonnenstrahlung und die Energieerzeugung zu analysieren sowie die Kosten für die Herstellung, das Jahreseinkommen und die Rückflussdauer der Anlage bei verschiedenen Leistungen zu bestimmen.

**Darlegung des Hauptmaterials.** Die Nutzung der Sonnenstrahlung für die Elektrizitätproduktion gibt viele Vorteile im Vergleich zu den Wärmekraftwerken, die zurzeit 70% der weltweiten Energie produzieren. Diese alternative Quelle braucht keine Brennstoff- und Rohstoffaufwände und schadet der Umwelt nicht. Die Sonnenenergie ist überall erreichbar, sogar auf dem Mond. Um maximale Leistung von PМ zu bekommen, soll man PM unmittelbar auf die Sonnenstrahlung orientieren, weil je grösser die Oberfläche ist, die den geraden Sonnenstrahlen unterzieht wird, desto höhere Leistung gibt PM aus. Dazu ist es notwendig, dass die Ebene des PМ zu den Sonnenstrahlen senkrecht gelegen ist. Jedoch entsteht hier ein Problem: die Sonne befindet sich ständig in gleicher Lage nicht und immer ändert sie im Himmel bezüglich der Erde seit dem Morgen bis zur Nacht, was die richtige Orientierung des Solarpanels erschwert.

Die Lage der Sonne auf dem Himmel kann man mit zwei Winkeln beschreiben: Azimut und Zenit. Der Azimut ist ein Winkel zwischen der wahrhaften Richtung nach dem Norden und der Projektion der Sonne an die horizontale Ebene der Erde. Der Zenitwinkel charakterisiert die Höhe der Sonnenwende. Der Azimut ändert seine Größe im Laufe des Tages wegen der Erddrehung um eigene Achse (es nennt man auch als der stündige Winkel), und der Zenitwinkel ändert sich wegen der Prozession der Erdachse (Abb. 1). Deshalb muss man bei der Projektierung des Steuersystems zwei drehende Bewegungen der Sonne berücksichtigen: die ganztägige Bewegung (die Umstellung nach der Achse des Azimuts) und die jährliche Prozession der Erdachse (die Umstellung nach der Achse der Ekliptik). Die Sonnenlage kann man auf zwei Weisen, entweder nach einer Achse oder nach zwei Achsen, steuern. Die Anzahl der Achsen bestimmt den Mechanismus des Steuersystems: einachsig und zweiachsig (Abb.1 Schematische Darstellung der Sonnenbewegung).



Abb.1 Schematische Darstellung der Bewegung der Sonne

Die zweiachsigen Systeme kontrollieren die Sonnenlage in zwei Ebenen (dem Azimut und Ekliptik der Sonne), was die genaue Observation der Sonnenumstellung im Laufe des Tages gewährleistet. Die zweiachsigen Systeme haben die große Effektivität im Vergleich zu den einachsigen, jedoch ist ihr Wert viel höher wegen ihrer komplizierteren Konstruktion und des Kontrollerblocks. Deshalb verwendet man öfter die Systeme mit einer Kontrollachse, und die zweite Achse, wie früher erwähnt wurde, richtet man parallel zur Erdachse aus oder, für die Erreichung größerer Effektivität, richtet man manuell 3-4 Mal pro Jahr mit dem wirksamsten Winkel [2, s.35-37] aus.

Die wesentliche Rolle spielt die Auswahl der Weise der Orientierungskontrolle von PМ. Die Weisen der Orientierungskontrolle von PМ lassen sich in 3 Arten teilen:

1) die Handweise, bei der das Richten auf die Sonne vom Operator durchgeführt wird;

2) die passive Weise, bei der die Wendung von PМ nach dem aufgegebenen Algorithmus der Steuerung im Laufe des Tages ausgeführt wird;

3) die aktive Weise, die die ständige Orientierung auf den maximalen Strom der Sonnenstrahlung gewährleistet.

In den Systemen mit der Handlenkung von PМ auf die Sonne wird vom Operator durchgeführt. Für die Orientierung der großen Anzahl von PМ wird das Panel der Steuerung des allgemeinen Antriebes verwendet. Die Genauigkeit und die Leistung, die im Laufe des Tages produziert wird, ist von der Arbeit des Operators abhängig: seiner Auswahl des PM-Winkels, der Anzahl der Wendungen von PМ im Laufe des Tages und der Arbeitszeit der Wendeeinrichtung. Die Handweise hat die kleinste Verbreitung bekommen. Jedoch lässt diese Methode dem Operator schnell den Bruch bemerken, wenn er entsteht.

Alle passiven Steuersysteme haben einen Prinzip der Arbeit – die Kontrolle der Drehgeschwindigkeit von PМ, gegründet auf der Berechnung der ständigen Charakteristiken für aufgegebene geographische Lage von PM. Die Anfangsbedeutungen für die Entwicklung des Algorithmus des Steuersystems sind unveränderlich: die geographische Breite, die Dauer des Tages nach der Fläche, die Veränderung der Höhe der Sonnenwende im Laufe des Tages und Jahres. Der Winkel und die Drehgeschwindigkeit von PМ werden aufgrund der Daten des Wetterdienstes über die Dauer des Tages, die Höhe der Sonne am Morgen, die maximalen Höhe mittags und abends zu einer bestimmten Zeit, die Koordinaten der Lage von PM bestimmt.

Die Systeme der aktiven Kontrolle haben die meiste Entwicklung und Verbreitung für heute bekommen. Im Unterschied zu den passiven Systemen, richten die aktiven die Oberfläche von PМ zum maximalen Strom der Sonnenstrahlung mit Hilfe des Sensors aus, und zwar zum hellsten Fleck auf dem Himmel, was der Sonnenlage auf dem Himmel in einigen Fällen nicht entspricht.

Zu unserem Experiment wird die passive Methode passen, da es den Wert der Konstruktion verringert und Solarkraftwerk nach dem geschriebenen Algorithmus steuern und die statistischen Informationen über Energieerzeugung im Laufe des Tages einsammeln lässt.

Auf Grund mathematisches Modells von PM wurde das Programm in der Umgebung Microsoft Visual Studio 2017 entwickelt, die Berechnung von PM durchführen lässt, die horizontal, unter dem Winkel zum Horizont, der der Breite des Geländes entspricht, mit der Anwendung von ein- und zweiachsiger Kontrollsysteme montiert werden.

Wie es aus dem Zeitplan (die Abb. 2) bemerkt ist, hat das einachsige Orientierungsystem im Laufe von 2018 die Leistungszunahme 53% im Vergleich zum unter dem optimalen Winkel angestellten PМ, und das zweiachsige – 77% gegeben.

Außer der technologischen Berechnung ist die Wirtschaftsberechnung in dieser Frage ein sehr wichtiger Teil, denn das Hauptziel der Anlage ist die Realisierung der Leistungen, um Profit zu bekommen, und wenn die Anlage ökonomisch nicht zweckmäßig ist, ist die Anwendung nicht vorteilhaft.

Für die Bildung einachsiges Kontrollsystems von PM braucht man die Debugzahlung, den Kontroller, den Wechselrichter der Spannung, die Batterien, den Elektromotor, die Sensoren des Stromes und der Spannung sowie die Metallkonstruktion für die Umstellung von PМ im Raum.

Abb. 2 Der Grafik der Hochleistung bei 1 m2 je nach Monat

Auch für die Lösung der Führungsaufgaben der innovativen Entwicklung dieses Projektes wurde so genannte Drehbuchplanung verwendet – eines der stärksten Instrumente, das die strategische Führung der territorialen Entwicklung auf das höhere Niveau unter den Bedingungen der modernen, schnell ändernden Welt zu heben lässt. Es wurde die Kosten auf die Herstellung des gegebenen Projektes, das Jahreseinkommen nach dem Grünen Tarif (0,18 für dem Kilowatt bis zum Ende 2019) und die Rückflussdauer der Investitionen bei verschiedener Leistung des sonnigen Kraftwerkes (SKW) aufgrund drei Wege der Entwicklung berechnet: pessimistisch, einer reale und optimistisch [1, s. 3].

Der reale Weg war bei den normalen Wetterbedingungen und dem konstanten Preis der produzierten Elektroenergie (Tabelle 1) berechnet.

die Tabelle 1

Herstellungskosten, Jahreseinkommen und Amortisationsdauer mit unterschiedlichen Leistungen von Sonnenkraftwerk für realen Weg

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| die Leistung, kW | die Kosten, Rub. | jährliches Einkommen, Rub. | die Rückflussdauer, Jahr |
| 0,4 | 100000 | 9536 | 10,48 |
| 0,8 | 150000 | 16888 | 8,98 |
| 1 | 165000 | 23840 | 6,92 |

Der pessimistische Weg berücksichtigt kleine Beleuchtungsstärke und heftiges Fallen des Wertes des Grünen Tarifes (Tabelle 2), was sich und auf den Wert der notwendigen Details auswirkt.

Seinerseits wird im optimistischen Weg die heftige Größe der Nachfrage nach den Orientierungssystemen und den sonnigen Kraftwerken verstanden und der Preis der Ausrüstung für die Bildung des Projektes wesentlich verringert (Tabelle 3).

die Tabelle 2

Herstellungskosten, Jahreseinkommen und Amortisationsdauer mit unterschiedlichen Leistungen von Sonnenkraftwerk für pessimistischen Weg

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| die Leistung, kW | die Kosten, Rub. | jährliches Einkommen, Rub. | die Rückflussdauer, Jahr |
| 0,4 | 117000 | 8650 | 12,1 |
| 0,8 | 165000 | 14323 | 10,71 |
| 1 | 178000 | 20100 | 8,02 |

die Tabelle 3

Herstellungskosten, Jahreseinkommen und Amortisationsdauer mit unterschiedlichen Leistungen von Sonnenkraftwerk für optimistischen Weg

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| die Leistung, kW | die Kosten, Rub. | jährliches Einkommen, Rub. | die Rückflussdauer, Jahr |
| 0,4 | 85000 | 10345 | 9,01 |
| 0,8 | 125000 | 19000 | 7,45 |
| 1 | 140000 | 27000 | 4,95 |

**Schlussfolgerung**. Die durchgeführten Forschungen haben gezeigt, dass für die Klimabedingungen von Donezk zweckmäßiger ist, einachsiges Kontrollsystem vom SKW mit der Leistung von 1 Kilowatt und mehr zu verwenden, denn mit der Leistungserhöhung wird das Jahreseinkommen wachsen und die Rückflussdauer des Projektes verringern. Diese Vorschläge können für die Entwicklung der kompakten stationären Anlagen verwendet sein, die Sonnenenergie für die Senkung der Unternehmenbedürfnisse in den Energieressourcen nutzen lassen; die ähnlichen Anlagen lassen der Bevölkerung die Sonnenenergie mit maximalem Effekt für die Treibhauswirtschaft, die Energiesicherheitsversorgung, der Energieunabhängigkeit und der Kostensenkung für die Elektroenergie unter den Bedingungen des Landes zu verwenden.

|  |  |
| --- | --- |
|  | |
| **Literaturliste** | |
|  | ГОСТ Р 57229-2016. Системы фотоэлектрические. Устройства слежения за Солнцем. Технические условия. — М.: Стандартинформ, 2016 — 62 с., ил. табл. |
|  | Китаева М.В. Аппаратно-программный комплекс для контроля оптимальной ориентации фотоэлектрических модулей на максимальный поток солнечного излучения: дис. канд. техн. наук: 05.11.13 / Китаева Мария Валерьевна. – Томск, 2014. – 139 с. |