

ENERJİ İSTEHLAKINA AĞILLI NƏZARƏT SİSTEMİ: ƏŞYALARIN İNTERNETİ VƏ MİKROKONTROLLER ƏSASLI HƏLL



Nuru Daşdəmirli,

Azərbaycan Texniki Universitetinin doktorantı

e-mail: nurudashdamirli@gmail.com

<https://doi.org/10.30546/2706-7858.2025.2.079>

UOT: 62

Xülasə. Məqalədə enerji istehlakının real zamanlı monitorinqini təmin etmək üçün mikrokontroller əsaslı ağıllı cihazın və “Əşyaların İnterneti” şəbəkəsi ilə işləyən sistemin hazırlanması təqdim edilir. Sistemdə Wi-Fi imkanları olan ESP8266 mikrokontroller lövhəsindən istifadə edilir, beləcə məlumatların toplanması və təhlili üçün “Əşyaların İnterneti” şəbəkəsinə birbaşa integrasiya mümkün olur. Enerji istehlakının ölçülməsi izolyasiya edilmiş yüksək dəqiqlikli cərəyan sensorları vasitəsilə həyata keçirilir və mikrokontrollerin topladığı informasiya həm daxili yaddaşda qeyd olunur, həm də mərkəzi serverə göndərilir. Elektrik yuvası və enerji istehlakı ölçüləcək avadanlıq arasında yerləşdirilən cihaz, həmçinin veb-əsaslı qrafik istifadəçi interfeysi vasitəsilə əldə edilən məlumatların birbaşa vizuallaşdırılmasını təmin edir. Tədqiqata cihazın program təminatının işlənməsi, sistemin konfigurasiyası və aparat təminatına ətraflı baxış daxildir. Təklif olunan sistemin topladığı informasiya gələcəkdə maşın öyrənməsinə əsaslanan proqnozlaşdırıcı analiz üçün istifadə edilə bilər.

Açar sözlər: mikrokontroller, avtomatlaşdırma, əşyaların interneti, ağıllı enerji monitorinqi.

Key words: microcontroller, automation, internet of things, smart energy monitoring.

Ключевые слова: микроконтроллер, автоматизация, интернет вещей, интеллектуальный мониторинг энергии.

Texnologiyanın sürətli inkişafı ilə həm ev, həm də sənaye mühitində enerji istifadəsinə nəzarəti artıran ağıllı qurğulara tələb əhəmiyyətli dərəcədə artmışdır. Enerjinin səmərəli istifadəsi müasir dövrün problemlərindən biri olub zəruri əhəmiyyət daşıyır. Buna səbəb elektrik enerjisi xərclərinin və ətraf mühitin çirklənməsi ilə bağlı narahatlıqların artmasıdır. Burada əsas çətinliklərdən biri də istehlakçılara elektrik enerjisindən istifadə ilə bağlı real zamanlı məlumatları rahat

və anlaşıqlı formada təqdim etməkdir. Elektrik enerjisinə nəzarət üçün mikrokontroller üzərində qurulmuş, ancaq “Əşyaların İnterneti” şəbəkəsinə integrasiya edilməmiş sistemlər mövcuddur. Belə sistemlər kiçik miqyasda effektiv şəkildə istifadə oluna bilsələr də, genişmiqyaslı tətbiqdə bəzi çətinliklər üzə çıxır [1]. Digər tərəfdən “Əşyaların İnterneti” şəbəkəsi üzərində qurulan və elektrik istehsalını ölçən, lakin mikrokontrollerlərdən istifadə etməyən sistemlər və cihazlar da mövcuddur. Buna nümunə olaraq

xüsusi şəbəkə avadanlıqlarına qoşulub məlumat ötürülməsini təmin edən elektrik sayğac sistemlərini göstərmək olar [2]. Həmçinin mərkəzi server və ya kompüterəsaslı enerjiyə nəzarət sistemləri də mövcuddur. Buraya “Raspberry Pi” təklövhəli kompüter əsasında qurulan və onun periferiya imkanları vasitəsilə həm şəbəkəyə, həm də cərəyan sensorlarına qoşulan sistemləri aid etmək olar [3; 4]. Belə sistemlər “Əşyaların İnterneti” şəbəkəsinə inteqrasiya olmasına baxmayaraq, mikrokontroller yerinə xüsusi avadanlıq istifadəsi inteqrasiya xərclərini və elektrik istifadəsini ciddi şəkildə artırır. Bəhs edilən problemlərin həlli üçün “Əşyaların İnterneti” şəbəkəsində mikrokontroller əsaslı smart monitoring sistemi təqdim olunur.

Təklif olunan sistem avadanlığın elektrik enerjisindən istifadəsini davamlı şəkildə izləyir və qeyd edir. Bu sistemdə elektrik istifadəsinin ölçülməsi üçün elektrik yuvası ilə avadanlıq arasında ağıllı cihazlar yerləşdirilir və beləcə günboyu avadanlığın enerji sərfiyyatına dəqiq nəzarət etmək mümkün olur. Təklif olunan ağıllı cihazlar Wi-Fi şəbəkəsini dəstəkləyən ESP8266 mikrokontroller lövhəsindən istifadə etməklə ayrı-ayrı avadanlıqların elektrik enerjisi sərfiyyatını qeyd etməklə yanaşı, digər cihazlarla da əlaqə quraraq hərtərəfli “Əşyaların İnterneti” şəbəkəsini yaradır. ESP8266 mikrokontroller lövhəsinin geniş periferiya imkanları, səmərəli enerji istifadəsi, etibarlı Wi-Fi funksionallığı və uyğun qiyməti onu “Əşyaların İnterneti” şəbəkələrində ən çox istifadə olunan avadanlıqlardan birinə çevirir [5; 6]. ESP8266 əsasında qurulan oxşar sistemlər hazırda mövcud olmasına baxmayaraq, təklif olunan sistem funksional olaraq digərlərindən fərqlənir:

– *eyni anda bir neçə cihazın aktiv şəkildə işləyib xəbərləşə bilməsi;*

– *əlavə aparat təminatına və ya xüsusi avadanlığa ehtiyac olmaması;*

– *həm ev, həm də sənaye şəraitində istifadəyə uyğunluq.*

Oxşar sistemlərdə sadalananlardan biri və ya bir neçəsi mümkün olmur [7; 8; 9]. Sistem, həmçinin müxtəlif avadanlıqların elektrik enerjisindən istifadəsi ilə bağlı real zamanlı məlumatları təhlil etməyə imkan verən vebəsaslı grafik istifadəçi interfeysi də təqdim edir. Bu funk-

sionallıq istifadəçilərə elektrik enerjisi sərfiyyatına nəzarət etmək, müqayisə aparmaq və elektrik istifadəsini optimallaşdırmaq üçün imkan verir. Təklif olunan sistem ənənəvi elektrik istifadəsini ölçən cihazlara nəzərən daha üstündür, çünki ənənəvi cihazlar yalnız toplu məlumatlar təklif edir və monitoring prosesi insanlar tərəfindən cihaza baxış keçirtməklə aparılır. Bu sistemdə isə ayrı-ayrı avadanlıqların elektrik istifadəsini nəzərdən keçirmək üçün veb-interfeysdən istifadə kifayət edir. Beləliklə, çox enerji istifadə edən və ya nasaz avadanlığın aşkarlanması gün ərzində ən çox enerji tələb edilən vaxtların müəyyən edilməsi mümkün olur. Sistemin tətbiqi enerji xərclərinin azaldılmasına və ətraf mühitə təsirin minimuma endirilməsinə faydalı ola bilər.

Tədqiqat metodologiyası

Tədqiqat əşyaların internetəsaslı ağıllı enerji monitoringi sisteminin dizaynı və tətbiqinə yönəlib. Sistem enerji istifadəsinin fasiləsiz izlənilməsinə və məlumatların vizuallaşdırılmasına imkan verən cihaz və veb-interfeysdən ibarətdir. Əsas aparat təminatına Wi-Fi imkanları olan ESP8266 mikrokontroller lövhəsi və enerji istehlakının ölçülməsi üçün cərəyan sensoru daxildir. Cihaz elektrik yuvası ilə enerji istehlakı ölçülən avadanlıq arasında yerləşdirilmək üçün nəzərdə tutulmuşdur. Bu da enerji istehlakının real zamanlı monitoringinə imkan verir. ESP8266 mikrokontroller lövhəsindən istifadə olunması digər cihazlarla əlaqəni asanlaşdıraraq genişləndirilmiş monitoring imkanları yaradır. ESP8266 mikrokontroller lövhəsində yerləşən proqram təminatı cari sensordan məlumat toplamaq, onu emal etmək və veb-serverə ötürmək üçün hazırlanmışdır. İstifadəçilərin enerji istehlakını rahat şəkildə izləməsi üçün toplanılan məlumatları vizuallaşdıran veb-interfeys yarıdılmışdır. Proqram təminatı istifadəçi ilə sistemin qarşılıqlı əlaqəsini minimal gecikmə ilə təmin edir. Sistem çoxsaylı əşyaların internetəsaslı cihazlar olan mühitdə sınaqdan keçirilmiş, eləcə də məlumatların düzgün qeyd edilməsi, şəbəkənin sabit işləməsi və veb-interfeysin real zamanlı rejimdə yenilənməsi real mühitdə yoxlanılmış, sınaq zamanı enerji istehlakının ölçülmə dəqiqliyi və şəbəkə etibarlılığı kimi göstəricilər qiymətləndirilmişdir.

Sistem dizaynı və integrasiyası

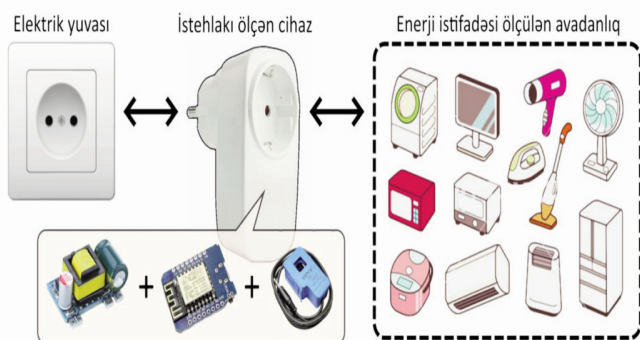
Bu bölmədə təklif olunan sistemin dizaynı, aparat və proqram təminatı, şəbəkə strukturu və integrasiyası ətraflı şəkildə izah olunur. Sistemin əsas vəzifələri qoşulu avadanlıqların elektrik enerjisindən istifadəsinin dəqiq monitorinqi, toplanılan informasiyanın şəbəkə üzərindən ötürülməsi və veb-inerfeys üzərindən istifadəçilərin rahat anlama biləcəyi formada vizuallaşdırılmasıdır. İlk addım ümumi sistem arxitekturasının konseptuallaşdırılmasıdır. Sistem ümumi olaraq üç əsas hissədən ibarətdir:

1. Enerji istifadəsinə nəzarət edən avadanlıq.

Buraya SCT-013 cərəyan sensoru, mikrokontrollerlər və qida bloku daxildir ki, cihaz səviyyəsində elektrik istifadəsi ilə bağlı informasiyanı toplayıb emal etmək olsun (şəkil 1).

2. “Əşyaların İnterneti” şəbəkəsi. Sistemdə “Əşyaların İnterneti” şəbəkəsi Wi-Fi imkanları olan ESP8266 mikrokontroller lövhəsi vasitəsilə integrasiya edilir. Wi-Fi ilə həm bir neçə monitorinq cihazı bir-biri ilə əlaqə yarada bilər, həm də internet şəbəkəsinə çıxışı olan istənilən cihaz sistemə qoşula bilər.

3. Vebəsaslı interfeys. Real zamanlı və keçmiş elektrik istifadəsi haqqında məlumatlarını nümayiş etdirmək üçün vebəsaslı qrafik istifadəçi interfeysinə istifadə formasından asılı olaraq mərkəzi serverdən və ya ESP8266 mikrokontroller lövhələrinin hər hansı biri üzərindən qoşulmaq olar.

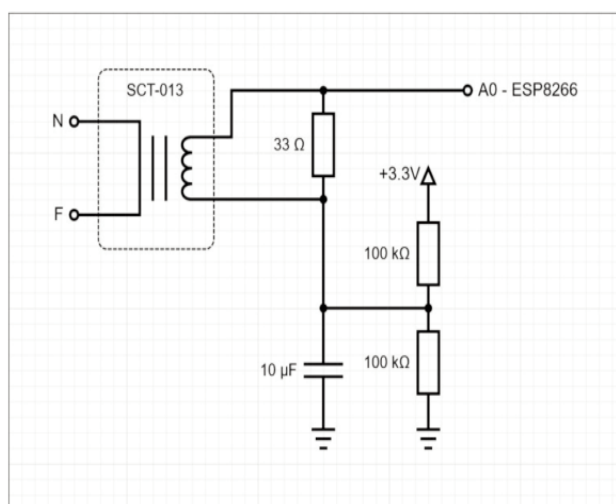


Şəkil 1. Elektrik yuvası və avadanlıq arasında yerləşən cihaz

Cihazın aparat təminatı

Qoşulu cihazların aparat təminatı 4 əsas hissədən ibarətdir: *avadanlığın qoşulması üçün giriş-çıkış yuvası olan qutu, qida bloku, mikrokontrollerlər və cərəyan sensoru*. Qida bloku olaraq dəyişən cərəyandan izolə edilmiş, sabit 5 Volt

çıkış gərginliyi olan və 500 milliamper (mA) və ya daha yuxarı cərəyan vermə imkanı olan istənilən qida bloku istifadə edilə bilər. Bu dəyərlərdə olan hər hansı qida bloku ESP8266 əsaslı istənilən mikrokontroller lövhəsini qidalandırmaq üçün kifayət edir, çünki belə lövhələr çox zaman 250 milliamperdən (mA) yuxarı cərəyan çəkmir. Ancaq elektrik enerjisindən istifadənin monitorinqi və əşyaların interneti integrasiyası üçün müvafiq sensor və mikrokontroller seçimi vacibdir. Sistemdə ESP8266 mikrokontroller lövhəsinin seçilməsinin əsas səbəbi onun uyğun qiyməti və daxili Wi-Fi funksionallığının olmasıdır. Beləliklə də həm toplanılan informasiyanın emalını, həm də əşyaların interneti funksionallığını tək bir komponent üzərindən integrasiya etmək mümkün olur. Mikrokontroller ilə elektrik istifadəsini ölçmək üçün bir çox sensor modulu mövcud olsa da, sistemdəki cihazlar üçün SCT-013 seçilmişdir. Bunun səbəbi isə bu tipli sensorların həm daha dəqiq nəticələr verməsi, həm də sistemin yüksək cərəyandan izolə edilməsini təmin etmiş olmasıdır. Ancaq SCT-013 birbaşa mikrokontrollərə qoşulmaq üçün uyğun olmayıb, bir neçə əlavə komponent tələb edir. Bu komponentlər 100 kOm dəyərinə 2 rezistor, 33 Om dəyərinə 1 rezistor və 10 mikrofarad dəyərinə kondensatordur. SCT-013 modulunun sistemə qoşulan zaman 100 kOm dəyərinəki rezistorlar gərginlik bölücü vəzifəsini yerinə yetirir və gərginlik referansı yaradır, kondensator isə gərginliyi tənzimləmək üçün nəzərdə tutulmuşdur (şəkil 2).



Şəkil 2. SCT-013 sensorunun mikrokontroller lövhəsinə qoşulma sxemi

Proqram təminatının işlənilməsi

Proqram təminatının hazırlanması prosesi **iki** əsas hissədən ibarətdir: ESP8266 mikrokontrol-ler lövhəsinin proqram təminatının işlənməsi və data vizualizasiyası üçün vebəsaslı interfeysin hazırlanması. ESP8266 üçün proqram təminatı Arduino IDE proqramlaşdırma mühitində C++ proqramlaşdırma dili istifadə edilərək hazır-lanmışdır. Burada proqram təminatının ilkin vəzifəsi cərəyan sensorundan əldə edilən məlu-matı işləyib yadda saxlamaqdır. SCP-013 sen-soru vasitəsilə dəyişən cərəyan ölçüldüyünə görə

yaddaşdan oxunur və şəbəkə üzərindən gön-dərilir (şəkil 3). Enerji istifadəsi ilə bağlı veri-lənlərin oxunması üçün isə xüsusi API sor-ğusundan istifadə edilir. Bu zaman ESP8266 yadda saxlanılan verilənləri toplayıb JSON tipli fayla çevirərək sorğunu cavablayır, beləliklə də informasiyanın veb-interfeysdə dinamik göstə-rilməsinə imkan yaradılır. Veb-interfeysə masa-üstü kompüter, planşet və ya smartfon kimi ci-hazlarla qoşulmaq, eləcə də və enerji sərfiyyatı ölçülən avadanlığı adlandırmaq və ya para-metrlərini dəyişmək mümkündür.



Şəkil 3. Enerji istehlakına nəzarət üçün veb-interfeys

Arduino mühitində TrueRMS kitabxanasından istifadə edilərək effektiv enerji sərfiyyatı dəyərləri hesablanır. Proqram təminatının ikinci vəzifəsi isə Wi-Fi üzərindən digər ESP8266 cihazlarını aşkarlayaraq “Əşyaların İnterneti” şə-bəkəsini avtomatik qurmaqdır. Proqram təmi-natının son vəzifəsi isə gələn veb-sorğularına cavab verərək vizual interfeysin işləməsini təmin etməkdir. Hər hansı bir xətalı rejim yaranarsa, cihaz özünü yenidən kalibrasiya edərək işə davam edir. Əgər düzəldilməsi mümkün olma-yan xəta ilə qarşılaşılsa, sistemə və istifadəçiyə xəta ilə bağlı məlumat verilərək iş müvəqqəti olaraq dayandırılır.

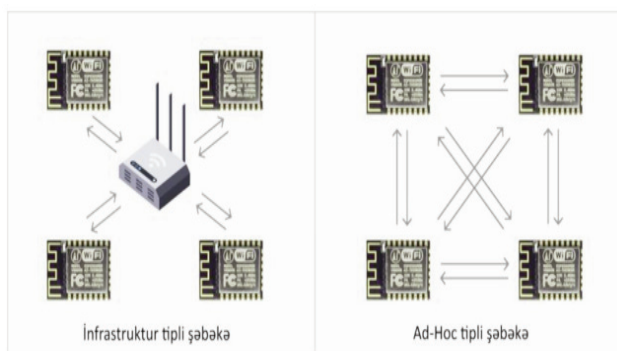
Veb-interfeys HTML, CSS və JavaScript texnologiyaları ilə hazırlanmışdır və ESP8266 daxilində hazır fayllar formasında saxlanılır. İstifadəçinin sorğularına əsasən statik fayllar

Əgər sistemdə mərkəzi server konfiqurasiya edilmişdirsə, toplanılan enerjinin sərfiyyatı mə-lumatları verilənlər bazasında periodik şəkildə qeyd edilə bilər. Bu həm istifadəçilərə tarixi məlumatları təhlil etməyə imkan verir, həm də gələcəkdə maşınla öyrənmə sistemlərinə inteq-rasiyanı mümkün edir. APoI-lər də monitoring qurğuları ilə veb-interfeysi arasında əlaqənin olmasına imkan vermək üçün birləşdirilir.

Şəbəkə konfiqurasiyası və əşyaların inter-neti integrasiyası

Cihazların şəbəkə konfiqurasiyası tətbiq olu-nan mühitə görə tənzimlənir. Əgər cihazlar ev şəraitində və ya birbaşa Wi-Fi şəbəkəsinə çıxışı olan hər hansı bir yerdə istifadə edilirsə, bu za-man bütün avadanlıqlar həmin Wi-Fi şəbəkəsinə qoşularaq infrastruktur rejimində işləyirlər. Əks halda cihazlar “ad-hoc” rejimində işləyir və bir-

biri ilə birbaşa əlaqə qura bilirlər [10]. Hər bir cihaz unikal identifikatorla təmin edildiyi üçün sistem daxilində bir-birlərindən rahatlıqla fərqlənirlər və bununla da qrafikəsaslı virtual şəbəkə xəritəsi çıxartmaq mümkün olur. Beləliklə, 2 cihaz bir-birini şəbəkədə birbaşa görməsə belə, digər qovşaqlar üzərindən bir-birlərinə informasiya ötürə bilirlər (şəkil 4). Wi-Fi şəbəkəsinin birbaşa tətbiq oluna bilmədiyi hallarda isə informasiya mübadiləsi ESP8266 mikrokontroller lövhəsinin istehsalçısı olan “Espressif” şirkətinin işləyib hazırladığı ESP-NOW simsiz şəbəkə protokolu vasitəsilə aparılır. ESP-NOW protokolu daha aşağı sürətlə işləsə də, daha uzun məsafələrə məlumat ötürülməsini təmin edir. ESP-NOW protokolunun istifadəsi sənaye mühitində daha uyğundur.



Şəkil 4. İnfrastruktur və Ad-Hoc tipli Wi-Fi şəbəkəsinin quruluşu

Nəticə. Qeyd olunanlardan aydın oldu ki, sistemdə ESP8266 mikrokontroller lövhəsinin Wi-Fi imkanlarından istifadə etməklə əlaqə quran cihazları “Əşyaların İnterneti” şəbəkəsini yaradır və istifadəçilərə elektrik enerjisindən istifadə ilə bağlı real zamanlı və ya tarixi məlumat verir. Veb-əsaslı qrafik interfeys vasitəsilə istifadəçilər enerji istifadəsi məlumatlarını ətraflı təhlil edib bunun əsasında da müvafiq qərarlar ala bilirlər. Təklif edilən sistem yaşayış binalarında enerji istifadəsinə nəzarət etməklə, sənaye mühitində enerji istehlakının optimallaşdırılması, ağıllı enerji monitorinq şəbəkəsi inteqrasiyası kimi bir neçə potensial sahədə effektiv şəkildə istifadə edilə bilər [11]. Sistemin tətbiqi ilə müxtəlif avadanlıqların enerji səmərəliliyini müəyyən etmək, enerji istehlakını azaltmaq, normadankənar enerji istifadəsinə görə potensial nasazlıqları aşkarlamaq, yığılan informasiya əsasında maşın öyrənməsi əsaslı modellər hazır-

lamaq olar. Enerji istifadəsinin azaldılması ətraf mühit üçün zərərli olan emissiyaları azaltmağa da kömək edir. Daha az enerji istehlakı atmosfərə atılan karbon qazının və digər zərərli çirkləndiricilərin azalması ilə birbaşa əlaqəlidir. Bu səbəbdən də iqlim dəyişikliyinə təsirləri azaldılır və hava keyfiyyəti yaxşılaşır. Həmçinin enerjiden istifadənin azaldılması təbii ehtiyatların gələcək nəsillər üçün əlçatan olmasını təmin edərək davamlı gələcək üçün zəmin yaradır.

Sistemin funksional olmasına baxmayaraq, bir neçə çətinlik hələ də qalmaqdadır. Elektromaqnetik dalğaların çox sıx olduğu mühitlərdə dəqiq məlumatların toplanılması və ötürülməsini təmin etmək, irihəcmli əşyaların interneti şəbəkələrində informasiya mübadiləsi prosesinin optimallaşdırılması, məlumatların tam gizlilik və təhlükəsizliyini təmin etmək aspektləri təkmilləşdirilməyə ağıqdır. Bundan əlavə, monitorinq sisteminin özü də az da olsa, enerji sərf etdiyi üçün gələcək versiyalar funksionallığı pozmadan cihazın enerji sərfiyyatının azaldılmasını hədəfləməlidir. Həmçinin istifadəni daha da rahatlaşdırmaq üçün gələcəkdə mobil tətbiq hazırlana bilər. Bu çətinliklərə baxmayaraq, ağıllı enerji monitorinqinin bu formada həyata keçirilməsi, real zamanlı məlumat toplamaq, təhlil etmək və təqdim etmək irəliyə doğru perspektivli bir addımdır.

İstifadə edilmiş ədəbiyyat

1. Caruso M., Castiglia V., Del Pizzo A., Miceli R., Salles M., Schettino G., Traversa V., Viola F. Low-cost smart energy management based on ATmega 328P-PU microcontroller. In 2017, IEEE 6th International Conference on Renewable Energy Research and Applications (ICRERA), 2017, November, pp.1204-1209, IEEE.
2. Luan H., Leng J. Design of energy monitoring system based on IOT. In 2016 Chinese Control and Decision Conference (CCDC), 2016, May, pp.6785-6788, IEEE.
3. Mudaliar M.D., Sivakumar N. IoT based real time energy monitoring system using Raspberry Pi. Internet of Things, 2020, 12, p.100292.
4. Hartman W.T., Hansen A., Vasquez E., El-Tawab S., Altai K. Energy monitoring and control using Internet of Things (IoT) system. In 2018 Systems and Information Engineering

Design Symposium (SIEDS), 2018, April, pp.13-18, IEEE.

5. Mesquita J., Guimarães D., Pereira C., Santos F. Almeida L., Assessing the ESP8266 WiFi module for the Internet of Things. In 2018, IEEE 23rd international conference on emerging technologies and factory automation (ETF A), 2018, September, vol.1, pp.784-791, IEEE.

6. Mehta M. ESP8266: A Breakthrough in wireless sensor networks and internet of things. International Journal of Electronics and Communication Engineering & Technology, 2015, 6(8), pp.7-11.

7. Chooruang K., Meekul K. Design of an IoT energy monitoring system. In 2018 16th International Conference on ICT and Knowledge Engineering (ICT&KE), 2018, November, pp.1-4, IEEE.

8. Thakare S., Shriyan A., Thale V., Yasarp P., Unni K. Implementation of an energy monitoring and control device based on IoT. In 2016 IEEE Annual India Conference (INDICON), 2016, December, pp.1-6, IEEE.

9. Rao B.N., Sudheer R. Energy monitoring using IOT. In 2020 International Conference on Inventive Computation Technologies (ICICT), 2020, February, pp.868-872, IEEE.

10. Al-Turjman F., Altrjman C., Din S., Paul A. Energy monitoring in IoT-based ad hoc networks: An overview. Computers & Electrical Engineering, 2019, 76, pp.133-142.

11. Deepika M., Kavitha M., Chakravarthy N.K., Rao J.S., Reddy D.M., Chandra B.M. A critical study on campus energy monitoring system and role of IoT. In 2021 International Conference on Sustainable Energy and Future Electric Transportation (SEFET), 2021, January, pp.1-6, IEEE.

N.Dashdamirli

Smart energy monitoring system: Internet of things and microcontroller based solution

Abstract

The article presents the development of a microcontroller-based smart device and an “Internet of Things” based system to provide real-time monitoring of energy consumption. The system uses the ESP8266 microcontroller board

with Wi-Fi capabilities, thus enabling direct integration into the “Internet of Things” network for data collection and analysis. Energy consumption is measured using isolated high-precision current sensors, and the information collected by the microcontroller is both stored in the internal memory and sent to a central server. The device, which is placed between the electrical outlet and the equipment to be measured, also provides direct visualization of the data obtained through a web-based graphical user interface. The study includes a detailed review of the device's software development, system configuration, and hardware. The information collected by the proposed system can be used for predictive analysis based on machine learning in the future.

Н.Дашдамирли

Интеллектуальная система мониторинга энергопотребления: Интернет вещей и решение на базе микроконтроллера

Аннотация

В статье представлена разработка интеллектуального устройства на базе микроконтроллера и системы на базе “Интернета Вещей” для обеспечения мониторинга потребления энергии в реальном времени. Система использует плату микроконтроллера ESP8266 с возможностями Wi-Fi, что позволяет осуществлять прямую интеграцию в сеть “Интернета Вещей” для сбора и анализа данных. Потребление энергии измеряется с помощью изолированных высокоточных датчиков тока, а информация, собранная микроконтроллером, сохраняется во внутренней памяти и отправляется на центральный сервер. Устройство, которое размещается между электрической розеткой и измеряемым оборудованием, также обеспечивает прямую визуализацию полученных данных через графический пользовательский веб-интерфейс. Исследование включает в себя подробный обзор разработки программного обеспечения устройства, конфигурации системы и аппаратного обеспечения. Информация, собранная предлагаемой системой, может быть использована для прогнозного анализа на основе машинного обучения в будущем.