

Güneş Paneli Toz Tespit Sensörü Tasarımı ve Gerçeklemesi

¹Selçuk Coşkun, ¹İhsan Pehlivan, *Mehmet Ali Hazar, ¹Gizem Hazar, ¹Mehmet Emre Demirbük

^{*1}Sakarya Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Türkiye.

^{*2}Biyomedikal Teknolojiler Uygulama ve Araştırma Merkezi (BIYOTAM), Sakarya Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Sakarya, Türkiye

Özet

Dünyada güneş paneli kullanımı hızla artmaktadır. 2020 yılında dünya genelinde güneş enerjisi kapasitesinin %20 oranında arttığı ve bu artışın enerji sektöründeki dönüşümü hızlandırdığına dair veriler mevcuttur. Ancak, güneş panellerinin tozlanması, bu büyümeye rağmen önemli bir sorun olarak varlığını sürdürmektedir. Araştırmalar, tozlu koşullarda güneş panellerinin verimliliğinin %20'ye kadar azalabildiğini göstermektedir. Otomatik temizleme sistemlerinin yüksek maliyeti, güneş enerjisi sektöründeki yatırımları sınırlayan önemli faktörlerden biridir. Bu nedenle, daha düşük maliyetli ve etkili çözümler gereklidir. Hava şartlarına göre değişen tozlanma periyotları, manuel temizlik işlemlerini zorlaştırmaktadır. Bu durum, tozlanma seviyesini sürekli izleyen bir sensör sistemine olan ihtiyacı artırmaktadır. Bu çalışmada iki güneş paneli kullanılmıştır; bunlardan biri sürekli bir silecek sistemi ile temizlenirken, diğeri doğal koşullara maruz bırakılmıştır. Panellerden elde edilen veriler ESP32 ile karşılaştırılarak tozlanma seviyesi belirlenmiş ve bu seviye belirli bir eşiği aştığında kullanıcıya e-posta yoluyla bildirim yapılmıştır. Sistem, güneş panellerindeki tozlanma seviyelerini hassas bir şekilde izleyerek temizleme süreçlerini optimize etmiştir. Temizlenme süreci sonucunda hava durumuna bağlı olarak tozlanma seviyesi, %5 ile %60 oranında azalmıştır.

Anahtar Kelimeler: Toz tespit sensörü, verimlilik, güneş paneli, yenilenebilir enerji, ESP32

Solar Panel Dust Detection Sensor Design and Implementation

Abstract

The use of solar panels is rapidly increasing in the world. There are data indicating that solar energy capacity increased by 20% worldwide in 2020 and that this increase accelerated the transformation in the energy sector. However, dusting of solar panels continues to be a significant problem despite this growth. Research shows that the efficiency of solar panels can decrease by up to 20% in dusty conditions. The high cost of automatic cleaning systems is one of the important factors limiting investments in the solar energy sector. Therefore, lower-cost and effective solutions are required. Dusting periods that vary according to weather conditions make manual cleaning processes difficult. This situation increases the need for a sensor system that constantly monitors the level of dusting. Two solar panels were used in this study; one of them was cleaned with a continuous wiper system, while the other was exposed to natural conditions. The data obtained from the panels was compared with ESP32 to determine the level of dusting, and when this level exceeded a certain threshold, the user was notified via e-mail. The system precisely monitors the dusting levels on solar panels and optimizes cleaning processes.

Key words: Dust detection sensor, efficiency, solar panel, renewable energy, ESP32

*Sorumlu yazar: Adres: Sakarya Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Sakarya TÜRKİYE E-mail adres: mehmetalihazar@subu.edu.tr, Telefon: +0264 616 1814

1. Giriş

Güneş enerjisi sistemlerinin performansı, çevresel koşullara bağlı olarak önemli ölçüde değişkenlik göstermektedir. Bu çevresel faktörlerin başında, güneş panelleri üzerinde biriken tozun, verimlilik üzerinde yarattığı olumsuz etkiler gelmektedir. Toz, güneş ışıınımını engelleyerek fotovoltaiik (PV) panellerin performansını düşürmekte ve enerji üretiminde kayıplara yol açmaktadır. M. Catelani ve ekibinin (2012) çalışmasında, tozlu bir panel ile referans panelin çıkış güçleri karşılaştırılarak, tozun güneş panellerinin verimliliği üzerindeki etkileri analiz edilmiştir [1]. Benzer şekilde, Gaofa ve arkadaşlarının (2011) çalışması, güneş pili yüzeylerinde doğal, mekanik ve otomatik toz giderme yöntemlerini detaylı bir şekilde inceleyerek, bu konuda bilgi sağlamayı amaçlamaktadır [2].

Güneş panellerinin sadece bir kısmının güneş enerjisini elektrik enerjisine dönüştürebilmesi ve geri kalan enerjinin ısıya dönüşerek panel performansını olumsuz etkilemesi, çeşitli çevresel faktörlerin önemini vurgulamaktadır. M.M. Rahman ve arkadaşlarının (2005) çalışmasında, nem, toz ve soğutma gibi faktörlerin PV panel performansına olan etkisi deneysel olarak incelenmiş, özellikle soğutma suyu uygulamasının çıkış gücünü artırdığı ve tozun performansta azalmaya neden olduğu gözlemlenmiştir [3]. K.A. Moharram ve arkadaşlarının (2013) çalışması, fotovoltaiik panellerin temizliğinde su ve yüzey aktif maddelerin etkisini araştırarak, yüzey aktif maddelerin karışımıyla yapılan temizliğin hücre verimliliğini artırdığı sonucuna ulaşmıştır [4].

Türkiye'de gerçekleştirilen bazı çalışmalarda da tozun PV paneller üzerindeki olumsuz etkileri gözlenmiştir. Tan Bayar'ın (2022) yüksek lisans tezi çalışmasında, Batman ilindeki güneş panelleri üzerinde farklı toz türlerinin birikmesi sonucu %1 ile %78 arasında değişen verim kayıpları tespit edilmiştir [5]. Abhilash ve Panchal'ın (2016) çalışması ise kirli ve temiz yüzeyli sistemler arasında önemli verim farkları olduğunu göstermiştir [6].

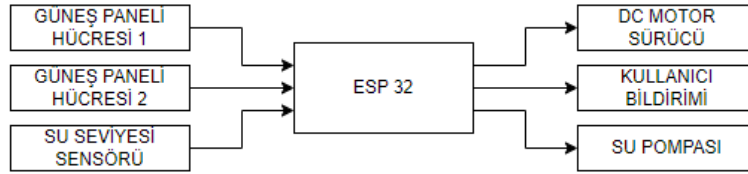
Bu çalışmalar, güneş enerjisi sistemlerinin performansını optimize edebilmek için toz birikiminin önlenmesi gerektiğini vurgulamaktadır.

Güneş enerjisi sektöründeki hızlı büyüme ve otomasyonlu temizleme sistemlerinin maliyetinin çok fazla olması sebebi ile çalışmada daha ekonomik ve sürdürülebilir bir çözüm sunulmuştur. Bu çözüm, güneş panellerindeki tozlanma seviyelerini sürekli olarak takip eden bir toz tespit sensörü sistemini içermektedir. Toz tespit sensöründen alınan bilgiler sayesinde, tozlanma seviyesi kullanıcının belirlediği değeri aştığında kullanıcıyı bilgilendirecek şekilde tasarlanmıştır.

Çalışmanın temel amacı, güneş panellerinin tozlanma seviyelerini hassas bir şekilde izleyerek, güneş enerjisi sistemlerinin verimliliğini artırmaktır.

2. Materyal ve Metot

Sistem elektronik yazılım, elektronik donanım ve mekanik olmak üzere üç kısımdan oluşmaktadır. Sistemin donanım akış diyagramı Şekil 1’de gösterilmektedir. Çalışmada iki adet güneş paneli bulunmaktadır. Bu panellerden bir tanesi sürekli silecek yardımı ile temizlenmektedir. Diğer panel ise ortam koşullarına maruz kalmaktadır. Bu iki panelden gelen veriler ESP32 ile karşılaştırılarak tozlanma seviyesi tespit edilecektir. Tozlanma seviyesi belirlenen eşik değerini geçtiğinde kullanıcı e posta yolu ile bilgilendirilecektir. Temizleme işlemi silecek ile gerçekleştirilecektir. Aynı zamanda silecek üzerinde bulunan boşluklardan su damlaları gelecektir.



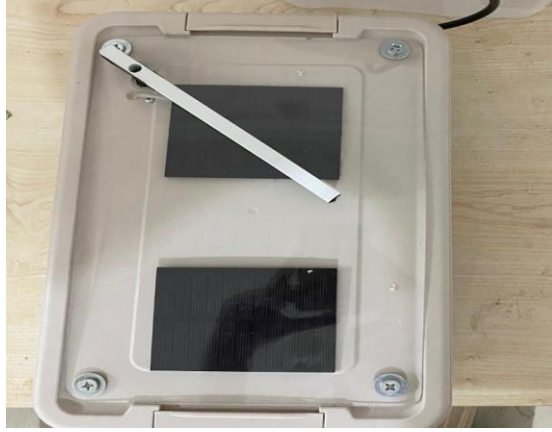
Şekil 1. Güneş Paneli Toz Sensörü Donanım Akış Diyagramı

2.1. Mekanik Tasarım

Çalışma gerçekleştirilirken mevcut endüstriyel standartlara uygun olarak dayanıklı ve verimli bir sistem tasarlanmıştır. Prototip üretiminde mekanik gövdenin yapılması için çeşitli endüstriyel malzemelerden yararlanılmıştır.

İki güneş paneli, sağlam ve dayanıklı bir saklama kabının üstüne yerleştirilmiştir. Saklama kabının üstüne, panelleri korumak amacıyla pleksi malzemeden yapılmış bir çerçeve monte edilmiştir. Bu çerçeve, panellerin fiziksel hasarlardan korunmasını sağlarken, temizleme sistemine destek vermektedir.

Panelin temizliği, bir servo motor ile çalışan silecek sistemi tarafından sağlanmaktadır. Silecek, pleksi çerçevenin üstüne yerleştirilmiş olup, gerektiğinde panellerin yüzeyindeki kir ve tozu temizlemek için kullanılmaktadır. Temizleme işlemi sırasında kullanılacak su, belirli aralıklarla panelin üstünden damlatılacak şekilde tasarlanmıştır. Mekanik sistemin her bir bileşeni, güneş panellerinin optimum verimlilikte çalışmasını sağlamak amacıyla Şekil 2’de gösterildiği gibi tasarlanmış ve uygulanmıştır.

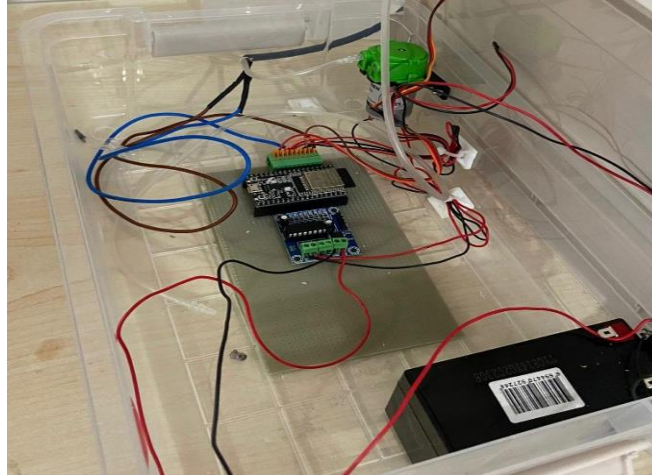


Şekil 2. Sistemin Mekanik Tasarımı

2.2. Elektronik Tasarım

Çalışmada, ESP32 mikrodenetleyici kullanılarak güneş paneli sisteminin kontrolü ve izlenmesi sağlanmaktadır. ESP32, Wi-Fi ve Bluetooth bağlantı imkanlarıyla sistemin uzaktan izlenmesi ve kontrol edilmesine olanak tanımaktadır.

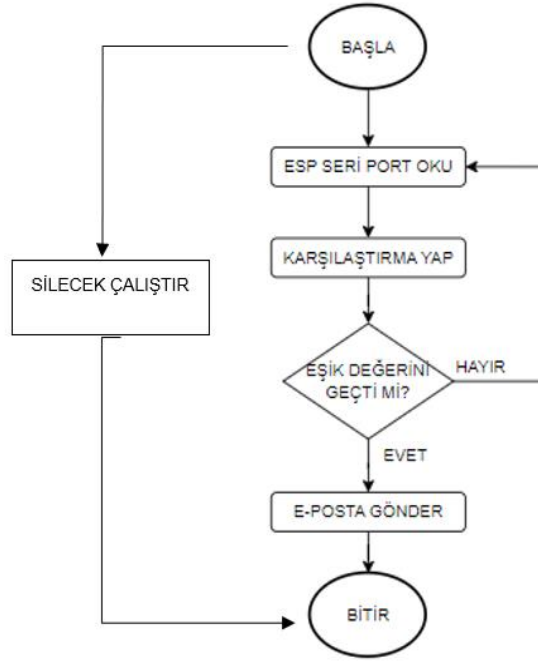
Şekil 3'teki elektronik tasarımı verilen sistemde; ESP32, belirlenen tozlanma oranını aşan herhangi bir panelden gelen veriyi değerlendirmektedir. Su seviye sensörü kullanılarak su seviyesi tespit edilir ve su seviyesi azaldığında kullanıcıya bir e-posta gönderilmektedir. Bu sayede, sistemin su ihtiyacı zamanında karşılanabilmekte ve sistemin sürekli olarak verimli çalışması sağlanmaktadır. Ayrıca, panelin temizlenmesini sağlayan sileceği kontrol etmek için bir servo motor kullanılmaktadır. Bu servo motor, ESP32 tarafından kontrol edilmektedir ve panelin temizlenmesi gerektiğinde silecek döndürülerek temizlik işlemi gerçekleştirilmektedir.



Şekil 3. Sistemin Elektronik Tasarımı

2.3. Elektronik Yazılım Tasarımı

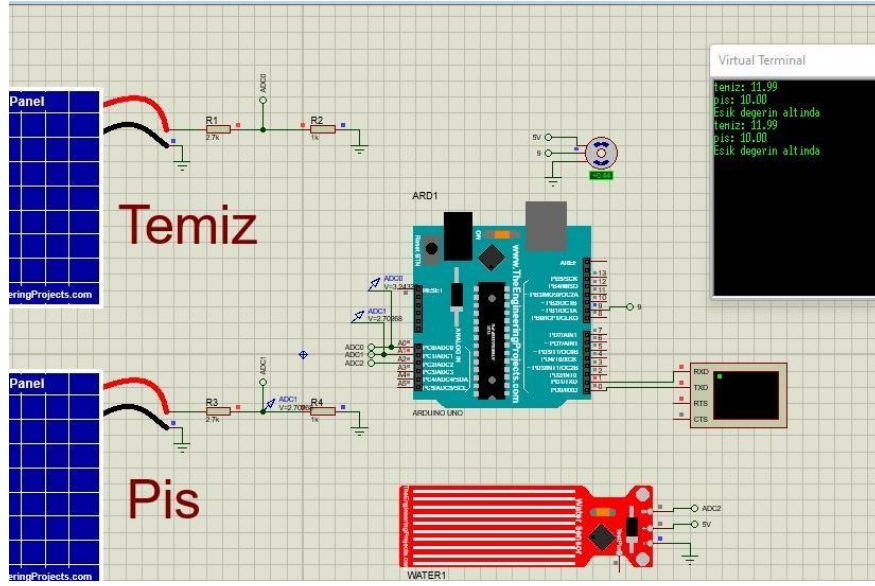
Yazılım, güneş panellerinden elde edilen verileri okuyarak sistemin performansını izler ve gerektiğinde kullanıcıları bilgilendirir. Yazılım, tozlanma sensörü ve su seviye sensörü verilerini de işleyerek, panellerin temizlik durumunu ve su seviyesini kontrol eder. Tozlanma oranı belirli bir seviyeyi aştığında veya su seviyesi düştüğünde, kullanıcıya e-posta yoluyla bilgi verilir. Güneş paneli toz sensörü yazılım akışı Şekil 4'teki diyagramda gösterilmiştir.



Şekil 4. Güneş Paneli Toz Sensörü Yazılım Akış Diyagramı

2.4 Simülasyon Çalışması

Bu çalışmada, ESP32 mikrodenetleyici tabanlı güneş paneli toz sensörü tasarımının sanal bir ortamda nasıl işlediğini modellemek amacıyla Proteus simülasyonu gerçekleştirilmiştir. Simülasyon, ESP32'nin iki güneş panelinin durumunu sürekli izleyerek tozlanma seviyelerini belirlemesini ve eşik değeri aşıldığında silecek sistemi ve servo motorun devreye girerek temizlik yapmasını içermektedir. Ayrıca, WiFi modülü aracılığıyla internete bağlanarak otomatik e-posta gönderimi gerçekleştirilmiş ve su seviye sensörü ile su dolumunun kontrolü sağlanmıştır. Simülasyon sırasında elde edilen veriler, mikrodenetleyici tabanlı sistemin işlevselliğini doğrulamak ve potansiyel hataları tespit etmek adına önemli bilgiler sunmuştur. Ancak, ESP32'nin tam işlevselliğinin sağlanamaması durumunda Arduino Uno ile devam edilmiştir. Sonuç olarak, bu simülasyon süreci, sistemin tasarım ve işlevsellik açısından kritik unsurlarını başarıyla test etmiş ve sistemin etkinliğini doğrulamıştır.



Şekil 5. Proteus Görüntüsü

3. Tartışma ve Sonuç

Çalışma kapsamında geliştirilen güneş paneli toz tespit sensörü, gerçek dünya koşullarında test edilmiştir. İki güneş panelinden biri belirli aralıklarla temizlenirken, diğeri doğal çevre koşullarına maruz bırakılarak tozlanma seviyeleri karşılaştırılmıştır. Deneysel kurulumda, iki güneş paneli kullanılmış ve biri sürekli temizlenen, diğeri ise doğal koşullara bırakılan panel olarak konumlandırılmıştır. Geliştirilen toz tespit sensörü, her iki panelin yüzeyindeki toz seviyelerini ölçmek için kullanılmış ve elde edilen veriler ESP32 mikrodeneleyici aracılığıyla işlenmiştir. Sürekli temizlenen panelin yüzeyi, su haznesinden çekilen su damlalarıyla temizlenmiş, temizlik işlemi ise su seviyesi sensörü tarafından izlenmiş ve düşük su seviyesi durumunda kullanıcıya bildirim gönderilmiştir. Ayrıca, toz seviyeleri belirlenen eşik değerini aştığında kullanıcıya otomatik olarak e-posta bildirimleri gönderilmiştir.

Deneysel bulgulara göre, sürekli temizlenen panelin tozlanma seviyesi, doğal koşullara bırakılan panele göre hava şartlarına bağlı olarak %5-%60 oranında daha düşük kalmıştır. Bu durum, toz tespit sensörünün ve temizlik mekanizmasının etkinliğini göstermektedir. Belirlenen eşik değerinin aşılması durumunda, kullanıcıya zamanında e-posta bildirimleri gönderilerek panel temizlik gereksinimleri hakkında anında bilgi sağlanmıştır. Su seviyesi sensörü ise su haznesindeki su seviyesini başarılı bir şekilde takip etmiş ve belirlenen eşik değerin altına düştüğünde kullanıcıya bildirim göndererek manuel su dolumu gereksinimini belirtmiştir.

Sonuç olarak, deneysel çalışmalar, geliştirilen toz tespit sensörünün ve temizlik mekanizmasının güneş paneli verimliliğini artırmada etkili olduğunu göstermiştir. Tozlanma seviyelerinin izlenmesi ve temizlik gereksinimlerinin bildirilmesi, güneş panellerinin optimum performansını sürdürmek için önemli bir katkı sağlamıştır. Simülasyon sürecindeki WiFi bağlantısı ile ilgili eksiklikler, gerçek dünya testlerinde ESP32'nin bağlantı yeteneklerinin doğrulanmasıyla giderilmiştir. Genel

olarak, bu çalışma güneş enerjisi sistemlerinin verimliliğini artırmaya yönelik önemli bir adım olarak değerlendirilebilir.

Referanslar

- [1] Catelani M., Ciani, L., Cristaldi, L., Faifer, M., Lazzaroni, M., & Rossi, M. (2012). Characterization of photovoltaic panels: the effects of dust. In Energy Conference and Exhibition (pp. 40-50)
- [2] Gaofa He, Zhou C., Li Z., (2011) Review of Self-Cleaning Method for Solar Cel Array, Procedia Engineering, 16: 640-645
- [3] Rahman M.M, Hasanuzzaman M., N.A (2005). Effects of various parameters on PVmodule power and efficiency. Energy Conversion and Management, 103: 348-358.
- [4] Moharram K.A., M.S. Abd-Elhady, H.A. Kandil, H. El-Sherif, (2013) influence of cleaning using water and surfactants on the performance of photovoltaic panels, Energy Conversion and Management, 68: 266-272.
- [5] Tan Bayar, M. (2022). Fotovoltaik Sistemlerde Tozlanmanın Panel Verimi Üzerindeki Etkilerinin Deneyisel Olarak Araştırılması. (Yüksek Lisans Tezi). Batman Üniversitesi/Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Batman.
- [6] Abhilash, B., & Panchal, A. K. (2016). Self-Cleaning and Tracking Solar Photovoltaic Panel for Improving Efficiency. Paper presented at the 2016 2nd International Conference on Advances in Electrical, Electronics, Information, Communication and Bio-Informatics (AEEICB).