

Received / Makale Geliş Tarihi 22.11.2023
Published / Yayınlanma Tarihi 31.01.2024
Volume / Issue (Cilt/Sayı)-ss/pp 11(103), 231-241

Research Article / Araştırma Makalesi
10.5281/zenodo.10622591

Namık Kemal Bozdoğan

<https://orcid.org/0009-0005-6512-8026>
Milli Eğitim Bakanlığı, Adana / TÜRKİYE

Mehmet Tuncer

<https://orcid.org/0009-0006-8821-6173>
Milli Eğitim Bakanlığı, Adana / TÜRKİYE

Deniz Yılmaz

<https://orcid.org/0009-0002-8165-4032>
Milli Eğitim Bakanlığı, Adana / TÜRKİYE

Sevil Yılmaz

<https://orcid.org/0009-0004-7505-8431>
Milli Eğitim Bakanlığı, Adana / TÜRKİYE

Bihter Hatun Turan

<https://orcid.org/0009-0003-6059-6416>
Milli Eğitim Bakanlığı, Adana / TÜRKİYE

Yasin Sarpkaya

<https://orcid.org/0009-0004-3654-1754>
Milli Eğitim Bakanlığı, Adana / TÜRKİYE

Pillerin Erken Şarj ve Deşarjı İçin Süper Kapasitörlerde Elektrot Modifikasyonu

Electrode Modification in Supercapacitors For Early Charging And Discharge Of Batteries

ÖZET

Elektrik enerjisi günümüz insan yaşamının vazgeçilmezlerinden olmuştur. Gelişen teknolojiyle elektrik enerjisine olan ihtiyaç artarken fosil yakıtlar azalarak tükenme noktasına yaklaşmaktadır. Bu sebeple yenilenebilir ve yenilenemez enerji kaynaklarına ilgi her geçen gün artmaktadır. Yenilenebilir enerji kaynaklarının elde edildiği alanların tüketim merkezlerine uzak olması, düzensiz oluşu ve hava tahminlerindeki hatalar nedeniyle, enerji depolama sistemlerinin önemi her geçen gün artmaktadır.

Elektriksel enerji depolama sistemleri, sistem dalgalanmalarını düzelterek verimi artırmada, çevre dostu sistem teknolojilerinde ve elektrikli araçlarda kullanılmaktadır. Bu sistemler kapasitör ve süper (Ultra) kapasitörlerdir. Ultra kapasitör de denilen süper kapasitörler büyük kapasite değerine sahip kondansatörlerdir ve günümüz yeni kullanılmaya başlanan bir enerji depolama alanı haline gelmiştir.

Bu çalışmadaki amaçlarımız, farklı değişkenlerle elde ettiğimiz malzemelerin kalsinasyon sıcaklığı ve azot oranlarını değiştirerek kapasitans performansına olan etkilerini tespit etmek ve çalışmada elektrokimyasal analizlerde kullanılacak olan karbon nanotüp ve tüplerinin bileşimini gerçekleştirmektir. Süper kapasitörler dünyada henüz yeni gelişen bir konudur. Potansiyelinden yola çıkarak ilerleyen zamanda bu konuya ilginin gittikçe artacağını söyleyebiliriz.

Bu çalışmada kullanılan elektrot modifikasyon malzemeleri için doğrudan kalsinasyon metodu kullanılmıştır. İzlediğimiz metot ekosistem dostu, hızlı ve kolaydır.

Piyasada pek çok elektrot modifikasyon materyali olsa da bunlar maliyetli ve çevre için tehlike arz eder. Bu yüzden bu projede karbon kuantum noktalarına ve karbon nano fiberleriyle doğrudan karbonizasyon gerçekleştiren sodyum aljinat ve amonyum sülfid tozunu kalsinasyon metodunu uygulanmıştır. Belirli yüzey alanı artışında, belirli kapasitans değerinde artış görülecek ve bu şekilde materyalin kapasitansı teorik kapasitans değerine daha da yaklaşacaktır. Bu sayede, çözültide çok cidarlı karbon nanotüp dağılmasından kaynaklı çözültide eşit olmayan yayılma problemi büyük ölçüde düzeltilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Süper Kapasitör, Karbon Nano Tüp, Sodyum Aljinat, Elektrot Modifikasyonu.

ABSTRACT

Electrical energy has become an indispensable part of today's human life. While the need for electrical energy increases with developing technology, fossil fuels are decreasing and approaching the point of exhaustion. For this reason, interest in renewable and non-renewable energy sources is increasing day by day. The importance of energy storage systems is increasing day by day due to the fact that the areas where renewable energy resources are obtained are far from the consumption centers, are irregular and have errors in weather forecasts.

Electrical energy storage systems are used in environmentally friendly system technologies and electric vehicles to increase efficiency by correcting system fluctuations. These systems are capacitors and super (Ultra) capacitors. Supercapacitors, also called ultra-capacitors, are capacitors with large capacity values and have become a newly used energy storage area today.

Our aims in this study are to determine the effects of the materials we obtained with different variables on the capacitance performance by changing the calcination temperature and nitrogen ratios and to determine the composition of the carbon nanotubes and tubes that will be used in electrochemical analysis in the study. Supercapacitors are a newly developing topic in the world. Based on its potential, we can say that interest in this subject will increase in the future.

The direct calcination method was used for the electrode modification materials used in this project. The method we follow is ecosystem-friendly, fast and easy.

Although there are many electrode modification materials on the market, they are costly and dangerous to the environment. Therefore, in this project, the calcination method of sodium alginat and ammonium sulfite powder, which performs direct carbonization with carbon quantum dots and carbon nanofibers, was applied. As a certain surface area increases, a certain capacitance value will increase, and in this way, the capacitance of the material will approach the theoretical capacitance value. In this way, the problem of uneven diffusion in the solution caused by multi-walled carbon nanotube dispersion in the solution has been largely corrected.

Keywords: Super Capacitor, Carbon Nano Tube, Sodium Alginate, Electrode Modification.

1. GİRİŞ

Elektrik enerjisi, hiç kuşkusuz insan hayatının vazgeçilmez en önemli unsurlarındandır. Kullanılan ve gelişen teknoloji ile birlikte elektrik enerjisine duyulan ihtiyaç artarken, bunun aksine fosil enerji kaynakları azalmaktadır. Bu nedenle, yenilenebilir ve yenilenemez enerji kaynaklarından elektrik enerjisi elde etmek, en etkin çözüm olarak görülmektedir. Enerji elde etmek ne kadar önemli ise enerjinin verimli kullanılması, var olan enerji kaynaklarının çevreye zarar vermeden yaygınlaştırılması da o kadar önemlidir.

Nüfus artışı, endüstrideki gelişmeler ve ülkelerin doğal kaynaklarını tehdit eden kirlenmeler, çevre sorunlarını 20. yüzyılın sonlarında insanlığın en önemli konularından biri haline getirmiştir (Soran vd., 2000). Sahip olunan kaynakların zamanla azalarak tükenme endişesinin yarattığı rahatsızlık ve gelecek kaygısı insanoğlunu tedbirler almaya, hatalarını tekrarlamamaya yöneltmiştir. Bunun için ülkeler çevre sorunlarıyla başa çıkmak ve çözüm yolu bulabilmek için bütçelerinin bir kısmını ayırmaktadırlar (Erol & Gezer, 2006; Türküm, 1998).

Yenilenebilir enerji kaynaklarının tüketim merkezlerine uzak olması, düzenli olmaması ve hava tahminin yeteri kadar doğru yapılamaması nedeniyle, enerji depolama sistemlerinin de önemi giderek artmıştır (Çetinkaya, 2012). Günümüzde bütün modern enerji sistemleri arz güvenilirliği, sistem stabilitesi, enerji kaynaklarının daha verimli kullanılması iletim / dağıtım problemlerinin ve maliyetlerinin minimize edilmesi gibi birçok nedenle enerjinin depolanmasını zorunlu kılar (Özdemir, 2007).

Enerji depolama teknolojilerinin geliştirilmesi, gerilim düşmesi ve kesintiler gibi güç kalitesi problemlerinin hem sistem hem de ekipman düzeyinde ele alınan çözümlerinde büyük önem taşımaktadır (Gencer, 2006). Bununla birlikte, enerji depolamanın; sistem verimliliğini artırması, yenilenebilir enerji kaynaklarının entegrasyonuna olanak vermesi, şebeke kararlılığını ve güvenilirliğini artırması, enerji güvenliğini artırması ve sera gazı emisyonunu azaltması gibi faydaları vardır (Castillo ve Gayme, 2014). Elektrik enerjisinin ucuz olarak direkt depolanması kolay olmamasına rağmen, ihtiyaç olduğunda elektrik enerjisine dönüştürüp kullanılmak üzere farklı formlarda depolanabilir. Enerjinin depolanması için geliştirilen başlıca teknolojiler; elektriksel, mekaniksel, kimyasal ve ısı depolama teknolojileridir.

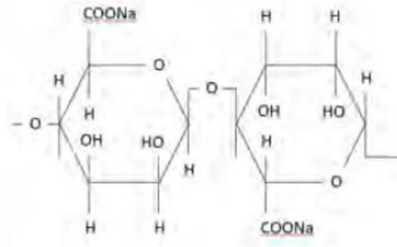
Elektriksel enerji depolama sistemleri; güç kalitesinin iyileştirilmesinde, elektrikli araçlarda ve akıllı şebekelerde uygulama alanı bulmaktadırlar. Bunlar; kapasitör ve ultra (Süper) kapasitör enerji depolama teknolojileridir.

Kapasitörler; elektrostatik formda depolanan enerjiyi, elektrik enerjisi olarak açığa çıkaran enerji depolama teknolojisidir. Bu cihazlar, olduğunu bozmadan yüz binlerce defa şarj deşarj döngüsü yapabilmektedirler. Süperkapasitör, batarya gibi davranan bir kapasitördür denebilir.

Kapasitörler, öncelikle tüketicilerin küçük elektronik cihazları için kullanılmış, ancak giderek silah ve ticari elektrikli araçların güç temini için geliştirilmektedir. Şu anda, enerji yoğunluğunu artırmak, araştırma hedefleri arasındadır (Kocaman, 2013).

Ultra kapasitör veya süper kapasitör olarak adlandırılan büyük kapasite değerine sahip kondansatörler günümüzde yeni bir enerji depolama elemanı olarak kullanılmaya başlanmıştır. Ultra kapasitör ile oluşturulan enerji depolama sistemi, enerji tamponu görevi dışında aynı zamanda şebekenin güç kalitesinin iyileştirilmesini de sağlamaktadır. Birkaç milisaniyeden birkaç dakikaya kadar yüksek güç deşarjı gerektiren tüm uygulamalar için, ultra kapasitör kullanımı uygun olmaktadır. Ultra kapasitörler, oldukça yüksek güç yoğunlukları nedeniyle (18 kW/kg) çok kısa bir süre içinde güç sistemine yüzlerce hatta binlerce amper akım verebilmektedir. Böylece kısa sürede yüksek güç gerektiren güç kalitesi problemlerinin çözümünde önemli rol alabilmektedirler. Ultra kapasitörler, kimyasal bir reaksiyon olmadan doğrudan elektriği depolayabildiklerinden çok kısa sürede şarj ve deşarj olabilmektedir. Piller, normal şarj durumunda birkaç saat, hızlı şarj durumunda ise birkaç on dakikada şarj olabilirken, ultra kapasitörler birkaç saniyede şarj olabilmektedir. Bununla birlikte pillerin tersine ultra kapasitörler bakımsız olarak çok uzun ömürlü olabilmektedirler. Ayrıca normal kullanımda sıcaklık etkilenmeleri de oldukça düşüktür. Ultra kapasitör, -40 o C ile +85 o C arasında çalışabilmektedir. Ultra kapasitörlerin en önemli üstünlükleri, uzun işletim ömürleri, esnek gerilim düzeyi, yüksek akım gücü olarak sayılabilir. Ultra kapasitör uygulamalarının çok yüksek hızla enerji depolama kapasiteleri ile güç kalitesi iyileştirmeye yönelik olarak aktif filtre uygulamalarında kullanımının artması da beklenmektedir. Ultra kapasitörler, çok yüksek güçleri çok hızlı depolayıp geri verebildikleri için özellikle güç sistemlerinde meydana gelen gerilim çökmesi veya kısa süreli kesintiler gibi geçici durumların giderilmesinde önemli görevler alabilmektedir. Ayrıca kesintiler sırasında yaşanan geçişlerde gerilim kararlılığını sağlayabilmektedir (Özdemir vd., 2010; Kocaman, 2013).

Bu çalışma, elektrokimyasal ölçümlerde kullanılacak karbon nanotüplerin ve karbon tüplerin sentezini çalışmaktadır. Süper kapasitör, elektrokimya alanında sıcak bir konudur. Enerjide süper kapasitörler kullanılabilir.



Şekil.1: Sodyum aljinatın yapısal formülü

Sodyum aljinat yüksek biyoyumluluk özelliğine sahiptir, bu yüzden bir elektrot modifikasyon materyali elde etmek için bu materyali kalsine etmeyi umuyoruz. Yapısal formülde, sodyum aljinat tuzunun yüzeyi, -COO-ışlevsel bir gruba sahiptir ve yüksek sıcaklıkta kalsinasyondan sonra oluşan karbon malzemenin yüzeyinde hidrofilik oksijen içeren bir fonksiyonel grup bırakabileceğini, muhtemelen karbon içindeki nano borucukların artacağını tahmin ediyoruz.

Karbon Nanotüp, karbon elementinin uzunluk-çap oranı $28 \times 10^6 : 1$ olan allotropudur. Bu oran başka herhangi bir malzemenin sahip olabileceğinden daha büyüktür. Nanotüp'ler fullerin yapısal grubuna dahildir. Düzgün karbon nanotüp yapılarında atomlar birbirleri ile sp^2 şeklinde (grafit plakada olduğu gibi) bağlanır, atomlar sadece altıgen geometri oluşturur ve her atomun sadece üç komşusu bulunur (Kutucu, 2010).

Çok hafif olması, yüksek elastiklik modülüne sahip olması ve bilinen en dayanıklı fiber olması ihtimalleri, Karbon Nano Tüplerin (CNT) en önemli özelliklerindedir. Deneysel bazı çalışmalar sonucu (Küçükyıldırım & Eker, 2012) çok cidarlı CNT'lerin 1-1.8 TPa arasında elastiklik modülüne ve TEM- esaslı çekme ve eğme testleriyle de 0.8-150 GPa arasında çekme dayanımına sahip olduğu anlaşılmaktadır. Çok cidarlı CNT'lerin çekme dayanımlarının tek cidarlılardan daha düşük olduğu bilinmektedir. Bunun temel sebebi, her bir nanotüp katmanının CNT'lerin sürtünmesize yakın kinetik özelliklere sahip olmasından dolayı birbiri üzerinden kayarak sıyrılmaya (pull-out) olarak bilinen özelliğin görülmesidir. Tek cidarlı CNT'lerin dış yüzeylerinde taşıdığı yükler vasıtasıyla oluşturulan gerilme-gerinim eğrilerinden 13-52 GPa arasında kırılma dayanımına sahip olduğu belirlenmiştir (Küçükyıldırım & Eker, 2012). Aynı yöntemle çok cidarlı CNT'ler için gerçekleştirilen çalışmada ise 11-63 GPa arasında çekme dayanımı ile 0.27-0.95 TPa mertebesinde elastiklik modülü tayin edilmiştir. Özellikle, yoğunluğu da dikkate alındığında çelikten çok daha yüksek spesifik dayanıma sahip olan CNTler bilinen en dayanımlı malzemelerden biri olarak kabul edilmektedir. Tüm bu nedenlerle süper-kapasitör elektrotları için bir karbon kaynağı olarak uygundur.

1.1. Amaç

Farklı değişkenler altında üretilen malzemelerin kalsinasyon sıcaklığını ve azot sentezi oranını ayarlayarak kapasitans performansı üzerindeki etkilerini araştırmak.

Elektrokimyasal ölçümlerde kullanılacak karbon nanotüplerin ve karbon tüplerin sentezini çalışmak.

2. YÖNTEM

2.1. Kullanılan Cihaz ve Kimyasallar

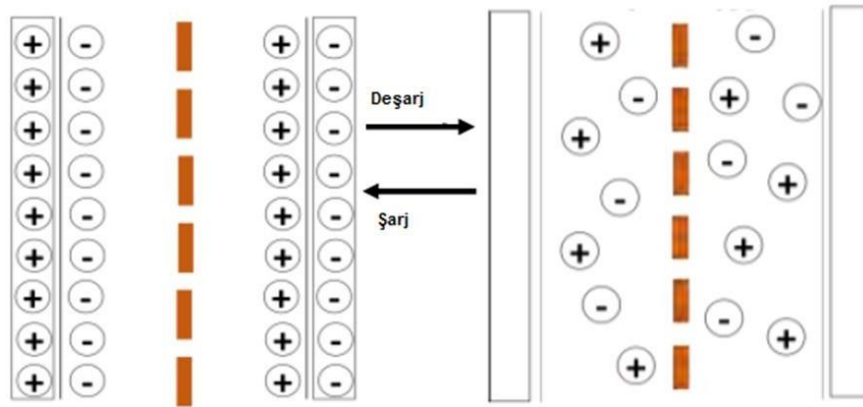
Tablo.1: Kullanılan Cihazlar ve Kimyasallar

Kullanılan Cihaz ve Kimyasallar	Kullanılan Malzeme Markası
Disk absorpsiyonlu florimetre	Synergy TM 4 Multi-Mode Microplate Reader
Ultrasonik osilatör	D9NX-DC200H
Penetran elektron mikroskobu	H-7100 (Hitachi)
Elektrokimyasal enstrüman	CHI 760E
Batarya ölçüm sistemi	LANDT Instrument CT2001
Isıtma karıştırıcı	PC-420 (Corning)
Elektronik analitik tartı	HR-200 (Adapter)
Karbon kağıdı	Pelikan
Çok Duvarlı Karbon nanotüp	Sigma
Dimethylformamide	Sigma
Amonyum sülfid	Sigma
Sodyum aljinat (orta viskozite)	Sigma

2.2. Süper Kapasitör Çalışma Prensibi

Süper kapasitörler ayrıca elektrokimyasal kapasitörler olarak da bilinir, günümüzde süper kapasitörler esas olarak iki türe ayrılır: Birinci tip, fiziksel depolama için elektrikli çift katmanlı kapasitörler, ikinci tip, elektrikli çift katmanlı kapasitans özelliklerine sahip yarı süper kapasitörlerdir. Elektrokimyasal reaksiyonla yük transfer etkisi, depolama kapasitesini artırır ve bu çalışmanın kapasitansı birinci kategoriye aittir.

Elektrikli çift katmanlı kondansatörün prensibi elektrot ve elektrolit ara birimi arasındaki kolomb elektrostatik kuvvetini kullanarak elektrik depolamak amacıyla yük ayırma fenomenini kullanmaktır. Elektrolit içindeki anyon ve katyon sırasıyla, kapasitörün pozitif ve negatif elektrot yüzeylerinde emilir ve elektrik miktarı elektrot malzemesinin yüzey alanıyla orantılıdır, bu nedenle ünite alanı, gözenek dağılımı ve elektrotun yüzey özellikleri, elektrikli çift katmanlı kapasitörün depolama kapasitesini etkiler. Günümüzün elektrikli çift katmanlı kondansatörleri çoğunlukla karbondan yapılmıştır, aktif karbon gibi yaygın olarak kullanılan bu alanda yüksek spesifik yüzey alanı, iyi elektriksel iletkenliği ve elektrokimyasal kararlılığı nedeniyle yüksek profilli bir malzemedir.



Şekil.2: Elektrikli Çift Katmanlı Kondansatörün Şarj ve Deşarj Prensibi Şematik Diyagramı

2.3. Deney Adımları

2.3.1. Sodyum Aljinat Tuzu Farklı Oranlarda Amonyum Sülfid ile Kalsine Edilir

Sodyum Aljinat şelatlama özellikleri ile birlikte genel olarak kahverengi alglerin hücre duvarlarından ekstrakte edilen Aljinik Asit'in sodyum tuzu formudur. Sodyum Aljinat soğuk su bölgelerinde yetişen kahverengi deniz yosunlarından elde edilen doğal bir anyonik Polisakkarit türüdür. Sodyum Aljinat soğuk ve sıcak su varlığında yüksek düzeyde aljinasyon etkisi ile çözünme kabiliyetine sahiptir. Sodyum Aljinat kalınlaşıp bağlanabilme özelliğine sahiptir. Sodyum Aljinat Kalsiyum varlığında ısı olmasa dahi bir jel oluşturabilir (Karagöz & Demirdöven, 2020).

Sodyum Aljinat Molekül Formülü: $C_6H_7O_6Na$ Sodyum Aljinat Molekül Ağırlığı: 216,121 g/mol Sodyum Aljinat Kimyasal Adı: D-Galactronic Acid Sodyum Aljinat CAS Numarası: 14984-39-5 Amonyum sülfid, sülfüröz asidin amonyum tuzudur ve $(NH_4)_2SO_3$ kimyasal formülüne sahiptir.

Tablo.2: Sodyum Aljinat ile Amonyum Sülfid Miktar ve Oranları

	A	B	C	D	E	F
Sodyum Aljinat (mg)	200					
Amonyum sülfid (mg)	50	100	200	300	400	500
Oran	4 : 1	4 : 2	4 : 4	4 : 6	4 : 8	4 : 10

2.3.1.1. Malzeme Kalsünasyonu

200 mg sodyum aljinat tozunu A, B, C, D, E, F etiketli cam şişelere koyun ve ardından A ~ F şişelerine 50 / 100 / 200 / 300 / 400 / 500 mg Amonyum sülfid ekleyin. Oda sıcaklığından $160\text{ }^\circ\text{C}$ dk 20 dk ısıtılır. $160\text{ }^\circ\text{C}$ sabit sıcaklıkta 4 saat boyunca kalır. $150\text{ }^\circ\text{C}$ / $170\text{ }^\circ\text{C}$ / $180\text{ }^\circ\text{C}$ için de aynı adımlar tekrarlanır ve böylelikle 24 adet örnek elde edilir.

2.3.1.2. Ölçülen Malzemenin Absorpsiyon Spektrumu ve Floresans Emisyon Spektrumu

Karbon kompozit malzeme dört farklı sıcaklıkta kalsine edildi ve kontrol grubuna deiyonize su eklendi. Suyu tamamen çözmek için ultrasonik olarak salındı ve spektrum ölçüldü.

2.3.2. CNT ile Karıştırılmış Azot İçeren Karbon Materyali

Sodyum aljinat ve amonyum sülfidin 150/160/170/180 ° C'de kalsine edilmesiyle elde edilen 24 numune şişesine 10 mg çok katmanlı karbon nanotüp ve 10 ml su ilave edildi. Aynı zamanda, başka bir numune şişesi alındı ve 10 mg çok katmanlı bir karbon nanotüp ve 10 ml su kontrol grubu olarak yerleştirildi. 25 numune şişesi, eşit şekilde karıştırılmaları için 20 dakika boyunca ultrasonik olarak çalkalandı ve her bir şişe çözeltisi, ayrı ayrı emme filtrasyonuna tabi tutuldu. Daha sonra filtre kağıdı ve çökelti, 24 saat boyunca 60° C'lik sabit bir sıcaklıkta bir fırına yerleştirildi.

2.3.3. Süper Kapasitör Elektrot Üretimi

25 farklı numune fitre kağıdının üzerinden bir spatula ile kazındı ve 25 farklı plastik şişeye eklendi. 25 numunenin her birinden 2 mg alındı ve 2 ml çözücü dimetilformamit (Dimethylformamide, DMF) ile karıştırıldı (1 mg / ml). 25 karbon kağıt 1 x 1 cm² aralığında, mikropipetler ile karıştırılan 25 DMF çözeltisinin her biri 100 µl dir. Elektrot daha sonra 60 ° C'lik bir sıcaklıkta fırında 24 saat boyunca bekletilmiştir.

2.3.4. Elektrokimyasal Algılama ve Hesaplama

2.3.4.1. Üç Elektrotlu Sistem Algılama

Üç elektrotlu sistemde, platin elektrot yardımcı elektrot olarak kullanılır, referans elektrot SCE (Hg / HgCl) elektrotudur ve çalışma elektrotu çinko levha veya karbon kağıttır. Kompozit malzemenin 100 µl'sini alıp elektrotta kurutduk ve elektrolit olarak 1 M sodyum sülfatla test ettik. Kullanılan alet CHI 405B electrochemical Workstation dur. Döngüsel voltammetri ile 0~-1.0 volt arasında sabit bir potansiyel aralıkta gerçekleştirildi ve sabit bir akım 0,001 amper sabit akım şarjı ve boşalma ölçümü yapıldı.

2.3.4.2. Kapasite Değeri Hesaplama

Kapasitans değerini hesaplamak için Galvanostatik sabit akım şarjı ve deşarj için $Q = CV$ kullanıldı.

Kapasitans hesaplama yöntemi aşağıdaki denklemlere dayanır ve sabit akım eğrisinden hesaplanır:

$$C = I \times \Delta t / \Delta V \dots\dots\dots(1)$$

1 denklemindeki I deşarj akımıdır (amper), Δt Boşalma süresi (saniye) ve ΔV Voltaj değişim miktarıdır (volt).

Özel kapasitans, aşağıdaki formüle göre hesaplanır:

$$C_s = 4 \times C / m \dots\dots\dots(2)$$

2 denklemindeki C, iki elektrotlu tepken maddenin m kütlesi (gram) ile bölünmüş, Farad'a (Farad, F) göre hesaplanan çift katmanlı kapasitif sistemin spesifik kapasitansıdır.

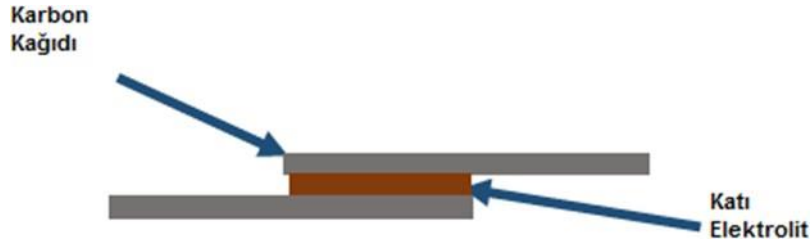
$\Delta t / \Delta V$ olduğu ve ardından sabit akım değeri ile çarpıldığı, kapasitans değeri elde edilebildiği ve daha sonra spesifik kapasitans değeri formüle göre elde edilebildiği görülmektedir.

2.3.5. Simetrik Kapasitörlerin Montajı

2.3.5.1. Simetrik Kapasitör Üretimi

Toz C (1: 1 oranında amonyum sülfid ile karıştırılmış, 160 ° C'de 4 saat kalsine edilmiş, karbon nanotüplerle karıştırılmış sodyum aljinat tuzu), çözücü DMF ile 1 mg / ml konsantrasyonda karıştırıldı ve sonra çözeltiden 500 µl 3 x 3 cm² aralığında karbon kağıdına uygulandı ve bir elektrot oluşturmak üzere bir fırına yerleştirildi.

İki elektrot lamine edildi ve şekil.3'te gösterildiği gibi katı bir elektrolitle (1 M sülfürik asit 50 µl + 19 mg polivinil alkol) bağlandı.



Şekil.3: Süperkapasitör (şematik)

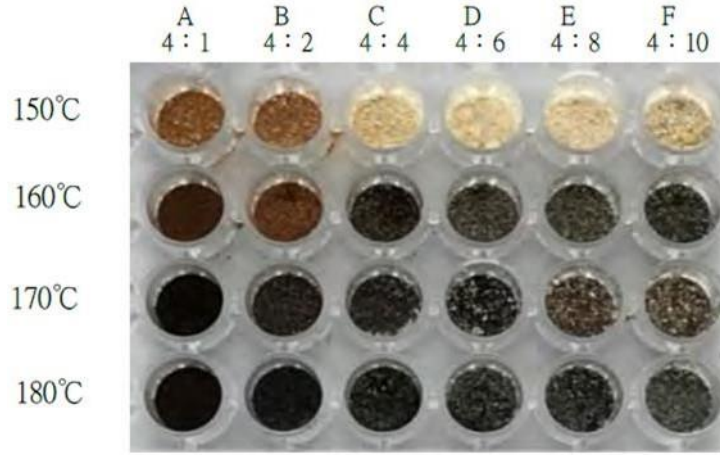
2.3.5.2. Kondansatör uygulaması

İki kondansatör seri olarak bakır bantla bağlanır (her kondansatör sadece 1 volt çalışma potansiyeline sahip olduğundan ve kırmızı LED'in voltajı yaklaşık 1,8 volt olduğundan). Kondansatör timsah klipsine bağlanır ve güç kaynağı (potansiyel fark 2 volt) 5 saniye boyunca şarj edilir. Ardından timsah klipsi güç kaynağından çekilir ve kırmızı LED'e bağlanır ve kırmızı LED ışık yayar.

3. BULGULAR

3.1. Sodyum Aljinat Tuzu Farklı Oranlarda Amonyum Sülfid ile Karıştırılır ve Kalsine Edilir

Kalsinasyon sonrası sodyum aljinat ve amonyum sülfid fotoğrafı

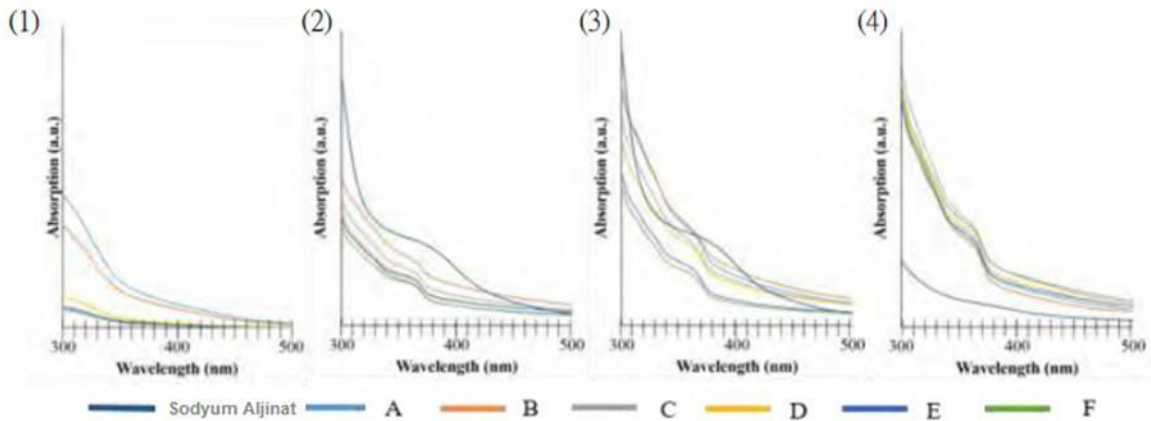


Şekil.4: Sodyum aljinat ve amonyum sülfid tozu farklı oranlarda ve farklı sıcaklıklarda kalsine edilmiştir

Şekil.4'ten kalsinasyon sıcaklığı ne kadar yüksek olursa renk o kadar koyu oluyor bu da karbonlaşma derecesinin o kadar yüksek olduğunu gösterir.

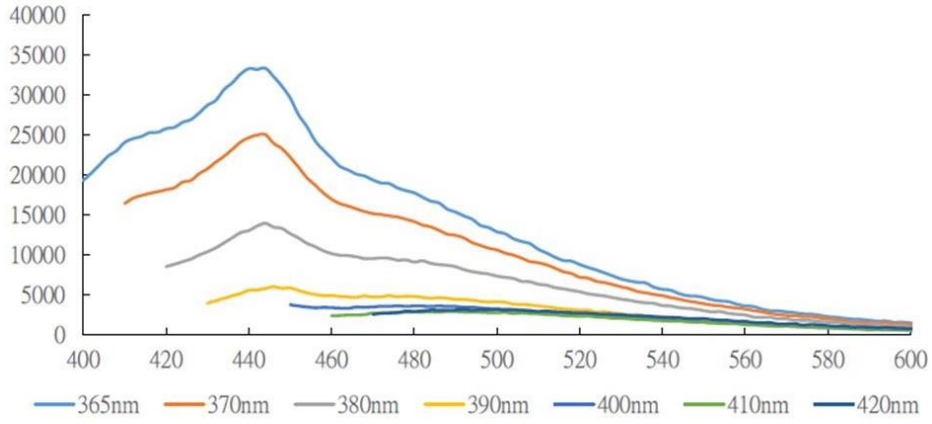
Azot oranı arttıkça karbon malzemenin oranı azalır. Azotun karbonlaşmayı engellediği ve rengin daha açık olmasına neden olduğu düşünülmektedir.

3.1.1. Absorpsiyon Spektrumu ve Floresans Spektrumu



Şekil.5: Soğurma spektrumu (1) 150 °C (2) 160 °C (3) 170 °C (4) 180 °C

Absorpsiyon diyagramından yaklaşık 360 nm'de bir absorpsiyon tepe noktası olduğu görülebilir. Kompozit yüzeyinin kalsinasyondan sonra, karbon nanotüplerin dağılmasına yardımcı olması beklenen fonksiyonel bir gruba sahip olduğu tahmin edilmektedir.



Şekil.6: Floresan spektrumları

Şekil.6 'dan, bir 440 nm floresans emisyon spektrumu elde etmek için bir 365 nm uyarma ışık kaynağı kullanılabilir. Uyarma dalga boyu uzadıkça, emisyon dalga boyu karbona uygun olan bir emisyon kaymasına da uğrar. Kuantum noktalarının özellikleri, kompozit malzemelerin kalsine edilmesinden sonra sentezlenmiş karbon kuantum noktalarının olduğu sonucuna varılabilir.

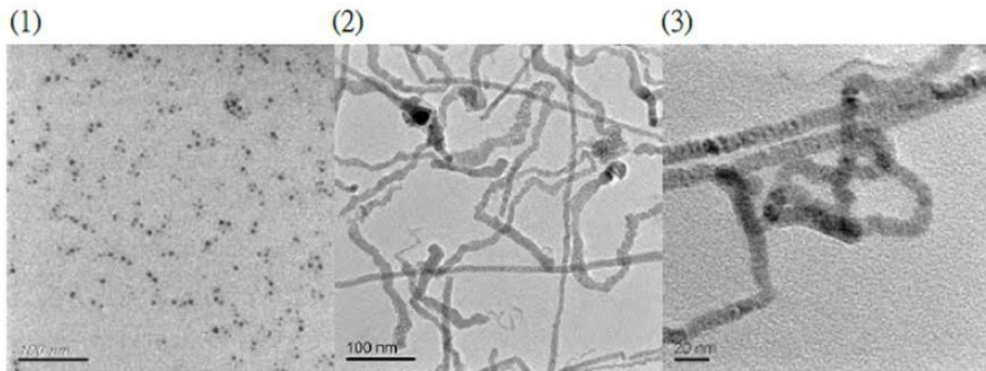
3.1.2. Çözültiden Lazer Işığı Geçirilmesi



Şekil.7: Lazer ışığı (100mW)

Şekil.7'de görüldüğü gibi Solüsyona 100 mW lazer ışığı tutulmuştur. Işığın dağıldığı ve ışık yolunun görüldüğü açıktır. Solüsyonda sentetik koloidal partiküller olduğu bilinmektedir. Boyutu yaklaşık 1 ~ 100 nm'dir.

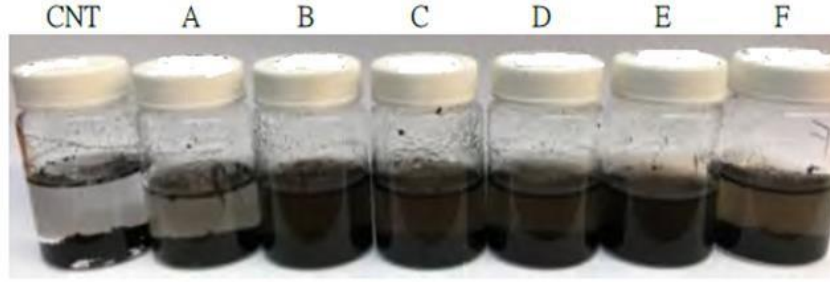
3.1.3. Modifiye Karbon Malzemesi



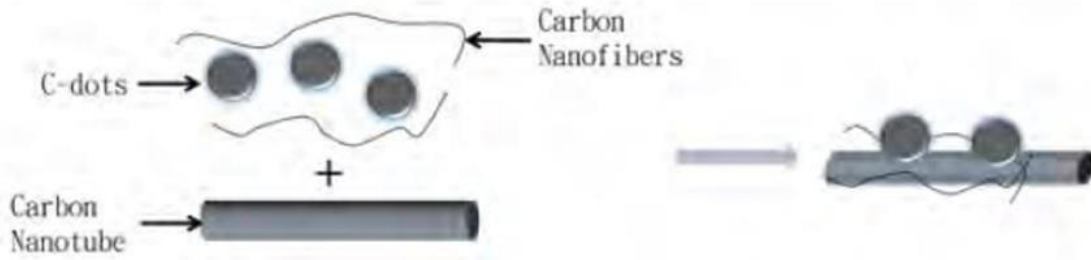
Şekil.8: Transmisyon elektron mikroskobu ile çekilmiş malzemelerin fotoğrafları. (1) Karbon kuantum noktaları (2) Karbon fiber (3) Karbon fiber

Transmisyon elektron mikroskobu (SEM) ile malzemenin bir fotoğrafı çekilmiştir (Şekil.8). Aynı malzemede farklı büyütme oranlarında, kalsinasyondan sonra yaklaşık 6.5 ± 0.678 nm çapında bir karbon kuantum noktasının ve karbon nano fiberlerin sentezlendiği görülmektedir. Genişlik yaklaşık 9.88 ± 0.676 nm'dir.

3.2. Çok Katmanlı Karbon Nanotüplerle Karıştırılmış Modifiye Karbon Materyali



Şekil.9: 160 °C kalsine toz ve çok katmanlı karbon nanotüp karışımı çözeltisi, soldan sağa A ~ F içinde çözülmüş saf çok katmanlı bir karbon nanotüp çözeltisidir.



Şekil.10: Modifiye edilmiş karbon materyali ve nano tüp karıştırma şematik diyagramı

Şekil.9'da çok katmanlı karbon nanotüplerinin kalsine edilmiş azot, karbon malzemesini içeren çözeltide dağılmasının kontrol grubundan daha yüksek olduğu görülebilir. Karbon nanotüpleri hidrofobiktir ve spesifik yüzey alanlarını azaltmak için sulu faz içinde dağılması zordur.

Yukarıdaki deneyde sentezlenen karbon kuantum noktalarının yüzeyi, oksijen içeren bir işlevsel gruba sahiptir, böylece karbon kuantum noktaları, çok katmanlı karbon nanotüplerle birleştirilebilir, böylece çok katmanlı karbon nanotüpler, sulu fazda daha kolay dağılır (Şekil 10). Yüzey alanı ve spesifik kapasitans değerleri de artabilir. Çok tabakalı karbon nanotüpler üzerindeki karbon nano fiberlerin dolaşması, süper kapasitör elektrodunun esnekliğini artırabilir.

3.3. Süper Kapasitör Elektrot Üretimi

Tablo.3: Farklı malzemelerin elektrot fotoğrafları

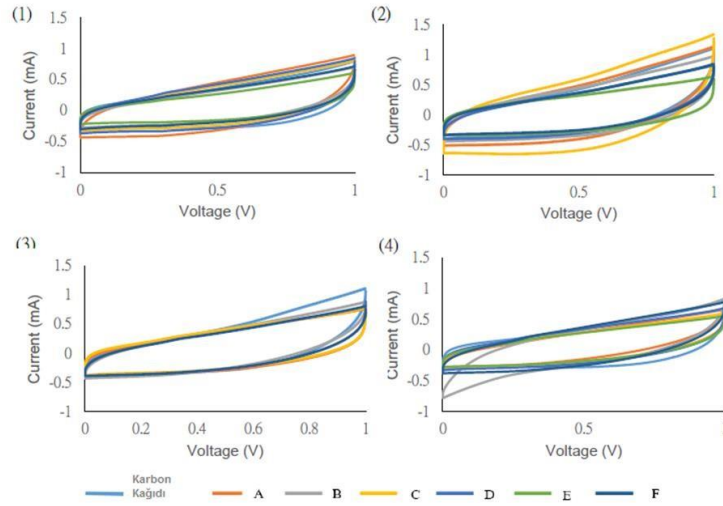
Sodyum aljinat : Amonyum sülfid	Kontrol Grubu	4 : 1 A	4 : 2 B	4 : 4 C	4 : 6 D	4 : 8 E	4 : 10 F
Kalsinasyon sıcaklığı							
160 °C (Karbon Elektrot)							
170 °C (Karbon Elektrot)							
180 °C (Karbon Elektrot)							

Tablo 3'teki karbon kağıdı elektrot malzemesi, bir mikropipet ile 1×1 cm² aralığındadır. Modifiye malzeme ile ilave edilen çözeltinin, karbon kağıdına dağılmasının, kontrol grubunun tek tip spesifik yüzey alanından daha yüksek olabileceği açıktır.

3.4. Elektrokimyasal Test

Döngüsel voltammetri, sabit akım şarj ve deşarj testi ile 24 farklı kompozit elektrot ve kontrol grubu üretildi.

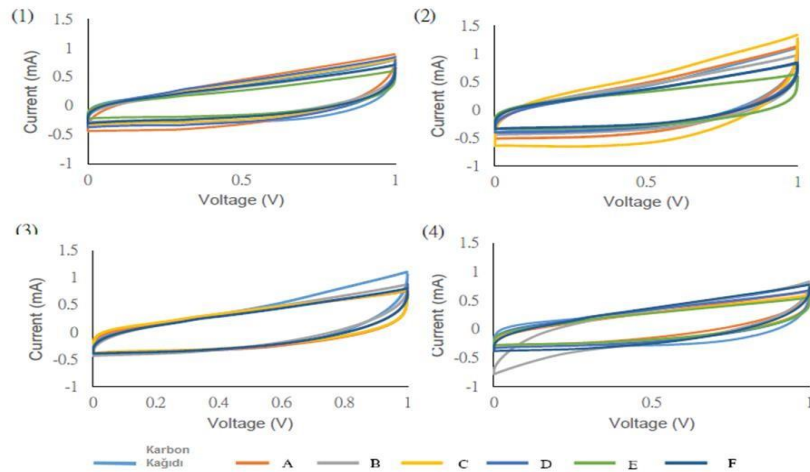
3.4.1. Farklı Koşullara Sahip Malzemelerin Döngüsel Voltametri



Şekil.11: Döngüsel voltammetrik grafik (1) 150 °C (2) 160 °C (3) 170 °C (4) 180 °C

Döngüsel voltammogramın şekli bir dikdörtgene yakın (redoks tepesi yok) olduğundan, yaptığımız malzemenin elektrikli bir çift katmanlı kapasitör ile karakterize olduğunu biliyoruz.

3.4.2. Sabit Akım Şarjı ve Deşarj Diyagramının Ölçümü ile Spesifik Kapasitans Değerinin Hesabı



Şekil.12: Sabit akım şarjı ve deşarj diyagramı (1) 150 °C (2) 160 °C (3) 170 °C (4) 180 °C

Dört görüntü sayesinde 24 malzemenin ve kontrol grubunun kapasitansını hesaplayabiliriz.

Tablo 4: Farklı sıcaklıklarda en yüksek kapasitans değerine sahip azot etkisi

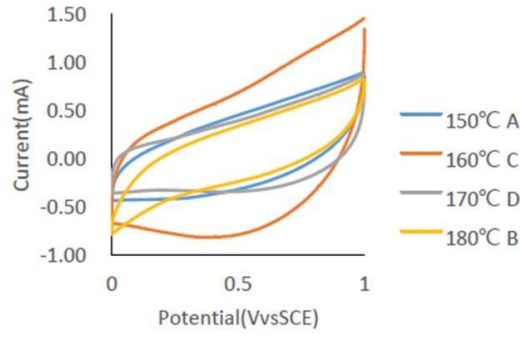
	Kontrol	A	B	C	D	E	F
150°C	64	70	42	62	64	36	50
160°C		114	74	162	56	56	70
170°C		68	54	56	76	46	46
180°C		30	50	30	42	28	48

3.4.3. Farklı Kalsinasyon Sıcaklıklarında Optimize Edilmiş Malzeme Oranlarının Karşılaştırılması

Tablo.4'te her sıcaklıkta en yüksek kapasitans değerine sahip azot etki oranı:

A için 150 ° C (yani sodyum aljinat ve amonyum sülfid 4: 1) kapasitans değeri 148F / g C için 160 ° C (yani sodyum aljinat ve amonyum sülfid 1: 1) kapasitans değeri 162 F / g D için 170 ° C (yani sodyum aljinat ve amonyum sülfid 3: 2) kapasitans değeri 152F / g

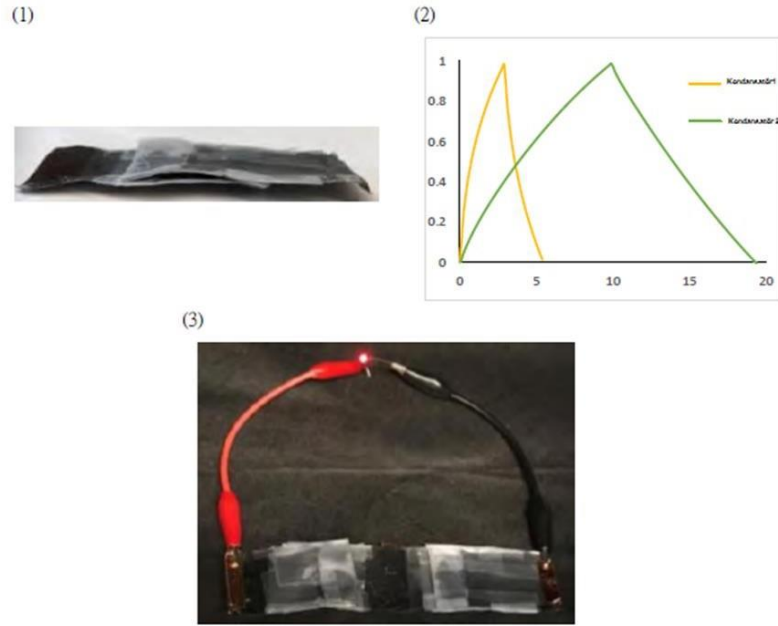
B için 180 ° C (yani sodyum aljinat ve amonyum sülfid 2: 1) kapasitans değeri 128F / g'dir.



Şekil.13: Farklı kalsinasyon sıcaklıklarında optimize edilmiş malzemelerin karşılaştırılması

Tablo.4 ve Şekil.1'den, sodyum aljinat ve amonyum sülfid optimum karışım oranının 1:1 (ağırlık oranı) olduğu ve 160 ° C'lik bir optimum kalsinasyon sıcaklığında hazırlanan elektrot modifikasyon materyali maksimum 162 F / g kapasitansa sahip olabildiği görülmektedir.

3.5. Simetrik Kapasitörlerin Gerçek Montajı



Şekil.14: Simetrik kapasitör (1), Sabit akım şarj ve deşarj diyagramı (2), 2V güç kaynağıyla şarj ettikten sonra LED bağlandı (3)

Farklı elektrolit kaplama yöntemleri, elektrot yapıştırma sıklığını etkileyecek, kapasite değerlerinde farklılıklara neden olacaktır. Şekil.14 (2)'den kapasitör 1'in kapasitans değerinin zayıf olduğu ve kapasitör 2'nin ortalama 148.4 F / g kapasitans değerine sahip olduğu hesaplanmaktadır. Şekil.14 (3) 'den görülebileceği gibi, LED kapasitör güç kaynağı tarafından yüklenen süper kapasitör ile aydınlatılabilir.

4. SONUÇ VE TARTIŞMA

Bu çalışmada, elektrot modifikasyon malzemesi olarak yüksek sıcaklıkta kalsine edilmiş sodyum aljinat tuzu ve amonyum sülfid karışımı toz kullanılmış ve çok katmanlı karbon nanotüpleri (CNT) ile karıştırılmış, karbon kağıdı direği plakalarına tutturulmuştur. Modifiye edilmiş malzemenin, karbon nano fiberleri ve karbon kuantum noktaları içerdiği varsayılmaktadır. Yüzey, CNT'lerin sulu fazdaki dağılımını artırabilen hidrofilik oksijen içeren bir işlevsel gruba sahiptir, karbon nano elyafları ise malzemenin mekanik mukavemetini arttırmaktadır. Çalışma, farklı değişkenler altında üretilen malzemelerin kalsinasyon sıcaklığını ve azot sentezi oranını ayarlayarak kapasitans performansı üzerindeki etkilerini araştırmıştır.

Projemizde, elektrot modifikasyon malzemeleri doğrudan kalsinasyon ile sentezlenmiştir.

Bu tek aşamalı sentez yöntemi hızlı, basit ve çevre dostudur, karmaşık adımlar gerektirmez.

Piyasada satılan birçok süper kapasitör elektrot modifikasyon materyali vardır, ancak bunlar maliyetlidir ve çevresel endişeleri vardır. Bu nedenle, bu çalışma ile doğrudan karbon kuantum noktalarına ve karbon nano

fiberlerine karbonize olan, sodyum aljinat ve amonyum sülfite tokunu kalsine ettik, spesifik yüzey alanı arttırıldığında spesifik kapasitans değeri de artacak ve elektrot malzemesinin teorik kapasitansına daha yakın olacaktır böylece çok tabakalı karbon nanotüplerin dağılması halinde sulu çözeltide eşit olmayan dağılma sorununu iyileştirmeyi umuyoruz.

Deneyde, azot malzemesinin karışım oranının ve kalsinasyon sıcaklığının ayarlanmasıyla çeşitli koşullar altında numune hazırlandı. Daha sonra, elektrot modifikasyon materyali ve çok katmanlı karbon nanotüpleri karıştırıldı ve gerçek bir elektrotta üretildi, döngüsel voltammogram ile sabit akım şarj ve deşarj diyagramından sonra, elektrot modifikasyon malzemesinin optimum sentez koşulları elde edildi. Sodyum aljinat tuzunun amonyum sülfite karıştırma oranı 1: 1 (ağırlık oranı) ve kalsinasyon sıcaklığı 160 ° C dir. Bu şekilde üretilen elektrotla modifiye edilmiş malzeme, 64 F / g kontrolünden (saf karbon nanotüp) önemli ölçüde daha yüksek olan çok katmanlı bir karbon nanotüp ile birleştirildiğinde maksimum 162 F / g kapasitansa sahiptir.

5. ÖNERİLER

Yüksek güç yoğunluğu, hızlı şarj ve deşarj, uzun kullanım ömrü ve yüksek stabilite avantajları nedeniyle, süper kapasitörler önümüzdeki birkaç yıl içinde uygulama ve enerji depolamanın tüm yönlerinde yer alacaktır.

Bu çalışma çevre kirliliğini azaltmak için çok az organik çözücü kullanmaktadır ve malzemenin kendisinin de yüksek biyouyumluluk ve elektrik plakanın esnekliği vardır. Bu nedenle bu süper kapasitörün günlük hayatta esnek elektronik ürünlere uygulanması beklenmektedir.

KAYNAKLAR

- Castillo, A. ve Gayme, D. F. (2014). Grid-scale energy storage applications in renewable energy integration: A survey. *Energy Conversion and Management*, 87, 885-894.
- Çetinkaya, H. B. (2012). Enerji yönetimi ve enerji verimliliği açısından akıllı şebekeler ve SCADA uygulamaları, 3. *Ulusal Enerji Verimliliği Forumu ve Fuarı*, 12-13.
- Erol, G. H. ve Gezer, K. (2006). Sınıf Öğretmenliği Öğretmen Adaylarına Çevreye ve Çevre Sorunlarına Yönelik Tutumları, *International Journal Of Environmental And Science Education*, 1 (1), 65 – 77.
- Gencer Ö. Ö. (2006). *Dalgacık Dönüşümü Tabanlı Dinamik Gerilim Düzenleyici Tasarımı*, (Doktora Tezi), Kocaeli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Karagöz, Ş. Ve Demirdöven, A. (2020). Sodyum Aljinat Kaplama Uygulamalarının Az İşlem Görmüş Elma Kalitesine Etkileri. *Turkish Journal of Agricultural Engineering Research*, 1(2), 296-310.
- Kocaman, B. (2013). Akıllı şebekeler ve mikro şebekelerde enerji depolama teknolojileri. *Bitlis Eren Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 2(1), 119-127.
- Kutucu, B. (2010). *Nanoteknoloji ve çift duvarlı karbon nanotüplerin incelenmesi* [Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi]. İstanbul Teknik Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Küçükyıldırım, B. O. & Eker, A. A. (2012). Karbon Nanotüpler, Sentezleme Yöntemleri Ve Kullanım Alanları, *Mühendis ve Makine*, 53(630), 33-44
- Özdemir, E. (2007). Dağılmış Enerji Üretim Sistemleri ve Yardımcı Hizmetler. 12. *Elektrik, Elektronik, Bilgisayar ve Biyomedikal Mühendisliği Ulusal Kongresi*, 14-18.
- Özdemir E., Özdemir, Ş., Uçar, M. ve Kesler, M. (2010). 3-Fazlı 4-Telli Sistemlerde Güç Kalitesi Düzeltimi için Birleşik Seri-Paralel Aktif Filtre Sisteminin Tasarımı, Denetimi ve Gerçekleştirilmesi, Tübitak Projesi Sonuç Raporu (Proje No: 108E083), Kocaeli.
- Soran, H., Morgil, F. İ., Yücel, S., Atav, E. & Işık, S. (2000). Biyoloji öğrencilerinin çevre konularına olan ilgilerinin araştırılması ve kimya öğrencileri ile karşılaştırılması. *Hacettepe Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 18(18).
- Türküm, A. S. (1998). *Çağdaş Toplumda Çevre Sorunları ve Çevre Bilinci*, Anadolu Üniversitesi Açık Öğretim Fakültesi Yayınları, No: 563.