



**SAKARYA**  
ÜNİVERSİTESİ

**MÜHENDİSLİK FAKÜLTESİ**

**ELEKTRİK ELEKTRONİK MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ**

**YÜKSEK GERİLİM TEKNİĞİ DERSİ**

**KONU:**  
**NEGATİF İYONİZER TASARIMI VE GERÇEKLEŞTİRİLMESİ**

**HAZIRLAYAN:**  
**ÖMER FARUK ORUÇ**

**TARİH: 20.12.2024**

## İÇİNDEKİLER

GİRİŞ .....	3
TASARIM, HESAPLAMA VE TEORİ .....	4
BENZETİM ÇALIŞMASI .....	6
MALZEMELER .....	9
İMALAT AŞAMASI .....	9
İŞ GÜVENLİĞİ .....	14
YAŞANILAN PROBLEMLER VE ÇÖZÜMLERİ .....	15
MALİYET VE SPONSORLUK .....	16
SONUÇ .....	17
TANITIM VIDEO BAĞLANTISI .....	18
KAYNAKÇA .....	18

## GİRİŞ

Negatif iyonizerler, temel olarak yüksek gerilim teknolojisine dayanan ve elektrik alanları kullanarak moleküllerin iyonlaşmasını sağlayan sistemlerdir. Bu sistemler, negatif iyon üretimini mümkün kılarak, moleküler düzeyde enerji transferini gerçekleştirir. Negatif iyonlar, genellikle pozitif yüklü iyonlarla denge sağlamak amacıyla kullanılır ve bu süreç, iyonlaştırıcı cihazların çalışma prensiplerinin temelini oluşturur.

Bir negatif iyonizerin çalışmasını mümkün kılan ana bileşen, yüksek gerilim üreten devrelerdir. Bu devrelerin tasarımı, elektrik akımı ve gerilim seviyelerinin doğru bir şekilde optimize edilmesini gerektirir. Genellikle kaskat yapıda tasarlanan bu devrelerde, gerilim çarpan etkisi yaratmak amacıyla diyotlar ve kondansatörler birlikte kullanılır. Örneğin, standart bir negatif iyonizer tasarımında 1N4007 tipi diyotlar hem uygun maliyetli hem de dayanıklı yapıları nedeniyle tercih edilir. Benzer şekilde kondansatörler, yüksek enerji depolama kapasitesiyle devrenin performansını artırır. Bu bileşenlerin dikkatle seçilmesi, tasarımın başarısı için kritik bir öneme sahiptir.

Yüksek gerilimle çalışan bir cihazda, izolasyon her zaman en önemli tasarım unsurlarından biridir. Elektriksel yalıtımı sağlamak için kullanılan malzemelerin delinme dayanımı, tasarımın güvenliğini ve verimliliğini belirler. Örneğin, yaklaşık 32 kV'lık bir dayanım sunan bir yalıtkan malzeme, devre elemanlarının güvenliğini sağlar. Yüksek gerilim seviyelerinin etkili bir şekilde izole edilmesi, yalnızca sistemin güvenliğini artırmakla kalmaz, aynı zamanda uzun vadeli çalışma stabilitesini de destekler. Bir diğer önemli tasarım unsuru ise akım sınırlamasıdır. Negatif iyonizer devrelerinde, akım genellikle dirençlerle sınırlandırılır. Örneğin, bir devrede 10 kV gerilim elde edilmesi planlanıyorsa, toplamda 30 M $\Omega$  değerinde direnç kullanılarak akım yaklaşık 0.4 mA ile sınırlandırılabilir. Bu yaklaşım, sistemin güvenliğini artırırken enerji verimliliğini de optimize eder.

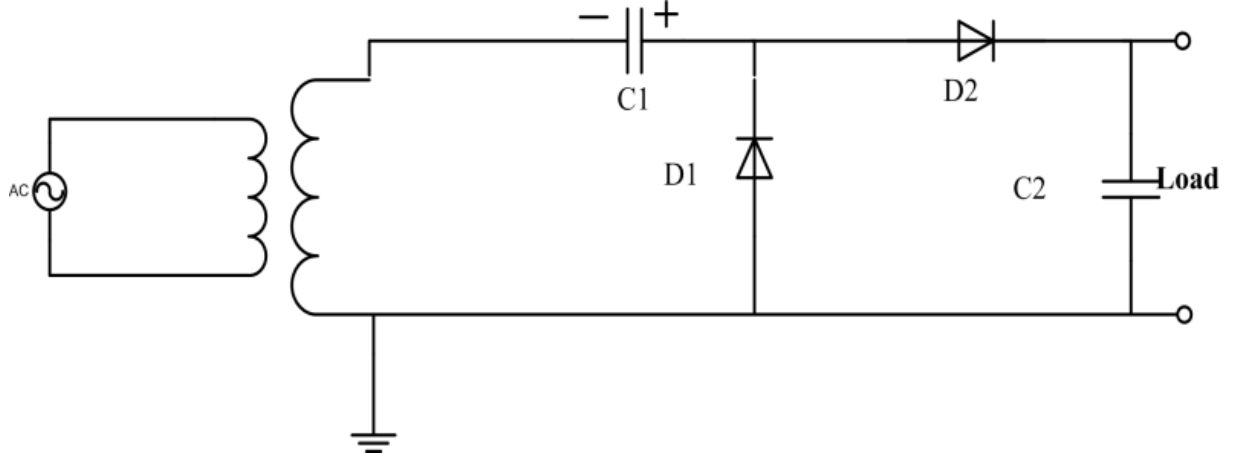
Negatif iyonizer tasarımı sırasında benzetim araçları kullanmak hem tasarım doğruluğunu artırır hem de olası problemleri önceden tespit etmeye olanak sağlar. Proteus gibi benzetim yazılımları, devre elemanlarının davranışlarını analiz etmek ve devrenin çalışmasını test etmek için kullanılır. Ayrıca, devre tamamlandıktan sonra gerçek bir prototip oluşturulurken, benzetim sonuçları fiziksel tasarımla karşılaştırılarak doğrulama yapılır.

Negatif iyonizerlerin genel tasarımı, mühendislikte birden çok disiplinin bir araya gelmesini gerektirir. Elektrik-elektronik bilgisi, malzeme bilimi ve devre teorisinin birleşimi, bu tür bir sistemin başarılı bir şekilde gerçekleştirilmesi için gereklidir. Ayrıca, tasarım sürecinde karşılaşılan problemler, yaratıcı çözümler üretilerek aşılabılır. Örneğin, bir tasarım sırasında kullanılan malzemelerin yetersiz olduğu durumlarda, alternatif yalıtkanlar veya daha dayanıklı devre elemanları seçilebilir.

Netice itibari olarak, negatif iyonizer tasarımı ve gerçekleştirilmesi, yalnızca teorik bilgi değil, aynı zamanda pratik deneyim gerektiren bir süreçtir. Doğru malzeme seçimi, dikkatli mühendislik analizleri ve etkili problem çözme becerileri, bu sistemlerin başarılı bir şekilde uygulanmasını sağlar. Negatif iyonizer tasarımında hem mühendislik prensiplerinin hem de yaratıcılığın bir arada kullanılması, sistemlerin daha verimli ve güvenilir bir şekilde çalışmasını mümkün kılar.

## TASARIM, HESAPLAMA VE TEORİ

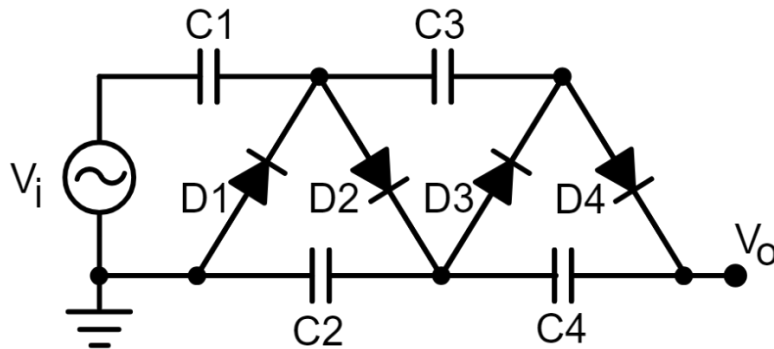
Negatif iyonizer devreleri, hava veya yüzey iyonizasyonu için gereken yüksek gerilimi elde etmek amacıyla bazı yöntemlere başvurarak bunları kullanır. En temelde kategorize etmek gerekirse bu devre tipleri, gerilimi yükselten yüksek doğru gerilim üreteçleri (devreleri), kategorisine dahil edilmektedir. En temelde ise Şekil-1 de gösterilen Greinacher Devresi ile ilişkilendirilebilir.



Şekil-1: Greinacher Devresi

Bu devre, gerilimin iki katına çıkarma özelliğine sahip bir devredir ve Villard devrelerinin geliştirilmiş bir versiyonudur. Çıkış gerilimindeki dalgalanmaları en aza indirmek amacıyla devreye D2 diyodu ve C2 kondansatörü eklenmiştir. Bu düzenleme sayesinde çıkıştan  $2U_m$  genlikte sabit bir doğru gerilim elde edilir. Devrede kullanılan D1, D2 diyotları ve C2 kondansatörü,  $2U_m$  değerindeki gerilime dayanabilecek şekilde seçilmelidir.

Negatif iyonizer devreleri, yüksek gerilim gerektiren uygulamalarda Şekil-2’de de gösterildiği üzere sıklıkla kullanılan, çok katlı Greinacher devrelerinin (Kaskad Greinacher devresi, Cockroft-Walton devresi) türetilmesiyle geliştirilmiştir. Bu devreler, alternatif akımı (AC) doğru akıma (DC) dönüştürerek, düşük giriş gerilimlerinden yüksek çıkış gerilimleri elde etmeye olanak tanır. Kaskad Greinacher devreleri, kompakt yapısı ve maliyet etkinliği nedeniyle mühendislik ve bilimsel uygulamalarda geniş bir kullanım alanı bulmuştur. Negatif iyonizer tasarımında bu devre yapıları, gerekli gerilim seviyelerine ulaşmak için temel bir yapı taşı olarak kullanılır.



Şekil-2: Kaskad Greinacher Devresi

Çok katlı Greinacher devreleri, yüksek gerilim üretiminde kullanılan seri bağlanmış diyotlar ve kondansatörlerden oluşur. Bu yapı, alternatif akımın pozitif ve negatif yarı periyotlarında enerjiyi kademeli olarak artırarak, istenen çıkış gerilimine ulaşılmasını sağlar. Teorik olarak, bir n-katlı Greinacher devresinin çıkış gerilimi şu şekilde ifade edilir:

$$V_{out} = n \cdot V_{peak} \quad (1)$$

Burada  $V_{out}$ , çıkış gerilimini;  $n$ , devredeki katman sayısını;  $V_{peak}$ , girişteki tepe gerilimini temsil eder. Ancak, pratik uygulamalarda diyotların ileri yön gerilim düşüşü ( $V_f$ ) ve devredeki dirençsel kayıplar nedeniyle çıkış gerilimi şu şekilde hesaplanabilir:

$$V_{out_{yeni}} = n \cdot (V_{peak} - V_f) \quad (2)$$

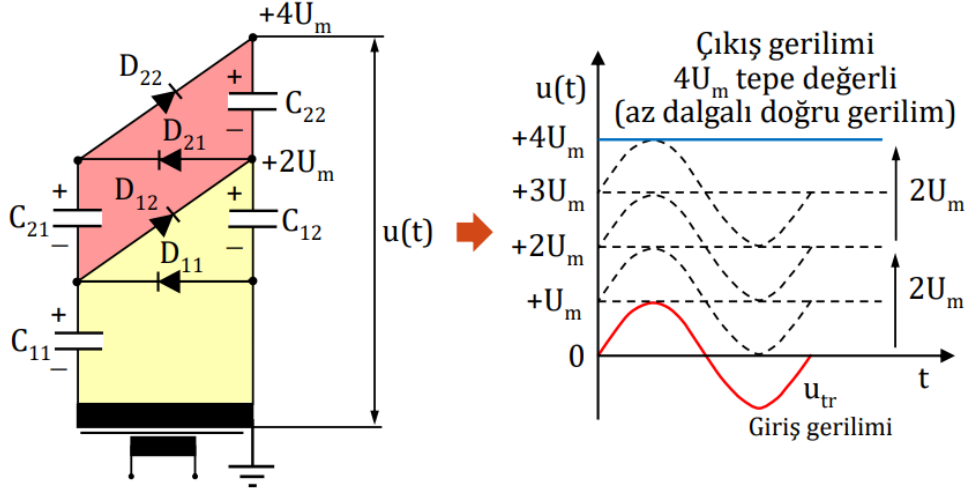
Negatif iyonizer devrelerinde, bu çıkış gerilimi iyonizasyon işlemi için kullanılır. Kondansatörler, enerjiyi depolayıp bir sonraki aşamaya aktarmak için görev yaparken; diyotlar akımın yalnızca tek yönde akmasına izin verir. Diyot olarak genellikle yüksek ters gerilim dayanımına sahip (örneğin, 1000V) 1N4007 tipi diyotlar kullanılır. Kondansatör seçiminde, kullanılan gerilime dayanıklı ve yeterli kapasiteye sahip olması gerekir. Örneğin, 630V dayanımında 150nF kapasiteli kondansatörler, bu tür devrelerde yaygın olarak tercih edilir.

Bir negatif iyonizer devresinde, toplam akımın güvenli seviyelerde tutulması için akım sınırlayıcı dirençler kullanılır. Bu dirençler, devredeki maksimum akımı aşağıdaki formülle sınırlar:

$$I_{max} = \frac{V_{out}}{R_{total}} \quad (3)$$

Örneğin, 10kV çıkış gerilimi için, 10MΩ değerindeki üç direnç seri bağlandığında  $R_{total}=30M\Omega$  olur ve akım yaklaşık olarak  $I=10\text{ kV}/30\text{ M}\Omega=0.33\text{ mA}$  seviyesinde sınırlandırılır.

Greinacher devresinin anlaşılmasına örnek olarak iki katlı kaskad Greinacher devresi (Cockroft-Walton devresi) ve giriş-çıkış dalga şekilleri Şekil-3 de gösterilmiştir. Bu doğrultuda ilgili devre modelinin kavranması daha kolay olacaktır.



Şekil-3: İki Katlı Kaskad Greinacher Devresi

Bu çalışmada, devre tasarımında toplam 35 kondansatör kullanılmış ve devrenin temel yapısını oluşturmak için 1N4007 tipi diyotlar tercih edilmiştir. Kondansatörlerin kapasitans değerleri, devrenin çıkış geriliminin 10 kV'un üzerinde olmasını sağlayacak şekilde 15 mF olarak belirlenmiştir. Ayrıca, bu kondansatörlerin yüksek gerilim altında güvenle çalışabilmesi için nominal voltaj değerleri 450 V olarak seçilmiştir. Bu değerler, bileşenlerin piyasada kolayca bulunabilir olması, maliyet etkinliği ve performans gereksinimleri göz önünde bulundurularak seçim yapılmıştır.

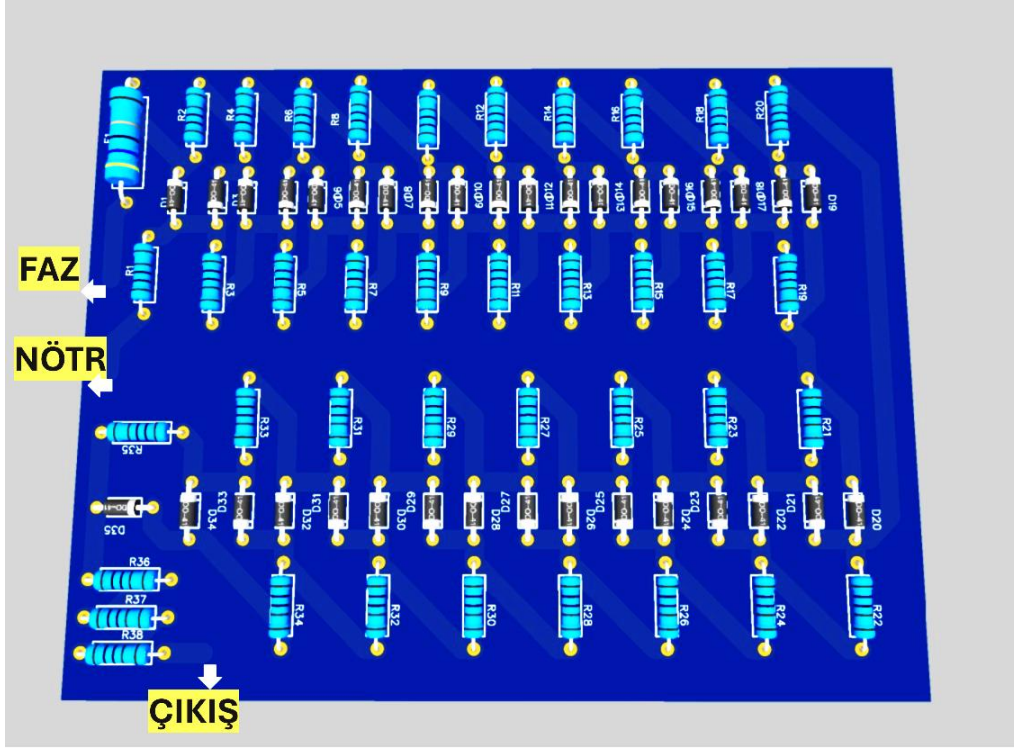
Devredeki akımı sınırlamak amacıyla, çıkış devresine seri bağlanmış üç adet 1 M $\Omega$  değerinde direnç kullanılmıştır. Bu dirençler, hem devredeki akımı güvenli bir seviyede tutmak hem de istenmeyen aşırı akımları önlemek için tasarıma dahil edilmiştir. Akım sınırlayıcı bu dirençler, devre stabilitesini artırırken bileşenlerin aşırı yüklenme riskini de minimize etmektedir.

Ek olarak, devrenin güvenliği öncelikli bir tasarım kriteri olarak ele alınmıştır. Bu kapsamda hem devre elemanlarının korunmasını hem de kullanıcı güvenliğini sağlamak amacıyla devreye bir sigorta eklenmiştir. Sigorta, olası kısa devre veya aşırı akım durumlarında devreyi koruma altına alarak, ciddi hasarları ve güvenlik risklerini önleyecek şekilde konumlandırılmıştır. Tüm bu düzenlemeler, devrenin uzun ömürlü ve güvenilir bir şekilde çalışmasını sağlarken, aynı zamanda iş güvenliği standartlarına uygun bir tasarım ortaya koymayı hedeflemiştir.

## BENZETİM ÇALIŞMASI

Bu çalışmada, negatif iyonizasyon devresinin tasarım ve analiz süreçleri Proteus benzetim yazılımı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Proteus, geniş bileşen kütüphanesi ve detaylı analiz olanakları sayesinde elektronik devrelerin benzetimi ve doğrulanmasında önemli bir araç olarak kullanılmaktadır. Bu çalışma kapsamında, devrede yer alan bileşenlerin gerilim, akım ve güç değerleri benzetim ortamında detaylı bir şekilde incelenmiş ve teorik hesaplamalarla uyumluluğu doğrulanmıştır. Negatif iyon üretimini hedefleyen devre tasarımı, benzetim aracılığıyla çeşitli yük koşulları altında test edilerek, istenen performans seviyesine ulaşması sağlanmıştır.

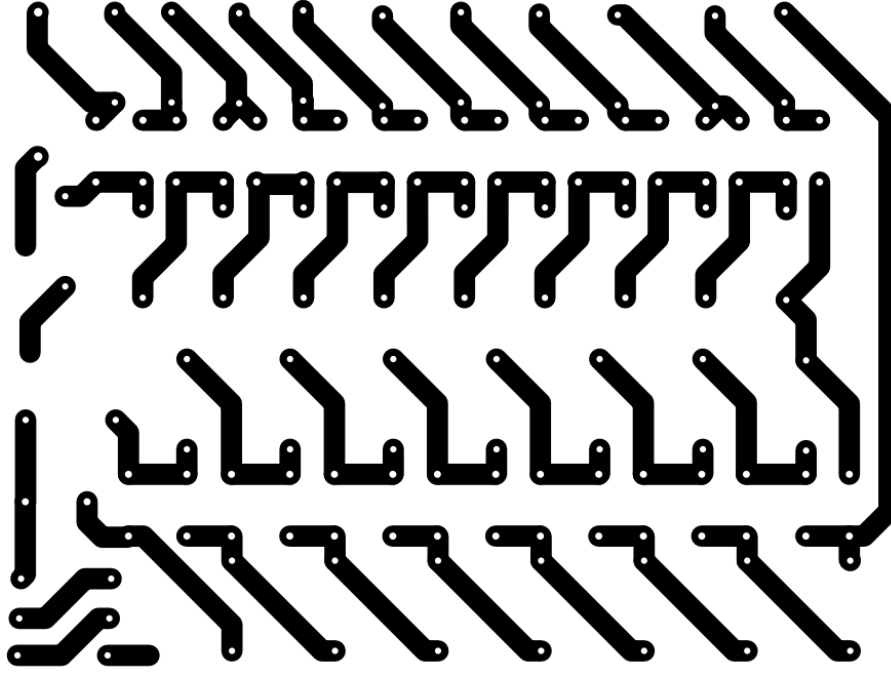
Negatif iyonizasyon devresinin benzetim sürecinin tamamlanmasının ardından, devrenin fiziksel olarak üretilmesi amacıyla Şekil-5'te görülen PCB tasarımı yapılmıştır. PCB tasarımı sırasında, benzetim programında uygun kapasitör modeli bulunmadığı için, kapasitörlerin ayak ölçüleriyle birebir uyumlu olan direnç sembolleri kullanılmıştır. Bu durum, tasarımın fiziksel üretimi veya devrenin çalışması üzerinde herhangi bir olumsuz etki oluşturmamış olup, tamamen benzetim programının bileşen kütüphanesi ile sınırlı kalınmasından kaynaklanmıştır. Tasarım sırasında tüm bileşen yerleşimleri ve bağlantılar, devrenin doğru şekilde çalışmasını sağlayacak şekilde planlanmıştır. Benzetim programında kapasitör yerine direnç sembollerinin kullanılması, tamamen görsel bir temsilden ibaret olup raporun teknik doğruluğu açısından herhangi bir sorun teşkil etmemektedir. Bu tercih, bileşenlerin fiziksel olarak doğru seçilmesini engellememiş ve tasarımın teknik gereksinimlere uygun şekilde ilerlemesini sağlamıştır. Dolayısıyla, yapılan bu uygulama, devrenin performansını veya tasarımın raporlamadaki geçerliliğini etkilememiştir. Tasarım süreci, teorik hesaplamalar ve benzetim sonuçları ile uyumlu bir şekilde ilerletilmiş ve nihai hedeflere başarıyla ulaşılmıştır.



Şekil-5: Proteus PCB Çalışması

Negatif iyonizasyon devresi için gerçekleştirilen tasarım sürecinin son aşamasında, Şekil-6'da gösterildiği gibi PCB üzerindeki yolların oluşturulması tamamlanmıştır. Bu aşamada, bileşenlerin bağlanması için gerekli olan tüm bağlantı yolları, tasarımın gereksinimlerine uygun şekilde düzenlenmiştir. Elektriksel iletkenliği sağlamak ve devrenin stabil çalışmasını desteklemek için yolların genişliği ve düzeni dikkatlice optimize edilmiştir. Ayrıca, tasarım sırasında elektromanyetik uyumluluk (EMC) ve elektromanyetik girişim (EMI) kriterleri göz önünde bulundurulmuş, bu sayede devrenin dış ortamlarda güvenilir bir şekilde çalışması sağlanmıştır. Manyetik uyumluluk için, yolların yerleşimi ve topraklama stratejileri, olası manyetik girişimlerin minimum seviyede tutulması amacıyla özel olarak tasarlanmıştır.





Şekil-6: Proteus PCB Basım Çalışması

Sonuç olarak, yapılan benzetim çalışması, negatif iyonizasyon devresinin teorik tasarımını doğrulamak ve performansını değerlendirmek için önemli bir adım olmuştur. Benzetim sürecinde devrenin tüm bileşenleri detaylı bir şekilde analiz edilmiş ve hedeflenen teknik gereksinimlere uygunluğu başarıyla sağlanmıştır. Ayrıca, elde edilen sonuçlar, tasarımın kararlı ve güvenilir bir şekilde çalışabileceğini ortaya koymuştur. Bu benzetim çalışması, devrenin fiziksel üretim sürecine geçmeden önce olası sorunların tespit edilmesine ve gerekli optimizasyonların yapılmasına olanak tanımış, tasarım sürecine hem hız hem de doğruluk kazandırmıştır.

## MALZEMELER

Negatif iyonizasyon devresinin tasarım ve üretim aşamalarında, devrenin stabil ve güvenilir bir şekilde çalışmasını sağlamak amacıyla özenle seçilmiş malzemeler kullanılmıştır. Bu malzemeler hem devrenin teorik gereksinimlerine hem de fiziksel üretim standartlarına uygun şekilde belirlenmiştir. Tasarım sürecinde, yüksek voltaj dayanımı, uzun ömürlülük ve düşük maliyet gibi kriterler göz önünde bulundurulmuş ve devrenin istenen performansı sağlayabilmesi için gerekli tüm unsurlar detaylı bir şekilde planlanmıştır. Aşağıda, devrede kullanılan başlıca malzemeler sıralanmıştır:

**Diyotlar (1N4007):** Yüksek voltaj dayanımı (1000V) ile devrede akımın tek yönde akmasını sağlamak ve devre elemanlarını korumak için kullanılmıştır.

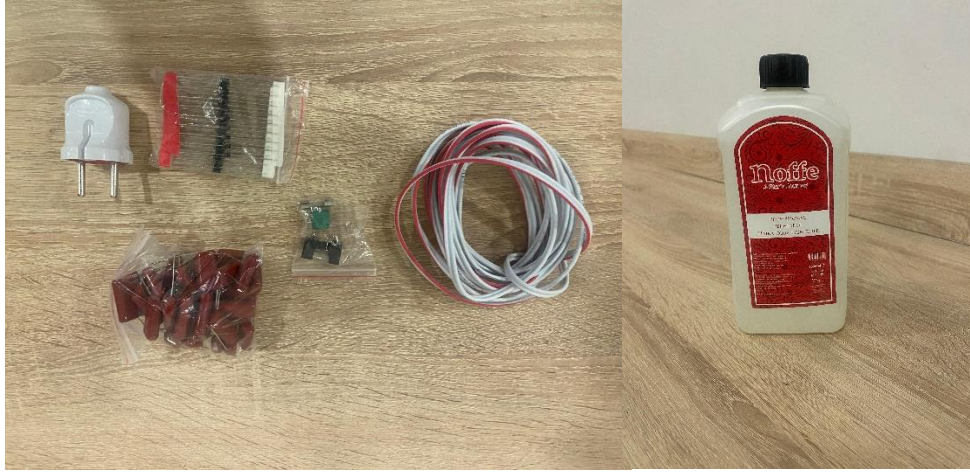
**Kondansatörler (15 mF, 450V):** Enerji depolama ve çıkış geriliminin stabilizasyonunu sağlamak amacıyla toplam 35 adet kullanılmıştır.

**Dirençler (1 M $\Omega$ ):** Akımı sınırlamak ve aşırı akım durumlarında devre bileşenlerini korumak için üç adet seri olarak bağlanmıştır.

**AC Güç Kaynağı:** Devrenin çalışması için gerekli giriş enerjisi, şebeke bağlantısı aracılığıyla sağlanmıştır ve enerji iletimi, 3 metre uzunluğundaki bir kablo kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

**Sigorta:** Aşırı akım durumunda devreyi korumak ve güvenli bir çalışma ortamı sağlamak için devreye dahil edilmiştir.

**PCB Malzemesi:** Devrenin düzenli bir şekilde yerleştirilmesi ve elektriksel bağlantıların sağlanması için uygun bir baskı devre kartı kullanılmıştır. Şekil-7 de ise devreye ilişkin malzemelerin bir kısmına yer verilmiştir.



Şekil-7: Malzemeler

Malzemeler satın alınıp toparlandıktan sonra yapım aşamasına geçiş yapılmıştır. Bu sayede ciddi bir aşama kaydedilerek zamandan tasarruf sağlanmıştır.

## İMALAT AŞAMASI

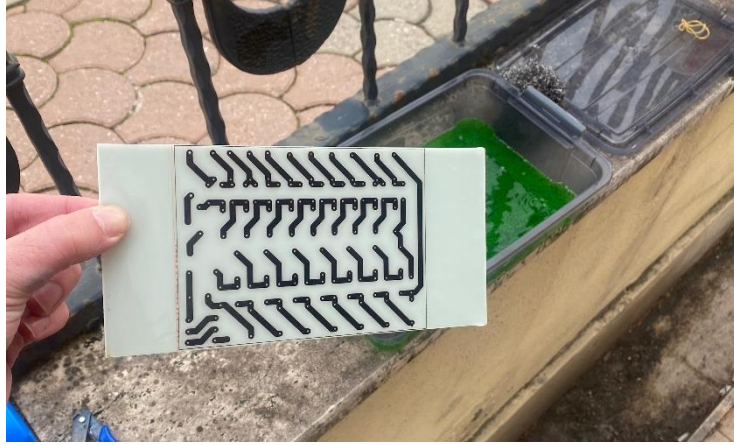
Negatif iyonizer devresinin tasarımı ve üretimi, sistematik bir imalat süreciyle gerçekleştirilmiştir. Bu süreçte, devrenin fiziksel yapısını oluşturmak için kullanılan yöntemler ve uygulamalar, teorik tasarımın somut hale gelmesini sağlamıştır. Plaket üzerinde devre yollarının oluşturulmasından komponentlerin yerleştirilmesine kadar tüm aşamalar hem teknik doğruluğu hem de güvenilirliği sağlamak amacıyla dikkatle planlanmış ve uygulanmıştır. İmalat aşamaları boyunca hem malzeme kullanımı hem de iş güvenliği kriterlerine azami özen gösterilmiştir. Projenin her bir adımı, hem teorik tasarımın fiziksel gerçeklik ile uyumlu olduğunu doğrulamak hem de devrenin sorunsuz çalışmasını garanti altına almak amacıyla gerçekleştirilmiştir.

**Plaketin Üzerine Devre Yollarının Aktarılması:** Devrenin tasarımına uygun yollar, plaket üzerine matbaa kullanılarak aktarılmıştır. Bu işlem, devre yollarının net bir şekilde plaket üzerine işlenmesini sağlamış ve bir sonraki kimyasal aşama için temel oluşturmuştur. Şekil-8’de uygulamaya ilişkin görsele yer verilmiştir.



Şekil-8: Mürekkepli Plaket

**Kimyasal İşlem (Bakır Çözme):** Hazırlanan plaket, perhidrol (%30) ve tuz ruhu (%70) karışımından oluşan kimyasal çözelti içerisine yerleştirilmiştir. Bu işlem sırasında, devre yolları dışında kalan tüm bakır çözülerek devrenin Şekil-9’da gösterildiği gibi yalıtımı sağlanmıştır. Kimyasal işlemin ardından, yalnızca devre yolları plakette kalmıştır.



Şekil-9: Mürekkepli Plaket

**Plaketin Temizlenmesi:** Kimyasal işlem sonrasında, plakette kalan mürekkep tabakası tel yardımıyla Şekil-10’da gösterildiği gibi kazınarak tamamen temizlenmiştir. Bu işlem, bakır yolların net bir şekilde görünmesini ve sonraki işlemler için plaketi hazır hale getirmiştir.





Şekil-10: Plaket Mürekkep Temizliği

**Plakete Delik Açma:** Plaket üzerindeki komponentlerin monte edilebilmesi için gerekli delikler açılmıştır. Bu işlem sırasında, komponentlerin yuvaları uygun ölçülerde hazırlanmış ve montaj işlemi için plaket hazır hale getirilmiştir. Detaylı görsel Şekil-11’de gösterilmiştir.



Şekil-11: Plaketin Delinmesi

**Lehimleme Ve Montaj:** Komponentler, uygun şekilde plaket üzerindeki yuvalarına yerleştirilmiş ve dikkatli bir şekilde Şekil-12’de gösterildiği gibi lehimlenmiştir. Lehimleme işlemleri hem devrenin sağlamlığı hem de güvenli çalışması için titizlikle yapılmıştır. Bu aşamanın ardından, devre tamamlanmış ve test için hazır hale getirilmiştir.



Şekil-12: Plaketin Hazır Hale Getirilmesi

Negatif iyonizer devresi, planlanan imalat aşamalarının her biri başarıyla tamamlanarak, fonksiyonel ve güvenilir bir sistem olarak tasarlanmıştır. Her bir aşama, teknik doğruluk, malzeme optimizasyonu ve iş güvenliği unsurlarını gözeterek gerçekleştirilmiştir. Bu süreç, hem projede elde edilen çıktının kalite standartlarını karşılamasını hem de uygulamalı mühendislik çalışmaları açısından değerli bir deneyim sunmasını sağlamıştır. Projenin sonunda ortaya çıkan negatif iyonizer devresi, yalnızca teknik gereksinimleri karşılamakla kalmayıp, aynı zamanda benzer projelere referans teşkil edebilecek bir tasarım ve üretim sürecini temsil etmektedir.

## İŞ GÜVENLİĞİ

Negatif iyonizer tasarımında, çıkış gerilimi 10 kV seviyesinde olduğundan, uygulama bağlamında büyük ve riskli bir gerilim olarak değerlendirilmektedir. Bu tür bir gerilim hem kullanıcı hem de devre elemanları açısından dikkatli bir şekilde yönetilmesi gereken potansiyel riskler taşımaktadır. Özellikle, yanlış bağlantılar, yalıtım eksiklikleri veya elektrik kaçağı gibi durumlar, devre güvenliğini ve çalışanların sağlığını tehlikeye atabilir.

Bu sebeple, proje kapsamında iş güvenliği büyük bir öncelik olarak ele alınmış ve gerilimle ilgili riskleri en aza indirmek için kapsamlı önlemler uygulanmıştır. Sigorta kullanımı, topraklama sistemleri, yalıtımlı kablolar ve kişisel koruyucu ekipmanlar gibi standart güvenlik tedbirleri titizlikle

uygulanmıştır. Ayrıca, devrenin test aşamasında uzaktan kontrol yöntemleri benimsenmiş ve çalışma alanında yüksek gerilim uyarı işaretleri kullanılmıştır.

Negatif iyonizer tasarımında kullanılan gerilim seviyesinin riskleri göz önünde bulundurularak, iş güvenliği sağlamak amacıyla bir dizi önlem alınmıştır. Bu önlemler hem çalışanların güvenliğini korumayı hem de devre elemanlarının hasar görmesini önlemeyi hedeflemiştir. Alınan başlıca tedbirler şunlardır:

**PCB Bakır Eritme Süreci:** PCB üzerindeki yolların oluşturulması için yapılan bakır eritme işlemi, kimyasal buharların ve ısı riskinin etkisini en aza indirmek amacıyla açık havada gerçekleştirilmiştir. İşlem sırasında herhangi bir fiziksel temasın önlenmesine özen gösterilmiş ve çalışanlar koruyucu ekipmanlarla desteklenmiştir.

**Lehimleme İşlemleri:** Lehimleme sırasında oluşabilecek yanık ve toksik duman risklerini en aza indirmek için işlemler bir takım arkadaşı gözetiminde yapılmıştır. Bu sayede, olası bir hata durumunda hızlı müdahale sağlanmış ve güvenli çalışma ortamı desteklenmiştir.

**Sigorta (Fuse) Kullanımı:** Lehimleme işlemlerinin ardından, devrenin güvenliğini artırmak ve aşırı akım durumlarında oluşabilecek tehlikeleri önlemek amacıyla devreye bir fuse sigorta eklenmiştir. Bu sigorta, aşırı akım durumunda devrenin zarar görmesini engelleyerek hem çalışanların hem de bileşenlerin güvenliğini sağlamaktadır.

**Uzaktan Güç Verme:** Devrenin çalıştırılması sırasında olası patlama ve kısa devre riskine karşı 3 metrelik yalıtımlı kablolar kullanılmıştır. Güç bağlantısı, devreden güvenli bir mesafede bulunarak yapılmış ve çalışanların korunması için fiziksel bir siper oluşturulmuştur. Bu yaklaşım, enerji verme aşamasında meydana gelebilecek tehlikelerin etkisini en aza indirmiştir.

Bu tedbirler, tasarım süreci boyunca oluşabilecek tüm riskleri minimize etmek amacıyla alınmış ve proje güvenli bir şekilde tamamlanmıştır.

## YAŞANILAN PROBLEMLER VE ÇÖZÜMLERİ

Bu projede, negatif iyonizer tasarım sürecinde çeşitli teknik ve lojistik sorunlarla karşılaşmış, ancak bu problemler etkili çözümler üretilerek aşılmıştır. Projenin başarıyla tamamlanmasını sağlamak için ekip hem pratik hem de mühendislik üretkenliğini kullanacak yaklaşımlar geliştirmiştir. Yaşanılan başlıca problemler ve bunlara yönelik çözümler aşağıda açıklanmıştır:

**Devre Çizimi ve Uygun Kapasitör Sorunu:** Devre çizimi yapılırken kullanılacak kapasitörün hazır çizimi Proteus benzetim programında mevcut olmadığından, yerine uygun boyutlarda direnç sembolleri kullanılmıştır. Ancak, gerçek hayatta komponentlerin bacak arası mesafesi kısa geldiği için, devrede komponentlerin bacakları katlanarak yerleştirilmiştir. Bu durum, devrede görsel olarak sıkışık bir yapı oluştursa da manyetik uyumluluk açısından herhangi bir sorun oluşturmamıştır. Çözüm, devre tasarımının fonksiyonel olarak doğru bir şekilde çalışmasını sağlamış ve estetik kaygıların teknik gereksinimlerin önüne geçmemesi hedeflenmiştir.

**Matkap Temin Edilememesi:** Plaket basımı tamamlandıktan sonra, komponentlerin yerleştirilebilmesi için plakete delik açılması gerekiyordu. Ancak, bölüm laboratuvarının kapalı olması nedeniyle gerekli matkap temin edilememiştir. Bu sorunu çözmek için, okul bünyesindeki Teknofest takımlarına hızlıca ulaşılarak yardım talep edilmiştir. Talebe SET ekibi yanıt vermiş ve gerekli matkap malzemesi sağlanmıştır. Bu iş birliği ile SET ekibine manevi destek sağlanmıştır.

**Uygun Çalışma Alanı Eksikliği:** Plaket oluşturulması ve montaj işlemleri için uygun bir çalışma alanı bulunmamaktaydı. Bu sorunu aşmak için okul kantini, kütüphanesi ve SET ekibinin çalışma alanları gibi çeşitli mekanlardan yararlanılmıştır. Bu geçici çözüm, projenin zamanında tamamlanmasını sağlamış ve mevcut imkanların etkili bir şekilde kullanılmasının önemini göstermiştir.

**İş Kazası:** Proje sırasında tüm önlemler alınmasına rağmen, plaket asit çözeltisi ile temizlenirken kazara Şekil-14'te görüldüğü gibi ele sıvının bulaşması sonucu elde beyazlıklar oluşmuştur. Bu durum, kimyasal temizleme işlemi sırasında meydana gelmiştir. Problem fark edildiğinde, el hemen karşıt kimyasal ile temizlenmiş, bol su ile yıkanmış ve ardından dokuyu besleyecek nemlendirici yağlar kullanılarak tedavi edilmiştir. Bu olay, iş güvenliği önlemlerinin ne kadar önemli olduğunu bir kez daha ortaya koymuştur.



Şekil-14: İş Kazası

Sonuç olarak, projede karşılaşılan sorunlar, ekip tarafından hızlı ve etkili müdahalelerle çözülmüş, bu süreçte iş birliği, yaratıcılık ve kaynakların etkin kullanımı projenin başarıyla tamamlanmasına katkı sağlamıştır. Bu deneyim, teknik problemlerin çözümü ve proje yönetiminde esnekliğin önemini bir kez daha ortaya koymuştur.

## MALİYET VE SPONSORLUK

Negatif iyonizer projesinin gerçekleştirilmesi sırasında, kullanılan malzemelerin temini ve üretim süreçleri belirli bir maliyet gerektirmiştir. Projenin düşük maliyetli ve erişilebilir bir tasarım oluşturmayı hedeflemesi nedeniyle, tüm bileşenler hem performans hem de ekonomik kriterler dikkate alınarak

seçilmiştir. Bununla birlikte, projede kullanılan malzemelerin büyük bir kısmı yerel tedarikçilerden temin edilmiş ve bu sayede lojistik maliyetler en aza indirilmiştir.

Proje bütçesi genel olarak aşağıdaki Tablo-1’de gösterilen maliyet kalemlerinden oluşmuştur:

Tablo-1: Maaliyet Tablosu

ÜRÜN	BİRİM FİYAT	ADET	TOPLAM
Kondansatör	8 ₺	40	320 ₺
Bakır Plaket	30 ₺	1	30 ₺
Diyot	2 ₺	40	80 ₺
Direnç	1 ₺	3	3 ₺
Kablo Tesisatı	20 ₺	1	20 ₺
Çözücü Kimyasal	200 ₺	1	200 ₺
Etiketleme	150 ₺	-	150 ₺
Sponsorluk İndirimi	-53 ₺	-	-53 ₺
<b>TOPLAM MALİYET</b>			<b>750 ₺</b>

Maaliyet hesabında görüldüğü gibi hesaplı alışveriş yapılmaya çalışılmıştır. Sakarya ilimizde bulunan Şekil-14’te gösterilen elektronik komponent satıcısı FARMA ELEKTRONİK firmasının bölüm içerisinde paylaşılması karşılığı indirim kazanılıp kar elde edilmiştir.



Şekil-15: Sponsor

Maaliyet hesabına dahil olmayan lehim teli, havya, tel vb. gibi malzemeler önceden takım üyelerinde bulunmakta olup ek harcamalardan kaçınılmıştır. Yapım sırasında, başka kişilerin malzemeleri de kullanılmış olup malzemeler üzerinde verilen hasarlar ise bireysel olarak karşılanacaktır.



## SONUÇ

Bu çalışma, negatif iyonizer devrelerinin tasarım ve üretim süreçlerini ayrıntılı bir şekilde ele alarak, mühendislik disiplinlerinde uygulamalı çalışmalara yönelik önemli bir katkı sunmuştur. Çıkış voltajının 10 kV seviyesinde olduğu bu sistem, devrenin teorik tasarım ilkeleri Proteus benzetim yazılımında doğrulanmış ve ardından fiziksel üretim aşamasına geçilmiştir. Tasarım süreci boyunca ısıtım işlemi, kondansatör ve direnç gibi temel devre elemanlarının seçimi, sistemin stabilitesi ve güvenilirliği göz önünde bulundurularak yapılmıştır. Ayrıca iş güvenliği prosedürleri ve olası sorunlara karşı çözümler, kalıcı sorunsuz bir şekilde ilerlemesini sağlamıştır.

Elde edilen sonuçlar, negatif iyonizer devrelerinin düşük program politikalarıyla yüksek performans sergileyebileceğini göstermektedir. Kaskad Greinacher yapısına dayalı devre mimarisi, enerji verimliliği ve kompakt tasarım açısından avantaj sağlamış; benzetim ve fiziksel üretim arasındaki uyum, teorik tasarımların sahada uygulanabilirliğini bir kez daha doğrulamıştır. Proje kapsamında uygulanan kopyalama, yalnızca bu tasarım için değil, benzer mühendislik projelerinde de yol gösterici olabilir.

Bu çalışmanın bir diğer önemli sonucu, imalat aşamasında talimatlar problemlere yönelik detaylar pratik çözümlerin, mühendislik projelerinde planlama ve esneklik gerekliliğinin vurgulanmasıdır. Özellikle, malzeme ve ekipman eksikliği gibi fazla miktarda alternatif ömrün kullanılması, korunmayı destekleyen önemli bir faktör olmuştur. Bu bağlamda, eski elde edilen deneyimler, projelerde daha verimli genişlemelerin tasarlanmasına olanak sağlayan olanaklar.

## TANITIM VİDEO BAĞLANTISI

[https://drive.google.com/file/d/1K-cl\\_VS5-EqfotYr1sB9nSRchkf8G6Yv/view?usp=sharing](https://drive.google.com/file/d/1K-cl_VS5-EqfotYr1sB9nSRchkf8G6Yv/view?usp=sharing)

## KAYNAKÇA

- [1] Ö. Kalenderli, "Yüksek Doğru Gerilimlerin Üretilmesi," Yüksek Gerilim Laboratuvarı, İstanbul Teknik Üniversitesi, 2022.
- [2] N. Pervez, A. Rashid, and A. H. Alam, "Analysis of HV Plasma Corona Reactor Treatment System for Industrial Waste Water," 2016 International Conference on Frontiers of Information Technology (FIT), Abbottabad, Pakistan: COMSATS Institute of Information Technology, 2016.
- [3] A. Galoic, B. Ivsic, and D. Bonefacic, "Rectifier for Energy Harvesting Application," Faculty of Electrical Engineering and Computing, University of Zagreb, Unska 3, Croatia.
- [4] S. Mohapatro, N. K. Sharma, and A. Madhukar, "Abatement of NO<sub>x</sub> using Compact High Voltage Pulse Power Supply: Towards Retrofitting to Automobile Vehicle," School of Electrical Sciences, Indian Institute of Technology Bhubaneswar, India.
- [5] D. H. Al-mamoori, O. M. Neda, Z. H. Al-Tameemi, and M. H. Aljanabi, "Generating High Voltage DC with Cockcroft-Walton Voltage Multiplier for Testing Locally Assemble Electric Field Sensor," IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, vol. 518, no. 4, June 2019. DOI: 10.1088/1757-899X/518/4/042019.