

LLC Dönüştürücü Tabanlı Şebekeye Bağlı Bir Fotovoltaik Mikroeviricinin Tasarımı ve Benzetimi

Atiye Melis YÜZER

Mutlu BOZTEPE



İÇERİK

01.

Giriş

02.

**Güneş Enerjisi
Sistemleri**

03.

Evirici Çeşitleri

04.

**Kullanılan Topoloji ve
LLC Dönüştürücü**

05.

Tasarım

06.

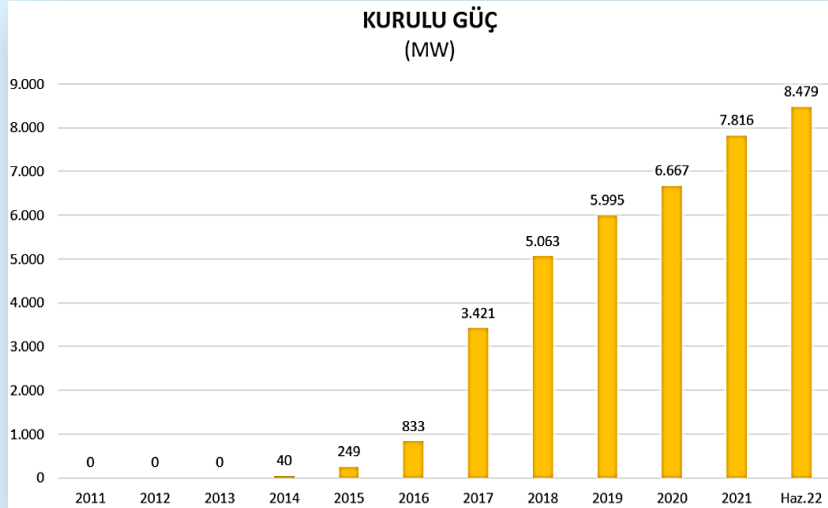
**Benzetim
Çalışmaları**

07.

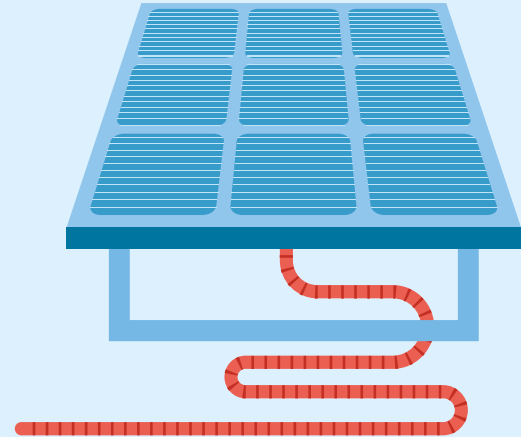
Sonuçlar

1. Giriş

Yenilenebilir Enerji Ajansı'na göre, 2050 yılında yenilenebilir kaynaklarından üretilen elektriğin toplam elektrik üretimindeki payının %86'ya yükselmesi beklenmektedir.



Şekil 1: T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığına Yayınlanan Türkiye'deki Kurulu Güç [1]



2. Güneş Enerjisi Sistemleri



1) Çatı Tipi Uygulama



3. Santral Tipi Uygulama



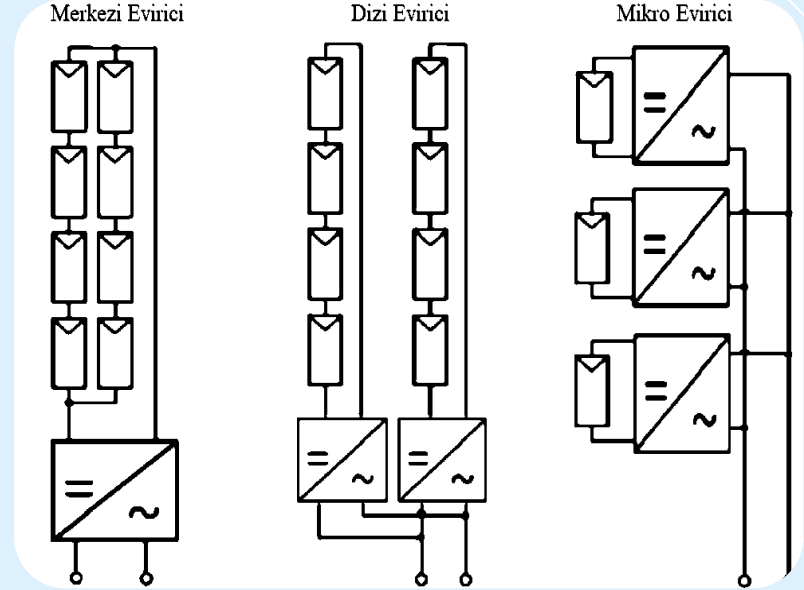
2. Binalara Entegre Fotovoltaik (BIPV) Uygulama

3. Evirici Çeşitleri

Merkezi evirici kısmi gölgelemede performans düşüktür.

Dizi evirici kısmi gölgelemede fazlasıyla kayıplar meydana gelmektedir.

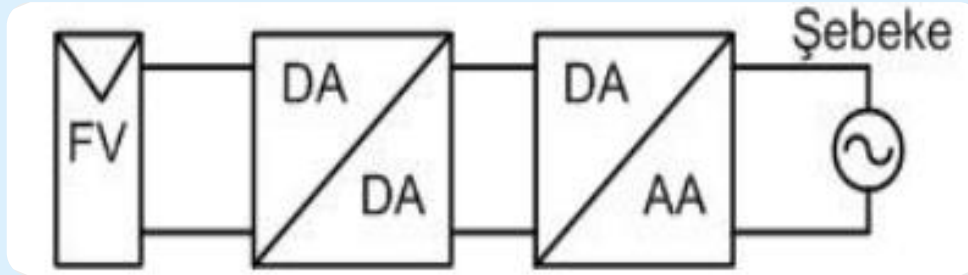
Mikro evirici kısmi gölgelemenin çok olduğu sistemlerde en avantajlısıdır.



Şekil 2: Merkezi Evirici, Dizi Evirici ve Mikro Evirici Topolojileri

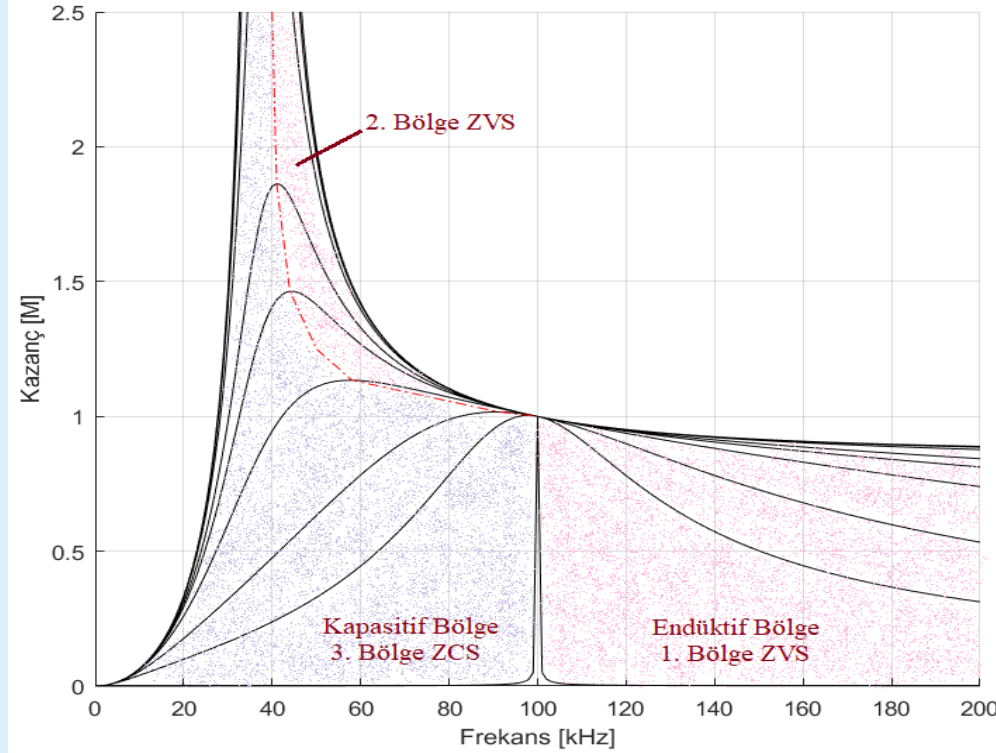
4. Kullanılan Topoloji

- 2 aşamalı bir evirici topolojisi kullanılmıştır. İlk aşamada bir DA-DA dönüştürücü ile PV panelin gerilimi 400V da gerilime yükseltilmektedir. Bu aşamada LLC dönüştürücü kullanılmıştır ve aynı zamanda maksimum güç noktası izleme görevini de yerine getirmektedir.
- 2. aşama ise 400V'luk da gerilimini şebeke gerilimine dönüştürmektedir. Bu aşamada tam köprü DA-AA dönüştürücü kullanılmıştır ve DA bara gerilimi sabit tutularak PV gücünün şebeke aktarılmasını sağlanmaktadır.



Şekil 3: DA-DA ve DA-AA Dönüştürücü Blok Şeması

4. LLC Dönüştürücü



Şekil 4: Farklı Yükler için LLC Dönüştürücü Kazanç Grafiği

1. Ve 2. Bölge

Yumuşak anahtarlama

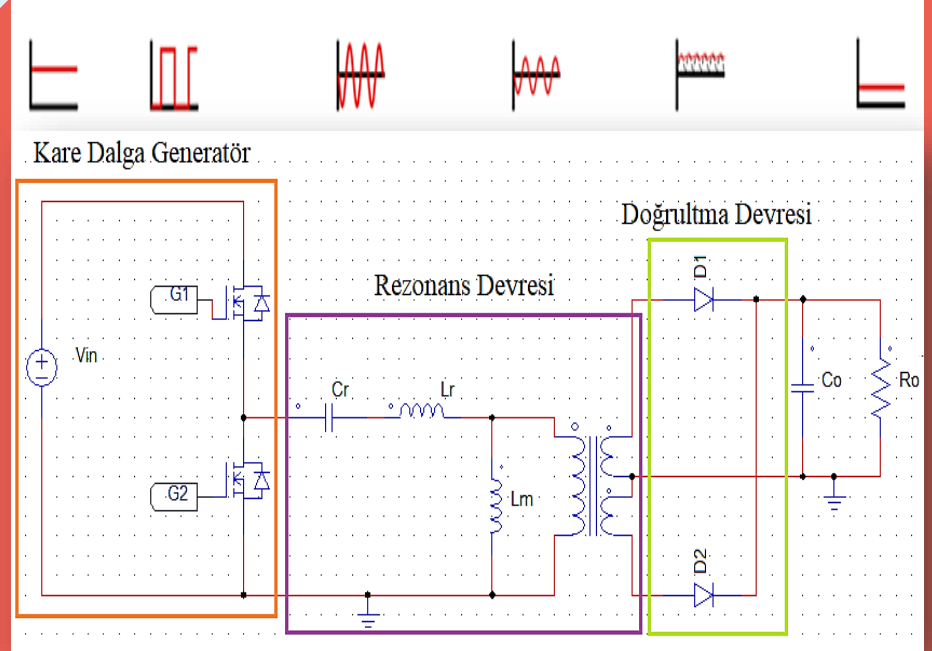
3. Bölge

Sert anahtarlama

Rezonans frekansından daha yüksek bir frekansta çalışıldığında yumuşak anahtarlama gerçekleşir; bu, durumda anahtarlama anında voltajın sıfıra yakın olması nedeni ile anahtarlama kayıpları azalır.

4.1. LLC Dönüştürücü Topolojisi

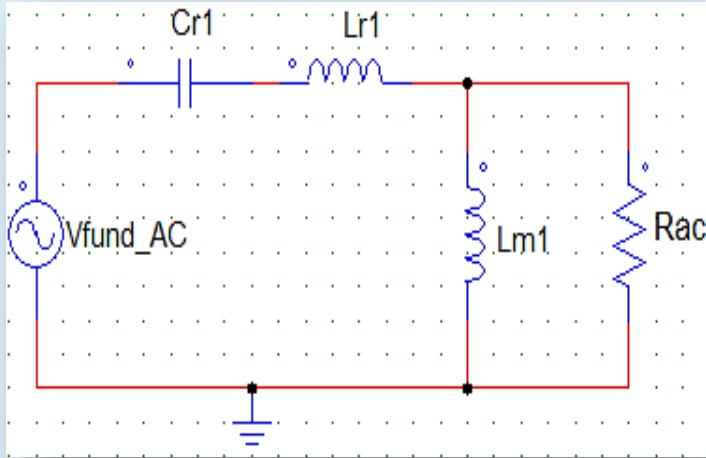
Rezonans devresi, rezonans endüktansı (L_r) ile rezonans kondansatörü (C_r) seri ve mıknatıslanma endüktansı (L_m) paralel bağlanması ile LLC yapısını oluşturmaktadır.



Şekil 5: Yarım Köprü LLC Dönüştürücü

5. Tasarım

5.1. LLC Tasarım



Şekil 6: LLC Rezonans Tank Devresi

Tasarımda rezonans devresinin temel harmonik eşdeğer devresi kullanılır. Eşdeğer yük direnci:

$$R_{ac} = \frac{8n^2 V_o^2}{\pi^2 P_o} = \frac{8n^2}{\pi^2} R_o \quad (1)$$

Rezonans devresindeki endüktans, kondansatör ve mıknatıslanma endüktansı için [2]:

$$L_r = \frac{1}{(2\pi f_o)^2 C_r} R_o \quad (2)$$

$$C_r = \frac{1}{2\pi Q f_o R_{ac}} \quad (Q=0.5) \quad (3)$$

$$L_m = L_r (m - 1) \quad (4)$$

5.1. Tam Köprü Eviricinin Tasarımı



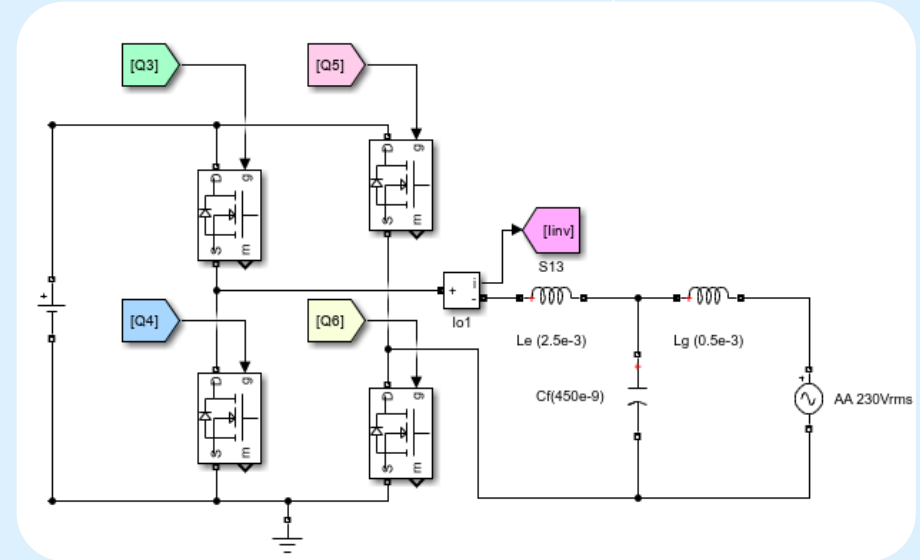
Bir fazlı şebeke etkileşimli evirici tasarımı için maliyet ve hacim gibi etkenler ele alındığında uygun olan filtre tipinin LCL filtre tipidir [3].

$$L_e = \frac{V_G}{16 f_s \Delta i_{L,max}} \quad (5)$$

$$C_f = \frac{\%5 P_o}{2\pi f_g V_g^2} \quad (6)$$

Şebeke ile evirici bobinleri arasındaki "r" katsayısından yararlanılır [3]. Bu katsayı değeri $0 < r \leq 1$ aralığındadır. Bu çalışmada $r = 0.2$ seçilmiştir.

$$L_g = L_e \cdot r \quad (7)$$



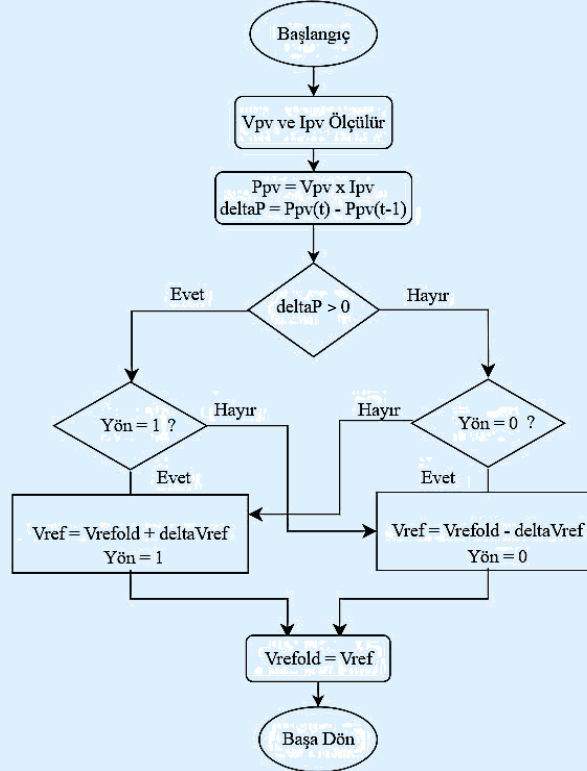
Şekil 7: Evirici Devresi

5.2. MGN Algoritması Tasarımı

Maksimum Güç Noktası Takip

Panel gücü P_{pv} 'yi hesaplamak için güneş panelinin gerilimi V_{pv} ve akımı I_{pv} ölçülür.

1



Şekil 8: MGN Akış Diyagramı

2

Pek çok MGN tekniği olsa da P&O en çok kullanılan yöntemlerdendir. Anlık gerilim $V_{pv}(t)$ ve akım $I_{pv}(t)$ ölçülür ve hesaplanan güç $P_{pv}(t-1)$ ile karşılaştırılarak ΔP gücünü hesaplamak için kullanılır [4].

6. Benzetim Çalışmaları

OST-80'nin Standart Test Koşullarındaki (STK) parametreleri tasarımda kullanılmıştır. Buna göre 36 Vdc giriş ile çıkışta 400 Vdc elde edilmiştir.

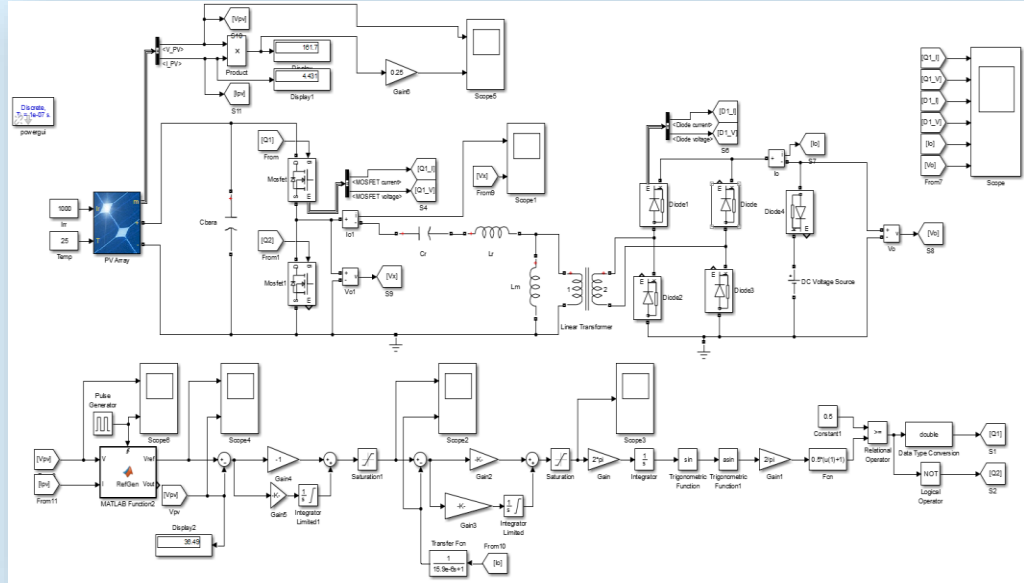
Tablo 1. OST-80 Modülünün Parametreleri.

Parametreler	Değer (STK)
Maksimum Gerilimi, V_m	18V
Maksimum Akımı, I_m	4.5A
Maksimum Gücü, P_m	80W
Açık Devre Gerilimi, V_{oc}	22V
Kısa Devre Akımı, I_{sc}	4.9A

Tablo 1. OST-80 Modülünün Parametreleri.

STK: 1000W/m², 25 °C, AM 1.5

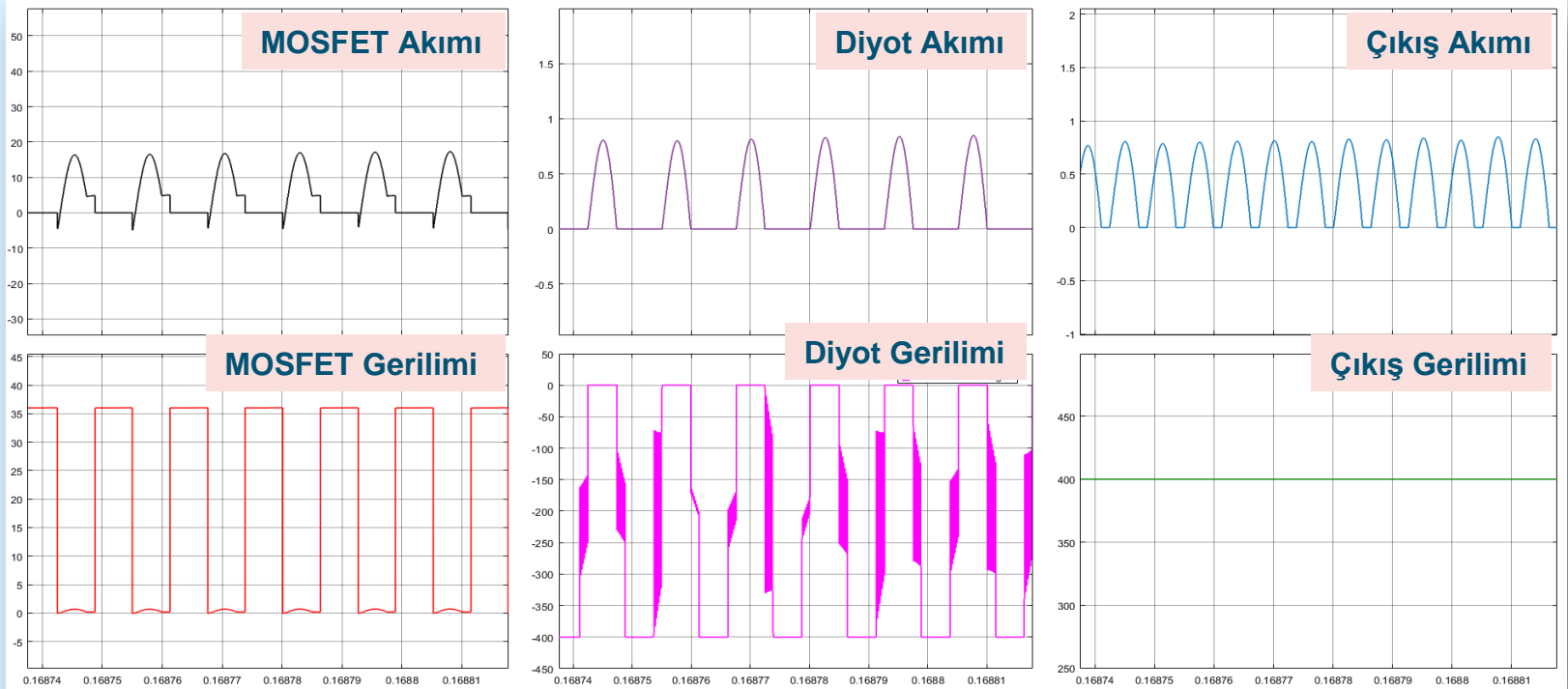
Parametre	Değer (STK)
Giriş Gerilimi, V_G	36V
DC Bara kondansatörü, C_{Bara}	1000 μ F
Çıkış Gerilimi / Frekansı	230Vrms / 50Hz
LLC Anahtarlama Frekansı, f_o	100kHz
Rezonans Endüktansı, L_r	1.6 μ H
Rezonans Kondansatörü, C_r	1.5 μ F
LLC Çıkış Kondansatörü, C_o	100 μ F
Mıknatıslama Endüktansı, L_m	10 μ H



Şekil 9: Rezonans Devresinin Simülasyonu

6. Benzetim Çalışmaları

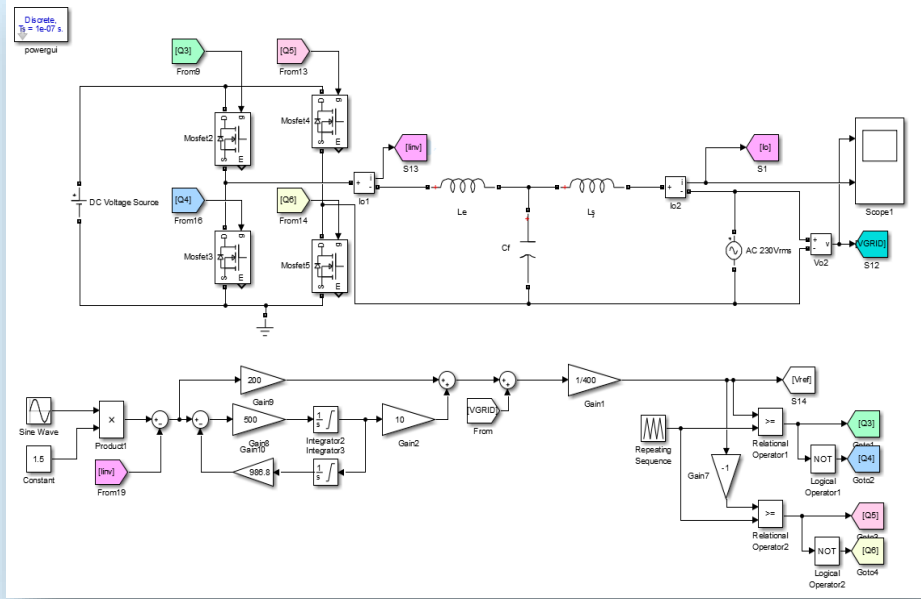
LLC Dalga Formu



Şekil 10: Rezonans Devresinin Çıktıları

6. Benzetim Çalışmaları

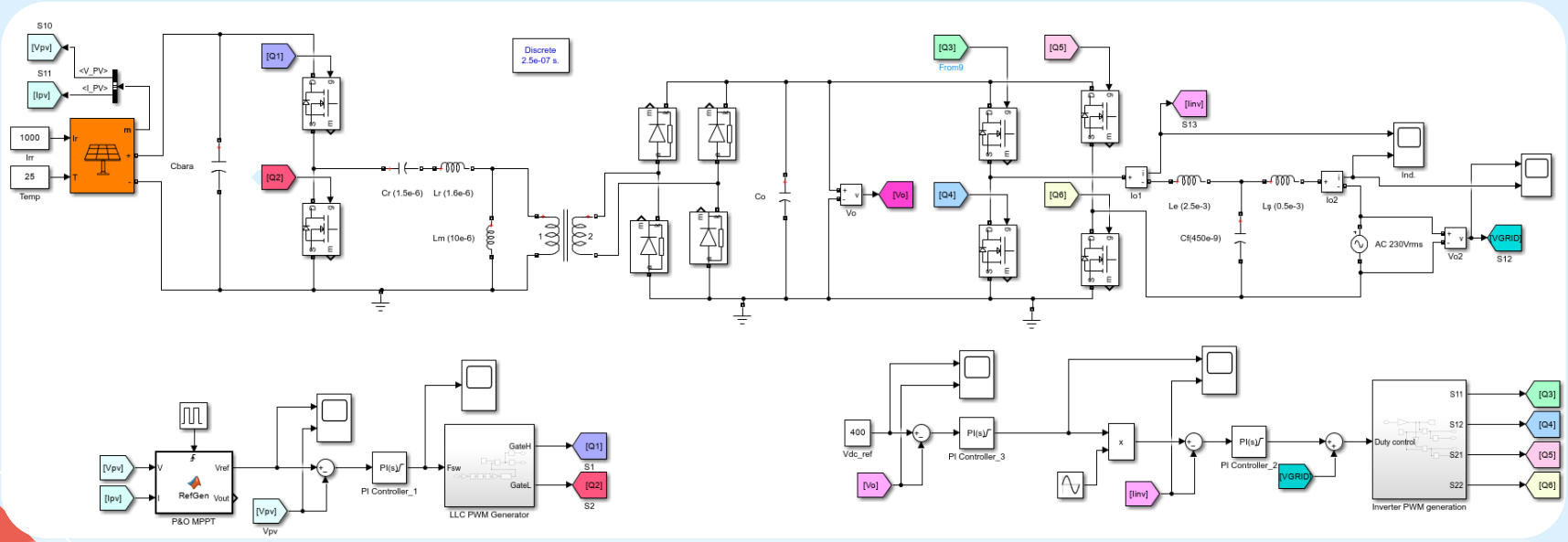
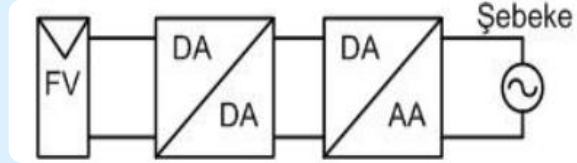
400V DA bara gerilimi evirici ile şebekenin 230Vrms ve 50Hz sinüzoidal gerilimine dönüştürülür.



Parametre	Değer (STK)
Giriş Gerilimi, V_G	36V
DC Bara kondansatörü, C_{Bara}	1000 μ F
Çıkış Gerilimi / Frekansı	230Vrms / 50Hz
Evirici Frekansı, f_{ac}	50kHz
Eviricinin Endüktansı, L_e	2.5mH
Eviricinin Kondansatörü, C_f	450nF
Şebeke Endüktansı, L_{ac}	0.5mH
S1 & S2 MOSFET	İdeal
S3 & S4 & S5 & S6 MOSFET	İdeal
D1 & D2 & D3 & D4 Diyotları	İdeal

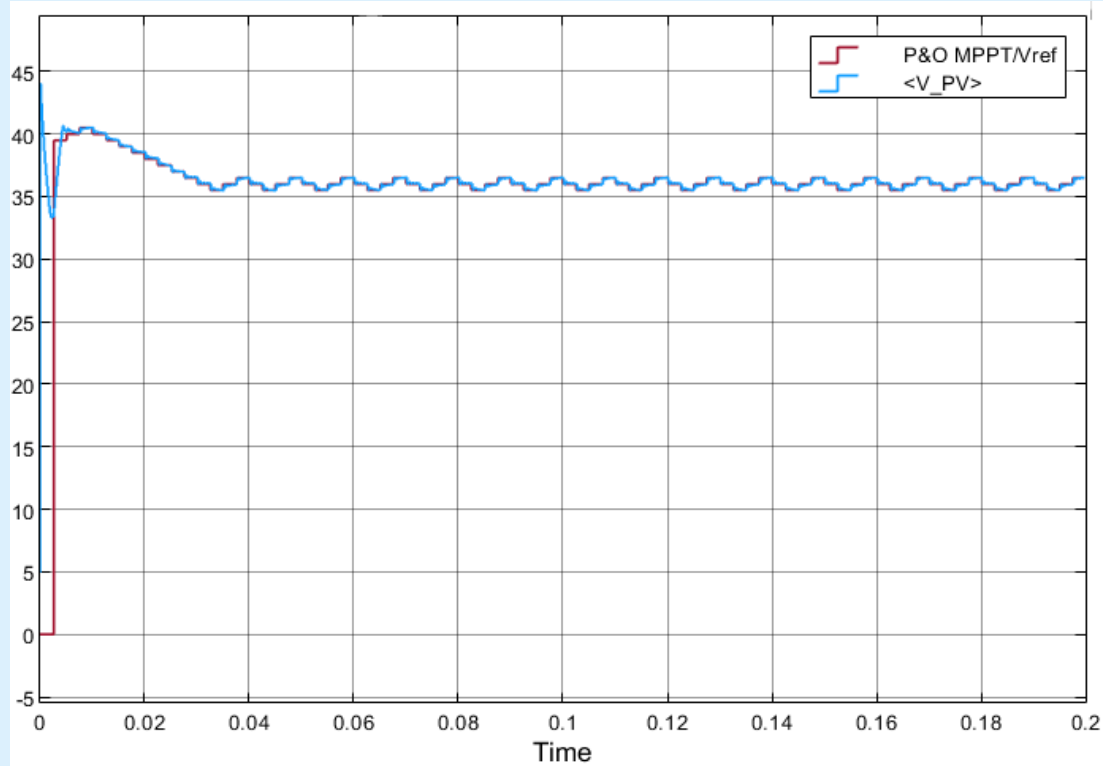
Şekil 11: Evirici Devresinin Simülasyonu ve Parametreleri

6.1 LLC ve Eviricinin Birlikte Benzetimi



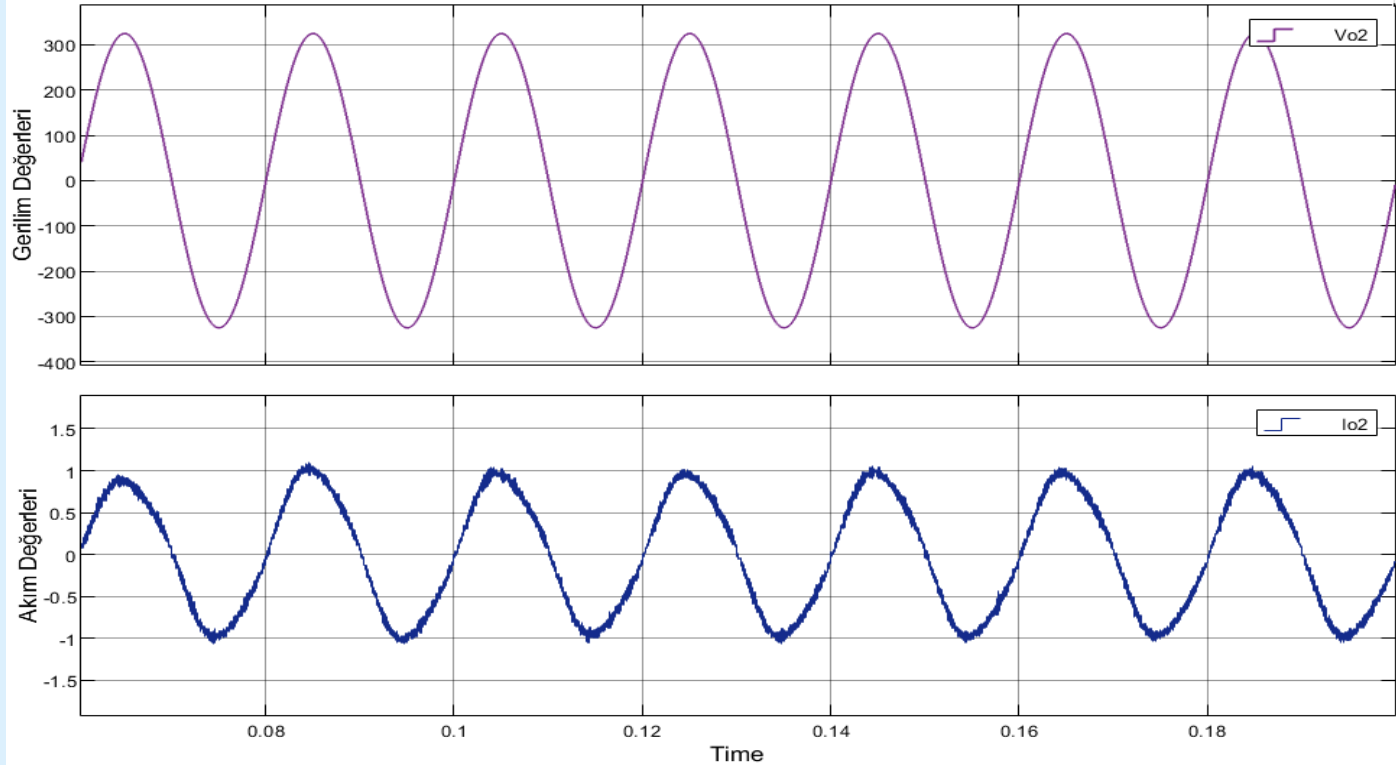
Şekil 12: Mikro-eviricinin Tam Gösterimi

6.2. MGN Benzetimi



Şekil 13: MGN Algoritma / Gerilim Takibi

6.3. Mikroevirici Benzetimi



Şekil 14: Mikroevirici Çıkış Gerilimi ve Akımı

7. Sonuçlar

Bu çalışmada fotovoltatik modüller ile şebekeye bağlı LLC dönüştürücü tabanlı bir mikro-evirici tasarımı ve benzetimi sunulmuştur. Tasarımın ana ilkeleri açıklanmış ve tasarım kriterlerine değinilmiştir. Maksimum gc noktası izleme için Deėiřtir & Gözle metodu kullanılmıştır. Teorik hesaplamalar ile benzetim sonuçlarının tutarlı olduğu görülmüştür. Tasarlanan mikro-eviricinin deneysel prototipi üretilerek, lcm sonuçlarının alınması ve teorik sonuçlar ile karşılaştırılması sonraki çalışma olarak planlanmaktadır.

Kaynakçalar

1. T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, Güneş, <https://enerji.gov.tr/bilgi-merkezi-enerji-gunes#:~:text=%C3%9C%20co%C4%9Frafiki%20konumu%20nedeniyle%20%C3%B6nemli,kWh%2Fm2%20olarak%20hesaplanm%C4%B1%C5%9Ft%C4%B1r.> (Erişim Tarihi: 19 Mayıs 2023)
2. H. Choi, Design Consideration of Half-Bridge LLC Resonant Converter, Jan. 2007, Vol. 7.
3. A. Karafil, Bir Fazlı Şebeke Etkileşimli Eviricide LCL Filtre Parametre Değerlerinin ve Seri Sönümlenme Direnç Değerinin Değişim Etkisi, Haz. 2020, <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/1158132>
4. S. Zengin, M.Boztepe, F. Deveci, Şebekeye Bağlı Fotovoltaik Sistemler İçin Flyback Mikro-evirici Tasarımı, Tem. 2022, <https://search.trdizin.gov.tr/tr/yayin/detay/206426/sebekeye-bagli-fotovoltaik-sistemler-icin-flyback-mikro-evirici-tasarimi>
5. Yılmaz, Ü. ve Kırçay, A., 2021, Elektrikli Araçlarda Batarya Şarj Ünitesi için LLC Rezonans Dönüştürücünün Kurulumu, Modellemesi ve Analizi, Gazi Mühendislik Bilimleri Dergisi, 7, 298-308s.
6. El M.H., Askeri Havacılık Uygulamaları İçin Yüksek Güç Yoğunluklu DA/DA Yarım Köprü Tip Çevirici Tasarımı, 2016.

**Sunumumu
Dinlediđiniz için
Teřekkür Ederim...**

