



AC-DC Dönüştürücü Tabanlı Güç Faktörü Düzeltme Devresi Tasarımı ve Uygulaması

AC-DC Converter Based Power Factor Correction Circuit Design and Application

Ergin Şahin¹, Onur Büyükkatırcı¹, Burak Akın¹

¹Elektrik Mühendisliği Bölümü

Yıldız Teknik Üniversitesi

erginshn@gmail.com, onurbuyukkatirci@gmail.com, bakin@yildiz.edu.tr

Özet

Yarıiletken teknolojisi ve güç elektroniğindeki gelişmelere paralel olarak güç faktörü düzeltme yöntemleri günümüzün revaçta konuları arasında yer almaktadır. Birçok GFD yöntemi uygulanmasına rağmen yapısında AC-DC dönüştürücü bulunan kesintisiz ve anahtarlamalı güç kaynakları, motor sürücüleri, şarj ve depolama sistemleri, endüksiyonla ısıtma ve elektronik balast gibi birçok uygulamanın yaygın olması GFD'li AC-DC dönüştürücüleri daha önemli kılmıştır. Bu çalışmada tek fazlı AC-DC dönüştürücü tabanlı güç faktörü düzeltme devresinin tasarımı, simülasyonu ve uygulaması anlatılmıştır. Güç faktörü kavramı ve düzeltme yöntemleri özetlendikten sonra GFD'li AC-DC dönüştürücülerde GFD entegrasyonu kullanımı ve dönüştürücünün yapısındaki yüksek frekanslı DC-DC dönüştürücünün tasarım kriterleri verilmiştir. Tasarlanan devrenin simülasyon ve deney çalışmaları yardımıyla güç faktörü, harmonik ve verim konularında analizi yapılmıştır.

Abstract

Power Factor Correction Methods are in request as parallel to the improvements of power electronics and semiconductor technology. Even though many various PFC(Power Factor Correction) methods are applied, common usage of AC-DC rectifier in switched and uninterruptible power supplies, motor drives, charge storage systems, induction heating and electronic ballasts, makes AC-DC converter based PFC circuits, play more important role. In this study, single-phase AC-DC converter based power factor correction circuit design, simulation and application are explained as well. After a brief summary of Power Factor and Power Factor Correction methods, usage of PFC ICs at AC-DC Converters with PFC and designing criterias of inside converters' high frequency DC-DC converter are given. The analyze of power factor, harmonics and efficiency has been done by the help of simulation of designed circuit and experimental work..

1. Giriş

Dünyamızda, gelişen teknoloji ile birlikte artan enerji ihtiyacı karşılanamaz hale gelmiştir. Bu durum insanoğlunu, kısıtlı enerji kaynaklarını daha tasarruflu ve verimli kullanmaya yöneltmiştir. Günümüzde, yaygın olarak kullanılan elektrik enerjisinin efektif olarak kullanılması, kayıplarının azaltılması ve kalitesinin artırılması için yapılan çalışmalar önem kazanmıştır.

Yarı iletken teknolojisinin gelişmesi ile endüstride, ulaşımda ve ev uygulamalarında güç elektroniği devrelerinin kullanımının artması, elektrik şebekelerinde, harmonikler, reaktif güç kayıpları, frekans değerinde bozulmalar vb. olumsuz etkilere yol açmıştır.[1] Bu bozucu etkileri düzeltmek için birçok yöntem kullanılmasına rağmen en popüler olan yöntemler yine güç elektroniği devreleriyle gerçekleştirilmiştir. Uluslararası kabul gören standartlar ve sınırlamalar, güç elektroniği cihazlarının neden olduğu olumsuz etkileri cihaz içinde çözmeyi ve şebekeye yansıtılmayı şart koşmuştur.

Güç elektroniğinde kalite ve verim açısından en yaygın sorun Güç Faktörü Düzeltmesi (GFD) problemidir. Literatür incelendiğinde, bu problemin en yaygın çözümünün yüksek frekanslı AC-DC dönüştürücü tabanlı GFD devreleri olduğu görülür.

Bu çalışmada, güç faktörü kavramı ve güç faktörü düzeltme yöntemlerine, en yaygın yöntem olan AC-DC dönüştürücü tabanlı GFD devreleri ve çeşitleri ile bu dönüştürücülerde kullanılan kontrol yöntemlerine kısaca değinilmiş; tek fazlı ortalama akım modu ile kontrol edilen yükseltici türü GFD devresinin tasarım aşamaları anlatılmıştır. Tasarlanan devrenin simülasyonu ve gerçekleştirilmesi Powersim ve Ares bilgisayar programlarıyla yapılmıştır. Gerçeklenen devrenin ölçümleri yapılarak güç faktörü ve harmonik standartları sağladığı kontrol edilmiştir.

2. Güç Faktörü Düzeltme

Güç faktörünün düzeltilmesi, şebekeden çekilen akım şeklinin sinüse yaklaştırılması ve çekilen reaktif gücün elimine edilmesini anlamına gelir.

2.1. Güç Faktörü Kavramı

Güç faktörü, AC şebekede aktif gücün görünen güce oranı olarak tanımlanır. Şebekeye bağlı yükün lineer olması ve harmoniklerin bulunmaması durumunda aşağıdaki gibi tanımlanır [2]:

$$GF = \frac{P}{S} = \frac{V_{ef} x I_{ef} x \cos \varphi}{V_{ef} x I_{ef}} = \cos \varphi \quad (1)$$

Bağıntı (1)'e göre akım ile gerilimin faz farkının olmaması, birim güç faktörü ile çalışma durumudur. GF, şebekede gerilim harmoniklerinin olmadığı, harmonik akımlarının olduğu ve reaktif güç çekilen durumlarda ise şu şekilde yazılır:

$$GF = \frac{P}{S} = \frac{V_{ef} x I_{1ef} x \cos \varphi_1}{V_{ef} x I_{ef}} = \frac{I_{1ef}}{I_{ef}} x \cos \varphi_1 = k_{boz} x k_{ff} \quad (2)$$

Burada k_{boz} harmoniklerin oluşturduğu bozulmayı, k_{ff} ise faz farkından yani çekilen reaktif güçten oluşan bozulmayı ifade eder.

2.2. Güç Faktörü Düzeltme Yöntemleri

Güç faktörünün düzeltilmesi, şebekeden çekilen akım şeklinin sinüse yaklaştırılması ve çekilen reaktif gücün elimine edilmesini anlamına gelir.

Güç faktörü düzeltme yöntemleri, beslenen yükün karakteri ne olursa olsun, şebeke tarafında omik özellik göstermesini hedefler. Böylece şebekeden çekilen akım, gerilim ile aynı faz açısına sahip ve sinüzoidal olur. Bu amaçla ortaya konulan yöntemler farklı bakış açılarıyla Tablo-1'de sınıflandırılmıştır.

Çizelge 1: Güç Faktörü Düzeltme Yöntemleri

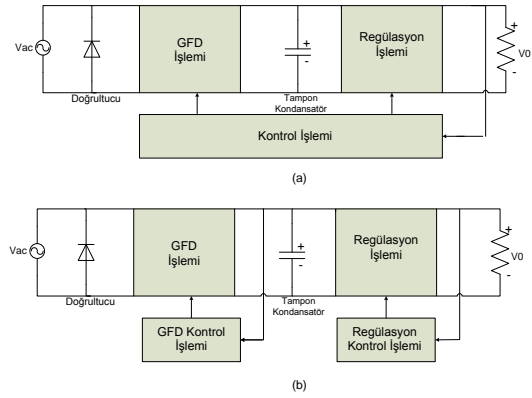
<ul style="list-style-type: none"> • Klasik ve Statik VAR Kompanzasyonu • Pasif filtreler • Aktif filtreler • Aktif güç faktörü düzeltme metodları <ul style="list-style-type: none"> ○ Alçak frekans ○ Yüksek frekans <ul style="list-style-type: none"> ▪ GFD'li AC-DC dönüştürücüler <ul style="list-style-type: none"> ✓ İki aşamalı ✓ Tek aşamalı
<ul style="list-style-type: none"> • Güç elemanına göre (pasif, aktif) • Aşamaya göre (tek aşamalı, çift aşamalı) • İzolasyona göre (izoleli, izolesiz) • Güç devresi türüne göre (düşürücü, yükseltici, düşürücü-yükseltici) • Dalga şekline göre (sinüzoidal, non-sinüzoidal) • Kontrol methoduna göre (akım modlu kontrol, gerilim modlu kontrol) • Diğer (güç seviyesi, maliyet, karmaşıklık) [3-7]

3. Güç Faktörü Düzeltmeli AC-DC Dönüştürücüler

3.1. Dönüştürücünün Yapısı

Güç faktörü düzeltmeli AC-DC dönüştürücüler günümüzde GFD devreleri veya GFD yöntemleri terimleri ile özdeşleşmiş güç elektroniği devreleridir. Bu dönüştürücülerin en önemli avantajı; basit yapılı, kolay kontrollü ve uygulanabilir olmasıdır. [8]

Tek fazlı güç faktörü düzeltmeli AC-DC dönüştürücü yapısı itibarıyla bir fazlı tam dalga kontrolsüz doğrultucunun çıkışına GFD ve regülasyon amaçlarıyla bir veya birden fazla yüksek frekanslı DC-DC dönüştürücünün eklenmesi ile elde edilir. Yüksek güçlerde sürekli çalışma modu (CCM) tercih edilirken, düşük güçlü uygulamalarda kayıpları azaltmak için kesintili mod (DCM) kullanılır. Şebekeden çekilen akım, pasif yöntemlerin aksine yüksek frekanslı ve sinüsü takip eden, periyot boyunca sürekli bir akım olarak görülür. Böylece güç faktörü bire yaklaşıp ve düşük THD değerleri elde edilir.

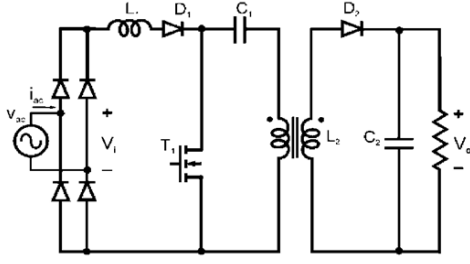


Şekil 1: Tek (a) ve İki (b) Aşamalı GFD Devreleri

Güç faktörü düzeltme devreleri, GFD ve regülasyon işlemlerini beraber veya ayrı ayrı yapmalarına göre tek aşamalı ve iki aşamalı olarak ayrılırlar. Bu devrelere ait blok şemaları Şekil-1'de verilmiştir [9].

İki aşamalı devrelerde birinci dönüştürücü şebekeden çekilen akımı düzelterek güç faktörünü yükseltir ve bir çıkış gerilimi oluşturur. Dönüştürücü olarak genellikle doğal GFD ile uyumlu yükseltici türü veya flyback türü dönüştürücü tercih edilir. Çıkış gerilimi bir depolama kondansatörü üzerinde depolanır. İkinci dönüştürücü ise depolama kondansatörü gerilimini işleyerek, sistemin çıkış gerilimini regüle etmek amacıyla kullanılır. Bu dönüştürücü herhangi bir tipte olabileceği gibi. İzolasyon gerektiren uygulamalarda izolasyonlu dönüştürücüler kullanılır.

Tek aşamalı devreler ise, GFD ve regülasyon yapan dönüştürücülerin anahtarları ve kontrol çevrimleri birleştirilerek, düşük güçlü uygulamalar için geliştirilmiştir. Yarı iletken elemanın sinyali regülasyon amacıyla verilir. GFD kendiliğinden gerçekleşir. GFD ve regülasyon işlemi yeterince kaliteli olarak yapılamasa da maliyetinin düşük olması, kontrol kolaylığı vb. nedenleriyle yaygın biçimde kullanılmaktadır.



Şekil 2: Tek Aşamalı GFD Devresi

Bu çalışmada tek aşamalı bir GFD devresinin gerçekleştirilmesi yapılmıştır. Devre şeması Şekil-2’de görülmektedir. Devredeki anahtar GFD amaçlı yükseltici tipi dönüştürücü ve regülasyon amaçlı flyback tipi dönüştürücü için ortak olarak kullanılmıştır.

3.2. Kontrol Yöntemleri

GFD devrelerinde uygulamanın türüne göre değişik kontrol yöntemleri kullanılmaktadır. Bu yöntemlerin analizleri genellikle sürekli iletim modunda (CCM) çalışan yükseltici dönüştürücü için uygulanır. GFD’de kullanılan başlıca yöntemler Tablo-2’de verilmiştir.

Bu bildiriye çalışmada kullanılan ortalama akım modu kontrolden kısaca bahsedilirse sabit frekans altında, algılanan gerçek endüktans akımının, önceden belirlenen ortalama akım değerine yerleşmesi amaçlanır.

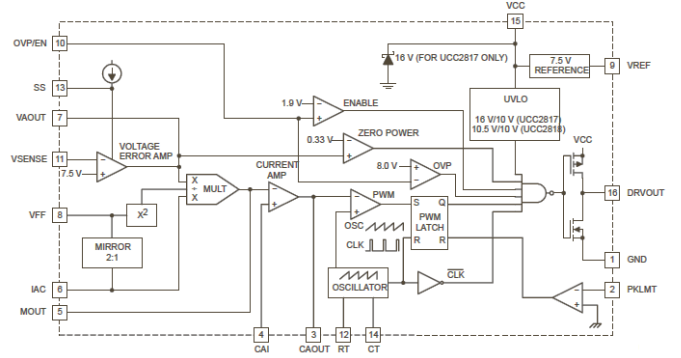
Çizelge 2: Kontrol Yöntemleri

Kontrol Yöntemleri	3 - Sınır Akım Modlu Kontrol
<ul style="list-style-type: none"> Pik akım modlu kontrol Ortalama akım modlu kontrol Sınır akım modlu kontrol Kesintili akım modlu kontrol Histerisiz kontrol 	
1 - Pik Akım Modlu Kontrol	4 - Kesintili Akım Modlu Kontrol
2 - Ortalama Akım Modlu Kontrol	5 - Histerisiz Kontrol

4. GFD Devresi Tasarımı

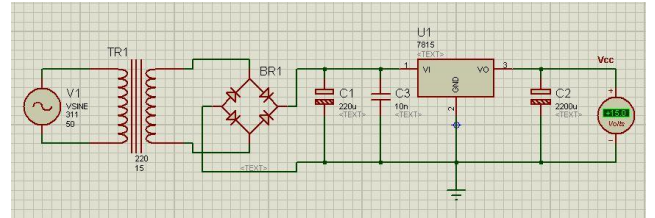
4.1. GFD Entegresi

Uygulamada GFD entegresi olarak seçilen UCC3818N, AC giriş gerilimine göre, AC giriş akımının dalga şeklini düzelterek güç faktörü düzeltme işlemini yapar. Bunun yanı sıra düşük THD değerini de sağlar. Şebekeden çekilen akımda, sinüse göre düşük miktarda bozulma görülür. Bu entegre ortalama akım moduna göre çalışmakta olup entegrenin iç yapısı Şekil-3’te verilmiştir.



Şekil 3: UCC3818N Entegresi İç Yapısı [10]

Entegrenin çalışabilmesi için 15V VCC besleme gerilimine ihtiyaç vardır. Bu gerilim 220/2x15V 4W’lık bir transformatör, bir köprü doğrultucu ve LM7825 regülatörü ile sağlanmıştır. Besleme devresinin simülasyon çizimi Şekil-4’de verilmiştir.



Şekil 4: UCC3818N Entegresi Besleme Devresi

4.2. Yükseltici DC-DC Devresinin Tasarımı

4.2.1. Anahtarlama Frekansının Belirlenmesi

Anahtarlama frekansının seçimi boyut ve anahtarlama kayıpları gibi parametrelere bağlı olarak değişmektedir. Anahtarlama frekansı eleman boyutunun küçülmesi için yeteri kadar büyük, anahtarlama güç kayıplarını azaltmak için de yeterince düşük olması gerekmektedir.

Entegrenin çalışma frekansı aralığı 20 kHz - 250 kHz arasındadır. Anahtarlama frekansını 100 kHz’e ayarlamak için bağıntı (3)’e göre $RT = 12k\Omega$ ve $CT = 560pF$ seçilir.

$$f_s = \frac{0.725}{RT \times CT} = \frac{0.725}{22 \times 10^3 \times 560 \times 10^{-12}} \cong 100kHz \quad (3)$$

4.2.2. Yükseltici Endüktans Değerinin Hesaplanması

Endüktans değeri, endüktans akımının dalgalanma miktarına göre seçilir. Endüktans için izin verilen maksimum dalgalanma miktarı genel olarak %20 olarak seçilir. Bu seçimi yaparken bağıntı (4)’e göre yükseltici dönüştürücünün sürekli veya kesintili modlardan hangisinde çalışacağı göz önüne alınmalıdır.

$$I_g = I_L \begin{pmatrix} >\Delta I_L / 2 & \text{Sürekli İletim Modu} \\ =\Delta I_L / 2 & \text{Sınırdaki Çalışma} \\ <\Delta I_L / 2 & \text{Kesintili İletim Modu} \end{pmatrix} \quad [11] \quad (4)$$

Yükseltici dönüştürücüde endüktans girişte olduğundan, doğrultucu çıkışından doğrultulmuş sinüs şeklindeki akıma maruz kalır. Öncelikle giriş akımının maksimum değeri hesaplanmalıdır. Hesaplar en kötü çalışma şartlarına yani maksimum yük ve minimum şebeke gerilimi değerleri için hesaplanır. Çünkü en yüksek tepe akımı, en düşük giriş geriliminde görülür. Tam yükte çalışma durumunda, devrenin verimi %90 olarak kabul edilirse sırasıyla maksimum giriş akımı, endüktans akımındaki dalgalanma, bağlı iletim süresi ve endüktans değeri bağıntı (5), (6), (7) ve (8)'e göre hesaplanır.

$$I_{\text{intepe(maks)}} = \frac{\sqrt{2xP_0}}{0.9xV_{\text{inrms(min)}}} = \frac{\sqrt{2x250}}{0.9x85} = 4.62 \text{ A} \quad (5)$$

$$\Delta I = 0.2xI_{\text{intepe(mak)}} = 0.2x4.62 = 0.9 \text{ A} \quad (6)$$

$$D = \frac{V_0 - V_{\text{intepe(min)}}}{V_0} = \frac{385 - 85x\sqrt{2}}{385} = 0.69 \quad (7)$$

$$L = \frac{V_{\text{intepe(min)}}x D}{f_s x \Delta I} = \frac{85x\sqrt{2}x0.69}{100x10^3 x0.9} = 0.92 \text{ mH} \quad (8)$$

4.2.3. Çıkış Kapasitesi Değerinin Hesaplanması

Çıkış kapasitenin değeri, tutma zamanı değerine göre hesaplanır. Tutma zamanı, AC giriş gerilimi kesildiğinde çıkıştaki yükün beslemesinin ne kadar devam edeceğini gösteren bir parametredir. Tutma zamanı, kısaca giriş gerilimi kesilse bile çıkış geriliminin regüleli kalma süresidir. Tasarlanan devrede bu süre yaklaşık 20ms olarak seçilerek kapasite değeri bağıntı (9) yardımı ile hesaplanmıştır.

$$C_0 = \frac{2xP_0x\Delta t}{V_0 - V_{0(\text{min})}} = \frac{2x250x20x10^{-3}}{385 - 320} = 200 \mu\text{F} \quad (9)$$

Pratik olarak hesaplanan bu minimum kapasite değeri kondansatörün izin verilen eşdeğer seri direnç (ESR) değeri nedeniyle çoğu zaman yetersiz kalır. İzin verilen ESR değeri, çıkış gerilimi dalgalanmasının maksimum değerinin, endüktans akımının dalgalanmasına bölünmesi ile bulunur.

Hesaplamalar sonucunda çıkış kapasitesinin değeri 250 W güç ve 385 V DC çıkış gerilimi için, ek stresler de ilave edilerek 220 uF- 450 V elektrolitik olarak belirlenmiştir.

4.2.4. Yarı İletken Elemanların Seçimi

Güç elektroniği devrelerinin tasarımında aktif ve pasif yarıiletken elamanların seçimi; performans, boyut ve fiyat kriterlerine göre yapılır. Devrenin çalışma frekansı ve gücü ise eleman seçiminde en önemli kriterlerdendir. Devrenin çalışma frekansı ve gücü dikkate alındığında Mosfet elemanının uygun olduğu görülür.

Tasarımcı, hangi üreticinin hangi özellikteki elemanını seçeceğine karar verirken elemanın maruz kalacağı maksimum gerilim, akım ve oluşacak güç kayıplarına bakarak karar verir. Güç kayıpları; genel olarak iletim kayıpları ile anahtarlama kayıplarının toplamıdır. Anahtarlama kayıpları ise kapı şarj, COSS, iletme girme ve kesime grime kayıplarının toplamıdır. Toplam kayıplar kullanılacak elemana göre değişiklik gösterebilmekle birlikte Mosfet için aşağıdaki denklemlerle hesaplanır:

$$P_{\text{GATE}} = Q_{\text{GATE}}xV_{\text{GATE}}x f_s \quad (10)$$

$$P_{\text{COSS}} = \frac{1}{2}x C_{\text{COSS}} x V_{\text{OFF}}^2 x f_s \quad (11)$$

$$P_{\text{ON}} + P_{\text{OFF}} = \frac{1}{2}x V_{\text{OFF}} x I_L x (t_{\text{ON}} + t_{\text{OFF}}) x f_s \quad (12)$$

$$R_{\text{COND}} = R_{\text{DS(on)}} x K x I_{\text{RMS}}^2 \quad (13)$$

Burada Q_{GATE} toplam kapı yükünü, V_{GATE} kapı gerilimini, f_s anahtarlama frekansını, C_{oss} drain-source kapasitesini, I_L endüktans pik akımını, t_{ON} ve t_{OFF} anahtarlama sürelerini, K ise sıcaklık faktörünü gösterir.

Mosfet elemanın yükseltici dönüştürücüde maruz kalacağı maksimum gerilim ve akım değerleri ise sırasıyla çıkış geriliminin maksimum pik değeri ve endüktans (giriş) akımının maksimum pik değeridir. Eleman, bu akım ve gerilime dayanabilecek şekilde seçilmelidir.

Pasif eleman olan diyot da bir anahtar gibi analiz edilebilir. Diyot da güç kayıplarına ve dayanabileceği maksimum gerilim ve akım değerlerine göre seçilir. Bu değerler sırasıyla çıkış gerilimi ve bağıntı (14)'de ifade edilen ortalama ve efektif akımlardır. Hız ve ters toparlama karakteristiği ise diğer önemli parametrelerdir.

$$I_{\text{DAV}} = (1 - \lambda) I_L \text{ ve } I_{\text{DEF}} = \sqrt{(1 - \lambda)} I_L \quad [12] \quad (14)$$

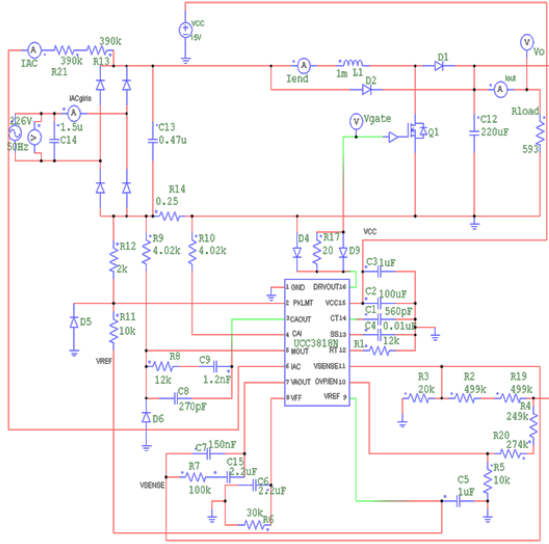
Tasarlanan devre için yukarıdaki kriterler göz önüne alınarak IRF840 kodlu 600V, 10A'lık Mosfet seçilmiştir. Diyot olarak ise 8 A, 600 V, 35ns'lik diyot seçilmiştir.

4.3. Geri Besleme ve Çoklayıcı Devrenin Tasarımı

Uygulamada GFD amacıyla UCC3818N entegresi kullanılmıştır. Bu entegre bünyesinde çoklayıcı ile gerilim ve akım geri beslemesi için bölümler bulundurulur. Çoklayıcı devre ortalama akım modlu kontrol için önem arz etmektedir. Bu bölümlerin çalışmasını ayarlamak için entegrenin datasheet'i incelenir ve talimatlara uygun olarak entegrenin çevre eleman değerleri seçilir. Dikkat edilmesi gereken nokta; uluslararası hat gerilimi (85-265V), çıkış gerilimi, doğrultulmuş gerilim gibi DC-DC dönüştürücüye ait değerlerin entegrenin doğru bacaklarına iletilmesi ve entegrenin iç değerlerine uygun şekilde yeniden boyutlandırılmasıdır. Örnek olarak 85-265 V uluslararası hat gerilimleri için R_{IAC} değeri 750k Ω olarak hesaplanmıştır ve 2x383k Ω olarak kullanılmıştır.

5. Simulasyon Çalışması

Tek fazlı ortalama akım modlu kontrollü GFD devresinin tasarım ile elde edilen değerleri kullanılarak POWERSIM programında simülasyonu gerçekleştirilmiştir. Simülasyon devre şeması Şekil-5'te gösterilmiştir. Simülasyon çalışmasında kullanılan değerler ile simülasyon sonucu elde edilen değerler beraber olarak Tablo-3'te yer almaktadır.



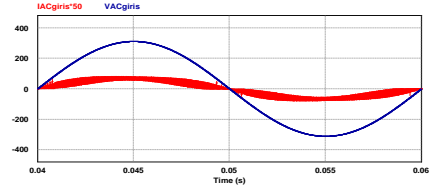
Şekil 5: Simülasyon Devre Şeması

Çizelge 3: Simülasyon Değerleri

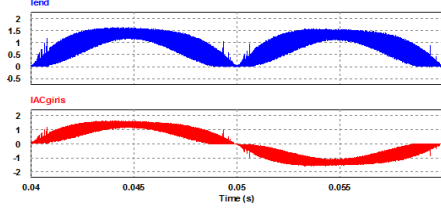
Çıkış Gücü	250W
Giriş Gerilimi	90-265 V
Giriş Geriliminin Frekansı	50 Hz
Anahtarlama Frekansı	100 kHz
Çıkış Gerilimi	385 V
Yükseltici Endüktans	1 mH
Çıkış Kapasitesi	220 uF
Verim	0.93
Güç Faktörü	0.95

Giriş gerilimi efektif değerinin 220 V olduğu, tam yükte çalışma durumundaki giriş geriliminin giriş akımına göre değişimi, giriş akımının endüktans akımına göre değişimi ve çıkış gerilimi grafikleri sırasıyla Şekil-6, Şekil-7 ve Şekil-8'de verilmiştir. Şekil-6'da akım kademesi 50 kat büyütülerek gösterilmiştir.

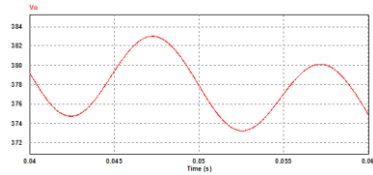
Giriş akımı köprü doğrultucularla doğrultularak endüktansı beslemektedir. Şekil-7'de de görüldüğü gibi endüktans akımı doğrultulmuş giriş akımıdır. Çıkış gerilimindeki 10 V'luk dalgalanma ise Şekil-8'de görülmektedir. Endüktans akımındaki dalgalanma, endüktans akımının MOSFET kapı sinyaline göre değişimi ve MOSFET kapı sinyalinin değişimi grafikleri sırasıyla Şekil-9, Şekil-10 ve Şekil-11'de gösterilmiştir.



Şekil 6: Giriş Akımı ve Gerilimi Dalga Şekilleri

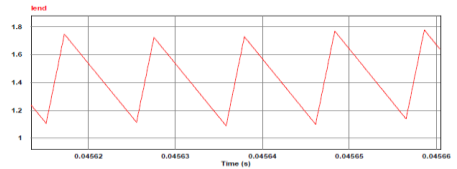


Şekil 7: Giriş Akımı ve Endüktans Akımı Dalga Şekilleri

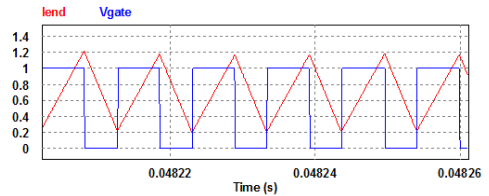


Şekil 8: Çıkış Gerilimi Dalga Şekli

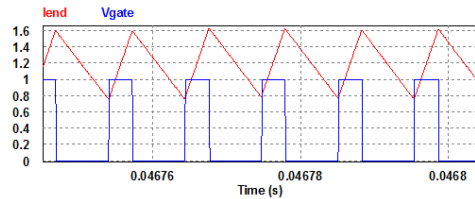
MOSFET'in doluluk oranı endüktans akımına göre ayarlanarak çıkış gerilimi 385 V'de sabit tutulur. Endüktans akımının arttığı anlarda MOSFET'in iletim kaldığı süre azalacaktır. Şekil-11'de endüktans akımının daha büyük olduğu zaman aralığı incelendiğinde Şekil-10'a göre MOSFET'in iletim aralığının daraldığı görülmektedir. Ayrıca endüktanstaki dalgalanma oranının %20'den az olduğu Şekil-9'dan görülebilir.



Şekil 9: Endüktans Akımındaki Dalgalanma



Şekil 10: Endüktans Akımının MOSFET Kapı Sinyaline Göre Değişimi



Şekil 11: MOSFET Kapı Sinyalinin Değişimi

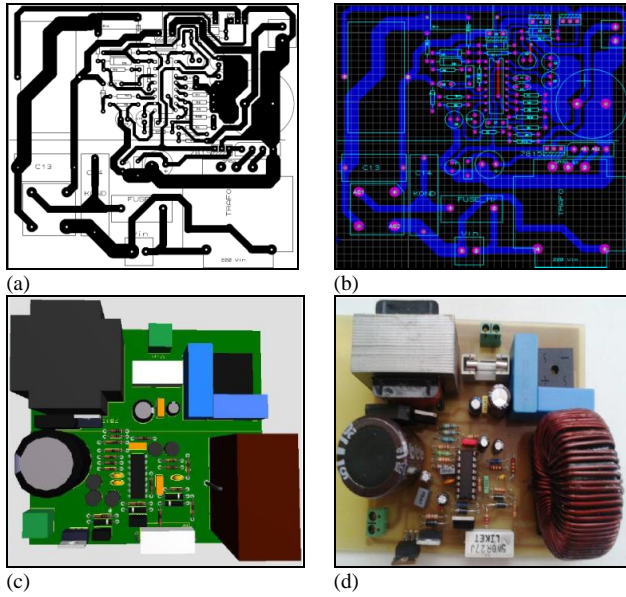
Son olarak güç faktörü ve verim değerleri elde edilen grafiklerin işlenmesi ile sırasıyla 0,95 ve 0,93 olarak bulunmuştur.

6. Deneysel Çalışma

Uygulama devresi, belirlenen özelliklere göre Proteus (Isis & Ares) programında gerçekleştirilmiştir. Endüktansın yeri, manyetik girişimin azaltılması amacıyla yarı iletken elemanlara ve UCC3818N entegresine uzak olarak seçilmiştir. MOSFET'in yeri ise diğer elemanların ısıdan etkilenmemeleri için devrenin en uç noktasına yerleştirilmiş ve soğutucu, yalıtkan macun kullanılarak MOSFET'e monte edilmiştir. Devrenin hacmini küçültmek için kullanılan elemanlar, birbirini etkilemeyecek şekilde optimum uzaklıkta yerleştirilmişlerdir. Güç yollarının genişliği, akım değerine ve frekansa bağlı olarak belirlenmiştir. Giriş yolu, çıkış yolu ve endüktansı besleyen yol geniş kesitte; entegre yolları ise küçük kesitte tasarlanmıştır.

Uygulama devresine ait baskı devre çizimi, üç boyutlu görüntü ve gerçek devre Şekil-12'de gösterilmiştir.

Uygulama devresinin; 220 V giriş geriliminde, 790 Ω yük değerinde 188 W gücünde çalışması sırasındaki ölçümleri yapılmıştır. Bu ölçümlerin simülasyon çalışmasındaki ölçüm ve grafiklerle örtüşüğü görülmüştür.



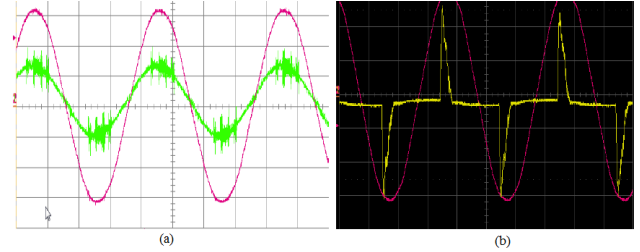
Şekil 12: (a), (b) Baskı Devre Şeması
(c) Uygulama Devresini 3D Görüntüsü
(d) Uygulama Devresini Gerçek Görüntüsü

Simülasyon çalışmasından farklı olarak enerji analizörü ile harmonikler ölçülmüş ve EN6100-3-2 standartına göre D sınıfı harmonik koşullarını sağladığı doğrulanmıştır. Analizörden alınan harmonik ölçümü Şekil-13'te verilmiştir. Şekildeki son sütun D sınıfı harmonik sınırlarını göstermektedir.

Harmonic	Frequency [Hz]	Measurement [mA]	Limit [mA]
3	150.00	20.54	715.86
5	250.00	15.26	400.04
7	350.00	10.04	210.55
9	450.00	5.50	105.27
11	550.00	3.02	73.69
13	650.00	5.94	62.35
15	750.00	1.58	54.04
17	850.00	2.79	47.68
19	950.00	2.08	42.66
21	1050.00	5.41	38.60
23	1150.00	2.32	35.24
25	1250.00	3.52	32.42
27	1350.00	1.21	30.02
29	1450.00	1.42	27.95
31	1550.00	2.79	26.15
33	1650.00	1.98	24.56
35	1750.00	2.80	23.16
37	1850.00	1.22	21.91
39	1950.00	2.54	20.78

Şekil 13: Harmonik Ölçümü

Güç faktörü düzeltme işleminin şebekeden çekilen akım üzerinde nasıl bir etkisi olduğu görmek için GFD devrede ve devre dışıyken çekilen şebeke akımları karşılaştırılmış ve Şekil-14'te gösterilmiştir.



Şekil 14: GFD (a) Devrede (b) Devre Dışı Akım ve Gerilim Grafikleri

7. Sonuçlar

Bu çalışmada, şebekeye bağlanan elektrikli sistemlerin giriş enerjisi kalitesini ifade eden güç faktörü ve güç katsayısının aktif veya pasif yöntemlerle düzeltilmesi üzerinde durulmuş, aktif güç faktörü düzeltme sistemi incelenmiştir. Aktif güç faktörü düzeltme yöntemlerinden biri olan 'Ortalama Akım Modlu Kontrollü Yükseltici Türü PFC Devreleri' araştırılmış ve 250 W güç seviyesinde vereceği sonuçlar incelenmiştir. Bunun için simülasyon programı olarak POWERSIM seçilmiştir. Giriş akımının ortalama akım moduna göre belirlenen değerde olduğu ve giriş güç faktörünün 0,95 değerinde olduğu görülmüştür. Devrenin uygulanması ile elde edilen sonuçlarda D sınıfı harmonik sınırlarının çok altında değerler elde edilmiştir. Devrenin verimi 0,93 gibi uygun bir değer olarak ölçülmüştür. Güç Faktörü Düzeltme devresini her bir cihaza uygulanması zor ve maliyetli olabilmektedir. Bu gibi sorunlar için ileri teknikler geliştirilerek her bir abonenin hat girişinde güç faktörü düzeltme işlemi gerçekleştirme çalışmaları hızla devam etmektedir.

8. Kaynaklar

- [1] Uzunoğlu, M., (2013). Elektrik Güç Sistemlerinde Kalite Ders Notu , Y.T.Ü. Elektrik Elektronik Fakültesi Elektrik Mühendisliği, İstanbul
- [2] Yanık, G., (2010). Güç Faktörü Düzeltme Yöntemlerinin İncelenmesi ve Bir Uygulama Devresinin Gerçekleştirilmesi. Yüksek Lisans Tezi, Y.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul
- [3] B. Sharifipour, J. S. Huang, P. Liao, L. Huber and M. M. Jovanovic. "Manufacturing and cost analysis of power-factor-correction circuits." IEEE Applied Power Electronics Conf. (APEC) Proc., 1997, pp.490-494
- [4] Oscar Gracia, Jose A. Cobos, Roberto Prieto and Javier Uceda. "Single Phase Power Factor Correction: A Survey". IEEE Transactions on Power Electronics, Vol 18, No3, May 2003, pp-749-755.
- [5] Singh, B.; Singh, B.N.; Chandra, A.; Al-Haddad, K.; Pandev, A.; Kothari, D.P. "A review of single-phase improved power quality AC-DC converters" Industrial Electronics. IEEE Transactions on Volume 50, Issue 5, Oct. 2003 Page(s): 962 – 981
- [6] Supratim Basu, T.M. Undeland, Fellow, IEEE. "PFC Strategies in light of EN 61000-3-2". (EPE-PEMC 2004 Conference in Riga, LATVIA, 1- 3 September 2004)
- [7] Fernandez, A.; Sebastian, J.; Hernando, M.M.; Villegas, P.; Garcia, J. "Helpful hints to select a power-factor-correction solution for low- and medium-power single phase power supplies" Industrial Electronics. IEEE Transactions on Volume 52, Issue 1, Feb. 2005 Page(s): 46 – 55
- [8] Bodur, H., (2011). Güç Elektroniklerinde Güç Faktörü Düzeltme Yöntemleri Ders Notu , Y.T.Ü. Elektrik Elektronik Fakültesi Elektrik Mühendisliği, İstanbul.
- [9] Ünal, T., (2006). Design of a Single Phase Full Bridge Diode Rectifier Power Factor Correction Educational Test System. Yüksek Lisans Tezi, ODTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- [10] UCC3818 data sheet, Texas Instruments Power Supply Control Products. www.ti.com
- [11] Bodur, H., (2010). Güç Elektronikleri, Birsen Yayınevi, İstanbul, sf: 216
- [12] Bodur, H., (2010). Güç Elektronikleri, Birsen Yayınevi, İstanbul, sf: 242