ISPEC
11th INTERNATIONAL CONFERENCE ON ENGINEERING & NATURAL SCIENCES

September 18-19, 2021 / Mus, TURKEY

(THE PROCEEDINGS BOOK)

EDITED BY

Assist Prof. Dr. Muhammad Javid Iqbal

ISBN: 978-625-7720-62-5

www.ispecongress.org/fenmuhendislik

ISPEC
11th INTERNATIONAL CONFERENCE ON ENGINEERING & NATURAL SCIENCES

September 18-19, 2021 / Mus, TURKEY

(THE PROCEEDINGS BOOK)

EDITOR
Assist. Prof. Dr. Muhammad Javid Iqbal

All rights of this book belong to ISPEC. Without permission can't be duplicate or copied.
Authors are responsible both ethically and juridically
ISPEC Publications – 2021 ©
Issued: 25.09.2021
ISBN: 978-625-7720-62-5

Bu Kitabın Tüm Hakları ISPEC Yayınevi'ne aittir.
Yazarlar etik ve hukuki olarak eserlerden sorumludurlar.
ISPEC Yayınevi – 2021 ©
Yayın Tarihi: 25.09.2021
ISBN: 978-625-7720-62-5

CONFERENCE ID

CONFERENCE TITLE
ISPEC
11th International Conference On Engineering & Natural Sciences

DATE and PLACE
September 18-19, 2021 / Mus, TURKEY

ORGANIZATION
ISPEC JOURNAL

ORGANIZING COMMITTEE
Assoc. Prof. Dr. Gülcan DEMİROĞLU TOPÇU
Assoc. Prof. Dr. Kerim GÜLLAP
Assoc. Prof. Dr. Mustafa OKANT
Gönül EDEŞLER
Neslihan BALCI

NUMBER of ACCEPTED PAPERS - 109
NUMBER of REJECTED PAPERS - 23

PARTICIPANTS COUNTRY
Turkey-49, ABD-2, Brazil-1, Budapest-1, Algeria-3, Morocco-3, France-1, South Korea-2, India-12, Iranian-8, Canada-1, Kenya-1, Colombia-1, Malaysia-3, Egypt-1, Nigeria-2, Pakistan-15, Russia-1, Greece-2

***Double blinded evaluation proces**

SCIENTIFIC COMMITTEE

Dr. Ahu PAKDEMİRLİ- Izmir Demokrasi University
Dr. Ahmet H. ERTAŞ- Bursa Technical University
Dr. Akile ZENGİN- Turgut Özal University
Dr. Ali BİLGİLİ- Ankara University
Dr. Almaz AHMEDOV- Bakü State University
Dr. Anatoliy LOGINOV- Ukraine Shevchenko Lugan National University
Dr. Aysel GÜVEN- Başkent University
Dr. Ayslu B. SARSEKENOVA- Orleu National Development Institute
Dr. Ayşe KABATAŞ- Karadeniz Technical University
Dr. Aziz AKSOY- Bitlis Eren University
Dr. BOUKHATEM Mohamed Nadjib- Université Saad Dahlab Blida
Dr. Canan DEMİR-Van Yüzüncü Yıl University
Dr. Cholpon TOKTOSUNOVA- Rasulbekov Kyrgiz Economy University
Dr. Derya OKUYAN- Balıkesir University University
Dr. Elif Ayşe ANLI- Ankara University
Dr. Elif BAŞKAYA- Karadeniz Technical University
Dr. Fatih ÇOLAK- Usak University
Dr. Feda REHIMOV- Bakü State University
Dr. Filiz BORAN- Hitit University
Dr. George RUDIC- Montreal Pedagogy Institute
Dr. Gökhan KÖK- Ege University
Dr. Günay MERHAN MUĞLU- Atatürk University
Dr. Hale UYAR HAZAR- Aydın Adnan Menderes University
Dr. Hilale CAFEROVA- AMEA Institute
Dr. İbrahim GÜNEŞ- Istanbul Cerrahpaşa University
Dr. İsmail ALTINTOP- Kayseri State Hospital
Dr. Jale ÇATAK- Istanbul Sabahattin Zaim University
Dr. Kenes JUSUPOV- M. Tinisbaev Kazakh Vehicle Academy
Dr. Kerem ASMAZ- Yıldız Technical University
Dr. Kevser Sevgi ÜNAL ASLAN- Osmaniye Korkut Ata University
Dr. Khan Nadezhda- E.A. Buketov Karaganda State University
Dr. Leyla ÇİMEN- Niğde Ömer Halisdemir University
Dr. Maira ESIMBOLOVA- Kazakhistan Narkhoz University
Dr. Maria LEONTIK- Macedonia Ishtib Gotse Delchev University
Dr. Maha Hamdan ALANAZI- Riyad King Abdulaziz Technology Institute
Dr. Mahmut Alkan- Niğde Ömer Halisdemir University
Dr. Mavlyanov ABDIGAPPAR- Kyrgiz Elaralık University
Dr. Meixia HUOU- Capital Normal University
Dr. Merdin DANIŞMAZ-Ahi Evran University
Dr. Merve OKUTAN-Hitit University
Dr. Murat EYVAZ- Gebze Technical University
Dr. Murat SÖNMEZ- METU
Dr. Mustafa ŞAHİN- Selçuk University
Dr. Mustafa TALAS- Niğde Ömer Halisdemir University
Dr. Mutlu KESKİN- Altınbaş University

Dr. Nazile Abdullazadeh- Azərbaycan Dövlət Pedaqoji University
Dr. Nazmiye ÖZLEM ŞANLI- Istanbul University
Dr. Nurhayat ATASOY- Van Yüzüncü Yıl University
Dr. Özlem ÖZDEMİR- Gazi University
Dr. Remzi TUNTAŞ-Van Yüzüncü Yıl University
Dr. Rovshan ALİYEV- Bakü State University
Dr. Sevde AKSU- Balikesir University
Dr. Seyithan SEYDOŞOĞLU- Siirt University
Dr. Şevket TULUN-Aksaray University
Dr. Şeyma AYDEMİR- Hitit University
Dr. Ümran SEVİL- Ege University
Dr. Yılmaz KOÇAK- Van Yüzüncü Yıl University
Dr. Yüksel KAPLAN- Niğde Ömer Halisdemir University

Date: 18.09.2021
Ankara Local Time: 12^{00}-14^{30}
Session - 2, Hall - 2
Head of Session: Assist. Prof. Dr. Süleyman ADAK

AUTHORS	UNIVERSITY/INSTITUTION	TOPIC TITLE
Lect. Dr. Mehmet ÇINAR	Bitlis Eren University	ROOT-LOCUS APPROACH BASED PHASE LEAD-LAG COMPENSATOR DESIGN
Cihan KÜRKÇÜ & Selgin AL	Kırsehir Ahi Evran University & Izmir Democracy University	STRUCTURAL AND ELECTRONIC PROPERTIES OF TWO-DIMENSIONAL CaFCl UNDER HIGH PRESSURE
Assist. Prof. Dr. Süleyman ADAK	Mardin Artuklu University	HARMONIC ANALYSIS OF ONE PHASE FULL WAVE UNCONTROLLED RECTIFIER
Res. Assis. Cenk ANDİÇ & Prof. Dr. Ali ÖZTÜRK & Assoc. Prof. Dr. Salih TOSUN	Istanbul Technical University & Duzce University & Duzce University	χ^2-TEST FOR DETECTING BAD DATA IN WLS STATE ESTIMATION
Mehmet Sait CENGİZ & Çiğdem CENGİZ	Bitlis Eren University	THE ROLE OF LANDSCAPE LIGHTING FOR URBAN BEAUTY IN ARCHITECTURE
Mehmet Sait CENGİZ & Çiğdem CENGİZ	Bitlis Eren University	CONTRIBUTIONS OF CITY LIGHTING TO TOURISM POTENTIAL

Havva AYBEK & Nazlı Pınar ARSLAN	SECONDAR METABOLITES WITH MEDICAL IMPORTANCE OF STREPTOMYCES SPECIES	**79-80**
Mustafa YAMAN	DETERMINATION OF THE MOST POTENT PRECURSORS OF ADVANCED GLYCATION END PRODUCTS IN BAKLAVA	**81-82**
Sadi AKSU	AKSU CREEK (ÇORUH RIVER) FISH FAUNA AND SEASONAL VARIATIONS	**83-87**
Mehmet ÇINAR	ROOT-LOCUS APPROACH BASED PHASE LEAD-LAG COMPENSATOR DESIGN	**88-100**
Cihan KÜRKÇÜ & Selgin AL	STRUCTURAL AND ELECTRONIC PROPERTIES OF TWO-DIMENSIONAL CaFCl UNDER HIGH PRESSURE	**101-106**
Süleyman ADAK	HARMONIC ANALYSIS OF ONE PHASE FULL WAVE UNCONTROLLED RECTIFIER	**107-119**
Cenk ANDİÇ & Ali ÖZTÜRK & Salih TOSUN	χ^2-TEST FOR DETECTING BAD DATA IN WLS STATE ESTIMATION	**120-128**
Mehmet Sait CENGİZ & Çiğdem CENGİZ	THE ROLE OF LANDSCAPE LIGHTING FOR URBAN BEAUTY IN ARCHITECTURE	**129-135**
Mehmet Sait CENGİZ & Çiğdem CENGİZ	CONTRIBUTIONS OF CITY LIGHTING TO TOURISM POTENTIAL	**136-142**
Mustafa ÇİÇEKLER & Ayşe ÖZDEMİR & Ahmet TUTUŞ	A STUDY ON THE EVALUATION OF DIAPER MILL RESIDUALS IN TISSUE PAPER PRODUCTION	**143-150**

ISPEC 11th INTERNATIONAL CONFERENCE ON
ENGINEERING & NATURAL SCIENCES
Sep 18-19, 2021
MUS-TURKEY
(THE PROCEEDINGS BOOK)
WEB: https://www.ispecongress.org/fenmuhendislik
E-MAIL: instituteispec@gmail.com

BİR FAZLI TAM DALGA KONTROLSÜZ DOĞRULTUCUNUN HARMONİK ANALİZİ

Dr. Öğr. Üyesi Süleyman ADAK
Mardin Artuklu Üniversitesi, Meslek Yüksekokului Elektrik ve Enerji Bölümü
ORCID: 0000-0003-1436-2830

ÖZET
Elektrik tesislerinde harmonik bileşenler güç elektroniği ekipmanları ile doğrusal olmayan yüklerin kullanılmasından sonra oldukça artılar. Güç elektroniği tabanlı devre elemanlarından (diyot, transiztor, tiristor, mosfet, IGBT) ile yapılan çihazlar, Demir çekirdekli bobinler, non-lineer elemanlarına örnek olarak verilebilirler. Harmonik bileşenlerin güç sisteminde artması ile, sistemin toplam harmonik distorsiyonu (THD) de yükselir. Elektrik şebekelerinde kaliteyi belirleyen kriterler akım ile gerilimin sinüzoidal formda olması ve güç katsayısının bire yakın olmasıdır. Bu çalışmada, sinüzoidal bir kaynak ile non-lineer yükün analiz ve simulasyonu gerçekleştirilmiştir. Güç sistemlerinde harmonik bileşenlerin azaltılması ve güç faktörünün iyileştirilmesi amacı ile pasif filtreler kullanılmaktadır. Önerilen elektriksel güç sistemi, sinüzoidal gerilim kaynağı, tek fazlı güç trafosu, bir fazlı tam dalga kontrolsüz bir doğrultucu ve R-L endüktif yükünden oluşmaktadır. Güç sisteminin modellenmesi ve analizi Matlab/Simulink programı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Güç sisteminde harmonik bileşenler ekonomik ve teknik sorunlar oluştururlar. Ekonomik sorunlar, harmonik bileşenlerin elektrik şebekesinde ek kayıplar meydana getirmesidir. Teknik problemler tesis çalışmasının negatif yönde etkilenmesi ve yüke aktarılan enerji kalitesinin düşmesidir.
Anahtar Kelimeler: Harmonik bileşenler, Non-lineer yük, Aktif güç, Reaktif güç, Distorsiyon gücü

HARMONIC ANALYSIS OF ONE PHASE FULL WAVE UNCONTROLLED RECTIFIER

ABSTRACT
Harmonic components in electrical installations increase considerably after the use of non-linear loads and power electronic equipment. Devices made with power electronics based circuit elements (diode, transistor, thyristor, mosfet, IGBT), Iron core coils, can be given as examples of nonlinear elements. As the harmonic components increase in the power system, the total harmonic distortion (THD) of the system also increases. The criteria that determine the quality in electrical networks are that the current, voltage are in sinusoidal form and the power coefficient is close to one. In this study, analysis and simulation of nonlinear load with a sinusoidal source was performed. Passive filters are used in power systems to reduce harmonic components and improve power factor. The proposed electrical power system consists of sinusoidal voltage source, single phase power transformer, a single-phase full-wave uncontrolled rectifier and R-L inductive load. Modeling and analysis of the power system was carried out using Matlab / Simulink program. Harmonic components in the power system create economic and technical problems. The economic problems are that harmonic components create additional losses in the electrical network.

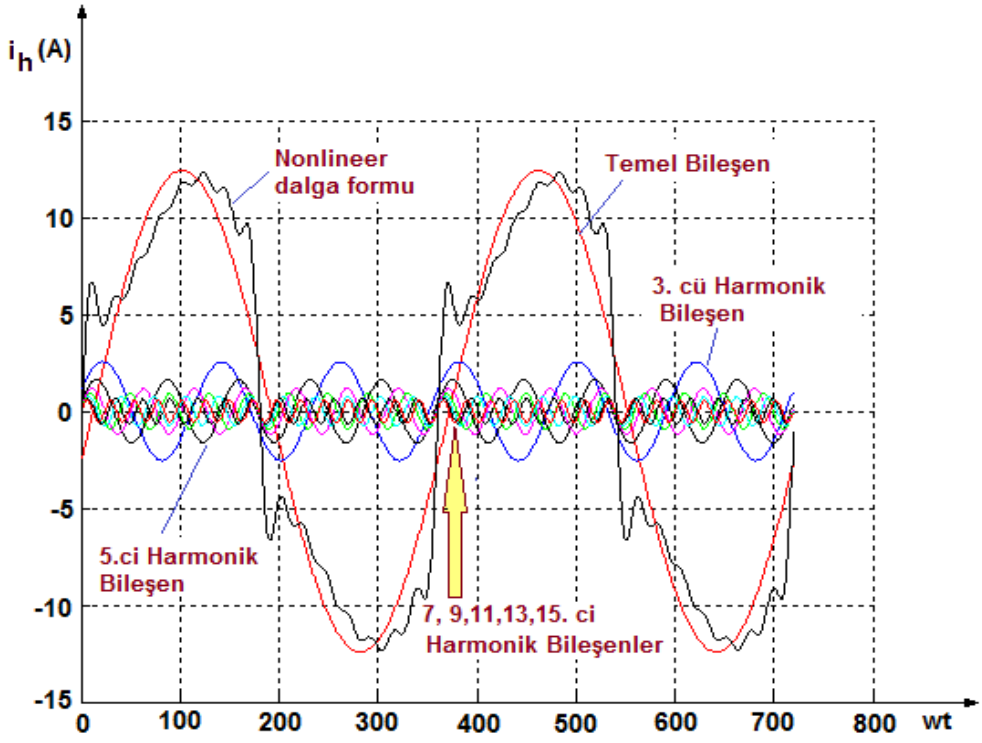
Technical problems are that the plant operation is negatively affected and the quality of energy transferred to the load is reduced.
Keywords: Harmonic components, Nonlinear load, Active power, Reactive power, Distortion power

1. GİRİŞ

Sinüzoidal şebekeye non-lineer yüklerin bağlanmasına sonucunda tesiste harmonik bileşenler oluşur. Güç sistemlerinde sinüzoidal değişim göstermeyen dalga formları, nonsinüzoidal dalgalar olarak adlandırılır. Güç sistemlerinde oluşan gerilim ve akımdaki harmonik bileşenleri birbirlerinden farklı olabildiği gibi aynı da olabilir. Elektrik tesislerinde harmonik bileşenler, gerilimde bulunan harmonik bileşenler, akımda bulunan harmonik bileşenler, hem akım hem de gerilimde bulunan harmonik bileşenler olmak üzere üç şekilde gözükebilir. Non-lineer yüklü bir devreye sinüzoidal gerilim uygulanması sonucunda devrede harmonik bileşenler oluşur [1, 2]. Elektrik tesislerinde sisteme bağlanan non-lineer yükler sonucunda devrede bulunan sinüzoidal formlu gerilim ve akım dalgalarında bozulmalar sinüsten sapmalar oluşur. Sinüs dalga formundan sapmalar genellikle harmoniklerin oluşmasına neden olurlar. THD değeri sinüsten sapmalar hakkında bize bilgi verir. Bu değer büyüdükçe dalga şekli sinüs formundan uzaklaşır [3-5] . Bu lineersizlikler akım ve gerilim dalga şeklinin sinüsten uzaklaşmasına bozulmasına neden olurlar. Güç sistemlerinde harmonik bileşen üreten elemanların bağlanması ile non-lineerlik etkisi hızlı bir şekilde artar.
Yarıiletken devre anahtarların kullanımının hızla artması ve onların doğrultucu, inverter ve çeşitli elektronik devre tasarımı olarak uygulanması sonucunda harmonik bileşen içeren bir şebekenin oluşmasına sebep olurlar [4-6]. Tek fazlı tam dalga kontrolsüz doğrultucu giriş non-lineer akımı dalgasına aitt analitik ifade denklem (1)'de verildiği gibidir.

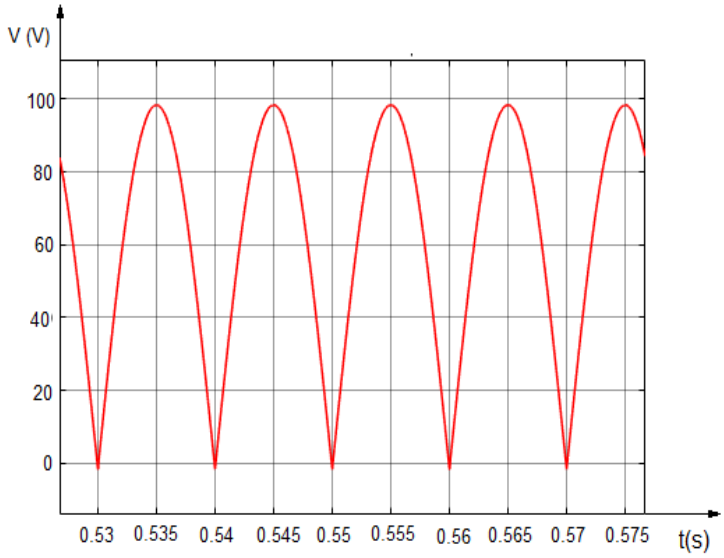
$$\begin{aligned} i(\omega t) &= 17.42\sin(\omega t - 12.31) + 2.547\sin(3\omega t + 24.14) + 1.623\sin(5\omega t + 13.31) + \\ &1.18\sin(7\omega t + 7.717) + 0.9243\sin(9\omega t + 4.051) + 0.759\sin(11\omega t + 1.293) + \\ &0.6435\sin(13\omega t - 0.9683) + 0.5582\sin(15\omega t - 2.928) \end{aligned} \quad (1)$$

Non-lineer karakteristikle olan bir fazlı kontrolsuz doğrultucu giriş akımı ile buna ait harmonik bileşenleri Şekil 1' de verilmiştir.



Şekil 1 Konrolsuz doğrultucu giriş akım ile harmonik bileşenleri

THD değeri dalga formunun sinüsten uzaklaşmasının bir ölçütüdür. Bu değer büyüdükçe akım veya gerilim dalgası sinüs formundan uzaklaşır. Bunun sonucunda güç sisteminde harmonik bileşenler sinüsten uzaklaşma ile orantılı bir şekilde harmonikler artar [7, 8]. Bu artış sonucunda sistem kayıpları artar verim ise azalır. Şekil 2'de tek fazlı tam dalga kontrolsüz doğrultucu ait çıkış gerilimi dalga formu verilmiştir.



Şekil 2 Bir fazlı tam dalga kontrolsüz doğrultucu çıkış gerilimi dalga formu

Güç sistemlerinde harmonik bileşenler devre parametreleri ile rezonans olaylarına da sebep olmakta işletme için çok tehlikeli durumlar meydana getirmektedirler. Bu yüzden işletmelerde harmonik bileşenlerin meydana gelmemesi için tedbirler düşünülüp ona göre tasarım ve tesis dizaynı yapılmalıdır [9, 10].

1.1 Harmoniklerin Oluşmasına Neden Olan Kaynaklar

Güç sistemlerine bağlanan non-lineer elemanlar non-sinüsoidal büyüklüklere neden olmaktadır. Non-sinüzoidal devre büyüklükleri için güç faktörü, güç ifadelerinin hesabı ile güç ve enerjinin ölçümleri önem kazanmaktadır [11-13]. Güç elektroniği tabanlı konverterler ile kesintisiz güç kaynaklarının kullanımının artması ve uygulama alanları nedeniyle, elektrik sistemlerinde gözlenen toplam harmonik distorsiyonu giderek artmakta ve bunun sonucunda oluşan harmonik bileşenler elektrik enerji kalitesinin azalmasına sebep olmaktadırlar. Toplam harmonik distorsiyonu yükselmesi şebekeye bağlı cihazlara zarar vermekte ve ayrıca sistemdeki kondansatörlerin delinmesine rölelerin zamansız açmalarına neden olmaktadır [12-14]. Elektrik tesislerinde harmoniklerin oluşmasına neden olan çihazların başlıçaları şunlardır:

- Konvertörler (Doğrultucular, inverterler, DC/DC kıyıcılar),
- Motor hız kontrol düzenleri,
- Şebekedeki nonlineer yükler,
- Çıkık ve yuvarlak rotorlu generatörler,
- Enerji tasarrufu için kullanılan aygıtlar,
- Frekans konverterleri,
- Ark fırınları,
- Gerilim regülatörleri,
- Gaz deşarjı prensibine göre çalışan aydınlatma armatürleri,
- Statik VAR kompanzatörleri,
- Akümlatör şarj devreleri,
- Fotovoltanik solar sistemler,
- Bilgisayar labaratuarları,
- Kaynak makineleri,
- Güç kaynakları,
- Doğru akım ile enerji iletimi (HVDC),
- Elektrikli ulaşım sistemleri.

Harmonikler bileşenler güç sistemlerindeki kirliliktir. Statik konverterlerin kullanılmalarının arması ile bu kirlilik oranı gün be gün artmaktadır. Güç elektroniği elemanları ve çeşitli non-lineer elemanların her gecen gün artış göstermesi, enerji sisteminde dolaşan non-sinüzoidal büyüklüklerin artmasına neden olmaktadırlar [15, 16]. Bunun bir sonucu, akım ya/da gerilim için harmonik distorsiyonu da artmaktadır.

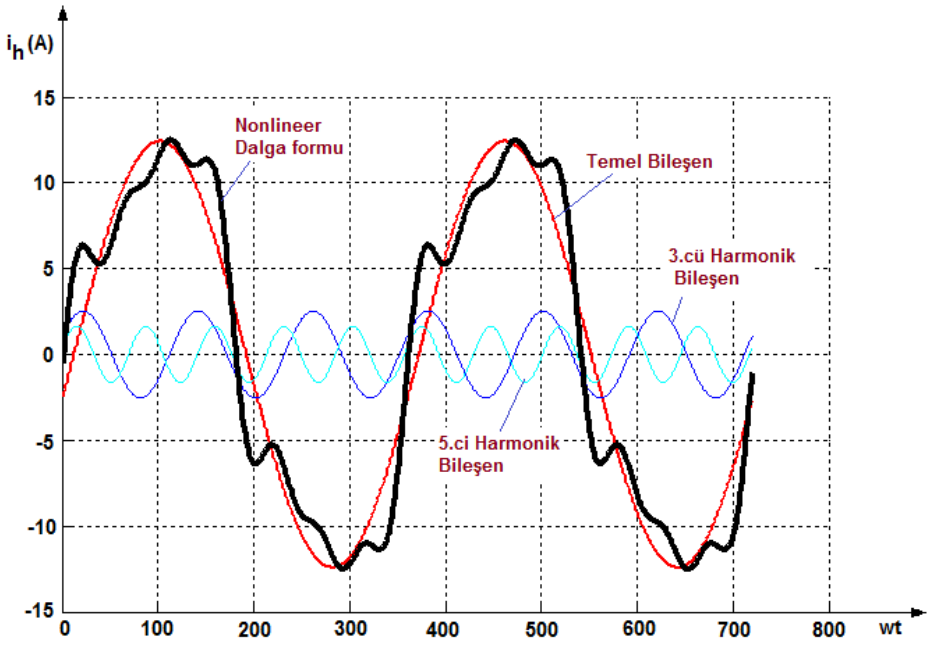
1.2 Harmoniklerin güç sistemlerindeki belli başlı etkileri

Elektrik tesislerinde harmonikler bileşenler devrede kullanılan non-lineer yükler sonucunda ve/veya güç kaynağının durumuna göre oluşurlar.
Güç sisteminde non-lineer devre elemanları veya non-sinüzoidal güç kaynaklar bulunacak olursa veya bunların her ikisinin de olması durumunda oluşurlar.

Bunun sonucunda enerji tesisindeki akım ve gerilimin sinüzoidal olan dalga formu bozulur [17-19]. Bu bozuk dalga formları "non-sinüzoidal dalga" olarak isimlendirilir. Harmonik bileşenlerin güç sistemlerindeki etkileri şunlardır:

- Kondansatörlerin delinmesi veya sigortaların zamansız açması,
- Üçüncü harmoniğin etkin olduğu tesislerde nötr iletkeninin aşırı ısınması,
- Demir nüveli transformatör ve benzeri cihazların ısınması,
- Elektrik elektronik tabanlı ölçme cihazlarında hatalı ölçmeler,
- Güç sistemlerinde akım ve gerilimdeki dalgalanmalar,
- Kondansatörlerin delinmesi,
- CAD/CAM hafıza silinmeleri,
- Ofis cihazlarının gürültülü çalışması,
- Elektrik makinalarının titreşimli çalışması,
- Elektrik tesislerinde kayıplarının artması.

AC/DC dönüştürücüler, inverterler, frekans konvertörleri sinüzoidal gerilimin anahtarlanması prensibiyle çalışan makinalar değişik frekanslı akımlar üretirler. Ek olarak manyetik devrelerin doyması, elektrik arkları, güç sistemlerinde açma kapamalarda meydana gelen darbe ve çökmeler lineer olmayan yüklere örnek verilebilir [18-20]. Demir çekirdekli cihazların doyma bölgesinde çalışması, jeneratör ve motor oluklardaki kaçak akılar, ark ocakları .. vb de değişik frekanslı akımlar üretirler. Bu akımlar şebekedeki empedanslar üzerinde değişik frekanslı ve genlikli gerilimlerin oluşmasına neden olurlar. Bir fazlı tam dalga kontrolsüz doğrultucu giriş akımı dalga formu ile etkin harmonik bileşenlerden üçüncü ve beşinci etkin harmonik bileşenler Şekil 3'te verilmiştir.



Şekil 3 Bir fazlı tam dalga kontrolsüz doğrultucu giriş akımı dalga formu ile üçüncü ve beşinci etkin harmonik bileşenleri

Güç sistemlerinde non-sinüzoidal dalga biçimleri, frekans ve genliği farklı diğer sinüzoidal dalgaların toplamından oluşurlar. Temel dalga dışındaki sinüzoidal formdaki dalgalara "harmonik bileşen" adı verilir [21, 22].
Güç sistemindeki bulunan sinüzoidal dalganın simetrisinden dolayı 3., 5., 7., 9., 11,.... , gibi tek harmonik bileşenleri bulunur buna karşılık çift harmonikli bileşenler bulunmaz. Günümüzde non-lineer yüklerdeki artışlar dikkate alındığında, harmonik bileşenler yakın gelecekte elektrik tesislerini büyük oranda etkileyecekleri gözükmektedir. Sonuç olarak elektrik tesislerinde harmonik bileşenler için sınır limitleri belirlenmelidir. Harmonik bileşenlerin etkili olduğu tesislerde filtre kullanımını zorunlu kılınmalıdır [23].

2. GELİŞME

Elektrik tesislerinde güç elektroniği tabanlı çihazların kullanımının arması ve bu elemanların karakteristiğinin lineer olmaması sonucunda enerji sisteminde dolaşan non-sinüsoidal büyüklüklerin artmasına neden olmaktadırlar. Bunun bir sonucu, akım ya da gerilim sinüzoidal olan dalga formu bozulmakta ve güç siseminin tolam harmonik distorsiyonu değeri de artmaktadır. Harmonik bileşenleri iyi tanımanın yolu bu büyüklüklere ilişkin tanımlamaları öğrenmekten geçer.

2.1 Toplam Harmonik Distorsiyonu

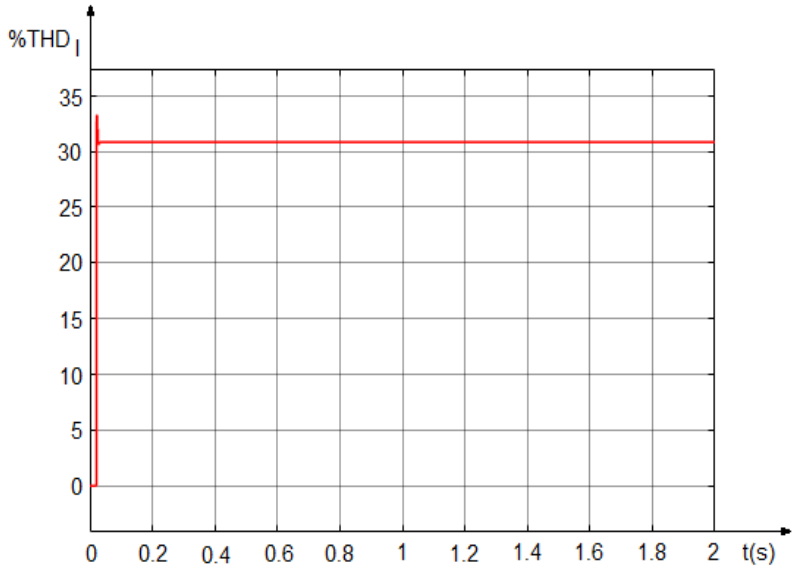
Güç sisteminde harmonik bileşenlerin temel bileşene göre seviyesini belirlemede dikkate alınan en önemli parametredir. Dalga formunda sinüzoidalden uzaklaşmayı, distorsiyon miktarını diğer bir deyişle bozulmanın derecesini belirtir. Bu kavram hem gerilim, hem de akım için verilebilir. Gerilim için,

$$THD_V = \frac{1}{U_1}\left(\sum_{n=2}^{\infty} U_n^2\right)^{1/2} \tag{2}$$

şeklinde ifade edilir. Akım için toplam harmonik distorsiyonu (akım bozulma faktörü)

$$THD_I = \frac{1}{I_1}\left(\sum_{n=2}^{\infty} I_n^2\right)^{1/2} \tag{3}$$

olarak ifade edilir. Güç sisteminde non-lineer yükler düşük güçlü olsalar bile enerji sisteminin sinüsoidal olan akım ve gerilimin dalga formunu bozarlar. Elektrik tesisine bağlanan birçok non-lineer yük dikkate alınırsa bunların sonucunda ek kayıp ile THD (Toplam Harmonik Distorsiyonu) değerinin yükselmesi kaçınılmazdır. Toplam harmonik distorsiyonun zamana bağlı değişimi Şekil 4'te verildiği gibidir.



Şekil 4 Bir fazlı tam dalga kontrolsüz doğrultucu giriş akımının değişimi

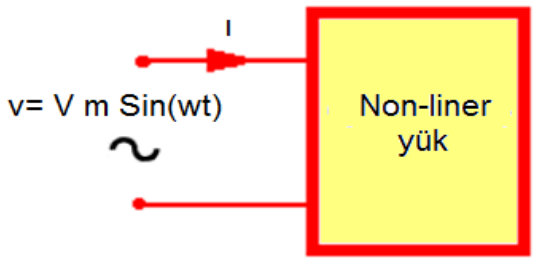
Elektrik tesislerinde enerji kalitesi ile ilgili parametrelerin değerleri ne kadar küçük olursa akım ve gerilimin dalga formunun değişimi sinüs eğrisine daha yakın olur. Dalga formunun saf sinüs şeklinde olması durumunda harmonik bileşenler bulumaz, harmonik bileşenlerin değeri matematiksel olarak sıfır olur. Bunun sonucunda enerji kalitesi ile ilgili bu parametrelerin değerlide sıfır olur. Güç sisteminde yükün non-lineer olması durumunda kaynaktan çekilen akımın efektif değeri,

$$I = \sqrt{I_1^2 + I_2^2 + ... + I_n^2} \tag{4}$$

olarak ifade edilir. Teknolojinin ilerlemesi ile birlikte harmonik kaynakları günbegün artmaktadır. Artan bu harmonik kaynakları da elektrik şebekelerinde istenmeyen olaylara yol açmaktadırlar.

2.2 Yükün Non-Lineer, Kaynağın Sinüzoidal Olduğu Durumda Güç Hesaplamaları

Bu tür devreler besleme kaynağının sinüzoidal yükün non-lineer olması durumunda oluşur. Şekil 5'te non-lineer yük ile sinüzoidal kaynağın bulunduğu devre şeması verilmiştir.



Şekil 5 Yükün non-lineer kaynağın sinüzoidal olması

Bu tür devrelerde kaynaktan yüke yapılan güç transferi sistemdeki akım ve gerilimin temel bileşenleri tarafından yapılmaktadır.

Yüke aktırılan görünür güç,

$$S = V * I \tag{5}$$

olarak ifade edilir. Aktif gücün ifadesi,

$$P = VI_1 \cos \Psi_1 \tag{6}$$

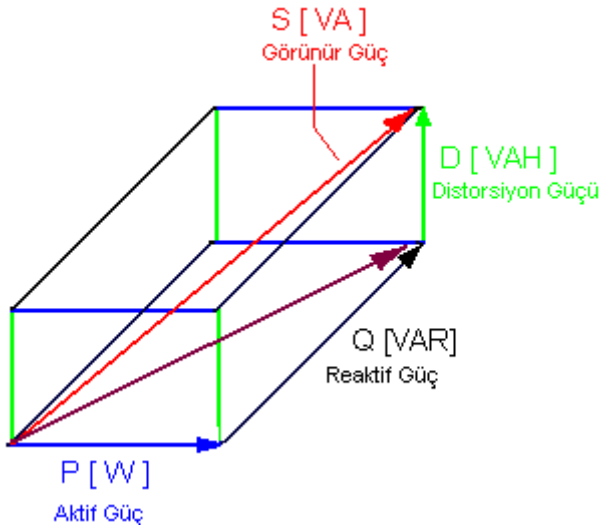
şeklinde ifade edilir. Reaktif güçün ifadesi,

$$Q = VI_1 \sin \Psi_1 \tag{7}$$

olarak belirtilir. Distorsiyon gücünün formülü (8) denkleminde verildiği gibidir.

$$D = \sqrt{S^2 - P^2 - Q^2} \tag{8}$$

Bu gücün fiziksel anlamı, birimi ile reaktif güçle olan ilişkisi halen tartışma konusudur. Bu güç ifadesi konusunda bilim dünyasında halen bir birliktelik mevcut değildir. Harmonik bileşenlerin bulunmadığı sinüzoidal devrelerde bu güç D= 0' dır. Güç sistemlerinde güç faktörü, sinüzoidal veya sinüsoidal olmayan devrelerde aktif güçün görünür güçe oranı şeklinde ifade edilir. Aktif, reaktif ve distorsiyon güçlerinin perspektif gösterimi Şekil 5'te verilmiştir.

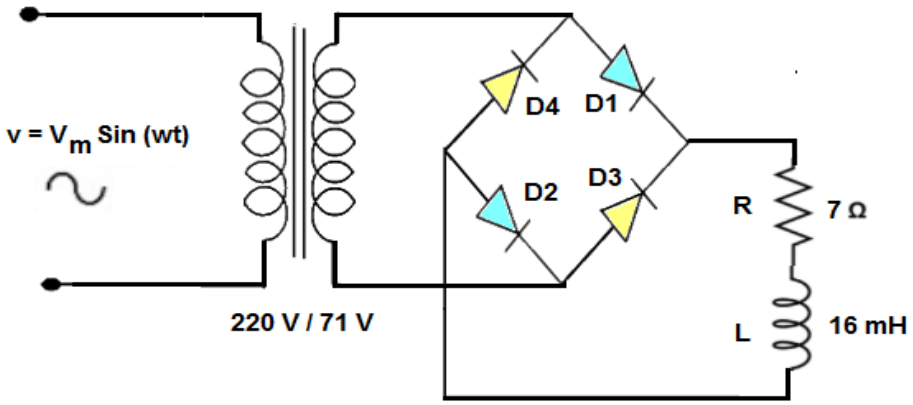


Şekil 5 Harmonikli devrelerde güç bileşenleri

Güç sistemlerinde non-lineer yükler düşük güçlü olsalar bile güç sistemlerinde sinüzoidal olan akım ve gerilim dalga formunu bozarlar. Elektrik tesislerine bağlanan çok sayıda non-lineer yük dikkate alınırsa bunların sonucunda sistemde ek kayıplar ile THD (Toplam Harmonik Distorsiyonu) değerlerinin yükselmesi kaçınılmazdır.

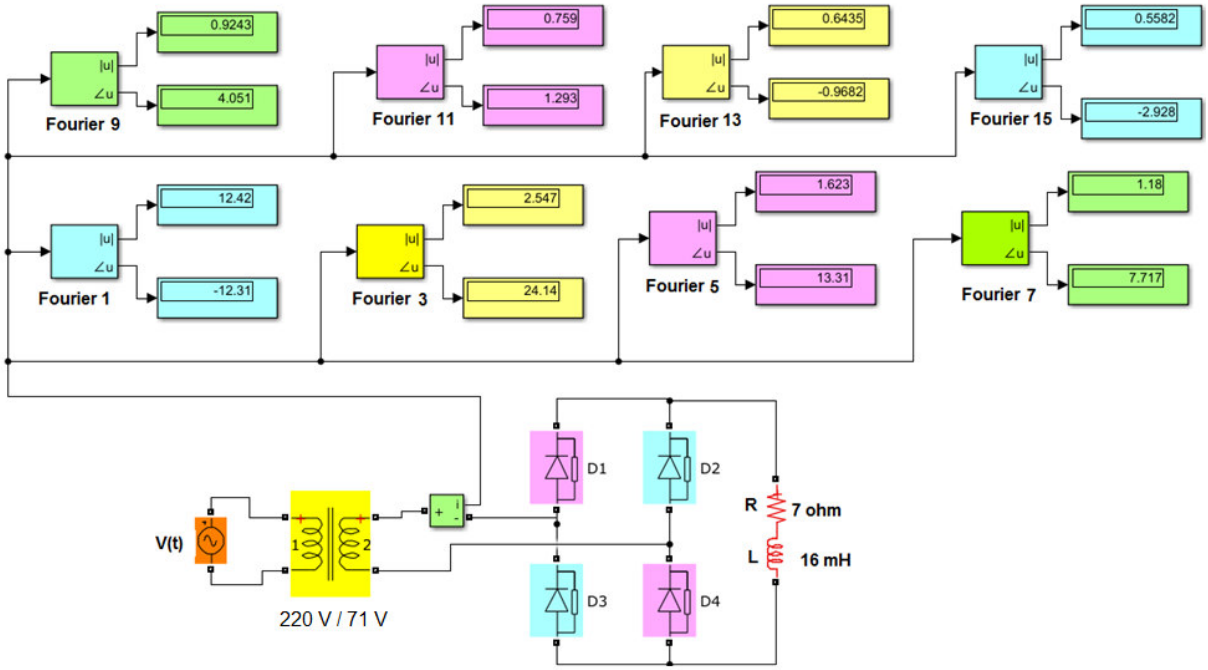
2.3 Sayısal Uygulama

Bir fazlı tam dalga kontrolsüz doğrultucu endüktif bir yükü beslemektedir. Kaynak sinüzoidal yük non-linerdir. Doğrultucunun çektiği akımın harmonikli ifadesi ile aktif reaktif distorsiyon ve görünür gücü bulalım.



Şekil 6 Bir fazlı kontrolsüz doğrultucunun sinüzoidal kaynaktan beslenmesi

Güç sistemlerinde non-lineer yüklerin etkinliğinin azaltılması ve toplam harmonik distorsiyonunun azaltılması enerjinin kalitesi açısından oldukça önemlidir. Elektrik tesislerinde non-lineer elemanlar, üretim, iletim ve dağıtım tesislerinde ciddi bir harmonik kirliliğe sebep olmakta ve yüke aktarılan enerjinin kalitesini düşürmektedirler. Transformatör sekonder devresinden çekilen I_s akımının harmonik bileşenlerinin değerleri Matlab/Simulink paket programında bulunan Fourier blokları yardımıyla bulunur.



Şekil 6 Kontrolsüz doğrultucu giriş akımı Fourier analizi

$$i(\omega t) = 17.42\sin(\omega t - 12.31) + 2.547\sin(3\omega t + 24.14) + 1.623\sin(5\omega t + 13.31) + 1.18\sin(7\omega t + 7.717) + 0.9243\sin(9\omega t + 4.051) + 0.759\sin(11\omega t + 1.293) + 0.6435\sin(13\omega t - 0.9683) + 0.5582\sin(15\omega t - 2.928)$$

olarak bulunur. (4) denkleminden transformatör sekonder akımının effektif değeri,

$$I = 12.57\ A$$

(5) denkleminden transformatör sekonderinin görünür gücü,

$$S = 220 * 12.57 = 2765.4\ \text{VA}$$

olarak bulunur. (6) denkleminden transformatör sekonderinin raktif gücü,

$$P = 71 * \frac{17.42}{\sqrt{2}} * Cos(14.81) = 845.51\ W$$

şeklinde bulunur. (7) denkleminden transformatör sekonderinin raktif gücü,

$$Q_s = 71 * \frac{17.42}{\sqrt{2}} * Sin(14.81) = 223.55\ VAr$$

olarak bulunur. (8) denkleminden transformatör sekonderinin distorsiyon gücü,

$$D_s = \sqrt{2765.4^2 - 845.51^2 - 223.55^2} = 2623.47 \ VAh$$

olarak hesaplanır. Güç sistemlerinin kararlı ve sorunsuz bir şekilde çalışmasını sağlamak için, tasarım ve dizayn aşamasında non-lineer yükler veya non-sinüsoidal kaynakların meydana getirdiği harmonik bileşenlerin hesaplanarak veya ölçülerek ortaya konması gerekli tedbirlerin alınması gerekir.

3. SONUÇ

Elektrik tesislerinde harmonik bileşenlerin oluşmasının nedeni elektrik devrelerinde kullanılan lineer olmayan devre elemanlarıdır. Bu devre elemanlarının, gerilimi ile akımı arasındaki bağıntının lineer olmayışından dolayı harmonikler oluşmaktadır. Transformatör gibi magnetik devrelerde aşırı doyma, elektrik arkları ile güç elektroniği tabanlı cihazlarda sinüzoidal gerilimin anahtarlaması ve kıyılması gibi olaylar lineer olmayan olaylardır. Teknolojik gelişmelere paralel olarak güç elektroniği devre elemanları ve çeşitli non-lineer yüklerin artış göstermesi güç sistemlerinde dolaşan non-sinüzoidal bileşenlerin çoğalmasına neden olmaktadırlar. Sonuç olarak, güç sisteminde akım ya da gerilim için toplam harmonik distorsiyonu artmaktadır. Elektrik tesislerinde harmonik problemlerinin analizi ve elimine edilmesi için, harmonik bileşenlerin seviyelerinin belirlenmesi hesaplanması gerekmektedir. Harmonik bileşenlerin yok edilmeleri gerekmektedir.

Elektrik tesislerinde harmonik distorsiyonu güç kaynaklardan büyük uzaklıkta bulunan tüm güç sistemini etkilemektedir. Harmonik bileşenlerin güç sistemlerindeki kirliliktir. Statik konverterlerin kullanılmalarının arması ile bu kirlilik oranı gün geçtikçe artmaktadır. Harmonik bileşenler ile aktif, reaktif ve distorsiyon güçlerinin incelendiği bu çalışmada sağlanan sonuçlar ve öneriler şumlardır:

- Güç sistemlerinde non-lineer yüklerin bozucu etkilerinin azaltılması, oluşan harmonik distorsiyonunun giderilmesi tüketicilere sunulan enerjinin kalitesi açısından önemlidir. Güç sisteminde non-lineer yükler elektriksel üretim, iletim ve dağıtım sistemlerinde harmonik bileşenlerin artmasına neden olmakta sistemin harmonik distorsiyon değerinin artmasına neden olmaktadırlar.
- Elektrik tesislerinde harmonik bileşenler teknik ve ekonomik olumsuzluklara sebep olmaktadırlar. Sistemde harmonik bileşenler ısı kayıplarına neden olmakta buda elektrik faturalarının artmasına neden olmaktadır. Elektrik tüketicileri sanayi kuruluşlarının harmonik bileşenlerin meydana getirdiği olumsuzluklar hakkında bilgileri yoktur. Bundan dolayı tüketicilerin bu konularda bilgilendirilmeleri gerekir.
- Harmonik bileşenlerin zaralı etkilerinde korunmak için aktif veya pasif filtreler kullanılmalıdır. Elektrik tesisinde toplam harmonik distorsiyonu statndartlarca belirtilen seviyelerin altına çekilmelidir. Bu yapılmazsa bir tüketicinin ürettiği harmoniklerden komşu diğer bir tüketici zarar görecektir. Güç sistemlerinde non-lineer yüklerin bozucu etkilerinin azaltılması enerjinin kalitesi açısından büyük önem taşımaktadır. Elektrik tesislerinde bulunan non-lineer yükler harmonik distorsiyonun artmasına neden olmakta yüke aktarılan elektrik enerjisinin kalitesini düşürmektedirler.

KAYNAKLAR

[1] Arrillaga, J., Smith, B.C., Watson, N.R. ve Wood, A.R., Power System Harmonic Analysis, John Wiley & Sons.1997.

[2] Çolak, İ., Bayindir, R. and Kabalci, E., A Modified Harmonic Mitigation Analysis Using Third Harmonic Injection PWM in a Multilevel Inverter Control, 14th International Power Electronics and Motion Control Conference Ohrid, Macedonia, 2010.

[3] Germeç, K. E., Erdem H., Time-harmonic analysis in electric power systems, Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University, 30 (2), 263-271, 2015.the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University, 24(34)(715-723). 2009.

[5] Rashid, H.M., Power Electronics, Circuits, Devices, and Applications, Perason Press, 2014.

[6] Adak, S., Cangi, H., Analysis and Simulation Total Harmonic Distortion of Output Voltage Three Level Diode Clamped Inverter in Photovoltaic System, Bitlis Eren University, Fen Bilimleri Dergisi, ISSN 2147-3129,2015.

[7] Kocatepe, C., Uzunoglu, M., Yumurtacı, R. ve Arıkan, O., Elektrik Tesislerinde Harmonikler, Birsen Yayınevi, İstanbul 2003.

[8] Bhende, C.N., Kalam, A., Malla, S.G., Mitigation of Power Quality Problems in Grid-Interactive Distributed Generation System, DE Gruyter:International Journal of Emerging Electric Power Systems, Vol. 17, pp. 165-172, April 2016.

[9] Ozdemir, A., Ferikoglu, A., Low cost mixed-signal microcontroller based power measurement technique - IEE Proceedings-Science Measurement And Technology - Vol.151 - pp.253-258 - ISSN: 1350-2344 - DOI: 10.1049/ip-smt:20040242 - JUL - - Article - - 2004 - WOS:000222969400004.

[10] Yilmaz, A. S., Alkan, A., Asyali, M., Applications of parametric spectral estimation methods on detection of power system harmonics, Electric Power Systems Research, 78, Issue 4, , pp 683-693, April 2008.

[11] Rüstemli, S., Okuducu, E., Efe, S.B., Elektrik Tesislerinde Harmoniklerin Pasif Filtre Kullanılarak Azaltılması ve Simülasyonu, EVK2015: 6. 2015, Enerji Verimliliği Kalitesi Sempozyumu, pp120-124, 4-6 Haziran, Sakarya.

[12] Acha E. and Madrigal M. Power System Harmonics Computer Modeling and Analysis., John Willey & Sons, 2001.

[13] Inan, A., Köroğlu, S., İzgi, E., Dengeli Elektrik Enerji Sistemi Verilerini Kullanarak Dengesiz Sistem Kayıplarının Yapay Sinir Ağları ile Belirlenmesi, Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, cilt.11, sa.1, ss.47-52, 2005

[14] Ayan, K., Arifoğlu, U., Optimizing reactive power flow of HVDC systems using genetic algorithm - International Journal of Electrical Power & Energy Systems - Vol.55 - pp.1-12 - ISSN: 0142-0615 - DOI: 10.1016/j.ijepes.2013.

[15] Bathurst, N., Smith, B.C., Watson, N. R., Arrillaga, J., Harmonic Domain Modelling of High-Pulse Converters". IEE Proceedings Online no.19990294. pp. 335-349, 1999.

[17] Sekkeli, M., Tarkan, N., Development of a novel method for optimal use of a newly designed reactive power control relay. International Journal of Electrical Power and Energy Systems 2013; 44:736-742.

[18] Srivastava, K. K., Shakil, S. and Pandey A. V., Harmonics & Its Mitigation Technique by Passive Shunt Filter. International Journal of Soft Computing and Engineering (IJSCE) ISSN, pp. 2231-2307, 2013.

[19] Nedimoğlu,E. Gümüş ,B., Şebekeye Bağlı Güneş Enerjisi Santrallerinin Harmoniklerine Etki Eden Parametrelerin Araştırılması, Dicle Üniversitesi Mühendislik Dergisi , https://doi.org/10.24012/dumf.605070, 2019.

[20]Arifoğlu, U., Matlab 9.1-Simulink ve Mühendislik Uygulamaları, Alfa Yayıncılık, 964p. İstanbul-Turkey, 2016.

[21] Germeç, K.E., Erdem H., Time-Harmonic Analysis in Electric Power Systems, Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University, 30 (2), 263-271, 2015.

[22] Mohan, N., Undeland, M.T. ve Robbıns, P.W., Power Electronics: Converters, Applications and Design. , John Wiley, New York ,1989.

[23] Anooja, C. L. and Leena, N., Passive Filter for Harmonic Mitigation of Power Diode Rectifier and SCR Rectifier Fed Loads. International Journal of Scientific & Engineering Research, Vol. 4, No. 6.2013.

ISPEC INSTITUTE

Certificate
of participation

This certificate is proudly presented to

Assist. Prof. Dr. Süleyman ADAK

in oral and technical presentation,
recognition and appreciation of research contributions to

11TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON ENGINEERING & NATURAL SCIENCES
SEPTEMBER 18-19, 2021 / MUS, TURKEY

with the paper entitled

HARMONIC ANALYSIS OF ONE PHASE FULL WAVE UNCONTROLLED RECTIFIER

Assoc. Dr. Seyithan Seydoşoğlu
Chairman of The Organizing Board

www.ispecongress.org

ISPEC INSTITUTE

Certificate

of moderation of session

This certificate is proudly presented to

Assist. Prof. Dr. Süleyman ADAK

in greatful appreciation of his contribution,
as Moderator of Session, to the success of the

11TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON ENGINEERING & NATURAL SCIENCES

organized by ISPEC Institute
held on September 18-19, 2021 / Mus, Turkey

Assoc. Dr. Seyithan Seydoşoğlu
Chairman of The Organizing Board

www.ispecongress.org