

ULUSLARARASI  
MARDİN ARTUKLU MULTİDİSİPLİNER ÇALIŞMALAR  
KONGRESİ

«Uygulamalı Bilimler Tam Metin Kitabı»

19-21 Nisan 2019

MARDİN



Editörler:  
Dr. Öğr. Üyesi Hasan ÇİFTÇİ  
Öğr. Gör. Yasemin AĞAOĞLU

ISBN: 978-605-7875-40-2  
İKSAD YAYINEVİ



---

**MARDİN ARTUKLU ULUSLARARASI  
MULTİDİSİPLİNER ÇALIŞMALAR  
KONGRESİ 19-21 NİSAN 2019  
MARDİN/TÜRKİYE**

---

**TAM METİN KİTABI**



**ISBN 978-605-7923-97-4**

# KONGRE TAM METİN KİTABI

## Editörler

**Dr.Öğr. Üyesi Hasan ÇİFTÇİ**

**Öğr.Gör.Yasemin AĞAOĞLU**

**İKSAD YAYINEVİ®**

(TC. KÜLTÜR VE TURİZM BAKANLIĞI YAYINEVİ RUHSAT NUMARASI: 2014/31220)

**TÜRKİYE**

**TR: +90 342 606 06 75 USA: +1 347 257 9863**

**E-mail: info @iksad.com**

Bu kitabın tüm hakları İKSAD Yayınevi'ne aittir.

Yazarlar etik ve hukuki olarak eserlerinden sorumludurlar.

Iksad Publications - 2019©

Yayın Tarihi: 29.01.2019

ISBN 978-605-7923-97-4

# KONGRE KÜNYESİ

## KONGRE ADI

MARDİN ARTUKLU ULUSLARARASI MULTİDİSİPLİNER ÇALIŞMALAR KONGRESİ

## TARİHİ VE YERİ

19-21 Nisan 2019 MARDİN

## DÜZENLEYEN KURUMLAR

İKSAD- İktisadi Kalkınma ve Sosyal Araştırmalar Derneği

## BİLİM KURULU BAŞKANI

Prof. Dr. Sarash KONYRBAYEVA

## DÜZENLEME KURULU

*Doç. Dr. Veysi ÜNVERDİ*

*Dr. Adnan OKTAY*

*Sefa Salih BİLDİRİCİ*

*Yasemin AĞAOĞLU*

*Damezhan SADYKOVA*

*Ahmad Awad RASLAN*

*Zeynep KARAÇOBAN*

*Kaldygul ADILBEKOVA*

*Bircan TAŞKESER*

## KOORDİNATÖR

Öğr.Gör.Yasemin AĞAOĞLU

## KONGRE DİLLERİ

Türkçe, İngilizce

# BİLİM VE DANIŞMA KURULU

*Dr. Adil AKINCI*

*Kırklareli Üniversitesi*

*Dr. Alma T. AKAJANOVA*

*Abay Kazak Milli Pedagoji Üniversitesi*

*Dr. Alla A. TIMOFEVA*

*Vladivostok Devlet Ekonomi Üniversitesi*

*Dr. Ali Rıza GÜL*

*Eskişehir Osmangazi Üniversitesi*

*Dr. Alia R. MASALİMOVA*

*Al – Farabi Kazak Milli Üniversitesi*

*Dr. Amanbay MOLDİBAEV*

*Taraz Devlet Pedagoji Üniversitesi*

*Dr. Anatoliy LOGİNOV*

*Ukrayna Şevçenko Lugan Milli Üniversitesi*

*Dr. A.S. KİDİRŞAYEV*

*Makhambet U. Batı Kazakistan Devlet Üniversitesi*

*Dr. Ayslu B. SARSEKENOVA*

*Orleu Milli Kalkınma Enstitüsü*

*Dr. Bahat KULBAEVA*

*S.Baybeşev Aktobe Üniversitesi*

*Dr. Bakıt OSPANOVA*

*H.Ahmet Yesevi Uluslararası Kazak-Türk Üniversitesi*

*Dr. Bayram BOLAT*

*Ömer Halisdemir Üniversitesi*

*Dr. Bazarhan İMANGALİYEVA*

*K.Zhubanov Aktobe Devlet Bölge Üniversitesi*

*Dr. Barış YILDIZ*

*Gümüşhane Üniversitesi*

*Dr. Bahtiyar MEHMETOĞLU*

*Tokat Üniversitesi*

*Dr. Barış AYTEKİN*

*Kırklareli Üniversitesi*

*Dr. Bekzhan B. MEYRBAEV*

*Al – Farabi Kazak Milli Üniversitesi*

*Dr. Berrin GÜZEL*

*Adnan Menderes Üniversitesi*

*Dr. B.K.ZAYADAN*

*Al – Farabi Kazak Milli Üniversitesi*

*Dr. Botagul TURGUNBAEVA*

*Kazak Devlet Kızlar Pedagoji Üniversitesi*

*Dr. Caner KARAVİT*

*Mimar Sinan Üniversitesi*

*Dr. Cemal İNCE*

*Gaziosmanpaşa Üniversitesi*

*Dr. Cholpon TOKTOSUNOVA*

*Rasulbekov Kırgız Ekonomi Üniversitesi*

*Dr. D.K.TÖLEGENOVA*

*Makhambet U. Batı Kazakistan Devlet Üniversitesi*

*Dr. Dinarakhan TURSUNALİEVA*

*Rasulbekov Kırgız Ekonomi Üniversitesi*

*Dr. Dursun KÖSE*

*Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi*

*Dr. Dzhakipbek A. ALTAEV*

*Al – Farabi Kazak Milli Üniversitesi*

*Dr. Elvan YALÇINKAYA*

*Ömer Halisdemir Üniversitesi*

*Dr. Elena Belik VENIAMINOVNA*

*Vladivostok Devlet Ekonomi Üniversitesi*

*Dr. Erkan ALSU*

*Gaziantep Üniversitesi*

*Dr. F. Zişan KARA*

*Aksaray Üniversitesi*

*Dr. Fethi DEMİR*

*Yüzüncü Yıl Üniversitesi*

*Dr. Fujimaki HARUYUKI*

*Tottori University*

*Dr. George RUDIC*

*Montreal Pedagoji Enstitüsü*

*Dr. Gönül ERDEM NAS*  
*Bartın Üniversitesi*  
*Dr. Guzel SADYKOVA*  
*Kastamonu Üniversitesi*  
*Dr. Gulmira ABDİRASULOVA*  
*Kazak Devlet Kızlar Pedagoji Üniversitesi*  
*Dr. Gulşat ŞUGAYEVA*  
*Dosmukhamedov Atyrau Devlet Üniversitesi*  
*Dr. Hacer ARSLAN KALAY*  
*Yüzüncü Yıl Üniversitesi*  
*Dr. Hacer MUTLU DANACI*  
*Akdeniz Üniversitesi*  
*Dr. Hakan CANDAN*  
*Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi*  
*Dr Halil AKMEŞE*  
*Necmettin Erbakan Üniversitesi*  
*Dr. Hasan COŞKUN*  
*Gaziosmanpaşa Üniversitesi*  
*Dr. Hasan TUTAR*  
*Sakarya Üniversitesi*  
*Dr. Hüseyin ÇETİN*  
*Selçuk Üniversitesi*  
*Dr. İbrahim BOZACI*  
*Kırıkkale Üniversitesi*  
*Dr. İbrahim KILIÇ*  
*Afyon Kocatepe Üniversitesi*  
*Dr. İlker YAKIN*  
*Mersin Üniversitesi*  
*Dr. İsaevna URKİMBAEVA*  
*Abılay Han Uluslararası İlişkiler Üniversitesi*  
*Dr. İskender ASKEROV*  
*Giresun Üniversitesi*  
*Dr. Kemal EROL*  
*Yüzüncü Yıl Üniversitesi*  
*Dr. Kenjehan MEDEUBAEVA*

*Kazak Devlet Kızlar Pedagoji Üniversitesi*

*Dr. Kenan İLARSLAN*

*Afyon Kocatepe Üniversitesi*

*Dr. Keles Nurmaşulı JAYLIBAY*

*Kazak Devlet Kızlar Pedagoji Üniversitesi*

*Dr. Mahabbat OSPANBAEVA*

*Taraz Devlet Pedagoji Üniversitesi*

*Dr. Malik YILMAZ*

*Atatürk Üniversitesi*

*Dr. Mavlyanov ABDİGAPPAR*

*Kırgızistan Elaralık Üniversitesi*

*Dr. Maira ESİMBOLOVA*

*Kazakistan Narkhoz Üniversitesi*

*Dr. Maira MURZAHMEDOVA*

*Al – Farabi Kazak Milli Üniversitesi*

*Dr. Mehmet AVCI*

*Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi*

*Dr. Mehmet AKSARAYLI*

*Dokuz Eylül Üniversitesi*

*Dr. Mehmet GÜNGÖR*

*Mersin Üniversitesi*

*Dr. Mehmet Recep TAŞ*

*Yüüncü Yıl Üniversitesi*

*Dr. Merina B. VLADIMIROVNA*

*Vladivostok Devlet Ekonomi Üniversitesi*

*Dr. Mehmet GÜLLÜ*

*Gaziosmanpaşa Üniversitesi*

*Dr. Metin KOPAR*

*Adıyaman Üniversitesi*

*Dr. Miraç EREN*

*Ondokuz Mayıs Üniversitesi*

*Dr. Mustafa GÜLEÇ*

*Ankara Üniversitesi*

*Dr. Mustafa TALAS*

*Ömer Halisdemir Üniversitesi*

*Dr. Nadejda HAN*

*E.A. Buketov Karaganda Devlet Üniversitesi*

*Dr. Necati DEMİR*

*Gazi Üniversitesi*

*Dr. Nihan BİRİNCİOĞLU*

*Karadeniz Teknik Üniversitesi*

*Dr. Nobuaki TAKEDA*

*Sapparo City Üniversitesi*

*Dr. Nuran AKŞİT AŞIK*

*Balıkesir Üniversitesi*

*Dr. N.N. KERMANOVA*

*Kazak Devlet Kızlar Pedagoji Üniversitesi*

*Dr. Orhan ELMACI*

*Dumlupınar Üniversitesi*

*Dr. Osman Kubilay GÜL*

*Cumhuriyet Üniversitesi*

*Dr.Ömer Okan FETTAHLIOĞLU*

*Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi*

*Dr. Ömer UĞUR*

*Gümüşhane Üniversitesi*

*Dr. Özlem GÜZEL*

*Akdeniz Üniversitesi*

*Dr. Özkan AYDOĞDU*

*Cumhuriyet Üniversitesi*

*Dr. Rustem KOZBAGAROV*

*M. Tınışbayev Kazak Araç ve İletişim Akademisi*

*Dr. Sarash KONYRBAEVA*

*Kazak Devlet Kızlar Pedagoji Üniversitesi*

*Dr. Selahattin KAYNAK*

*Ondokuz Mayıs Üniversitesi*

*Dr. Seden DOĞAN*

*Samsun 19 Mayıs Üniversitesi*

*Dr. Shigeko KAMISHIMA*

*Sapparo City Üniversitesi*

*Dr. Sibel BAYRAM*

*Düzce Üniversitesi*

*Dr. Sibel Mehter AYKIN*

*Akdeniz Üniversitesi*

*Dr. Suat KOLUKIRIK*

*Akdeniz Üniversitesi*

*Dr. Sevcan YILDIZ*

*Akdeniz Üniversitesi*

*Dr. Şara MAJITAYEVA*

*E.A. Buketov Karaganda Devlet Üniversitesi*

*Dr. Takashi HASUNI*

## İÇİNDEKİLER

KONGRE KÜNYESİ	ii
BİLİM KURULU	iii-viii
METİNLER	x-xi

<b>Nilüfer Matur OKUR, Nurettin OKUR</b>	
<b>Karbamazepin Ve Valproik Asit İle Tedavi Edilen Epilepsili Çocuklarda, Serum Lipidleri Ve Karaciğer Fonksiyon Testlerinin İncelenmesi</b>	<b>139-149</b>
<b>Amitriptilin zehirlenmesi nedeniyle yatan olguların değerlendirilmesi</b>	<b>150-154</b>
<b>Gediz UĞUZ, Abdülkadir AYANOĞLU, Erdal KARADURMUŞ</b>	
<b>Laboratuvar Ölçekli Deneysel Çalışmalarda Ölçüm Belirsizliğinin Önemi</b>	<b>155-159</b>
<b>Erdoğan KARİP, Mehtap MURATOĞLU</b>	
<b>Genleştirilmiş Perlit Takviyeli Sentetik Hidroksiapatit Ve Koyun Kemiginden Elde Edilen Doğal Hidroksiapatit Biyoseramik Kompozitlerin Hibrit Bioseramik Kompozitlerin Karakterizasyonu</b>	<b>160-170</b>
<b>Faraz AFSHARİ, Bayram ŞAHİN, Alessia ARTECONİ, Fabio POLONARA, Giovanni Di NİCOLA</b>	
<b>A Literature Review on Energy and Exergy Aspects of Heat Pumps</b>	<b>170-182</b>
<b>Ezgi GÜNAY, Umut DOĞAN</b>	
<b>Traktör Kabin Numunesi Eğilme Testlerinin Sonlu Elemanlar Metodu Ve Deneysel Çalışmalarla Modellenerek Yapılması</b>	<b>183-225</b>
<b>Tahir ATEŞ</b>	
<b>Metruk Alana Dönüşmüş Kızıltepe Şahkulubey Kümbetinin Restorasyonu Ve Mardin Tarih, Kültür ve Turizmüne Yeniden Kazandırılması İçin Bir Öneri</b>	<b>226-243</b>
<b>Kızıltepe Şahkulubey Kümbetinin Rölöve Ve Restorasyon Çalışması</b>	<b>244-250</b>
<b>Yunus Levent EKİNCİ, Aydın BÜYÜKSARAC, Özcan BEKTAŞ, Rezzan EKİNCİ, Ercan IŞIK</b>	
<b>Bir Yanardağın Anatomisi: Nemrut Volkanı, Bitlis</b>	<b>251-258</b>
<b>Mardin Ve Civarının Depremselliği</b>	<b>259-265</b>
<b>Mehtap MURATOĞLU, Tuğçe Özcan, Selin Baydemir ,Büşra Önce1</b>	<b>266-272</b>
<b>Genleştirilmiş Perlit, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, MgO ve ZrO<sub>2</sub> Takviyesi ile Elde Edilen Doğal ve Sentetik Hidroksiapatit Kompozitlerin İncelenmesi</b>	<b>273-295</b>
<b>Toz Metalürjisi Yöntemi ile Farklı Takviyeler Kullanarak Hibrit Alüminyum Köpük Üretimi</b>	<b>296-308</b>
<b>Suleyman ADAK, Hasan CANGİ</b>	
<b>Güç Sistemlerinde Harmonik Rezonansın Analizi Ve Modellenmesi</b>	<b>309-321</b>
<b>Tarihi Mardin Yapılarında Dış Cephe Aydınlatması</b>	<b>322-334</b>

## GÜÇ SİSTEMLERİNDE HARMONİK REZONANSIN ANALIZI VE MODELLENMESİ

**Dr.Öğr. Üyesi Suleyman ADAK**

Mardin Artuklu Üniversitesi, Meslek Yüksekokulu, Elektrik ve Eneji Bölümü

**Dr. Hasan CANGİ**

HasCan Mühendislik Bürosu, Mardin, Türkiye

### ÖZET

Harmoniklerin bileşenlerin en büyük bozucu etkilerinden biri de rezonans etkisidir. Endüktif reaktansın kapasitif reaktansa eşit olduğu frekansa "rezonans frekansı" denmektedir. Güç sistemlerinde frekans arttıkça endüktif freaktans artarken; kapasitif reaktans azalmaktadır. Güç sisteminin frekansı endüktif reaktansla doğru orantılı, kapasitif reaktans ile ters orantılıdır. Kapasitif ve endüktif reaktansın, aynı harmonik frekansta birbirlerine eşit olması durumunda rezonans oluşur. Rezonans güç sisteminde çok yüksek gerilimlerin oluşmasına ve sisteme bağlı donanımın zarar görmesine neden olur. Paralel ve seri olmak üzere iki türlü rezonans vardır. Seri rezonans harmonik akımlarının akışına düşük empedans göstermesine karşın, paralel rezonans harmonikli akımların akışına yüksek empedans gösterir. Seri rezonans gerilim yükselmelerine neden olurken, paralel rezonans ise akım değerlerinin artmasına neden olmaktadır. Güç sisteminde rezonans oluşması sonucunda yüksek düzeyde gerilim veya akım değerleri oluşur. Aşırı akım ve gerilim değerleri güç sistemindeki kondansatör bataryaları bozulmasına ve sisteme bağlı donanımların devre dışı kalmasına neden olur.

**Anahtar Kelimeler** : Harmonik bileşenler, Rezonans, Paralel rezonans, Aşırı akım ve gerilimler, Seri rezonans.

## MODELİNG AND ANALYSIS OF HARMONIC RESONANCE İN POWER SYSTEMS

### Abstract

One of the biggest disturbing effects of harmonic components are the resonance effect. The frequency at which the inductive reactance is equal to the capacitive reactor is called the "resonance frequency". As the frequency increases in power systems, inductive reactance increases; capacitive reactance is decreasing. The frequency of the power system is directly proportional to inductive reactance, inversely proportional to capacitive reactance. Resonance condition are created when the inductive and capacitive reactances become equal at one of the harmonic frequencies. Resonance leads to very high voltages in the power system and damage to the equipment connected to the system. There are two types of resonance, paralel and series. Although the series resonance shows low impedance to the flow of harmonic currents, the paralel resonance show shigh impedance to the flow of harmonic currents. While the series resonance causes voltage increases, paralel resonance causes the current values to increase. As a result of resonance in the power system, high voltage or current values are generated. The over current and voltage values cause the capacitor batteries in the power system to fail and the equipment connected to the system to be disabled.

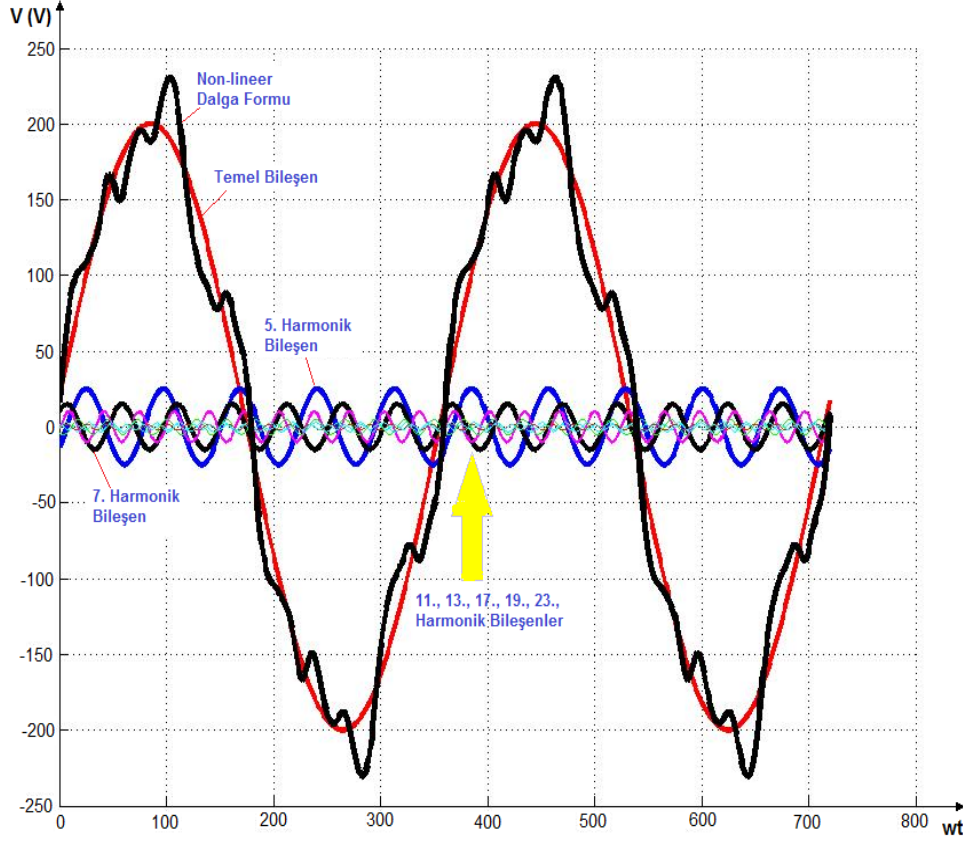
**Keywords** : Harmonic compenets, Rezonance, Parallel rezonans, Over current and voltage, Series resonance.

### 1.GİRİŞ

Alternatif akım güç sistemlerinde endüktif reaktansın kapasitif reaktansa eşit olması ile güç sisteminde rezonans oluşur. Elektrik tesislerinde rezonans olması durumunda devreden yüksek akımlar akar [1-3]. Bunun sonucunda tesisteki birçok cihaz hasar görürü. Elektrik devrelerindeki harmonik bileşenlerin mutlak surette tespit edilip bunları yok edecek filtrelerin tesise yerleştirilmesi gerekir.

$$v(\omega t) = 200\sin(\omega t + 5^\circ) + 25\sin(5\omega t - 35^\circ) + 15\sin(7\omega t + 40^\circ) + 10\sin(11\omega t - 10^\circ) + 5\sin(13\omega t - 140^\circ) + 3\sin(17\omega t - 21^\circ) + 2\sin(19\omega t - 33^\circ) + 1.5\sin(23\omega t + 80^\circ) \quad (1)$$

harmonikli gerilim dalgası ile harmonik bileşenleri Şekil 1' de verilmiştir.



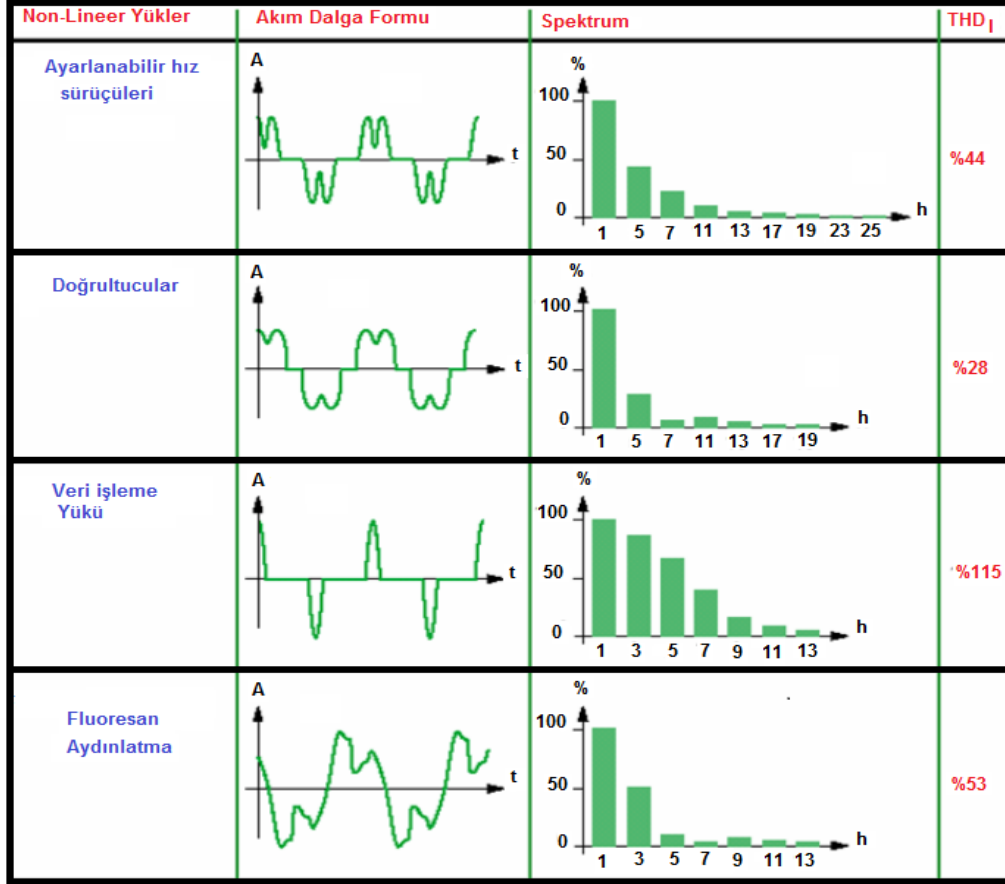
Şekil 1. Non-lineer gerilimli dalga formu ile harmonik bileşenleri

Harmonik bileşenlerin en büyük bozucu etkilerinden biri de rezonans etkisidir. Endüktif reaktansın kapasitif reaktansa eşit olduğu frekansa "rezonans frekansı" denmektedir. Bilindiği gibi güç sistemlerinde frekans arttıkça endüktif reaktans artarken; kapasitif reaktans azalmaktadır [2-4]. Yani güç sisteminin frekansı endüktif reaktansla doğru orantılı, kapasitif reaktans ile ters orantılıdır.

## 2. ARAŞTIRMA

Rezonans kapasitif ve endüktif reaktansların birbirine eşit olduğunda oluşur ve devrede omik yükün etkili olması durumudur. Harmonik bileşenlerin yol açtığı rezonans sonucunda sistemde

harmonik frekanslar oluşur. Harmonik bileşenlerin giderilmesi zararlı genliğe sahip harmonik bileşenler harmonik filtreler vasıtası ile süzülmalıdır. Şekil 2’de çeşitli yüklerle ilişkin harmonik distorsiyon değerleri verilmiştir.

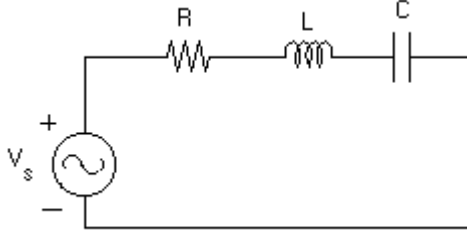


Şekil 2. Çeşitli yüklerle ait dalga formu ile harmonik bileşenler

Elektrik devrelerinde seri ve paralel rezonans olmak üzere iki türlü rezonans mevcuttur. Paralel rezonans en çok raslanan rezonans türüdür. Rezonans olayları elektrik tesislerinde istenmeyen olaylardır. Rezonans sonucunda bir çok devre elemanı hasar görür [5, 6]. Sanayi tesislerinde konması zorunlu olan kondansatörler ile otomatik kompanzasyon yapmak zorunlu olmaktadır ki bu da enerji sisteminde birden fazla rezonans frekansı oluşturacağından her zaman büyük oranda risk oluşturur.

## 2.1 Seri rezonans

R, L, C devre elemanlarının bulunduğu bir devrede endüktif reaktansın kapasitif reaktansa eşit olması durumunda rezonans oluşur. Rezonans durumunda empedans değeri küçük olduğundan devreden yüksek akım akar [7, 8]. Şekil 3'te seri rezonansa ait prensip şeması verilmiştir.

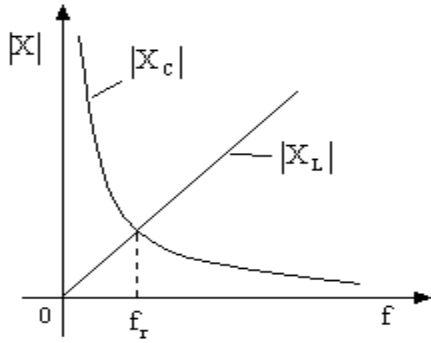


Şekil 3. Seri rezonans devresi

R, L, C elemanlarından oluşmuş bir devrede empedans değeri,

$$Z = R + j\left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right) \quad (2)$$

olarak bulunur. Endüktif ve kapasitif reaktansın frekansa bağlı değişimi Şekil 4'te verilmiştir.



Şekil 4. Seri rezonans durumunda reaktansın frekansa bağlı değişimi

(2) denkleminde prantez içindeki ifadenin sıfıra eşitlenmesi ile rezonans frekansı,

$$f_r = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \quad (3)$$

olarak bulunur. Reaktans değerleri çinsinden rezonans frekansı,

$$f_r = f \cdot \left( \frac{X_C}{X_L} \right)^{1/2} \quad (4)$$

Harmonikli devrede n. ' ninci harmonik bileşen frekansında rezonansa gelmesi durumunda,

$$n_r = \frac{f_r}{f} \quad (5)$$

ifadesi kullanıldığında,

$$n_r = \left( \frac{1}{\omega^2 \cdot L \cdot C} \right)^{1/2} \quad (6)$$

olarak bulunur. Rezonans durumunda rezonans akımının değeri,

$$I_r = \frac{V}{R} \quad (7)$$

olarak bulunur. Rezonans geriliminin değeri,

$$V_r = I_r \cdot X_r \quad (8)$$

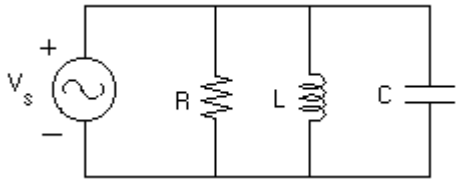
şeklinde bulunur. Kondansatör uçlarındaki gerilim,

$$V_{Cr} = I_r \cdot X_C = \frac{V \cdot X_C}{R} \quad (9)$$

olarak bulunur. Rezonans anında devrede sadece R omik direnci bulunur. Bunun değeri de çok küçük olacağından, rezonans anında sistem içinde en büyük zarararı kondansatörler görür.

## 2.2 Paralel Rezonans

Paralel bağlı R, L, C devre elemanlarının bulunduğu bir devrede endüktif reaktansının kapasitif reaktansa eşit olması durumunda paralel rezonans oluşur [9-11]. Şekil 5'te paralel rezonans devresi verilmiştir.



Şekil 5. Paralel rezonans devresi

Şekil 4' teki devrenin toplam admitansı,

$$Y_T = \frac{1}{R} + j \cdot \left( \omega \cdot C - \frac{1}{\omega \cdot L} \right) \quad (10)$$

olarak bulunur. Rezonans durumunda,

$$\omega.C - \frac{1}{\omega.L} = 0 \quad (11)$$

ifadesinden,

$$f_r = \frac{1}{2.\pi.\sqrt{L.C}} \quad (12)$$

olarak bulunur. Rezonans anında devreden geçen akım,

$$I_r = \frac{V}{R} \quad (13)$$

olarak bulunur. Rezonans anında kondansatörden geçen akım,

$$I_{Cr} = \frac{V}{X_{Cr}} = \frac{R.I_r}{X_{Cr}} \quad (14)$$

olarak bulunur. Rezonans anında kondansatör ile bobinin akımı birbirine eşit ve zıt yönlüdür. Bundan dolayı akımların toplamları sıfırdır [10-12]. Bu rezonans şekline “akım rezonansı” adı verilir.

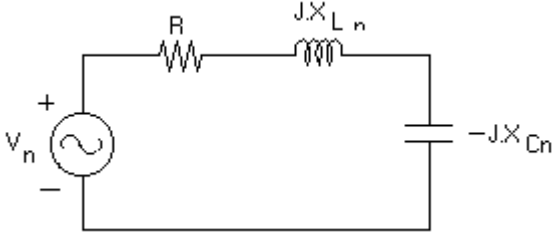
### **2.3. Harmonikli Devrelerde Rezonans Oluşumu**

Alçak gerilim şebekelerinde ise değişik dereceden harmonikleri görmek mümkündür. Bunlar 3, 5, 7, 9 ve 11 gibi sıralanabilir. Bu harmoniklerin baskınlığı kullanılan yükün özelliğine göre ve tesisin rezonans frekansına göre değişmektedir. Bunlara ek olarak, güç transformatörleri mıknatıslanma akımından dolayı harmonik üretmektedir. Güç transformatörlerinde harmoniklerin en yüksek olduğu an, boşa çalışmalarının yüksek olduğu andır. Çünkü boşa çalışma esnasında çekilen akım azalır. Böylece mıknatıslanma akımının oranı artar. Ayrıca transformatörün geriliminin artmasıyla, nüvesi doyuma ulaşır. Nüvenin doyuma ulaşması harmonik oranlarını artırır.

Rezonans anında endüktif ve kapasitif dirençler birbirlerine eşittir. Rezonansın çeşidine göre, aşırı akım ve gerilimler ortaya çıkar. Sistem rezonansı, harmonik frekanslarından birine yakın bir değerde oluşursa, aşırı seviyede harmonik akım ve gerilimleri ortaya çıkacaktır. Devrede non-lineer elemanların bulunması durumunda bu elemanların ürettiği frekanslar sistem frekansını etkiler. Genellikle temel bileşen dışında 5. ve 7. harmonik bileşenlerle sistem rezonans oluşturulur. Rezonans durumunda sistemde arıza ve hasarlar oluşur [13]. Sistem yükünün az olduğu gece yarılıarı ile tatil günlerinde rezonans etkisi daha fazladır.

### 2.3.1 Harmonikli Devrelerde Seri Rezonans Oluşumu

Güç sistemlerinde endüktif reaktans frekans ile doğru orantılı artarken, kapasitif reaktans frekans ile ters orantılı azalmaktadır. Omik direnç toplam empedansa göre düşük olduğu için sistemde aşırı akımlar meydana gelmektedir. Şekil 6'da R, L, C, parametrelerinde oluşmuş bir devrenin n.' ninci harmonik için eşdeğer devresi vermiştir.



Şekil 6. Harmonik bileşenler içeren devrenin eşdeğer şeması

Devredeki endüktif reaktansın değeri,

$$X_{L_n} = n.X_L \quad (15)$$

olarak ifade edilir. Kapasitif reaktansın değeri,

$$X_{C_n} = \frac{X_C}{n} \quad (16)$$

olur.

Devrenin n.' ninci harmonik için empedans değeri,

$$Z_n = R + j \left( n.X_L - \frac{X_C}{n} \right) \quad (17)$$

olarak bulunur. Rezonans anımındaki reaktans değeri,

$$X_r = n_r.X_L = \frac{X_C}{n_r} \quad (18)$$

olarak bulunur. Rezonans anında endüktans ve kondansatörün reaktans çarpımı,

$$X_r = \sqrt{\frac{L}{C}} \quad (19)$$

olarak bulunur.  $X_r$ , endüktans ve reaktansa ait reaktans değeridir.

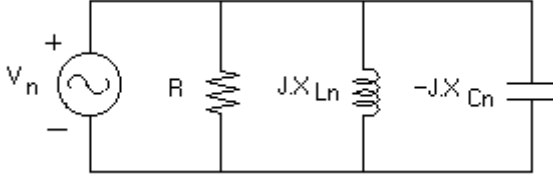
Kullanılacak filtre devresinin kalite faktörü,

$$Q = \frac{X_r}{R} \quad (20)$$

şeklinde ifade edilir. Kompanzasyon tesislerinde yüksek harmonik bileşenlerin etkisi göz önünde bulundurularak kullanılacak kondansatör ve sigortaları amper değeri %70 kadar büyük seçilmelidir.

### 2.3.2 Harmonikli Devrelerde Paralel Rezonans Oluşumu

Paralel rezonans ise rezonans frekansında toplam empedans artar. Toplam empedans arttığı için, küçük akımlarda dahi büyük gerilimler oluşabilir. Harmonikli bir gerilim kaynağından oluşan bir devrede paralel kollarda harmonik akımları akar. En çok karşılaşılan rezonans türüdür. Tüm harmonik problemler öncelikler paralel bağlı kondansatör gruplarında ortaya çıkar. Şekil 7’de R, L, C, parametrelerinden oluşan paralel rezonans devresi verilmiştir.



Şekil 7. Paralel rezonans devresine ait prensip şeması

Harmonik bileşenler için empedans değeri,

$$Z = \frac{-j.R.L}{R.C \left( n.\omega.L - \frac{1}{n.\omega.C} \right) - j.L} \quad (21)$$

olarak bulunur. Rezonans anındaki reaktans değeri,

$$X_r = n_r.X_L = \frac{X_C}{n_r} \quad (22)$$

şeklinde bulunur.

Rezonanstaki harmonik bileşenlerin değeri,

$$n_r = \left( \frac{1}{\omega^2.L.C} \right)^{1/2} \quad (23)$$

şeklinde bulunur. Rezonans anındaki kondansatör ile endüktansın reaktansları çarpımı,

$$X_r = \left( \frac{L}{C} \right)^{1/2} \quad (24)$$

olarak bulunur. Kullanılacak filtrenin kalite faktörü,

$$Q = \frac{R}{X_r} \quad (25)$$

olarak bulunur. Yüksek frekans değerlerinde kondansatörün reaktansı azalacağından, paralel rezonansa en önemli büyüklük kondansatör akımıdır. Kondansatörün temel bileşen akımı,

$$I_{Cl} = \frac{Q_{Cl}}{V_n} \quad (26)$$

olarak bulunur. Kondansatör akımı harmonik bileşenler içerir. Kondansatör akımı harmonik bileşenleri,

$$I_{Cn} = \frac{J.n.V_{Cn}}{X_{Cl}} \quad (27)$$

formülüne göre hesaplanır. Harmonik bileşenlerle rezonans oluşturacak kompanzasyon gücü,

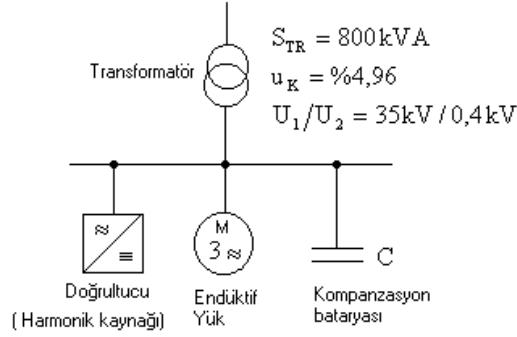
$$Q_{Cn} = \left( \frac{V}{n_r} \right)^2 \cdot \frac{1}{X_s} \quad (28)$$

olarak bulunur. Non-lineer elemanlar elektrik tesislerinde kirliliğe neden olmakta tüketiciye verilen enerjinin kalitesini düşürmektedirler. Non-lineer elemanların elektrik tesisleri üzerindeki etkileri mutlak surette önlenmelidir.

Akım harmonikleri transformatörlerde kaçak akıları artırarak bakır kayıplarında artışa neden olurlar. Gerilim harmonikleri ise demir kayıplarına ve yalıtım zorlanmalarına neden olur. Ayrıca harmonikler, güç transformatörü ile kompanzasyon kondansatörlerinin paralel rezonansa girmesine neden olurlar.

#### **SAYISAL UYGULAMA:**

Şekil 8'deki tesiste 5., 7. ve 11.'inci harmonik bileşenler etkin olarak bulunmaktadır. Elektrik motorunun devrede bulunmadığı durumda sistemi rezonansa getirecek kondansatör güçlerini bulunuz.



Şekil 8. Güç sisteminin prensip şeması

### **CÖZÜM:**

Eşdeğer devreye harmonik akım kaynağı doğrultucu tarafından bakacak olur isek, görüldüğü üzere harmonik akımlar şebeke empedansı üzerinden akar ve ohm yasasına göre harmonik gerilim indüklerler. Bu oluşan gerilim distorsiyonunun değeri üretilen harmonik akımın değerine bağlı olduğu kadar, ilgili şebekenin empedansına da bağlıdır. Transformatörün reaktans değeri,

$$X_{TR} = \frac{u_K \cdot U_2^2}{100 \cdot S_{TR}} = \frac{4,96 \cdot 0,4^2}{100 \cdot 0,8} = 0,0099 \text{ } [\Omega]$$

olarak bulunur. Motor devre dışında bulunduğu durumda, beşinci harmonik bileşen ile rezonansa gelecek kompanzasyon bataryasının gücü (28) denkleminde,

$$Q_{C5} = \left(\frac{0,4}{5}\right)^2 \cdot \frac{1}{0,0099} = 646,46 \text{ } [\text{kVAr}]$$

olarak bulunur. Yedinci harmonik bileşen için,

$$Q_{C7} = \left(\frac{0,4}{7}\right)^2 \cdot \frac{1}{0,0099} = 329,83 \text{ } [\text{kVAr}]$$

olarak bulunur. Onbirinci harmonik bileşen için,

$$Q_{C11} = \left(\frac{0,4}{11}\right)^2 \cdot \frac{1}{0,0099} = 133,57 \text{ } [\text{kVAr}]$$

olarak bulunur. Kompanzasyon hesaplarında seçilecek kompanzasyon gücü bu değerlerden farklı olmalıdır. Yoksa tesis bu harmonik bileşenlerle rezonansa girer. Kompanzasyon projesi yapıldığında, yüksek harmonikler üreten ark fırınları, kaynak makineleri, doğrultucu cihazlar varsa kondansatör gücü hesabında mutlak surette harmonik bileşenlerin dikkate alınması gerekir.

### **3. SONUÇLAR**

Büyük harmonik kaynağı durumunda bulunan ark ocakları, doğrultucular ve kaynak makinalarının bulunduğu tesislerde kompanzasyon gücünün seciminde sistemdeki harmonik bileşenlerin etkisi mutlak surette göz önünde bulundurulmalıdır. Rezonans elektrik tesislerinde istenmeyen bir büyüklüktür. Rezonans durumunda elektrik tesislerinde bir çok hasarlar oluşur. Elektrik tesislerinde en çok rastlanan paralel rezonanstır. Paralel rezonanstaki devre empedansı çok yükselir, bunun sonucunda yüksek genlikli gerilim harmonikleri oluşur. Kondansatör uçlarında yüksek gerilimler olduğundan kondansatörlerin dielektrik malzemesi delinir. Sistemi rezonansa getirecek harmonik bileşenlerin filtrelerle süzülmesi gerekir. Aşırı kompanzasyondan oluşacak rezonansı önlemek için münferit kompanzasyonun tercih edilmelidir. Veya merkezi kompanzasyonda sabit kondansatör bataryalarının gücü büyük seçilmemelidir. Tesise ilave edilecek endüktif ve kapasitif yükler olduğunda rezonans hesabı tekrardan yapılmalıdır. Harmonikli devrelerde rezonans, harmonik bileşenlerden birinde, kondansatör grupları ile sistem endüktansı arasında oluşur. Rezonans durumunda elektrik tesislerinde hasarlar oluşur. Tüketicie verilen enerji kalitesinde düşmeler gözükür. Enerji iletim hatlarında güç faktörünü yükseltmek için paralel kondansatörler bağlanır. Kondansatörler harmonik üretmezler, ancak sistemde endüktif karakter gösteren devre elemanları ile rezonans şartlarının oluşmasına sebep olurlar.

Pasif harmonik filtreler rezonans ilkesine göre çalışır. Öncelikle baskın olan harmonik bileşen ve sistemin paralel rezonans frekansı belirlenir. Belirlenen harmoniğin frekansına göre filtre tasarlanır. Pasif filtre çeşidine göre, harmonik frekansında veya harmonik frekans değerine yakın olmayan bir noktada rezonans oluşturur. Rezonans direncine göre harmoniklerin etkileri bastırılır.

### **KAYNAKLAR**

- [1] Huang, Z., Cui, Y., W. Xu, W.(2007). Application of Modal Sensitivity for Power System Harmonic Resonance Analysis, IEEE Trans. on Power Systems, Vol: 22, No: 1, pp. 222-231, Feb.
- [2] Kocatepe, C. (2001). Elektrik Tesislerinde Harmonikler, Birsen Yayınevi, Kasım 2001, İstanbul.
- [3] Akbal, B. (2001). Fabrika Beslemelerinde Harmonik Ölçümü ve Filtre Tasarımı, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü yüksek Lisans Tezi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı.

- [4] Acikgoz H., Kececioglu O.F., Gani A., Tekin M., Sekkeli M. (2017). Robust control of shunt active power filter using interval type-2 fuzzy logic controller for power quality improvement. *Tehnicki vjesnik - Technical Gazette*, 24(2), 363-368.
- [5] Grady, M. (2005). *Understanding Power System Harmonics, Chapter 5: Effects and Symptoms*, University of Texas at Austin, June.
- [6] Adak, S. Cangi, H., 2014. Harmonik Bileşen İçeren Elektrik Tesislerinde Kondansatör Kayıpları, *3e ELECTROTECH*, sayı: 325,2014, Kasım, p:181-192.
- [7]Rüstemli, S., Cengiz, S.M., Dinçer, F., Elektrik Tesislerinde Harmoniklerin Aktif Filtre Kullanılarak Yok Edilmesi ve Simülasyonu, *BEÜ Fen Bilimleri Dergisi* 2(1), 30-38, 2013.
- [8] Adak S., Cangi H., Yilmaz, A.S. (2018). Fotovoltaik Güç Sistemlerde Aktif Filtre ile Harmonik Bileşenlerin Süzülmesi. *EJONS International Journal on Mathematic, Engineering and Natural Sciences*, ISSN: 2602-4136, Vol. 5, November.
- [9] Kilic U., Ayan K. (2016). Artificial bee colony algorithm based optimal reactive power flow of two-terminal HVDC systems, *Turkish Journal Of Electrical Engineering And Computer Sciences*, vol.24, pp.1075-1090.
- [10] Arifoğlu, U., *Matlab 9.1-Simulink ve Mühendislik Uygulamaları*, Alfa Yayıncılık, 964p. İstanbul-Turkey, 2016.
- [11] J. Arrillaga, C. N. (2003). *Watson, Power System Harmonics*, John Wiley & Sons Ltd, New York.
- [12] Wang, X., Blaabjerg, F., Chen, Z., Wu, W. (2013). Resonance analysis in the parallel voltage-controlled DG inverters,” in *Proc. IEEE APEC 2013*, pp. 2977-2983.
- [13] Xu, W., Huang, Z., Cui, Y., et al., (2005). Harmonic Resonance Mode Analysis, *IEEE Trans. on Power Delivery*, Vol: 20, No: 2, pp. 1182-1190, Apr.