

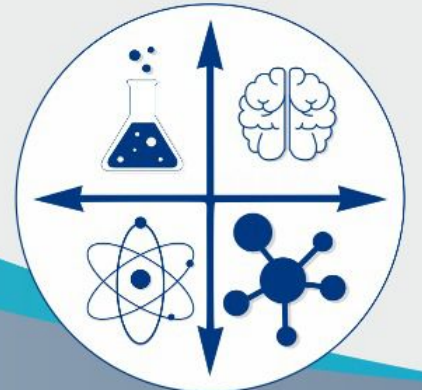


Cilt/Volume: 02 Sayı/Number: 01 Yıl/Year: 2020 E-ISSN: 2667-7989

NECMETTİN ERBAKAN ÜNİVERSİTESİ
FEN ve MÜHENDİSLİK
BİLİMLERİ DERGİSİ

Necmettin Erbakan University
Journal of Science and
Engineering

dergipark.gov.tr/neufmbd



NECMETTİN ERBAKAN ÜNİVERSİTESİ FEN VE MÜHENDİSLİK BİLİMLERİ DERGİSİ
NECMETTİN ERBAKAN UNIVERSITY JOURNAL OF SCIENCE AND ENGINEERING

Cilt/Volume: 2, Sayı/Issue: 1, (Haziran/June, 2020)

Ulusal Hakemli Dergi/National Referred Journal

Sahibi/Owner

Necmettin Erbakan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Adına/
On Behalf of Necmettin Erbakan University Graduate School of Natural and Applied Science

Prof. Dr. Süleyman Savaş DURDURAN

Baş Editör/Editor-in-Chief

Prof. Dr. Süleyman Savaş DURDURAN

Sayı Editörleri/Issue Editors

Dr. Öğr. Üyesi Fatih ERCİ (*Asst. Prof., Ph.D.*)

Arş. Gör. Behiç Selman ERDOĞDU (*Res. Asst.*)

Yayın Türü/Publication Type

Yerel Süreli Yayın/Local Periodical

Yazışma Adresi/Correspondence Address

Necmettin Erbakan Üniversitesi Ahmet Keleşoğlu Yerleşkesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, A3 Blok, 42090, Meram, KONYA

Telefon/Phone: +90 (332) 323 8220

web: www.dergipark.gov.tr/neufmbd

e-posta/e-mail: fenbil@erbakan.edu.tr

Necmettin Erbakan Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi, yılda iki kez yayınlanan ulusal hakemli bir dergidir.
Necmettin Erbakan University Journal of Science and Engineering is a national bi-annual journal.

İÇİNDEKİLER/CONTENTS

Tam Buğday Unundan Ekşi Hamur Yöntemiyle Simit Üretimi Üzerine Bir Araştırma
A Research on Production of Simit with Sour Dough Method from Whole Wheat Flour

Araştırma Makalesi
Research Article

1-11

İlerigiden, Büşra Nur; Ertaş, Nilgün; Türker, Selman; Aydın, Merve; Eyiz, Vildan.

Yarı Empedans Kaynaklı İnverterlerde Farklı Kontrol Tekniklerinin Performans Etkisinin İncelenmesi
Analysis of Different Control Techniques on the Performance in Quasi-Z Source Inverters

Araştırma Makalesi
Research Article

12-26

Endiz, Mustafa Sacid; Akkaya, Ramazan.

YAYIN KURULU/EDITORIAL BOARD

Prof. Dr. Süleyman Savaş DURDURAN
Dr. Öğr. Üyesi Fatih ERCİ (*Asst. Prof., Ph.D.*)
Arş. Gör. Behiç Selman ERDOĞDU (*Res. Asst.*)

DANIŞMA KURULU/ADVISORY BOARD

Prof. Dr. Adem ACIR	Gazi Üniversitesi	<i>Prof. Dr. Adem ACIR</i>	Gazi University
Prof. Dr. Ahmet AVCI	Necmettin Erbakan Üniversitesi	<i>Prof. Dr. Ahmet AVCI</i>	Necmettin Erbakan University
Prof. Dr. Ahmet TÜRK	Celal Bayar Üniversitesi	<i>Prof. Dr. Ahmet TÜRK</i>	Celal Bayar University
Prof. Dr. Ali UZUN	Sakarya Üniversitesi	<i>Prof. Dr. Ali UZUN</i>	Sakarya University
Prof. Dr. Aşır GENÇ	Necmettin Erbakan Üniversitesi	<i>Prof. Dr. Aşır GENÇ</i>	Necmettin Erbakan University
Prof. Dr. Ayhan İSTANBULLU	Balıkesir Üniversitesi	<i>Prof. Dr. Ayhan İSTANBULLU</i>	Balıkesir University
Prof. Dr. Doğan Uğur ŞANLI	Yıldız Teknik Üniversitesi	<i>Prof. Dr. Doğan Uğur ŞANLI</i>	Yıldız Technical University
Prof. Dr. Elçin YUSUFOĞLU	Uşak Üniversitesi	<i>Prof. Dr. Elçin YUSUFOĞLU</i>	Usak University
Prof. Dr. Erdal ULUALAN	Dumlupınar Üniversitesi	<i>Prof. Dr. Erdal ULUALAN</i>	Dumlupınar University
Prof. Dr. Haluk BİNGÖL	Necmettin Erbakan Üniversitesi	<i>Prof. Dr. Haluk BİNGÖL</i>	Necmettin Erbakan University
Prof. Dr. Hatem AKBULUT	Sakarya Üniversitesi	<i>Prof. Dr. Hatem AKBULUT</i>	Sakarya University
Prof. Dr. Hayri DAYIOĞLU	Dumlupınar Üniversitesi	<i>Prof. Dr. Hayri DAYIOĞLU</i>	Dumlupınar University
Prof. Dr. Hüseyin KURT	Necmettin Erbakan Üniversitesi	<i>Prof. Dr. Hüseyin KURT</i>	Necmettin Erbakan University
Prof. Dr. İbrahim KALAYCI	Necmettin Erbakan Üniversitesi	<i>Prof. Dr. İbrahim KALAYCI</i>	Necmettin Erbakan University
Prof. Dr. İlker AKÇA	Eskişehir Osman Gazi Üniversitesi	<i>Prof. Dr. İlker AKÇA</i>	Eskişehir Osman Gazi University
Prof. Dr. Mehmet AKTAN	Necmettin Erbakan Üniversitesi	<i>Prof. Dr. Mehmet AKTAN</i>	Necmettin Erbakan University
Prof. Dr. Mehmet KARALI	Necmettin Erbakan Üniversitesi	<i>Prof. Dr. Mehmet KARALI</i>	Necmettin Erbakan University
Prof. Dr. Mesut UYANER	Necmettin Erbakan Üniversitesi	<i>Prof. Dr. Mesut UYANER</i>	Necmettin Erbakan University
Prof. Dr. Metin BÜLBÜL	Dumlupınar Üniversitesi	<i>Prof. Dr. Metin BÜLBÜL</i>	Dumlupınar University
Prof. Dr. Nebiye MUSAOĞLU	İstanbul Teknik Üniversitesi	<i>Prof. Dr. Nebiye MUSAOĞLU</i>	Istanbul Technical University
Prof. Dr. Oğuz GÜRSOY	Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi	<i>Prof. Dr. Oğuz GÜRSOY</i>	Mehmet Akif Ersoy University
Prof. Dr. Rahmi ÜNAL	Gazi Üniversitesi	<i>Prof. Dr. Rahmi ÜNAL</i>	Gazi University
Prof. Dr. Ramazan KÖSE	Dumlupınar Üniversitesi	<i>Prof. Dr. Ramazan KÖSE</i>	Dumlupınar University
Prof. Dr. Recep ARTIR	Marmara Üniversitesi	<i>Prof. Dr. Recep ARTIR</i>	Marmara University
Prof. Dr. Sabri ALPAYDIN	Necmettin Erbakan Üniversitesi	<i>Prof. Dr. Sabri ALPAYDIN</i>	Necmettin Erbakan University
Prof. Dr. Sabri KOÇER	Necmettin Erbakan Üniversitesi	<i>Prof. Dr. Sabri KOÇER</i>	Necmettin Erbakan University
Prof. Dr. Salih Zeki YILDIZ	Sakarya Üniversitesi	<i>Prof. Dr. Salih Zeki YILDIZ</i>	Sakarya University
Prof. Dr. Senar AYDIN	Necmettin Erbakan Üniversitesi	<i>Prof. Dr. Senar AYDIN</i>	Necmettin Erbakan University
Prof. Dr. Süleyman KALELİ	Sakarya Üniversitesi	<i>Prof. Dr. Süleyman KALELİ</i>	Sakarya University
Prof. Dr. Süleyman Savaş DURDURAN	Necmettin Erbakan Üniversitesi	<i>Prof. Dr. Süleyman Savaş DURDURAN</i>	Necmettin Erbakan University
Prof. Dr. Ümmügülüm DAĞLIOĞLU	Necmettin Erbakan Üniversitesi	<i>Prof. Dr. Ümmügülüm DAĞLIOĞLU</i>	Necmettin Erbakan University
Prof. Dr. Hidayet OĞUZ	Necmettin Erbakan Üniversitesi	<i>Prof. Dr. Hidayet OĞUZ</i>	Necmettin Erbakan University
Doç. Dr. Ahmet CAN	Necmettin Erbakan Üniversitesi	<i>Assoc. Prof. Dr. Ahmet CAN</i>	Necmettin Erbakan University
Doç. Dr. Ahmet Turgut BİLGİÇLİ	Sakarya Üniversitesi	<i>Assoc. Prof. Dr. Ahmet Turgut BİLGİÇLİ</i>	Sakarya University
Doç. Dr. Ceyda ÖZFİDAN KONAĞI	Necmettin Erbakan Üniversitesi	<i>Assoc. Prof. Dr. Ceyda ÖZFİDAN KONAĞI</i>	Necmettin Erbakan University
Doç. Dr. Cüneyt Nadir SOLAK	Dumlupınar Üniversitesi	<i>Assoc. Prof. Dr. Cüneyt Nadir SOLAK</i>	Dumlupınar University
Doç. Dr. Esra YALDIZ	Necmettin Erbakan Üniversitesi	<i>Assoc. Prof. Dr. Esra YALDIZ</i>	Necmettin Erbakan University
Doç. Dr. Fatih TÖRNÜK	Yıldız Teknik Üniversitesi	<i>Assoc. Prof. Dr. Fatih TÖRNÜK</i>	Yıldız Technical University
Doç. Dr. Hakan TONGAL	Süleyman Demirel Üniversitesi	<i>Assoc. Prof. Dr. Hakan TONGAL</i>	Suleyman Demirel University
Doç. Dr. Halef DİZLEK	Osmaniye Korkut Atay Üniversitesi	<i>Assoc. Prof. Dr. Halef DİZLEK</i>	Osmaniye Korkut Atay University
Doç. Dr. Hasan KOTAN	Necmettin Erbakan Üniversitesi	<i>Assoc. Prof. Dr. Hasan KOTAN</i>	Necmettin Erbakan University
Doç. Dr. Hicran AÇIKEL	Necmettin Erbakan Üniversitesi	<i>Assoc. Prof. Dr. Hicran AÇIKEL</i>	Necmettin Erbakan University
Doç. Dr. Hüseyin AKSOY	Sakarya Üniversitesi	<i>Assoc. Prof. Dr. Hüseyin AKSOY</i>	Sakarya University
Doç. Dr. Mehmet Akif ERİŞMİŞ	Necmettin Erbakan Üniversitesi	<i>Assoc. Prof. Dr. Mehmet Akif ERİŞMİŞ</i>	Necmettin Erbakan University
Doç. Dr. Mustafa Kürşat DEMİR	Necmettin Erbakan Üniversitesi	<i>Assoc. Prof. Dr. Mustafa Kürşat DEMİR</i>	Necmettin Erbakan University
Doç. Dr. Mustafa YÖNTEM	Necmettin Erbakan Üniversitesi	<i>Assoc. Prof. Dr. Mustafa YÖNTEM</i>	Necmettin Erbakan University
Doç. Dr. Nilgün ERTAŞ	Necmettin Erbakan Üniversitesi	<i>Assoc. Prof. Dr. Nilgün ERTAŞ</i>	Necmettin Erbakan University
Doç. Dr. Sedat PAK	Necmettin Erbakan Üniversitesi	<i>Assoc. Prof. Dr. Sedat PAK</i>	Necmettin Erbakan University
Doç. Dr. Yakup ŞENYÜZ	Dumlupınar Üniversitesi	<i>Assoc. Prof. Dr. Yakup ŞENYÜZ</i>	Dumlupınar University
Dr. Öğr. Üyesi Fatih TOKSOY	İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü	<i>Asst. Prof. Dr. Fatih TOKSOY</i>	Izmir Institute of Technology
Dr. Öğr. Üyesi Hasan Ali AKYÜREK	Necmettin Erbakan Üniversitesi	<i>Asst. Prof. Dr. Hasan Ali AKYÜREK</i>	Necmettin Erbakan University
Dr. Öğr. Üyesi Özgür DÜNDAR	Necmettin Erbakan Üniversitesi	<i>Asst. Prof. Dr. Özgür DÜNDAR</i>	Necmettin Erbakan University

Tam Buğday Unundan Ekşi Hamur Yöntemiyle Simit Üretimi Üzerine Bir Araştırma

Büşra Nur İlerigiden²  Nilgün Ertaş¹  Selman Türker²  Merve Aydın² 
Vildan Eyiz² 

¹ Necmettin Erbakan Üniversitesi, Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, 42090, Meram, Konya, Türkiye, (Sorumlu Yazar/Corresponding Author)

² Necmettin Erbakan Üniversitesi, Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, 42090, Meram, Konya, Türkiye

Makale Bilgileri

Makale Geçmişi
Geliş: 26.12.2019
Kabul: 10.03.2020
Yayın: 30.06.2020

Anahtar Kelimeler:

Ekşi Hamur,
Tam Un,
Simit.

ÖZET

Bu çalışmada simidin fonksiyonel özelliklerini zenginleştirmek, aromatik profilini geliştirmek amacıyla tam buğday unu ile ekşi hamur yöntemi kullanılarak simit üretimi gerçekleştirilmiştir. Simit örnekleri tam buğday ununa, %0, 30, 40 ve 50 seviyelerinde ekşi hamur ilavesi ile yoğurulması, 24 saat fermantasyona bırakılması ve pişirilmesiyle üretilmiştir. Simit örneklerinde kalınlık, çap ve yayılma oranı, simit iç rengi, simit kabuk rengi, nem miktarı ve duyu özellikleri (renk, tat-koku, görünüş, gevreklik ve ağız hissiyatı) değerlendirilmiştir. En yüksek çap değerleri %30 oranında ekşi hamur ilave edilmiş simit örneklerinden elde edilmiştir. Simit iç rengi parlaklık değerleri ekşi hamur oranı arttıkça azalmış ve matlaşmıştır. Ekşi hamur oranının %30'un üzerinde olması ile renk ve görünüş skorlarında artış sağlanmıştır. En yüksek gevreklik değerleri %50 oranında ekşi hamur ilave edilmiş simit örneklerinden elde edilmiştir. Ekşi hamur oranının artması ise ağız hissiyatı skorlarında artış göstermiştir.

A Research on Production of Simit with Sour Dough Method from Whole Wheat Flour

Article Info

Article History
Received: 26.12.2019
Accepted: 10.03.2020
Published: 30.06.2020

Keywords:

Sourdough,
Whole Flour,
Simit.

ABSTRACT

In this study, whole wheat flour and sourdough method was used to enrich the functional properties of simit, to improve aromatic profile. Simit samples produced in sourdough were produced by kneading with sourdough which was added to 0, 30, 40 and 50% of whole flour and left for fermentation and cooking for 24 hours. Thickness, diameter and spread rate, inner color, shell color, moisture content and sensory properties (color, taste-odor, appearance, brittleness and mouth feel) of simit were evaluated. The highest diameter values were obtained from simit samples added with 30% sourdough. The inner lightness values of samples decreased and get a dull color by increase in sourdough ratio. Color and appearance scores are increased when the sourdough ratio is over 30%. The highest brittleness values were obtained from simit samples added at 50% level of sour dough. Increased sour dough ratio increased the mouth sensory scores.

Atıf/Citation: İlerigiden, B.; Ertaş, N.; Türker, S.; Aydın, M.; Eyiz, V.; (2020). Tam buğday unundan ekşi hamur yöntemiyle simit üretimi üzerine bir araştırma, *Necmettin Erbakan Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 2(1), 1-11.



"This article is licensed under a [Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/). (CC BY-NC 4.0)"

GİRİŞ

Buğday tanesi; kepek, endosperm ve rüşeym olmak üzere üç anatomik kısımdan oluşmaktadır. Rafine beyaz un üretiminde buğdayın öğütülmesi esnasında kepek ve rüşeym kısımları uzaklaştırılırken, tam buğday unu üretiminde buğday bütün olarak öğütülmektedir. Tam buğday unu; kepek (diyet lifi ve özellikle B grubu vitaminlerinden olan tiamin, riboflavin, niasin ve folat bakımından zengin) ve rüşeym [diyet lifi, B1, B6 vitaminleri, folik asit, mineral maddeler, esansiyel yağ asitleri (omega 3 ve omega 9) ve aminoasitlerin birçoğu bakımından zengin) kısımlarını da içermektedir [1, 2]. Tam buğday unu içerdiği birçok fonksiyonel bileşen sayesinde prebiyotik (dirençli nişasta ve oligosakkaritler) [3], antidiyabetik (yüksek besinsel lif ve kompleks karbonhidratlar) [2, 4] antioksidan (tokoferoller, karotenoidler) [3] ve antikolesterol (diyet lifi ve trifruktozanlar) [2, 5] etki göstermektedir.

Tam buğday unundan üretilen ekmekler sahip olduğu yüksek lif oranı ile besinin sindirimini yavaşlatarak enerji kullanımının uzun süreli olmasını sağlamaktadır. Tam buğday unu ayrıca vücut kan şekerini dengelemekte ve besin öğeleri (vitamin, mineral ve diğer) açısından beyaz ekmeğe kıyasla daha zengin bir içeriğe sahiptir. Tam un yukarıda anlatılan birçok besinsel üstünlüğüne rağmen, ekmeğe işlendiğinde içerdiği kepek ve rüşeym parçacıkları sebebiyle rafine beyaz undan elde edilen ekmeğe göre; daha az kabaran, esmer renkte ekmekler elde edilmektedir. Bu sebeple günümüzde tüketiciler ağırlıklı olarak daha fazla kabaran beyaz ekmeği tercih etmektedirler. Bunun dışında tam unda rafine beyaz una göre çabuk bozulma, ransit tat, küflenme ve böceklenme riskleri daha fazla görülmektedir [6, 7].

Ekşi hamur, mayalanmış ekmeklerin en eski ve özgün hali sayılmaktadır. Ekşi hamur yönteminde normal kültür mayalarının dışında, ortamdan ve kullanılan hamur unsurlarından gelen yabani mayaların ve laktik asit bakterilerinin faaliyet gösterdiği bir hamur parçası, bir sonraki hamurun mayasını oluşturmaktadır [8]. Ekşi hamur; un ve suyun karıştırılıp ortamdan ve hammaddeden gelen laktik asit bakterileri ve mayalarla doğal fermentasyona uğratılması ve bu yolla asitlik oluşumunun sağlandığı bir yöntemdir [9]. Ekşi hamur parçasının depolaması esnasında, laktik asit fermantasyonu meydana gelmektedir [10]. Bu işlemin temelinde tahıl fermentasyonu vardır ve bu yolla ürünün besinsel kalitesi ile fonksiyonel özellikleri gelişmektedir [11].

Unlu mamullerin üretiminde ekşi hamur ilavesinin kaliteyi iyileştirmedeki rolüne bakılacak olursa; ekşi hamurdan yapılan ürünler teknolojik yararlarının yanında aroması ve mikrobiyal bozulmaya karşı dirençli olmaları, daha lezzetli, daha geç bayatlayan, sindirimi daha kolay ve daha az alerjen olmaları nedeniyle daha üstün özellikler göstermektedir. Bu yeni ürünlerin kendine has lezzet ve kokusunun bir bölümü mayalanma esnasında enzim veya mikroorganizmaların faaliyeti sonucu, bir bölümü ise, pişirilmesi esnasında, indirgenmiş şekerle aminoasitlerin yüksek sıcaklıkta birleşmesiyle meydana gelen ara ve son ürünler ile ortaya çıkmaktadır.

Modern ekşi hamur eldesinde en önemli amaçlardan birisi, ekmeğin karakteristik aromasını geliştirmek ve ekmeğin raf ömrünü uzatmaktır. Yapılan ekşi hamur optimizasyon çalışmalarında daha uzun süre (20 saat, %25 artış) fermente edilen ekşi hamurun, kontrol ekşi hamurundan üretilen ekmeğe oranla daha aromatik olduğu sonucuna varılmıştır [12]. Ekşi hamur bünyesinde bulunan laktik asit bakterileri, ekmeğin mayasından (*Saccharomyces cerevisiae*) daha düşük konsantrasyonlarda uçucu bileşen üretmektedir. Ekşi hamurlu ekmeğin aroması üzerinde; asitliğin, aroma ön maddelerinin ve uçucu bileşenlerin oluşumu etkili olmaktadır [13]. Ekşi hamurdan üretilen ekmeklerde fermentasyon sırasında laktik asit bakterilerinin ürettiği; asetik asit, laktik asit ve propiyonik asit gibi organik asitler, ekzopolisakkaritler ve enzimler gibi birçok metabolit sonucunda kendine özgü tat ve aroması gelişmektedir. Oluşan metabolitler sayesinde ekmeğin raf ömrü uzamakta ve aromatik yapısı gelişmektedir [14]. Doyurucu ve enerji kaynağı olan ekmeğin protein değeri; et, süt ve yumurta gibi

hayvansal kaynaklara göre düşük olsa da azımsanmayacak düzeydedir [15, 16].

Yaklaşık 600 yıllık bir geçmişe sahip bir tahıl ürünü olan simit, doyurucu ve ucuz olması sebebiyle beslenmemizde önemli bir yere sahiptir. 14. yüzyıla uzanan simit kelimesi o dönemlerde 'has un' anlamında kullanılırken, 17. yüzyılın ikinci yarısında ise bugünkü anlamıyla 'simit' olarak anılmaya başlanmıştır [17]. Türkiye'ye özgü bir yiyecek olan simit her öğünde veya atıştırılabilirlik olarak her zaman sevilerek tüketilmektedir. Ülkemizde simit tüketimi günde yaklaşık 2,5 milyona ulaşmaktadır [17, 18]. 1 Şubat 1884'te yayımlanmaya başlanan Oxford İngilizce Sözlüğünde, 'simit' kelimesi Türkiye kaynaklı olarak İngilizce kelime hazinesine eklenmiştir. Türklere has olan simit yapımında; un, su, maya, tuz, pekmez ve susam kullanılmaktadır. Simit kendi içerisinde 3 çeşide ayrılmaktadır: taban simidi, tava simidi ve kazan simidi. Taban simidi; fırın içine ekme gibi kürekle atılarak pişirilmekte, tava simidi; tavada pişirilmekte, kazan simidi ise; az susamlı ve parlak görünlü simit türü olarak bilinmektedir [8]. Simit ülkemizin farklı bölgelerinde farklı şekillerde yapılmaktadır. En bilinen simit ve simit benzeri ürünler İzmir simidi, İstanbul simidi, Ankara simidi, kel simit (kerkeli, kabak simit), kandil simidi, Mersin simidi, Sivas gilik, Siirt kuru ekme, Diyarbakır kilor ve kilore, sütlü simit, pastane simididir.

Simidin en önemli bileşeni olan unda bulunması gereken özellikleri belirlemek sektörde standart bir ürün üretilmesi ve bu üretim yöntemlerinin gelecek nesillere taşınması bakımından önem arz etmektedir. Unun özelliklerini ve kalitesini etkileyen faktörler; kül içeriği, elde edildiği buğdayın cinsi, protein içeriği, amilaz aktivitesi, gluten miktarı, gluten kalitesi ve una eklenen katkı maddeleri şeklinde sıralanmaktadır. Simit iç rengi ve sertliği açısından en uygun kül içeriğinin %0,7-0,8 olduğu literatür çalışmalarıyla ortaya konulmuştur. Kepek, suyu emerek simidin suyu tutabilmesini sağlamaktadır. Ancak, kül içeriği literatürde belirtilenden daha yüksek kül içeriğine sahip unlardan üretilen simitler; düşük hacimli, sert, koyu iç renkli olmaktadır. Bu sebeplerle undaki kül miktarı simitlik unlarda kaliteyi etkileyen önemli bir parametreyi oluşturmaktadır [19]. Yapılan çalışmalarda simit üretiminde kullanılan unun protein içeriği %12.5-13.0 arasında, sedimantasyon değeri ise ortalama 30 ml olmasının daha uygun olduğu belirtilmektedir [20].

Simit yapımında tercihen yumuşak hamur kullanılmaktadır. Simit hamuru üretim esnasında tezgahta uzun bekleme süreci boyunca kendini bırakmamalı [21] ve kepeğin absorbe ettiği suyu salmamalıdır [22]. Simit üretiminde hamur özelliklerindeki azalmanın en az düzeye indirilmesi, direnç ve enerjisinin artırılması için askorbik asit kullanılabilir [19]. Simit üretiminde çabuk kızarma istenirken, simit iç renginin esmer olması istenmemektedir [20]. Bu özellikleri sağlamak üzere simitlik unlarda enzim kullanılabilir [21]. Şenol ve Karababa (2006) çalışmalarında, Ankara simidi için uygun maya oranları ve fermentasyon sürelerini belirleyerek farklı oranlarda (%10, %20, %30 ve %40) kepek, arpa unu ve soya unu kullanmışlardır. Simide 3 besinsel lif kaynağının %30 oranına kadar eklenmesinin kalite özellikleri üzerine olumsuz bir etkide bulunmadığı belirlenmiştir [23]. Güzelcan (2009) çalışmasında, simidi demir ve çinko mineralleri bakımından zenginleştirerek *in vitro* mineral biyoyararlılığını araştırmıştır [24].

Bu çalışmada, tam buğday unundan ekşi hamur yöntemiyle simit üretilmiştir. Çalışmada, simidin; fonksiyonel özelliklerini zenginleştirmek, aromatik profilini geliştirmek, raf ömrünü uzatmak amacıyla tam buğday unu kullanılmış ve ekşi hamur dozları denenmiştir. Tam buğday ununa 4 farklı oranda (%0, %30, %40 ve %50) ekşi hamur ilave edilmesi ve 24 saat fermentasyona bırakılması sonucunda elde edilen simitlerde bazı karakterizasyon çalışmaları yapılmıştır.

MATERYAL VE METOT

Materyal

Ekşi hamur simidi üretiminde kullanılacak olan tam buğday unu, Konya'da yerel bir firmadan

temin edilmiştir. Denemede kullanılan su orta sertlikte içme suyudur. Formülasyonlarda rafine edilmiş ince sofra tuzu kullanılmıştır. Simit üretiminde kullanılan susam, Konya’da yerel bir firmadan temin edilmiş ve kavrulmuş olarak kullanılmış; pekmez, Konya’da yerel bir firmadan temin edilmiştir.

Metot

Araştırma iki aşamada gerçekleştirilmiştir. İlk olarak ekşi hamur elde edilmiş ve ikinci aşamada ise; elde edilen ekşi hamurdan simit üretimleri gerçekleştirilmiştir.

Ekşi Hamur Eldesi (Sourdough Production)

Ekşi hamur üretimi yapılan ön denemelerle belirlenen 10 günlük bir periyodu kapsamaktadır. Birinci gün, 150 gr tam buğday unu ile 150 ml su cam kavanoza koyulup tahta bir kaşıkla iyice karıştırılmış, pH limon suyu ile 4.5’e ayarlanmıştır. Kavanozların ağzı nemli bir bez ile kapatılarak sıcaklığı 30°C’ye ayarlanan etüvde beş gün süreyle inkübasyona bırakılmıştır. Her gün (2. gün, 3. Gün, 4. gün ve 5. günlerde) inkübasyondaki kavanozun üzerine 50’şer gr tam buğday unu ve 50’şer ml su ilave edilerek tahta kaşık ile karıştırılmıştır. Kavanozların ağızları nemli bez ile kapatılmıştır. 6. gün sonunda kabına sığmayan mayalar büyük bir kaba aktarılmış ve üzerine 100 gr tam buğday unu ile 100 mL su ilave edilip karıştırılarak tekrar 30°C’de gelişmeye bırakılmıştır. 6-10 gün boyunca her gün 100 gr tam buğday unu ve 100 ml su ile beslenen mayalar, 30°C’de gelişmeye bırakılmış ve 10.gün sonunda buzdolabına alınarak +4 ° C derecede 3 günde bir beslenmeye başlanmıştır.



1-5 gün arası ekşi hamur üretimi



6-10 gün arası ekşi hamur üretimi

Simit Üretimi (Simit Production)

Ekşi hamurlu simitler için tam una %0, 30, 40 ve 50 olmak üzere 4 farklı ekşi hamur katkı seviyesinde 12 saatlik sabit fermantasyon süresi boyunca fermente edilmiştir. Ekşi mayalı simit hamuru 490 g tam un, 280 ml su, 150 g ekşi maya, 20 g üzüm pekmezi, 10 g tuz ile hazırlanmıştır. 2.2.1.’deki başlıkta bahsedilen ekşi maya karıştırma kabına aktarılarak, üzerine su ve pekmez ilave edilerek karıştırılmıştır. Üzerine tam un ilave edilmiş ve yoğurucuda (Hobart N50, Canada Instruments, Canada)2-3 dakika yavaş devirde, daha sonra da 7-8 dakika hızlı devirde yoğurulmuştur. Daha sonra kabın ağzını kapatılıp 30 dk dinlendirilmiştir. 30 dk sonunda 5 gr tuz ve su ilave edilip yoğurulmuş tekrar kapağı kapatılıp 24 saat mayalamaya bırakılmıştır. Süre sonunda hamura tekrar 5gr tuz ilave edilerek 5 dk daha yüksek hızda yoğurulan hamur 150 gr parçalar halinde keserek şekil verilmiştir. Her parça, önce yaklaşık 2 cm kalınlığında ve 90 cm uzunluğunda yuvarlanmış, ortadan ikiye kesilmiş, yan yana konulup uçlarını sıkılarak birleştirilmiştir. Saç örgüsü şekli vermek için uçları birleştirilen hamurlar iki uçtan ters istikametlere yuvarlanarak birbirlerine dolanmış ve iki ucu birleştirilerek halka şekline getirilmiştir.

Halka haline getirilen hamur, farklı noktalardan ortadan dışa doğru hafifçe itilerek halkanın çapı büyütülmüş ve yağlı pişirme kağıdı serili tepsilere aralarında 10 cm boşluk kalacak şekilde dizilmiştir. Üzerlerine streç film örtülmüş ve 1,5 katı kadar kabarana kadar (2 saat) oda sıcaklığında kabarmaya bırakılmıştır. Bu aşamada hamurların çapı yaklaşık 14 cm olmuştur. Simidin üzeri için; 40 g üzüm pekmezi, 120 g kaynar su ve 200 g kavrulmuş susam kullanılmıştır. Şekil verilen simitler önce pekmezli sosa batırılmış, daha sonra susama batırılarak tepsilere yerleştirilmiştir. Simitler 230 °C’de 25 dakika pişirilmiştir.

Analizler (Analysis)

Tam Un Analizleri

Tam una ait nem miktarı (AACC-44-19), protein tayini (AACC-46.12), kül (AACC-08-01) yaş gluten ve gluten indeks (AACC-38-12), Zeleny sedimantasyon (AACC-56-60), farinograf (AACC-54-21) ve ekstensograf (AACC-54-10) özellikleri belirlenmiştir [25]. Gecikmeli sedimantasyon analizinde ise Atlı ve ark. (1988)’nin metodu kullanılmıştır [26]. Tam buğday ununun rengi Minolta Colorimetre cihazı kullanılarak 5 farklı noktadan ölçülmüştür. [27].

Simit Analizleri

Simit örneklerinin iç rengi ve kabuk renkleri Minolta Colorimetre cihazına açık uç takılarak ölçülmüştür. Simit dilimlendikten sonra dilim üzerine dört paralelli olarak ölçüm yapılmıştır. (L; 0’dan 100’e siyahtan beyaza doğru değişmektedir; X eksenindeki +a; kırmızı, -a: yeşil; Z eksenindeki +b; sarı, -b; mavi renk konsantrasyonunu gösterir) Ayrıca Minolta Colorimetre cihazıyla kabuk ve iç renkler ölçülmüştür [27].

Örneklerin çapları ve kalınlıkları dijital kumpas (0.001mm Mitutoyo, Minoto-Ku, Tokyo, Japan) kullanılarak ölçülmüştür. Yayılma oranı aşağıdaki formüle göre hesaplanmıştır:

$$\text{Yayılma oranı} = \frac{\text{Çap}}{\text{Kalınlık}}$$

Simit örneklerinin duyu analizi, 30-55 yaşları arasındaki 20 kişi tarafından gerçekleştirilmiştir. Panelistlerden; renk, tat-koku, görünüş, ağız hissiyatı, dişlerde yapışkanlık, genel beğeni açısından; 1-5 arasındaki skala (1-kötü, 3-kabul edilebilir ve 5-oldukça iyi) kullanılarak duyu değerlendirme yapıları istenmiştir.

İstatistikî Analizler (Statistical Analysis)

Araştırma sonunda elde edilen veriler JUMP istatistik paket programında varyans ve çoklu karşılaştırma testi ile %5 önem seviyesinde karşılaştırılmıştır. İstatistikî analiz sonuçları tablolar halinde özetlenmiş, Student t test ve Tukey HSD test kullanılarak varyans analizinde önemli bulunan datalar birbirleri ile karşılaştırılmıştır [28].

BULGULAR VE TARTIŞMA (FINDINGS / RESULTS)

Tam Buğdayın Analitik Analiz Sonuçları (Analytical analysis results of whole wheat flour)

Çalışmada kullanılan tam buğday ununa ait hammadde sonuçları Tablo 1’de verilmektedir. Tam buğday ununun nem miktarı %10.42 olarak bulunmuş, yapılan pek çok çalışmada %7-11.94 arasında olduğu tespit edilmiştir [29]-[32]. Kullanılan unun kül miktarı %1.52, protein miktarı ise %13.71 olarak bulunmuştur. Literatürde tam buğday unu için benzer kül miktarı (%1.50-1.78) ve protein değerleri (%12.4-13.90) bildirilmiştir [29]-[35]. Çalışmada kullanılan unun yaş gluten miktarı %21.37, gluten indeks değeri %73.66 olarak tespit edilmiş, yapılan çalışmalarda %20.4-40.43 arasında, benzer değer aralıklarında bulunmuştur [30], [32], [36], [37], [38], [39], [40]. Sedimantasyon ve gecikmeli sedimantasyon değerleri ise %28 ve %41 olarak belirlenmiş ve çalışmalarla karşılaştırıldığında benzer aralıklarda olduğu tespit edilmiştir [31], [37], [38], [41].

Çalışmada kullanılan buğday ununun farinograf ile su absorpsiyonu (%67.91), gelişme zamanı (8.1 dk), stabilite (6.5 dk.) ve yumuşama süresi (69 BU) belirlenmiştir. Literatür araştırması ile karşılaştırıldığında; tam buğday unu için su absorpsiyonu %54.3-73.8, gelişme zamanı 6,5-17 dk ve stabilite 5-11.8 dk aralığında belirtilmiştir [31, 37, 42-46]. Kullanılan tam buğday ununun ekstensograf ile enerji (41 cm²), uzama kabiliyeti (122 mm) ve maksimum direnç (248 BU) değerleri ölçülmüştür. Bulunan değerlere benzer sonuçlar literatürlerle de desteklenmektedir [38, 42, 43, 46].

Tablo 1. Tam Buğday Ununa Ait Analiz Sonuçları

	Tam buğday unu
Nem (%)	10.42
Kül (%)	1.52
Protein (%)	13.71
Yaş gluten (%)	21.37
Gluten indeks (%)	73.66
Sedimentasyon (ml)	28.00
Gecikmeli sedimentasyon (ml)	41.00
Farinograf Kalite Parametreleri	
Su absorpsiyonu (%)	67.91
Gelişme süresi (dk.)	8.1
Stabilite (dk.)	6.5
Yumuşama süresi (BU)	69
Ekstensograf Kalite Parametreleri	
Enerji (cm ²)	41
Uzama kabiliyeti (mm)	122
Maksimum direnç (BU)*	248

* BU: Brebender Unit

Ekşi Hamur Simitlerinin Özellikleri (Sourdough Simit Properties)

Çap, Kalınlık, Yayılma Oranı ve Nem Miktarı (Diameter, Thickness, Spread Ratio and Moisture Content)

Simit örneklerinin çap, kalınlık, yayılma oranı ve nem değerlerine ait çoklu karşılaştırma testi sonuçları Tablo 2’de verilmiştir. %30 oranında ekşi hamur ilave edilmiş simit örneklerinde kontrole kıyasla daha yüksek çap değeri elde edilmiştir. Ekşi hamur oranının artması kalınlık ve yayılma oranı değerlerinde herhangi bir değişikliğe sebep olmamıştır. Çoklu karşılaştırma testi sonuçlarına göre ekşi hamur oranının artması ile nem değerlerinde herhangi bir değişiklik gözlenmemiştir. Şentürk (2018) kefir mayası ile ürettiği simitlerde maya oranının ve depolama süresinin nem miktarında istatistiki anlamda önemli bir değişikliğe neden olmadığını belirtmiştir [47].

Tablo 2. Simit örneklerinin çap, kalınlık, yayılma oranı ve nem değerlerine ait çoklu karşılaştırma testi sonuçları¹

		Çap (mm)	Kalınlık (mm)	Yayılma oranı	Nem (%)
Ekşi Hamur Oranı (%)	0	8.40b	2.50a	3.38a	24.78a
	30	9.90a	2.65a	3.73a	23.16a
	40	9.60ab	2.55a	3.76a	22.34a
	50	9.40ab	2.55a	3.67a	20.00a

¹Aynı harfle işaretlenmiş ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklı değildir ($p<0,05$).

Renk (Color)

Simit örneklerinin iç ve kabuk rengi değerlerine ait çoklu karşılaştırma testi sonuçları Tablo 3’de özetlenmiştir. Çoklu karşılaştırma testi sonuçlarına göre; simit kabuk rengi parlaklık değerleri ekşi hamur oranı arttıkça azalmış ve matlaşmıştır. Kırmızılık ve sarılık renkleri ilave edilen ekşi hamur oranına bağlı olarak istatistiki bir değişiklik göstermemiştir. Çoklu karşılaştırma testi sonuçlarına göre; iç rengi %40 ekşi hamur oranına kadar yüksek parlaklık değerleri verirken, %50 oranında parlaklık değerinde düşüş tespit edilmiştir. Kırmızılık değerleri ilave edilen ekşi hamur oranına bağlı olarak istatistiki bir değişiklik göstermemiştir ($P>0.05$). %0 ve 40 oranlarında ilave edilen ekşi hamur oranları simit iç renginde diğer oranlara kıyasla daha yüksek sarılık rengi vermiştir. Hendek (2014), ekşi maya ile üretilmiş olan ekmeklerde maya oranının artmasıyla L^* değerinde azalış meydana gelirken, a^* ve b^* değerlerinde artış olduğunu belirtmiştir [48].

Tablo 3. Simit örneklerinin renk değerlerine ait çoklu karşılaştırma testi sonuçları¹

		Simit kabuk rengi			Simit iç rengi		
		L^*	a^*	b^*	L^*	a^*	b^*
Ekşi Hamur Oranı (%)	0	44.02a	10.21a	18.60a	56.64a	4.22a	18.44a
	30	41.68ab	11.13a	17.40a	56.48a	4.18a	17.30b
	40	41.18b	10.72a	16.94a	56.64a	4.16a	18.44a
	50	38.47c	10.69a	15.82a	54.59b	4.01a	17.64b

¹Aynı harfle işaretlenmiş ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklı değildir ($p<0,05$).

Duyusal Özellikler (Sensory Properties)

Simit örneklerinin renk, tat-koku, görünüş, gevreklik ve ağız hissiyatı skorlarına ait çoklu karşılaştırma testi sonuçları Tablo 4’de verilmiştir. Ekşi hamur oranının %30’un üzerinde olması ile renk ve görünüş skorlarında artış sağlanmıştır. Tat-koku skorları %40 oranında ekşi hamur oranı ile artış göstermiştir. En yüksek gevreklik değerleri %50 ekşi hamur oranında ilave edilmiş simit örneklerinden elde edilmiştir. Ekşi hamur oranının artması ise ağız hissiyatı skorları da artış göstermiştir. Ekşi hamur ilave edilmeden üretilen kontrol ekmekleri en yüksek simit iç yumuşaklığı verirken, ekşi hamur ilavesi ile yumuşaklık skorlarında da azalış gözlenmiştir. Göçmen ve ark (2007), yaptıkları çalışmada 40% ekşi hamurla (28 °C’de 24 saat) üretilen ekmeklerin duyusal değerlendirmede en düşük puanları aldığını bildirmişlerdir [49]. Yapılan çalışmalarda starter kullanılarak üretilen ekmeklerde duyusal kalitenin daha yüksek olduğu bildirilmiştir [50, 51].

Tablo 4. Simit örneklerinin renk değerlerine ait çoklu karşılaştırma testi sonuçları¹

	Renk	Tat-Koku	Görünüş	Gevreklik	Ağız Hissiyatı	İç Yumuşaklık
0	4.20b	3.80b	3.90b	3.60b	3.75c	3.95 a
Ekşi Hamur Oranı (%) 30	4.80a	4.10b	4.25ab	3.90b	3.90bc	3.50 b
40	4.60ab	4.65a	4.65a	4.05b	4.25ab	3.30 b
50	4.95a	4.90a	4.60a	4.90a	4.60a	3.20 b

¹Aynı harfle işaretlenmiş ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklı değildir (p<0,05).

SONUÇ

Ekşi hamur kullanılarak elde edilen ürünler mayalı ürünlerle kıyaslandığında, teknolojik üstünlüklerinin yanında kendine has aromaları ve lezzetleri, mikrobiyal bozulmaya karşı direnç göstermeleri, daha geç bayatlamaları, kolay sindirilebilmeleri ve daha az alerjen olmaları gibi nedenlerle daha gelişmiş özelliklere sahiptirler. Yapılan bu çalışmada simidin aroma özelliklerini iyileştirmek amacıyla tam buğday unu ve ekşi hamur yöntemi kullanılmıştır. Farklı oranlarda ekşi hamur (%0, 30, 40 ve 50) ile yoğrulan ve 24 saat fermentasyona bırakılan simitlerin kalınlık, çap ve yayılma oranı, simit iç ve kabuk rengi, nem miktarı, duysal özellikleri (renk, tat-koku, görünüş, gevreklik, ağız hissiyatı) belirlenmiştir. Simit örneklerine %30 oranında ekşi hamur ilavesi ile en yüksek çap değerine ulaşılırken ekşi hamur oranının artmasıyla kalınlık ve yayılma oranında değişiklik gözlenmemiştir. Ekşi hamur miktarının artmasıyla simit iç rengi parlaklık değerleri azalarak ürün matlaşmıştır. Simitlerde en yüksek sarılık değerini %0 ve 40 oranlarında ekşi hamur ilave edilen örnekler göstermiştir. %30'un üzerinde ekşi hamur ilavesinin ürünün renk ve görünüş, %40 oranında ekşi hamur ilavesinin tat-koku ve %50 oranında ekşi hamur ilavesinin ise gevreklik değerlerini olumlu yönde etkilediği bunun yanında ekşi hamur oranının artması ile ağız hissiyatı değerlerinin de artış gösterdiği sonucuna varılmıştır. Ekşi hamur ilavesi ile kontrol (ekşi hamur ilave edilmemiş) simit örneklerine kıyasla daha yumuşak simit içi gözlenmiştir. Sonuç olarak ekşi hamur ilavesiyle üretilen simitlerin lezzet (tat ve aroma) ve gevreklik özelliklerinin duysal ve fiziksel anlamda kontrol simit örneklerine kıyasla daha üstün olduğu ve tüketiciler tarafından daha çok tercih edildiği ortaya konulmuştur.

KAYNAKÇA

- [1] J.L. Slavin, D. Jacobs, L. Marquart, Grain processing and nutrition, Critical Reviews in Food Science, 40 (4) (2000), 309-326.
- [2] A. Adam, H.W. Lopez, M. Leuillet, C. Demigne, C. Remesy, Whole wheat flour exerts cholesterol-lowering in rats in its native form and after use in bread-making, Food Chemistry, 80 (2002), 337-344.
- [3] J.L. Slavin, D. Jacobs, L. Marquart, K. Wiemer, The role of whole grains in disease prevention, Journal of the American Dietetic Association, 101 (7) (2001), 780-785.
- [4] K.A. Meyer, L.H. Kushi, D.R.Jr. Jacobs, J. Slavin, T.A. Sellers, A.R. Folsom, Carbohydrates, dietary fiber and incident type 2 diabetes in older women, American Journal of Clinical Nutrition, 71 (2000), 921-930.
- [5] A. Wolk, J.E. Manson, M.J. Stampfer, G.A. Colditz, F.B. Hu, F.E. Speizer, C.H. Hennekens, W.C. Willett, Long-term intake of dietary fiber and 123 decreased risk of coronary heart disease among women, The Journal of The American Medical Association, 281 (1999), 1998-2004.

- [6] Y. Pomeranz, Wheat chemistry and technology, 3th. Edt American Association of Cereal Chemistry, USA, 1988.
- [7] E.J. Pyler, Baking science and technology, 3rd ed. Sosland Publishing Company, Kansas, 1988.
- [8] A. Elgün, Z. Ertugay, Tahıl işleme teknolojisi, Atatürk Üniversitesi Yayınları, 718 (2003), 376.
- [9] D. Ercolini, E. Pontonio, F. De Filippis, F. Minervini, A. La Storia, M. Gobbetti, R. Di Cagnob, Microbial ecology dynamics during rye and wheat sourdough preparation, Applied and Environmental Microbiology, 79 (24) (2013), 7827-7836.
- [10] A. Hansen, P. Schieberle, Generation of aroma compounds during sourdough fermentation: Applied ve fundamental aspects, Trends in Food Science ve Technology, 16 (2005), 85-94.
- [11] R.F. Vogel, M. Pavlovic, M.A. Ehrmann, A. Wiezer, H. Liesegang, S. Offschanka, S. Voget, A. Angelov, G. Bocker, W. Liebl, Genomic analysis reveals lactobacillus sanfranciscensis as a stable element in traditional sourdoughs, Microbial Cell Factories, 10 (1) (2011), 1-11.
- [12] B. Meignen, B. Onno, P. Gélinas, M. Infantes, S. Guilois, B. Cahagnier, Optimization of sourdough fermentation with Lactobacillus brevis and baker's yeast, Food Microbiology, 18 (3) (2001), 239-245.
- [13] K. Katina, Sourdough: A tool for the improved flavour, texture ve shelf-life of wheat bread, VTT Publications 569, Finland, 2005.
- [14] M.H. Ertop, M. Hayta, Ekşi hamur fermantasyonunun ekmeğın biyoaktif bileşenleri ve biyoyararlanımı üzerindeki etkileri, Gıda, 41(2) (2016), 115-122.
- [15] M.Y. Baik, P. Chinachoti, Moisture redistribution ve phase transitions during bread staling, Cereal Chemistry, 77 (4) (2000), 484-488.
- [16] P.D. Ribotta, G.T. Pérez, A.E. León, M.C. Añón, Effect of emulsifier and guar gum on micro structural, rheological and baking performance of frozen bread dough, Food Hydrocolloids, 18 (2) (2004), 305-313.
- [17] A. Ünsal, Susamlı halkanın tılsımı, Yapı Kredi Yayınları, İstanbul, 2010.
- [18] A. Roth, Simit: Turkey's national bread, Gastronomica: The Journal of Critical Food Studies, 12(4) (2012), 31-36.
- [19] N. Yeyinli-Savlak, Bazı özel amaçlı unların fiziksel, kimyasal ve teknolojik özelliklerinin belirlenmesi, Doktora Tezi, Celal Bayar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Manisa, 2011.
- [20] Büyük Hekimoğlu Un, Sözlü Görüşme, (2009). Konya.
- [21] Ova Un, Sözlü Görüşme, (2009). Konya.
- [22] Arı Un, Sözlü Görüşme, (2009). Konya.
- [23] B. Şenol, E. Karababa, Ankara simidinin üretimi ve geliştirme olanakları, Hububat 2006, Hububat Ürünleri Teknolojisi Kongresi, Gaziantep, 7-8 Eylül 2006.
- [24] M. Güzelcan, Simidin demir ve çinko mineralleri ile zenginleştirilmesi ve in vitro mineral biyoyararlılığının saptanması, Yüksek Lisans Tezi, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, İzmir, 2009.
- [25] American association of cereal chemists (AACC), Approved methods of analysis 11th edition, Moisture AACC method 44-19.01. <http://methods.aaccnet.org/login.aspx?ReturnUrl=%2fmethods%2f44-19.pdf>

(05.04.2019).

- [26] A. Atlı, H. Köksel, A. Dağ, Unda süne ve kıvılcık zararının belirlenmesi için geliştirilen yöntemler ve bu yöntemlerin uygulanabilirliği üzerine araştırmalar, Tarım Matbaası, Ankara, 1988. Genel Yayın No:1988/3.
- [27] A. Elgün, S. Türker, N. Bilgiçli, Tahıl ve ürünlerinde analitik kalite kontrolü, Konya Ticaret Borsası Yayınları, Konya, 2001.
- [28] O. Düzgüneş, T. Kesici, O. Kavuncu, F. Gürbüz, Araştırma ve Deneme Metotları, Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, Ankara, 1987.
- [29] M. Schmiele, L.Z. Jaekel, S.M.C. Patricio, C.J.Steel, Y.K. Chang, Rheological properties of wheat flour and quality characteristics of pan bread as modified by partial additions of wheat bran or whole grain wheat flour, *International Journal of Food Science and Technology*, 47 (10) (2012), 2141-2150.
- [30] J. Li, G.G. Hou, Z. Chen, A.L. Chung, K. Gehring, Studying the effects of whole-wheat flour on the rheological properties and the quality attributes of whole-wheat saltine cracker using SRC, alveograph, rheometer, and NMR technique, *Food Science and Technology*, 55 (1) (2014), 43-50.
- [31] P.M. Scheuer, B. Mattioni, P.L.M Barreto, F.M. Montenegro, C.R. Gomes-Ruffi, S. Biondi, M. Kilpp, A.D. Francisco, Effects of fat replacement on properties of whole wheat bread, *Brazilian Journal of Pharmaceutical Sciences*, 50(4) (2014), 703-712.
- [32] R.M.O. Elawad, T.A. Yang, A.H.R. Ahmed, K.E.A. Ishag, H.A. Mudawi, S.M.K. Abdelrahim, Chemical composition and functional properties of wheat bread containing wheat and legumes bran, *International Journal of Food Science and Nutrition*, 1 (5) (2016), 10-15.
- [33] S. Akhtar, F.M. Anjum, S.U. Rehman, M.A. Sheikh, K. Farzana, Effect of fortification on physico-chemical and microbiological stability of whole wheat flour, *Food Chemistry*, 110 (1) (2008), 113-119.
- [34] J. Ndife, L.O. Abdulraheem, U.M. Zakari, Evaluation of the nutritional and sensory quality of functional breads produced from whole wheat and soya bean flour blends, *African Journal of Food Science*, 5(8) (2011), 466-472.
- [35] J. Ndife, F. Kida, S. Fagbemi, Production and quality assessment of enriched cookies from whole wheat and full fat soya, *European Journal of Food Science and Technology*, 2(1) (2014), 19-28.
- [36] F.A. Manthey, A.L. Schorno, Physical and cooking quality of spaghetti made from whole wheat durum, *Cereal Chemistry*, 79(4) (2002), 504-510.
- [37] A. Ünüvar, Menengiç (*Pistacia Terebinthus* L.) ve bazı ekmeğe katkı maddelerinin hamur reolojik özellikleri ve ekmeğe kalitesi üzerine etkileri, Yüksek Lisans Tezi, Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Ankara, 2013.
- [38] M.K. Demir, A. Elgün, Comparison of autoclave, microwave, IR and UV-C stabilization of whole wheat flour branny fractions upon the nutritional properties of whole wheat bread, *Journal of Food Science and Technology*, 51 (1) (2014), 59-66.
- [39] B. Bucsellá, Á. Takács, V. Vizer, U. Schwendener, S. Tömösközi, Comparison of the effects of different heat treatment processes on rheological properties of cake and bread wheat flours, *Food Chemistry*, 190 (2016), 990-996.
- [40] C. Liu, F.C. Ogonnaya, Resistance to *Fusarium* crown rot in wheat and barley: A review, *Plant Breeding*, 134 (4) (2015), 365-372.

- [41] M.K. Demir, Bazı fiziksel uygulamaların tam buğday ununun depolama stabilitesi, ekmekçilik kalitesi ve besinsel özelliklerine etkisi üzerine araştırmalar, Doktora Tezi, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Konya, 2010.
- [42] B.I. Olu-Owolabi, T.A. Afolabi, K.O. Adebowale, Pasting, thermal, hydration, and functional properties of annealed and heat-moisture treated starch of sword bean (*Canavalia gladiata*), *International Journal of Food Properties*, 14(1) (2011), 157-174.
- [43] Y. Wang, X. Cheng, Q. Shan, Y. Zhang, J. Liu, C. Gao, J.L. Qiu, Simultaneous editing of three homoeoalleles in hexaploid bread wheat confers heritable resistance to powdery mildew, *Nature Biotechnology*, 32 (9) (2014), 947.
- [44] W. Bae, B. Lee, G.G. Hou, S. Lee, Physicochemical characterization of whole-grain wheat flour in a frozen dough system for bake off technology, *Journal of Cereal Science*, 60 (3) (2014), 520-525.
- [45] D. Alemu, Z. Bishaw, Commercial behaviours of smallholder farmers in wheat seed use and its implication for demand assessment in Ethiopia, *Development in Practice*, 25, 6 (2015), 798-814.
- [46] A.P. Rebellato, J. Bussi, J.G.S. Silva, R. Greiner, C.J. Steel, J.A.L. Pallone, Effect of different iron compounds on rheological and technological parameters as well as bioaccessibility of minerals in whole wheat bread, *Food Research International*, 94 (2017), 65-71.
- [47] A. Şentürk, Simit üretiminde pişirme mayası olarak kefir taneleri kullanımının simidin depolama süresi boyunca bazı fiziksel ve kimyasal parametrelerine etkisi, Yüksek Lisans Tezi, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Anabilim Dalı, İzmir, 2018.
- [48] M. Hendek-Ertop, Ekşi hamur formül optimizasyonunun ekmeğin aromatik profili, biyoaktif nitelikleri ve raf ömrü üzerine etkileri, Doktora Tezi, Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Anabilim Dalı, Kayseri, 2014.
- [49] D. Göçmen, O. Gürbüz, A.Y. Kumral, A.F. Dağdelen, I. Şahin, The effects of wheat sourdough on glutenin patterns, dough rheology ve bread properties, *European Food Research ve Technology*, 225 (2007), 821-830.
- [50] H. Gül, Isparta yöresinde kullanılan ekşi mayanın bileşimi ve fizyolojik özelliklerinin araştırılması ve ekmeğin yapımında kullanılması, Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Anabilim Dalı, Isparta, 1999.
- [51] F.B. Akgün, Ekşi hamur tozu eldesi ve ekmeğin üretiminde kullanılabilirlik olanakları, Yüksek Lisans Tezi, Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Anabilim Dalı, Denizli, 2007.

Yarı Empedans Kaynaklı İnverterlerde Farklı Kontrol Tekniklerinin Performans Etkisinin İncelenmesi

Mustafa Sacid ENDİZ¹  Ramazan AKKAYA² 

¹ Necmettin Erbakan Üniversitesi, Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi, Elektrik ve Elektronik Mühendisliği Bölümü, 42090, Konya, Türkiye (*Sorumlu Yazar/Corresponding Author*)

² Konya Teknik Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü, 42250, Konya, Türkiye

Makale Bilgileri

Makale Geçmişi
Geliş: 21.02.2020
Kabul: 31.03.2020
Yayın: 30.06.2020

Anahtar Kelimeler:
Yarı Empedans Kaynaklı İnverter, Gerilim Kazancı, Modülasyon İndeksi, Harmonik Bozulma.

ÖZET

Empedans kaynaklı inverterler, geleneksel inverterlerin sahip olduğu kavramsal ve teorik sınırlamaları ortadan kaldırarak gelişmiş bir güç dönüşüm konsepti sağlar. Empedans kaynaklı inverter devresi, anahtarlama elemanlarının bulunduğu güç katını girişte bulunan besleme katına bağlayan bir çift kondansatör ve bobinden meydana gelen özel bir empedans ağına sahiptir. Son yıllarda empedans kaynaklı inverterlere kıyasla daha yüksek verime sahip yarı empedans kaynaklı inverter topolojisi ortaya konmuştur. Bu çalışmada, yarı empedans kaynaklı inverterde farklı darbe genişlik modülasyon (DGM) kontrol tekniklerinin gerilim kazancına ve çıkış akım sinyalinin harmonik açıdan kalitesine etkisi incelenmiştir. Basit yükseltici kontrol, maksimum yükseltici kontrol, 3. harmonik ilaveli maksimum yükseltici kontrol, maksimum sabit yükseltici kontrol ile 3. harmonik ilaveli maksimum sabit yükseltici kontrol teknikleri için belirli bir yükseltme faktöründe modülasyon indeksi ve gerilim kazancı ilgili denklemler ile hesaplanmıştır. Her bir kontrol tekniğinin çalışma prensibi ve temel özellikleri açıklanmış ve Matlab/Simulink ortamında benzetim çalışmaları yardımıyla karşılaştırmalı analiz yapılmıştır. Gerçekleştirilen benzetim sonuçları ile yapılan teorik analiz sonuçlarının birbirleriyle uyumlu olduğu görülmüştür.

Analysis of Different Control Techniques on the Performance in Quasi-Z Source Inverters

Article Info

Article History
Received: 21.02.2020
Accepted: 31.03.2020
Published: 30.06.2020

Keywords:
Quasi-Z-Source inverter, Voltage Gain, Modulation index, Harmonic Distortion.

ABSTRACT

Z-Source inverters provide an advanced power conversion concept and eliminate the conceptual and theoretical limitations of traditional inverters. The Z-Source inverter circuit has a special impedance network consisting of a pair of capacitors and inductors connecting the inverter stage to the DC power stage. In recent years, quasi-Z-Source (qZSI) inverter topology has been introduced which has a higher efficiency and better performance than Z-Source inverter. In this study, the effect of different PWM control techniques on voltage gain and current harmonics in quasi-Z-Source inverter is presented. Modulation index and voltage gain were calculated at a determined boost factor with the help of the related equations for the simple boost control, maximum boost control, maximum boost control with 3rd harmonic injection, maximum constant boost control and maximum constant boost control with 3rd harmonic injection respectively. The working principle and basic features of each control technique are explained and comparative analysis is performed with the help of the simulations performed in Matlab/Simulink. The simulation results were found to be consistent with the theoretical analysis.

Atıf/Citation: Endiz, MS. & Akkaya, R. (2020). Yarı empedans kaynaklı inverterlerde farklı PWM kontrol tekniklerinin performans etkisinin incelenmesi, *Necmettin Erbakan Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 2(1), 12-26.



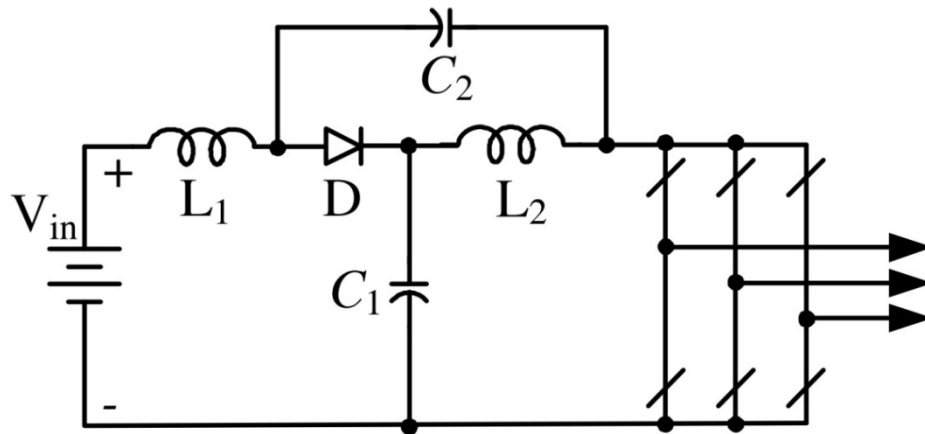
"This article is licensed under a [Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/). (CC BY-NC 4.0)"

GİRİŞ (INTRODUCTION)

Günümüzde güç inverterleri; rüzgâr ve güneş enerji sistemleri, AA motor kontrolü, kesintisiz güç kaynakları, endüksiyonla ısıtma ve elektrik dağıtım şebekeleri gibi birçok alanda kullanılmaktadır [1]. Çalışma prensibine ve kullanılan güç kaynağının türüne göre inverterler, gerilim kaynaklı inverterler ve akım kaynaklı inverterler olarak ikiye ayrılır. Her iki inverter türü, iki aşamalı güç dönüşümü özelliği, elektromanyetik girişim (EMG) etkisi ile aynı faz kolundaki anahtarların kısa devre olabilmesi durumu, yarı iletken anahtarlama elemanları sürülürken ölü zaman süresi konulması ve bu sürenin neden olduğu çıkış sinyalindeki harmonik bozulma gibi dezavantajlara sahiptir [1,2].

Geleneksel inverterlerin yukarıda bahsedilen dezavantajlarını ortadan kaldırmak amacıyla geliştirilen empedans kaynaklı inverter topolojisi ilk defa 2003 yılında ortaya konmuştur [3,4,5]. Empedans kaynaklı inverter devresi, anahtarlama elemanlarının bulunduğu güç katını girişte bulunan besleme katına bağlayan bir çift kondansatör ve bobinden meydana gelen özel bir empedans ağına sahiptir. Empedans kaynaklı inverter devresinde, aynı faz kolundaki anahtarlama elemanları kısa devre modunda çalıştırılarak yükseltme sağlandığından anahtarlar sürülürken ölü zaman süresi konulmasına gerek yoktur. Bunun sonucunda çıkış işaretinde geleneksel invertere kıyasla daha az bozulma meydana gelmektedir. Ayrıca empedans ağındaki pasif elemanların enerji depolama özelliği sayesinde bir transformatöre veya DA-DA dönüştürücü devresine ihtiyaç duyulmaz. Gerilim yükseltme işlemi aynı faz kolundaki anahtarların kısa devre modunda çalıştırılmasına bağlı olarak gerçekleştirildiğinden EMI etkisine karşı korunmuş olur [6,7].

Empedans kaynaklı inverterler DA gücü tek aşamada hem yükseltme hem de dönüştürme özelliğinden dolayı daha az karmaşık, düşük maliyetli ve yüksek performanslı bir devre yapısı olarak ortaya çıkmıştır [8,9,10]. Son yıllarda, empedans kaynaklı invertere kıyasla temel devresi Şekil 1'de görülen daha etkin yarı empedans kaynaklı inverter topolojisi ortaya konulmuştur [11,12]. Yarı empedans kaynaklı inverter topolojisi, empedans kaynaklı inverterin tüm özelliklerine sahip olmakla beraber, empedans kaynaklı inverterin bazı dezavantajlarını da ortadan kaldıran gelişmiş bir topolojidir. Yarı empedans kaynaklı inverter, girişinde bulunan indüktör yardımıyla DA güç kaynağından sürekli sabit bir giriş akımına ve empedans katında ise daha düşük nominal değerli pasif bileşenlere sahiptir [13].



Şekil 1. Yarı empedans kaynaklı inverter temel devresi (Figure 1. Quasi-Z-Source inverter main circuit)

Makalenin ikinci bölümünde benzetim çalışmasında kullanılan araç ve yöntemlerden, üçüncü bölümde tüm kontrol teknikleri için belirli bir yükseltme faktöründe modülasyon indeksi ve gerilim kazancının ilgili denklemler yardımıyla hesabı ile gerçekleştirilen benzetim çalışmalarından, son bölümde ise her bir kontrol tekniği için elde edilen bulguların yorumlanmasından bahsedilmiştir.

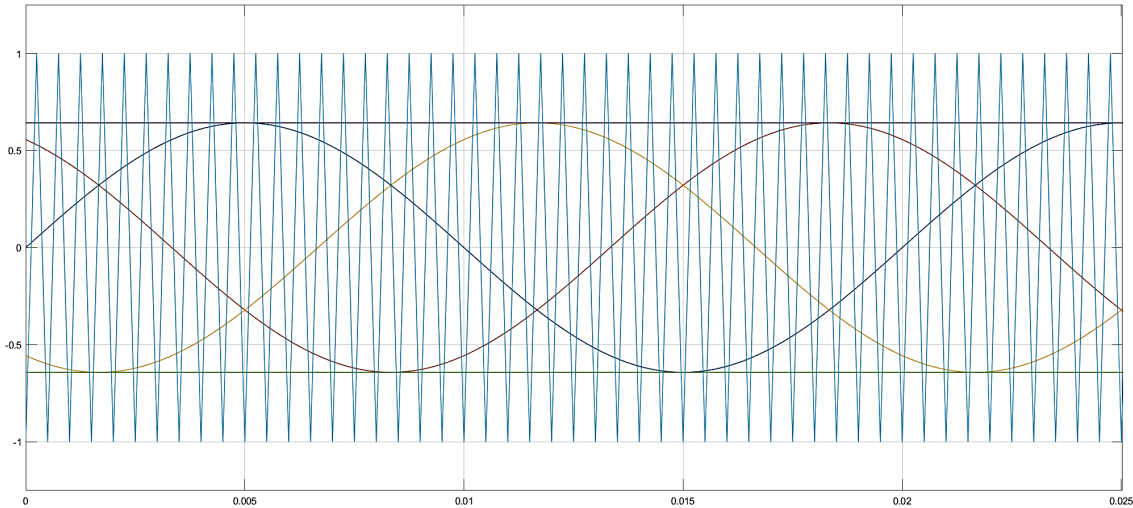
MATERYAL VE METOT (MATERIAL AND METHOD)

Materyal (Material)

Bu çalışmada, klasik empedans kaynaklı inverterler için ortaya konan DGM kontrol teknikleri, yarı empedans kaynaklı inverterler için uygulanmış ve gerilim kazancı ile çıkış akım sinyalinin harmonik açıdan kalitesine etkisi ilgili denklemler yardımıyla analiz edilip Matlab/Simulink programı kullanılarak karşılaştırmalı olarak incelenmiştir. Akademik çalışmalarda ve birçok mühendislik uygulamasında yaygın olarak kullanılan Matlab/Simulink programı, bu çalışmada etkisi incelenen beş farklı DGM kontrol tekniğinin benzetim çalışmaları için kullanılmıştır. Matlab/Simulink, araştırmacılara tasarım esnekliği ve birçok durumda değişen parametre değerlerini kolayca uygulamaya imkân vermektedir. Yarı empedans kaynaklı inverterlerde kullanılan klasik taşıyıcı tabanlı DGM kontrol teknikleri sırasıyla; basit yükseltici kontrol (BYK), maksimum yükseltici kontrol (MYK) ve maksimum sabit yükseltici kontrol (MSYK) teknikleridir [7].

Basit Yükseltici Kontrol Tekniği (Simple Boost Control Technique)

Basit yükseltici kontrol tekniği, empedans kaynaklı inverterler için geliştirilen ilk tekniktir [3]. Bu teknikte kullanılmakta olan kontrol sinyalleri Şekil 2'de gösterilmiştir.



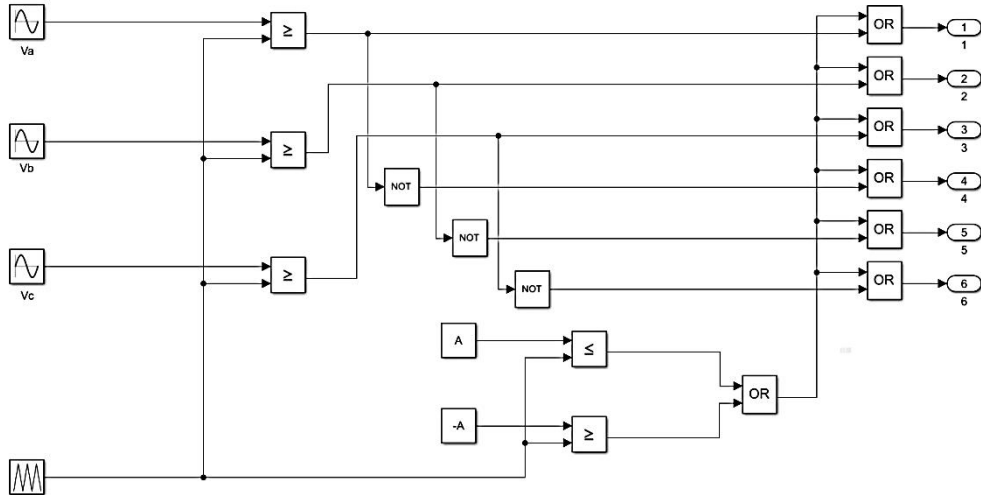
Şekil 2. Basit yükseltici kontrol sinyalleri (**Figure 2.** Simple boost control waveforms)

Şekil 3'te blok diagramı verilen basit yükseltici kontrol tekniğinde aralarında faz farkı bulunan üç referans sinyali (V_a, V_b, V_c), iki düz kısa devre zarf sinyali (V_p, V_n) ve bir üçgen taşıyıcı dalga sinyali kullanılmaktadır. Üçgen taşıyıcı dalga sinyalinin genliği, düz kısa devre zarf sinyallerinden büyük olduğu durumlarda inverter kısa devre modunda; bunun dışındaki durumlarda ise taşıyıcı tabanlı klasik DGM inverter gibi çalışacaktır. Yarı empedans kaynaklı bir inverterde basit yükseltici kontrol tekniği için yükseltme faktörü, modülasyon indeksi ve gerilim kazanç ifadesi aşağıda sırasıyla verilmiştir.

$$B = 1/(2M - 1) = 1/(1 - 2D) \quad (1)$$

$$M = (B + 1)/2B \quad (2)$$

$$G = MB = 2V_{AA}/V_{DA} = (B + 1)/2 \quad (3)$$

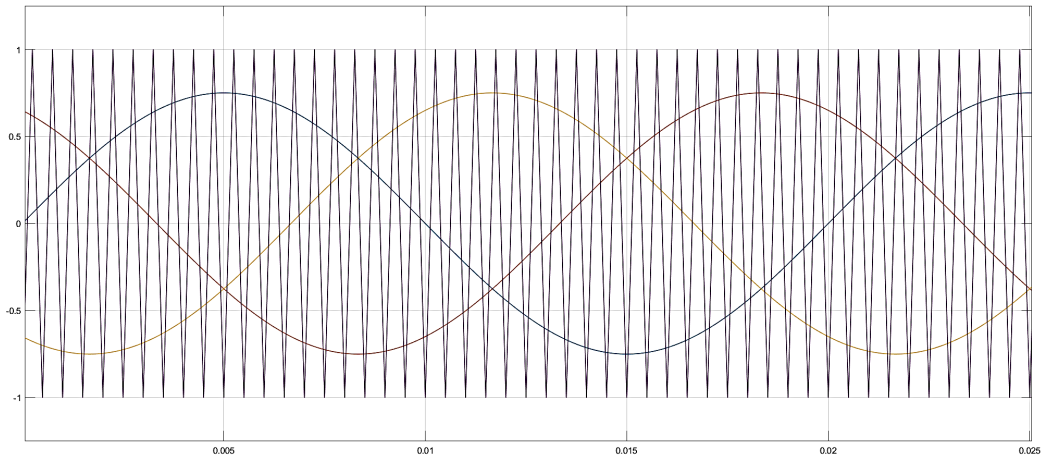


Şekil 3. Basit yükseltici kontrol diyagramı (Figure 3. Simple boost control diagram)

M modülasyon indeksini, B yükseltme faktörünü, V_{AA} çıkış faz geriliminin tepe değerini, V_{DA} girişteki DA güç kaynağını, T anahtarlama periyodunu, T_0 kısa devre anahtarlama süresini, T_1 kısa devre olmayan anahtarlama süresini, D kısa devre görev oranını ve G kazancı göstermektedir. Basit yükseltici kontrol tekniğinin dezavantajı, yarı iletken anahtarlama elemanlarına uygulanan gerilim stresi yüksek olduğu için büyük nominal değerlere sahip anahtarlama elemanları gerektirmesidir ki bu da maliyet üzerinde doğrudan etkilidir.

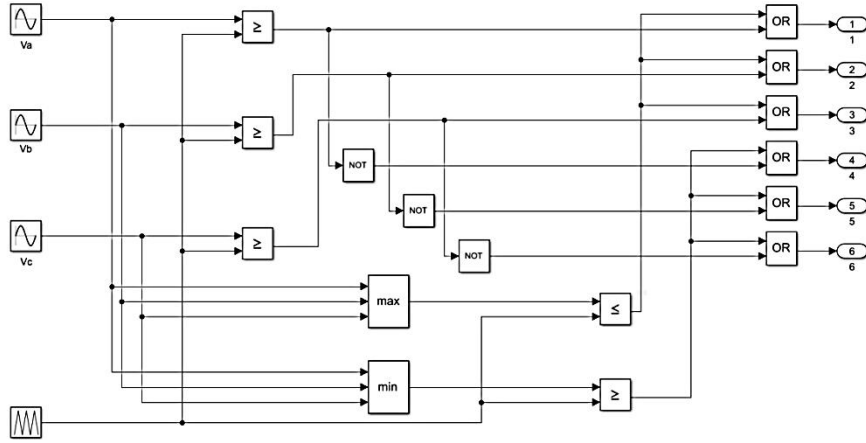
Maksimum Yükseltici Kontrol Tekniği (Maximum Boost Control Technique)

Maksimum yükseltici kontrol tekniğinin çalışma prensibi klasik taşıyıcı tabanlı DGM kontrol tekniğine oldukça benzemektedir [4]. Bu teknikte kullanılmakta olan kontrol sinyalleri Şekil 4'de gösterilmektedir.



Şekil 4. Maksimum yükseltici kontrol sinyalleri (Figure 4. Maximum boost control waveforms)

Şekil 5'te blok diagramı verilen maksimum yükseltici kontrol tekniğinde aralarında faz farkı bulunan üç referans sinyali (V_a, V_b, V_c) ve bir üçgen taşıyıcı dalga sinyali kullanılmaktadır. Üçgen taşıyıcı dalga sinyalinin genliği, referans sinyallerinden büyük olduğu durumlarda inverter kısa devre modunda, bunun dışındaki durumlarda ise taşıyıcı tabanlı klasik DGM inverter gibi çalışacaktır. Maksimum yükseltici kontrol tekniğinin basit yükseltici kontrol tekniğinden en büyük farkı, aktif anahtarlama durumları dışında kalan tüm sıfır durumlarını kısa devre durumuna dönüştürerek çıkış dalga sinyalini etkilemeden herhangi bir



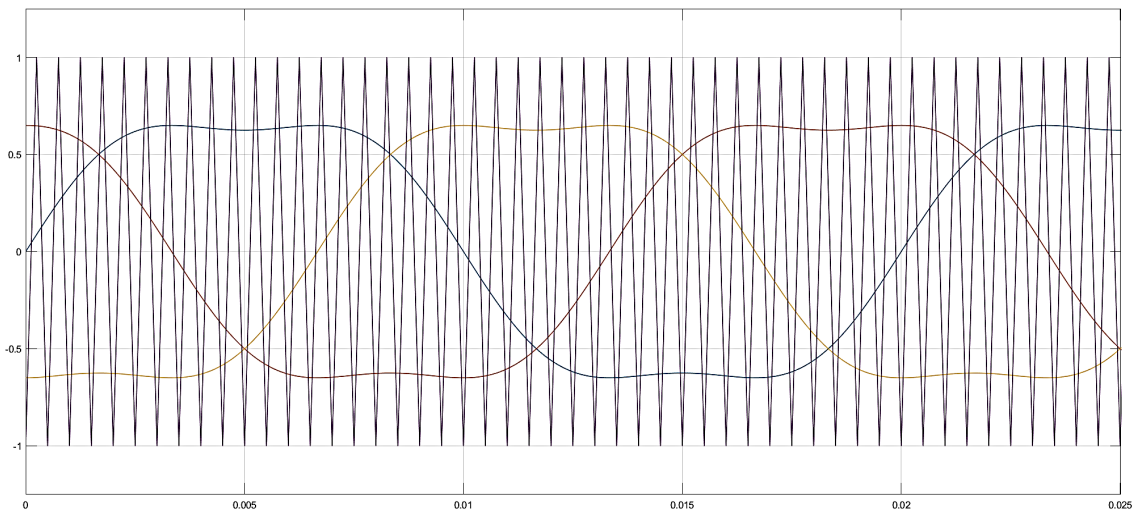
Şekil 5. Maksimum yükseltici kontrol blok diyagramı (**Figure 5.** Maximum boost control block diagram) modülasyon indeksinde maksimum yükseltme elde edilmesidir. Maksimum yükseltici kontrol tekniği ile ilgili denklemler aşağıda sırasıyla verilmiştir.

$$B = \pi / (3\sqrt{3}M - \pi) \quad (4)$$

$$M = \pi(B + 1) / 3\sqrt{3}B \quad (5)$$

$$G = MB = 2V_{AA} / V_{DA} = \pi(B + 1) / 3\sqrt{3} \quad (6)$$

Üç fazlı inverterlerde hem DA bara kullanım oranını hem de modülasyon indeks aralığını arttırmak amacıyla 3. harmonik eklenmesi tekniği sıklıkla uygulanmaktadır [4]. Benzetim çalışmalarında daha üst derecelerdeki harmoniklerin ilave edilmesi performansı olumsuz etkilediği için üç fazlı yarı empedans kaynaklı inverter devresinde 3. harmonik eklenmesi uygulanmıştır. Maksimum yükseltici kontrol tekniğinde modülasyon indeks aralığını ($M=1,15$) ve DA bara kullanım oranını arttırmak için referans sinüs dalgasına 3. harmonik ilave edilerek gerilim kazanç aralığının artması sağlanır. Şekil 6'da 3. harmonik ilaveli maksimum yükseltici kontrol sinyalleri gösterilmektedir. Çalışma prensibi olarak maksimum yükseltici kontrol ile aynı olup değişen tek şey referans sinyallerinin dalga şeklidir.



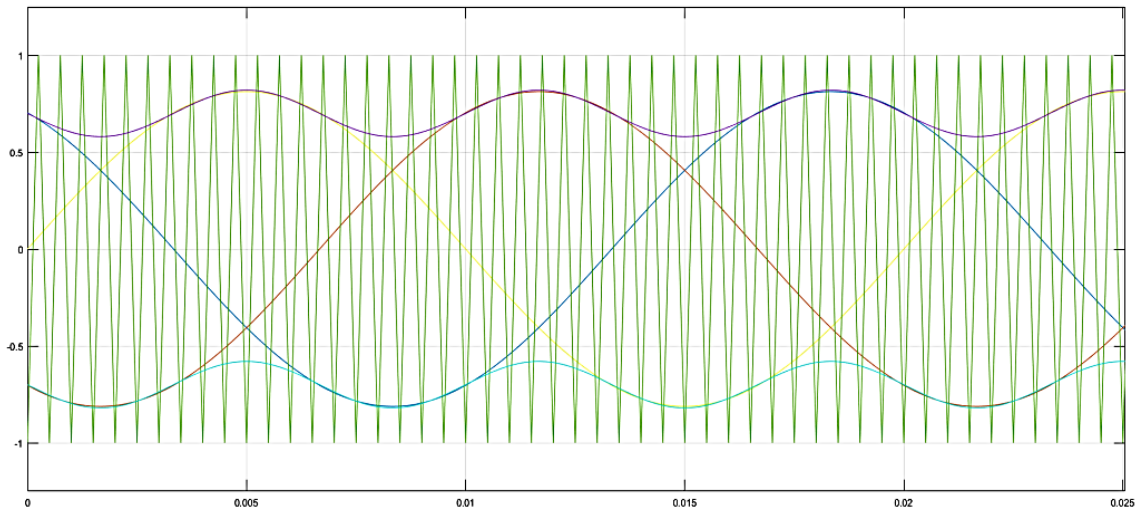
Şekil 6. 3. harmonik ilaveli maksimum yükseltici kontrol sinyalleri (**Figure 6.** Third harmonic injection maximum boost control waveforms)

Maksimum yükseltici kontrol tekniğinin dezavantajı, sabit olmayan bir yükseltme faktörüne sahip

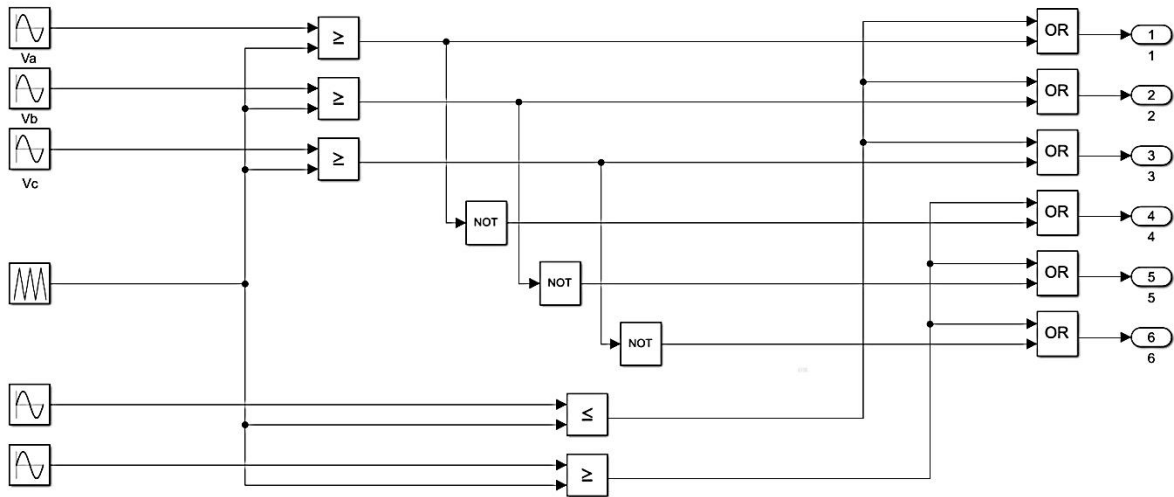
olduğu için empedans katında kullanılan bobinlerde düşük frekansta dalgalanma oluşumuna neden olmaktadır. Bobinler üzerinde düşük frekansta dalgalanma oluşumunu engellemek için empedans katında büyük boyutlarda bobin kullanımı zorunlu olup kullanılan elemanların boyutunun artması doğrudan maliyetin artışına neden olmaktadır.

Maksimum Sabit Yükseltici Kontrol Tekniği (Maximum Constant Boost Control Technique)

Maksimum sabit yükseltici kontrol tekniğinin en önemli özelliği, maksimum ve sabit bir yükseltme faktörüne sahip olmasından dolayı empedans katında kullanılan bobinlerde düşük frekansta dalgalanma oluşmaz ve büyük boyutlarda bobin kullanım ihtiyacı ortadan kalkar [5]. Bu teknikte kullanılmakta olan kontrol sinyalleri Şekil 7'de gösterilmiştir.



Şekil 7. Maksimum sabit yükseltici kontrol sinyalleri (Figure 7. Maximum constant boost control waveforms)



Şekil 8. Maksimum sabit yükseltici kontrol blok diyagramı (Figure 8. Maximum constant boost control block diagram)

Şekil 8'de blok diyagramı verilen maksimum sabit yükseltici kontrol tekniğinde aralarında faz farkı bulunan üç referans sinyali (V_a, V_b, V_c) sinüs formunda iki kısa devre zarf sinyali (V_p, V_n) ve bir üçgen taşıyıcı dalga sinyali kullanılmaktadır. Üçgen taşıyıcı dalga sinyalinin genliği, sinüs formundaki kısa devre zarf sinyallerinden büyük olduğu durumlarda inverter kısa devre modunda, bunun dışındaki durumlarda ise taşıyıcı

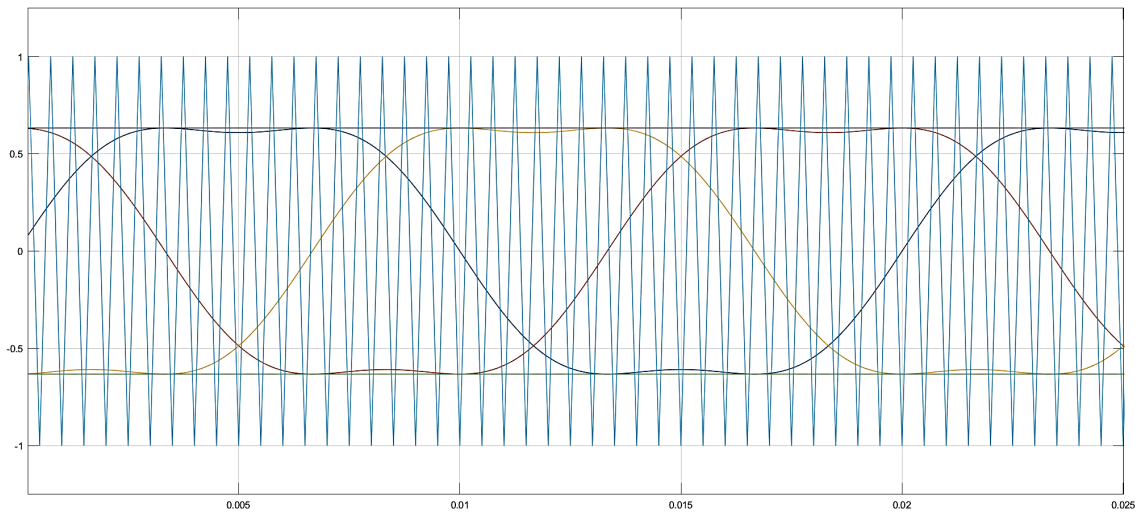
tabanlı klasik DGM inverter gibi çalışacaktır. Maksimum sabit yükseltici kontrol tekniği ile ilgili denklemler aşağıda verilmiştir.

$$B = 1/(\sqrt{3}M - 1) \quad (7)$$

$$M = (B + 1)/\sqrt{3}B \quad (8)$$

$$G = MB = 2V_{AA}/V_{DA} = (B + 1)/\sqrt{3} \quad (9)$$

Maksimum sabit yükseltici kontrol tekniğinde de modülasyon indeks aralığını ve DA bara kullanım oranını arttırmak için 3. harmonik ilavesi yapılmaktadır. Buradaki tek fark 3. harmonik ilave edildikten sonra sinüs formunda kısa devre zarf sinyalleri yerine düz kısa devre zarf sinyalleri kullanılmasıdır. Şekil 9'da 3. harmonik ilaveli maksimum sabit yükseltici kontrol sinyalleri gösterilmektedir. Çalışma prensibi olarak maksimum sabit yükseltici kontrol ile aynı olup modülasyon indeks aralığı ($M=1,14$) artmıştır [5].

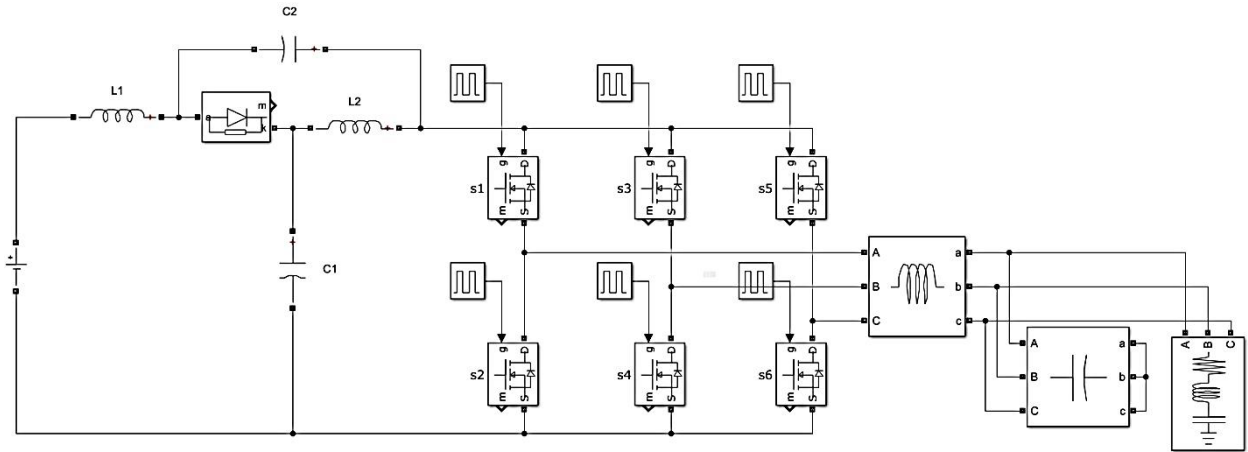


Şekil 9. 3. harmonik ilaveli maksimum sabit yükseltici kontrol sinyalleri (Figure 9. Third harmonic injection maximum constant boost control waveforms)

BULGULAR VE TARTIŞMA (FINDINGS AND DISCUSSION)

Basit yükseltici kontrol, maksimum yükseltici kontrol, 3. harmonik ilaveli maksimum yükseltici kontrol, maksimum sabit yükseltici kontrol ile 3. harmonik ilaveli maksimum sabit yükseltici kontrol teknikleri için belirli bir yükseltme faktöründe modülasyon indeksi ve gerilim kazancı ilgili denklemlerle hesaplanmış ve Matlab/Simulink ortamında benzetim çalışmaları yardımıyla karşılaştırmalı analiz yapılmıştır. Yapılan benzetim çalışmaları ile hangi kontrol tekniğinin yarı empedans kaynaklı inverter devresinde en iyi performansı vermesi amaçlanmıştır. Güç dönüştürücü devrelerinde amaçlanan, devre kayıplarını minimize ederek çıkıştan alınan gerilim kazancını ve sinyal kalitesini en yüksek seviyede tutabilmektir. Klasik DGM inverterlerde uygulanan kontrol tekniklerini, yarı empedans kaynaklı inverter devresine uygulayarak ve analiz ederek gerilim kazancı ve sinyal kalitesi anlamında en iyi sonuç veren yöntemi ortaya çıkarmak bu çalışmanın en büyük hedefidir. Yarı empedans kaynaklı inverter devresinde hangi kontrol tekniğinin ne ölçüde faydalı olduğunun tespit edilmesi ve elde edilen sonuçların bundan sonra yapılacak olan çalışmalara öneride bulunması bu çalışmanın en özgün tarafını oluşturmaktadır. Şekil 10'da benzetim çalışmaları gerçekleştirilen yarı empedans kaynaklı inverter devresinin temel blok şeması gösterilmektedir. Devre incelendiğinde temel olarak DA giriş katı, kontrol katı ve anahtarlama elemanlarının oluşturduğu güç dönüştürücü katı olmak üzere üç kısımdan oluşmaktadır. Giriş katına uygulanan DA gerilimi yarı empedans katında kısa devre çalışma prensibine göre yükseltilerek, seçilen kontrol yöntemine göre sürülen anahtarlama elemanları yardımıyla AA

gerilimine dönüştürülür. Devre çıkışında harmonikleri azaltmak amacıyla filtre devresi kullanılmıştır.



Şekil 10. Yarı empedans kaynaklı inverter devresinin temel blok şeması (Figure 10. Quasi-Z-Source inverter main circuit configuration)

DA giriş gerilim değeri, kullanılan kaynağa, yükten çekilen akıma ve ortam şartlarına bağlı olarak değişiklik gösterebilmektedir [3-5]. Genellikle empedans kaynaklı inverterlerde, DA giriş kaynağı olarak yakıt hücreleri veya fotovoltaiik paneller tercih edilir ve devrenin çıkışında yaklaşık olarak şebeke gerilimi hedeflenir. Benzetimi yapılan çalışmada DA giriş gerilimi ortalama 100V kabul edilerek 210V-230V şebeke gerilimi elde etmek amacıyla yükseltme faktörü $B=3,5$ seçilmiştir.

Empedans katını oluşturan rezonans devresindeki bobin ve kondansatör değerleri aşağıda gösterildiği şekilde hesaplanmıştır. Rezonans devresindeki elemanların değerleri hesaplanırken, maksimum kısa devre çalışma oranı $D=T_0/T$ ile yükseltme faktörü B dikkate alınarak hesaplama yapılır. Ayrıca kullanılacak olan elemanların doğru seçilmesi boyutu ve maliyeti doğrudan etkileyecektir [5]. Rezonans devresindeki bobin için akım-gerilim ilişkisi altta verilen denklem ile hesaplanır:

$$V_{DA} = L * d_i / d_t \quad (10)$$

Verilen denklemde d_i bobin ripple akım değeri, d_t ise kısa devre çalışma süresidir. Anahtarlama frekansı $f_s=5\text{KHz}$ ve maksimum kısa devre çalışma oranı dikkate alınarak kısa devre çalışma süresi $d_t=50\mu\text{s}$ olmak üzere, Şekil 10'da verilen yarı empedans kaynaklı inverter devresinde bobin akım değeri giriş akım değerine eşittir ($I_L=I_m=50\text{A}$). Rezonans devresindeki bobinin çok fazla dalgalanmaya maruz kalmadan çalışabilmesi için bobin ripple akım değeri teorik olarak bobin akım değerinin yaklaşık 0,1 katı seçilerek $d_i=5\text{A}$ bulunur. (10)'da verilen denklem kullanılarak d_i yerine yazıldığında rezonans devresindeki bobin değeri $L=1\text{mH}$ hesaplanır. Rezonans devresindeki kondansatör için akım-gerilim ilişkisi altta verilen denklem ile hesaplanır:

$$I_{giriş} = C * d_v / d_t \quad (11)$$

Kondansatör ripple gerilim değeri teorik olarak kondansatörün gerilim değerinin ($V_c=270\text{V}$) yaklaşık 0,1 katı seçilerek $d_v=2,7\text{V}$ bulunur. (11)'de verilen denklem kullanılarak d_v yerine yazıldığında rezonans devresindeki kondansatör değeri $C=1000\mu\text{F}$ hesaplanır. Devre çıkışındaki harmonikleri azaltmak amacıyla kullanılan filtre devresindeki bobin ve kondansatör değerleri aşağıda gösterildiği şekilde hesaplanmıştır. Yarı empedans kaynaklı inverter devresinin çıkış filtresi için köşe frekansı (f_o) hesabı (12)'de verilen denklem ile hesaplanır. Filtre köşe frekansını anahtarlama frekansının (f_s) onda biri olarak belirlemek 40dB zayıflatma sağlamakta ve bu değer harmonik bozulma şartı için yeterli olmaktadır. Bundan dolayı filtre köşe frekansı $f_o=500\text{Hz}$ seçilir. Bu şekilde filtre elemanlarını mümkün olduğunca küçük tutarak hem boyut hem de maliyeti avantajı sağlanabilmektedir. Daimi kondansatör değeri uygun gerilim değerinde $C_f=100\mu\text{F}$ olarak seçilirse

(12)'de verilen denklem kullanılarak bobin değeri $L_F=1\text{mH}$ bulunur.

$$f_0 = 1/2\pi\sqrt{L_f C_f} \quad (12)$$

Benzetim çalışmalarında kullanılan parametreler şu şekildedir: DA kaynak gerilimi $V_{DA}=100\text{V}$, empedans katı bobin ve kondansatör değerleri sırasıyla $L_1=L_2=1\text{mH}$, $C_1=C_2=1000\mu\text{F}$, anahtarlama frekansı $f_s=5\text{kHz}$, filtre elemanları $L_F=1\text{mH}$, $C_F=470\mu\text{F}$ ve endüktif yük değerleri de $R=10\Omega$ ve $L=1\text{mH}$. Kısa devre çalışma oranı $D=T_0/T$, empedans katındaki kondansatör değerleri V_{C1} ve V_{C2} ile anahtarlama elemanlarına uygulanan gerilim stresi V_S , aşağıdaki denklemlerde hesaplanmıştır.

$$B = 1/\{1 - 2(T_0/T)\} = 3,5 \Rightarrow T_0/T = 0,35 \quad (13)$$

$$V_{C1} = T_1/(T_1 - T_0)V_{DA} = 216\text{V} \quad (14)$$

$$V_{C2} = T_0/(T_1 - T_0)V_{DA} = 116\text{V} \quad (15)$$

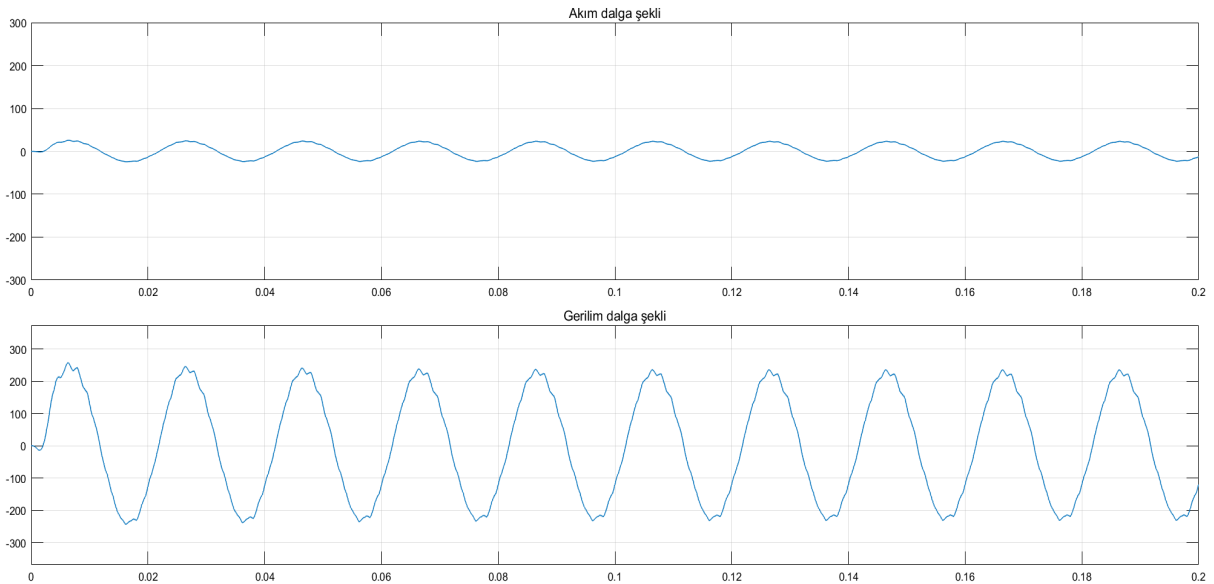
$$V_S = BV_{DA} = 350\text{V} \quad (16)$$

Basit yükseltici kontrol tekniğinde $B=3,5$ yükseltme faktöründe modülasyon indeksi ve gerilim kazancı ilgili denklemler yardımıyla aşağıda hesaplanmıştır.

$$M = (B + 1)/2B = 0,64 \quad (17)$$

$$G = MB = 2,25 \quad (18)$$

Şekil 11'de basit yükseltici kontrol tekniği için LC filtresi kullanılarak çıkış akım ve gerilim dalga şekillerinin tepe değerleri görülmektedir. Filtre edilmiş çıkış akım sinyalinin etkin değerinin $16,1\text{A}$ ve filtre edilmiş gerilim sinyalinin etkin değerinin 161V olduğu görülmektedir.



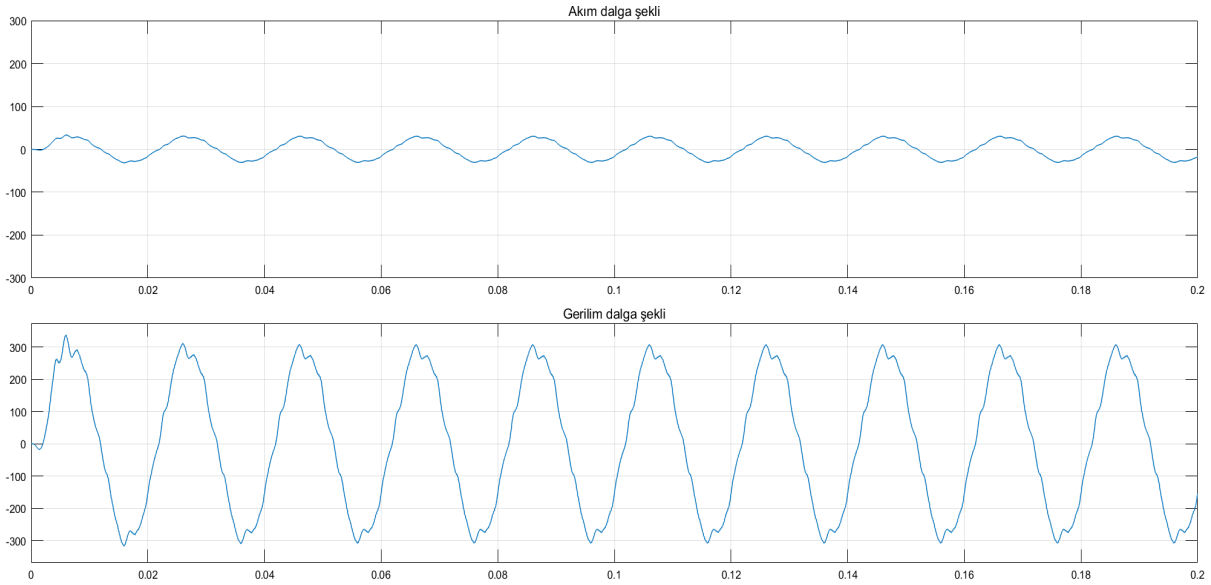
Şekil 11. Basit yükseltici kontrol çıkış akım-gerilim dalga şekilleri (Figure 11. Current and voltage output waveforms using simple boost)

Maksimum yükseltici kontrol tekniğinde $B=3,5$ yükseltme faktöründe modülasyon indeksi ve gerilim kazancı ilgili denklemler yardımıyla aşağıda hesaplanmıştır.

$$M = \pi(B+1)/3\sqrt{3}B = 0,77 \quad (19)$$

$$G = MB = 2,72 \quad (20)$$

Şekil 12'de maksimum yükseltici kontrol tekniği için LC filtresi kullanılarak çıkış akım ve gerilim dalga şekillerinin tepe değerleri görülmektedir. Filtre edilmiş çıkış akım sinyalinin etkin değerinin 20,7A ve filtre edilmiş gerilim sinyalinin etkin değerinin 207V olduğu görülmektedir.



Şekil 12. Maksimum yükseltici kontrol çıkış akım-gerilim dalga şekilleri (**Figure 12.** Current and voltage output waveforms using maximum boost)

Maksimum sabit yükseltici kontrol tekniğinde $B=3,5$ yükseltme faktöründe modülasyon indeksi ve gerilim kazancı ilgili denklemler yardımıyla aşağıda hesaplanmıştır.

$$M = (B+1)/\sqrt{3}B = 0,74 \quad (21)$$

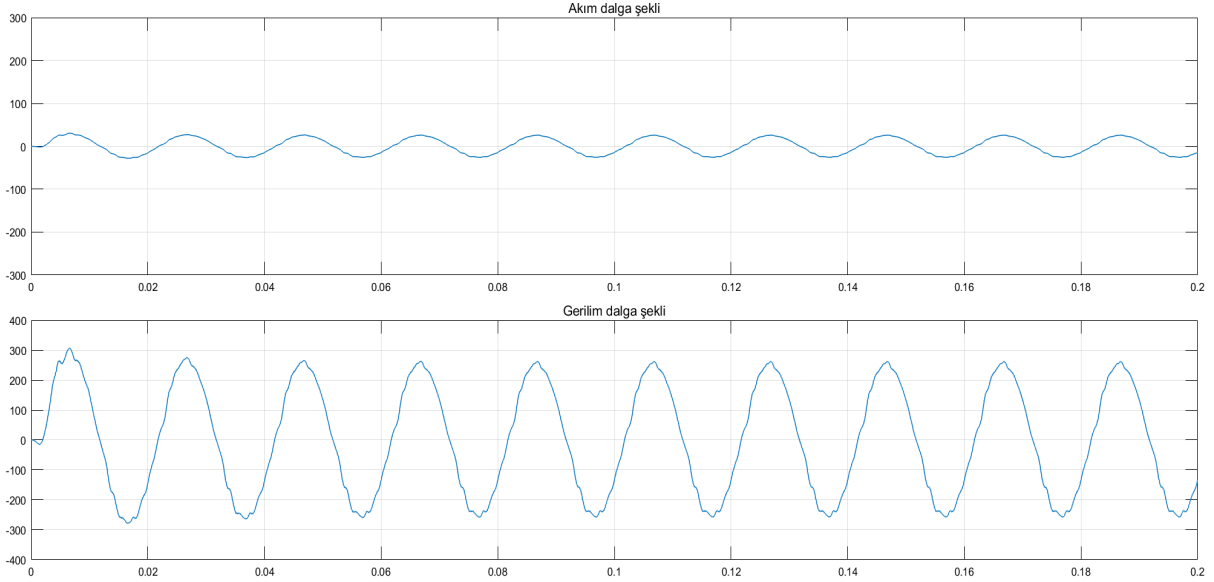
$$G = MB = 2,60 \quad (22)$$

Şekil 13'te maksimum sabit yükseltici kontrol tekniği için LC filtresi kullanılarak çıkış akım ve gerilim dalga şekillerinin tepe değerleri görülmektedir. Filtre edilmiş çıkış akım sinyalinin etkin değerinin 18A ve filtre edilmiş gerilim sinyalinin etkin değerinin 180V olduğu görülmektedir.

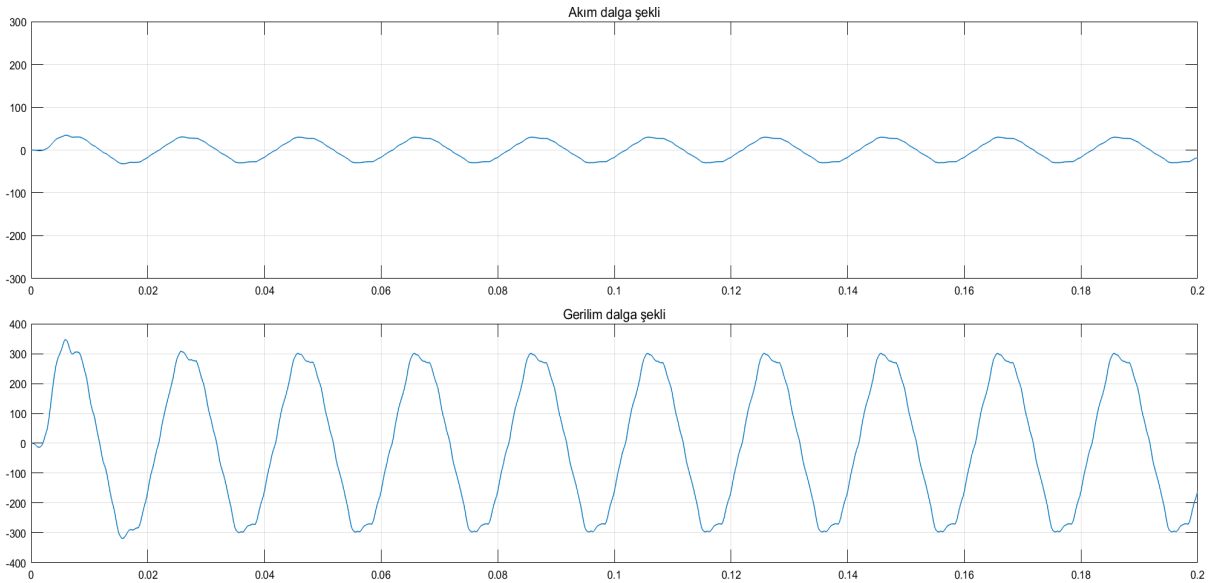
3. harmonik ilaveli maksimum yükseltici kontrol tekniği için modülasyon indeksi ve gerilim kazanç denklemleri maksimum yükseltici kontrol tekniği ile aynıdır. Benzer şekilde 3. harmonik ilaveli maksimum sabit yükseltici kontrol tekniği için de modülasyon indeksi ve gerilim kazanç denklemleri maksimum sabit yükseltici kontrol tekniğiyle aynıdır. Şekil 14 ve Şekil 15'te sırasıyla 3. harmonik ilaveli maksimum yükseltici kontrol ile maksimum sabit yükseltici kontrol teknikleri için LC filtresi kullanılarak çıkış akım ve gerilim dalga şekillerinin tepe değerleri görülmektedir. Yapılan benzetim çalışmaları neticesinde belirtilen yükseltme faktöründe elde edilen çıkış akım ve gerilim dalga şekillerinin etkin değerleri ile modülasyon indeksleri çizelge 1'de verilmiştir.

Şekil 16, Şekil 17 ve Şekil 18'de görüldüğü üzere yarı empedans kaynaklı inverterin çıkış akım sinyali aynı şartlar altında tüm kontrol teknikleri için Matlab/Simulink Hızlı Fourier dönüşüm (FFT) analizi kullanılarak harmonik açıdan karşılaştırmalı olarak incelenmiştir. Fourier analizi, belirli bir periyotta sürekli haldeki dalga formlarının, temel frekans ve temel frekansın tam katları olan diğer frekanslardaki sinüzoidal

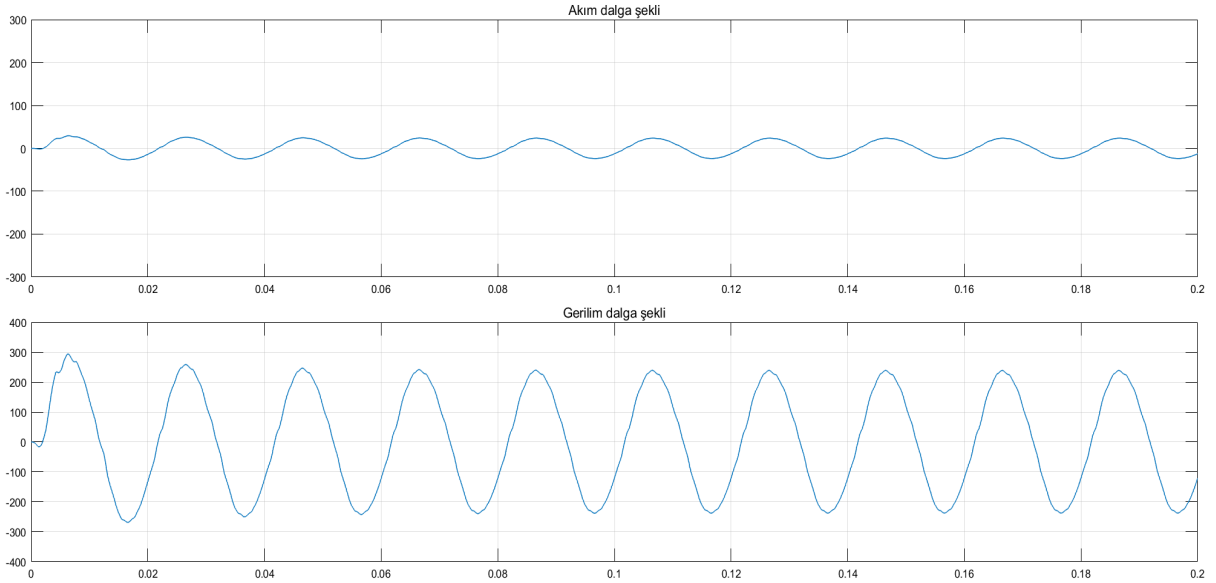
dalga formlarının diğer adıyla harmoniklerin toplamı şeklinde matematiksel olarak ifade edilmesine dayanır. Devre çıkışından alınan akım ve gerilim dalga formlarının sinüs şekli uzaklaşmasına Toplam Harmonik Bozulma (THB) denir. Bu bozulma toplam güç kalitesini belirler [2]. Uluslararası harmonik standartları (IEEE STD 519-1992) %5 değerinin altında olup yapılan benzetim sonuçlarına göre tüm kontrol teknikleri için çıkış akım sinyalinde sırasıyla %3,03, %6,49, %5,19, %3,66 ve %2,74 harmonik bozulma görülmüştür.



Şekil 13. Maksimum sabit yükseltici kontrol çıkış akım-gerilim dalga şekilleri (**Figure 13.** Current and voltage output waveforms using maximum constant boost)



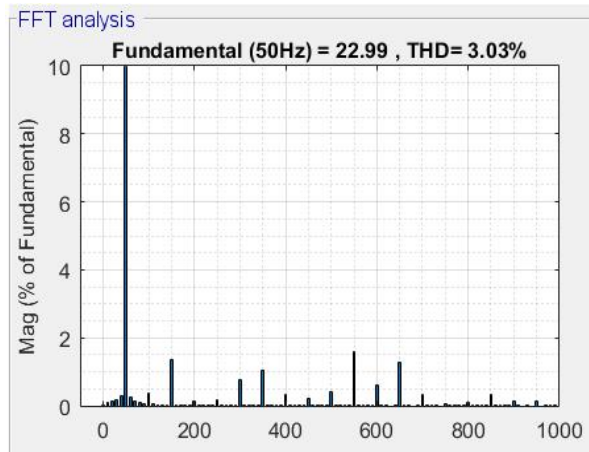
Şekil 14. 3. harmonik ilaveli maksimum yükseltici kontrol çıkış akım-gerilim dalga şekilleri (**Figure 14.** Current and voltage output waveforms using third harmonic injection maximum boost)



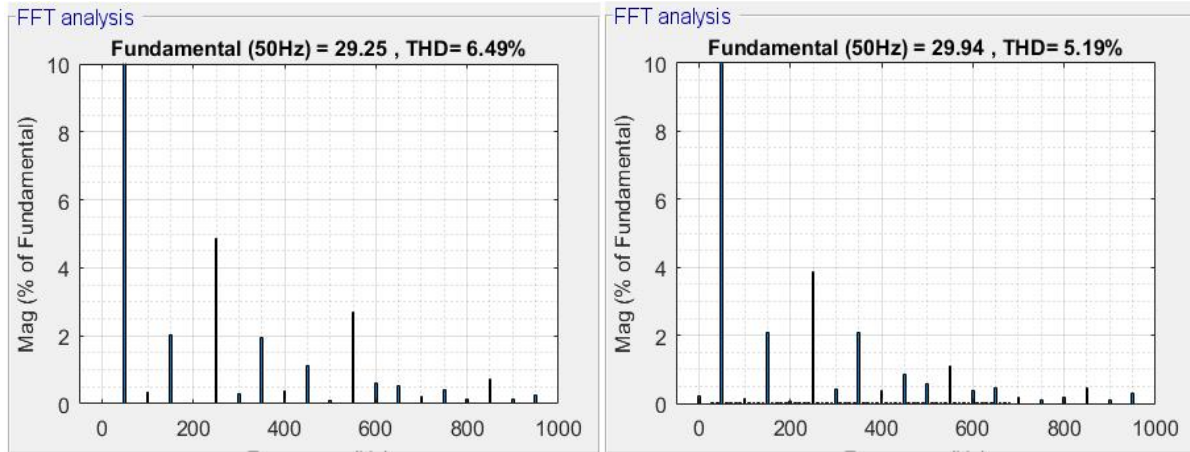
Şekil 15. 3. harmonik ilaveli maksimum sabit yükseltici kontrol çıkış akım-gerilim dalga şekilleri
(Figure 15. Current and voltage output waveforms using third harmonic injection maximum constant boost)

Tablo 1. Çıkış akım ve gerilim genlik değerleri ve modülasyon indeksleri ($B=3,5$ için) (Table 1. Output peak phase current and voltage values and modulation indexes for $B=3.5$)

$V_{DA}=100$ V ve $B=3,5$	Akım (A)	Gerilim (V)
BYK için $M=0,64$	16,1 A	161 V
MYK için $M=0,77$	20,7 A	207 V
3. Harmonik ilaveli MYK için $M=1,15$	21,2 A	212 V
MSYK için $M=0,74$	18 A	180 V
3. Harmonik ilaveli MSYK için $M=1,14$	18,5 A	185 V

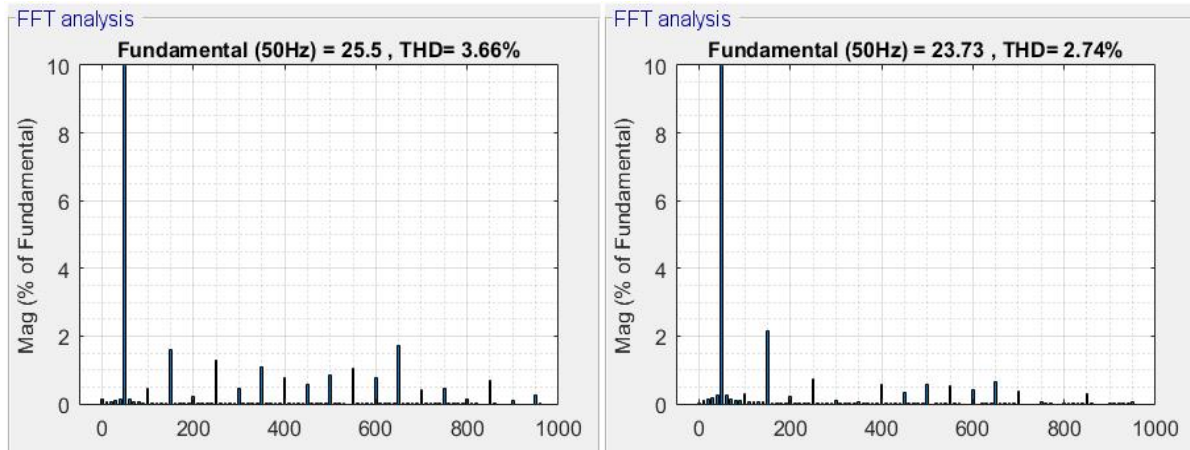


Şekil 16. Basit yükseltici kontrol FFT analizi (Figure 16. FFT analysis of the simple boost control)



Şekil 17. a) Maksimum yükseltici kontrol FFT analizi **b)** 3. harmonik ilaveli maksimum yükseltici kontrol FFT analizi

(Figure 17. a) FFT analysis of the maximum boost control b) FFT analysis of the maximum boost control with third harmonic injection)



Şekil 18. a) Maksimum sabit yükseltici kontrol FFT analizi **b)** 3. harmonik ilaveli maksimum sabit yükseltici kontrol FFT analizi

(Figure 18. a) FFT analysis of the maximum constant boost control b) FFT analysis of the maximum constant boost control with third harmonic injection)

Belirli bir yükseltme faktöründe basit yükseltici kontrol tekniğinde modülasyon indeksi ($M=0,64$) en küçük değer olarak hesaplanmış ve gerilim kazancı ($G=2,25$) en düşük teknik olmuştur. Bu teknikte modülasyon indeksinin düşük değerde olması hem kısa devre çalışma oranının yükselmesine hem de yarı iletken anahtarlama elemanlarına uygulanan gerilim stresinin artmasına neden olmuştur.

Maksimum yükseltici kontrol tekniğinde, modülasyon indeksi ($M=0,77$) en büyük değer olarak hesaplanmış ve gerilim kazancı ($G=2,72$) en büyük teknik olarak gözlemlenmiştir. Bu tekniğin tek dezavantajı sabit olmayan bir yükseltme faktörüne sahip olmasından dolayı empedans katında kullanılan bobinlerde düşük frekansta dalgalanma oluşumuna neden olmasıdır. Modülasyon indeks aralığını arttırmak amacıyla 3. harmonik ilaveli maksimum yükseltici kontrol tekniğinde, gerilim kazancının maksimum yükseltici kontrol tekniğine kıyasla yaklaşık %2 arttığı benzetim çalışması neticesinde gözlemlenmiştir.

Maksimum sabit yükseltici kontrol tekniğinde modülasyon indeksi ($M=0,74$) ve gerilim kazanç değeri

($G=2,60$) maksimum yükseltici kontrol tekniğine oldukça yakın olarak bulunmuştur. Bu tekniğin en büyük avantajı hem sabit hem de büyük bir yükseltme faktörüne sahip olmasıdır. Benzer şekilde modülasyon indeksi aralığını arttırmak amacıyla 3. harmonik ilave edilmesi burada da uygulanmış, benzetim çalışmalarına göre gerilim kazancının maksimum sabit yükseltici kontrol tekniğine kıyasla yaklaşık %3 arttığı gözlemlenmiştir.

Yarı empedans kaynaklı inverter devresi çıkış akım sinyalindeki harmonik bozulma açısından 20. derece harmoniğe kadar analiz edilmiştir. En başarılı sonuç %3,03 harmonik bozulma ile basit yükseltici kontrol tekniğinde sağlanmıştır. Maksimum yükseltici kontrol tekniği gerilim kazancı olarak en başarılı teknik olsa da diğer iki tekniğe nazaran %6,49 ile en fazla harmonik bozulmaya sahiptir. Maksimum sabit yükseltici kontrol tekniği ise %3,66 harmonik bozulma ile basit yükseltici kontrol tekniğine yakın değer almıştır. 3. harmonik ilavesinin uygulanan tekniklerde harmonik bozulmayı azalttığı görülmüştür. 3. harmonik ilavesi ile harmonik bozulma maksimum yükseltici kontrol tekniğinde %6,49'dan %5,19'a, maksimum sabit yükseltici kontrol tekniğinde ise %3,66'dan %2,74'e düşmüştür. Her üç kontrol tekniğinde de hem teorik analiz hem de yapılan benzetim çalışmaları sonucu en büyük kazanç $G=2,72$ ile maksimum yükseltici kontrol tekniğinde, en düşük harmonik bozulma %3,03 ile basit yükseltici kontrol tekniğinde sağlanmıştır. Tüm kontrol tekniklerinde gözlemlenen harmonik bozulma değerleri, IEEE tarafından belirlenen ve uluslararası bazda standart kabul edilen değerlerle yakın olarak bulunmuştur.

SONUÇ (CONCLUSION)

Bu çalışmada yarı empedans kaynaklı inverterde kullanılan klasik taşıyıcı tabanlı DGM kontrol teknikleri analiz edilmiştir. Her bir kontrol tekniğinde belirli bir yükseltme faktöründe modülasyon indeksi ve gerilim kazancı ilgili denklemler yardımıyla hesaplandıktan sonra yapılan benzetim çalışmaları neticesinde maksimum yükseltici kontrol tekniği diğer tekniklere kıyasla en büyük modülasyon indeksine sahip olup aynı zamanda gerilim kazancı en yüksek teknik olarak karşımıza çıkmaktadır. Çıkış akım sinyalinin harmonik açıdan kalitesi benzetim çalışmaları kullanılarak incelenmiş ve en iyi performans basit yükseltici kontrol tekniğinde sağlanmıştır. Burada hangi tekniğin seçileceği uygulanacak güç dönüştürücü devresinin hedefleri doğrultusunda şekillenecektir. Gerçekleştirilen benzetim sonuçları ile yapılan teorik analizlerin uyumlu olduğu görülmüştür.

Bu çalışma sonucunda elde edilen bulgular, DA gücün AA güce en yüksek verimlilikle dönüştürülmek istendiği güneş ve rüzgâr gibi yenilenebilir enerji sistemlerinde ve diğer güç dönüşümünün yapıldığı endüstriyel uygulamalarda fikir sunması açısından önemli bir araştırma konusu teşkil etmektedir.

SEMBOLLER (SYMBOLS)

- M: Modülasyon indeksi
B: Yükseltme faktörü
 f_s : Anahtarlama frekansı
T: Anahtarlama periyodu
 T_0 : Kısa devre anahtarlama süresi
 T_1 : Kısa devre olmayan anahtarlama süresi
D: Kısa devre görev oranı
G: Kazanç

KAYNAKÇA (REFERENCES)

- A. O. Özkan, H. B. Demir, Fotovoltaik Panellerde Sıcaklık ve Zenit Açısının Panel Güç Üretimine Etkisi, *Necmettin Erbakan University Journal of Science and Engineering*, 1 (1) (2019), 1-9.
M. S. Endiz, Ş. Erel, M. Yağcı, Comparative Study of Single Phase Power Inverters Based on Efficiency and Harmonic Analysis, *i-Manager's Journal on Instrumentation & Control Engineering*, 4(1) (2015), 1-

9. doi: 10.26634/jic.4.1.3773

- F. Z. Peng, Z-Source Inverter, *IEEE Transactions on Industry Applications*, 39(2) (2003), 504-510. doi: 10.1109/TIA.2003.808920
- F. Z. Peng, M. Shen, Z. Qian, Maximum Boost Control of the Z Source Inverter, *IEEE Trans. Power Electron.*,20(4) (2005), 833–838. doi: 10.1109/TPEL.2005.850927
- M. Shen, J. Wang, A. Joseph, F.Z. Peng, L.M. Tolbert, D.J. Adams, Maximum Constant Boost Control of the Z-Source Inverter, *Industry Applications Conference (IEEE/IAS)*, USA, 2004, 142–147.
- J. Anderson, F.Z. Peng, Four Quasi-Z-Source Inverters, *IEEE Power Electronics Specialists Conference*, Greece, 2008, 2743-2749.
- Y. Liu, H. Abu-Rub, B. Ge, Z-source/quasi-Z-source inverters: Derived networks, modulations, controls and emerging applications to Photovoltaic conversion, *IEEE Industrial Electronics Magazine*, 8 (4) (2014), 32–44. doi: 10.1109/MIE.2014.2307898
- Y. Liu, B. Ge, F. J. Ferreira, A. T. de Almeida, H. Abu-Rub, Modelling and SVPWM control of Quasi-Z-source inverter, *International Conference on Electrical Power Quality and Utilisation*, Portugal, 2011, 1–7.
- Y. Zhou and H. Li, “A single-phase PV quasi-Z-source inverter with reduced capacitance using modified modulation and double-frequency ripple suppression control”, *IEEE Transactions on Power Electronics*, vol. 31 no. 3, pp. 2166-2173, 2015. doi: 10.1109/TPEL.2015.2432070.
- A. Battiston, E. Miliani, S. Pierfederici, and F. Meibody-Tabar, “Efficiency improvement of a quasi-Z-source inverter-fed permanent-magnet synchronous machine-based electric vehicle”, *IEEE Transactions on Transportation Electrification*, vol. 2, no. 1, pp. 14-23, 2016. doi: 10.1109/TTE.2016.2519349.
- S. Rahman, K. Rahman, M. A. Ali, M. Meraj, and A. Iqbal, “Quasi Z Source Inverter Fed V/f Controlled Five Phase Induction Motor Drive Powered” No. 1736, *EasyChair*, 2019. doi: 10.1049/joe.2018.8042.
- N. Subhani, R. Kannan, M. A. Mahmud, and M. F. Romlie, “Performance Analysis of a Modernized Z-Source Inverter for Robust Boost Control in Photovoltaic Power Conditioning Systems”, *Electronics*, vol. 8, no. 2, pp. 139, 2019. doi: 10.3390/electronics8020139.
- S. Priyanka, and FX E. Deepak, "A Double Frequency Ripple Suppression Control in Quasi Z-Source Inverter", *National Power Engineering Conference (NPEC)*, pp. 1-6, 2018. doi: 10.1109/NPEC.2018.8476744.