



Elektromekanik Araç Korna Sisteminin Manyetik Analizinin İncelenmesi

Gürsel ŞEFKAT¹, Nurhan YILDIRIM²

¹B.U.Ü., Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü, Bursa, Türkiye, ORCID: 0000-0002-5686-0195

²B.U.Ü., Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü, Bursa, Türkiye, ORCID: 0009-0000-0313-1979

Corresponding Author: Gürsel ŞEFKAT, sefkat@uludag.edu.tr,

Özet

Bu çalışmada elektromanyetik kornanın mevcut bir tasarımı ele alınarak manyetik analizi yapılmış ve analiz sonuçları deneysel sonuçlar ile karşılaştırılmıştır. Elde edilen başarı oranı, korna sisteminin imalat öncesi bilgisayar ortamında analiz ve doğrulanmasını sağlamada etkin bir rolü olacağı göstermiştir. Manyetik alan kuvvetinin; zamana, akıma ve hava aralığına bağlı değişimi SEM ile çözülmüş olup ayrıca manyetik akının hava aralığına bağlı değişimi analiz sonucunda görülmüştür. Elektromanyetik alan oluşumunda bobin teli malzemesinin etkisini belirlemek için bakır ve alüminyum bobin teli kullanılarak analizler yapılmış ve sistem güç kayıpları gösterilmiştir. Bu kayıplara göre alüminyum bobin teli için kayıp değerleri 3.54 W olarak hesaplanırken bakır bobin teli için kayıp 2.30 W olarak hesaplanmıştır. Bu durum, kornanın daha fazla akım çekmesiyle ilişkili olup bu etki yapılan ölçümlerle doğrulanmıştır.

Article Info

Research Article

Received: 26/11/2024

Accepted: 25/12/2024

Anahtar Kelimeler

Araç Korna,
Elektromagnitizasyon,
Manyetik Analiz

Öne Çıkanlar

Elektromanyetik korna sistemlerinin bilgisayar ortamında manyetik analizi ile tasarım ile nihaiyi ürün arasındaki zaman ve malzemenin tasarruf sağlanırken, parametrelerin sistem üzerine etkileri hızlı yorumlanabilir olmuştur. Alüminyum telli bobinin kayıplarının daha yüksek olduğu gözlemlenmiştir. Bu durum, kornanın daha fazla akım çekmesiyle ilişkili olup bu etki, yapılan ölçümlerle doğrulanmıştır.

Magnetic Field Analysis of Electromechanical Horn Systems

Abstract

In this study, the magnetic analysis of an existing electromagnetic horn design was conducted, and the analysis results were compared with experimental results. The achieved success rate has been shown to play an effective role in ensuring the analysis and validation of the horn system in a computer environment before manufacturing. The variation of the magnetic field strength with time, current, and air gap was solved using SEM, and the change in magnetic flux with respect to the air gap was observed in the analysis results. To determine the effect of the coil wire material on the formation of the electromagnetic field, analyses were conducted using copper and aluminum coil wires, and the system's power losses were demonstrated. According to these losses, the loss value for the aluminum coil wire was calculated as 3.54 W, while the loss for the copper coil wire was calculated as 2.30 W. This situation is associated with the horn drawing more current, and this effect was verified through the measurements taken.

Keywords

*Vehicle Horn,
Electromagnet,
Magnetic Analysis*

Highlights

With the computerized magnetic analysis of electromagnetic horn systems, the time and material between the design and the final product is saved, and the parameters' effects on the system can be interpreted quickly. It is observed that the losses of the aluminium wire coil are higher. This is related to the fact that the horn draws more current and measurements confirm this effect

1. Giriş

Araç kornası; otomobiller, tramvaylar ve trenler gibi çeşitli araçlara monte edilebilen ses üreten elektromanyetik bir cihazdır (1). Kornanın amacı, diğerlerine bir aracın varlığını veya yaklaşmakta olduğunu bildirmek veya çarpışma tehlikesine dikkat çekmek için kullanılır. Araçların korna bulundurulması yasal olarak zorunlu kılınmıştır (2).

Araç kornalarının çalışma prensibi, içlerinde bulunan kontağının açılıp kapanmasıyla yani bobinin (yük) sürülmesine dayanır. Bu anahtarlama durumu, bobinden geçen akımın oluşturduğu manyetik alanın korna içindeki diyaframın salınımını başlatarak ses üretimini sağlar (3).

Elektromanyetik korna, istenen etkiyi oluşturmak için etkileşime giren farklı fiziksel yasalarının bir araya geldiği çoklu bir fizik sistemidir (4). Korna sistemi; Mekanik titreşim sistemi, esnek bir diyafram üzerine monte edilmiş bir kütlede (hareketli pim) ve kontak grubundan oluşur. Elektromanyetik sistem, titreşim sistemini uyarmak için kullanılan bir bobin ve sabit bir çekirdekten oluşur. Titreşim sistemi ve elektromanyetik sistem, korna motorunu oluşturur ve bu iki sistem kontaklar aracılığıyla etkileşime girer. Son olarak, titreşimlerin mekanik enerjisini akustik enerjiye dönüştürmeyi amaçlayan bir akustik sistem vardır. Bu sistem iki farklı tipte olabilir. İlk sistem, bir salyangoz kornasından oluşur; bu durumda ses, diyafram tarafından yayılır ve salyangoz korna tarafından güçlendirilir. İkinci sistem ise sesin bir metal disk ile yayılmasıdır; hareketli pimin sabit pime göre hareketinde, disk periyodik bir kuvvetle uyarılır, titreşir ve ses yayılır (5-7).

Mekanik kornalarda kullanılan kontak yerine, elektronik kornalarda bir işlemci diyafram hareketini ve anahtarlama sürecini üstlenmektedir. Bu durum, kornanın hem kontrolünü kolaylaştırmış hem de dayanıklılığını artırmıştır (3).

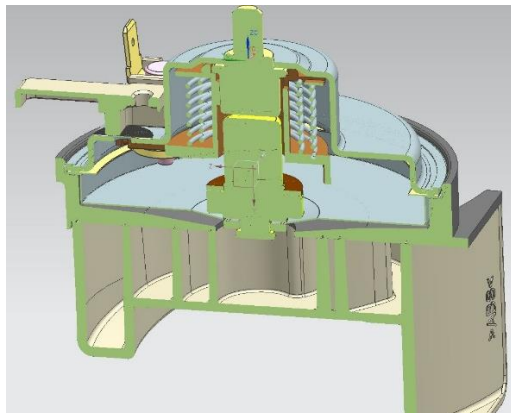
Elektromanyetik teoriye dayalı teknolojik ürünler birçok sektörde geliştirilmiş ve bu alanla ilgili bilimsel araştırmalara yoğunlaşmıştır (8-10). Elektromekanik aygıtların kullanım alanlarını, özelliklerini ve kontrol yöntemlerini ele almıştır (8). Özellikle günümüzde, bilgisayar destekli tasarım (CAD) ve bilgisayar destekli mühendislik (CAE) teknolojilerinin ilerlemesi, ürünlerin daha hassas ve etkili şekilde tasarlanmasına olanak tanımıştır. Bu süreçte geometrik optimizasyon, topoloji optimizasyonu ve son olarak üretken tasarım gibi teknolojiler ön plana çıkmıştır (11).

2. Materyal ve Yöntem

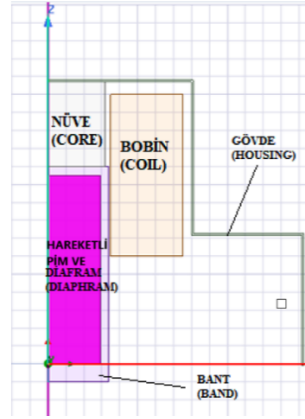
Bu makalede, elektromanyetik korna bobininin malzeme etkisi irdelenmiştir. Kontrol edilebilecek parametrelerin belirlenmesinin ardından, seçilen parametreler ile Ansys Maxwell yazılımı kullanılarak simülasyonlar yapılmış ve sonuçlar elde edilmiştir. Öncelikle parametreler belirlenmiş ve ardından seçilen parametreler ile analizler gerçekleştirilmiştir. Elde edilen analiz sonuçları kayıpları, manyetik kuvvet ve manyetik akı dağılımını göstermiştir. Bobin tasarımı tekrar düzenlenmiş, bobin malzemesi değiştirilerek kayıplar yeniden hesaplanmış ve bunun sonucunda aynı parametreler ile üretilen prototip kornaların sonuçları karşılaştırılmıştır.

2.1 Modelleme ve Analiz

Seğer A.Ş. tarafından üretilen çembersiz kornanın kesiti Şekil 1'de sunulmuştur. Geometriyi analiz için hazırlamak adına her bir bileşen ayrı ayrı modellenip montajı yapılmıştır. Model, analiz aşamasına gelindiğinde Ansys Maxwell modülüne aktarılmıştır. Ansys Maxwell yazılımında modelin analiz sürecini karmaşıklaştırmasından dolayı sadeleştirme yapılmıştır. Yani analizin sürecini kolaylaştırmak ve programın kısıtlamalarından dolayı daha doğru sonuçlar elde edebilmek için vida, perçin ve plastik parçalar 2D modelde çıkarılmıştır. Sadeleştirilen korna modeli (Şekil 2); bir adet bobin, kornanın hareketsiz kısmı, nüve ve hareketli kısmı pim ile diyafram ve tastaan oluşmaktadır.

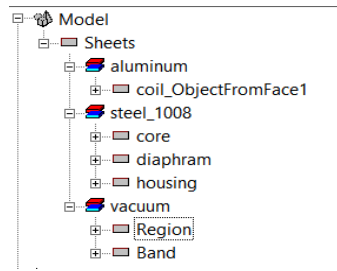


Şekil 1. Korna 3D kesit görünümü



Şekil 2. Korna Manyetik Modeli

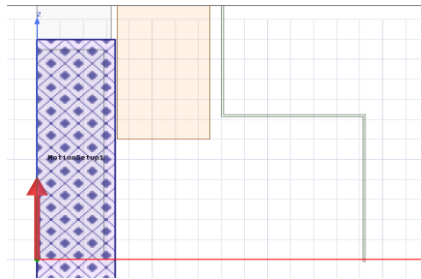
Modelin kurulumu sırasında, her bir bileşene uygun bir malzemenin atanması gerekmektedir. Malzeme seçimi; "assign material" sekmesine tıklanarak açılan pencerede, daha önce kaydedilmiş malzemeler arasından birinin seçilmesiyle yapılır. Bu çalışmada; bobin teli ilk olarak alüminyum seçilmiş daha sonrasında bakır seçilmiştir. Nüve, pim ve housing (tas) malzemesi steel_1008 olarak Şekil 3'te görüldüğü gibi seçilmiştir.



Şekil 3. Malzeme Türleri

2.2. Sınır Koşullarının Belirlenmesi

İki boyutlu analizin yapılabilmesi için alanın sınırlandırılması gerekmektedir. Analiz alanı olarak tanımlanan bölge "region" olarak belirlenmiştir. Region alanına, 0 Weber/m olacak şekilde vektör potansiyeli tanımlanmıştır. Region alanının materyali olarak "vacuum" (boşluk) seçilmiştir. Benzer şekilde, diyaframın hareketinin tanımlanabilmesi için hareketli diyaframı kapsayan bir bant bölgesi tanımlanmış olup, burada da materyal tipi olarak "vacuum" seçilmiştir. Hareketli cismin vektör yönü tanımlanarak veri girişleri tamamlanmıştır. Pim hareket yönü de analizde Şekil 4'te ki gibi tanımlanmıştır.



Şekil 4. Hareket Bandının Tanımlanması

2.3. Analiz Ayarları

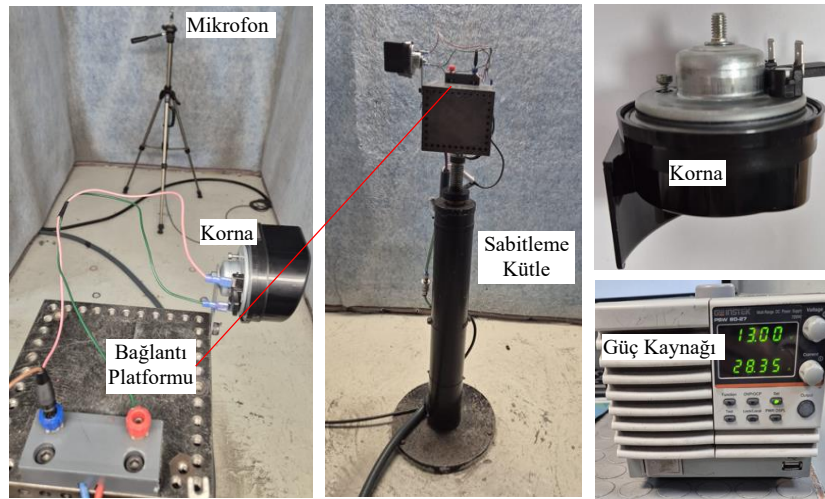
Analizin sonuçlandırılması ve anlık görüntülemeler için analiz ayarlarının yapılması gereklidir. Bu çalışmada yapılan SEM analizleri için çözüm ve zaman adımları ayarları aşağıda açıklandığı gibi yapılmıştır.

Çözüm Ayarları: Manyetik akı çizgileri ve alan haritalarının görülebilmesi için alanlar kaydedilmiştir. 0 – 10 ms aralığında 100 alan kaydedilmiştir.

Zaman Adımları: Toplam analiz süresi 10 ms seçilmiş olup, analiz adımı 0.1 ms hassasiyet olacak şekilde seçilmiştir. Şekil 7’de kuvvetin zamana göre analizi gösterilmiştir.

Bu çalışmada analizi yapılan korna modeli üretilerek akustik laboratuvarında Şekil 5’te gösterilen test düzeneği kullanılarak test edilmiştir. Tasarım, hava aralığı, malzemeler ve üretim parametreleri sabit tutularak sadece bobin teli alüminyum ve bakır olarak üretilen bobin kornaları kullanılarak yapılan test sonuçları ile analiz sonuçları Bölüm 3’te tartışılmıştır.

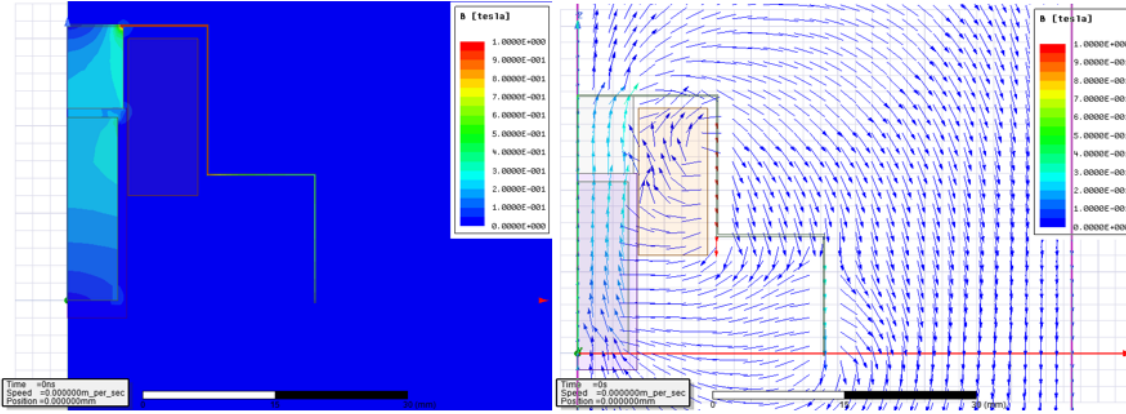
Akustik laboratuvarında yapılan test işlemleri sırasında; korna 30 kg’lık bir kütleyle sabitlenmiş olup 2 metre uzaklığa mikروفon yerleştirilmiştir. Test düzeneği ve ekipmanları Şekil 5’te gösterilmiştir. Güç kaynağı 13 V değerine ayarlanarak akım, frekans ve ses şiddeti(desibel) parametreleri kaydedilmiştir.



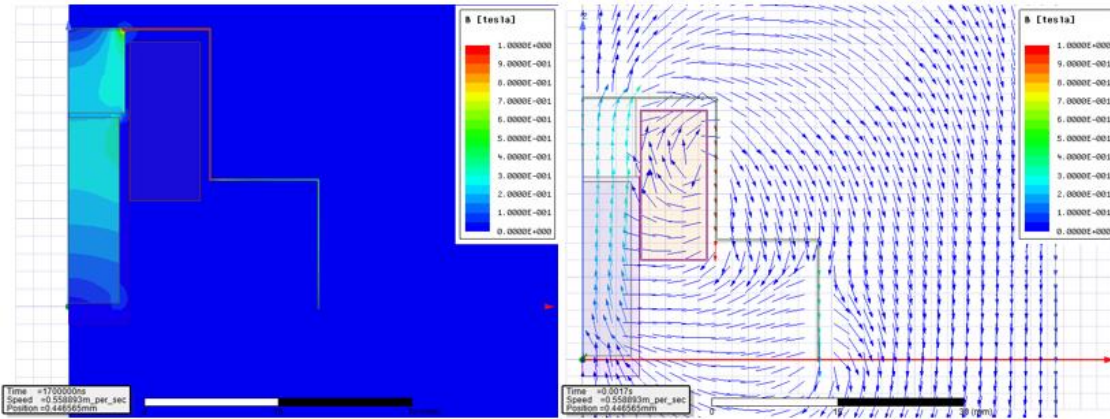
Şekil 5. Korna test ekipmanları

3. Bulgular ve Tartışma

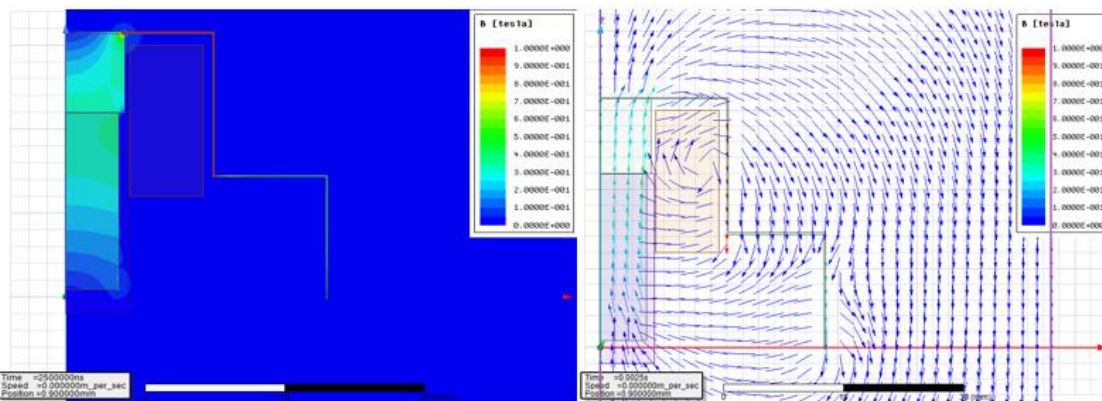
Modellenen korna manyetik mekanizmasının ANSYS/Maxwell programındaki analiz sonuçlarından; manyetik alan haritası ve manyetik akı çizgileri Şekil 6 da (bakır telli bobin için) gösterilmiştir. Hava aralığına ve zamana bağlı manyetik akı değişimi ve manyetik alan çizgileri Şekil 6’da gösterilmiştir. Pimler birbirine yaklaştığında manyetik akı yoğunluğu artmıştır. Analiz sonuç grafikleri, sistemin zaman içindeki davranışını ve elektromanyetik kornanın değişikliklerini göstermektedir. $t=0$ anındaki grafik, sistemin başlangıç durumunu temsil ederken (Şekil 6a), $t=2.5\text{ms}$ anındaki grafik, sistemin zamanla pimlerin birbirine yaklaştığını göstermektedir (Şekil 6c). Bu iki an arasındaki farklar, özellikle manyetik alan yoğunluğundaki değişimlerin daha belirgin hale geldiğini gösterir. $t=0$ anında, sistemin manyetik alanı daha sınırlı ve yoğunluk daha düşükken, $t=2.5\text{ms}$ ’de manyetik alan daha geniş bir alana yayılmakta ve yoğunluğu artmaktadır.



a) $t=0$ ms



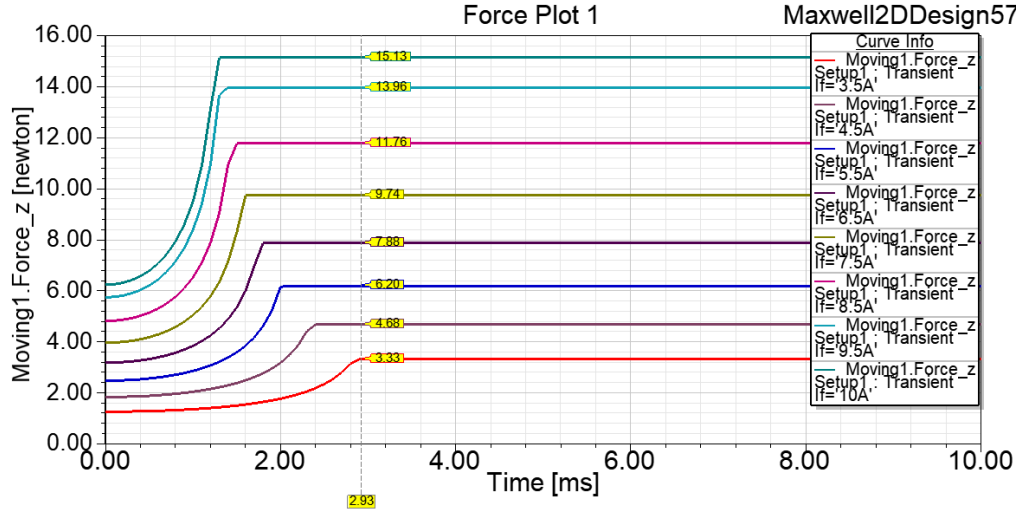
b) $t=1.7$ ms



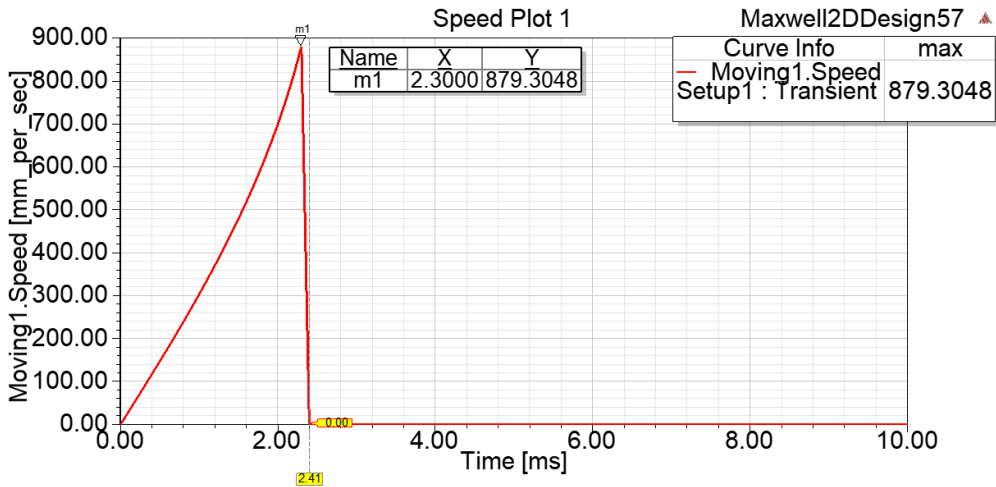
c) $t=2.5$ ms

Şekil 6. Manyetik alan haritası ve manyetik alan çizgileri

Sistemin farklı akım uyarılarında diyaframa uygulanan kuvvetin zamana göre değişimleri Şekil 7’de verilmiştir. Tüm farklı akım değerlerinde diyafram, nüveye yaklaştıkça üzerine uygulanan kuvvet artmaktadır. Nüve-üst pim arası mesafe ayarlanan minimum değere geldiğinde Şekil 7’de görüldüğü gibi kuvvet sabit kalmaktadır. Şekil 7’de hareketli elaman olan pimin hız değişimi $I=4.5$ A için gösterilmiştir. Kuvvetin sabitlendiği nokta nüve ile hareketli pimin arasındaki mesafenin en az olduğu noktadır.

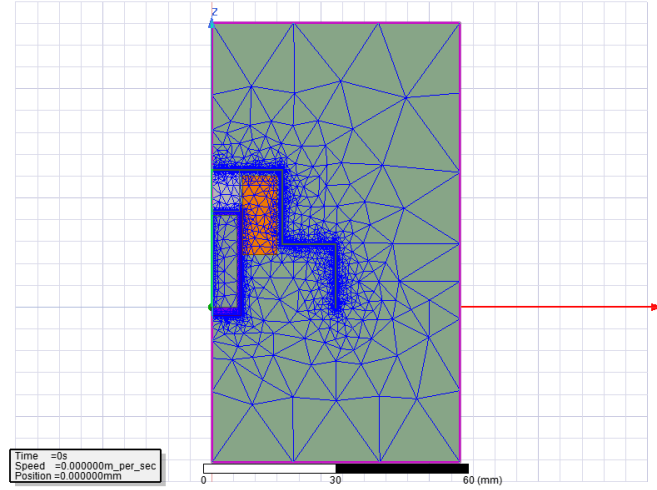


Şekil 7. Diyafram üzerine uygulanan zamana bağlı kuvvet eğrisi



Şekil 8. Diyaframın zamana bağlı hareket hız eğrisi

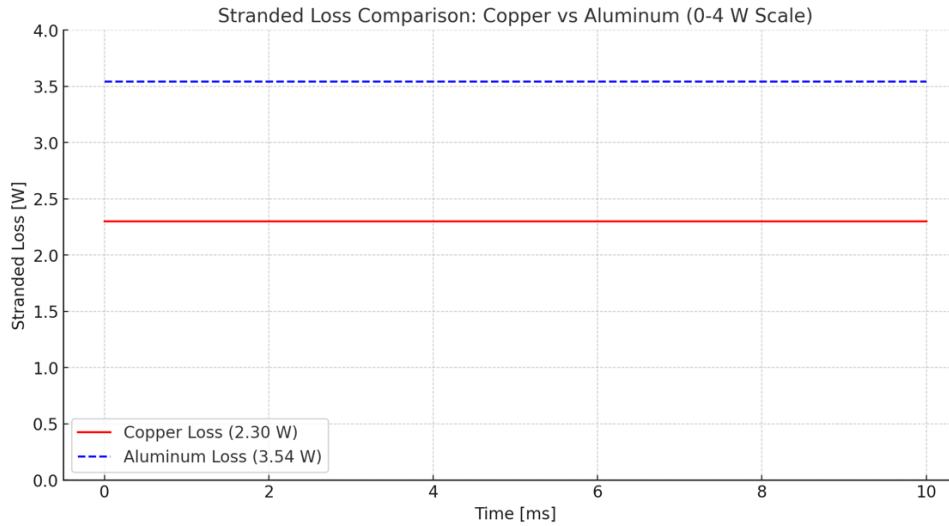
Sonlu elemanlar yöntemi analizinde hesaplamaların doğru çıkması için mesh (ağ) haritasının uygun tanımlanması gerekmektedir. Dar alanlarda büyük meshler sonucun hatalı çıkmasına yol açabilir. Bu nedenle kritik bölge hava boşluklarında uzunluğa göre ağ haritası tanımlanmıştır. Mesh tanımlamaları yapılırken iki farklı mesh ağı tanımlanmıştır. Manyetik alanın etkilendiği ve dar olan bölgelerde 0.1 mm mesh büyüklüğü seçilmiştir. Bu seçimin yapılması mesh sonuçlarının değerlendirilmesi ile kabul edilmiştir. Şekil 9’da görüldüğü gibi mesh görüntüsü kenar kısımlarda yoğunlaşmıştır.



Şekil 9. Ağ haritası

Bobin teli üzerinden geçen akım artıkça diyaframa uygulanan kuvvet artmaktadır. Aynı şekilde diyafram nüveye yaklaştığında diyafram üzerine uygulanan kuvvet artmaktadır. Hava boşluklarının çok olması ve manyetik alanın kılavuzlanması için takip ettiği manyetik akı yollarıyla çevrili olmadığı için korna için kayıp oluşmaktadır.

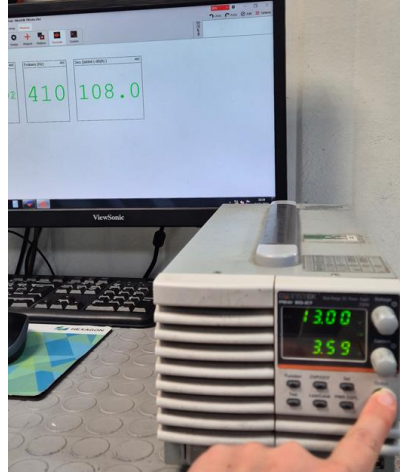
Yukarıdaki analiz bobin teli malzemesi alüminyum olarak girilmiştir. Aynı analizin sınır şartları ve tasarım koşulları aynı olacak şekilde bobin teli malzemesi bakır olarak analiz tekrarlanmıştır. Bu durumda sistem kaybı tekrar hesaplanmıştır. Alüminyum için kayıp değerleri 3.54 W olarak hesaplanırken bakır tel için kayıp 2.30 W olarak hesaplanmıştır. Bu değerleri deneysel olarak korna üzerindeki etkisi test edilmiştir.



Şekil 10. Alüminyum ve bakır tel sarılmış bobin için korna kayıp hesabı

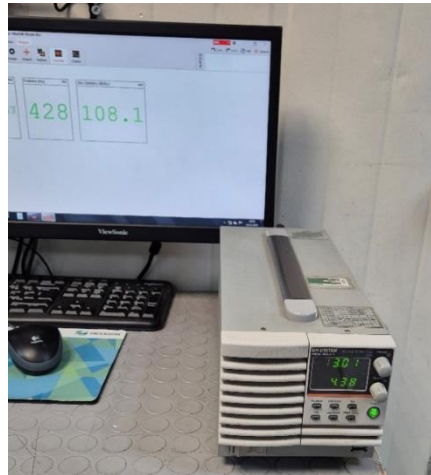
3.1. Test Sonuçları

Güç kaynağı 13V a ayarlanarak test yapılmıştır. Bakır telli bobinden hazırlanan korna akustik odada test edilmiştir. Test sonucun göre imalatı yapılan prototip korna sisteminin bu uyarı geriliminde 410 Hz Frekans, 108 dB Ses şiddeti, 3.59 Amper Akım değerleri olduğu ölçülmüştür.



Şekil 11. Bakır telli korna için test değerleri

Güç kaynağı 13V'a ayarlanarak alüminyum tel bobin kornası testi yapılmıştır. Alüminyum telden sarılmış bobin ile korna üretildiğinde test sonuçları aşağıda verilen Şekil 12'deki gibi elde edilmiştir. Frekans 428 Hz, ses şiddeti 108.1 dB ve 4.38 Amper akım değerleri görülmüştür.



Şekil 12. Alüminyum telli korna için test değerleri

Yapılan analiz sonuçlarına göre, alüminyum telli bobinin kayıplarının daha yüksek olduğu gözlemlenmiştir. Bu durum, kornanın daha fazla akım çekmesiyle ilişkilidir ve bu etki, yapılan ölçümlerle doğrulanmıştır. Bakır tel sarılmış bobin korna sistemini optimum değerlerde tutarken diyaframın daha kolay çalışması için manyetik kayıpları daha az olduğu hem yapılan prototip modelinde hem de Şekil 10'da verildiği gibi ANSYS analizi sonucunda da görülmüştür.

4.Sonuç

Bu çalışmada korna sisteminin imalat öncesi bilgisayar ortamında manyetik analizinin, prototip kornanın doğrulanmasını sağlamada etkin bir rolü olacağı gösterilmiştir. Manyetik alan kuvvetinin; zamana, akıma ve hava aralığına bağlı değişimi SEM ile çözülmüş olup ayrıca manyetik akının hava aralığına bağlı değişimi analiz sonucunda görülmüştür. Malzeme ve/veya tasarım değişikliklerin sisteme etkisi hızla belirleneceğinden bu çalışmada kurulan manyetik modelin geliştirilerek endüstriyel anlamda tasarımdan nihai ürüne geçiş sürecini kısaltacağı değerlendirilmiştir.

Korna üretiminde ANSYS Maxwell yazılımında yapılan analiz sonuçlarına göre bobin teli malzemesi bakır tercih edildiğinde akım değerleri ve sistem kayıpları daha düşük olduğu bulunmuştur. Bu parametreler göz önünde bulundurulduğunda manyetik korna bobin teli malzemesinde bakırı tercih etmek sistem için daha avantajlı olmaktadır. Öte yandan alüminyum tel sarılmış bobinin bulunduğu sistem bakır tele nazaran yüksek kayıplı olmasına rağmen tüm koşulları sağladığı, alüminyum tel malzemesinin maliyetinin düşük olması tasarım esnasında değerlendirilebileceği gösterilmiştir.

Finansal Destek

Herhangi bir finansal destek yoktur.

Çıkar Çatışması

Herhangi bir çıkar çatışması yoktur.

Yazar Katkısı

Yazarlar eşit katkı sağlamıştır.

5. Kaynaklar

- [1] Wu W, Hong T, Liu L, Chen C, Zeng P, Zeng Z, editors. Study on durability test bench of the automotive electric horn. 2011 International Conference on New Technology of Agricultural; 2011: IEEE,
- [2] Sim J-H, Kim D-Y, Kim S-I, Hong J-P. Analytical electromagnetic modeling and experimental validation of vehicle horn considering skin effect in its solid cores. IEEE Transactions on Magnetics. 2017;53(6):1-4,
- [3] Setrekli G, Koral M, Çayır VD. Araç Kornalarında Sıcaklık Etkisi ve Kontrolü Temperature Effect and Control in Vehicle Horns. 2022,
- [4] Lemaitre G, Susini P, Winsberg S, McAdams S, Letinturier B. The sound quality of car horns: a psychoacoustical study of timbre. Acta acustica united with Acustica. 2007;93(3):457-68,
- [5] Medè C, Doria A, Munaretto P, SG Valdecasas J. Multi-physics phenomena influencing the performance of the car horn. Journal of Low Frequency Noise, Vibration and Active Control. 2019;38(2):544-57,
- [6] Bonfiglio P, Pompoli F. A numerical approach for the analysis of car snail horn performance. Noise Control Engineering Journal. 2017;65(3):147-57,
- [7] Kang H-S, Shin T, Lee S-K, Park DC. Design optimization of a dual-shell car horn for improved sound quality based on numerical and experimental methods. Applied Acoustics. 2015;90:160-70,

- [8] Howe D. Magnetic actuators. *Sensors and Actuators A: Physical*. 2000;81(1-3):268-74,
- [9] Bhavsar V, Bali S. Comparative evaluation of different steel for mobile nucleus of electromechanical disc type vehicle horn. *Materials Today: Proceedings*. 2022;67:566-76,
- [10] Sefkat G. The design optimization of the electromechanical actuator. *Structural and Multidisciplinary Optimization*. 2009;37:635-44,
- [11] Özdemir M. Elektromanyetik kavramaların tasarım parametrelerinin analitik ve nümerik yöntemlerle optimizasyonu. 2022,