

INVESTIGATION OF DC WIPER MOTOR CURRENTS USED IN COMMERCIAL VEHICLES ACCORDING TO CISPR25 STANDARDS

Buğra Er^{1*}, Okan Bingöl²

^{*1}Kormas Electric Motor, Kocaeli, Türkiye.

²Isparta University of Applied Sciences, Department of Electrical and Electronics Engineering, Isparta,

ORCID Code: <https://orcid.org/0000-0002-3982-5654>

ORCID Code: <https://orcid.org/0000-0001-9817-7266>

ABSTRACT

The DC wiper motor is an important part that powers the windshield wipers of vehicles. Wipers are located on the windshield of the vehicles, water, hail, snow, mud, dust, etc. that may affect the driver's vision while driving. It is a part that allows the cleaning of residues. At the same time, DC wiper motors cause electromagnetic compatibility problems in the vehicle.

CISPR25 is a standard that determines the electromagnetic compatibility of vehicles within the scope of ECE R10. This standard determines the electromagnetic radiation levels of the vehicles and ensures that the electrical / electronic devices in the vehicles work in harmony with each other. DC wiper motor currents play an important role in the CISPR25 standard. This standard tests DC wiper motors in the RF spectrum where they may cause radio frequency (RF) interference to electrical/electronic equipment in vehicles. During these tests, current graphs of the wiper motors are examined to measure RF interference from the wiper motors. The wiper motor current graphs show the power consumption of the wiper motor. In this study, the test results of the current graphs of the brushed DC motor according to CISPR25 standards were examined.

Keywords: CISPR25, ECE R10, Wiper Motor, Brushed DC motor graphics

Ticari Araçlarda Kullanılan DA Silecek Motoru Akımlarının CISPR25 Standartlarına Göre İncelenmesi

1. GİRİŞ

Otomotiv sektöründe fırçalı düşük gerilimli DA motorlar, sileceklerden cam kaldırma motorlarına kadar çeşitli uygulamalarda yaygın olarak kullanılmaktadır. Fırçalı DA silecek motorlarının fiziki boyutları küçük olmasına rağmen yüksek hız ve güç sağlamak için kullanışlıdır. Şekil 1'de fırçalı DA silecek motoru gösterilmiştir. Komütasyon sırasında, fırçaların komütatör ile teması kesildiğinde ve

motor sargılarında depolanan enerji bir ark oluşturduğunda yüksek seviyeli elektromanyetik girişim (EMI) meydana gelir (Zhang vd., 2014). Bir motorun hat üzerinden sistemi etkilemesini önlemenin en iyi yolu, RF gürültüsünü kaynaқта engellemektir (He vd., 2010).



Şekil 1. Fırçalı DA motor

Fırçalı DA motorlar, diğer elektrik motorları gibi, diğer elektronik cihazların çalışmasını etkileyebilecek elektromanyetik girişim üretebilir (Benecke vd., 2008). Bu nedenle, elektrik motorlarının Elektromanyetik Uyumluluk (EMC) standartlarına uygun olmasını sağlamak önemlidir (Oganezova vd., 2014).

Otomotiv EMC, araçlarda kullanılan elektronik cihaz ve sistemlerin diğer elektronik sistemlerle karışmadan veya onlar tarafından etkilenmeden düzgün çalışabilmesini ifade eder (Canavero vd., 2000). Diğer bir deyişle, bir araçta bulunan elektronik sistemlerin, diğer sistemlere müdahale etmeden ve ortamdaki diğer sistemler tarafından müdahale edilmeden çalışabilme yeteneğinin ölçüsüdür.

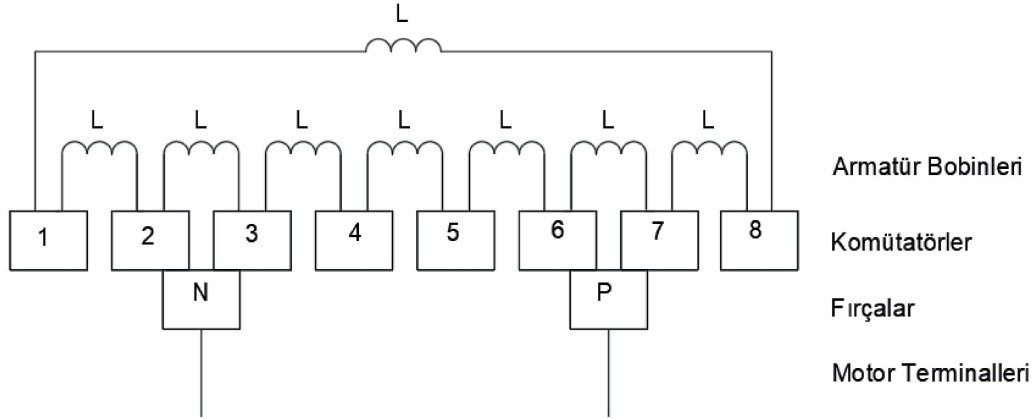
Elektromanyetik girişim, diğer elektronik cihazlar, elektrik hatları ve radyo frekansı sinyalleri dahil olmak üzere çeşitli kaynaklardan gelebilir. Bu durum araçlardaki elektronik sistemlerde bazı durumlarda tehlikeli olabilen arızalara neden olabilir (Bogdanov vd., 2007).

Bu çalışmada, cam silecek motorlarının performanslarını hesaplamak için motor ve filtre yapısı incelenmiştir. Motorun yükteki akım grafikleri ve önerilen DA motor modeli, CISPR 25 standardına göre değerlendirilmiştir. ECE R10 kapsamında CISPR 25 standartlarına uygun silecek motorundan elde edilen EMC grafikleri verilmiştir.

2. DA SİLECEK MOTORU EŞDEĞER MODEL

Otomotiv endüstrisinde, özellikle silecek sistemlerinde, tek kademeli DA motorlar yaygın olarak kullanılmaktadır. Motor, rotor endüvisi ve komütasyon çubuklarına bağlı sekiz grup bobin sargısından oluşan lamine demir çekirdekler içermektedir. Rotor, fırçalar tarafından beslenirken, stator ise iki kalıcı mıknatıstan oluşan manyetik bir alan oluşturur. Şekil 2' de motorun bir şeması verilmiştir. Komütasyon işlemi sırasında meydana gelen ark oluşumları ve motor armatürünün karmaşık sargıları,

devre elemanları vasıtasıyla doğru bir şekilde modellenenebilir (Oganezova vd., 2015). Arkın başlamasını önlemenin ekonomik bir yöntemi, motor terminalleri arasına bir kondansatör eklenebilir.



Şekil 2. Tek kademeli DA motor

3. ELEKTRİK MOTORU EMC GEREKLİLİKLERİ

Fırçalı DA motorlar için EMC gereklilikleri genellikle Uluslararası Elektroteknik Komisyonu (IEC) ve Otomotiv Mühendisleri Derneği (SAE) gibi düzenleyici kurumlar tarafından belirlenir. Bu standartlar tipik olarak motordan izin verilen emisyon seviyelerini ve elektromanyetik alanların varlığında düzgün çalışmayı sağlamak için gereken bağışıklık seviyelerini belirtir.

Fırçasız motorların, EMC standartlarına uymanın yanı sıra Uluslararası Ev ve Benzeri Elektrikli Aletler Güvenlik Standardı (IEC 60335-1) veya Underwriters Laboratories (UL) standartları gibi güvenlik standartlarına da uyması gerekebilir. Bu standartlara uygunluk, fırçasız motorların çeşitli uygulamalarda güvenilir şekilde çalışmasını sağlamak için gereklidir.

Fırçalı DA motorların ürettiği EMC' yi azaltmak için üreticiler, koruma ve filtreleme gibi çeşitli teknikler kullanırlar (Kahoul vd., 2010). Ekranlama, motoru çevrelemek ve onu harici elektromanyetik alanlardan korumak için bakır veya alüminyum gibi iletken malzemelerin kullanılmasını içerir (Chobanyan vd., 2009). Filtreleme, elektromanyetik gürültüyü azaltmak veya ortadan kaldırmak için kapasitörlerin, indüktörlerin ve diğer bileşenlerin kullanılmasını içerir. Genel olarak, elektrik motoru, elektronik cihazların ve sistemlerin tasarımında ve üretiminde önemli bir husustur (Kahoul vd., 2008).

Otomotiv bileşenlerinin ve sistemlerinin tasarımı, üretimi ve kullanımı için geçerli olan çeşitli düzenleyici ve endüstri standartları vardır. En yaygın otomotiv standartlarından bazıları şunlardır:

1. ISO 26262: Bu, otomotiv bileşenleri ve sistemleri için işlevsel güvenlik gereksinimlerini belirleyen uluslararası bir standarttır. Tasarım ve geliştirmeden üretime, işletmeye ve bakıma kadar otomotiv elektronik sistemlerinin tüm yaşam döngüsünü kapsar (Palin vd., 2011).

2. SAE J1939: Ticari araçlarda kullanılan haberleşme protokollerini tanımlayan bir standarttır. Araç iletişim sistemlerinde kullanılan fiziksel katman, veri bağlantı katmanı ve uygulama katmanı protokollerini belirtir (Er ve Bingol, 2023).

3. ECE R10: Bu, otomotiv bileşenleri ve sistemleri için elektromanyetik uyumluluk (EMC) gereksinimlerini belirleyen bir Avrupa düzenleyici standardıdır. Hem emisyonları hem de bağışıklık

gereksinimlerini kapsar ve otomotiv bileşenlerinin EMC performansını değerlendirmek için test prosedürlerini belirtir (Chen vd., 2022).

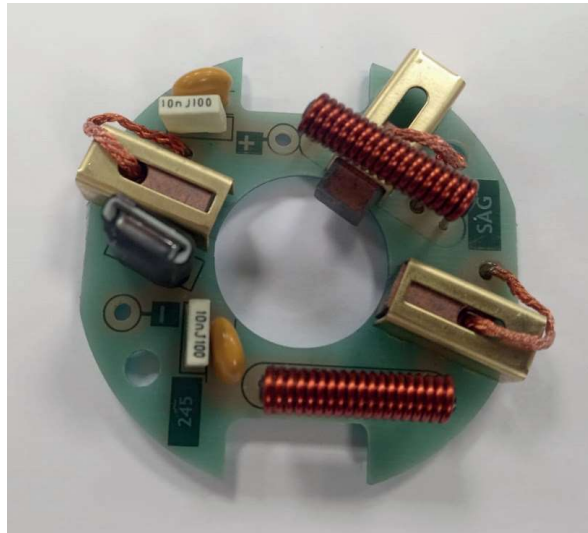
4. CISPR 25: Bu, otomotiv bileşenleri ve sistemleri için EMC gereksinimlerini belirleyen uluslararası bir standarttır. Otomotiv bileşenleri tarafından üretilmesine izin verilen elektromanyetik emisyon seviyelerinin yanı sıra güvenilir çalışma için gerekli olan harici elektromanyetik alanlara karşı bağışıklık seviyelerini sınırlar (International Electrotechnical Commission, 2008).

5. AEC-Q100: Bu, otomotiv elektronik bileşenleri için stres testi yeterlilik gerekliliklerini belirten bir standarttır. Sıcaklık döngüsü, termal şok ve nem testi dahil olmak üzere çeşitli stres testlerini kapsar (Heijmen vd., 2008).

CISPR25 ve ECE R10 standartları, silecek motorları da dahil olmak üzere çeşitli otomotiv bileşenleri için geçerlidir. Bir silecek motorunun bu standartlara uyması için belirli emisyon ve bağışıklık gereksinimlerini karşılaması ve belirli testlerden geçmesi gerekir. Bu testler, yayılan emisyon testini, yürütülen emisyon testini ve bağışıklık testini içerebilir. Yayılan emisyon testi, silecek motorunun çevreye yaydığı elektromanyetik enerji miktarını ölçer. Yürütülen emisyon testi, güç kaynağı hatlarından iletilen elektromanyetik enerji miktarını ölçer. Bağışıklık testi, silecek motorunun harici elektromanyetik parazit varlığında düzgün çalışma ve dayanma yeteneğini değerlendirir.

4. DA SİLECEK MOTORU FİLTRE KARTI, TESTLERİ VE AKIM GRAFİKLERİ

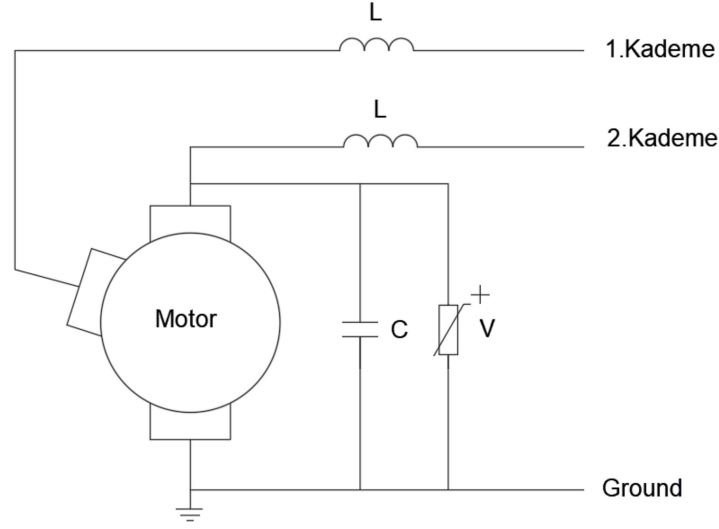
DA silecek motoru EMC' si bir silecek motorunun elektromanyetik parazite neden olmadan veya elektromanyetik parazite maruz kalmadan düzgün şekilde çalışabilmesi anlamına gelir. Düşük gerilimli DA motorların EMC modeli, zamanla değişen devre topolojisine dayanmaktadır. Motorun tüm ana bileşenlerini (fırçalar, bobinler, komütatör segmentleri, demir çekirdek ve şasi) hesaba katar (Wang and An, 2012). Uygun bir yüksek frekans belirlemek için (HF) eşdeğer sargı modeli için, farklı frekanslarda bobin empedansının ölçümünü yapmak ve ölçülen verilere dayanarak bir eşdeğer devre oluşturmak gerekir (Sanders vd., 2004). Test edilen sistemdeki filtre kartı Şekil 3'de verilmiştir.



Şekil 3. Fırçalı kartı

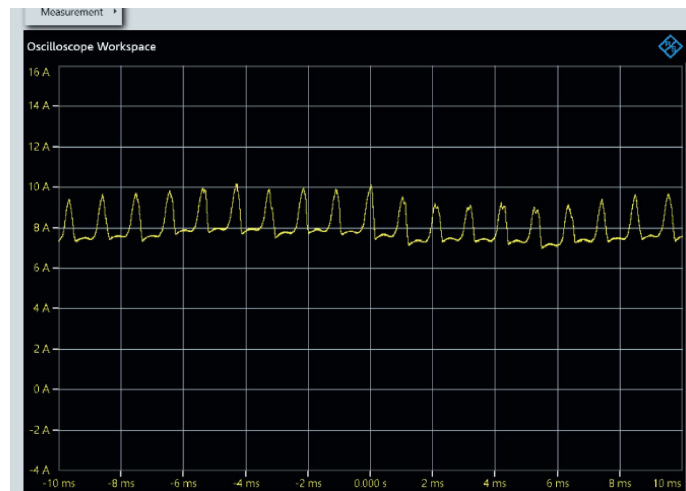
EMI, silecek motorlarının performansını etkileyebilir ve bazı sürüş koşullarında tehlikeli olabilen arızalarına neden olabilir. Bu nedenle, silecek motorlarının güvenli ve güvenilir bir şekilde çalışmasını

sağlamak için EMC standartlarına uygun olmasını sağlamak önemlidir. Silecek motoru üreticileri, elektromanyetik girişim riskini azaltmak için tipik olarak koruma ve filtreleme teknikleri kullanır. Ekranlama, motoru çevrelemek ve EMI' den korumak için bakır veya alüminyum gibi iletken malzemelerin kullanımını içerebilir (Chobanyan vd., 2009). Filtreleme, elektromanyetik gürültüyü azaltmak veya ortadan kaldırmak için kapasitörlerin ve diğer bileşenlerin kullanılmasını içerir. Şekil 4' de çift devirli fırçalı motorların filtre yapıları verilmiştir (Oganezova vd., 2015).

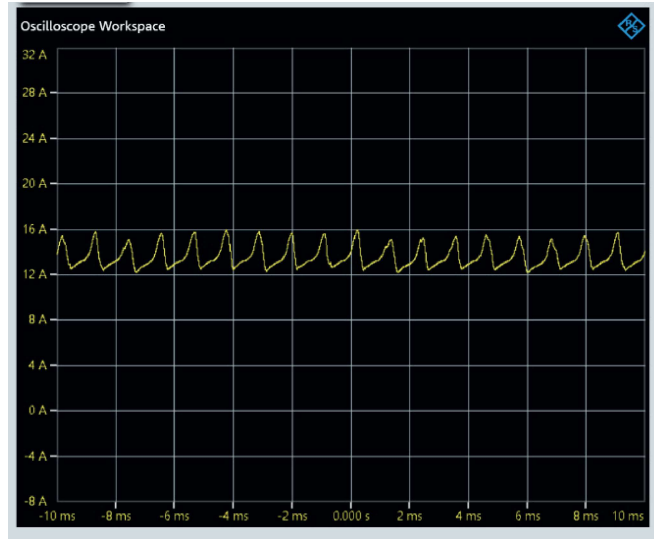


Şekil 4. Tek kademeli fırçalı DA motor

Silecek motorlarında torku arttırmak için redüktör kullanılır. Redüktör çıkış mili hızı isterlere ve araca göre değişkenlik gösterir. Kullanım yerine göre nominal sistem akımı da değişmektedir. Şekil 5' de motor milinin 3300 rpm döndüğü sırada 24V gerilimde elde edilen akım grafiği verilmiştir. 20ms aralığında komütasyon geçişlerindeki akım yükselmeleri grafikte görülmektedir. Şekil 6' de ise yük artırılarak tekrardan grafik elde edilmiştir. Motor hızına bağlı olarak komütasyonun değiştiği ve akım hızının etkilendiği belirlenmiştir.

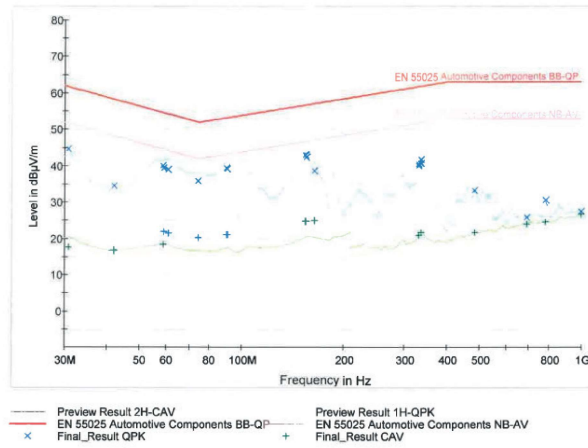


Şekil 5. 3300rpm- 10A 24V akım-zaman grafiği



Şekil 6. 3300rpm- 15A akım-zaman grafiği

Scan Diagram (Broadband/Narrowband) – Operating mode 1, $U_{TEST}=27 V_{DC}$, Horizontal Polarization



Şekil 7. ECE R10 test grafiği

Empedans değerleri, 100 kHz ila 1 GHz frekans aralığında bir ağ analizörü kullanılarak ölçülür. Çalışmada silecek motorunun çeşitli filtre şemaları için hem ölçümler hem de simülasyonlar gerçekleştirilmiştir. İlk olarak silecek motoru filtresiz kabul edilmiş, ardından Şekil 4’ de gösterildiği gibi iki filtre modeli varlığında empedans elde edilmiştir. Şekil 4’ de gösterilen ilk motor filtresi (LC) üç bileşenli bir tasarımıdır. İçinden geçen gürültü miktarını sınırlamak için iki adet 2,2 uH indüktör içerir ve ardından gürültüyü toprağa ve motor kasasına baypas etmek için bir adet 10 nF kapasitör kullanır. Sistem aynı zamanda TVR07470K metal oksit varistörü içerir. 1GHz’e kadar olan sistemdeki yayılım Şekil 7’ de gösterilmektedir. Aynı zamanda DA fırçalı silecek motorunun kalkma ve durma grafikleri Şekil 8 ve Şekil 9’da verilmiştir.



Şekil 8. DA motora yol verildiği anda yayılım



Şekil 9. DA silecek motor enerjisi kesildiği anda yayılım

5. SONUÇ

Otomotiv sektöründe düşük ve yüksek güçlü birçok elektrik motoru bulunmaktadır. Elektrik motorlu sistemlerde fırçalı motorlar için fırça kartı, fırçasız motorlar için ise sürücüler dahil edilmelidir. Otomotivde silecek motorları ağırlıklı olarak fırçalı doğru akım motoru olarak kullanılmaktadır. Elektronik parçaların kullanılması elektronik standartlarını, EMI/EMC testlerini beraberinde getirmektedir. Silecek motorlarının akım grafikleri, CISPR25 standardında önemli bir rol oynar. Bu standart, silecek motorları gibi araçlardaki elektrikli/elektronik cihazların radyo frekansı (RF) girişimine neden olabilecekleri RF spektrumunda test eder. Bu testler sırasında, silecek motorlarından kaynaklanan RF girişimini ölçmek için silecek motorlarının akım grafikleri incelenir. Silecek motoru akım grafikleri, silecek motorunun güç tüketimini gösterir. Bu grafikler, silecek motorunun çalışma sürecinde tükettiği elektrik akımının zamanla değişimini gösterir. Bu grafikler, silecek motorunun elektromanyetik uyumluluğunu belirlemek için kullanılır ve silecek motorlarının araçların diğer elektrikli/elektronik cihazlarına olası RF girişimine neden olup olmadığını belirlemek için test edilir. Bu çalışmada fırça kartı ve motor modeli verilen fırçalı doğru akım motorunun akım grafiklerine ve CISPR25 standartlarına göre test sonuçlarına yer verilmiştir.

REFERENCES

- Benecke, J., Linde, A., & Dickmann, S. (2008, September). Automatic HF model generation and impedance optimization for low voltage DC motors. In 2008 18th International Conference on Electrical Machines (pp. 1-6). IEEE.

- Bogdanov, F., Jobava, R., Frei, S., Gheonjian, A., Yavolovskaya, E., Huneke, B., & Lippert, C. (2007, September). Enhanced MoM scheme with incorporation of general N-port networks in application to automotive EMC problems. In 2007 18th International Zurich Symposium on Electromagnetic Compatibility (pp. 341-344). IEEE.
- Buğra ER., & Bingöl, O. CAN Haberleşmesinde Gürültü Filtreleme Yöntemleri. *Uluslararası Teknolojik Bilimler Dergisi*, 14(3), 138-143.
- Canavero, F., Kedzia, J. C., Ravier, P., & Scholl, B. (2000, September). Automotive EMC: Numerical simulation for early EMC design of cars. In *Proc. 4th Eur. Conf. Electromagnetic Compatibility* (pp. 32-39).
- Chen, W., Mu, X., Wang, T., Zhang, J., & Liu, Y. (2022, October). Analysis on the Change of the Electromagnetic Compatibility Test Method of Automobile and Parts based on the of the Changes in ECE R10. In 2022 International Conference on Wireless Communications, Electrical Engineering and Automation (WCE-EA) (pp. 141-146). IEEE.
- Chobanyan, H., Badzagua, I., Injgia, T., Gheonjian, A., & Jobava, R. (2009, September). Application of hybrid MOM/MTL method to simulation of interaction between cable harness and antennas. In 2009 International Seminar/Workshop on Direct and Inverse Problems of Electromagnetic and Acoustic Wave Theory (pp. 33-38). IEEE.
- Heijmen, T. (2008, July). Special Session 3 Panel: SER in Automotive: what is the impact of the AEC Q100-G spec? In 14th IEEE International On-Line Testing Symposium (pp. 161-162). IEEE Computer Society.
- He, J. G., Li, X., & Cai, H. (2010). Electromagnetic interference test and suppression of automotive wiper motor. *Automotive Electrical*, 10, 46-48.
- International Electrotechnical Commission. (2008). CISPR 25: Radio Disturbance Characteristics for the Protection of Receivers Used on Board Vehicles. Boats and on Devices-Limits and Methods of Measurement, Geneva, IEC.
- Kahoul, R., Azzouz, Y., Marchal, P., & Mazari, B. (2010). New behavioral modeling for DC motor armatures applied to automotive EMC characterization. *IEEE Transactions on Electromagnetic Compatibility*, 52(4), 888-901.
- Kahoul, R., Marchal, P., Azzouz, Y., & Mazari, B. (2008, August). HF model of DC motor impedance EMC problems in automotive applications. In 2008 IEEE International Symposium on Electromagnetic Compatibility (pp. 1-5). IEEE.
- Oganezova, I., Kado, R., Khvitia, B., Kuchadze, Z., Gheonjian, A., & Jobava, R. (2014, August). EMC model of low voltage DC motor. In 2014 IEEE International Symposium on Electromagnetic Compatibility (EMC) (pp. 81-85). IEEE.
- Oganezova, I., Kado, R., Khvitia, B., Gheonjian, A., & Jobava, R. (2015, August). Simulation of conductive and radiated emissions from a wiper motor according to CISPR 25 standard. In 2015 IEEE International Symposium on Electromagnetic Compatibility (EMC) (pp. 963-968). IEEE.
- Palin, R., Ward, D., Habli, I., & Rivett, R. (2011). ISO 26262 safety cases: Compliance and assurance.
- Sanders, D. L., Muccioli, J. P., Anthony, A. A., Walz, D. S., & Montone, D. (2004, August). Using image planes on DC motors to filter high frequency noise. In 2004 International Symposium on Electromagnetic Compatibility (IEEE Cat. No. 04CH37559) (Vol. 2, pp. 621-625). IEEE.
- Zhang, X., Zhai, L., Dong, M., & Wang, J. (2014, August). EMI conducted emission for a vehicle DC wiper motor. In 2014 IEEE Conference and Expo Transportation Electrification Asia-Pacific (ITEC Asia-Pacific) (pp. 1-3). IEEE.
- Wang, Q., & An, Z. (2012). Electromagnetic interference pattern recognition for vehicle wiper motor based on wavelet packet decomposition. *International Journal of Electric and Hybrid Vehicles*, 4(2), 186-196.