

---

## LED TABANLI YÜKSEK GERİLİM HATLARI İKAZ SİSTEMİ

*Eldar MUSA\**

---

**Özet:** LED tabanlı, yüksek gerilim hatlarından akım ile çalışan, hat üzerinden akan akımı bir toroid şeklinde transformatör ile akımı ışığa çeviren sistem geliştirilmiştir. Transformatörün primer sargısını yüksek gerilim hattı oluşturur. Toroid nüve iki birine eşit parçadan oluşur ve bu iki parça üzerinde sekonder sargıları eşit şekilde yerleştirilir. Sistem kelepçe şeklinde yüksek gerilim hattına monte edilir. Sekonder uçları ise kelepçe üzerindeki konektör bağlantısı ile seri bağlanır. Sekonder uçlarında oluşan gerilimle LED'ler beslenir. Yüksek gerilim hatlarında akan akım toroid transformatör ile gerilime çevrilir ve bu gerilim ile ışık veren LED'ler beslenir. Yüksek gerilim hatlarından akan akımı ışığa çevirme teorisi verilmiştir. Hattan akan akımla beslenen, akımı ışığa çeviren sistem geliştirilmiştir. Sistem yüksek gerilim hatların ikazı (vinçlerin yüksek gerilim hatların altında çalışırken dikkat edilmesi ve zedelenmemesi, uçakların hatlara dokunmaması, yüksek gerilim hatlardan geçen akımların uzaktan ölçülmesi ve yüksek gerilim hat bölgesinin yerel aydınlatılması gibi uygulama alanları mevcuttur.

**Anahtar Kelimeler:** LED, akımı ışığa çevirme, yüksek gerilim hatları, ikaz, ölçme.

### LED-Based High-Voltage Lines Warning System

**Abstract:** LED-based system, running with the current of high-voltage lines and converting the current flowing through the line into the light by using a toroid transformer, has been developed. The transformer's primary winding is constituted by the high voltage power line. Toroidal core consists of two equal parts and the secondary windings are evenly placed on these two parts. The system is mounted on the high-voltage lines as a clamp. The secondary winding ends are connected in series by the connector on the clamp. LEDs are supplied by the voltage at the ends of secondary. Current flowing through high-voltage transmission lines is converted to voltage by the toroidal transformer and the light emitting LEDs are supplied with this voltage. The theory of the conversion of the current flowing through the line into the light is given. The system, running with the current of the line and converting the current into the light, has been developed. System has many application areas such as warning high voltage lines (warning winches to not hinder the high-voltage lines when working under the lines, warning planes to not touch the high-voltage lines), remote measurement of high-voltage line currents, and local illumination of the line area.

**Keywords:** LED, current-to-light conversion, high-voltage power lines, warning, measuring.

## 1. GİRİŞ

Yarıiletken ışın vericiler (Light-Emitting Diodes, LEDs) akımı ışığa çeviren bir devre elemanı olarak günümüzde en sık kullanılan optoelektronik elemanlardan biridir.

LED'ler indikatör olarak, display, aydınlatma ve trafik sistemlerinde (Bullough ve diğ., 1999; Steigerwald ve diğ., 2002; Muthu ve diğ., 2002), sensörlerde, ölçme ve test cihazlarında

---

\* Uludağ Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, Elektronik Mühendisliği Bölümü, Görükle 16059, Bursa.

İletişim Yazarı: E. Musa (eldar@uludag.edu.tr)

(Zloto ve Biernacki, 2003; Ribeiro ve diğ., 2005; Dasgupta ve diğ., 2003; Goldmeer, 2001), fiber-optikli sensörlerde (Tapia-Mercado ve diğ., 2000; Kumar ve diğ., 2002), spektrometride (Shimazaki ve diğ., 2000; Malinen ve diğ., 1998; Abdul Rahim ve diğ., 2005), optik lüminansa ve floresene dayanan sistemlerde (O'Hagan ve diğ., 2002; Li ve diğ., 2003), yüzey pürüzlüğünü ölçen sistemlerde (Cahil ve El Baradie, 2001), sıcaklık ölçen sistemlerde (Augousti ve diğ., 1988), seviye ölçen sistemlerde (Musayev ve Karlik, 2003; Golnabi, 2004), kablosuz kısa mesafe haberleşme sistemlerinde (Musayev, 2003; Perez-Jimenez ve diğ., 2000; Komine ve Nakagawa, 2003), biomedikal ölçme ve test cihazlarında (Rys ve diğ., 1998; Takamura ve diğ., 2005), bozukluk algılayıcılarda (Musayev, 2004), tahribatsız testlerde (non-destructive test, NDT) (Musayev, 2005; Musa, 2008) sık kullanılmaktadır.

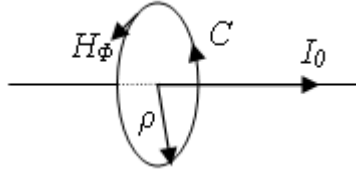
LED'lerin sık kullanılmasını sağlayan önemli özelliklerinden biri akım ile ışığın arasındaki ilişkinin lineer olması ve akım ile ışığın kontrol edilebilmesidir (Musa, 2008; Musayev, 1999). Yani ışığın modülasyonu LED üzerinden akıtılan akım ile gerçekleştirilebilmesi. Diğer önemli özellikleri ise ebatlarının küçük olması ve spektrum karakteristiğinin monokromatik spektruma yakın olmasıdır. Ayrıca LED'lerin düşük akımlarda ışık vermesi çeşitli indikatör ve ölçme sistemlerin geliştirilmesine ve tasarlanmasına olanak sağlamaktadır.

Günümüzde üretilen yarıiletken ışın vericiler optik spektrumun ultraviole bölgesinden başlayarak kızılötesi bölgesine kadar olan bölgeyi kapsamaktadır (0,4 $\mu$ m - 5 $\mu$ m). Işın verici diyotlar farklı optik özelliklere sahip olmakla birlikte elektriksel özellikleri aynıdır.

LED'lerin böyle avantajlara sahip olması nedeniyle yüksek gerilim hatlarında ve baralarında gerilimin olup olmadığını ikaz eden, hatlardan ve baralardan geçen akımın ölçülmesinde, yüksek gerilim hatlarının ikazında kullanılmasında olanaklar sağlamaktadır.

## 2. AKIM TAŞIYAN BİR HATTAN GERİLİM ELDE EDİLME TEORİSİ

Bir iletken üzerinden akım akar ise, Şekil 1'de gösterildiği gibi iletkenin çevresinde bir alan oluşur (İnan ve İnan, 1999).



**Şekil 1:**

*Akım elemanı ve entegrasyon çevresi*

Şekil 1'deki akım elemanının meydana getirdiği manyetik alanın bulunması için Amper entegralini kullanılarak

$$H_\Phi \oint_C d\vec{l} = I_0 \quad (1)$$

şeklinde yazabiliriz. Dairenin çevresi  $C = 2\pi\rho$  olduğundan ve  $2\pi\rho H_\Phi = I_0$  şeklinde ifade edilerek, manyetik alan

$$H_\Phi = \frac{I_0}{2\pi\rho} \left[ \frac{A}{m} \right] \quad (2)$$

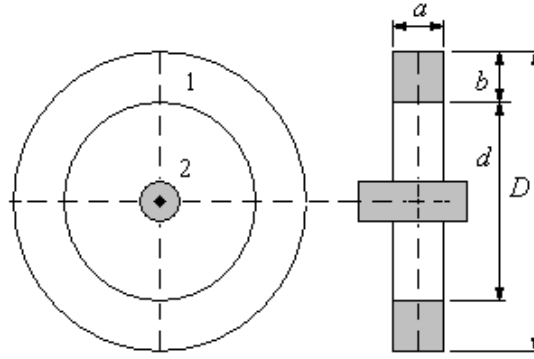
şeklinde bulunabilir. Burada:  $I_0$ -iletken üzerinden akan akım,  $\rho$ -dairenin radiusudur.

Oluşan manyetik indüksiyon

$$B = \mu H_{\Phi} = \mu \frac{I_0}{2\pi\rho} \left[ \frac{\text{Weber}}{\text{m}^2} \right] \quad (3)$$

olarak bulunur. Burada:  $\mu$ -manyetik geçirgenlik  $\mu = \mu_0\mu_r$ ,  $\mu_0$ -boşluğun manyetik geçirgenliği,  $\mu_r$ -nüvede kullanılan malzemenin bağıl manyetik iletkenlik katsayısıdır.

İletken üzerinden akan akımı gerilime çevirmek için, Şekil 2’de gösterildiği gibi, iletkeni toroid şeklindeki bir manyetik nüvenin merkezine yerleşmiş olduğunu var sayalım.



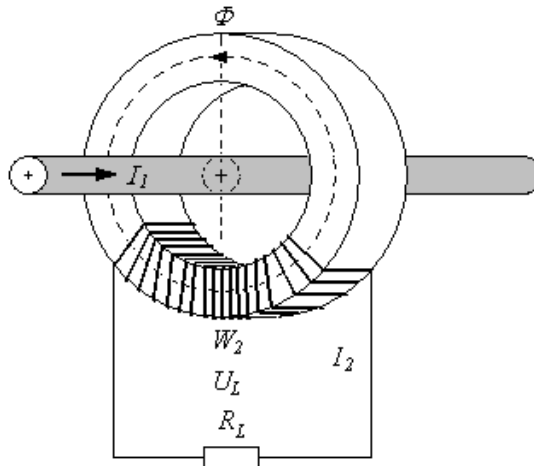
**Şekil 2:**

*İletkeninin toroid şeklindeki bir manyetik nüvenin merkezine yerleşimi*

Burada: 1-toroid şeklinde bir manyetik nüve, 2-iletkenidir. Kesit alanı  $S=ab$  olan toroid nüvesinden geçen manyetik akı aşağıdaki gibi bulunabilir:

$$\Phi = \iint_S B ds = \int_{x=x_0}^{x_0+a} \int_{y=d/2}^{D/2} \mu \frac{I_0}{2\pi y} dx dy = \mu \frac{I_0}{2\pi} a \int_{d/2}^{D/2} \frac{dy}{y} = \mu \frac{I_0}{2\pi} a \ln \frac{D}{d} \quad (4)$$

Şekil 3’te gösterildiği gibi toroid üzerine  $W_2$  tur sayılı bir bobin yerleştirilmiştir.



**Şekil 3:**

*Ortasında iletken yerleştirilmiş sargılı toroid*

Toroidin ortasından yerleşen iletken üzerinden akan akım  $I_1 = I_0 = I_m \sin(\omega t)$  şeklinde ifade edilirse, sarım uçlarında oluşan gerilim

$$U_L = W_2 \frac{d\Phi}{dt} = W_2 \frac{\mu I_m a}{2\pi} \ln \frac{D}{d} \omega \cos(\omega t) [Volt] \quad (5)$$

şeklinde bulunur. Bu şekilde oluşan transformatörün primer sargısını iletken oluşturur, sekonder ise  $W_2$  sarım sayısına sahiptir.

Bu transformatörde  $\mu = 0,02 [T \cdot m/A]$ ,  $I_m = 100\sqrt{2}A$ ,  $\omega = 2\pi f = 2\pi 50 [rad/s]$ ,  $ab = 9cm^2$ ,  $D = 8cm$ ,  $d = 5cm$  olarak alındığında,  $U_L = 10 \cos(2\pi 50t)$  olarak elde etmek için gerekli sarım sayısı  $W_2 = 236$  olmalıdır.

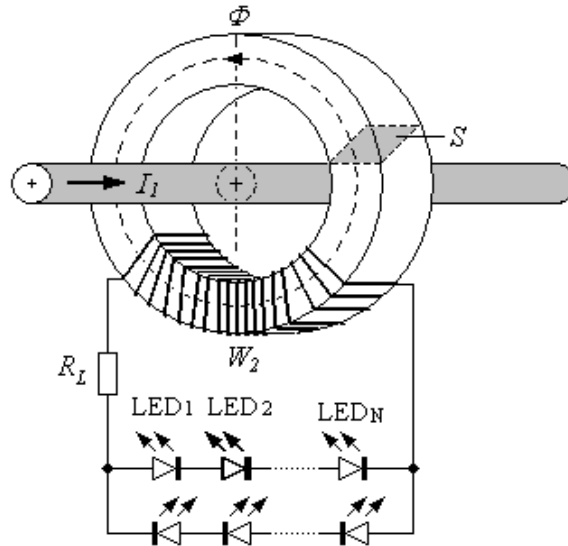
Transformatörün sekonderine  $R_L$  direnci bağlanır ise, sekonderden  $I_2$  değerinde bir akım akar. Primerden akan akım sinüzoidal ise sekonderde oluşan gerilim de sinüzoidal bir gerilimdir

### 3. TRANSFORMATÖRÜN SEKONDERİNE LED'LERİN BAĞLANMASI

Transformatörün sekonderine Şekil 4'te gösterildiği gibi LED'ler bağlanmış ise, örneğin pozitif yarı periyotta, seri bağlanmış LED'ler üzerinden akan akımın ortalama değeri  $I_{AVG}$

$$I_{AVG} = \frac{1}{T} \int_0^{T/2} I dt = \frac{1}{T} \int_0^{T/2} I_m \sin \omega t dt = \frac{1}{\pi} \frac{U_m - U_{LED}}{R_L} = 0,32 \frac{U_m - U_{LED}}{R_L} \quad (6)$$

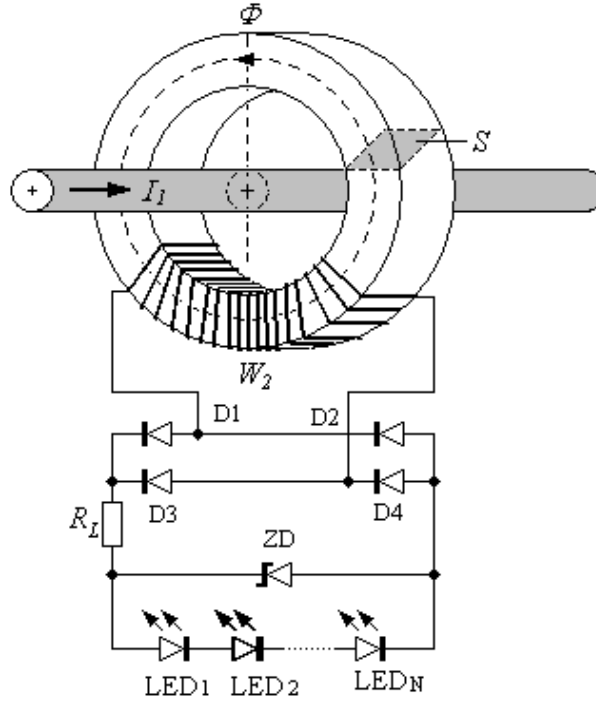
şeklinde bulunabilir. Burada:  $U_m$ - sinüzoidal gerilimin maksimum değeri,  $U_{LED} = U_{LED1} + U_{LED2} + \dots + U_{LEDN}$  -seri bağlanmış LED'ler üzerinde düşen eşik gerilimlerdir. Benzer şekilde negatif yarı periyot için de yazılabilir.



Şekil 4:  
Transformatörün sekonder sargısına LED'lerin bağlanması

Burada seri bağlanmış LED'ler üzerinden akımın akması için  $U_m > (U_{LED1} + U_{LED2} + \dots + U_{LEDN})$  şart geçerli olmalıdır. Ancak LED'lerin bu şekilde beslendiği durumda, birileri üzerinden akım geçerken diğer seri bağlanmış LED'lere aşırı tıkama gerilimi uygulanmış olur. İletimde bulunan LED'ler üzerinde düşen toplam gerilim kesimde bulunan LED'lerin tıkama gerilimini oluşturmaktadır. Şekil 4'te gösterilen devrede LED'lerin güvenli çalışması için, LED'lerin tıkama gerilimi  $U_R > (U_{LED1} + U_{LED2} + \dots + U_{LEDN})$  şeklinde olmalıdır. Bu da seri bağlanmış LED sayısını sınırlamaktadır.

LED'lerin daha güvenli çalışması için ve seri bağlanmış LED sayısını artırmak için Şekil 5'te gösterilen devre kullanılabilir.



**Şekil 5:**

*Transformatörün sekonderine LED'lerin doğrultulucu üzerinden bağlanması*

Burada LED'lere uygulanan gerilim önce D1...D4 köprü devresi ile doğrultulmuştur. Seri bağlanmış LED'ler üzerinden akan akımın ortalama değeri

$$I_{AVG} = \frac{2}{\pi} I_m = \frac{2}{\pi} \frac{U_m - (U_{LED1} + U_{LED2} + \dots + U_{LEDN})}{R_L} \quad (7)$$

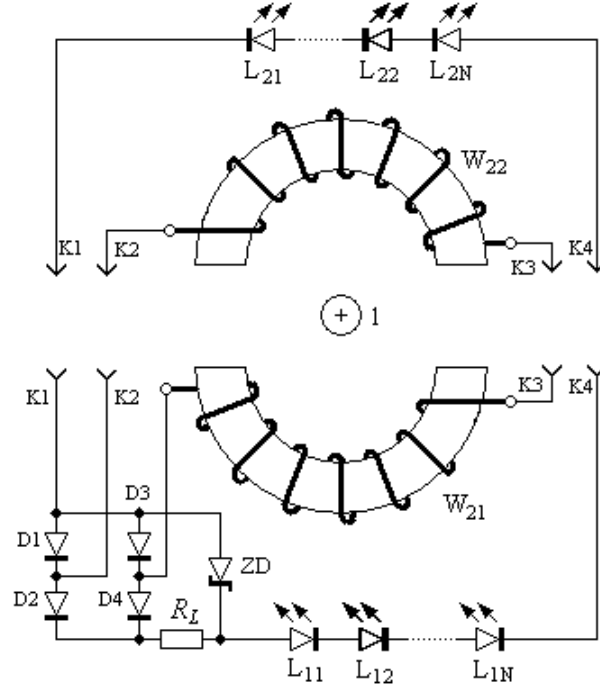
şeklinde bulunur. Devrede bulunan zener diyot LED'lerin aşırı gerilimlerden koruması için koyulmuştur. Seçilen zener diyodunun gerilimi

$$U_{ZD} > U_m \quad (8)$$

şeklinde olmalıdır.

#### 4. AKIMI IŞIĞA ÇEVİREN SİSTEMİN YAPISI VE UYGULAMA ALANLARI

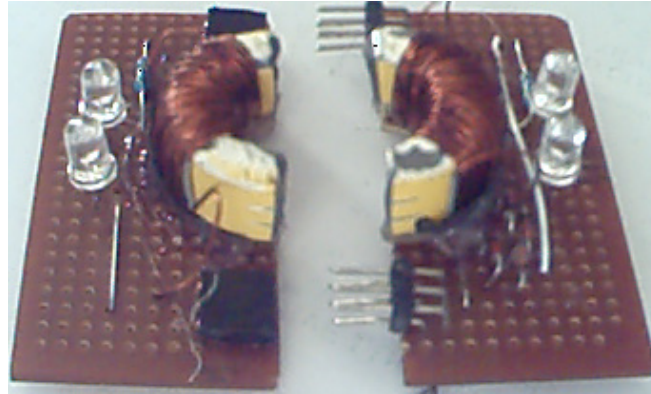
Yapısal olarak sistem toroid nüvesinden primer ve sekonder sargılarından, doğrultucudan ve LED'lerden oluşmaktadır. Sistem Şekil 6'da gösterildiği gibi bir birine konektörler ile bağlanan iki parçadan oluşmaktadır.



**Şekil 6:**

*Akımı ışığa çeviren sistemin yapısı*

Burada: 1-üzerinden akım geçen hat (bu hat aynı anda transformatörün primer bobinidir),  $W_{21}$ ,  $W_{22}$ -iki parçadan oluşan toroid nüve üzerinde eşit şekilde dağıtılmış ve konektörler yardımıyla seri bağlanmış sekonder sargısı,  $K_1$ - $K_4$ -konektörler,  $D_1$ - $D_4$ -doğrultucu diyotlar,  $ZD$ -zener diyot,  $R_L$ -akım belirleyici direnç,  $L_{11}$ - $L_{1N}$  ve  $L_{22}$ - $L_{2N}$ - seri bağlanmış LED'lerdir. Şekil 7'de tasarlanan sistemin fotoğrafı gösterilmiştir.

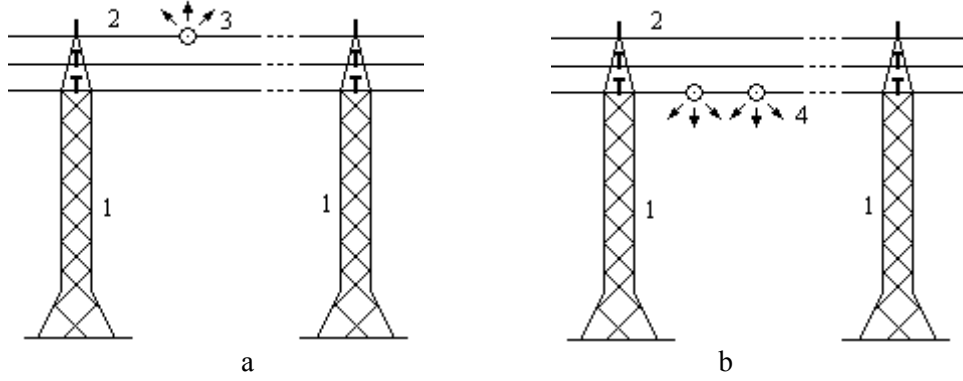


**Şekil 7:**

*Sistemin fotoğrafı*

Sistem seri bağlanmış dört adet LED'lerden oluşmaktadır. Sistemin iki parçadan olması, üzerinden akım geçen hatta (hatları kopartmadan) kelepçe şeklinde takılması olanağını vermektedir.

Tasarlanan sistem Şekil 8'de gösterildiği gibi yüksek gerilim hatlarının ikazı (güvenlik açısından uçakların, helikopterlerin ve vinçlerin yüksek gerilim hatlarına çapmaması için) ve hatlar geçen bölgelerin aydınlatılması amacıyla kullanılabilir.

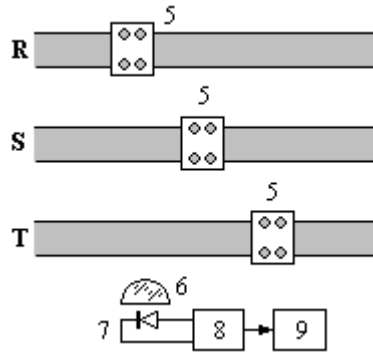


**Şekil 8:**

*Yüksek gerilim hatlarının ikazı ve hatlar geçen bölgelerin aydınlatılması*

Burada: 1-yüksek gerilim direkleri, 2-yüksek gerilim hatları, 3-hat üzerinden akan akımı ışığa çeviren sistem, 4- LED'li aydınlatma sistemi. Burada LED'lerin beslenmesi için herhangi bir besleme kaynağına ihtiyaç yoktur. LED'ler hatlardan akan akımla beslenirler.

Tasarlanan sistem Şekil 9'da gösterildiği gibi yüksek gerilim dağıtım panolarında baralar üzerine yerleştirilerek akımın akıp akmadığını tespiti, akımını uzaktan ölçülmesi için kullanılabilir.

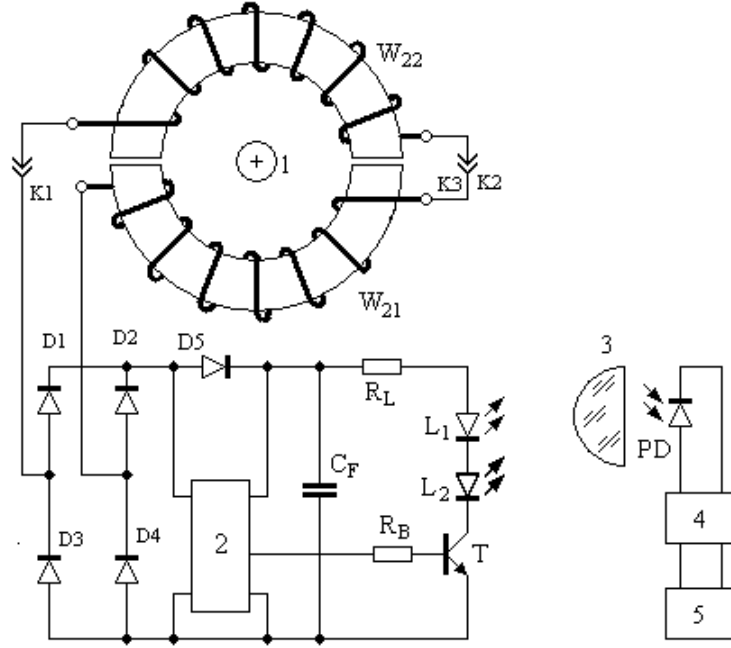


**Şekil 9:**

*Sistemin baralar üzerine yerleştirilmesi*

Burada: R, S, T-yüksek gerilim baraları, 5 akımı ışığa çeviren sistem, 6-toplayıcı mercek, 8-işaret işleme devresi, 9-gösterge (display).

Bu uygulama şeklinde aynı anda hem ikaz hem de ölçümler yapılabilir. Şekil 10'da uzaktan algılama sisteminin basitleştirilmiş şeması gösterilmiştir.



**Şekil 10:**  
*Uzaktan algılama sistemin basitleştirilmiş şeması*

Burada: 1-üzerinden akım geçen hat, 2-analog-dijital çevirici (ADC), 3-toplayıcı mercek, 4-işaret işleme devresi, display, PD-fotodiyottur.

Transformatörün sekonderinde oluşan gerilim aynı anda elektronik devreleri beslemektedir. D1-D4 diyotlar ile tasarlanmış doğrultucunun çıkış gerilimi hat üzerinden akan akımla orantılıdır. Bu gerilim ADC'nin girişine verilir. Filtre kondansatörün bu gerilimi etkilememesi için D5 diyot koyulmuştur. ADC bir bipolar tranzistör yardımıyla L<sub>1</sub> ve L<sub>2</sub> LED'leri sürmektedir. LED'ler ile oluşan modüle edilmiş ışınlar mercek ile fotodiyodun ışığa duyarlı yüzeyine odaklanır. Gerekli işlemler yapıldıktan sonra display ile görüntülenir.

Bu yöntemin avantajı: Yüksek gerilim bölgesinde besleme kaynağına ihtiyaç yoktur. Besleme gerilimini kullanmazdan (devreler hat üzerinden akan akımla beslenir) fazları takip eden sigortaların durumunu ve aynı anda şebekeden akan akımı temasız (telsiz) ışık ile uzaktan ölçülebilir.

## 5. SONUÇLAR

LED'lerin önemli özellikleri açıklanmıştır ve uygulama alanları gösterilmiştir. LED tabanlı, yüksek gerilim hatlarından akım ile çalışan, hat üzerinden akan akımı bir toroid şeklinde transformatör ile akımı ışığa çeviren sistem geliştirilmiştir. Hat üzerinden akan akımı ışığa çevirme teorisi verilmiştir ve toroid nüveli transformatör için akım ile gerilim arasındaki bağıntı elde edilmiştir. Primer sargısı hat olan transformatörün sekonder sargı sayısının LED sayısına göre belirlenmesi gösterilmiştir. Akımı ışığa çeviren sistem tasarlanmıştır. LED tabanlı, yüksek gerilim hatlarından akan akım ile çalışan, hat üzerinden akan akımı bir toroid şeklinde transformatör ile akımı ışığa çeviren sistem geliştirilmiştir. Tasarlanan sistemde transformatörün primer sargısını yüksek gerilim hattı oluşturur. Transformatörün toroid nüvesi iki bir birine eşit parçadan oluşur ve bu iki parça üzerinde sekonder sargıları eşit şekilde yerleştirilir. Sistem kelepçe şeklinde yüksek gerilim hattına monte edilir. Sekonder uçları ise kelepçe üzerindeki konektör bağlantısı ile seri bağlanır. Sekonder uçlarında oluşan gerilimle LED'ler beslenir.



Yüksek gerilim hatlarında akan akım toroid transformatör ile gerilime çevrilir ve bu gerilim ile ışık veren LED'ler beslenir. Sistemin yüksek gerilim baralar üzerinden akan akımın ikazı ve bu akımların uzaktan temasız sürekli ölçme örnekleri gösterilmiştir.

## KAYNAKLAR

1. Abdul Rahim, R., Chan, K.S., Pang, J.F. and Leong, L.C. (2005). A hardware development for optical tomography system using switch mode fan beam projection. *Sensors and Actuators A* 120 (2005), 277–290.
2. Augousti, A.T., Grattan, K.T.V. and Palmer, A.W. (1988). Visible-LED Pumped Fiber-optic Temperature Sensor. *IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement*, Vol. 37, No. 3, September 1988, 470-472.
3. Bullough, J.D., Boyce, P.R., Bierman, A., Conway, K.M., Huang, K., O'Rourke, C.P., Hunter, C.M. and Nakata, A. (1999). Luminous Intensity for Traffic Signals: A Scientific Basis for Performance Specifications. Lighting Research Center, Rensselaer Polytechnic Institute, Troy, New York, 30th November 1999, pp.1-44.
4. Cahil, B. and El Baradie, M.A. (2001). LED-based fiber-optic sensor for measurement of surface roughness. *Journal of Materials Processing Technology* 119 (2001) 299 –306.
5. Dasgupta, P.K., Eom, I.Y., Morris, K.J. and Li, J. (2003). Light emitting diode-based detectors: Absorbance, fluorescence and spectroelectrochemical, measurements in a planar flow- through cell. *Analytica Chimica Acta* 500 (2003), 337–364.
6. Goldmeer, J.S. (2001). A Rugged LED-Based Sensor for Fire Detection. 12th International Conference on Automatic Fire Detection, March 25-28, 2001, National Institute of StandARDS Technology, Gaitheraburg, Maryland, U.S.A., pp. 1-13.
7. Golnabi, H. (2004). Design and operation of a fiber optic sensor for liquid level detection. *Optics and Lasers in Engineering* 41 (2004) 801–812
8. Inan, U.S. and Inan, A.S. (1999). *Engineering Electromagnetics*. Addison-Wesley, California, 1999, pp.540-545.
9. Komine, T. and Nakagawa, M. (2003). Integrated System of White LED Visible-Light Communication and Power-Line Communication. *IEEE Transactions on Consumer Electronics*, Vol. 49, No. 1, February 2003, 71-79.
10. Kumar, S.P., Lee, T.S., Vallabhan, C.P.G., Nampoore, V.P.N. and Radhakrishnan, P. (2002). Design and development of an LED based fiber optic evanescent wave sensor for simultaneous detection of chromium and nitrite traces in water. *Optics Communications*, 214, 25–30.
11. Li, Q., Morris, K.J., Dasgupta, P.K., Raimundo Jr., I.M. and Temkin, H. (2003). Portable flow-injection analyzer with liquid-core waveguide based fluorescence, luminescence, and long path length absorbance detector. *Analytica Chimica Acta* 479 (2003) 151–165.
12. Malinen, J., Kansakoski, M., Rikola, R. and Edison, C.G. (1998). LED-based NIR spectrometer module for hand-held and process analyser applications. *Sensors and Actuators B* 51 (1998), 220–224.
13. Musa, E. (2008). *Optoelektronik, Teori ve Uygulamalar*. Nobel Yayın Dağıtım, Ankara, 2008, 592 s.
14. Musayev, E. (1999). *Optoelectronic circuits and Systems*. Birsen Press, Istanbul, 1999, 285p.

15. Musayev, E. (2003). New Application of Optoelectronic systems that Open Optical channel. Uludag University Journal of the Faculty of Engineering and Architecture, Volume 8, No 1, 2003, Bursa, pp.1-9.
16. Musayev, E. and Karlik, S. (2003). A novel liquid level detection method and its implementation. Sensors and Actuators : A, Vol.109, Issues 1-2, Dec. 2003, pp. 21-24.
17. Musayev, E. (2004). An Optoelectronic Defect Detection Method and System Insensitive to Yarn Speed. Journal of Optics A: Pure and Applied Optics, 6 (2004) pp.721-724.
18. Musayev, E. (2005). Optoelectronic Nondestructive Testing Techniques of Cocoon Properties and Applications. NDT and E International, 38 (2005) pp.59-68.
19. Muthu,S., Schuurmans, F.J.P. and Pashley, M.D. (2002). Red, Green, and Blue LEDs for White Light Illumination. IEEE Journal on Selected Topics in Quantum Electronics, Vol. 8, No. 2, March/April 2002, 333-338 .
20. O'Hagan, W. J., McKenna, M., Sherrington, D.C., Rolinsk, O.J. and Birch, D.J. (2002). MHz LED Source for nanosecond fluorescence sensing. Meas. Sci. Technol. 13 (January 2002) pp.84-91.
21. Perez-Jimenez, R., Rabadan, J.A. and Lopez-Hernandez, F.J. (2000). Filtered Modulation Schemes for Short Distance Infrared Wireless Communications. IEEE Transactions on Consumer Electronics, Vol. 46, No. 2, MAY 2000 275-282.
22. Ribeiro, R.M., Martins, L. and Werneck, M.M. (2005). Wavelength Demodulation of Ultrabright Green Light-Emitting Diodes for Electrical Current Sensing. IEEE Sensors Journal, Vol. 5, No. 1, 38-47.
23. Rys, A., Piotrowski, T. and Sobczynski, R. (1998). Light emitting diode arrays for consumer and medical applications. Materials Science and Engineering B51 (1998) 90–93.
24. Shimazaki, Y., Watanabe, S., Takahashi, M. and Iwatsuki, M. (2000). A Portable Spectrophotometer Using a White-Color Light-Emitting Diyote and a Charge-Coupled Device and Application to On-Site Determination of Iron. The Japan Society for Analytical Chemistry, Analytical Sciences, Vol. 16, October 2000, 1091-1093.
25. Steigerwald, D.A., Bhat, J.C., Collins, D., Fletcher, R.M., Holcomb, M.O., Ludowise, M.J., Martin, P.S. and Rudaz, S.L. (2002). Illumination With Solid State Lighting Technology. IEEE Journal on Selected Topics in Quantum Electronics, Vol. 8, No. 2, March/April 2002, 310-320.
26. Takamura, K., Saeki, Y., Kunimatsu, H. and Magatani, K. (2005). The measurement technique of human's bio-signals. Proceedings of the 2005 IEEE International Workshop on Safety, Security and Rescue Robotics Kobe, Japan, June 2005, 195-200.
27. Tapia-Mercado, J., Khomenko, A.V., Cortes-Martínez, R. and Garcya-Zarate, M.A. (2000). High accurate fiber sensor with two-LED light source. Optics Communications, 177, 219–223.
28. Zloto, T. and Biernacki, Z. (2003). An Optoelectronic Sensor in the Measurements of the Temperature of a Pump Cylinder Block. Measurement Science Review, Volume 3, Section 3, 2003, 99-102.

Makale 12.10.2010 tarihinde alınmış, 25.09.2012 tarihinde düzeltilmiş, 27.09.2012 tarihinde kabul edilmiştir.