

LIGHTING EDUCATION AND RESEARCH AT THE NATIONAL TECHNICAL UNIVERSITY OF ATHENS

Frangiskos V. TOPALIS

School of Electrical and Computer Engineering, National Technical University of Athens, Greece

1. Introduction

The Photometry Laboratory of National Technical University of Athens (NTUA) has been established in 1955. At the beginning, it belonged to the Laboratory of Electrical Measurements. Later it became an independent laboratory with distinct activities. Up to know it is the one and only university laboratory of photometry in Greece. It belongs to the School of Electrical and Computer Engineering of NTUA.

2. Infrastructure

The equipment of the NTUA Photometry Laboratory intend to support the three main functional activities of the laboratory which are: a) the laboratory practice of the students, b) the scientific research and c) the quality assurance tests on lighting products of Greek industries.

Three goniophotometers are among the main

equipment of the laboratory. The first one is a goniophotometer with facility for turning the light source, CIE type 3. The light source is turned around a vertical as well as a horizontal axis (Figure 1). The photometer head is fixed. The distance between the light source and the photometer head is unlimited, therefore there are no restrictions to the dimensions of the luminaires that can be measured. This system is used for the measurement of the luminous distributions of several types of luminaires for indoor or outdoor lighting. The implementation of an auxiliary detector permits the measurement of any type of luminaire irrespectively of the burning position of the lamp.

Measurements are made in the C-planes or conical surfaces. Modifications on the mechanical system of the goniophotometer that were made in the laboratory allow measurements in the A and B-planes as well. The system is fully automated.

The second system is an old spiral goniophotometer that was modified to a goniophotometer with moving



Figure 1 Goniophotometer with facility for turning the light source, CIE type 3



Figure 2
Goniophotometer with moving photometer head, CIE type 1



Figure 3 Integrating sphere with diameter 2.5 m

photometer head, CIE type 1 (Figure 2). The light source is turned at the point of intersection of the horizontal and vertical axes around a vertical axis. The photometer head is moved on a circle in the vertical plane around the light source. Measurements can be made in the A, B and C-planes. This goniophotometer is also used for the measurement of the luminous flux of light sources by integrating the illuminance distribution on a sphere surface. A third goniophotometer has been developed in the laboratory by the students for the measurement of small light signals. It is similar to the first one but with smaller dimensions. On the other hand, it is portable.

All of the above systems are fully automated, implementing modern electronics. There is also a manually operated goniophotometer that has been constructed by the personnel of the laboratory and is used only for the practice of the students.

The measuring equipment include research (bench-top) photometers with digital and/or analogue outputs. Among the photometer heads are illuminance, luminance and

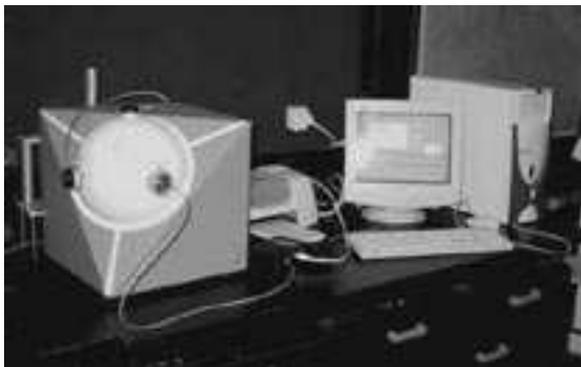


Figure 4 Integrating sphere for the measurement of colour, reflectance and transmittance

irradiance sensors. The calibration of the illuminance meters is conducted in regular basis using standard lamps calibrated in lighting intensity units by accredited laboratories. Portable instruments are also available for field measurements of illuminance and luminance e.g. CRT luminance measurements as well as measurements of the luminance of street surfaces.

Three integrating (Ulbricht) spheres are used in the laboratory. The diameter of the first one is 2.5 m (Figure 3). This sphere is mainly used for the measurement of the light output ratio of luminaires. However it is also suitable for luminous flux measurements. Practically, all the luminaires can be measured irrespectively of their dimensions. The second integrating sphere, with diameter 1 m, is used for the measurement of the luminous flux of lamps. Several standard lamps are available (incandescent, fluorescent and high intensity discharge), calibrated in terms of lumen units, for comparative luminous flux measurements with these integrating spheres. Reference ballasts in the range of 20-250 W are available too.

The third integrating sphere is a small one with diameter 0.25 m (Figure 4) dedicated for colour measurements as well as for the measurement of the reflectance and transmittance of several optical materials (coloured lenses, reflectors etc.)

Colour measurements are performed by means of several spectrophotometers. Among them is an old one (but with quite high accuracy) with monochromator and interchangeable sensors for ultraviolet (UV-A, B, C), visible and infrared (IR-A, B) measurements. However, two modern spectrometers with diffraction gratings are mostly used for colour measurements (Figure 5). Their operation is controlled by a computer and the measurements are analyzed by the software, provided by the manufacturer. One of them is dedicated for colour measurements while the other one is suitable for both visible and ultraviolet measurements (UV-A, B, C) since



Figure 5 Reflectance measurement

it is equipped with two diffraction gratings, one for the visible and another for the UV region. The calibration of these instruments is achieved using standard lamps, provided by the manufacturer. Other standard lamps, calibrated in terms of black body temperature by accredited laboratories, are used for research purposes.

Furthermore, the equipment of the laboratory include several instruments for electrical safety tests on lighting fixtures e.g. rain-proof arrangement, chambers with regulating temperature and humidity, power and energy analyzers, voltmeters, ammeters, power factor meters, frequency meters, thermometers, recording instruments, amplifiers, frequency generators, transformers, voltage and current sources, voltage stabilisers, storage oscilloscopes, data acquisition systems as well as machinery for mechanical constructions. Other equipment are also available like photomultipliers, photometric benches, photographic instruments etc.

3. Lighting education

The principal activity of the laboratory is the lighting education of the NTUA students. The course of "Lighting and Photometry" is given to the students of the 6th semester (3rd year). The students attend a two-hour class each week plus a two-hour laboratory practice.

The laboratory practice includes the measurement of the lighting distribution of several types of luminaires as well as their luminance distribution and the determination of the glare diagram. The measurements are performed using the available goniophotometers, either the electronically operated ones or the manually operated that is solely dedicated for the students practice.

The laboratory practice also includes the measurement of luminous flux of lamps and luminaires using either the goniophotometers or the two integrating spheres of the laboratory. The light output ratio of luminaires is determined as well as the CIE flux code.

The basic principles of colorimetry are also taught

using spectrometer with monochromators or diffraction gratings. The students measure the light spectrum of light sources and the tristimulus values of coloured lenses or of opaque specimens.

Recently, EMC measurements (insertion loss) on fluorescent luminaires were added to the laboratory practice.

Moreover, the students have to complete an independent project i.e. to perform a lighting design (lighting of façades, churches, yards etc.) or to conduct lighting measurements (luminance measurements of road surfaces etc.) and sometimes to construct lighting devices (lasers, angle detectors, censoring devices etc.). The final mark is the sum of the written exam, the laboratory record and the mark from the project.

The last semester of the academic programme is dedicated to the diploma dissertation (10th semester - 5th year). Some of the students choose topics from lighting or photometry for their dissertation. The topics may vary from a lighting design to an experimental investigation or a software development. Sometimes the dissertations are parts of the research projects of the Laboratory and the students are financed for their contribution.

4. Research

The scientific research is conducted by the Ph.D. students of the Laboratory. One important subject is the mesopic photometry. Two students work for the experimental determination of the mesopic vision curves using humans of various ages. The research in that area also includes the measurement of the mesopic characteristics of light sources and their actual lighting performance at the mesopic levels. One student works for the investigation of the lighting parameters of the commercially available lamp types under various conditions. A life test of many lamps is ongoing using magnetic or electronic ignition and under specific dimming levels. Several parameters are also investigated such as the light spectrum, the variation

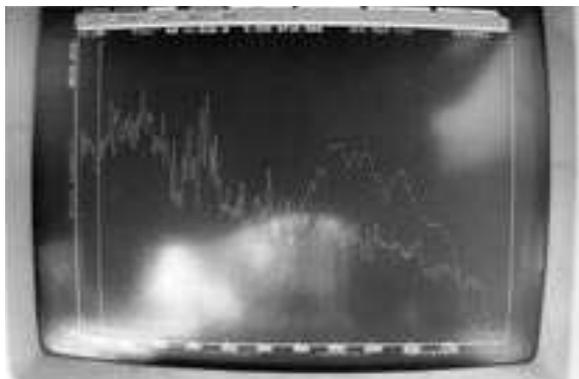


Figure 6 Passive solar radiation scanner for the determination of the atmospheric pollution

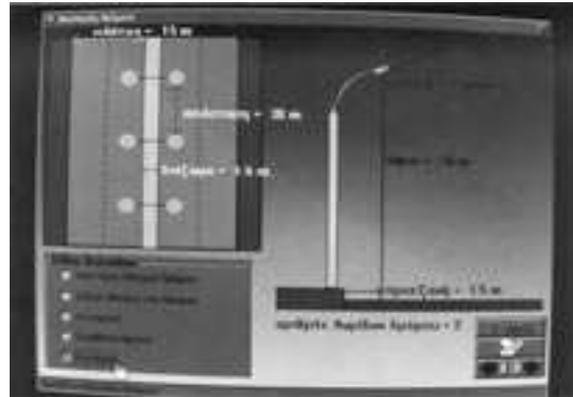


Figure 7 "Roadlux": A software for road lighting

of the luminous flux and the harmonic distortion.

Another subject of the research is the experimental investigation of the electric and photometric properties of electronic compact fluorescent lamps and the determination of the influence of their extensive use on the reduction of energy consumption, as well as on the voltage distortion of electric networks. One student works experimentally while another one works theoretically. In the frame of that research, a virtual instrumentation system has been developed in the LabView environment for harmonic power measurements on discharge lamps. The system is actually a spectrum & power analyzer that also includes an arbitrary waveform generator in order to supply the lamps with distorted supply voltages. The other student has simulated several types of real networks in order to calculate and analyze the harmonic distortion extent caused due to a possible large-scale installation of the compact fluorescent lamps. Some of the simulations concern to weak low-voltage networks of isolated Greek islands supplied by autonomous photovoltaic stations where the distortion may exceed considerably the international limits.

The Laboratory has been involved recently in some projects dealing with the applications of renewable sources, especially the photovoltaic panels. One of the topics of these projects is the street lighting using the solar energy. A PhD student of the Laboratory works for the development of an autonomous or a semi-autonomous photovoltaic system. Several parameters are determined that will optimize the efficiency of the system: The annual variation of the solar radiation, the shape and the orientation of the panel, the charger and the battery, the electronic system, the type of the lamps and the ignition system. In the near future, the prototype of the integrated system will be installed outdoors at the university campus in order to measure its efficiency and its performance under actual conditions.

Two PhD students have developed a passive

pyrheliometric scanner for the qualitative and quantitative determination of the atmospheric constituents and the pollutants (Figure 6). The system tracks the sun automatically and records the spectrum of the solar radiation in the UV, Visible and NIR wavelength ranges (180 - 1000 nm with a resolution of 0.5 nm). The software that has been developed computes the atmospheric constituents. Relevant to this research is the participation of the Laboratory to the "Pierre Auger" international collaboration.

Further to the above research activities, some undergraduate and postgraduate students work in the area of the rational use of energy in lighting systems and the use of daylight in educational facilities. Another group of students has developed a software package (Figure 7) for street lighting that enables the Greek manufacturers to perform lighting calculations using the results from the photometric tests on their products that were conducted in the Laboratory.

5. Photometric tests

One of the more important activities of the Laboratory is the conduction of quality assurance tests on, practically, every lighting equipment and apparatus, following the national and international standards and norms. For each test a photometric test report is issued. That activity belongs to the services offered from a certified laboratory unit. In the near future the Laboratory will apply for accreditation according to EN17025.

Among the more ordinary measurements are the following: 1) Luminous intensity distributions of any type of luminaire (indoor or outdoor, fluorescent, high intensity discharge, traffic lights, light signals for ships and airports), 2) Luminous flux of any type of lamp, 3) Luminance and glare distributions of light sources, 4) Luminance of surfaces (roads, screens), 5) Colour of transparent and opaque materials, 6) Colour of light

sources, 7) Reflectance, absorbance and transmittance of several materials, 8) Electrical characteristics of ballasts using standard ballasts, 9) Tests in chambers with controlled conditions of temperature and humidity, 10) Lamp-life tests, 11) Rain proof tests up to IPx4, 12) Calibration of photometers using standard lamps etc.

The test reports of the Laboratory are issued in both Greek and English, enabling the Greek manufacturers of lighting equipment to promote the exports of their products abroad. Many of the luminaires that will be used for the illumination of the city of Athens during the Olympic Games were tested in the Laboratory.

6. Projects

The Laboratory has carried out several projects that were financed, mainly, by private enterprises as well as by the Greek public sector and the European Union. Some of them are ongoing. Among their topics are the following: 1) Rational use of energy and energy saving systems, 2) Renewable energy sources, 3) Quality assurance tests on lighting equipment, 4) Feasibility studies and 5) Measurement of atmospheric pollution. The projects of the past ten years are presented below.

1. "Contribution of the discharge lamps to the harmonic distortion of the voltage of distribution networks" (2003-2006), Programme "Heraclites", financed by the 3rd Community Support Framework of EU.
2. "Theoretical and experimental investigation of the energy saving potential in outdoor lighting systems with electronic ignition and dimming of high intensity discharge lamps" (2003-2006), Programme "Archimedes", financed by the 3rd Community Support Framework of EU.
3. "Investigation of the harmonic distortion in electric networks and development of methods for the optimization of the power quality – Pilot application to the electric network of Kythnos island" (2003-2006), Programme "Archimedes", financed by the 3rd Community Support Framework of EU.
4. "Energy audits of passive solar systems, photovoltaic systems, wind farms, small hydro plants, co-generation installations, biomass installations and energy saving systems" (2002-08), financed by the 3rd Community Support Framework of EU.
5. "Quality assurance in the manufacturing of lighting equipment" (2002-07), financed by Greek manufacturers of equipment for lighting installations.
6. "Experimental investigation of the electrical and photometric properties of electronic compact fluorescent lamps and the determination of the

influence of their extensive use on the reduction of energy consumption, as well as on the voltage distortion of electric networks of Greece and Yugoslavia" (2002-04), Programme of bilateral co-operation between Greece and Yugoslavia, financed by General Secretariat for Research and Technology of Greece.

7. "Energy savings in lighting installations using compact fluorescent lamps with electronic gear" (2000-01), Co-operation between Balkan Countries, financed by the Research Committee of National Technical University of Athens.
8. "Reseau de formation continue energie – environnement - EPURE" (1998-2002), TEMPUS PHARE, Joint European Project Grant, Contract No. AC_JEP-13076/98.
9. "Efficiency of compact fluorescent lamps and harmonic distortion in distribution networks" (1998-1999), Co-operation between Balkan Countries, financed by the Research Committee of National Technical University of Athens.
10. "Design of the laboratory of Greek Standardization Organization for the quality assurance of luminaires" (1997), financed by the Greek Standardization Organization.
11. "Development of light transfer model and design of modern laboratory techniques for the measurement of light parameters" (1997), Co-operation between Balkan Countries, financed by the Research Committee of National Technical University of Athens.
12. "Quality assessment procedures and development plan for continuing education at the English Language Department of Engineering at the Technical University of Sofia", TEMPUS-Phare, Complementary Measures Grant 1995-96, Contract No. CME-01033-95.
13. "Technological support of industries producing medium & low voltage equipment" (1996), financed by Greek industries.
14. ERASMUS, Contract STV-95-G-1073/P (1995-1996).
15. "Design, quality assurance and optimisation of lighting equipment" (1995), financed by Greek industries.
16. "Improvement of the infrastructure of N.T.U.A. Photometry Laboratory" (1995), financed by Greek industries.
17. "Feasibility study for the establishment of the technology park of Lavrion" (1994-1995), financed by the General Secretariat for Research and Technology, Ministry for Development.
18. ERASMUS, Programme ICP-93-D-3066/06 (1993), financed by the European Union.

19. "Feasibility study for the establishment of the technology park of Volos" (1993-1994), financed by the Prefecture of Magnesia.
20. "Design and development of a passive solar radiation scanner for the qualitative and quantitative analysis of the components and air pollutants of the atmosphere" (1994), financed by the Operational Programme for Research and Development (EPET I), 1st Community Support Framework of EU.
9. N. Bisketzis, G. Polymeropoulos, M.B. Kostic, F.V. Topalis: "Efficiency of road lighting installations from the point of view of mesopic vision". Proceedings of the 3rd Mediterranean Conference on Power Generation, Transmission and Distribution, Med Power 2002, Athens, Greece, 4-6 November 2002.
10. C. Orfanos, F.V. Topalis: "A virtual instrumentation system for harmonic power measurements on discharge lamps". Proceedings of the International Power Quality Conference 2002, Singapore, 21-25 October 2002.

7. Publications

1. F. Korovesis, G.A. Vokas, I.F. Gonos, F.V. Topalis: "Influence of large scale installation of energy saving lamps on the line voltage distortion of a weak network supplied by photovoltaic station", Approved for publication in IEEE Transactions on Power Delivery.
2. N. Bisketzis, G. Polymeropoulos, F.V. Topalis: "Some remarks on the mesopic vision in comparison with the photopic and scotopic vision", Proceedings of Iluminat 2003, Cluj-Napoca, Romania, 8-9 May 2003.
3. C. Bourousis, M. Athanasopoulou, F.V. Topalis: "Semi-autonomous photovoltaic system for street lighting", Proceedings of Iluminat 2003, Cluj-Napoca, Romania, 8-9 May 2003.
4. I. Kateri, N. Chondrakis, G.A. Vokas, F.V. Topalis: "Energy saving by utilization of daylight in school buildings", Proceedings of Iluminat 2003, Cluj-Napoca, Romania, 8-9 May 2003.
5. F. V. Topalis, I. F. Gonos: "Incandescent or electronic lamps?", Technical magazine "The Electrician", Issue No.137, pp. 52-56, Athens, April 2003.
6. F.V. Topalis, M.B. Kostic, Z.R. Radakovic: "Advantages and disadvantages of the use of compact fluorescent lamps with electronic control gear". International Journal of Lighting Research and Technology, The Chartered Institution of Building Services Engineers, London, UK, CIBSE Series B, Vol. 34, No. 4, pp. 279-288, 2002.
7. C. Orfanos, I.F. Gonos, F.V. Topalis: "Harmonic power measurements on discharge lamps". Proceedings of the 3rd Mediterranean Conference on Power Generation, Transmission and Distribution, Med Power 2002, Athens, Greece, 4-6 November 2002.
8. F. Korovesis, G.A. Vokas, I.F. Gonos, F.V. Topalis: "Power supply harmonic distortion in weak low-voltage networks due to large scale installation of energy saving lamps". Proceedings of the 3rd Mediterranean Conference on Power Generation, Transmission and Distribution, Med Power 2002, Athens, Greece, 4-6 November 2002.
11. F. V. Topalis, I.F. Gonos, G.A. Vokas: "Arbitrary waveform generator for harmonic distortion tests on compact fluorescent lamps". Measurement, Journal of the International Measurement Confederation, London U.K., Vol 30(4), pp 257-267, December 2001.
12. G.A. Vokas, I. F. Gonos, F. Korovesis, F.V. Topalis: "Influence of compact fluorescent lamps on the power quality of weak low voltage networks supplied by autonomous photovoltaic stations". PowerTech'2001, Vol. 1, Porto, Portugal, 10-13 September, 2001.
13. A.D. Adamopoulos, H.D. Kambezidis, D. Zevgolis, F.V. Topalis: "Estimation of total ozone column over Athens using ground based beam solar irradiance measurements". Fresenius Environmental Bulletin, CTA Publication, Munich, Germany, Vol. 9, No. 3/4, pp. 201-208, 2000.
14. E.K. Triantafilopoulou, I.F. Gonos, F.V. Topalis: "Development of a low-cost, fully automated goniophotometer". Proceedings of the 10th Scientific Symposium on Metrology and Metrology Assurance, Sozopol, pp. 821-86, September 14-17, 2000.
15. A.D. Adamopoulos, H.D. Kambezidis, D. Zevgolis, F.V. Topalis: "Spectral analysis of solar radiation for the investigation of the atmosphere optical thickness". Technologies for the renewable energy sources and the environment, Athens, December 2000, pp. 301-309.
16. F. V. Topalis, I. F. Gonos, M.B. Kostic: "Effects of changing line voltage on the harmonic current of compact fluorescent lamps". Proceedings of the International Conference on Power and Energy Systems, Las Vegas, USA, November 8-10, 1999.
17. F.V. Topalis, A.A. Kanellias, E.K. Triantafilopoulou, V.D. Petrova, H.D. Kambezidis: "Spectral analysis of solar radiation for the determination of the air constituents and pollutants". Proceedings of Balkan Light '99, Varna, October 1999.
18. I.F. Gonos, M.B. Kostic, F.V. Topalis: "Harmonic distortion in electric power systems introduced

- by compact fluorescent lamps”. Proceedings of IEEE Budapest Power Tech, Paper BPT99-222-41, Budapest, Aug. 29-Sept. 2, 1999.
19. A.D. Adamopoulos, H.D. Kambezidis, D. Zevgolis, F.V. Topalis, V. Djepa: “Aerosol optical thickness through modified Langley-plots in the atmosphere of Athens”. Proceedings of 2nd ISES-Europe Solar Congress, Vol. 1, pp. I.1.1-1-7, Portoroz, Slovenia, September 14-17, 1998.
 20. A.D. Adamopoulos, H.D. Kambezidis, D. Zevgolis, F.V. Topalis, V. Djepa: “Variability of total optical thickness in the atmosphere of Athens”. Proceedings of 2nd ISES-Europe Solar Congress, Vol. 1, pp. I.1.2-1-7, Portoroz, Slovenia, September 14-17, 1998.
 21. H.D. Kambezidis, A.D. Adamopoulos, N.K. Sakellariou, F.V. Topalis, A.A. Kanellias, V.D. Petrova, D. Zevgolis: “Atmospheric chemistry and climate changes monitoring by a simple passive system”. Fresenius Environmental Bulletin, CTA Publication, Munich, Germany, Vol. 7, No. 1a/2a, pp. 20-26, 1998.
 22. M.B. Kostic, F.V. Topalis: “Survey of the theoretical methods for the interior lighting calculations”. International Journal of Lighting Research and Technology, The Chartered Institution of Building Services Engineers, London, UK, CIBSE Series B, Vol. 30, No. 4, pp.151-157, 1998.
 23. A.D. Adamopoulos, H.D. Kambezidis, D. Zevgolis, F.V. Topalis, V.D. Petrova: “Atmospheric optical spectral properties during summer days in Athens”. Fresenius Environmental Bulletin, CTA Publication, Munich, Germany, Vol. 7, No. 11/12, pp. 717-725, 1998.
 24. E. Fokitis, G. Garipov, B. Khrenov, S. Maltezos, A.G. Kalydas, V. Kytopoulos, K. Manolatu, D. Papadimitriou, E. Papantonopoulos, P. Sommers, F. Topalis, A. Travlos, R. Vlastou, G. Kiriakidis, E. Chatzitheodoridis, K. Moschovis: “Status of optical filter development for AUGER fluorescence detector”. Workshop of Pierre Auger Collaborate Meeting, Itacarusa, Brazil, May 17-28, 1998.
 25. E. Fokitis, A. Kanellias, B. Khrenov, V. Kytopoulos, S. Maltezos, K. Manolatu, R. Vlastou A.G. Kalydas, F. Topalis, A. Travlos, D. Andrakakis: “Optical filter design R&D for AUGER fluorescence detector”. Workshop of Pierre Auger Collaborate Meeting, Utah, USA, June 6, 1997.
 26. E. Zeinakis, C. Dimakis, F.V. Topalis: “ROADLUX: A software for road lighting in Windows environment”. Bulletin of Hellenic Association of Mechanical and Electrical Engineers, Athens, May 1997.
 27. H.D. Kambezidis, N.K. Sakellariou, F.V. Topalis, A.A. Kanellias, V.D. Petrova: “Air pollution monitoring with a passive pyr heliometric scanner”. Fresenius Environmental Bulletin, CTA Publication, Munich, Germany, Vol. 5, No. 11/12, pp. 631-636, November/December 1996.
 28. H.D. Kambezidis, N.K. Sakellariou, F.V. Topalis, A.A. Kanellias, V.D. Petrova: “Passive pyr heliometric scanner space applications”. Earth Observation and Monitoring Systems, Proceedings of the 1st Workshop with the support of European Commission, DG XII, Hellenic Committee for Space Research and Technology, Athens, January 1995.
 29. F.V. Topalis: “Energy saving management on lighting installations of buildings”. Bulletin of Hellenic Association of Mechanical and Electrical Engineers, No. 267-94, pp. 45-54, Athens, October 1994.
 30. F.V. Topalis: “Efficiency of energy saving lamps and harmonic distortion in distribution systems”. IEEE Transactions on Power Delivery, Vol. 8, No. 4, pp. 2038-2042, October 1993.



Frangiskos V. TOPALIS

National Technical University of Athens
 School of Electrical and Computer
 Engineering
 9 Iroon Politechniou Str., 15780 Athens,
 Greece
 Tel: +30-2107723627,
 Fax: +30-2107723628,
 topalis@ieee.org

Frangiskos V. TOPALIS received the B.Eng., M.Eng. and the Ph.D. degrees from the National Technical University of Athens (NTUA). He is currently an Assistant Professor and the head of the Laboratory of Photometry of NTUA. His research interests include photometry, lighting, rational use of energy, power quality and harmonics.

Received 9 February 2004

Învățământ și cercetare în iluminat la Universitatea Tehnică Națională din Atena

1. Introducere

Laboratorul de fotometrie al Universității Tehnice Naționale din Atena (UTNA) a fost înființat în 1995. La început, acesta aparținea Laboratorului de măsurări electrice. Mai târziu a devenit laborator independent cu activități distincte. În prezent este unicul laborator universitar de fotometrie existent în Grecia. Laboratorul aparține Școlii de Inginerie Electrică și Informatică a UTNA.

2. Infrastructura

Laboratorul de fotometrie al UTNA este dotat cu echipamente utile pentru realizarea celor trei activități principale ale laboratorului: a) practica de laborator a studenților, b) cercetarea științifică și c) teste de asigurare a calității produselor de iluminat din industria grecească.

În dotarea laboratorului se găsesc și trei goniofotometre. Primul goniofotometru oferă posibilitatea de rotire a sursei luminoase, CIE tip 3. Sursa de lumină este rotită atât în jur unei axe verticale, cât și a unei axe orizontale (Figura 1). Capul fotometric este fix. Distanța dintre sursa de lumină și capul fotometric nu este limitată, prin urmare nu există restricții în ceea ce privește dimensiunea aparatului de iluminat ce se dorește a fi măsurat. Acest sistem este utilizat pentru măsurarea distribuției luminoase a câtorva tipuri de aparate de iluminat pentru iluminatul interior sau exterior. Implementarea unui detector suplimentar permite măsurarea oricărui tip de aparat de iluminat, indiferent de poziția de funcționare a lămpii.

Măsurările sunt efectuate în planuri C sau pe suprafețe conice. Modificările în sistemul mecanic al goniofotometrului care au fost făcute în laborator permit de asemenea măsurări în planele A și B.

Al doilea sistem reprezintă un vechi goniofotometru spiralat care a fost transformat într-un goniofotometru cu cap fotometric reglabil, CIE tip 1 (Figura 2). Sursa luminoasă este rotită în punctul de intersecție al axelor orizontală și verticală, în jurul axei verticale. Capul fotometric este plimbat pe un cerc, într-un plan vertical, în jurul sursei luminoase. Se pot face măsurări în planele A, B și C. Acest goniofotometru este, de asemenea, utilizat pentru măsurarea fluxului luminos al surselor de lumină, prin integrarea distribuției luminoase pe o suprafață sferică.

Cel de-al treilea goniofotometru a fost realizat în

laborator de către studenți, pentru măsurarea semnalelor luminoase slabe. Acesta este similar cu primul, dar de dimensiuni mai mici și este portabil.

Toate sistemele prezentate mai sus sunt complet automate, fiind echipate cu componente electronice moderne. Mai există un goniofotometru cu operare manuală care a fost construit de către personalul laboratorului și care este utilizat numai pentru practica studenților.

Echipamentul de măsurare include dispozitive fotometrice de cercetare cu ieșiri digitale și/sau analogice. Capetele fotometrului conțin senzori pentru iluminare, luminanță și iradianță. Calibrarea luxmetrului este realizată într-o manieră obișnuită utilizând lămpi standard calibrate în unități de intensitate luminoasă de către laboratoare acreditate. Instrumentele portabile sunt, de asemenea, disponibile pentru măsurări în teren ale iluminării și luminanțelor, de ex. măsurări ale luminanței CRT și ale luminanței pe suprafața stradală.

Laboratorul deține și trei sfere de integrare (Ulbricht). Diametrul primei sfere este de 2,5 m (Figura 3). Această sferă este în principal utilizată pentru măsurarea raportului de ieșire al aparatelor de iluminat. De asemenea, poate fi utilizată și pentru măsurarea fluxului luminos. Practic toate aparatele de iluminat pot fi măsurate, indiferent de dimensiunea acestora. A doua sferă de integrare, cu diametrul de 1 m, este utilizată pentru măsurarea fluxului luminos al lămpii. Sunt disponibile câteva lămpi standard (cu incandescență, fluorescente și cu descărcare la înaltă presiune), calibrate în unități de lumeni pentru măsurări comparative ale fluxului luminos cu aceste sfere de integrare. De asemenea, sunt disponibile balasturi de referință în gama 20 - 250 W.

Cea de-a treia sferă de integrare este de dimensiuni mici, având diametrul de 0,25 m, (Figura 4) destinată pentru măsurarea culorii, precum și pentru măsurarea reflectanței și transmitanței câtorva materiale optice (lentile colorate, reflectoare).

Măsurarea culorii este realizată prin intermediul câtorva spectrofotometre. Printre acestea există unul vechi (dar cu o acuratețe destul de ridicată) cu monocromator și senzori interschimbabili pentru măsurări în spectrul ultraviolet (UV-A, B, C), vizibil și infraroșu (IR-A, B). Totuși, două spectrometre moderne cu grilă de difracție sunt utilizate predominant pentru măsurări de culoare (Figura 5). Funcționarea lor este controlată de un computer, iar măsurările sunt analizate de programul furnizat de producător. Unul din ele este

destinat măsurărilor de culoare, iar celălalt este utilizabil atât pentru măsurări în spectrul vizibil, cât și în spectrul ultraviolet (UV-A, B, C), fiind echipat cu două grile de difracție, una pentru spectrul vizibil și cealaltă pentru cel ultraviolet. Calibrarea acestor instrumente este realizată cu ajutorul lămpilor standard, furnizate de către producător. Celelalte lămpi standard, calibrate de laboratoare acreditate după temperatura corpului negru, sunt utilizate pentru cercetare.

În plus, echipamentele de laborator includ câteva instrumente pentru testarea în condiții de siguranță electrică a corpurilor de iluminat, cum ar fi sisteme hidroizolate, camere cu temperatură și umiditate controlată, analizor de putere și energie, voltmetre, ampermetre, aparat de măsurare a factorului de putere, frecvențmetre, termometre, instrumente de înregistrare, amplificatoare, generatoare de frecvență, transformatoare, surse de curent și tensiune, stabilizatoare de tensiune, osciloscop, sisteme de achiziție a datelor, precum și unelte pentru construcții mecanice. Sunt disponibile și alte echipamente, cum ar fi fotomultiplicatoare, bancuri fotometrice, instrumente fotografice.

3. Cursuri de iluminat

Activitatea principală a laboratorului sunt cursurile de iluminat pentru studenții UTNA. Cursul de "Iluminat și fotometrie" este predat studenților din semestrul 6 (anul 3). Studenții frecventează un curs de două ore, și au două ore de practică în fiecare săptămână.

Practica de laborator include măsurarea distribuției luminii pentru diverse tipuri de aparate de iluminat, precum și distribuția luminanței și determinarea diagramei de luminanță. Măsurările sunt efectuate cu ajutorul goniofotometrelor, fie cu cele acționate electronic, fie cu cel acționat manual, destinat în exclusivitate practicii studenților.

Practica de laborator include și măsurarea fluxului luminos al lămpilor și aparatelor de iluminat, fie cu ajutorul goniofotometrelor, fie cu ajutorul celor două sfere integratoare ale laboratorului. Se determină raportul de ieșire al aparatelor de iluminat, precum și codul de flux CIE.

Principiile de bază ale colorimetriei sunt studiate cu spectrometrul cu monocromator sau cu grile de difracție. Studenții măsoară spectrul luminos al surselor de lumină și componentele tricromatice ale lentilelor colorate sau al speciimenelor opace.

Recent, la practica de laborator s-a adăugat măsurarea EMC (atenuarea de inserție) a aparatelor de iluminat fluorescente.

În plus, studenții trebuie să realizeze un proiect independent, respectiv să realizeze un proiect de iluminat (iluminarea fațadelor, bisericilor, spațiilor deschise) sau

să realizeze măsurări de iluminat (măsurarea luminanței la suprafața drumurilor) și uneori să construiască instrumente de iluminat (lasere, detectoare de unghi). Nota finală este suma notelor de la examenul scris, nota de la laborator și nota pe proiect.

Ultimul semestru al programului academic este dedicat pregătirii disertației de diplomă (semestrul 10/anul 5). Pentru disertație, unii studenți aleg teme din iluminat sau fotometrie. Temele pot varia de la proiecte de iluminat la investigarea experimentală sau dezvoltarea de programe de calculator. Uneori disertațiile sunt parte a proiectelor de cercetare ale Laboratorului iar studenții sunt plătiți pentru contribuțiile lor.

4. Cercetare

Cercetarea științifică este desfășurată de studenții doctoranzi ai Laboratorului. Unul din subiectele importante este fotometria mezopică. Doi studenți lucrează la determinarea experimentală a curbilor de vedere mezopică în cazul persoanelor de diverse vârste. Cercetarea în acest domeniu include și măsurarea caracteristicilor mezopice ale surselor de lumină și a performanțelor reale de iluminat la niveluri mezopice. Un student lucrează la determinarea parametrilor de iluminat în diverse condiții ai lămpilor disponibile în comerț. Este în derulare un test de durată de funcționare pentru numeroase lămpi, utilizând aprindere magnetică sau electrică, și la niveluri specifice de reglaj. Sunt măsurăți diverși parametri, cum ar fi spectrul luminos, variația fluxului luminos și distorsiunea armonică.

Un alt subiect de cercetare este investigarea experimentală a proprietăților electrice și fotometrice ale lămpilor fluorescente compacte și determinarea efectului utilizării lor de durată asupra reducerii consumului de energie, precum și asupra distorsiunilor de tensiune induse în rețeaua electrică. Un student lucrează experimental, în timp ce altul lucrează teoretic. În cadrul acestei cercetări a fost conceput un sistem de instrumente virtuale în mediul LabView, pentru măsurarea armonicilor de putere al lămpilor cu descărcare. Sistemul este un analizor de spectru și putere care include și un generator de undă pentru alimentarea lămpilor cu tensiuni de alimentare distorsionate. Celălalt student a simulat diverse tipuri de rețele reale pentru a calcula și analiza amploarea distorsiunilor armonice cauzate de o posibilă instalare pe scară largă a lămpilor fluorescente compacte de mari dimensiuni. Unele simulări sunt ale rețelilor de joasă tensiune din insulele izolate ale Greciei, alimentate de stații fotovoltaice autonome, unde distorsiunile pot depăși cu mult limitele internaționale.

Laboratorul a fost implicat recent în câteva proiecte referitoare la aplicațiile surselor regenerabile, în special panourile fotovoltaice. Una din temele acestor proiecte

este iluminatul stradal cu ajutorul energiei solare. Un doctorand al Laboratorului lucrează la dezvoltarea unui sistem fotovoltaic autonom sau semi-autonom. S-au determinat câțiva parametri care vor optimiza randamentul sistemului: variația anuală a radiației solare, forma și orientarea panoului, încărcătorul și bateria, sistemul electronic, tipul de lămpi și sistemul de aprindere. În viitorul apropiat, prototipul sistemului integrat va fi instalat în exterior, în campusul universitar, pentru a se măsura randamentul și performanțele în condiții reale.

Doi doctoranzi au dezvoltat un scanner pirheliometric pasiv pentru determinarea calitativă și cantitativă a constituenților și poluanților atmosferici (figura 6). Sistemul urmărește automat Soarele și înregistrează spectrul radiației solare în lungimile de undă UV, vizibil și NIR (180 – 1000 nm cu o precizie de 0,5 nm). Programul de calculator dezvoltat calculează constituția atmosferică. Relevantă pentru această cercetare este participarea Laboratorului la colaborarea internațională "Pierre Auger".

În plus față de activitățile de cercetare menționate mai sus, câțiva studenți lucrează în domeniul utilizării raționale a energiei în sistemele de iluminat și utilizarea luminii naturale în instituțiile de învățământ. Un alt grup de studenți a dezvoltat un pachet de programe (Figura 7) pentru iluminat stradal care permite producătorilor din Grecia să efectueze calcule de iluminat pe baza rezultatelor testelor fotometrice ale produselor lor, care au fost realizate în cadrul Laboratorului.

5. Teste fotometrice

Una din activitățile majore ale Laboratorului este efectuarea de teste de asigurare a calității pentru toate echipamentele și aparatele de iluminat, respectând standardele și normele naționale și internaționale. Pentru

fiecare test se emite un raport de test fotometric. Această activitate este inclusă în serviciile oferite de un laborator certificat. În viitorul apropiat, Laboratorul va aplica pentru acreditare în conformitate cu EN17025.

Dintre măsurările obișnuite, sunt de menționat următoarele: 1) distribuția intensității luminoase a oricărui tip de aparat de iluminat (interior sau exterior, fluorescent, descărcare de înaltă presiune, iluminat de trafic, semnale luminoase pentru porturi și aeroporturi), 2) fluxul luminos al oricărui tip de lampă, 3) distribuția luminanței pentru sursele de lumină, 4) luminanța suprafețelor (drumuri, ecrane), 5) culoarea materialelor transparente și opace, 6) culoarea surselor de lumină, 7) reflectanța, absorbanța și transmitanța diverselor materiale, 8) caracteristicile electrice ale balastului utilizând balast standard, 9) teste în camere cu condiții controlate de temperatură și umiditate, 10) teste de durată de funcționare a lămpilor, 11) teste de hidroizolație până la IPx4, 12) calibrarea fotometrelor utilizând lămpi standard.

Rapoartele de testare ale Laboratorului sunt realizate în limba engleză și greacă, permițând producătorilor de echipamente de iluminat din Grecia să promoveze exportul produselor lor. Multe din aparatele de iluminat care vor fi utilizate pentru iluminarea Atenei în perioada Olimpiadei au fost testate în Laborator.

6. Proiecte

Laboratorul a derulat mai multe proiecte care au fost finanțate în principal din surse private, precum și din sectorul public și din fonduri ale UE. Unele din acestea sunt încă în derulare. Câteva teme ale acestor proiecte: 1) utilizarea rațională a energiei și sisteme de economisire a energiei, 2) surse de energie regenerabile, 3) teste de asigurare a calității pentru echipamente de iluminat, 4) studii de fezabilitate și 5) măsurarea poluării atmosferice. Mai jos sunt prezentate proiectele din ultimii zece ani.