

MÉRŐÁLLOMÁS TERVEZÉSE ÉS KIVITELEZÉSE UV CSÖVEK ÖREGEDÉSÉNEK VIZSGÁLATÁHOZ

DESIGN AND CONSTRUCTION OF A MEASURING DEVICE FOR TESTING THE AGEING OF UV TUBES

Csik Norbert^{0000-0002-9456-3431 1*}, Sári Bence^{0000-0001-6973-246X 1}, Dömötör Zénó^{0009-0002-5699-8300 1},
Koszna Ferenc^{0000-0002-7387-3553 1}, Pásztor Attila^{0000-0001-7354-5114 1},

¹ Informatika Tanszék, GAMF Műszaki és Informatikai Kar, Neumann János Egyetem, Magyarország
<https://doi.org/10.47833/2023.2.ENG.007>

Kulcsszavak:

Automatizálás
Mérés
LabView
UV-cső
Öregedés

Keywords:

Automation
Measuring
LabView
UV-tube
Ageing

Cikktörténet:

Beérkezett 2023. október 2.
Átdolgozva 2023. november 10.
Elfogadva 2023. november 25.

Összefoglalás

Az UVC csövek csírátlanító képessége működési élettartamuk első 4000 órája alatt jelentősen csökken. Sok forgalmazó emiatt mindössze az üzemóra alapján cseréli berendezéseiben a csöveket. A cső elhasználódása komplex folyamat, monitorozására több mérőszenzor is készült, a palást öregedésének feltérképezéséhez automatizált mérőpadot készítettünk, amit jelen cikkben mutatunk be.

Abstract

The germicidal capacity of UVC tubes is significantly reduced during the first 4000 hours of their operational life. For this reason, many distributors replace tubes in their installations based only on the operating hours. However, tube ageing is a complex process. A measuring sensor has been developed to monitor these changes and an automated measuring device has been developed to map the ageing of the casing, which is presented in this paper.

1. Bevezetés

Az UV-csővek degradációjának számszerűsítése általában speciális berendezéseket igényel [1,2,3]. A fertőtlenítő rendszerek többségében a dózisszabályozási stratégiák a lámpa öregedésének és a szennyeződések feltételezésein alapulnak, melyek az egyedi használati körülmények okán pontatlanok, a sugárzás gyengülésének statisztikáit pedig általában a gyártó szolgáltatója idealizált laboratóriumi vizsgálatok alapján. Az eltérések emiatt túlméretezett és nem optimalizált üzemű csírátlanító rendszerekhez vezethetnek. Az elhasználódás mértékének meghatározásához egyszerű, roncsolásmentes módszer használható, az optikai paddal történő közvetlen transzmissziós mérés, a fényáteresztő képesség ugyanis akár 50 százalékkal is csökkenhet [4].

A vizsgálatokat célszerű UVC (100-280 nm) tartományban végezni, a csíraölő hatás ugyanis több tanulmány szerint is a 200-300 nm-es sáv integrált tartományában a legnagyobb, a mérések fókuszát ide érdemes helyezni [4, 5, 6, 7]. A detektorban alkalmazható, rendelkezésre álló UVC LED-fotodióda párok ára 180-190 USD, de a gyártók több százezer forint értékű eszközöket is forgalmaznak. A legolcsóbb pár is 45 USD-ra adódott, ami a szenzorok termékesítési fázisát lehetetleníti el – emiatt az UVB (280-315 nm) és a látható tartomány (400-800 nm) vizsgálatát sem lehetett

* Kapcsolattartó szerző.
E-mail cím: csik.norbert@nje.hu

figyelmén kívül hagyni. Az értékelhető eredményekhez nagy számú, a csöveket azonos módon fel-térképező mérés elvégzése volt szükséges, melyhez automatizálható szerkezetet állítottunk össze.

2. Módszer

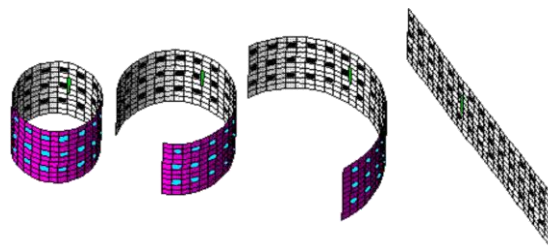
Feltehető, hogy a csőfal áteresztő képességének csökkenése olyan jellegű változás, amely részben megfigyelhető az UVB, esetleg az UVA tartományok esetében is, s ha ez igaz, jóval olcsóbb eszköz is fejleszthető: ennek megfelelő LED-fotodióda párt már 2 USD-tól is találni (ez százszor kevesebb, mint a korábban említett). Annak az eldöntéséhez, hogy az UVC öregedés hogyan jelenik meg az UVB, UVA tartományokon, számos ellenőrző mérés elvégzése szükséges. Több detektor is készült, ezek eredményeit egy további publikációban ismertetjük. A nagyszámú mintavételezésre alkalmas, kialakított szerkezet jelen munka alapjául egy UVC tartományban érzékeny mérőfejjel szereltük fel.

A sugárzást gyengítő és a sugárzási teret inhomogénná tévő hatások együttes megjelenését a teljes csőpalást mentén vizsgáltuk, 20 x 20 helyen: a közel 500 mm hosszú cső hossza mentén 25 mm-enként, a cső 18°-onként történő forgatása mellett. A mért értékek között lineáris interpolációt alkalmaztunk.

A pozíciók megfelelő beállítása, kimérése a mintahalmazt képező 32 cső esetén hosszadalmas folyamat. Mivel az UVC-sugárzást a szennyeződések többsége elnyeli, a vizsgált eszközöket steril, szennyeződésmentes kesztyűben kellett kezelni, illetve mintavétel előtt alkoholos tisztításnak alávetni.

Olyan automatikus szerkezet építését tűztük ki célul, mely esetén a cső érintése a folyamat alatt felesleges, arra csak annak behelyezésekor és eltávolításakor kerül sor.

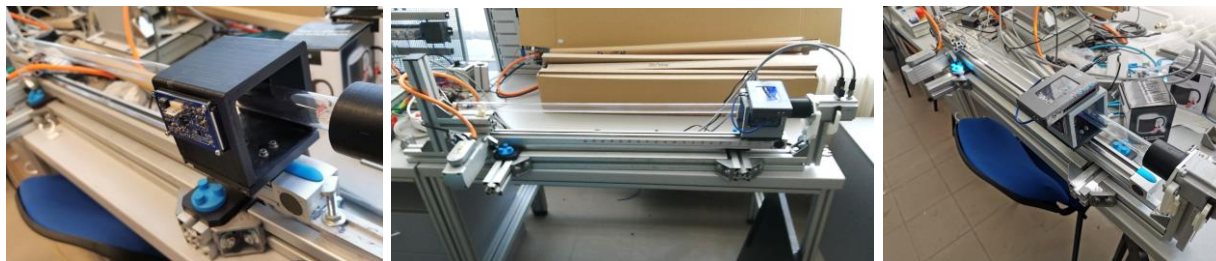
A vizsgálatok elvégzésekor kézvédő és védőszemüveg használatát írtuk elő, annak ellenére, hogy az egyégből a kialakításra került szán U-formája miatt nem juthatott a környezetbe számottevő UV sugárzás, sőt, annak mozgása során a detektort üzemén kívül helyeztük. Mivel az adatok rögzítése a későbbiekben automatizált formában történt, kellő időzítést beállítva a csövek cseréjén kívül a laborban nem volt szükség személyzetre, ezért azt a tesztek időtartamára lezártuk.



1. ábra. A csőpalást mérési pontjainak öregedési térképpé történő leképezése

2.1. Mérőállomás tervezése és kivitelezése

Az állomás mozgató funkciójához 2 darab Festo gyártmányú léptetőmotort használunk, egyiket a vízszintes irányú eltolásra, a másikat a csövek forgatására. Szükség volt egy olyan csúsztatható platformra (szánra) is, amely tartalmazza a mérőáramkört [3], illetve az adatgyűjtő eszközt (*NI MyRio v.1900*). A vizsgálati elemek megfelelő tartását egy erre a célra tervezett és 3D nyomtatott tartóval oldottuk meg (2. ábra).



2. ábra. A mérőpad szerkezeti kialakítása

A szán a mérőáramkört és a mérésadatgyűjtő kártyát lépésekként a megfelelő helyre pozícionálja, megtáplálja az egységet, az áramköri tranziensek lecsengéséhez pár másodpercet vár, elvégzi mérést, majd kikapcsolja azt. Mikor a cső hossza mentén a lépések végére ér, a szán visszaáll

az első vízszintes mérési pozícióba, a csövön pedig a tartó fordít egy szöglépésnyit. A ciklus ezután rendre ismétlődik. Az alkalmazás szoftveres oldalát a *FESTO* vezérlővel kommunikáló *LabView* kódokkal biztosítottuk. Az elrendezés első verziójában a szán pozícióját gyorsulásértékek alapján, manuális korrekcióval igyekeztük a megfelelő helyre juttatni, ami azonban nem adott megfelelő pontosságot. A fejlesztés későbbi szakaszában emiatt direkt vezérlést alkalmaztunk, mely egyszerűsége és látszólag kevésbé finom jellege ellenére pontos és megbízható pozíciókat eredményezett.

2.2. A mérés szoftveres háttere

A léptetőmotorok beállításához a *Festo Configuration Tool*-t, a *MyRio* felprogramozásához *LabView* szoftvert használtunk (3. ábra). A mérések kiértékeléséhez *Origin / Matlab* szoftvert, *Microsoft Excel*-t használtunk.

A léptetőmotorokat a *Festo Configuration Tool*-al lehet beállítani. A „*Homing*” pozíció (eltárolt gyári 0 pozíció) nagy pontosságot garantál a későbbi mozgások alapjaként.

Forgatásként 0,05 r lépést (r =egy teljes rotáció) állítottunk be, ez 18° -nak felel meg, vízszintesen pedig a 25-475 mm távon 25 mm-enként állítjuk meg a szánt relatív pozícionálással, az aktuális pozícióhoz képest minden esetben.

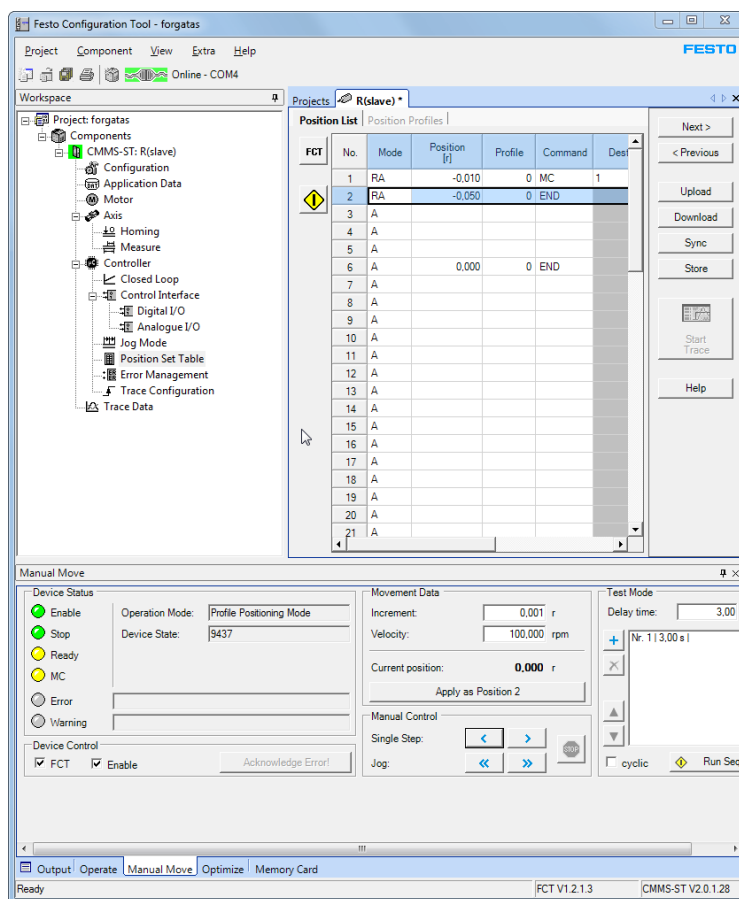
A szervomotorokat a pozíciós táblák alapján vezéreltük. A mozgások között hosszabb szünetet hagytunk (6 s), hogy minden lépést időben megtehesse minkét motor és az élesített áramkör is biztosan elérje üzemi állapotát – erre azért volt szükség, mert az alkalmazott UVC LED teljesítményéből adódó melegedés a panel hőmérsékletét is megemelte. A megfelelő „feléledési idő” biztosításával garantáltuk, hogy a mérés mindig közel azonos panelhőmérséklet mellett következzen be.

A folyamat egy szöveges, .csv fájl létrehozásával kezdődik, mely szövegesen és Excel segítségével is könnyen feldolgozható a későbbiekben.

A léptetőmotor használatakor a *MYRIO* eszközön mérhető gyorsulás jön létre, amit az eszköz folyamatosan mér a monitorozás alatt, ez biztosít folyamatosan információt az mozgás állapotáról.

Minden választott pozícióban 50 mintavétel történik, melyek átlaga képezi az eltárolandó értéket. Kisebb kompatibilitási problémát jelentett, hogy a .csv állománynak több szerkezeti megvalósítása is ismert, az egyik a vesszővel, a másik a pontosvesszővel elválasztott forma, amit végül mérő- és feldolgozó szoftverek konverziós moduljaival sikerült kiküszöbölni.

Az eljárás fázisait vizuális jelzéssel, a *MYRIO* eszközön *LABVIEW*-ből elérhető, programozható LED-ekkel jelenítettük meg a mérést végző kollégák számára – ez főként az első tesztek során könnyítette meg a hibakeresést. A megvalósítás során több alapvetően eltérő és különböző fejlettségi szinten lévő rendszert kellett összekötni (*FESTO*, *NI MYRIO*, *LABVIEW*), ebből fakadóan bizonyos műveletek, azok előírt sebességeitől függően hibásan hajtottak végre: előfordult, hogy mérési pontok maradtak ki, míg más esetben duplikálódtak. A problémát az okozta, hogy a folyamat állapotát eleinte a gyorsulásadatokból próbáltuk felmérni és aszerint tervezni a további lépéseket.

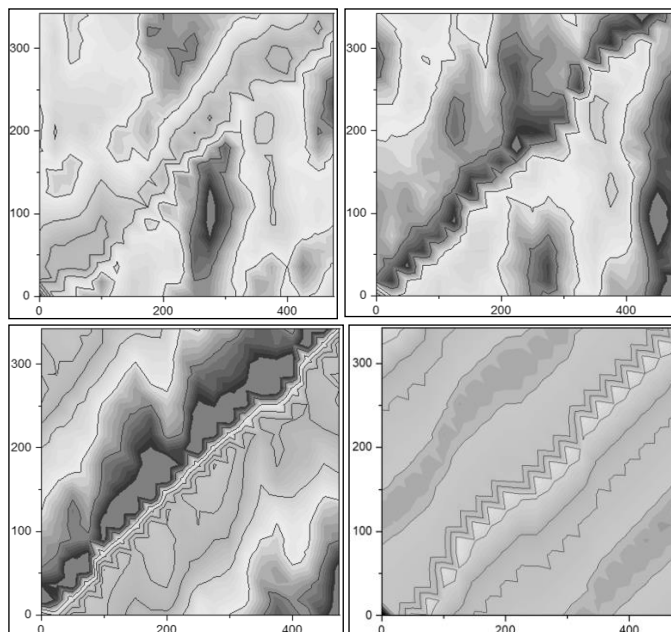


3. ábra. A *Festo Configuration Tool* felülete

Megoldást a rendszerek közötti direkt kommunikáció és vezérlési stratégia alkalmazása, valamint jó időállandók megválasztása jelentette – ezzel nemcsak a mérés vált hibamentessé és megbízhatóvá, de az egyes ciklusok ideje is jelentősen csökkent, 58 percről közel 20 percre.

3. Tesztelés

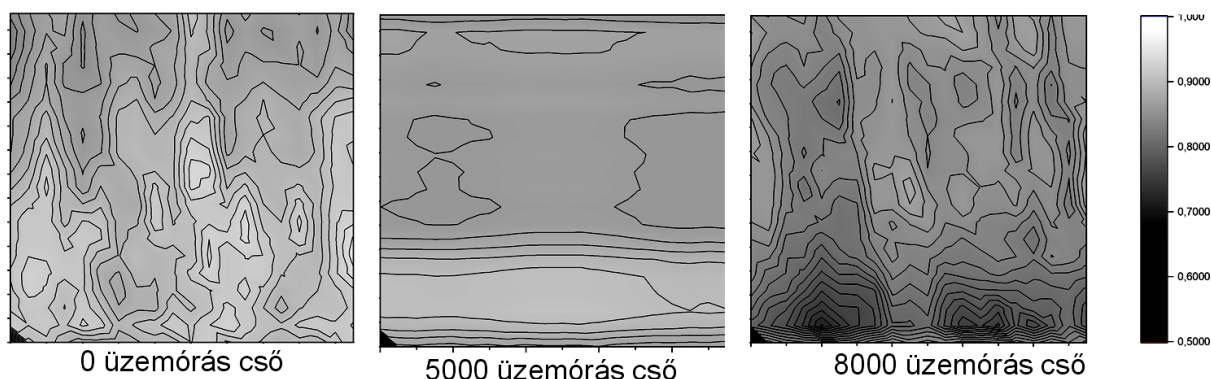
A rendelkezésre álló eltérő szoftver- és hardververziók tesztelésekor számos problémát jelentett, melyeket végül szoftveresen sikerült megoldanunk. Az egyik talán legjelentősebb hiba akkor jelentkezett, amikor a mérőegység helyenként mérési pontokat hagyott ki, más helyen pedig (leginkább a minta végén több mérési pontot hozott létre). Mivel a pontok száma nem változott, kérdéses volt, hogy a téves mintavétel azonosítható-e.



4. ábra. Mérési pontok kihagyása okozta téves intenzitás térképek

Feltűnő volt a térképek balról jobbra felfelé tartó mintázata [4.ábra]. A csövet 180 fokban elforgatva ugyanilyen mintázat adódott, mely így nem származhatott a csövek húzó és esetlegesen csavaró gyártástechnológiából. Mivel a köpeny mentén az öregedés hatásának egyfajta gradiense is megfigyelhető a katód és anód között, akár egyetlen adat elvesztése is jól felismerhető ferde mintázatot hozott létre. A szerkezet finomhangolásával és direkt vezérlésével a problémát végül kiküszöböltük.

Az UVC transzmissziós térképeket az *Origin* szoftver segítségével ábráztuk szürkeárnyaltos, kontúros képeken, a teljes áteresztést 1-re normalva, az 50%-os áteresztést pedig már feketével színezve. [4. ábra].



5. ábra. Az UVC csövek öregedését mutató fényvesztés térképek (PBSD-12JLA-KC - UVC LED, 265-280 nm)

Tekintve, hogy a méréshez fejlesztett mérőszenzor a fényvesztés mértékét nemcsak az üvegcső fényáteresztő képességén át jellemzi, hanem a falvastagság egyenetlensége okozta fényszóródás mentén is, a csövet teljesen új állapotában is jellemzi egyfajta inhomogenitás, mely az idővel – a várt eredményeknek megfelelően - romlik, kiváltképp az anód oldalon, ahol az ív nagysebességű töltött részecskéinek becsapódása magasabb hőmérséklettel, sugárzással és párolgó elektródaanyaggal járhat.

A cső felhasználási helyén kialakuló környezeti tükröződések okozta, sugárzási térben megjelenő inhomogenitás, szintén emelheti a kopás jellegének, illetve mintázatának szórását az élettartam alatt, de az egész térképre vonatkoztatott átlag a tapasztalatok szerint egyértelműen hatásos mutatója lehet a változások dinamikájának. Más hullámhossztartományok vizsgálatához, további, nagyszámú mérés szükséges, amelyre az elkészített mérőpad alkalmas eszköznek bizonyult.

A tervezett és kialakított rendszer célja a kézzel végezhető munkafolyamatok gyorsítása és az esetleges szennyeződések minimalizálása volt, melyet sikerült megvalósítani és a nagyszámú méréssel alkotott térképeket automatizáltan felvenni.

Köszönetnyilvánítás

A szerzők köszönetet mondanak a projektben résztvevő intézmények - AIRVENT ZRT és a Neumann János Egyetem GAMF Műszaki és Informatikai Kar - kollégáinak. Köszönettel tartozunk a kutatás támogatásáért, amely a " **Széles körben használható levegő sterilizáló megoldások kifejlesztése intelligens működés optimalizáló vezérléssel 2020-1.1.2-PIACI-KFI-2021-00294** " pályázat keretében valósult meg. A projekt a Magyar Állam és az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával, a Széchenyi 2020 program keretében valósul meg.

Irodalomjegyzék

- [1] G.B.King, B.R.Todd, G.Horlick: Qualitative spectral measurement characteristics of an ultraviolet-visible Fourier transform spectrometer, *Spectrochimica Acta*, 1992, Vol 47, Issue 2 pp 333-352 DOI: [10.1016/0584-8547\(92\)80030](https://doi.org/10.1016/0584-8547(92)80030)
- [2] S.I. Avenky, B.S. Volkov, I.V. Drobkov, D. N. Lashkov, O. A. Minaeva, O. A. Minaev : Development and study of a radiance measurement system based on a CCD array in the vacuum and near ultraviolet region, *Measurement techniques*, 2010, Vol. 7. Issue 53. DOI: [10.1007/s11018-010-9574](https://doi.org/10.1007/s11018-010-9574)
- [3] Csík Norbert, Sári Bence, Pásztor Attila, Koszna Ferenc: Mérőegység fejlesztése UVC csövek öregedésének vizsgálatához, *GRADUS*, 2022. Vol. 9, No. 2. DOI: [10.47833/2022.2.CSC.004](https://doi.org/10.47833/2022.2.CSC.004)
- [4] Mark Heath, Harold Wright, Dr. Alois W. Schmalwieser: UV Lamp Aging is Predicted by Direct Measurement of UV Transmittance, *International Ozone Association, International Ultraviolet Association Proceedings of the World Congress and Exposition, September 22-26, 2013, Las Vegas, Nevada, 2013*, https://www.researchgate.net/publication/265257646_UV_Lamp_Aging_is_Predicted_by_Direct_Measurement_of_UV_Transmittance

- [5] Traci Brooks, Harold Wright, Andy Salveson and Mark Heath: Performance Audits for Reuse Applications, IUWA News, Vol.19., Issue 1., 2017., Carollo Engineers, Inc., 1218 Third Avenue, Suite 1600, Seattle, WA 98101, <https://www.accesswater.org/publications/proceedings/-279261/uv-system-performance-audits-for-reuse-applications>
- [6] Rose Daphnee Tchoukouang, Alexandre R. Lima, Andreia C. Quintino, Nathana L. Cristofoli, Margarida C. Vieira: UV-C Light: A Promising Preservation Technology for Vegetable-Based Nonsolid Food Products, Foods, 12, 3227., 2023. DOI: [10.3390/foods12173227](https://doi.org/10.3390/foods12173227)
- [7] Alois W. Schmalwieser, Harold Wright, Alexander Cabaj, Mark Heath, Erin Mackay, Günther Schauburger: Aging of low-pressure amalgam lamps and UV dose delivery, Journal of Environmental Engineering and Science, Volume 9 Issue JS2, 2014. DOI: [10.1680/jees.13.00009](https://doi.org/10.1680/jees.13.00009)