

## ВІЗУАЛІЗАЦІЯ ФІГУР ЛІХТЕНБЕРГА В ДИНАМІЦІ

Вінницький національний технічний університет

### Анотація

Запропоновано метод візуалізації та дослідження фігур Ліхтенберга в динаміці.

**Ключові слова:** фігури Ліхтенберга, електростатика, електромеханіка, візуалізація, висока напруга, постійний струм, іонізація, плазма, машина Вімшурста.

### Abstract

The method of visualization and exploration of Lichtenberg figures in dynamics.

**Keywords:** Lichtenberg figures, electrostatics, electromechanics, visualization, high voltage, direct current, ionization, plasma, Wimshurst machine.

### Вступ

При вирішенні прикладних побутових та промислових задач, деякі природні явища, пов'язані з електрикою, залишаються не задіяними, хоча є корисними для розуміння природи електрики. Одним з таких явищ є фігури Ліхтенберга, породжені статичним електричним зарядом, постійним електричним струмом високої напруги, та його перехідними процесами.

У 1777 році Джордж Крістоф Ліхтенберг зауважив, що електричний розряд на поверхні діелектрика залишає дивні візерунки, котрі відрізняються залежно від того, яким полюсом лейденської банки вони були залишені [1].

Оригінальні зображення таких візерунків наведені на рис. 1 [2].

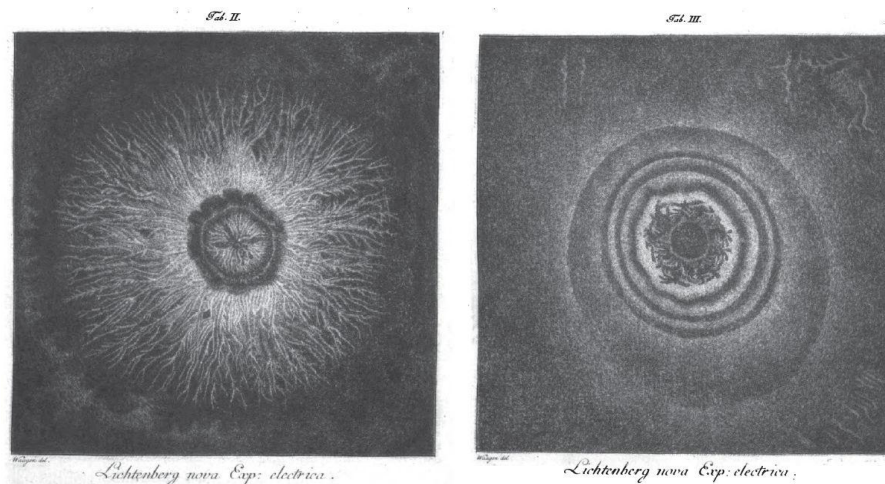


Рис. 1. Фігури Ліхтенберга. Зліва - позитивна. Зправа - негативна.

Візуалізація даних візерунків відбувалася так:

1. До пластинки із діелектричного матеріалу доторкались зарядженим тілом.
2. Місце дотику посипали мікродисперсним порошком, пудрою.
3. Утворений візерунок перебивали на лист паперу, за необхідності.

У 1888 році Етьєн Трувелло повторив експерименти Ліхтенберга, але використав для візуалізації фотопластинку, отримавши результат, зображений на рис. 2. [3].

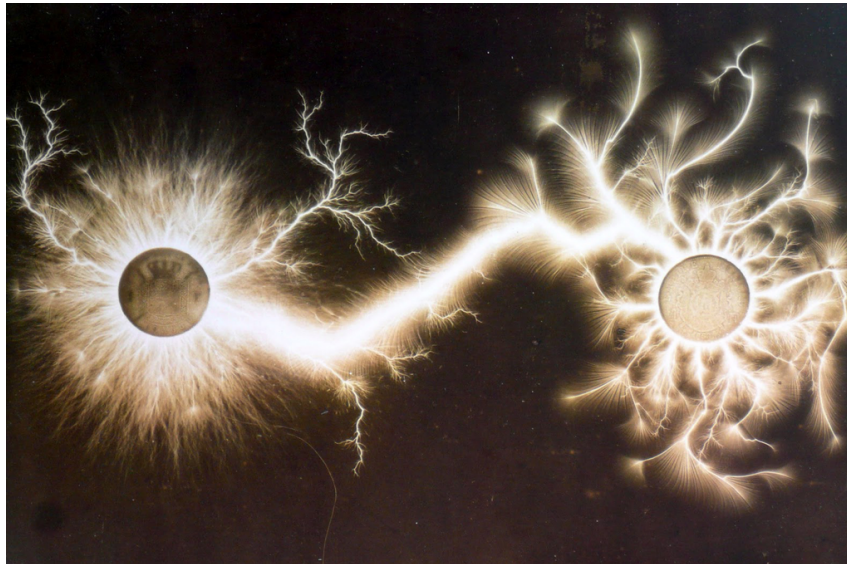


Рис. 2. Фігури Трувелло на фотоластинці.  
Зліва - позитивна. Зправа - негативна.

Після Трувелло методи візуалізації фігур Ліхтенберга принципово не змінювалися. Навпаки, у 2021 році китайські науковці повернулися до "пилового" методу Ліхтенберга, використовуючи пудру із дрібнішими частинками, що дало змогу відобразити фігури деталізованіше [4].

Метою роботи є демонстрація нового, альтернативного методу візуалізації фігур Ліхтенберга в динаміці, та без витратних матеріалів.

### Результати дослідження

У 2022 році, для візуалізації було використано колбу із сумішшю інертних газів, по поверхні якої пропускався ковзний іскровий розряд постійного струму, високої напруги. В результаті чого газ всередині колби іонізувався, відображаючи фігури Ліхтенберга. Фіксація фігур проводилася завдяки відеозйомці, з наступною розбивкою відео на окремі кадри [5].

Один з таких кадрів приведено на рис. 3. [6].

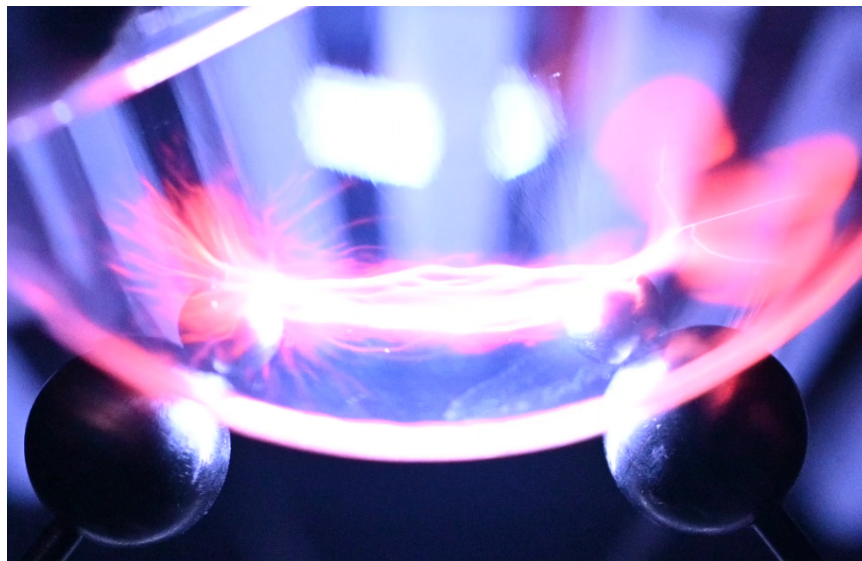


Рис. 3. Фігури Ліхтенберга в колбі із сумішшю газів.  
Зліва - позитивна. Зправа - негативна.

В якості джерела постійного струму високої напруги використовувався електростатичний генератор – електрофорна машина Вімшурста.

### Висновки

Даний метод візуалізації фігур Ліхтенберга має декілька переваг відносно згаданих вище методів:

1. Можливість візуалізації електричних розрядів в динаміці.
2. Відсутність витратних матеріалів таких як пудра, порошок чи фотоплівка.

Це дає змогу зручніше, екологічніше, по новому досліджувати фігури Ліхтенберга, тим самим, наближаючись до кращого розуміння природи електрики.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. С. Е. Magnusson, “Lichtenberg Figures” *Journal of the A.I.E.E.* (vol: 47, issue: 11, pp. 828-835, November. 1928. doi: 10.1109/JAIEE.1928.6534946.
2. G. C. Lichtenberg, *De Nova Methodo Naturam Ac Motum Fluidi Electrici Investigandi*. Göttingen, Deutschland: Jo. Christ. Dieterich, 1778.
3. Étincelles directes obtenues par la bobine de Ruhmkorff ou la machine de Wimshurst dites "Figures de Trouvelot", 1888-1889. Musée des arts et métiers-Cnam / photo Michèle Favareille. [Online]. Available: <https://www.arts-et-metiers.net/musee/les-mysteres-de-lelectricite>. Accessed on: December 20, 2022.
4. Zhijie Shi, Wei Wang, Kunying Han, Yuanyuan Li, Jiancheng Song, Zhipeng Lei, “Influence of particle size on Lichtenberg Figure technique for surface charge characterization,” in *2021 International Conference on Advanced Electrical Equipment and Reliable Operation (AEERO)*, Beijing, China, 2021, pp. 734-737. doi: 10.1109/AEERO52475.2021.9708157.
5. Lichtenberg figures in gases experiment — electro4us. [Online]. Available: <https://youtu.be/OXQkLZIKx70>. Accessed on: December 31, 2022.
6. Lichtenberg figures in gases generated by a sliding spark discharge. [Online]. Available: [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Lichtenberg\\_figures\\_in\\_gases\\_generated\\_by\\_a\\_sliding\\_spark\\_discharge.jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Lichtenberg_figures_in_gases_generated_by_a_sliding_spark_discharge.jpg). Accessed on: December 20, 2022.

**Лисак Олег Олександрович** — студент групи ЕПА-22м, факультет електроенергетики та електромеханіки, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: [lysak.fyi@gmail.com](mailto:lysak.fyi@gmail.com)

**Проценко Дмитро Петрович** — канд. техн. наук, доцент кафедри комп'ютеризованих електромеханічних систем і комплексів, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: [gonolyly@gmail.com](mailto:gonolyly@gmail.com)

**Lysak Oleh O.** — student of group EPA-22m, Faculty of Electric Power Engineering and Electromechanics, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: [lysak.fyi@gmail.com](mailto:lysak.fyi@gmail.com)

**Protsenko Dmytro P.** — Cand. Sc. (Eng), Assistant Professor Department of Computerized Electromechanical Systems and Complexes, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: [gonolyly@gmail.com](mailto:gonolyly@gmail.com)