



УДК 664.091-021.62:546.214:681.5

РОЗРОБКА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ УПРАВЛІННЯ ПРОЦЕСОМ СИНТЕЗУ ОЗОНА

Бабков А.В.

Одеська національна академія харчових технологій, м. Одеса

Анотація: Розглянуті різні способи управління процесом синтезу озону в електричних розрядах. Спроектовано та змонтовано дослідний стенд, на якому проведений зрівняльний аналіз різних принципів управління процесом синтезу озону.

Abstract: Considered different ways of controlling the synthesis process of ozone in electrical discharges. Designed and assembled research stand on which a comparative analysis of the principles of control the process of ozone synthesis.

Ключові слова: озон, синтез, управління, двухпозиційне регулювання, неперервне регулювання.

Вступ. В період 2011-2013 рр. в ОНАХТ був проведений комплекс досліджень в межах виконання держбюджетної тематики «Науково-технічні основи зберігання і переробки біополімерів рослинного походження з використанням тепла та холоду». Одним з напрямів проведених досліджень було вивчення впливу активних форм повітря (АФП), тобто повітряних сумішей насичених озоном (озон – активна форма кисню, хімічна формула - O_3), на біополімери рослинного походження (зерна, тощо) з метою поліпшення технологічних режимів їх зберігання і переробки. Згідно зі світовим досвідом для виробництва АФП був обраний найбільш ефективний метод синтезу озону – шляхом пропускання кисневмісних сумішей крізь електричний розряд [1-3]. В межах цієї роботи були обрані найбільш доцільні напрямки використання АФП і обладнання для їх впровадження у виробничій процес. Зокрема, була проведена розробка технологічних режимів з використанням АФП і обладнання для їх впровадження на базі вже існуючого, та найбільш розповсюдженого обладнання, ділянок технологічних схем, на яких проводиться обробка біополімерів рослинного походження атмосферним повітрям з метою, обумовленою технологічними потребами. Тобто, включення у вже існуючі системи вентиляції певних технологічних ділянок, додаткового обладнання, що дозволить використовувати модернізований комплекс як за основним призначенням, так і з метою обробки сировини повітряною сумішшю, збагаченою озоном.

На сьогоднішній момент існує доволі велика кількість напрямів використання повітря у технологічних процесах [4, 5], тому важливо звузити коло можливого застосування технологій і виробничого обладнання, що проектується, з урахуванням наступних напрямів його використання: у вентиляційних системах виробничих приміщень; в повітряній обробці замкнених технологічних магістралей та ємностей; а також в технологічних режимах зберігання біополімерів рослинного походження, на ділянках повітряної обробки зерна (див. рис. 1) у виробничих бункерах (I, II), великих ємностях для зберігання (III), потоковій респіраційній обробці чи поточковому охолодженню (IV), та в насипу у складі підлогового зберігання, оснащеного відповідною вентиляційною системою (V).

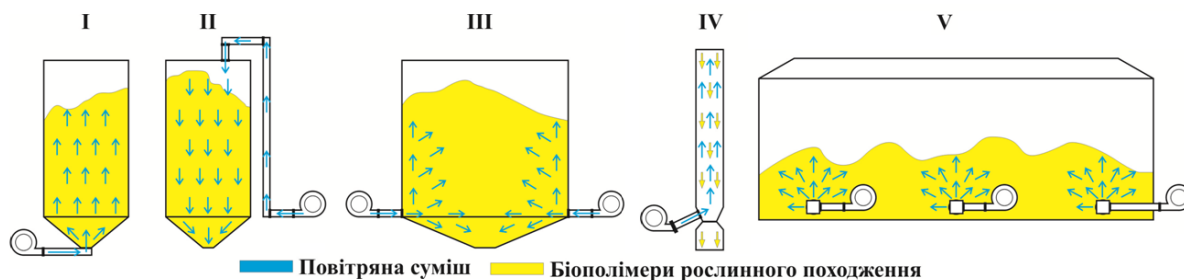


Рис. 1. Потокові схеми деяких технологічних ділянок елеваторів та зернопереробних підприємств, на яких використовують обробку зерна атмосферним повітрям

**ТЕХНІЧНІ ЗАСОБИ І ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ У СИСТЕМАХ УПРАВЛІННЯ**

Спираючись на ці схеми, та завдяки аналізу основних технічних характеристик найпоширенішого обладнання, яке використовують на подібних ділянках, зроблені висновки, що найліпшими є концепції, в яких озонем насичується повітря, що виходить з промислової вентиляційної установки. Тобто, підлаштовуючись до виробничій потужності вентиляційної установки, яка нагнітає повітряний потік певної інтенсивності у саму вентиляційну систему, необхідно організувати додатковий повітряний потік, насичений озonom, та змішати його з основним повітряним потоком. При цьому забезпечується процес більш ретельного змішування двох потоків, та більш рівномірне розповсюдження озону по такій суміші за рахунок природних процесів дифузії, які проходять ці два потоки, починаючи з точки з'єднання і до кінцевої точки виходу з вентиляційної системи, а також подальшого контакту з матеріалом, що обробляється. Окрім цього необхідно врахувати концентрацію озону у додатковому потоці таким чином, щоб вона у кінцевій озono-повітряній суміші двох газових потоків (основного і додаткового, насиченого озonom) дорівнювала регламентованому технологією значенню.

Важливим чинником, який впливає на вихідну потужність озонотворюючого приладу, що повинен працювати за такою схемою, є потужність промислової вентиляційної установки, що формує основний повітряний потік. Тому, враховуючи, що в різних вентиляційних системах, які працюють за зазначеними схемами, можливе використання повітряних установок різної потужності, які, в свою чергу, здатні нагнітати різний об'єм повітря в одиницю часу, необхідно врахувати можливість регулювання концентрації озону на виході виробничих і лабораторних моделей озонаторів, що розробляються. Тобто, забезпечити можливість підлаштовувати прилад під різну потужність та виробничий повітряний об'єм основної вентиляційної установки і потреби технологічних режимів.

Постановка проблеми і шляхи її вирішення

Виходячи з поточкових схем, що відповідають схемам деяких технологічних ділянок елеваторів та зернопереробних підприємств, на яких проводять обробку зерна атмосферним повітрям (див. рис. 1), було розглянуто можливість використання АФП та необхідного для його виробництва в промислових умовах обладнання. У якості основних критеріїв для промислового озонотворюючого обладнання були обрані наступні принципи:

1. Можливість використання атмосферного повітря в якості основної вхідної сировини для синтезу озону.
2. Компактність, надійність та гнучкість у використанні самих конструкцій приладів, що дозволить включити їх до існуючих технологічних схем та ділянок обробки зерна атмосферним повітрям.
3. Можливість отримати необхідну потужність самого приладу, та можливість її регулювання для використання його у виробничих умовах згідно розроблених технологічних режимів обробки.

Таким чином, для забезпечення необхідної потужності та гнучкості конструкції озонотворюючого приладу, необхідно закласти у виробничий зразок озонатору можливість синтезувати значну кількість озону з атмосферного повітря, та можливість стабільного управління процесом виробництва озону з метою корегування вихідної концентрації. У одно-контурних схемах приладів, в яких кожний електричний контур закінчується однією парою електродів, можливість впливати на кількість синтезованого у реакторі озону теоретично зводиться до: 1) регулювання процесу синтезу за допомогою генератору імпульсів; 2) впливу на кількість синтезованого озону шляхом зміни живлячої напруги, що подається на електроди, або її характеристик, згідно з емпіричною формулою Менлі (більш докладно про формулу Менлі можливо дізнатися із джерел [1, 3]); 3) управління зміною інтенсивності газового потоку, що подається до реактора озонатору.

В одно-контурних схемах, в яких до одного електричного контуру підключено декілька і більше пар електродів додається, як і в багато-контурних схемах, можливість регулювання шляхом вимкнення однієї або групи пар електродів в залежності від конструкції приладу.

Розглянувши ці способи регулювання процесу синтезу, можна дійти до висновку, що спосіб управління з використанням генератору імпульсів, має деякі особливості, які роблять це конструкційне рішення неприйнятним для використання у промислових зразках озонотворюючого обладнання. Перш за все тому, що включення до основного електричного контуру додаткових елементів, які повинні виконувати роль генератору імпульсів, ускладнює саму структуру контуру і, як відомо, ускладнення будь-якого роду за рахунок введення у схему додаткових елементів призводить до зниження надійності всього комплексу. Крім того, досвід роботи з установками в яких був реалізований цей принцип управління показав, що імпульсна схема керування не дозволяє отримувати озono-повітряну суміш зі стабільною концентрацією озону. Тобто, на виході з приладу ми отримуємо суміш, в якій масова частка озону коливається у широкому діапазоні, а сам процес налаштування роботи реактору приладу, для звуження цього діапазону, достатньо кропіткий, і не дозволяє зменшити коливання більше певного проміжку.

**ТЕХНІЧНІ ЗАСОБИ І ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ У СИСТЕМАХ УПРАВЛІННЯ**

Інший спосіб регулювання процесу синтезу, заснований на управлінні інтенсивністю подачі повітряного потоку до реактору, більш прийнятний і дозволяє отримувати газову суміш зі стабільною концентрацією озону, але враховуючи те, що озонатор повинен буде працювати в комплексі з іншою повітряною установкою і

інтенсивність його вихідного потоку треба буде підлаштовувати під неї, такий спосіб буде незручним, перш за все, у виробничих умовах. Це пов'язано з тим, що озон - повітряний потік, який виходить з приладу, повинен мати стабільні властивості по інтенсивності та вмісту озону. Тільки при таких умовах реальним є отримання суміші двох потоків (насиченого і ненасиченого озonom) з певними властивостями, які легко прогнозувати.

Виходячи з цього, постає питання про необхідність вивчення можливості використання останніх із зазначених способів регулювання процесу синтезу, тобто: шляхом зміни живлячої напруги, що подається на електроди або її характеристик, чи шляхом вимкнення однієї або кількох груп пар електродів в багатоконтурних схемах приладу та, відповідно до результатів дослідів, обрати найбільш зручний спосіб управління процесу виробництва озону, що чітко пов'язано із забезпеченням імовірних технологічних потреб.

Результати і їх обговорення

Для вивчення можливості використання способів управління процесом синтезу шляхом зміни живлячої напруги, що подається на електроди або її характеристик, а також шляхом вимкнення однієї або кількох груп пар електродів, був розроблений та змонтований дослідний стенд Лоз-45 на основі безбар'єрного/бар'єрного принципу синтезу озону в електричних розрядах з використанням плоских електродів. В ньому на основі схем із використанням подвійного підвищення напруги в кожному контурі та єдиного блока живлення, вдалося реалізувати п'ятиконтурну схему озонотворюючого приладу з можливістю управління подачею живлячої напруги на кожний з контурів, та можливістю вмикати/вимикати кожний з контурів незалежно від інших.

На фото (рис. 2 "А" та "Б") відображений загальний вигляд дослідного стенду Лоз-45 який складається з трьох основних частин: 1 – блоку живлення; 2 – блоку управління; 3 – реакторного блоку.

Блок живлення, використаний у стенді, являє собою стандартний виріб, призначений для живлення внутрішніх електричних пристроїв системного блоку комп'ютеру. Особливістю такого блоку є те, що він здійснює живлення від змінного струму мережі 220 В, перетворює і стабілізує струм, та на виході видає гальванічно розв'язаний постійний стабілізований струм, напругою 3, 5 і 12 вольтів, тобто, дозволяє використовувати струм трьох різних номіналів.

На рис. 3 приведена принципова електрична схема дослідного стенду Лоз-45. Як видно з рисунку, блок живлення (G) підключений до мережі 220 В (клемник 2ХТ), на виході (клемник 1ХТ) видає струм з напругою трьох номіналів, що приходить на клемник ХТ1 з якого, в свою чергу, окремими лініями подається на ключ 6SA1.

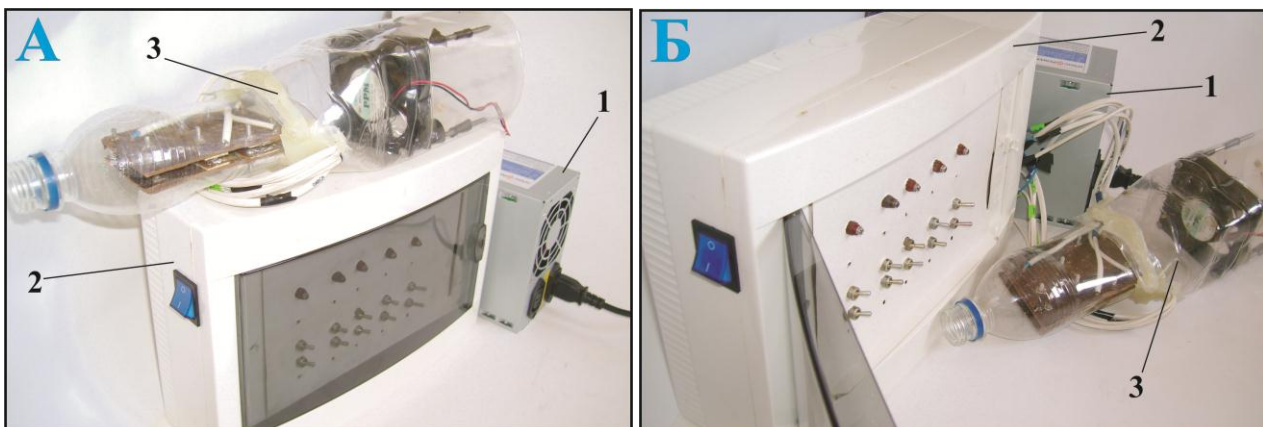


Рис. 2. Дослідний стенд Лоз-45

Окрім того, з цього ж клемнику ХТ1 живляться струмом 12 В вентилятори реакторного блоку. Слід зазначити, що ще однією особливістю використання подібної модифікації блоку живлення є те, що конструктивно в нього закладена можливість вмикання/вимикання шляхом з'єднання певних контактів на клемнику 1ХТ.

Ця особливість використана у схемі приладу, і реалізована у вигляді вмикача 6SA2, який, в свою чергу, замикає та розмикає ці контакти, що дозволяє вмикати/вимикати прилад (рис. 4 "А" і "Б" - 1).



ТЕХНІЧНІ ЗАСОБИ І ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ У СИСТЕМАХ УПРАВЛІННЯ

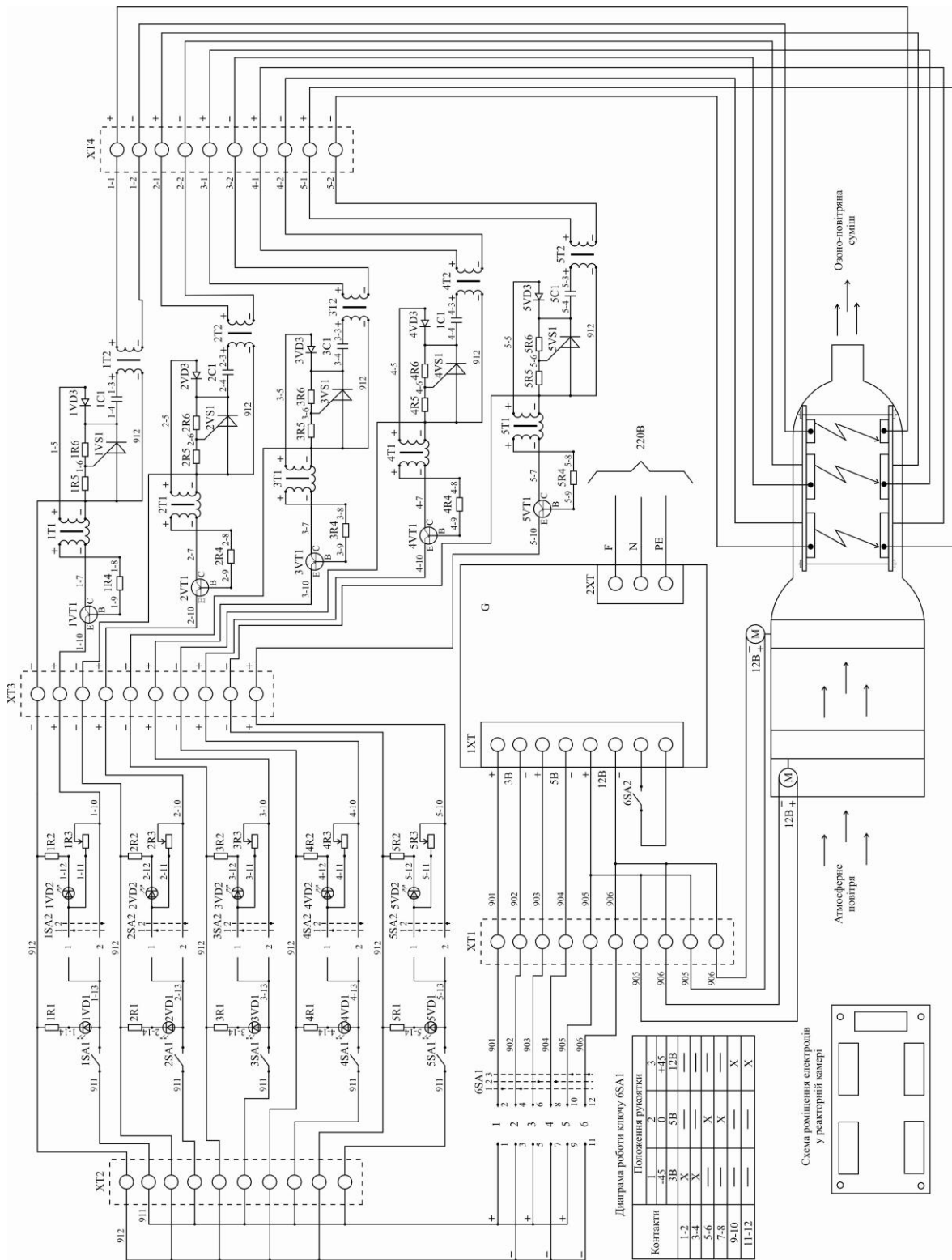


Рис. 3. Принципова електрична схема дослідного стенду Лоз-45



ТЕХНІЧНІ ЗАСОБИ І ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ У СИСТЕМАХ УПРАВЛІННЯ

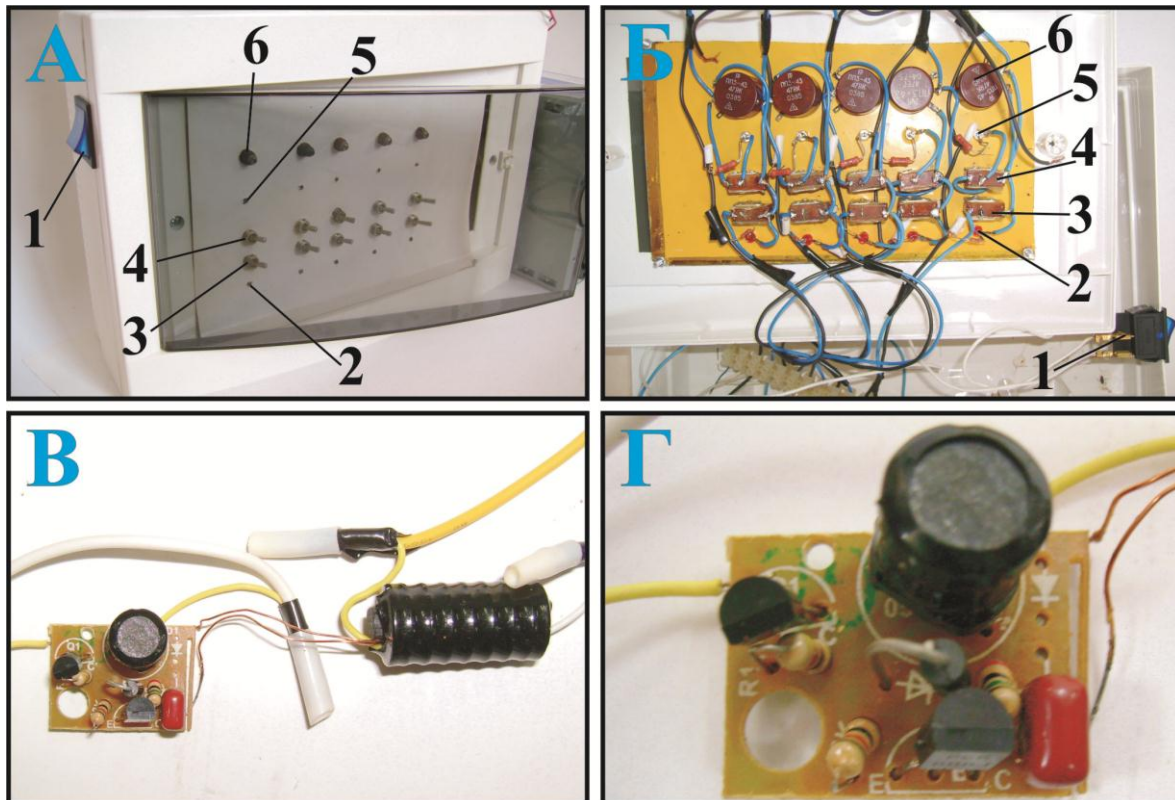


Рис. 4. Блок управління дослідного стенду Лоз-45. А – зовнішній вигляд блоку; Б – внутрішній вигляд зовнішньої панелі блоку управління та органів і сигналізаторів керування; В, Г – схема перетворення напруги перед електродами.

Ключ 6SA1, як і усі інші електричні елементи схеми приладу, конструктивно розташований у блоці управління, та використовується для переключення живлячої напруги зазначених номіналів, що подається на електричні контури приладу. Завдяки йому виникає можливість зміни напруги живлення усіх контурів приладу. Вихід ключу 6SA1 крізь клемник XT2 з'єднаний зі всіма контурами, кожний з яких, в свою чергу, має свої окремі індикатори роботи, органи управління та набір електричних елементів незалежних від роботи інших контурів, що закінчуються окремою парою електродів, розміщених у реакторному блоці. Таким чином, кожний з контурів має окрему схему, та з'єднаний з приладом і іншими контурами тільки в точці подачі вхідної напруги на клемнику XT2.

Як видно з рис. 3, Лоз-45, окрім блоку живлення та ключу 6SA1, має ще і п'ять однакових контурів, які, в свою чергу, закінчуються окремою парою електродів. Слід зазначити, що всі електричні елементи, використані в кожному з контурів, повинні бути підібрані таким чином, щоб забезпечити можливість використання вхідної напруги трьох номіналів: 3, 5 і 12 В відповідно.

Виходячи з того, що контури однакові, розглянемо їх на прикладі одного, першого контуру.

На фото рис. 4 відображений блок управління з видом внутрішньої площини панелі керування, та, окремо, схеми подвійного перетворення. Слід зазначити, що в даному випадку на фото рис. 4 відображена модель блоку керування, в якій наявний номінал набору елементів контурів, розрахованих на роботу тільки з вхідної напругою у 3 В.

Як видно із схеми рис. 3, до першого контуру підведені два дроти 911 (+) і 912 (-) відповідно. На лінії 911 (+) розташований вимикач 1SA1 (рис. 4 "А" і "Б" - 3), що дозволяє відповідно вмикати/вимикати подачу напруги на 1 контур. Далі між лініями плюсу та мінусу розташовані світлодіод 1VD1, який виконує роль індикатору наявності живлення (рис. 4 "А" і "Б" - 2), і обмежувачий опір 1R1. Перемикач 1SA2 (рис. 4 "А" і "Б" - 4) при переведенні його в положення 1 дозволяє підключати регулюючий опір 1R3 (рис. 4 "А" і "Б" - 6) при цьому світиться індикатор 1VD2 (рис. 4 "А" і "Б" - 5). При переведенні перемикача 1SA2 у положення 2 живлення підключається безпосередньо до ланцюга 1-10. Регулюючий опір 1R3 дозволяє змінювати напругу, що подається на вузол подвійного підвищення напруги, що містить: транзисторний ключ 1VT1,



ТЕХНІЧНІ ЗАСОБИ І ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ У СИСТЕМАХ УПРАВЛІННЯ

трансформатори 1Т1, 1Т2, тиристор 1VS1, діод 1VD3, ємність 1С1 та опори 1R4, 1R5 і 1R6 (рис. 4 “В” і “Г”). На виході трансформатору 1Т2 формується висока напруга, яка крізь клемник ХТ4 (ланцюги 1-1, 1-2) передається на розрядні електроди реактору приладу (відповідно до полярності ліній на катод та анод).

Реакторний блок дослідного стенду Лоз-45 зображений на фото (рис. 5 “А” та “В”) складається з двох частин: 1 – вентиляційної камери, в якій розміщуються нагнітаючі вентилятори (рис. 5 “Г”), та 2 – реактору приладу (рис. 5 “Б”).

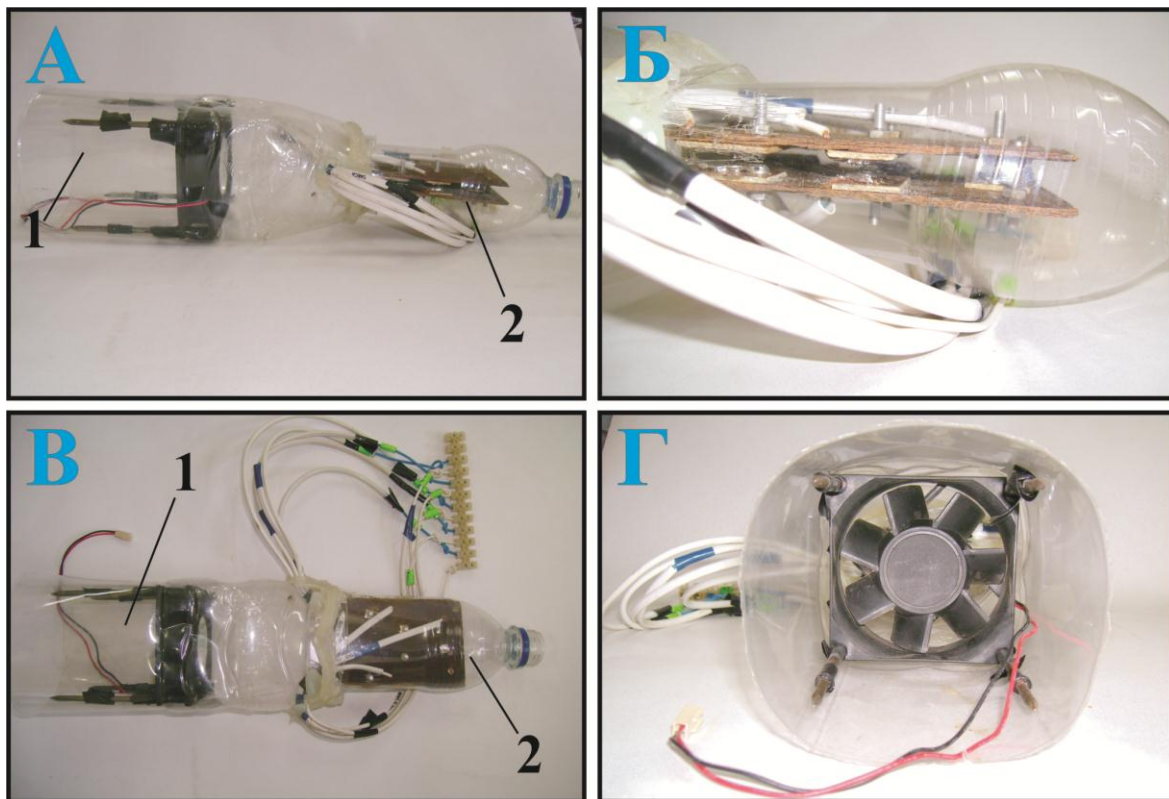


Рис. 5. Реакторний блок дослідного стенду Лоз-45. А – вид з лівого боку реакторного блоку; Б – реактор, вид з лівого боку; В – вид зверху реакторного блоку; Г – вид ззаду на вентиляційну камеру.

Особливістю конструкції реакторного блоку є те, що він складається з двох прозорих пластикових циліндрів різного діаметру, які, в свою чергу, спаяні один з одним в єдину конструкцію з двома отворами таким чином, щоб забезпечити герметичність в місті стикування. Таке конструктивне рішення дозволило розмістити в частині з більшим діаметром (вентиляційному блоці реактору) вентилятори, які нагнітають повітря в частину з меншим діаметром (реактор), та забезпечити направлене проходження повітряного потоку до розрядної камери, і виключити втрати тиску потоку. Ще однією особливістю реактору є схема розміщення електродів у реакторній камері (дивись рис. 3), які закріплені на двох текстолітових пластинах, аноди і катоди відповідно. Окрім цього передбачена можливість зміни розрядного проміжку між електродами, а також, при необхідності, можливість використання додаткового бар'єрного матеріалу. Отримана конструкція дозволяє синтезувати озон двома способами: 1) бар'єрним – коли між анодом і катодом розряднику встановлюють додатково бар'єр (наприклад скляну пластину); 2) без бар'єрним - коли між електродами реактору наявний тільки повітряний прошарок певної товщини.

Виробнича потужність стенду Лоз-45 розрахована виходячи з того, що встановлені у вентиляційному блоці реактора вентилятори нагнітають у розрядну камеру повітряний потік, який на виході з приладу має інтенсивність 1 $\text{дм}^3/\text{хвилину}$. Концентрацію озону у вихідній озono-повітряній суміші вимірювали за допомогою аналізатору Бозон-ДФГ.

Цей прилад - Бозон-ДФГ, дозволяє оперативно вимірювати концентрацію озону в озono-кисневій, озono-повітряній сумішах, воді та водних розчинах, в потоці. Він призначений для застосування у медицині, біології, хімії, фізико-хімічних й біохімічних дослідженнях, санітарії, лабораторній справі та інших галузях науки й

**ТЕХНІЧНІ ЗАСОБИ І ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ У СИСТЕМАХ УПРАВЛІННЯ**

практики, що використовують озон. Діапазон вимірювання масової концентрації озону в озono-кисневій та озono-повітряній сумішах $0,1 - 120 \text{ мг/дм}^3$ з дискретністю $0,1 \text{ мг/дм}^3$, та основною відносною похибкою виміру концентрації озону у газі $\pm 6 \%$ для діапазону $1-6 \text{ мг/дм}^3$, і $\pm 5 \%$ для діапазону $6 - 120 \text{ мг/дм}^3$ [6].

Максимальна концентрація озону у вихідному потоці зі стенду Лоз-45: 1) при безбар'єрному принципі $2,7 \text{ мг/дм}^3$; 2) при бар'єрному принципі $5,4 \text{ мг/дм}^3$. Таким чином, при використанні безбар'єрного принципу синтезу озону, де товщина повітряного прошарку між електродами складає 3 мм , максимальна виробнича потужність досягає $162 \text{ мг озону в годину з } 60 \text{ дм}^3 \text{ повітря}$. При використанні бар'єрного принципу синтезу озону, де в якості бар'єру використовується скляна пластина товщиною в 1 мм , а товщина повітряного прошарку між бар'єром і електродами складає $0,5 \text{ мм}$, максимальна виробнича потужність досягає $324 \text{ мг озону в годину з } 60 \text{ дм}^3 \text{ повітря}$.

Для вивчення можливості використання способів регулювання процесу синтезу шляхом зміни вхідної живлячої напруги контурів приладу, а також шляхом вимкнення однієї чи групи пар електродів, була проведена серія досліджень на базі стенду Лоз-45, яка складалася з виміру концентрації озону у вихідній озono-повітряній суміші при різних режимах роботи приладу. Всі виміри концентрації озону проводилися приладом Бозон-ДФГ, при середніх, постійних умовах:

- інтенсивності вихідного потоку приладу – $1 \text{ дм}^3/\text{хв.}$;
- температура повітря – $18 \text{ }^\circ\text{C}$;
- вологість повітря – 65% ;
- атмосферний тиск – 760 мм. рт. ст.

Для упорядкування процесу дослідження було прийняте рішення про встановлення шагу в $0,5 \text{ В}$, при зміні живлячої напруги для кожного з контурів приладу. Всі виміри концентрації озону, в кожній з точок досліду, проводилися не менше 10 разів, після чого, на основі цих значень розраховувалось середнє, яке в свою чергу занесли у таблицю 1.

Аналіз ходу досліджень дозволив відмітити три особливості, які в тій чи іншій мірі відносяться до обох способів синтезу озону в електричних розрядах (бар'єрного та без бар'єрного).

Перша з особливостей полягає в тому, що електричний розряд між двома електродами виникає тільки тоді, коли на них накопичується необхідний для пробою діелектричного шару потенціал, між катодом та анодом відповідно. Тобто, чим більше електричний опір прошарку між електродами, тим більший потенціал, і відповідно більша напруга, необхідні для виникнення розряду. При безбар'єрному способі синтезу озону на цей фактор впливає товщина повітряного прошарку між електродами, а при бар'єрному товщина і властивості як можливого повітряного прошарку між електродами і бар'єром, так і властивості електричного опору, і відповідно товщина самого бар'єрного матеріалу.

Друга особливість полягає в тому, що інтенсивність та частота виникнення розрядів залежить від швидкості накопичення необхідного потенціалу. Тобто, підвищення вхідної напруги інтенсифікує процес накопичення необхідного потенціалу, в наслідок чого збільшується частота виникнення розряду у одиницю часу.

Третя особливість полягає в тому, що при збільшенні та зменшенні вхідної напруги на контур приладу відповідно до другої особливості виникає зміна частоти формування розрядів, а разом з нею звужується чи розширюється діапазон коливань вихідної концентрації синтезуемого озону. Тобто, чим більша частота виникнення розряду, тим вузьчий діапазон коливань вихідної концентрації синтезуемого озону.

Окрім того, як видно зі значень, наведених у таблиці 1, при підвищенні напруги на контур збільшується концентрація синтезуемого озону. Це пов'язано як зі збільшенням інтенсивності виникнення розряду, так і з тим, що після першого, виникають додаткові розряди. Ці додаткові розряди, як і перший, при поступовому збільшенні напруги, поступово виникають і також поступово збільшують свою частоту, збільшуючи таким чином кількість синтезуемого озону та діапазон коливань його вихідної концентрації, що, в свою чергу, змінюється пропорційно кількості розрядів та інтенсивності виникнення кожного з них (відповідно до третьої особливості).

Як можна побачити зі значень, наведених у таблиці 1, поступове підвищення напруги на контур призводить до збільшення вихідної концентрації синтезуемого озону, але по досягненні певної точки (чисельне значення якої для кожного з режимів роботи приладу Лоз-45, виділено жирним шрифтом), при умові подальшого підвищення напруги не виникає стабільного підвищення концентрації синтезуемого озону. Крім того, подальше підвищення напруги за цю межу (яку умовно назвемо оптимальною точкою, або точкою насичення), призводить до розширення діапазону коливань концентрації не тільки в більшу, але і в меншу сторону. При подальшому аналізі цієї особливості було вираховано середнє арифметичне значення концентрації зі всіх досліджених вимірів, що були зроблені після досягнення цієї точки насичення, і з'ясовано, що середній діапазон коливань вихідної концентрації синтезуемого озону, навіть за умови збільшення напруги після

**ТЕХНІЧНІ ЗАСОБИ І ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ У СИСТЕМАХ УПРАВЛІННЯ**

досягнення оптимальної точки, співпадає, або є дуже близьким до показників середньої концентрації, встановленої в точці насичення. Таким чином були встановлені оптимальні виробничі характеристики режимів роботи стенду Лоз-45, необхідні для синтезу максимальної кількості озону з повітря, при вище зазначених умовах, та конструкції даного приладу.

Окрім того, слід зазначити ще одну закономірність виникнення розрядів між електродами, яка напряму пов'язана із фізичними законами, та допомагає зрозуміти принципову різницю між двома способами синтезу озону, бар'єрним і без бар'єрним. Вона складається з того, що перший розряд з'являється в тій частині між електродами, яка найближча до точки з'єднання вихідної лінії з кінцевого трансформатора і електроду. Тобто, згідно з фізичними законами електричного опору, перший розряд з'являється в точці найменшого опору.

При подальшому рівномірному підвищенні напруги виникає другий розряд, який, в свою чергу знаходиться на певній відстані від попереднього, а саме підвищення напруги допомагає подолати опір матеріалу. Таким чином рівномірне підвищення/зниження вхідної напруги на контур, впливає на кількість розрядів та, відповідно, на їх характеристики у розрядному проміжку. Окрім цього, слід зазначити, що чим більше розрядів у розрядному проміжку, тим менша між ними відстань і, відповідно, тим більше синтезується озону. При безбар'єрному способі синтезу озону, кількісний чинник, за умови стабільних властивостей повітряного потоку, що характеризує сам процес, напряму залежить від чотирьох основних складових: 1) кількість розрядів; 2) інтенсивність розрядів; 3) відстань між ними; 4) товщина, або діаметр самої розрядної іскри. При бар'єрному способі синтезу озону можливо, при тих же умовах, що і при без бар'єрному способі: збільшити кількість розрядів (за рахунок зменшення відстані між ними), а також збільшити площу, або товщину самої розрядної іскри (за рахунок ділянок, на яких під час зіткнення з бар'єром трапляється розширення її ареолу). Саме завдяки використанню бар'єрного способу синтезу вдається досягти більш повного заповнення розрядного проміжку плазмою розрядів, чим і пояснюється якісна різниця між двома способами синтезу.

Завдяки аналізу отриманих в результаті досліджень даних, можна зробити висновок, що реалізація дослідженого на стенді аналогового управління, яке здійснювали шляхом зміни вхідної живлячої напруги контурів приладу, має ряд недоліків, основними з яких є певний розкид та нестабільність вихідної концентрації синтезованого озону, при збільшенні/зменшенні живлячої напруги. Для усунення цих недоліків потрібні зміни в конструкції приладу та впровадження нових конструктивних рішень з використанням більш складних законів регулювання. Це, в свою чергу, приведе до ускладнення озонегенеруючої установки і вплине на її кінцеву собівартість. В той же час, методом дискретного двохпозиційного регулювання, за рахунок вмикання/вимикання певних пар електродів, можливо досягнути потрібний результат при простоті конструкції та надійності використаних для її реалізації схем. Окрім цього, такий підхід дозволить виробнику озонегенеруючого обладнання підібрати оптимальні характеристики живлячої напруги для електродної пари, і забезпечити енергоефективний режим її роботи.

Висновки

Виходячи з вищенаведеного аналізу, заснованого на натурних дослідженнях, було прийняте рішення про перевагу способу управління вихідною концентрацією озону, що синтезується, для виробничих установок, шляхом вмикання/вимикання певних пар електродів, а оптимальною живлячою напругою електродного контуру вважати ту, що дозволяє виробляти максимальну кількість озону при мінімальному діапазоні коливань вихідної концентрації. На основі виконаних дослідних робіт розробляються варіанти застосування мікропроцесорних засобів для автоматизації управління процесами синтезу озону.

Література

1. Филиппов Ю.В., Вобликова В.А., Пантелеев В.И. Электросинтез озона. / М.: Изд-во МГУ. 1987. – С. 236.
2. Самойлович В.Т., Гибалов В.И., Козлов К.В. Физическая химия барьерного разряда. / М.: Изд – во МГУ, 1989. – С. 176.
3. Силкин Е. Синтез озона в электрических разрядах и повышение его эффективности. Часть 1 // КОМПОНЕНТЫ И ТЕХНОЛОГИИ, 2008 г. - № 6, - С. 136-143.
4. Трисвятский, Л.А. Хранение зерна / 4-е, перераб. и доп. изд. М.: Колос, 1975. – 400 с.
5. Мельник Б.Е. Активное вентилирование зерна / Справочник. – М.: Агропромиздат, 1986. – 159 с.
6. Производитель НПП «Эжоника», г. Одесса, <http://ozonotherapy.com.ua>.

Таблиця 1. Середні значення концентрації синтезуемого на стенді Лоз-45 озону, при різних режимах його роботи, мг/дм³

Характеристики режимів роботи		Кількість електродів, що включені									
		I		II		III		IV		V	
Принцип синтезу		бар'єрний	без бар'єрний	бар'єрний	без бар'єрний	бар'єрний	без бар'єрний	бар'єрний	без бар'єрний	бар'єрний	без бар'єрний
Напруга, що подається на контури приладу, В	0,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	1,5	-	0,2	-	0,34	-	0,51	-	0,68	-	0,87
	2	-	0,22	-	0,41	-	0,61	-	0,82	-	1,04
	2,5	-	0,24	-	0,45	-	0,67	-	0,9	-	1,14
	3	-	0,26	-	0,5	-	0,74	-	0,99	-	1,25
	3,5	-	0,29	-	0,55	-	0,81	-	1,09	-	1,38
	4	-	0,32	-	0,61	-	0,89	-	1,2	-	1,52
	4,5	-	0,35	-	0,67	-	0,98	-	1,32	-	1,67
	5	-	0,39	-	0,74	-	1,08	-	1,45	-	1,84
	5,5	-	0,43	-	0,81	-	1,19	-	1,6	-	2,02
	6	0,63	0,47	1,2	0,89	1,76	1,31	2,37	1,76	3,03	2,22
	6,5	0,69	0,52	1,32	0,98	1,93	1,44	2,61	1,94	3,33	2,44
	7	0,76	0,57*	1,46	1,08*	2,12	1,58*	2,86	2,13*	3,66	2,68*
	7,5	0,87	0,54	1,61	1,15	2,28	1,55	3,15	2,11	3,86	2,56
	8	0,92	0,56	1,77	0,99	2,45	1,63	3,47	2,21	4,23	2,74
	8,5	1,06	0,53	1,95	1,11	2,74	1,69	3,82	2,05	4,75	2,63
	9	1,11*	0,62	2,15*	0,95	3,1*	1,54	4,2*	2,13	5,36*	2,79
9,5	1,07	0,61	2,12	1,18	2,98	1,47	4,13	2,12	5,42	2,57	
10	1,09	0,55	2,19	1,11	3,19	1,61	4,26	2,07	5,28	2,58	
10,5	1,16	0,57	1,98	0,97	3,22	1,55	3,97	2,1	5,18	2,62	
11	1,08	0,55	2,21	1,05	2,65	1,69	4,23	2,15	5,43	2,69	
11,5	1,07	0,56	2,18	1,12	3,33	1,7	4,15	2,19	5,49	2,71	
12	1,12	0,58	2,19	1,15	3,19	1,59	4,21	2,17	5,38	2,79	
		Сірим кольором позначені групи значень середнє для яких приведена нижче, відповідно до колонки									
Середнє значення		1,1	0,57	2,15	1,08	3,09	1,6	4,16	2,13	5,36	2,67

* - останні з приведених відносно стабільні значення вихідної концентрації озону у озono-повітряній суміші.