



УДК 621.311

IMPROVEMENT OF ENVIRONMENTAL SAFETY OF HEAT ELECTRICAL STATIONS BY INTRODUCING HIGHLY EFFECTIVE ELECTRICAL FILTERS

ПІДВИЩЕННЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ ТЕПЛОВИХ ЕЛЕКТРИЧНИХ СТАНЦІЙ ШЛЯХОМ ВПРОВАДЖЕННЯ ВИСОКОЕФЕКТИВНИХ ЕЛЕКТРИЧНИХ ФІЛЬТРІВ

Mykhayliv M.I. / Михайлів М.І.

d.t.s., prof. / д.т.н., проф.

Fedoriv M.Y. / Федорів М.Й.

c.t.s., as.prof. / к.т.н., доц.

Galushchak I.D. / Галушчак І.Д.

c.t.s., as.prof. / к.т.н., доц.

Shyndak L.M. / Шиндак Л.М.

*search engine, p. teacher / пошукач, ст. викладач**Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas (IFNTUOG),**15 Karpatska Str, 15, Ivano-Frankivsk, 79016**Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу,**Івано-Франківськ, Карпатська, 15, 79019*

Анотація. Електричні фільтри мають один з найдосконаліших видів очищення газів від завислих частинок пилу і туману. Найбільше поширення в промисловості знайшли сухі електрофільтри. У цих апаратах очищення пилогазового потоку від пилу здійснюється за тієї неодмінної умови, що температура знаходиться вище точки роси і, таким чином пил вловлюється в сухому вигляді.

Ключові слова. Екологічна безпека, електричні фільтри, високовольтні елементи, викиди шкідливих речовин.

Вступ.

Серед заходів зменшення техногенного впливу на довкілля найбільш капіталомістким є природоохоронні заходи. Капіталовкладення в ці заходи складають до двох відсотків внутрішнього продукту в США і Японії та країнах Західної Європи. Обсяг коштів може становити 30% і більше від вартості основних промислово-виробничих фондів. Слід відмітити, що природоохоронні заходи не дають ефекту повного очищення шкідливих викидів. Тому останнім часом в усьому світі переважний розвиток отримала стратегія використання відходів виробництва та енергозбереження і створюються умови комплексного використання сировини та енергії, щоб виключити будь-який вплив, який сприяє порушенню рівноважного стану функціонування навколишнього середовища.

Основний текст

Пристрої для уловлювання пилу, які можна застосувати на теплових електростанціях, поділяються на механічні, в яких частки відділяються за допомогою сил тяжіння, інерції або відцентрової сили; мокрі, гідравлічні, в яких частки в газоподібному середовищі вловлюються рідиною; фільтри з пористим фільтруючим шаром та електрофільтри, в яких частки вловлюються за рахунок іонізації.

Електричні фільтри мають один з найдосконаліших видів очищення газів



від завислих частинок пилу і туману. Електрофільтр розраховано на очищення димових газів з високим вмістом частинок золи.

У полі коронного розряду молекули повітря іонізуються та при русі віддають свої заряди пилинкам, які під дією електричного поля рухаються до електродів і, осідаючи на них, втрачають свій заряд. Далі за допомогою ударного механізму струшуються електроди та частинки, що відокремилися від них під дією сили тяжіння, потрапляють в бункер.

Залежно від питомого опору шару пилу, який осів на електроді при вловлюванні в електрофільтрі вони поділяються на фільтри з малим питомим електричним опором (до 102 Ом·м) з середнім питомим опором (102...108 Ом·м) та з високим питомим опором (>108 Ом·м).

Перевагами електричних фільтрів є низькі енерговитрати (0,1-0,5 кВт/ год.) на м³ газів; висока ступінь очищення газів – до 99% і вище при уловлюванні часток будь-яких розмірів; низький газодинамічний опір (100-150Па); можливість роботи в агресивних середовищах; можливість очищення високотемпературних газів; можливість повної автоматизації; процеси регулювання напруги, видалення з електродів уловлених часток і вивантаження пилу в електрофільтрах можуть бути повністю механізовані й автоматизовані; широкий діапазон застосування та можливість очищення, як від твердих, так і від рідких частинок.

Конструктивними елементами електрофільтрів є: система осаджувальних і коронуючих електродів; пристрої струшування (змиву) осілого пилу з електродів; вузли газорозподілення в апараті; корпус, де розміщується механічне обладнання; вузли підведення і відведення газів, що очищаються; пристрої для виведення з апарату уловленого продукту; вузли введення в електрофільтр струму високої напруги.

Електроживлення фільтрів здійснюється від електроагрегатів потужністю 20÷150 кВт, що забезпечують постійний струм високої напруги (25÷100 кВ). Постійний струм отримують шляхом перетворення змінного струму (380 В, 50 Гц). Електроагрегат включає підвищуючий трансформатор, випрямляч і регулятор напруги.

Найбільше поширення в промисловості знайшли сухі електрофільтри. У цих апаратах очищення пилогазового потоку від пилу здійснюється за тієї неодмінної умови, що температура знаходиться вище точки роси і, таким чином пил вловлюється в сухому вигляді, а на корпусі і всіх елементах конструкції електрофільтра не повинно бути конденсату. Режим, при якому в сухому електрофільтрі утворюється конденсат, слід вважати аварійним. В цьому випадку відбувається інтенсивна корозія корпусу і вузлів, на яких утворюється волога, можливе затвердіння пилу на електродах (в залежності від властивостей пилу) і, як наслідок, зниження ефективності електрофільтру нижче проектної.

Радикальним шляхом усунення цього режиму є підвищення температури газів, що очищаються. У деяких випадках становище може бути виправлене шляхом поліпшення теплоізоляції або підігріву газів або окремих елементів апарату, наприклад, ізоляторних коробок, бункерів.

Високовольтний генератор виробляє постійну напругу, утворюючи



електричне поле між коронуємим та осаджувальним електродами. При визначеному значенні напруги (так звана напруга виникнення корони) ділянка між коронуємим та осаджувальним електродами стає струмопровідною, виникає коронарний розряд. В зоні коронуємого електроду утворюються носії заряду (вільні електрони, позитивно й негативно заряджені іони). Негативно заряджені частки рухаються в сторону осаджувального електроду в електричному полі.

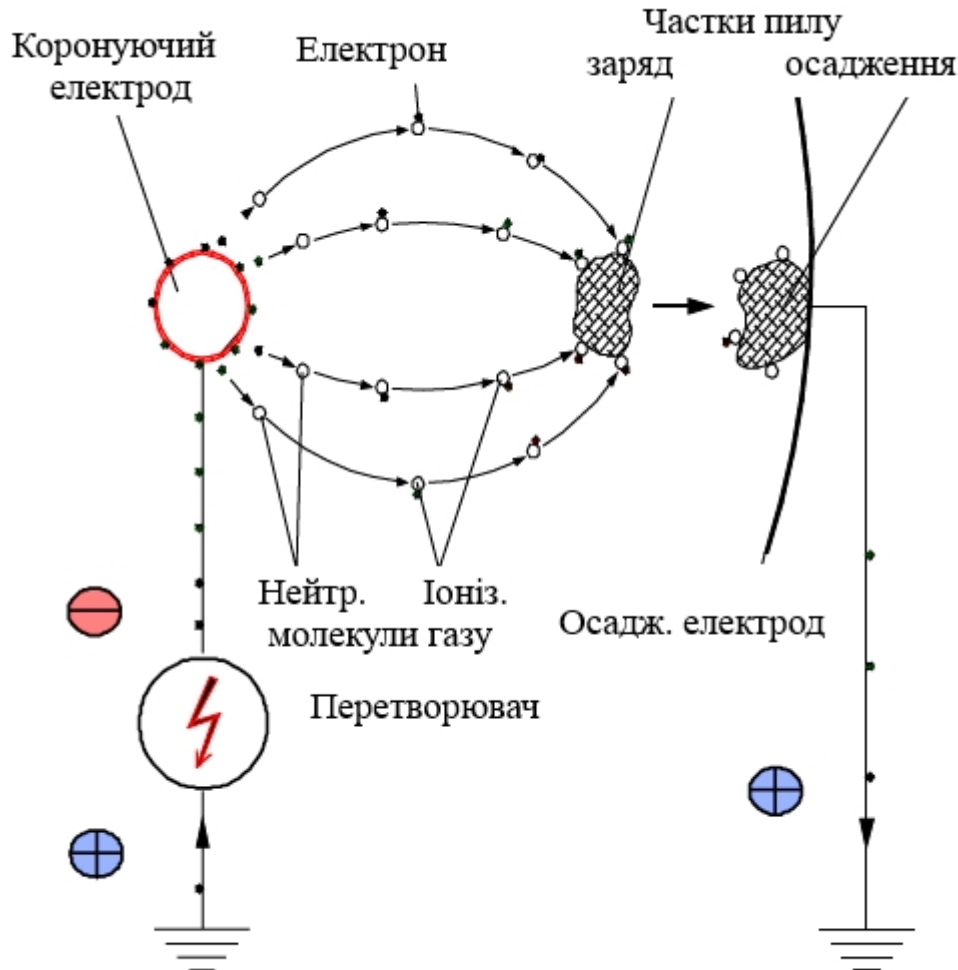


Рисунок 1. Принцип роботи електричного фільтру

Пил чи аерозоль, що знаходяться в полі між коронуємим та осаджувальним електродами, отримують негативний заряд від часток і також переміщуються в сторону осаджувального електроду. Завдяки силам при тяжіння і адгезії, пил залишається на осаджувальному електроді, поки він не буде очищений, наприклад, вібростелею. Після видалення пилу в пилезбірник, пил відводиться в бункер.

На електричному фільтрі з декількома послідовними полями з однаковими електродами та шириною коридорів значення струму й напруги встановлюються по пилевому навантаженню. При високому пилевому навантаженню (перша зона/поле) об'ємні заряди викликають послаблення поля,



тобто коронарний струм викликає підвищену напругу утворення корони. Робоча зона між короною і виникненням пробкою зменшується при високому пиловому навантаженні. Виникаючий струм фільтру нижчий, ніж на наступних полях із знизеним навантаженням попилу. Оскільки пилове навантаження зменшується від зони до зони, сила струму підвищується при відповідному падінні напруги.

Осаджувальні електроди першої зони проходять безперервну очистку по заповненню пилом, а очистка наступних зон відбувається періодично, із зростаючими інтервалами. Коронуючі електроди очищуються постійно у всіх зонах. SIPREC T Система управління забезпечує прямий контроль очистки осаджувальних електродів.

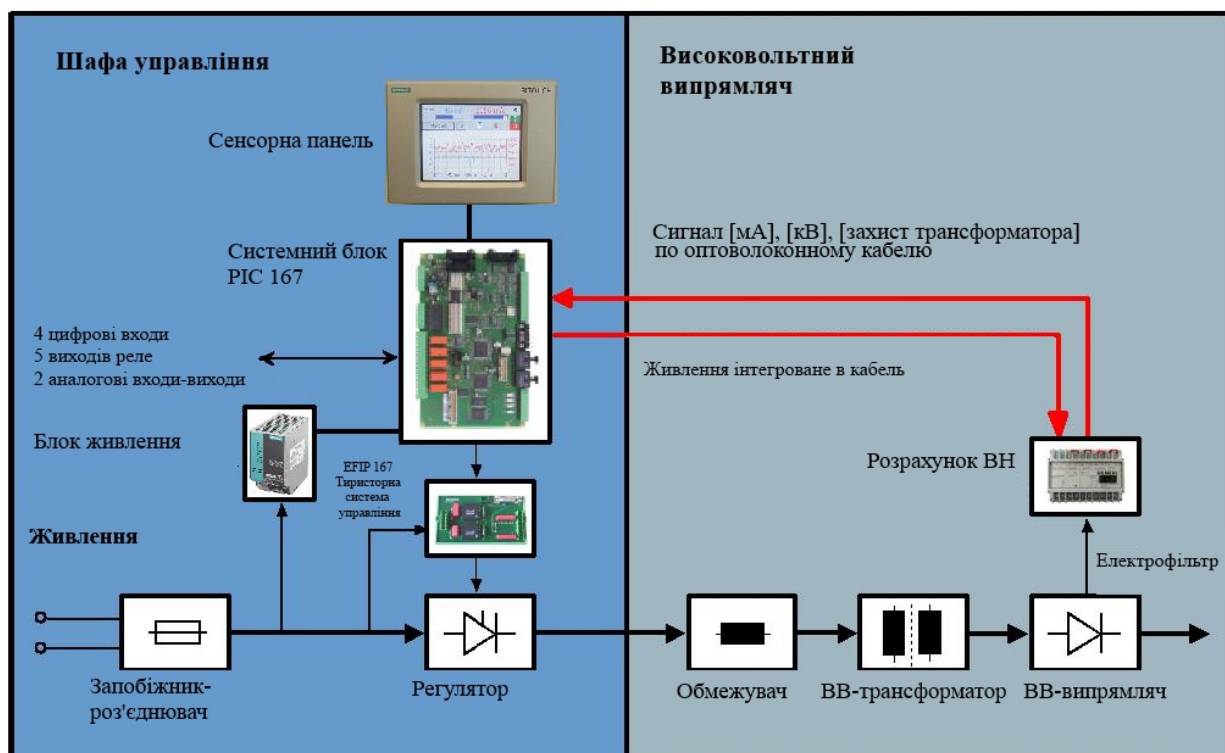


Рисунок 2. Блок-схема

Двофазне мережеве живлення (2АС 400В- 690 В пер. т., 50/60 Гц) здійснюється через силовий роз'єднювач-запобіжник, а на генераторах підвищеної потужності – через силовий вимикач. Однофазне включення перетворювача-регулятора (захист від паралельного включення другого тиристора) первинний струм та споживання потужності підключеного випрямляча високої напруги регулюється безступінчасто. Отримана висока напруга на підвищувальному трансформаторі регулюється випрямлячем високої напруги. Оскільки на електрофільтрі виникає ємнісно-омічне навантаження, пульсація напруги залежить від частоти мережі. При постійному вмиканні напівхвилі (режим повної хвилі) частота напруги складе 100 Гц (при 50 Гц частоти мережі). В імпульсному режимі (періодичне включення визначених напівхвиль мережевої напруги) може бути створена частота будь-якого значення менше 100 Гц.



Первинний дросель випрямляча високої напруги призначений для обмеження струмів короткого замикання та покращення коефіцієнта форми (співвідношення $I_{S_{eff}}/I_{S_{arith}}$). Під час роботи коефіцієнт варіюється в залежності від модуляції в межах від 1,11 (ідеально) до 1,4. Для захисту випрямляча при вторинних коротких замиканнях (пробоях, механічних замиканнях) встановлений вторинний повітряний дросель.

Оскільки для високовольтного генератора йде навантаження мережі лише по двох фазах, при підключенні декількох приладів високої напруги окремі фази повинні бути розподілені. Мережеве живлення повинно бути розраховано на пульсаційний, не синусоїдний струм.

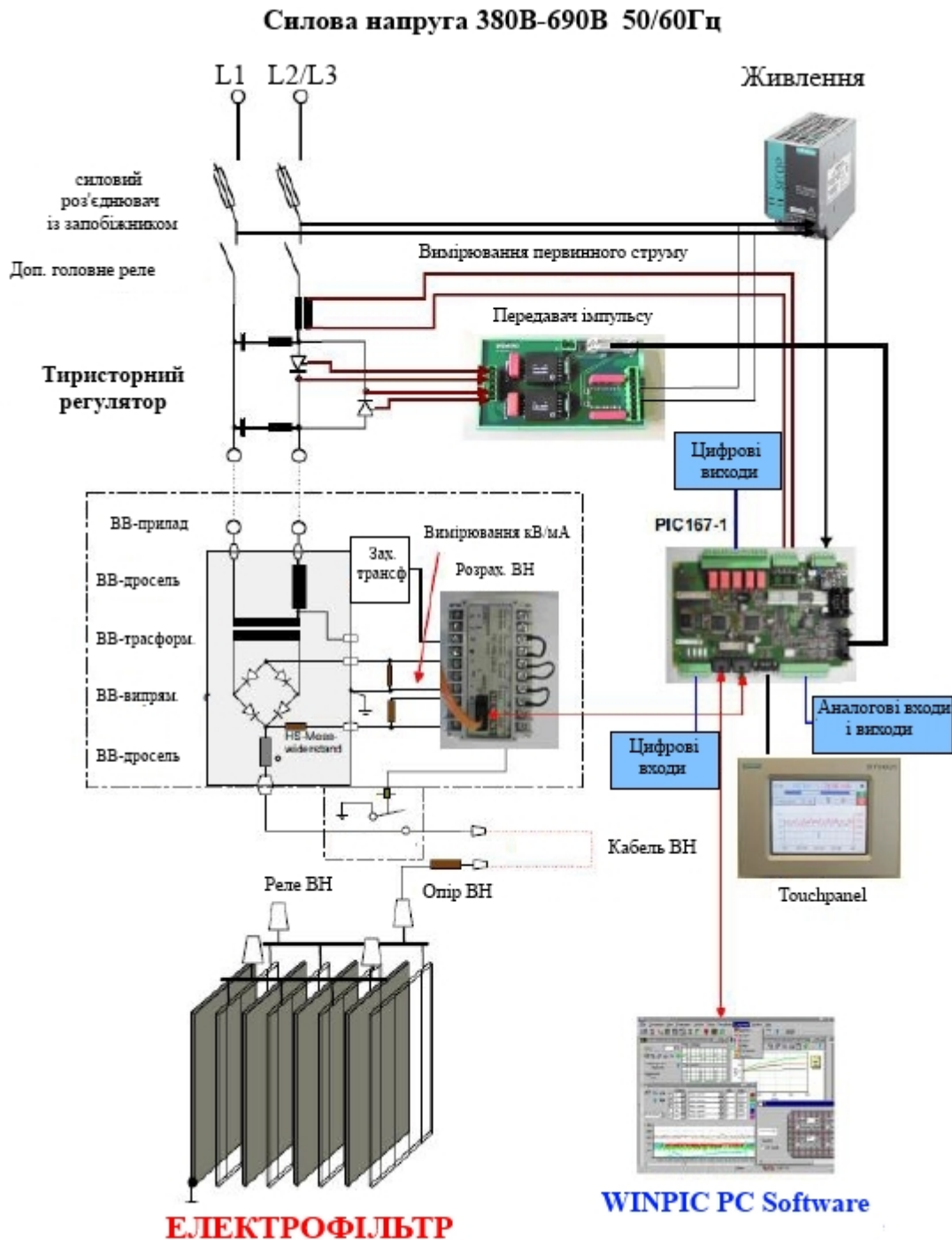


Рисунок 3. Огляд робочих та управляючих компонентів



Регулювання здійснюється зміною кута управління обидвох тиристорів перетворювача-регулятора в межах $\alpha=180^{\circ}-30^{\circ}$ (обмеження до 30° через діапазон регулювання при індуктивно-омічному навантаженні) в залежності від отриманих аналогових сигналів для первинного струму, напруги фільтру, струму фільтру, і таких випадків, як пробій, мерехтливий чи коротке замикання.

Цифрові входи чи шинне з'єднання забезпечують зовнішнє управління генератором і назначення визначених функцій (кадри параметрів). Повідомлення стану відображаються цифровими виходами. Для виводу на віддалений дисплей показників струму і напруги фільтру передбачені два аналогові виходи. Управління на місці здійснюється з панелі управління.

Система управління фільтра зменшує кут управління, поки не буде досягнуто обмеження для первинного струму, вторинної пікової напруги, повної модуляції (30°) і отримання розрядів (пробій/коротке замикання). Модуляція розподіляється по сигналах для первинної напруги/імпульсу, первинного струму, напруги і струму фільтра.

Режим роботи електрофільтру залежить, в тому числі, від складу газу (газ, пил, аерозолі). Можна розрізняти, наприклад, електрофільтри мокрі, сухі і гарячого газу. Оскільки електрофільтри застосовуються майже у всіх процесах, то додатково отримуємо умови експлуатації, обумовлені процесом.

Таблиця 1

Функції управління електрофільтром

Фільтри електростанцій	Режим підведення/відведення навантаження і умови неочищеного газу (наприклад, при різних сортах вугілля)
Електрофільтр для випару	Через займисту газову суміш не допускається виникнення пробоїв
Фільтр з СО-відключенням	При утворенні займистих газів генерація високої напруги перериваються і електрофільтр заземляється (за виключенням спеціальних напірних електрофільтрів)
Конвертерний електрофільтр	Режим продувки/паузи конвертера, загрузка печі
Мокрий електрофільтр	Особливі характеристики пробоїв потребують спеціальних методів їх розпізнання, наприклад, в установках спалювання залишків

Різноманітні умови експлуатації потребують для максимального ступеня осадження індивідуальне регулювання напруги й струму фільтра системою управління фільтром. SIPREC T має особливі функції оптимізації, що забезпечують максимальну потужність осадження при різних умовах експлуатації. Додатково можуть застосовуватися набори параметрів, попередньо налаштовані на різні умови процесу. Для повного використання потенціалу оптимізації необхідно, щоб всі SIPREC T блоки управління фільтром були пов'язані через PROFIBUS. У цьому випадку необхідні завдання по оптимізації та координації виконує програма оптимізації електрофільтрів SIPREC ODS, що працює на ПК.



Мінімізація енергоспоживання для зниження виробничих видатків, координація встрякування осаджених електродів, функції діагностики тощо, через стандартні інтерфейси PROFIBUS просто реалізовується зв'язок із системою управління чи автоматизації (наприклад, SIMATIC S7).

Проведено практичні розрахунки для вибору електричних фільтрів, розглянуто технологію очищення димових газів, рорахунок та вибір оптимального фільтра для теплової електростанції. Запропоновано проведення реконструкція системи очищення димових газів на Бурштинській ТЕС, шляхом модернізації електрофільтрів, зокрема, за допомогою системи SIRECT T від Siemens, з ефективністю очищення 99,6%, дозволить значно зменшити викиди шкідливих речовин.

Заклучення і висновки.

Проведено практичні розрахунки для вибору електричних фільтрів, розглянуто технологію очищення димових газів, рорахунок та вибір оптимального фільтра для теплової електростанції. Запропоновано проведення реконструкція системи очищення димових газів на Бурштинській ТЕС, шляхом модернізації електрофільтрів, зокрема, за допомогою системи SIRECT T від Siemens, з ефективністю очищення 99,6%, дозволить значно зменшити викиди шкідливих речовин.

Література

1. Бровдій В.М. Екологічні проблеми України (проблеми ноогеніки) / В.М. Бровдій, О.О. Гаца. – К. : Вид-во НПУ, 2010. – 172 с.
2. Крижанівський, Є. І. Екологічні проблеми енергетики / Є. І. Крижанівський, Г. В. Кошлак // Нафтогазова енергетика. - 2016. - № 1. - С. 80-90.
3. Кошлак Г. В. Зменшення техногенного впливу вугільних ТЕС на довкілля (на прикладі Бурштинської ТЕС) / Г. В. Кошлак, А. М. Павленко // Екологічна безпека та збалансоване ресурсокористування. - 2017. - № 2. - С. 108-118. - Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/ebzp_2017_2_16.

References.

1. Brody VM Ecological problems of Ukraine (problems of noogenics) / V.M. Brody, OO Gatsa. - K. : Publishing house of the NPS, 2010. - 172 p.
2. Kryzhanivskiy, EI Ecological problems of energy / EI Kryzhanivskiy, GV Koshlak // Oil and gas energy. - 2016. - № 1. - P. 80-90.
3. Koshlak GV Reduction of technogenic impact of coal TPPs on the environment (on the example of Burshtyn TPP) / GV Koshlak, AM Pavlenko // Ecological safety and balanced resource use. - 2017. - № 2. - P. 108-118. - Access mode: http://nbuv.gov.ua/UJRN/ebzp_2017_2_16.

Abstract. Electric filters are one of the most advanced types of gas purification from suspended dust and fog particles. The most widespread in the industry were dry electrostatic precipitators. In these apparatus, the cleaning of the dust-gas stream from dust is carried out under the indispensable condition that the temperature is above the dew point and thus the dust is trapped in the dry state.

Keywords. Environmental safety, electrical filters, high-voltage elements, emissions of harmful substances.