

**Л. З. БОГУСЛАВСКИЙ**, канд. техн. наук, зав. отд., ИИПТ НАН Украины, Николаев;

**Л. Н. МИРОШНИЧЕНКО**, канд. техн. наук, ст. науч. сотр., ИИПТ НАН Украины, Николаев

## **ЭЛЕКТРОФИЛЬТРАЦИЯ РАЗНОИМПЕДАНСНЫХ ГАЗОВЫХ ВЫБРОСОВ В КОМПЛЕКСНОЙ СИСТЕМЕ ПЫЛЕГАЗООЧИСТКИ ЭКОЛОГИЧЕСКИ ОПАСНЫХ ПРОМЫШЛЕННЫХ ОБЪЕКТОВ**

Обоснована необходимость использования для повышения эффективности систем газоочистки дополнительного разноуровневого импульсного высоковольтного высокочастотного источника питания с дополнительными коронирующими электродами, обеспечивающего пылегазоочистку разноимпедансных газовых выбросов экологически опасных промышленных объектов.

**Ключевые слова:** электрофильтрация, высоковольтный высокочастотный импульсный источник питания, комплексная система газоочистки, разноимпедансные газовые выбросы.

**Введение.** Существующие в Украине на данный момент системы электрофильтрации морально устарели. Энергопотребление этих систем в 5-6 раз превосходит аналогичные показатели развитых стран. Действующие газоочистные системы тепловых электростанций и других промышленных объектов при работе на высокозольном топливе не обеспечивают соблюдения европейских нормативных требований по уровню выбросов твердых частиц. Отсутствует очистка от таких вредных газовых выбросов, как  $\text{NO}_x$ ,  $\text{SO}_x$ ,  $\text{CO}_x$ , превышающих нормы ЕС в тысячи раз.

Для обеспечения европейских норм газовых выбросов в современных условиях (использование на ТЭС бурого угля) необходима разработка способа повышения эффективности работы существующих электрофильтров (ЭФ), который не требует их капитальной реконструкции. Таким способом является применение дополнительных импульсных высокочастотных источников питания, формирующих специальные формы напряжения [1], обеспечивающие как дозарядку разноимпедансной пыли, так и эффективную деструкцию экологически опасных газовых выбросов путем использования стабильных стримерных разрядов в разноимпедансных газовых средах.

**Анализ предварительных исследований.** Как показали проведенные в ВЭИ им. Ленина под руководством Л. В. Чекалова исследования, высокое удельное электрическое сопротивление ( $V_{ЭС}$ ) летучей золы обусловлено как параметрами дымовых газов, так и химическим составом самой золы, главным образом, соотношением в ней алюмосиликатов ( $\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{SiO}_2$ ) и щелочных металлов, в первую очередь натрия и лития. При определенной комбинации

этих параметров удельное электрическое сопротивление золы вырастает до  $10^{10} \dots 10^{12}$  Ом·м.

Способы повышения эффективности работы газоочистных систем путем изменения конструкции и параметров электрофильтров (ЭФ), требующие значительных капитальных затрат, целесообразно использовать при конструировании новых объектов. Одним из способов повышения эффективности работы существующих ЭФ, который не требует его капитальной реконструкции, является применение импульсных источников питания, формирующих специальные формы напряжения и включающие системы автоматического регулирования их электрических параметров.

Несмотря на значительное количество исследований в этой области, проблема экологически чистого производства, проблема переработки и утилизации промышленных выбросов остается актуальной, особенно это касается систем с изменяющимся составом газовых выбросов.

В химическом составе выбросов есть разные классы веществ. Их утилизация не может быть эффективной при одинаковых параметрах воздействующих импульсов.

Проведенные в ИИПТ исследования по данной тематике [1] позволили разработать унифицированные блоки с необходимыми для пылегазоочистки параметрами мощности, напряжения, длительности и крутизны импульсов, обеспечивающие качество, надежность и стабильность работы систем электрофильтрации.

Основная идея данной работы – создание комплексных систем газоочистки разноимпедансной пыли с дополнительными коронирующими электродами, предусматривающими суммирование постоянного высокого напряжения действующих газоочистных систем с дополнительным разноуровневым высоковольтным импульсным напряжением, что позволит интенсифицировать процесс газоочистки и получить новые данные по электрофизическим процессам деструкции газовых выбросов.

**Цель работы** – повышение эффективности систем газоочистки разноимпедансных газовых выбросов путем интенсификации электрофизических процессов деструкции газовых выбросов с помощью дополнительных коронирующих электродов и разноуровневых высоковольтных высокочастотных источников питания, позволяющих варьировать частоту следования и параметры импульса.

**Задача исследования** – создание способа деструкции разноимпедансных газовых выбросов, обеспечивающего эффективную газоочистку всего диапазона экологически опасных газовых составляющих.

**Материалы исследований.** Как отмечалось выше, наличие в газовых выбросах разноимпедансных составляющих обуславливает необходимость корректировать основные параметры импульсов (длительность импульсов, частота следования импульсов) в соответствии с составом и весовыми доля-

ми максимально представленных составляющих газовых выбросов. В работе предложен способ деструкции разноимпедансных газовых выбросов экологически опасных промышленных объектов, позволяющий учитывать изменения параметров дымовых газов.

Суть предложенного способа деструкции разноимпедансных газовых выбросов экологически опасных промышленных объектов заключается в следующем. Объемный разряд образуется в разноимпедансной газовой среде при подаче на многоострийную электродную систему высоковольтных высокочастотных импульсов с коротким фронтом от импульсного источника питания с заданной длительностью и частотой следования импульсов, необходимой для деструкции каждой из значимых разноимпедансных составляющих газовых выбросов, определить которые можно предварительно согласно атласу пылей, либо используя непосредственный анализ составляющих конкретной газовой смеси. В объеме опасных разноимпедансных выбросов определяют количество и необходимый весовой коэффициент наиболее значимых составляющих газовых выбросов, и в соответствии с этим определяется необходимый алгоритм работы импульсной системы питания. Подача высоковольтных высокочастотных импульсов осуществляется от импульсных источников (либо источника), количество и длительность импульсов которых соответствует количеству и величине долей весовых составляющих газовых выбросов, необходимых для деструкции разноимпедансной газовой смеси.

Частота следования и форма импульса каждого из импульсных источников, обеспечивающих эффективную деструкцию каждой из весовых составляющих газовой смеси, определяется зависимостью:

$$f_n = k_{\text{фин}} 1/T_{\text{рн}},$$

где  $f_n$  – частота следования высоковольтных высокочастотных импульсов соответствующего источника питания,  $k_{\text{фин}}$  – коэффициент формы импульса источника,  $T_{\text{рн}}$  – период разрядного тока в газовой среде, обеспечивающий условия деструкции  $n$ -ной составляющей разноимпедансных газовых выбросов.

Источники питания имеют обратную связь, обеспечивающую коррекцию длины и частоты следования импульсов в соответствии с составом газовых выбросов. Предварительно состав газовых выбросов может быть определен по атласу пылей в зависимости от топлива, сжигаемого на ТЭС, либо путем непосредственного анализа структуры конкретной газовой смеси.

Представленная работа проведена на разработанном стенде [2] и является продолжением экспериментальных исследований, касающихся исследования электрофизических процессов в комплексных системах электрофилтрации, происходящих при воздействии стримерного коронного разряда дополнительного высоковольтного высокочастотного импульсного источника в разноимпедансной газовой среде. Возможности лабораторного стенда позволяли получать уровни постоянного напряжения в диапазоне от 3 до 50 кВ и импульсного на уровне до 30 кВ.

Наличие импульсного источника питания, формирующего необходимые

импульсы наносекундной длительности, позволяет повысить степень ионизации частиц пыли в ЭФ, осуществить плазмохимическое преобразование окислов углерода, серы и азота в сравнительно безопасные соединения, осуществить плазмохимическое преобразование высокомолекулярных канцерогенных соединений в простые, сравнительно безопасные соединения.

Электрофизический процесс воздействия объемного стримерного разряда, обеспечивающего деструкцию газовых выбросов в разноимпедансной газовой среде при подаче на многоострийную электродную систему высоковольтных высокочастотных импульсов с коротким фронтом от импульсного источника питания с заданной длительностью и частотой следования импульсов для одной из экологически опасных газовых составляющих ( $\text{SO}_2$ ), изображен на рис. 1.

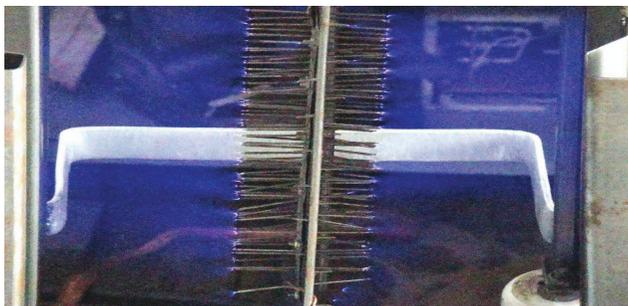


Рисунок 1 – Электрофизический процесс воздействия объемного стримерного разряда для  $\text{SO}_2$



Рисунок 2 – Осциллограммы разрядного процесса импульсного источников питания, необходимого для деструкции двуокиси серы

Осциллограммы разрядного процесса импульсного источников питания, необходимого для деструкции двуокиси серы (частота следования импульсов 5 кГц) приведены на рис 2.

Проведенный сравнительный расчет показал, что при штатном режиме питания электрофильтра при максимальном среднем напряжении 45 кВ мощность, передаваемая в электрофильтр, в 40 раз меньше, чем при комбинированном режиме питания.

Воздействие данного объемного разряда на разноимедансные газовые выбросы позволило обеспечить деструкцию двуокиси серы с  $159 \text{ мг/м}^3$  до  $10 \text{ мг/м}^3$ , что соответствует европейским нормам.

**Выводы.** Создание комплексных систем газоочистки разноимедансных газовых выбросов с дополнительными коронирующими электродами, которые предусматривают суммирование постоянного высокого напряжения действующих газоочистных систем с дополнительным разноуровневым высоковольтным импульсным напряжением, позволяет интенсифицировать процесс газоочистки и повысить мощность, передаваемую в электрофильтр, в 40 раз.

Наличие импульсного источника питания, формирующего импульсы наносекундной длительности, позволяет повысить степень ионизации частиц пыли в ЭФ, осуществить плазмохимическое преобразование окислов вредных дополнительных газовых выбросов ( $\text{NO}_x$ ,  $\text{SO}_x$ ,  $\text{CO}_x$ ) в сравнительно безопасные соединения, осуществить плазмохимическое преобразование высокомолекулярных канцерогенных соединений в простые, сравнительно безопасные соединения.

Предложенный способ деструкции разноимедансных газовых выбросов экологически опасных промышленных объектов, обеспечивающий эффективную деструкцию каждой из весомых составляющих экологически опасной газовой смеси, позволил существенно повысить степень газоочистки, включая экологически опасные соединения практически всего известного диапазона УЭС, до уровня европейских норм при уменьшенном на порядки энергопотреблении.

**Список литературы. 1.** Богуславский Л. З. Влияние режимов работы высоковольтного источника питания на формирование стримерного коронного разряда и эффективность систем газоочистки / Л. З. Богуславский, Л. Н. Мирошниченко, Ю. Г. Казарян, Н. С. Ярошинский // Технічна електродинаміка. Тем. вип. «Силова електроніка та енергоефективність». – 2011. – Ч. 1. – С. 44-49. **2.** Богуславский Л. З. Создание макетных образцов высоковольтного оборудования комплексных систем электрофильтрации экологически опасных промышленных выбросов / Л. З. Богуславский, Л. Н. Мирошниченко, В. В. Диордийчук, Д. В. Винниченко, Н. С. Ярошинский // Вестник «ХПИ». Тем. вып. «Техника и электрофизика высоких напряжений». – Х.: НТУ «ХПИ», 2012. – № 52 (958). – С. 31-39.

**Bibliography (transliterated): 1.** Boguslavskij, L. Z., et all. Vlijanie rezhimov raboty vysokovoltного istochnika pitanija na formirovanie strimernogo koronnogo razrjada i efektnost sistem gazoochistki Tehn. elektrodinamika. Tem. vyp. Sylova elektronika ta energotfektyvnist. – 2011. – 44-49. **2.** Boguslavskij, L. Z., et all. Sozdanie maketnyh obrazcov vysokovoltного oborudovaniya kompleksnyh sistem elektrofiltracii ekologicheski opasnyh promyshlennyh vybrosov Vestn. Har'k. politehn. in-ta. – 2012. – № 52 (958). – 31-39.

*Надійшла (received) 13.03.2014*