

ственную утечку тока с фазы на корпус, отчего дифференциальный выключатель QF сработает и отключит электродвигатель от сети.

Разработанное устройство защиты успешно прошло лабораторные испытания в лаборатории автоматической защиты электрооборудования БГАТУ.

Выводы

1. Требуется установка термопар на обмотке каждой фазы.

2. Открытые термопары типа ТХА-1199 исп. 52 могут быть использованы для создания температурной защиты электродвигателя.

3. Теплопроводный термоклей “Радиал” российского производства обеспечивает надежное крепление термопар к поверхности обмотки и изоляцию мета крепления.

4. В изготовленном электродвигателе термопары могут быть закреплены на открытой части обмотки; при ремонте обмотки они могут устанавливаться внутри обмотки.

5. Использовать термопары в воздухе или крепить их на пакете статора не рекомендуется. В связи с этим авторы считают неприемлемым предложение использовать термодатчик, закрепленный в корпусе электродвигателя (на месте рывболта) [4].

6. В разработанной температурной защите не надо прокладывать проводники от коробки выводов

двигателя до коммутационного аппарата. Этим устраняется первый и третий недостатки известных устройств встроенной температурной защиты (УВТЗ), указанные выше. Вторым их недостаток (запаздывание или срабатывание в стопорном режиме) устраняется установкой малоинерционных термопар.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кунин, Р.З. Применение встроенной температурной защиты / Р.З. Кунин // Механизация и электрификация соц. сельского хозяйства, №10, 1980. – С. 42–43.

2. Данилов, В.Н. О паразитных ЭДС в проводах подключения термодатчиков к температурной защите электродвигателей / В.Н. Данилов, С.В. Оськин // Повышение надежности работы электроустановок в сельском хозяйстве: сб. науч. тр. – Челябинск, 1986. – С. 19–24.

3. Данилов, В.Н. Повышение эксплуатационной надежности электродвигателей, используемых в сельскохозяйственном производстве, электронными средствами защиты: автореф. ... дис. докт. тех. наук: 05.20.02 / В.Н. Данилов. – Челябинск, 1991. – 36с.

4. Борисов, Ю.С. Контроль нагрева электродвигателей / Ю.С. Борисов // Техника в сельском хозяйстве, №2, 2006. –С. 23–25.

УДК 621. 436

ПОСТУПИЛА В РЕДАКЦИЮ 15.10.2007

МЕТОДИКА РАСЧЕТА САЖЕВОГО ЭЛЕКТРОФИЛЬТРА-ДОЖИГАТЕЛЯ

А.Н. Карташевич, докт. техн. наук, профессор, В.А. Белоусов, канд. техн. наук, доцент (УО БГСХА)

Аннотация

Основным токсичным составляющим отработавших газов дизельных двигателей являются сажевые частицы. Эффективный способ их улавливания – это установка в системе выпуска электрофильтра-дожигателя. Предлагается устанавливать электрофильтры-дожигатели модульной конструкции с рабочим напряжением, до 17 кВ. Приведенная методика расчета позволяет определять конструктивные параметры зоны осаждения электрофильтра-дожигателя модульной конструкции при степени очистки 97,5 % для любого типа дизельного двигателя.

Введение

Дизельные двигатели внутреннего сгорания по-прежнему в настоящее время остаются основным источником энергии в сельскохозяйственном производстве. При этом основным их недостатком являются существенные выбросы в атмосферу загрязняющих веществ с отработавшими газами (ОГ). Снижение данного негативного воздействия может быть достигнуто установкой в системе выпуска устройств, уменьшающих дымление двигателя, т.е. снижение содержания сажи в отработавших газах. Установка

электрофильтров в системах снижения дымности обеспечивает некоторые преимущества по отношению к другим методам очистки. При использовании сажевого электрофильтра-дожигателя для конкретной марки дизельного двигателя и условий эксплуатации необходимо определить конструктивные параметры устройства. Требуемая степень очистки ОГ от сажевых частиц также достигается оптимальным подбором конструктивных параметров и режимов электрического питания электрофильтра. Выбранная нами схема двухзонного электрофильтра должна обеспечивать: во-первых, достаточную зарядку частиц в зоне

зарядки за счет потока ионов коронного разряда и, во-вторых, необходимую скорость дрейфа частиц в зоне осаждения, поддерживаемую напряженностью электрического поля.

Основная часть

Выполним расчет электрофилтра-дожигателя для дизеля Д-243 Минского моторного завода. Электрофилтр-дожигатель устанавливается в системе выпуска ОГ вместо штатного глушителя, не увеличивая шумовые характеристики двигателя [1]. Исходными данными для расчета являются параметры ОГ дизеля Д-243, полученные при экспериментальном исследовании:

- объем ОГ – $0,02 \text{ м}^3/\text{с}$, т.е. 15 % от $Q_{\text{ОГ}(100\%)} = 0,14 \text{ м}^3/\text{с}$;
- температура ОГ $T_{\text{ОГ}} = 573 \text{ К}$;
- давление ОГ $P_{\text{ОГ}} = 105 \text{ кПа}$;
- содержание сажи в ОГ $Z_{\text{max}} = 1,1 \cdot 10^{-3} \text{ кг}/\text{м}^3$;
- фракционный состав частиц: менее 1 $\mu\text{км}$ – 8 %; 1 – 5 $\mu\text{км}$ – 79 %; 5 – 30 $\mu\text{км}$ – 13 % [2];
- состав ОГ: N_2 – 76 %; O_2 – 12 %; H_2O – 5 %; CO_2 – 7 %.

Определим геометрические параметры зоны зарядки из условия получения частицами заряда, близкого к максимальному.

Расчет произведем в предположении, что:

- частицы имеют правильную сферическую форму;
- расстояния между частицами велики по сравнению с размерами частиц;
- на процесс зарядки одной частицы не оказывают влияния электрические поля других заряженных частиц;
- средний свободный пробег ионов невелик по сравнению с диаметром частиц;
- концентрация ионов и поверхностная плотность тока коронного разряда имеют минимальное значение у некоронирующего электрода.

Одним из параметров, определяющих степень зарядки частиц, является время их пребывания в зоне зарядки. Зная время заряда частиц, можно определить степень зарядки. Так как в поле коронного разряда частицы сажи согласно их размерам приобретают заряд, в основном, за счет направленного движения ионов, то степень зарядки определим из следующего выражения [3]:

$$c_q = \frac{q(t)}{q_{\text{max}}} = \frac{q_i n_o k t}{4 \varepsilon_0 + q_i n_o k t}, \quad (1)$$

где c_q – коэффициент пропорциональности, определяющий степень заряда частицы от ее максимального значения;

q – заряд частицы, κ ;

n_o – концентрация ионов в межэлектродном промежутке, $\text{ион}/\text{м}^3$;

k – подвижность ионов, $\text{м}^2/\text{В}\cdot\text{с}$;

t – время зарядки и движения частицы, с ;

ε_0 – диэлектрическая проницаемость вакуума, $\Phi/\text{м}$;

q_i – заряд иона, κ .

Время зарядки соответственно равно:

$$t = \frac{4 \varepsilon_0 c_q}{q_i n_o k (1 - c_q)}. \quad (2)$$

Если принять концентрацию ионов равной $n_o = i/keE$, (e – заряд электрона, κ ; E_l – напряженность электростатического поля, $\text{В}/\text{м}$) [4], а поверхностную плотность тока $i = I/S_B$, где S_B – площадь поверхности некоронирующего электрода, то соответственно имеем:

$$t = \frac{4 \varepsilon_0 c_q S_B E}{I(1 - c_q)}, \quad (3)$$

где I – ток короны, А .

Если скорость газов у некоронирующего электрода равна скорости ОГ в зоне зарядки частиц, тогда время нахождения частиц в поле коронного разряда, выраженное через расход ОГ, определится из следующего выражения:

$$t = \frac{S_B y_L}{Q_{\text{ОГ}}}. \quad (4)$$

Приравняв выражения (3) и (4) и выражая путь частицы в активной зоне зарядки y_L , имеем:

$$y_L = \frac{4 \varepsilon_0 c_q Q_{\text{ОГ}} E}{I(1 - c_q)}. \quad (5)$$

Формула (5) определяет y_L в общем виде, поэтому для некоторых систем электродов необходимо сделать уточнения. Так, если для "коаксиальных цилиндров" максимальное значение концентрации ионов у коронирующего электрода и минимальное у осадительного, то для практических расчетов можно принять концентрацию ионов на расстоянии $2/3$ радиуса осадительного электрода ($i = 3I/2S_B$), т. е. месте наибольшей концентрации частиц вдоль их траекторий. Тогда формула (5) для системы электродов "коаксиальные цилиндры" примет вид:

$$y'_{L(\text{min})} = \frac{8 \varepsilon_0 c_q Q_{\text{ОГ}} E}{3I(1 - c_q)}. \quad (6)$$

Предположим, что концентрация частиц в ОГ, поступающих к осадительному электроду из зоны зарядки, вследствие некоторых факторов, в частности, турбулентного перемешивания, равномерна по всей площади S_B . Исходя из вышеизложенного следует, что для системы электродов "ряд проводов между коаксиальными цилиндрами" y_L – это расстояние между некоронирующими электродами (рис. 1 а), причем $R_2 = R_{\text{ex}} + y_L$. Для системы электродов "коаксиальные цилиндры" (рис. 1 б) $y_{L(\text{min})}$ определяет степень зарядки частиц, поступающих в первые межэлектродные промежутки осадительных электродов, следовательно, с достаточной степенью точности можно принять $R_2 = R_{\text{ex}} + y_{L(\text{min})}$. По мере удаления от входного патрубка y_L увеличивается, и, следовательно, степень зарядки частиц будет выше. Наиболее заряженными для данной системы электродов будут частицы, поступающие в промежутки наиболее удаленные от входного патрубка и прошедшие по траектории $y_{L(\text{max})}$.

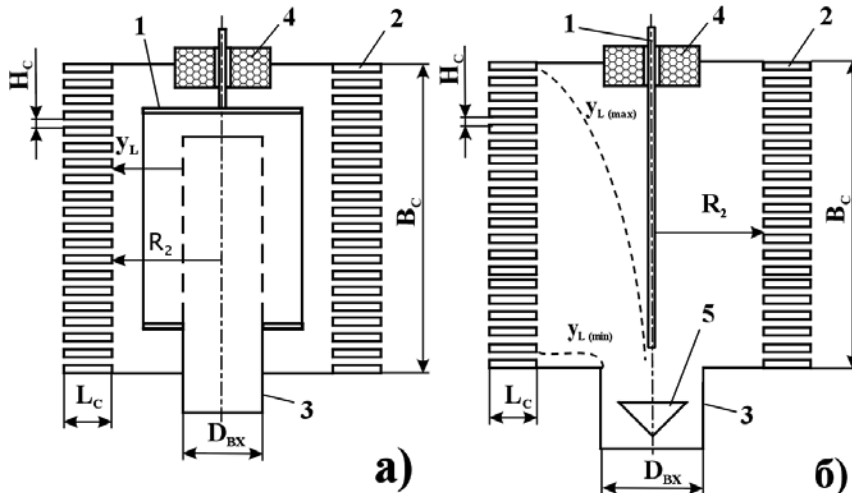


Рисунок 1. Схемы сажевого электрофильтра-дожигателя: 1 – коронирующийся электрод; 2 – система осадительных электродов; 3 – входной патрубок; 4 – проходной изолятор; 5 – конический обтекатель.

Система электродов "коаксиальные цилиндры" может быть применена при небольших расходах ОГ, до $0,03 \text{ м}^3/\text{с}$. Большие расходы ОГ требуют увеличения межэлектродного расстояния, что приводит к повышению рабочего напряжения. Высокие рабочие напряжения (более 17 кВ) применять нерационально, так как это требует достаточно сложной и громоздкой системы защиты проходного изолятора коронирующего электрода.

Межэлектродное расстояние H_c определим исходя из исследования процессов межэлектродного дожига. При этом межэлектродное напряжение и толщина слоя являются определяющими величинами. Напряжение выбирается по условию электрической прочности газового межэлектродного промежутка и пробивной прочности изоляции. Исходя из выбранного межэлектродного расстояния H_c , расхода ОГ $Q_{OG(15\%)}$, степени зарядки частиц c_q , радиуса электрода R_2 , находим общее число электродов n_c :

$$n_c = \frac{Q_{OG}}{2\pi R_2 (H_c - h_{cl}) v_{OG}}, \quad (7)$$

где n_c – количество электродов в матрице, шт.

В формуле (7) h_{cl} имеет место, если толщина слоя соизмерима с межэлектродным расстоянием H_c .

Высоту активной части электрофильтра B_c определим по следующей зависимости:

$$B_c = (H_c + h_3) n_c, \quad (8)$$

где h_3 – толщина электрода (выбирается исходя из условий механико-термической прочности и металлоемкости, $h_3 = 3 \dots 5 \text{ мм}$), м.

Длину осадительной поверхности L_c находим, используя следующее соотношение:

$$L_c = \frac{H_c v_{\max}}{2w_{\min}}, \quad (9)$$

где v_{\max} – максимальная скорость газового потока в межэлектродном промежутке, м/с;

w_{\min} – минимальная скорость дрейфа частиц, м/с.

Минимальная скорость дрейфа в данном случае соответствует нижнему пределу радиуса основной массы частиц, т.е. $a = 1 \text{ мкм}$. Скорость дрейфа определяется с учетом "ударной" и "диффузионной" зарядки частиц [1]. В выражении для напряженности поля

$$E = \frac{U}{H_c}$$

напряжение и расстояние между электродами выбираем исходя из исследования процесса межэлектродного

дожига: $U = 700 \text{ В}$, $H_c = 3 \text{ мм}$. Исходя из вышеизложенного, определенная минимальная скорость дрейфа $w_{\min} = 0,053 \text{ м/с}$ соответствует расстоянию,ходимому частицей вдоль осадительного электрода 28 мм . По условиям компоновки пакета матрицы осадительных электродов принимаем $L_c = 30 \text{ мм}$.

Значения остальных параметров, согласно выражениям (6) и (7), для $Q_{OG} = 0,02 \text{ м}^3/\text{с}$, $I = 10^{-3} \text{ А/м}$, $c_q = 0,99$ следующие: $y_L = 13 \text{ мм}$, $R_2 = 35 \text{ мм}$, $n_c = 21$.

Основной характеристикой, определяющей эффективность работы электрофильтра, является степень очистки газов. Она определяется содержанием частиц в газе до поступления в электрофильтр и после выхода из него. Теоретически вопрос был рассмотрен Дейчем [5]. Общие методики расчетов степени очистки газов в электрофильтре на основе формулы Дейча были разработаны Левитовым [6]. Расчет степени очистки произведем по следующей зависимости [7]:

$$\eta = \left(1 - e^{-\frac{2wL_c}{vH_c}}\right) 100. \quad (10)$$

Если длина электрического поля L_c , радиус электрофильтра H_c и скорость газового потока v , в основном, зависят от размеров аппарата, то скорость дрейфа w – от свойств частиц, газа и режима электропитания.

Из приведенного следует, что степень очистки газов электрофильтром растет с увеличением скорости дрейфа частиц по направлению к осадительному электроду и с увеличением длины электродов, но уменьшается с ростом межэлектродного расстояния и скорости газа. Так как ОГ содержат частицы различного размера, то расчет степени очистки производим по фракциям. Для этого весь диапазон размеров частиц разбивается на ряд интервалов по размеру частиц, в пределах каждого из которых расчет ведется по среднему размеру. Затем коэффициенты улавливания

для фракций суммируются в соответствии с долей каждой фракции в исходном газе:

$$\eta = \sum_{i=1}^n \eta_i g_i, \quad (11)$$

где g_i – относительная доля фракции.

Тогда, согласно принятому фракционному составу частиц ОГ имеем степень очистки 97,5 %. Затраты мощности на электропитание фильтра составляют не более 20 Вт ($I_p < 350 \mu A$), при расходе ОГ 15 % от полного расхода.

Выводы

Установка в системе выпуска дизеля Д-243 электрофильтра-дожигателя, рассчитанного согласно приведенной методике расчета, обеспечит эффективную очистку от сажевых частиц ОГ (97,5 %) при 15 % их объеме от полного расхода. Частичный расход ОГ (15 %) принят исходя из максимально-пробивной прочности изоляции коронирующего электрода (16...17 кВ) для параметров ОГ, соответствующих номинальному режиму нагрузки дизельного двигателя. Для очистки полного расхода ОГ предусматривается параллельная установка нескольких секций электрофильтра-дожигателя.

ЛИТЕРАТУРА

1. Электроразрядные технологии очистки отработавших газов дизельных двигателей от токсичных компонентов: монография / А.Н. Карташевич, Г.М.

Васильев, В.А. Белоусов, А.А. Сушнев. – Горки: БГСХА, 2002. – 282с.

2. Мачульский, Ф. Ф. Дисперсность и структура дизельной сажи / Ф.Ф. Мачульский // Токсичность двигателей внутреннего сгорания и пути её снижения: доклады участников симпозиума, Москва, 6–10 декабря 1966 г. – М: Наука, 1966. – С. 206–219.

3. Основы электрогазодинамики дисперсных систем / И. П. Верещагин, В. И. Левитов, Г. З. Мирзабекян, М. М. Пашин. – М.: Энергия, 1974. – 480 с.

4. Экспериментальное исследование зарядки частиц размером 0,2...4 мкм ионами воздуха / Л.М. Макальский, Г.З. Мерзабекян [и др.]; под общ. ред. акад. В.И. Попкова // Сильные электрические поля в технологических процессах: Электронно-ионная технология, вып. 2. – М.: Энергия, 1971. – С. 95-108.

5. Алиев, Г. М. Пылеулавливание в производстве огнеупоров / Г.М. Алиев. – М.: Металлургия, 1971. – 224 с.

6. Дымовые электрофильтры / И. П. Верещагин, Г. З. Мирзабекян [и др.]; под общ. ред. В. И. Левитова. – М.: Энергия, 1980. – 448 с.

7. Карташевич, А.Н. Применение электрического поля высокой напряженности для очистки отработавших газов дизелей от сажи / А.Н. Карташевич, В.А. Белоусов // Улучшение эксплуатационных показателей двигателей, тракторов и автомобилей: тез. докл. постояннодейств. науч.-техн. семинара стран СНГ, 19–21 апреля 1995 г. / С.-Петербургский гос. аграрн. ун-т. – С.-Петербург, 1995. – С. 41–42.

УДК 629.114.2.01.-585.2

ПОСТУПИЛА В РЕДАКЦИЮ 18. 06. 2007

ОЧИСТКА РАБОЧИХ ЖИДКОСТЕЙ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ СИСТЕМ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ

В.Я. Тимошенко, канд. техн. наук, доцент, Д.И. Кривальцевич, ассистент, Д.А. Жданко, аспирант (УО БГАТУ)

Аннотация.

В статье приведены источники поступления загрязнений в гидравлическую систему сельскохозяйственной техники. Описано влияние содержащихся в рабочей жидкости загрязнений на работоспособность исполнительных органов гидропривода. Для снижения отрицательного воздействия частиц загрязнителя предложено использовать малогабаритную систему очистки, позволяющую проводить профилактическую очистку рабочей жидкости гидравлической системы и, тем самым, повысить срок службы гидроагрегатов.

Введение

Совершенствование уровня технического обслуживания гидравлических систем обеспечивается поддержанием в процессе эксплуатации необходимого уровня чистоты рабочих жидкостей (РЖ) посредством периодической и своевременной их очистки. Безотказность и долговечность гидрооборудования зависят от многочисленных конструктивных, технологических,

производственных и эксплуатационных факторов. По информации зарубежных компаний Vickers, Parker, Bosch, Rexroth, Hydac, Sauer-Danfoss, специализирующихся на изготовлении гидравлического оборудования, до 70...80% всех отказов в гидравлических системах и связанный с этим ремонт гидрооборудования возникает из-за загрязнения или применения рабочих жидкостей, не предназначенных для гидравлического привода. Существует причинно-следственная связь между эксплуа-