

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Дэниэлс Джеф. Современные автомобильные технологии. — М.: Астрель, АСТ. — 2003. — 223 с.
2. Любчик М. А. Оптимальное проектирование силовых электромагнитных механизмов. — М.: Энергия, 1974. — 392 с.
3. Ряшенцев А. П., Алабужев П. М., Никишин Н. И. Ручные электрические машины ударного действия. — М.: Недра, 1979. — 192 с.
4. Смелягин А. И. Максимальный КПД электромагнита // Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых. — 1982. — № 4. — С. 119—122.
5. Смелягин А. И., Мисюк Ю. П. Выбор возвратного элемента по заданному времени и постоянному усилию однокатушечного электромагнитного двигателя // Электрические импульсные системы. — Новосибирск: ИГД СО АН СССР, 1976. — С. 66—72.
6. Яцун С. Ф., Гапонов Ю. А., Маслова О. Г. Анализ периодических процессов движения вибромашин с электромагнитным приводом // Известия вузов. Машиностроение. — 1991. — №4—6. — С. 42—46.
7. Яцун С. Ф., Емельянова О. В. Моделирование динамического процесса движения форсунки ДВС // Вибрационные машины и технологии: в 2 ч. Ч.1: Сб. науч.тр. Курск. гос. техн. ун-та. — Курск, 2005. — 208 с.

621.43.001

УПРАВЛЕНИЕ РАБОТОСПОСОБНОСТЬЮ ГАЗОДИЗЕЛЬНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ 12 ГД ЧН 26/26, РАБОТАЮЩИХ В УСЛОВИЯХ СТАЦИОНАРА

Д-р техн.наук. И.Н. АРИНИН, канд.техн.наук Ю.В. БАЖЕНОВ, асп. Ю.Г. БИЛЫК

Предложена система управления режимами ТО и ремонта газодизельного двигателя «по состоянию». В качестве управляющего элемента системы выбрана информация о температуре отработавших газов в каждом из цилиндров. Обоснованы нормативные значения диагностических параметров для оценки технического состояния двигателя. Разработаны алгоритмы поиска неисправностей при отклонении параметров за пределы допуска.

The control system of maintenance and repair of a gas diesel engine « as is » is offered. Information on temperature of the completed gases in each of the cylinders served as an operating element in the system. Normative values of diagnostic parameters for estimation of engine maintenance were justified. Algorithms of inaccuracies search at the aberration of parameters beyond the limits of tolerance were developed.

В последние годы темпы роста энергопотребления в стране в несколько раз превышают все плановые показатели. Как итог — некоторые регионы живут в условиях энергодефицита. Кроме того, излишняя централизация энергообеспечения страны приводит к целому ряду негативных последствий. В связи с этим в настоящее время все большее внимание уделяется созданию компактных электростанций, снабжающих электроэнергией небольшие города, поселки, крупные предприятия. В качестве силовых установок на таких электростанциях используют, в основном, двигатели внутреннего сгорания.

Газодизельный двигатель 12 ГД ЧН 26/26 представляет собой довольно сложную энергетическую установку, характеризующуюся большой мощностью и теплонапряженностью. Это 12-ти цилиндровый, четырехтактный, V-образный двигатель с газотурбинным наддувом номинальной мощностью 1775 кВт. К таким двигателям предъявляются повышенные требования по долговечности, безотказности и эксплуатационной технологичности, что и вызвало необходимость разработки системы управления их работоспособностью.

В основе системы управления лежит принцип технического обслуживания (ТО) и

ремонта двигателя «по состоянию». При этом возможны два различных подхода к практической реализации способа управления работоспособностью двигателей «по состоянию». Первый, традиционный подход — регламентная проверка (контроль) факторов, влияющих на техническое состояние двигателя. Он, по сути, представляет собой один из вариантов управления «по наработке». Однако на техническое состояние двигателя, тем более такого сложного, как рассматриваемый, оказывает влияние множество факторов, а их регламентная проверка требует больших затрат.

Второй подход, предлагаемый нами, отличается тем, что регламентной проверке всех параметров двигателя предшествует контроль одного из показателей эффективности его работы. В качестве такого параметра была принята температура отработавших газов $T_{ог}$, так как в дизель-генераторной установке особое значение имеет своевременное получение сигнала о перегрузке силового агрегата. Измерение температуры с помощью вмонтированных в головку блока термодатчиков ведется в автоматическом режиме.

В том случае, когда показатель эффективности работы $T_{ог}$ выходит за допустимые пределы, необходимо проведение углубленного диагностирования двигателя по выбранным параметрам с целью определения конкретных неисправностей.

Для оперативного функционирования предлагаемой системы управления были установлены ее нормативы (номинальные и предельно-допустимые значения $T_{ог}$, давления и температуры масла, температуры топлива и др.), а также разработаны алгоритмы поиска неисправностей при отклонении параметров за допустимые пределы. Нормативные значения показателя эффективности работы двигателя $T_{ог}$ определяли по методике, учитывающей взаимосвязи диагностических и структурных параметров при минимизации затрат на эксплуатацию, ТО и ремонт [1]. Ее сущность заключается в том, что по результатам обследования представительной партии двигателей строится гистограмма распределения значений диагностического параметра и аппроксимирующая ее теоретическая кривая. Предполагается, что значения диагностического параметра, находящихся в пределах распределения, ограниченного уровнем вероятности $P \leq 0,95$, соответствуют исправному состоянию. Ошибка II-го рода (пропуск неисправности) при этом минимальна. Значения же параметров, выходящих за эти пределы, соответствуют неисправному состоянию и минимальному значению ошибки I-го рода (ложной неисправности).

Для нормального закона распределения, например, при двухстороннем ограничении и $P = 0,95$ предельные нормативы составят:

$$T_{огп} = T_{ог} \pm 2\sigma, \quad (1)$$

где $T_{огп}$ — среднее значение $T_{ог}$; σ — среднее квадратическое отклонение.

Результаты измерений представлены в виде гистограммы (рис. 1).

Найденную таким образом среднюю величину $T_{ог} = 500,6^\circ\text{C}$ принимаем за номинальное значение температуры отработавших газов. Верхний и нижний предельные нормативы в соответствии с (1) будут равны

$$\begin{aligned} T_{огп}^в &= 500,6 + 2 \cdot 10,7 = 520,74^\circ\text{C}, \\ T_{огп}^н &= 500,6 - 2 \cdot 10,7 = 480,48^\circ\text{C}. \end{aligned}$$

Одной из основных задач выполненных в работе исследований являлась разработка алгоритмов поиска неисправностей при выявлении отклонений температуры газов от нормативных значений. При этом удобнее использовать для принятия решения не саму температуру отработавших газов $T_{ог}$, а ее отклонение от номинальной величины $\Delta T_{ог}$, которую можно представить в относительных единицах (%),

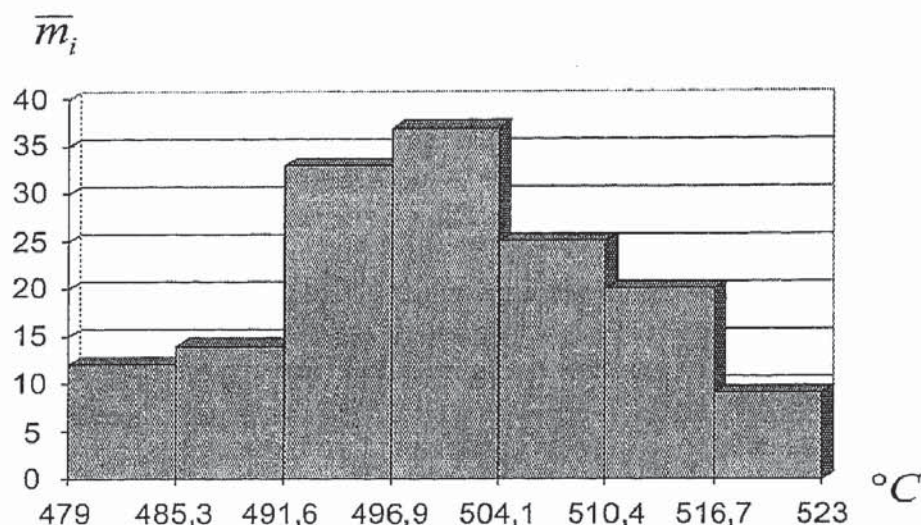


Рис. 1. Гистограмма распределения значений температуры отработавших газов

$$\Delta T_{\text{ор}} = \frac{(T_{\text{орф}} - T_{\text{орн}})100}{T_{\text{орн}}} \% , \quad (2)$$

где $T_{\text{орф}}$, $T_{\text{орн}}$ — соответственно фактическая и номинальная величина температуры отработавших газов.

В соответствии с общей методикой принятия решений проведено квантование величины отклонения на 3 уровня: до 3%; от 3 до 6%; более 6%.

Решение о проведении технических воздействий принимается в соответствии с разработанным алгоритмом диагностирования двигателя по выбранным параметрам (рис. 2).

Если отклонения $T_{\text{ор}}$ наблюдаются во всех цилиндрах двигателя, то в первую очередь контролируются параметры, которые можно измерить без остановки двигателя и которые характеризуют величину нагрузки (поз. 1), состояние системы питания (поз. 2, 3, 4), состояние турбокомпрессора (поз. 5, 6, 7), систему охлаждения (поз. 8, 9), систему смазки (поз. 10, 11), состояние цилиндропоршневой группы и газораспределительного механизма (поз. 12, 13).

Если отклонение $T_{\text{ор}}$ наблюдается в цилиндрах одного ряда двигателя, то необходимо проверить положение газовой трубы соответствующего коллектора (поз. 17) и при необходимости ее отрегулировать.

При отклонении $T_{\text{ор}}$ в одном или нескольких цилиндрах первоначально определяется, в какой уровень квантования попадает величина отклонения. Если отклонение попадает в первый уровень, то контролируется давление впрыска топлива и угол опережения впрыска (поз. 18-19); если попадает во второй уровень, то контролируется состояние цилиндропоршневой группы и установка фаз газораспределения (поз. 20-22); при попадании отклонений в третий уровень квантования контролируется работа топливного насоса высокого давления и форсунок (поз. 23-24), а также герметичность головки блока и давление сгорания (поз. 25-26).

Поиск конкретных неисправностей при выходе какого-либо из контролируемых диагностических параметров за пределы допуска осуществляется в соответствии с алгоритмами, направленными на локализацию неисправностей при нарушениях теплового режима двигателя, отклонений от нормативных значений давления сгорания топлива, давления масла, снижения компрессии в цилиндрах и др.

Для упрощения поиска неисправностей газодизельного двигателя разработана компьютерная программа, позволяющая по одному или нескольким диагностическим параметрам указать оператору на причину неисправности и дать рекомендации по выполнению необходимых технических воздействий.

Разработанная система управления работоспособностью газодизельных двигателей 12ГД ЧН 26/26 внедрена в ЗАО «Радугаэнерго» и может быть рекомендована для использования на других предприятиях, эксплуатирующих газодизельные установки.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Мирошников Л. В., Болдин А. П., Пал В. И. Диагностирование технического состояния автомобилей на автотранспортных предприятиях — М.: Транспорт, 1977. — 263 с.
2. Грехов Л. В., Иващенко Н. А., Марков В. А. Топливная аппаратура и системы управления дизелей. Изд-во МГТУ им. Н.Э.Баумана, 2002. — 376 с.
3. Зорин В. А. Основы работоспособности технических систем: учеб. для вузов — М: ООО «Магистр-Пресс», 2005. — 536 с.

629.113

РАСЧЕТ СОПРОТИВЛЕНИЯ ДВИЖЕНИЮ КОЛЕСНЫХ МАШИН ПО СНЕГУ

Канд. техн. наук И.О. ДОНАТО

Рассмотрено сопротивление движению колесных машин по снегу с учетом экскавационно-бульдозерных эффектов; сил сопротивления, обусловленных вертикальной деформацией снега и трением днища корпуса или элементов шасси о поверхность снежного полотна пути.

Resistance of wheel cars in motion on a snow road path in view of excavator bulldozer effects, resistance forces caused by vertical strain of snow and abrasion of the car underside or chassis elements of surface is examined

При движении колесной машины по деформируемому грунту силу сопротивления P_c можно разделить на две составляющие

$$P_c = P'_f + P_f, \quad (1)$$

где P'_f — сила внутреннего сопротивления; P_f — сила внешнего сопротивления.

Внутреннее сопротивление включает в себя потери на внутреннее трение в стенках шины при их изгибе и выпрямлении, потери на внутреннее трение в резине протектора при ее циклическом сжатии [1].

Составляющие внешнего сопротивления [2, 3]

$$P_f = P_{fc} + P_{f\text{эб}} + P_{f\text{фр}} + P_{f\text{дн}} + P_{f\text{кр}} + P_{fa} + P_{fw}, \quad (2)$$

где P_{fc} — сила сопротивления, обусловленная деформацией снежного полотна пути колесом машины; $P_{f\text{эб}}$ — сила сопротивления от экскавационно-бульдозерных эффектов; $P_{f\text{фр}}$ — сила сопротивления движению от фрезерования настовой корки и внутримассивных