

ПОВЫШЕНИЕ ЭКОНОМИЧНОСТИ РАБОТЫ ВЕНТИЛЯТОРА ОХЛАЖДАЮЩЕГО УСТРОЙСТВА ТЕПЛОВОЗА 2М62

Розглянуто способи зміни подачі осевих вентиляторів у системах охолодження теплоносіїв дизелів тепловозів. Запропоновано новий спосіб регулювання подачі, дано опис його роботи з погляду автоматичного регулювання. Вказана (у скороченні) методика розрахунку оптимальних параметрів роботи вентилятора у всьому діапазоні зміни подачі.

Рассмотрены способы изменения подачи осевых вентиляторов в системах охлаждения теплоносителей дизелей тепловозов. Предложен новый способ регулирования подачи, дано описание его работы с точки зрения автоматического регулирования. Указана (в сокращении) методика расчета оптимальных параметров работы вентилятора во всем диапазоне изменения подачи.

The article considers the ways of changing the supply of the axial fans in the heat-carrier cooling systems in the engines of diesel locomotives. A new way of the supply regulation has been provided, a description of its work from the point of view of automatic control has been given. There has been also provided an abridged procedure of calculating the optimum parameters of the fan operation within the whole range of the supply change.

При эксплуатации тепловозов внешние возмущения, действующие на систему охлаждения силовых установок, постоянно изменяются. Распределение этих воздействий при работе тепловоза носит случайный характер.

К основным внешним возмущающим воздействиям относятся: изменение нагрузки дизель-генераторной установки в процессе эксплуатации; переключение позиций контроллера машиниста; изменение внешних условий работы тепловозов, такие как температура воздуха, атмосферное давление, относительная влажность, а также некоторые другие.

В тоже время работа силовых установок при любых внешних возмущающих воздействиях должна поддерживаться в режимах, обеспечивающих наибольшую экономичность.

Совокупность этих условий определяет ряд требований к автоматическим системам регулирования температуры [5].

Регулирование температуры теплоносителей дизелей осуществляется изменением расхода охлаждающего воздуха $G_{вз}$, продуваемого через секции радиаторов охлаждающего устройства (ОУ) тепловоза при помощи осевого вентилятора.

Изменение расхода охлаждающего воздуха $G_{вз}$ через секции может осуществляться различными способами [1]:

- изменением частоты вращения вентилятора ω_v при угле установки лопаток вентилятора $\alpha_v = \text{const}$;
- изменением угла установки лопаток вентилятора α_v при $\omega_v = \text{const}$;

- путем дросселирования сети ОУ;
- совместный способ регулирования, при котором регулирование подачи вентилятора осуществляется путем одновременного изменения ω_v и α_v .

Первый способ получил распространение в большинстве тепловозов [5; 7]. В зависимости от типа привода вентилятора осуществляется либо ступенчатое (2ТЭ116, ТЭ109, ТЭ114), либо непрерывное (ТЭ10, ТЭП60, ТЭП70, ТЭМ7) управление ω_v .

Второй способ регулирования применялся в качестве опытного [8] на грузовых тепловозах (ТЭЗ, 2ТЭ121) и широкого распространения не получил.

Регулирование расхода охлаждающего воздуха $G_{вз}$ осевого вентилятора при помощи дросселирования сети является самым неэкономичным способом [1], т. к. в процессе дросселирования смещается его рабочая точка, что приводит к снижению КПД вентилятора и, следовательно, увеличению мощности на его привод. На тепловозах такой способ регулирования в широком диапазоне изменения расхода охлаждающего воздуха $G_{вз}$ не применяется, а используется в качестве предварительной ступени регулирования, осуществляемой до пуска вентиляторов и реализуется путем открытия и закрытия жалюзи ОУ.

При проектировании ОУ расчет параметров работы вентилятора ведется только для номинального режима работы регулируемого объекта, а режимы холостого хода и частичных нагрузок

не учитываются. На этих режимах параметры работы вентилятора не всегда соответствуют оптимальным, что приводит к увеличению удельных затрат мощности на его привод. Наиболее экономичным способом регулирования расхода охлаждающего воздуха $G_{вз}$, подаваемого вентилятором ОУ тепловоза, мог бы быть предлагаемый совместный способ регулирования.

При таком способе регулирования ω_b и α_b могут дискретно или непрерывно изменяться в зависимости от требуемого $G_{вз}$. Реализация данного способа возможна при применении микропроцессорных систем регулирования температуры [3].

На рис. 1. приведена одна из возможных функциональных схем осевого вентилятора как исполнительно-регулирующего устройства (ИРУ) микропроцессорной АСРТ с отдельным регулированием скорости вращения вентиляторного колеса и угла установки лопаток.

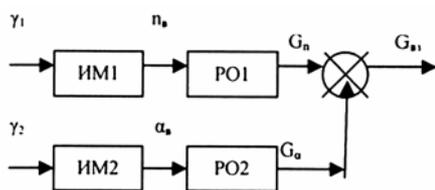


Рис. 1. Функциональная схема осевого вентилятора как исполнительно-регулирующего устройства (ИРУ)

ИРУ содержит осевой вентилятор с независимым приводом, исполнительными механизмами ИМ1 и ИМ2, которые управляют рабочими органами РО1 и РО2. Система управления (СУ) с микропроцессорным блоком, содержащим математическую модель и датчики, который, в зависимости от внешнего возмущения, осуществляет перерасчет значений управляющих сигналов γ_1 , γ_2 и подачу их на исполнительные механизмы. Таким образом, осуществляется непрерывное регулирование расхода охлаждающего воздуха $G_{вз}$ в зависимости от величины внешнего возмущения системы с максимально возможным КПД и, следовательно, минимальной мощности на привод вентилятора. На данное ИРУ получен патент на изобретение [9].

Работа ИРУ осуществляется следующим образом:

1. В зависимости от температуры теплоносителей, температуры окружающего (охлаждающего) воздуха и др. параметров, преобразуемых при помощи датчиков в сигналы рассогласования, в микропроцессорном блоке системы рассчитывается требуемая величина расхода охлаждающего воздуха $G_{вз}$.

2. Математическая модель [4] работы вентилятора в зависимости от величины расхода

охлаждающего воздуха $G_{вз}$ рассчитывает ω_b и α_b , при которых коэффициент полезного действия КПД будет максимальным.

3. Далее СУ выдает управляющие сигналы, которые подаются на ИМ1 и ИМ2 и далее к РО1 и РО2, которые устанавливают требуемые значения ω_b и α_b .

4. При изменении возмущающего воздействия на систему, в программном блоке происходит перерасчет параметров $G_{вз}$, а, следовательно, ω_b и α_b , далее цикл работы ИРУ повторяется.

Рассмотрим пример оптимизации параметров работы вентиляторов ОУ тепловозов серии ТЭП60 и М62 (2М62).

Данные серии тепловозов имеют близкие аэродинамические характеристики сети ОУ и конструкционные параметры вентиляторов [2].

Как известно [1] расход мощности на привод вентилятора определяется выражением (кВт)

$$N_b = \frac{G_{вз} \cdot H}{1000 \cdot \eta_b}, \quad (1)$$

где $G_{вз}$ – расход воздуха, м³/с; H – напор вентилятора, Па; η_b – КПД вентилятора.

При этом напор и КПД вентилятора являются функциями $G_{вз}$

$$H = f(G_b) \text{ и } \eta_b = f(G_{вз}).$$

Расчет $\eta_b = f(G_{вз})$ при совместном способе регулирования ведется следующим образом:

1. В зависимости от температуры теплоносителей определяется требуемое количество $G_{вз}$ во всем диапазоне работы дизель-генераторной установки (для тепловоза серии 2М62 при $t_{вз}$ равной -20°C $G_{вз, \max} \approx 35 \text{ м}^3/\text{с}$).

2. На основании значений $G_{вз}$ рассчитываются безразмерные характеристики сети.

3. Определяются точки пересечения безразмерных характеристик сети с напор-расходными характеристиками вентилятора – рабочие точки вентилятора.

4. Определяется КПД для различных α_b , соответствующий рабочим точкам вентилятора.

5. Из полученной матрицы КПД для одного значения $G_{вз}$ выбирается η_{\max} и определяется значение $\alpha_{\text{опт}}$.

6. На основании η_{\max} определяется значение безразмерного коэффициента расхода ϕ , соответствующего $\alpha_{\text{опт}}$ и η_{\max} .

7. Расчет ω_b ведется по формуле

$$\omega_B = \frac{G_{B3}}{0,392 \cdot D_K^3 \cdot \varphi}, \quad (2)$$

где D_K – диаметр вентилятора, м; φ – безразмерный коэффициент расхода.

8. Производится расчет NB по выражению (1).

9. По результатам расчета для каждого значения G_{B3} создаются матрицы $\omega_{B, \text{опт}}$ и $\alpha_{B, \text{опт}}$ и строятся зависимости:

$$N_B = f(G_{B3}), \quad \omega_{B, \text{опт}} = f(G_{B3}),$$

$$\eta_B = f(G_{B3}), \quad \alpha_{B, \text{опт}} = f(G_{B3}).$$

Для экономического сравнения со штатной системой регулирования расчет повторяется при фиксированных значениях α_B . Рабочие точки вентилятора и значения η_B определяются по методике изложенной в работах [4; 6; 7], но в процессе эксплуатации эти параметры не изменяются. Таким образом, η_B будет определяться только величиной α_B .

На рис. 2 приведены затраты мощности на привод вентиляторов охлаждающего устройства

дизеля для совместного (1) и при штатного (2) способа управления вентилятором тепловоза М62 при температуре охлаждающего воздуха -20°C .

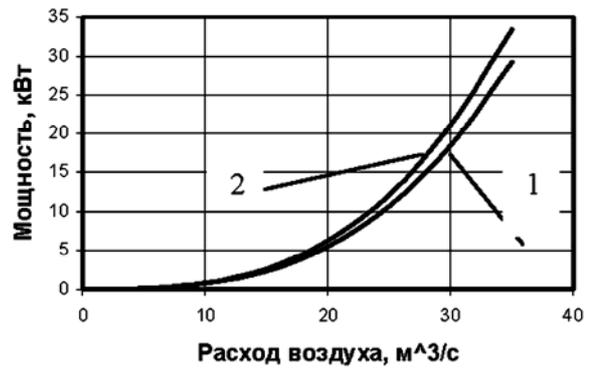


Рис. 2. Затраты мощности на привод вентиляторов охлаждающих устройств

Значения оптимальной мощности $N_{B, \text{опт}}$, затрачиваемой на привод вентилятора, оптимальных частот и углов $\omega_{B, \text{опт}}$ и $\alpha_{B, \text{опт}}$, а также разность затрат между предлагаемым способом управления вентилятором и штатным способом, приведена в таблице.

Таблица

Параметры работы вентилятора при совместной и штатной системах управления вентилятором

$G_{B3}, \text{ м}^3/\text{с}$	$H, \text{ Па}$	$\omega_{\text{опт}}, \text{ об/мин}$	$\omega_{2M62}, \text{ об/мин}$	$\alpha_{\text{опт}}, \text{ град}$	$\alpha_{2M62}, \text{ град}$	$\eta_{B, \text{опт}}$	$\eta_{B, 2M62}$	$N_{\text{опт}}, \text{ кВт}$	$N_{2M62}, \text{ кВт}$	$\Delta N, \%$
3	9,28	76,27	83,37	24,0	20	0,81	0,73	0,034	0,036	5,23
5	18,46	126,7	128,1	24,6	20	0,83	0,782	0,106	0,117	9,57
10	61,58	176,5	249,8	35,0	20	0,84	0,788	0,73	0,800	10,01
15	133,5	262,3	370,1	35,0	20	0,844	0,788	2,37	2,640	10,44
20	234,2	349,8	499,7	35,0	20	0,844	0,788	5,54	6,080	10,44
25	363,7	437,3	616,9	35,0	20	0,844	0,788	10,76	12,010	10,44
30	522,0	520,1	740,3	35,0	20	0,847	0,788	18,49	20,690	10,44
35	709,1	606,8	863,7	35,0	20	0,847	0,788	29,30	32,800	10,44

Из анализа рис. 2 и таблицы следует, что при совместном способе регулирования подачи вентилятора при его установке в ОУ тепловоза 2М62 величина затрат на его привод будет снижаться пропорционально увеличению подачи по сравнению со штатной системой регулирования. По сравнению со штатной системой управления, подача вентилятора реализуются при больших углах установки лопаток вентилятора, что соответствует более высокому КПД вентилятора, и при меньших частотах вращения.

Наибольшая экономия достигается при максимальной подаче вентилятора, $35 \text{ м}^3/\text{с}$

и составляет 10,44 % по сравнению со штатной системой управления. При работе вентилятора в охлаждающем устройстве тепловоза ТЭП60, который имеет угол установки лопаток вентилятора 20° величина экономии увеличивается и при максимальной подаче составляет 14,25 %

Данные расчеты не учитывают потери мощности в приводе вентилятора. Расчетная величина экономии относится только к расходу мощности на привод вентилятора.

Также необходимо отметить, что в зоне низких расходов, в которой тепловоз работает большую часть времени [2], экономия состав-

ляет 5...10 %, что позволяет сделать вывод об экономичности совместного регулирования во всем диапазоне работы ОУ тепловоза. Такая система регулирования может дополнять уже существующие на локомотивах системы регулирования температуры и при небольшой модернизации позволит дополнительно экономить дизельное топливо.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Брусиловский И. В. Аэродинамика осевых вентиляторов. – М.: Машиностроение, 1984. – 240 с.
2. Кононов В. Е. Справочник машиниста тепловоза / В. Е. Кононов, А. В. Скалин, В. Д. Шаров. – М.: Желдориздат, 2004. – 320 с.
3. Космодамианский А. С. Измерение и регулирование температуры обмоток тяговых электрических машин локомотивов. Монография. – М.: РГОТУПС, 2002. – 286 с.
4. Космодамианский А. С. Оптимизация параметров исполнительно-регулирующих устройств микропроцессорных систем регулирования температуры на тепловозах / А. С. Космодамианский, И. А. Алейников, Ю. В. Попов // Инновации в эксплуатации и развитии инфраструк-

туры железнодорожного транспорта: Сборник докладов научно-практической конференции. – М.: ВНИИЖТ, 2004. – С. 176.

5. Куликов Ю. А. Системы охлаждения силовых установок тепловозов. – М.: Машиностроение, 1998. – 280 с.
6. Луков Н. М. Методика выбора оптимальных параметров работы осевого вентилятора в системе охлаждения тепловоза / Н. М. Луков, А. С. Космодамианский, Ю. В. Попов, А. И. Герасимов, А. И. Кравцов. – М. 2003., 7 с., деп. в ВИНТИ 12.12.2003, № 2277 В2003.
7. Тепловозы. Конструкция, теория и расчет / Под ред. Н. И. Панова. – М.: Машиностроение, 1976. – 544 с.
8. Эксплуатационные испытания и доводка вентилятора с поворотными лопастями с системы автоматического управления. Отчет по НИР. И-81-65. ВНИТИ, Коломна, 1965 г.
9. Патент 2201028. Исполнительно-регулирующее устройство для автоматических систем регулирования температуры обмоток тяговых электрических машин. Н.М. Луков, А. С. Космодамианский, И. А. Алейников. – Оpubл. В Б.И., 2003, – № 8.

Поступила в редколлегию 17.11.2005.