

СИСТЕМА ТЕХНИЧЕСКОГО ДИАГНОСТИРОВАНИЯ ДИЗЕЛЬ-ГЕНЕРАТОРА

К.И. Гудименко
(представил д.т.н., проф. Б.Т. Кононов)

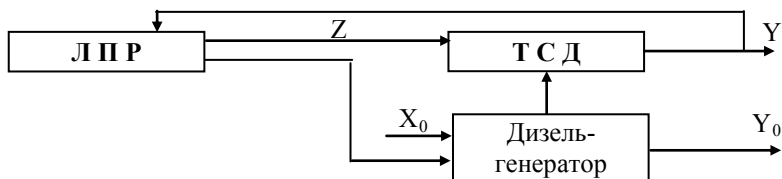
Рассматривается система технического диагностирования дизель-генератора. В качестве показателя, по которому оценивают различные системы, принят коэффициент готовности. Определяется период диагностирования системы, при котором выбранный показатель максимален.

Показателем, по которому можно было бы оценить организацию диагностирования и сравнить различные системы диагностирования, является коэффициент готовности K_2 . Для систем электроснабжения военного назначения критерием оценки эффективности является правило $K_2 \rightarrow \max$ [1].

Специфические условия эксплуатации дизельных электростанций на командных пунктах различных звеньев управления или в составе унифицированных систем внутреннего электроснабжения, где они являются резервными или автономными источниками электроэнергии, требуют организации контроля технического состояния их систем, агрегатов и отдельных узлов, существенно отличающегося от формы контроля вооружения и военной техники. Суть специфики заключается в том, что весь длительный период эксплуатации дизельных электростанций объектов общевойсковой и специального назначения состоит из повторяющейся последовательности следующих трех режимов работы: режима боевого дежурства, режима пуска и режима использования по основному назначению.

Методика технического обслуживания дизель-генераторов в настоящее время регламентируется в соответствии с руководящими документами по эксплуатации объекта, где установлен дизель-генератор, как по срокам, так и по объему, что не соответствует фактическому техническому состоянию агрегатов. В результате этого возможен ненужный демонтаж отдельных узлов и деталей и выполнение ряда ненужных или пропуск необходимых мероприятий. После демонтажа исправных агрегатов и элементов и последующего их монтажа неизбежен период приработки, что повышает износ и, кроме того, приводит к неоправданным материальным и трудовым затратам. Перечисленные требования регламентируют организацию системы диагностирования дизель-генератора и накладывает ограничения на струк-

туру системы диагностирования. Лицо, проводящее диагностирование, должно иметь возможность видоизменять условия работы дизель-генератора. Структурная схема системы диагностирования, позволяющей



оперативно влиять на протекание процесса оценки технического состояния дизель-генератора, приведена на рис. 1.

Рис. 1. Структурная схема системы диагностирования

В принятой схеме лицо, принимающее решение (ЛПР), получает информацию о реакции объекта и имеет возможность воздействовать не только на технические средства диагностирования (сигнал Z), но и на объект диагностирования (сигнал X). Дизель-генератор в процессе диагностирования функционирует по назначению, и на него поступают входные воздействия, на которые он реагирует (реакция Y_0).

Дизель-генератор, работающий в системе электроснабжения военного или специального назначения, является объектом случайнопериодического использования, большую часть времени находящемся в режиме дежурства. Для такого объекта проверка работоспособности должна проводиться как в рабочем, так и в дежурном режиме. Для возможности проведения таких проверок необходимо предусмотреть так называемые пуски на прокрутку, в ходе которых осуществляется проверка работоспособности и прогнозирование дизель-генератора, по результатам которых в случае необходимости проводится поиск дефекта, его устранение и последующая за этим проверка работоспособности.

Алгоритм работы системы диагностирования дает ответ на вопрос о том, в каких возможных состояниях может находиться дизель-генератор. Это, прежде всего, его *исправное состояние*, когда дизель-генератор работает, и в нем нет дефектов. Во *втором состоянии* генератор диагностируется, и дефектов нет. *Третье состояние* соответствует работе дизель-генератора и возникновению в нем дефекта. *Четвертое состояние* соответствует ситуации, когда возник дефект, и дизель-генератор диагностируется. *Пятое состояние* соответствует ситуации восстановления работоспособности дизель-генератора.

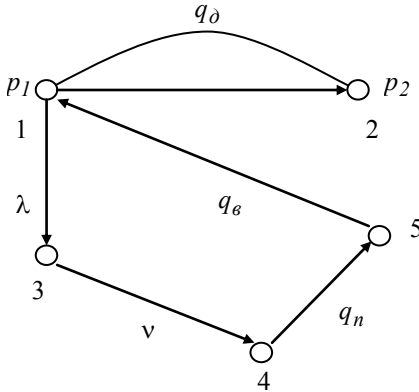
Построим граф переходов системы диагностирования из состояния в состояние. Будем считать, что процесс переходов можно рассматривать как марковский процесс. Граф переходов представлен на рис. 2.

В соответствии с представленным графом, система уравнений, опи-

сывающих состояние дизель-генератора, имеет вид:

$$\begin{aligned} p_1 \cdot (\lambda + \nu) &= p_2 \cdot q_d + p_5 \cdot q_e; & p_1 \cdot \nu &= p_2 \cdot q_d; \\ p_1 \cdot \lambda &= p_3 \cdot \nu; & p_3 \cdot \nu &= p_4 \cdot q_n; & p_4 \cdot q_n &= p_5 \cdot q_e, \end{aligned} \quad (1)$$

где λ – интенсивность отказов; ν – интенсивность диагностирования;



q_d – интенсивность проведения проверок исправного двигателя; q_n – интенсивность поиска дефектов; q_e – интенсивность восстановления.

Понимая коэффициент готовности дизель-генератора как вероятность отсутствия дефекта в заданный момент времени, запишем выражение для K_2 в виде:

Рис. 2. Граф переходов для пяти состояний

$$K_2 = p_1 / \left(\sum_{i=1}^5 p_i \right). \quad (2)$$

Подставляя (1) в (2), получим:

$$K_2 = \frac{1}{1 + \frac{\nu}{q_d} + \frac{\lambda}{\nu} + \frac{\lambda}{q_n} + \frac{\lambda}{q_e}}. \quad (3)$$

Учитывая, что $\lambda = \frac{1}{T_3}$; $\nu = \frac{1}{T_d}$; $q_d = \frac{1}{\tau_d}$; $q_n = \frac{1}{\tau_n}$; $q_e = \frac{1}{T_e}$, получим:

$$K_2 = \frac{T_3 \cdot T_d}{T_3 \cdot T_d + T_3 \cdot (T_e + \tau_n) + T_d^2 + T_3 \cdot \tau_d}, \quad (4)$$

где T_3 – время работы дизель-генератора в исправном состоянии; T_d – период диагностирования; τ_d – продолжительность диагностирования исправного дизель-генератора; τ_n – продолжительность поиска дефектов дизель-генератора; T_n – время восстановления исправного состояния.

Для определения периода диагностирования, при котором достигается максимальная вероятность отсутствия дефекта, возьмем производную по T_d и, приравняв ее к нулю, определим период диагностирова-

ния T_{δ}^* , при котором $K_z = K_{z\max}$:

$$T_{\delta}^* = \sqrt{T_3 \cdot \tau_{\delta}}. \quad (5)$$

Наиболее опасным для дизель-генератора является режим пуска. В этом режиме интенсивность отказов составляет $1,46 \cdot 10^{-3} \text{ час}^{-1}$, и именно по этому режиму необходимо выбирать величину T_3 , которая соответственно равна 712 часам. Предлагаемая система диагностирования позволяет установить факт неисправности за время τ_{δ} , не большее, чем один час. Анализ результатов диагностирования, проведенный лицом, принимающим решение, дает возможность обнаружить место дефекта за время τ_n , не большее, чем два часа. Время восстановления работоспособного состояния T_6 зависит от вида дефекта и в самом неблагоприятном случае не превышает 48 часов. Для названных значений T_3 , τ_{δ} , τ_n и T_6 период диагностирования T_{δ} окажется приблизительно равным 27 часам. Таким образом, пуски на прокрутку, в ходе которых осуществляется диагностирование дизель-генератора, следует проводить не реже, чем один раз в сутки. Коэффициент готовности дизель-генератора в этом случае окажется равным $K_z = 0,873$.

Для недиагностируемого дизеля коэффициент готовности K'_z :

$$K'_z = T_3 / (T_3 + T'_6), \quad (6)$$

где T'_6 – время восстановления недиагностируемого объекта, включающее в себя как время восстановления T_6 , так и среднее время поиска дефекта τ'_{ncp} . Среднее время поиска дефекта недиагностируемого дизеля примерно втрое больше времени устранения дефекта, и составляет 144 часа, а $T_6 = 192$ часа. Таким образом, коэффициент готовности недиагностируемого дизеля равен 0,787, т.е. у диагностируемого дизеля K_z больше на величину, равную 0,066, т.е. больше на 8,5 %.

Еще больший выигрыш, особенно качественного характера, следует ожидать при внедрении прогнозирования технического состояния.

ЛИТЕРАТУРА

1. Терещенков В.К., Кононов Б.Т., Морозов В.П. и др. *Источники и первичные преобразователи энергии*. – МО СССР, 1979.

Поступила 23.09.2002

ГУДИМЕНКО Кирилл Игоревич, ассистент кафедры ХВУ. В 1994 году окончил ХВУ. Область научных интересов – электроэнергетика.