

УДК 629.42

А.А.Лукьянов, инж.

МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЙ ПОДХОД К ДИАГНОСТИРОВАНИЮ ДИЗЕЛЬ-ГЕНЕРАТОРОВ

Дизель-генератор или любая его система – объект, который характеризуется рядом функций целевого назначения. При эксплуатации он (она) может принимать некоторые состояния, имеющие определенные свойства и определенные выходные параметры, которые под воздействием различных факторов могут изменять свои значения. Если в результате диагностирования установлено, что они соответствуют заданным значениям, то объект (система) считается технически исправным [1].

Степень достоверности оценки исправного состояния объекта зависит от того, насколько полно контролируемые параметры отражают его состояние. Кроме того, число контролируемых параметров должно быть достаточным для определения фактического состояния объекта с целью локализации неисправного элемента.

Выбор наиболее эффективных параметров возможен только на основе тщательного изучения функциональных связей и особенностей самого объекта [2-5].

Диагностируемый объект можно представить множеством элементов

$$M = \{m_1, m_2, m_3, \dots, m_n\}, \quad (1)$$

где индекс n , обозначает количество элементов объекта, имеющих множество функциональных параметров

$$F = \{f_1, f_2, f_3, \dots, f_l\}, \quad (2)$$

которые могут достигать значения l .

В объекте может быть множество неисправностей

$$N = \{n_1, n_2, n_3, \dots, n_i\}, \quad (3)$$

которые проявляются через множество симптомов

$$Z = \{z_1, z_2, z_3, \dots, z_j\}, \quad (4)$$

где индексы i и j означают количество неисправностей, возникающих в элементах, и количество симптомов соответственно.

Контроль исправного технического состояния объекта и локализация отказавшего элемента обеспечиваются множеством диагностических параметров

$$D = \{d_1, d_2, d_3, \dots, d_k\}, \quad (5)$$

количество, которых может быть k .

Значение каждого диагностического параметра d_k определяется одним симптомом или группой z_p .

Диагностические параметры могут быть зависимыми для всех или некоторых j и k , тогда

$$d_j \cap d_k = d_{jk} \quad (6)$$

и независимыми, $d_i \cap d_k = \emptyset$ для всех i и k при $i \neq j$.

Поскольку каждая неисправность, как правило, при работе объекта проявляется через определенные симптомы, то выбор множества диагностических параметров D должен основываться на анализе связей множества симптомов Z с множеством неисправностей N .

Методика выбора диагностических параметров D представляет анализ объекта диагностирования путем составления блок-схем структурных связей по выше приведенной методике.

Для диагностирования нецелесообразно и, практически, неосуществимо использовать все параметры множества D . Это повлечет за собой получение избыточной информации в связи наличием корреляционных связей между параметрами сложной системы объекта или перекрытие этих параметров по проверяемому множеству M элементов, а также недоступностью и трудностью их измерений. Следовательно, необходимо, определить оптимальное количество, диагностических параметров $D' \subset D$, которое должно:

- различать все возможные в условиях эксплуатации неисправности;
- обеспечивать наименьшее время и стоимость контроля.

Исходя из указанных требований к множеству диагностируемых параметров D , алгоритм оптимизации перечня параметров можно представить по градиентному методу. При этом в качестве направляющей функции используется отношение значения информации (математическое ожидание) \bar{J}_k , полученной при контроле параметра D_k множества элементов M , к величине затрат на этот контроль C_k

где

$$\bar{J}_k = H\{M_i\} \leftarrow p\{M_g \in M_k\} \lg_2 p\{M_g \in M_k\} - [1 - p\{M_g \in M_k\}] \lg_2 [1 - p\{M_g \in M_k\}] \quad (7)$$

$$C_k = c + \eta\tau(i) + \nu(i); \quad (8)$$

M_g – отказавший элемент;

c – стоимость контролирующего прибора;

η – коэффициент пропорциональности между “ценой” простоя дизель-генератора или всего объекта, где был установлен данный дизель-генератор, и временем диагностирования;

$\tau(i)$ – время, необходимое для контроля i -того параметра;

$v\tau(i)$ – "цена" потерь от не выявленной неисправности.

Анализируя функцию $F(2)$ для предварительно определенного перечня параметров, можно определить такой набор параметров, который соответствовал бы получению максимальной информации о состоянии объекта или его систем при наименьших затратах времени и средств. Исходя из сказанного, если дизель-генератор рассматривать как последовательный преобразователь энергии: химической (запасенной в топливе) через тепловую в механическую, а затем в электрическую, тогда возможно оценить его техническое состояние по качеству этапного преобразования энергии. Очевидно, что наиболее обобщенным (интегральным) критерием качества протекания рабочих процессов в дизель-генераторах являются динамические показатели переходных процессов.

В динамическом режиме дизель-генератор необходимо рассматривать как систему автоматического регулирования (рис.1), у которой интегральными диагностическими параметрами выступают динамические показатели (рис.2) [8, 9].

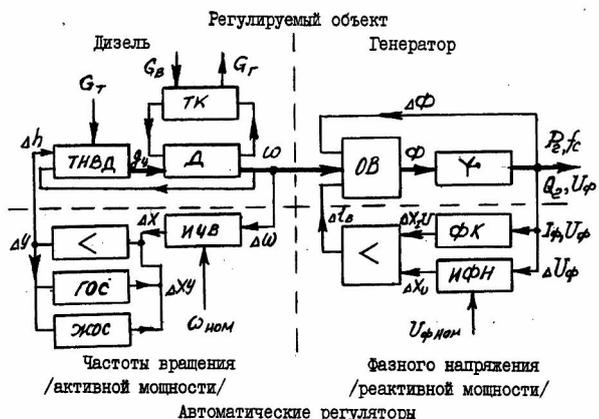


Рис. 1. Структурно-функциональная схема дизель-генератора со статическим возмущением: Д - дизель, ТК - турбокомпрессор, ТНВД - топливный насос высокого давления, ИЧВ - измеритель частоты вращения, ГОС и ЖОС - гибкая и жесткая обратные связи, ОВ - обмотка возбуждения. ФК - блок фазного компаундирования, ИФН - измеритель фазного напряжения; G_T , G_B и G_T - часовые расходы топлива, воздуха и отработанных газов, Φ - магнитный поток, P_2 , Q_2 и U_ϕ - выходные активная и реактивная мощности и фазное напряжение

Так как на динамические показатели оказывают влияние, как качество работы регуляторов, так и состояние всех статических показателей, то они являются наиболее интегральными диагностическими показателями. Но в процессе эксплуатации дизель-генераторов их реализация затруднена из-за того, что для вызова переходного процесса необходим импульс наброса или сброса нагрузки с большой

крутизной фронтов (одновременный наброс или сброс 100% нагрузки) или введения мощного синусоидального сигнала возмущения по нагрузке.

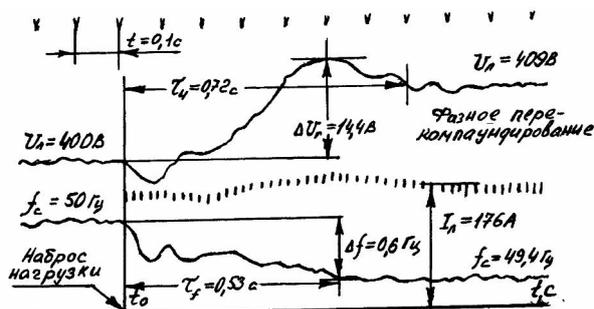


Рис. 2. Осциллограмма переходного процесса по частоте и напряжению при набросе активной нагрузки на дизель-генератор АСДА-100Т/400 (регулятор напряжения настроен на компенсацию падения напряжения в линии электропередачи)

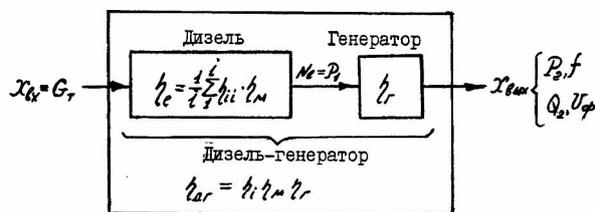


Рис. 3. Дизель-генератор, как четырехполюсник

В статическом режиме дизель-генератор может быть представлен как четырехполюсник (рис. 3), который характеризуется передаточной функцией

$$\eta_{де} = \frac{1}{i} \sum_1^i \eta_{ii} \eta_m \eta_c = \frac{x_{вых}}{x_{вх}} = \frac{P_2}{V_T H_u} = \frac{1}{v_T H_u}, \quad (9)$$

где $\eta_{де}$, η_{ii} , η_m и η_c – к.п.д. дизель-генератора, индикаторный i – того цилиндра, механический и генератора, соответственно;

V_T и P_2 – часовой объемный расход топлива при H_u низшей теплотворной способности и мощность на валу генератора;

v_T – удельный объемный расход топлива.

Очевидно, функцию F можно заменить функцией $\eta_{де}$ или $g_{де}$ для оценки качества рабочих процессов дизель-генератора в целом, или функциями η_i , η_m и η_c для оценки качества преобразования химической энергии топлива через тепловую энергию в механическую, величину механических потерь и качество преобразования в генераторе механической энергии в электрическую.

Если воспользоваться методикой [10], то дизель-генератор без систем управления и защит, можно представить в функционально-структурном виде (рис.4).

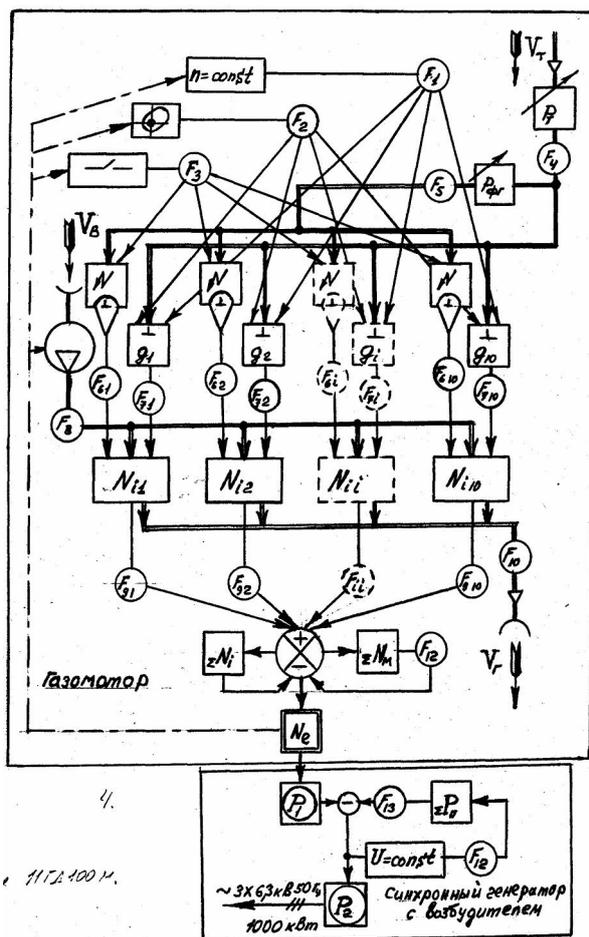


Рис. 4. Структурно-функциональная схема дизель-генератора

Как видно из схемы, ее основными функциональными элементами являются:

- регулятор частоты вращения - F_1 ;
- система подачи топлива - F_2
- воздушный тракт - F_3
- тепловые процессы в цилиндре - F_4 ;
- выпускная система - F_5 ;
- механические потери в механизмах - F_6 ;
- синхронный генератор - F_7 ;
- регулятор напряжения - F_8 .

В свою очередь, каждый из перечисленных элементов схемы характеризуется многими параметрами, зависит от элементов системы и влияет на нее.

Анализ довольно не полного перечня факторов, влияющих на техническое состояние дизель-генератора, показывает, что его общее техническое состояние может быть оценено по интегральному (обобщенному) диагностическому параметру, который охватывает всю совокупность функциональных зависимостей между процессами, протекающими в объекте при его эксплуатации.

Таковыми обобщенными параметрами могут, например, быть:

- цикловая неравномерность вращения коленчатого вала;
- удельный расход топлива;

Цикловая неравномерность вращения коленчатого вала позволяет «на верхнем уровне» определить ненормально работающий цилиндр двигателя и, таким образом, установить область поиска причин неисправности.

Однако, как показал опыт, для среднеоборотных много цилиндровых двигателей реализация этого метода связана с практическими трудностями из-за «фона» крутильных колебаний валопровода.

«Заброс» частоты вращения при мгновенных изменениях нагрузки успешно диагностирует только механизмы системы регулирования скорости, т.е. обладает определенной локальностью.

В качестве наиболее обобщенного и эффективного диагностического параметра, позволяющего на самом верхнем уровне фиксировать ненормальности в работе двигателя и определять направления дальнейших поисков их причин, является удельный расход топлива.

Список литературы:

1. Пархоменко П.П., Согомонян В.Г. Основы технической диагностики – М. Энергоиздат, 1981 –320 с.
2. Алексеев О.Г., Староселец В.Г. Алгоритмизация оптимального выбора параметров сложных систем для контроля их работоспособности. «Автоматика и телемеханика» 1965, №9 стр.1631 – 1638.
3. Алексеев О.Г., Староселец В.Г. Об оптимальном выборе параметров для контроля систем со сложной последовательностью обслуживания. «Автоматика и телемеханика», 1966, стр.107 – 114.
4. Гольдштейн О.С., Ютт В.С. К вопросу о работе оптимальной совокупности диагностических параметров. «Автомобильная промышленность» 1971, №5 стр.21 – 23.
5. Староселец В.Г. Определение основных параметров объекта контроля. «Известия АН СССР» Техническая кибернетика. 1971, №3, стр.103 – 104.
6. Берзаков Г.Ф. и др. Введение в техническую диагностику. М – Энергия, 1968 г., 224 с.
7. Пархоменко П.П. О технической диагностике. М. Знания 1063 –84 стр.
8. Толишин В.И. Устойчивость параллельной работы дизель-генераторов Л. Машиностроение. 1970, 200 стр.
9. Крутий Л.М. Диагностика дизель-электрических станций. «Особенности проектирования, эксплуатации и ремонта элементов и систем электоснабжения» Харьков ХВВКУ, 1976 г. стр.91 – 103.
10. Терещенков В.К., Крутий Л.М. Кононов Б.Т. Первичные источники энергии. МО СССР 1979 – 554 стр.