

УДК 62-52-83:656.56

А.С. Стеклов, А.В. Серебряков, В.Г. Титов

**СИСТЕМА ДИАГНОСТИКИ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ
СУДОВОГО СИНХРОННОГО ГЕНЕРАТОРА**

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Разработана математическая модель для диагностики синхронного генератора судовой энергетической станции в условиях эксплуатации. В работе показана реализация одного из модулей экспертной системы с применением аппарата нечёткой логики для диагностики технического состояния судового синхронного генератора. Получена поверхность нейро-нечеткого вывода, позволяющая установить зависимость значений выходной переменной от значений входных переменных нечеткой модели. Предложена модель оценки технического состояния на основе нечеткой логики с учетом неисправности оборудования, обеспечивающая повышение экономичности, увеличение ресурсных характеристик и продление межремонтного периода эксплуатации судовых синхронных генераторов

Ключевые слова: синхронный генератор, диагностика, нечёткая логика.

Основная трудность в создании адекватной системы диагностики состоит в том, что эксплуатация судового электрооборудования характеризуется нестабильностью. Это связано характерными для морской эксплуатации факторами: качка, переменные температура, давление окружающей среды и влажность, влияние человеческого фактора, необходимость осуществления маневров и связанные с этим переменные нагрузочные режимы.

Одним из направлений, определяющих повышение качества информационных технологий контроля и диагностики технического состояния, следует считать интеллектуализацию процессов обработки диагностической информации с использованием технологии экспертных систем, которые способны обеспечить повышение качества распознавания технического состояния объекта [1].

В настоящее время используется и разрабатывается много информационных систем, методов и средств контроля и диагностики технического состояния электрооборудования. Вместе с тем, необходимо совершенствование существующих и разработка новых технологий и практических методов, которые обеспечивали бы эффективное техническое обслуживание и ремонт электрооборудования по техническому состоянию [2].

Наиболее эффективной системой технического обслуживания и ремонта электрооборудования в настоящее время является система с методами организации ремонта, базирующимися на индивидуальном наблюдении изменения технического состояния в процессе эксплуатации путем контроля и диагностики, проводимых с установленными технической документацией глубиной и периодичностью.

Для определения технического состояния элементов судовых энергетических установок применение аппарата нечёткой логики позволяет работать с существующей неопределенностью, неполнотой и нечеткостью информации. Выбор решения по числовой информации в условиях неопределенности (риска) возникает в том случае, когда с каждым принимаемым решением связано некоторое множество возможных результатов с известными условными вероятностями.

В нечетких системах можно выделить составные компоненты:

- базу данных, содержащую функции принадлежности и их описание;
- множество нечетких правил;
- механизм вывода и агрегирования [2, 3].

В модели экспертной системы для определения технического состояния синхронного генератора входными переменными являются сопротивление изоляции R_{iz} , мощность актив-

ная P , мощность реактивная Q , температура обмотки статора t_{stat} , температура обмотки ротора t_{rot} , температура подшипника t_{podch} , вибрация генератора $vibracia$. Выходом является техническое состояние синхронного генератора.

На рис. 1 представлена структурная схема определения технического состояния синхронного генератора [4]. Входами являются перечисленные параметры синхронного генератора, выходом – его вероятные состояния, характерные для данных входных параметров.

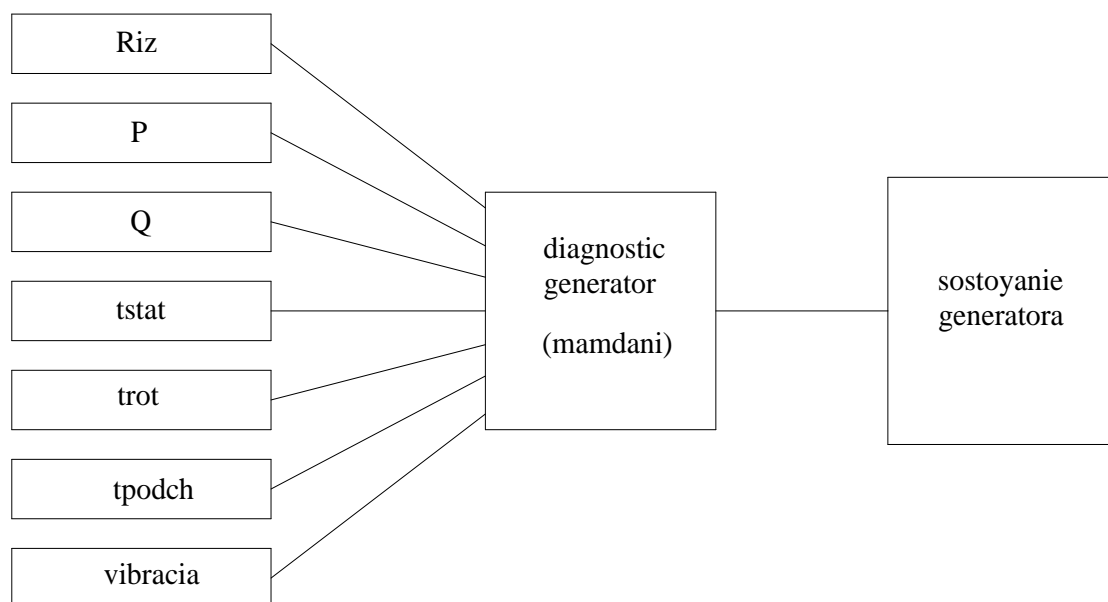


Рис. 1. Структурная схема определения технического состояния синхронного генератора

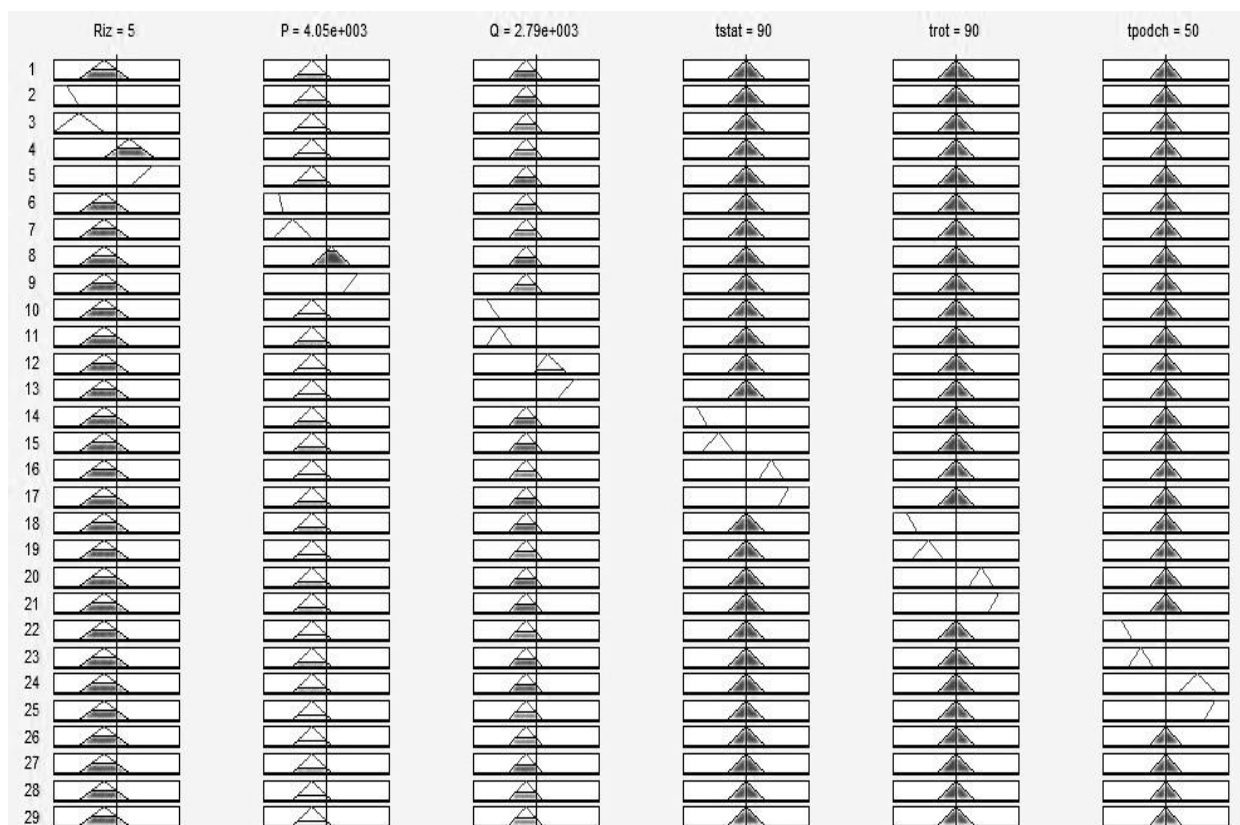


Рис. 2. Фрагмент редактора базы правил

Лингвистическая оценка значения выходной переменной производится с помощью пяти термов: {«очень низкое», «ниже нормы», «нормальное», «выше нормального», «очень высокое»} [5].

Причинно-следственные связи между значениями параметров и неисправностью формализуются в виде совокупности нечётких логических правил. Формат базового правила вывода «если – то» (if – then) называется нечёткой импликацией. Условием правила может быть утверждение « R_{iz} низкое», где «низкое» – терм заданный нечётким множеством на универсальном множестве лингвистической переменной R_{iz} . Следствием (заключением) для данного условия может быть «состояние генератора 0».

Нечёткая база знаний с информацией о зависимости «значение параметров – неисправность» содержит лингвистические правила.

Правила задаются экспертами на основе субъективных предпочтений о причине неисправности и не носят случайного характера. Информация может быть представлена в форме правил нечетких продукций. На рис. 2 представлен фрагмент редактора базы правил.

Можно выполнить визуальный анализ поверхности вывода для нейросетевой модели, которая также позволяет оценить значения выходной переменной. Выполнить анализ можно посредством визуализации поверхности нечеткого вывода. Для этой цели следует воспользоваться программой просмотра поверхности системы нечеткого вывода (рис. 3).

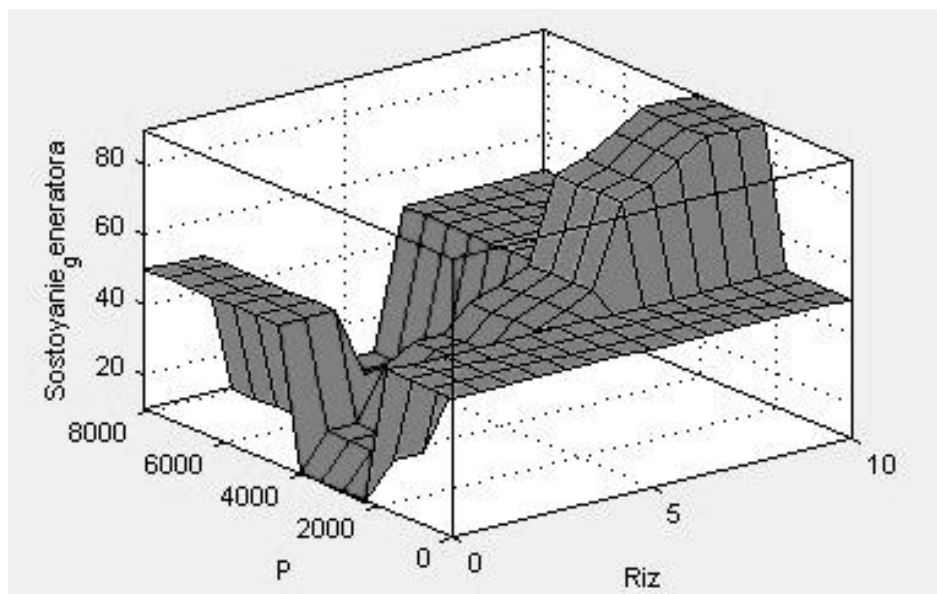


Рис. 3. Поверхность системы нейро-нечёткого вывода

Поверхность нечеткого вывода позволяет установить зависимость значений выходной переменной от значений входных переменных нечеткой модели. Кроме того, имеется возможность установления зависимости выходной переменной от одной из входных. Получение подобных зависимостей может послужить основой для программирования контроллера или аппаратной реализации соответствующего нечеткого алгоритма в форме таблицы решений.

На рис. 4 изображена модель диагностики технического состояния синхронного генератора.

Схема состоит из следующих элементов: $R_{iz}.mat$, $P.mat$, $Q.mat$, $trot.mat$, $tstat.mat$, $trodch.mat$, $vibracia.mat$ – массивы данных сопротивления изоляции, активной мощности, реактивной мощности, температуры обмотки статора, температуры обмотки ротора, температуры подшипника, вибрации генератора соответственно по выбранной неисправности из общего спектра в определенные промежутки времени; «diagnostic generator» - контроллер нечеткой логики анализа неисправности оценки общего состояния генератора. На выходе из системы мы имеем значение общего состояния генератора в процентном соотношении от общего ресурса.

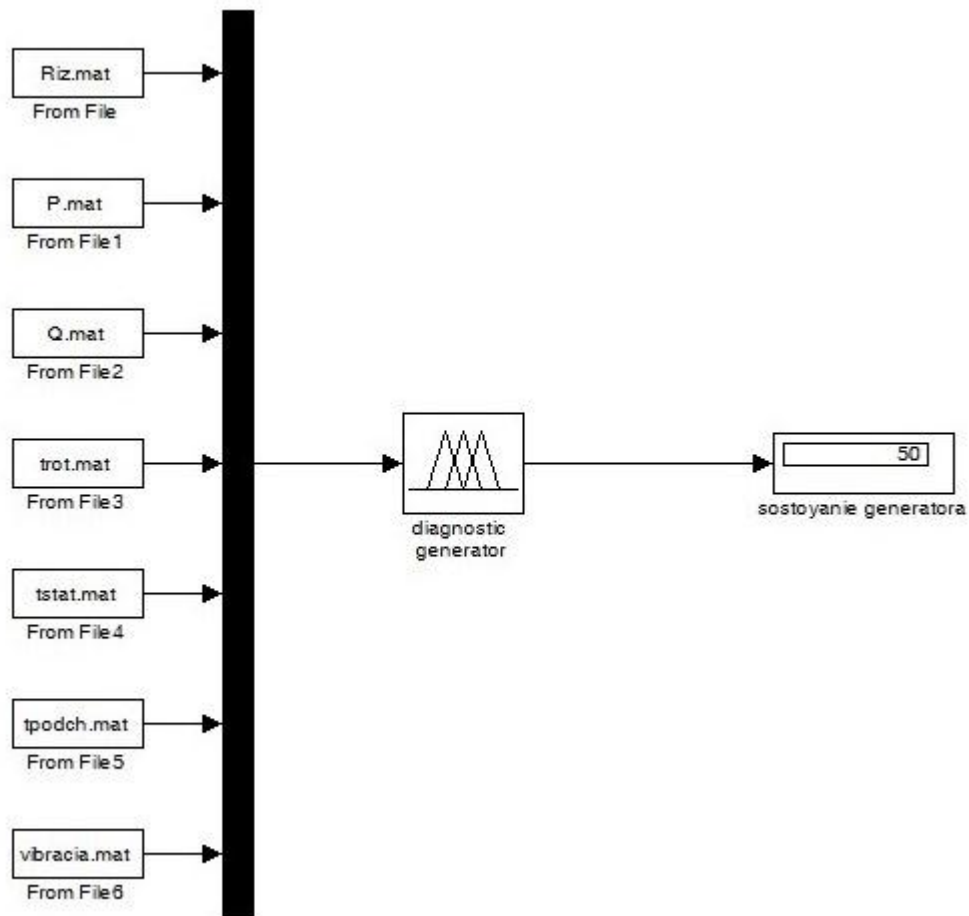


Рис. 4. Модель, разработанная в MATLAB Simulink для диагностики технического состояния синхронного генератора

При формировании вывода были заданы следующие отношения по общему состоянию генератора:

- от 0 до 20% - уровень состояния «очень низкое». Требуется вывод оборудования из строя вследствие или для предотвращения аварии;
- от 20 до 40% - уровень состояния «низкое». Требуется техническое обслуживание (замена подшипников, проверка состояния изоляции и т.д.), возможен временный вывод оборудования из строя;
- от 40 до 60% - уровень «нормальное». Требуется техническое обслуживание (ревизия, осмотр, проверка состояния узлов) без вывода оборудования из строя;
- от 60 до 80% - уровень «выше нормального». Требуется дополнительная обработка данных, полученных в ходе диагностики. Уровень подразумевает обработку данных для определения возможных неконтролируемых в данный момент неисправностей, косвенно влияющих на значения контролируемых параметров;
- от 80 до 100 % - уровень «очень высокое». Синхронный генератор находится в рабочем состоянии, никаких дополнительных действий, кроме записи показаний системы, не требуется.

Для реализации работы модели задавались массивы данных, имитирующие получаемые спектры сопротивления изоляции, активной мощности, реактивной мощности, температуры обмотки статора, температуры обмотки ротора, температуры подшипника, вибрации генератора. Затем из диапазонов каждого параметра выбиралось усредненное значение, данные подавались на вход нейро-нечеткого контроллера.

На выходе из системы мы будем иметь конкретный результат диагностики о состоянии синхронного генератора в режиме реального времени. В нашем случае состояние генератора – 50 %, требуется техническое обслуживание (ревизия, осмотр, проверка состояния узлов) без вывода оборудования из строя[6].

Вывод

Разработанная модель диагностики технического состояния судового синхронного генератора по диагностическим параметрам с использованием графических средств системы MATLAB может выполнить оценку системы нечеткого вывода для задачи диагностики.

Предложенная модель оценки технического состояния на основе нечеткой логики с учетом неисправности оборудования обеспечивает повышение экономичности, увеличение ресурсных характеристик и продление межремонтного периода эксплуатации судовых синхронных генераторов.

Библиографический список

1. **Онищенко, Г.Б.** Развитие энергетики России. Направления инновационно-технологического развития / Г.Б. Онищенко, Г.Б. Лазарев. – М.: РСА, 2008. – 200 с.
2. **Стеклов, А.С.** Нейро-нечеткая модель диагностирования технического состояния синхронного генератора / А.С. Стеклов, Д.С. Подковырин // Главный энергетик. 2015. № 11–12. С. 34–42.
3. **Васенин, А.Б.** Нечеткие модели и алгоритмы управления ветроэнергетическими установками / А.Б. Васенин, О.В. Крюков, А.В. Серебряков // Управление в технических системах (МКПУ-2012). – СПб.: ИПУ им. В.А. Трапезникова (РАН). 2012. С. 467–469.
4. **Серебряков, А.В.** Оптимизация диагностирования электромеханической части ветроэнергетических установок // Электрооборудование: эксплуатация и ремонт. 2013. № 3. С. 39–46.
5. **Серебряков, А.В.** Дифференцирование нагрузки в системах электроснабжения автономных потребителей / А.В. Серебряков [и др.] // Труды НГТУ им. Р.Е. Алексеева. 2015. № 2 (109). С. 203–209.
6. **Крюков, О.В.** Метод и система принятия решений по прогнозированию технического состояния электроприводных газоперекачивающих агрегатов / О.В. Крюков, А.В. Серебряков // Электротехнические системы и комплексы. 2015. № 4 (29). С. 35–38.

*Дата поступления
в редакцию 15.01.2016*

A.S. Steklov, A.V. Serebryakov, V.G. Titov

SYSTEM OF DIAGNOSTICS OF TECHNICAL STATE MARINE SYNCHRONOUS GENERATOR

Nizhny Novgorod state technical university n. a. R.E. Alexeev

A mathematical model for diagnostics of the synchronous generator of ship power station in operation. The paper shows the implementation of one of the modules of the expert system with application of fuzzy logic to diagnostics of technical condition of ship's synchronous generator. The obtained surface neuro-fuzzy inference, allowing to establish the dependence of values of the output variable from the values of the input variables for the fuzzy model. The model of estimation of technical condition on the basis of fuzzy logic taking into account equipment failures, providing increase of efficiency, increase of resource characteristics and extension of overhaul period of operation of ship synchronous generators

Key words: synchronous generator, diagnostics, fuzzy logic.