

## СИСТЕМА НЕЧЕТКОГО ВЫВОДА О КАЧЕСТВЕ ПЕРЕХОДНЫХ ПРОЦЕССОВ В ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВКАХ

*Розглянуті можливості сучасних комп'ютерних програм для моделювання режимів роботи електроенергетичних установок. Наведені вимоги по безаварійній експлуатації суднової електроенергетичної установки. Запропонована система для експертної оцінки режимів роботи суднової електроенергетичної установки.*

*Рассмотрены возможности современных компьютерных программ для моделирования режимов работы электроэнергетических установок. Приведены требования по безаварийной эксплуатации судовой электроэнергетической установки. Предложена система для экспертной оценки режимов работы судовой электроэнергетической установки.*

*Modern computer programs for electric power plant processes modeling are considered. Resulted requirement on accident-free exploitation of the ship electric plant settings. Offered system for the expert estimation for electric power plant processes.*

В настоящее время все большей популярностью среди разработчиков систем автоматического управления пользуются микропроцессорные системы автоматического управления и регулирования. Такие системы обладают значительными аппаратными ресурсами, позволяющими выполнять сложные математические расчеты. Также используются подсистемы, например – информационно-графическая система "CityCom-ЭлГраф" информационно-графической системы "CityCom [4].

Базовый комплекс информационно-графической системы "CityCom-ЭлГраф" предназначен для паспортизации и расчетов режимов и диспетчеризации городских электрокабельных сетей. Он содержит всю функциональность, необходимую для графического представления и описания сетей электроснабжения на масштабном или условномасштабном плане местности, включая базу данных паспортизации сетей и инструментарий для ввода и корректировки данных.

"ЭлГраф" позволяет моделировать произвольные режимы, в том числе аварийные и перспективные, на пиковое, среднее или минимальное электропотребление.

Режим моделирования позволяет оперативно получать ответы на вопросы типа "Что будет, если...?". Это дает возможность

избежать ошибочных действий при регулировании режима и переключениях на реальной сети, могущих повлечь неприятные и даже фатальные последствия[4].

Описанные выше возможности позволяют, имея математическую модель судовой электростанции до выполнения каких-нибудь действий оператором определять и оценивать результаты и производить обучение персонала на модели.

Поскольку физические процессы, происходящие в судовой электроэнергетической установке при нестандартных рабочих режимах, трудно смоделировать, предлагается использовать систему нечеткого вывода, основанную на знаниях эксперта.

Такая система будет моделировать процесс оценки и принятия решения опытным специалистом о результатах моделирования режима или о протекающих процессах.

В состав системы будут входить требования нормативных документов по допустимым параметрам и методы эвристического анализа, применяемые экспертами.

Например, для системы нечеткого вывода о процессах, протекающих в судовой электростанции, входят требования, изложенные в [3].

Рекомендуется применять такие устройства защиты генераторов от перегрузок, которые имеют световую и звуковую сигнализацию о перегрузке, действующую с выдержкой до 15 мин для нагрузок от 100 до

110% номинального тока, и выключение генераторов для нагрузок в пределах от 110 до 150% номинального тока.

Рекомендуется, чтобы для уставки защиты на 150% номинального тока генератора выдержка не превышала 2 мин. При нагрузке, превышающей 150% номинального тока, отключение генератора должно по возможности происходить без выдержки времени.

Защита от минимального напряжения должна обеспечивать возможность надежного подключения генераторов к шинам при напряжении 85% и более номинального и исключить возможность подключения генераторов к шинам при напряжении менее 35% номинального, а также отключать генераторы при снижении напряжения на их зажимах в пределах от 70 до 35% номинального.

Генераторы переменного тока должны иметь системы регулирования напряжения, чтобы при изменении нагрузок от холостого хода до номинальных при номинальном коэффициенте мощности поддерживалось номинальное напряжение с точностью до  $\pm 2,5\%$ .

Внезапное изменение симметричной нагрузки генератора, работающего при номинальной частоте вращения и номинальном напряжении, при имеющемся токе и коэффициенте мощности не должно вызывать снижения номинального напряжения ниже 85% и повышения выше 120%. Напряжение генератора должно в течении не более 1,5 с восстанавливаться в пределах  $\pm 3\%$  номинального напряжения.

В качестве эвристического метода оценки может быть использован критерий, использованный в [1], за основу формы которого выбран общепринятый в автоматике функционал – интеграл модуля отклонения контролируемого параметра  $y(t)$  от установившегося значения  $y(\infty)$ :

$$I = \int_0^{\infty} |\Delta y| dt,$$

где  $\Delta y = y(t) - y(\infty)$ .

Наиболее объективным и удобным показателем качества является площадь под кривой частоты вращения ротора генератора.

После моделирования или получения параметров контролируемого процесса система должна сформировать кортеж значений

базовых переменных для соответствующих входных лингвистических переменных.

Базовыми переменными являются: время переходного процесса, напряжение генератора, ток нагрузки, площадь под кривой частоты вращения ротора генератора.

Далее этот массив значений подается в нечеткую модель оценки переходных процессов и после обработки данных с помощью нечеткой логики выдается значение базовой переменной, соответствующей выходной лингвистической переменной, т.е. получаем оценку переходного процесса. В этом случае наиболее эффективным является применение нечеткого логического вывода Мамдани – типа[2].

#### 1. Лингвистическая оценка переменных

Переменная	Диапазон значений	Наименование (обозначение) термов	Функция принадлежности
Время переходного процесса(B), с	0,5-1,5 >1,5	Normal(N) Protection(P)	zmf smf
Напряжение генератора(H), %	<=35 35-70 >=85	Protection(P) SwitchOff(SO) Normal(N)	zmf trapmf smf
Ток (T), %	80-110 110-170	Alarm(A) Protection(P)	trapmf trapmf
Площадь под кривой(П),	30 50	Normal(N) Bad(B)	zmf smf
Результат(P)	0-0,3 0,3-0,5 0,5-1	Normal(N) Alarm(A) Protection(P)	zmf trapmf smf

Диапазоны значений базовых переменных для каждого термина приведены в таблице 1. (zmf – Z-образная функция принадлежности, smf – S-образная функция принадлежности, trapmf- трапециевидная функция принадлежности).

Экспертная база знаний представлена в таблице 2 (О - операция между входными переменными).

Поверхность для принятия решений о качестве процесса по времени переходного процесса и напряжению представлена на рис. 1.

На рис. 1 часть поверхности, обозначенная цифрой 1 (напряжение от 85 до 100% номинального, время переходного процесса от 0 до 1,5 с), соответствует безаварийному ре-

жиму работы генераторов, обозначенная цифрой 2 соответствует аварийному режиму по напряжению (срабатывает защита по напряжению), обозначенная цифрой 3 соответствует аварийному режиму сразу по двум параметрам.

Поверхность для принятия решений о качестве процесса по току и напряжению генератора представлена на рис. 2.

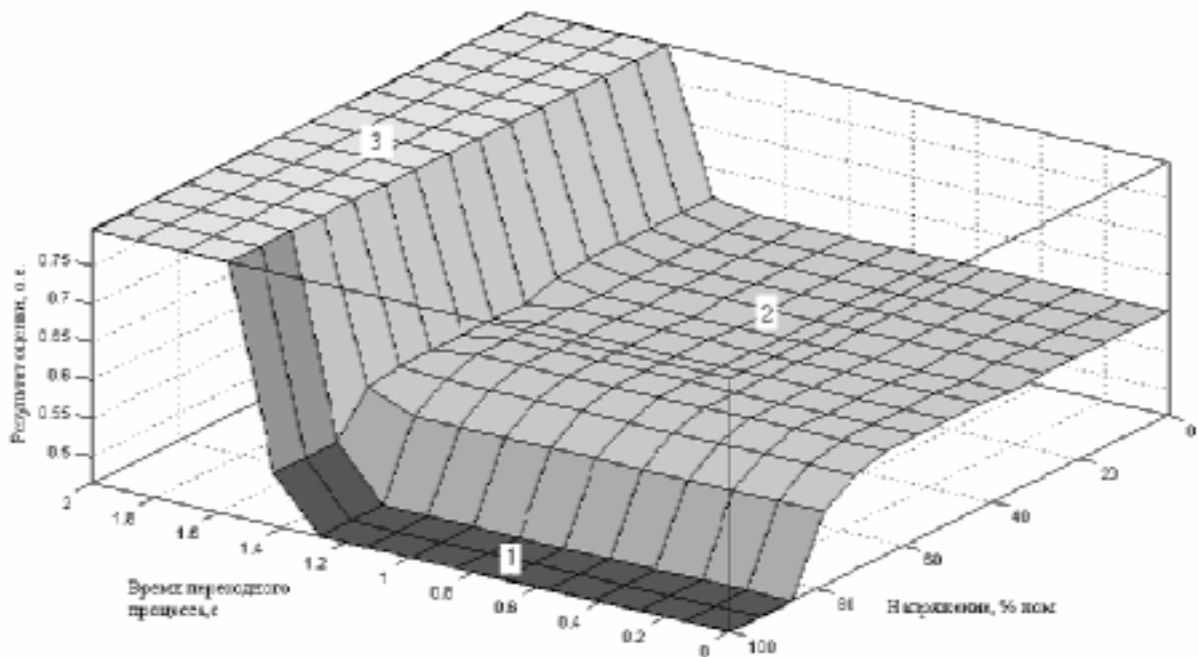


Рис. 1. Поверхность принятия решений по времени переходного процесса и напряжению генератора

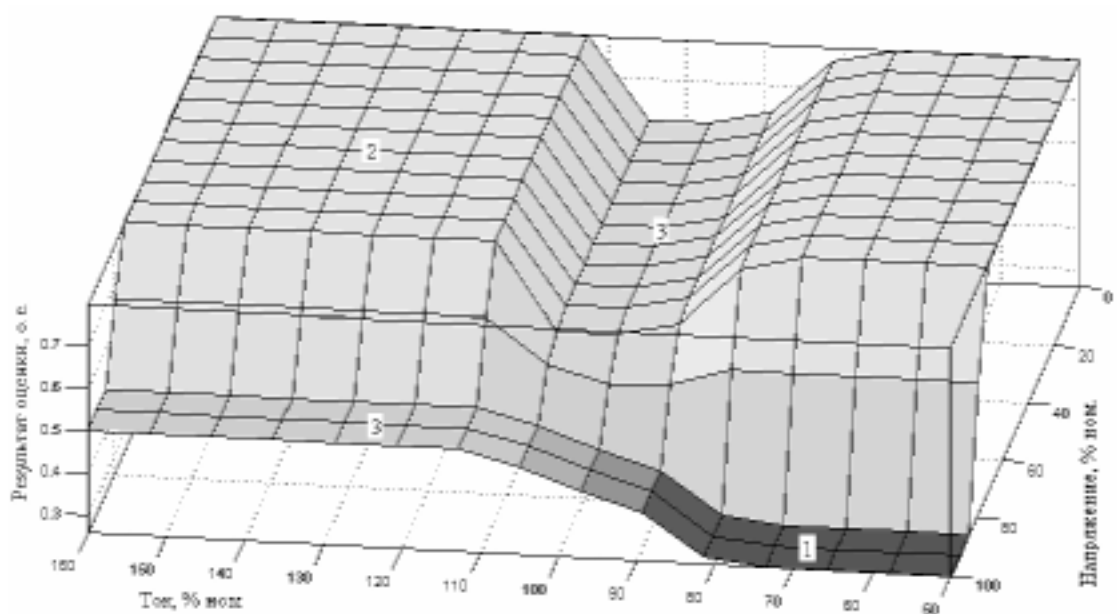


Рис. 2. Поверхность принятия решений по току и напряжению генератора

## 2. Экспертная база знаний

	О	Н	О	Т	О	П	Р
Р	ИЛИ	Р	ИЛИ	Р	ИЛИ	В	Р
Р	ИЛИ	SO	ИЛИ	Р	ИЛИ	В	Р
N	И	N	И	А	И	N	А
N	И	N	И	Р	И	N	Р
N	И	N	И	Р	-	-	Р
N	И	SO	-	-	-	-	Р
N	И	-	-	А	-	-	А
N	-	-	И	Р	-	-	Р

На рис. 2 часть поверхности, обозначенная цифрой 1 (напряжение от 85 до 100% номинального, ток до 80% номинального) соответствует безаварийному режиму работы генераторов, обозначенная цифрой 3 соответствует аварийному режиму по напряжению и току (срабатывает защита по напряжению или току), обозначенная цифрой 2 соответствует аварийному режиму сразу по двум параметрам.

Таким образом, описанная выше система позволяет объединять различные методы оценки качества процессов в судовой электроэнергетической установке и с помощью системы нечеткого вывода, смоделировав процесс принятия решения (при оценке процесса) опытным экспертом, получить оценку процессов.

### Список использованной литературы

1. Вишневский Л.В. Выбор критерия для оценки процесса включения генераторов на параллельную работу / Вишневский Л.В., Веретенник А.М., И.Е. Войтецкий // Автоматика, автоматизация, электротехнические комплексы и системы. - № 2(20). – 2007. – С. 136-139.

2. Леоненков А.В. Нечеткое моделирование в среде MATLAB и fuzzyTECH / Леоненков А.В. // СПб.: БХВ-Петербург, 2005. – 736 с.

3. Пипченко А.Н. Электрооборудование, электронная аппаратура и системы управления / Пипченко А.Н., Пономаренко В.В., Теплов Ю.И., Романенко А.В. // Одесса: ЦПАП, 1998. – 295 с.

4. Материалы сайта  
<http://www.citycom.ru/citycom/index.php>.

Получено 20.09.2009



Вишневский  
Леонид Викторович,  
д-р техн. наук, профессор  
декан факультета  
Одесской национальной  
морской академии  
[leovish@rambler.ru](mailto:leovish@rambler.ru)



Войтецкий  
Игорь Евгеньевич,  
ст. преподаватель  
Одесской национальной  
морской академии  
[ivoytetsky@rambler.ru](mailto:ivoytetsky@rambler.ru)



Дао Минь Куан,  
аспирант  
Одесской национальной  
морской академии  
[quandaominh@rambler.ru](mailto:quandaominh@rambler.ru)