

УДК 656

Грабчак Е.П., к.э.н., директор Департамента оперативного контроля и
управления в электроэнергетике
Министерство энергетики Российской Федерации

Grabchak EP, Ph.D., Director of the Department of Operational Control and
Management in the Electric Power Industry
Ministry of Energy of the Russian Federation

**ПОВЫШЕНИЕ УСТОЙЧИВОСТИ РАБОТЫ АСУ ТП В УСЛОВИЯХ
НЕЛИНЕЙНОЙ ДИНАМИКИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ,
ПРИВОДЯЩИХ К САМООРГАНИЗОВАННОЙ КРИТИЧНОСТИ
РАБОТЫ ТЭС И АЭС**

**INCREASING STABILITY OF ACS TP UNDER CONDITIONS OF
NONLINEAR DYNAMICS OF TECHNOLOGICAL PROCESSES,
LEADING TO SELF-ORGANIZED CRITICITY OF WORK HEAT AND
NUCLEAR POWER PLANTS**

Введение

В условиях технических и экономических реалий последних лет все больше возрастает потребность в повышении эффективности управления бифуркационными состояниями технических систем в энергетике России, возникающих вследствие воздействия неучтенных факторов, приводящих к самоорганизованной критичности работы ТЭС и АЭС [1, с. 269; 2, с.15].

Проявления изменений в психофизиологическом состоянии оператора ТЭС или АЭС в отношении выдерживания критических нагрузок как предусмотренных, так и неучтенных факторов, приводящих к самоорганизованной критичности работы ТЭС и АЭС, требуют оценки и мониторинга опасных психофизиологических состояний оператора, когда каждый признак несет незначительную информацию, но использование всей совокупности признаков позволяет обеспечить нужную степень надежности идентификации психофизиологического состояния.

Необходимость определения вероятности идентификации опасных состояний для АСУ ТП

Необходима выработка мер по повышению устойчивости к самоорганизованной критичности работы ТЭС и АЭС с учетом переходов между стационарными состояниями каждой системы в результате последовательных потерь устойчивости работы АСУ ТП [3, с. 32; 4, с.64].

Требуется выявление изменений в психофизиологическом состоянии оператора ТЭС или АЭС в отношении влияния критических нагрузок как предусмотренных, так и неучтенных факторов, приводящих к самоорганизованной критичности работы ТЭС и АЭС.

При этом, необходимо учитывать все возрастающую сложность моделирования рассматриваемого нелинейного процесса, зависящего от неустойчивости совокупности квазиавтономных циклов функционирования систем производства электроэнергии и тепла, включающих интеллектуальные устройства с расширенной интеллектуальной цифровой компонентой. Необходим переход от рассмотрения отдельного квазиавтономного цикла функционирования систем производства электроэнергии и тепла, включающих интеллектуальные устройства с расширенной интеллектуальной цифровой компонентой, как дискретного процесса к интеллектуальной цифровой парадигме работы АСУ ТП с использованием многофункционального мониторинга, включая неинвазивные нейроинтерфейсы для определения параметров операционной напряженности для оператора.

То есть, требуется конструирование систем мониторинга АСУ ТП в зависимости от степени интенсивности нелинейной динамики технологических процессов, приводящих к самоорганизованной критичности работы ТЭС и АЭС (на основе идентификации опасных состояний для группы АСУ ТП). Требуется налаживание оценки и мониторинга опасных психофизиологических состояний оператора АСУ ТП и возможность снизить риски выхода ситуации из-под контроля за счет возможностей использования мониторинговых комплексов с элементами искусственного интеллекта, в т.ч. возможности обеспечивать контроль действий оператора ТЭС или АЭС по соблюдению оптимального (стандартного) режима управления и отключение его от управления при выявлении опасных психофизиологических состояний.

Выявление изменений в психофизиологическом состоянии оператора ТЭС или АЭС в отношении влияния критических нагрузок

В последние два десятилетия для исследования сложных проблем в различных сферах предметной деятельности развивается эффективный инструмент – использование нейронных сетей с многослойной функционально-приближенной архитектурой [5, с.79].

К системам оценки и мониторинга опасных психофизиологических состояний оператора АСУ ТП для возможности снизить риски выхода ситуации из-под контроля может быть применена модель выявления изменений в психофизиологическом состоянии оператора ТЭС или АЭС в отношении влияния критических нагрузок как предусмотренных, так и неучтенных факторов, приводящих к самоорганизованной критичности работы ТЭС и АЭС.

Особенно это важно в условиях синхронизации аварийных возмущений при которых динамика нагрузки на операторов и на сами технические элементы представляются как внешние проявления распределенной синхронизации квазигармонических колебаний в рамках складывающейся динамики процессов нарушения устойчивости параллельной работы синхронных элементов оборудования.

По мнению авторов, для решения этой проблемы можно использовать комплексирование нейро-описаний, профессиональных описаний и описаний семантики поведения сотрудника при выполнении ими рабочих функций оператора ТЭС или АЭС в рамках интеграции процесса мониторинга поведения, а также когнитивного, эмоционального и физиологического состояния человека через онлайн-камеры (анализ видеопотока), данные которого в режиме реального времени обрабатываются нейросетью в сочетании с ультразвуковым сканированием мозга для детектирования нейронной активности ключевых зон мозга.

С учетом значительной вероятности когерентной синхронизации нелинейной динамики технологических процессов, приводящих к самоорганизованной критичности работы ТЭС и АЭС, необходимо обеспечивать контроль действий оператора ТЭС или АЭС по соблюдению оптимального режима и отключение его от управления при выявлении опасных психофизиологических состояний. Для этого, авторы предлагают опираться на возможность формирования операционно-режимной матрицы изучаемого функционального процесса концентрации оператора (сотрудника) на рабочих функциях в рамках мониторинга путем интеграции стандартизированных видео-, нейро-ультразвуковых и вычислительных инфраструктур.

Интеграцию можно реализовать начиная с электронной семантизации состояний сознания и психики сотрудника при выполнении ими рабочих функций, до обработки в глубинной области искусственных частей психики, поддерживаемых машинами и синхронизируемых с естественной психикой.

Определение вероятностей показателей variability аварийных ситуаций по вине человека или технического элемента

Для получения стабилизационного эффекта от расчёта того или иного переходного процесса (в т.ч. с целью расширения области стабилизационной синхронизации в секторах технологических процессов через «гашение» амплитуды нарушений устойчивости параллельной работы синхронных АСУ ТП и создания условий приемлемой операционной напряженности для оператора) внутри кластеров тепловых и атомных электростанций необходима организация построения на каждом из них результатов анализа и оценки плотностей распределения вероятностей показателей variability аварийных ситуаций по вине человека или технического элемента. При этом, формирование технической политики (модернизации оборудования) отдельных энергокомпаний в рамках отрасли должно происходить с использованием модели мониторинга изменений в психофизиологическом состоянии оператора ТЭС или АЭС в отношении влияния критических нагрузок.

Необходима идентификация системно-параметрических взаимосвязей элементов, в т.ч. величины нагрузок на операторов и на сами технические элементы (а также с учетом адекватных психофизиологических со-

стояний оператора ТЭС или АЭС в исходном состоянии и при выполнении типовых задач).

В результате изменений в психофизиологическом состоянии оператора ТЭС или АЭС может произойти устранение от регулирования технологических процессов, что будет способствовать вхождению в самоподдерживающееся «сползание» или самораскачивание, в первом или последующих циклах колебаний подсистем в другом сегменте группы энергокомпаний.

Критерии устойчивости работы АСУ ТП к самоорганизованной критичности работы ТЭС и АЭС при этом должны опираться на проведение расчётных исследований переходных процессов в любых схемах и для любых возмущений в отношении оборудования отдельных энергокомпаний в рамках отрасли в расширенном фазовом пространстве реальных и синтетических человеко-машинных факторов.

Модель выявления изменений в психофизиологическом состоянии оператора в отношении влияния критических нагрузок, приводящих к самоорганизованной критичности работы ТЭС и АЭС, определяет набор управленческих паттернов. Эти паттерны можно выделить в области эффектов как предусмотренных, так и неучтенных факторов, приводящих к самоорганизованной критичности работы ТЭС и АЭС в зависимости от неоднородности параметров состояния и режима работы системы.

Снижение рисков выхода ситуации из-под контроля за счет возможностей использования мониторинговых комплексов

Новизна заявленного подхода состоит в переходе от рассмотрения отдельного квазиавтономного цикла функционирования систем производства электроэнергии и тепла, включающих интеллектуальные устройства с расширенной интеллектуальной цифровой компонентой, как дискретного процесса к интеллектуальной цифровой парадигме работы АСУ ТП.

Предлагается использование multifunctional мониторинга, включая неинвазивные нейроинтерфейсы для определения параметров операционной напряженности для оператора, предусматривающего необходимость оценки опасных психофизиологических состояний оператора АСУ ТП и возможность снизить риски выхода ситуации из-под контроля за счет возможностей использования мониторинговых комплексов с элементами искусственного интеллекта.

Заключение

В ходе регулирования складывающейся динамики процессов нарушения устойчивости параллельной работы синхронных элементов ТЭС или АЭС обеспечивается комплексное решение вопросов структурно-функциональной организации процессов использования модели оптимизации в отношении влияния критических нагрузок как предусмотренных, так и неучтенных факторов, приводящих к самоорганизованной критичности работы ТЭС и АЭС для поддержки необходимой активности ТЭС или АЭС

с квази-автономным энергетическим сегментом как фрактальной части структуры тепловых и атомных электростанций в российской энергетике.

Список литературы

1. Грабчак Е.П. Оценка технического состояния энергетического оборудования в условиях цифровой экономики // Надежность и безопасность энергетики. 2017. Т. 10. № 4. С. 268-274.
2. Грабчак Е.П. Цифровая трансформация электроэнергетики. основные подходы // Энергия единой сети. 2018. № 4 (40). С. 12-26.
3. Борталевич С.И. Проблемы прогнозирования критических технических ситуаций в ЕЭС России с учетом smart grid // Проблемы безопасности и чрезвычайных ситуаций. 2018. № 1. С. 30-37.
4. Логинов Е.Л. Развитие интеллектуальных сервисов в автоматизированных информационных системах управления энергетической инфраструктуры. – М.: Институт проблем рынка РАН, 2017. – 95 с.
5. Логинов Е.Л., Грабчак Е.П., Григорьев В.В., Райков А.Н., Шкута А.А. Планирование мер поддержания интерактивной коммуникации информационных систем с учетом угроз возможного коллапса управления экономикой в особый период // Проблемы безопасности и чрезвычайных ситуаций. 2019. № 3. С. 79-86.

References

1. Grabchak E.P. Assessment of the technical condition of energy equipment in the digital economy // Reliability and safety of energy. 2017.Vol. 10. No. 4. P. 268-274.
2. Grabchak E.P. Digital transformation of the electric power industry. main approaches // Energy of a unified network. 2018. No. 4 (40). S. 12-26.
3. Bortalevich S.I. Problems of forecasting critical technical situations in the UES of Russia taking into account smart grid // Security and emergency situations. 2018. No. 1. S. 30-37.
4. Loginov E.L. The development of intelligent services in automated information systems for managing energy infrastructure. - M.: Institute for Market Problems of the Russian Academy of Sciences, 2017. - 95 s.
5. Loginov E.L., Grabchak E.P., Grigoryev V.V., Raikov A.N., Shkuta A.A. Planning measures to maintain interactive communication of information systems, taking into account the threats of a possible collapse of economic management in a special period // Security and emergency situations. 2019.No 3.P. 79-86.