

И. Н Бабаев, канд. техн. наук

ПАО Турбоатом

(г. Харьков, Украина, e-mail: ivan021262@gmail.com)

ОПЫТ ЭКСПЛУАТАЦИИ И СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ СТОПОРНО-РЕГУЛИРУЮЩИХ КЛАПАНОВ ПАРОВЫХ ТУРБИН БОЛЬШОЙ МОЩНОСТИ ДЛЯ АЭС

Блоки стопорно-регулирующих клапанов паровых турбин большой мощности для АЭС являются важным элементом турбины во многом определяющих основные технические характеристики турбины. Важнейшей задачей их разработки и совершенствования является повышение надежности и долговечности конструкции. Типичными вопросами которые приходится решать в процессе эксплуатации и ремонта является исключение случаев появления паровой неустойчивости чашек регулирующих клапанов на определённых режимах работы турбины, а также обеспечение заданных запасов приводных усилий на сервомоторах во всем диапазоне нагрузок.

По опыту эксплуатации основной причиной возникновения паровой неустойчивости чашек регулирующих клапанов являются ошибки при выборе величины хода клапана разгрузки, что приводит к занижению усилий действующих на чашку клапана и прижимающих её к конусу клапана разгрузки в сторону закрытия. Наиболее распространённой причиной снижения запасов приводных усилий главного сервомотора является увеличение усилий создаваемых на чашку регулирующего клапана, которое по-является при повреждении дроссельной кромки стопорного клапана.

Традиционным решением описанных выше вопросов является корректировка баланса расходов пара на входе и выходе из полости разгрузки за счёт изменения хода клапана разгрузки, определяющего величину расхода пара из полости разгрузки. Выбор хода разгрузки проводится на основе отдельного расчёта паровых усилий на чашке клапана. Требования к точности расчёта определяются располагаемыми приводными усилиями установленного привода и геометрическими размерами деталей клапана. По опыту удовлетворительной считается точность расчёта давления в полости разгрузки регулирующего клапана менее $\pm 0,05$ МПа. При рабочем давлении пара на входе в клапан 6,0 МПа это составляет менее ± 1 % и значительно превышает точность расчёта принятую для расчётов статики. По этой причине для достижения приемлемой точности расчёта необходимо учитывать реальные характеристики параметров пара для всех режимов нагружения и останова, реальные геометрические размеры деталей, требуют совершенствования методов расчёта в части более детального учёта процесса дросселирования пара в трактах подвода в полость разгрузки и его отвода из этой полости.

При детальном рассмотрении проточного тракта штатной конструкции блока стопорно-регулирующих клапанов турбин К-1000-60/1500, К-1000-60/1500-2М предложено ввести в расчёт дросселирование пара не только на дроссельном пояске стопорного клапана, но и в отверстиях гайки, ограничивающей ход клапана разгрузки. По снятым на АЭС характеристикам выполнен подбор коэффициентов расхода для каждого из дроссельных элементов. Подбор осуществлялся эмпирическим путем исходя из максимального совпадения расчётных давлений и усилий с теми давлениями в полости разгрузки и усилиями на штоке клапана, которые замерены при регистрации параметров на работающих блоках. Полученные коэффициенты используются при разработке рекомендаций при решении заводом аналогичных вопросов по запросам АЭС.

При анализе результатов регистрации параметров отмечаются следующие принципиальные моменты:

При нагрузке 700...750 МВт происходит ступенчатое уменьшение нагрузки на регулирующих клапанах. Это может быть связано с тем, что при данной нагрузке перепады давлений на чашках клапанов близки к критическим, в результате удельный объём протекающего пара ступенчато увеличивается на 15 %. В результате баланс расходов существенно меняется, давление в полости разгрузки падает, резко уменьшаются прижимающие усилия на чашке клапана. Опытом эксплуатации подтверждается наиболее вероятное появление паровой неустойчивости именно в этой зоне режимов работы клапана. Начиная с этой точки и при дальнейшем повышении нагрузки, отмечается наличие усилий на главном сервомоторе близкое к тем, что зафиксировано при испытаниях на остановленной турбине. Это свидетельствует о малых паровых усилиях действующих на чашку клапана.

Результаты расчёта пространственного течения пара в проточной части клапана указывают на существенное снижение давления и температуры пара при протекании его через щель, образованную посадочным пояском чашки регулирующего клапана и седлом. На номинальном режиме это снижение может достигать 0,7 МПа по сравнению с давлением, замеряемым за регулирующим клапаном. Расчётная температура пара при этом может снижаться на 15 °С. Полученные данные позволяют объяснить механизм нарушения крепления седел регулирующих клапанов, который заключается в том, что снижение температуры протекающего пара приводит к локальному захлаживанию седла, снижению натяга его посадки в корпусе. Появление перепада давлений на седле приводит к его выталкиванию в сторону чашки клапана.

На основании опыта разработки и эксплуатации блоков стопорно-регулирующих клапанов турбин К-1000-60/1500...К-1000-60/1500-2М предложено включать в объём пуско-наладочных работ настройку паровых усилий на регулирующих клапанах. С этой целью предложено изменить штатную конструкцию регулирующих клапанов, изменив не только соотношения основных размеров, но и исключив выполнение профильного конуса на чашках. Вместо них введены отдельные вставки с профильным конусом.

Предложенная конструкция внедрена на паровых турбинах Южно-Украинской, Ростовской, Балаковской, Нововоронежской АЭС. Её внедрение позволяет не только оптимизировать силовые характеристики регулирующих клапанов, но и сохранить конструкцию основных деталей при модернизации проточной части турбины при повышении мощности.

РОЗРОБЛЕННЯ МОДЕЛІ ПОВІТРЯНО-ПАЛИВНОГО ТРАКТУ КОТЛОАГРЕГАТУ ДЛЯ СИСТЕМИ КОНТРОЛЮ ПРОЦЕСУ СПАЛЮВАННЯ НА БАЗІ СЕНСОРА КИСНЮ

Наблизити роботу котлоагрегату до найбільш раціональних режимів функціонування можна за допомогою газоаналізуючих пристроїв чи систем автоматичного керування процесом спалювання [1]. Серед недоліків таких систем – призначення виключно для котлоагрегатів великої потужності.

На основі аналізу відомих моделей та результатів їх застосування з урахуванням різних керуючих та регульованих величин запропоновано модель повітряно-паливного тракту теплоенергетичного котла як об'єкта керування процесом спалювання палива з використанням концентрації кисню у відхідних газах як основного параметру керування. На рисунку наведена схема повітряно-паливного тракту, що контролюється, а в таблиці – параметри моделі повітряно-паливного тракту.

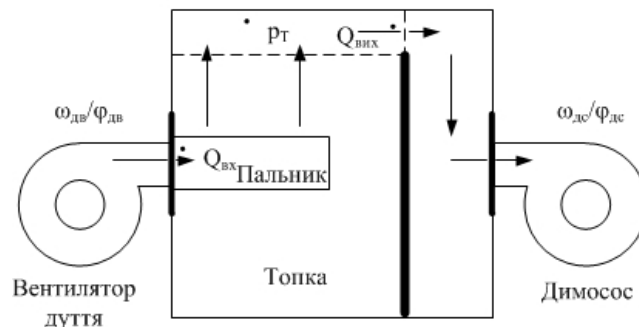


Схема повітряно-паливного тракту котла

З використанням залежностей, що описують основні термодинамічні параметри системи, та методів математичного моделювання, отримано систему диференціальних рівнянь, що характеризують повітряно-паливний тракт котлоагрегату як об'єкт керування:

$$\begin{cases} \frac{dQ_{\text{вх}}[O_2]}{dt} = \frac{S_{\text{нов}}}{l_{\text{нов}}} \cdot (-\xi_{\text{нов}} Q_{\text{вх}}[O_2] + k_{\text{ов}} \omega_{\text{ов}} - p_m) + \Delta Q_{\text{вх}}[O_2]; \\ \frac{dQ_{\text{вих}}[O_2]}{dt} = \frac{S_{\text{нал}}}{l_{\text{нал}}} \cdot (-\xi_{\text{нал}} Q_{\text{вих}}[O_2] + k_{\text{ос}} \omega_{\text{ос}} + p_m) + \Delta Q_{\text{вих}}[O_2]; \\ \frac{dp_m}{dt} = \frac{1}{k_{\text{см}}} \cdot (Q_{\text{вх}}[O_2] - Q_{\text{вих}}[O_2]) + \Delta p_m, \end{cases}$$

де $k_{\text{см}} = \frac{\mu \cdot V}{R \cdot T'}$, $l_{\text{нов}}$ – довжина повітряного тракту, $S_{\text{нов}}$ – площа поперечного перерізу повітряного тракту, $l_{\text{нал}}$ – довжина паливного тракту, $S_{\text{нал}}$ – площа поперечного перерізу

паливного тракту, $p_{\text{дв}}$ – тиск, що нагнітається вентилятором дуття, $p_{\text{оп.пов}}$ – аеродинамічний опір повітряного тракту, $p_{\text{дс}}$ – тиск, що нагнітається димососом, $p_{\text{оп.пал}}$ – аеродинамічний опір паливного тракту, $\xi_{\text{пов}}$ та $\xi_{\text{пал}}$ – коефіцієнти аеродинамічного опору, $k_{\text{дв}}$ та $k_{\text{дс}}$ – коефіцієнти лінеаризації, $\Delta Q_{\text{вх}}[O_2]$, $\Delta Q_{\text{вих}}[O_2]$, Δp_m – випадкові значення відповідних величин.

Результати аналізу розробленої моделі свідчать про можливість значного підвищення швидкодії процесу спалювання палива в котлоагрегатах малої та середньої потужності при використанні сучасних сенсорів кисню (стабілізація кількості повітря, що входить до складу повітряно-паливної суміші, настає через 1 с після введення 10 % збурення).

Література

1. *Запорожець А. О.* Комп'ютеризована система контролю процесу спалювання палива в котлоагрегатах малої та середньої потужності : дис. канд. техн. наук: 05.13.05 / Запорожець Артур Олександрович – Київ, 2017. – 182 с.

Параметри моделі

Параметри	Позначення
Вхідні параметри:	
швидкість обертання вентилятора дуття, об/с	$\omega_{\text{дв}}$
кут розкриття направляючого апарата вентилятора дуття, %	$\varphi_{\text{дв}}$
швидкість обертання димососу, об/с	$\omega_{\text{дс}}$
кут розкриття направляючого апарата димососа, %	$\varphi_{\text{дс}}$
Вихідні параметри:	
витрати повітря, що надходить до ППС, кг/с	$Q_{\text{вх}}[O_2]$
витрати відхідних газів, кг/с	$Q_{\text{вих}}[O_2]$
розрідження в топці, Па	p_m

С. А. Трубчанинов

Харьковский филиал ГП «Государственный научно-технический центр по ядерной и радиационной безопасности»

(г. Харьков, Украина, e-mail: s.a.trubchaninov@gmail.com)

КОМПЛЕКС РАБОТ ПО БЕЗОПАСНОСТИ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ДЛЯ АТОМНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ

Существенное значение в обеспечении безопасной эксплуатации объектов атомной энергетики, играют системы управления (СУ), которые принимают непосредственное участие в реализации большинства технологических процессов и, таким образом, осуществляют очень важную роль в обеспечении ядерной и радиационной безопасности (ЯРБ) ядерных установок.

Основными направлениями деятельности Государственного научно-технического центра по ядерной и радиационной безопасности (ГНТЦ ЯРБ) в части СУ для объектов атомной энергетики являются:

- нормативное регулирование;
- оценка безопасности;
- научная деятельность.

Нормативное регулирование

За период с 2000 года ГНТЦ ЯРБ разработано пять нормативных документов по безопасности СУ АЭС. В частности, за последние два года ГНТЦ ЯРБ разработаны два нормативных документа по безопасности СУ АЭС:

- нормативно-правовой акт Государственной инспекции ядерного регулирования Украины «Требования по ядерной и радиационной безопасности к информационным и управляющим системам, важным для безопасности атомных станций» (НП 306.2.202:2015), который содержит регулирующие (качественные) требования к системам, важным для безопасности АЭС;

- стандарт эксплуатирующей организации (НАЭК «Энергоатом») «Информационные и управляющие системы, важные для безопасности атомных станций. Общие технические требования» (СОУ НАЭК 100:2016), в котором содержатся более подробные технические требования.

Оба документа гармонизованы с международными стандартами по безопасности АЭС Международного агентства по атомной энергии (МАГАТЭ), Международной электротехнической комиссии (МЭК) и идентичными им национальными стандартами; учитывают международный опыт создания, модернизации и эксплуатации СУ и их компонентов на энергоблоках АЭС; используют идеологию классификации по категориям выполняемых функций стандарта МЭК IEC 61226.

В настоящее время ГНТЦ ЯРБ проводит разработку еще двух стандартов по методике оценки безопасности СУ АЭС и по компьютерной безопасности СУ АЭС.

Оценка безопасности

На всех АЭС Украины на протяжении последних 20 лет была реализована широкомасштабная модернизация систем СУ. В течении этого периода времени была модернизирована большая часть СУ энергоблоков АЭС, в том числе системы контроля нейтронного потока, системы аварийной и предупредительной защиты, управляющие системы безопасности, системы внутриреакторного контроля, информационно-

вычислительные системы и др. ГНТЦ ЯРБ провел оценку безопасности (государственную экспертизу ЯРБ) документов, обосновывающих безопасность СУ энергоблоков АЭС Украины на всех этапах жизненного цикла этих систем. Всего ГНТЦ ЯРБ было выполнено более 1000 государственных экспертиз ЯРБ по СУ АЭС.

Помимо оценки безопасности СУ АЭС, ГНТЦ ЯРБ также выполняет работы по оценке безопасности СУ других видов ядерных установок: ядерная подкритическая установка «Источник нейтронов, основанная на подкритической сборке, управляемой ускорителем электронов» (ЯПУ «Источник нейтронов») Харьковского физико-технического института; Новый Безопасный Конфайнмент; централизованное хранилище отработанного ядерного топлива и др.

Научная деятельность

ГНТЦ ЯРБ был проведен ряд научно-исследовательских работ, касающихся проблематики компьютерной безопасности СУ АЭС, методики оценки безопасности цифровых СУ АЭС при лицензировании, методов оценки СУ на базе программируемых логических интегральных схем (ПЛИС), анализа условий эксплуатации детекторов нейтронного потока АЭС и др.

Выпущен ряд монографий ГНТЦ ЯРБ посвященных СУ АЭС ([1], [2], [3]), а также более 100 статей по этой проблематике, опубликованных в журнале «Ядерная и радиационная безопасность», а также в других отечественных и зарубежных изданиях.

Литература

1. Безопасность атомных станций: Информационные и управляющие системы / М. А. Ястребенецкий, В. Н. Васильченко, С. В. Виноградская [и др.]; Под ред. М. А. Ястребенецкого. – К.: Техніка, 2004. – 472 с.
2. Системы управления и защиты ядерных реакторов / М.А. Ястребенецкий, Ю.В. Розен, С.В. Виноградская, [и др.]; Под ред. М.А. Ястребенецкого. – К.: Основа-Принт, 2011. — 768 с. – (Безопасность атомных станций).
3. *Ястребенецький М.О.* Інформаційні та керуючі системи атомних електричних станцій для безпеки та захищеності / М.О. Ястребенецький, В.С. Харченко / США, IGI Global, 2014. – 450 с. – Англ. мова.

УДК 621.039

С. В. Недбай

*ДП «Державний науково-технічний центр з ядерної та радіаційної безпеки»
(м. Київ, Україна, nrs@sstc.com.ua)*

АНАЛІЗ ДОСВІДУ ЕКСПЛУАТАЦІЇ АЕС УКРАЇНИ

1. Загальна інформація щодо стану ядерної енергетики в Україні.
2. Події на АЕС та їх класифікація.
3. Аналіз досвіду експлуатації АЕС на підставі розслідування порушень у роботі енергоблоків.
4. Результати НДР «Оперативний та технологічний аналіз порушень у роботі АЕС України», яка з 1993 року виконується в ДНТЦ ЯРБ.

УДК 621.039.584

С. В. Альохіна^{*,**}, канд. техн. наук

А. О. Костіков^{*,**}, д-р техн. наук^{*},

С. О. Круглов^{**},

Ю. М. Мацевитий^{*,**}, академік НАН України

^{} Інститут проблем машинобудування ім. А.М. Підгорного НАН України,
(м. Харків, Україна, e-mail: alyokhina@ipmach.kharkov.ua)*

*^{**} Національний університет ім. В.Н. Каразіна (м. Харків, Україна)*

ПІДВИЩЕННЯ БЕЗПЕКИ ЕКСПЛУАТАЦІЇ КОНТЕЙНЕРІВ СУХОГО ЗБЕРІГАННЯ ВІДПРАЦЬОВАНОГО ЯДЕРНОГО ПАЛИВА НА ВІДКРИТИХ СХОВИЩАХ

Досвід експлуатації вентилюваних контейнерів зберігання на площадці сухого сховища відпрацьованого ядерного палива Запорізької АЕС та проведені наукові дослідження показали наявність суттєвого впливу вітру на тепловий стан палива, що зберігається, та на роботу системи моніторингу температур охолоджуючого повітря. В деяких випадках збільшення швидкості вітру призводить до закупорки вентиляційних каналів або викривлення даних температурних вимірів.

Метою роботи є підвищення рівня безпеки експлуатації вентилюваних контейнерів зберігання відпрацьованого ядерного палива на відкритій площадці сховища при наявності вітрового впливу.

У роботі шляхом розв'язання спряжених задач теплообміну досліджено тепловий стан контейнерів з відпрацьованим ядерним паливом та визначено рух охолоджуючого повітря через вентиляційну систему в умовах штилю та за наявності вітру. Запропоновано декілька варіантів захисної кришки, що попереджуватиме шкідливий вплив вітру на тепловий стан відпрацьованого ядерного палива в контейнері зберігання. Із застосуванням комп'ютерного моделювання теплових та газодинамічних процесів виконано аналіз роботи нової вентиляційної системи та визначено найбільш ефективний варіант захисної кришки для використання на контейнерах, що експлуатуються на відкритій площадці в умовах вітрового впливу.

О. Л. ШУБЕНКО, член-кор. НАН України

В. М. ГОЛОЩАПОВ, канд. техн. наук

О. А. БАБЕНКО, канд. техн. наук

*Інститут проблем машинобудування ім. А.М. Підгорного НАН України
(м. Харків, Україна, e-mail: suben@ipmach.kharkov.ua)*

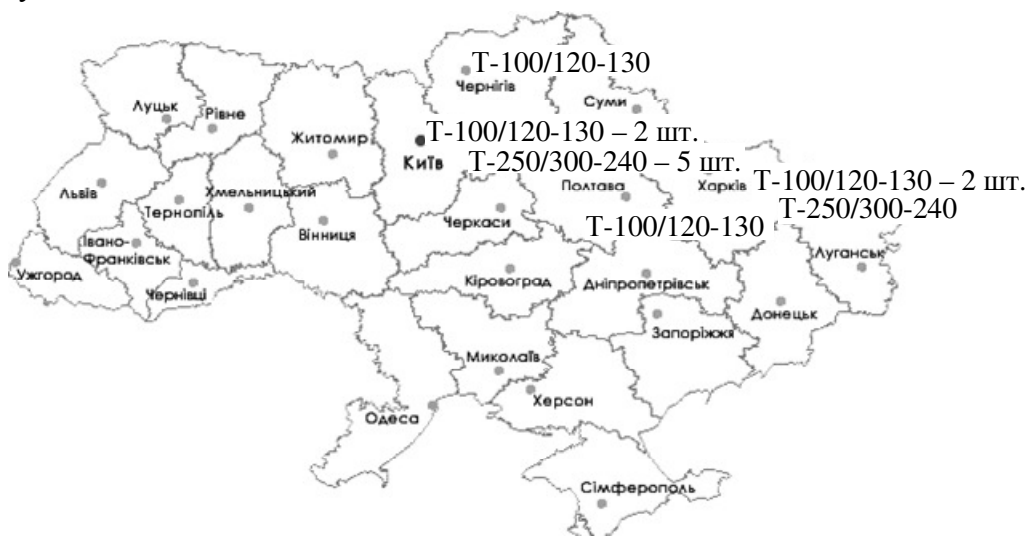
ПІДВИЩЕННЯ ЕКОНОМІЧНОСТІ ОСНОВНОГО ГЕНЕРУЮЧОГО ОБЛАДНАННЯ ТЕЦ УКРАЇНИ

Рішення проблеми інтеграції Об'єднаної енергетичної системи (ОЕС) України з енергетичними системами європейських країн ENTSO-E (European Network of Transmission System Operators for Electricity) тісно пов'язане з організацією технологічних заходів щодо удосконалення режимів експлуатації енергетичних турбін, в тому числі турбін теплоелектроцентралей (ТЕЦ), на яких використовують у якості палива природний газ.

Одним із напрямків реалізації цієї проблеми є оптимальне керування режимами експлуатації основного генеруючого обладнання енергоблоків ТЕЦ при забезпеченні надійності роботи циліндрів низького тиску (ЦНТ) на теплофікаційних режимах, що дозволить знизити витрати на електроенергію. Таким чином, пошук методів, що дозволяють знизити витрату первинних енергоресурсів за рахунок оптимального розподілу теплових навантажень між сітьовими підігрівачами з урахуванням роботи ЦНТ, та розроблення алгоритмів, керуючих цим процесом у реальному часі, є актуальною задачею.

Кінцева продукція – програмний комплекс оптимального керування режимами роботи теплофікаційних турбін Т-100/120-130 та Т-250/300-240.

Очікувані обсяги впровадження розробки: українські ТЕЦ з установленими на них теплофікаційними турбоустановками Т-100/120-130. Так, на ТЕЦ України (див. рис.) експлуатуються 6 турбоустановок Т-100/120-130 та 5 турбоустановок Т-250/300-240 (Київська ТЕЦ-5 та ТЕЦ-6, Харківська ТЕЦ-5, Чернігівська ТЕЦ, Кременчукська ТЕЦ). На Київській ТЕЦ-6 1 турбіна Т-250/300-240 знаходиться у стадії монтажу.



***Розташування теплофікаційних турбоустановок Т-100/120-130 та
Т-250/300-240 великих ТЕЦ на території України***

Згідно оцінок вирішення даної задачі дозволяє за рахунок додатково виробленої електроенергії на протязі опалювального сезону тільки на енергоблоці з турбіною Т-100/120-130 заощадити 3500 тон умовного палива, що еквівалентно економії природного газу у розмірі ~ 3 млн. м³, на енергоблоці з турбіною Т-250/300-240 – суттєво більше.

За рахунок використання отриманих результатів очікується вироблення додаткової електроенергії енергоблоками ТЕЦ при незмінній витраті природного газу та зменшення викидів шкідливих речовин у навколишнє середовище.

УДК 681.523 (075.8): 681.513.3

Г. И. Канюк, д-р техн. наук

А. Ю. Мезеря, канд. техн. наук

И. Ю. Бабенко*, канд. техн. наук

Украинская инженерно-педагогическая академия

(г. Харьков, e-mail: mezzzer@mail.ru)

** Змиевская ТЭС ПАО «Центрэнерго»*

(пгт. Слобожанское, Змиевской р-н, Харьковская обл., Украина,

e-mail: kanc@zmtes.kh.energy.gov.ua)

РАЗВИТИЕ ПРИНЦИПОВ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩЕГО УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ОБЪЕКТАМИ

В настоящее время вопросами энергосберегающего управления занимается ряд известных научных школ и коллективов. На Украине серьезных результатов в этой области добились научные школы Киева, Харькова, Одессы и др. Тем не менее, несмотря на успешное решение ряда частных научных задач в этой области, общая теория энергосберегающего автоматического управления технологическими объектами и процессами, как научное направление, находится пока еще в развитии и нуждается в совершенствовании.

Перспективным путем в этом направлении является разработка и комплексное внедрение систем автоматического энергосберегающего управления технологическими объектами и процессами. При этом целенаправленное и эффективное управление включает в себе, на системном уровне, значительные резервы энерго- и ресурсосбережения, которые могут быть выявлены, использованы и реализованы на уровне отдельных элементов, входящих в комплексную систему управления. [1].

Один из принципов энергосберегающего управления технологическими объектами представлен в [1]. Там же отмечены основные научные и практические задачи его реализации:

- разработка научных принципов и теоретических основ энергосберегающего управления технологическими объектами и процессами;
- разработка моделей и методов структурного и параметрического синтеза энергосберегающих систем автоматического управления;
- разработка, опытная проверка и промышленное внедрение в различных областях техники ряда конкретных энергосберегающих САУ технологическими объектами (в частности – в энергетической отрасли).

Решение этих задач уже позволило повысить энергоэффективность работы энергетического оборудования электростанций, и нашло свое отражение в [2-4].

Задачей дальнейших исследований является развитие принципов энергосберегающего управления технологическими объектами с целью повышения уровня использования технологической информации в АСУ ТП, подсистемах экономического управления, на уровне САУ и САР.

Литература

1. Канюк Г.И. Общие принципы энергосберегающего управления технологическими объектами / Г.И. Канюк // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – № 3(46). – том 4. – 2010. – С. 42-44.
2. Канюк Г.И. Энергосберегающее управление и повышение технико-экономической эффективности насосных установок тепловых и атомных электростанций / Канюк Г.И., А.Ю. Мезеря, А.Р. Фокина, Е.В. Лаптинова, И.П. Лаптинов // Східно-Європейський журнал передових технологій. – Харків: – 2012. – №. 3/8(57). – С.58-62.

3. *Канюк Г.И.* Определение оптимального расхода циркуляционной воды в конденсаторах тепловых и атомных электростанций / Г.И. Канюк, А.Ю. Мезеря, А.Р. Фокина, И.А. Бабенко // Энергосбережение, Энергетика, Энергоаудит. –№6 (137). –2015. – С. 12-19.
4. *Канюк Г.И.* Модель энергосберегающего управления нагнетательными установками тепловых электростанций / Г.И. Канюк, А.Ю. Мезеря, И.П. Лаптинов // Вісник НТУ “ХПІ”: Енергетичні та теплотехнічні процеси й устаткування. – № 12 (1055). –2014. – С. 90-97.

П. Ф. Буданов, канд. техн. наук
К. Ю. Бровко

*Українська інженерно-педагогічна академія
(м. Харків, Україна)*

МОДЕЛЮВАННЯ ПЕРЕДАВАРІЙНИХ ТА АВАРІЙНИХ СИТУАЦІЙ НА ЕЛЕКТРОСТАНЦІЯХ НА ОСНОВІ ФРАКТАЛЬНО-КЛАСТЕРНОЇ ТЕОРІЇ

Введення

Авторами був розглянутий процес формування кластер-кластерних агрегацій (ККА) в об'ємі інформаційного простору на основі фрактально-кластерної теорії, кількісною характеристикою міри заповнення об'єму інформаційного простору запропоновано використовувати динаміку зміни фрактальної розмірності, яка дозволяє визначити величину зміни характеристик параметрів технологічного процесу.

Показано, що технологічний процес є динамічною системою, що має складну геометричну кластеротвірну структуру (кластер – кластерні агрегації), та має фрактальні властивості. У роботі пропонується, для розробки динамічної моделі виявлення ознак аварійності технологічного процесу (ТП) електроенергетичного обладнання енергоблоку АЕС, розглядати об'єм інформаційного простору на основі інформаційних ознак локальних інформаційних неоднорідностей (ЛІН) сигналів в режимі реального часу.

Ставиться завдання розпізнати інформаційні ознаки аварійності параметрів ТП електроенергетичного обладнання енергоблоку АЕС на основі виявлення локальних інформаційних неоднорідностей ККА в об'ємі інформаційного простору.

Основна частина

У початковому стані початковий об'єм інформації V_0 в фазовому просторі, тобто в початковий момент часу $t_0 = 0$, заповнений внутрішньою інформацією про нормовані значення параметрів сигналів, а з плином часу об'єм інформації V_t починає змінюватися (зменшуватися або збільшуватися, тобто змінюється ступінь заповнення простору) і залежить від інтенсивності вхідного потоку, середньої величини сигналу інформації в бітах і середнього часу тривалості інформаційного сигналу в фазовому просторі (визначається величиною часу повернення, на основі елементів теорії Пуанкаре).

У момент часу $t_0 = 0$ початковий об'єм інформації V_{0I} у фазовому просторі дорівнює об'єму інформації про нормовані значення параметрів, які знаходяться в пам'яті даних (P) системи, а надалі при вступі на вхід системи інформації в інтервалі часу від t_0 до t відбувається порівняння поточних значень характеристик параметрів з нормованими значеннями і на підставі порівняння робиться висновок, що зміна (відхилення) величини інформаційного сигналу поступила в систему за інтервал часу від t_0 до t або відхилення зміни сигналу за вказаний інтервал часу перевищує величину часу повернення Пуанкаре, тобто в цьому випадку можна припустити про присутність локальної інформаційної неоднорідності сигналу, а отже, наявність аварійних ознак в інформаційному просторі технологічного процесу електроенергетичного обладнання енергоблоку АЕС.

Вхідний сигнал (кластер) при повному порівнянні з нормованими значеннями залишається в об'ємі інформаційного простору кластер-кластерних агрегацій (ККА) $V_{кнп}$ з нормованими ознаками. При цьому відбувається повне заповнення об'єму інформаційного простору ККА і характеризується евклідовою розмірністю $d_3 = 3$. У разі

неспівпадання вхідного сигналу з нормованими значеннями (розбіжностями), кластер не враховується в об'ємі інформаційного простору кластер-кластерної агрегації $V_{\text{ккпп}}$ з нормованими ознаками, і формує об'єм інформаційного простору ККА з ознаками аварійності $V_{\text{ккап}}$.

При цьому відбувається часткове заповнення об'єму інформаційного простору ККА, а отже, спостерігається міра незаповненості інформаційного фазового простору, яка характеризується кількісною величиною – фрактальною розмірністю і відрізняється від евклідової, тобто $d_f < d_3$.

Для розуміння фрактальних властивостей об'єму інформаційного простору, авторами, пропонується цей об'єм представити у вигляді системи, для аналізу інформативності ознак сигналів, яка дозволяє об'єктивно визначати сигнали з ознаками аварійності із заданого набору сигналів, що поступили, у фазовому просторі і в режимі реального часу.

Інформативність простору інформаційних ознак об'єму інформаційного простору ТП електроенергетичного обладнання енергоблоку АЕС, залежить від міри заповнення ККА, що утворюють об'єм інформаційного простору, ознаками (нормованими або аварійними), тобто від динаміки зміни фрактальної розмірності в режимі реального часу. В роботі, авторами, для виявлення ознак аварійності параметрів ТП електроенергетичного обладнання енергоблоку АЕС, в інформаційному просторі, представленому у вигляді ККА, що мають фрактальні властивості, пропонується використовувати фрактальний метод виявлення локальних неоднорідностей в сигналах.

Висновки

1. Запропонований підхід рішення задачі обробки інформації при зміні характеристик параметрів технологічного процесу електроенергетичного обладнання енергоблоку АЕС в режимі реального часу, на основі виявлення локальних неоднорідностей кластер-кластерних агрегацій в об'ємі інформаційного простору;
2. Запропоновано досліджувати аварійні ознаки параметрів через просторові ознаки сигналів, виділяючи найбільш інформативні з них, такі, що мають найбільшу зміну фрактальної розмірності від величини інформативності сигналу в просторі;
3. Розглянуті основи формування кластер-кластерних агрегацій інформаційного простору технологічного процесу електроенергетичного обладнання енергоблоку АЕС;
4. Отримана фізична модель фазового інформаційного простору з використанням елементів фрактально-кластерної теорії;
5. Показано, що розпізнавання інформаційних ознак аварійності параметрів технологічного процесу електроенергетичного обладнання енергоблоку АЕС можливо на основі виявлення локальних інформаційних неоднорідностей в об'ємі кластер-кластерних агрегацій з використанням елементів фрактально-кластерної теорії в просторі і режимі реального часу.

А. Ю. Мезеря, канд. техн. наук

В. Е. Мельников

Украинская инженерно-педагогическая академия

(г. Харьков, Украина, e-mail: mezzzer@mail.ru)

СНИЖЕНИЕ ПОГРЕШНОСТИ ИЗМЕРЕНИЯ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ

Повышение точности измерения при определении энергетических, технических, экономических и других характеристик технологических объектов является актуальной научно-технической задачей. Решение этого вопроса осуществляется путем комплексного подхода, заключающего в себе применение и усовершенствование методов и методик измерения, перевооружение технического парка измерительной аппаратуры, использование современного математического аппарата и т.д.

С проблемой погрешности (неопределенности) измерений сталкиваются практически все отрасли народного хозяйства и, прежде всего, энергетика, где с одной стороны, требуется высокая точность измерений с целью выявления резервов энергосбережения и оценки энергоэффективных режимов работы энергооборудования, а с другой – невозможность в целом ряде случаев обеспечить приемлемую точность по причине особенностей технологических процессов и характеристик используемых методов и средств измерений. Вышесказанное усложняется ещё и большим количеством измеряемых и контролируемых величин (на ТЭС их количество доходит до 2000, а на АЭС – до 15000) и разнообразием физических процессов, лежащих в основе измеряемого параметра (механика, гидравлика, аэродинамика, термодинамические процессы, электричество, время и др.).

В работах [1, 2] показаны методы снижения погрешности измерения гидравлических параметров гидромашин, обусловленные несовпадением фаз пульсаций параметра и интервала осреднения, конечной частотой опроса датчиков, временным интервалом измерения и выбором математического метода осреднения. Предложенные методы реализованы на гидравлических испытательных стендах гидротурбинной лаборатории ПАО «Турбоатом» (г. Харьков) при проведении испытаний гидравлических машин и в эталонной расходомерной установке РОУ-180 ННЦ «Институт метрологии» (г. Харьков) при градуировке расходомерных устройств [3].

Установки, показанные на рис.1, характеризуются высочайшей степенью точности, совершенными методами и средствами стабилизации потока, современным точным оборудованием. Но даже для таких условий погрешности, описанные в [1] и ниже по тексту, составляют значительную величину. Так, например, погрешность несинфазности может составлять 0,1-0,2% и выше.

Анализ энергетических характеристик и режимов работы гидравлического оборудования электростанций, показал, что насосные агрегаты оказывают значительное влияние на эффективность работы энергоблока. Режимы их работы существенно тяжелей, классы точности измерительной аппаратуры на порядок ниже, чем в гидротурбинных лабораториях, амплитуды пульсации напора и расхода – выше. Все это увеличивает величину погрешностей и повышает актуальность их учета и минимизации. В связи с этим, решения, полученные для условий гидротурбинных лабораторий и эталонных расходомерных установок, необходимо использовать на электростанциях при измерении гидравлических параметров насосов, а,

при необходимой доработке – и аэродинамических параметров вентиляторов.

Литература

1. *Мезеря А.Ю.* Усовершенствование методов и повышение точности средств контроля параметров моделей гидравлических машин: [диссертация] / диссертация на соискание научной степени кандидата технических наук: специальность 05.11.03 / А. Ю. Мезеря. – Харьков. – 2005. – 181с.
2. *Артюх С. Ф.* Совершенствование методов повышения точности средств контроля параметров моделей гидравлических машин [Текст]: [монография] / С. Ф. Артюх, А. Ю. Мезеря // Украинская инженерно-педагогическая академия. – Х.: НТМТ. – 2009. – 158 с.
3. *Большаков В. Б.* Снижение погрешностей измерения характеристик моделей гидравлических машин / В. Б. Большаков, А. Ю. Мезеря // Праці IV Міжнародної науково-технічної конференції “Метрологія та вимірвальна техніка” (Метрологія-2004). – Харків: –2004. –Т. 2. –С. 226-230.

**ОБОБЩЕННАЯ МОДЕЛЬ ИЗОБРАЖЕНИЙ ПОВЕРХНОСТИ
ВИЗИРОВАНИЯ ДЛЯ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ В БАЗАХ ДАННЫХ**

В работе рассматриваются особенности разработки обобщенной модели изображений, формируемых мультиспектральными системами дистанционного зондирования земли (ДЗЗ), для представления в базах данных. Поиск в базе данных предварительно обработанных изображений может осуществляться по различным характеристикам изображения, хранящимся в специальных полях базы данных. База данных должна эффективно представлять информацию для последующих этапов предварительной обработки изображений. Этапы обработки изображений представляют взаимосвязанные процедуры, обеспечивающие выполнение единых требований к подготовке разнообразных данных при обработке изображений поверхности визирования (ПВ).

Зонная модель описания изображения ПВ характеризует сцену изображения и может быть описана взаимной корреляционной функцией обобщенного телеграфного процесса и полностью учитывает возможные вариации яркости материалов и покровов, а также возможность изменения зонной структуры ПВ.

В качестве модели изображения может быть выбрана взаимная корреляционная функция [1]. Так как плотность вероятности изображения неизвестна, то для определения ВКФ изображения поверхность визирования $S(x, y)$ можно представить как совокупность однородных зон и покровов A_i каждый из которых характеризуется своим значением яркости T_{Ri} , которая одинакова в пределах зоны

$$S(x, y) = S_i T_{Ri} r_i(x, y), \quad (1)$$

где индикаторная функция $r_i(x, y) = 1$, если $x, y \in A_i$, $r_i(x, y) = 0$, если $x, y \notin A_i$

Тогда, изображение ПВ в представлении (1) в любом возможном направлении $\vec{r}$ в сечении будет иметь вид, аналогичный обобщенному телеграфному процессу.

Известно [2], что корреляционная функция такого процесса описывается выражением

$$R(r) = \exp(-\alpha|r|), \quad (2)$$

где $\alpha = 1/\tau_k$ - величина обратная интервалу корреляции.

Можно статистические свойства однородных зон поверхности считать изотропными. В этом случае достаточно функцию корреляции (2) определять по одной координате (x или y). Тогда функция корреляции изображения для бесконечно большой выборки будет определяться выражением

$$R(\vec{r}) = \exp(-\alpha|\vec{r}|) \quad (3)$$

Для конечной большой выборки корреляционная функция (3) будет асимптотически приближаться к экспоненте.

Таким образом, обобщенная модель изображения ПВ в широком спектральном диапазоне может быть представлена корреляционной функцией обобщенного телеграфного процесса для любого участка ПВ с соответствующим конкретному району интервалом корреляции.

Литература

1. *Левин Б.Р.* Теория случайных процессов и ее применение в радиотехнике / Б.Р. Левин. – М.: Советское радио, 1957. — 492 с.
2. *Маклаков С.В.* BPwin и ERwin. CASE – средства разработки информационных систем. [Текст] / С.В. Маклаков. – М.: ДИАЛОГ–МИФИ, 2000. – 256 с.

ИССЛЕДОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК НЕЙРОСЕТОВОЙ СИСТЕМЫ С РЕГУЛЯТОРОМ С ЭТАЛОННОЙ МОДЕЛЬЮ

Для определения показателей качества функционирования нейросетевой системы наведения и стабилизации с нейрорегулятором Model Reference Controller проведено моделирование системы при разных тестовых входных сигналах. На рис.1 показана структурная схема системы, разработанная в Simulink системы MATLAB. Схема включает блок нейрорегулятора Model Reference Controller, блоки генерации входного воздействия, блок построения графиков и блоки, которые относятся к объекту управления (Subsystem и интегрирующее звено). В контур положения включен П-регулятор. Звенья Derivative и MATLAB Fcn включены в схему для реализации предупреждения по скорости. Для ограничения сигнала при ступенчатом входном действии задания на положение использованное звено ограничения Saturation.

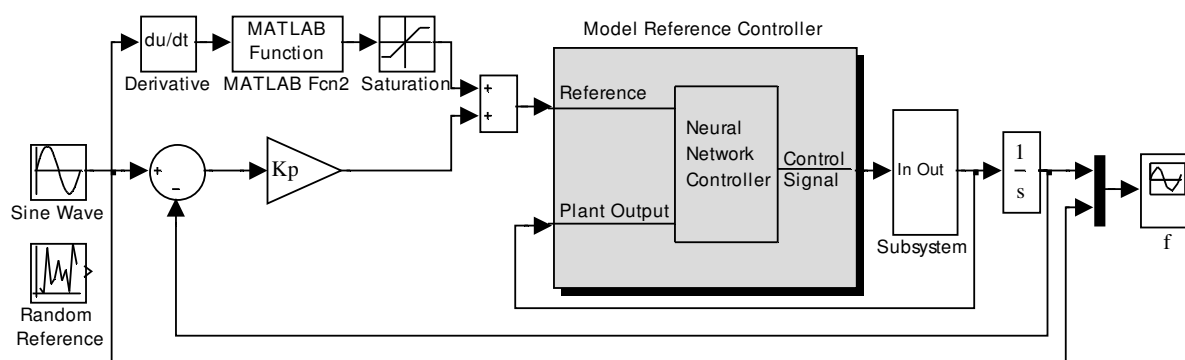


Рис. 1. Схема системы управления с нейрорегулятором Model Reference Controller

Схема модели объекта управления приведена на рис. 2. Схема составлена с учетом момента сухого трения в подшипниках приводного двигателя и в кинематическом устройстве сопряжения, для чего использованы блоки MATLAB Fcn, предназначенные для написания выражений на языке MATLAB. Наличие люфта в кинематическом устройстве сопряжения моделируется при помощи звена Dead Zone.

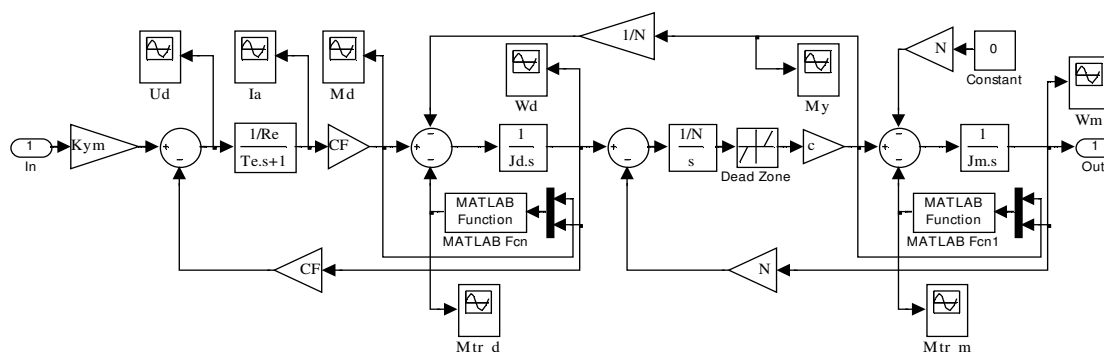


Рис. 2. Схема модели объекта управления (Subsystem)

Как показали исследования, отработка угла в нейросетевой системе с нейрорегулятором Model Reference Controller происходит с колебаниями переменных состояния системы. Поэтому для обеспечения высоких показателей качества функционирования системы наведения и стабилизации следует применять нейрорегулятор с предупредлением NN Predictive Controller.

Литература.

1. *Медведев В.С.* Нейронные сети. MATLAB 6 / В.С. Медведев,. Потемкин. – М.: ДИАЛОГ-МИФИ, 2002. – 496 с.

ВИБІР КРИТЕРІЇВ ОЦІНКИ ЕКОНОМІЧНОЇ ОБГРУНТОВАНOSTІ ПЕРСПЕКТИВНИХ ТЕХНІЧНИХ РІШЕНЬ ДЛЯ КЕС ТА ТЕЦ

Вступ

Комбіноване виробництво теплоти і електричної енергії на ТЕЦ, КЕС та АЕС широко використовується в Україні, покриваючи третину навантажень систем централізованого теплопостачання міст та промислових центрів та до 10 % навантажень електроенергетичної системи. Існуючі системи комбінованого виробництва електричної енергії і теплоти дозволяють на 20-30 % знизити сумарні витрати на їх одержання порівняно з роздільним виробництвом на КЕС та котельних. Кількісний та якісний розвиток таких систем – це дієвий напрям підвищення енергоефективності економіки.

Стан питання

Робота [1] присвячена теоретичним основам енергоекономічного аналізу сполучених систем генерації електричної енергії та теплоти в котрій відмічено, що сучасна методологія енергетичного та економічного аналізу систем сполученої генерації ґрунтується на основі першого та другого законів термодинаміки і розвинена в останні десятиріччя у працях Я. Шаргута, Г. Нітча, А. І. Андрющенко, В. М. Бродяньського та інших, тобто на основі методів термодинамічного та економічного аналізів.

В роботі [2] проведені дослідження з підвищення рівня стану енергетичного комплексу регіону за рахунок адекватної оцінки та аналізу функціонування енергоекономічних показників.

Мета роботи

Для вирішення науково-технічних проблем енерго і ресурсозбереження у галузі оптимізації режимних параметрів теплофікаційних установок КЕС, ТЕЦ необхідним є визначення комплексу критеріїв технічної ефективності, котрі ґрунтуються на методах термодинамічного аналізу, на математичних моделях технологічного процесу, на аналізі функціонування техніко-економічних (енергоекономічних) показників.

Сучасна оцінка економічної обґрунтованості перспективних технічних рішень з теплопостачання від КЕС, ТЕЦ ґрунтується на основі сучасних методів економічного аналізу, методики оцінки економічної ефективності технічних рішень на основі теорії потоку реальних грошей та вибору критеріїв економічної ефективності з дисконтуванням (чистий дисконтований дохід, термін окупності, внутрішньої норми дохідності, індексу дохідності, мінімуму витрат на виробництво) та без дисконтування (чистий прибуток, рентабельність, термін окупності, конкурентоздатність) [3, 4].

Пропонується комплексний підхід до визначення технічної та економічної ефективності технічних рішень, що базується на ефекті технічного рішення на основі технічного та економічного співставлення варіантів, вибору критеріїв оцінки доцільності на основі сучасних методик. Це означає, що технічна ефективність (результат технічного рішення), показники котрої ґрунтуються на умовах технічного та економічного співставлення варіантів технічного рішення, визначає вибір необхідного критерія економічної ефективності, а саме: ефективності інвестицій (з дисконтуванням) по чистому дисконтованому доходу, по терміну окупності, по внутрішній нормі

дохідності, по індексу дохідності інвестицій; ефективності інвестицій (без дисконтування) по витратам, по показнику прибутковості, по показнику рентабельності, по терміну окупності.

Висновки

Відмічено, що технічна ефективність (результат технічного рішення) визначає вибір необхідного критерія ефективності інвестицій (з дисконтуванням) по чистому дисконтованому доходу, по терміну окупності, по внутрішній нормі дохідності, по індексу дохідності інвестицій; ефективності інвестицій (без дисконтування) по витратам, по показнику прибутковості, по показнику рентабельності, по терміну окупності на основі методів термодинамічного аналізу, математичних моделей технологічного процесу, аналізу функціонування техніко-економічних (енерго-економічних) показників.

Література

1. *Дубовський С. В.* Теоретичні основи енергоекономічного аналізу сполучених систем генерації електричної енергії і теплоти: Дис... д-ра наук: 05.14.01 / Дубовський С. В. - 2008.
2. *Залуніна О. М.* Методи оцінки та прогнозування стану регіонального енергетичного комплексу: Дис... канд. наук: 05.14.01 / Залуніна – 2007.
3. *Нечуйвітер М.М.* Теплофікація та теплові мережі. Теплоенергозабезпечення та теплофікаційні установки. Навчально-методичний посібник. / М.М. Нечуйвітер, І.Г. Шелепов - Х.: УПА.2009. - 153 с.
4. *Нечуйвигтер М.М.* Методика определения экономической эффективности технических решений в дипломном проектировании энергетических специальностей ВУЗов. Зб. наук. праць Укр. інж.-пед. акад. м. Харків / М.М. Нечуйвигтер //Проблеми інженерно-педагогічної освіти, – 2008, – № 21. – С. 177-182.

ОЦІНКА РИЗИКІВ НА РОБОЧИХ МІСЦЯХ В СИСТЕМІ УПРАВЛІННЯ ОХОРОНОЮ ПРАЦІ

Системний підхід в галузі управління безпекою і здоров'ям передбачає ідентифікацію, оцінку, зниження ризику на кожному робочому місці. Серед факторів ризику, яких зазнає сучасна людина, важливе місце посідає ризик втрати здоров'я і працездатності внаслідок професійної діяльності. У зв'язку з цим постає питання розробки визначення обґрунтованих оцінок ризиків та їх критеріїв з урахуванням усієї сукупності соціально-економічних факторів [1].

Міжнародний стандарт OHSAS 18001 передбачає необхідність ідентифікації, оцінки та розробки заходів щодо усунення або зменшення ризику на кожному робочому місці. Тому сучасна система управління охороною праці повинна враховувати ідентифікацію небезпек і оцінку ризику.

Законом України «Про основні засади державного нагляду (контролю) у сфері господарської діяльності» ризик визначається як кількісна міра небезпеки, що враховує ймовірність виникнення негативних наслідків від здійснення господарської діяльності та можливий розмір втрат від них.

Відповідно до державного стандарту ДСТУ 2293-99 ризик трактується як імовірність заподіяння шкоди з урахуванням її тяжкості.

Міжнародний стандарт OHSAS 18001:2010 ризик визначає як комбінацію вірогідності виникнення небезпечної події, або існування загрози виникнення такої події серйозності травми, або погіршення здоров'я в результаті цієї події або загрози виникнення такої події.

При управлінні ризиками використовуються такі терміни, як ризик індивідуальний та колективний, професійний, виробничий.

Державний стандарт ДСТУ 2156-93 дає визначення, що ризик індивідуальний це значення ризику для конкретного індивідуума, а ризик колективний значення ризику для двох і більше індивідуумів.

Згідно із державним стандартом ДСТУ 2293-99 виробничий ризик визначається як імовірність ушкодження здоров'я працівника під час виконання ним трудових обов'язків, що обумовлена ступенем шкідливості та (або) небезпечності умов праці та науково-технічним станом виробництва.

З позиції охорони праці ризик на виробництві оцінюють як ймовірність прояву небезпечних чинників системи «людина-машина-середовище» (обладнання, технології та виду виробництва, факторів виробничого середовища, важкості та напруженості праці, організації праці, професійної підготовки працівників), що впливають на рівень безпеки.

В класичній ризикології використовується ряд методів кількісного аналізу ризику, а саме, метод аналогій, експертних оцінок, аналітичний та статистичний метод.

На стадії ідентифікації небезпек рекомендується використовувати один або декількох методів аналізу ризику[4]: «Що буде, якщо...?» і/або лист перевірки (ці методи дають можливість вивчити відповідність умов експлуатації об'єкта або проекту, діючим вимогам безпеки); аналіз небезпек і працездатності – HAZOP (досліджується вплив відхилень технологічних параметрів від регламентованих значень з точки зору надійності); аналіз виду та наслідків відмов – FMEA (аналіз кожного апарату, установки або його, її складових частин на предмет можливих несправностей і наступного впливу відмови на технічну систему); кількісний аналіз виду, наслідків і критичності відмови –

FMESA (кожний вид відмови ранжується з урахуванням двох складових критичності – ймовірності і важкості наслідків відмови); аналіз дерева відмов; аналіз дерева подій.

Для оцінки професійних ризиків на робочих місцях розроблено ряд методів – це класична методика (Британський стандарт BS8800), граф оцінки ризику, Risk score, Risk assessment, методика визначення втрат [3].

Серед кількісних методів оцінки ризику також можна виділити метод оцінки ризиків на основі матриці «імовірність-шкода» або «імовірність – наслідки», метод вербальних функцій, оцінки ризиків на основі ступеня виконання вимог безпеки, оцінки ризиків на основі системи Елмері, оцінки ризиків на основі ранжування рівня вимог (індекс ОВР), оцінки ступеня професійного ризику виробництва.

Кожен метод має свої недоліки та переваги, тому постає питання вибору методу для оцінки професійного ризику на конкретному виробництві та подальших наукових досліджень.

Для ідентифікації небезпек пропонується використовувати передумови та організацію безпечної експлуатації. Якість організації безпечної експлуатації електроустановок оцінюється шляхом визначення значення чотирьох показників: показник, що враховує ефективність роботи посадових осіб; показник, що враховує ступінь підготовки персоналу з безпеки; показник технологічної дисципліни; показник функціонального стану персоналу. Кожен з цих показників оцінюється за кількома критеріями.

Введення поняття показника передумов, передбачає як організаційні, так і технічні небезпеки, в широкому обсязі оцінюється якість організації безпечної експлуатації, яка враховує ефективність роботи посадових осіб, навченість персоналу, технологічну дисципліну при виконанні різних робіт, а також функціональний стан людини, що дозволяє враховувати потенційні небезпеки на виробництві.

Література

1. *Шевченко В.І.* До питання оцінки ризиків на виробництві/ В.І. Шевченко, В.І. Торкатюк, Б.М. Коржик //Будівництво, матеріалознавство, машинобудування: Наук.-техн. Збірник. - К.-Дніпропетровськ, 2007.- Вип. 42. - С. 161-165.
2. Системи управління гігієною та безпекою праці. Вимоги: (OHSAS 18001:2007, IDT): ДСТУ OHSAS 18001:2010 - [Чинний від 2011-01-01]. - К.: Держспоживстандарт України, 2011.- 20 с. - (Національний стандарт України).
3. *Гогіташвілі Г.Г.* Управління охороною праці та ризиком за міжнародними стандартами: Навч. посіб./ Г.Г. Гогіташвілі, Є.Т. Карчевські, В.М. Лапін - К.: Знання, 2007. - 367с.
4. Опыт разработки и внедрения системы управления охраной труда по требованиям OHSAS 18001. - К.: Академія якості, 2003.

ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЯКОСТІ ВИМІРЮВАНЬ В УМОВАХ ОЦІНКИ НЕВИЗНАЧЕНОСТІ ЇХ РЕЗУЛЬТАТІВ

Впровадження в 2016 р. Закону України «Про метрологію та метрологічну діяльність» [1] направлено на гармонізацію національних вимог до оцінювання точності вимірювань з міжнародними вимогами. Згідно із Законом [1] під терміном «вимірювання» вважається «процес експериментального визначення одного або декількох значень величини, які можуть бути обґрунтовано приписані величині». Під час проведення вимірювань на машинобудівному підприємстві важливо забезпечення єдності вимірювань, яке обумовлює виробництво якісної, конкурентоспроможної продукції, зменшення неякісних виробів. Єдність вимірювань Законом визначена як такий «стан вимірювань, за якого їх результати виражаються в одиницях вимірювання, визначених цим Законом, а характеристики похибок або невизначеності вимірювань відомі з певною ймовірністю і не виходять за встановлені границі». Таким чином, встановлення точності вимірювань допускається у виді похибок або невизначеностей вимірювань. З оцінкою похибок вітчизняні метрологи працюють на протязі багатьох років. В нормативно-правових актах та нормативних документах, як на загальні метрологічні вимоги, так і на конкретну продукцію, встановлюються вимоги до похибок вимірювань. А ось з невизначеністю вимірювань, в основному з 2001 року, зустрічалися наукові метрологічні центри та акредитовані за ДСТУ ISO/IEC 17025 [2] випробувальні та калібрувальні лабораторії. Тому є актуальним ще раз звернутися до питання застосування оцінок невизначеності вимірювань на виробництві.

По-перше, як у сфері законодавчо регульований метрології, так і поза її сфери на підприємстві можна застосовувати як похибки, так невизначеності вимірювань. Однак, методики вимірювань у сфері законодавчо регульованої метрології, що є обов'язковими до застосування, визначаються в нормативно-правових актах або в нормативних документах, на які є відповідні посилання в нормативно-правових актах. Тому для вимірювань, що проводяться за такими методиками, слід точність вимірювань оцінювати відповідно до наведених у цих методиках вказівок.

На підприємстві може бути прийняте рішення щодо оцінювання невизначеності результатів вимірювань на підставі вимог замовника продукції або у разі акредитації випробувальної лабораторії, або визначення доцільності цієї оцінки самим підприємством.

Для досягнення достовірного результату вимірювань параметру (характеристики) продукції, що контролюються, поперед всього визначають значення діапазону можливих змін значень та вимоги до точності цього параметру. Похибка вимірювань в міжнародному словнику з метрології [2] визначена як різниця між виміряним значенням та опорним значенням величини, а невизначеність - як невід'ємний параметр, що характеризує розсіювання значень величини, які приписуються вимірюваній величині на підставі інформації, що використовується. Але для цих двох форм кількісного вираження точності вимірювань необхідно знання про їх допустимих значень. З цим знанням пов'язані метрологічні характеристики застосованих засобів вимірювальної техніки (ЗВТ).

У разі подання точності результату вимірювань у вигляді похибки, ЗВТ вибирають за необхідним значенням інструментальної складової похибки вимірювань,

яка нормується як границі (максимальне значення) допустимої похибки. При цьому слід враховувати, що крім основної похибки можуть мати місце додаткові похибки ЗВТ, які пов'язані з умовами проведення вимірювань. У цьому разі похибки ЗВТ проконтрольовані під час проведення його повірки і виконавець вимірювань упевнений у придатності ЗВТ.

У разі вираження точності результату вимірювань у вигляді невизначеності ЗВТ повинно бути відкаліброване. В Законі [1] калібрування визначене як «сукупність операцій, за допомогою яких за заданих умов на першому етапі встановлюється співвідношення між значеннями величини, що забезпечуються еталонами з притаманними їм невизначеностями вимірювань, та відповідними показами з пов'язаними з ними невизначеностями вимірювань, а на другому етапі ця інформація використовується для встановлення співвідношення для отримання результату вимірювання з показу». Тобто, ця операція передбачає одержання власником ЗВТ свідоцтва про (або сертифіката) калібрування, в якому буде визначені відхил показів ЗВТ від еталонних значень та невизначеність вимірювань під час калібрування. Ці дані слід враховувати при проведенні вимірювань за допомогою ЗВТ.

Від якості проведення калібрування ЗВТ залежить якість вимірювань, що виконуються, тому що в результаті вимірювання слід враховувати відхилення показів ЗВТ від еталонних значень, а в бюджеті невизначеності враховується невизначеність при калібруванні ЗВТ. Це пов'язано з наявністю недоліків як у проведенні калібрування ЗВТ, так і у оформленні його результатів. В докладі розглядаються вимоги до калібрування ЗВТ та критерії відповідності відкаліброваного ЗВТ вимогам точності вимірювань.

На підставі проведених досліджень та порівняння підходів до застосування похибки та невизначеності як кількісних оцінок точності вимірювань, можна сформулювати пропозиції до алгоритму встановлення вимог до калібрування ЗВТ:

- 1) Визначити можливе максимальне значення невизначеності вимірювань результату на підставі апріорних знань про процес вимірювання або вимог замовника продукції;
- 2) Скласти рівняння вимірювання, за яким визначити вклад невизначеності при калібруванні ЗВТ;
- 3) Встановити максимально допустиме значення невизначеності під час калібрування ЗВТ;
- 4) За реєстром акредитованих калібрувальних лабораторій (на сайті Національного агентства з акредитації України) встановити, яка лабораторія може провести калібрування застосованого при вимірюваннях ЗВТ з невизначеністю не більше встановленого значення.

При цьому слід брати до уваги, що калібрування ЗВТ може бути проведено калібрувальною лабораторією самого підприємства.

Література

1. Закон України “Про метрологію та метрологічну діяльність” від 5.06.2014 р. № 1314-VII із змінами, внесеними у відповідності із Законом № 124-VIII від 15.01.2015 р.
2. ISO/IEC Guide 99:2007 International Vocabulary of Metrology – Basic and General Concepts and Associated Terms (VIM) (Международный словарь по метрологии – Основные и общие понятия и соответствующие термины (VIM)).

МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ КАЧЕСТВА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА СБОРКИ В МАШИНОСТРОЕНИИ

Важной задачей для Украины является выпуск качественной, конкурентоспособной продукции. Процессом переработки исходного сырья и материалов с целью получения требуемого конечного продукта называют технологическим процессом (ТП) сборки. В последнее время для управления качеством ТП сборки в машиностроении применяют предварительное моделирование с использованием двухпараметрических моделей. Массовые эксперименты показывают [1], что со временем t работы ТП меняется не только среднее и дисперсия, но и форма кривой плотности распределения. Это говорит о том, что распределение показателей качества должно иметь и параметр формы. Для нахождения обобщенного показателя качества трехпараметрической модели целесообразно применить безразмерный показатель качества в виде:

$$r_j(t) = \frac{x_i - x_0 - (\Delta_1 + \Delta_2)/2}{(\Delta_1 - \Delta_2)/2}, \quad (1)$$

Где x_i – i -ое значение j показателя качества ТП; x_0 – середина поля допуска j показателя качества ТП; $\Delta_1 > 0$ – верхнее отклонение, $\Delta_2 < 0$ – нижнее отклонение j показателя качества ТП.

Так как при любом конечном t величины $r_j(t)$ физически ограничены как "сверху", так и "снизу", то безразмерная величина $r_j(t)$ имеет нижний $r_{0j}(t)$ и верхний пороги $r_{aj}(t)$ значений $r_j(t)$, которые конечны. Причем всегда $r_{0j}(t) < r_{aj}(t)$. Поэтому моменты t_{1j} и t_{2j} отказа j -ого показателя системы по качеству определяется из решения уравнений $r_{0j}(t) = -1$ и $r_{aj}(t) = 1$, а качество этого показателя по времени характеризуется величиной $T_j = \min(t_{1j}, t_{2j})$.

В работе [1] построены две модели безразмерного показателя качества R с функциями плотности в любой момент времени t , а в работе [2] найдены числовые характеристики и оценки параметров этих моделей. Результаты представлены в таблице. На основании полученных данных, предлагается метод определения качества технологических процессов в машиностроении, который заключается в следующем:

1. По результатам измерений объемом $n \geq 3$ каждого из контролируемых j -ых параметров x ТП в каждом временном сечении t , по (1) определяются соответствующие безразмерные параметры R и далее из них составляются вариационные ряды $r_i (1 \leq i \leq n)$ (порядковые статистики).
2. По предложенным формулам для моделей в каждом временном сечении t рассчитываются нижние и верхние пороги безразмерного параметра.
3. Как только один из четырех порогов по абсолютной величине, станет больше единицы, процесс расчёта прекращается.
4. Порог, который по абсолютной величине, стал больше единицы, строим во временных сечениях t интерполяционный многочлен.
5. Приравнявая данный многочлен к единице или минус единице в зависимости

от знака порога, находим то значение времени T_j , которое характеризует j -ый показатель качества.

6. Найдя все T_j , определяем из них наименьшее, которое характеризует качество всего ТП.

Числовые характеристики и оценки параметров моделей безразмерного показателя качества

Модели безразмерного показателя качества	$f_1(r) = \frac{(2+\alpha)(1+\alpha)}{(r_{\hat{a}} - r_o)^{2+\alpha}} (r - r_o)(r_{\hat{a}} - r)^\alpha$	$f_2(r) = \frac{(2+\alpha)(1+\alpha)}{(r_{\hat{a}} - r_o)^{2+\alpha}} (r - r_o)^\alpha (r_{\hat{a}} - r)$
Математическое ожидание	$M(R) = r_o + \frac{2(r_{\hat{a}} - r_o)}{\alpha + 3}$	$M(R) = r_o + \frac{(1+\alpha)(r_{\hat{a}} - r_o)}{\alpha + 3}$
Дисперсия	$D(R) = \frac{2(\alpha+1)(r_{\hat{a}} - r_o)^2}{(\alpha+3)^2(\alpha+4)}$	$D(R) = \frac{2(\alpha+1)(r_{\hat{a}} - r_o)^2}{(\alpha+3)^2(\alpha+4)}$
Оценки параметров модели	$\hat{r}_0 = \bar{r} - \frac{2\hat{r}_k}{\alpha + 3}$	$\hat{r}_0 = \bar{r} - \frac{(1+\alpha)\hat{r}_k}{\alpha + 3}$

Предложенный метод определения качества ТП применим для получения оценок параметров распределения случайных величин. Преимуществом разработанного метода оценки качества ТП сборки является его простота. Данный метод возможно использовать не только для оценки качества ТП в машиностроении, но и в других отраслях промышленности.

Литература

1. Куцин А. Н. Оценка качества технических систем / А. Н. Куцин, Ю. И. Созонов // Сборка в машиностроении, приборостроении, - М.: - 2004. - № 7.- С. 23-27.
2. Ламнауэр Н.Ю. Оценка безразмерного показателя качества технологических процессов в машиностроении/ Н.Ю. Ламнауэр, Ю.И. Созонов, О.С. Черкашина //Восточно-Европейский журнал передовых технологий, - Харьков:- 2010. - №6/4 (48) – С. 7-10.

УДК: 681.513

А. В. Андреев, канд. техн. наук

А. М. Чернюк, канд. техн. наук

В. Н. Князева

*Украинская инженерно-педагогическая академия
(г. Харьков, Украина)*

ЭФФЕКТИВНОСТЬ УПРАВЛЕНИЯ НАСОСНЫМИ АГРЕГАТАМИ НЕФТЕПЕРЕКАЧИВАЮЩИХ СТАНЦИЙ

Система магистральных нефтепроводов Украины включает 19 нефтепроводов, более 150 нефтеперекачивающих станций (НПС), работу которых обеспечивает около 180 насосных агрегатов с электроприводом мощностью около 360 тыс. кВт. Приведенные сведения показывают масштабность и актуальность задачи энергосбережения на объектах транспортировки нефти.

Анализ работы нагнетателей на НПС показывает, что их КПД в среднем ниже оптимальных значений на 3-7 %, что обусловлено низкой эффективностью применяемых способов регулирования подачи (таких как дросселирование, изменение числа работающих насосов и др.).

На практике нефте- и газопроводы никогда не работают только на одном режиме с максимальной (определенной проектом) производительностью. Из-за неравномерности поставок нефти и газа добывающими компаниями, изменения грузопотоков, вывода в ремонт части перекачивающих агрегатов, устранения дефектов на линейной части и т.п. работа трубопроводов происходит на режимах с различной производительностью, часто значительно меньшей проектной. В таких случаях составляются карты технологических режимов (КТР) работы технологического участка трубопровода, состоящего обычно из нескольких перекачивающих станций, каждая из которых имеет несколько последовательно соединённых нагнетателей.

В режимах с меньшей по сравнению с проектной производительностью нефтепровода предусматривают, в частности, уменьшение числа работающих насосов. При этом магистральные насосы (МН) работают не в оптимальном режиме, их КПД снижается по сравнению с номинальным.

Исключить дросселирование, как источник дополнительных энергозатрат, в определенной мере позволяет регулирование работы технологического участка методом циклический перекачки, при котором трубопровод последовательно (циклически) работает с разным количеством насосов. К недостаткам такого метода относятся потери электроэнергии на переключения электродвигателей насосов при изменениях режима перекачки, невозможность обеспечить высокий КПД насосов в обоих режимах.

Известно, что наиболее эффективным с точки зрения энергозатрат способом регулирования подачи насосов является регулирование изменением частоты их вращения.

Снижение энергозатрат при использовании частотного регулирования подачи (ЧРП) для привода нефтяных насосов может происходить за счет больших значений КПД насосов и электродвигателей, а также за счет исключения дросселирования излишков напора в регуляторах давления НПС.

В арсенале управляющих воздействий на сложную систему транспортировки нефти по магистральным трубопроводам при уменьшении производительности перекачки имеются следующие:

- уменьшение числа работающих насосов;

- использование циклической перекачки;
- дросселирование, байпасирование;
- применение ЧРП насосов.

Общепринятым является применение в качестве энергетического критерия оптимизации минимума удельных затрат электроэнергии, т.е. затрат на перекачку 1 т нефти (чаще в стоимостном выражении), за определенный период времени.

Энергетические критерии оптимизации включают в свой состав экстремум целевой функции. При ЧРП МН алгоритм оптимизации и вид целевой функции усложняются, по сравнению с нерегулируемыми МН, из-за необходимости учета влияния изменения частоты вращения на вид целевой функции, а также на ряд технологических ограничений, таких как: допустимые давления, напоры и подпоры, ограничения по КПД электродвигателей и МН, на допустимые частоты вращения МН и др.

Таким образом, оптимизация режима работы магистрального нефтепровода, целью которой является обеспечение заданной производительностью перекачки при соблюдении критерия оптимизации, сводится к разработке алгоритма управления частотами вращения всех МН с ЧРП, иными словами к разработке системы энергосберегающего автоматизированного управления процессом транспортировки в целом.

СИСТЕМА АВТОМАТИЧНОГО РЕГУЛЮВАННЯ ГІДРОТУРБИНИ, ПОБУДОВАНА НА ОСНОВІ ЗВОРОТНИХ ЗАДАЧ ДИНАМІКИ

В системах автоматичного регулювання та керування за допомогою зміни витрати робочої рідини значний інтерес представляє використання прецизійних електрогідравлічних приводів. Одним з основних елементів таких систем є виконавчі пристрої, що представляють собою регульовальні органи, укомплектовані виконавчими механізмами. Від точності та швидкодії таких систем регулювання залежать якість і ефективність технологічних процесів, нормальне функціонування електростанції в цілому.

У якості найбільш характерного та актуального приклада варто розглянути проблеми і перспективи використання електрогідравлічних приводів у системах автоматичного регулювання частоти і потужності (САР Ч і П) гідроелектростанцій.

Підвищення точності регулювання гідравлічних турбін являє собою важливу техніко-економічну задачу. При підвищенні точності регулювання підвищується ступінь відповідності вироблюваної та споживаної потужності, що еквівалентно відповідному підвищенню ККД енергоблоків.

Підвищення точності, швидкодії та стійкості систем регулювання окремих гідрогенераторних установок позитивно позначається на стійкості енергетичних систем в цілому. У цьому випадку з'явиться можливість перегляду вимог до статизму регульовальних характеристик турбін (у плані зменшення його регламентованої величини), що у свою чергу, дозволить спростити та зменшити вартість системи вторинного регулювання частоти обертання (за допомогою мережних регуляторів частоти).

Для багатьох конкретних технічних систем досить ефективними є алгоритми керування, побудовані на зворотних зв'язках за трьома основними параметрами стану (положення, швидкість, прискорення) і на трьох параметрах впливу, що задає (параметр, що задає вплив, його перша та друга похідні). Ці алгоритми синтезуються на основі методів зворотних задач динаміки і дозволяють забезпечити задані динамічні властивості об'єкта при відносно простій структурі системи керування. Однієї з модифікацій таких алгоритмів є алгоритм керування за помилкою і двома її похідними, що при тім же позитивному ефекті істотно спрощує структуру системи керування.

Ціль роботи – підвищення якості (у т.ч. – стабільності частоти) електроенергії, шляхом удосконалення наукових методів і засобів, що забезпечують високі показники статичної і динамічної точності систем автоматичного регулювання гідротурбіни.

Задачею створення прецизійної системи регулювання є збільшення точності, швидкодії та надійності електрогідравлічного слідкуючого приводу за рахунок підвищення ефективності електронного регулятора шляхом введення змінного коефіцієнта підсилення та корекції показників датчика зворотного зв'язку.