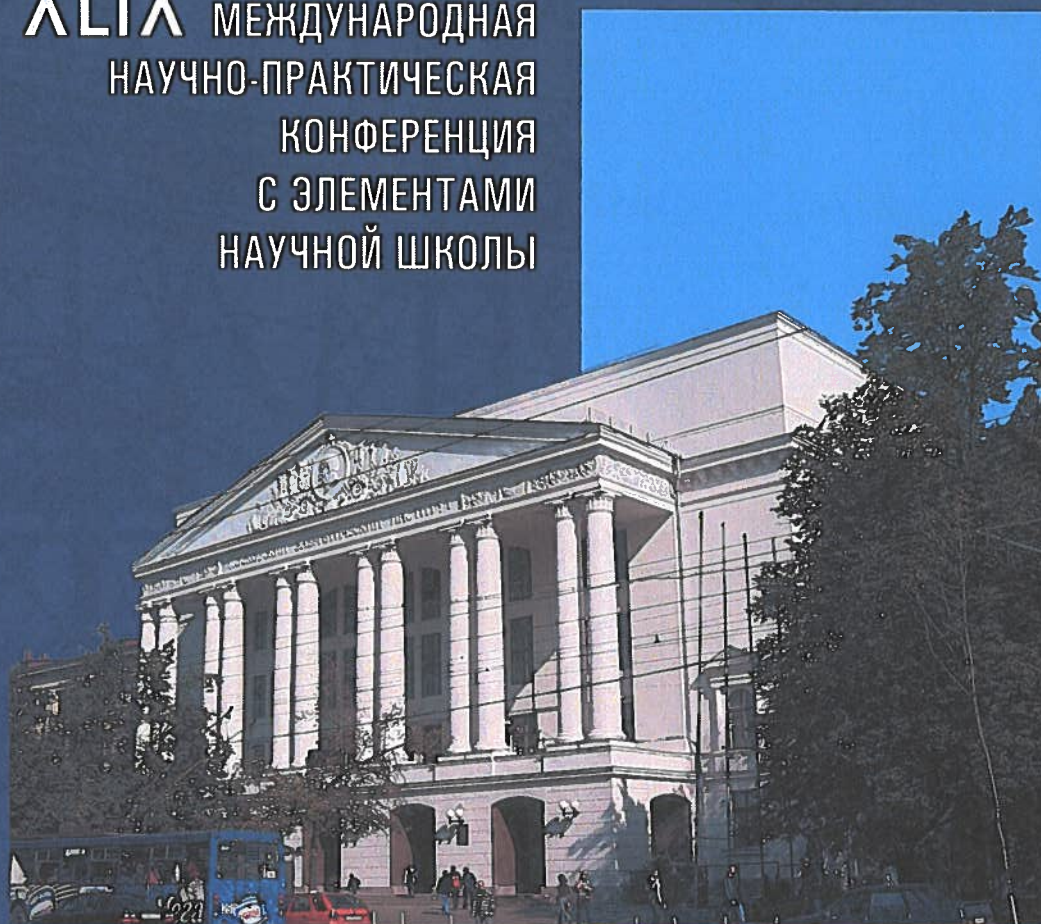


ФЕДОРОВСКИЕ ЧТЕНИЯ 2019

# ФЕДОРОВСКИЕ ЧТЕНИЯ 2019

**XLIX** МЕЖДУНАРОДНАЯ  
НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ  
КОНФЕРЕНЦИЯ  
С ЭЛЕМЕНТАМИ  
НАУЧНОЙ ШКОЛЫ



Москва  
20 – 22 ноября 2019 г.



## СЕКЦИЯ 2

### ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ И ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИЕ МЕТОДЫ, ТЕХНОЛОГИИ, ОБОРУДОВАНИЕ

*Б.Р. Кангожин, almaty\_bek@inbox.ru,  
КазНУ им. Аль-Фараби,  
С.С. Даутов, sukhrab\_dautov@list.ru, М.С. Жармагамбетова,  
zh\_meruert.s@mail.ru, КазАТК им. М. Тынышпаева, г. Алматы*

#### ПРОГРАММНО-АППАРАТНЫЙ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЙ КОМПЛЕКС ПОВЫШЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ — ИНСТРУМЕНТ ЦИФРОВИЗАЦИИ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ

Действенным средством повышения производственно-технологической энергоэффективности является реальное внедрение системы энергоменеджмента, основанного на принципе цикла Деминга «Plan—Do—Check—Act». На международном уровне эту политику продвигает Центр международного промышленного сотрудничества UNIDO, который работает под эгидой ООН.

В настоящее время в Республике Казахстан сохраняется высокое энергопотребление производственно-технологических процессов, в разы превышающее аналогичные показатели промышленно развитых стран. В планах мероприятий по энергосбережению, разработанных по результатам проведенных в соответствии с законом [1] энергетических обследований, практически отсутствует кропотливая работа по анализу технологической энергоэффективности предприятий передачи, распределения и потребления электрической энергии.

В дальнейшем в ходе реализации планов мероприятий по энергосбережению (в первую очередь — внедрение систем коммерческого и технического учета) происходит истощение резервов быстрой экономии. Это приводит к исчерпанию практически всего заявленного потенциала экономии энергетических ресурсов (ТЭР), а высокая энергоемкость остается [2].

Подход в промышленно развитых странах несколько другой: по данным UNIDO, даже на предприятиях с энергоэффективностью на уровне мировых стандартов всегда есть резерв энергосбережения около 40 %, в основном за счет повышения технологической энергоэффективности [3]. Не являются исключением предприятия передачи и распределения электрической энергии.



Руководители энергопредприятий больше внимания уделяют общим энергозатратам предприятия, а не их доле в структуре себестоимости передачи электрической энергии. Не всегда ведется учет причин потерь (недоотпуска) электрической энергии на уровне отдельных энергоустановок (ЭП, КТП, ЛЭП), что не позволяет оперативно анализировать динамику энергопотерь на отдельных участках технологического процесса транспортировки электрической энергии. Недооценивается важность системного подхода к энергосбережению, включающего меры повышения технологической энергоэффективности электрических сетей.

В результате отсутствует реальный эффект на предприятиях, внедривших ISO 50001:2011 с целью сертификации и получения «настенного» доказательства. Подобная сертификация даже не учитывает первейшего требования ISO 50001:2011 — наличия в структуре управления производством представителя руководства (энергомеджера с правами, полномочиями и штатом, достаточными для решения задач энергосбережения). Не предусматривается и система мотивации персонала по повышению энергоэффективности.

В этих условиях альтернативой может быть разработка и внедрение программно-аппаратных измерительных комплексов (ПАИК) повышения технологической энергоэффективности предприятий энергетической отрасли, основой которых являются непрерывные процессы и производства. В состав ПАИК входят АСКУЭ, АСДУ и им подобные уже внедренные информационно-измерительные системы.

Широкая автоматизация и продвинутая аналитика ПАИК, фактически цифровая энергетика, станут основой управления цепочкой создания дополнительной добавочной стоимости. ПАИК собирает аналитические данные от системы в целом до конкретного потребителя и предоставляет качественные услуги по повышению энергетической эффективности. Основная цель программы «Цифровой Казахстан» [4] — рост доходов — достигается в ПАИК за счет использования не анализируемых в настоящий момент данных — агрегированных индикаторов технологической энергоэффективности (АИТЭ), за счет автоматизации процессов (АСДУ, АСКУиЭ и т.п.) и точечного внедрения цифровых решений (экстремумы уравнений регрессии) повышения технологической энергоэффективности.

Основными непрерывными процессами в электроэнергетике являются выработка, передача и потребление электрической энергии. Технологический процесс показан на рис. 1.

Процесс передачи электроэнергии представляет собой функционирование многосвязного объекта (рис. 2), которому свойственно наличие управляющих параметров, входных возмущений и выходных параметров.

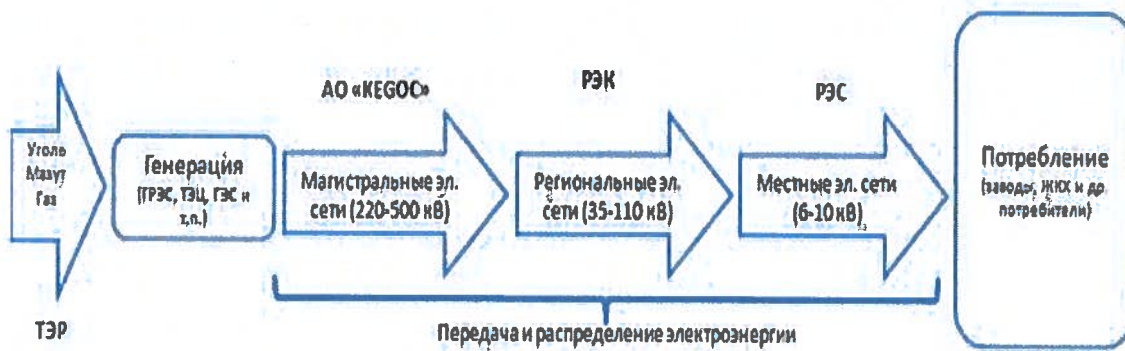


Рис. 1. Технологический процесс производства, передачи и потребления электрической энергии

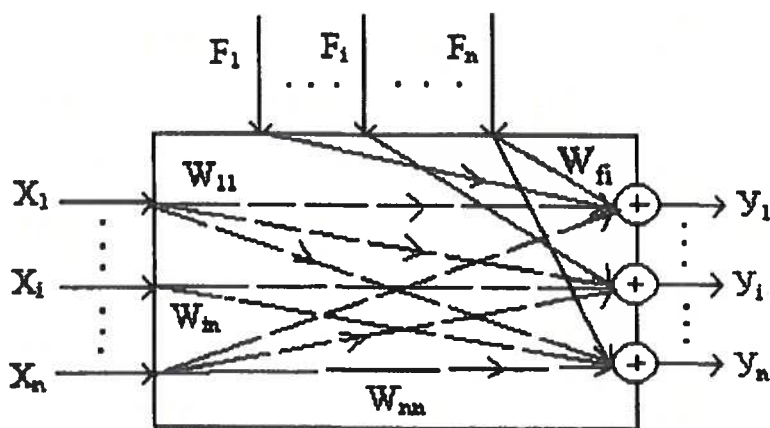


Рис. 2. Структурная схема многосвязного объекта:  $X$  — входные параметры;  $F$  — внешние возмущающие воздействия;  $Y$  — выходные параметры или качественные показатели объекта управления

Все характеризуются большим количеством возмущающих параметров, компенсация которых в основном осуществляется при помощи одноконтурных схем управления. Входными параметрами  $X_i$  служат параметры электрической сети: уровень напряжения в сети, частота и др.

Важным преимуществом ПАИК является возможность вовлечения в процесс повышения технологической энергоэффективности новых технологических решений как внешних возмущающих воздействий  $F_i$ . Таким воздействием, например, является аккумулирование энергии [5]. Переход от плановой экономики к рыночной ведет к увеличению соотношения между суточными максимумом и минимумом нагрузок. Процесс оптимизации электроснабжения при этом может быть улучшен новыми технологическими решениями. В качестве примера в [5] рассматривается перспектива вовлечения гибридных транспортных средств в процесс оптимизации энергоснабжения для регулирования суточного графика нагрузок.

Большинство управляющих параметров используются только при одноконтурном управлении, что более просто с точки зрения аппаратной реализации, но отрицательно влияет на качество процесса управления. Выходные параметры в основном используются как критерии качества. При этом управление по обобщенным показателям процессов является наиболее эффективным, но требует применения многоконтурных систем, которые сейчас существуют лишь как проектное решение. Основным из выходных параметров  $Y_i$  — показателями технологической энергоэффективности энергопредприятия — являются потери и недоотпуск электроэнергии.

Управление современными технологическими объектами по энергетическим и материальным показателям, которые являются выходными координатами, основан на применении типовых законов регулирования, осуществляется с использованием одноконтурных и многоконтурных систем.

При управлении по уровню потерь электроэнергии должны применяться сложные алгоритмы, основной целью которых является расчет критерия управления и реализация управляющих воздействий.

Многие параметры имеют экстремальные статические характеристики и для управления ими применяются математические модели объекта (в основном для поиска экстремума), а алгоритмы управления строят так, чтобы при изменении входных и выходных параметров процесса постоянно корректировались значения основных управляющих воздействий, то есть алгоритмы управления дополняют их алгоритмами идентификации.

Функционирование этих алгоритмов требует использования существующих информационно-измерительных систем: АСКУЭ, АСДУ и т.п. По способу реализации этих систем алгоритмы управления классифицируют так:

- алгоритмы, функционирование которых основано на использовании текущей измерительной информации;
- алгоритмы, использующие измерительную информацию и знания о некоторых свойствах объектов;
- алгоритмы, в которых, кроме измерительной информации от ИИС, используются все знания об объекте, представленные в виде математической модели.

Путем построения единой информационной системы энергоменеджмента в ПАИК решается задача снижения трудоемкости процессов ISO 50001:2011 по сбору, обработке, агрегации, фильтрации, аналитике, моделированию, использованию всего огромного массива энерготехнологических данных.

Разработанные в ПАИК агрегированные индикаторы технологической энергоэффективности (АИТЭ) позволят оценить результаты внедрения энергосберегающих мероприятий, а полученные аналитические инстру-

менты (уравнения регрессии) — разработать решения по управлению энергоресурсами. При этом на каждом уровне управления будут разработаны и внедрены свои АИТЭ.

Цифровизация с помощью ПАИК процесса повышения технологической энергоэффективности позволит снизить влияния человеческого фактора на принятие управленческих решений в электрических сетях.

### Литература

1. Закон Республики Казахстан от 13 января 2012 г. № 541-IV «Об энергосбережении и повышении энергоэффективности» (с изменениями и дополнениями по состоянию на 28.12.2016).
2. Сводный технический отчет по результатам проведения энергетического аудита по Филиалам АО «Локомотив»; ТОО «Казахский Институт Технического Развития», 2014 г.
3. Годовой отчет 2016 Центра международного промышленного сотрудничества «ЮНИДО» Режим доступа: [http://www.unido.ru/upload/files/a/annual\\_report\\_2016\\_rus.pdf](http://www.unido.ru/upload/files/a/annual_report_2016_rus.pdf).
4. Государственная Программа «Цифровой Казахстан». Постановление Правительства Республики Казахстан от 12 декабря 2017 года № 827.
5. Некрасов С.А., Цырук С.А., Жармагамбетова М.С. О системном подходе к проблеме аккумулирования энергии // Промышленная энергетика. 2013. № 11. С. 2—6.

*С.С. Костинский, mirovingen1987@mail.ru,  
ЮРГПУ им. М.И. Платова (НПИ), г. Новочеркасск*

## **МЕТОД УСЛОВНО-ПОСТОЯННЫХ КОЭФФИЦИЕНТОВ ДЛЯ РАСЧЕТА ДОПОЛНИТЕЛЬНЫХ ПОТЕРЬ АКТИВНОЙ МОЩНОСТИ В СИЛОВЫХ ТРАНСФОРМАТОРАХ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ СЕТЕЙ, ОБУСЛОВЛЕННЫХ НЕЛИНЕЙНЫМИ НАГРУЗКАМИ**

Современная электронная аппаратура в большинстве случаев представляет собой нелинейную электрическую нагрузку для системы электроснабжения, то есть потребляет ток несинусоидальной формы, что создает искажения в питающей сети и, как следствие, искажение напряжения, которое воздействует на другое оборудование, получающее электроэнергию от общего источника [1—3]. Ситуация с электроприемниками, искажающими качество электрической энергии, непрерывно ухудшается [3—5].

В последние годы отмечается значительное ухудшение качества электрической энергии в сетях непромышленных потребителей — торговых комплексов, офисных зданий, учебных заведений, жилых зданий [4].