

УДК 621.31:621.398:658.514-52

АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА ДОСТОВЕРИЗАЦИИ ТЕЛЕМЕТРИИ ДИСПЕТЧЕРСКОГО ЦЕНТРА ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКИ

А. С. Занин, К. И. Бушмелева

Сургутский государственный университет, mario85@bk.ru

В работе приведено общее описание специфики процесса диспетчеризации и оказания системных услуг в электроэнергетике. В наиболее общем виде рассмотрены принципы построения систем управления и мониторинга энергетической системы Российской Федерации и стран СНГ. Рассмотрены аспекты безопасности технологических процессов со стороны сетей сбора и передачи данных. Описаны предпосылки исследования в области достоверизации телеметрии диспетчерских центров электроэнергетики. Описана организационная составляющая процесса достоверизации телеметрической информации персоналом диспетчерских центров «Системного оператора единой энергетической системы» Российской Федерации. Приведены предпосылки создания программного продукта для автоматизации процесса достоверизации данных телеметрии. Разработан алгоритм программного обеспечения для автоматизации процесса верификации телеметрии. Приведена целевая таблица результатов работы проектируемого программного обеспечения. Обозначен предмет дальнейшего исследования в виде критерия достоверности параметров телеметрии на основе сопоставления данных, получаемых из различных источников. Изложен подход к формированию эмпирического критерия достоверности параметров на основе рейтингов, формируемых с использованием нейросетевого подхода. Получено предварительное одобрение общей идеи программного продукта от персонала Регионального диспетчерского управления энергосистемами Ханты-Мансийского автономного округа, Ямало-Ненецкого автономного округа и Тюменской области.

Ключевые слова: автоматизированная система управления, достоверизация, телеметрия, разработка алгоритма.

AUTOMATION OF TELEMETRY VERIFICATION PROCESS OF THE ELECTRIC POWER INDUSTRY DISPATCHING CENTER

A. S. Zanin, K. I. Bushmeleva

Surgut State University, mario85@bk.ru

The article gives a general description of the specifics of the dispatching process and the provision of system services in the electric power industry. The principles of building control and monitoring systems for the energy system of the Russian Federation and CIS countries are generally considered. The safety aspects of technological processes on the part of data collection and transfer networks are considered. The research background in the field of telemetry verification of electric power industry dispatching centers is described. The organizational component of the process of verifying telemetric information by dispatching centers personnel of the “System Operator of the United Power System” of the Russian Federation is described. The background for creating process automation software of verifying telemetry data is provided. The automation software algorithm for verification of telemetry is developed. The target table of the developing software results is shown. The subject of further research is indicated in the form of a validation criterion of telemetry parameters based on the comparison of data obtained from various sources. The approach to the formation of an empirical criterion for validation of parameters based on values formed using a neural net-

work approach is outlined. The prior approval of the software general idea from the personnel of the Regional Dispatching Management of the power systems of the Khanty-Mansi Autonomous Okrug, the Yamalo-Nenets Autonomous Okrug and the Tyumen Region is obtained.

Keywords: automated control system, verification, telemetry, algorithm development.

На сегодняшний день энергетическая система любой страны представляет собой стратегически важную структуру, состоящую из множества сложных элементов, функционирующих в едином режиме. Наиболее сложными в решении являются задачи прогнозирования и планирования бесперебойного энергоснабжения жизненно важных объектов. Сложность данного рода вопросов заключается, прежде всего, в специфике ресурса, который в отличие от других не имеет возможности быть запасенным. В связи с этим возникает необходимость осуществления постоянного контроля производства и потребления в режиме реального времени, кроме того, организация рыночного механизма и конкурентного отбора мощности должны осуществляться на высочайшем технологическом уровне. Для решения описанных выше задач в Российской Федерации, существует специализированная организация: «Системный оператор единой энергетической системы» (СО ЕЭС) [1]. В соответствии с географическим положением энергетических объектов в СО ЕЭС организована строгая иерархическая структура с центральным диспетчерским управлением на верхнем уровне, семью объединенными диспетчерскими управлениями на среднем и пятьюдесятью двумя региональными диспетчерскими управлениями на нижнем уровне.

Основным методом работы диспетчерских центров всех уровней является постоянный контроль ряда параметров магистральных линий электропередач в узлах преобразования и распределения. Для контроля данных параметров используется внушительное количество технических средств [2]. В наиболее общем виде эти средства представляют собой совокупность устройств сбора (на объекте мониторинга), предварительного преобразования, передачи (в передающем тракте), приема (в диспетчерском центре соответствующего уровня), обратного или дальнейшего преобразования (в центральной приемо-передающей станции), обработки с целью получения косвенных измерений и контроля зависимых параметров (в оперативном информационном комплексе), и отображения (на рабочем месте диспетчера с применением средств коллективного и индивидуального отображения). Начиная с уровня преобразования, обработкой полученных данных занимается оперативно-информационный комплекс (ОИК) СК-2007.

В стратегии развития СО ЕЭС среди прочих задач отдельно выделяется задача по постоянному повышению надежности [3]. Повышение надежности мониторинга и управления, позволяет в целом повысить надежность энергоснабжения и застраховать потребителей и производителей от негативных последствий [4]. Для достижения данной цели в СО ЕЭС постоянно реализуются проекты по улучшению различных средств диспетчеризации.

Ввиду описанных выше особенностей и целей отдельный интерес для исследования представляет задача достоверизации получаемых диспетчерским центром данных [5]. Вопрос математической достоверизации параметров телеметрии (ТМ) начали изучать более 40 лет назад [6]. До последнего времени наибольший интерес представляли аспекты поиска и устранения ошибок телеизмерений, ставших результатом сбоев в работе технических средств. Говоря же о текущем состоянии вопроса, можно судить о необходимости рассмотрения аспектов безопасности данных в ключе умышленной деятельности лиц или организаций, ставящих перед собой задачи по выводу из строя технологического оборудования конкурентов или получения прибыли за счет представления заведомо ложных данных о своих производственных показателях, или показателях конкурирующих компаний [7].

В «СО ЕЭС» разработан и эксплуатируется «Порядок организации работ по достоверизации телеметрической информации, поступающей в оперативно-информационные комплексы диспетчерских центров АО «СО ЕЭС»» (рис. 1), который предусматривает ряд дей-

ствий персонала для восстановления достоверности данных ТМ, получаемых от различных объектов [8]. В используемой в отрасли SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition) системе (ОИК СК-2007) при оценке достоверности параметров телеметрии применяется дискретный подход с метриками в виде кодов качества, которые формируются исходя из ряда факторов. Пример кодов качества и их расшифровка:

- 00 000 001 – недостоверность: дребезг телесигнала;
- 00 000 200 – недостоверность: обновление;
- 04 000 000 – источник: технологическая задача;
- 08 000 000 – недостоверность: подозрение на скачок;
- 40 000 000 – источник: повтор предыдущего значения.

Указанные коды качества аддитивны и, складываясь, дают возможность производить экспресс-диагностику передающего тракта или устройств сбора. Формирование кодов качества осуществляется различными способами:

- проверка физических пределов;
- контроль диагностической информации каналов связи;
- контроль целостности по протоколам передачи данных;
- оценивание адекватности получаемых данных математической модели.

В указанных обстоятельствах вопрос контроля достоверности сводится к своевременному уведомлению ответственного персонала об изменении кода качества того или иного параметра, но ввиду огромного количества принимаемых диспетчерским центром параметров и различной частотой их дискретизации данный процесс требует огромного количества вычислительных ресурсов, не всегда решая при этом поставленную задачу на 100 %. Регламентирующий документ «Порядок организации работ по достоверизации телеметрической информации, поступающей в оперативно-информационные комплексы диспетчерских центров АО «СО ЕЭС»» вводит в действие «Перечень передаваемой диспетчеру телеинформации» (ПДТИ), представляющий собой список параметров работы по восстановлению достоверности, которые являются приоритетными. Кроме того, порядок предусматривает использование в процессе установления недостоверных параметров таких методов, как оценивание состояния в комплексе для расчета математической модели ЕЭС [6]. После сравнения получаемых в результате расчета данных, специалист службы электрических режимов (СЭР) производит анализ причин расхождения расчетных и фактических параметров и в случае подтверждения недостоверности передает информацию о ней дежурному специалисту отдела оперативной эксплуатации автоматизированных систем управления (ООЭ АСУ). Еще одним способом контроля достоверности является сопоставление параметров ОИК и автоматизированной системы коммерческого учета электроэнергии (АСКУЭ) специалистами службы энергетических режимов и балансов, как и в случае с СЭР, предварительно проанализированные данные по недостоверности, полученные в результате сопоставления, передаются в ООЭ АСУ.

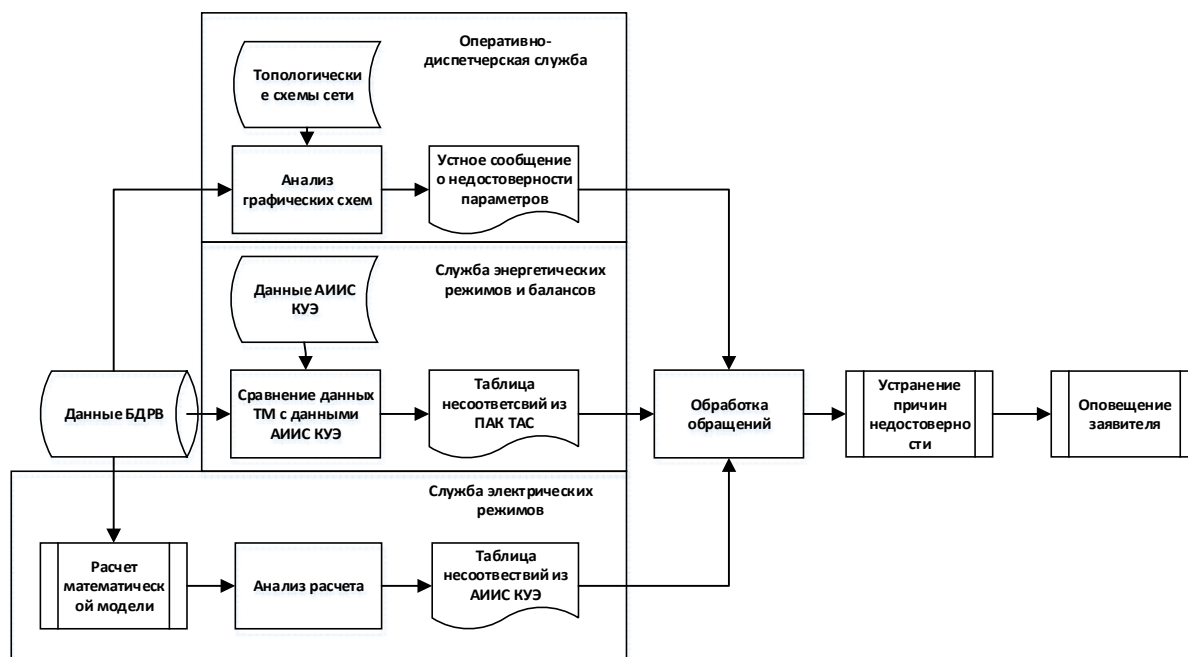


Рис. 1. Порядок выполнения работ по достоверизации ТМ в СО ЕЭС

Как можно судить из всего вышесказанного, специалист ООЭ АСУ получает большое количество информации из различных источников в различном виде, после чего производит анализ и верификацию недостоверных параметров в соответствии с утвержденными внутренними документами, а именно:

1. Проверяет наличие в перечне ПДТИ соответствующих параметров.
2. Анализирует происхождение параметра (первичный или дорасчетный, свой или из смежного диспетчерского центра).
3. Проводит действия по устранению причин недостоверности или устанавливает указанные параметры ТМ на ручной ввод.

Между тем существует ряд ситуаций, при которых два из трех вышеописанных действия выполняются впустую. Такая ситуация чаще всего обусловлена вынесением оценки о достоверности параметра специалистами СЭР на основе сравнения с системами, использующими моментальные срезы ТМ. В данном случае очевидным кажется использование аппроксимированных значений для сопоставления, но в реальной жизни возможен ряд ситуаций, когда колебание параметра на величину, равную 5 % от номинального значения, может приводить к потере адекватности модели или утрате точности финансового расчета. Кроме того, именно доверительный интервал в 5 % является критерием отбраковки параметра по «порядку».

Из всего описанного выше становятся очевидными предпосылки для разработки программного обеспечения (ПО), позволяющего автоматизировать часть задач, выполняемых специалистами ООЭ АСУ.

Другим важным обоснованием необходимости разработки ПО для отработки недостоверностей является тот факт, что при попадании одного и того же параметра ТМ в списки недостоверных данных, полученных из различных структурных подразделений, может с высокой вероятностью свидетельствовать о действительной недостоверности указанного параметра. В то же время отсутствие того или иного параметра в одном или двух перечнях хотя и не свидетельствует в общем об обратном, однако позволяет с использованием некоторой метрики накопить данные для формирования критерия достоверности [9]. После сопоставления перечней между собой в ПО должен происходить анализ кодов качества и значений указанных параметров на текущий момент, и в случае их различия пометить такие параметры, например, желтым цветом. Параметры же, присутствующие во всех трех перечнях, коды ка-

чества которых и значения не менялись с момента предварительно отбраковки, выделяются красным. Приблизительный алгоритм работы проектируемого программного обеспечения приведен на рис. 2.

Нельзя не заметить, что для разработки описанного выше ПО необходимо выполнить ряд подготовительных операций, таких как унификация формы обращения заявителя по факту недостоверности ТМ, добавление меток времени и ее описание и т. д.

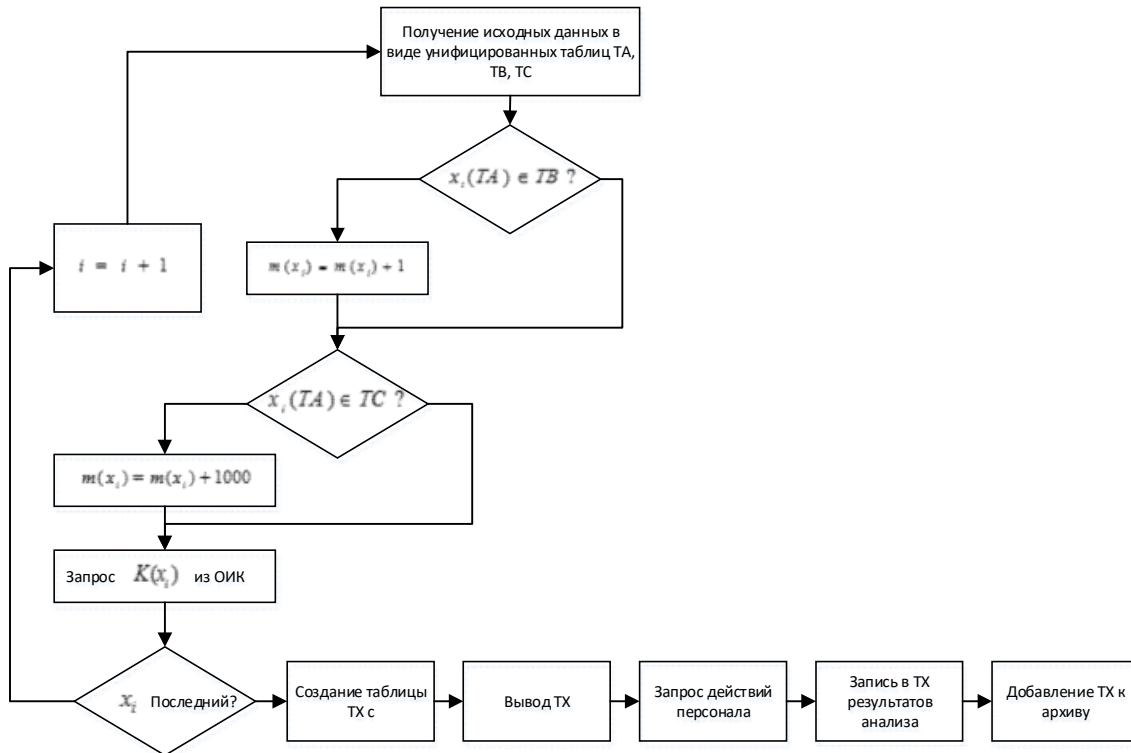


Рис. 2. Приблизительный алгоритм ПО автоматизирующего процесс достоверизации ТМ

В настоящее время широкое распространение в онлайн торговле и социальных сетях получили системы репутации агентов взаимоотношений [8]. Такие системы позволяют на основе информации о поведении агента в прошлом спрогнозировать будущее поведение и исход взаимных операций. Применимость данного метода к процессу достоверизации телеметрической информации обусловлена особенностями ее организации, а именно наличием сложного передающего тракта между источником и получателем данных, множество которых образуют сложную древовидную структуру с диспетчерским центром в корне, который, по сути, отличается от структуры онлайн-магазина с множеством клиентов и логистических механизмов лишь направленностью рейтингов. В системах онлайн-торговли в случае успешной транзакции агентам (чаще продавцу), участвующим в ней, присваивается некоторая оценка, позволяющая в будущем опираясь на нее спрогнозировать успешность будущей транзакции. Данная оценка имеет, как правило, накопительный характер. Для процесса передачи данных возникновение ситуации неуспешной передачи или появления ошибки, как правило, провоцируется систематическими сбоями в физической среде, такими как частотные помехи в радиорелейных линиях связи, что по своей сути ничем не отличается от ситуации с пропаданием заказа интернет-магазина в процессе пересылки заказчику.

Производным от репутации является доверие, которое в свою очередь можно рассчитать, опираясь на количественную оценку репутации. В Semantic Web [10], например, используется дискретная модель доверия (доверие-недоверие-нейтральность), в то время как в других системах используются непрерывные диапазоны, позволяющие оценить агентов более гибко.

Вычисление доверия может производиться по-разному, как говорилось выше, существуют дискретный и непрерывный подходы. Алгоритмы для вычисления могут варьироваться от вычисления среднего значения до вычисления собственных значений на основе репутации контрагентов и т. д. Из таблицы видно, что наиболее интересным, с исследовательской точки зрения, станет применение нейросетевого подхода к подбору эмпирических метрик $P(m)$. Так, на начальном этапе можно задать их произвольным образом, после чего, анализируя результаты, вносить корректировки. В результате обучения и накопления опыта точность прогнозов очевидно должна возрасти.

Результирующая таблица достоверизации данных по СО ЕЭС

№	Идентификатор ОИК	Наименование	Код качества	m	$P(m)$	Заключение
1	27351	Тобольская ТЭЦ 110 кВ U	00 000 100	1 000	0,3	недостоверен
2	11328	Вынгапур 1СШ 110 кВ Ubc	00 000 001	1	0,9	достоверен
3	103	Тюмень-Рефтинская ГРЭС ВЛ-500 Ротд	00 000 200	1 001	0,7	недостоверен
4	10611	Бачкун 1С 110 кВ F /Тэс	00 000 100	0	0,1	достоверен
5	5702	УГТЭС-72-Уренгой 1ц ВЛ 110 кВ Q	00 000 001	1 001	0,7	недостоверен

При использовании описанного выше программного обеспечения в течении длительного времени появится возможность установить эмпирический критерий достоверности входящих параметров на основе рейтингов, привязанных как напрямую к тому или иному параметру, так и, например, к целому домену телеизмерений, получаемых от одного или нескольких объектов по одному каналу связи. При опросе персонала ООЭ АСУ было выяснено, что подобного рода рейтинги фактически уже присутствуют в неформальном виде, ведь систематические сбои по определенному направлению формируют у ответственного персонала мнение о невозможности оперативного устранения причин недостоверности или вовсе вынуждают его на отказ от действий, направленных на восстановление достоверности (так уже было – скоро само восстановится), между тем в большинстве случаев такого рода проблемы свидетельствуют о высокой уязвимости канала связи и нуждаются в особом порядке решения.

Литература

1. Об электроэнергетике : федер. закон от 26.03.2003 № 35-ФЗ (ред. от 29.12.2014).
2. Занин А. С., Бушмелева К. И. Автоматизированная система управления технологическим процессом как сложная система (на примере автоматизированной системы диспетчерского управления энергосистемой Тюменской области) // Северный регион: наука, образование, культура. 2015. Т. 2. № 2 (32). С. 87–89.
3. Системный оператор единой энергетической системы Российской Федерации : сайт. URL: <http://so-ups.ru>.
4. Аюев Б. И., Ерохин П. М. Стратегия развития Системного оператора ЕЭС России // Функционирование и развитие рынков электроэнергии и газа : сб. науч. тр. Ин-та проблем моделирования в энергетике им. Г. Е. Пухова. Спец. вып. Киев, 2006. С. 12–20.
5. Занин А. С., Бушмелева К. И. Достоверизация телеизмерений в системах управления сложными структурами на примере «СО ЕЭС» // Надежность и качество : тр. междунар. симп. 2017. Т. 2. С. 7–8.

6. Гамм А. З., Герасимов Л. Н., Колосок И. Н. и др. Оценивание состояния в электроэнергетике. М. : Наука, 1983. 320 с.
7. Cárdenas A. A., Amin S., Lin Z. S., Huang Y. L., Huang C. Y., Sastry S. Understanding the Physical and Economic Consequences of Attacks Against Control Systems // *International Journal of Critical Infrastructure Protection*. 2009. October. № 2 (3). P. 72–83.
8. Министерство энергетики Российской Федерации : сайт. URL: <http://minenergo.gov.ru/>.
9. Занин А. С., Бушмелева К. И. Анализ влияния подмены данных на принятие решений об изменении режима работы ЭЭС // *Север России: стратегии и перспективы развития : материалы III Всерос. науч.-практич. конф.* Сургут, 2017. С. 30–32.
10. Губанов Д. А. Обзор онлайн-систем репутации доверия / *Ин-т проблем управления РАН, Москва*. URL: http://www.mtas.ru/bitrix/components/bitrix/forum.interface/show_file.php?fid=1671.