

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ

DOI: 10.25586/RNU.V9I187.19.04.P.003

УДК 681.51.037

А.И. Гладышев, В.К. Кузнецов

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЙ МОНИТОРИНГ СИСТЕМ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКИ: СУЩЕСТВЕННЫЕ ПРИЗНАКИ И ТЕХНОЛОГИИ

Рассматриваются основные признаки содержания понятия «интеллектуальный мониторинг» применительно к системам электроэнергетики. Приводятся примеры технологий интеллектуального мониторинга.

Ключевые слова: системы электроэнергетики, измерительные комплексы, мониторинг, интеллектуализация, адаптивизация, технологические возмущения, кибератаки.

A.I. Gladyshev, V.K. Kuznetsov

INTELLIGENT MONITORING ELECTRICITY SYSTEMS: SIGNIFICANT SIGNS AND TECHNOLOGIES

The main features of the content of the concept of “intelligent monitoring” are considered in relation to electric power systems. Examples of intelligent monitoring technologies are provided.

Keywords: electric power systems, measuring systems, monitoring, intellectualization, adaptation, technological disturbances, cyber attacks.

Введение

Мониторинг некогда узкоспециальный иноязычный термин, «проникший» в лексику русского языка в середине XX в., а ныне – вышедшее за пределы техносферы междисциплинарное понятие с необозримым объемом и контекстно зависимой интерпретацией содержания.

С точки зрения дефиниции родовым признаком данного понятия является наблюдение. Наблюдаемость системы – прагматически значимое свойство, определяемое как «возможность системы предоставлять необходимую для управления информацию о ее текущем состоянии» [8, с. 5]. В сфере автоматизированного управления электроэнергетическими системами (ЭЭС) под мониторингом понимается непрерывное наблюдение, осуществляемое с приоритетной целью оперативного распознавания режима системы и технического состояния электросетевого оборудования, а также для контроля электропотребления и качества электроэнергии [5; 12]. Прошедшие проверку практикой системотехнические и программные решения в области мониторинга ЭЭС аккумулированы в автоматизированных информационно-измерительных системах различного масштаба и назначения, в частности в системе мониторинга параметров режима ЭЭС, системе дистанционного управления, наблюдения и обработки данных SCADA, а также системах управления качеством электрической энергии и электропотреблением.

Одной из тенденций развития систем электроэнергетики является обозначаемое понятием «интеллектуализация» расширение их возможностей «самоуправления» и адекватного реагирования на технологические возмущения процесса электроснабжения [6; 7]. В работах по данной проблеме содержатся указания на «сложность и емкость» понятия интеллектуальной ЭЭС; отмечается, что интеллектуальные ЭЭС ныне «представлены не полностью определенной совокупностью технологий» [5, с. 9; 10]; также в различном контексте используются как синонимы понятия интеллектуального мониторинга и интеллектуального наблюдения [1; 5; 6; 7; 13]. Между тем указанные понятия, по мнению авторов, сохраняют черты метафоры, что оставляет место для неопределенности в истолковании их содержания и усложняет координацию усилий, направленных на повышение качества управления ЭЭС.

В связи с изложенным представляется актуальным выделить существенные признаки содержания понятия «интеллектуальный мониторинг», а также рассмотреть некоторые технологии интеллектуального мониторинга применительно к системам электроэнергетики. При работе над обзором авторы исходили из предположения, что технические средства мониторинга систем электроэнергетики подвержены той же тенденции интеллектуализации, что и элементы базовой технологической инфраструктуры генерации, передачи, преобразования и использования электрической энергии, а интеллектуальные признаки мониторинга ЭЭС проявляются в отличительных особенностях и возможностях технологий мониторинга.

Некоторые существенные признаки понятия «интеллектуальный мониторинг»

Адаптивные средства сбора и обработки измерительной информации. Ядро измерительных модулей комплексов мониторинга ныне составляют по традиции называемые датчиками многофункциональные микропроцессорные программируемые устройства с улучшенными характеристиками точности, чувствительности, стабильности измерений и новыми функциями: периферийных вычислений, фильтрации и линеаризации измеренных значений, ведения архива измерений, коррекции влияния среды и ошибок измерений. Это открывает возможность реализации новых технологий: взаимодействия датчиков друг с другом; передачи информации в другие сегменты информационно-коммуникационной сети; беспроводной связи; объединения информации от разнородных источников; обнаружения несанкционированного доступа к устройству и защиты от киберугроз; промышленного Интернета вещей (IIoT) [2].

Способность путем гибкого конфигурирования выполнять функции при изменениях режима работы объекта и вектора контролируемых параметров, а также условий проведения измерений и требований к последним – эти адаптационные возможности и широкий функциональный диапазон измерительных комплексов формируют образ интеллектуального мониторинга.

Развитие прогностического компонента мониторинга. Существенным признаком интеллектуального мониторинга, отделяющего его от тривиального допускового контроля, являются развитые функции диагностирования и прогнозирования. Достоверная прогностическая информация для ЭЭС является фактором эффективности управления и техногенной безопасности, а также условием построения экономически эффективной стратегии технического обслуживания элементов электросетевого комплекса, основанной на учете динамики их реального состояния. Распознавание и прогнозирование режи-

ма ЭЭС осуществляется путем обработки измерительной информации на основе методологий теории наблюдаемости и оценивания состояния ЭЭС.

Потенциал интеллектуального мониторинга отражает технология оценивания в режиме реального времени текущего режима и прогнозирования режимных параметров ЭЭС [11]. Ее отличают «способность» учитывать тот факт, что оценка полноты и достоверности одного и того же массива измерительной информации зависит от горизонта прогнозирования (оперативное прогнозирование предъявляет более высокие требования к качеству информации ввиду сокращения располагаемого времени исправления принятого неадекватного решения). Другой признак данной технологии – адаптируемость к характеристикам полноты и достоверности полученной измерительной информации, лежащая в основе рационального выбора одной из альтернативных математических моделей прогнозирования, используемых вместе с ретроспективными и текущими измерениями параметров режима.

Возможности прогностического мониторинга электрооборудования иллюстрирует пример мониторинга элементов широкого круга электроагрегатов циклического действия: турбоагрегатов электростанций, компрессоров, электродвигателей [4; 14]. При эксплуатации турбоагрегата (массой 130 т и длиной 46 м) воздействие импульса из электросети внешнего электроснабжения ведет к увеличению скорости вращения валопровода турбоагрегата и крутильным колебаниям, которые вызывают появление трещин в теле вала.

Диагностирование момента запуска процесса деструктивных изменений в теле вала прежде находилось за границами возможностей приборного контроля. Отличительным признаком технологии мониторинга является выбор в качестве первичных диагностических параметров длительностей фаз рабочего цикла (оборота вала) устройства. Соотношение указанных временных интервалов, образующих хроноструктуру рабочего цикла, обладает чувствительностью к погрешностям изготовления конкретного экземпляра изделия, а также к внешним воздействиям и другим условиям его эксплуатации. Существующая в настоящее время возможность выполнять измерения временных интервалов с прецизионностью до 0,1 мкс – при разбросе до 20 мкс значений периода оборота вала – обеспечивает эффективный контроль искажений проектной хроноструктуры рабочего цикла элемента электрооборудования. После обработки измерений получают значения информативных признаков, которые служат количественной мерой изменений в элементах механизма.

В целом метрологическое совершенство технологии измерений, дополняемое математическим моделированием процесса, позволяет: выявлять предпосылки возникновения дефекта, фиксировать начальную фазу его развития, вести автоматизированный приборный контроль как быстротекущего процесса нарастания деструкции элемента изделия, так и длительного процесса его деградации при эксплуатации. Прогностическая информация о критическом состоянии механизмов электрооборудования на основании данных о темпах деграционных изменений их элементов означает появление средства обоснования превентивных мер в рамках управления эксплуатацией электрооборудования.

Самодиагностирование устройств мониторинга. К интеллектуальному принято относить электрооборудование, «обеспечивающее максимально возможный контроль состоя-

ния всех его систем, самодиагностику и выдачу рекомендаций по дальнейшим действиям в случае появления развивающегося повреждения или ненормированного воздействия» [6, с. 7]. В промышленности уже используются мониторинговые комплексы, в которых SCADA-система, диагностируя в online-режиме оборудование базового технологического процесса, также «непрерывно контролирует собственное оборудование (датчики, модули сбора данных, контроллеры, линии и оборудование связи), т.е. представляет собой пример самодиагностируемой системы» [3, с. 44].

Устойчивость технологического процесса мониторинга. Важность данного признака определяется влиянием на функциональную устойчивость ЭЭС устойчивости процесса ее мониторинга, сопровождающегося действием собственных технологических возмущений: отказов и сбоев в системе сбора данных, грубых ошибок телеизмерений и ошибок персонала [10]. Актуальность признака возрастает ввиду опасности кибератак, направленных на перехват управления технологическим процессом мониторинга и срыв базового процесса электроснабжения. Значимость функциональной устойчивости к кибервоздействиям как признака умной ЭЭС отражают публикации [10; 12], разделенные промежутком времени в шесть лет: если в первой из них среди признаков такой системы указано в общих чертах, что она «адекватно и оптимально реагирует на любые внешние и внутренние технологические возмущения» [12, с. 4], то во второй «устойчивость сети к физическим воздействиям и кибернетическим атакам» отнесена к атрибутам – необходимым признакам интеллектуальной ЭЭС [10, с. 52].

Информационная безопасность технических устройств и технологий мониторинга требует совершенствования комплекса технических, программных и организационных мер, скоординированных с масштабом объекта мониторинга. В работе [9] авторов настоящей статьи проведен анализ основных направлений построения безопасной инфраструктуры мониторинга, опирающихся на общие принципы обеспечения информационной безопасности автоматизированных систем обработки информации.

Заключение

Интеллектуализация мониторинга систем электроэнергетики основывается на увеличении степени автоматизации и адаптивизации структурно-функциональных модулей мониторинговых комплексов, а также на новых технологиях обработки и передачи мониторинговой информации. Развитие технических средств и технологий мониторинга систем электроэнергетики находится в русле единой тенденции интеллектуализации технологической инфраструктуры автоматизированного управления электроэнергетическими системами.

Интеллектуальный мониторинг систем электроэнергетики отличают: адаптируемые информационно-измерительных комплексы сбора и обработки информации; функции диагностирования и прогнозирования режима и технического состояния электросетевого оборудования; самодиагностирование элементов мониторинговых комплексов; устойчивость процесса мониторинга к возмущениям технологического характера и кибератакам. Реализация перспективных системотехнических решений и информационно-коммуникационных технологий сообщит комплексам мониторинга систем электроэнергетики новые признаки интеллектуального поведения.

Литература

1. Андриушкевич С.К., Ковалев С.П. Интеллектуальный мониторинг распределенных технологических объектов с использованием информационных моделей состояния // Известия Томского политехнического университета. 2010. Т. 317, № 5. С. 35–39.
2. Аристова Н.И., Ицкович Э.Л. Современные датчики параметров производственных технологических объектов: новые отечественные решения // Автоматизация в промышленности. 2019. № 6. С. 22–30.
3. Бажуков И.М., Жерноклюев Д.А. SCADA-система как инструмент технической диагностики // Автоматизация в промышленности. 2016. № 10. С. 43–45.
4. Бережко И.А., Гостюхин О.С., Комишин А.С. Информационно-измерительные фазохронометрические системы для диагностики в области электроэнергетики // Приборы. 2014. № 5. С. 13–17.
5. Бухгольц Б.М., Стычински З.А. Smart Grids – основы и технологии будущего / пер. с англ.; под общ. ред. Н.И. Воропая. М.: Издательский дом МЭИ, 2017. 461 с.
6. Вариводов В.Н., Коваленко Ю.А. Интеллектуальные электроэнергетические системы // Электричество. 2011. № 9. С. 4–9.
7. Вороний Н.И. Интеллектуальные электроэнергетические системы: концепция, состояние, перспективы // Автоматизация и ИТ в энергетике. 2011. № 3. С. 11–16.
8. Гамм А.З., Голуб И.И. Наблюдаемость электроэнергетических систем. М.: Наука, 1990. 200 с.
9. Гладышев А.И., Кузнецов В.К. Вопросы информационной безопасности в концепции мониторинга систем электроснабжения // Вестник Российского нового университета. Серия «Сложные системы: модели, анализ и управление». 2018. № 4. С. 119–123.
10. Колосок И.Н., Гурина Л.А. Определение показателя уязвимости к кибератакам задачи оценивания состояния по данным SCADA и синхронизированным векторным измерениям // Электротехника. 2017. № 1. С. 52–59.
11. Колосок И.Н., Гурина Л.А. Прогнозирование параметров режима при мониторинге и управлении электроэнергетической системой // Электричество. 2014. № 1. С. 21–27.
12. Лачугин В.Ф., Тамазов А.И. Требования к системе измерений параметров режимов энергосистем // Электро. 2012. № 2. С. 8–13.
13. Ляхомский А.В., Перфильева Е.Н., Кычкин А.В., Генрих Н. Программно-аппаратный комплекс удаленного мониторинга и анализа энергетических параметров данных // Электротехника. 2015. № 6. С. 13–19.
14. Пронякин В.И. Проблемы автоматизации получения информации о работе механических и электромеханических систем // Автоматизация в промышленности. 2018. № 10. С. 25–28.

Literatura

1. Andriushkevich S.K., Kovalev S.P. Intellektual'nyj monitoring raspredelennykh tekhnologicheskikh ob"ektov s ispol'zovaniem informatsionnykh modelej sostoyaniya // Izvestiya Tomskogo politekhnicheskogo universiteta. 2010. T. 317, № 5. S. 35–39.
2. Aristova N.I., Itskovich E.L. Sovremennye datchiki parametrov proizvodstvennykh tekhnologicheskikh ob"ektov: novye otechestvennye resheniya // Avtomatizatsiya v promyshlennosti. 2019. № 6. S. 22–30.
3. Bazhukov I.M., Zhernoklyuev D.A. SCADA-sistema kak instrument tekhnicheskoy diagnostiki // Avtomatizatsiya v promyshlennosti. 2016. № 10. S. 43–45.

4. *Berezhko I.A., Gostyukhin O.S., Komshin A.S.* Informatsionno-izmeritel'nye fazokhronometricheskie sistemy dlya diagnostiki v oblasti elektroenergetiki // *Pribory*. 2014. № 5. S. 13–17.
5. *Bukhgo'l'ts B.M., Stychinski Z.A.* Smart Grids – osnovy i tekhnologii budushchego / per. s angl.; pod obshch. red. N.I. Voropaya. M.: Izdatel'skij dom MEI, 2017. 461 s.
6. *Varivodov V.N., Kovalenko Yu.A.* Intellektual'nye elektroenergeticheskie sistemy // *Elektrichestvo*. 2011. № 9. S. 4–9.
7. *Voropaj N.I.* Intellektual'nye elektroenergeticheskie sistemy: kontseptsiya, sostoyanie, perspektivy // *Avtomatizatsiya i IT v energetike*. 2011. № 3. S. 11–16.
8. *Gamm A.Z., Golub I.I.* Nablyudaemost' elektroenergeticheskikh sistem. M.: Nauka, 1990. 200 s.
9. *Gladyshev A.I., Kuznetsov V.K.* Voprosy informatsionnoj bezopasnosti v kontseptsii monitoringa sistem elektrosnabzheniya // *Vestnik Rossijskogo novogo universiteta. Seriya "Slozhnye sistemy: modeli, analiz i upravlenie"*. 2018. № 4. S. 119–123.
10. *Kolosok I.N., Gurina L.A.* Opredelenie pokazatelya uyazvimosti k kiberneticheskim zadacham otsenivaniya sostoyaniya po dannym SCADA i sinkhronizirovannym vektornym izmereniyam // *Elektrotehnika*. 2017. № 1. S. 52–59.
11. *Kolosok I.N., Gurina L.A.* Prognozirovanie parametrov rezhima pri monitoringe i upravlenii elektroenergeticheskoy sistemoy // *Elektrichestvo*. 2014. № 1. S. 21–27.
12. *Lachugin V.F., Tamazov A.I.* Trebovaniya k sisteme izmerenij parametrov rezhimov energosistem // *Elektro*. 2012. № 2. S. 8–13.
13. *Lyakhomskij A.V., Perfil'eva E.N., Kychkin A.V., Genrikh N.* Programmno-apparatnyj kompleks udalennogo monitoringa i analiza energeticheskikh parametrov dannykh // *Elektrotehnika*. 2015. № 6. S. 13–19.
14. *Pronyakin V.I.* Problemy avtomatizatsii polucheniya informatsii o rabote mekhanicheskikh i elektromekhanicheskikh sistem // *Avtomatizatsiya v promyshlennosti*. 2018. № 10. S. 25–28.

DOI: 10.25586/RNUV9187.19.04.P.008

УДК 519.8

В.А. Минаев, В.Ю. Федорович

МОДЕЛИРОВАНИЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ ВОЗДЕЙСТВИЙ В СОЦИАЛЬНЫХ СЕТЯХ: ТЕРРИТОРИАЛЬНЫЙ АСПЕКТ

Для создания аналитических и имитационных моделей территориальных различий распространения информации в социальных сетях, в том числе связанной с воздействием на население факторов террористической и экстремистской направленности, реализована специальная методика формирования выборочных статистических данных из популярной среды населения России соцсети «ВКонтакте». Построены аналитические модели зависимости скорости распространения информационного воздействия от среднестатистических размеров круга «друзей» пользователей в различных поселениях России. Коэффициенты объясняемости моделей не менее 95%, что позволяет строить достаточно достоверные прогнозы. Осуществлена типологизация поселений с помощью кластерного анализа. Выделено семь групп однородных российских поселений, значимо различающихся скоростями распространения информации в социальных сетях. Сделан вывод о перспективности применения результатов моделирования для обоснования мероприятий по противодействию информационному терроризму и экстремизму в Российской Федерации в деятельности местных органов власти и силовых структур.