

МЕТОДЫ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА ДЛЯ ДИАГНОСТИКИ ОБОРУДОВАНИЯ ПОДСТАНЦИЙ

АВТОР:

Ю.А. ЛЮБАРСКИЙ,
Д.Т.Н.
«НТЦ РОССЕТИ ФСК ЕЭС»

В настоящее время во всем мире идет активное внедрение прорывных технологий, имеющих большое значение в контексте цифровой трансформации электроэнергетики. Однако, как и во всяком новом деле, здесь возникает целый ряд специфических задач и проблем.

Ключевые слова: высоковольтное оборудование; диагностика; цифровизация; искусственный интеллект; нейронные сети; экспертные системы.



Диагностика оборудования современной подстанции — это сложный высокотехнологичный процесс

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Диагностика высоковольтного оборудования энергетических подстанций — одна из важнейших задач энергетики. Несмотря на значительный опыт эксплуатации изношенного оборудования, множество работ, посвященных этим задачам (см., напр., [1]), существенных сдвигов не происходит, эта проблематика, по большому счету, остается в стороне от общей тенденции цифровизации отрасли.

Желание применить к решению этих задач передовые технологии приводит к использованию методов искусственного интеллекта (ИИ). Вот здесь и возможны ошибки, предупредить которые — цель данной статьи.

Дело в том, что сейчас существуют два направления ИИ — искусственные нейронные сети (ИНС) и экспертные системы (ЭС). Данные направления настолько различны, что их объединение под общим названием ИИ — большая условность. При этом речь идет не о выборе того или иного направления, а об их правильном сочетании при решении задач диагностики.

ИНС (нейросеть) [2] — структура из множества простых элементов — моделей нейронов. Каждая такая модель суммирует входные сигналы (с определенными весовыми коэффициентами), подвергает взвешенную сумму нелинейному преобразованию. В структуре ИНС выделяют несколько слоев — входной, промежуточные и выходной. В процессе работы ИНС по определенному алгоритму изменяет коэффициенты так, чтобы выходные сигналы удовлетворяли поставленной задаче. ИНС не программируются, они обучаются. В процессе обучения ИНС способна выявлять сложные зависимости между входными и выходными данными, а также выполнять обобщение. Это направление ИИ, пройдя путь от простых перцептронов до современных больших систем, получило сейчас такое бурное раз-

витие, что теперь понятие ИИ часто отождествляют только с ИНС. Игровые задачи (шахматы, игра го), управление беспилотным транспортом, боевые работы — эти успешные применения говорят сами за себя.

Однако целесообразно определить достоинства и недостатки метода ИНС.

Достоинствами ИНС являются:

- 1) минимальные требования к программному обеспечению; как правило, полученная пользователями ИНС уже готова к использованию;
- 2) высокая скорость работы;
- 3) возможность обучения — одно из главных преимуществ ИНС перед традиционными алгоритмами;

4) возможность в случае успешного обучения ИНС вернуться к правильному результату даже на основании данных, которые отсутствовали в обучающей выборке, а также неполных и/или «зашумленных», частично искаженных данных;

5) способность как к обучению с учителем, так и к самообучению (так, для игровых программ две изначально «пустые» системы обучаются, играя друг с другом).

Недостатками ИНС являются:

- 1) сильная зависимость эффективности ИНС от степени ее обученности: при редких входных событиях обучение может продлиться неопределенно долго;

ОБЩАЯ СТРУКТУРА ДИАГНОСТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ



Рис. 1

2) отсутствие объяснительной (обосновательной) функции. Данный недостаток часто имеет фатальный характер: представьте себе медицинскую диагностическую систему, которая рекомендует хирургическое вмешательство и не обосновывает эту рекомендацию.

Можно предположить, что для ИНС (в электросетях) показаны в первую очередь такие области применения:

- 1) прогнозирование периодических процессов (например, краткосрочное прогнозирование электрических нагрузок электросетей);
- 2) распознавание образов в пространстве зрительного восприятия (например, при осмотре оборудования электросетей);
- 3) распознавание неисправностей оборудования электросетей.

Последнее применение следует уточнить: речь идет не об окончательной диагностике поврежденных оборудования, а только о выявлении подозрения повреждения. Заметим также, что из-за редкости повреждений полноценные обученные диагностические ИНС для электросетей появятся не скоро.

ЭКСПЕРТНЫЕ СИСТЕМЫ

ЭС [3, 4] — это компьютерная система, включающая в себя знания об определенной слабо структурированной и трудно формализуемой узкой предметной области, способная предлагать и объяснять пользователю разумные решения. ЭС состоит из базы знаний, механизма логического вывода и подсистемы объяснений, может иметь множество структурных составляющих меньшего размера.

ЭС включает в себя:

- базу данных;
- базу знаний о предметной области;
- модуль логического вывода;
- модули интерфейса с пользователями.

Из исходных данных ЭС логически выводит либо новые знания, либо рекомендации для пользователей. Логический вывод в современных развитых ЭС выполняется специальными модулями — программами-рассуждениями. Существует ряд успешных применений ЭС для задач управления в электросетях.

Достоинства ЭС очевидны: универсальность, дружественный интерфейс с пользователями, интуитивная ясность результатов. Наличие специаль-

ной подсистемы объяснений облегчает верификацию и практическое использование ЭС.

Недостатком ЭС является то, что для практического использования необходимо наполнить ее базу знаний большим объемом информации из предметной области. Это наполнение основано на эксплуатационных инструкциях (ЭИ), непременно имеющихся в эксплуатационных службах электросетей. Преобразование множества ЭИ в структуры базы знаний — весьма трудоемкий процесс.

Важным вопросом является глубина знаний, собранных в ЭС. Часто можно наблюдать стремление разработчиков к опоре на общие (энциклопедические) знания. Для фундаментальных исследований это, безусловно, перспективно, но для прикладных разработок такой подход нежелателен — объем работ становится недопустимо большим.

ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ ДЕРЕВЬЕВ ОЦЕНКИ СИТУАЦИЙ

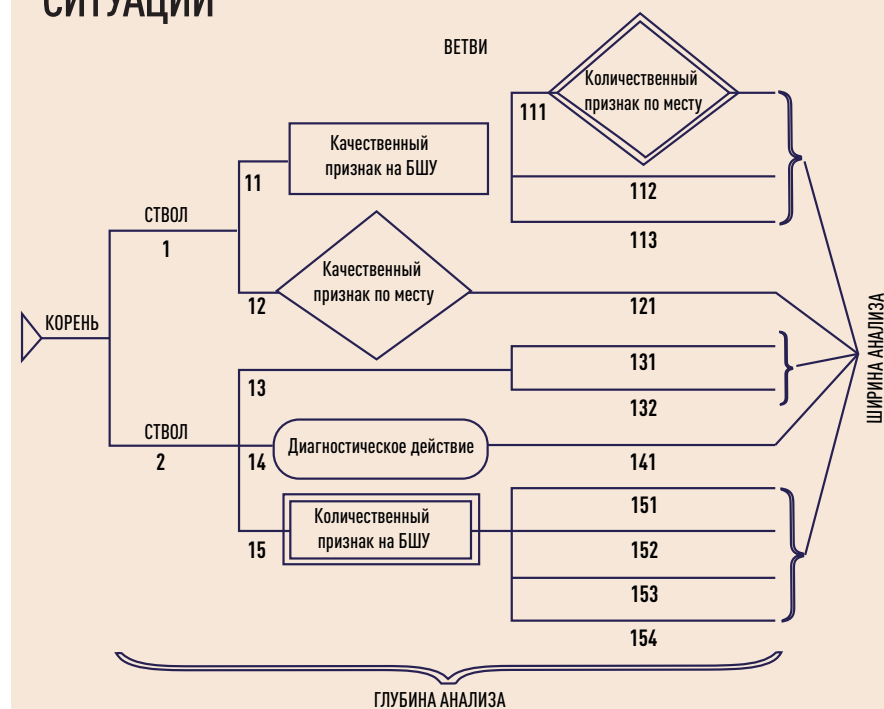


Рис. 2

СТРУКТУРА ДИАГНОСТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ

Общая структура диагностической системы дана на рис. 1. С помощью измерительной подсистемы 1 формируются признаки ситуации (блок 2), имеющие вид событий наличия или отсутствия каких-либо параметров. Это могут быть простые признаки (например, наличие видимых потеков масла) или комплексные признаки (типа наличия «пожара в стали»). Признаки должны быть связаны со структурой объекта (блок 4). На основе выявленных признаков в блоке 3 производится оценка ситуации и затем (в блоке 6) — формирование решения.

СЕМАНТИЧЕСКАЯ СТРУКТУРА ОБЪЕКТА

В применении к силовым масляным трансформаторам такая структура должна включать следующие элементы:

- магнитная система;
- обмотки;
- масло;
- система регулирования напряжения;
- высоковольтные вводы;
- система охлаждения;
- бак и вспомогательные системы.

Понятия из описания объекта структурируются и объединяются в однородные группы. Вместе с соответствующими связями они образуют семантическую сеть — семантическую модель структуры объекта (см. блок 4 на рис. 1).

ФОРМИРОВАНИЕ ПРИЗНАКОВ

ИНС используют для формирования признаков. Но здесь разработчиков подстерегает новая опасность — отсутствие методики выбора параметров ИНС: числа моделей нейронов, слоев нейронов, использования обратных связей и т. п. В значительной степени эти задачи решаются путем подбора. Трудности могут быть (частично) преодолены, если в качестве исходной берется «предобученная» для родственных задач ИНС. Как правило, это могут быть задачи массового применения типа распознавания лиц. Но любые дополнительные детали осложняют разработку, например необходимость учета теней в задачах распознавания элементов конструкции («машинное зрение»).

ОЦЕНКА СИТУАЦИИ

Оценка ситуации — это главная задача диагностической системы, когда определяются наличие неисправностей, причины их возникновения, выдаются рекомендации по дальнейшей эксплуатации оборудования.

Попытки формализации оценки предпринимались еще в прошлом веке. Известны деревья оценки ситуации (ДОС). Такое ДОС содержит полную наглядную картину возможных причин отклонений и нарушений, а также признаков, по которым можно судить, имеет ли место данная причина в конкретных обстоятельствах. Причины в ДОС указываются с нарастающей подробностью от общих (групповых) к частным (единичным). Пример ДОС показан на рис. 2. В настоящее время терминология ДОС уже не используется в литературе, но эта идеология сохраняется, в частности, в работах школы И. В. Давиденко [5, 6].

Информация, содержащаяся в ДОС, может быть преобразована в форма-

лизмы ЭС. Здесь основная трудность состоит в неполноте знаний о ситуациях. В настоящее время знания заключены в эксплуатационном опыте персонала. Можно надеяться, что в ЭС с их гибкими средствами изменения правил (с помощью диалога на естественном языке) удастся усовершенствовать диагностические системы в процессе эксплуатации.

ВЫВОДЫ

1. Приведена структура диагностической системы в рамках применения методов ИИ.
2. Для формирования признаков ситуации могут быть использованы ИНС.
3. Для оценки ситуации нужно учесть опыт создания ДОС и использовать формализмы ЭС. Знания этих ЭС должны соответствовать уровню компетенции эксплуатационного персонала.

ЛИТЕРАТУРА

1. Долин А., Смекалов В., Першина Н., Смекалов С. Силовые трансформаторы 35 кВ и выше. Современные методы комплексной диагностики//Новости электротехники. 2006. № 2.
2. Горбань А.Н., Дунин-Барковский В.Л. и др. Нейроинформатика. Новосибирск: Наука, 1998.
3. Таунсенд К., Фохт Д. Проектирование и программная реализация экспертных систем на персональных ЭВМ/Пер. с англ. В.А. Кондратенко, С.В. Трубицына. М.: Финансы и статистика, 1990.
4. Любарский Ю.Я. Интеллектуальные информационные системы. М.: Наука, 1990.
5. Давиденко И.В. Разработка методик и элементов для экспертно-диагностической системы маслонеполненного оборудования: диссертация ... кандидата технических наук: 05.13.2016. Екатеринбург, 1998.
6. Хальсмаа А.И., Дмитриев С.А., Кокин С.Е., Осотова М.В. Вопросы реализации оценки технического состояния силового оборудования на электрических подстанциях//Вопросы современной науки и практики. 2013. № 1 (45). С. 289–300.