

О ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СИГНАЛИЗАЦИИ И ЗАЩИТЕ В ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ СИСТЕМАХ УПРАВЛЕНИЯ

Л.П. Гроза (ЗАО "Лонас технология")

Показано, что в нормативной и технической литературе, посвященной технологической сигнализации и защите (ТСЗ), обнаруживается отсутствие стандартных определений терминов, что приводит к их неоднозначному пониманию. Эта ситуация недопустима особенно для опасных производств. Каждый технический термин должен пониматься однозначно и иметь единственное функциональное значение. Только в этом случае алгоритм технологической защиты будет выполнять прямую и главную свою задачу – защищать объект управления и предотвращать аварию. Предложены уточненные определения основных терминов из области ТСЗ.

При работе с нормативной и технической литературой, посвященной ТСЗ, обнаруживается отсутствие стандартных определений технологических терминов: *авария, защита, аварийная сигнализация, предупредительная сигнализация, защитная блокировка*, что приводит к неоднозначному пониманию этих важнейших терминов. И, как следствие этого, в проектной документации разработчиками используется разнообразная терминология.

Термины: "Внимание", "Тревога", "Предупредительное сообщение", "Сигнал", "На сигнал" употребляются для *предупредительной сигнализации*.

Термины: "Авария", "Аварийная защита", "Аварийный останов", "Аварийное отключение", "Аварийное отклонение", "Аварийная сигнализация" употребляются как *технологическая защита*.

При употреблении термина "авария" вместо "защита" как в проектной, так и тем более в нормативной документации [1] складывается впечатление, что речь идет о неизбежности аварии при возникновении предаварийной ситуации. Это приводит к неправильному пониманию термина "*авария*" и уместности его применения в тех или иных случаях.

В нормативной и технической литературе по управлению энергетическим оборудованием существуют варианты названий подсистем: технологических защит и защитных блокировок (ТЗ и ЗБ); ТЗ; технологической сигнализации; предупредительной и аварийной сигнализации (ПАС). Такое разнообразие названий приводит к неоднозначному их пониманию. А объединение ТЗ и ЗБ [2] в одну подсистему, является необоснованным, поскольку это в принципе функционально различные подсистемы.

Согласно нормативным документам [3,2] технологические защиты могут выполняться по различным схемам в зависимости от числа каналов, контролируемых один параметр: "один из одного", "один из двух", "два из двух", "два из трех". Но существуют схемы защиты по разным параметрам (например, в п. 3.3.17 [3] защита "по повышению температуры масла за маслоохладителями турбины по ТМЗ при пониженном давлении воды перед маслоохладителями") не имеет разъяснений, без которых при формировании *технологической защиты* по разным параметрам могут быть сформулированы и реализованы "различные варианты алгоритмов *технологических защит*".

¹Далее по тексту: технологическая сигнализация и защита имеется в виду по контролируемым технологическим параметрам.

Система управления в части подсистем сигнализации и защиты может иметь: предупредительную, аварийную сигнализации и защиту. Предупредительная сигнализация может иметь свои пределы уставок, а также сигнализацию состояния технологических компонентов и сигнализацию нарушения ТП.

Такое представление о технологической защите и технологической сигнализации (т.е. объединение всех типов сигнализаций в одну подсистему) формирует неправильное понимание построения подсистемы *технологической сигнализации и защиты* по контролируемым технологическим параметрам¹.

В одних отраслях промышленности системы управления имеют *технологическую защиту и технологическую сигнализацию*, а в других отраслях имеется только *технологическая сигнализация* [4], этот факт не нашел отражения в технической и нормативной литературе, хотя является принципиальным для правильного понимания функции *технологической сигнализации и защиты*.

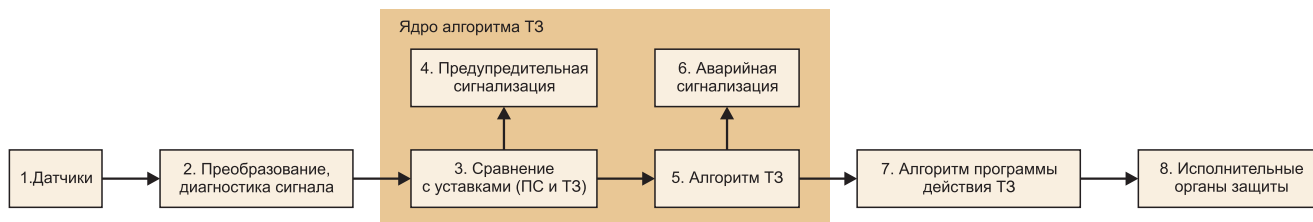
Кроме того, в технической документации употребление термина "защита на сигнал" в технологической терминологии несет в себе ошибочное представление о состоянии *технологической защиты* по контролируемому параметру.

Причиной такого положения явилось то, что при появлении подсистемы *технологической защиты* в системе управления не был создан терминологический аппарат понятий и определений данной подсистемы.

Все выше изложенное, а также отсутствие единого понятийного аппарата в части сигнализации и защиты, привело к предложению уточнить понятия *технологической защиты и технологической сигнализации* в технической и прежде всего нормативной документации. Правильное понимание назначения технологической защиты и технологической сигнализации и их взаимосвязь является основой для формулирования алгоритма ТСЗ. Вопрос терминологии является важнейшим для правильного понимания и формулирования алгоритма *технологической защиты*.

Каждый технический термин должен пониматься однозначно и иметь единственное функциональное значение. Только в этом случае алгоритм ТСЗ будет выполнять прямую и главную свою задачу – защищать объект управления и предотвращать аварию.

В отраслях промышленности [5], где в системе управления имеется только *технологическая сигнализация*,



Структурная схема технологической защиты

Функциональное назначение блоков: 1 – измерение параметра; 2 – диагностика сигнала и его преобразование; 3 – сравнение с уставками предупредительной сигнализации (ПС) и технологической защиты (ТЗ); 4 – ПС (световая и звуковая); 5 – формирование алгоритма защиты и выдача команды в программу действия защиты (выполнение функции этого блока называется срабатыванием ТЗ системы управления); 6 – аварийная сигнализация (световая и звуковая); 7 – осуществление алгоритма программы действия защиты; 8 – приведение защищаемого оборудования в безопасное состояние с помощью исполнительных органов защиты.

необходимые действия при срабатывании *предупредительной сигнализации* и *аварийной сигнализации* выполняет оператор, контролирующий ТП согласно инструкции. В такой системе управления технологическая сигнализация является частью всей подсистемы сигнализации.

Там, где имеется *технологическая защита*, функции *технологических сигнализаций* (*предупредительной* и *аварийной*) являются составной и неотъемлемой частью подсистемы *технологической защиты* и занимают в ее структуре строго определенное место.

Процесс развития и преобразования подсистемы *сигнализации* с появлением *технологической защиты* не нашел отражения в технической и нормативной документации. *Технологическая сигнализация* (*предупредительная* и *аварийная*) по контролируемым технологическим параметрам в настоящее время остается в составе всей *подсистемы сигнализации*.

Рассмотрим структурную схему технологической защиты, в которой представлен объем функций, необходимых для выполнения защиты объекта управления (рисунок).

Блоки 3, 4, 5, 6 образуют *ядро алгоритма ТЗ*, в котором осуществляется процесс контроля всего периода предаварийной ситуации от момента срабатывания предупредительной сигнализации до срабатывания защиты. Здесь формируется и осуществляется алгоритм ТЗ. Именно в этой части технологической защиты находится принципиальное отличие от существующего нормативного понимания *защиты* и *сигнализации*.

В случае возникновения предаварийной ситуации отказ любого из блоков последовательной цепи (1, 2, 3, 5, 7, 8) в структурной схеме технологической защиты может привести к несрабатыванию защиты и, как следствие, к аварии.

Авария – это процесс или результат разрушения объекта управления или его составных частей (определение автора). Подсистема *ТЗ* и создана для предотвращения аварии.

В случае возникновения предаварийной ситуации, предлагается формулировка построения алгоритма ТЗ, состоящая из двух частей.

А) При выходе контролируемого параметра из рабочего диапазона и достижении им *предупредительной уставки* срабатывает технологическая *предупредительная сигнализация* (ТПС), по которой оператор

принимает соответствующие меры для возвращения параметра в рабочий диапазон. ТПС информирует оператора о возможном возникновении предаварийной ситуации, и поэтому она является неотъемлемой частью подсистемы *ТЗ*.

В) При достижении контролируемым параметром величины аварийной уставки срабатывает *защита* (блок 5), предназначенная предохранить оборудование от разрушения, то есть привести агрегат в *безопасное состояние* с помощью исполнительных органов защиты (блок 8). Каждое срабатывание защиты, включая и локальную, должно сопровождаться сигнализацией, извещающей о срабатывании защиты и информирующей о причине срабатывания, указывая параметр, по которому сработала защита. Такая сигнализация называется *технологической аварийной* и является следствием срабатывания *ТЗ* (блок 5).

Таким образом, предупредительная сигнализация информирует оператора о выходе контролируемого параметра из рабочего диапазона и о возможном возникновении предаварийной ситуации, а аварийная сигнализация информирует о срабатывании защиты и является ее следствием. Временной интервал между срабатыванием ПС и ТЗ предназначен для принятия мер по выходу из предаварийной ситуации.

У технологических параметров, имеющих *предупредительную сигнализацию* и *защиту*, наличие *выдержки времени* в алгоритме ТЗ [3, 6] теряет смысл, так как время между срабатыванием ПС и ТЗ, предназначенное для принятия мер по выходу из предаварийной ситуации, может составлять минуты и десятки минут, что несоизмеримо больше, чем у *выдержек времени* (секунды, десятки секунд). В этом случае, введение *выдержек времени* в алгоритм ТЗ неоправданно, и причиной тому является неправильное понимание назначения ТПС и применение ее в отрыве от ТЗ.

Для технологических параметров, не имеющих предупредительной сигнализации, а имеющих только ТЗ, введение выдержек времени в алгоритм ТЗ напротив оправданно, если этого требует технологическая особенность контролируемого параметра. Например, для "Погасания факела в камере сгорания газовой турбины" выдержка времени дается на случай кратковременного отказа или ложного срабатывания каналов контроля.

Наряду с формулировками "А" и "В", на основе которых строится алгоритм ТСЗ, существуют исключения из правил, которые следует понимать именно как исключения. Например, в руководящем документе [3]:

- п.3.3.17 защита "по повышению температуры масла за маслоохладителями турбины ПО ТМЗ при пониженном давлении воды перед маслоохладителями" является исключением из правил и ее следует называть "защита по двум параметрам", а не "два из двух";

- п.3.3.6 [3] защита "по понижению температуры свежего пара перед турбиной". Защита выполняется по схеме "два из двух" для каждой линии подвода свежего пара. Одна из термодатчиков устанавливается в стопорном клапане (СК) или в непосредственной близости к нему, другая – в паропроводе. Эта защита также является "защитой по двум параметрам", а не "два из двух", так как температура пара измеряется в разных точках контроля (в стопорном клапане и на паропроводе).

В этих примерах неверные определения сами по себе не могут внести в алгоритм защиты недопустимых ошибок, но допущенные неточности формируют неправильное представление о построении алгоритма ТЗ и, в конечном счете, могут быть причиной неправильного алгоритма защиты.

Выполнение формулировок "А" и "В" при построении алгоритма ТСЗ является барьером на пути ошибочных алгоритмов "защиты" по различным комбинациям разных параметров ("два из двух" или "два из трех"). Мнение о существовании "множества вариантов алгоритмов ТЗ" является неправильным, такое представление о *технологических защитах* может привести к ошибочному "варианту" алгоритма ТЗ.

Правильный алгоритм ТСЗ по контролируемому параметру может быть только один.

В руководящем документе [6] рассмотрим п.3.3.5: "Защита срабатывает при повышении среднеквадратического значения виброскорости двух соседних опор по горизонтальной или вертикальной компоненте вибрации или их сочетанию. Под соседними понимаются подшипники одного ротора или смежные подшипники разных роторов".

Как известно, на турбогенераторных установках отсутствует защита по контролю температуры подшипников.

Рассмотрим случай, когда на работающей турбине на один из подшипников перестало поступать масло, а контролируемые приборы показывают давление масла смазки в норме. При отсутствии масла подшипник начнет нагреваться и по контролю температуры подшипников, при достижении *предупредительной уставки*, сработает ПС, увеличится вибрация и при достижении *предупредительной уставки* по контролю вибрации также сработает ПС. Вибрация, продолжая увеличиваться, достигает *аварийной уставки*, но защита не срабатывает, так как алгоритм защиты составлен по схеме "И" с другим подшипником, который находится в нормальном состоянии. При дальнейшей работе первый подшип-

*Верно определяйте слова,
и вы освободите мир от половины недоразумений.*

Рене Декарт

ник еще больше нагреется и произойдет выплавление баббита. Вибрация через ротор передается на второй подшипник и его разбивает. И только при достижении вибрации на втором подшипнике величины *аварийной уставки* сработает "защита", которая по своей сути является *антизащитой*, т.е. данный алгоритм "защиты" приведет к *аварии*.

В руководящем документе [6] при составлении п.3.3.5 было неучтено, что контролируемыми параметрами вибрации подшипника являются составляющие вибрации, которые в свою очередь являются *отдельными параметрами*. На каждом подшипнике контроль осуществляется по трем составляющим и, если бы алгоритм защиты был составлен по составляющим одного подшипника, это была бы *защита по двум параметрам*, и она бы являлась исключением из правил. А в данном случае принята комбинация по разным подшипникам, поэтому данный алгоритм является ничем иным, как *антизащитой*.

В другом примере, согласно нормативному документу [2] *ТЗ и защитные блокировки (ЗБ)* объединены в одну подсистему и обозначаются в проектной документации одной буквой "S", но следует обратить внимание на следующее: "Защитные блокировки, как правило, запрещают выполнение операций на технологическом оборудовании, приводящих к возникновению аварийных ситуаций" [2], т.е. ЗБ участвуют в алгоритмах управления (включить, отключить, заблокировать) и находятся за пределами представленной структурной схемы ТЗ.

Объединение ТЗ и ЗБ в одну подсистему не может быть оправдано, т.к. общим у них является только конечная цель – не допустить аварии. Но пути и средства достижения цели совершенно разные: ТЗ формируют и реализует алгоритм защиты при возникновении угрозы аварии по технологическим параметрам, а ЗБ участвуют в функциях управления по блокированию условий возникновения предаварийных ситуаций, т.е. ТЗ и ЗБ – два параллельных канала в системе управления, имеющих целью предотвращение аварии и независимо решающих свои задачи.

Объединение подсистем ТЗ и ЗБ затрудняет правильное понимание назначения подсистемы ТСЗ и ее правильную функциональную реализацию.

Подтверждением данного вывода является обязательное разделение фирмой Siemens технологической защиты, обозначаемой в документации буквой "Z", а блокировки – буквой "S".

Кроме выше перечисленного при управлении турбогенераторной установкой следует обратить внимание на существование своеобразия из-за наличия различных видов защит *электрических* и *технологических*, которое необходимо учитывать. В электрической защите и сигнализации, согласно "Правил устройства электроустановок" (ПУЭ), существует следующая тер-

минология: *защита на сигнал* и *защита на отключение*. В технологической — существует общепринятая следующая терминология: *предупредительная сигнализация* и *защита*. Если сравнивать терминологию и их смысловое и функциональное значение, то можно сказать, что электрическая *защита на сигнал* соответствует технологической *предупредительной сигнализации*, а электрическая *защита на отключение* соответствует технологической *защите*. "Защита" в электрической и технологической терминологии имеет существенное отличие в смысловом и функциональном значении и путать эти понятия в проектной документации и тем более в нормативной [2, 1] нельзя, так как можно получить формулировки, искажающие происходящее в действительности, и предоставлять неправильную информацию для оператора.

"Защита на сигнал" в электрической терминологии означает выход электрического параметра за пределы нормы и срабатывание сигнализации, которая информирует оператора для принятия соответствующих действий. В технологической терминологии, вывод "защиты на сигнал" означает — *отключение защиты*, о чем оператор и должен получать информацию четкую и однозначную — *защита отключена* по данному параметру.

При проведении экспериментальных работ накануне катастрофы на 4-м блоке Чернобыльской АЭС была отключена защита реактора в течение многих часов [7]. Искаженная информация "Защита на сигнал" на технологическом табло щита управления, возможно, стала первопричиной притупления бдительности и осознания своих действий экспериментаторами при отключенной в действительности ТЗ реактора.

Пример Чернобыля наглядно показал неспособность ТЗ выполнить свое назначение — защитить оборудование и предотвратить аварию, т.е. привести работающее оборудование в безопасное состояние, а *технологической сигнализации* — правильно информировать о состоянии ТЗ.

Особо опасные отрасли такие, как атомная и химическая требуют не только правильного понимания и формирования алгоритма ТЗ, но и продуманного ограничения доступа.

Сигнализация: *состояния* ("включен", "выключен"), положения ("открыто", "закрыто"), передача сигнализации из электрической схемы в технологическую, диагностика каналов контроля, об обнаруженных неисправностях различных устройств и т.д. — это принципиально другая сигнализация и недопустимо ее смешивать с *технологической сигнализацией по контролируемым параметрам*. Существуют и другие самостоятельные сигнализации, например "Пожарная", "Охранная", которые также не имеют ничего общего с технологической сигнализацией по контролируемым параметрам.

Следует обратить внимание, что подсистема ТСЗ по контролируемым параметрам существенно отлича-

ется от всех подсистем системы управления тем, что содержание алгоритма скрыто в схемном или программном ее решении. Во всех других подсистемах управления можно увидеть или услышать результат срабатывания или не срабатывания алгоритма управления. А при неправильном составлении алгоритма ТЗ его проверка будет осуществляться по этому же неправильному алгоритму, и будет получен положительный результат проверки, а при определенном стечении обстоятельств на работающем агрегате — противоположный результат, *авария*.

Реализация неправильного понимания ТЗ в схемном или программном решении будет являться "миной замедленного действия". Причина этого — отсутствие в нормативных документах однозначного и правильного определения *ТСЗ по контролируемым параметрам*. Из выше изложенного следует, что подсистема *ТСЗ по контролируемым параметрам* требует внесения доработок и уточнений.

Отсутствие информации об авариях на энергетическом оборудовании, включая атомное, и в других отраслях промышленности не позволяет сделать более глубокого анализа с примерами правильности предложенного понимания ТСЗ.

Данная формулировка ТСЗ верна для газоперекачивающих компрессорных станций, нефтеперерабатывающей, химической и металлургической промышленности, а также для других отраслей, где применяется ТЗ.

Правильное понимание назначения и реализация ТСЗ — это шаг к безопасной эксплуатации оборудования, где существует ТЗ. В отраслях промышленности, имеющих только *технологическую сигнализацию*, ТП контроля и сигнализации осуществляется по другим законам и должен иметь свои нормативные документы.

Список литературы

1. РД 153-34.1-35.127-2002. Общие технические требования к ПТК для АСУТП тепловых электростанций.
2. РД 153-34.1-35.137-00. Технические требования к подсистеме технологических защит, выполненных на базе микропроцессорной техники.
3. РД 34.35.131-95. Объем и технические условия на выполнение технологических защит теплоэнергетического оборудования электростанций с поперечными связями и водогрейных котлов (для оборудования, проектируемого с 1997 г.).
4. Ключев А.С., Глазов Б.В., Дубровский А.Х. Проектирование систем автоматизации технологических процессов (справочное пособие). М.: Энергия. 1980.
5. Ганнел В.Я., Ястржембская И.Д. Электрические схемы управления и сигнализации на предприятиях пищевой промышленности. М.: Пищевая промышленность. 1969.
6. РД 153-34.1-35.116-2001 — Объем и технические условия на выполнение технологических защит теплоэнергетического оборудования электростанций с поперечными связями и водогрейных котлов (для оборудования спроектированного до 1997 г.)
7. Игнатенко Е.И. Чернобыль: события и уроки. Политиздат. 1989.

*Гроза Леонид Павлович — ведущий специалист ЗАО "Лонас технология".
Контактный телефон (812) 320-45-37. E-mail: гроза-lonas@mail.ru*