

ТЕОРЕМА О НАЛИЧИИ СМЫСЛОВОГО СИГНАЛА В СИСТЕМАХ РЕЛЕЙНОЙ ЗАЩИТЫ

А.П.Никифоров

ГВУЗ «Донецкий национальный технический университет»

Україна, вул. Артема, 58, г. Донецьк, 340000, Україна

Тел./факс 0623-01-03-72, E-mail: apnikiforov@yandex.ua

Annotation - The theorem serving for the description of behavior of multipart devices, systems of relay protection and automatics for the conditions, described by presence on inputs of these devices of variety of semantic situations is resulted. In a basis of the theorem representation about entrance signals of transients as about a consecutive stream in time of the semantic information is necessary. The semantic information is transferred by parameters of entrance signals and is higher level of abstraction in interpretation of entrance coordinates under the attitude with applied parametrical representations.

Key words – theorem, devices of relay protection and automatics, transients, semantic information.

ВСТУПЛЕНИЕ

Необходимость создания теоремы вызвана задачами построения устойчиво работающих устройств, реагирующих на отклики распределенного объекта управления и защиты (ОУЗ) с изменяющимися параметрами. В качестве примера ОУЗ будем рассматривать контур нулевой последовательности распределительной сети (КНПС) напряжением 6-35 кВ. Проводимые автором исследования в области релейной защиты (РЗ) привели к необходимости привлечения методов анализа и синтеза, позволяющих эффективно оперировать большим количеством информации. Теорема откроет возможность распространения результатов и методов, разработанных для одной из областей РЗ, на возможно более широкий круг задач РЗ (в принципе на область РЗ в целом).

В качестве типичного входного воздействия для ОУЗ принимается совокупность различных процессов, которая образует не только неустойчивыми нестационарными процессами, вызванными однофазным замыканием на землю (ОЗЗ), но также различного рода отголосками переходных процессов при работе гальванически связанного оборудования сети, которые проникают в ОУЗ. Параметры сигналов устойчивых переходных процессов, ранее принимавшиеся в качестве основных при построении устройств, не несут полной информации о поведении ОУЗ и могут рассматриваться частными составляющими смысловых ситуаций. Понятие передаточной функции W при рассмотрении теоремы заменяется на более ёмкое (см. рис.1).

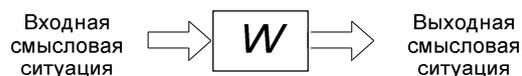


Рис.1. Расширение понятия о передаточной функции

Теорема позволяет гораздо проще и обоснованней выполнить синтез устройств с устойчивым поведением. Более подробное изложение задач, решение которых привело к формированию теоремы изложено в [1-4].

ТЕОРЕМА

Пусть имеется система РЗ, управляющая ОУЗ исполнительным органом ИО только по возмущению (см. Рис. 2). ОУЗ характеризуется многообразием переходных процессов и возможностью развития различных неустойчивых состояний.

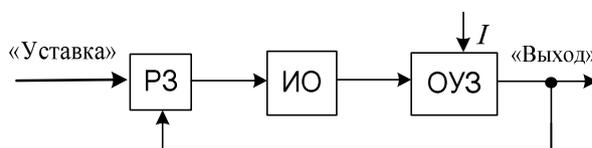
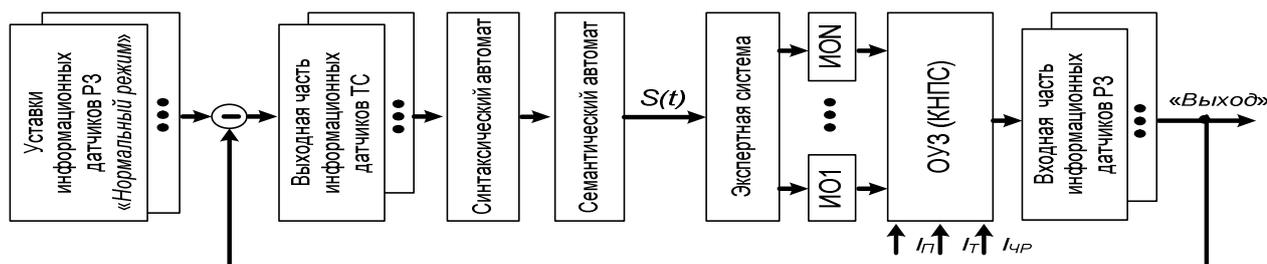


Рис.2. Структурная схема системы РЗ по возмущению

Тогда систему РЗ по возмущению можно преобразовать в систему управления по отклонению по смысловым информационным составляющим (см. Рис. 3), в которой управление ОУЗ определяется наличием и изменением смыслового сигнала $S(t)$.



Примечание. I_{CP} – сигнал частичных разрядов, I_T – помех, I_T – технологических процессов сети

Рис. 3. Структурная схема системы РЗ по отклонению по смысловым составляющим

Изменения смыслового сигнала $S(t)$ непрерывно во времени и пропорционально такому изменению смысловых состояний ОУЗ, каким бы его представлял оператор, если бы управлял ОУЗ в ручном режиме. Смысловой сигнал $S(t)$ эффективно (1000 крат) сжимает параметрическую сигнальную информацию и оказывается удобным при анализе и синтезе систем РЗ.

ДОКАЗАТЕЛЬСТВО

1. Сделаем несколько вспомогательных структурных преобразований в схеме на Рис. 2. Затем докажем теорему в целом, доказав ее по каждой составляющей части системы РЗ.

А) Разделим устройства РЗ на составляющие – уставки, информационные датчики, логический автомат и выходную часть согласно Рис. 3. Точка связи в блоке «РЗ» между входной и выходной частями информационных датчиков является отрицательной обратной связью. Преобразование выполняется для всех устройств системы РЗ.

Б) Согласно структурно-лингвистическому (СЛ) методу [1] назначим в соответствие выходу каждого информационного датчика (см. Рис. 3) собственное имя терминального символа (ТС), а состоянию логического автомата - собственное имя нетерминального символа (НТС). Будем различать три иерархических уровня информационного преобразования – морфологический, синтаксический, семантический.

2. Введем формирователь (детектор) смыслового сигнала $S(t)$. Разделим все НТС и правила P синтаксического автомата (см. Рис. 3) на две группы согласно рис. 4.

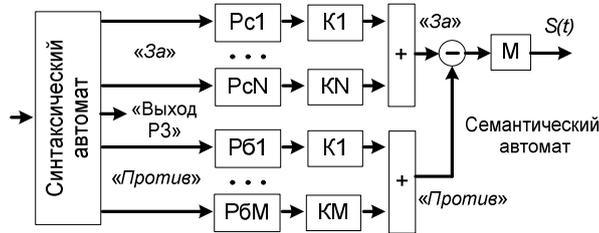


Рис. 4. Структурная схема формирования смыслового сигнала $S(t)$

К группе «за» относятся правила P_{cN} (селективность), участвующие в увеличении значения сигнала $S(t)$. К группе «против» относятся правила $P_{бM}$ (блокировка), участвующие в уменьшении $S(t)$. Здесь весовые коэффициенты

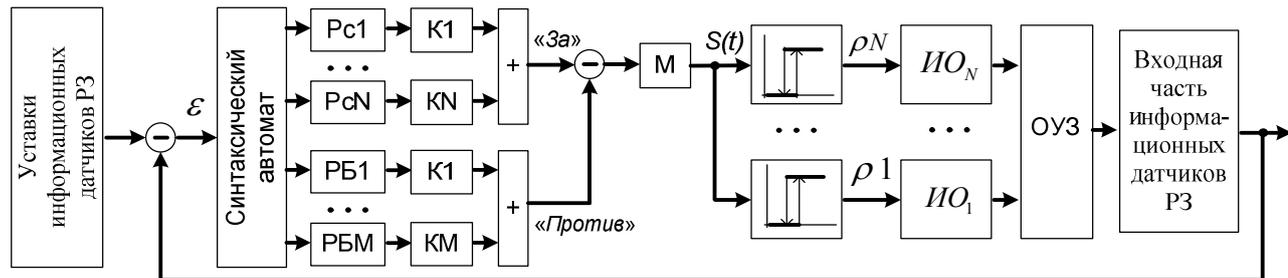


Рис. 6. Обобщенная структурная схема системы РЗ по смысловым составляющим

KN, KM преобразуют изменения логических значений ТС $[0, 1]$ в значения, пропорциональное вкладу (по смыслу исходя из задачи и конечного результата) конкретного правила P в изменение величины $S(t)$. Масштабный коэффициент M согласует изменения сигнала $S(t) = \langle \text{за} \rangle(t) - \langle \text{против} \rangle(t)$ в диапазон изменений $[0-100]$. То есть наибольшему значению $S(t)$ соответствует 1 или $Max[S(t)] \rightarrow 1$, а наименьшему $Min[S(t)] \rightarrow 0$. В виду того, что сигнал $S(t)$ характеризует изменение смысла, будем называть его смысловым сигналом.

3. Рассмотрим выходную часть системы РЗ. Сделаем более детальное доказательство с пояснением работы системы по смысловым информационным составляющим. Преобразуем информационную часть любой системы РЗ согласно Рис. 5.

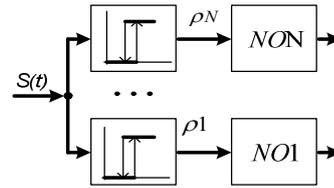


Рис. 5. Структурно-логическая схема части системы РЗ, принимающая решения

Тогда, при объединении Рис. 4, Рис. 5 согласно с Рис. 3 относительно сигнала $S(t)$ получается система стабилизации с отрицательной обратной связью (см. Рис. 6) по смысловым информационным составляющим. Здесь выход РЗ в обыкновенном понимании не задействуется для управления ОУЗ.

Известно, что система стабилизации обладает повышенной устойчивостью и качественными характеристиками работы в сравнение с разомкнутой системой по возмущению (см. Рис. 2). Поэтому на случай некачественной работы системы по возмущению обслуживающий персонал стремится организовать систему стабилизации (замкнуть обратную связь). Например, переводом управления «на сигнал» и замыканием обратной связи (см. Рис. 3, Рис. 6 сравните с Рис. 2) через свою экспертную оценку с задействованием дополнительных эмпирических ТС, НТС, P и принимая решение согласно Рис. 4 и Рис. 5.

Таким образом, наличие смыслового сигнала $S(t)$ в любой системе РЗ по этому пункту доказано.

4. Рассмотрим часть системы, принимающую решение об управлении ОУ (см. Рис. 3). Допустим, смысловой сигнал $S(t)$ в системе РЗ не существует, тогда нельзя построить экспертную часть системы РЗ на основе табло со смысловыми текстовыми сообщениями или мнемониками. Именно таким образом, оперативный персонал отслеживает изменения смысловой ситуации ОУЗ относительно смысловой ситуации «Нормальный режим работы» ОУЗ, принимает решение и задействует соответственно исполнительный орган (ИО). В этой части системы в качестве ИО выступают смысловые сообщения и оперативный персонал, а устранение переходного режима завершается записью смысловой формулировки его причины и характера. Однако любая система РЗ имеет такое табло, что противоречит предпосылке. Теорема по этому пункту доказана.

5. Рассмотрим логическую часть системы. Преобразуем СЛ-методом логическую часть системы (см. Рис. 3) в дерево определения (распознавания) текущего во времени смыслового состояния ОУЗ (см. Рис. 7). Для устройств РЗ с целью определения текущей смысловой ситуации входная информация поступает на входы информационных датчиков. Задачей которых, согласно СЛ-методу, является разделение текущей общей смысловой ситуации на отдельные элементарные информационные составляющие – терминальные символы ТС. Дерево определения задает способ получения (правилами PN) искомого результата (корневого символа) P_S исходя из имеющейся входной информации в виде пороговых выходов $[0, 1]$ информационных датчиков ТСN, $N=1, 2, \dots$. Корневых символов может быть несколько (см. Рис. 7).

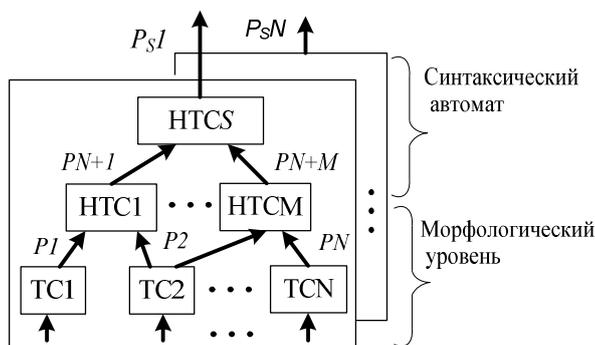


Рис. 7. Дерево определения (синтаксический автомат) смысловой ситуации

Согласно СЛ-методу, правила PN являются переходами автомата логической части системы РЗ. Правила PN выполняются над двумя символами A, B (в качестве которых могут выступать ТС, HTC) с помощью ограниченного набора действий – это сложение f_+ , перемножение $f_\&$, накопление f_j , фиксация $f_{t,5}$ на время t , фильтрация $f_{\text{ШИМ}}$. Такого небольшого набора действий оказалось достаточно для построения любой логической части системы РЗ. Форма записи правила P

$$PN \rightarrow fM(A, B), \quad (1)$$

где N – порядковый номер в перечне правил PN , перечни действий $M - f_+, f_\&, f_t, f_j, f_{\text{ШИМ}}$. Математическое описание системы РЗ определяется перечнем (грамматикой) $G: G=(TC, HTC, PN, P_SN)$.

При наличии в системе РЗ нескольких корневых символов P_SN применяется такая же схема (см. Рис. 7) с объединением $P_S N$ в одно дерево и при назначении P_SN в качестве ТСN. Преобразования заканчиваются при наличии одного корневого символа P_S .

Рассмотрим работу дерева определения во времени $P_S(t)$. Изменения $P_S(t)$ будут приводить к изменению логических значений $[0, 1]$. При совпадении структуры сигналов, определяющих состояние ОУЗ со структурой дерева определения (см. Рис. 7) формируется корневой символ P_S . Это равносильно (совпадает) по смыслу с максимальным значением сигнала $S(t)$, то есть $Max[S(t)] \rightarrow 1$ (см. Рис. 6). Уровни реализуются логическими автоматами. При объединении Рис. 7, Рис. 4, Рис. 5 согласно трем иерархическим уровням СЛ-метода получаем универсальную схему системы РЗ (см. Рис. 6), к которой можно привести схему любой системы РЗ.

Таким образом доказано по этому пункту, что, во-первых, смысловой сигнал $S(t)$ существует, во-вторых, соответствует в одной точке значению корневого символа P_S (максимальное значение $S(t)$ соответствует 1 или $Max[S(t)] \rightarrow 1$) дерева определения (синтаксического автомата). В точке $P_S \rightarrow 0$ совпадения с сигналом $S(t)$ имеется, однако эта точка соответствует также и отсутствию сигналов вообще, неисправности системы РЗ, отключенному состоянию системы РЗ и так далее. Для разрешения этого совпадения на практике выполняют периодически контроль системы РЗ и устранение совпадений (см. Рис. 2, Рис. 3), что также является подтверждением доказательства.

6. Рассмотрим структуру ОУЗ (см. Рис. 3). Преобразуем структурную схему ОУЗ относительно управляющего воздействия согласно СЛ-методу аналогично Рис. 7. Ввиду того, что изменения смысловых состояний ОУЗ начинаются и завершаются смысловой ситуацией «Нормальный режим работы», то будем использовать прямое и обратное СЛ-преобразование согласно рис. 7. Результат преобразования приведен на Рис. 8. Здесь корневые символы P_SN являются результатами переходов из одной смысловой ситуации в другую. Смысловая ситуация SN обозначает появление соответствующего диагностического сообщения для оперативного персонала. Здесь входами ОУЗ являются ТС. Входами ОУЗ являются пороговые значения ρ_N (см. Рис. 5). Исполнительные органы ИО (см. Рис. 5, Рис. 9) разрывают связь ТСN с нетерминальными символами HTCМ при «синтезе» смысловых составляющих в ОУЗ.

Последовательно применяя СЛ-метод к ОУЗ (см. Рис. 3) и раскладывая каждую смысловую ситуацию SN (см. Рис. 8) до уровня терминальных символов ТСN (см. Рис. 9), определяем все смысловые ситуации в ОУЗ.

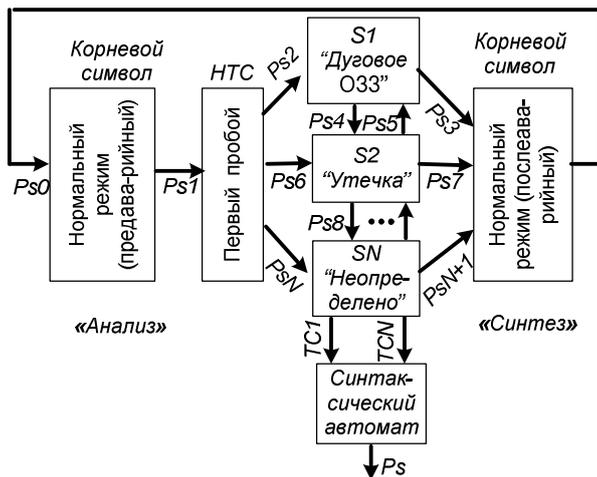


Рис. 8. Структурно-логическая схема КНПС, составленная по смысловым информационным составляющим

Для более полного представления об ОУЗ смысловые ситуации выделяются из файлов, зафиксированных высокочастотными аварийными регистраторами в реальных условиях работы ОУЗ и накапливающихся в обучающей и тестирующей выборках.

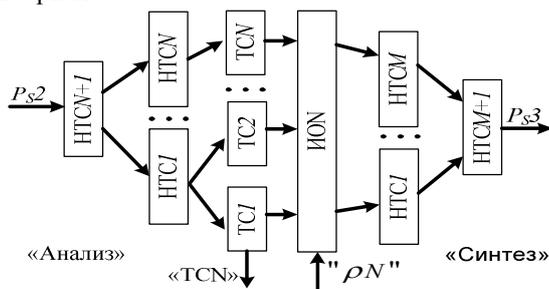


Рис. 9. Структурно-логическая схема одной из смысловых информационных ситуаций ОУЗ

7. Общее доказательство теоремы.

Подытоживая п.п. 2-7, докажем наличие смысловых информационных составляющих в системе РЗ (см. Рис. 3). Смысловые информационные составляющие (ТС, HTC, P, S) порождаются самим ОУЗ или воздействием ИО на ОУЗ.

Исходя из Рис. 3, Рис. 8 и п.п. 2-7 доказано, что общий поток смысловых информационных составляющих циркулирует в системе РЗ, проходя через ОУЗ, другие структурные элементы системы РЗ и замыкается по обратной связи. Отслеживая изменения корневых символов согласно Рис. 8, Рис. 9 и п. 3 «Доказательства...» можно контролировать изменения $P_S(t)$ в ОУЗ, то есть управлять ОУЗ. Согласно Рис. 3, Рис. 9 и п.п. 2-7 «Доказательства...» доказано, что смысловой сигнал $S(t)$ в системах РЗ существует и определяет работу системы РЗ в виде системы стабилизации (Рис. 3). Теорема доказана.

ВЫВОДЫ

1. Контроль смыслового сигнала $S(t)$ выполняется в нормальном и переходном режимах работы ОУ. Получаемый смысловой сигнал $S(t)$ позволяет строить автоматические алгоритмы защиты и управления по отклонению для релейных

(разомкнутых) и распределенных системах, изначально работающих только по возмущению. Обратная связь в таких системах организуется по информационным составляющим на уровне семантического распознавания смысловых ситуаций и разделяется частично в отдельных устройствах, в целом при объединении устройств локальной информационной связью.

2. На основе формирования и контроля смыслового сигнала $S(t)$ удается построить алгоритмы, способные различить искомые ситуации при недостатке необходимой исчерпывающей информации в случаях неустойчивости переходного процесса в ОУ и наличии во входных сигналах дополнительных переходных процессов [2-4]. Наличие синтезированных алгоритмов и конструктивных решений [2-4] явилось исходным материалом для введения теоремы, а также практическим подтверждением правильности рассматриваемых положений.

3. Приведенный в процессе доказательства теоремы, подход к описанию устройств РЗ, в силу простоты, имеет ряд областей применения. Рассматриваемые уровни иерархии - устройство, терминал, АСУ ТП «ГЩУ». Результаты анализа позволяют, обосновано и доказательно, показать причины, нарушающие устойчивую работу известных, создаваемых и предполагаемых устройств РЗ, ОУЗ, всей системы РЗ. Также определить области применения и пути дальнейшего совершенствования различных конструктивных технических решений в области РЗ и управления, программных продуктов и алгоритмов смысловой обработки информации для разных уровней иерархии систем управления.

[1] Никифоров А. П. Применение структурно-лингвистического метода для задач, связанных с исследованиями, совершенствованием и преподаванием релейной защиты энергообъектов // Науч. труды ДонНТУ. Серия: «Электроэнергетика», выпуск 8(140).- Донецк, 2008.- С. 236-240.

[2] Никифоров А. П. Выбор между «простыми» и «совершенными» конструктивными решениями, формирующими объект управления и защиты, структурно-лингвистическим методом // Научные труды Крм. Гос. Политехн. университета. Выпуск 3/2009(56), часть 2.- Кременчуг, 2009.- С. 164-168.

[3] Никифоров А. П. Задачи защиты и управления, решаемые терминалом контура нулевой последовательности сети // Научные труды национального университета «Львовская политехника». Серия: «Электротехнические системы», №637.- Львов, 2009.- С. 63-67.

[4] Никифоров А. П. Решение задачи выбора «простых» или «совершенных» устройств иерархическим и структурно-лингвистическим методами // Научные труды ДонНТУ. Серия: «Электроэнергетика и электротехника», выпуск 9 (141).- Донецк, 2009.- С. 150-155.

Рекомендовано к публикации д.т.н. Сивокобыленко В.Ф.