

УДК 621.713.13: 621.313

А.П. НИКИФОРОВ (канд.техн.наук, доц.)

ГВУЗ «Донецкий национальный технический университет»

apnikiforov@yandex.ua

АНАЛИЗ И СИНТЕЗ УСТРОЙСТВ ЗАЩИТЫ НА ОСНОВЕ ПОСТРОЕНИЯ ИЕРАРХИЧЕСКОЙ ЛИНИИ «ОТ ПРОСТОГО К СОВЕРШЕННОМУ» СТРУКТУРНО-ЛИНГВИСТИЧЕСКИМ МЕТОДОМ

Happens to the description of the approach to analysis and syntheses device relay-type protection and automations, is founded on structured-linguistically method. On base of the analysis possible to value the reached factors to efficiency known and new device. At syntheses approach allows to motivate the further steps at improvement modern device and reach "simplicities of" decision of the putted problem and its technical realization.

Постановка задачи. Подытоживая полученные автором результаты [1] в области разработки конструктивных решений, связанных с уменьшением последствий повреждения фазной изоляции сети, можно выделить следующий ряд положений общего характера. Под общим характером будем понимать 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). Наиболее приемлемым для рассматриваемых задач оказался структурно-лингвистический метод определения сути процессов [1, 2]. Метод основан на аналогии между структурой объектов и синтаксисом языка. В рамках этого метода считается, что объекты состоят из соединенных подобъектов так же, как фразы и предложения строятся путем соединения слов, а слова составляются из букв [2]. Будем использовать в дальнейшем рассмотрении следующее положение общего характера.

1. Предлагается подход, основанный на сравнительной иерархии конструктивных решений. Применяя последовательно предлагаемые выше методы к описанию устройств РЗ в качестве инструментов исследования, выполнен сквозной математически точный анализ устройств, оперирующих различной по иерархии информацией о сути переходных процессов в сети.

Рассматриваемые в статье в качестве примера уровни информационной иерархии – индивидуальное селективное устройство, централизованное селективное устройство, терминал, АСУ ТП «ГЩУ». Статья является продолжением применения метода к объекту управления и защиты (в нашем случае - это контур нулевой последовательности сети (КНПС)) [1].

Анализ последних исследований. Можно заметить, что в настоящее время совершенствование современных промышленных технологий все более подчиняется некоторым характерным техническим и конструктивным решениям [1]. Имеются «простые» и «сложные» решения и это разнообразие приводит к появлению следующего распространенного вопроса. Что лучше - «простые» или «сложные» решения? При более глубоком разборе сути вопроса, выясняется, что определение «сложные» устройства уточняется до определения «совершенные». Тогда на заданный вопрос появляется ответ такого плана - совершенствование технической конструкции проходит этапы в направлении от «простого» к «совершенному». Такая постановка ответа приближает рассуждения к теории эволюции технических конструкций. Поэтому доказательная база ответа на поставленный вопрос может основываться на эволюционном подходе к совершенствованию технических конструкций [2].

Опубликованные работы, касающиеся анализа функционирования рассматриваемых устройств СП и сравнения эффективности их работы, можно охарактеризовать в целом общим выводом - сравнения выполняются по конечной внешней эффективности поиска поврежденного участка или даже по числу правильных срабатываний устройств. Для этого, по мнению авторов сравнений, достаточно ограничиться экспертной или статистической оценкой результатов работы устройств. Часто сравнения носят характер аннотаций, рекламных материалов, представленных организациями и производителями устройств. С точки зрения совершенствования известных и разработки новых устройств, а также их эксплуатации такие методы сравнительного анализа оказываются недостаточными. Очевидно, в силу того, что не проясняются ответы, например, на следующий ряд положений. Во-первых, не определяются причины касающиеся обоснованности появления именно таких, а не иных конструктивных решений. Во-вторых, не проясняются те места в структурных схемах устройств и всей системы защиты, в которых образуются несоответствия между качеством преобразования сигналов входных координат устройств и реальным получаемым конечным результатом. В-третьих, не обосновываются рекомендации для эксплуатации устройств и определения направления дальнейшего этапа их совершенствования.

Поиск причин неустойчивой или неэффективной работы известных конструктивных решений начнем с иерархического сравнительного анализа работы структурных схем. Целесообразность такого типа анализа

связана с тем, что открывается ряд возможностей, необходимых, но недостижимых на основе других типов сравнительного анализа. Устройства прошли достаточное количество эволюционных этапов, чтобы можно было выполнить иерархический анализ технических решений. Остается выбрать конструкцию приемлемую на современном этапе технического развития [2]. Возможно, дальнейшее рассмотрение материала убедительно покажет, к чему может привести выбор «простых» конструктивных решений вместо «совершенных».

Выразим конечный результат работы современных технических конструкций как наиболее важный с точки зрения каждой из служб, эксплуатирующей устройства и контролирующей технологический процесс. Для оперативного персонала можно выразить так - поддержание нормального режима работы сети. Тогда любые отклонения по смыслу от нормального режима работы сети должны быть устранены. В оперативном журнале должен быть наиболее точно сформулированы смысл и причина нарушения нормального режима. Для службы релейной защиты - это полный разбор произошедшей ситуации на основе действия устройств, выявление сути и причины возникновения ситуации. Для службы высоковольтной изоляции - это поиск способов и средств, позволяющих устранить или уменьшить влияние причины нарушений нормального режима работы сети. Подчеркнем, что для каждой службы конечная цель и результат работы все-таки выражается в смысловом виде.

На современном этапе развития интерфейс устройств строится исходя, прежде всего, из работы персонала каждой из служб, разделяясь в тематическом отношении. Оперирование смысловыми составляющими выполняется с помощью естественного представления работы оборудования на экранах графических терминалов мнемодиаграммами, естественно воспринимаемыми обслуживающим персоналом. Параметры сигналов при этом оказываются второстепенной или вспомогательной информацией, могут не отображаться вовсе. С технической точки зрения такой подход означает, что параметры сигналов выполняют функцию несущих, которые модулируются смысловыми составляющими переходных процессов в сети. Так, при промышленных этапах технического развития ограничения конструктивных особенностей приводили к необходимости интерпретации поступающей информации и дальнейшему восстановлению смысла (идентификации) происходящих и произошедших процессов в сети. Появление неоднозначности интерпретации может приводить к неоднозначности восстановления смысла происходящих или произошедших процессов в сети. Иначе говоря, работа такого интерфейса основана на использовании личной базы данных человека.

Задача исследований. Естественно говорить, что все применяемые конструктивные решения стремятся к простоте и сбалансированности технико-экономических показателей. Однако оказывается, что современный поиск всё более «простых» способов и средств борьбы с последствиями развития повреждения изоляции в распределительных сетях, а также устройств для их реализации приводит часто к перепроверке на практике решений когда-то признанных менее эффективными по сравнению с появляющимися решениями. В настоящее время конструктивное многообразие устройств сводится к некоторому типовому набору элементов, подходов. Современные технические конструктивные решения должны иметь соответствующие технические характеристики. Важным остается наполнение конструктивного решения интеллектуальным, смысловым содержанием выполняемых функций, эффективными подходами к обработке информации.

Простой перевод функционирования механических и электронных устройств РЗ на новую основу, как известно, не подходит по ряду соображений. Возвращаясь к рассуждениям над сутью поставленного в статье вопроса можно привести такой пример. Микропроцессорные устройства как более «сложные» конструктивно приносят некоторый уровень ненадежности в работу сети по сравнению с «простыми» устройствами. Но эта потеря надежности может быть с лихвой перекрыта важными функциями и эффективностью работы устройств, которые невозможно воплотить «простыми» устройствами. Имеются в виду такие важные функции, как реализация в одном терминале РЗ необходимого комплекта «простых» устройств, дистанционный самоконтроль и конфигурирование характеристик привнесенных элементов и другие. Рассуждая дальше можно заметить, что развитие элементной базы создает возможности и ресурсы, которые в принципе позволяют реализовать алгоритмы, соответствующие потребностям эксплуатации и обеспечивающие необходимую практическую устойчивость работы устройств. Те алгоритмы, (конечно, если такие алгоритмы разработаны) которые ожидалось эксплуатировавшими организациями от «простых» устройств, но которые не удавалось реализовать в «простых» устройствах. Таким образом, получается, что эквивалентный перенос структурных схем «простых» устройств на микропроцессорную основу является недоиспользованием запаса перекрытия структурного усложнения сети эффективностью привнесенного технического совершенства «сложных» устройств. То есть, в достаточной мере не реализуются возможности современного этапа технического развития устройств.

На основе сказанного можно сделать вывод о том, что при многообразии информации на входах устройств необходимы не только специальные методы выделения результирующей смысловой информации, но и специальное построение общей системы защиты сети. Чтобы выяснить причины неустойчивой работы известных и применяемых на практике устройств и построить устойчиво работающие устройства рассмотрим современное состояние развития конструктивных решений этих устройств. Следуя подходу, будем рассматривать конструктивные решения, как составные части системы, работающей по смысловым информационным составляющим, в нашем случае - системы автоматической стабилизации нормального режима работы (АСНОР) КНПС.

Изложение основного материала. В общем случае можно заметить, что функционирование применяемых в энергетике различных типов устройств РЗ связано с анализом ярко выраженного возникновения и устойчивого сохранения определенной аварийной ситуации. Каждая аварийная ситуация является выходной реакцией защищаемого объекта управления на причину появления аварийной ситуации [1].

Работа новых устройств (синтезированных на основе рассматриваемого в статье подхода) основана на контроле правильности структуры сигналов входных координат. Формируется общий смысловой информационный сигнал $S(t)$. Изменение во времени сигнала $S(t)$ несет в себе смысловую информацию о поведении изоляции участка сети. Формирование сигнала $S(t)$ выполняется непрерывно в нормальном и аварийном режимах работы сети [1]. Практическое построение информационных датчиков основывается на технически и экономически оправданных методах. Выходы информационных датчиков являются первичной информацией для структурно-лингвистического метода.

Описание подхода к анализу конструкций устройств. Каждое устройство РЗ можно разделить на подготовительную и логическую части. Подготовительная часть формирует терминальные символы (ТС). Логическая часть устройств РЗ формирует корневой символ S и принимает решение о выдаче сигнала "Поврежденный участок". Корневой символ S формируется деревом структурных взаимосвязей и показывает движение потоков информации от информационных датчиков (ТС) к выходным сигналам S блоков обработки информации верхнего уровня. Движение потоков информации происходит по обратной связи в системе АСНОР КНПС [1].

Сведем вместе и вкратце охарактеризуем этапы предлагаемого подхода исходя из формирования конечного смыслового результата работы устройств. Известное описание анализируемых устройств (структурная или принципиальная схема) приводятся к элементарным структурным элементам ТС, НТС обобщенного дерева структурных взаимосвязей [1]. С дерева списывается перечень определенных правил PN . Далее принимается вес k каждого правила PN , исходя из его вклада в общий результат S . Расставляются в таблице иерархической систематизации все устройства следующим образом. По горизонтальной оси располагаются устройства в направлении совершенствования правил селективности $P_{СЕЛ}$. По вертикальной оси таблицы располагаются устройства в направлении совершенствования правил $P_{БЛ}$ блокировки (от неустойчивой работы устройств, правил подтверждения наличия повреждения, разблокировки и защиты от помеховых смысловых ситуаций). Полученные перечни правил PN расположены в таблице по мере задействования все большего суммарного весового коэффициента K_{Σ} каждого из устройств. Значения K_{Σ} для каждого PN приведены на обобщенном дереве. Для строгого сравнения устройств между собой можно подсчитать коэффициент эффективности $K_{ЭФ}$ устройства по формуле $K_{ЭФ} = K_{\Sigma} \text{ устройства} / K_{\Sigma} \text{ обобщенного}$. Каждое PN отнесено либо к селективности «С», либо к блокировке «Б».

Очевидно, что направлением развития и совершенствования устройств является диагональное направление в таблице от верхнего левого к нижнему правому углу, где находится наиболее эффективное устройство. При совершенствовании или разработке устройств может появиться новая информационная или результирующая составляющие (например, на основе разработки нового информационного датчика или введения нового НТС). Тогда таблица будет дополнена по диагонали

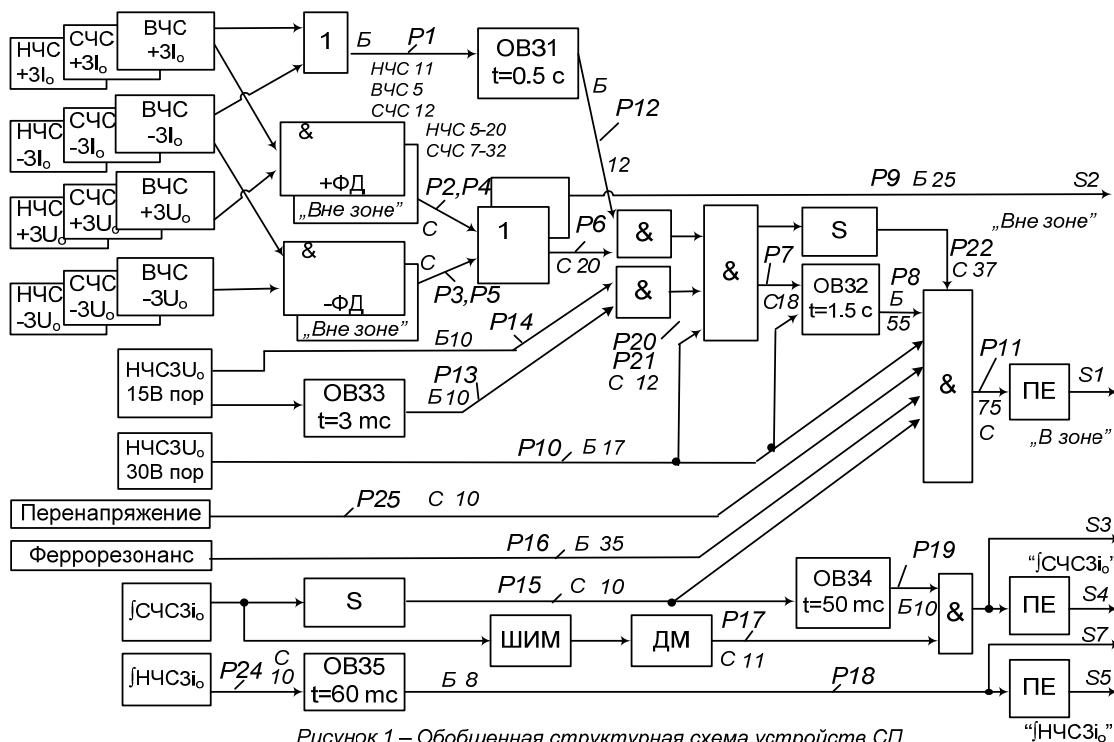


Рисунок 1 – Обобщенная структурная схема устройств СП

Таблицы окажутся полезными для ответов на вопросы, возникающие при практических применениях как отдельных устройств защиты и управления КНПС, так и терминалов РЗ, а не полагаться на интуитивные плохо доказуемые предположения. Например, какая часть обрабатываемой информации будет потеряна при не обеспечении входных координат устройств качественными источниками сигналов; как повлияет на снижение эффективности работы терминала РЗ устранение тех или иных функций при конфигурировании и настройке работы терминалов РЗ; как оценивать эффективность принимаемых решений?

Таблица 1- Иерархическая систематизация устройств СП

		Селективность																
k_C	k_B	0	8, 10	20	30	38, 40	48	67	112	184	189	214	227	241	266	296	351	
Блокировка	8, 10		[А]					[Б]					[В]					
	28, 35								[Г]			[Д]						
	42															[Е]		
	55				[Ж]	[З]												
	65, 66	[И]												[К]	[Л]			
	72					[М]												
	90, 92			[Н]												[О]		
	127											[П]						
	135, 137						[Р]	[С]										
	171								[Т]									
	199																	[Я]

Примечание

[А] – «УС32/2», «АПС333», Терминалы МТЗ ненаправлен., «РТ350», «РТ351», $PN=2$, $K_{\Sigma}=20$, $K_{\Sigma\Phi}=0,036$.

[Б] – «33П-1М», «ЯРЭ-2201», $PN=5$, $K_{\Sigma}=77$, $K_{\Sigma\Phi}=0,14$.

[В] – «РНМ-03», $PN=9$, $K_{\Sigma}=237$, $K_{\Sigma\Phi}=0,43$.

[Г] – «БОГД-1», $PN=8$, $K_{\Sigma}=237$, $K_{\Sigma\Phi}=0,43$.

[Д] – «САФ-1», $PN=8$, $K_{\Sigma}=259$, $K_{\Sigma\Phi}=0,47$.

[Е] – «33М-3», $PN=10$, $K_{\Sigma}=321$, $K_{\Sigma\Phi}=0,58$.

[Ж] – «ЦАП1», Терм.МТЗнаправ., $PN=4$, $K_{\Sigma}=85$, $K_{\Sigma\Phi}=0,15$.

[З] – «33Н», $PN=6$, $K_{\Sigma}=95$, $K_{\Sigma\Phi}=0,17$.

[И] – «Земля в сети», $PN=2$, $K_{\Sigma}=65$, $K_{\Sigma\Phi}=0,12$.

[К] – «Импульс», $PN=11$, $K_{\Sigma}=307$, $K_{\Sigma\Phi}=0,56$.

[Л] – «К33П», $PN=12$, $K_{\Sigma}=332$, $K_{\Sigma\Phi}=0,6$.

[М] – «ИМФ10», $PN=6$, $K_{\Sigma}=110$, $K_{\Sigma\Phi}=0,2$.

[Н] – «SPAC», $PN=6$, $K_{\Sigma}=112$, $K_{\Sigma\Phi}=0,2$.

[О] – «УЗС-01», $PN=10$, $K_{\Sigma}=356$, $K_{\Sigma\Phi}=0,65$.

[П] – «П33М1М», $PN=13$, $K_{\Sigma}=316$, $K_{\Sigma\Phi}=0,57$.

[Р] – «MiCom», $PN=8$, $K_{\Sigma}=175$, $K_{\Sigma\Phi}=0,32$.

[С] – «Сириус2Л», $PN=9$, $K_{\Sigma}=185$, $K_{\Sigma\Phi}=0,34$.

[Т] – «Спектр», $PN=10$, $K_{\Sigma}=283$, $K_{\Sigma\Phi}=0,51$.

[Я] – «Обобщенный», $PN=25$, $K_{\Sigma}=550$, $K_{\Sigma\Phi}=1$

Приведем результирующие выводы, следующие из анализа таблиц иерархической систематизации. Некоторые выводы интуитивно очевидны, но требовали доказательств. В выводах особое внимание уделено работе устройств на длительных интервалах времени эксплуатации.

Выводы по анализу таблицы иерархической систематизации устройств СП. Исходя из сопоставления опубликованных описаний устройств СП (а также селективных частей устройств ЦСП и терминалов), выясняется, что их авторы ставят перед собой решение задачи о построении так называемого «простого» устройства. Дополнительно следует отметить, что авторы часто связывают совершенствование «простых» устройств с изменением их чувствительности к сигналам входных координат Z_{io} , Z_{iu} . В этом случае (только на основе повышения или уменьшения чувствительности) поведение устройств также наталкивается на неустойчивость работы, очевидно в силу специфики стихийного возникновения и развития повреждения изоляции и неустойчивости формирования сигналов переходных процессов в сети в естественных изменяющихся условиях предприятий. Под неустойчивостью работы устройств будем понимать – групповое срабатывание нескольких устройств, несрабатывание или блокирование устройств, неселективное срабатывание устройств поврежденного и неповрежденного участков сети и так далее. Также на устойчивость работы влияют случаи отсутствия четкого подтверждения появления стихийного пробоя изоляции фазы на землю дальнейшим выраженным изменением режима работы сети.

1. Совершенствование устройств СП идет в направлении повышения селективности и большей детализации происходящих процессов в сети (см. диагональное направление таблицы от самого «простого» до самого «совершенного»). Полученные числа N ($N=2, 6, 10, 13$) правил PN (см. диагональ таблицы), показывают пропорциональное увеличение «сложности» устройств СП несмотря на стремление авторов разработать наиболее «простое» устройство СП.

2. Часто на практике о правильности работы устройств СП судят по работе реле «Земля в сети». Из таблицы можно сделать вывод, что реле «Земля в сети», которое является структурно самым «простым» устройством для определения смысловых ситуаций, не может быть экспертом правильности работы структурно более «сложных» устройств СП. Применять «простые» устройства СП для определения других смысловых ситуаций, например, «Неповрежденный участок», «Процессы, не связанные с ОЗЗ», «Перекося нейтраль сети», «Нечеткое определение» и других нельзя, поскольку такие смысловые ситуации отождествляются структурой устройств. Соответственно, имеющиеся структурно более «простые» устройства СП (см. таблицу) не могут и не должны являться экспертами работы для структурно более «сложных» устройств СП.

3. Устройства СП имеют низкую эффективность работы ($K_{эф}=0.036 - 0.65$) в задаче АСНОР КНПС (см. примечание таблицы). Достичь ожидаемой эффективности работы устройств абсолютного действия не удается. Выявленный ряд существенных недостатков в работе логической частей устройства СП вполне достаточен, чтобы привести устройство СП к неселективной и неустойчивой работе.

Выводы

1. Многообразие, неустойчивость, негарантированное развитие сигналов, к которым приводят стихийные свойства однофазного повреждения изоляции, крайне ограничивают область применения «простых» устройств. Ограничения тем больше, чем меньше информационных критериев закладывается в структурную схему устройств. Иначе говоря, на входах устройств «рано или поздно» появляются сигналы переходных процессов, связанные с ОЗЗ, но не имеющие ярко выраженных информационных составляющих «главного» или «главных» критериев срабатывания устройства.

2. Для устройств, при построении которых определяющей конструктивной идеей ставится «простота», ограничивают количество информационных датчиков до минимального числа. В результате происходит отбрасывание информации, поступающей на входы устройств, а также смысловой информации, подготовленной предыдущими по иерархии структурными элементами. Принятие решения об отключении потребителей выполняется на основании анализа одного – трех ТС, НТС при появлении смысловых ситуаций любой сложности. В случаях неустойчивого переходного процесса или недостатка селективной информации потеря информации оказывается критической для обеспечения устойчивости работы устройств.

3. Система защиты сети, построенная на основе только абсолютного способа обработки информации, не позволяет достичь устойчивости поиска поврежденного участка сети, поэтому совершенствование «простых» устройств, сталкивается с существенными ограничениями самостоятельного их применения, приводит на практике к размыканию обратной связи в системе АСНОР. Показана ведущая роль относительного подхода к обработке сигнальной и смысловой информации по отношению к абсолютному подходу.

4. Структурно-лингвистический и иерархический методы анализа конструктивных решений показывают, что совершенствование устройств СП идет в направлении задействования все большего количества информационных составляющих и является не усложнением устройств, а их совершенствованием. Тем не менее, построение устройств на основе относительного способа ограничилось задействованием только правил сравнения амплитудных информационных составляющих или временных правил блокирования срабатывания устройств.

5. Моделирование работы устройств СП при подаче на их входы сигналов аварийных файлов показывает, что все «простые» устройства СП (с одним селективным критерием) рано или поздно окажутся в ситуации, когда смысловой информации во входных сигналах будет не достаточно для работы этого критерия. Иначе говоря, все «простые» устройства могут работать только при наличии в сети «простых» смысловых ситуаций. Для восполнения недостатка необходимо задействовать большее число критериев селективности (желательно определяемым принципиально другим способом). Таким образом, приходим к начальным положениям структурно-лингвистического метода - вся информация должна быть разложена на максимальное количество ТС.

6. Обработка общего потока смысловой информации отдельными не взаимосвязанными устройствами, не позволяет реализовать алгоритмы совместной обработки имеющейся информации. Хотя эти алгоритмы могли бы быть использованы для решения противоречивых практических ситуаций. Недостаточность обрабатываемой информации для надежного принятия решения приводит на практике к переводу устройств «на сигнал» (к размыканию обратной связи в системе АСНОР, переводе автоматического управления на «сигнал» и задействованию ИО «Оперативный персонал»). Анализ устройств СП (см. таблицу) показывает, что надежда построить систему поиска поврежденного присоединения на так называемых «простых» устройствах СП абсолютного действия приводит к напрасным длительным ожиданиям начала их устойчивой работы.

7. Можно предложить задействовать в устройствах СП «дополнительные» информационные составляющие в случаях отсутствия «главных» информационных составляющих, несмотря на то, что это предложение устремляет решение задачи в сторону «усложнения» устройств СП.

Список литературы

1. Никифоров А. П. «Выбор между «простыми» и «совершенными» конструктивными решениями, формирующими объект управления и защиты, структурно-лингвистическим методом» / А. П. Никифоров // Научные труды Кременчугского национального технического университета. Серия: «Электроэнергетика и электротехника».- 2009.- вып. 8 (140).- С. 236-240.
2. Дж Ту. Принципы распознавания образов / Дж Ту, Р. Гонсалес – М.: Мир, 1978. - 411 с.
3. Глазырин В. Е. Применение структурных методов распознавания образов для построения дифференциально-фазной защиты сосредоточенных объектов / Глазырин В. Е., Купарев М. А. // Электро.- 2003.- №3, – С. 18-21.

Надійшла до редколегії 02.04.2009

Рецензент: М.В.Гребченко

А. П. НИКИФОРОВ

Донецький національний технічний університет

Анализ и синтез устройств защиты на основе построения иерархической линии «от простого к совершенному» структурно-лингвистическим методом. Предлагается описание подхода к анализу и синтезу устройств релейной защиты и автоматики. Подход основан на структурно-лингвистическом методе. На основе подхода, возможно строго оценивать достигаемые показатели эффективности работы известных и создаваемых устройств. При синтезе подход позволяет доказательно мотивировать дальнейшие шаги в совершенствовании устройств, решаемость поставленной задачи и ее технической реализации.

Релейная защита, автоматика, анализ, конструирование, замыкание на землю

А. П. НИКИФОРОВ

Донецький національний технічний університет

Аналіз та синтез пристроїв на ґрунті побудови ієрархічного шляху «від простого до удосконаленого» структурно-лінгвістичним методом. Пропонується підхід до аналізу та синтезу пристроїв релейного захисту і автоматики. Підхід ґрунтується на структурно-лінгвістичному методі. На цьому можливо оцінювати показники ефективності роботи відомих чи розробляємих пристроїв. При синтезі підхід дозволяє мотивувати подальші кроки удосконалення пристроїв, можливості рішення цієї задачі та її технічного відтворення.

Релейний захист, автоматика, аналіз, побудова, замикання на ґрунт