



ЛОГИЧЕСКИЕ ФОРМАЛИЗМЫ ОБРАБОТКИ ДАННЫХ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ ОБСТАНОВКИ ВЫСОКОВОЛЬТНОЙ ПОДСТАНЦИИ

Н. В. Киншт, Н. Н. Петрунько

Рассмотрена логическая модель высоковольтной подстанции с точки зрения распространения по ней собственных электромагнитных излучений элементов оборудования. Данные мониторинга электромагнитных излучений используются для диагностики технического состояния элементов оборудования.

ВВЕДЕНИЕ

Прогнозирование текущего технического состояния ответственного электротехнического высоковольтного оборудования (ВВО) является одной из актуальнейших задач современности. Основная масса ВВО в стране смонтирована лет 35–45 назад и к началу XXI века в значительной степени исчерпала свой технический ресурс. Фактически в настоящее время ни один из методов диагностики не дает ответа на вопрос о реальной оценке остаточного ресурса ВВО. Приобретает особое значение разработка методов ранней первичной диагностики высоковольтного оборудования под рабочим напряжением, которые обладали бы малой трудоемкостью и позволяли выявлять единицы оборудования с аномальными характеристиками без дополнительных отключений, при минимальном вмешательстве в технологический процесс передачи энергии [1].

Нормальная работа ВВО сопровождается собственным электромагнитным излучением (ЭМИ) в широком диапазоне частот, которое можно явно обнаружить при эксплуатации элементов оборудования (например, силовых и измерительных трансформаторов либо в целом, либо по отдельным фазам) в рабочих режимах подстанции (ПС). Со второй половины 1990-х гг. в лаборатории электрофизики и электроэнергетики ИАПУ ведутся исследования в направлении оценки и прогнозирования текущего технического состояния ВВО.

Свойства спектров ЭМИ практически не изучены, однако, например, с научной и технической достоверностью можно утверждать, что повышение энергии и амплитуды спектров коррелирован-

но с ухудшением технического состояния изоляции, что узкие “пики” свидетельствуют о возникновении высокочастотных колебаний, что число таких пиков также коррелирует с техническим состоянием изоляции и т. д. Таким образом, будем говорить о некоторых свойствах спектра в целом как признаках технического состояния элементов ВВО. В этом контексте формализованное описание на языке наличия либо отсутствия некоторых свойств позволяет подняться на достаточно высокий уровень обобщения и единообразным способом описывать разнородную семантическую информацию, отражающую реальные свойства сигнала. При наблюдении спектров ЭМИ на ПС фиксируется, в конечном итоге, набор их свойств, которые могут передаваться от одного элемента оборудования (ЭО) к другому как по штатным электрическим соединениям на ПС, так и по эфиру между близрасположенными ЭО. Собственные электромагнитные излучения ВВО рассматриваются как канал информации о техническом состоянии элементов оборудования, и эти данные используются для дальнейшего диагностического обследования и организации ремонтного обслуживания. Такого рода ЭМИ, налагаясь друг на друга, создают общую электромагнитную обстановку на ПС [2].

Для решения возникающих практических задач необходимо располагать моделью распространения ЭМИ по ПС и принципами распознавания свойств ЭМИ отдельных источников на фоне регистрируемой общей электромагнитной обстановки (диагностики свойств источников). Настоящая статья посвящена этим проблемам.

1. ЛОГИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ

Для описания и анализа процессов распространения ЭМИ на подстанции как объекте диагностирования будем пользоваться моделью, построенной на основе частично ориентированного графа ПС. Основная идея модели изложена в работе [3]. Введем ряд формальных обозначений.

Обозначим множество всех узлов графа через $V = \{V_i\}, i = 1, \dots, v$. Множество узлов соединенных ветвями, образуют граф $G = G(V)$. Множество узлов разбивается на три подмножества:

$S \subseteq V$ — узлы, ассоциированные с ЭО — источниками ЭМИ ($|S| = s$);

$P \subseteq V$ — узлы, образующие вместе с источниками ЭМИ электрическую схему ПС;

$M \subseteq V$ — узлы, ассоциированные с точками регистрации ЭМИ на территории ПС.

С ветвями графа ассоциируются пути распространения ЭМИ. Ветви графа имеют двойственную природу. В качестве способов распространения сигнала рассматриваются два. Первый — через непосредственные электрические связи (ветви графа формируются на основе электрической схемы соединения элементов оборудования). Эти связи между ЭО в конкретном рабочем режиме на ПС зависят от схемы включения ЭО; они известны в момент проведения экспериментов. Второй способ распространения сигнала — путем непосредственного излучения электромагнитных волн в эфир элементами оборудования; в этом случае основой для построения ветвей графа служит анализ пространственно-геометрического расположения ЭО, являющихся источниками ЭМИ. Ясно, что связь между элементами каждой пары ЭО симметрична, т. е. сигнал может распространяться от любого из пары элементов ко второму — в любом направлении.

Таким образом, некоторые пары узлов графа $(V_k, V_j) \in (P \cup S) \subseteq V$ соединены неориентированными ветвями, и эта связь отражается предикатом:

$$\forall V_k \in (P \cup S) \exists V_j \in (P \cup S) G(V_k, V_j, \theta); \quad (1)$$

где θ — неориентированная ветвь.

С другой стороны, ветви графа, ассоциированные с точками наблюдения $V_k \in M$, имеют явно выраженную ориентацию. Очевидно, что сигналы ЭМИ могут распространяться лишь от ЭО к точке наблюдения; сама же по себе эта точка (т. е. расположенные в соответствующем месте ПС измерительные приборы) не должна и не может быть источниками ЭМИ на ПС. Узлы $V_k \in M$ являются тупиковыми вершинами и соединены с узлами множества $(P \cup S)$ направленными ветвями.

Аналогично выражению (1) формально это выражается так:

$$\forall (V_k, V_j) V_k \in M, V_j \in [(P \cup S) \setminus M], \\ G(V_k, V_j, \eta) \wedge G(V_j, V_k, \xi).$$

Здесь через η и ξ , соответственно, обозначены конец и начало ориентированной ветви.

Ясно, что $S \cap P = \emptyset$. Для простоты положим, что множество M не пересекается с множествами S и P ($M \cap (P \cup S) = \emptyset$). В некоторых случаях можно считать, что сигнал регистрируется непосредственно у некоторых ЭО. Тогда можно переопределить множество M ; впрочем, никаких дополнительных проблем при анализе этот случай не представляет.

2. МАТРИЧНОЕ ОПИСАНИЕ ГРАФА ПОДСТАЦИИ

При формальном анализе рассматриваемых задач необходимо ввести матричное описание графа. Обычно полная информация о графе дается матрицей инцидентий A , строки которой соответствуют узлам графа, а столбцы — ветвям, а элементами ее являются $\{1, -1, 0\}$. В качестве первичного матричного описания графа введем в рассмотрение матрицу смежности узлов D . Поскольку ориентация ветвей связана лишь с узлами — точками наблюдений, в соответствии с разбиением $V = S \cup P \cup M$ представим матрицу D в блочном виде:

$$D = \begin{matrix} & \begin{matrix} V_k \in S & V_k \in P & V_k \in M \end{matrix} \\ \begin{matrix} V_k \in S \\ V_k \in P \\ V_k \in M \end{matrix} & \begin{bmatrix} D_{SS} & D_{SP} & D_{SM} \\ D_{PS} & D_{PP} & D_{PM} \\ D_{MS} & D_{MP} & D_{MM} \end{bmatrix} \end{matrix} \quad (2)$$

Верхняя левая подматрица из 2×2 блоков соответствует неориентированной части графа и не отличается от обычной матрицы смежности узлов, а правое и нижнее окаймление соответствует ориентированной части. Элементы матрицы $D = \{d_{jk}\}$ представляют собой 0 или 1 в соответствии с правилами:

$$\forall (V_k, V_j) \in (S \cup P) G(V_k, V_j, \theta) \Rightarrow d_{kj} = d_{jk} = 1;$$

$$\forall (V_k, V_j) \in (S \cup P) \neg G(V_k, V_j, \theta) \Rightarrow d_{kj} = d_{jk} = 0;$$

$$\forall V_k \in (S \cup P) V_j \in M G(V_k, V_j, \xi) \Rightarrow d_{kj} = 1; \quad (3)$$

$$\forall V_k \in M V_j \in V V_j \neq V_k \Rightarrow d_{kj} = 0;$$

$$\forall (V_k, V_k) \Rightarrow d_{kk} = 1.$$



3. РАСПРОСТРАНЕНИЕ СИГНАЛА ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

Цель построения графа состоит в анализе распространения сигналов ЭМИ от источников к точкам наблюдения. Для спектров сигналов и результатов наблюдений имеем обычную связь:

$$\mathbf{U}(\omega) = \mathbf{K}(\omega)\mathbf{E}(\omega), \quad \omega \in \Omega, \quad (4)$$

где Ω — множество частот, для которых производится анализ; $\mathbf{E}(\omega)$ и $\mathbf{U}(\omega)$ — векторы модулей спектров источников и сигналов, соответственно; $\mathbf{K}(\omega)$ — матрица коэффициентов передачи надлежащих размеров.

Аналогично множеству частот спектров источников Ω в выражении (4) введем в рассмотрение множество свойств источников ЭМИ $\{\sigma_r\}$, $r = 1, \dots, f$. При наличии свойства σ_r в спектре ЭМИ источника E_i принимается, что $E_{ir} = 1$, и $E_{ir} = 0$ в противном случае.

В результате введем в рассмотрение матрицы $\mathbf{E} = [E_{ir}]$ и $\mathbf{U} = [U_{jr}]$, ($i = 1, \dots, s, j = 1, \dots, m$) — наличия свойства σ_r у источников и зарегистрированных сигналов, соответственно. Коэффициент передачи $\mathbf{K}(\omega)$ отражает частотные свойства приемной антенны и реальные условия распространения сигнала, в том числе — взаимное геометрическое расположение источника, точек наблюдения и окружающих конструкций. Вводится матрица \mathbf{K} коэффициентов передачи (влияния) свойств по графу; эта матрица в общем случае зависит от передаваемого свойства σ_r (например, передача ЭМИ в верхней и нижней частях диапазона может отличаться на порядки).

Распространение каждого из свойств σ_j формально описывается логической формулой: $\mathbf{U}_r = \mathbf{K}_r \mathbf{E}_r$, $r = 1, \dots, f$, связывающей между собой свойства источников ЭМИ и свойства наблюдаемых сигналов.

Здесь: $\mathbf{E}_r = \text{col}[E_{ir}]$, $i = 1, \dots, s$ — вектор наличия свойства r в источниках; $\mathbf{U}_r = \text{col}[U_{jr}]$, $j = 1, \dots, m$ — вектор наличия свойства r в наблюдаемых сигналах; \mathbf{K}_r — матрица коэффициентов передачи свойства r .

Одна из целей анализа графа ПС заключается в формальном построении матрицы влияния \mathbf{K} .

Практика показывает, что индивидуальные сигналы ЭМИ, генерируемые элементами оборудования, при распространении на подстанции затухают. В этой связи необходимо ввести меру расстояния между соответствующими узлами графа ПС. В качестве этой меры можно принять длину пути между узлами графа и считать, что сам сигнал (или его некоторые свойства) проявляются на рас-

стоянии от источника, не большем некоторой заданной величины.

Из теории графов известно, что матрица количества путей длины l между узлами графа задается соответствующей степенью матрицы смежности узлов (имеющей на главной диагонали нули): \mathbf{D}^l . Если же на главной диагонали расположены “1” (в соответствии с правилами (3)), то матрица \mathbf{D}^l дает информацию о количестве путей длины не более l между узлами, и она, вычисленная по правилам булевой арифметики, даст требуемую матрицу путей длины не более l .

Исходя из матрицы (2), используя блочное представление, нетрудно записать рекуррентные формулы для вычисления матрицы путей:

$$\mathbf{D}^l = \begin{bmatrix} \mathbf{D}_{SS}^l & \mathbf{D}_{SP}^l & \mathbf{D}_{SM}^l \\ \mathbf{D}_{PS}^l & \mathbf{D}_{PP}^l & \mathbf{D}_{PM}^l \\ \mathbf{0} & \mathbf{0} & \mathbf{1} \end{bmatrix}, \quad (5)$$

(заметим, что надстрочный индекс l у блочных подматриц следует воспринимать лишь как индекс, а не показатель степени).

Когда наблюдение сигналов ЭМИ возможно во всех узлах графа ПС, получим матрицу $\mathbf{K}(l)$ из первой блок-строки:

$$\mathbf{K}(l) = \begin{bmatrix} \mathbf{D}_{SS}^l & \mathbf{D}_{SP}^l & \mathbf{D}_{SM}^l \end{bmatrix}^T \quad (6)$$

Здесь, как обычно, верхний индекс T означает транспонирование матрицы.

4. ПРИМЕР

Поясним изложенное на примере (рис. 1). Рассмотрим фрагмент подстанции, включающий в себя три трансформатора, четыре выключателя и системы шин. Фрагмент ПС на рис. 1 изображен, как принято, в однолинейном изображении. В то же время источником дефекта, и, следовательно, ЭМИ, может являться каждая фаза по отдельности. Когда пространственное расположение отдельных фаз позволяет экспериментально различать их собственные ЭМИ, граф ПС должен строиться на основе полной (трехфазной) электрической схемы. В тех случаях, когда имеет смысл (или есть возможность) представлять, что в трехфазном устройстве возможен лишь единственный дефект, в основу графа ПС можно положить однолинейную электрическую схему ПС или ее фрагмента. С другой стороны, если, к примеру, на ПС применена группа однофазных трансформаторов, то здесь нет

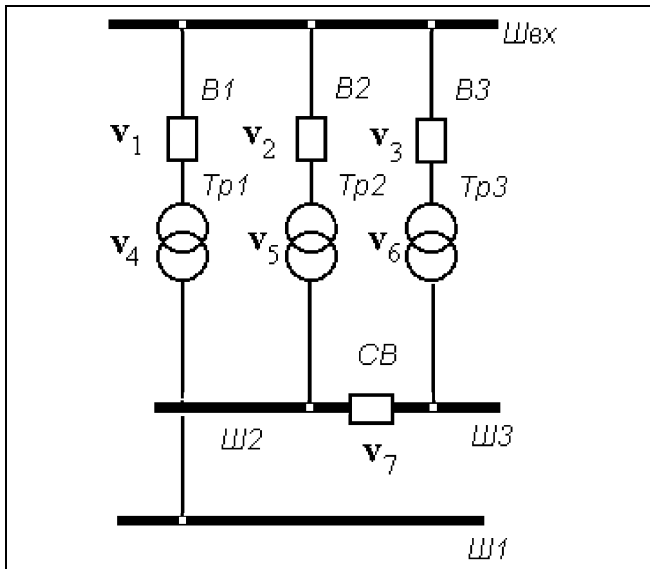


Рис. 1. Схема фрагмента подстанции

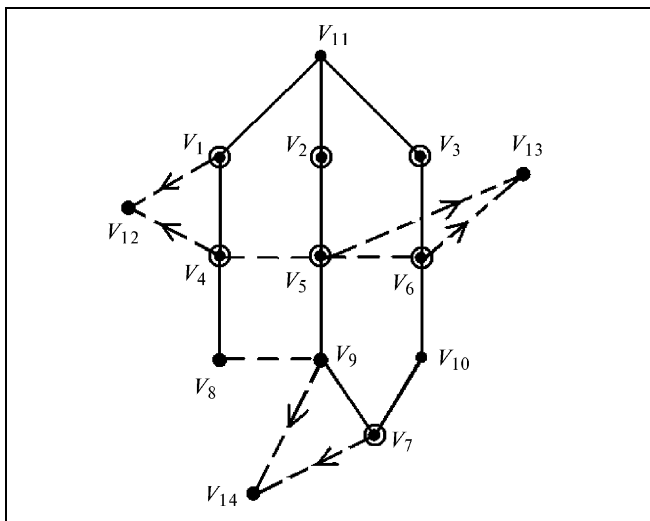


Рис. 2. Граф фрагмента подстанции

выбора — граф ПС должен строиться на основе полной трехфазной схемы. В рассматриваемом примере шины будем считать пассивными элементами.

Приведем граф для иллюстрации правил его построения и покажем процедуру использования графа для анализа состояний ЭО. Выполним следующие шаги:

- сформируем узлы V_i — источники ЭМИ;
- введем в графе ветви, соответствующие непосредственным электрическим связям между ЭО и связям посредством ЭМИ (отмеченные пунктиром) (рис. 2).

Считаем, к примеру, что непосредственные связи элементов посредством ЭМИ имеются у пар:

соседних трансформаторов ($Тр1, Тр2$), ($Тр2, Тр3$) и соседних шин ($Ш1, Ш2$).

Итак, сформируем множество узлов $\{V_1, V_2, V_3, V_4, V_5, V_6, V_7\}$ (выключатели и трансформаторы на рис. 2 для наглядности выделены) — источники ЭМИ, $\{V_8, V_9, V_{10}, V_{11}\}$ (шины) — пассивные элементы. Введем в графе ветви, соответствующие непосредственным электрическим связям между ЭО и назовем связи посредством ЭМИ ($V_4 - V_5$, $V_5 - V_6$, $V_8 - V_9$, отмечены пунктиром). Добавим еще узлы — точки наблюдения $\{V_{12}, V_{13}, V_{14}\}$, непосредственно не связанные ни с одним единственным ЭО. Реальные наблюдения в этих точках являются логической суммой ЭМИ нескольких источников.

Учитывая, что $S = \{1...7\}$, $P = \{8...11\}$, $M = \{12...14\}$, можно построить матрицу смежности, и по формулам (5) и (6) матрицы влияния $K(1)$ и $K(2)$ предстанут в виде:

$$K(1) = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 1 & 1 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix},$$

$$K(2) = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0 \\ 1 & 1 & 1 & 0 & 1 & 1 & 0 \\ 1 & 1 & 0 & 1 & 1 & 1 & 0 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 0 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0 \\ 1 & 1 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 1 \end{bmatrix}.$$



Пусть 7 источников заданы своими 8-ю свойствами, и эти данные представлены таблицей:

	σ_1	σ_2	σ_3	σ_4	σ_5	σ_6	σ_7	σ_8	
$E =$	1	0	1	0	0	0	0	1	E_1
	1	1	0	0	0	0	0	0	E_2
	1	0	0	1	0	0	0	1	E_3
	0	0	0	1	0	1	0	0	E_4
	0	1	0	0	1	0	0	0	E_5
	0	0	1	0	0	0	0	0	E_6
	1	0	0	0	1	0	1	0	E_7

Тогда в узлах графа можно зарегистрировать свойства, представленные матрицами $U(1) = K(1)$ и $U(2) = K(2)$, соответствующие матрицам влияния $K(1)$ и $K(2)$:

$$U(1) =$$

1	1	1	1	0	1	0	1
1	1	1	1	1	0	0	1
1	1	1	1	0	0	0	1
1	1	1	1	1	1	0	1
1	1	1	1	1	1	0	0
1	1	1	1	1	0	0	1
1	0	0	0	1	0	1	0
0	0	0	1	0	1	0	0
1	1	0	0	1	0	1	0
1	0	1	0	1	0	1	0
1	1	1	1	0	0	0	1
1	0	1	1	0	1	0	1
0	1	1	0	1	0	0	0
1	0	0	0	1	0	1	0

$$U(2) =$$

1	1	1	1	1	1	0	1
1	1	1	1	1	1	0	1
1	1	1	1	1	0	0	1
1	1	1	1	1	1	0	1
1	1	1	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1	1	1
1	1	1	0	1	0	1	0
1	1	1	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1	1	0
1	1	1	1	1	0	1	1
1	1	1	1	1	1	0	1
1	1	1	1	1	1	0	1
1	1	0	0	1	0	1	0

5. ДИАГНОСТИКА СВОЙСТВ ИСТОЧНИКОВ

Обратная задача — диагностика свойств источников на основе зарегистрированных наблюдений — представляет особый интерес. Очевидно,

что гарантировать единственное решение или даже какое-либо решение вообще для такой задачи невозможно. Имея в виду, что матрица измерений U получена на основе логического произведения матриц:

$$U_{jr} = \bigvee_{i=1}^s (K_{ji} \& E_{ir}),$$

для решения обратной задачи сформулируем два не требующих доказательства правила.

Правило 1 (“0” — анализ):

Если в j -м узле свойство r не наблюдается, то в его l -окрестности Ω_j^l все источники не имеют этого свойства:

$$\forall (U_{jr} = 0 \& K_{ji}(l) = 1) \Rightarrow E_{ir} = 0.$$

Правило 2 (“1” — анализ):

Если во всей l -окрестности i -го узла Ω_i^l наблюдается свойство r , а все источники не имеют этого свойства, $k \in \Omega_i^l, k \neq i$, то свойство r присуще источнику i :

$$(\forall j \in \Omega_i^l U_{jr} = 1) \& (\forall k \in \Omega_i^l k \neq i, E_{kr} = 0) \Rightarrow E_{ir} = 1.$$

Обратимся к примеру. Итак, считаем здесь известным, что ЭМИ описываются 8-ю свойствами и источниками ЭМИ являются узлы $\{V_1, \dots, V_7\}$.

Исходными данными для решения двух вариантов обратной задачи являются матрицы $U(1)$ и $U(2)$, полученные ранее в результате численного эксперимента, и матрицы влияния $K(1)$ и $K(2)$.

Подготовим две пустые (не заполненных ни нулями, ни единицами) — для двух вариантов расчета — заготовки матрицы E . Применив правило 1, внесем в матрицы полученные нулевые элементы. После этого применим правило 2 и добавим полученные единичные элементы. Оставшиеся незаполненными клетки матрицы пометим знаком “X”, обозначающим элемент с неопределенным значением. В результате получим матрицы E_{01} и E_{02} :

$$E_{01} =$$

1	0	1	X	0	0	0	1
X	1	0	X	0	0	0	0
X	X	X	X	0	0	0	1
0	0	0	X	0	1	0	0
0	1	0	0	1	0	0	0
0	0	1	0	0	0	0	0
1	0	0	0	1	0	1	0

$$E_{02} = \begin{matrix} \begin{matrix} X & X & X & X & X & 0 & 0 & 1 \\ X & X & X & X & X & 1 & 0 & 0 \\ X & X & X & X & X & 0 & 0 & 1 \\ X & X & X & X & X & 1 & 0 & 0 \\ X & X & 0 & 0 & X & 0 & 0 & 0 \\ X & X & X & 0 & X & 0 & 0 & 0 \\ X & X & 0 & 0 & X & 0 & 1 & 0 \end{matrix} \end{matrix}$$

В результате решения обратной задачи видно, что при $l = 1$ имеется возможность полностью оценить источники по свойствам 5, 6, 7, 8, и частично — по свойствам 1, 2, 3, 4; при $l = 2$ — по свойствам 6, 7, 8 и частично — по свойствам 3, 4. Если расстояние распространения сигналов превышает 1, то свойства источников 1, 2 и 5 не диагностируются вообще. В этой ситуации свойства 1, 2 и 5 оказываются неинформативными для задачи диагностики элементов ВВО.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Представленная формальная модель может развиваться в следующих направлениях:

- анализ реального взаимовлияния ЭМИ источников на объекте, т. е. выяснение реальных

расстояний l распространения, характерных для конкретных условий и свойств сигналов;

- с практической точки зрения очень важны две задачи минимизации:
 - необходимых точек измерений;
 - конкретизация наблюдаемых свойств ЭМИ источников в функции точки измерений — выявление наиболее информативных индивидуальных свойств ЭМИ источников, которые при дальнейшем мониторинге будут предметом специального внимания обслуживающего персонала.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кинит Н. В. и др. Техническая диагностика и мониторинг мощных энергетических установок по полям их излучений // Автометрия. — 2003. — № 6. — С. 86—97.
2. Кинит Н. В., Кац М. А. Диагностика точечных источников электромагнитных шумов // Электричество. — 1999. — № 4. — С. 40—42.
3. Кинит Н. В., Преображенская О. В., Петрунько Н. Н. Логический анализ электрической подстанции как объекта диагностирования // Известия РАН. Сер. Энергетика. — 2001. — № 2. — С. 57—67.

☎ (4232) 31-06-64

e-mail: kin@dvo.ru

pnn@dvo.ru



РАСПРЕДЕЛЕННАЯ ВОЛОКОННО-ОПТИЧЕСКАЯ КОНТРОЛЬНО-ИЗМЕРИТЕЛЬНАЯ СИСТЕМА

для дистанционного мониторинга полосы отчуждения подземных трубопроводов, линий телекоммуникаций, электрических кабелей, а также для мониторинга иных охраняемых периметров

Область применения

Система предназначена для удаленного мониторинга охраняемых периметров, включая полосы отчуждения подземных трубопроводов, телекоммуникационных, электрических кабелей и др. В частности, система может применяться для обнаружения строительной техники в зоне прокладки трубопровода (кабеля) с целью предупреждения несанкционированных строительно-монтажных работ, представляющих опасность для контролируемого объекта. Система может применяться для предупреждения незаконного проникновения на охраняемые объекты.

Краткое описание

Конструктивно система состоит из блока обработки информации и протяженной волоконно-оптической линии, размещаемой на некоторой глубине под землей. На волоконно-оптической линии размещены амплитудные измерительные преобразователи, которые служат для регистрации давления на грунт, создаваемого крупной строительной техникой или иными объектами в контролируемой зоне. Система позволяет объединить в своем составе до нескольких тысяч измерительных преобразователей, мультиплексирование которых осуществляется на основе методов оптиче-

ской временной рефлектометрии, что позволяет за время менее 1 мин вывести на удаленный терминал информацию о местоположении и массе обнаруженной в контролируемой полосе отчуждения единицы строительной техники или иного объекта. Система невосприимчива к электромагнитным помехам и устойчива к агрессивному воздействию внешней среды.

Технические характеристики

Пороговая чувствительность измерительных преобразователей, кг	0,5
Погрешность регистрации местоположения обнаруженного объекта, м	1
Максимальная длина контрольно-измерительной линии, км	160
Время опроса контрольно-измерительной системы, мин	Менее 1
Число измерительных преобразователей в составе контрольно-измерительной системы	До 3000

Степень освоения разработки — опытный образец.

Предложения к сотрудничеству:

- разработка экспериментальных контрольно-измерительных систем по заявкам потребителей;
- освоение промышленного производства.



Институт автоматизации и процессов управления ДВО РАН

690041, г. Владивосток, ул. Радио, 5;

☎ (4232) 31-04-39

• e-mail: director@iacp.dvo.ru

• www.iacp.dvo.ru