

термомагнитных, из материалов, обладающих обратимой памятью формы.

Возможна установка элемента из термомагнитного материала непосредственно в защищаемом от недопустимого нагрева устройстве. В частности, такой элемент, размещенный в пускорегулирующем аппарате для разрядных ламп, разрывает цепь питания лампы в результате недопустимого нагрева аппарата [3]. Источником такого нагрева часто является не столько сам аппарат, сколько аварийный режим в цепи питания светового прибора с разрядной лампой.

Следует отметить, что кроме функции защиты от недопустимых режимов эксплуатации или компенсации изменений температуры окружающей среды, элементы из термомагнитного материала могут выполнять и чисто рабочую функцию. Примером здесь служит стартер для зажигания люминесцентных ламп, в котором термомагнитный элемент обеспечивает выдержку времени перед размыканием цепи подогрева электродов лампы, необходимую для их нагрева до требуемой температуры [4].

1. Физический энциклопедический словарь. Т.5. – М.: Советская энциклопедия, 1966. – С.164.

2. Намитов К.К., Брезинский В.Г., Терешин В.Н. Расцепители автоматических выключателей. – М.: Информэлектро, 1980. – 87 с.

3. Декларационный патент Украины №37063 А, МПК 7 H05B41/02, 2001.

4. Декларационный патент Украины №43672 А, МПК 7 H05B41/18, 2001.

Получено 16.05.2002

УДК 621.311:681.5

М.В.ЗБИТНЕВА

Харьковский национальный технический университет радиоэлектроники

АВТОМАТИЧЕСКОЕ ПОСТРОЕНИЕ СХЕМЫ ЗАМЕЩЕНИЯ ДЛЯ ЗАДАЧ РАСЧЕТА ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СЕТИ

Описывается предикатная модель схемы замещения электрической сети. Предложены метод построения схемы замещения и алгоритм его реализации, которые могут быть использованы при разработке программного обеспечения АСДУ.

Одной из характерных черт современных АСДУ электрическими сетями является увеличение масштабов охвата сети оборудованием SCADA-систем [1], позволяющих расширить круг задач, решаемых в режиме реального времени. Решение задачи автоматического получения информации о текущем состоянии сети, ее хранения в базах данных АСДУ и отображения с помощью интерактивных графических программных средств [2] поставило на повестку дня вопрос об автома-

тическом построении схем замещения электрических сетей и формировании уравнений для расчета режима сети. При расчетах сложных электрических сетей много времени занимает процедура составления расчетной схемы замещения и формирования системы уравнений [3]. Скорость решения этой задачи зависит от вида модели электрической сети, ее математического описания и принятого алгоритма реализации метода решения.

В настоящей работе предлагаются модель схемы замещения электрической сети, которая базируется на алгебре конечных предикатов и предикатных операциях, и метод ее получения [4].

Основными элементами, определяющими конфигурацию электрической сети, являются подстанции и линии электропередач (ЛЭП). При переходе к схеме замещения в виде топологического графа на подстанциях выделяют узлы и ветви, а ЛЭП образуют ветви графа, соединяющие узлы подстанций. Поэтому в качестве базового элемента предикатной модели схемы замещения электрической сети выбрана подстанция.

Анализ схем подстанций, встречающийся в практике эксплуатации электрических сетей, показал, что они могут быть представлены четырехуровневой предикатной моделью, подробное описание которой приведено в [5]. Эта модель подстанции (далее – П-модель) включает четыре типа предикатов R, P, Q, I (рис. 1) и построена таким образом, чтобы каждый предикат описывал определенный участок сети. Предикат R охватывает один элемент, предикат P – два элемента; предикат Q – элементы ветви; I – элементы узла.

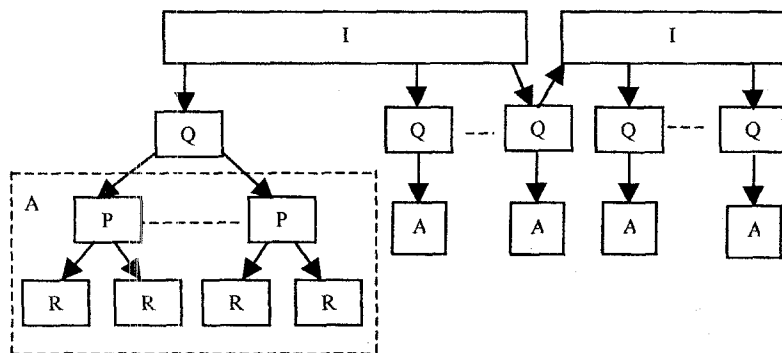


Рис. 1 – Предикатная модель подстанции

П-модель учитывает последовательность соединения элементов, их взаимное расположение и свойства, позволяет следить за динамикой изменения конфигурации сети.

Модель схемы замещения электрической сети (далее – СЗ-модель) получается из П-модели путем выполнения цепочки преобразований. СЗ-модель представляет собой ориентированный граф с циклами (рис.2).

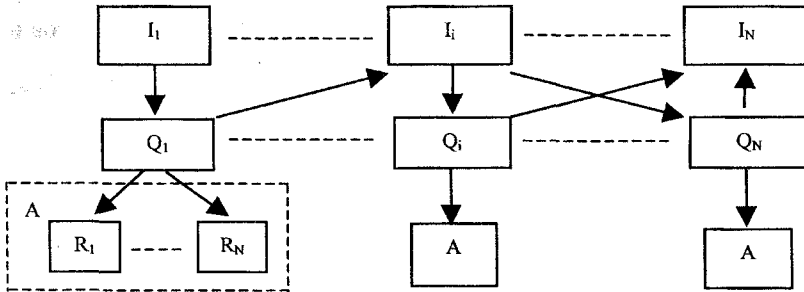


Рис. 2 – Модель схемы замещения

Предварительным этапом построения СЗ-модели является исключение нулевой полустепени исхода Q-вершин графа П-модели.

Метод исключения нулевой полустепени исхода вершин

Основанием для разработки метода исключения нулевой полустепени исхода Q-вершин графа П-модели (далее – И-метод) послужила необходимость запрета повторного анализа одной и той же ветви и исключения встречных направлений тока на ней.

Направления дуг графа П-модели уровней Q и I соответствуют дугам ориентированного ациклического антисимметричного графа (далее – ОАА-граф) [5] и образуют ориентацию, которую будем называть ОАА-ориентацией. Соответственно противоположную ориентацию будем называть ПОАА-ориентацией.

И-метод требует выполнения следующих операций:

- поиск вершин $d^-(Q)=0$ графа П-модели, обладающих нулевой степенью исхода [6];
- преобразование одной из входящих дуг $d^-(Q)=0$ в исходящую в направлении обхода в глубину (ОГ);
- присвоение типа ОГ дугам, совпадающим с направлением обхода в глубину, а не совпадающим – типа ООГ.

Алгоритм исключения нулевых полей связи Q-узлов списка

Этот алгоритм разработан для реализации И-метода. Он преду-

сматривает анализ уровней Q и I предикатной модели подстанции и выглядит следующим образом.

Входные данные: ориентированный граф Π -модели с вершинами, у которых $d^+(Q)=0$ (многосвязный список смежности [5] с нулевыми полями связи Q -узлов).

Выходные данные: ориентированный граф Π -модели без $d^+(Q)=0$ (многосвязный список смежности без нулевых полей связи Q -узлов).

Пусть:

v_i – текущая анализируемая вершина графа Π -модели: предикат Q или I ; Q_i – текущий анализируемый предикат Q ; I_i – предикат I , с которого попали на Q_i ; I_j – предикат I , указывающий на Q_i , но отличный от I_i ;

Последовательность шагов алгоритма:

НАЧАЛО

- 1)ЕСЛИ - текущая рассматриваемая вершина – Q_i
И - кол-во исход. указателей Q_i ОАА-типа равняется двум;
И - кол-во вход. указателей Q_i ОАА-типа равняется нулю;
ТО - присвоить дугам от I_i к Q_i и от Q_i к I_j тип ОГ;
И - присвоить дугам от Q_i к I_i и от I_j к Q_i тип ООГ;
ИНАЧЕ - присвоить дугам v_i ОАА-типа – ОГ-тип;
И - присвоить дугам v_i ПОАА-типа – ООГ-тип.
- 2)ЕСЛИ - не все вершины графа Π -модели проанализированы;
ТО - перейти к следующей вершине;
И - выполнить продукцию 1;
ИНАЧЕ - КОНЕЦ.

Метод построения схемы замещения

Метод автоматического построения схемы замещения электрической сети (СЗ-метод) заключается в преобразовании моделей подстанций расчетного участка сети в СЗ-модель (рис.2) и требует выполнения следующих операций:

- 1) Исключение несущественных элементов:
 - 1.1) исключить уровень P ;
 - 1.2) исключить элементы, у которых св-во «Сопрот-ние» =0;
 - 1.3) исключить элементы, подключенные к нейтрали обмоток высокого напряжения силовых трансформаторов;
 - 1.4) исключить ветви, на которых находятся разрядники;
 - 1.5) исключить ветви, на которых коммутационные аппараты находятся в состоянии «Выключено»;

1.6) сформировать свойство «Сопротивление» ветви и исключить те ветви, у которых оно равно нулю;

1.7) соединить два узла в один при исключении ветви между ними таким образом, чтобы ни одна из их ветвей не осталась не проанализированной.

2) Обработка элементов-источников и элементов-потребителей.

Перенести свойство «Напряжение» (свойство «Ток») источника (потребителя) в узел I, к которому они подключены. В случае равенства нулю сопротивления текущей ветви в качестве I выступает вновь созданный узел.

3) Выбор направления ветвей.

Направление ветви при наличии источника (И) или потребителя (П) устанавливается от И к П, в противном случае оно выбирается произвольно, а именно принимается равным ОГ-ориентации.

4) Присвоение номеров ветвям и узлам:

4.1) порядок нумерации ветвей произвольный;

4.2) порядок нумерации узлов: независимые узлы; узлы, в которых задано напряжение; базисный узел.

В результате получаем модель схемы замещения электрической сети, которая дает возможность автоматического решения задач расчета режимов электрической сети.

Алгоритм построения схемы замещения электрической сети

Для решения задачи автоматического построения схемы замещения электрической сети по СЗ-методу разработан алгоритм, который на первом этапе предусматривает параллельное выполнение операций исключения несущественных элементов, обработки элементов-источников и элементов-потребителей и выбора направления ветвей, а на втором этапе - реализацию операции присвоения номеров ветвям и узлам.

Алгоритм использует следующие свойства:

- свойство «Посещение»: «TRUE» - текущая вершина уже обрабатывалась, «FALSE» - текущая вершина еще не обрабатывалась. Первоначально все вершины содержат значение «FALSE»;

- свойство предиката I «И/П/Н»: И – источник, П – потребитель, Н – не источник и не потребитель;

- свойство предиката Q «Номер ветви в СЗ» и предиката I «Номер узла в СЗ» содержат номера ветвей и узлов в схеме замещения;

- свойство узла «Базисный» = TRUE, если узел базисный, и FALSE – в противном случае;

- свойства предикатов R и I «Напряжение» и «Ток» содержат значения соответствующих величин.

Входные данные: предикатная модель подстанции (многосвязный список смежности схемы подстанции).

Выходные данные: предикатная модель схемы замещения (многосвязный список смежности схемы замещения).

Пусть: S – стек обхода; I_i – текущий анализируемый предикат I; R_i – текущий анализируемый предикат R; Q_i – текущий анализируемый предикат Q; v_i – текущая анализируемая вершина графа П-модели; I_j – второй узел, связанный с Q_i , Q_i , лежит между I_i и I_j ; $I \uparrow^{Q_i}$ – указатель на узел, который указывает на Q_i , хранящийся в Q_i ; $I \downarrow^{Q_i}$ – указатель на узел, на который указывает Q_i , хранящийся в Q_i ; $\{Q_1, \dots, Q_N\} \downarrow^{I_i}$ – множество указателей на ветви, на которые ссылается I_i , хранящиеся в I_i ; $\{Q_1, \dots, Q_N\} \uparrow^{I_i}$ – множество указателей на ветви, которые ссылается на I_i , хранящиеся в I_i ; $\{R_1, \dots, R_N\}^{Q_i}$ – множество указателей на предикаты R, на которые ссылается Q_i , хранящиеся в Q_i ; $\{P_1, \dots, P_N\}^{Q_i}$ – множество указателей на предикаты P, на которые ссылается Q_i , хранящиеся в Q_i ; ON_{Q_i} – переменная, принимающая значение TRUE, если все коммутационные аппараты Q_i находятся в состоянии «Включено», и FALSE – в противном случае; $TEMP_{compQ_i}$ – временная переменная для хранения суммы сопротивлений; $Ok_{12}, Ok_{13}, Ok_{14}, Ok_{15}$ – переменные для активизации продукции 12, 13, 14, 15; $Comp_{Q_i}$ – свойство «Сопротивление» Q_i ; $Comp_{R_i}$ – свойство «Сопротивление» R_i ; $UNITE$ – переменная, принимающая значение TRUE, в случае соединения узлов, и FALSE – в противном случае; $UNITE_R$ переменная = TRUE, если нужно удалить предикаты из $\{R_1, \dots, R_N\}^{Q_i}$, и FALSE – в противном случае; $numQ$ – переменная-счетчик для присвоения номеров ветвям; $numI, restI$ – переменные-счетчики для присвоения но-

меров узлам.

Назначение продукций:

Продукция1: правило обхода; продукция2:обнуление переменных, разрешение на обработку ветви Q_j , операция 1.1; продукция3: операция 1.2; продукция4: операция 1.4; продукция5: разрешение операции 1.5; продукция6: разрешение операции 1.6; продукция7: удаление ветви по признакам: наличие коммутационных аппаратов в состоянии «Выключено», сопротивление ветви равно нулю; удаление ветви; продукция8: операция 1.7; продукция9: операция 2, создание нового узла; продукция10: операция 2, обработка узла-шины; продукция10: операция 2; продукция11,13,14: операция 3, обработка источника; продукция12,14: операция 3, обработка потребителя; продукция17,18: операция 4; продукция15, 16,19: правило перехода.

Последовательность шагов алгоритма:

1) ЕСЛИ - рассматриваемая вершина - I_i ;

ТО - занести ветви $\{Q_1, \dots, Q_N\} \downarrow^{I_i}$ ОГ-типа в S .

2) ЕСЛИ - рассматриваемая вершина - Q_i ;

И- свойство Q_i «Посещение»=FALSE;

ТО - $ON_{Q_i} := TRUE$; И - $TEMP_{comp_{Q_i}} := 0$; И - $UNITE := FALSE$;

И- $UNITE_R := FALSE$; И - $Ok_{12} := FALSE$;

И - $Ok_{13} := FALSE$; И - $Ok_{14} := FALSE$; И - $Ok_{15} := FALSE$;

И - исключить предикаты по $\{P_1, \dots, P_N\}^{Q_i}$, перенося ссылки на R из уровня P на уровень Q: $\{R_1, \dots, R_N\}^{Q_i}$;

И - $R_i := R_i \in \{R_1, \dots, R_N\}^{Q_i}$.

3) ЕСЛИ- $Comp_{R_i} = 0$;

ТО - удалить из $\{R_1, \dots, R_N\}^{Q_i}$ ссылку на R_i ; И

-ЕСЛИ - мощность $\{R_1, \dots, R_N\}^{Q_i} = 1$

ТО -ЕСЛИ- $I \uparrow^{Q_i} \neq 0$ ООГ-типа И - $I \downarrow^{Q_i} = 0$ ОГ-типа

ТО - перейти на узел по $I \uparrow^{Q_i}$ ООГ-типа, обнулить в нем соответственно указатель на

Q_i в множестве $\{Q_1, \dots, Q_N\} \downarrow^{I_i}$ ОГ-типа; И

-ЕСЛИ- $I \downarrow Q_i \neq 0$ ОГ-типа; И - $I \uparrow Q_i = 0$ ООГ-типа;
ТО - перейти на узел, на который указывает Q_i по
 ОГ-указателю и обнулить в нем соответственно
 указатель на Q_i в $\{Q_1, \dots, Q_N\} \uparrow^{I_i}$ ООГ-типа; И
 -ЕСЛИ- $I \downarrow Q_i \neq 0$ ОГ-типа; И - $I \uparrow Q_i \neq 0$ ООГ-типа;
ТО - $UNITE := TRUE$; И $UNITE_R := FALSE$; И
 - перейти к продукции 8;
 И- удалить Q_i ;

И - Удалить R_i ;

ИНАЧЕ - $TEMP_{compQ_i} := TEMP_{compQ_i} + Comp_{R_i}$.

4)ЕСЛИ - свойство R_i «Название»= «Разрядник»;

ТО - удалить $\{R_1, \dots, R_N\}^{Q_i}$ и Q_i ,
 где Q_i - ветвь, которая указывает на R_i .

5)ЕСЛИ - свойство R_i «Название»= «Коммутационный аппарат»;

И- свойство R_i «Состояние»= «Выключено»;

ТО - $ON_{Q_i} := FALSE$; И - перейти к продукции 7.

6)ЕСЛИ - текущий R_i - это последний элемент в $\{R_1, \dots, R_N\}^{Q_i}$;

И- $ON_{Q_i} = TRUE$;

ТО - $Comp_{Q_i} := TEMP_{compQ_i}$; И-свойство

Q_i «Посещение»:=TRUE.

7)ЕСЛИ - текущий R_i - это последний элемент в $\{R_1, \dots, R_N\}^{Q_i}$;

И [$ON_{Q_i} = FALSE$ ИЛИ - $TEMP_{compQ_i} = 0$];

ТО - ЕСЛИ - $I \uparrow Q_i \neq 0$ ООГ-типа; И - $I \downarrow Q_i = 0$ ОГ-типа;

ТО - перейти на узел по указателю $I \uparrow Q_i$ ООГ-типа,
 обнулить в нем соответственно указатель на Q_i в
 множестве $\{Q_1, \dots, Q_N\} \downarrow^{I_i}$ ОГ-типа

И - ЕСЛИ - $I \downarrow Q_i \neq 0$ ОГ-типа; И- $I \uparrow Q_i = 0$ ООГ-типа;

- ТО** - перейти на узел, на который указывает Q_i
по ОГ-указателю и обнулить в нем соответственно
указатель на Q_i $\{Q_1, \dots, Q_N\} \uparrow^{I_i}$ ОГ-типа; **И**
- ЕСЛИ**- $I_j = I \downarrow^{Q_i} \neq 0$ ОГ-типа; **И**- $I_i = I \uparrow^{Q_i} \neq 0$ ОГ-типа
- ТО** - $UNITE := TRUE$ **И** - $UNITE_R := TRUE$
И - перейти к продукции 8;
- И** - удалить $\{R_1, \dots, R_N\}^{Q_i}$ и Q_i , где Q_i - ветвь, которая
указывает на R_i ; **И** - перейти к продукции 16.
- 8) **ЕСЛИ** - $UNITE = TRUE$;
- ТО** - добавить $\{Q_1, \dots, Q_N\} \downarrow^{I_i}$ ОГ-типа в $\{Q_1, \dots, Q_N\} \downarrow^{I_j}$
ОГ-типа; **И** - в полученном $\{Q_1, \dots, Q_N\} \downarrow^{I_j}$ ОГ-типа для
каждой ветви $Q_j \in \{Q_1, \dots, Q_N\} \downarrow^{I_j}$ переформировать
указатель $I \uparrow^{Q_j}$ ОГ-типа, т.е. $I \uparrow^{Q_j} = I_j \uparrow^{Q_j}$;
- И** - добавить $\{Q_1, \dots, Q_N\} \uparrow^{I_i}$ ОГ-типа в
 $\{Q_1, \dots, Q_N\} \uparrow^{I_j}$ ОГ-типа; **И** - в полученном
 $\{Q_1, \dots, Q_N\} \uparrow^{I_j}$ ОГ-типа для каждой ветви
 $Q_j \in \{Q_1, \dots, Q_N\} \uparrow^{I_j}$ переформировать множество
 $I \downarrow^{Q_j}$ ОГ-типа, т.е. $I \downarrow^{Q_j} = I_j \downarrow^{Q_j}$;
- И** - **ЕСЛИ** - $UNITE_R = TRUE$;
- ТО** - удалить предикаты по указателям $\{R_1, \dots, R_N\}^{Q_i}$;
- И** - удалить: 1) Q_i ; 2) из S все ветви $\in I_i$; 3) I_i ;
- И** - перейти к следующей непросмотренной вершине I ;
- И** - перейти к продукции 1.
- 9) **ЕСЛИ** - текущий R_i - это последний элемент в $\{R_1, \dots, R_N\}^{Q_i}$
И - свойство «И/П/Н»= «И» одного из элементов
 $R_x \in \{R_1, \dots, R_N\}^{Q_i}$ или свойство R_x «И/П/Н»= «П»

И - свойство «Название» у $I_i = \langle \text{Шина} \rangle$, тогда $I_i = I_{i=ш}$

И - $I \downarrow Q_i = 0$ ОГ-типа или $I \uparrow Q_i = 0$ ООГ-типа

И - $ON_{Q_i} = \text{TRUE}$ и $TEMP_{comp Q_i} \neq 0$

ТО - создать новый узел $I_{new} = I_x$

И-ЕСЛИ - свойство $R_x \langle \text{И/П/Н} \rangle = \langle \text{И} \rangle$

ТО - св-во $I_x \langle \text{Напряжение} \rangle = \text{свойство } R_x \langle \text{Напряжение} \rangle$

И - свойство $I_x \langle \text{И/П/Н} \rangle := \langle \text{И} \rangle$; **И** - $Ok_{12} := \text{True}$;

ИНАЧЕ-ЕСЛИ - свойство $R_x \langle \text{И/П/Н} \rangle = \langle \text{П} \rangle$;

ТО - свойство $I_x \langle \text{Ток} \rangle = \text{свойство } R_x \langle \text{Ток} \rangle$;

И-свойство $I_x \langle \text{И/П/Н} \rangle := \langle \text{П} \rangle$; **И**- $Ok_{13} := \text{True}$.

10) **ЕСЛИ** - текущий R_i - это последний элемент в $\{R_1, \dots, R_N\}^{Q_i}$;

И - свойство $\langle \text{И/П/Н} \rangle = \langle \text{И} \rangle$ одного из элементов;

$R_x \in \{R_1, \dots, R_N\}^{Q_i}$ или свойство $R_x \langle \text{И/П/Н} \rangle = \langle \text{П} \rangle$;

И- свойство «Название» у $I_i = \langle \text{Шина} \rangle$, тогда $I_i = I_{i=ш}$;

И [$-I \downarrow Q_i = 0$ ОГ-типа **ИЛИ** $-I \uparrow Q_i = 0$ ООГ-типа];

И - $ON_{Q_i} = \text{FALSE}$ **И** - $TEMP_{comp Q_i} = 0$;

ТО - **ЕСЛИ** - свойство $R_x \langle \text{И/П/Н} \rangle = \langle \text{И} \rangle$;

ТО - св-во $I_{i=ш} \langle \text{Напряжение} \rangle = \text{свойство } R_x \langle \text{Напряжение} \rangle$

И - свойство $I_{i=ш} \langle \text{И/П/Н} \rangle := \langle \text{И} \rangle$; **И**- $Ok_{14} := \text{True}$;

ИНАЧЕ-ЕСЛИ - свойство $R_x \langle \text{И/П/Н} \rangle = \langle \text{П} \rangle$;

ТО - свойство $I_{i=ш} \langle \text{Ток} \rangle = \text{св-во } R_x \langle \text{Ток} \rangle$;

И-свойство $I_{i=ш} \langle \text{И/П/Н} \rangle := \langle \text{П} \rangle$; **И**- $Ok_{15} := \text{True}$.

11) **ЕСЛИ** - $Ok_{12} = \text{TRUE}$

ТО - сформировать указатели от I_x к Q_i , от Q_i к $I_{i=ш}$:

ОГ-тип $\{Q_i\} \downarrow^{I_x}$, ООГ-тип $I_x \uparrow^{Q_i}$, ОГ-тип $I_{i=ш} \downarrow^{Q_i}$,

ООГ-тип $\{Q_i\} \uparrow^{I_{i=ш}}$

И - **ЕСЛИ**-у $I_{i=ш}$ есть указатели $\{Q_1, \dots, Q_N\} \uparrow^{I_{i=ш}}$ ООГ-типа, кроме указателя на Q_i ;

ТО - преобразовать $\{Q_1, \dots, Q_N\} \uparrow^{I_{i=ш}}$ ООГ-типа

в $\{Q_1, \dots, Q_N\} \downarrow^{I_{i=ш}}$ ОГ-типа;

И- преобразовать $I_{i=ш} \downarrow^{Q_j}$ ОГ-типа в

$I_{i=ш} \uparrow^{Q_j}$ ООГ-типа, $Q_j \in \{Q_1, \dots, Q_N\} \uparrow^{I_{i=ш}}$;

И- преобразовать $I \uparrow^{Q_j}$ ООГ-типа в $I \downarrow^{Q_j}$ ОГ-типа;

И-преобразовать $Q_j \downarrow^I$ ОГ-типа в $Q_j \uparrow^I$ ООГ-тип;

И - удалить $R_x \in Q_i$; **И** -выполнить продукцию 16.

12)ЕСЛИ - $Ok_{13} = \text{TRUE}$;

ТО - сформировать указатель от $I_{i=ш}$ к Q_i , от Q_i к I_x :

ООГ-тип $\{Q_i\} \uparrow^{I_x}$, ОГ-тип $I_x \downarrow^{Q_i}$, ООГ-тип $I_{i=ш} \uparrow^{Q_i}$,

ОГ-тип $\{Q_i\} \downarrow^{I_{i=ш}}$

И-ЕСЛИ - у $I_{i=ш}$ есть указатели $\{Q_1, \dots, Q_N\} \downarrow^{I_{i=ш}}$ типа ОГ,
кроме указателя на Q_i

ТО -преобразовать $\{Q_1, \dots, Q_N\} \downarrow^{I_{i=ш}}$ ОГ-типа

в $\{Q_1, \dots, Q_N\} \uparrow^{I_{i=ш}}$ ООГ-тип;

И - преобразовать $I_{i=ш} \uparrow^{Q_j}$ ООГ-типа в $I_{i=ш} \downarrow^{Q_j}$

ОГ-тип, $Q_j \in \{Q_1, \dots, Q_N\} \downarrow^{I_{i=ш}}$;

И - преобразовать $I \downarrow^{Q_j}$ ОГ-типа в $I \uparrow^{Q_j}$ ООГ-тип;

И - преобразовать $Q_j \uparrow^I$ ООГ-тип в $Q_j \downarrow^I$ ОГ-тип;

И - удалить $R_x \in Q_i$ и перейти к продукции 16.

13)ЕСЛИ - $Ok_{14} = \text{TRUE}$;

ТО -ЕСЛИ -у $I_{ш}$ есть указатели $\{Q_1, \dots, Q_N\} \downarrow^{I_{ш}}$ типа ООГ, кроме
указателя на Q_i ;

ТО - преобразовать $\{Q_1, \dots, Q_N\} \uparrow^{I_{i=ш}}$ ООГ-типа

в $\{Q_1, \dots, Q_N\} \downarrow^{I_{i=ш}}$ ОГ-типа;

И - преобразовать $I_{i=ш} \downarrow^{Q_j}$ ОГ-типа в

$I_{i=ш} \uparrow^{Q_j}$ ООГ-типа, $Q_j \in \{Q_1, \dots, Q_N\} \downarrow^{I_{i=ш}}$;

И - преобразовать $I \uparrow^{Q_j}$ ООГ-типа в $I \downarrow^{Q_j}$ ОГ-типа;

И-преобразовать $Q_j \downarrow^I$ ОГ-типа в $Q_j \uparrow^I$ ООГ-тип;

И- удалить Q_i со всеми предикатами $\{R_1, \dots, R_N\}^{Q_i}$;

И - перейти к продукции 16.

14) **ЕСЛИ** - $Ok_{15} = \text{TRUE}$;

ТО - **ЕСЛИ**-у $I_{ш}$ есть указатели $\{Q_1, \dots, Q_N\} \downarrow^{I_{ш}}$ типа ОГ, кроме указателя на Q_i ;

ТО - преобразовать $\{Q_1, \dots, Q_N\} \downarrow^{I_{ш}}$ ОГ-типа в $\{Q_1, \dots, Q_N\} \uparrow^{I_{ш}}$ ООГ-тип;

И - преобразовать $I_{i=ш} \uparrow^{Q_j}$ ООГ-типа в $I_{i=ш} \downarrow^{Q_j}$ ОГ-тип, $Q_j \in \{Q_1, \dots, Q_N\} \downarrow^{I_{i=ш}}$;

И - преобразовать $I \downarrow^{Q_j}$ ОГ-типа в $I \uparrow^{Q_j}$ ООГ-тип;

И - преобразовать $Q_j \uparrow^I$ ООГ-тип в $Q_j \downarrow^I$ ОГ-тип;

И - удалить Q_i со всеми предикатами $\{R_1, \dots, R_N\}^{Q_i}$;

И - перейти к продукции 16.

15) **ЕСЛИ** - $R_i \neq R_N$ из $\{R_1, \dots, R_N\}^{Q_i}$;

ТО - $R_i := R_i + 1$, т.е. перейти к следующему элементу из $\{R_1, \dots, R_N\}^{Q_i}$; **И** - перейти к продукции 3.

16) **ЕСЛИ** - $Q_i \neq Q_N$ в $\{Q_1, \dots, Q_N\} \downarrow^{I_i}$;

ТО - перейти к следующей ветви из $\{Q_1, \dots, Q_N\} \downarrow^{I_i}$;

И - перейти к продукции 2.

ИНАЧЕ - **ЕСЛИ** - не все узлы просмотрены;

ТО - перейти к следующему непросмотренному узлу;

И - перейти к продукции 1;

ИНАЧЕ - начать сначала обход в глубину графа по

уровням Q и I;

И - $numQ := 0$; **И** $numI := 0$; **И** $restI := 0$;

И - перейти к продукции 17.

17) **ЕСЛИ** - $v_i = Q_i$;

ТО - свойству «Номер ветви в СЗ» $Q_i := numQ + 1$;

И - $numQ := numQ + 1$.

18) **ЕСЛИ** - $v_i = I_i$;

И - свойство I_i «Напряжение» = 0;

ТО - свойству I_i «Номер узла в СЗ» := $numI + 1$;

И - $numI := numI + 1$;

ИНАЧЕ - $restI := restI + 1$.

19) **ЕСЛИ** - v_i - это последняя анализируемая вершина уровней Q и I графа П-модели;

ТО - заново инициализировать обход графа П-модели по уровню I;

И - перейти к продукции 20;

ИНАЧЕ - перейти к следующей непроанализированной v_i ;

И - перейти к продукции 17.

20) **ЕСЛИ** - свойство I_i «Базисный» = TRUE;

ТО - свойству I_i «Номер узла в СЗ» := $restI$;

ИНАЧЕ - ЕСЛИ - свойство I_i «Напряжение» $\neq 0$;

ТО - свойству I_i «Номер узла в СЗ» := $numI + 1$;

И - $numI := numI + 1$.

21) **ЕСЛИ** - не все предикаты уровня I графа проанализированы;

ТО - перейти к следующему непросмотренному предикату I;

И - перейти к продукции 20;

ИНАЧЕ - **КОНЕЦ**.

Таким образом, интегрирование модели, метода и алгоритма автоматического построения схемы замещения электрической сети в АСДУ позволит существенно сократить время, необходимое для решения задач расчета режима электрической сети.

1. Бунин В., Аноприенко В., Ильин А. и др. SCADA-системы: проблемы выбора // Современные технологии автоматизации. – 1999. – №4. – С. 6-24.

2. Shin J.-R., Lee W.-H., Im D.-H. A windows-based interactive and graphic package for the education and training of power system analysis and operation // IEEE Transaction Power Systems. – 1999. – №4. – P. 1193-1199.

3. Борданов С.А., Борданова Ю.С. Автоматическое построение схемы замещения на ПЭВМ для расчета и анализа режимов электрических систем // Электроснабжение и автоматизация промышленных предприятий. – Чебоксары: Чуваш. гос. ун-т, 1997. – С.99-102.

4. Шабанов-Кушняренко Ю.П. Теория интеллекта: Математические средства. – Харьков: Изд-во при Харьк. ун-те, 1984. – 143 с.

5. Бондаренко М.Ф., Дудар З.В., Збігнева М.В. Моделі електричних мереж і методи автоматичного формування їх топологій // Вісник ЖТІ. Вип. 20. – Житомир, 2002. – С. 90-97.

6.Новиков Ф.А. Дискретная математика для программистов. – СПб.: Питер, 2001. – 304 с.

Получено 16.05.2002

УДК 621.317

Ю.П.КОЛОНТАЄВСЬКИЙ, канд. техн. наук.

Харківська державна академія міського господарства

ПІДВИЩЕННЯ НАДІЙНОСТІ СИСТЕМ ГАРАНТОВАНОГО ЖИВЛЕННЯ ВІДПОВІДАЛЬНИХ СПОЖИВАЧІВ ЗА РАХУНОК ВИКОРИСТАННЯ ПРИСТРОЮ АВТОМАТИЧНОГО КОНТРОЛЮ НАЯВНОСТІ ЕЛЕКТРИЧНИХ КОНТАКТІВ У ПРИЄДНАННЯХ АКУМУЛЯТОРНОЇ БАТАРЕЇ

Розглядаються побудова і принцип дії пристрою, що забезпечує контроль наявності електричних контактів у приєднаннях акумуляторної батареї за величиною струму підзаряду, виконаного на основі диференційного підсилювача постійного струму з автоматичною корекцією дрейфу нуля.

У системах гарантованого живлення відповідальних споживачів широко застосовують акумуляторні батареї. Специфіка їхньої роботи тут полягає в тому, що вони забезпечують живлення навантаження тільки у випадках зниження якості енергії або виходу з ладу основних джерел, якими, як правило, бувають одна або дві мережі змінного струму. В результаті основний час роботи системи акумуляторної батареї фактично знаходиться в режимі зберігання.

Контактні з'єднання на виводах батареї схильні до окислення, що з часом приводить до зникнення електричних контактів. Внаслідок цього гарантувати живлення навантаження від батареї в разі виникнення необхідності в цьому неможливо. Тому доводиться досить часто проводити превентивні регламентні очищення контактів, для чого батарею відмикають від системи. Зрозуміло, що цим знижується надійність виконання нею своїх функцій.

Запобігти вказаним явищам значною мірою може застосування пристрою автоматичного безперервного контролю наявності електричних контактів у приєднаннях батареї. Побудований він на основі таких положень. Для компенсації саморозряду акумуляторної батареї,