УДК 621.31

В.А. НЕГАДАЕВ, к.т.н., доцент (КузГТУ)
г. Кемерово

ОПИСАНИЕ СЕТИ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ПРОИЗВОЛЬНОЙ СТРУКТУРЫ В ТЕРМИНАХ ТЕОРИИ ГЕНЕТИЧЕСКОГО АЛГОРИТМА

Известна модель сети электроснабжения произвольной структуры, питающей асинхронные двигатели с короткозамкнутым ротором [1]. Эта модель описывает состояние электромеханической системы при преобразовании электрической энергии в форме, удобной для поиска рациональной конфигурации сети электроснабжения. На ее основе можно разработать программное средство, которое будет определять с помощью генетического алгоритма конфигурации сети электроснабжения близкие к оптимальным по различным критериям.

Процесс определения рациональной конфигурации заключается в нахождении длин отрезков кабелей двигателей и, соответственно, в определении мест их соединения. При этом формируется первоначальная конфигурация сети электроснабжения, отражающая возможные траектории прокладки кабелей двигателей, указываются места расположения электрооборудования, параметры двигателей, кабелей и трансформатора, а также задаются номинальные режимы работы каждого двигателя.

Использование генетического алгоритма предусматривает создание на начальном этапе популяции из некоторого количества особей. Каждая особь представляет собой конфигурацию сети электроснабжения в закодированном виде. В дальнейшем при работе алгоритма осуществляются стандартные операции (воспроизводство, скрещивание, мутация), в результате которых после нескольких поколений формируется популяция, содержащая решение достаточно близкое к оптимальному, то есть определяется рациональная конфигурация сети.

По первоначальной конфигурации определяется структура сети, которая при оптимизации остается неизменной. Количественные изменения происходят только с длинами кабелей в соответствии с генетическим алгоритмом поиска.

На основе вышесказанного возникает необходимость в формировании особи, содержащей качественные и количественные параметры заданной структуры сети электроснабжения.

Рассмотрим механизм формирования особи.

Любую конфигурацию сети с N двигателями при питании от одного трансформатора можно представить в виде структуры, показанной на рис. 1.

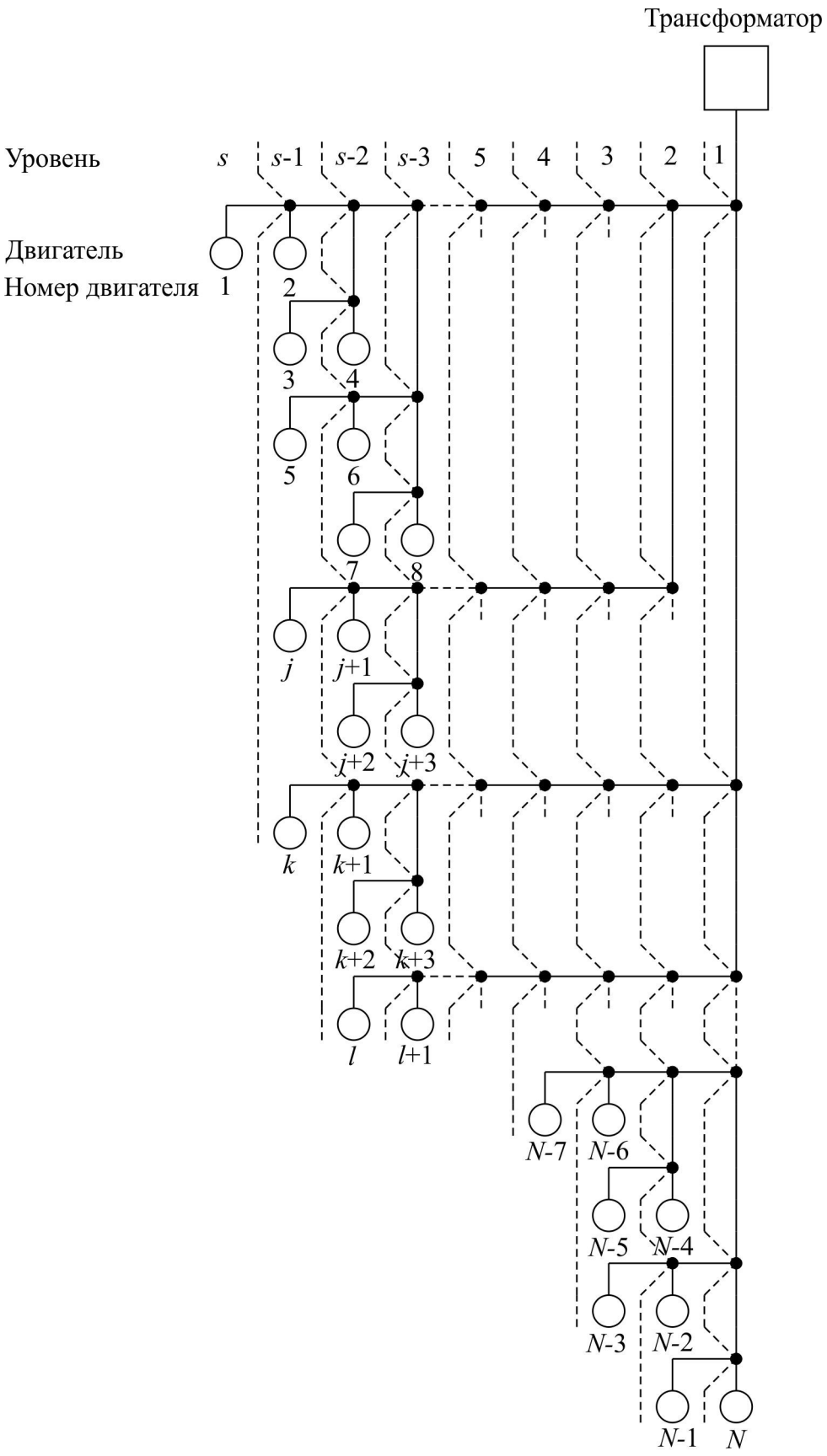

Рис. 1. Сеть электроснабжения произвольной структуры
с электродвигательной нагрузкой

На рис. 1 обозначено: N – количество двигателей в сети; s – количество уровней в сети; j, k, l – порядковый номер двигателя, $j \in [1;N], k \in [1;N], l \in [1;N]$. Нумерация двигателей производится слева направо и сверху вниз. Узел – место присоединения отрезков кабелей. Отрезок кабеля – участок кабеля между узлами. До N-го двигателя от трансформатора наибольшее число отрезков кабеля.

Сначала заданную конфигурацию сети электроснабжения необходимо представить в виде структуры, изображенной на рис. 1. Для этого нужно в качестве последнего N-го двигателя выбрать двигатель, до которого от трансформатора наибольшее число отрезков кабеля. После этого двигателям присваиваются порядковые номера. Если в заданной сети электроснабжения, представленной в виде структуры, показанной на рис. 1, какие-то двигатели и отрезки кабеля отсутствуют, то параметрам этих двигателей и отрезков кабелей присваиваются нулевые значения.

После составления структуры сети электроснабжения определяются следующие параметры: s – количество уровней в сети; f_1 – количество отрезков кабеля первого уровня, $f_1=s$; c – количество точек подключения кабелей двигателей второго уровня к кабелю первого уровня, $c=f_1-1$; N – количество двигателей в данной структуре сети, $N=2^c$.

Если двигатель находится на первом уровне, то он подключается к трансформатору. Если двигатель находится на втором уровне, то он подключается к кабелю первого уровня. Количество точек подключения кабелей двигателей третьего уровня к какому-либо кабелю второго уровня не превышает f_1-2. Количество точек подключения кабелей двигателей i-го уровня к кабелю i-1-го уровня не превышает f_1-i.

Ген – отрезок кабеля между двумя ближайшими узлами. Значение гена соответствует длине этого отрезка. Первоначальные длины отрезков, то есть первоначальные значения генов, задаются на стадии представления сети электроснабжения в виде структуры, изображенной на рис. 1. Отрезок кабеля, подключенный к трансформатору, считается геном, а отрезки кабеля, подключенные к двигателям, не считаются генами. При работе генетического алгоритма значение гена варьируется в диапазоне от нуля до первоначального значения гена. Количество генов в сети на единицу меньше количества двигателей ($N-1$).

Хромосома – совокупность генов одного уровня, лежащих на пути от трансформатора до двигателя. При этом длина (количество генов в хромосоме) единственной хромосомы первого уровня равна c. Длина любой хромосомы второго уровня не превышает c-1. Максимальная длина хромосомы i-го уровня равна $c-i+1$. Количество хромосом в сети в два раза меньше количества двигателей ($N/2$).

Особь – совокупность всех хромосом. Особь полностью описывает сеть электроснабжения и является единственной.

Количество генов в особи определяется по формуле:

$$G=c+\sum_{i_1=c-1}^{1} i_1+\sum_{i_1=c-2}^{1}\sum_{i_2=i_1}^{1} i_2+\sum_{i_1=c-3}^{1}\sum_{i_2=i_1}^{1}\sum_{i_3=i_2}^{1} i_3+\ldots+\sum_{i_1=c-n}^{1}\sum_{i_2=i_1}^{1}\sum_{i_3=i_2}^{1}\ldots\sum_{i_n=i_{n-1}}^{1} i_n+\ldots+\sum_{i_1=2}^{1}\sum_{i_2=i_1}^{1}\sum_{i_3=i_2}^{1}\ldots\sum_{i_{c-2}=i_{c-3}}^{1} i_{c-2}.$$

Каждое слагаемое в этом выражении определяет количество генов на соответствующем уровне: первое слагаемое – количество генов на первом уровне, второе – на втором уровне и так далее.

Если расписать суммы в вышеприведенной формуле, то в полученном выражении каждое слагаемое будет определять количество генов в соответствующей хромосоме: первое слагаемое – количество генов в единственной хромосоме первого уровня, второе – количество генов в первой сверху хромосоме второго уровня, третье – во второй сверху хромосоме второго уровня и так далее.

Если расписать соответствующее слагаемое из вышеприведенного выражения, то сумма слагаемых в полученном выражении будет определять число хромосом на соответствующем уровне.

Формирование особи показано в табл. 1.

Табл. 1

уровень	1				2								…		…
номер хромосомы на уровне	1				1				2				…	$\sum_{i_1=c-1}^{1} 1$	…
номер хромосомы в особи	1				2				3				…	$1+\sum_{i_1=c-1}^{1} 1$	…
номер гена в хромосоме	1	2	…	c	1	2	…	c-1	1	2	…	c-2	…	1	…
номер гена на уровне	1	2	…	c	1	2	…	c-1	c	c+1	…	2c-3	…	$\sum_{i_1=c-1}^{1} i_1$	…
номер гена в особи	1	2	…	c	c+1	c+2	…	2c-1	2c	2c+1	…	3c-3	…	$c+\sum_{i_1=c-1}^{1} i_1$	…

Продолжение табл. 1

…	c
…	1
…	$1+\sum_{i_1=c-1}^{1} 1+\sum_{i_1=c-2}^{1}\sum_{i_2=i_1}^{1} 1+\sum_{i_1=c-3}^{1}\sum_{i_2=i_1}^{1}\sum_{i_3=i_2}^{1} 1+\ldots+\sum_{i_1=c-n}^{1}\sum_{i_2=i_1}^{1}\sum_{i_3=i_2}^{1}\ldots\sum_{i_n=i_{n-1}}^{1} 1+\ldots+\sum_{i_1=2}^{1}\sum_{i_2=i_1}^{1}\sum_{i_3=i_2}^{1}\ldots\sum_{i_{c-2}=i_{c-3}}^{1}$ или 2^{c-1}
…	1

…	1
…	$c+\sum_{i_1=c-1}^{1} i_1+\sum_{i_1=c-2}^{1}\sum_{i_2=i_1}^{1} i_2+\sum_{i_1=c-3}^{1}\sum_{i_2=i_1}^{1}\sum_{i_3=i_2}^{1} i_3+\ldots+\sum_{i_1=c-n}^{1}\sum_{i_2=i_1}^{1}\sum_{i_3=i_2}^{1}\ldots\sum_{i_n=i_{n-1}}^{1} i_n+\ldots+\sum_{i_1=2}^{1}\sum_{i_2=i_1}^{1}\sum_{i_3=i_2}^{1}\ldots\sum_{i_{c-2}=i_c}^{1}$ или 2^c-1

Последняя строка из табл. 1 представляет собой особь.

Таким образом, вышеприведенные выражения формируют описание сети электроснабжения в терминах теории генетического алгоритма, на основе которого можно создать эффективное средство определения рациональных конфигураций сети электроснабжения с электродвигательной нагрузкой.

Список литературы:

1. Негадаев В.А. Модель сети электроснабжения произвольной структуры, питающей асинхронные двигатели с короткозамкнутым ротором // Известия ТПУ. – 2012. – Том 321, №4. – с. 47-51.

2. Описание магистральной структуры сети электроснабжения в терминах теории генетического алгоритма / Негадаев В.А. // Природные и интеллектуальные ресурсы Сибири. Сибресурс 2010: Материалы XIII Международной научно-практической конференции, 28-29 октября 2010 г. – Кемерово: ГУ КузГТУ, 2010. – с. 100 – 103.

3. Негадаев В.А. Модель магистральной структуры электроснабжения для исследования режимов работы совокупности асинхронных двигателей // Вестн. КузГТУ. – 2009. – №1. – с. 36–43.