

УДК 621.316.11

А. П. ЗАБОЛОТНЫЙ (канд.техн.наук, доц.), Д. В. ФЕДОША, А. И. КУЗЬМЕНКО

Запорожский национальный технический университет

zap@zntu.edu.ua

## МОДЕЛЬ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТОПОЛОГИИ СЕТИ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ

*Предложена модель определения топологии сети на основе использования оценки улучшения варианта при изменении топологии в локальных зонах, а также алгоритм определения пути прокладки магистрали.*

**Сеть, система электроснабжения, магистраль, модель, топология.**

На практике для систем электроснабжения используют радиальные, магистральные и смешанные топологии сети.

Учитывая преимущества и недостатки различных топологии, а также рекомендации и методики по использованию магистральной и радиальной схем [1-2], невозможно однозначно определить топологию всей сети. Однако используя тот фактор, что магистральная сеть имеет меньшую стоимость, возможно с помощью оценочного метода определить топологию сети путем сравнения стоимости капитальных и эксплуатационных затрат радиальной и магистральной схем.

Такой подход дает возможность определить зоны применения различных топологий, т.е. в зависимости от исходных условий появляется возможность получить полностью радиальную, магистральную или смешанную схему.

Решение задачи определения топологии сети условно можно разделить на два этапа.

На первом этапе необходимо построить радиальную сеть методом потенциальной поверхности, который применяется для решения задач построения сетей и в процессе своей работы определяет отдельные зоны в которых возможно использовать оценочный метод [3].

На втором этапе строится магистральная сеть, по известным результатам построения радиальной схемы, при этом применяется алгоритм, целью которого является улучшение варианта радиальной сети по приведенным затратами.

Основной задачей при построении магистральной сети является определение пути прокладки магистрали и количества приемников, которые к ней присоединяются.

Для решения этой задачи применяется теория графов. При этом сеть ассоциируется с ее линейным графом, где за вершины принимаются источник питания и электропотребители, за вес дуги принята сумма затрат на построение магистрали и эксплуатационных расходов.

Эти затраты рассчитываются по формуле [4]:

$$Z = 0,15 \cdot K + \frac{a_a + a_o + a_p}{100} \cdot K + C_0 \cdot \tau \cdot I^2 \cdot r_0 \cdot l \cdot 10^{-3},$$

где  $K$  – капитальные вложения на построение сети, грн.;  
0,15 – коэффициент эффективности капиталовложений;  
 $C_0$  – стоимость электрической энергии, грн. / кВт · ч;

$a_a$  – отчисления на амортизацию, которые складываются из отчислений на ремонт и реновацию и зависят от срока службы электрооборудования;

$a_p$  – отчисления на текущий ремонт в размере 0,5 - 1%;

$a_o$  – отчисления на обслуживание.

Для построения магистрали следует найти минимальный путь обхода графа, для чего во многих случаях используют алгоритм Дейкстры. Однако по результатам исследования работы данного алгоритма был сделан вывод, что из всех вариантов которые будут рассматриваться, улучшить значение которое принято минимальным (затраты на построение участка сети от источника питания до наиболее отдаленного потребителя) не удастся, поскольку увеличиваются, как протяженность магистрали, так и потери мощности на отдельных участках сети. То есть алгоритм Дейкстры не дает возможности использовать его для построения модели сети электроснабжения [5].

Решение данного вопроса (нахождение минимального пути обхода графу) возможно благодаря применению метода на основе сетевого планирования.

Суть этого метода заключается в следующем. Необходимо проложить магистраль охватив, наибольшее число электроприемников, таким образом, чтобы стоимость магистрали не превышала стоимость радиальных линий питающих те же электроприемники. Начальной вершиной, в составе графа, присваивается метка 0. Другие вершины графа получают метку  $M$ , где  $M$  – бесконечно большое число. У всех вершин, у которых метка конечной вершины больше суммы метка начальной вершины плюс вес дуги, заменяется на метку равной значению этой суммы.

© Заболотный А.П., Федоша Д.В., Кузьменко А.И., 2011

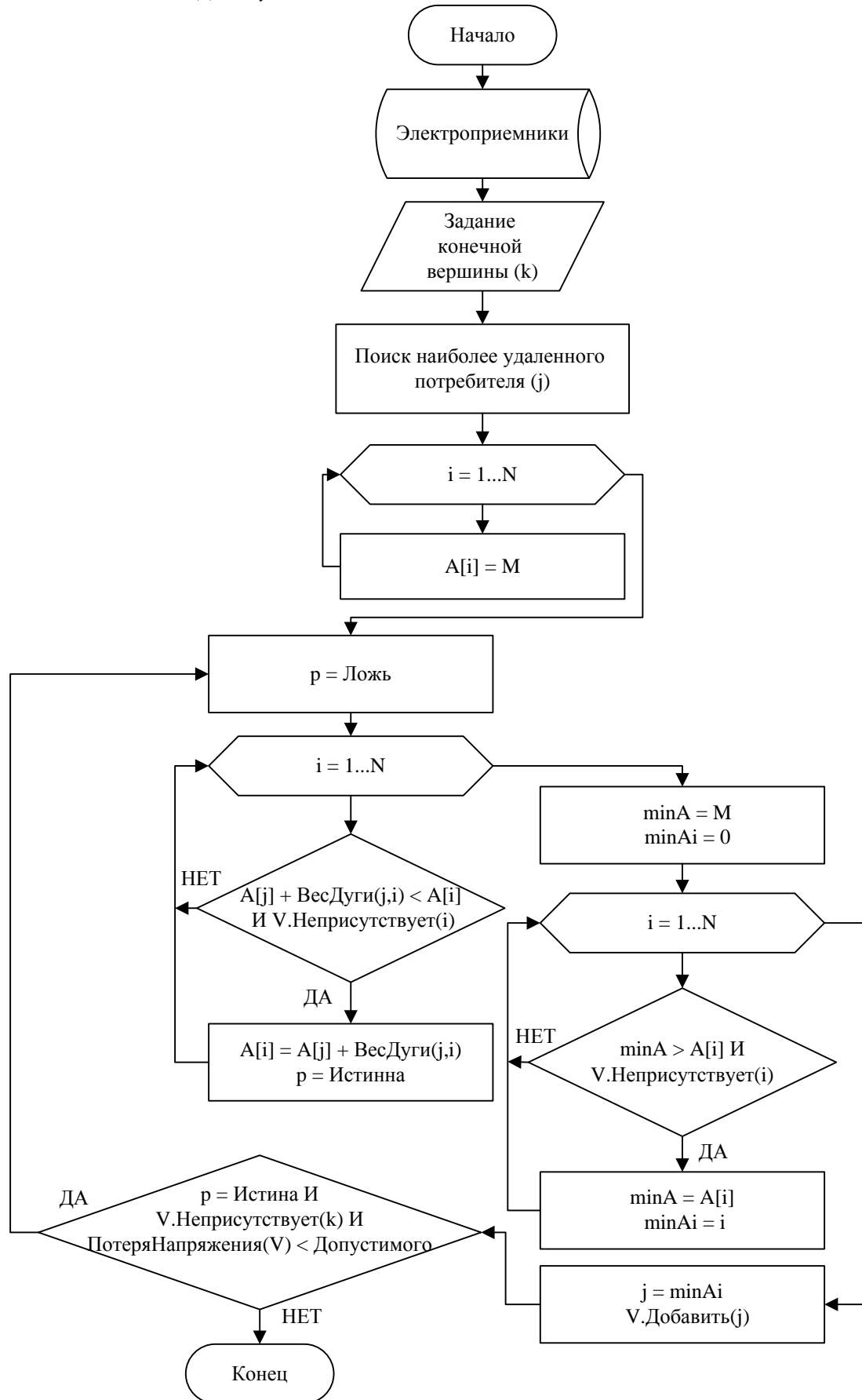


Рисунок 1 – Блок-схема алгоритма построения магистральной сети.

Псевдокод сетевого метода выглядит так:

```

j = 0
V.Добавить(j)
A[j] = 0
Для i = 1...N
  A[i] = M
Конец
Цикл
  p = Ложь
  Для i = 1...N
    Если (A[j] + ВесДуги(j,i) < A[i]) ТА (V.Неприсутствует(i))
      A[i] = A[j] + ВесДуги(j,i)
      p = Истина
    Конец
  Конец
minA = M
minAi = 0
Для i = 1...N
  Если (minA > A[i]) ТА (V.Неприсутствует(i))
    minA = A[i], minAi = i
  Конец
Конец
j = minAi
V.Добавить(j)
Пока p = Истина

```

, где j - номер текущей вершины;

V - массив отобранных в путь вершин;

A - массив вершин;

N - количество вершин;

p - признак продолжения главного цикла;

ВесДуги(j, i) - функция, возвращающая значение веса дуги между j-ю, и i-ю вершинами;

minA, minAi - промежуточные переменные, для нахождения минимального значения метки;

V. Добавить (j) - метод, который добавляет значение j в конец массива V;

V. Неприсутствует (i) - метод, который проверяет не присутствие значение i в массиве V.

Блок-схема алгоритма построения магистральной сети, в котором используется сетевой метод, приведена на рис. 1.

Здесь на первом шаге ищется, отдаленный потребитель, от которого строится магистраль, при этом ему присваивается метка 0, а другим вершинам метка M.

Производится расчет весов дуг и переписывание массива, содержащего значения вершин графа, т.е. если сумма веса дуги плюс значение метки вначале этой дуги меньше M, то конечной вершине этой дуги присваивается значение этой суммы.

Расчет продолжается до тех пор, пока не достигается конечная точка (источник питания), или пока стоимость построения магистрали будет ниже чем стоимость радиальной сети, пока будут придерживаться предельно допустимые требования по потерям напряжения.

Таким образом, модель определения топологии сети электроснабжения будет состоять из двух этапов.

На первом этапе строится радиальная сеть, при построении, которой используется метод потенциальных поверхностей. То есть определяется количество источников питания (распределительные устройства, трансформаторные подстанции), и координаты их установки, а также распределение электроприемников по этим источникам питания по принципам радиальной топологии. Также на этом этапе определяется мощность источников питания, осуществляется выбор типов трансформаторов, и количество присоединений к распределительному устройству.

На втором этапе осуществляется попытка улучшить структуру сети, полученной на первом этапе, путем построения магистральных участков, для чего используется оценочный метод.

Блок-схема алгоритма описанной модели, определения топологии сети электроснабжения, приведена на рис.2.

#### **Выводы.**

Для определения топологии сети электроснабжения была построена математическая модель, которая включает в себя элементы теории графов и метод потенциальной поверхности, в основу которого положено сравнение капитальных затрат на построение радиальной и магистральной сети, а также сравнение эксплуатационных затрат.

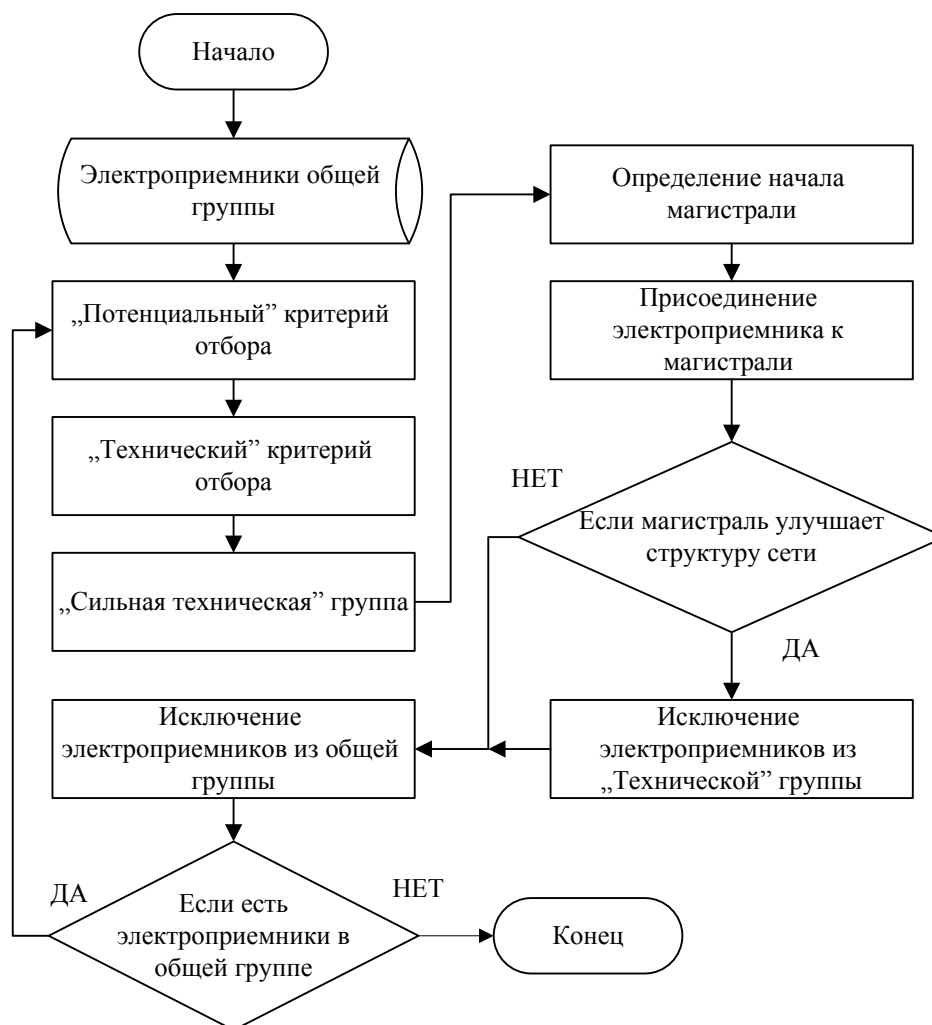


Рисунок 2 – Блок-схема алгоритма определения топологии сети электроснабжения.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Фёдоров А.А. Основы электроснабжения промышленных предприятий / Фёдоров А.А., Каменева В.В. – М.: Энергоатомиздат, 1984. – 472 с.
2. Липкин Б.Ю. Электроснабжение промышленных предприятий и установок: Учебник [для учащихся техникумов] / Липкин Б.Ю. – [3-е изд., перераб. и доп.] – М.: Высш. школа, 1981. – 366 с.
3. Заболотний А.П. Удосконалений метод потенційної функції для формування оптимальної структури розподільчої мережі / Заболотний А.П., Федоша Д.В., Криворученко Н.Л., Яценко О.О. // Електротехніка та електроенергетика. – 2008. - № 1. – С. 74-80.
4. ДСТУ 388-99. Державний стандарт України. Енергозбереження. Системи електроприводу. Метод аналізу та вибору. – К.: Держстандарт України, 2000.
5. Заболотний А.П. Алгоритм визначення проміжних вузлів навантаження радіальних розподільчих мереж / Заболотний А.П., Федоша Д.В., Парусімова К.І., Усенко С.В. // Електротехніка та електроенергетика – 2010. – № 1. – С. 66-71.

Надійшла до редколегії 22.03.2011

Рецензент: О.П.Ковальов

А.П.ЗАБОЛОТНИЙ, Д.В.ФЕДОША, О.І.КУЗЬМЕНКО  
Запорізький Національний Технічний Університет

A. ZABOLOTNY, D. FEDOSHA, A. KUZMENKO  
Zaporizhzhya National Technical University

**Модель визначення топології мережі електропостачання.** Запропоновано модель визначення топології мережі на основі використання оцінки поліпшення варіанту схеми при зміні топології в окремих зонах, а також алгоритм визначення шляху прокладання магістралі.

**Мережа, система електропостачання, магістраль, модель, топологія**

**Model for Determining Topology of the Power Network.** We propose a model for defining the network topology based on the use of evaluation to improve options for topology change in local areas, as well as the algorithm for determining the route of the highway.

**Network, power supply system, trunk, the model topology.**