

УДК 621.31

В.А. Негадаев

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГЕНЕТИЧЕСКОГО АЛГОРИТМА ПРИ ОПТИМИЗАЦИИ СТРУКТУРЫ СЕТИ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ

Одной из важнейших характеристик функционирования систем промышленного электроснабжения является уровень потерь электроэнергии в сетях.

Существует определенное соотношение между стоимостью электрической сети и величиной потерь энергии в ней. Увеличение стоимости сети в общем случае приводит к снижению потерь и, наоборот, при меньших капитальных затратах потери энергии растут [1].

Обычно проектирование электрической сети ведется таким образом, чтобы обеспечить оптимальное соотношение между двумя этими показателями. Однако со временем в связи с ростом нагрузок потери энергии увеличиваются, и это соотношение изменяется.

Задача рационального построения и оптимизации развития электрической сети заключается в поддержании оптимального соотношения между стоимостью основных компонентов сети и эксплуатационными потерями энергии в ней.

К техническим мероприятиям по снижению потерь электроэнергии относят перевод сети на более высокую ступень напряжения; замену трансформаторов; установку дополнительных регулирующих и компенсирующих устройств. На практике [2] также используется оптимизация шага передвижной участковой подстанции (ПУПП) и шага переноски распределительного подземного пункта (РПП).

Например, для схемы электроснабжения, приведенной на рис. 1, увеличение шага передвижения участковой подстанции приводит к снижению затрат на ее монтаж-демонтаж и устройство ниш, однако одновременно растут потери электроэнергии и стоимость прокладки кабельной линии от ПУПП к РПП.

Вместе с тем, если отказаться от идеологии использования РПП, то путем изменения мест присоединения гибких кабелей (рис. 2) можно добиться оптимальной конфигурации структуры электроснабжения для

различных критериев оптимальности.

Общая постановка задачи оптимизации сети электроснабжения заключается в определении мест подключения гибких кабелей электродвигателей при заданных параметрах: электроприводов горных машин, мест расположения источника питания и двигателей, а также при

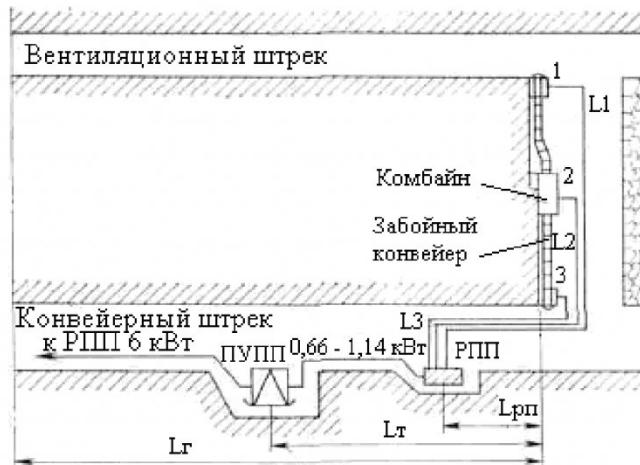


Рис. 1. Электрическая сеть добывочного участка с использованием РПП: L_t – шаг перемещения ПУПП; L_{pn} – шаг переноски РПП; L_c – годовое продвижение забоя; L_1 , L_2 , L_3 – длины гибких кабелей двигателей 1, 2, 3 соответственно

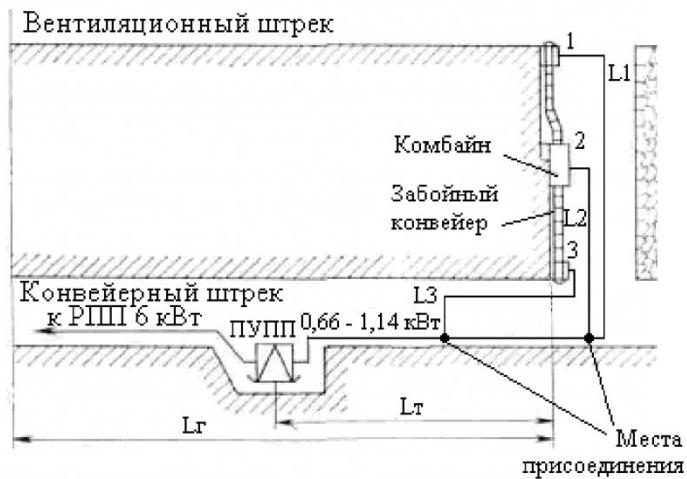


Рис. 2. Электрическая сеть добывочного участка без использования РПП: L_m – шаг перемещения ПУПП; L_c – годовое продвижение забоя; L_1 , L_2 , L_3 – длины гибких кабелей двигателей 1, 2, 3 соответственно

известной топологии, например, подземных выработок шахты.

Структуру электроснабжения можно оптимизировать по многим критериям. В частности можно сформулировать следующие критерии:

1) минимум суммарной длины гибких кабелей двигателей;

2) минимум падения напряжения на гибком кабеле,итающем самый удаленный от трансформатора двигатель;

3) минимум суммарной длины гибких кабелей электродвигателей при ограничении снижения значения напряжения на статоре самого удаленного от трансформатора двигателя.

Если для первых двух критериев структура сети электроснабжения определяется относительно не сложно, то для поиска оптимальной структуры по третьему критерию необходимо перебрать множество различных вариантов и выбрать среди них наилучший.

Для задач такого рода нет универсального метода, который позволял бы достаточно быстро найти абсолютно точное решение.

Поэтому при решении этой задачи был использован один из новейших методов оптимизации - генетический алгоритм.

Генетический алгоритм - это простая модель эволюции в природе, реализованная в виде компьютерной программы. Комбинируя переборный и градиентный методы, можно получить приближенное решение, точность которого будет возрастать при увеличении времени расчета.

Генетический алгоритм представляет собой именно такой комбинированный метод. Механизмы «скрещивания» и «мутации» в каком-то смысле реализуют переборную часть метода, а отбор лучших решений - градиентный спуск. Выбирая приемлемое время расчета, мы получим одно из лучших решений, которые возможно получить за это время [3, 4].

Рассмотрим пример наход-

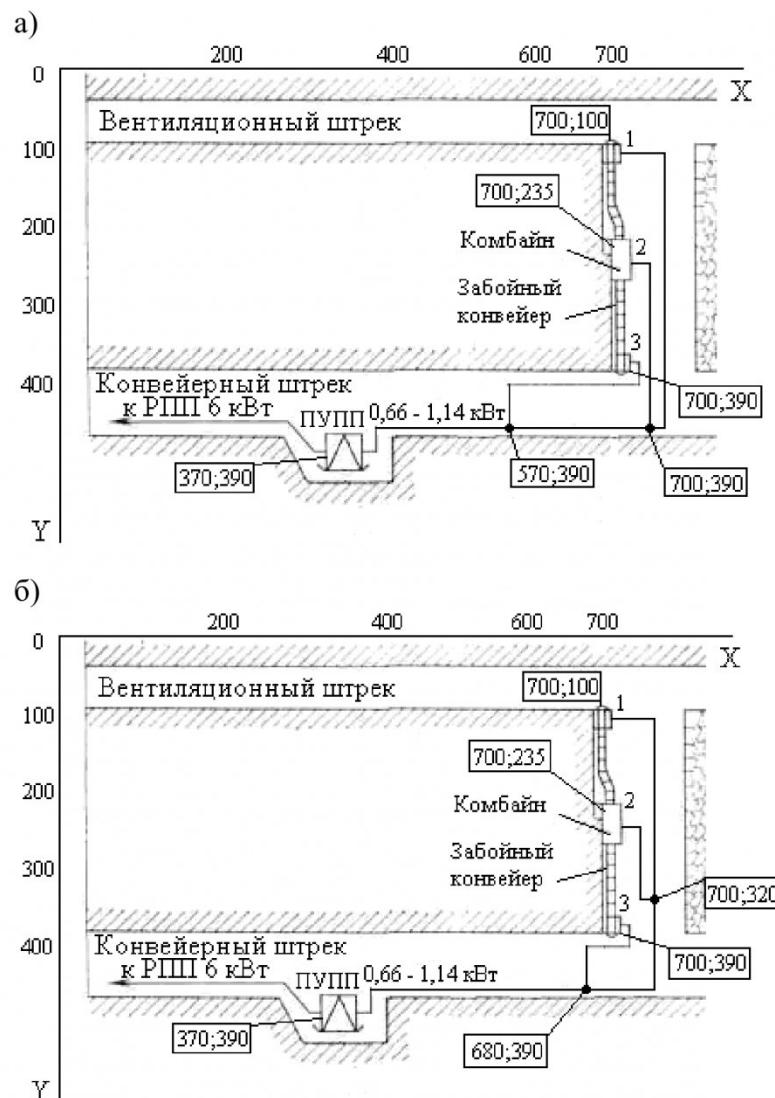


Рис. 3. Структуры электроснабжения добывчного участка со случайнм расположением точек подключения кабелей двигателей («хромосомы» из начальной «популяции»): а – «хромосома» {0; 330; 200}; б – «хромосома» {0; 400; 310}

дения оптимальной структуры электроснабжения для критерия минимума падения напряжения на гибком кабеле,итающем самый удаленный от ПУПП двигатель. При этом будем считать, что все двигатели работают в статическом режиме.

Использование идеологии, основанной на применении генетического алгоритма, предусматривает этап создания первоначальной «популяции» - или ряда начальных решений.

В нашем случае решение («хромосома») – это набор чисел, каждое из которых обозначает расстояние от ПУПП до места подключения гибкого

кабеля определенного двигателя к кабелю самого удаленного двигателя от ПУПП. То есть «хромосома» – это одна из возможных конфигураций сети электроснабжения.

Кабель самого удаленного двигателя подключается непосредственно к ПУПП. Например, для рис. 3, а «хромосома» выглядит следующим образом: {0; 330; 200}, то есть расстояние от места подключения кабеля двигателя 1 до ПУПП равно 0 (так как он самый удаленный), от двигателя 2 до ПУПП – 330, от двигателя 3 до ПУПП – 200.

Для примера сгенерируем начальную «популяцию» из двух «хромосом»: {0; 330; 200} (рис. 3,а) и {0; 400; 310} (рис. 3,б).

Для первой «хромосомы» координаты подключения двигателей: [370; 390] (двигатель 1), [700; 390] (двигатель 2), [570; 390] (двигатель 3).

Для второй «хромосомы» координаты подключения двигателей: [370; 390] (двигатель 1), [700; 320] (двигатель 2), [680; 390] (двигатель 3).

Далее производится вычисление коэффициента «выживаемости» («fitness») каждой «хромосомы» f_j , где j – номер «хромосомы» в «популяции».

Чтобы вычислить коэффициенты «выживаемости», подставим каждое решение в выражение

$$dU_j = \sum_{i=1}^n I_i r l_i, \text{ где } dU_j$$

– падение напряжения на кабеле самого удаленного двигателя для j -ой «хромосомы», n – число двигателей, r – удельное сопротивление кабеля [Ом/м], I_i – ток i -го двигателя, l_i – расстояние от точки подключения i -го двигателя до ПУПП.

Так как меньшие значения этого выражения ближе к оптимальному, то они более желательны.

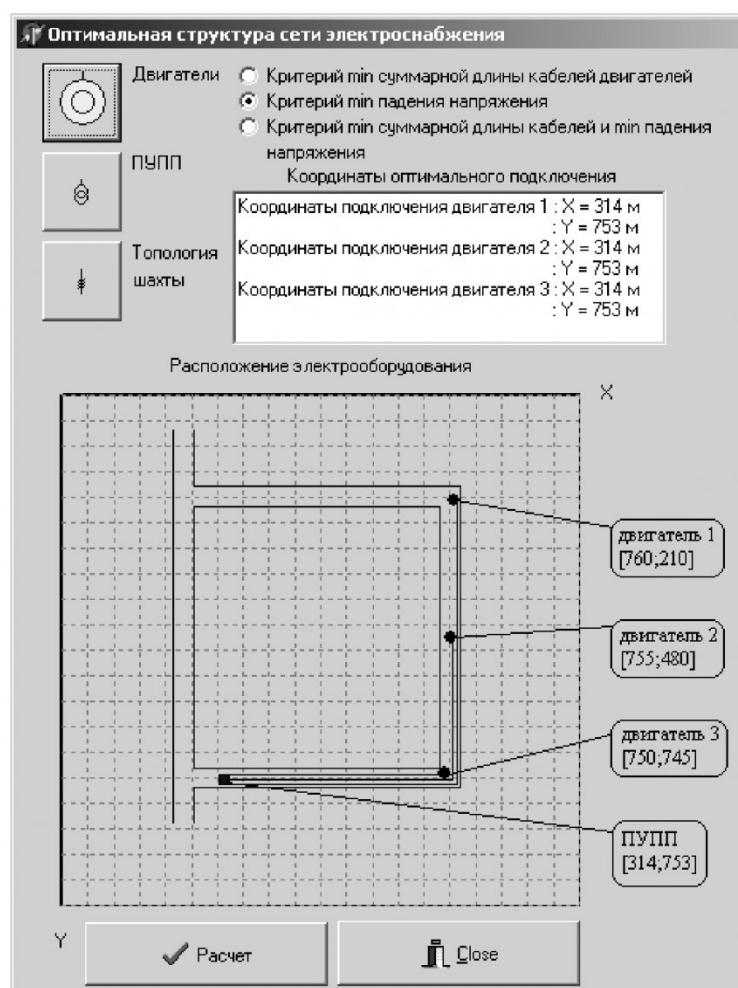
Чтобы создать систему, где «хромосомы» с более подходящими значениями имели большие шансы оказаться «родителями», мы должны вычислить, с какой вероятностью может быть выбрана каждая.

Для решения этой задачи возьмем сумму обратных значений коэффициентов «выживаемости» [5] и, исходя из этого, вычислим вероятность:

$$P_j = \frac{1/f_j}{\sum_{j=1}^m 1/f_j},$$

где m – число «хромосом» в «популяции».

Следующим этапом является «воспроизведение» нового поколения путем «скрещивания» двух «хромосом» («роди-



телей»).

Выбор «родителей» производится методом «рулетки». Колесо «рулетки» содержит по одному сектору для каждого члена «популяции». Размер j -го

сектора пропорционален соответствующей величине P_j . С помощью m «запусков» «рулетки» при таком отборе члены «популяции» с меньшими значениями dU_j с большей вероят-

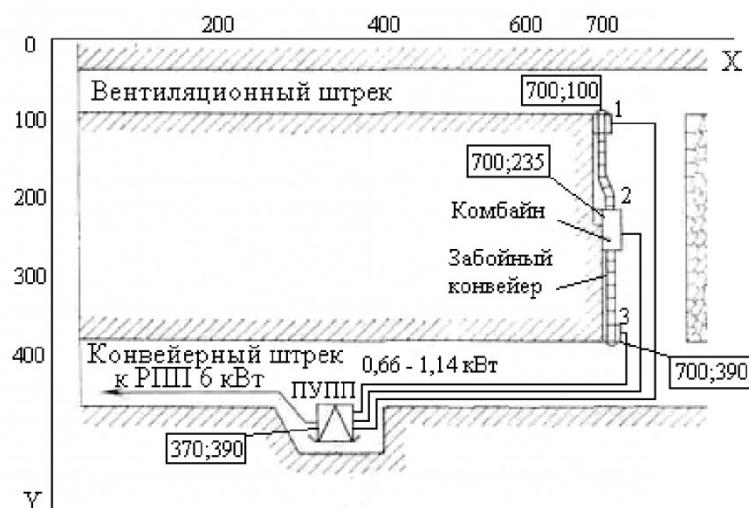


Рис. 4. Структура электроснабжения добывчого участка с оптимальным расположением точек подключения кабелей двигателей (лучшая «хромосома»)

ностью P_j будут выбираться.

Каждый «потомок» содержит информацию о генах «родителей». Поэтому для реализации этого этапа было использовано «скрещивание» («cross-over») – делением «хромосом» «родителей» пополам получаем два «гена» одного «родителя», два «гена» другого «родителя» и составляем «хромосому» «потомка»: от первого «родителя» берем первый «ген», а от второго – второй:

$$\begin{aligned} &\{0; 330; 200\} \text{ («родитель» 1)} \downarrow \\ &\{0; 400; 310\} \text{ («родитель» 2)} \\ \rightarrow & \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} &\{0; 330; 310\} \text{ («потомок» 1)} \\ &\{0; 400; 200\} \text{ («потомок» 2).} \end{aligned}$$

Новое «поколение» подвергается процессу «мутации» с заданной вероятностью. Производится замена одного из значений какой-нибудь «хромосомы» на случайное целое число в пределах возможных вариантов подключения кабеля:

$\{0; 400; 200\}$ («потомок» 2) \rightarrow
 $\{0; 400; 105\}$ («потомок» 2 после «мутации»).

Таким образом, новая «популяция» состоит из двух «хромосом»: $\{0; 330; 310\}$ и $\{0; 400; 105\}$.

Если новое «поколение» содержит решение, достаточно близкое к ответу, то задача решена.

В противном случае оно проходит через вышеописанный процесс. Это продолжается до тех пор, пока лучшее решение не будет оставаться неизменным в течение заданного числа «поколений» или не будет выполнено иное условие останова (например, определенное количество «поколений»).

После этого лучшее решение считается близким к оптимальному (рис. 4).

Данный процесс нахождения оптимальной схемы электроснабжения горных машин

может быть использован в общем случае и при оптимизации сетей электроснабжения промышленных предприятий.

Для решения этой задачи в среде Delphi 7.0 разработана программная оболочка.

На рис. 5 представлены результаты поиска оптимального решения по критерию минимума падения напряжения на гибком кабеле, питающем самый удаленный от ПУПП двигатель (двигатель 1).

Программа определяет координаты подключения двигателей 1, 2 и 3 к ПУПП с учетом топологии шахты на основании данных о местоположении, параметрах и режимах работы двигателей.

Расчет произведен для статического режима работы двигателей при постоянной нагрузке.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Поспелов Г. Е., Сыч Н. М. Потери мощности и энергии в электрических сетях. – М.: Энергоиздат, 1981. – 216 с.: ил.
2. Волотковский С. А., Разумный Ю. Т. Пивняк Г. Г. и др. Электроснабжение угольных шахт. – М.: Недра, 1984. – 376 с.: ил.
3. WEB-адрес: <http://www.neuroproject.ru/genealg.htm>.
4. WEB-адрес: <http://www.algolist.da.ru>.
5. WEB-адрес: <http://saisa.chat.ru/ga/ga-pop.html>.

□ Автор статьи:

Негадаев

Владислав Александрович
ассистент каф. электропривода и
автоматизации

УДК 622.271.333:550.37

Б.В. Демьянов, С.М. Простов, Р.Ю. Сорокин

РАЗРАБОТКА МИКРОПРОЦЕССОРНЫХ УСТРОЙСТВ ДЛЯ ПЕРВИЧНОЙ ОБРАБОТКИ ИНФОРМАЦИИ С ГЕОФИЗИЧЕСКИХ ДАТЧИКОВ

Для получения информации о состоянии массива горных пород применяют датчики, созданные на базе различных методов геоконтроля: индукционного, акустического, геомагнитного, естественного электромагнитного излучения, оптического излучения и др. Каждый тип датчика, реализующий тот

или иной метод геоконтроля, обязательно включает в себя чувствительный элемент, преобразующий воздействующее на него физическое поле породного массива в электрический сигнал. Величина этого сигнала в большинстве случаев недостаточна для непосредственной его обработки, поэтому требу-

ются специализированные устройства первичной обработки и подготовки геоинформации для передачи.

На кафедре электропривода и автоматизации КузГТУ разработаны несколько типов универсальных микропроцессорных устройств для автоматизированных систем геоконтроля