

УДК 621.31

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

**ПРОГРАММНОЕ СРЕДСТВО ДЛЯ НАХОЖДЕНИЯ И
ИССЛЕДОВАНИЯ РАЦИОНАЛЬНОЙ КОНФИГУРАЦИИ СЕТИ
ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ**

На сегодняшний день разработано множество методов, моделей и алгоритмов, направленных на повышение эффективности, надежности и безопасности распределительных сетей электроснабжения, на оптимизацию потерь электроэнергии промышленных предприятий. В работах [1-5] описывается оптимизация эксплуатационных режимов элементов систем электроснабжения. Это достигается путем комплексного учета параметров и характеристик системы электроснабжения, перестроения ее структуры, регулирования напряжения и реактивной мощности. Однако проблема потерь энергии в распределительных сетях с электродвигательной нагрузкой остается открытой, несмотря на многочисленные исследования в этой области.

В системе визуального объектно-ориентированного программирования Borland Delphi разработано программное средство для нахождения и исследования рациональной (близкой к оптимальной) конфигурации сети электроснабжения. Программа позволяет моделировать переходные процессы в асинхронных двигателях, работающих в номинальных режимах в составе сети электроснабжения, рациональной с точки зрения минимума потерь электроэнергии или минимума потерь напряжения в кабелях.

Рассмотрим работу данного программного средства на примере поиска рациональной конфигурации сети электроснабжения очистного участка, а также проведем анализ результатов.

На рис. 1 показана схема электроснабжения очистного участка. Электроснабжение конвейера, перегружателя и дробилки предусмотрено от энергопоезда с трансформатором BRUSH 1250-6/1,2. В табл. 1 приведены параметры потребителей участка.

Схеме на рис. 1 соответствует схема расположения электрооборудования очистного участка, показанная на рис. 2.

Табл. 1. Параметры потребителей участка

Наименование механизма	Тип электродвигателя	U_n , В	P_n , кВт	Режим работы
Конвейер А35	ДКВ355LB4	1140	2х315	S3
Перегружатель ПСП-308	ДКВ315L4	1140	200	S3
Дробилка ДУ-910	АВР280L4	1140	160	S3

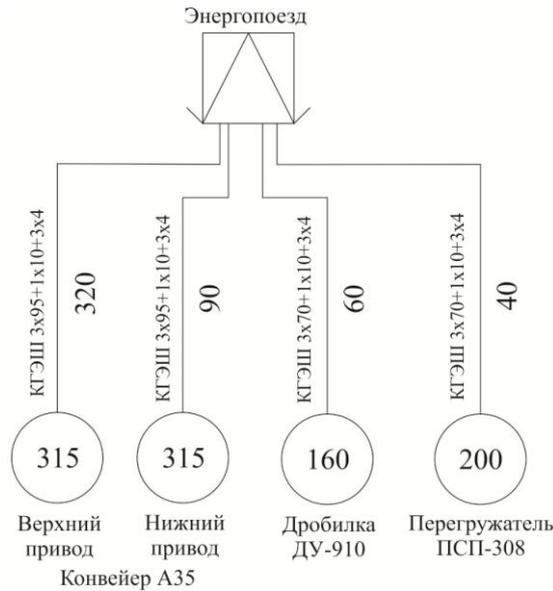


Рис. 1. Принципиальная схема электроснабжения очистного участка

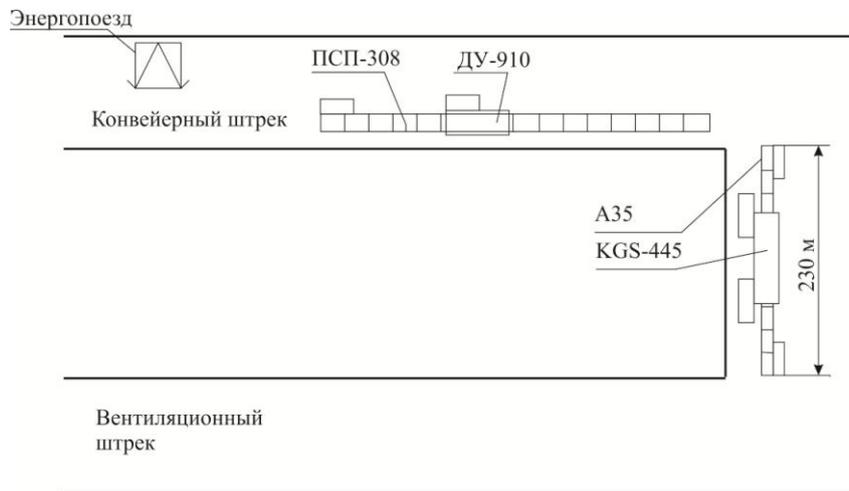


Рис. 2. Схема расположения электрооборудования очистного участка

В результате поиска рациональной конфигурации сети электроснабжения с точки зрения минимума потерь энергии в кабельной сети получается схема (рис. 3), в которой потери энергии сокращаются на 17 %, а среднее значение напряжения практически не изменяется.

В качестве нагрузки на двигателях конвейера, перегружателя и дробилки имитировался момент сопротивления, величина которого задавалась аналитическим выражением:

$$M_s = M_{ном} + 0,4 \cdot M_{ном} \cdot \sin(12 \cdot \pi \cdot t) + 0,4 \cdot M_{ном} \cdot \sin(26 \cdot \pi \cdot t),$$

где M_s – вычисляемый момент сопротивления на исполнительном органе;
 $M_{ном}$ – номинальный электромагнитный момент двигателя.

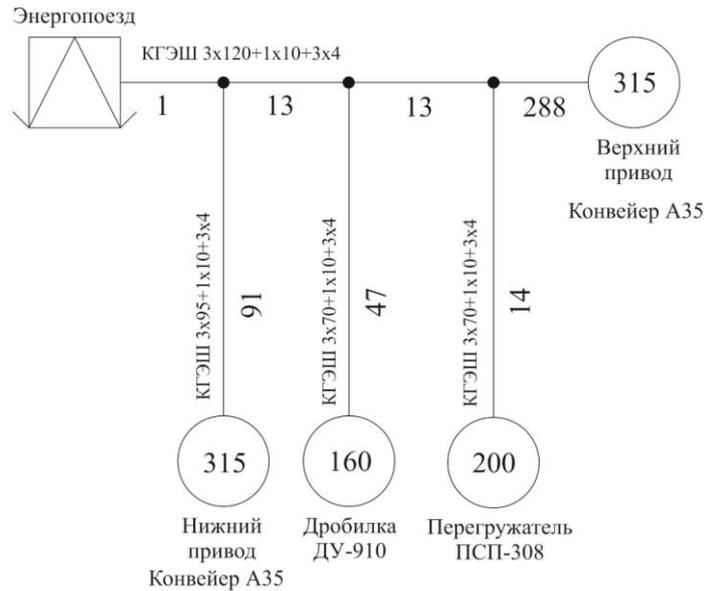


Рис. 3. Рациональная конфигурация сети электроснабжения с точки зрения минимума потерь энергии в кабельной сети

На рис. 4, 5, 6 и 7 показаны динамические характеристики основных показателей электромеханической системы при пуске двигателей в системе электроснабжения очистного участка. При одновременном пуске двигателей перегружателя и дробилки из рис. 4 видно, что происходит снижение напряжения на зажимах двигателей примерно на 12 %. После разгона двигателей их токи снижаются (рис. 5), и напряжение восстанавливается через 0,5 с до уровня меньше прежнего примерно на 20 В, то есть на величину потерь напряжения в кабелях сети и в трансформаторе. Последнее неблагоприятно отражается на запускаемых двигателях конвейера в момент времени 1 с. При запуске двигателей конвейера их токи формируют падения напряжения на общих с работающими двигателями участках магистрального кабеля. Происходит снижение напряжения на зажимах уже работающих двигателей в зависимости от протяженности общих участков кабелей двигателей, а также за счет дополнительного падения на сопротивлениях вторичных обмоток трансформатора. Это оказывает влияние на скорость (рис. 6) и электромагнитный момент (рис. 7) двигателей дробилки и перегружателя. Момент у двигателя верхнего привода конвейера меньше, чем у двигателя нижнего привода, из-за большей удаленности от трансформатора. Так для самого удаленного от трансформатора двигателя верхнего привода конвейера снижение напряжения составляет примерно 30 % от номинального значения. При работе под нагрузкой это может привести к затяжному пуску и, в худшем случае, к опрокидыванию двигателя. Затем напряжение восстанавливается через 0,5 с до уровня меньше прежнего примерно на 25 В. В момент времени 2 с на двигатели подается резкопеременная нагрузка, что приводит к колебаниям напряжения на зажимах двигателей и отрицательно сказывается на их работе.

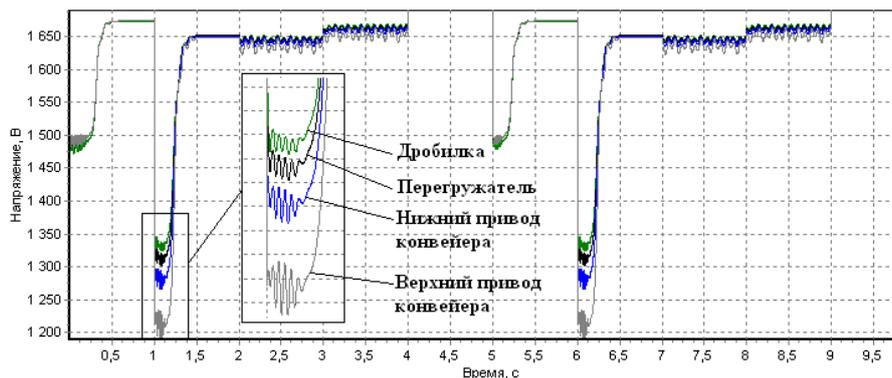


Рис. 4. Амплитуды напряжений на обмотках статоров двигателей

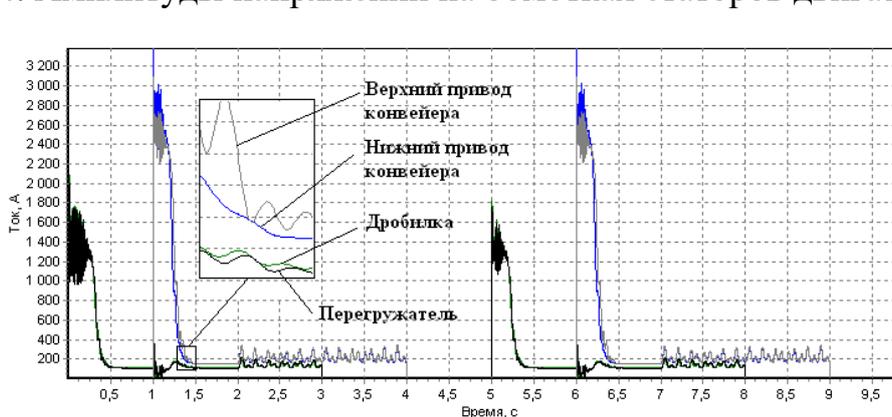


Рис. 5. Амплитуды токов на обмотках статоров двигателей

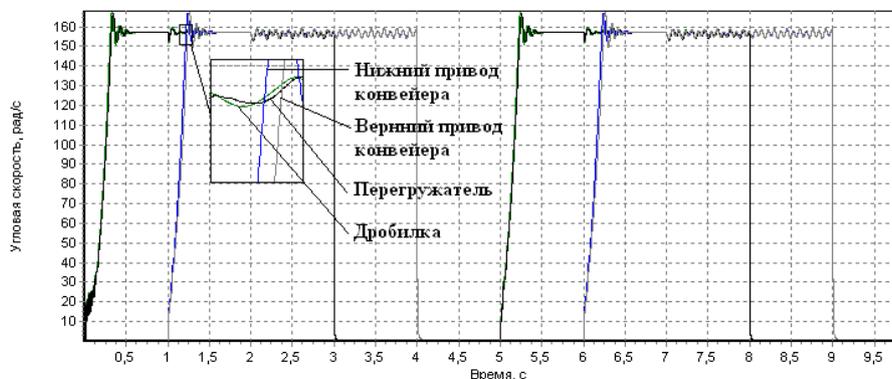


Рис. 6. Угловые скорости двигателей

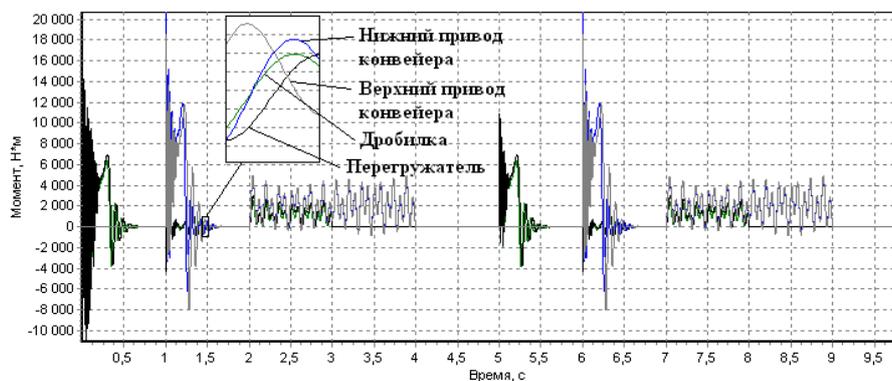


Рис. 7. Электромагнитные моменты двигателей

Колебания напряжения в сети приводят к возникновению электро-механических колебаний на валах двигателей (рис. 7). При отключении двигателей дробилки и перегружателя в момент времени 3 с напряжение на включенных двигателях конвейера повышается примерно на 25 В. В момент времени 4 с двигатели конвейера отключаются. С момента времени 5 с вышеописанный цикл повторяется, так как двигатели работают в повторно-кратковременном режиме S3 с продолжительностью включения 60 %.

Достоверность полученных результатов подтверждается тем, что вышеописанные графики полностью соответствуют осциллограммам пуска асинхронного двигателя при питании от источника ограниченной мощности, представленным в [6, 7, 8].

Список литературы:

1. Баламетов, А. Б. Исследование решения задачи оптимизации режимов электрических сетей по напряжению и реактивной мощности методом последовательной линеаризации и линейного программирования / А. Б. Баламетов, Г. С. Мусаханова, Э. Д. Халилов // *Электричество*, 2003. – №3.
2. Тимчук, С. А. Оптимизация системы электроснабжения промышленного предприятия при ее реконструкции / С. А. Тимчук, Н. С. Деренько // *Восточно-европейский журнал передовых технологий*, том 4, 2013. – №8.
3. Артюхов, И. И. Перестраиваемая по структуре автономная система электроснабжения технологического комплекса с многодвигательным электроприводом / И. И. Артюхов, И. И. Аршакян, А. В. Коротков, Н. В. Погодин, С. Ф. Степанов // *Вестник СГТУ*, 2006. – №1. – с. 20-28.
4. Садков, Е. В. Оптимизация структуры системы электроснабжения промышленного предприятия за счет комплексного учета параметров и характеристик ее элементов // *Энергобезопасность и энергосбережение*, 2006. – №3. – с. 6-10.
5. Ерхан, Ф. М. Принципы разработки алгоритмов оптимизации функциональной надежности распределительных систем с учетом влияния вероятностных факторов / Ф. М. Ерхан, Д. А. Войнеско, И. Н. Лупушор, Р. Г. Банташ // *Энергетика. Известия высших учебных заведений и энергетических объединений СНГ*, 2014. – №2. – с. 40-50.
6. Ещин, Е. К. Моделирование электро-механических процессов многодвигательных электроприводов горных машин. – Кемерово: КузГТУ, 1999. – 115 с.
7. Петров, И. И. Специальные режимы работы асинхронного электропривода / И. И. Петров, А. М. Мейстель. – М.: Энергия, 1968. – 264 с.
8. Веников, В. А. Переходные электро-механические процессы в электрических системах. – М.: Высшая школа, 1978. – 415 с.