

УДК 621.31

В. А. Негадаев

**МОДЕЛЬ МАГИСТРАЛЬНОЙ СТРУКТУРЫ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ
ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ РЕЖИМОВ РАБОТЫ
СОВОКУПНОСТИ АСИНХРОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ**

Известна математическая модель и схема электроснабжения приводов горных машин, состоящая из отдельных электромеханических модулей [1] (рис. 1).

На рис. 1 обозначено:

N_m – число электродвигателей в модуле;

N – число двигателей в системе;

$N_u = \text{int}((j+N_m-1)/N_m)$ – номер модуля (функция *int* выделяет целую часть выражения в скобках);

j – номер двигателя;

M_j – двигатель;

$u_{ka}, u_{k\beta}$ – составляющие падения напряжения на кабеле по осям α, β ;

L_0 – длина общего участка питающего кабеля;

L_j – длина кабеля j -го электромеханического модуля.

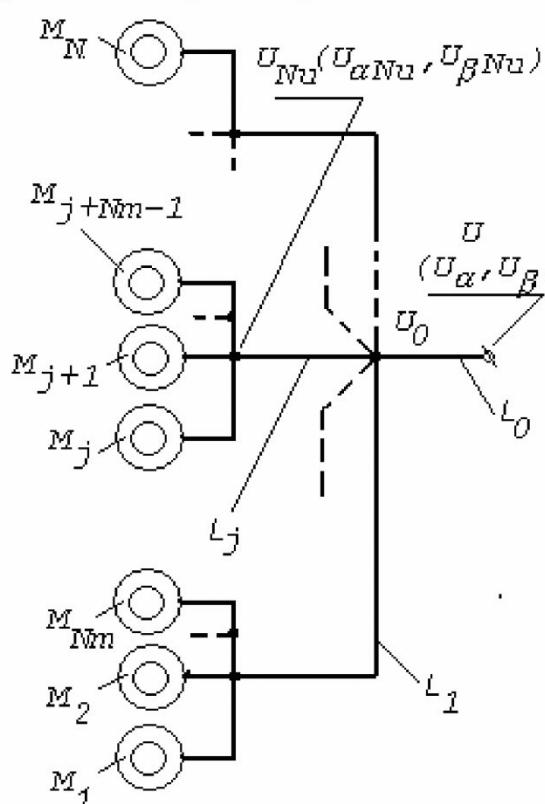


Рис. 1

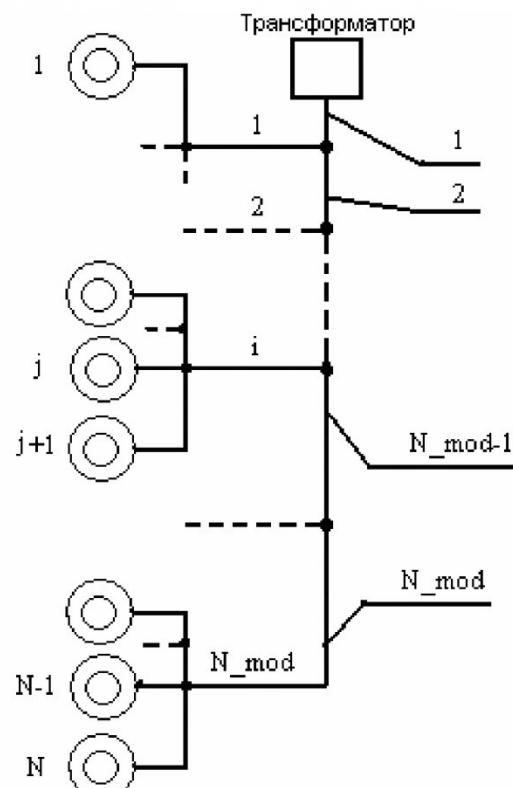


Рис. 2

На рис. 2 представлена магистральная структура сети электроснабжения, частным случаем которой является структура на рис. 1

В отличие от схемы на рис. 1, схема электроснабжения на рис. 2 состоит из отдельных электромеханических модулей, которые могут содержать *различное* количество двигателей, подключенных в *разных* точках к магистральному кабелю, проложенному от трансформатора до самого удаленного модуля.

Введем следующие дополнительные обозначения: N_{mod} – количество модулей; i – номер модуля; индекс M будет относиться к параметрам магистрального кабеля, а индекс K – к параметрам кабелей, проложенным от магистрального кабеля к модулям.

Состояние j -го двигателя описывается совокупностью дифференциальных и алгебраических связей:

$$\begin{aligned}
 \frac{d\Psi_{s\alpha j}}{dt} &= u_{s\alpha j} - R_{sj} i_{s\alpha j}; & i_{s\alpha j} &= \frac{\Psi_{s\alpha j}}{L'_{sj}} - \frac{k_{rj}}{L'_{sj}} \Psi_{r\alpha j}; \\
 \frac{d\Psi_{s\beta j}}{dt} &= u_{s\beta j} - R_{sj} i_{s\beta j}; & i_{s\beta j} &= \frac{\Psi_{s\beta j}}{L'_{sj}} - \frac{k_{rj}}{L'_{sj}} \Psi_{r\beta j}; \\
 \frac{d\Psi_{r\alpha j}}{dt} &= -R_{rj} i_{r\alpha j} - p_j \omega_j \Psi_{r\beta j}; & i_{r\alpha j} &= \frac{\Psi_{r\alpha j}}{L'_{rj}} - \frac{k_{sj}}{L'_{rj}} \Psi_{s\alpha j}; \\
 \frac{d\Psi_{r\beta j}}{dt} &= -R_{rj} i_{r\beta j} + p_j \omega_j \Psi_{r\alpha j}; & i_{r\beta j} &= \frac{\Psi_{r\beta j}}{L'_{rj}} - \frac{k_{sj}}{L'_{rj}} \Psi_{s\beta j}.
 \end{aligned} \tag{1}$$

Из (1) видно, что состояние j -го двигателя характеризуется угловой скоростью вращения ротора и составляющими напряжений статора двигателя.

Поэтому рассмотрим алгоритм формирования составляющих напряжений статора в схеме электроснабжения на рис. 2, чтобы получить в итоге математическую модель асинхронного двигателя в данной структуре электроснабжения.

Зная количество двигателей $Nm(i)$ в каждом i -ом модуле, изменяя номер модуля i в заданных пределах от 1 до $Nmod$, определяем номера j двигателей i -го модуля из следующего неравенства:

$$\sum_{f=1}^{i-1} Nm(f) < j \leq \sum_{f=1}^i Nm(f).$$

С целью упрощения вида дальнейших выражений введем некоторые сокращения:

$$\begin{aligned}
 l_0 &= \sum_{g=1}^i Nm(g-1) + 1; & b_0 &= \sum_{h=1}^p Nm(h-1) + 1; \\
 l_1 &= \sum_{g=1}^i Nm(g); & b_1 &= N,
 \end{aligned}$$

где p соответствует номеру модуля и изменяется в пределах от 1 до i .

С учетом последних сокращений искомое напряжение на обмотке статора j -го двигателя определится следующим образом:

$$\begin{cases}
 u_{s\alpha j} = u_\alpha - R_{Ki} \sum_{l=l_0}^{l_1} i_{sal} - L_{Ki} \sum_{l=l_0}^{l_1} \frac{di_{sal}}{dt} - \sum_{p=1}^i \left(R_{Mp} \sum_{b=b_0}^{b_1} i_{sab} \right) - \\ - \sum_{p=1}^i \left(L_{Mp} \sum_{b=b_0}^{b_1} \frac{di_{sab}}{dt} \right); \\
 u_{s\beta j} = u_\beta - R_{Ki} \sum_{l=l_0}^{l_1} i_{s\beta l} - L_{Ki} \sum_{l=l_0}^{l_1} \frac{di_{s\beta l}}{dt} - \sum_{p=1}^i \left(R_{Mp} \sum_{b=b_0}^{b_1} i_{s\beta b} \right) - \\ - \sum_{p=1}^i \left(L_{Mp} \sum_{b=b_0}^{b_1} \frac{di_{s\beta b}}{dt} \right).
 \end{cases} \tag{2}$$

Дифференцируя $i_{s\alpha j}$ и $i_{s\beta j}$ из (1), получаем:

$$\begin{cases}
 \frac{di_{s\alpha j}}{dt} = \frac{1}{L'_{sj}} \frac{d\Psi_{s\alpha j}}{dt} - \frac{k_{rj}}{L'_{sj}} \frac{d\Psi_{r\alpha j}}{dt}; \\
 \frac{di_{s\beta j}}{dt} = \frac{1}{L'_{sj}} \frac{d\Psi_{s\beta j}}{dt} - \frac{k_{rj}}{L'_{sj}} \frac{d\Psi_{r\beta j}}{dt}.
 \end{cases} \tag{3}$$

Подставляя (3) в (2):

$$\begin{cases} u_{s\alpha j} = u_\alpha - R_{Ki} \sum_{l=l_0}^{l_1} i_{sal} - L_{Ki} \sum_{l=l_0}^{l_1} \frac{1}{L_{sl}} \frac{d\psi_{sal}}{dt} + L_{Ki} \sum_{l=l_0}^{l_1} \frac{k_{rl}}{L_{sl}} \frac{d\psi_{ral}}{dt} - \\ - \sum_{p=1}^i \left(R_{Mp} \sum_{b=b_0}^{b_1} i_{sab} \right) - \sum_{p=1}^i \left(L_{Mp} \sum_{b=b_0}^{b_1} \frac{1}{L_{sb}} \frac{d\psi_{sab}}{dt} \right) + \sum_{p=1}^i \left(L_{Mp} \sum_{b=b_0}^{b_1} \frac{k_{rb}}{L_{sb}} \frac{d\psi_{rab}}{dt} \right); \\ u_{s\beta j} = u_\beta - R_{Ki} \sum_{l=l_0}^{l_1} i_{s\beta l} - L_{Ki} \sum_{l=l_0}^{l_1} \frac{1}{L_{sl}} \frac{d\psi_{s\beta l}}{dt} + L_{Ki} \sum_{l=l_0}^{l_1} \frac{k_{rl}}{L_{sl}} \frac{d\psi_{r\beta l}}{dt} - \\ - \sum_{p=1}^i \left(R_{Mp} \sum_{b=b_0}^{b_1} i_{s\beta b} \right) - \sum_{p=1}^i \left(L_{Mp} \sum_{b=b_0}^{b_1} \frac{1}{L_{sb}} \frac{d\psi_{s\beta b}}{dt} \right) + \sum_{p=1}^i \left(L_{Mp} \sum_{b=b_0}^{b_1} \frac{k_{rb}}{L_{sb}} \frac{d\psi_{r\beta b}}{dt} \right). \end{cases} \quad (4)$$

и объединяя (1) и (4), получим для j -го двигателя:

$$\begin{cases} \frac{d\psi_{s\alpha j}}{dt} + L_{Ki} \sum_{l=l_0}^{l_1} \frac{1}{L_{sl}} \frac{d\psi_{sal}}{dt} + \sum_{p=1}^i \left(L_{Mp} \sum_{b=b_0}^{b_1} \frac{1}{L_{sb}} \frac{d\psi_{sab}}{dt} \right) = \\ = u_\alpha + L_{Ki} \sum_{l=l_0}^{l_1} \frac{k_{rl}}{L_{sl}} \frac{d\psi_{ral}}{dt} + \sum_{p=1}^i \left(L_{Mp} \sum_{b=b_0}^{b_1} \frac{k_{rb}}{L_{sb}} \frac{d\psi_{rab}}{dt} \right) - \\ - R_{Ki} \sum_{l=l_0}^{l_1} i_{sal} - \sum_{p=1}^i \left(R_{Mp} \sum_{b=b_0}^{b_1} i_{sab} \right) - R_{sj} i_{s\alpha j}; \\ \frac{d\psi_{s\beta j}}{dt} + L_{Ki} \sum_{l=l_0}^{l_1} \frac{1}{L_{sl}} \frac{d\psi_{s\beta l}}{dt} + \sum_{p=1}^i \left(L_{Mp} \sum_{b=b_0}^{b_1} \frac{1}{L_{sb}} \frac{d\psi_{s\beta b}}{dt} \right) = \\ = u_\beta + L_{Ki} \sum_{l=l_0}^{l_1} \frac{k_{rl}}{L_{sl}} \frac{d\psi_{r\beta l}}{dt} + \sum_{p=1}^i \left(L_{Mp} \sum_{b=b_0}^{b_1} \frac{k_{rb}}{L_{sb}} \frac{d\psi_{r\beta b}}{dt} \right) - \\ - R_{Ki} \sum_{l=l_0}^{l_1} i_{s\beta l} - \sum_{p=1}^i \left(R_{Mp} \sum_{b=b_0}^{b_1} i_{s\beta b} \right) - R_{sj} i_{s\beta j}; \\ \frac{d\psi_{r\alpha j}}{dt} = -R_{rj} i_{r\alpha j} - p_j \omega_j \psi_{r\beta j}; \\ \frac{d\psi_{r\beta j}}{dt} = -R_{rj} i_{r\beta j} + p_j \omega_j \psi_{r\alpha j}. \end{cases} \quad (5)$$

Учтем влияние трансформатора на процесс электромеханического преобразования энергии.

Модель трансформатора:

$$\begin{cases} \frac{d\Psi_{ts\alpha}}{dt} = u_{ts\alpha} - R_{ts} i_{ts\alpha}; & \frac{d\Psi_{ts\beta}}{dt} = u_{ts\beta} - R_{ts} i_{ts\beta}; \\ \frac{d\Psi_{tr\alpha}}{dt} = u_{tr\alpha} - R_{tr} i_{tr\alpha}; & \frac{d\Psi_{tr\beta}}{dt} = u_{tr\beta} - R_{tr} i_{tr\beta}; \\ i_{tr\alpha} = \frac{\Psi_{tr\alpha} - k_{ts} \Psi_{ts\alpha}}{L_{tr}}; & i_{tr\beta} = \frac{\Psi_{tr\beta} - k_{ts} \Psi_{ts\alpha}}{L_{tr}}. \end{cases} \quad (6)$$

Условия сопряжения моделей (5) и (6) по правилам Кирхгофа:

$$u_\alpha + u_{tr\alpha} = 0; \quad u_\beta + u_{tr\beta} = 0 \quad (7)$$

$$i_{tr\alpha} = \sum_{\partial=1}^b i_{s\alpha\partial}; \quad i_{tr\alpha\beta} = \sum_{\partial=1}^b i_{s\beta\partial} \quad (8)$$

Объединяя (5) и (6) с учетом (7) и (8):

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{d\psi_{saj}}{dt} + L_{Ki} \sum_{l=l_0}^{l_1} \frac{1}{L_{sl}} \frac{d\psi_{sal}}{dt} + \sum_{p=1}^i \left(L_{Mp} \sum_{b=b_0}^{b_1} \frac{1}{L_{sb}} \frac{d\psi_{sab}}{dt} \right) + \frac{d\psi_{tr\alpha}}{dt} = \\ = L_{Ki} \sum_{l=l_0}^{l_1} \frac{k_{rl}}{L_{sl}} \frac{d\psi_{ral}}{dt} + \sum_{p=1}^i \left(L_{Mp} \sum_{b=b_0}^{b_1} \frac{k_{rb}}{L_{sb}} \frac{d\psi_{rnb}}{dt} \right) - \\ - R_{Ki} \sum_{l=l_0}^{l_1} i_{sal} - \sum_{p=1}^i \left(R_{Mp} \sum_{b=b_0}^{b_1} i_{sab} \right) - R_{sj} i_{saj} - R_{tr} \sum_{b=1}^{b_1} i_{sab}; \\ \frac{d\psi_{s\beta j}}{dt} + L_{Ki} \sum_{l=l_0}^{l_1} \frac{1}{L_{sl}} \frac{d\psi_{s\beta l}}{dt} + \sum_{p=1}^i \left(L_{Mp} \sum_{b=b_0}^{b_1} \frac{1}{L_{sb}} \frac{d\psi_{s\beta b}}{dt} \right) + \frac{d\psi_{tr\beta}}{dt} = \\ = L_{Ki} \sum_{l=l_0}^{l_1} \frac{k_{rl}}{L_{sl}} \frac{d\psi_{r\beta l}}{dt} + \sum_{p=1}^i \left(L_{Mp} \sum_{b=b_0}^{b_1} \frac{k_{rb}}{L_{sb}} \frac{d\psi_{r\beta b}}{dt} \right) - \\ - R_{Ki} \sum_{l=l_0}^{l_1} i_{s\beta l} - \sum_{p=1}^i \left(R_{Mp} \sum_{b=b_0}^{b_1} i_{s\beta b} \right) - R_{sj} i_{s\beta j} - R_{tr} \sum_{b=1}^{b_1} i_{s\beta b}; \end{array} \right. \quad (9)$$

Дифференцируя $i_{tr\alpha}$ и $i_{tr\beta}$ в (6), получаем:

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{di_{tr\alpha}}{dt} = \frac{1}{L_{tr}} \frac{d\psi_{tr\alpha}}{dt} - \frac{k_{ts}}{L_{tr}} \frac{d\psi_{ts\alpha}}{dt}; \\ \frac{di_{tr\beta}}{dt} = \frac{1}{L_{tr}} \frac{d\psi_{tr\beta}}{dt} - \frac{k_{ts}}{L_{tr}} \frac{d\psi_{ts\beta}}{dt}. \end{array} \right. \quad (10)$$

Отсюда получим:

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{d\psi_{tr\alpha}}{dt} = L_{tr} \frac{di_{tr\alpha}}{dt} + k_{ts} \frac{d\psi_{ts\alpha}}{dt}; \\ \frac{d\psi_{tr\beta}}{dt} = L_{tr} \frac{di_{tr\beta}}{dt} + k_{ts} \frac{d\psi_{ts\beta}}{dt}. \end{array} \right. \quad (11)$$

Учитывая (3) и (8), запишем:

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{d\psi_{tr\alpha}}{dt} = L_{tr} \sum_{b=1}^{b_1} \frac{1}{L_{sb}} \frac{d\psi_{sab}}{dt} - L_{tr} \sum_{b=1}^{b_1} \frac{k_{rb}}{L_{sb}} \frac{d\psi_{rnb}}{dt} + k_{ts} \frac{d\psi_{ts\alpha}}{dt}; \\ \frac{d\psi_{tr\beta}}{dt} = L_{tr} \sum_{b=1}^{b_1} \frac{1}{L_{sb}} \frac{d\psi_{s\beta b}}{dt} - L_{tr} \sum_{b=1}^{b_1} \frac{k_{rb}}{L_{sb}} \frac{d\psi_{r\beta b}}{dt} + k_{ts} \frac{d\psi_{ts\beta}}{dt}. \end{array} \right. \quad (12)$$

Используя (9) и (12), получим искомую модель для исследования процессов электромеханического преобразования энергии:

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{d\psi_{saj}}{dt} + L_{Ki} \sum_{l=l_0}^{l_1} \frac{1}{L_{sl}} \frac{d\psi_{sal}}{dt} + \sum_{p=1}^i \left(L_{Mp} \sum_{b=b_0}^{b_1} \frac{1}{L_{sb}} \frac{d\psi_{sab}}{dt} \right) + L_{tr} \sum_{b=1}^{b_1} \frac{1}{L_{sb}} \frac{d\psi_{sab}}{dt} = \\ = L_{Ki} \sum_{l=l_0}^{l_1} \frac{k_{rl}}{L_{sl}} \frac{d\psi_{ral}}{dt} + \sum_{p=1}^i \left(L_{Mp} \sum_{b=b_0}^{b_1} \frac{k_{rb}}{L_{sb}} \frac{d\psi_{rnb}}{dt} \right) + L_{tr} \sum_{b=1}^{b_1} \frac{k_{rb}}{L_{sb}} \frac{d\psi_{rnb}}{dt} - k_{ts} \frac{d\psi_{ts\alpha}}{dt} - \\ - R_{Ki} \sum_{l=l_0}^{l_1} i_{sal} - \sum_{p=1}^i \left(R_{Mp} \sum_{b=b_0}^{b_1} i_{sab} \right) - R_{sj} i_{saj} - R_{tr} \sum_{b=1}^{b_1} i_{sab}; \\ \frac{d\psi_{s\beta j}}{dt} + L_{Ki} \sum_{l=l_0}^{l_1} \frac{1}{L_{sl}} \frac{d\psi_{s\beta l}}{dt} + \sum_{p=1}^i \left(L_{Mp} \sum_{b=b_0}^{b_1} \frac{1}{L_{sb}} \frac{d\psi_{s\beta b}}{dt} \right) + L_{tr} \sum_{b=1}^{b_1} \frac{1}{L_{sb}} \frac{d\psi_{s\beta b}}{dt} = \\ = L_{Ki} \sum_{l=l_0}^{l_1} \frac{k_{rl}}{L_{sl}} \frac{d\psi_{r\beta l}}{dt} + \sum_{p=1}^i \left(L_{Mp} \sum_{b=b_0}^{b_1} \frac{k_{rb}}{L_{sb}} \frac{d\psi_{r\beta b}}{dt} \right) + L_{tr} \sum_{b=1}^{b_1} \frac{k_{rb}}{L_{sb}} \frac{d\psi_{r\beta b}}{dt} - k_{ts} \frac{d\psi_{ts\beta}}{dt} - \\ - R_{Ki} \sum_{l=l_0}^{l_1} i_{s\beta l} - \sum_{p=1}^i \left(R_{Mp} \sum_{b=b_0}^{b_1} i_{s\beta b} \right) - R_{sj} i_{s\beta j} - R_{tr} \sum_{b=1}^{b_1} i_{s\beta b}; \end{array} \right. \quad (13)$$

$$\begin{aligned}\frac{d\psi_{r\alpha j}}{dt} &= -R_{rj} i_{r\alpha j} - p_j \omega_j \psi_{r\beta j}; \\ \frac{d\psi_{r\beta j}}{dt} &= -R_{rj} i_{r\beta j} + p_j \omega_j \psi_{r\alpha j}; \\ \frac{d\psi_{ts\alpha}}{dt} &= u_{ts\alpha} - R_{ts} i_{ts\alpha}; \\ \frac{d\psi_{ts\beta}}{dt} &= u_{ts\beta} - R_{ts} i_{ts\beta}; \\ \frac{d\psi_{tr\alpha}}{dt} &= L_{tr} \sum_{b=1}^{b_1} \frac{1}{L_{sb}} \frac{d\psi_{sab}}{dt} - L_{tr} \sum_{b=1}^{b_1} \frac{k_{rb}}{L_{sb}} \frac{d\psi_{r\alpha b}}{dt} + k_{ts} \frac{d\psi_{ts\alpha}}{dt}; \\ \frac{d\psi_{tr\beta}}{dt} &= L_{tr} \sum_{b=1}^{b_1} \frac{1}{L_{sb}} \frac{d\psi_{s\beta b}}{dt} - L_{tr} \sum_{b=1}^{b_1} \frac{k_{rb}}{L_{sb}} \frac{d\psi_{r\beta b}}{dt} + k_{ts} \frac{d\psi_{ts\beta}}{dt}.\end{aligned}$$

Таким образом, на основе использования структуры на рис. 2 возможно описание состояния электромеханической системы при преобразовании электрической энергии в сети электроснабжения в форме, удобной для определения оптимальной магистральной структуры с помощью генетического алгоритма.

На основе математической модели (13) разработано программное средство, предназначенное для нахождения оптимальной по различным критериям структуры сети электроснабжения при различных режимах работы электродвигателей с использованием генетического алгоритма. Программное средство, также предназначенное для моделирования переходных процессов в горных машинах или промышленных установках в номинальных режимах работы, разработано в системе визуального объектно-ориентированного программирования Borland Delphi 7.

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

На рис. 3 показана схема электроснабжения очистного забоя 3-1-1 на шахте ЗАО «Распадская». Электроснабжение конвейера, перегружателя и дробилки предусмотрено от энергопоезда с трансформатором BRUSH 1250-6/1,2. На рис. 4 приведена схема расположения электрооборудования очистного забоя. В таблице 1 приведены параметры потребителей электроэнергии участка.

Таблица 1. Перечень потребителей участка

Наименование механизма	Тип электродвигателя	Ун, В	Рн, кВт	Режим работы
Конвейер А35	ДКВ355LB4	1140	2x315	S3
Перегружатель ПСП-308	ДКВ315L4	1140	200	S3
Дробилка ДУ-910	АВР280L4	1140	160	S3

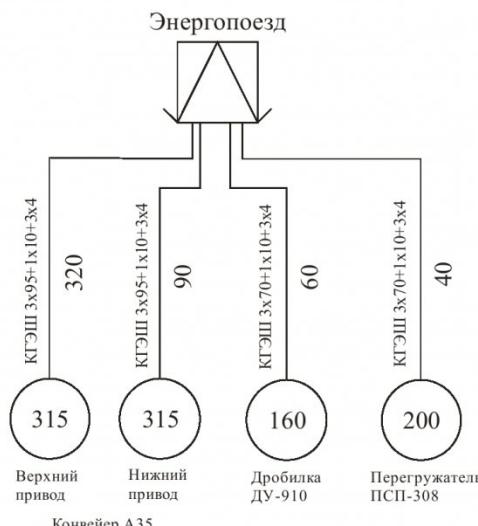


Рис. 3. Принципиальная схема электроснабжения очистного забоя

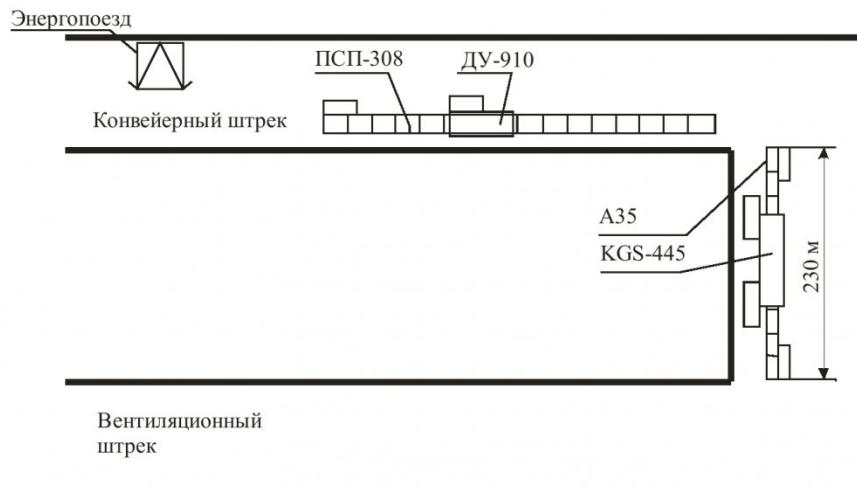


Рис. 4. Схема расположения электрооборудования очистного забоя

В результате поиска оптимальной структуры электроснабжения очистного забоя по критерию минимума потерь электроэнергии и минимума потерь напряжения в кабельной сети получена магистральная структура, показанная на рис. 5. Для данной схемы потери электроэнергии составили 80% от потерь электроэнергии по схеме на рис. 3, а среднее значение напряжения уменьшилось на 2,1 В.

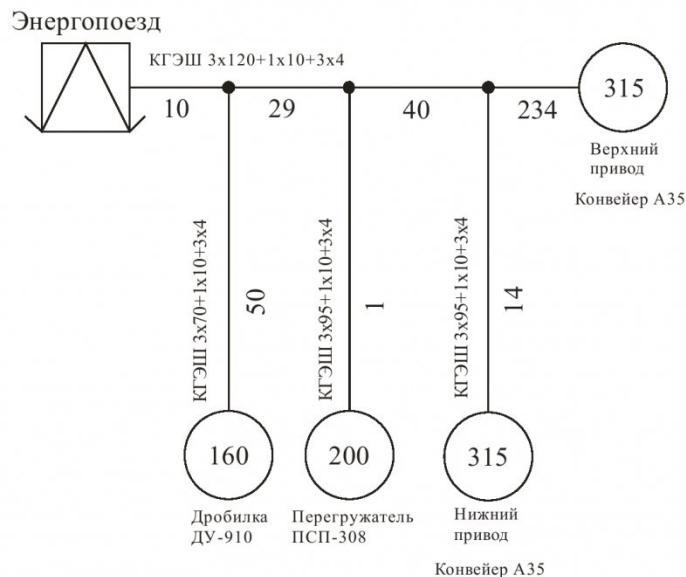


Рис. 5. Оптимальная структура электроснабжения очистного забоя по критерию минимума потерь электроэнергии и минимума потерь напряжения в кабельной сети

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

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

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

На рис. 6 – 9 показаны динамические характеристики основных показателей электромеханической системы при пуске двигателей в системе электроснабжения очистного участка. При одновременном пуске электродвигателей перегружателя и дробилки из рис. 6 видно, что происходит снижение напряжения на зажимах двигателей примерно на 12%. После разгона двигателей их токи снижаются (рис. 7), 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 электродвигателях 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 электромагнитный момент (рис. 9) и скорость (рис. 8) двигателей дробилки и перегружателя.

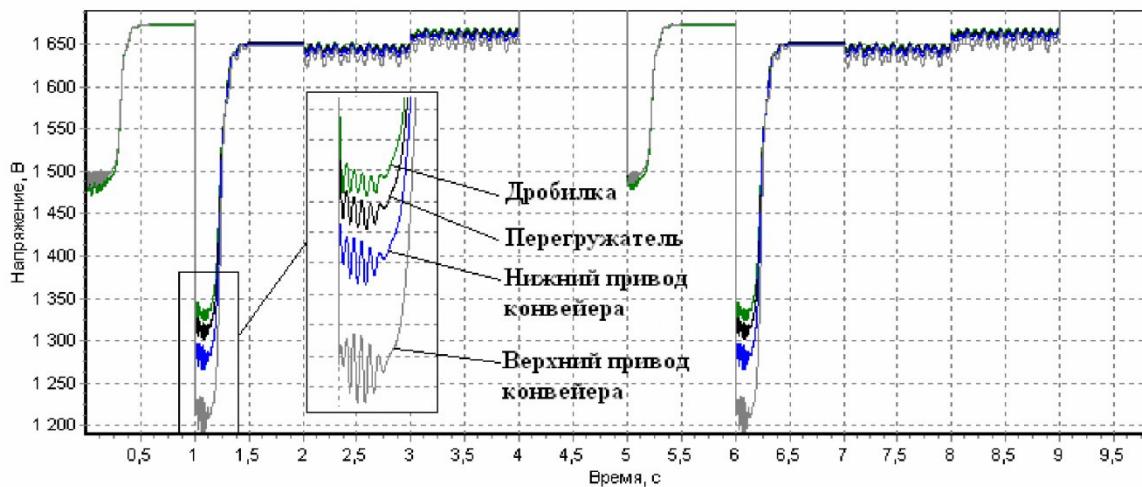


Рис. 6. Изменение амплитуды напряжения на обмотках статоров двигателей

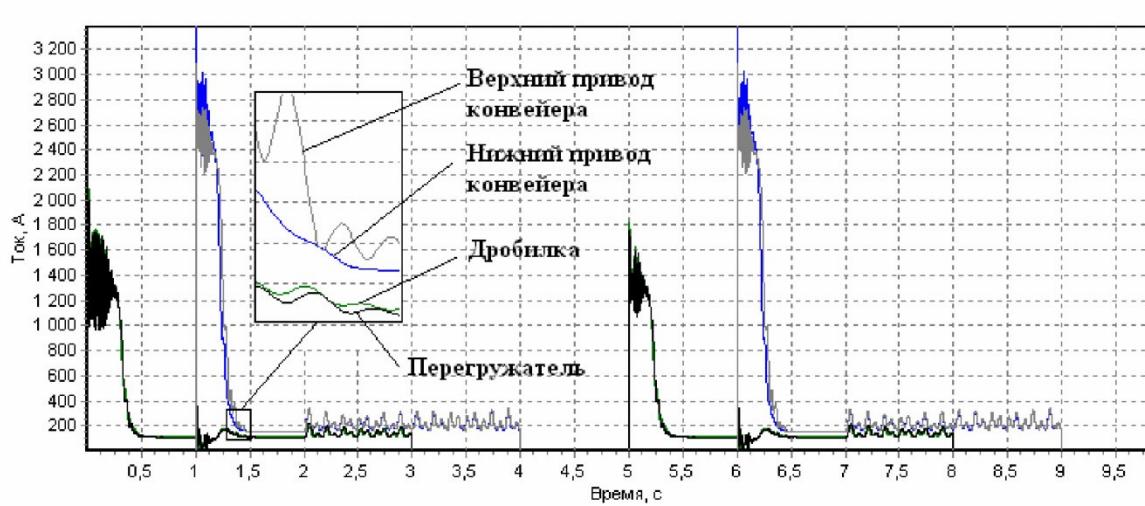


Рис. 7. Изменение амплитуды токов на обмотках статоров двигателей

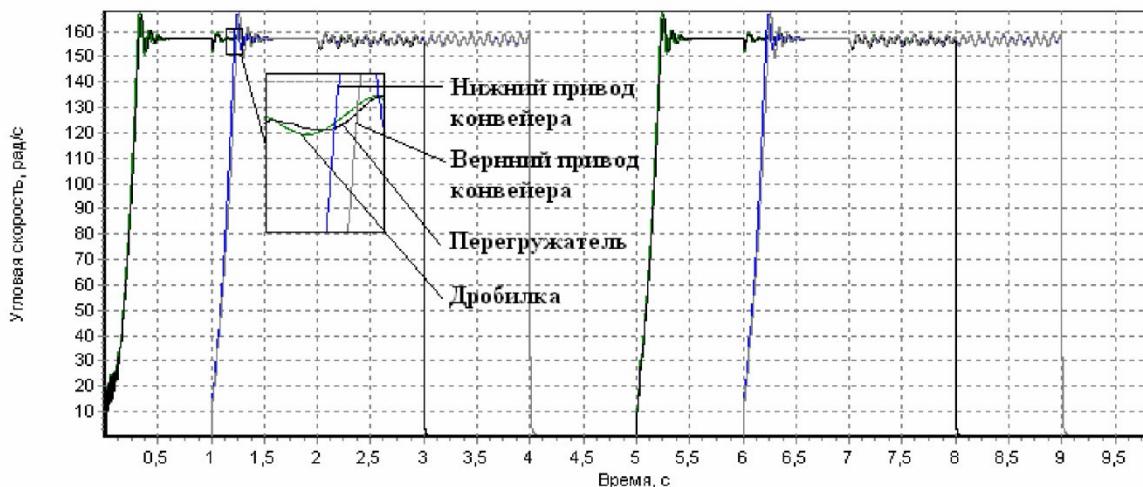


Рис. 8. Изменение угловой скорости двигателей

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 электродвигателя. Затем напряжение восстанавливается через 0,5 с до уровня меньше прежнего примерно на 25 В. В момент времени 2 с на двигатели подается резко-переменная нагрузка, что приводит к колебаниям напряжения на зажимах двигателей и отрицательно сказывается на их работе. Колебания напряжения в сети приводят к возникновению электромеханических колебаний на валах электродвигателей (рис. 9).

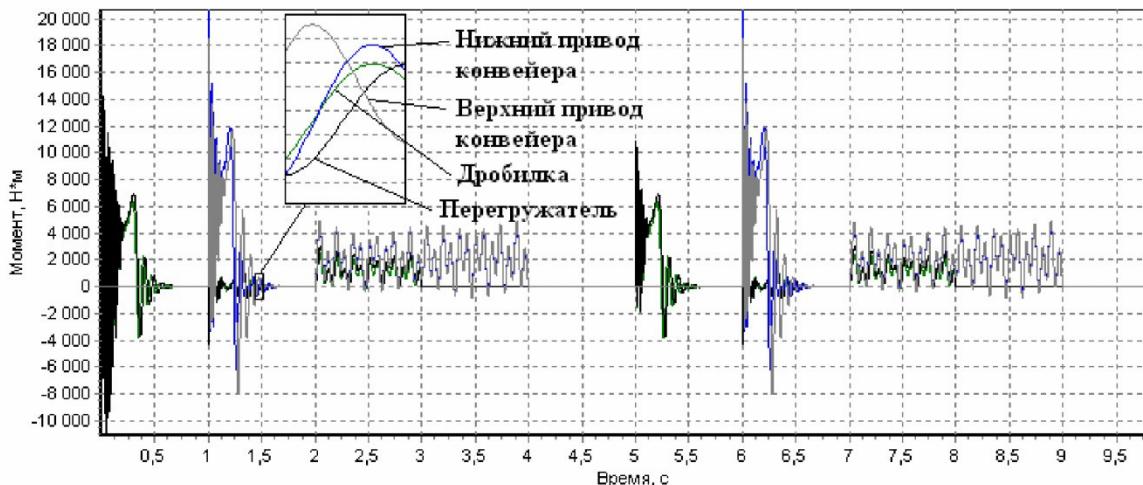


Рис. 9. Изменение электромагнитных моментов двигателей

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%.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ещин Е. К. Электромеханические системы многодвигательных электроприводов. Моделирование и управление. - Кемерово: Кузбасский гос.техн.ун-т, 2003. - 247 с.

Автор статьи:

Негадаев

Владислав Александрович

- старший преподаватель кафедры электропривода и автоматизации КузГТУ.

Тел. 8-3842- 58-23-29.