



MODELLIERUNG DER GESCHWINDIGKEITS-, KRAFT-UND ENERGETISCHEN PROZESSE DER ANGESTEUERTEN BERGBAUBANDANLAGEN

Uladzimir Kucharavenka, Sergey Silantjev, Aliaksei Semchanka ¹

Key words: conveyor, electric drive, simulation, dynamic processes

Abstract:

Large-scale implementation of energy efficient speed controlled conveyors requires research and optimization of regulation systems of run loading, drum loads distribution, belt slipping prevention, control of conveyor tensioning device, diagnostics and protection. Mathematical simulation is necessary both as a research tool and as a control system element due to certain difficulties of hardware detectors' application in mining.

With the help of MATHLAB SIMULINK software a mathematical simulation model with allowance for the distributed masses of drives, drums, rollers and conveyer belt, their elastic and viscous properties, characteristics of belt coupling with one and several power-driven drums, interaction of the drive with tensioning devices as well as electromagnetic transformations in the electric drive is developed.

Traction dynamic and power processes during the simulation of starting, stopping, loading and unloading modes of the conveyor as well as belt conveyor control algorithms are considered. Methods of parameters' adjustment of the speed and torque regulators for mining with allowance for the properties of each conveyor are developed. Simulation results are proved by the experimental research.

1. Einleitung

Die erweiterte Einführung der energiesparenden angesteuerten Bergbaubandanlagen bedarf der Forschung und der Optimierung der folgenden Steuersysteme-: der Bandbeladung, der Verteilung der Belastungen zwischen den Trommeln, der Verhinderung des Antriebstrommelrutsches, der Steuerung der Gurtspannungseinrichtung, der Diagnostik und des Schutzes. Die mathematische Modellierung ist sowohl ein Instrument der Forschung als auch ein Element der Steuersysteme notwendig, da die Anwendung der Hardware Sensoren unter den Minebedingungen erschwert ist.

2. Mathematische Beschreibung der Bandanlage

2.1. Mathematische Beschreibung der Gurtbewegung

Die Bandanlage ist ein wesentlich nichtlineares Objekt mit den verteilten Parametern. Bei der Modellierung der Bandanlage muß man einige Besonderheiten berücksichtigen:

- Die Verteilung der bewegenden Massen der Bandanlage auf ihrer Länge (die Massen des Gurtes, der Tragrollen, des Foerdergutes);
- Die Verteilung der Massen des Foerdergutes bei der Beladung und die Formierung des Beladungsprofils bei der Steuerung der Güterströme;
- Die Veränderung der Gurtspannung und des Gurtdurchhängen zwischen den Tragrollen;
- Die Möglichkeit des Antriebstrommelrutsches;

¹ **Doc.-Ing. Kucharavenka Uladzimir**, head of the department of automated electric drive,
Ing. Silantjev Sergey, head of sector of the electric drive,
Ing. Semchanka Aliaksei, senior researcher, LLC "Institut gornoj elektrotehniki i avtomatizacii",
Minsk, Belarus. Tel.: +375 17 2 37 49 76, +375 29 169 08 35, Fax: +375 172 37 70 74, e-mail: kwf-
bghp@tut.by

- Die Abhängigkeit des Bewegungswiderstandes der Bandanlage von der Geschwindigkeit (trockne und zähflüssige Reibung).

Die Modellierung der Bandanlage basiert auf das kinematische Ersetzungsschema. Separate Bandstücke der Bandanlage, die durch Gurt verbunden sind, zeigen sich als konzentrierte Massen, die elastisch mit der Zähigkeit verbunden sind. Die Bewegungswiderstandkräfte und die Zugkräfte werden zu den entsprechenden konzentrierten Massen verwandt.

Die Teilung der Bandanlage verwirklicht sich so, dass die Punkte (insbesondere den Beladungspunkten), deren Gurtgeschwindigkeit von Interesse waere entsprechen diesen konzentrierten Massen. Last- und leeren Zweigs der Bandanlage haben eine große Länge, auf der die Massen und die Kräfte verteilt sind, und für die reale Modellierung ihrer dynamischen Eigenschaften ist zweckmässig, diese Zweige des einige nacheinander folgende verbundene konzentrierte Massen vorzustellen. Außerdem der Bandanlage entlang sind die Bandstücke mit verschiedene Neigungswinkeln und mit verschiedene Bewegungswiderstandkräften bei der identischen spezifischen Beladung vorhanden.

Das Rechenschema des Bandanlageantriebes soll die Zugkraftverteilung zwischen den Antriebstrommeln auch widerspiegeln und die Bedingungen der Kupplung der Trommeln mit dem Gurt wiedergeben. Diese Bedingung muß man bei der Auswahl der konzentrierten Massen, insbesondere bei der Beschreibung der Antriebsstation berücksichtigen.

Die Bewegung der konzentrierten Masse (Masse des Bandanlage mit der Foerdergut, der Tragrollen und der Trommeln), kann auf folgende Weise [1] beschrieben sein

$$m_i \frac{dv_i}{dt} = W_i - S_{i,i+1} + S_{i-1,i} - F_i, \quad (1)$$

m_i die konzentrierte i -Masse, kg;

v_i - Geschwindigkeit der Masse, die von $(i+1)$ Teile des Bandes zu $(i-1)$ Teile dem gerichtet ist, m/s;

W_i - Zugkraft auf das i -Teile des Bandanlage, das von der Antriebsrommel (bei seinem Vorhandensein) geschaffen ist, N;

$S_{i,i+1}$, $S_{i-1,i}$ - die Spannungskräfte auf den Grenzen i -Teile der Bandanlage, N.

Für die Spannungskräfte ist gerechtfertigt

$$\begin{aligned} S_{i,i+1} &= c_{i,i+1} \int_0^t (v_i - v_{i+1}) dt + b_{i,i+1} (v_i - v_{i+1}) + S_{i,i+1}^0; \\ S_{i-1,i} &= c_{i-1,i} \int_0^t (v_{i-1} - v_i) dt + b_{i-1,i} (v_{i-1} - v_i) + S_{i-1,i}^0, \end{aligned} \quad (2)$$

v_{i-1} , v_{i+1} - die Geschwindigkeit der konzentrierten Massen m_{i-1} und m_{i+1} , verbunden mit der Masse, m_{i+1} m/s;

$S_{i,i+1}^0$, $S_{i-1,i}^0$ - die Spannungskräfte der Bandanlage auf den entsprechenden Teilen der Bandanlage. Diese Werte bestimmen sich mit der Spannungseinrichtung und dem Bewegungswiderstand des Gurt. Auf dem Gurt, das mit der Spannungseinrichtung ausgestattet ist, (Index $i=N$) können die Spannungen angepasst, oder je nach dem Spannungseinrichtungstyp stabilisiert werden. Die Spannungskräfte beeinflussen wesentlich auf die Ergebnisse der Modellierung.

$c_{i,i+1}$, $c_{i-1,i}$ - die Dehnungskennzahl der elastischen Verbindung der entsprechenden konzentrierten Massen, N/m;

$b_{i,i+1}$, $b_{i-1,i}$ - die Kennzahl der zähflüssigen Reibung in der elastischen Verbindung der entsprechenden konzentrierten Massen, N s/m;

F_i - die summarische Kraft des Bewegungswiderstands fuer i -Teile der Bandanlage (aktive Komponente von der Neigung der Bandanlagetrasse, reaktiven Komponenten von der Tragrollereibung, von der Foerdergutedeformation und s.w.), N;

Die bildend Kräfte F_i hängen von der Beladung und der Geschwindigkeit der Bewegung der Bandanlage [2] ab. Der groesste Bewegungswiderstand für lange horizontale Bandanlagen (DIN 22

101) ist der Widerstand vom Hineindrücken der Rollen, der Anteil dieser Komponente übersteigt 60 %. Der Anteil des Widerstands von der Bewegung der transportierten Masse wird ungefähr als 18 %, des Widerstands von den Schwingungen des Gurtes bei der Durchbiegung in 5 %, des Widerstands der Bewegung des Bandes nach der Rollen als 6 %, und der allgemeine Anteil der lokalen und zusätzlichen Widerstände als 10 % bewertet.

Das Ersetzungsschema der Bandanlage, das der mathematischen Beschreibung (1), (2) entspricht, ist auf der Fig. 1 angezeigt.

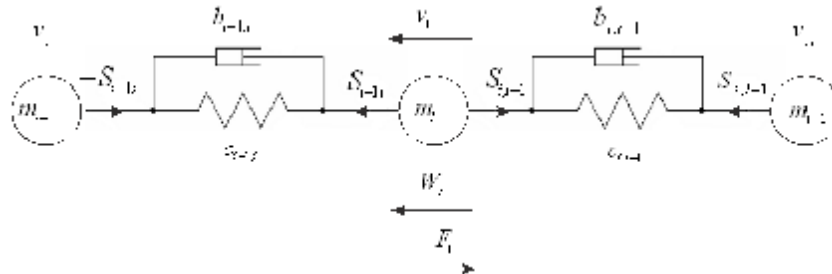


Fig. 1. Das Ersetzungsschema der Bandanlage

Die Bewegung der Bandanlage geschieht bei der Modellierung entsprechend den (1), (2) mit den identischen Geschwindigkeiten aller Teile. Die Analyse der Zugkraftverteilung auf den Trommeln der mehrmotorischen Antriebe von solcher Vereinfachung führt zur Verlust der Genauigkeit. Infolge der Deformation die Geschwindigkeitswerte des Gurtes auf verschiedenen Teilen der Bandanlage (der Index $i=m$) in einen Moment der Zeit unterscheiden sich.

Für m - Teile der Bandanlage kann man aufzeichnen

$$v_m'' = v_m' \left(1 + K_U \frac{S_{m-1,m} - S_{m,m+1}}{S_n} \right), \quad (3)$$

wo v_m'' , v_m' - entsprechend, der Geschwindigkeit der aus- und anlaufenden Zweige des schwerelosen Bandes auf den Grenzen der Teile der Deformation mit der konzentrierten Masse, m/s;

$S_{m,m+1}$, $S_{m-1,m}$ - die Spannkraften, entsprechend, der aus- und anlaufenden Zweige der Bandanlage auf der Teile der Deformation mit konzentrierten Massen m_m , N;

K_U - der Koeffizient der relativen Verlängerung der Bandanlage bei der Spannkraft, die gleich ist S_n .

Dann können für die Spannkraften, die an Deformationengrenzen die des Bandes gelten, die nächsten Verhältnisse annehmen sein

$$\begin{aligned} S_{m,m+1} &= c_{m,m+1} \int_0^t (v_m' - v_{m+1}'') dt + b_{m,m+1} (v_m' - v_{m+1}'') + S_{m,m+1}^0; \\ S_{m-1,m} &= c_{m-1,m} \int_0^t (v_{m-1}' - v_m'') dt + b_{m-1,m} (v_{m-1}' - v_m'') + S_{m-1,m}^0, \end{aligned} \quad (4)$$

2.2. Mathematische Beschreibung der Antriebsstation der Bandanlage

Das Modell der Bandanlage, das auf der Teile des Bandes mit dem Index $i=d$ eingerichtet ist, zum Beispiel, beschreibt die nächste Bestandteile:

Die mechanischen Antriebe der Trommeln und der Bedingung der Verteilung der Kupplung des Bandes;

Die elektromechanischen Antriebe, die die Momente der Motoren formieren;

Das Regelungssystem der Geschwindigkeit der Antriebsstation, die die Sollwerte fuer der Momente der Motoren bildet.

Die Gleichung der Bewegung des mechanischen Teiles des elektrischen Antriebs mit einem Trommel ist

$$J'_d \frac{dw_d}{dt} = M_d - r_d W_d - M_{Cd}(w_d), \quad (5)$$

M_d w_d - Moment und Winkelgeschwindigkeit des Motors, N·m, 1/s;

$M_{Cd}(w_d)$ - Moment des Bewegungswiderstandes der Trommel (zähflüssigen und "trocknen" Reibung" im Reduziergetriebe), N·m;

J'_d - Der Trägheitsmoment des Rotors des Motors, der Kupplung, der Trommel und des Reduziergetriebes, das zum Welle des Motors angeführt ist, kg m².

Trommelzugkraft W_d am Umschlingungswinkel muß unter Berücksichtigung der möglichen Vereitelung der Kupplung modelieren. Die Arbeitsbedingung des Bandes ohne des Rutschen ist [3]

$$W_d \leq S_{d-1,d}(A-1),$$

$S_{d-1,d}$ - die Spannungskraft auslaufenden Bandeszweigs, N;

A - den Zugfaktor, der abhängig vom Reibungskoeffizienten und Umschlingungswinkel ist.

Die Abhängigkeit Trommelzugkraft W_d vom Unterschied $\Delta v_d = v_d - v_{td}$ zwischen der Geschwindigkeit des Bandes v_d und der Kreisgeschwindigkeit der Trommel $v_{td} = w_d r_d$ ist auf der Fig. 2 angezeigt, wo w_{Di} - Winkelgeschwindigkeit des Motors, 1/s; r_d - der Radius der Kreisgeschwindigkeit der Trommel der zur Winkelgeschwindigkeit des Motors angeführt ist, m.

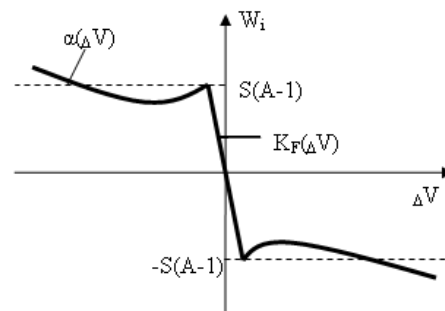


Fig. 2. Die Abhängigkeit Trommelzugkraft W_d von Unterschied $\Delta v_d = v_d - v_{td}$ der Geschwindigkeiten des Bandes und der Trommel

Für die Abhängigkeit $W_i(\Delta v_d)$ ist die nächste Approximation der angezeigten nichtlinearen Verbindung der Trommel mit dem Gurt angebracht

$$W_d = \begin{cases} k_F(\Delta v_d), & \text{wenn } W_d \leq S_{i-1,i}(A-1); \\ S_{d-1,d}(A-1)a(\Delta v_d), & \text{wenn } W_d \geq S_{d-1,d}(A-1), \end{cases} \quad (6)$$

$k_F(\Delta v_d)$, $a(\Delta v_d)$ - die Funktionen der Verbindung.

Die Gleichungen können mit den Abhängigkeiten des Zugfaktors A von anderen Parametern (die Temperaturen, der Feuchtigkeit, der Stufe der Verschmutztheit des Bandes) ergänzt sein.

Die mathematische Beschreibung des elektromechanischen Antriebsteiles der Trommel kann mit verschiedener Stufe der Detaillierung durchgeführt sein. Gegenwärtige asynchrone Elektroantriebe mit der Vektorsteuerung gewährleisten des Momentes mit der Genauigkeit nicht weniger 1% und der Verzögerung nicht mehr 20 ms. Solcher elektrische Antrieb kann als astatistisches Regelungssystem mit lineare mechanische Charakteristik vorgeschrieben sein. Bei der Analyse der Prozesse der elektromechanischen Umsetzung kann man die reichen Möglichkeiten der Bibliothek MATHLAB verwenden.

Das Elementar-geschlossene System der Regulierung der Geschwindigkeit der Zweitrommelstation wird mit der Geschwindigkeitsrückkopplung einen der Motoren (führend) und der Verteilung des Momentes zwischen den Antriebe erfüllt. Die Umverteilung des summarischen Momentes zwischen den Motoren ermöglicht je nach den Bedingungen der Kupplung der Bandanlage mit den Trommeln, die Gurtspannung, die für die Verhinderung der Vereitelungen der Bandeskupplung mit den Trommeln notwendig ist, zu verringern.

2.3. Mathematische Beschreibung des Prozesses der Beladung der Bandanlage

Bei der Formulierung der Kriterien der Optimierung, die Beschreibung der Beschränkungen variabel (das Niveau der Ladung auf dem Band, ihrer Geschwindigkeit, des Laufes des Bandes usw.), die Betrachtung der Prozesse im Steuersystem die Beladung der Bandanlage entstehen die Fragen der Akkumulation und die Beschränkungen der Menge der Ladung in der Ladeeinrichtung, und auch der Verteilung der akkumulierten Ladung entlang dem Band mit der Beschränkung des Niveaus der Beladung des Bandes. Diese Faktoren bestimmen die Empfangs-, Durchlass- und ausgebend Fähigkeit der Bandanlage geradeaus, deshalb sind in den Bestand des Modells der Beladung der Bandanlage aufgenommen:

- Das Modell der Ladeeinrichtung, die mit dem Bunker und Schoren versorgt ist;
- Das Modell, das die Verteilung der Ladung der Bandanlage beschreibt.

Bei der Modellierung des Systems der Regulierung der Beladung, zum Beispiel, muß man die dynamischen Eigenschaften der Ladeeinrichtung berücksichtigen. Die Konstruktion und die Parameter der Ladeeinrichtung der Bandanlage sollen wie bei der Modellierung des Systems der Regulierung der Beladung, als auch bei der Projektierung des technologischen Reglers (der Regler der Beladung der Bandanlage) berücksichtigt werden.

Für die akkumulierende Fähigkeit der Ladeeinrichtungen ist gleich

$$G_z(t) = G_{z0} + \int_0^t (q_{zz}(t) - q_{kz}(t)) dt, \quad (7)$$

Wo $G_z(t)$ - die Menge der Ladung, die in der Ladeeinrichtung angesammelt ist, kg;

G_{z0} - Die Anfangsmenge der Ladung, die in der Ladeeinrichtung angesammelt ist, das kg;

$q_{zz}(t)$ - Produktivität der Beladung der Ladeeinrichtung, kg / s;

$q_{kz}(t)$ - Produktivität der Bandanlage, kg / s.

Maximale zulässige Werte G_{zmax} angesammelter Ladung bestimmt die Bedingung der normalen Arbeit der Bandanlage.

Für die Ladeeinrichtung, die mit den Schoren (Einrichtung, die das Niveau der Beladungen bis zu der Größe Q_{kmax} beschränkt) versorgt ist, ist gleich

$$q_{kz}(t) = \begin{cases} q_{zz}(t), & \text{wenn } q_{zz}(t) < q_{kzmax}(t) \text{ und } G_z(t) \leq 0; \\ q_{kzmax}(t), & \text{wenn } q_{zz}(t) \geq q_{kzmax}(t) \text{ oder } G_z(t) > 0, \end{cases} \quad (8)$$

$q_{kzmax}(t)$ - aktuell Werte der maximal zulässigen Produktivität der Beladung, kg/s.

Die Werte $q_{kzmax}(t)$ haengt von der Geschwindigkeit der Bandanlage in der Zone der Beladung ab

$$q_{kzmax}(t) = v_{kz}(t) Q_{kmax}. \quad (9)$$

Die Beladung der Bandanlage unter der Ladeeinrichtung klärt sich vom Ausdruck

$$Q_{kz} = \frac{q_{kz}(t)}{v_{kz}(t)}. \quad (10)$$

Für die Beladung in der Entfernung l von der Stelle der Beladung ist rechtmäßig

$$Q_{kl}(t) = Q_{kz}(t + t_l), \quad (11)$$

t_l - die Zeit, für die das Bandanlage auf die Entfernung l versetzt wird.

Die Werte t_l klärt sich aus der Bedingung

$$l = \int_0^{t_i} v_k(t) dt, \quad (12)$$

$v_k(t)$ die Abhängigkeit der Geschwindigkeit der Bewegung der Bandanlage von der Zeit in der Entfernung l .

Bei der variabeel Beladung nach der Länge der Bandanlage für die allgemeine Masse der Ladung m_L , die sich am laufenden Band ist rechtmäßig befindet

$$m_L = \int_0^{L_K} Q_{kl}(l) dl, \quad (13)$$

L_K - die Länge der Bandanlage, m;

$Q_{kl}(l)$ - die Beladung der Bandanlage in der Entfernung l vom Anfang der Bandanlage, kg/s.

Für die Berechnung der Menge der Ladung, die sich am laufenden Band nach dem Ausdruck (13) muß haben Information über die Verteilung der Ladung nach der Länge der Bandanlage (das Profil) befindet. Für die Konstruktion solchen Profils ist das Bandanlage zweckmässig, auf die elementaren Bereiche Δl_i zu verteilen, auf jedem von denen sich die Ladung der Masse m_i befindet

$$m_i = \Delta l_i Q_{kl}(l_i), \quad (14)$$

l_i - die Entfernung von der Stelle der Beladung bis zu dem Bereich, m;

$Q_{kl}(l_i)$ - Die mittlere Werte der Belastung auf dem Bereich.

Die Information über m_i für jedes Bereich wird durch die Zeiträume Δt erneuert, die sich aus der Bedingung klären

$$\Delta l_i = \int_0^{\Delta t} v_k(t) dt. \quad (15)$$

Die Information über das Profil der Ladung ermöglicht bei Vorhandensein von zwei und einigen Punkten der Beladung am laufenden Band, die vollste Beladung ganzen Bandanlage mittels der Regulierung der Geschwindigkeit des Bandes und der Produktivität der Ladeeinrichtungen unter Berücksichtigung ihrer akkumulierenden Fähigkeit zu verwirklichen. Das Steuersystem der Güterstrom soll die Überfüllung der Ladeeinrichtung in den transitiven Regimes der Arbeit verhindern.

3. Modellierung der Prozesse im Bandanlage

Das Modell der Bandanlage, das aufgrund der vorgestellten höher mathematischen Beschreibung gebaut ist, ermöglicht, die nächsten Aufgaben zu entscheiden:

- Die Analyse der dynamischen Regimes der Steuersysteme der elektrische Bandanlageantrieb bei der Veränderung der aufgebend und empörend Einwirkungen, der Strukturen und der Parameter der Steuersysteme bei der Regulierung der Gurtspannung mit Hilfe der Spannungseinrichtungen verschiedener Typen;

- Die Berechnung der Verteilung der Belastungen zwischen den Trommeln bei verschiedenen Schemen der elektrischen Antriebe und die Strukturen des Systems der Regulierung der Geschwindigkeit;

- Die Berechnung der Kraft - und energetischen Prozesse bei dem zufälligen Charakter der Beladung und der Stabilisierung der Beladung der Bandanlage unter Berücksichtigung der möglichen Vereitelungen der Kupplung des Bandes mit den Trommeln.

Die Realisierung der entwickelten mathematischen Modelle verwirklicht sich im Kreis des Systems des Imitationpaketes MATHLAB.

Die Konstruktion der Modelle, die auf die Loesung einer bestimmten Aufgabe ausgerichtet werden, verwirklicht sich mittels der Komposition der entsprechend Moduln. Berücksichtigend die identische Struktur der mathematischen Beschreibung der Teilen der Bandanlage, kann man den typisierten Modul des Blockdiagrammes der Modellierung in SIMULINK in die Übereinstimmung mit den Ausdrücken (1), (2) und (6) anbieten. Der Modul ist auf der Fig. 3 aufgezeigt.

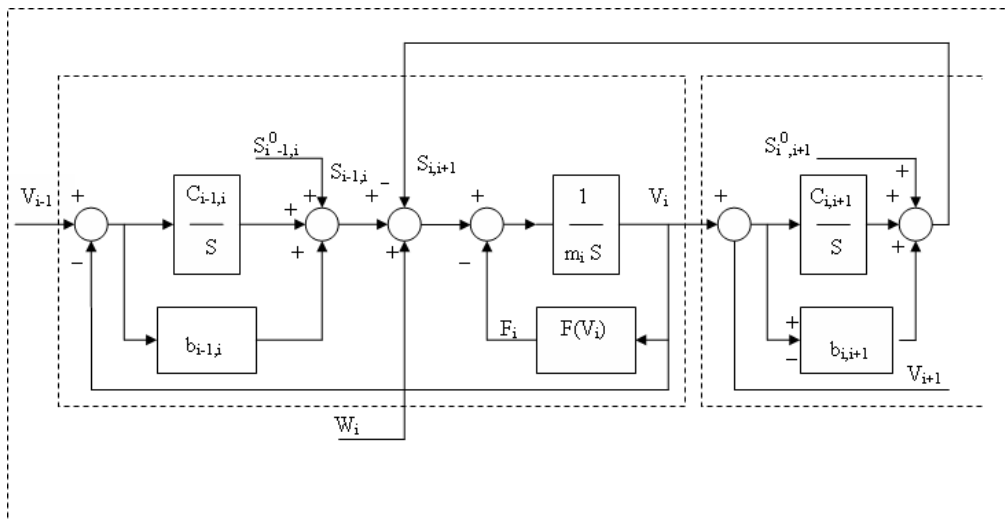


Fig. 3. Typisierten Modul des Blockdiagrammes der Bandanlage

Insbesondere werden so die Gurteteile, die mit den Antriebsstrommeln verbunden sind, modelliert. Das Gurt, das sich nicht mit den Trommeln berührt, wird von den nacheinander folgenden verbundenen Modulen modelliert, jeder von denen $W_i=0$ hat und enthält eine konzentrierte Masse und eine elastische Verbindung. Die Eingangs- und Abgabesignale solcher Module sind die Geschwindigkeiten v_i der entsprechend konzentrierten Massen und die Spannungskraft $S_{i,i+1}$ der elastischen Verbindung, die nicht des Moduls bildet.

Die Anfangswerte der Spannungen klären mit Hilfe der Vorausberechnung des Starts und Stops der Bandanlage mit den Anfangswerten, die vorher gewählt identisch und gleich der vermuteten mittleren Werte der Gurtspannung.

Je nach der entschiedenen Aufgabe werden die Rechenschemen mit verschiedener Zahl der konzentrierten Massen und, entsprechend, verschiedener Zahl der Module, die in das Imitationsmodell eintreten, entwickelt.

Zum Beispiel, für die Berechnung der transitiven Prozesse bei dem Start und der Geschwindigkeitsregulierung der Zweitrommelstation ist das Imitationsmodell entwickelt. Das Modell annimmt die nächsten konzentrierten Massen:

- Erste Trommel mit dem Reduziergetriebe und dem Rotor des Motors;
- Zweite Trommel mit dem Reduziergetriebe und dem Rotor des Motors;
- Das Bereich der Bandanlage zwischen den Trommeln zusammen mit dem Gurt, das sich mit erster von der Trommel berührt;
- Das Bereich der Bandanlage zwischen zweit von der Trommel und die ablehnend Trommel zusammen mit dem Bereich des Gurtes, das sich mit zweit von der Trommel berührt, und der ablehnend Trommel, und auch zusammen mit der rückstellend Trommel mit dem Bereich des Gurtes, das sich mit der rückstellend Trommel berührt, und dem Bereich des Gurtes zwischen der rückstellend Trommel und die ablehnend Trommel;
- Der Lastzweig des Bandes der Bandanlage, bestehend aus 1, 10 oder 50 Massen;
- Die Zugtrommel mit dem Bereich des Gurtes, das sich mit der Zugtrommel berührt;
- Die Leerzweig der Bandanlage zusammen mit der ablehnend Trommel mit dem Bereich des Gurtes sich berührend mit ihm und dem Bereich des Gurtes zwischen ablehnend und erstem von den Trommeln, bestehend aus 1, 10 oder 50 Massen.

Die Antriebsstation ist mit zwei asynchronen elektrischen Antrieben mit der Vektorsteuerung ausgestattet. Der Moment des Slaveantriebs wird gleich dem Moment des Masterantriebs gebildet. In den Heck der Bandanlage ist die "harte" Spannungseinrichtung des Gurtes eingerichtet. Die Geschwindigkeitssollwerteinrichtung gewährleistet die lineare Veränderung der Sollwert von 0 bis zu 100 % für 30 s. Es sind die Modellierung der Bandanlage von der Länge 1110 m bei dem Start ohne Ladung geleitet. Auf der Fig. 4 sind die zeitweiligen Diagramme der Sollwert ω_z , der Geschwindigkeiten ersten ω_1 und zweiten ω_2 Motoren dargestellt, und auch der Momente ersten M_1 und zweiten M_2 der Motoren (die Momente sind in 5 Male für die Erleichterung des Vergleiches mit den experimentalen Daten vergrößert). Als der Geschwindigkeitsregler ist der Proportional - Integralregler mit Zeitkonstant 15 s und dem Koeffizienten der Verstärkung des proportionalen Teiles gleich 1 verwendet.

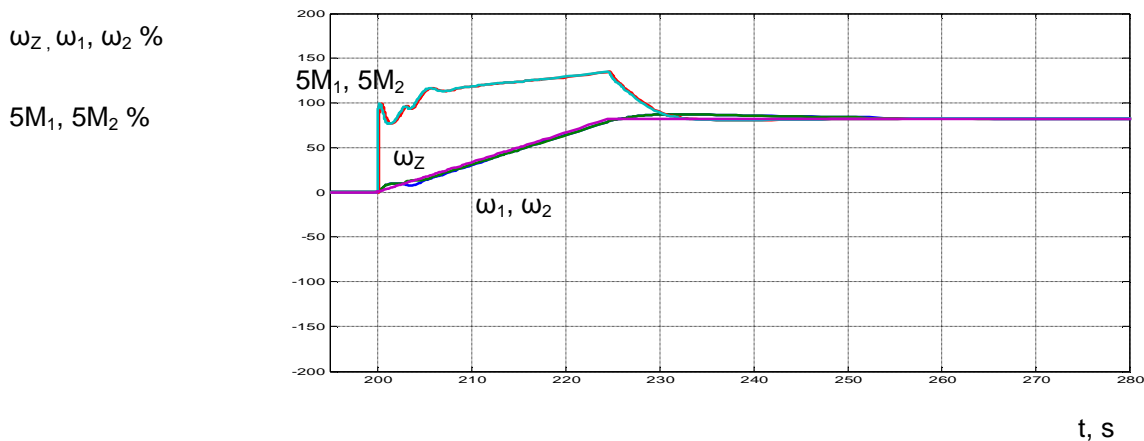


Fig. 4. Diagramme der Geschwindigkeit und des Momentes der Motoren

Auf der Fig. 5 sind die experimentalen Diagramme dargestellt

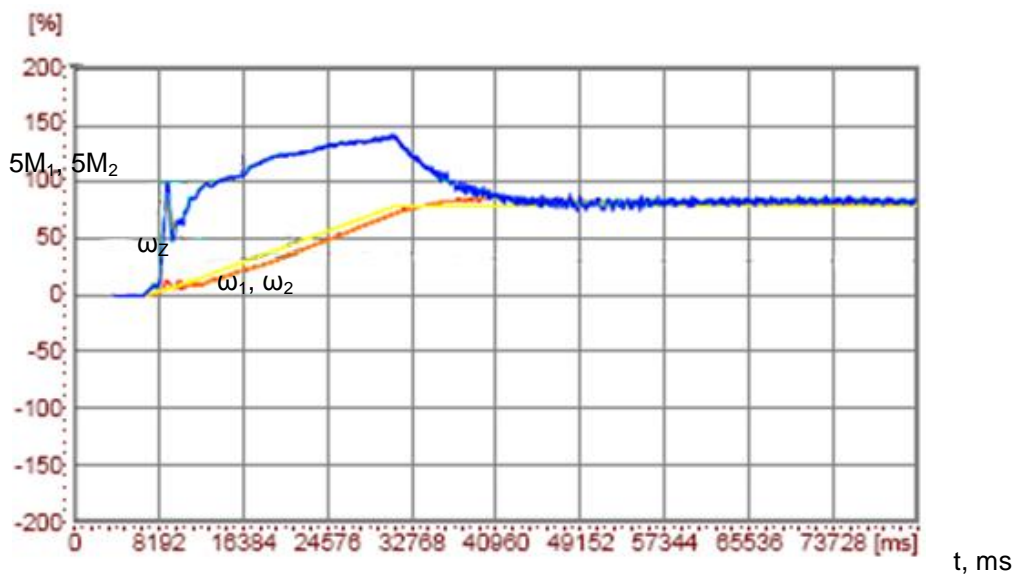


Fig. 5. Experimentale Diagramme der Geschwindigkeit und des Momentes der Motoren

Der Vergleich der Ergebnisse der Modellierung hat aufgezeigt, dass die Vergrößerung der Zahl der Massen in den Ersetzungsschemen der der last-und leer Zweige der Bandanlage mit 10 bis 50 zur wesentlichen Erhöhung der Genauigkeit der Modellierung der Prozesse des Starts und der Regulierung der Geschwindigkeit der Bewegung der Bandanlage nicht fuehrt.

Aufgrund der Modellierung der transitiven Prozesse im Bandanlage ist die Methodik der vorhergehenden Abstimmung des PI-Reglers der Geschwindigkeit entwickelt. In der ersten Etappe der Abstimmung des Reglers erfüllen entsprechend den Parametern des Schemas der Ersetzung bestimmt nach den existierend technischen Charakteristiken der Station. Dann werden aufgrund der zeitweiligen Diagramme der Geschwindigkeit und des Momentes, der während der Probeschaltungen der Bandanlage bekommen ist, die Parameter des Ersetzungsschemas präzisiert und der Abstimmung des Reglers der Geschwindigkeit korrigiert werden.

Daraufhin sind die Modellierung der transitiven Prozesse der Bandanlage die Forderungen zur Einstellungen des Regelsystems der Geschwindigkeit, die den Beschränkungen der Schnelligkeit des Systems der Stabilisierung der Spannung entsprechen, bestimmt.

Die Modellierung der Antriebsstation mit den zwei Trommeln und das System der Umverteilung der Aufgabe des summarischen Momentes zwischen den Antrieben hat die Effektivität solchen Systems aufgezeigt.

4. Zusammenfassung

Aufgrund der mathematischen Beschreibung wurde das Modell der Bandanlage entwickelt, das auf System der Imitationsmodellierung SIMULINK des Paketes MATHLAB basiert. Es ist ein mathematisches Imitationsmodell entwickelt, das die verteilten Massen des Antriebes, der Trommeln,

der Tragrollen, des Gurtes, ihre elastische und zähflüssige Eigenschaften, die Charakteristike der Kupplung des Bandes mit einige Trommeln, die Zusammenarbeit des Antriebes mit der Spannungseinrichtung, die elektromagnetischen Umsetzungen im elektrischen Antrieb berücksichtigt.

Es wurden die zug-dynamischen und energetischen Prozesse in das Modell bei der Start-, Stopregimes, der Be-, und Ausladung der Bandanlage und die Algorithmen der Steuerung der Bandanlage untersucht. Es sind die Methodiken der Abstimmung der Parameter der Geschwindigkeits- und Momentesregler und unter den Minebedingungen und Rücksicht auf Besonderheiten jeder Bandanlage ausgearbeitet. Die Ergebnisse der Modellierung werden mit experimentalen Forschungen bestätigt.

Literature:

- [1] Справочник по автоматизированному электроприводу / Под. Ред. В. А. Елисеева и А.В. Шинянского. – М.: Энергоатомиздат, 1983.
- [2] Hans Lauhoff. Ob wirklich die Regulierung der Geschwindigkeit der Bandfließbänder zur Einsparung der Energie beiträgt? / Gtuckauf, 2006, № 1. Seite 9-16.
- [3] ОСТ 12 14 130-79. Конвейеры ленточные шахтные. Методика расчета.

Recenzia/Review: *prof. Ing. Ján Boroška, CSc.*