

- при проектуванні розподільника імпульсів інвертора напруги встановлено, що для отримання раціонального значення на виході, співвідношення тривалості нульового і максимального значення вихідної величини повинно складати 1:3 забезпечуючи також уникнення умов КЗ джерела при перемиканні ключів силового блоку;
- для схеми рис.5 регулятор автоматичної системи стабілізації має ПІД структуру;
- вимоги до швидкодії та точності автоматичної системи стабілізації напруги джерела електропостачання не значні із-за не швидкої зміни навантаження та можливого обмеження перепаду напруги у межах  $\pm 15\%$  від номіналу.

#### Список використаних джерел

1. Бородай В.А. Моделирование систем импульсно-фазового управления преобразовательных устройств /В.А. Бородай, А.Р. Ковалев // Гірн. Електромеханіка та автоматика: Наук. – техн. зб. – 2015 – Вип. 94. – С 64 – 69.
2. Бородай В.А. Широтно-импульсный регулятор с координатно-фазовым управлением скважности /В.А. Бородай, А.Р. Ковалев // Гірн. Електромеханіка та автоматика: Наук. – техн. зб. – 2015 – Вип. 95. – С 54 – 58.

*Рекомендовано до друку: к-том техн. наук, доц. Галушко О.М.*

УДК 622.64:621.318.4

**В.М. Прокуда, канд. техн. наук.**

*(Україна, Дніпро, Державний ВНЗ "Національний гірничий університет")*

## ВИЗНАЧЕННЯ ЗАВАНТАЖЕННЯ ШАХТНОГО КОНВЕЄРА З РЕЗИНОТРОСОВОЮ СТРІЧКОЮ ДЛЯ АНАЛІЗУ ЙОГО ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ

**Анотація.** У статті запропоновано спосіб визначення завантаження конвеєрної стрічки за допомогою індукційного датчика, що може бути використано при впровадженні частотно-регульованого приводу, а також для отримання інформації щодо енергоефективності конвеєрних ліній. Розроблено аналітичну модель, котра дає можливість знаходити масу завантаженої або порожньої стрічки конвеєра за ЕРС індукції, що наводиться у котушці індуктивності, залежно від вимушених коливань тросу. Виконано моделювання процесу завантаження конвеєра та відповідних коливань тросу у середовищі MATLAB Simulink. Виконано аналіз спектру вимушених коливань тросу, та отримано що, за період завантаження конвеєра зростають коливання стрічки на нижчій частоті, а при сході з нього вантажу – на частоті більшій у два рази, що відповідає теоретичним міркуванням.

**Ключові слова:** стрічковий конвеєр, енергоефективність, індукційний датчик, коливання тросу.

**Аннотация.** В статье предложен способ определения загрузки конвейерной ленты с помощью индукционного датчика, что может быть использовано при внедрении частотно-регулируемого привода, а также для получения информации об энергоэффективности конвейерных линий. Разработана аналитическая модель, которая дает возможность находить массу загруженной или пустой ленты конвейера по ЭДС индукции, которая наводится в катушке индуктивности, в зависимости от вынужденных колебаний троса. Выполнено моделирование процесса загрузки конвейера и соответствующих колебаний троса в среде MATLAB Simulink. Выполнен анализ спектра вынужденных колебаний троса, и получено, что за период загрузки конвейера растут колебания ленты на более низкой частоте, а при сходе с него груза - на частоте большей в два раза, что соответствует теоретическим рассуждениям.

**Ключевые слова:** ленточный конвейер, энергоэффективность, индукционный датчик, колебания троса.

**Abstract.** A method for determining the loading of a conveyor belt by means of an induction sensor is proposed. Its can be used for the introduction of a frequency-controlled drive, as well as for obtaining information on the energy efficiency of conveyor lines. An analytical model is developed, which makes it possible to find a lot of loaded or empty conveyor belt for EMF induction, given in inductor, depending forced oscillations rope. The simulation of the process of loading the conveyor and the corresponding oscillations of the conveyor cable in the MATLAB Simulink environment is performed. The analysis of the spectrum of the forced oscillations of the rope is made, but it is found that during the loading of the conveyor the fluctuations of

the tape at the lower frequency increase, and at the approach of the cargo - at a frequency more than twice that corresponds to the theoretical reasoning.

**Keywords:** belt conveyor, energy efficiency, induction sensor, rope fluctuations.

**Постановка задачі** Магістральний конвеєрний транспорт є одним з найбільш енергоємних споживачів вугільних шахт [1, 2]. Визначення питомого електроспоживання поодиноких магістральних конвеєрів для підвищення енергоефективності становить суттєву задачу, адже системи обліку електроенергії у підземних споживачів як правило відсутні, або не відкалібровані належним чином [3-5]. Можливо визначити електроспоживання за непрямим показником – масою вугілля на стрічці. Для реалізації названого методу існують такі технічні засоби:

- конвеєрні ваги. У процесі зважування відбувається постійний механічний зніс деталей ваг, і як наслідок – необхідність їх доволі частого обслуговування та заміни [6];
- оптичний датчик. Вимірювання об'єму вугілля (зважуючи на відому щільність відповідно також і маси), яке транспортується за допомогою випромінювача і фотодатчика, встановленого над конвеєрним ставом. Існує складність їх застосування у запылених середовищах, таких як шахтні виробки, навіть при малій довжині хвилі випромінювання (радіоактивні випромінювачі), оскільки при вивантаженні рудничної маси на конвеєр в атмосферу надходить значна кількість дрібних металевих частинок [7];
- акустичний датчик. Маса вугілля, що вивантажується, визначається за інтенсивністю акустичного випромінювання поблизу. Датчик знаходиться у стані розробки, про його переваги та недоліки говорити поки що рано [8].

Зважаючи на вищесказане, можна резюмувати, що надійних засобів для непрямого визначення питомого електроспоживання у літературних джерелах не було знайдено.

**Метою роботи** є розроблення способу визначення завантаження шахтного конвеєра з резинотросовою стрічкою за допомогою індуктивного датчика коливань.

**Завданням роботи** є розробка математичної та імітаційної моделей для визначення індуктивним датчиком завантаження конвеєрної стрічки, моделювання фізичного процесу коливань конвеєрної стрічки у програмному середовищі MATLAB.

**Основний матеріал.** Стрічка магістрального конвеєра підтримується вздовж ставу на роликкоопорах. Як правило, на початку або у кінці ставу розміщується двигун, що передає обертове зусилля на відповідний барабан. Між роликкооперами, що розміщені з інтервалом 0,5 – 1,5 м, стрічка рухається вільно, її поперечні коливання зумовлені випадковими рухами вугілля та його інтегральною масою між двома роликкооперами. Між роликкооперами у місці завантаження, окрім зусилля від наявності маси на стрічці, виникає також зусилля, зумовлене падінням вугілля (рис. 1):

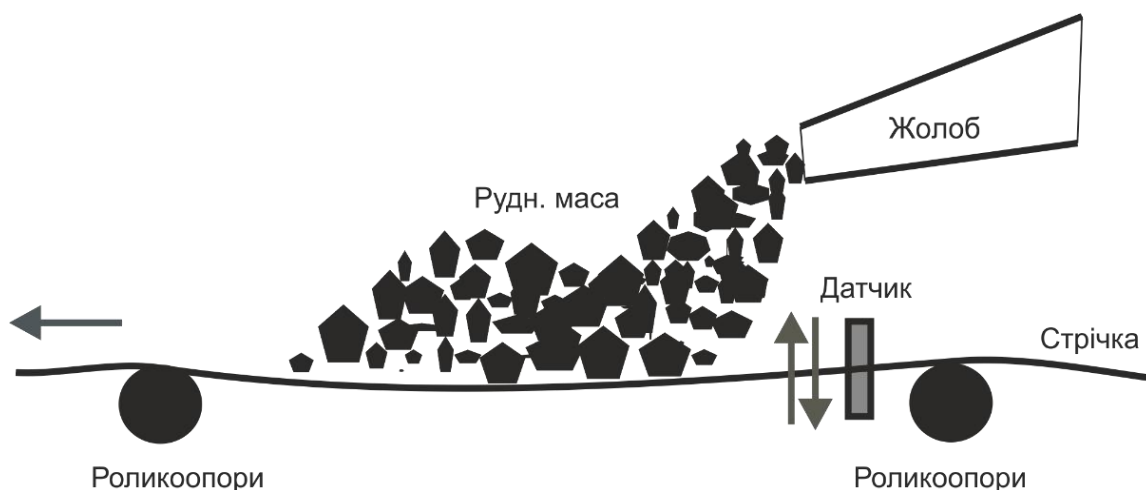


Рис 1. Схема надходження вугілля на конвеєрну стрічку

Ідея отримання даних про масу вугілля на стрічці полягає у використанні індукційного датчика знімання коливань каната, на зразок звукознімача електрогітари. Датчик, що наведений на рис. 2 біля правої роликкоопори, являє собою котушку індуктивності з постійним магнітом замість серцевини (рис 2).

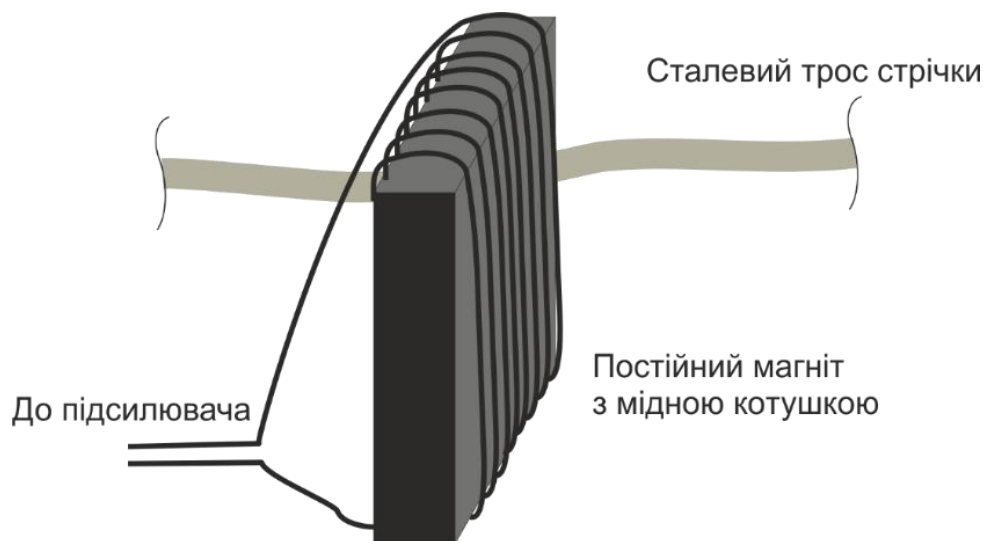


Рис 2. Схема датчика зміння коливань троса

ЕРС індукції, що наводиться у котушці датчика змінним магнітним полем, при коливаннях металевого тросу поблизу нього, визначається згідно закону так:

$$E = -\frac{d\Phi}{dt} = -K \frac{dA}{dt}, \quad (1)$$

де  $A$  – амплітуда коливань;  $dA/dt$  – швидкість коливань;  $K$  – коефіцієнт пропорційності, різний для кожної системи. Згідно із законом збереження енергії

$$\frac{kA^2}{2} = \frac{mV^2}{2}, \quad (2)$$

де  $k$  – коефіцієнт натягу троса;  $A$  – амплітуда коливань;  $m$  – маса вантажу зі стрічкою;  $V$  – швидкість коливань (те саме, що й  $dA/dt$ ). Звідси маса, яку необхідно знайти :

$$m = \frac{kA^2}{V^2} \text{ або } m = \frac{kA^2}{(dA/dt)^2} \quad (3)$$

Використовуючи формулу (1), запишемо

$$m = \frac{k \int Edt^2}{(E/K)^2} = \frac{K^2 k \int Edt^2}{E^2}. \quad (4)$$

Маса вантажу розраховується як різниця між визначеною за формулою (4) величиною та масою стрічки, котра фактично відома. Обробка отриманого за допомогою датчика сигналу (тобто змінної ЕРС) відбувається таким чином (рис 3):

1. З датчика коливань сигнал надходить на посилювач амплітуди струму;
2. За допомогою датчика струму сигналу надається цифрове відображення;
3. З отриманого цифрового сигналу на вході контролера формується в кожен дискретний момент часу значення амплітуди і частоти коливань;
4. Формується масив даних поздовжнього розподілення маси на конвеєрній стрічці, визначається інтегральна маса на стрічці.
5. Залежності від поточного стану вивантаження рудничної маси на конвеєр, формується інформація щодо електроспоживання двигуна конвеєра.

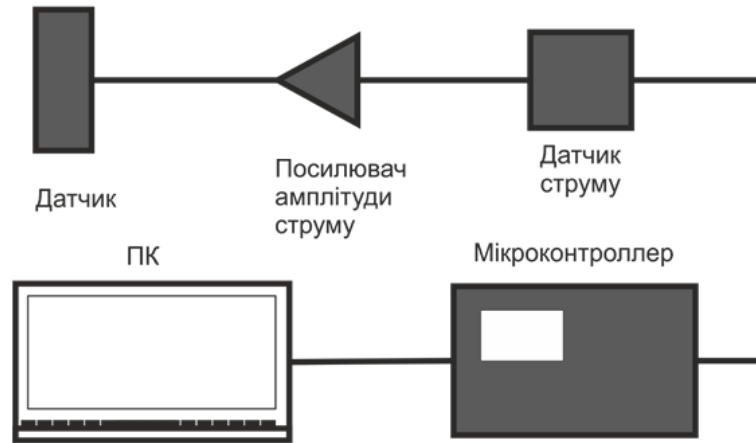


Рис 3. Принципова схема зв'язку між датчиком коливань та ПК для обробки результатів енергомоніторингу

Для перевірки математичної моделі була розроблена імітаційна у програмному середовищі MATLAB Simulink. Вигляд розробленої моделі наведено на рис. 4.

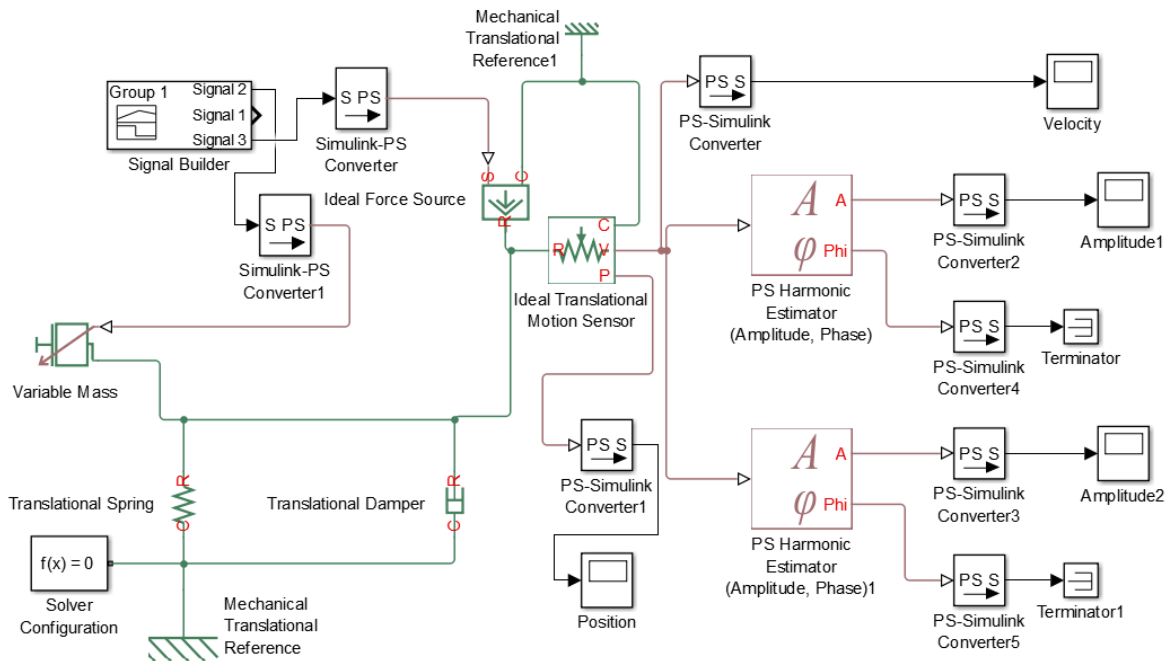


Рис. 4. Вигляд розробленої моделі у програмному пакеті MATLAB Simulink

Механічні коливання конвеєрної стрічки описуються за допомогою блоків translational spring (пружина, що моделює поступальний рух), translational damper (поступальний демпфер), variable mass (змінна маса), ideal force source (джерело ідеальної сили). За допомогою блока signal builder (моделювання сигналу) подаються значення змінної маси та змінної сили, що відповідають режимам роботи холостого та навантаженого конвеєра. Блок Signal 2 задає масу (в кг), а signal 3 – силу (в кН) навантаження (рис. 5).

Як видно з рис. 5, до 4-ї секунди конвеєр транспортує лише масу стрічки (у прикладі 200 кг), а протягом проміжку навантаження (до 12-ї секунди) приймає вантаж масою 300 кг/с. Після проміжку навантаження маса конвеєра знову набуває значення 200 кг.

За допомогою блока ideal translational motion sensor (ідеальний датчик поступального руху) розраховується швидкість коливань та положення маси у кожен момент часу. Згідно з вище наведеним методом визначається амплітуда та частота коливань – що виконується за допомогою блоків ps harmonic estimator (оцінка гармонійних коливань), котрі відрізняються заданим номером гармоніки для виміру: для першого блока (знаходяться вище на моделі) визначається амплітуда коливань 0,25 Гц (1-ша гармоніка), а для другого блока – 0,5 Гц (2-га гармоніка). На рис. 6, а) та б) наведено графік значення амплітуд відповідно для гармонік 0,25 та 0,5 Гц коливання конвеєрної стрічки.

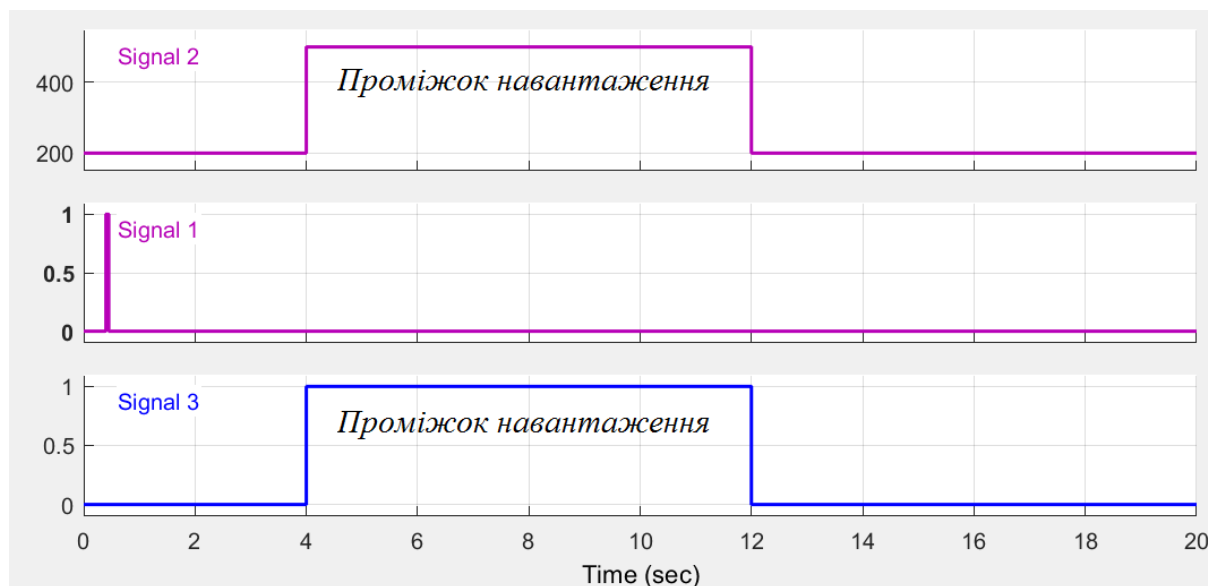


Рис. 5. Сформовані вхідні сигнали у блоці signal builder

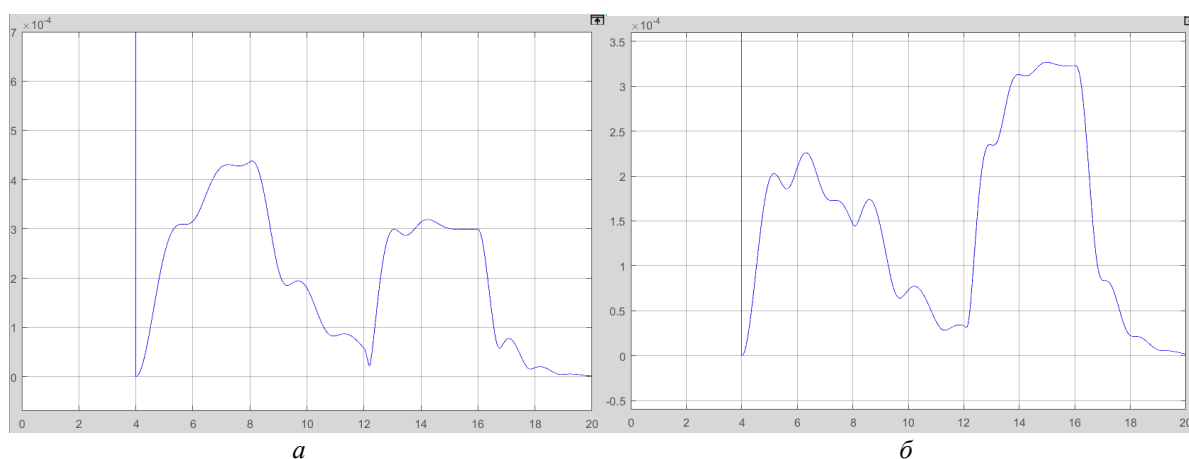


Рис. 6. Амплітуда сигналу гармонік 0,25 Гц (а) та 0,5 Гц (б) коливання конвеєрної стрічки

З виконаного моделювання можна зробити висновок, що за період завантаження конвеєра зростають коливання стрічки на нижчій частоті (в даному разі 0,25 Гц), а при сході з нього вантажу – на частоті 0,5 Гц, що відповідає теоретичним міркуванням.

**Висновки:** за допомогою запропонованого способу використання індукційного датчика визначення коливань конвеєрної стрічки можливо отримувати інформацію щодо завантаження конвеєра для керування частотно-регульованим приводом, а також для визначення вихідної інформації подальшого аналізу енергоефективності конвеєрів.

#### Список літератури

1. Пивняк, Г.Г. Новые способы и проекты повышения эффективности электроэнергетического комплекса угольной шахты / Пивняк Г.Г., Разумный Ю.Т., Заика В.Т. // Науковий вісник НГА України. - Дніпропетровськ: [НГА України] – 1999. – № 6. – С. 95–104.
2. Прокуда, В.Н. Исследование и оценка грузопотоков на магистральном конвейерном транспорте ПСП «Шахта «Павлоградская» ПАО ДТЭК «Павлоградуголь» / В.Н. Прокуда, Ю.А. Мишанский, С.Н. Проценко // Гірнична електромеханіка. – 2012. – № 88. – С. 107-111..
3. Типовое руководство по оборудованию и эксплуатации унифицированной телекоммуникационной системы диспетчерского контроля и автоматизированного управления горными машинами и технологическими комплексами (УТАС) в угольных шахтах (для Украины). Руководящий нормативный документ Министерства топлива и энергетики Украины. - Донецк: 2004. -100 с.

- 4 Научно-производственное предприятие Рудпромавтоматика [Электронный ресурс] – Режим доступа до даних: <http://www.gpa.ua/html/ru/products/index.php>
- 5 Система автоматизированного управления разветвленными конвейерными линиями САУКЛ [Электронный ресурс] – Режим доступа до даних: <http://www.instroyservis.com/index.php?page=saukl&lang=4>
- 6 Загорулько, А.Д. Методика выполнения измерений массы твердого топлива, поступающего на тепловые электростанции, автоматическими конвейерными весами / А.Д.Загорулько, В.А.Кравчук, В.А.Катунин. – М.: СПО «Союзте-хэнерго», 1990. – 9 с.
- 7 Кондрахин, В. П. Измерение грузопотока на ленточном конвейере с помощью съёмного тензоизмерительного устройства с учётом натяжения ленты / В. П. Кондрахин, Н. И. Стадник, П. В. Белицкий // Наукові праці Донецького національного технічного університету. Сер.: Гірничо-електромеханічна. – 2013. – Вип. 1. – С. 79–87. [Электронный ресурс] – Режим доступа до даних: [http://nbuv.gov.ua/j-pdf/Npdntu\\_gir\\_2013\\_1\\_11.pdf](http://nbuv.gov.ua/j-pdf/Npdntu_gir_2013_1_11.pdf)
- 8 Гаврилов, П.Д. Структура системы управления многоприводным ленточным конвейером / Гаврилов П.Д., Носков А.П.// Электротехника, №5, –2009 с. 17–21.

*Рекомендовано до друку: д-ром техн. наук, проф. Корсуном В.І.*

УДК 681.523:621.22

**В. В. Радченко, канд. техн. наук., доцент**  
(Україна, Запорізька державна інженерна академія)

### СЕМАНТИЧНА МОДЕЛЬ ПЕРЕТВОРЕННЯ ТРИФАЗНОГО СИГНАЛУ

***Анотація.** Наведена основа семантичної моделі перетворення трифазного сигналу, що дозволяє формувати впливи відповідно до змістовного наповнення контрольованого процесу. Розглянуті особливості формування основних компонентів моделі та їх взаємодії. Відображені впливи основних складових і компонентів процесу перетворення. Отримані характеристики перетворення відхилення параметрів сигналу і організації відповідних впливів. Показані основні можливості й шляхи організації ефективного енергоінформаційного обміну керованого технічного об'єкту.*

***Ключові слова:** Семантическая модель, преобразование трехфазного сигнала*

***Аннотация.** Приведена основа семантической модели преобразования трехфазного сигнала, позволяющая формировать влияния в соответствии с содержательным наполнением контролируемого процесса. Рассмотрены особенности формирования основных компонентов модели и их взаимодействия. Отражены влияния основных составляющих и компонентов процесса преобразования. Получены характеристики преобразования отклонения параметров сигнала и организации соответствующих влияний. Показаны основные возможности и пути организации эффективного энергоинформационного обмена управляемого технического объекта.*

***Ключевые слова:** Семантична модель, перетворення трифазного сигналу*

***Abstract.** Basis of semantic model of three-phase signal signal shaping, allowing to form influencing in accordance with the rich in content filling of process, is resulted. The features of forming of basic components of model and their co-operation are considered. Influencing of basic constituents and components of process of transformation is reflected. Descriptions of transformation of rejection of parameters of signal and organization of the corresponding influencing are got. Basic possibilities and ways of organization of effective energyinformation exchange of the guided technical object are shown.*

***Key words:** Semantic model, transformation of three-phase signal*

Існуючі моделі перетворення змінних сигналів переважно зорієнтовані на виділення вихідних величин без урахування семантичних складових процесів, що алгоритмічно надає їм ознак інерційності, [1, 2]. Тому розроблено відповідний метод динамічного визначення відхилення змінної величини від встановленого рівня, вільний зазначених недоліків, [1]. Основа його дії полягає у формуванні керуючого фазового впливу, пропорційного семантиці відхилення контрольованого синусоїдального сигналу, яка визначається порівнянням відповідно формованих інтегральних величин, [3]. Однак, семантика трифазних сигналів має особливості виділення й використання.

Залежно від варіанту реалізації перетворювача за одною з трифазних схем, сигнал на його виході може містити три пульсації або – шість впродовж періоду. Проте формування сигналу управління здійснюється ідентично. Тому адекватним є розгляд формування сигналу управління по одному каналу, рис. 1. На наведеній моделі другий робочий цикл, відповідний рівню  $u_1$ , умовно суміщений з відповідним пе-