

УДК 622.24

## **ОСНОВНЫЕ СВОЙСТВА ДВУХВХОДОВЫХ СТРУКТУР КОНТРОЛЯ ДИНАМИЧЕСКИХ ПРИРАЩЕНИЙ ПАРАМЕТРОВ БУРЕНИЯ**

*Перминов Б.А., Ягубов З.Х., Дементьев И.А., Игнатьев К.Г.*  
*Ухтинский государственный технический университет, г.Ухта*

**Ключевые слова:** двухвходовая структура, вариационная структура, крутящий момент, квазирезонанс, апериодическое звено, передаточная функция.

**Аннотация.** При локальном управлении технологического процесса бурения как правило используют динамические приращения параметров в качестве управляющих воздействий, однако средств измерения, способствующих процессу оптимального выделения приращений из общего информационного сигнала, практически не существует.

Авторы предлагают двухвходовую структуру контроля параметров бурения (крутящего момента), каналы измерения которой выполнены на вариационных схемах, позволяющих отсекалть постоянные составляющие сигнала. Структура характеризуется уникальными свойствами с высококачественными метрологическими, динамическими и частотными характеристиками. Особенности предлагаемого средства измерения являются:

- возможность вариационных структур выделять переменную составляющую из сложного входного сигнала с достаточным коэффициентом передачи без применения отдельных устройств измерения;
- получение пропорциональной зависимости на выходном блоке при попарном равенстве постоянных времени вариационных структур.

## **BASIC PROPERTIES OF TWO-STRUCTURES OF DYNAMIC CONTROL OF INCREMENTS OF THE DRILLING PARAMETERS**

*Perminov B.A., Yagubov Z.H., Demyntev I.A., Ignatyev K.G.*  
*Ukhta state technical university, Ukhta*

**Keywords:** dual input structure, variance structure, torque, quasisresonant, aperiodic link, transfer function.

**Abstract.** Under local management of technological process of drilling usually use dynamic increments to the parameters in the quality control actions, however, measuring instruments that contribute to the process of optimal allocation of increments of the common information signal, almost non-existent.

The authors propose a two-way structure for monitoring drilling parameters (torque), the measurement channels of which are made on the variational schemes that allow to cut off the constant components of the signal. The structure is characterized by unique properties with high-quality metrological, dynamic and frequency characteristics. Features of the proposed means of measurement are:

- the ability of variation structures to allocate a variable component of a complex input signal with a sufficient transmission ratio without the use of separate measurement devices;
- getting proportional to the output unit when the pairwise equality of the time constants of the variational structures.

Технологический процесс бурения скважин на нефть и газ является одним из сложнейших технологических процессов вследствие влияния на этот

процесс большого числа случайных факторов. Это определяет непостоянство технологических параметров бурения в режиме углубления скважины, которые всегда будут иметь некоторое динамическое приращение. При этом, оценить динамику работы бурильной колонны и буровой установки в целом значительно проще по динамическим приращениям параметров.

Средств измерения динамических приращений измеряемых величин в настоящее время практически не существует, а выделение приращений из сложной информации обычных измерительных измерений крайне затруднительно в связи с малостью сигнала приращения на фоне общего сигнала измерения.

В этой связи, анализ двухвходовых структур контроля параметров бурения, с помощью которых возможно оптимальное решение проблемы выделения переменных составляющих из сложного сигнала, является весьма востребованным.

Двухвходовая структура представляет собой средство измерения [1], состоящее из двух каналов измерения, построенных на вариационных схемах с встречно-параллельно включёнными аperiodическими звеньями, что обеспечивает операцию дифференцирования входного параметра [2]. Включение вариационных структур в каналы измерения позволяет отсекал постоянные составляющие входного сигнала, что сводит статические составляющие погрешностей измерения к минимуму. Кроме того, наличие блока деления, к входам которого подключаются выходы каналов измерения, определяет получение результата в виде приращения крутящего момента косвенным методом, при котором взаимно компенсируются синфазные погрешности и ряд случайных погрешностей. Иными словами, погрешности измерения двухвходовых структур минимальны [3].

Передаточная функция вариационной структуры, например, канала измерения мощности, записывается уравнением вида:

$$W_N(p) = \frac{k_N \cdot p \cdot (T_2 - T_1)}{T_1 \cdot T_2 \cdot p^2 + (T_1 + T_2) \cdot p + 1}, \quad (1)$$

где  $W_N(p)$  – передаточная функция вариационной структуры канала измерения мощности;

$k_N$  – статический коэффициент передачи вариационной структуры канала;

$T_1, T_2$  – постоянные времени аperiodических звеньев вариационной структуры, с;

$p$  – оператор Лапласа.

Выражение (1) с использованием преобразования Фурье может быть представлено в виде частотной функции:

$$W_N(j \cdot \omega) = \frac{k_N \cdot j \cdot \omega \cdot (T_2 - T_1)}{-T_1 \cdot T_2 \cdot \omega^2 + (T_1 + T_2) \cdot j \cdot \omega + 1}, \quad (2)$$

где  $j$  – мнимая единица,  $j = \sqrt{-1}$ ;  $j^2 = -1$ ;

$\omega$  – угловая частота (угловая скорость), рад/с.

Из частотной функции (2) могут быть получены основные частотные характеристики, при исследовании которых определено, что на частотах, равных

$$\omega = \sqrt{\frac{1}{T_1 \cdot T_2}}, \quad (3)$$

в вариационной структуре каналов измерения возможно наступление явления квазирезонанса, при котором мнимая составляющая частотной функции обращается в ноль, т.е. при квазирезонансе вариационная структура свободна от частотных искажений [5].

Большой интерес представляют исследования динамических свойств двухвходовых структур. Решение дифференциального уравнения динамики вариационной структуры, согласно её передаточной функции, имеет вид:

- для канала измерения мощности:

$$y_N(t) = k_N \cdot \left( e^{-\frac{t}{T_2}} - e^{-\frac{t}{T_2}} \right); \quad (4)$$

- для канала измерения угловой скорости:

$$y_\omega(t) = k_\omega \cdot \left( e^{-\frac{t}{T_3}} - e^{-\frac{t}{T_4}} \right); \quad (5)$$

- на выходе блока деления:

$$y_M(t) = \frac{y_N(t) \cdot x_N}{y_\omega(t) \cdot x_\omega} = \frac{k_N \cdot \left( e^{-\frac{t}{T_2}} - e^{-\frac{t}{T_2}} \right) \cdot x_N}{k_\omega \cdot \left( e^{-\frac{t}{T_3}} - e^{-\frac{t}{T_4}} \right) \cdot x_\omega}, \quad (6)$$

где  $y_M(t)$  – выходная величина двухвходовой структуры;

$x_N, x_\omega$  – входные воздействия каналов измерения;

$k_N, k_\omega$  – статические коэффициенты вариационных структур измерения мощности  $N$  и угловой скорости  $\omega$ , соответственно;

$T_1, T_2, T_3, T_4$  – постоянные времени аperiodических звеньев вариационных структур каналов измерения мощности и угловой скорости;

$e$  – основание натуральных логарифмов.

Если параметры настройки постоянных времени аperiodических звеньев вариационных структур каналов измерения мощности и угловой скорости приравнять попарно ( $T_1 = T_3; T_2 = T_4$ ), то выражение (6) примет вид [4]:

$$y_M(t) = \frac{y_N(t)}{y_\omega(t)} \cdot \frac{x_N}{x_\omega}. \quad (7)$$

Т.е. при попарном равенстве постоянных времени аperiodических звеньев вариационных структур каналов измерения двухвходовая структура вырождается в пропорциональное статическое звено, свободное от динамических искажений. Данное свойство двухвходовых структур весьма уникально и позволяет реализовать измерение динамических приращений отдельно по каналам измерений, а результат измерения получить в статических, пропорциональных величинах [6].

### Список литературы

1. Перминов Б.А., Перминов В.Б., Ягубов З.Х., Лапин А.Е. Анализ вариационной структуры динамического измерителя крутящего момента // Строительство нефтяных и газовых скважин на суше и на море. – М.: ОАО «ВНИИОЭНГ», 2015. – № 9. – С. 10-14.
2. Перминов Б.А., Перминов В.Б., Ягубов З.Х., Ягубов Э.З., Сесюк Е.Н. Особенности измерения крутящих моментов с использованием вариационных структур // Инженер-нефтяник. – М.: ООО «АйДиЭсДриллинг», 2016. – № 2. – С. 38-42.
3. Цхадая Н.Д., Перминов Б.А., Перминов В.Б., Ягубов З.Х., Ягубов Э.З. Синтез вариационной структуры при косвенных измерениях крутящего момента // Строительство нефтяных и газовых скважин на суше и на море. – М.: ОАО «ВНИИОЭНГ», 2016. – № 6. – С. 4-8.
4. Перминов Б.А., Перминов В.Б., Ягубов З.Х., Ягубов Э.З., Чумакова Н.В. Частотны искажения при измерении крутящего момента с использованием вариационных структур // Строительство нефтяных и газовых скважин на суше и на море. – М.: ОАО «ВНИИОЭНГ», 2016. – № 10. – С. 4-6.
5. Перминов Б.А., Перминов В.Б., Ягубов З.Х., Ягубов Э.З., Сесюк Е.Н. Особенности измерения градиента крутящего момента с использованием вариационных структур // Инженер-нефтяник. – М.: ООО «АйДиЭсДриллинг», 2016. – № 1. – С. 33-39.
6. Perminov B.A., Perminov V.B., Yagubov Z.H., Yagubov E.Z. Ratio of indicators in the system "drill string - drive" // Science & applied engineering quarterly. – SAEQ: UK, London. – 2016. Issue 08 APRIL-MAY-JUNE 2016. P. 7-13.

### References

1. Perminov B.A., Perminov V.B., Yagubov Z.H. Onshore and offshore oil and gas wells construction, analysis of the variation structure of the dynamic torque meter. – М.: VNIIOENG, 2015. – № 9. – P.10-14.
2. Perminov B.A., Perminov V.B., Yagubov Z.H., Yagubov E.Z., Sesyuk E.N. Features measurement of torque using variational structures // Petroleum Engineer. – М.: IDSDrilling", 2016. – № 2. – P.38-42.
3. Tskhadaya N.D., Perminov B.A., Perminov V.B., Yagubov Z.H., Yagubov E.Z. Synthesis of variational structure in the indirect measurement of torque // Construction of oil and gas wells on land and at sea. – М.: VNIIOENG, 2016. – №6. – P. 4-8.
4. Perminov B.A., Yagubov Z.H., Yagubov E.Z., Chumakova N.V. Frequency of distortion in the measurement of torque using variation structures // Construction of oil and gas wells on land and at sea. – М.: VNIIOENG, 2016. – № 10. – P. 4-6.
5. Perminov B.A., Perminov V.B., Yagubov Z.H., Yagubov E.Z., Sesyuk E.N. Features of the measurement of the torque gradient using the variational structures // Petroleum Engineer. – М.: Agestring, 2016. – № 1. – P. 33-39.
6. Perminov B.A., Perminov V.B., Yagubov Z.H., Yagubov E.Z. Ratio of indicators in the system "drill string - drive" // Science & applied engineering quarterly. – SAEQ: UK, London. – 2016. Issue 08 APRIL-MAY-JUNE 2016. P. 7-13.

#### *Сведения об авторах:*

#### *Information about authors:*

<b>Ягубов Зафар Хангусейн оглы</b> – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой электрификации и автоматизации технологических процессов	<b>Zafar H. Yagubov</b> – doctor of technical sciences, professor, head of department of electrification and automation of technological processes
<b>Дементьев Иван Алексеевич</b> – ассистент кафедры электрификации и автоматизации технологических процессов	<b>Ivan A. Dementiev</b> – assistant of department of electrification and automation of technological processes
<b>Игнатьев Константин Геннадиевич</b> – начальник отдела магистратуры	<b>Konstantin G. Ignatiev</b> – head of graduate school
Ухтинский государственный технический университет, г.Ухта	Ukhta state technical university, Ukhta

Получена 01.11.2018