

6-28-2018

## Cotton picker's spindle speed control by measuring sensor frequency

E.U Uljaev

*Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Department of Information Processing Systems and Management, Tashkent State Technical University. Tel. : (90) 966-90-10 (m.), e.uljaev@mail.ru*

U.M Ubaydullaev

*PhD student, Department of Information Processing Systems and Management, Tashkent State Technical University. Tel. : (90) 319-86-00 (m.), utkir2005@mail.ru*

Follow this and additional works at: <https://uzjournals.edu.uz/ijctcm>

 Part of the [Engineering Commons](#)

---

### Recommended Citation

Uljaev, E.U and Ubaydullaev, U.M (2018) "Cotton picker's spindle speed control by measuring sensor frequency," *Chemical Technology, Control and Management*: Vol. 2018 : Iss. 2 , Article 7.

Available at: <https://uzjournals.edu.uz/ijctcm/vol2018/iss2/7>

This Article is brought to you for free and open access by 2030 Uzbekistan Research Online. It has been accepted for inclusion in Chemical Technology, Control and Management by an authorized editor of 2030 Uzbekistan Research Online. For more information, please contact [sh.erkinov@edu.uz](mailto:sh.erkinov@edu.uz).

---

## Cotton picker's spindle speed control by measuring sensor frequency

### Cover Page Footnote

Tashkent State Technical University, SSC «UZSTROYMATERIALY», SSC «UZKIMYOSANOAT», JV «SOVPLASTITAL», Agency on Intellectual Property of the Republic of Uzbekistan

### Erratum

?????



УДК 62-98: 629

E.U.ULJAEV, U.M.UBAYDULLAEV

## COTTON PICKER'S SPINDLE SPEED CONTROL BY MEASURING SENSOR FREQUENCY

Белгиланган, ўзгармас кенгликдаги вақт интервалида импульслар сонини санаши усулини қўллаш орқали пахта териши машинаси шпинделларининг айланиш тезлигини ўлчаш масаласи қўриб чиқилган. Айланиш тезлиги ўзгаришида квантлаш хатолиги ҳисобланган. Назорат қилишнинг танланган усулида нисбий хатолик айланиш тезлигининг функцияси эканлиги аниқланган. Хатоликларни ҳисоблаш амалга оширилган ва шпинделнинг ҳар хил айланиш тезликларини ҳамда шу тезликларда ҳосил бўладиган хатоликларни моделлаштириш орқали олинган натижалари график шаклда кўрсатилган. Ўрта ва юқори айланиш тезликларда квантлаш хатолиги қониқарли даражада бўлиши мумкин, паст айланиш тезликларида эса, хатоликнинг амплитудаси қабул қилиниши мумкин бўлган қийматдан ошиб кетади.

**Калит сўзлар:** айланиш тезлигини ўлчаш, бурчак тезлигини ўлчаш, импульслар частотасини ўлчаш, импульслар частотаси орқали бурчак тезлигини назорат қилиши.

Рассмотрен вопрос проведения измерения скоростей вращения шпинделей хлопкоуборочной машины применением метода подсчета количества наблюдаемых импульсов внутри заданного временного интервала с постоянной шириной. Проведен расчет погрешности квантования при изменении скорости вращения. Установлено, что относительная погрешность выбранного метода контроля является функцией самой скорости вращения. Проведен расчет погрешности и на графическом виде показаны результаты модулирования скоростей вращения на различных частотах вращения шпинделей. Установлено, что в областях средних и высших частотах вращения погрешность квантования находится в приемлемой области, а при низкой скорости вращения амплитуда погрешности становится выше допустимого значения.

**Ключевые слова:** измерение скорости вращения, измерение угловой скорости, измерение частоты импульсов, контроль угловой скорости с помощью частоты импульсов.

The paper considers the problem of measuring the rotational speeds of spindles of a cotton picking machine, using the method of counting the number of observed pulses within a given time interval with a constant width. Calculation of the quantization error with a change in the rotational speed is carried out. It is established that the relative error of the chosen control method is a function of the speed of rotation itself. The calculation of the error is carried out and the results of the modulation of rotational speeds at various rotational speeds of the spindles are shown graphically. It is established that in the regions of medium and higher rotational frequencies the quantization error is in an acceptable region, and at a low rotation speed the error amplitude becomes higher than the permissible value.

**Keywords:** rotational speed measurement, angular speed measurement, pulse frequency measurement, angular velocity monitoring by pulse frequency.

Классический и, возможно, самый простой способ измерения частоты вращения ротора - это прямое измерение частоты импульсов, поступающих из датчиков [1-4]. В данном методе, подсчитывается количество наблюдаемых импульсов внутри заданного временного интервала с постоянной шириной. Угловая скорость затем приближается к дискретному инкрементному отношению, то есть постоянная скорость рассматривается внутри наблюдаемого интервала:

$$\omega = \frac{d\theta}{dt} \cong \frac{d\theta}{T_{sc}} \cong \frac{2\pi \cdot \Delta N}{N_p \cdot T_{sc}} [\text{рад} / \text{сек}] \rightarrow \frac{60 \cdot \Delta N}{N_p \cdot T_{sc}} [\text{об} / \text{мин}] \quad (1)$$

где  $N_p$  - количество импульсов на оборот (после квадратурного декодирования),  $T_{sc}$  – интервал времени, а  $\Delta N$  - количество наблюдаемых импульсов внутри этого интервала.

В ходе контроля скорости возникает ошибка квантования, наложенная на эффективную среднюю скорость внутри интервала наблюдения, которая зависит от неопределенности измеренного количества импульсов  $\Delta N$ , вызванного отсутствием синхронизации между импульсами датчика и самим интервалом наблюдения.

В этом случае абсолютную погрешность измерения ( $\Delta\omega$ ) от квантования скорости вращения шпинделя можно определить по формуле [5,6]:

$$\Delta\omega = \frac{2\pi}{N_p \cdot T_{sc}} [\text{рад} / \text{сек}] \rightarrow \frac{60}{N_p \cdot T_{sc}} [\text{об} / \text{мин}] \quad (2)$$

Уравнение (2) показывает, что погрешность квантования не зависит от рабочей скорости, а зависит только от количества импульсов датчика за оборот и интервала времени наблюдения, тогда относительная погрешность метода является функцией самой скорости, выраженной следующей формулой:

$$e_\omega = \frac{2\pi}{\omega \cdot N_p \cdot T_{sc}} \cdot 100\% \quad (3)$$

На рис.1 показаны временные и стационарные рабочие характеристики, моделированные с разными значениями числа импульсов на обороте ( $N_p$ ) и интервала наблюдения ( $T_{sc}$ ). На рис.1 показаны действительная и измеренная скорости вращения. В данном случае нами проведено измерение частоты вращения шпинделя. На рис.1а рассмотрен более длинный интервал наблюдения (1 сек) датчиком с низким разрешением (1 импульсов / оборот). На рис.1б приведен более короткий интервал наблюдения (0.5 сек) с более высоким разрешением (2 импульсов / оборот).

Поскольку произведение  $N_p T_{sc}$  является постоянным для обоих случаев, абсолютная погрешность измерения будет одинаковой и не будет зависеть от значения скорости, как показано в (2).

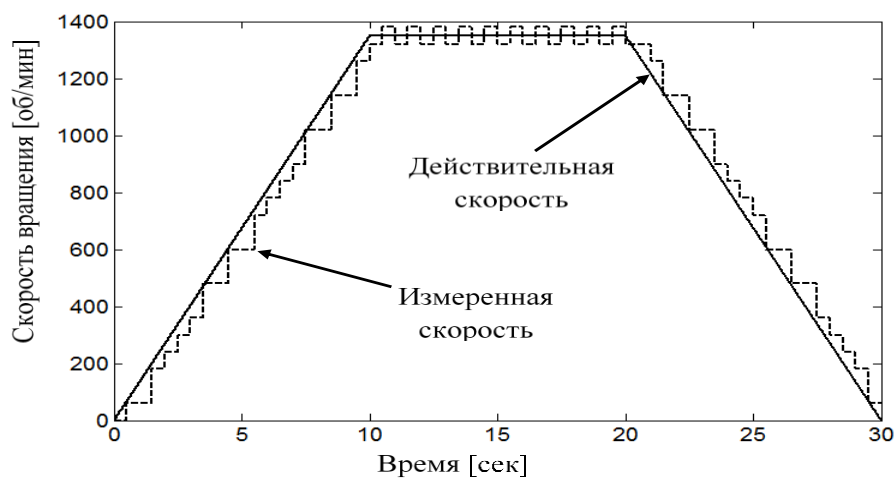
На рис.2 показана методика оценки погрешности измерения в графическом формате для некоторых практических случаев. Из графика видно, что области средних и высоких частот погрешность квантования вызывает процентную погрешность, которая во многих случаях является приемлемой, но в области с очень низкой скоростью амплитуда ошибки квантования такая же, как эффективная скорость, а процентная ошибка становится большой.

Требования к снижению стоимости контролируемых приводных систем можно обеспечить использованием более простых преобразователей (одиночных чувствительных пальцев), что приводит к повышению погрешности измерения при более высокой скорости в низкоскоростной области, а это приводит к снижению производительности системы.

Общепринятым способом уменьшения погрешности квантования, особенно в области низких скоростей вращения является увеличение времени выборки и периода контроля скорости, но это решение уменьшает пропускную способность контроллера. С целью уменьшения фиксированной, а также случайной погрешности и устранения ошибки избыточного квантования можно использовать низкочастотную фильтрацию, однако здесь образуется дополнительное время задержки, которое ухудшает быстродействия контура регулирования, иногда до недопустимого значения. Качества контроля можно достичь за счет использования фильтрации на основе скользящей среднего значения. В этом случае ширину интервала измерения необходимо выбрать с учетом требуемой точности установившейся погрешности измерения и динамической деградации производительности вращающихся механизмов. В этом случае коэффициент точности будет пропорционален длине интервального времени, используемого для фильтрации.



а)



б)

Рис.1. Временные и стационарные моделированные рабочие характеристики с разными значениями числа импульсов на обороте ( $N_p$ ) и интервала наблюдения ( $T_{sc}$ ).  
а)  $N_p = 1, T_{sc} = 1$  с; б)  $N_p = 2, T_{sc} = 0.5$  с.

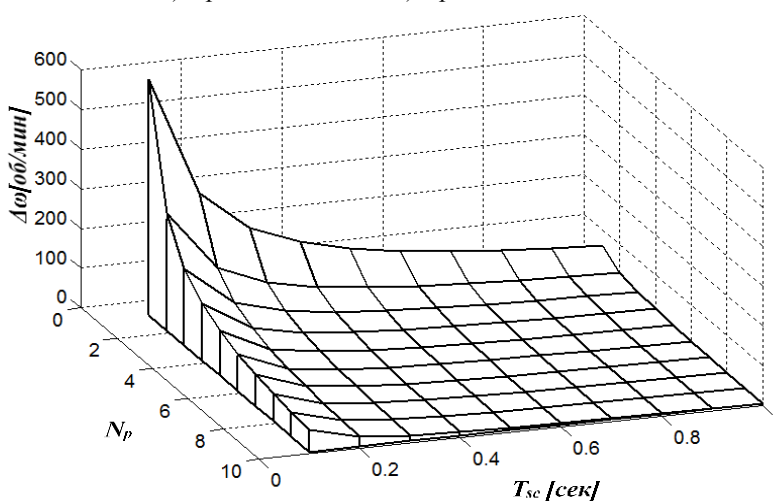


Рис.2. Методика оценки погрешности измерения в графическом формате для некоторых практических случаев.

Реализация метода измерения частоты очень проста, так как для вычисления постоянных членов в (1) требуется только вычисление  $\Delta N$  и одно умножение. Инкрементное измерение положения датчика/чувствительного элемента всегда выполняется специальным аппаратом квадратурного декодера. Квадратурный декодер нами организован внутри выделенного микроконтроллера серии AVR. Для дополнительного уменьшения погрешности можно использовать низкочастотный фильтр  $n$ -го порядка

Таблица 1.

Результаты расчета зависимости погрешностей измерения скоростей (частоты) вращения от измеренных интервалов времени и от количества чувствительных элементов датчика.

Кол. чувст. элем. $N_p$	Интервал времени $T_{sc}$ [сек]	Скорость вращения $\omega$ [об / мин]	Абсолютная погрешность $\Delta\omega$ [об / мин]	Относительная погрешность $e_\omega$ (%)
1	0,5	600	120	20,00%
1	0,5	1200	120	10,00%
1	0,5	2400	120	5,00%
1	1	600	60	10,00%
1	1	1200	60	5,00%
1	1	2400	60	2,50%
1	1,5	600	40	6,67%
1	1,5	1200	40	3,33%
1	1,5	2400	40	1,67%
1	2	600	30	5,00%
1	2	1200	30	2,50%
1	2	2400	30	1,25%
2	0,5	600	60	10,00%
2	0,5	1200	60	5,00%
2	0,5	2400	60	2,50%
2	1	600	30	5,00%
2	1	1200	30	2,50%
2	1	2400	30	1,25%
2	1,5	600	20	3,33%
2	1,5	1200	20	1,67%
2	1,5	2400	20	0,83%
2	2	600	15	2,50%
2	2	1200	15	1,25%
2	2	2400	15	0,63%
4	0,5	600	30	5,00%
4	0,5	1200	30	2,50%
4	0,5	2400	30	1,25%
4	1	600	15	2,50%
4	1	1200	15	1,25%
4	1	2400	15	0,63%
4	1,5	600	10	1,67%
4	1,5	1200	10	0,83%
4	1,5	2400	10	0,42%
4	2	600	7,5	1,25%
4	2	1200	7,5	0,63%
4	2	2400	7,5	0,31%

Ниже проведем, согласно формул (1),( 2) и (3) расчет возможных абсолютных  $\Delta\omega$  и относительных  $e_\omega$ (%) погрешностей квантования для различных количеств чувствительных

элементов ( $N_p$ ), интервалов времени ( $T_{sc}$  [сек]) измерения; скоростей вращения шпинделей ( $\omega$  [об/мин]).

Пример: определить абсолютную  $\Delta\omega$  и относительную  $e_\omega$  (%) погрешности скоростей вращения шпинделей при нижеприведенных случаях:

Первый случай:  $N_p = 1$ ;  $\omega = 600$  [об/мин];  $T_{sc} = 0.5$  с.

$$\Delta\omega = \frac{60}{N_p \cdot T_{sc}} = \frac{60}{1 \cdot 0.5} = 120 \text{ [об/мин]}$$

$$e_\omega = \frac{\Delta\omega}{\omega} \cdot 100 = \frac{120}{600} \cdot 100\% = 20\% .$$

Второй случай:  $N_p = 1$ ;  $\omega = 1200$  [об/мин];  $T_{sc} = 0.5$  с.

$$\Delta\omega = \frac{60}{N_p \cdot T_{sc}} = \frac{60}{1 \cdot 0.5} = 120 \text{ [об/мин]}$$

$$e_\omega = \frac{\Delta\omega}{\omega} \cdot 100 = \frac{120}{1200} \cdot 100\% = 10\% .$$

Результаты расчетов для остальных случаев приведены в таблице 1.

Из таблицы расчета видно, что величины абсолютных и относительных погрешностей измерения квантованных импульсов линейно зависят от количества чувствительных элементов, интервала времени и скорости вращения шпинделей. Из таблицы видно, что относительная погрешность обратно пропорциональна на  $N_p$ ,  $T_{sc}$  и  $\omega$ , а абсолютная погрешность обратно пропорциональна на  $N_p$ ,  $T_{sc}$  и не зависит на  $\omega$ .

#### References:

1. R.M. Kennel, "Why do incremental encoders do a reasonable good job in electrical drives with digital control," *Proceedings of the 41st IEEE Industry Applications Society Annual Meeting*, Tampa, FL, USA, Volume 2, 8÷12 October, 2006, pp. 925÷930.
2. B.J. Brunsbach, G. Henneberger, Th. Klepsch, "Speed Estimation with Digital Position Sensor," *Proceedings of the International Conference on Electrical Machines (ICEM'92)*, Manchester, 1992, pp. 577÷581.
3. N. Ekekwe, R. Etienne-Cummings, P. Kazanzides, "Incremental Encoder Based Position and Velocity Measurements VLSI Chip with Serial Peripheral Interface," *Proceedings of the IEEE International Symposium on Circuits and Systems (ISCAS'2007)*, New Orleans, LA, USA, 27-30 May, 2007, pp. 3558÷3561.
4. E. Uljaev, U.M. Ubaydullaev i dr. "Ustroystvo dlya kontrolya skorostey vrasch'eniya shpindeley hlopkouborochnoy mashiny". Ihtiroga patent. № IAP 05526. Agentstvo po intellektual'noy sobstvennosti Respubliki Uzbekistan, 2014. G. Liu, "On Velocity Estimation Using Position Measurements," *Proceedings of the American Control Conference*, Anchorage, AK, May 8÷10, 2002.
5. R.C. Kavanagh, "Improved Digital Tachometer With Reduced Sensitivity to Sensor Nonideality," *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, Vol. 47, No. 4, August 2000.

Улжаев Эркин – кандидат технических наук, доцент кафедры «Системы обработки информации и управление», ТашГТУ.

Тел.: (90) 966-90-10 (м.), E-mail.: [e.uljaev@mail.ru](mailto:e.uljaev@mail.ru);

Убайдуллаев Уткиржон Муродиллаевич – докторант кафедры «Системы обработки информации и управление», ТашГТУ.

Тел.: (90) 319-86-00 (м.), E-mail.: [utkir2005@mail.ru](mailto:utkir2005@mail.ru).