

УДК 531.746.088.2

ПОГРЕШНОСТИ ОСРЕДНЕНИЯ ШИРОТНО-ИМПУЛЬСНО МОДУЛИРОВАННЫХ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЕЙ НАПРЯЖЕНИЯ

В. А. Карпов, О. М. Ростоккина, Ю. Е. Котова, А. В. Карпов

Учреждение образования «Гомельский государственный технический
университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь

Показана зависимость погрешности осреднения широтно-импульсно модулированной последовательности напряжения от постоянных времени заряда и разряда конденсатора С фильтра нижних частот.

Ключевые слова: погрешность осреднения, ШИМ-последовательность, фильтр нижних частот.

ERRORS OF AVERAGING PULSE-WIDTH MODULATED VOLTAGE SEQUENCES

U. A. Karpau, V. M. Rastokina, Y. Y. Kotava, A. U. Karpau

Sukhoi State Technical University of Gomel, the Republic of Belarus

The report shows the dependence of the pulse-width modulated voltage sequence averaging error on the charge and discharge time constants of the low-pass filter capacitor C.

Keywords: averaging error, PWM-sequence, low-pass filter.

Операция осреднения широтно-импульсно модулированного (ШИМ) напряжения широко используется в измерительной и преобразовательной технике. Например, в микроконтроллерах цифро-аналоговые преобразователи (ЦАП) реализованы в виде ШИМ-выходов по напряжению, гальваническое разделение зачастую использует ШИМ-последовательности напряжения и т. д. Полезное напряжение ШИМ-последовательности – среднее напряжение, которое определяется как $U \approx E \frac{t_{\text{н}}}{T}$, где E – опорное напряжение; $t_{\text{н}}$, T – длительность и период ШИМ-последовательности. В качестве осредняющего устройства в простейшем случае используется RC -фильтр нижних частот (ФНЧ). Осреднение реализуется в соответствии с представленным выражением, если постоянные времени заряда и разряда конденсатора C ФНЧ идентичны, однако это реализуется не всегда. Так, выходное сопротивление портов микроконтроллеров, работающих в режиме ЦАП, значительно разнится в зависимости от состояния, т. е. сопротивления ключей верхнего и нижнего уровней в замкнутом состоянии не идентичны (типовые значения 70/300 Ом). Это ведет к изменению постоянных времени заряда и разряда конденсатора C ФНЧ и, как показано, к погрешности осреднения σ , которая выглядит следующим образом:

$$\sigma = \frac{\tau_{\text{н}} - \tau_{\text{п}}}{T} \frac{\left(1 - e^{-\frac{t_{\text{н}}}{\tau_{\text{н}}}}\right) \left(1 - e^{-\frac{t_{\text{п}}}{\tau_{\text{п}}}}\right)}{1 - e^{-\frac{t_{\text{н}}}{\tau_{\text{н}}} - \frac{t_{\text{п}}}{\tau_{\text{п}}}}},$$

где $\tau_{\text{н}}$, $\tau_{\text{п}}$ – постоянные времени заряда и разряда конденсатора ФНЧ; $t_{\text{н}}$, $t_{\text{п}}$ – длительности импульса и паузы, $t_{\text{н}} = T - t_{\text{п}}$; σ – приведенная погрешность осреднения, $\sigma = \frac{\Delta U}{E}$, где ΔU – абсолютная погрешность осреднения.

Следует отметить, что σ принимает максимальное значение при условии $\tau_{\text{н}}, \tau_{\text{п}} > T$, $t_{\text{н}} > \frac{T}{2}$ и составляет $\sigma = 0,5\delta$, где δ – относительный разброс постоянных времени $\tau_{\text{н}}$ и $\tau_{\text{п}}$.

Относительный разброс постоянных времени $\tau_{\text{н}}$ и $\tau_{\text{п}}$ δ может быть уменьшен до приемлемых уровней путем увеличения значений или R и/или C ФНЧ, однако это ведет к снижению быстродействия ФНЧ, т. е. к уменьшению быстродействия операции осреднения, что не всегда является допустимым.

Полученные количественные соотношения позволяют находить компромисс между погрешностью и быстродействием операции осреднения при заданных неравенствах постоянных времени $\tau_{\text{н}}$ и $\tau_{\text{п}}$, т. е. при заданных разбросах в сопротивлении открытого состояния ключей верхнего и нижнего уровней источника ШИМ-последовательностей напряжений.

Литература

1. Карпов, В. А. Анализ инструментальной погрешности двухосевого электролитического инклинометра. / В. А. Карпов, О. М. Ростокина, А. В. Карпов // Вестн. Гомел. гос. ун-та им. П. О. Сухого. – 2017. – № 1. – С. 77–80.
2. Анализ методической погрешности двухосевого электролитического инклинометра / В. А. Карпов [и др.] // Метрология и приборостроение. – 2018. – № 2. – С. 35–38.

УДК 621.38

КОНТРОЛЛЕР МЫШИ С УПРАВЛЕНИЕМ ЖЕСТАМИ

Д. А. Литвинов, А. В. Ковалев, А. В. Лашкевич

Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь

Организация бесконтактного интерфейса человека с компьютером с помощью жестов.

Ключевые слова: человеко-компьютерное взаимодействие, управление жестами, контроллер мыши.

MOUSE CONTROLLER WITH MOTION CONTROL

D. A. Litvinov, A. V. Kovalev, A. V. Lashkevich

Sukhoi State Technical University of Gomel, the Republic of Belarus

Organization of contactless human-computer interface using motion.

Keywords: human-computer interaction, motion control, mouse controller.

Будущее информационно-коммуникационных технологий, как правило, связывают с ростом производительности вычислительных систем, совершенствованием каналов связи, а также с расширением функциональности приложений и операционных систем. Однако углубленный анализ эффектов технологического развития дает основание полагать, что ключевую роль в формирующейся экосистеме тотального