

Александрова Т.Е., Александрова И.Е., Лазаренко А.А.

### ЦИФРОВОЙ ИНВАРИАНТНЫЙ СТАБИЛИЗАТОР ТАНКОВОЙ ПУШКИ

**Постановка задачи.** В работах [1,2] предложена схема стабилизатора танковой пушки, обладающего свойствами инвариантности к действию внешних возмущений, уводящих ось канала ствола от линий прицеливания. Схема содержит помимо традиционных гироскопических датчиков угла и угловой скорости также два датчика давления рабочей жидкости в полостях исполнительного гидроцилиндра канала вертикального наведения. Алгоритм стабилизации, формируемый электронным блоком стабилизации в этом случае записывается в виде

$$U(t) = k_{\varphi}\varphi(t) + k_{\dot{\varphi}}\dot{\varphi}(t) + k_p\Delta p(t), \quad (1)$$

где  $\varphi(t)$  – угол отклонения оси канала ствола танковой пушки относительно линии прицеливания;  $\dot{\varphi}(t)$  – угловая скорость поворота пушки;  $\Delta p(t)$  – разность давления рабочей жидкости в полостях гидроцилиндра.

В работе [3] показано, что нелинейная характеристика предохранительного клапана электрогидравлического усилителя стабилизатора канала вертикального наведения является причиной возникновения автоколебаний давления рабочей жидкости в гидросистеме. Эти автоколебания имеют малую амплитуду и высокую частоту. Амплитуда автоколебаний рабочей жидкости не превышает 0,01 % от величины номинального давления, поэтому указанные автоколебания практически не оказывают влияния на точность аналогового стабилизатора, реализующего алгоритм стабилизации (1). Частота автоколебаний достигает величины  $\omega = 0.5 \cdot 10^3 \text{ c}^{-1}$  или  $f \approx 80$  Гц. Эта частота достаточно велика, что приводит к значительным помехам при использовании первой разности решетчатой функции  $\Delta p[nT]$  в цифровом стабилизаторе танковой пушки, реализующем алгоритм стабилизации

$$U[nT] = k_{\varphi}\varphi[nT] + k_{\dot{\varphi}}\frac{\varphi[nT] - \varphi[(n-1)T]}{T} + k_p\Delta p[nT] + k_p\frac{\Delta p[nT] - \Delta p[(n-1)T]}{T}, \quad (2)$$

где  $T$  – период дискретности цифрового стабилизатора.

Целью настоящей работы является повышение помехозащищенности цифрового стабилизатора, реализующего алгоритм стабилизации (2).

**Основная часть.** В цифровых системах автоматического управления широкое распространение получили цифровые низкочастотные фильтры [4,5]. Для фильтрации зашумленных высокочастотными помехами сигналов наиболее эффективными являются рекурсивные фильтры Баттеруорта, а для получения разностей решетчатых функций – фильтры Ланцоша. В работе [6] показано, что при разработке ПД – стабилизаторов с цифровыми низкочастотными фильтрами целесообразно соединение фильтров Баттеруорта и Ланцоша по последовательно-параллельной схеме. Тогда схема цифрового инвариантного стабилизатора танковой пушки имеет вид, представленный на рис. 1, где приняты обозначения: ГДУ – гироскопический датчик угла; ГДУС – гироскопический датчик угловой скорости; ВТ – вращающийся трансформатор; ЭБ – электронный блок; ЭМ – электромагнит; Я – якорь электромагнита; ОУ1, ОУ2 – обмотки управления электромагнитом; ФП – фиксирующая пружина; ГН – гидронасос; И1, И2 – запорные иглы; ГЦ – гидроцилиндр; ТП – танковая пушка; ОЦ – ось цапф; ДД1, ДД2 – датчики давления рабочей жидкости в верхней и нижней полостях гидроцилиндра соответственно; ПАК – преобразователь «аналог-код»; ФБ1, ФБ2 – фильтры Баттеруорта; ФЛ – фильтр Ланцоша.

Из рассмотрения рис. 1 можно записать выражение для дискретной передаточной функции вновь введенного контура стабилизации



Литература

1. Александров Е.Е. Инвариантный стабилизатор танковой пушки / Е.Е. Александров, И.Е. Александрова, К.И. Богатыренко / Збірник наукових праць Харківського університету Повітряних сил. – 2006. – Вип.2(8). – С. 39–42.
2. Аблесімов О.К. Автоматичне керування рухомими об'єктами і технологічними процесами. Т.3. Автоматичне керування озброєнням танків / О.К. Аблесімов, Є.Є. Александров, І.Є. Александрова. – Харків: НТУ «ХПИ», 2008. – 444 с.
3. Александрова Т.Е. Расчет параметров автоколебаний давления рабочей жидкости в гидросистеме стабилизатора канала вертикального наведения танковой пушки / Т.Е. Александрова, И.Е. Александрова, А.А. Лазаренко // Интегровані технології та енергозбереження. – 2011. – №3. – С. 24–30.
4. Хэмминг Р.В. Цифровые фильтры / Р.В. Хэмминг. – М.: Недра, 1984. – 221 с.
5. Ивашко А.В. Методы и алгоритмы цифровой обработки сигналов / А.В. Ивашко. – Харьков: НТУ «ХПИ», 2005. – 240 с.
6. Александрова Т.Е. Сравнительный анализ цифровых ПД – стабилизаторов подвижных объектов с низкочастотными фильтрами Баттеруорта и Ланцоша / Т.Е. Александрова, В.А. Кононенко, А.А. Лазаренко, Зейн Али // Радіоелектроніка. Інформатика. Управління. – 2011. – №2. – С. 49–52.

УДК 621.77

Александрова Т.Є., Александрова І.Є., Лазаренко А.О.

**ЦИФРОВИЙ ІНВАРІАНТНИЙ СТАБІЛІЗАТОР ТАНКОВОЇ ГАРМАТИ**

Пропонується схема цифрового інваріантного стабілізатора танкової гармати підвищеної завадо захищеності з цифровими фільтрами Баттеруорта і Ланцоша.

Alexandrova T.E., Alexandrova I.E., Lazarenko A.A.

**DIGITAL INVARIANT TANK GUN STABILIZER**

Scheme of digital invariant tank gun stabilizer with high noise immunity with digital Butterwort and Lanczos filters is proposed.