

УДК 621.3.078.001

Е. Е. Александров, д-р техн. наук,  
 Т. Е. Александрова, канд. техн. наук

### ОЦЕНКА ТОЧНОСТИ СТАБИЛИЗАЦИИ ПОЛЯ ЗРЕНИЯ ПРИБОРА НАБЛЮДЕНИЯ

**Аннотация.** Оценивается точность стабилизации поля зрения прибора наблюдения, установленного на подвижном объекте. Предполагается использование стабилизатора индикаторного типа, содержащего электропривод дистанционной передачи угла поворота объекта относительно заданного направления.

Е. Е. Александров, д-р техн. наук,  
 Т. Е. Александрова, канд. техн. наук

### ОЦІНКА ТОЧНОСТІ СТАБІЛІЗАЦІЇ ПОЛЯ ЗОРУ ПРИБОРУ СПОСТЕРЕЖЕННЯ

**Анотація.** Оцінюється точність стабілізації поля зору приладу спостереження, який встановлено на рухомому об'єкті. Припускається використання стабілізатора індикаторного типу, який містить електропривод дистанційної передачі кута повороту об'єкта відносно заданого напрямку.

Е. Е. Aleksandrov, ScD,  
 Т. Е. Aleksandrova, PhD

### EVALUATION OF THE ACCURACY OF STABILIZATION FIELD OF VIEW OBSERVATION

**Abstract.** Estimated accuracy of the stabilization field of view of observation that is installed on mobile objects. Supposed to use a stabilizer type of indicator, which containing electric remote transmission of the rotation angle of the object relative to a given direction.

**Постановка задачи.** Приборы наблюдения подвижных технических объектов часто имеют стабилизированное поле зрения, сохраняющее неподвижное направление в пространстве в процессе движения объекта [1]. При индикаторной стабилизации поля зрения трехстепенный гироскоп, рамки которого сохраняют неподвижное положение в пространстве, механически не связан с подвижным зеркалом прибора наблюдения. Связь между внешней рамкой гироскопа и подвижным зеркалом прибора наблюдения осуществляется через следящий электропривод дистанционной передачи угла (рис. 1).

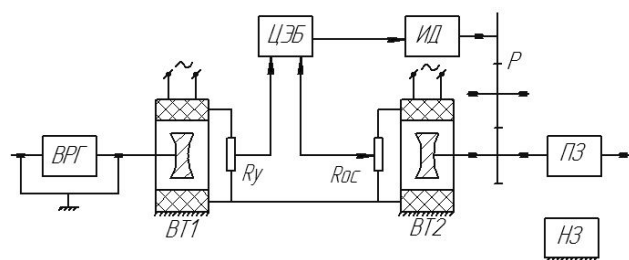


Рис.1. Индикаторный стабилизатор поля зрения прибора наблюдения

Если объект поворачивается относительно оси, параллельной оси поворота подвижного зеркала (ПЗ), то вместе с объектом поворачивается и статор вращающегося трансформатора *BT1*. Поскольку ротор *BT1* вместе с внешней рамкой гироскопа *BPG* остается неподвижным, то на выходе *BT1* появляется сигнал переменного тока, амплитуда которого пропорциональна углу поворота объекта. Этот сигнал выпрямляется и усиливается в электронном блоке *ЭБ* и подает

ся на исполнительный электродвигатель *ИД*, который через редуктор *P* поворачивает *ПЗ* в направлении, противоположном направлению поворота объекта.

Целью настоящей статьи является оценка точности стабилизации поля зрения прибора наблюдения при различных алгоритмах стабилизации, реализуемых электронным блоком *ЭБ*.

**Расчетная схема следящего электропривода**  
 Вращающийся трансформатор представляет собой бесконтактную электрическую машину переменного тока, на неподвижном статоре которой расположены обмотка возбуждения и сигнальная обмотка. При подаче на обмотку возбуждения высокочастотного сигнала (обычно частотой 400-500 Гц) постоянной амплитуды на выходе сигнальной обмотки имеет место сигнал той же частоты, амплитуда которого пропорциональна углу поворота ротора вращающегося трансформатора, связанного с осью внешней рамки гироскопа. В электронном блоке выходной сигнал выпрямляется и преобразуется в сигнал постоянного тока. Таким образом, вращающийся трансформатор *BT1* вместе с выпрямителем электронного блока можно считать усилительным динамическим звеном с коэффициентом усиления  $K_{BT}$ . Аналогичным образом вращающийся трансформатор *BT2* с выпрямителем электронного блока можно также считать усилительным звеном с коэффициентом усиления  $K_{oc}$ .

Будем предполагать, что передаточная функция исполнительного электродвигателя *ИД* [2]

$$W_{\hat{E}\hat{A}}(S) = \frac{\hat{E}_{\hat{A}}}{S(\hat{\Delta}_{\hat{A}}S + 1)} = \frac{L\{\alpha_p(t)\}}{L(U(t))}, \quad (1)$$

а передаточное отношение редуктора *P* составляет *i*, причем в соотношении (1) через  $L\{\bullet\}$  обозначено преобразование Лапласа функции времени;  $\alpha_p(t)$  – угол

поворота ротора ИД;  $U(t)$  – управляющий сигнал, формируемый электронным блоком.

Связь между углом поворота  $\alpha_p(t)$  ротора ИД и подвижного зеркала ПЗ прибора наблюдения  $\varphi_3(t)$

$$\varphi_c(t) = i\alpha_p(t). \quad (2)$$

Следовательно, передаточная функция исполнительного органа, представляющего собой совокупность исполнительного электродвигателя и редуктора, в соответствии с формулами (1) и (2)

$$W_{EI}(S) = \frac{\hat{E}_{\bar{A}} i}{S(\hat{O}_{\bar{A}} S + 1)}. \quad (3)$$

Обозначим передаточную функцию электронного блока, реализующего алгоритм стабилизации, через  $W_{ЭБ}(S)$ . Тогда расчетная схема следящего электропривода может быть представлена на рис. 2.

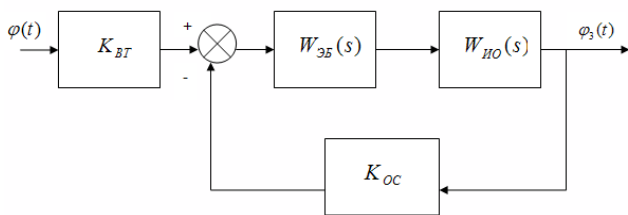


Рис.2. Расчетная схема следящего электропривода передачи угла

**Пропорциональный алгоритм стабилизации.**

Положим, что электронный блок ЭБ реализует пропорциональный алгоритм стабилизации, а его передаточная функция

$$W_{\bar{Y}\bar{A}}(S) = \hat{E}_{\phi}. \quad (4)$$

Тогда передаточная функция следящей системы, представленной на рис.2

$$W(S) = \frac{K_{\phi} K_{\bar{A}} i K_{\bar{A}\hat{O}}}{\hat{O}_{\bar{A}} S^2 + S + K_{\phi} K_{\bar{A}} i K_{\bar{A}\hat{O}}}. \quad (5)$$

Введем обозначения

$$K_{\phi} K_{\bar{A}} i = K_1.$$

Тогда передаточная функция (5) принимает вид

$$W(S) = \frac{K_1 K_{\bar{A}\hat{O}}}{\hat{O}_{\bar{A}} S^2 + S + K_1 K_{\bar{A}\hat{O}}}. \quad (6)$$

Построим амплитудно-частотную АЧХ и фазо-частотную ФЧХ характеристики следящей системы:

$$M(\omega) = \frac{K_1 K_{\bar{A}\hat{O}}}{\sqrt{(K_1 K_{\bar{A}\hat{O}} - \omega^2 T_{\bar{A}})^2 + \omega^2}}; \quad (7)$$

$$\Psi(\omega) = \begin{cases} -\arctg \frac{\omega}{K_1 K_{\bar{A}\hat{O}} - \omega^2 T_{\bar{A}}}, \\ \text{if } \omega \leq \sqrt{\frac{K_1 K_{\bar{A}\hat{O}}}{T_{\bar{A}}}}; \\ -\pi - \arctg \frac{\omega}{K_1 K_{\bar{A}\hat{O}} - \omega^2 T_{\bar{A}}}, \\ \text{if } \omega > \sqrt{\frac{K_1 K_{\bar{A}\hat{O}}}{T_{\bar{A}}}} \end{cases} \quad (8)$$

Из соотношений (7) и (8) можно сделать заключение о том, что с повышением величины  $K_1$  частота среза АЧХ возрастает и выходной сигнал следящего электропривода испытывает меньшие амплитудные и фазовые искажения (рис. 3).

Однако, пропорциональный алгоритм стабилизации не в состоянии обеспечить высокую точность передачи угла следящим электроприводом и приемлемую точность стабилизации поля зрения прибора наблюдения.

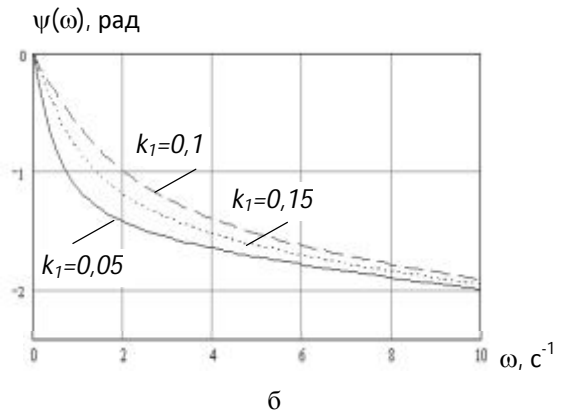
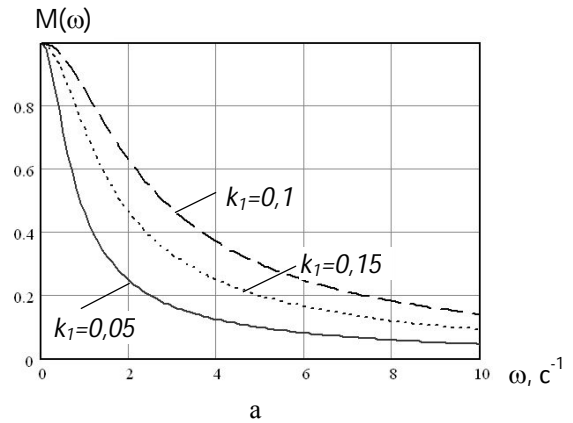


Рис.3. АЧХ (а) и ФЧХ (б) следящего электропривода поля зрения прибора наблюдения при использовании пропорционального алгоритма стабилизации

**ПД-алгоритм стабилизации.** В этом случае передаточная функция электронного блока имеет вид

$$W_{\bar{Y}\bar{A}}(S) = \hat{E}_{\phi} + K_{\phi} S, \quad (9)$$

а передаточная функция следящей системы

$$W(S) = \frac{K_{\bar{A}} i K_{\bar{A}\hat{O}} (K_{\phi} + K_{\phi} S)}{\hat{O}_{\bar{A}} S^2 + S + K_{\bar{A}} i K_{\bar{A}\hat{O}} (K_{\phi} + K_{\phi} S)}. \quad (10)$$

Вводя обозначение

$$K_{\phi} K_{\bar{A}} i = K_2,$$

передаточную функцию (10) преобразуем

$$W(S) = \frac{K_{\bar{A}\hat{O}} (K_1 + K_2 S)}{\hat{O}_{\bar{A}} S^2 + (1 + K_2 K_{\bar{A}\hat{O}}) S + K_1 K_{\bar{A}\hat{O}}}. \quad (11)$$

Тогда соотношение для расчета АЧХ и ФЧХ

$$M(\omega) = \frac{K_{\Delta 0} \sqrt{K_1^2 + K_2^2 \omega^2}}{\sqrt{(K_1 K_{OC} - \omega^2 T_{\Delta})^2 + \omega^2 (1 + K_2 K_{OC})^2}} \quad (12)$$

$$\Psi(\omega) = \arctg \frac{[K_2 (K_1 K_{OC} - \omega^2 T_{\Delta}) - K_1 (1 + K_2 K_{OC})] \omega}{K_1 (K_1 K_{OC} - \omega^2 T_{\Delta}) + K_2 \omega^2 (1 + K_2 K_{OC})} \quad (13)$$

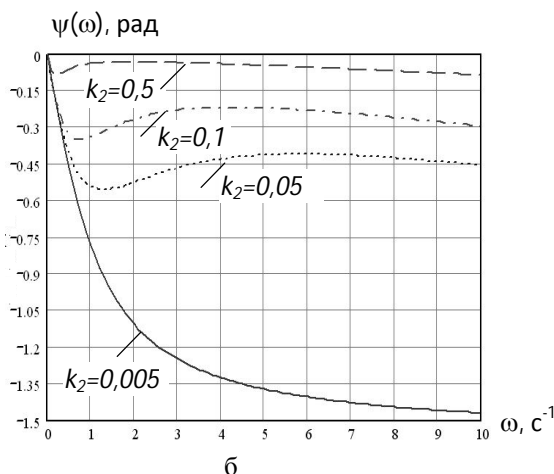
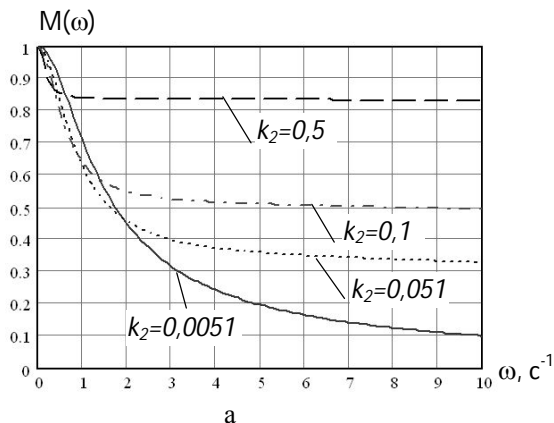


Рис.4. АЧХ (а) и ФЧХ (б) следящего электропривода поля зрения прибора наблюдения при использовании ПД–алгоритма стабилизации

На рис.4 приведены АЧХ и ФЧХ следящего электропривода поля зрения прибора наблюдения при использовании ПД–алгоритма стабилизации, построенные с использованием соотношений (12) и (13). Анализ приведенных кривых говорит о том, что при  $K_2 \geq 0,5$  входной сигнал пропускается следящим электроприводом без искажений, обеспечивая высокую точность стабилизации поля зрения прибора наблюдения.

Таким образом, повышение коэффициента усиления следящего электропривода индикаторного стабилизатора поля зрения прибора наблюдения при реализации пропорционального алгоритма стабилизации приводит к уменьшению искажений передаваемого сигнала, но не в состоянии обеспечить высокой точности стабилизации.

Использование ПД – алгоритма стабилизации при определенном выборе коэффициентов усиления стабилизатора приводит к существенному уменьшению

искажений передаваемого сигнала и, как следствие, к обеспечению необходимой точности стабилизации поля зрения прибора наблюдения.

#### Список использованной литературы

1. Аблесімов О.К. Автоматичне керування рухомими об'єктами і технологічними процесами. Том 3. Автоматичне керування озброєнням танків / О.К. Аблесімов, Є.Є. Александров, І.Є. Александрова. – Харків: НТУ «ХПІ», 2008. – 444 с.
2. Брускин Д.Э. Электрические машины и микромашини. А.Е. Зорохович, В.С. Хвостов. – Высш. шк., 1990. – 528 с.

Получено 12.07.2011



Александров  
 Евгений Евгеньевич,  
 д-р техн. наук, проф. каф.  
 КГМ НТУ «ХПИ»,  
 ул. Фрунзе, 21,  
 057-707-62-99,  
 057-707-63-17,  
 050-625-68-40



Александрова  
 Татьяна Евгеньевна,  
 канд. техн. наук, доцент каф.  
 САиУ НТУ «ХПИ»,  
 ул. Фрунзе, 21,  
 057-707-61-03