

МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ НАРАБОТКИ НА ОТКАЗ СЕРВОПРИВОДА С УЧЕТОМ ЦИКЛОГРАММЫ ЕГО РАБОТЫ

Коробейников И.С.

АО «Конструкторское бюро промышленной автоматики», Саратов

Ключевые слова: сервопривод, наработка, остаточный ресурс, степень загрузки, силовой редуктор, плотность распределения вероятности.

Аннотация. В работе приведена методика расчета наработки на отказ сервопривода в зависимости от фактически отработанного времени и с учетом циклограммы его работы. В основе методики наработки на отказ положена оценка вероятности распределения фактической загрузки сервопривода. Методика апробирована на авиационном сервоприводе органов управления летательного аппарата.

THE METHOD OF DETERMINING THE OPERATING TIME FOR A SERVO DRIVE, TAKING INTO ACCOUNT THE REAL CYCLOGRAM OF ITS OPERATION

Korobeynikov I.S.

SC «Design Bureau of Industrial Automatics», Saratov

Keywords: servo drive, operating time, residual life, degree of loading, power reducer, probability distribution density.

Abstract. The paper presents a method for calculating the operating time of a servo depending on the actual time worked and taking into account the cyclogram of its operation. The method of operating time for failure is based on an assessment of the probability of distribution of the actual load of the servo. The technique is tested on the aircraft's aircraft servo control.

В настоящей статье представлен алгоритм определения параметра наработки на отказ сервопривода на основании анализа данных о его фактической циклограмме работы.

Основным показателем качества работы авиационных сервоприводов является критерий надежности, объединяющий в себя такие характеристики как вероятность безотказной работы, интенсивность отказа, остаточный ресурс работы, наработка на отказ. Подтверждение характеристик надежности, заданных на этапе проектирования сервопривода, является важной составляющей сертификации данных изделий для применения в летательных аппаратах. При этом на этапе эксплуатации авиационных сервоприводов актуальной задачей является определение фактического технического состояния сервопривода, так как это позволяет сформировать методику снижения вероятности отказа сервопривода за счет оптимизации процессов обслуживания. Исходя из вероятностной оценки надежности работы сервопривода, в качестве остаточного ресурса может выступать численная оценка наработки на отказ, в зависимости от значения которой принимаются решения о дальнейшей форме эксплуатации (эксплуатация, осмотр, внеплановый ремонт или замена).

Сложность взаимосвязанных физических процессов деградации механической, тепловой, электрической подсистем сервопривода во время его

работы не позволяет сформулировать аналитическую модель расчета наработки на отказ, единую для различных конструкций и режимов работы сервопривода. В этой связи практическую ценность представляют численные методы расчета данного показателя.

В дальнейшем, в качестве примера рассматривается сервопривод механизма привода органов управления летательного аппарата. В качестве основного структурного элемента сервопривода в дальнейшем рассматриваются показатели надежности его силового редуктора, как основного элемента, определяющего надежность сервопривода. На рисунке 1 представлена возможная циклограмма работы сервопривода при маневрировании летательного аппарата.

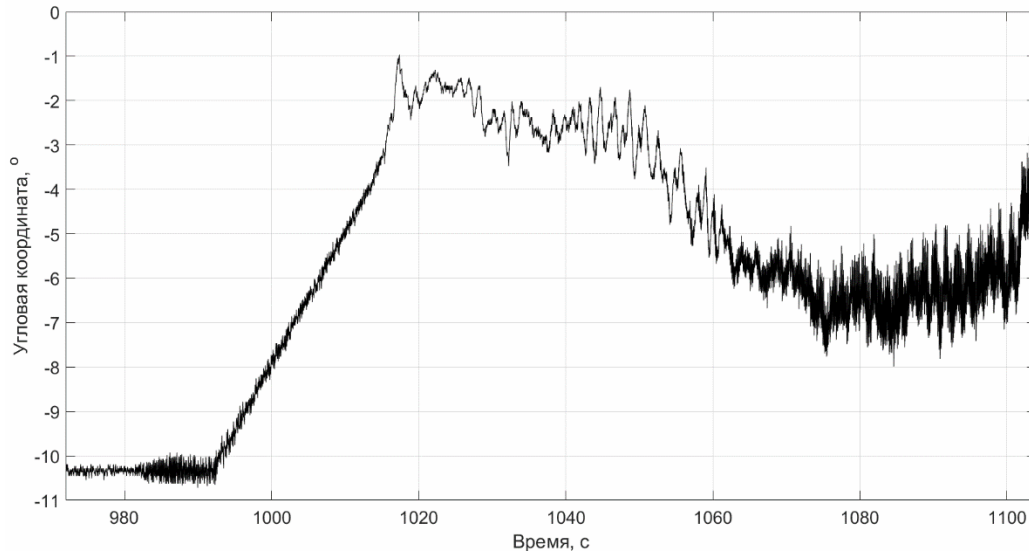


Рис. 1. Циклограмма работы механизма привода органов управления летательного аппарата

Фактический момент M , развиваемый сервоприводом органов управления летательного аппарата определится на основании выражения:

$$M = J \frac{d\omega}{dt}, \quad (1)$$

где J – момент инерции подвижных частей органов управления летательного аппарата, приведенный к выходному валу сервопривода; ω – угловая скорость движения выходного вала сервопривода; t – время.

Динамика изменения модуля фактического момента, развиваемого сервоприводом, представлена на рисунке 2.

Динамическая зависимость $M_{(t)}$ позволяет определить плотность распределения вероятности фактического момента $\overline{\omega}_{(M)}$, развиваемого сервоприводом, на основании выражения:

$$\overline{\omega}_{(M)} = \lim_{\Delta M} \frac{P_{(M, \Delta M)}}{\Delta M}, \quad (2)$$

где $P_{(M, \Delta M)}$ – вероятность попадания значения фактически развиваемого сервоприводом силового момента в диапазон моментов ΔM .

Полученная зависимость $\overline{\omega}_{(M)}$ представлена на рисунке 3. Необходимым условием, которому отвечает полученная зависимость $\overline{\omega}_{(M)}$ является

$\int_{M_{min}}^{M_{max}} \omega_{(M)} dM = 1$, где M_{min} , M_{max} – минимальное и максимальное значение регистрируемого силового момента, соответственно.

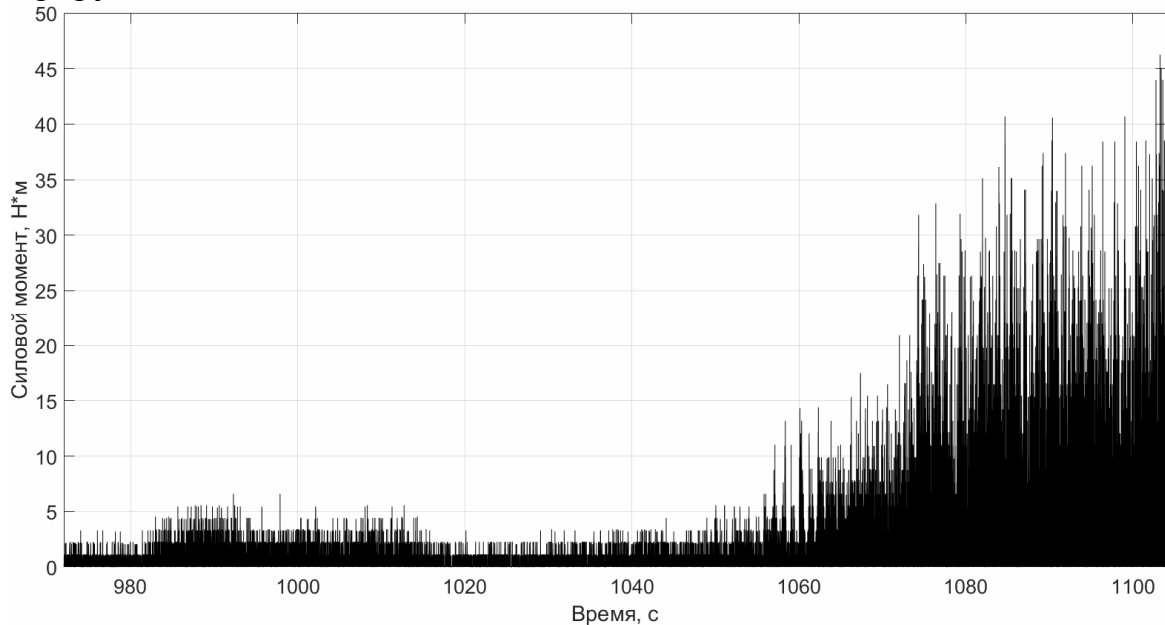


Рис. 2. Динамика изменения модуля силового момента, развиваемого сервоприводом органов управления летательного аппарата

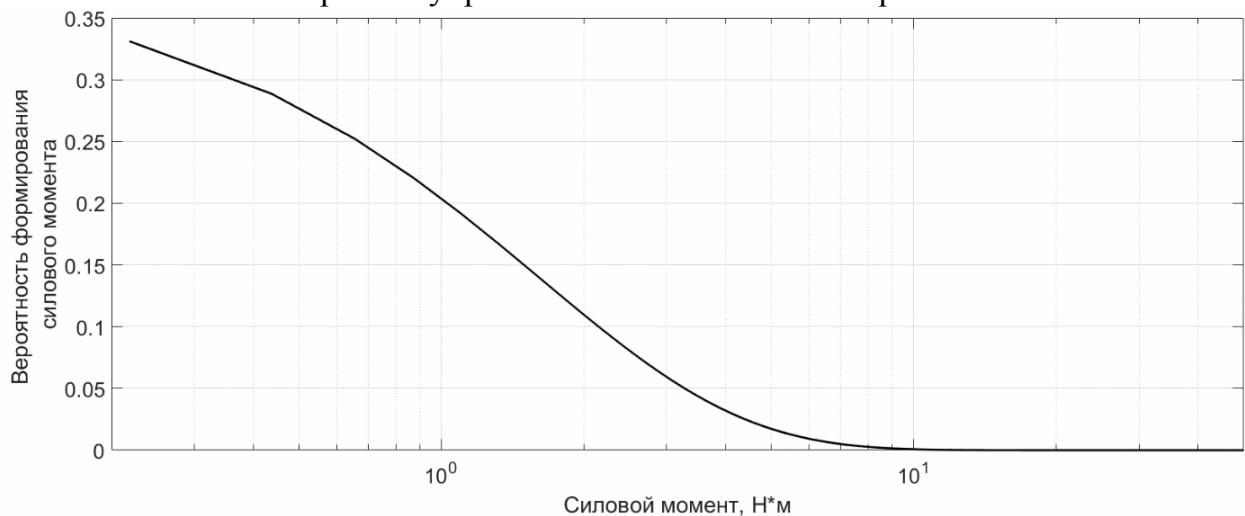


Рис. 3. Плотность распределения вероятности формирования сервоприводом определенных значений силового момента

Расчет изменения величины наработки на отказ сервопривода произведем на основании выражения:

$$t_p^* = t_p \int_{M_{min}}^{M_{max}} \frac{\omega_{(M)}}{T_{(M)}} dM = 1, \quad (3)$$

где t_p – фактическое время отработанное сервоприводом по приведенной циклограмме работы; $T_{(M)}$ – зависимость остаточного ресурса работы сервопривода, в зависимости от развиваемого сервоприводом силового момента, в форме зависимости:

$$T_{(M)} = 1 / \lambda_{(M)}, \quad (4)$$

где $\lambda_{(M)}$ – вероятность отказа сервопривода в зависимости от развиваемого им силового момента – определяется на основании известных методик [1-3].

Для рассматриваемого сервопривода получена зависимость $\lambda_{(M)}$, представленная на рисунке 4.

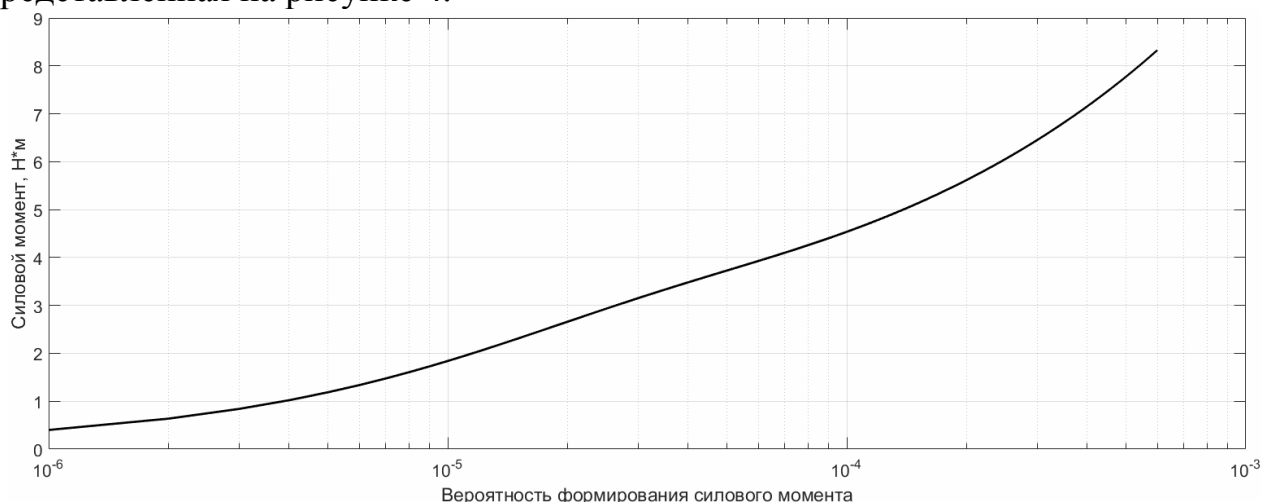


Рис. 4. Распределение силового момента, развиваемого сервоприводом по значению плотности вероятности согласно циклограмме работы

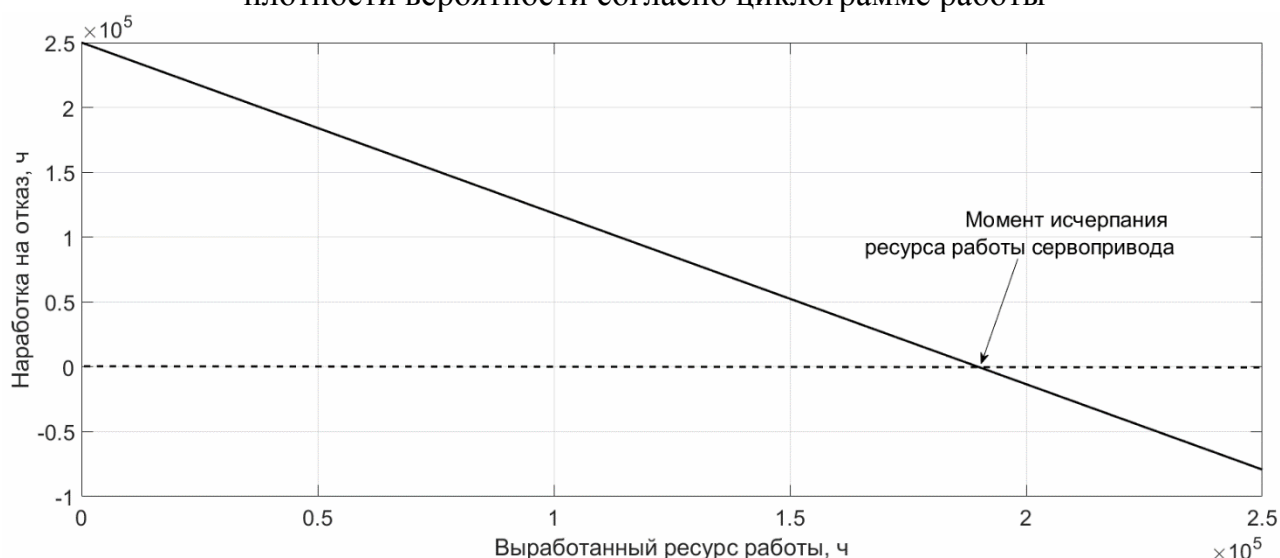


Рис. 5. Выявление момента прогнозируемого отказа сервопривода в результате анализа фактической циклограммы работы

Выводы. Предложена методика определения наработки на отказ сервопривода (рис. 5), учитывающая его фактическую циклограмму работы. Применение данной методики позволит сформировать методики обслуживания высокоответственных сервоприводов авиационного применения.

Список литературы

1. ГОСТ 27.102-2021 Надежность объекта. Термины и определения.
2. ГОСТ 27.301-95. Надежность в технике. Расчет надежности. Основные положения.
3. Handbook of Reliability Prediction Procedures for Mechanical Equipment. – Maryland : West Bethesda, 2011. – 522 p.

Сведения об авторе:

Коробейников Илья Сергеевич – начальник отдела электромеханизмов.