

самолета АН-124-100 отводится 4 нормо-часа. При использовании ПГУ со встроенными датчиками такой анализ потребует не более одного часа, т.е. трудозатраты снижаются в 4 раза. Кроме того, с учетом того, что 1 час простоя самолета АН-124-100 оценивается в 920000 рублей, это позволяет добиться существенного экономического эффекта.

Аналоги разработанной системы контроля используются в производственном процессе ряда предприятий. ДВК уровня загрязнения жидкости включены в состав гидростенда для финишной промывки агрегатов и ГС. При этом по динамике изменения уровня загрязнения жидкости, внесенного в рабочую жидкость гидроагрегатами, и достигнутому значению этого уровня по окончании промывки делается вывод о возможности дальнейшей эксплуатации гидроагрегатов или ГС.

#### **Список использованных источников**

1. Хоске, М. Заботимся о «здоровье» оборудования / М.Хоске // Control Engineering. - Россия. - Июль. 2006. - С.12-18.
2. Fitch E.C. Fluid contamination control // Technology transfer Series #4, Oklahome, FFS, INC. 1988. - 433p.
3. Fitch E.C. Extending Component Service Life Through Proactive Maintenance. An FES/BarDyne Technology Transfer Publication #2. Tribolics, Inc., 1998.
4. ГОСТ 17216 – 2001. Промышленная чистота. Классы чистоты жидкостей. – Введ. 2002-01-01. – М.: Издательство стандартов, 2002. – 12с.
5. Ковалев, М.А. Метод автоматизации процесса моделирования гидросистем воздушных судов / М.А. Ковалев // Известия вузов. Авиационная техника. – Казань, КГТУ. - 2009. - № 3. - С. 62-66.
6. Ковалев, М.А. Тензорное представление структуры и работы гидросистем воздушных судов / М.А. Ковалев // Известия вузов. Авиационная техника. – Казань, КГТУ. - 2009. - № 4. - С. 64-67.

## **НЕСУЩАЯ КОНСТРУКЦИЯ КАК ИНДУКТИВНЫЙ ЭЛЕМЕНТ ЭЛЕКТРОННОГО УСТРОЙСТВА**

**В.В. Иванов, А. С. Рещетников**

Самарский государственный аэрокосмический университет, г.Самара

Магнитное поле Земли можно использовать для компенсации микроускорений, возникающих за счёт самораскручивания космического аппарата на нестабилизируемом участке полёта. Для ориентации космического аппарата с помощью геомагнитного поля необходимы три взаимно перпендикулярные катушки с большим током.

Крутящий момент рамки с током  $I$  пропорционален квадрату радиуса  $R$  круглой рамки. Чем больше радиус, тем больше её вес и активное сопротивление, на котором рассеивается мощность источника питания. Зависимость момента от мощности потребления  $W_{\text{плт}}$  и массы  $m$  проводников рамки без учёта изоляции [1]:

$$\tau_{\text{плт}} = IBR^2 \pi = \frac{BR}{L} \cdot \frac{\sqrt{m \cdot W_{\text{плт}}}}{\sqrt{k_{\text{плт}} \cdot \rho}}$$

где  $B$  - магнитная индукция магнитного поля Земли,

$k_{\text{плт}}$  - плотность материала провода.

$\rho$  - удельное электрическое сопротивление материала провода.

Масса устройств и потребляемая ими мощность на космическом аппарате ограничены ценой.

Как видно из формулы при постоянной массе рамки и потребляемой мощности вращающий момент линейно зависит от радиуса рамки. Если совместить рамку и несущую конструкцию внешней оболочки корпуса космического аппарата можно за счёт оболочки увеличить допустимый вес рамки. Оболочка должна состоять из трёх взаимно перпендикулярных колец. Кольца имеют форму поверхности шара с отсечёнными боками. Кольца изолированы друг от друга. Изоляция должна иметь минимальный вес, т.к. она снижает эффективность конструкции. Проще всего создать рамку из одного витка, но на него необходимо подавать маленькое напряжение и большой ток. Это вполне возможно на современном уровне электроники. Возникает вопрос неравномерности распределения плотности тока по ширине тонкого и плоского проводника. Он пока не рассмотрен.

Если использование корпуса аппарата в качестве рамки исключается, следует сделать рамкой корпус прибора (желательно самый объёмный). Корпус прибора в подавляющем большинстве случаев делается прямоугольной формы.

При одинаковом сечении токопровода рамки вес и потребляемая ею электрическая мощность зависят от длины периметра рамки. Эффективность квадратной рамки составляет  $\pi/4 = 0,785$  от эффективности круглой рамки [1]. Эта плата за простоту технологии изготовления.

Положим, корпус имеет форму куба. Четыре последовательно соединённые стороны образуют рамку, по которой течёт ток, создающий магнитное поле. Электрическое сопротивление квадратной металлической пластины, размером  $L \times L$ , обратно пропорционально её толщине  $m$ :

$$R_{\text{плт}} = L \cdot \frac{\rho}{S_{\text{плт}}} = L \cdot \frac{\rho}{L \cdot m} = \frac{\rho}{m},$$

где  $\rho$  - удельное электрическое сопротивление материала,

$S_{\text{плт}}$  - сечение проводящей пластины.

В литературе [1] показано, что наибольшую эффективность имеет алюминиевая рамка. Удельное электрическое сопротивление алюминия составляет  $0,028 \text{ мкОм}\cdot\text{м}$ . Электрическое сопротивление квадратной алюминиевой пластины толщиной  $1 \text{ мм}$  равно  $0,028 \text{ миллиОм}$ . Сопротивление рамки из четырёх пластин около  $0,1 \text{ мОм}$ . Один ватт разрешённой мощности питания позволяет пропустить через рамку ток  $100 \text{ Ампер}$ , который создаст на ней падение напряжения величиной  $10 \text{ милливольт}$ .

Следует учитывать, что сторона куба состоит из двух пластин. Пластины входят в состав двух рамок, создающих два перпендикулярных магнитных вектора, лежащих в плоскости, параллельной пластинам. Толщина корпуса обычно около  $0,5 \text{ мм}$ , следовательно, на одну приходится  $0,25 \text{ мм}$ . Сопротивление четырёх пластин около  $0,4 \text{ миллиОм}$ . При одном ватте потребления ток =  $50 \text{ ампер}$  и напряжение на рамке =  $20 \text{ милливольт}$ . Крутящий момент уменьшился в два раза. Это компенсируется уменьшением в 4 раза веса рамки.



Рис 1. Расположение трёх обмоток

Преобразователи в маленькое напряжение с большим выходным током имеют невысокий коэффициент полезного действия. Разбив пластину на десять полос, получим рамку с десятью витками. Сопротивление возрастёт в сто раз. При тех же потребляемой мощности и создаваемом крутящем моменте ток уменьшится в десять раз и в десять раз увеличится напряжение. На рис. 1 условно показано расположение обмоток. Для наглядности крайние витки обмоток не показаны.

Сопротивление обмотки рамки равно

$$R_{\text{об}} = (2\pi R)^2 \cdot n^2 \cdot \frac{k_{\text{вит}} \rho}{m} \quad (1)$$

Управляют током обмотки с помощью импульсного источника питания, так как у него высокий коэффициент полезного действия. Весь ток рамки  $I_{\text{лит}}$  проходит через ключевой транзистор и его сопротивление должно быть меньше сопротивления обмотки. КПД увеличивается с уменьшением тока. Разбив сечение на несколько витков, можно увеличить сопротивление. Ограничение на величину сопротивления накладывает

напряжение питания прибора  $U_{пит}$ . Максимально сопротивление не должно превышать  $R_{н} = U_{пит}^2 / P_{н}$ .

Число витков обмотки вычисляется из неравенства

$$U_{пит}^2 / P_{н} > (2\pi R)^2 \cdot n^2 \cdot \frac{k_{вт} \rho}{m}, \text{ использующего уравнение (1).}$$

50 пластин в обмотке дают электрическое сопротивление 1 Ом. Для напряжения питания 5 В ток питания – 5 Ампер, а мощность потребления будет равна 25Вт. Транзистор IRF3205 имеет сопротивление открытого канала 8,0mΩ, что снижает КПД при однообмотной обмотке всего на 0,8%.

Пластины рамок необходимо изолировать друг от друга и также от других элементов устройства. Нанесение электроизоляционного слоя на поверхности алюминиевых пластин проводят анодированием в кислоте (серной, щавелевой) или хромовом растворе. После анодирования защитный слой пропитывают изоляционными лаками. Электрическая прочность пропитанных лаком анодных плёнок достигает 2000-2500 Вольт.

Изолированные пластины двух обмоток склеиваются друг с другом под прямым углом. Жёсткость конструкции можно повысить, применив вместо пластин уголок, швеллер и более сложные сечения токопровода.

Электронная плата и другие элементы устройства устанавливаются в корпусе через изолирующие шайбы и крепления.

#### Список использованных источников

1. Иванов, В. В. Эффективность рамки с током в геомагнитном поле / Актуальные проблемы радиоэлектроники и телекоммуникаций: материалы Всероссийской НТК. – Самара: Изд-во СГАУ; 2010. – С.18-24.

## ПОГРЕШНОСТЬ РАСЧЁТА ДОЛГОТЫ ГЕОМАГНИТНЫМ НАВИГАТОРОМ

В.В. Иванов

Самарский государственный аэрокосмический университет, г. Самара

Микропроцессорный геомагнитный вычислитель параметров круговой орбиты [1] использует смещение и наклон оси симметрии магнитного поля Земли относительно земной оси (рис. 1).