

Ю.Д.Лысенко, В.П.Пешков, В.П.Князев,
Ю.М.Овчинников, В.М.Сгоров

ИНДУКТОРЫ ЭЛЕКТРОИМПУЛЬСНЫХ ПРОТИВООБЛЕДЕНИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ САМОЛЁТА

Использование давления импульсного магнитного поля в противообледенительных системах самолетов, где немаловажное значение приобретают габариты и вес устанавливаемых изделий, вызвало необходимость форсирования разработок малогабаритных плоских индукторов, обладающих достаточно высокой эффективностью.

К настоящему времени ведущими авиационными предприятиями страны создано сравнительно большое количество образцов индукторов отличающихся размерами, формой спиралей, количеством витков, применяемыми материалами и конструктивным исполнением.

Большая часть индукторов для электроимпульсных противообледенительных систем самолетов (ЭИ ПОС) изготавливается из провода марки ПЭТ ϕ 0,8 - 1,0 мм или ПЭВН 0,5х2,83 с числом витков от 20 до 80-100. По конструкции спирали могут быть однослойные, двух- и многослойные различной геометрической формы (спираль Архимеда, прямоугольник, овал, S - образная и т.д.). В качестве связующего при намотке обычно используются композиции на основе эпоксидной смолы.

Для изготовления корпусов индукторов чаще всего применяются пресс-материалы, текстолит, стеклотекстолит, а также практикуется заливка спиралей полиэтиленом и т.п. Индуктивность таких индукторов довольно велика и колеблется в пределах от $35 \cdot 10^{-6}$ до $200 - 300 \cdot 10^{-6}$ Гн.

Известны попытки изготовления гибких индукторов методом печатных плат из стеклотекстолита, фольгированного с двух сторон медью, причем толщина стеклотекстолитовой основы составляет 0,5- 1 мм, а толщина медной фольги колеблется в пределах от 50 мкм до 0,3 мм. Преимущества такого индуктора очевидны - он легко принимает нужную форму, обеспечивая минимальный зазор между индуктором и обшивкой, имеет малый вес. Однако при такой конструкции индуктора трудно обеспечить достаточную величину индуктивности.

Анализ распределения энергии магнитного поля в индукторной системе, проведенный на основании осциллограмм процесса и топографии магнитного поля индуктора, показывает, что для оценки эффективности индукторной системы с точки зрения распределения в ней энергии магнитного поля может служить отношение энергии магнитного поля в рабочем зазоре индуктор-экран $W_{1,0-2}$ к суммарной энергии магнитного поля индуктора $W_{1,м}$:

$$\epsilon_M = \frac{W_{1,0-2}}{W_{1,м}},$$

где ϵ_M - показатель эффективности индуктора.

Величина ϵ_M , главным образом, зависит от конструкции индуктора, взаимного расположения индуктора и экрана (от средней величины рабочего зазора) и от параметров разрядной цепи, определяющих частоту ω - процесса. Величина ϵ_M увеличивается с ростом ω , что является следствием возрастания эффекта близости и уменьшения проникновения магнитного поля через проводящую обшивку.

Эффективность индуктора может оцениваться также отношением напряженности магнитного поля на поверхности оборотной стороны индуктора H_3 к напряженности в рабочем зазоре H_1 .

Из экспериментов следует, что показатель ϵ_M и отношение $\frac{H_3}{H_1}$ лучше у однослойных, чем у двух- и многослойных индукторов, что объясняется наличием полей рассеяния между слоями и сравнительно малым внутренним диаметром спирали.

Центральное отверстие относительно небольшого диаметра приводит к тому, что осевая составляющая индукции магнитного поля достигает в этой области значительной величины, соизмеримой с индукцией в рабочем зазоре, и, следовательно, приводит к снижению параметра ϵ_M .

Своеобразие электроимпульсных противообледенительных систем лопаточных аппаратов состоит в том, что подводная линия имеет значительную длину (до 30-40 м), обусловленную размерами самолета, а потому ее параметры оказывают влияние на эффективность индукторов.

Это влияние можно оценить по формуле

$$W_{1,м,л} = W_{1,м} \frac{L_0}{L_0 + L_л}$$

- где W'_{1m} — энергия магнитного поля индукторной системы;
 W'_{1m} — энергия магнитного поля разрядной цепи, включая подводщую линию;
 L_0 — индуктивность разрядной цепи без учета подводщей линии;
 L_n — индуктивность подводящей линии.

Как показали расчеты, использование в качестве подводящей линии проводки, индуктивность которой соизмерима с суммарной индуктивностью остальных элементов схемы, приводит к ощутимым потерям энергии и к снижению в конечном итоге эффективности работы индуктора.

На основании проведенных исследований разработаны однослойные S — образные индукторы, которые обладают меньшим рассеянием магнитного потока и позволяют путем последовательного их соединения получать необходимые величины индуктивностей и тем самым изменять параметры разряда в довольно широких пределах.

Ресурс таких индукторов при работе в режиме двух последовательных разрядов с интервалом в 2 с и паузами от 12 до 36 с при рабочем напряжении $U = 1650$ В, емкости накопителя $C' = 600 \cdot 10^{-6}$ Ф и импульсном токе до 2500 А достигает 150 000 разрядов.

Следует учесть, что индукторы электроимпульсных противообледенительных систем устанавливаются к обшивке, имеющей, как правило, конусность и кривизну. Поэтому проблема обеспечения минимального зазора приобретает особое значение. До сих пор индукторы устанавливались либо жестко (и это допускало возможность перекосов), либо при их установке применялись регулировочные болты. В последнем случае опорный кронштейн получался сложным, что приводило к увеличению веса системы. Характерной особенностью конструкции кронштейна S — образного индуктора является сферическая поверхность, которая соединяется с помощью клея с ответной сферической поверхностью на корпусе индуктора. Такая конструкция исключает возможность перекосов и позволяет выставить индуктор относительно обшивки с минимальным зазором.

Требование обеспечения минимального рабочего зазора создает условия для разрушения корпуса индуктора от воздействий обшивки при ее колебаниях под действием упругих сил. Чтобы исключить или ослабить этот удар, конструкторам приходится увеличивать рабочий зазор, заведомо снижая эффективность ЭИ ПОС. Устранить указанное

противоречие можно путем заполнения зазора между корпусом индуктора и обшивкой эластичной средой, например, герметиком. Такого рода амортизатор успешно прошел испытания, показав хорошие результаты.

Необходимо отметить, что при разработках и эксплуатации малогабаритных плоских индукторов предпочтение следует отдавать однослойным индукторам, применяя в качестве подводящей линии малоиндуктивную проводку для обеспечения надлежащей эффективности индуктора при максимальном КПД использования электрической энергии конденсаторов.

УДК 658.511

А.А.Макаров, Г.А.Проценко, Л.С.Меламедова

К ВОПРОСУ О ВЛИЯНИИ СХЕМ СБОРКИ
АГРЕГАТОВ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ
НА ДЛИТЕЛЬНОСТЬ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ЦИКЛА

С величиной производственного цикла связаны сумма оборотных средств (незавершенное производство), их оборачиваемость, количество сборочных стендов, размер производственных площадей и в конечном итоге — себестоимость изделия.

Кроме того, производственный цикл может выступать в качестве самостоятельного временного критерия оценки организации производственного процесса, поскольку он определяет сроки выполнения того или иного заказа. Поэтому важно проектирование таких схем сборочных процессов, при которых производственный цикл был бы минимальным.

Членение агрегатов клепаных конструкций на панели создает объективные предпосылки к организации производственного процесса сборки по различным схемам.

На проектирование той или иной схемы сборки агрегата влияют следующие факторы:

положение агрегата при сборке (вертикальное или горизонтальное);