

УДК 621.382

Унифицированный привод для управления каналами автоматической пушки на борту летательного аппарата

Сурминский А.С., студент

*Россия, 105005, г. Москва, МГТУ им. Н.Э. Баумана,
«Специальная робототехника и электроника»*

*Научный руководитель: Перминова Е. А., к.т.н., доцент
Россия, 105005, г. Москва, МГТУ им. Н.Э. Баумана*

Консультант: Калинин А. В., к.т.н.

*Россия, 105005, г. Москва, МГТУ им. Н.Э. Баумана
kafsm7@sm.bmstu.ru*

Согласно техническому заданию требуется разработать унифицированный привод для управления вращением подвижного основания пушечной установки, используемой на борту вертолета.

Технические требования к приводу

Угол поворота выходного вала, °	±119
Передаточное отношение между валом двигателя и выходным валом	97
Момент поворота выходного вала, Н·м	19,6
Момент инерции (по выходному валу), кг·м ²	1,2
Номинальная скорость вращения выходного вала, об/мин	58
Передаточное отношение между датчиком грубого и точного отсчета	32
Люфт выходного зубчатого колеса относительно заторможенного вала двигателя при моменте на выходном валу, угл. мин	от 5 до 20



Рис. 1. Общая схема привода

На блок управляющей электроники приходит цифровая команда, задающая новое положение основания пушки. В соответствии с этой командой блок управления включает двигатель привода, заставляя его вращаться в нужном направлении и с оптимальной частотой. Одновременно с поворотом основания пушки с привода считывается сигнал обратной связи, пропорциональный углу, на который повернуто основание. Также в обратную связь входят сигналы с концевых выключателей, сигнализирующие о крайних положениях выходного вала.

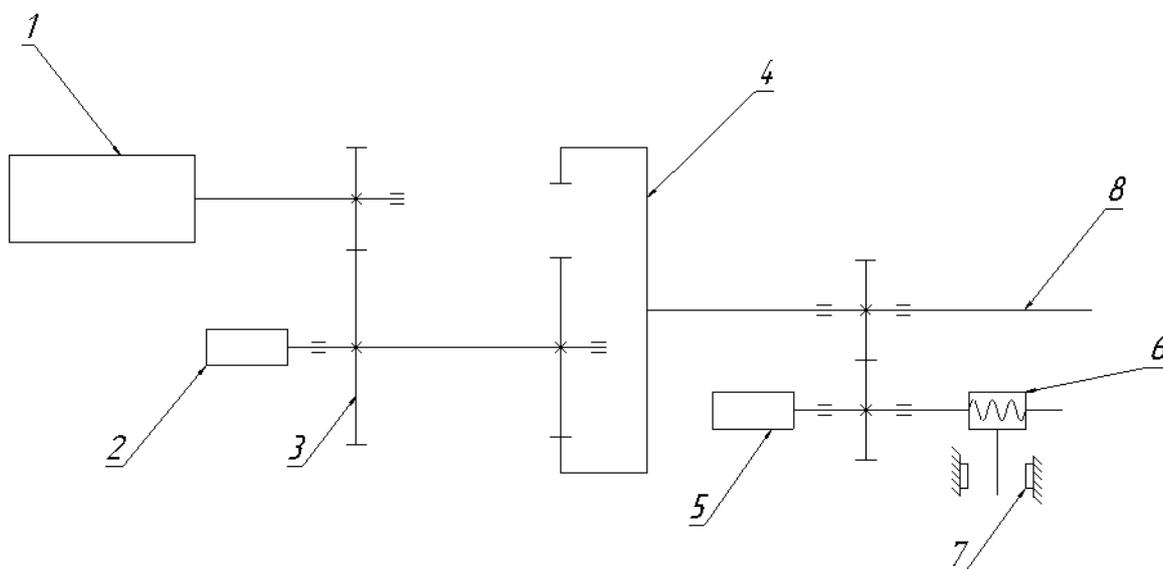


Рис. 2. Кинематическая схема привода

- 1 – двигатель, 2 – синусно-косинусный трансформатор (СКТ) точного отсчета,
 3 – зубчатая передача, 4 – планетарно-цевочный (планетарный циклоидный) редуктор,
 5 – СКТ грубого отсчета, 6 – концевые выключатели крайних положений,
 7 – червячная передача, 8 – выходной вал

Подобная кинематическая схема с планетарным редуктором часто встречается в следящих приводах. Однако, замена планетарного редуктора планетарно-цевочным, помимо уменьшения массы и размеров всего привода даст существенный прирост стойкости к восприятию перегрузок.

В качестве двигателя привода выбран бесколлекторный двигатель рис. 2, поскольку обладает лучшими характеристиками перед коллекторными двигателями постоянного тока.

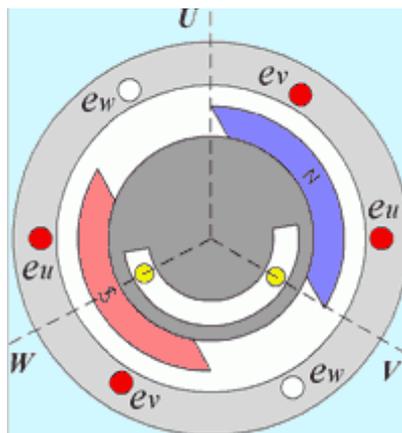


Рис. 3. Бесколлекторный двигатель

КПД современных бесколлекторных двигателей достигает 90%. Они имеют широкий диапазон изменения вращения двигателя, что позволяет сделать управление приводом более оптимизированным и многофункциональным. Также данные двигатели имеют большой срок службы, высокую надёжность и повышенный ресурс работы за счёт отсутствия скользящих электрических контактов, что в первую очередь необходимо оружейной системе, работающей в экстремальных условиях.

Зубчатая передача 3 используется для обеспечения передаточного отношения между датчиками СКТ. Передаточное отношение зубчатой передачи $i_1 = 3,3$. В результате удастся развести оси входного и выходного вала, а также обеспечить передаточное отношение между датчиками грубого и точного отсчета $i_2 = 32$.

Одним из методов повышения точности определения угла выходного вала, является создание двухканальной системы с датчиками грубого и точного отсчета выполненных в виде синусно-косинусных трансформаторов (СКТ). С помощью СКТ грубого отсчета угол поворота выходного вала разделяется на угловые интервалы, определяемые исходя из точности СКТ. СКТ точного отсчета позволяет разбить эти угловые шаги в количество угловых интервалов равное передаточному отношению

между роторами СКТ и, таким образом, значительно повысить точность. В нашем случае передаточное отношение между роторами СКТ равно передаточному отношению планетарно-цевочного редуктора. Также использование СКТ грубого отсчета позволяет выставить выходной вал в нулевое положение.

Главной особенностью данного привода является использование планетарно-цевочного редуктора. Передаточное отношение данного редуктора $i_2 = 32$, что составляет большую часть передаточного отношения всей передачи.

Планетарная циклоидная передача, показанная на рис. 4, превосходит обычные планетарные передачи с эвольвентным зацеплением по ряду параметров.

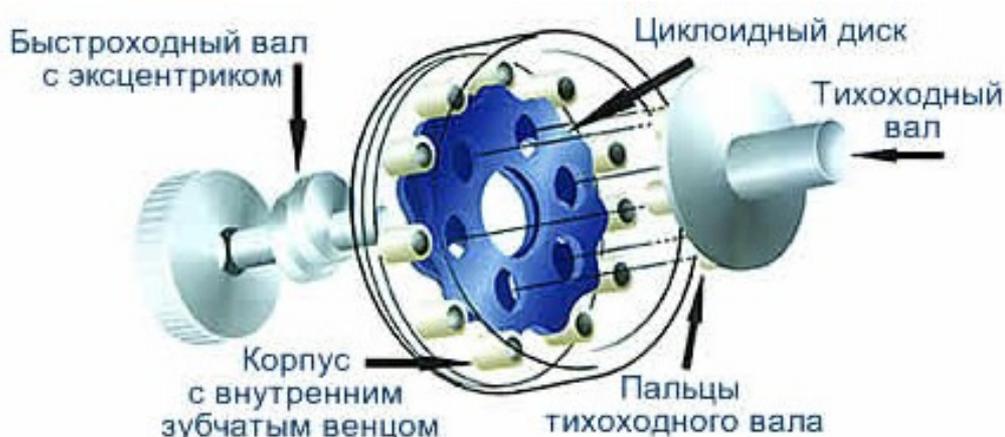


Рис. 4. Планетарный циклоидный редуктор

Главными компонентами планетарно-цевочной передачи являются быстроходный вал с эксцентриками, внутренний фланцевый тихоходный вал, циклоидальные диски и корпус редуктора. Данная передача имеет множество контактных точек, обеспечивающих одновременное распределение рабочей нагрузки примерно на половину всех зубьев, поэтому она может выдерживать мгновенную пиковую ударную нагрузку, которая в 5 раз превышает расчётный крутящий момент. Работа редуктора основывается на оригинально простом принципе. Вращающийся эксцентрик прокатывает циклоидальные диски по внутренней периферии стационарного зубчатого венца. Результирующее действие оказывается подобным действию перекатывания диска по внутреннему зубчатому венцу. Циклоидальный диск движется по часовой стрелке в корпусе зубчатого венца и при этом медленно вращается вокруг своей оси против часовой стрелки. В этой системе циклоидальный профиль диска постепенно входит в зацепление с роликами неподвижного внутреннего зубчатого венца, чтобы произвести обратное вращение на малой скорости. За каждый полный оборот быстроходного вала циклоидальный диск поворачивается на один шаг

циклоидального зубчатого зацепления в противоположном направлении. Обычно на диске имеется на один циклоидальный зуб меньше, чем роликов в неподвижном корпусе зубчатого венца, что определяет передаточное отношение редуктора, численно равное количеству циклоидальных зубьев на диске. Замедленное вращение циклоидальных дисков передаётся на тихоходный вал редуктора с помощью приводных пальцев, которые входят в зацепление с отверстиями, расположенными симметрично вокруг оси каждого диска. Передаточное отношение данной передачи

$$i_0 = \frac{P-L}{L},$$

где P - количество цевок, а L – количество зубьев циклоидального колеса.

Попытки разработать редуктор подобного типа были предприняты ещё в начале прошлого столетия, и уже тогда полученные результаты были впечатляющими. На рис.5 показаны экспериментальные зависимости КПД редуктора от тока якоря двигателя для 4 отечественных планетарно-цевочных редукторов с разными передаточными отношениями.

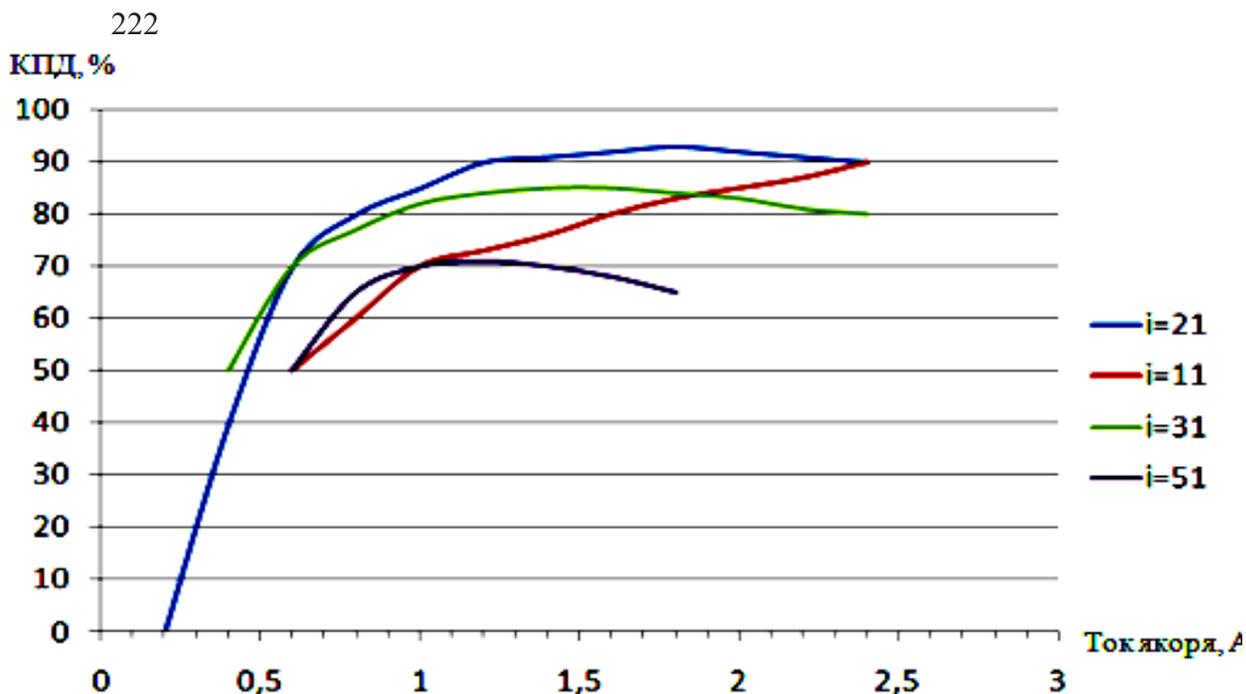


Рис. 5. Зависимость КПД от тока якоря

То есть уже в 20х-30х года прошлого века были опытные образцы планетарно-цевочных редукторов, причем их КПД достигал 92%. К сожалению, до серийного производства подобных редукторов дело в СССР не дошло, поскольку в то время было достаточно проблематично выдерживать необходимую точность при изготовлении

циклоидных колес. И лишь сейчас, когда на российском рынке появилось принципиально новое технологическое оборудование зарубежного производства (Япония, Швейцария и др.), пригодное для изготовления таких передач, задача создания и производства этих перспективных редукторов вновь обрела свои реальные очертания, а её решение перешло в практическую плоскость. Конструкции планетарно-цевочных редукторов обладают существенными технико-эксплуатационными преимуществами и в ближайшем будущем получают самое широкое распространение в оборудовании большинства энергоёмких и ответственных производств. По показателям надёжности, долговечности и компактности во много раз превосходят другие известные образцы редукторов как российского, так и зарубежного производства.

Основные преимущества планетарно-цевочных редукторов:

- малые габариты и низкая относительная масса (от 0,03 до 0,08 кг/Н·м);
- широкий диапазон передаточных отношений одной ступени;
- высокий коэффициент полезного действия (более 92%);
- высокие надёжность и долговечность (до 15 лет работы в одну смену с постоянной нагрузкой);
- высокая устойчивость к перегрузкам (до 500%);
- малая инерционность и низкий уровень шума (до 70 дБА);
- возможность установки как в горизонтальном, так и в вертикальном положении, выходным валом вверх или вниз;
- минимальное обслуживание в эксплуатации.

В данном приводе предусмотрена система аварийного отключения двигателя, представленная на кинематической схеме рис. 2 в виде концевых выключателей 7. Если по какой-либо причине происходит отказ управляющей электроники или если в результате ручного управления пушкой выходной вал поворачивается на предельный угол $\pm 119^\circ$, то происходит замыкание концевого выключателя посредством толкателя закрепленного на червячной передаче 8. При замыкании концевого выключателя питание двигателя отключается, и движение выходного вала останавливается.

Список литературы

1. Планетарные редукторы с внецентроидным зацеплением / В.М. Шанников. - М.-Л. : Машгиз, 1948. 140с.
2. Разработка конструкторской документации при курсовом проектировании: В 2 ч. Ч. 2 / И.С. Потапцев, Н.И. Нарыкова, Е.А. Перминова, А.А. Буцев. и др. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2012. 78с.

3. Разработка конструкторской документации при курсовом проектировании: В 2 ч. Ч. 1 / И.С. Потапцев, Н.И. Нарыкова, Е.А. Перминова, А.А. Буцев. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2010. 78с.
4. Следящие системы и регуляторы / А.А. Ахметжанов, А.В. Кочемасов, М.:Энергоатомиздат, 1986. 178с.