

## МАШИНОСТРОЕНИЕ . МЕТАЛЛУРГИЯ

УДК 621.833

**П. Н. Громыко, д-р техн. наук, проф., Л. Г. Доконов, канд. техн. наук,  
П. С. Гончаров, Е. Г. Кривоногова**

### **СТРУКТУРНЫЕ ВАРИАНТЫ ИСПОЛНЕНИЯ ПЛАНЕТАРНЫХ МАГНИТНЫХ ПРИВОДОВ, РАЗРАБОТАННЫХ НА БАЗЕ ПРЕЦЕССИОННЫХ ПЕРЕДАЧ РАЗЛИЧНЫХ ТИПОВ**

В статье рассмотрено и проанализировано несколько структурных схем планетарных магнитных приводов, позволяющих раскрыть сущность идеи о возможности сокращения цепи магнитомеханических взаимодействий в мотор-редукторах планетарного типа.

Магнитные приводы давно нашли широкое применение в различных областях техники. Для создания полноценного магнитного привода асинхронному двигателю необходим редуцирующий механизм, позволяющий получить на выходном звене требуемые кинематические и силовые характеристики. В результате присоединения к электродвигателю редуцирующего механизма образуется конструкция, называемая мотор-редуктором. Несмотря на то, что в странах ближнего и дальнего зарубежья их серийное производство хорошо налажено, в Республике Беларусь нет специализированного предприятия по выпуску мотор-редукторов. Поэтому потребность в таком виде конструкций удовлетворяется за счет их приобретения за рубежом. При этом служебные свойства общемашиностроительных мотор-редукторов, предназначенных для установки в конкретное изделие, могут оказаться излишне завышенными. Это касается срока службы, требований по виброакустическим показателям, а также других эксплуатационных характеристик. Кроме этого, монополизация рынка мотор-редукторов объясняет их высокие отпускные цены.

В настоящее время направление научных исследований по совершенствованию конструкции мотор-редук-

торов, как правило, разделяется на два практически независимых друг от друга направления. Первое направление – это совершенствование конструкции электродвигателя, второе – совершенствование конструкций редуцирующих устройств. Попытки проведения совместных исследований в указанных направлениях приводили к созданию так называемых планетарных магнитных приводов, которые отличаются от шаговых электродвигателей. В конструкции планетарного магнитного привода используется редуцирующий механизм, ведущее звено которого приводится в колебательное движение круговым магнитным потоком. Обзор технической литературы по тематике планетарных магнитных приводов показал, что широких научных исследований в данном направлении не проводилось. Обнаружены отдельные технические решения, касающиеся совершенствования конструкций планетарных магнитных приводов [1, 2]. Анализ указанных технических источников раскрыл основной недостаток при их функционировании – это несогласованность скорости вращения магнитного потока и скорости вращения ведущего звена передачи, что ведет к торможению последнего, а следовательно, и к низким значениям КПД. По предложению авторов статьи, плане-

тарные магнитные приводы необходимо создавать на основе прецессионных передач [1–3]. Использование особенностей данных передач позволит устранить указанный выше недостаток планетарных магнитных приводов.

Идея авторов статьи состоит в том, что в широко применяемых в настоящее время приводных устройствах, а именно в мотор-редукторах планетарного типа, возможно сокращение цепи магнитно-механических взаимодействий. В планетарных мотор-редукторах имеется следующая магнитно-механическая цепь: вращающийся магнитный поток статора электродвигателя приводит во вращение ротор электродвигателя с валом, на котором размещен кривошип, а он, в свою очередь, заставляет совершать колебательные движения сателлит редуцирующего механизма. Благодаря взаимодействию зубчатых венцов сателлита с неподвижными зубчатыми венцами корпуса сателлит получает вращение вокруг своей оси. Указанное вращение передается с помощью угловой муфты на выходной вал приводного устройства. Предлагается вращающийся магнитный поток статора сразу подавать на сателлит редуцирующего механизма. В данном случае вращающийся магнитный поток выполняет функции кривошипа, наличие которого необходимо в предыдущей цепи, т. е. вращающийся магнитный поток напрямую передает колебательное движение сателлиту. Однако придание правильного (обеспечивающего редуцирование при взаимодействии зубьев сателлита и неподвижных зубьев корпуса) колебательного движения сателлиту вращающимся магнитным потоком возможно только при использовании для редуцирования планетарной передачи прецессионного типа. Наличие в передачах прецессионного типа одной неподвижной точки (точки прецессии) на сателлите при его сферическом движении дает возможность связать сателлит с корпусом передачи с помощью сфериче-

ского подшипника, что в сочетании с создаваемым вращающимся магнитным потоком обеспечивает сателлиту указанное выше правильное колебательное движение.

Таким образом, отсутствие в магнитно-механической цепи предлагаемого приводного устройства ротора и вала электродвигателя, а также кривошипа позволит создавать малогабаритные приводные устройства пониженной себестоимости изготовления с небольшой частотой вращения выходного вала. Причем в таких устройствах будет достаточно просто обеспечить плавное регулирование частоты вращения выходного вала, что позволит расширить их функциональные возможности.

Ниже рассмотрены и проанализированы структурные схемы планетарных магнитных приводов, позволяющих раскрыть сущность вышеупомянутой идеи.

Планетарный магнитный привод (рис. 1) содержит корпус 1, на внутренней поверхности которого имеется зубчатый венец. Он может быть выполнен в виде внутренних зубьев или представлять собой ролики 2, равномерно расположенные в круговом порядке на внутренней поверхности корпуса 1, как это показано на рис. 1, сателлит 3, имеющий на наружной поверхности зубья и составляющий с корпусом 1 посредством сферического подшипника 4 сферическую пару. Одновременно сателлит 3 посредством подшипников 5 составляет вращательную пару с ведомым звеном 6, на конце которого жестко закреплен диск 7, выполненный из магнитного материала. На корпусе 1 размещено устройство 8 для создания вращающегося концентрично корпусу магнитного поля (рис. 2) или расположенные в круговом порядке электромагниты (рис. 3). В точке пересечения оси сателлита 3 и оси выходного вала 10 расположена угловая муфта 9, передающая вращение от сателлита 3 на выходной вал 10.

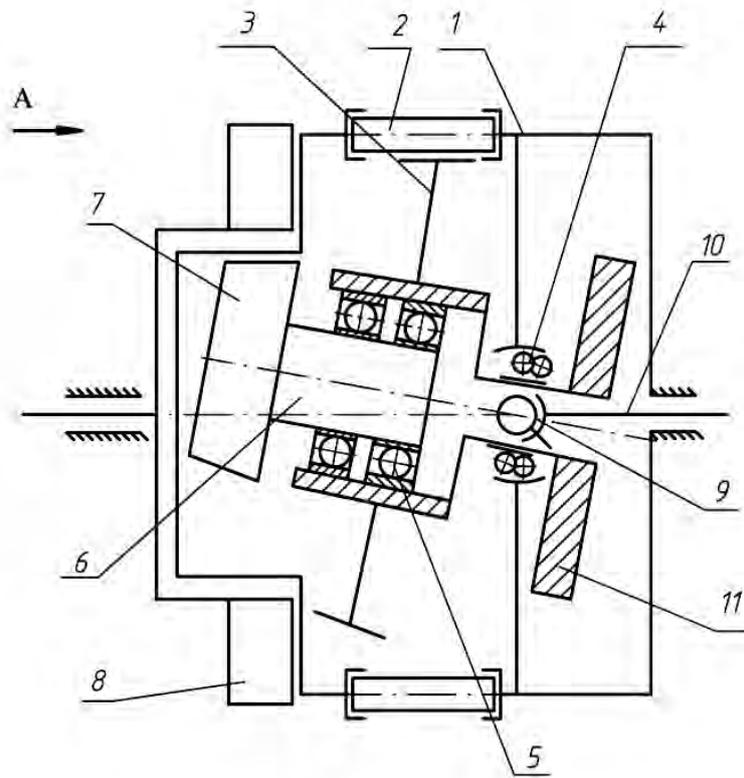


Рис. 1. Схема планетарного магнитного привода, разработанная на базе передачи К-Н-V

Вид А

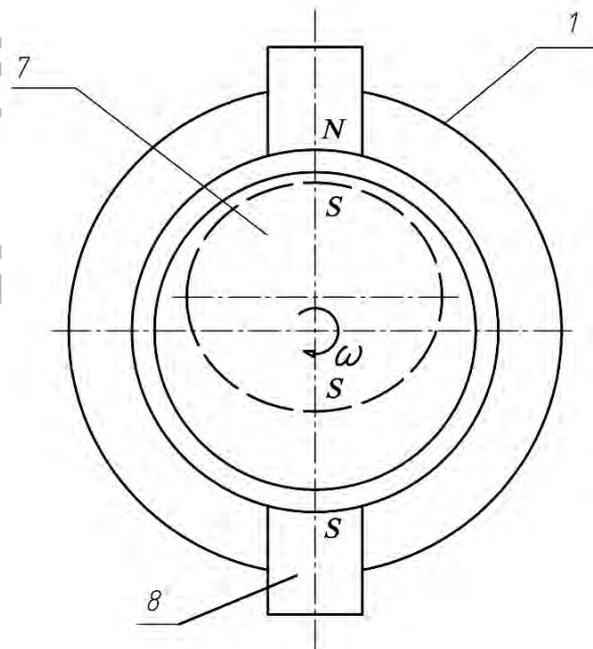


Рис. 2. Устройство для создания магнитного поля, выполненное в виде постоянного магнита

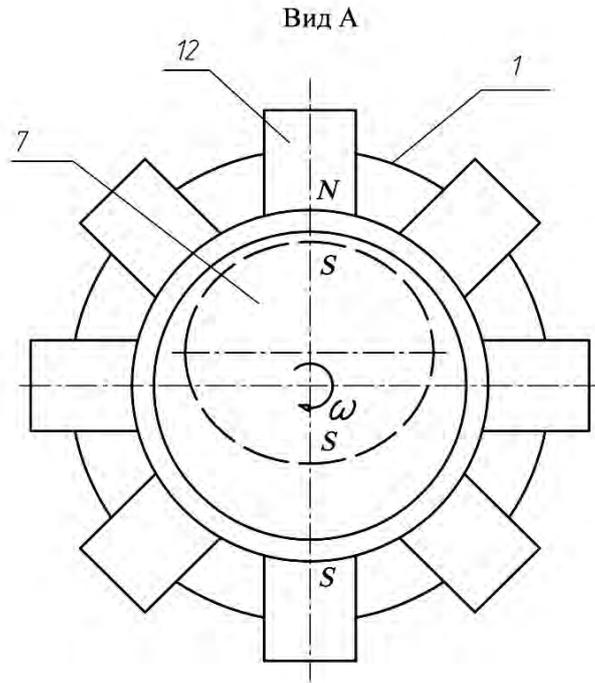


Рис. 3. Устройство для создания вращающегося магнитного поля, выполненное в виде кругового массива с возможностью последовательного подключения электромагнитов

На сателлите 3 расположен противовес 11, позволяющий осуществить статическое уравнивание системы.

Устройство 8 (см. рис. 1) для создания вращающегося концентрично корпусу магнитного поля может быть выполнено в виде постоянного магнита 8 (см. рис. 2), приводящегося в круговое вращение механическим путем, или жестко закрепленных на корпусе в виде кругового массива с возможностью последовательного подключения электромагнитов 14 (см. рис. 3).

Планетарный магнитный привод работает следующим образом. Вращающееся магнитное поле, создаваемое или с помощью постоянного магнита 8, приводящегося во вращение механически (см. рис. 2), или путем последовательного подключения электромагнитов 14 (см. рис. 3), взаимодействует с магнитным диском 7, приводя последний вместе с ведомым звеном 6 в колебательное движение относительно точки пересечения осей сателлита 3 и выходного вала 10. Указанное колебательное движе-

ние передается на сателлит 3 посредством подшипников 5, размещенных на ведомом звене 6. Благодаря указанному колебательному движению и взаимодействию внутренних зубьев зубчатого венца корпуса 1 и наружных зубьев сателлита 3 последний получает вращательное движение с коэффициентом редукционирования, значения которого определяются законами планетарного движения. Вращательное движение с сателлита 3, совершающего сферическое движение, передается на выходной вал 10 посредством угловой муфты 9.

Возможен структурный вариант планетарного магнитного привода с прецессионной передачей типа К-Н-V, нагрузочная способность которого повысится благодаря увеличению числа потоков передачи мощности на выходной вал (рис. 4).

В данной планетарной магнитной передаче на корпусе 1 и сателлите 3 дополнительно выполнены взаимодействующие между собой соответственно внутренний и наружный зубчатые вен-

цы 13 и 14, расположенные симметрично с уже имеющимися зубчатыми венцами корпуса и сателлита относительно

осей, проходящих через точку пересечения выходного вала и сателлита.

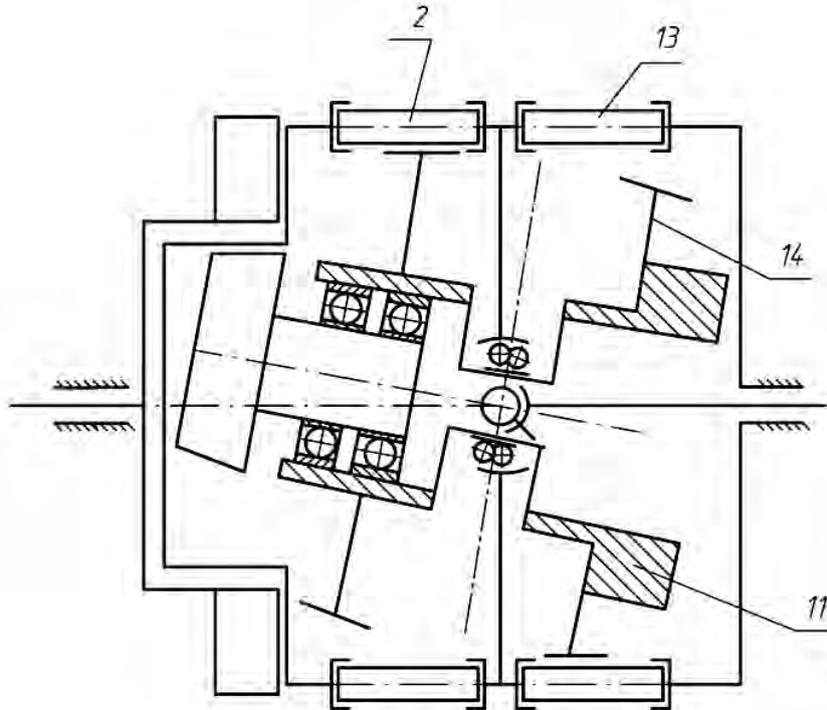


Рис. 4. Структурная схема магнитного привода с прецессионной передачей типа К-Н-В

Рассмотрим структурный вариант планетарной магнитной передачи, разработанной на базе прецессионной передачи типа 2К-Н.

Планетарный магнитный привод (рис. 5) содержит корпус 1, на его внутренней поверхности расположен зубчатый венец, который может быть выполнен в виде внутренних монолитных зубьев или представлять собой ролики 2, как это показано на рис. 5. Сателлит 3 имеет на наружной поверхности два зубчатых венца 4 и 5 и составляет с корпусом 1 посредством сферического подшипника 6 сферическую пару. Одновременно сателлит 3 посредством подшипников 7 составляет вращательную пару с ведомым звеном 8, на конце которого жестко закреплен диск 9, выполненный из магнитного материала. Предлагаемый привод имеет центральное колесо 10, на его

внутренней цилиндрической поверхности расположен зубчатый венец 11, который может быть также выполнен в виде внутренних монолитных зубьев или представлять собой ролики, как это показано на рис. 5. Центральное колесо 10 с зубчатым венцом 11 жестко связано с ведомым валом 12.

На сателлите 3 расположен противовес 13, позволяющий осуществить статическое уравнивание колеблющихся частей привода.

В рассматриваемом варианте планетарного магнитного привода устройство для создания вращающегося концентрично корпусу магнитного поля выполнено таким же образом, как и устройства для структурного варианта планетарного магнитного привода, созданного на базе прецессионной передачи типа К-Н-В (см. рис. 2 и 3).

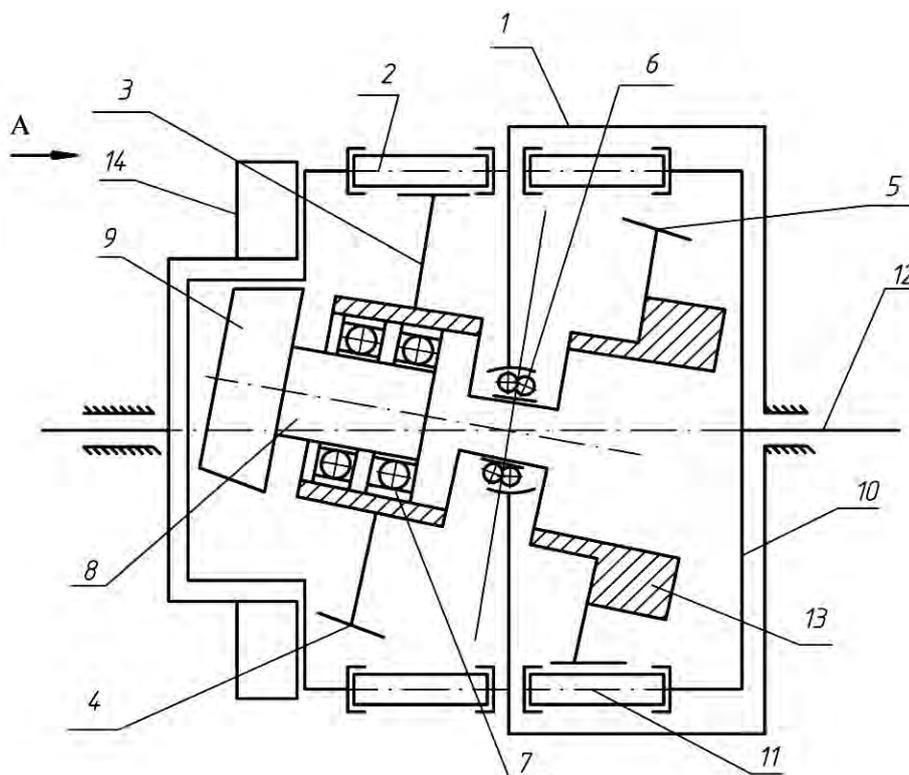


Рис. 5. Структурная схема планетарной магнитной передачи, разработанной на базе прецессионной передачи типа 2К-Н

Планетарный магнитный привод повторяет работу конструкции, рассмотренной выше, но отличительным моментом является то, что зубчатый венец сателлита 5 взаимодействует с внутренними зубьями зубчатого венца 11 центрального колеса 10, приводя его во вращательное движение. Далее вращение от центрального колеса 10 передается на жестко соединенный с ним выходной вал 12.

В предлагаемых структурных вариантах планетарных магнитных приводов вращательное движение сателлита не тормозится магнитным потоком, как это имеет место в планетарном магнитном приводе, предложенном в [4, 5]. Это достигается тем, что контактирующая поверхность сателлита совершает контактное взаимодействие с контактирующей поверхностью корпуса вне действия магнитного потока. Магнитный поток воздействует только на магнит-

ный диск, заставляя его, а также ведомое звено с сателлитом совершать колебательное движение относительно точки пересечения осей сателлита и выходного вала. При этом вращательное движение магнитного диска с ведомым звеном, возникающее вследствие воздействия вращающего магнитного поля, благодаря наличию подшипников не передается на сателлит. Поэтому в предлагаемом планетарном магнитном приводе отсутствует магнитное торможение. Это позволяет повысить нагрузочную способность и КПД рассматриваемых приводов.

Планируется, что разработанные магнитные приводные устройства на базе рассмотренных выше структурных вариантов будут иметь более низкие массогабаритные показатели, а также отпускную цену. При этом появится возможность конструктивно простого, плавного регулирования частоты вра-

щения выходного вала. Это расширит их функциональные возможности по сравнению с мотор-редукторами, которые широко применяются в настоящее время.

На данный момент у авторов статьи имеются наработки по тематике планетарных магнитных приводов с прецессионными редуцирующими механизмами. Поданы три заявки на изобретение, изготовлен макетный образец планетарного магнитного привода с прецессионной передачей, который показал его работоспособность, а также подтвердил верность предложенного авторами направления исследований. Создан клип, иллюстрирующий идею планетарного магнитного привода с прецессионной передачей, который демонстрировался перед специалистами заинтересованных предприятий и научных учреждений и получил положительные отзывы.

**P. N. Gromyko, L. G. Dokonov,  
P. S. Goncharov, E. G. Kryvanogova**  
**Structural variants of execution of the planetary  
magnetic drives developed on the basis of precession  
transmissions of various types**

In article some block diagrams of the planetary magnetic drives are considered and analyzed which make it possible to reveal the essence of the idea about possibility of reduction of the magnetic and mechanical interactions chain in motor-reducers of planetary type.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Скойбеда, А. Т.** Коническо-цилиндрические прецессионные редукторы / А. Т. Скойбеда, П. Н. Громыко. – Минск : БГПА, 2001. – 187 с.
2. Компьютерное моделирование планетарных прецессионных передач : монография / П. Н. Громыко [и др.] ; под общ. ред. П. Н. Громыко. – Могилев : Белорус.-Рос. ун-т, 2007. – 271 с. : ил.
3. **Пат. 11070 Респ. Беларусь, МПК<sup>7</sup> F 16 H 1/32.** Планетарная прецессионная передача / П. Н. Громыко, Д. С. Галюжин, И. В. Трусов : заявитель и патентообладатель Белорус.-Рос. ун-т. – № а20060412 ; заявл. 28.04.06 ; опубл. 30.08.08. – 3 с.
4. **А. с. 243031 СССР, МПК<sup>6</sup> H 02 K 49/02, F 16 H 49/00.** Электромагнитный планетарный механизм для передачи вращения в закрытый объем / П. И. Тютиков, И. Костюк, П. Гунин, Е. П. Сорокин, Н. Г. Степанов, С. И. Пресняков, Е. В. Тихомиров. – № 1013789 ; опубл. 01.01.69. – 2 с.
5. **Пат. 2020704 РФ, МПК<sup>5</sup> H 02 K 49/02, F16H49/00.** Планетарный магнитный привод / Б. Н. Парфанович. – № 5013755/07 ; заявл. 25.11.91 ; опубл. 30.09.94. – 3 с.

Белорусско-Российский университет  
Материал поступил 07.10.2010