

Моно агрегатная полно поточная гидравлическая передача приводов оборудования на базе шестеренных гидромашин

Котлобай А.Я., Котлобай А.А.

Белорусский национальный технический университет

Применение объёмных гидропередач (ОГП) в приводах ходового и технологического оборудования транспортно-тяговых машин является одним из прогрессивных направлений. ОГП позволяет реализовать бесступенчатое регулирование скорости пневмоколесного и гусеничного движителя, расширяет возможности компоновочных решений [1], [2].

Современные ОГП реализуются на базе аксиально-поршневых гидромашин [3]. Применение ОГП в приводах ходового и технологического оборудования удельная стоимость транспортно-технологических машин существенно нарастает. Это объясняется высокой удельной стоимостью и материалоемкостью аксиально-поршневых гидромашин, при этом, наличие систем управления аксиально-поршневых гидромашин приводит к увеличению удельной стоимости и материалоемкости [4].

Рассмотрим пример реализации ОГП моноагрегатной на базе шестерённых гидромашин (*рисунк. 1*) [5].

ОГП включает двухсекционный шестерённый насос 1 постоянного объема, гидрораспределительный модуль 2, шестерённый гидромотор 3 постоянного объема, планетарный редуктор 4.

Первая секция шестерённого насоса 1 содержит шестерни 5, 6, образующие в корпусе 7 всасывающую 8 и напорную 9 полости. Вторая секция шестеренного насоса 1 содержит шестерни 10, 11, образующие в корпусе 7 всасывающую 12 и напорную 13 полости. Шестерни 5, 10 связаны с приводным валом 14. Геометрический объём первой секции шестеренного насоса 1 меньше геометрического объёма второй секции.

Гидрораспределительный модуль 2 обеспечивает регулирование эффективного объёма второй секции шестерённого насоса 1. Гидрораспределительный модуль 2 выполнен в корпусе 15, включает неподвижную распределительную втулку 16, подвижную распреде-

лительную втулку 17, установленную с возможностью поворота на угол 180° , и ротор 18, связанный с приводным валом 14.

На цилиндрической поверхности неподвижной распределительной втулки 16 образованы четыре сегментных пазов 19, 20, 21, 22 с центральными углами, составляющими $\approx 90^\circ$. Полости сегментных пазов 19, 21 и 20, 22 связаны попарно и подключены к контуру подпитки (не показан). На цилиндрической поверхности подвижной распределительной втулки 17 образованы четыре группы продольных каналов 23, 24 и 25, 26, и две кольцевые канавки 27, 28. На цилиндрической поверхности ротора 18 образованы две кольцевые канавки 29, 30 и, связанные с ними, две группы продольных каналов 31, 32. Кольцевые канавки 29, 30 образованы в зонах кольцевых канавок 27, 28 и связаны радиальными каналами. Для обеспечения поворота подвижная распределительная втулка 17 оснащена зубчатым венцом червячного зацепления. Привод червяка 33 осуществляется автономным двигателем 34.

Шестерённый гидромотор 3 постоянного объема содержит шестерни 35, 36, образующие в корпусе 15 полости 37, 38.

Планетарный редуктор 4 включает солнечную шестерню 39, выполненную заодно с шестерней 35, коронную шестерню 40, установленную в крышке 41, сателлиты 42, установленные на осях вала, выполненного заодно с ведомым валом 43.

Напорная полость 13 второй секции шестерённого насоса 1 связана трубопроводом 44 с полостью кольцевой канавки 27. Полость кольцевой канавки 28 связана каналом 45, трубопроводом 46 с всасывающей полостью 12.

Напорная полость 9 первой секции шестерённого насоса 1 связана трубопроводом 47, каналом 48 с полостью сегментного пазов 21, связанного с полостью сегментного пазов 19, и трубопроводом 49 с полостью 37 шестерённого гидромотора 3. Полость 38 шестерённого гидромотора 3 связана трубопроводом 50, каналом 51 с полостью сегментного пазов 20, связанного с полостью сегментного пазов 22, и трубопроводом 52 с всасывающей полостью 8 первой секции шестерённого насоса 1.

При подготовке ОГП к работе контур подпитки (не показан) подключается к каналам, связанным с полостями сегментных пазов 19, 21 и 20, 22.

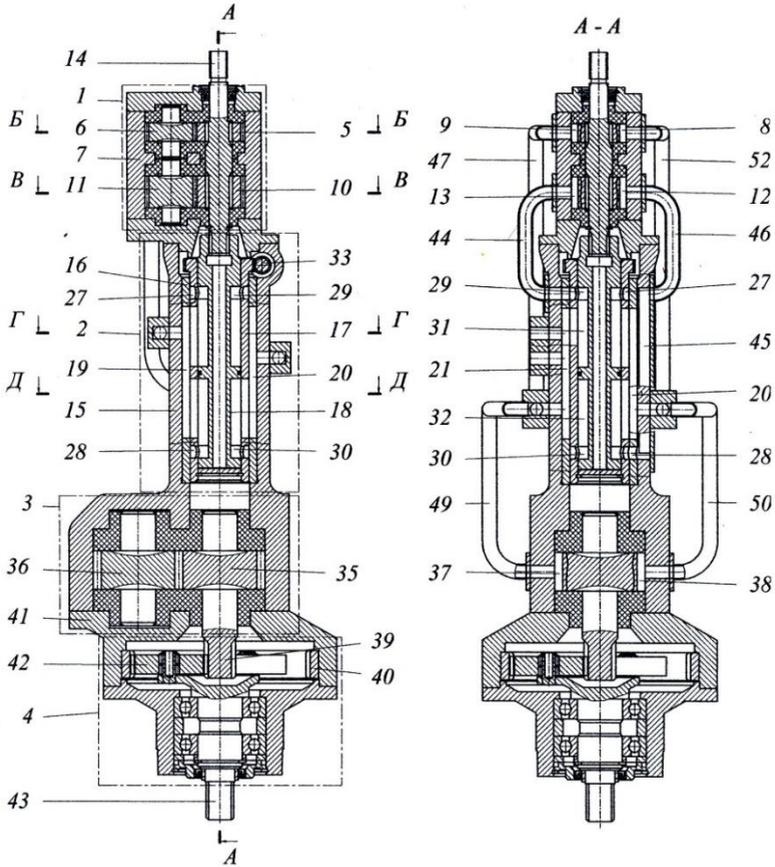


Рис. 1. ОГП моно агрегатная базе шестерённых гидромашин

Гидрораспределительный модуль 2 перераспределяет поток рабочей жидкости из напорной полости 13 между полостями 37, 38 и всасывающей полостью 12 при повороте подвижной распределительной втулки 17. При постоянном конструктивном объёме второй секции двухсекционного шестерённого насоса 1 эффективный объём второй секции будет формироваться как разность подачи рабочей жидкости второй секцией в полости 37, 38 и во всасывающую полость 12 при повороте приводного вала 14 на один оборот.

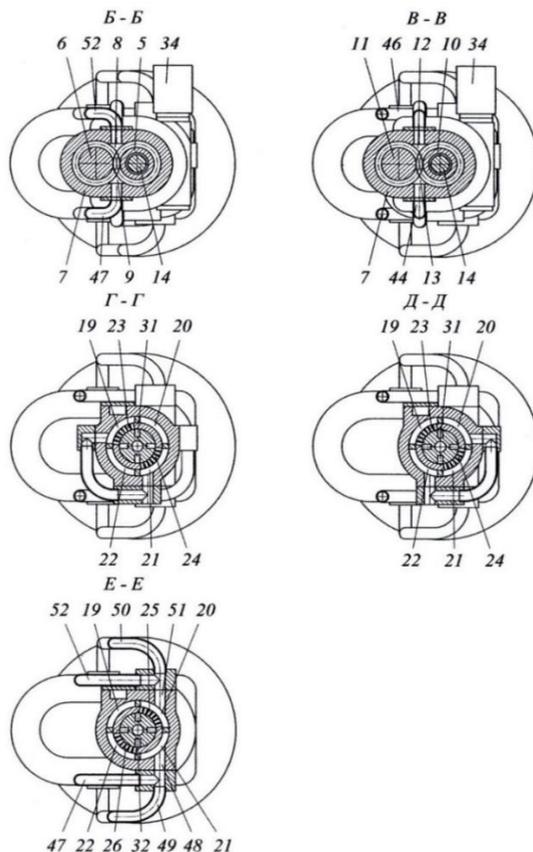


Рис. 1 (продолжение). ОГП моно агрегатная базе шестерённых гидромашин

Скорость вращения ведомого вала 43 при заданной скорости вращения приводного вала 14 и передаточное число объёмной гидрореперации без учета объёмного КПД гидромашин:

$$n_{43} = \frac{n_{14} k_1 (k + k_2)}{i_4}, \quad i = \frac{i_4}{k_1 (k + k_2)}, \quad (1)$$

где $i = \frac{n_{14}}{n_{56}}$ – передаточное число объёмной гидропередачи;

$i_4 = \frac{n_{39}}{n_{43}} > 1$ – передаточное число планетарного редуктора 4;

n_{14}, n_{39}, n_{43} – скорость вращения приводного вала 14, солнечной шестерни 39, ведомого вала 43; $k = q_{2\phi} / q_{2к}$ – коэффициент, характеризующий отношение текущих значений эффективного объёма и конструктивного объёма второй секции двухсекционного шестерённого насоса 1 с гидрораспределительным модулем 2; $q_{2\phi}, q_{2к}$ – эффективный объём и конструктивный объём второй секции двухсекционного шестерённого насоса 1 с гидрораспределительным модулем 2; $k_1 = q_{2к} / q_{3к}$ – коэффициент, характеризующий отношение конструктивных объёмов второй секции двухсекционного шестерённого насоса 1 и шестерённого гидромотора 3; $q_{3к}$ – конструктивный объём шестерённого гидромотора 3 постоянного объёма; $k_2 = q_{1к} / q_{2к}$ – коэффициент, характеризующий отношение конструктивных объёмов первой и второй секций двухсекционного шестерённого насоса 1; $q_{1к}$ – конструктивный объём первой секции двухсекционного шестерённого насоса 1.

Параметры режима работы (1) объёмной гидропередачи приведены в таблице 1.

Поворачивая подвижную распределительную втулку 17 гидрораспределительного модуля 2 на необходимый угол обеспечиваем реверсирование подачи второй секции двухсекционного шестерённого насоса 1 при изменении подачи от нулевого до максимального значений. Это позволяет осуществить плавное изменение скорости вращения ведомого вала 43 в диапазоне прямого хода и реверса. Диапазон изменения определяется соотношением основных параметров секций двухсекционного шестерённого насоса 1, шестерённого гидромотора 3, планетарного редуктора 4.

Применение простых и мало материалоемких насосного агрегата в составе шестерённого насоса и гидрораспределительного модуля 2 и шестерённого гидромотора 3 позволит существенно уменьшить сложность и материалоемкость ОГП. Применение в составе ОГП

двухсекционного шестерённого насоса 1 с регулированием эффективного объёма одной секции позволяет существенно увеличить диапазон изменения скоростей ведомого вала 43 и диапазон изменения передаточных чисел ОГП при необходимом соотношении передаточных чисел ОГП прямого хода и реверса.

Таблица 1. Передаточное число ОГП

k									
k_2	-1,0	-0,8	-0,6	-0,4	-0,2	0,0	0,2	0,6	1,0
$i(k_1 = 0,2; i_4 = 2)$									
0,8	-50,0	∞	50,0	25,0	16,7	12,5	10,0	13,2	5,6
0,6	-25,0	-50,0	∞	50,0	25,0	16,7	12,5	8,3	6,3
0,4	-16,7	-25,0	-50,0	∞	50,0	25,0	16,7	10,0	7,1
$i(k_1 = 0,2; i_4 = 3)$									
0,8	-75,0	∞	75,0	37,5	25,0	18,8	15,0	10,7	8,3
0,6	-37,5	-75,0	∞	75,0	37,5	25,0	18,8	12,5	9,4
0,4	-25,0	-37,5	-75,0	∞	75,0	37,5	25,0	15,0	10,7
$i(k_1 = 0,6; i_4 = 2)$									
0,8	-16,7	∞	16,7	8,3	5,6	4,2	3,3	2,4	1,9
0,6	-8,3	-16,7	∞	16,7	8,3	5,6	4,2	2,8	2,1
0,4	-5,6	-8,3	-16,7	∞	16,7	8,3	5,6	3,3	2,4
$i(k_1 = 0,6; i_4 = 3)$									
0,8	-25,0	∞	25,0	12,5	8,3	6,3	5,0	3,6	2,8
0,6	-12,5	-25,0	∞	25,0	12,5	8,3	6,3	4,2	3,1
0,4	-8,3	-12,5	-25,0	∞	25,0	12,5	8,3	5,0	3,6

Литература

1. Леонович, И.И. Машины для строительства, ремонта и содержания автомобильных дорог: учебник / И.И. Леонович, А.Я. Котлобай. – Мн.: БНТУ, 2005. – 552 с.
2. Петров, В.А. Гидрообъемные трансмиссии самоходных машин / В.А. Петров. – М.: Машиностроение, 1988. – 248 с.
3. ГСТ-71, ГСТ-90. Гидростатические трансмиссии. Устройство и принцип действия. ОАО «Пневмостроймашина». – Екатеринбург, 10/2009. – 17 с.
4. Котлобай, А.А. Направления снижения материалоемкости приводов оборудования дорожно-строительных машин / А.А. Котлобай // Автомобильные дороги и мосты. – 2019. № 1 (23). – С. 73 – 83.
5. Объемная гидropередача: пат. 12393 U Республика Беларусь, F 16H 61/44 (2006.01), F 15B 11/22 (2006.01) // Заявители: Котлобай Анатолий Яковлевич; Котлобай Андрей Анатольевич (BY); Авторы: Котлобай Анатолий Яковлевич; Котлобай Андрей Анатольевич (BY); Патентообладатели: Котлобай Анатолий Яковлевич; Котлобай Андрей Анатольевич (BY) – № u 20190309, 2019.12.11; опубл. 2020.08.30 // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. – 2020. – № 4.