

# ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ДВИГАТЕЛИ ПОСТОЯННОГО ТОКА

Тухуг 40С

**Электродвигатель постоянного тока (ДПТ)** — электрическая машина постоянного тока, преобразующая электрическую энергию постоянного тока в механическую энергию

- Этот двигатель можно ещё назвать синхронной машиной постоянного тока с самосинхронизацией. Простейший двигатель, являющийся машиной постоянного тока, состоит из постоянного магнита на индукторе (статоре), одного электромагнита с явно выраженными полюсами на якоре (двухзубцового якоря с явно выраженными полюсами и с одной обмоткой), щёточноколлекторного узла с двумя пластинами (ламелями) и двумя щётками.
- Простейший двигатель имеет два положения ротора (две «мёртвые точки»), из которых невозможен самозапуск, и неравномерный крутящий момент. В первом приближении магнитное поле полюсов статора равномерное (однородное). В этом случае крутящий момент равен:
  - $M \approx \xi \cdot 2 \cdot B \cdot I \cdot l \cdot r \cdot \sin(\omega \cdot t)$

- з-за наличия угловой ширины щёток и углового зазора между пластинами (ламелями) коллектора в двигателе этой конструкции имеются динамически постоянно короткозамкнутые щётками части обмотки ротора. Число короткозамкнутых частей обмотки ротора равно числу щёток. Эти короткозамкнутые части обмотки ротора не участвуют в создании общего крутящего момента.
- Суммарная короткозамкнутая часть ротора в двигателях с одним коллектором равна:
- $n \cdot \alpha / (2 \cdot \pi)$   $\{\displaystyle n \cdot \alpha / (2 \cdot \pi)\}$ , где  $n$   $\{\displaystyle n\}$  — число щёток,
- $\alpha$   $\{\displaystyle \alpha\}$  — угловая ширина одной щётки [радиан].
- Без учёта короткозамкнутых щётками частей крутящего момента средний крутящий момент  $s$   $\{\displaystyle s\}$  рамок (витков) с током за один оборот равен площади под интегральной кривой крутящего момента, делённой на длину периода (1 оборот =  $2\pi$ )

$$M_{krsr} = \left( 2 \cdot \int_0^{\pi} s \cdot 2 \cdot B \cdot I \cdot L \cdot r \cdot \sin(\omega \cdot t) d(\omega \cdot t) \right) / (2 \cdot \pi) = s \cdot 2 \cdot B \cdot I \cdot L \cdot r \cdot \left( \int_0^{\pi} \sin(\omega \cdot t) d(\omega \cdot t) \right) / \pi$$

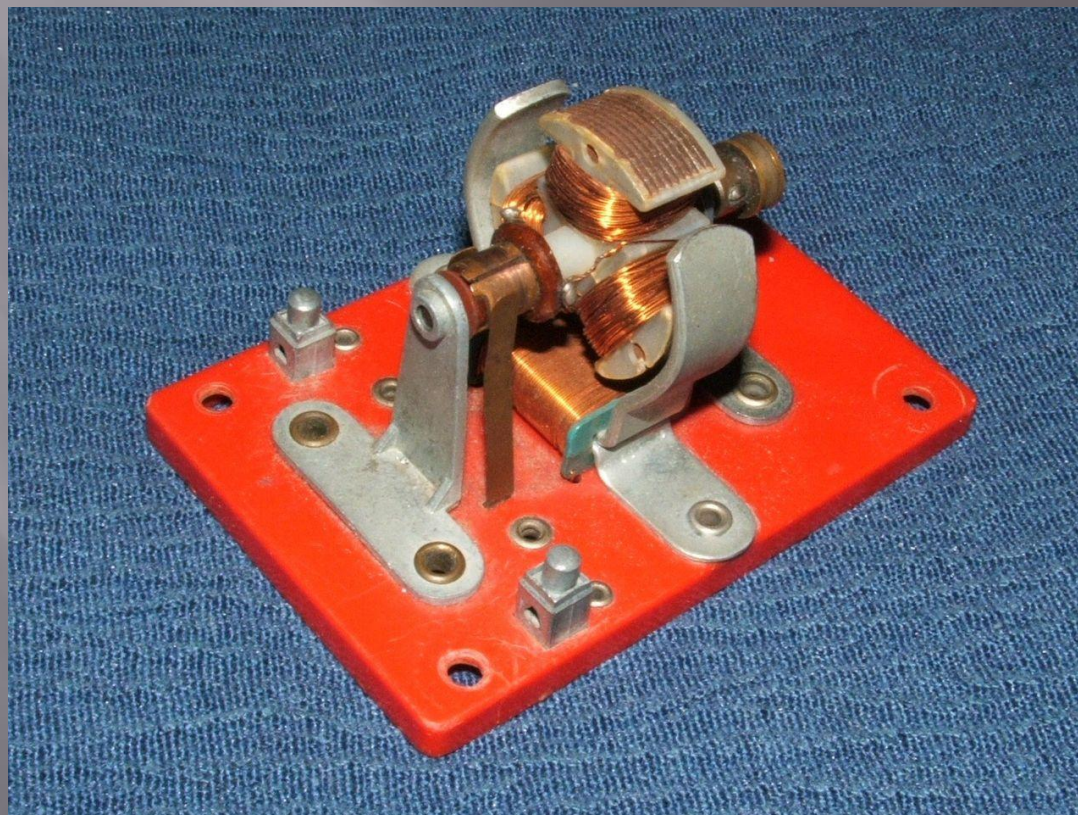
Двигатель, показанный на **рис. 2**, состоит из:

- одного электромагнита на статоре (двухполюсного статора) с явно выраженными полюсами и с одной обмоткой,
- ротора с тремя зубцами и, соответственно, с тремя обмотками (обмотки ротора при такой конструкции могут быть включены звездой (в столь маломощной машине условия коммутации допускают такое соединение) или треугольником),
- щёточноколлекторного узла с тремя пластинами (ламелями) и с двумя щётками.

Самозапуск возможен из любого положения ротора. Имеет меньшую неравномерность крутящего момента, чем двигатель с двухзубцовым ротором (рис. 1).

ДПТ являются обратимыми электрическими машинами, то есть в определённых условиях способны работать как генераторы постоянного тока.

Сокращение ДПТ (двигатель постоянного тока) является неудачным, так как название «двигатель переменного тока» имеет то же сокращение — ДПТ. Но так как двигатели переменного тока разделяются на асинхронные (АД) и синхронные (СД), сокращение ДПТ относят к двигателям постоянного тока.



# Статор (индуктор)

- На статоре ДПТ располагаются, в зависимости от конструкции, или постоянные магниты (микродвигатели), или электромагниты с обмотками возбуждения (катушками, наводящими магнитный поток возбуждения).
- В простейшем случае статор имеет два полюса, то есть один магнит с одной парой полюсов. Но чаще ДПТ имеют две пары полюсов. Бывает и более. Помимо основных полюсов на статоре (индукторе) могут устанавливаться добавочные полюса, которые предназначены для улучшения коммутации на коллекторе.

# Ротор (якорь)



- Минимальное число зубцов ротора, при котором самозапуск возможен из любого положения ротора — три. Из трёх, кажущихся явно выраженными, полюсов, на самом деле один полюс всё время находится в зоне коммутации, то есть ротор имеет минимум одну пару полюсов (как и статор, так как в противном случае работа двигателя невозможна).
- Ротор любого ДПТ состоит из многих катушек, на часть которых подаётся питание, в зависимости от угла поворота ротора, относительно статора. Применение большого числа (несколько десятков) катушек, необходимо для уменьшения неравномерности крутящего момента, для уменьшения коммутируемого (переключаемого) тока, и для обеспечения оптимального взаимодействия между магнитными полями ротора и статора (то есть для создания максимального момента на роторе).
- При вычислении момента инерции ротора его, в первом приближении, можно считать сплошным однородным цилиндром с моментом инерции, равным:
- $J_a = (1/2) \cdot m \cdot R^2$   $\{\displaystyle J_{a}=(1/2)\cdot m\cdot R^{2}\}$ , где  $m$   $\{\displaystyle m\}$  — масса цилиндра (ротора),
- $a R$   $\{\displaystyle R\}$  — радиус цилиндра (ротора).

# Коллектор

- Коллектор (щёточно-коллекторный узел) выполняет одновременно две функции: является датчиком углового положения ротора и переключателем тока со скользящими контактами.
- Конструкции коллекторов имеют множество разновидностей.
- Выводы всех катушек объединяются в коллекторный узел. Коллекторный узел обычно представляет собой кольцо из изолированных друг от друга пластин-контактов (ламелей), расположенных по оси (вдоль оси) ротора. Существуют и другие конструкции коллекторного узла.
- **Рис. 4** Графитовые щётки
- Щёточный узел необходим для подвода электроэнергии к катушкам на вращающемся роторе и переключения тока в обмотках ротора. Щётка — неподвижный контакт (обычно графитовый или медно-графитовый).
- Щётки с большой частотой размыкают и замыкают пластины-контакты коллектора ротора. Как следствие, при работе ДПТ происходят переходные процессы в обмотках ротора. Эти процессы приводят к искрению на коллекторе, что значительно снижает надёжность ДПТ. Для уменьшения искрения применяются различные способы, основным из которых является установка добавочных полюсов.
- При больших токах в роторе ДПТ возникают мощные переходные процессы, в результате чего искрение может постоянно охватывать все пластины коллектора, независимо от положения щёток. Данное явление называется кольцевым искрением коллектора или «круговой огонь». Кольцевое искрение опасно тем, что одновременно выгорают все пластины коллектора и срок его службы значительно сокращается. Визуально кольцевое искрение проявляется в виде светящегося кольца около коллектора. Эффект кольцевого искрения коллектора недопустим. При проектировании приводов устанавливаются соответствующие ограничения на максимальные моменты (а следовательно и токи в роторе), развиваемые двигателем.



# Применение

- Краны различных тяжёлых производств
- Привод, с требованиями регулировки скорости в широком диапазоне и высоким пусковым моментом
- Тяговые электродвигатели тепловозов, электровозов, теплоходов, карьерных самосвалов и пр.
- Электрические стартеры автомобилей, тракторов и др. Для уменьшения номинального напряжения питания в автомобильных стартерах применяют двигатель постоянного тока с четырьмя щётками. Благодаря этому эквивалентное комплексное сопротивление ротора уменьшается почти в четыре раза. Статор такого двигателя имеет четыре полюса (две пары полюсов). Пусковой ток в автомобильных стартерах около 200 ампер. Режим работы — кратковременный.
- Миниатюрные низковольтные электродвигатели постоянного тока широко применяются в самых разных устройствах: игрушках, компьютерной технике, оргтехнике, аккумуляторных электроинструментах, и другое.
- См. также: [Постоянный ток на транспорте](#)

# Достоинства и недостатки

- **Достоинства:**
- простота устройства и управления;
- практически линейные механическая и регулировочная характеристики двигателя;
- легко регулировать частоту вращения;
- хорошие пусковые свойства (большой пусковой момент), (наибольший пусковой момент у ДПТ с последовательным возбуждением);
- компактнее других двигателей (если использовать сильные постоянные магниты в статоре);
- так как ДПТ являются обратимыми машинами, появляется возможность использования их как в двигательном, так и в генераторном режимах.
- **Недостатки :**
- дороговизна изготовления;
- для питания электродвигателя от сети переменного тока необходимо использовать выпрямительные устройства;
- необходимость профилактического обслуживания коллекторно-щёточных узлов;
- ограниченный срок службы из-за износа коллектора.
- (Последние два недостатка на современном этапе развития ДПТ почти не ощутимы).

**КОНЕЦ**

THE END