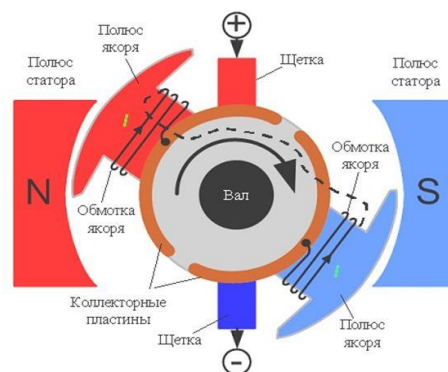


Конспект к защите лабораторной работе №1

Конструкция двигателя постоянного тока

Двигатель состоит из двух частей: **статор** и **ротор**. Статор – постоянный магнитотвердый материал. Внутри него находится ротор из магнитомягкого материала, у которого есть как минимум три катушки. Принцип работы: с помощью щеток подается ток на одну из катушек, возникает электродвижущая сила. Ротор вращается; через некоторое время ток начинает поступать на следующую катушку (смена катушек происходит механически, в результате движения), из-за чего движение не прекращается. Двигатель не разгоняется бесконечно, потому что ЭДС индукции препятствует этому.



Обозначения

Обозначение	Название	Ед. измерения
θ	Угол поворота	рад
ω	Угловая скорость	рад/с
$\dot{\omega}$	Угловое ускорение	рад/с ²
J	Момент инерции	кг·м ²
M	Момент силы	Н·м
ε	ЭДС индукции	В
ω_{nls}	Установившаяся угловая скорость	рад/с

Четыре «кирпичика» модели ДПТ

1. Второй закон Ньютона: $M = J\dot{\omega}$
2. Обобщенный закон Ома: $I = \frac{U + \varepsilon}{R}$
3. «Сила Лоренца»: $M = k_m I$
4. Электромагнитная индукция: $\varepsilon = -\frac{d\Phi}{dt} = -\dot{\Phi} = -k_e \omega$

Упрощенная модель ДПТ

$$\begin{cases} M = J\dot{\omega} \\ I = \frac{U + \varepsilon}{R} \\ M = k_m I \\ \varepsilon = -k_e \omega \end{cases} \Rightarrow J\dot{\omega} = k_m \frac{U - k_e \omega}{R} \Rightarrow \dot{\omega} = \frac{k_m(U - k_e \omega)}{JR}$$

$$\text{Итоговое уравнение: } \dot{\omega} + \frac{k_m k_e}{JR} \omega = \frac{k_m}{JR} U$$

Обозначение различных моментов сил

Обозначение	Название	Физический смысл ¹
M_{Σ}	Сумма всех моментов сил, действующих на ротор	Сумма <u>всех</u> моментов сил
M_{el}	Момент силы, возникающий в двигателе из-за протекающих в нем электродинамических процессов	<u>Внутренние</u> силы, приводящие в движение ротор
M_{oth}	Сумма всех остальных моментов сил, действующих на ротор	<u>Внешние</u> силы, которые действуют на ротор (например, нагрузка на якорь двигателя)
M_{st}	Пусковой момент	В <u>начальный момент времени</u> , когда только подается напряжение на двигатель, момент силы принимает значение пускового момента

Если $M_{oth} \neq 0$, то $\omega(t) = \left(\omega_{nls} + M_{oth} \frac{\omega_{nls}}{M_{st}} \right) \left(1 - e^{-\frac{M_{st}}{J\omega_{nls}}t} \right)$.²

Основные формулы

$$\omega(t) = \omega_{nls} \left(1 - e^{-\frac{t}{T_m}} \right), \text{ где } T_m = \frac{J\omega_{nls}}{M_{st}}$$

$$\varepsilon(t) = \frac{\omega_{nls}}{T_m} e^{-\frac{t}{T_m}}$$

$$\theta(t) = \omega_{nls} \left(t - T_m \left(1 - e^{-\frac{t}{T_m}} \right) \right)$$

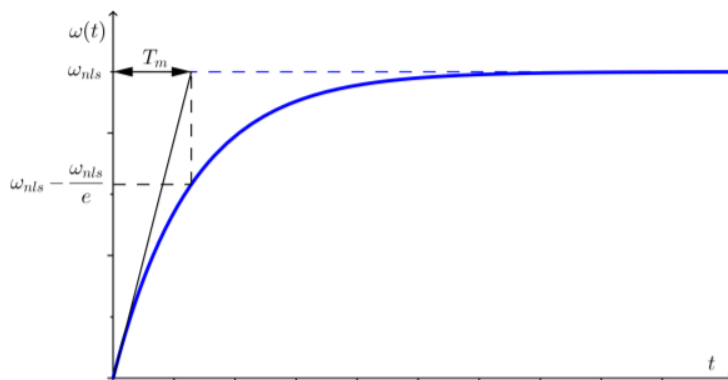


Рис. 2. График зависимости угловой скорости вращения ротора от времени.

¹ Я не уверен, что правильно понимаю то, как объяснить физический смысл этих величин.

² Попробуйте добавить в левую часть формулы (18) в методичке M_{oth} и проделайте все операции до формулы (24).

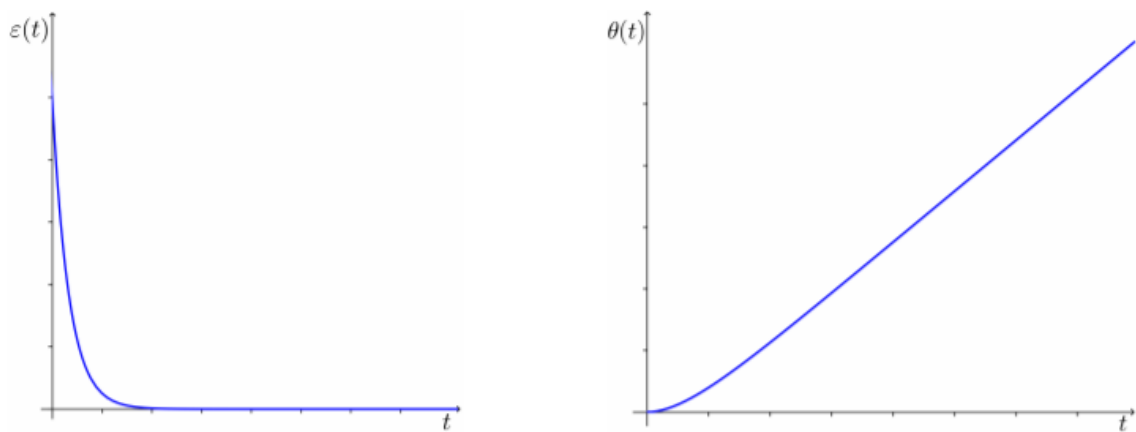


Рис. 3. Графики зависимостей $\varepsilon(t)$ и $\theta(t)$.

1. $\lim_{t \rightarrow \infty} \theta(t) = \omega_{nls}(t - T_m)$ - при стремлении времени к бесконечности график угла поворота принимает форму прямой линии по этой формуле.
2. $\varepsilon(0) = \frac{\omega_{nls}}{T_m}$, оси абсцисс график не касается (стремится к нулю).
3. При **увеличении** T_m двигателю необходимо больше времени на разгон (но $T_m \neq$ время разгона!), соответственно графики скорости и ускорения будут более вытянуты в ширину, а у графика угла поворота будет дольше изгиб в начале (график позже превратится в прямую линию). (что будет при уменьшении – подумайте сами)
4. При увеличении подаваемого напряжения будет увеличиваться M_{st} , причем M_{st} прямо пропорционально напряжению и **обратно** – T_m . Значит, T_m будет уменьшаться при увеличении напряжения, далее все противоположно пункту 3.
5. При **ненулевом** значении ω график скорости все так же будет стремиться к ω_{nls} (просто начинаться будет с какой-то точки на оси ординат, а не с нуля), график ускорения – начнется ниже, закончится быстрее, график угла поворота – ближе к началу координат будет прямая линия.
6. При **ненулевом** значении θ измениться лишь график угла поворота – он будет начинаться на какой-либо точке на оси ординат (не в 0), при этом сам график будет двигаться ровно так же, как и с нулевым начальным значением.

Графики в отчете

В отчете мы строили три графика: график, полученный экспериментальным путем; график, полученный с помощью модели Xcos; график, полученный с помощью аппроксимации, по формуле математической модели. По сути, два последних – это два разных способа получения одного и того же (поэтому они должны совпадать). Они являются реализациями математической модели, которую мы описывали, просто разными способами.

А если они не совпадают... То $\neg(\cup)\neg$

Если есть какие-то вопросы или ошибки, пишите!