

## Литература

1. Веселовский, И. Н. Очерки по истории теоретической механики. / И. Н. Веселовский. — М.: Высшая школа, 1974. — 287 с.
2. Матвеев, А. Н. Механика и теория относительности. / А. Н. Матвеев. — Изд. 2-е, перераб. — М.: Высшая школа, 1986. — с. 167.
3. Хайкин, С. Э. Силы инерции и невесомость. / С. Э. Хайкин. — М.: Наука, 1967. — 161—163 с.
4. Ишлинский, А. Ю. Классическая механика и силы инерции. / А. Ю. Ишлинский. — М.: Наука, 1987. — С. 70. — 320 с.
5. Прохоров, А. М. — М.: Советская энциклопедия / А. М. Прохоров, 1990. — Т. 2. — С. 461. — 704 с.

## УДК 531

### **НИКОЛА ТЕСЛА, ПРИНЦИП ИНДУКЦИИ В ЭЛЕКТРОМОБИЛЕ**

Студенты гр. 10105222 М. М. Ровдо, Р. О. Дербенёв  
*Научный руководитель – доцент Скляр О. Н.*  
Белорусский национальный технический университет  
Минск, Республика Беларусь

Никола Тесла (серб. Никола Тесла, англ. Nikola Tesla; 10 июля 1856, Смилян, Госпич, Австрийская империя — 7 января 1943, Нью-Йорк, США) — американский инженер и физик-электроник, изобретатель в области электротехники. Он наиболее известен своими разработками современной системы электроснабжения переменного тока и работами в области электротехники, которые повлияли на развитие современных электромобилей. В 1883 году Тесла разработал и запатентовал асинхронный электродвигатель. Этот двигатель использует создаваемое переменным током, вращающееся магнитное поле для вращения ротора.

Высокочастотные микропроцессоры и антенны: Электромобили используют высокочастотные микропроцессоры для обработки сигналов и антенны для передачи и приёма радиосигналов, которые также были придуманы Теслой. Кроме того Тесла проводил эксперименты с электромобилями. В 1931 году он переоборудовал автомобиль Pierce Arrow, заменив бензиновый двигатель на электродвигатель.

В электромобилях используется двигатель постоянного магнита синхронного ротора (IPMSM). Этот двигатель использует постоянные

магниты в роторе и три фазы переменного тока в статоре. При подаче на обмотки статора переменного тока он создает вращающееся магнитное поле, которое затем «перетаскивает» магниты в роторе, заставляя его вращаться. При этом частота вращения магнитного поля ротора будет меньше частоты вращения магнитного поля статора передающееся затем на колеса автомобиля через систему передач. Однако главным моментом является то, что скорость вращения ротора всегда синхронизируется со скоростью вращения магнитного поля, создаваемого статором. Это означает, что двигатель может точно контролировать скорость и крутящий момент, что делает его подходящим для использования в автомобилях.

Важно отметить, что принцип электромагнитной индукции, который был открыт Майклом Фарадеем и усовершенствован Николой Теслой, лежит в основе работы этих двигателей. Без данного принципа двигатели не смогли бы преобразовывать электрическую энергию в механическую. Это явление возникает при изменении магнитного поля во времени или при движении материальной среды в магнитном поле. Фарадей обнаружил, что электродвижущая сила (ЭДС), возникающая в замкнутом проводящем контуре, пропорциональна скорости прохождения магнитного потока через поверхность, ограниченную этим контуром.

Способность электромотора равномерно передавать крутящий момент позволяет отказаться от ступенчатой коробки передач. Обороты от вала ротора на ведущую колесную пару передаются с помощью одноступенчатой шестеренчатой передачи, состоящей из четырёх зубчатых колес спирального типа. Спиральная конструкция шестерен обеспечивает плавность передачи вращения. Смазка подшипников и зубчатых колес производится благодаря циркуляции трансмиссионного масла.

Также электрический двигатель не производит выхлопных газов, что положительно сказывается на экологии и ему не нужно время на подачу топлива и преобразования его во вращение колес, что означает, что задержка между нажатием на педаль газа и подачей мощности происходит практически без задержки. Система рекуперации позволяет не только почти не пользоваться педалью тормоза в городских условиях, но и заряжать батареи автомобиля в процессе рекуперативного торможения.

В отличие от электродвигателя принцип работы ДВС основан на эффекте теплового расширения газов, возникающего при сгорании топливно-воздушной смеси и обеспечивающего перемещение поршня в цилиндре. Работа поршневого ДВС осуществляется циклически. Каждый рабочий цикл происходит за два оборота коленчатого вала и включает четыре такта (четырехтактный двигатель): сжатие, впуск, рабочий ход и выпуск. Во время тактов «впуск» и «рабочий ход» происходит движение поршня вниз, а тактов «сжатие» и «выпуск» — вверх. Рабочие циклы в каждом из цилиндров двигателя не совпадают по фазе, что обеспечивает

равномерность работы ДВС. В некоторых конструкциях двигателей внутреннего сгорания рабочий цикл осуществляется за два такта: «сжатие» и «рабочий ход».

На такте «впуск», впускная и топливная системы образуют топливную смесь. При открытии впускных клапанов газораспределительного механизма воздух или топливно-воздушная смесь за счет разрежения, возникающего при движении поршня вниз, подается в камеру сгорания. На такте сжатия впускные клапаны закрываются, после чего топливно-воздушная смесь сжимается в цилиндрах двигателя.

При такте «выпуск» открываются выпускные клапаны газораспределительного механизма, что позволяет отработавшим газам удалиться из цилиндров в выпускную систему, где производятся их очистка, охлаждение и снижение шума. Далее газы поступают в атмосферу. Рассмотренный принцип работы двигателя внутреннего сгорания позволяет понять, почему ДВС имеет небольшой коэффициент полезного действия — порядка 40 %. В конкретный момент времени, как правило, полезная работа совершается только в одном цилиндре, в остальных — обеспечивающие такты: впуск, сжатие, выпуск. В среднем электродвигатели в автомобилях обладают коэффициентом полезного действия свыше 80 %. Следовательно, ДВС по многим параметрам уступает электродвигателю.

### Задача

Бесконечно длинный проводник, по которому течет ток  $I = 50$  А, изогнут под углом  $\alpha = \frac{2\pi}{3}$ . Определить магнитную индукцию проводника в точке  $A$  (рисунок 1), расстояние до которой  $d = 5$  см.

### Решение

Изогнутый проводник можно рассматривать как два длинных проводника, концы которых соединены в точке  $O$  (рисунок 2).

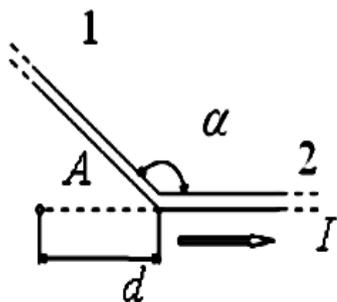


Рисунок 1

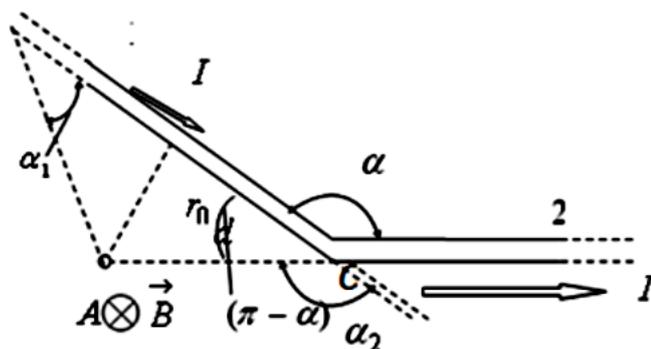


Рисунок 2

В соответствии с принципом суперпозиции магнитных полей вектор магнитной индукции  $\overline{B}$  в точке  $A$  будет равен геометрической сумме магнитных индукций  $\overline{B}_1$  и  $\overline{B}_2$  полей, создаваемых отрезками длинных проводников 1 и 2:

$$\overline{B} = \overline{B}_1 + \overline{B}_2.$$

Найдем магнитную индукцию по  $\overline{B}_1$  формуле

$$B_1 = \frac{\mu_0 \mu I}{4\pi r_0} (\cos \alpha_1 - \cos \alpha_2),$$

где  $r_0$  – кратчайшее расстояние от проводника 1 до точки  $A$  (см. рисунок 2).

В данном случае  $\alpha_1 \rightarrow 0$  (проводник бесконечно длинный)

$$\alpha_2 = \alpha = \frac{2\pi}{3} \cos \alpha_2 = \frac{1}{2}.$$

Расстояние

$$r_0 = d \sin(\pi - \alpha) = d \sin\left(\frac{\pi}{3}\right) = d \frac{\sqrt{3}}{2}.$$

Тогда магнитная индукция

$$B_1 = \frac{\mu_0 \mu I}{4\pi \frac{\sqrt{3}}{2}} \left(1 + \frac{1}{2}\right) = \frac{3\mu_0 \mu I}{4\pi d \sqrt{3}} = \frac{\sqrt{3}\mu_0 \mu I}{4\pi d}.$$

Магнитная индукция, создаваемая вторым отрезком проводника, равна нулю. Это следует из закона Био–Савара, согласно которому в точках, лежащих на оси проводника:

$$d\overline{B} = 0, \text{ так как } [d\overline{l} \Delta r] = 0 \text{ и } \overline{B}_2 = 0.$$

Так как  $B = B_1$ , то  $B = \frac{\sqrt{3}\mu_0 \mu I}{4\pi d}$ .

Вектор  $\overline{B}$  сонаправлен с вектором  $\overline{B}_1$ . Таким образом:

$$B = \frac{\sqrt{3} \cdot 4\pi \cdot 10^{-7} \cdot 50}{4\pi \cdot 5 \cdot 10^{-2}} \text{ Тл} = 3,46 \cdot 10^{-5} \text{ Тл} = 34,6 \text{ мкТл}.$$

Можно сделать вывод, что, принцип индукции, основанный Николой Тесла, продолжает широко использоваться в современных технологиях, включая электромобили. Его асинхронный электродвигатель, работающий на переменном токе, стал основой для электродвигателей, используемых в современных электромобилях. Однако стоит отметить, что хотя Тесла сделал значительные вклады в эту область, многие другие ученые и инженеры также внесли свой вклад в развитие электромобилей. Все эти достижения являются результатом усилий многих людей в течение многих лет. В целом, Никола Тесла был истинным визионером своего времени, и его работа продолжает вдохновлять и формировать наше технологическое будущее. Его вклад в развитие электромобилей и электротехники в целом не может быть недооценен.

### *Литература*

1. Торгоня, А. Н. Асинхронный двигатель / А. Н. Торгоня; науч. рук. О.С. Шауро // Актуальные проблемы энергетики 2020 [Электронный ресурс]: материалы студенческой научно-технической конференции / сост. И.Н. Прокопеня. – Минск: БНТУ, 2020.

2. Кужир, П. Г. Задачи по курсу общей физики: явление электромагнитной индукции. Индуктивность. Явление самоиндукции. Взаимная индукция [Электронный ресурс]: учебно-методическое пособие для проведения практических занятий по физике для студентов инженерно-технических специальностей / П. Г. Кужир, Н. П. Юркевич, Г.К. Савчук; Белорусский национальный технический университет, кафедра «Физика». – Минск: БНТУ, 2018.

3. Электромагнитная индукция obrazovaka.ru

УДК 621.85

## **АНАЛИЗ ТРЁХСТУПЕНЧАТОЙ КОРОБКИ ПЕРЕДАЧ СО СКОЛЬЗЯЩИМИ ШЕСТЕРНЯМИ**

Студенты гр. 10107222 Е. В. Исаченко, К. А. Лемешевский

*Научный руководитель – доцент Скляр О. Н.*

Белорусский национальный технический университет

Минск, Республика Беларусь

Луи Рено был французским инженером и промышленником, основателем автомобильной компании Renault. Он родился 12 февраля 1877 года в Париже. В 1898 году Луи Рено вместе с братьями Марселем и