

УДК 621.3

**ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ И ПРИКЛАДНЫЕ НАУЧНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ  
В ОБЛАСТИ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ЭЛЕКТРОПРИВОДА****Мальцев Андрей Анатольевич,**доцент кафедры ФН-7 МГТУ имени Н.Э. Баумана,  
e-mail: a.a.mal@bmstu.ru**Аннотация**

Проведен дидактический анализ лекции на тему «Фундаментальные и прикладные научные исследования в области автоматизированного электропривода» на этапе планирования учебной деятельности студентов по дисциплине «Основы научных исследований», относящейся к специализации «Электропривод и автоматика» специальности «Электроэнергетика и электротехника».

**Ключевые слова:** дидактика, электропривод, автоматизация, лекция.

**FUNDAMENTAL AND APPLIED SCIENTIFIC RESEARCH IN THE FIELD OF  
AUTOMATED ELECTRIC DRIVE****Andrey A. Maltsev,**associate professor of BMSTU ФН-7 department,  
e-mail: a.a.mal@bmstu.ru**ABSTRACT**

A didactic analysis of the lecture on "Fundamental and applied scientific research in the field of automated electric drive" was carried out at the stage of planning students' educational activities in the discipline "Fundamentals of scientific research" related to the specialization "Electric drive and automation" of the specialty "Electric Power Engineering and electrical engineering".

**Keywords:** didactics, electric drive, automation, lecture.

Цель научной статьи — дидактический разбор лекции на тему «Фундаментальные и прикладные научные исследования в области автоматизированного электропривода».

Вступительную часть лекции целесообразно начать с объявления ее темы. Тут необходимо пояснить, что объектами фундаментальных и прикладных научных исследований являются автоматизированные электроприводы объектов электроэнергетики, после чего привести определение современного электропривода.

Электропривод – это «электромеханическая система, состоящая в общем случае из взаимодействующих преобразователей электроэнергии, электромеханических и механических преобразователей, управляющих и информационных устройств и устройств сопряжения с внешними электрическими, механическими управляющими и информационными системами, предназначенная для приведения в движение исполнительных органов рабочей машины и управления этим движением в целях осуществления технологического процесса» (согласно ГОСТ Р 50369 – 92. Электроприводы. Термины и определения).

Основная часть лекции будет посвящена истории фундаментальных научных исследований в области автоматизированного электропривода. Каждый последующий шаг в науке опирается на предыдущий и поэтому «знакомство с многообразием научных и технических решений прошлого стимулирует творческую активность, экономит силы и время инженера, исследователя, студента ... дает возможность использовать плодотворно те изобретения и открытия, которые не нашли в свое время практического применения из-за отсутствия потребности в них» [1].

Фундаментальные научные исследования отличаются от прикладных тем, что фундаментальные научные исследования – «основополагающая научная теоретическая и (или) экспериментальная деятельность, направленная на получение новых знаний о законах, закономерностях строения, функционирования и развития и взаимосвязей природы, общества и человека», а прикладные научные исследования – «научная и научно-техническая деятельность, направленная на получение, внедрение и использование знаний для достижения практических целей и решения прикладных задач, возникающих в общественной или производственной практике», при этом на долю прикладных наук приходится до 80...90% всех исследований [2].

Исторически фундаментальные научные исследования в области автоматизированного электропривода, который, согласно определению, рассматривается как управляемая электромеханическая система, проводились по трем основным направлениям – электротехника, механика и кибернетика.

Так, большой вклад в развитие фундаментальной электротехники внесли такие ученые как Шарль Огюстен де Кулон (1736 – 1806), Алессандро Вольта (1745 – 1827), Василий Владимирович Петров (1761 – 1834), Андре-Мари Ампер (1775 – 1836), Георг Симон Ом (1789 – 1854), Майкл Фарадей (1791 – 1867), Борис Семёнович Якоби (1801 – 1874), Густав Роберт Кирхгоф (1824 – 1887), Павел Николаевич Яблочков (1847 – 1894), Генрих Рудольф Герц (1857 – 1894), Михаил Осипович Доливо-Добровольский (1861 – 1919). Результаты научных исследований этих и многих других ученых в той или иной мере повлияли на становление и развитие автоматизированного электропривода. Поскольку, как правило, каждое фундаментальное научное исследование в области электротехники предполагает наличие материальных средств для его осуществления и подтверждения достоверности полученных результатов, в основной части лекции (на слайдах презентации PowerPoint) необходимо подробно рассмотреть приборы, инструменты и приспособления, а также расходные материалы, которыми пользовались эти ученые для достижения поставленных ими целей.

Далее, в третьей части лекции, следует рассмотреть хотя бы из примеров прикладного научного исследования автоматизированного электропривода. Таким примером может послужить моделирование механических колебаний, возникающих в электроприводе предварительно нагруженной чистовой клетки стана 320 Ревякинского металлопрокатного завода (ОАО «РМЗ») (рис.1) по следующим причинам: «быстрое изменение технологического сопротивления; ударное замыкание зазоров; неудачная конструкция звеньев механизмов; фрикционные автоколебания; периодические силовые

или параметрические возмущения; пуски, реверсы и торможения механизмов; аварийные ситуации» [3].

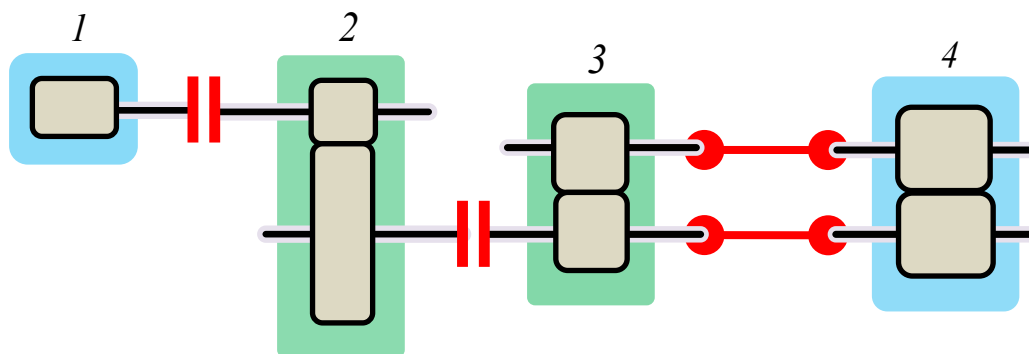


Рисунок 1. Кинематическая схема электропривода:

- 1 – электродвигатель;
- 2 – редуктор;
- 3 – шестеренная клеть;
- 4 – рабочая клеть

Задача изучения механических переходных процессов в электроприводе актуальна для обеспечения его эксплуатационной надежности, поскольку динамические нагрузки иногда в разы превышают технологические, что может отрицательно отразиться на прочности деталей электропривода, точности срабатывания системы автоматического управления.

В рабочей клетке установлены два рабочих валка (технологический инструмент прокатного стана), которые в процессе прокатки нагружаются неодинаково. Разветвленная структура расчетной схемы электропривода позволяет учитывать асимметрию нагружения рабочих валков (рис. 2).

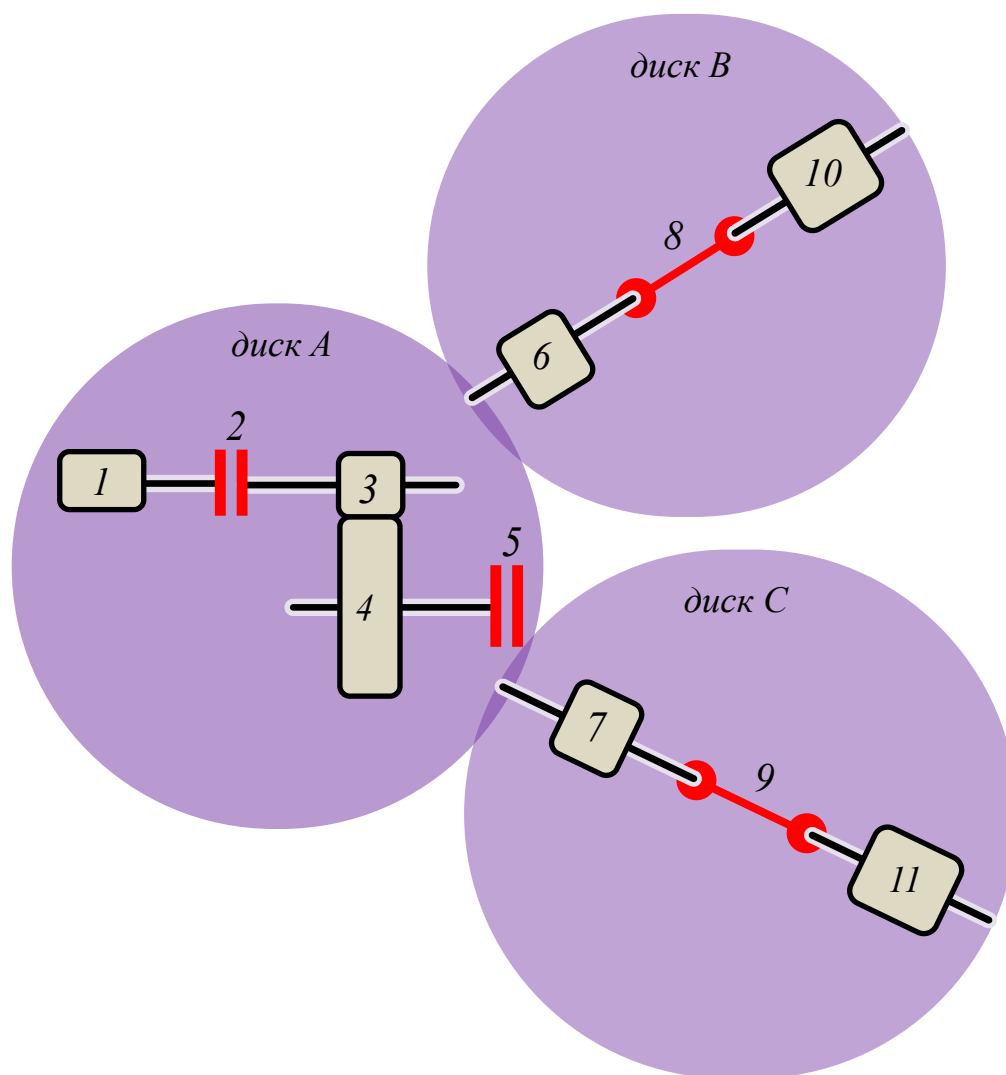


Рисунок 2. Расчетная схема электропривода:

- 1 – ротор электродвигателя;
- 2 – моторная муфта;
- 3 – вал-шестерня редуктора;
- 4 – зубчатое колесо редуктора;
- 5 – коренная муфта;
- 6 – верхний шестеренный валок;
- 7 – нижний шестеренный валок;
- 8 – верхний шпиндель;
- 9 – нижний шпиндель;
- 10 – верхний рабочий валок;
- 11 – нижний рабочий валок

Механическая модель электропривода представляет собой 3-массовую крутильно-колебательную систему, состоящую из абсолютно жестких массивных дисков А, В, С и невесомых упругих связей АВ, АС (рис. 3).

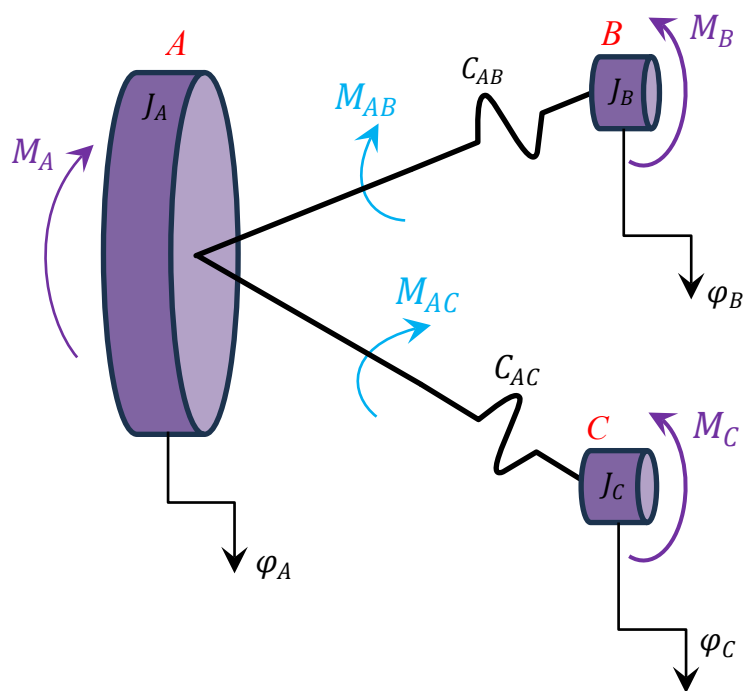


Рисунок. 3. Механическая модель электропривода:

- $M_A$  – момент электродвигателя;
- $M_B$  – момент прокатки (на верхнем рабочем валке);
- $M_C$  – момент прокатки (на нижнем рабочем валке);
- $M_{AB}$  – упругий момент связи АВ;
- $M_{AC}$  – упругий момент связи АС

По геометрическим и инерционным характеристикам конструкционных элементов электропривода были идентифицированы инерционно-упругие параметры механической модели (табл. 1).

Таблица 1. Инерционно-упругие параметры

Параметр модели	Обозначение	Величина	Размерность
Момент инерции диска А	$J_A$	32,9	кг · м <sup>2</sup>
Момент инерции диска В	$J_B$	0,9	кг · м <sup>2</sup>
Момент инерции диска С	$J_C$	0,9	кг · м <sup>2</sup>
Жесткость связи АВ	$C_{AB}$	29,6	кН · м/рад
Жесткость связи АС	$C_{AC}$	29,6	кН · м/рад

И, наконец, на основании уравнений Лагранжа 2 рода была построена математическая модель электропривода, представляющая собой систему из трех дифференциальных уравнений второго порядка:

$$\begin{aligned}
 J_A \cdot \frac{d^2 \varphi_A}{dt^2} + M_{AB} + M_{AC} &= M_A ; \\
 J_B \cdot \frac{d^2 \varphi_B}{dt^2} - M_{AB} &= -M_B ; \\
 J_C \cdot \frac{d^2 \varphi_C}{dt^2} - M_{AC} &= -M_C ,
 \end{aligned}$$

где упругие моменты [кН · м] связей АВ и АС:

$$\begin{aligned}
 M_{AB} &= C_{AB} \varphi_{AB} ; \\
 M_{AC} &= C_{AC} \varphi_{AC} ,
 \end{aligned}$$

где углы закручивания [рад] связей АВ и АС:

$$\varphi_{AB} = \varphi_A - \varphi_B ;$$

$$\varphi_{AC} = \varphi_A - \varphi_C ,$$

где  $\varphi_A, \varphi_B, \varphi_C$  – искомые угловые координаты [рад] дисков А, В, С.

Четвертая часть лекции будет посвящена фундаментальным идеям кибернетики (науки об информационном управлении) и их воплощению при решении некоторых прикладных задач управления автоматизированным электроприводом.

Заключительная часть лекции – выводы, беседа и обмен мнениями со студентами, ответы на их вопросы.

Заключение: осуществлен дидактический анализ лекционного занятия на тему «Фундаментальные и прикладные научные исследования в области автоматизированного электропривода», разработанного в соответствии с рабочей программой [4] и фондом оценочных средств [5] учебной дисциплины «Основы научных исследований».

### Список литературы:

1. Юдаев И.В. История науки и техники: электроэнергетика и электротехника: учебное пособие для вузов / И.В. Юдаев, И.В. Глушко, Т.М. Зуева. – 3-е изд., стер. – Санкт-Петербург: Лань, 2024. – 340 с.
2. Дрецинский В.А. Основы научных исследований: учебник для среднего профессионального образования / В.А. Дрецинский. – 3-е изд., перераб. и доп. – Москва: Издательство Юрайт, 2024. – 349 с.
3. Мальцев А.А., Русаков А.Д., Даева Н.Н. Прогнозирование долговечности деталей главной линии «ПНК-320» // Вестник МГТУ им. Н.Э. Баумана. Серия Машиностроение. 2012. № 4 (89). С. 86-93.
4. Мальцев А.А. Разработка программы учебной дисциплины «Основы научных исследований». – [Электронный ресурс] Оригинальные исследования (ОРИС). 2024. Т.14, №04. С.220–223. – Режим доступа: <https://ores.su/ru/journals/oris-jrn/2024-oris-4-2024/a231547> .
5. Мальцев А.А., Тарасенко И.А. Разработка фонда оценочных средств учебной дисциплины «Основы научных исследований». – [Электронный ресурс] Оригинальные исследования (ОРИС). 2024. Т.14, №05. С.64–69. – Режим доступа: <https://ores.su/ru/journals/oris-jrn/2024-oris-5-2024/a231562> .

### References:

1. Yudaev I.V. History of science and technology: electric power engineering and electrical engineering: a textbook for universities / I.V. Yudaev, I.V. Glushko, T.M. Zueva. – 3rd ed., erased. – St. Petersburg: Lan, 2024. – 340 p.
2. Drechinsky V.A. Fundamentals of scientific research: textbook for secondary vocational education / V.A. Drechinsky. – 3rd ed., reprint. and add. – Moscow: Yurait Publishing House, 2024. – 349 p.
3. Maltsev A.A., Rusakov A.D., Daeva N.N. Forecasting the durability of parts of the main line "PNK-320" // Bulletin of the Bauman Moscow State Technical University. The Mechanical Engineering series. 2012. No. 4 (89). pp. 86-93.

4. Maltsev A.A. Development of the curriculum of the discipline "Fundamentals of scientific research". – [Electronic resource] Original research (ORES). 2024. Vol.14, No.04. pp.220-223. – Access mode: <https://ores.su/ru/journals/oris-jrn/2024-oris-4-2024/a231547> .
5. Maltsev A.A., Tarasenko I.A. Development of a fund of evaluation tools for the academic discipline "Fundamentals of scientific research". – [Electronic resource] Original research (ORES). 2024. vol.14, No.05. pp.64-69. – Access mode: <https://ores.su/ru/journals/oris-jrn/2024-oris-5-2024/a231562>