

УДК 621.313.33

Физические и электротехнические особенности асинхронных двигателей в транспортном машиностроении

Микита Гурий Иштванович

gimbaum@bmstu.ru

МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва Россия

Аннотация. Разработаны проблемы транспортного машиностроения и широкого применения асинхронных двигателей на транспорте. Исследовано воздействие на систему человек-машина, возникающего от работы асинхронных двигателей вращающегося магнитного поля.

Ключевые слова: физика, электротехника, транспортное машиностроение, асинхронный двигатель, вращающееся магнитное поле, человек-машина

Physical and electrical features of asynchronous motors in transport engineering

Mikita Guriy Ishtvanovich

gimbaum@bmstu.ru

BMSTU, Moscow, Russia

Abstract. The article deals with the problems of transport engineering and the widespread use of asynchronous motors in transport. The article studies the effect of the rotating magnetic field generated by asynchronous motors on the human-machine system.

Keywords: physics, electrical engineering, transport engineering, asynchronous motor, rotating magnetic field, man-machine

Введение. Широкое применение источников вращающегося магнитного поля — асинхронных двигателей на транспорте обусловило актуальность темы.

Методология. Были использованы методы: математической статистики, вариабельности, техносферной безопасности транспортных систем, санитарии, физики, электротехники, спектрального анализа и др.

Научная новизна работы заключается в том, что выявлены:

- максимальные значения магнитной индукции в вагонах метрополитена с асинхронными двигателями;
- время пребывания персонала в магнитном поле;
- эргономические показатели для человека-оператора во вращающемся магнитном поле.

Практическая значимость. Условия вращающегося магнитного поля в транспортном машиностроении практически значимы в системе человек-машина.

Выводы. Выявлено вращающееся магнитное поле в современном транспортном машиностроении, оказывающее влияние на систему человек-машина и эргономические показатели.

Материалы и методы. Пиковые значения магнитной индукции при работе асинхронных двигателей вагонов метрополитена превышают нормированные значения. На рис. 1 представлена схема возникновения вращающегося магнитного поля в асинхронном двигателе. Видно, что напряжение $U_{\max}$ возникает через определенные промежутки времени Δt . Максимальный магнитный поток $\Phi_{\max}$ будет создаваться в первой, затем во второй, а затем в третьей обмотке, и магнитное поле начнет перемещаться по замкнутому кругу, создавая вращающееся магнитное поле. При короткозамкнутом роторе его обмотка замкнута на себя. При появлении тока в обмотке статора силовые линии вращающегося магнитного поля начнут пересекать витки обмотки ротора, в которых появится ЭДС и ток, который взаимодействуя с полем статора, создаст вращающий момент, поворачивающий ротор в сторону вращения поля. Это, в свою очередь, приведет к возникновению акустических волн. При увеличении нагрузки на валу число оборотов ротора начнет отставать от числа вращения магнитного поля и возникнет скольжение s , составляющее обычно 2–4 %.

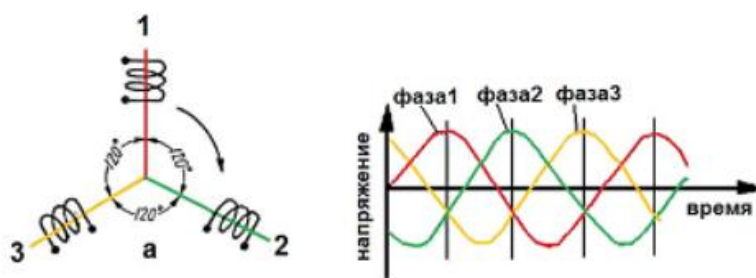


Рис. 1. Схема возникновения вращающегося магнитного поля в асинхронном двигателе

Осциллограмма магнитного поля, снятая в движущемся поезде Московского метрополитена с асинхронными двигателями внутри салона, представлена на рис. 2.



Рис. 2. Осциллограмма вращающегося магнитного поля в салоне вагона метро

На рис. 3 приведена осциллограмма магнитного поля, снятая в движущемся поезде Московского метрополитена с асинхронными двигателями внутри салона на перегоне Октябрьская — Белорусская.

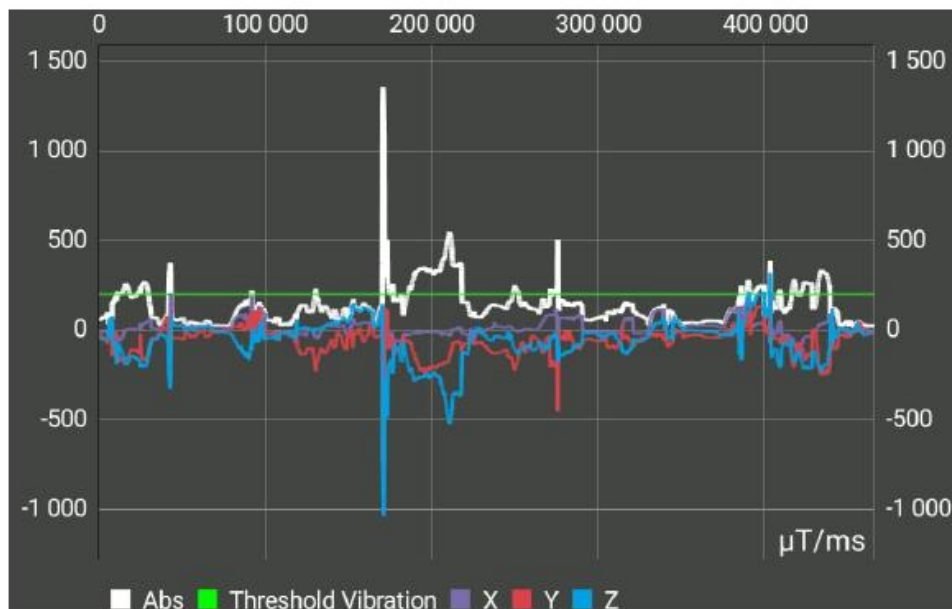


Рис. 3. Осциллограмма вращающегося магнитного поля в салоне вагона метро на перегоне Октябрьская — Белорусская

Как видно из рис. 2 и 3 магнитная индукция:

$$B_{\max} = \{600, 1500\}, \text{ мкТл.}$$

Максимальное значение магнитной индукции составляет:

$$B_{\text{м, max}} = \{600, 1500\}, \text{ мкТл} = \{0,6; 1,5\}, \text{ мТл.} \quad (1)$$

Согласно СанПиН 2.2.4.1191-03 при предельно допустимом уровне (ПДУ) время пребывания персонала не должно превышать {4; 1,5} часов / рабочий день (рис. 4):

$$\text{ПДУ}_{\text{мп}} = \{0,5; 1,5\}, \text{ мТл.} \quad (2)$$

Результаты. Результаты физиологических исследований среднестатистического человека-оператора, находящегося во вращающемся магнитном поле, проведенное совместно с Медицинским факультетом РУДН [1], показали, что вращающееся магнитное поле влияет на все значимые эргономические показатели, ухудшая их и в значимых показателях (SDNN) выходя за референсные значения. Показатели психоэмоционального напряжения, активности метаболических процессов, активности сосудисто-суживающего действия во внутренних органах и коже, активности степени связи автономных (сегментарных) уровней кровообращения с надсегментарными, активности адиолектина, активности лептина в крови увеличивается в 2 раза [2]. По-

казатель максимального уровня активности симпатических центров подкорковой области увеличивается в 4 раза [3]. Показатель максимального уровня активности нейрорефлекторного ответа субкортикальных уровней регуляции (высших вегетативных центров) увеличивается в 6 раз. Показатель степени влияния центрального контура управления на автономный увеличивается в 8 раз.

СанПиН 2.2.4.1191—03

Приложение 1
(обязательное)

Кривая интерполяции ПДУ магнитных полей частотой
50 Гц в зависимости от времени

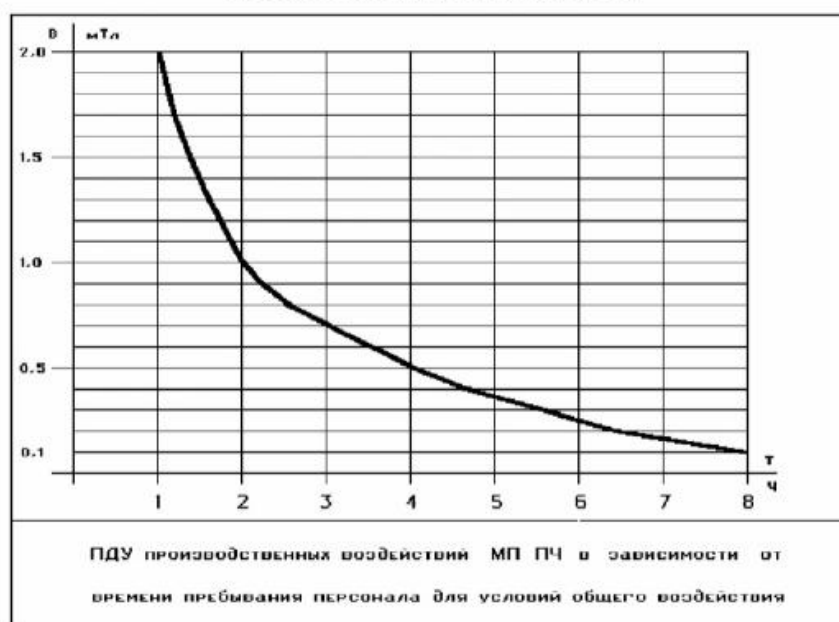


Рис. 4. СанПиН 2.2.4.1191-03

Обсуждение полученных результатов. Разработана модель изменений показателей variability кардиоинтервалов для машиниста электропоезда метро (человека-оператора) в вращающемся магнитном поле системы человек-машина [4]. Предложена модель прогноза изменений физиологических показателей для машиниста электропоезда метро (человека-оператора) в вращающемся магнитном поле системы человек-машина [5].

Заключение. Выявлено вращающееся магнитное поле в современном транспортном машиностроении, оказывающее влияние на систему человек-машина и эргономические показатели [6]. Пиковые значения магнитной индукции при работе асинхронных двигателей вагонов метрополитена превышают нормированные значения. Вращающееся магнитное поле оказывает негативное воздействие на эргономические показатели человека-оператора. Средние максимальные значения магнитного поля при работающих асинхронных двигателях метропоезда Москва составляют {500–1500}, мкТл. Со-

гласно СанПиН 2.2.4.1191-03 работать в таком вращающемся магнитном поле нужно не более {1,5–4} часов в сутки.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

- [1] Микита Г.И., Щиголь Б.И., Морозов С.В., Морозов А.С. Влияние магнитного поля на показатели работоспособности человека-оператора в системе человек-машина. *Транспортное дело России*, 2022, № 2 (159), с. 155–158.
- [2] Микита Г.И. Нейрофизиологические модели нейронных сетей. *Нейрокомпьютеры. Разработка. Применение*, 2021, т. 23, № 1, с. 81–91.
- [3] Mikita G. Study of Vegetative Reactions of Egyptian and Ugro-Finnic Ethnic Groups under the Influence of Alternating Magnetic Field Effects and Different Climatic and Geographical Conditions. *International Journal of Psychosocial Rehabilitation*, 2020, vol. 24, no. 3, pp. 3226–3256. <https://doi.org/10.37200/IJPR/V24I3/PR2020348>
- [4] Микита Г.И. Моделирование электронных систем с применением САПР в учебном процессе для бакалавриатского курса КПЭС. *САПР и моделирование в современной электронике-2020. IV Междунар. науч.-практ. конф.: сб. тр.* Брянск, БГТУ, 2020, с. 399–400.
- [5] Микита Г.И. Применение САПР в учебном процессе при конструкторском проектировании электронных средств. *САПР и моделирование в современной электронике-2020. IV Междунар. науч.-практ. конф.: сб. тр.* Брянск, БГТУ, 2020, с. 397–398.
- [6] Микита Г.И., Щиголь Б.И. Мультифрактальная сенсорная стимуляция для повышения адаптационных возможностей вегетативной нервной системы человека-оператора в условиях техногенного электромагнитного воздействия (МСС-2024). Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2024685030 РФ, 2024.