

УДК 621.31

**МОДЕРНИЗАЦИЯ ПРИВОДА МАШИНЫ ТРЕНИЯ УМТ-2168****Беликов Андрей Витальевич**

инженер,

**Максимов Никита Максимович**

инженер,

**Онофрийчук Валерий Игоревич**

Инженер

ООО "РиК-Энерго", Россия, Челябинская обл., Сосновский м.р-н, Долгодеревенское с.п., д. Шигаево, ул. Соколиная гора, д. 17, КВ. 38 maksimov.nik275@gmail.com

**Аннотация**

Поскольку трибологические исследования являются всё более актуальными, ввиду новшеств в мире смазывающих веществ, то необходимость в специализированных лабораторных испытаниях возрастает с каждым днём. Для реализации трибологических испытаний используют машины трения. Одной из самых распространённых машин трения является УМТ – 2168, благодаря своей гибкости в выборе схем испытания. Данная машина трения, предназначена для испытания фрикционных, антифрикционных и смазочных материалов на трение и износ в широком диапазоне режимов. Однако любой механизм со временем имеет свойство устаревать, а в худшем случае вообще выходить из строя. Исходя из этого, модернизация машин трения просто необходима, ведь от их работоспособности зависит уровень трибологических исследований в нашей стране.

**Ключевые слова:** электропривод, модернизация, машина трения, асинхронный двигатель, SimInTech.

**MODERNIZATION OF THE DRIVE OF THE FRICTION MACHINE  
UMT-2168****Andrey V. Belikov**

engineer,

**Nikita M. Maksimov**

engineer,

**Valery I. Onofriychuk**

engineer

LLC "RiK-Energo", Russia, Chelyabinskaya oblast, Sosnovsky district, Dolgoderevenskoe rural settlement, Shigaevo village, st. Sokolinaya Gora, 17, kv. 38

---

## ABSTRACT

---

As tribological research becomes more and more relevant due to innovations in the world of lubricants, the need for specialized laboratory testing increases every day. Friction machines are used to implement tribological tests. One of the most common friction machines is UMT-2168, due to its flexibility in choosing test schemes. This friction machine is designed to test friction, antifriction and lubricants for friction and wear in a wide range of modes. However, any mechanism tends to become obsolete over time, and in the worst case, to fail altogether. Based on this, the modernization of friction machines is simply necessary, because the level of tribological research in our country depends on their performance.

---

**Keywords:** electric drive, modernization, friction machine, asynchronous motor SimInTech.

---

В машине трения УМТ – 2168, заводом изготовителем, устанавливался двигатель постоянного тока 4ПБМ160ЛГ04, который приводил в действие редуктор (рис. 1). В процессе эксплуатации двигатель вел себя очень капризно, постоянным выходом из строя данный двигатель срывал проведение трибологических исследований. И поскольку обслуживание и ремонт двигателя постоянного тока процесс довольно трудоёмкий и дорогой, особенно в стенах университета, то было принято решение его заменить [1].

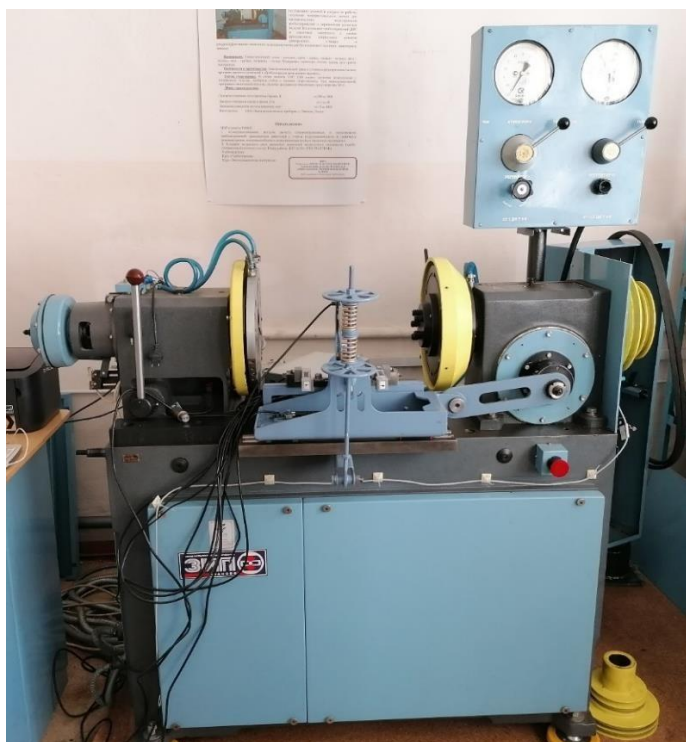


Рисунок 1. Машина трения УМТ – 2168 [2]

После принятия решения о замене штатного двигателя постоянного тока выбор сразу пал на асинхронный двигатель. Двигатели такого типа являются одними из самых эффективных, благодаря своему принципу работы, и обладают рядом преимуществ:

долговечность и надёжность, поскольку конструкция асинхронных двигателей достаточно проста и между деталями отсутствует прямой контакт, то возможность износа деталей минимальна;

двигатели просты в эксплуатации, не нужно иметь специальных навыков и умений, для того чтобы использовать такие двигатели (опять же это очень удобно в рамках университета);

универсальность, асинхронные электродвигатели можно устанавливать в любые конструкции и дополнять ими работу практически любого оборудования;

так же асинхронными двигателями легко можно управлять с помощью контролеров [3,4].

При этом для того, чтобы заменить устаревший двигатель постоянного тока на новый асинхронный двигатель необходимо было не потерять механические характеристики привода машины трения. То есть новый двигатель не должен был уступать по характеристикам старому, а где-то и быть в разы лучше.

Поэтому при замене двигателя машины трения нам необходимо было учитывать разность механических характеристик двигателей [5,6]. Сам подбор двигателя был реализован, опираясь на следующие параметры:

Номинальная скорость вращения вала;

Момент двигателя.

Поскольку асинхронный двигатель на маленьких скоростях вращения вала имеет момент намного меньше номинального, в отличие от двигателя постоянного тока, то для того, чтобы сохранить механические характеристики привода машины трения необходимо поставить асинхронный двигатель большей мощности. Механические характеристики двигателей представлены на рисунке 2. [2]

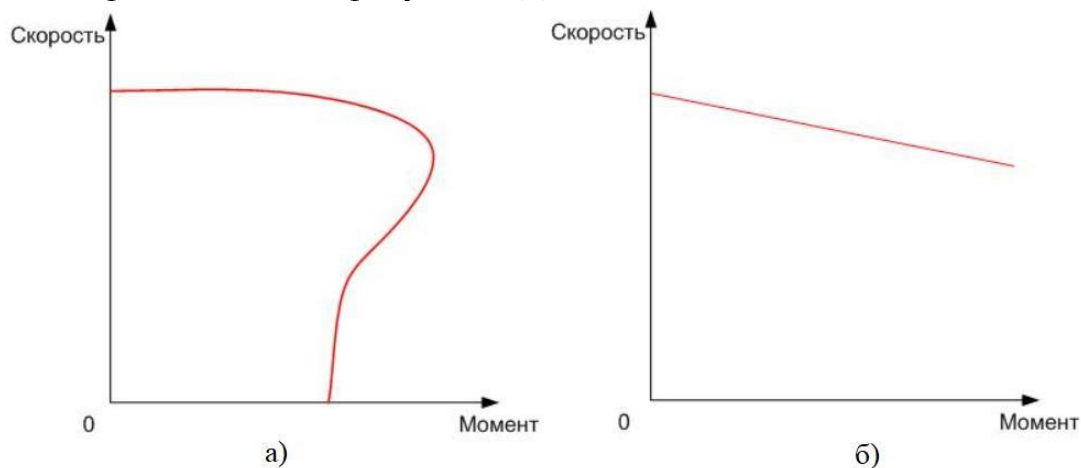


Рисунок 2. Механическая характеристика двигателей: а) асинхронного двигателя; б) двигателя постоянного тока

Данная особенность говорит о том, что сопротивление якорной обмотки двигателя постоянного тока в несколько раз больше, чем сопротивление короткозамкнутой обмотки ротора асинхронного двигателя. Таким образом, скорость на холостом ходу у асинхронного двигателя будет более приближена к номинальной скорости вращения, чем ДПТ. Чтобы убедиться в надежности и целесообразности установки асинхронного двигателя в качестве приводного, построим структурную математическую модель [1] в программной среде SimInTech. Это позволит проанализировать работу двигателя в различных режимах работы, рассмотреть переходные процессы по скорости и току. Полная структурная схема включает в себя много блоков произведений, кривую намагничивания, перекрестные обратные связи.

Назначение структурной схемы – облегчение понимания процессов, происходящих в двигателе при различных управляющих и возмущающих воздействиях (рис 3).

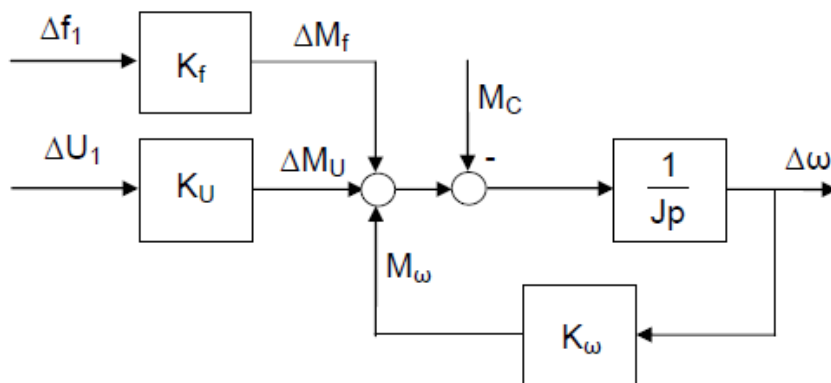


Рисунок 3 – Упрощенная структурная схема АД

где  $K_f, K_U, K_\omega$  коэффициенты усиления по частоте, напряжению и скорости;

$1/J_p$  момент инерции вала двигателя;

$\Delta f_1, \Delta U_1, \Delta \omega$  – частные производные частоты питающей сети, напряжения на статоре и скорости вращения двигателя;

$\Delta M_f, \Delta M_U, M_\omega$  – выражения приращения момента от частоты, напряжения и скорости;

$M_c$  – статический момент.

Структурная схема основывается на следующих уравнениях:

Уравнение приращения момента через частные производные напряжения, частоты и скорости двигателя:

$$\Delta M = \frac{\delta M}{\delta U} \Delta U + \frac{\delta M}{\delta f} \Delta f + \frac{\delta M}{\delta \omega} \Delta \omega$$

Преобразуем:

$$\frac{\delta M}{\delta U} = K_U, \quad \frac{\delta M}{\delta f} = K_f, \quad \frac{\delta M}{\delta \omega} = K_\omega$$

Таким образом, получим выражения для момента в приращениях:

$$\Delta M = K_U \cdot \Delta U + K_f \cdot \Delta f + K_\omega \cdot \Delta \omega$$

Благодаря полученной структурной схеме можно рассматривать поведение АД в статических и динамических приращениях, но только на линеаризованных отрезках механической характеристики.

На основе упрощенной структурной схемы АД построим математическую модель на основе АИР100L4УЗ (рис. 4).

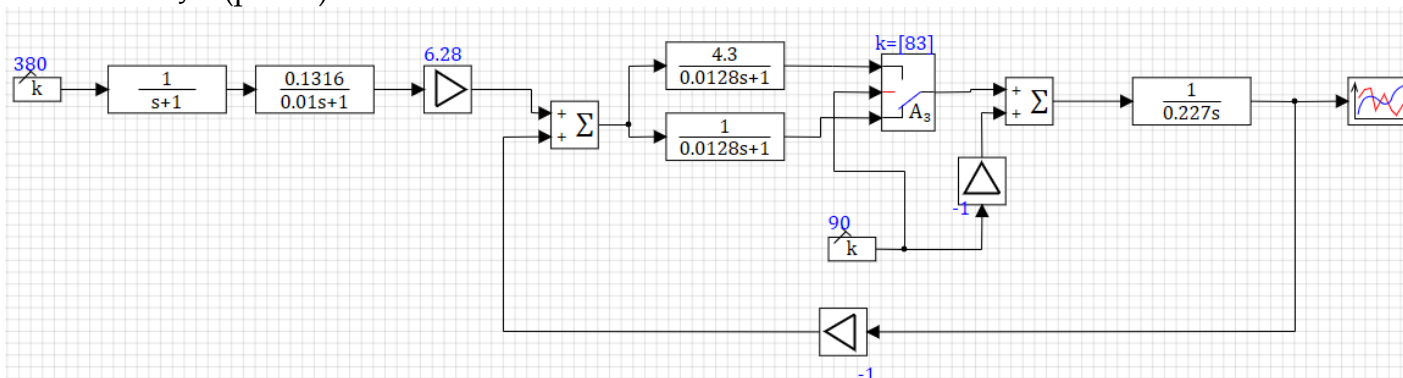


Рисунок 4. Структурная математическая модель асинхронного двигателя для привода машины трения

Благодаря построенной математической модели можно рассмотреть переходные процессы скорости вращения вала при пуске АД (рис.5)

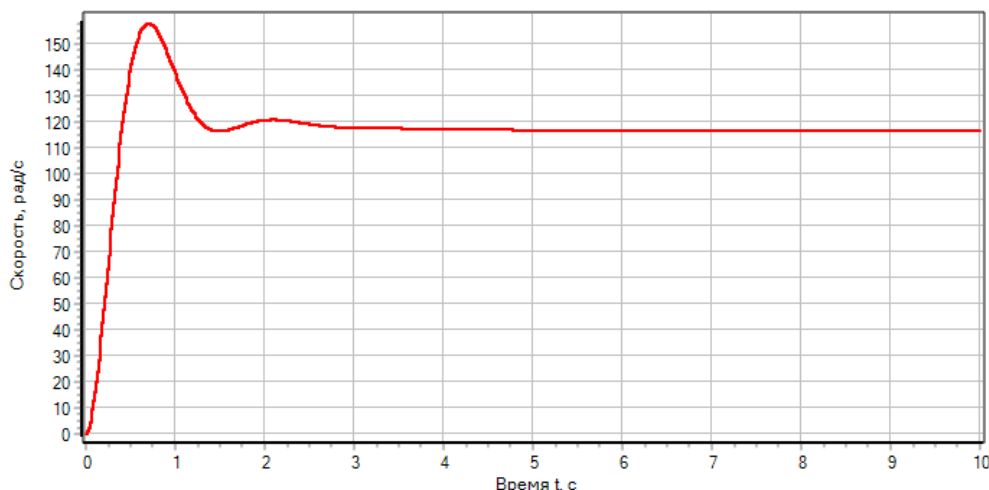


Рисунок 5. Переходный процесс скорости вращения вала АД

Комбинация асинхронного двигателя и частотного преобразователя получится проще в эксплуатации и дешевле как в покупке, так и в обслуживании, чем штатная система двигателя постоянного тока. При этом энкодеры можно использовать как датчики обратной связи. Тахогенераторы, стоящие в двигателях постоянного тока (как и в нашем штатном двигателе) более подвержены влиянию различного рода помех, чем энкодеры.

Рассмотрим экономическую целесообразность данного решения в виде разницы между покупкой нового двигателя, устанавливаемого заводом, (его ремонтом / эксплуатацией) и покупкой асинхронного двигателя с частотным преобразователем (его ремонтом / эксплуатацией). Так же стоит отметить, что обслуживание двигателя постоянного тока необходимо проводить регулярно [3]. Производить чистку, смотреть износ щёток. В то время как асинхронный двигатель не нуждается в обслуживании от слова совсем. Если же рассматривать вариант с покупкой нового такого же двигателя (заводского), то исходя из таблицы 1, этот вариант можно считать менее экономически выгодным.

Таблица 1. Предварительный расчет затрат на эксплуатацию двигателей [7-10]

| Вид действия   | Двигатель постоянного тока / тиристорный преобразователь | Асинхронный двигатель / частотный преобразователь |
|----------------|--|---|
| Ремонт         | 44950,00 / от 5000,00                                    | 10580,00 / 7000                                   |
| Покупка нового | около 320000,00  | 23000,00 / 38500,00                               |

Содержание и обслуживание двигателей постоянного тока является трудозатратным и финансово невыгодным решением. Поэтому рациональность модернизации машины трения путем замены устаревшего и сломанного двигателя постоянного тока, на новый асинхронный является актуальным вопросом трибологов работающих с машиной трения УМТ - 2168.

Более того, замена приводного двигателя позволит нам не только восстановить работоспособность машины трения, но и снизить энергопотребление самой машины трения.

В заключение можно сказать, что с изобретением каких-либо новых технологий либо решений, нам стоит задумываться, а почему бы не внедрить это новое решение в уже привычные нам процессы или механизмы. Ведь банальной заменой приводного двигателя постоянного тока на современный асинхронный двигатель можно не только облегчить

эксплуатацию машины трения, как в нашем случае, но и вывести трибологические исследования на новый уровень.

#### Список литературы:

1. Драчев, Г.И. Теория электропривода: Учебное пособие к курсовому проектированию / Драчев Г.И. – Челябинск : Изд-во ЮУрГУ, 1998.-160с.
2. УМТ-2168 «Унитриб». – URL: [http://tribology.site/index/umt\\_2168\\_unitrib/0-63](http://tribology.site/index/umt_2168_unitrib/0-63) (дата обращения 01.011.2022)/
3. Анализ гармонического состава токов и напряжений дуг в дуговой сталеплавильной печи с использованием математической модели / А. А. Николаев, П. Г. Тулупов, А. С. Денисевич, С. С. Рыжевол // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Энергетика. – 2021. – Т. 21. – № 2. – С. 72-84. – DOI 10.14529/power210208.
4. Торопов, Е. В. Цифровая модель теплового баланса котла / Е. В. Торопов, Л. Е. Лымбина // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Энергетика. – 2021. – Т. 21. – № 3. – С. 14-23. – DOI 10.14529/power210302.
5. Исследование способов снижения пускового тока при запуске высоковольтных двигателей / В. Н. Мещеряков, Т. В. Синюкова, А. В. Синюков [и др.] // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Энергетика. – 2021. – Т. 21. – № 2. – С. 94-104. – DOI 10.14529/power210210.
6. Бобоев, Х. Д. Параметры изоляции относительно земли в карьерных распределительных сетях горнодобывающих предприятий Республики Таджикистан / Х. Д. Бобоев, А. В. Богданов // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Энергетика. – 2021. – Т. 21. – № 1. – С. 29-37. – DOI 10.14529/power210103.
7. Коржов А. В. Улучшение энергетических и повышение надежности показателей электроприводов буровых установок / А. В. Коржов, Ю. И. Хохлов, М. А. Григорьев [и др.] // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Энергетика. – 2021. – Т. 21. – № 4. – С. 94-101. – DOI 10.14529/power210411.
8. Электродвигатели серии АИР. – URL: <https://samelectric.ru/> (дата обращения 02.11.2022).
9. Силиум SL9-G3-015/P3-018 (15/18,5 кВт, 3Ф, 380 В). – URL: [https://rosprivod.com/catalog/chastotnye\\_preobrazovateli/silium/](https://rosprivod.com/catalog/chastotnye_preobrazovateli/silium/) (дата обращения 02.11.2022).
10. Ремонт электродвигателей и преобразователей. – URL: <https://chelyabinsk.welding-zone.ru/services/> (дата обращения 02.11.2022).

#### References:

1. Drachev, G.I. Theory of the electric drive: Textbook for course design / Drachev G.I. - Chelyabinsk: Publishing house of SUSU, 1998.-160p.

2. UMT-2168 "Unitrib". – URL: [http://tribology.site/index/umt\\_2168\\_unitrib/0-63](http://tribology.site/index/umt_2168_unitrib/0-63) (accessed 01.01.2022)/
3. Nikolaev A. A., Tulupov P. G., Denisevich A. S., Ryzhev S. S. Analysis of the harmonic composition of arc currents and voltages in an arc steel-smelting furnace using a mathematical model // Bulletin of the South Ural State University. Series: Energy. - 2021. - T. 21. - No. 2. - S. 72-84. – DOI 10.14529/power210208.
4. Toropov, E. V., Lymbina, L. E. Digital model of boiler heat balance // Bulletin of the South Ural State University. Series: Energy. - 2021. - T. 21. - No. 3. - S. 14-23. – DOI 10.14529/power210302.
5. V. N. Meshcheryakov, T. V. Sinyukova, A. V. Sinyukov [et al.] Research ways to reduce the starting current when starting high-voltage motors // Bulletin of the South Ural State University. Series: Energy. - 2021. - T. 21. - No. 2. - S. 94-104. – DOI 10.14529/power210210.
6. Boboev, Kh. D. Isolation parameters relative to the ground in open-pit distribution networks of mining enterprises of the Republic of Tajikistan / Kh. D. Boboev, A. V. Bogdanov // Bulletin of the South Ural State University. Series: Energy. - 2021. - T. 21. - No. 1. - S. 29-37. – DOI 10.14529/power210103.
7. Korzhov A. V., Khokhlov Yu. Series: Energy. - 2021. - T. 21. - No. 4. - S. 94-101. – DOI 10.14529/power210411.
8. AIR series electric motors. – URL: <https://samelectric.ru/> (accessed 02.11.2022).
9. Silium SL9-G3-015 / P3-018 (15 / 18.5 kW, 3F, 380 V). – URL: [https://rosprivod.com/catalog/chastotnye\\_preobrazovateli/silium/](https://rosprivod.com/catalog/chastotnye_preobrazovateli/silium/) (accessed 02.11.2022).
10. Repair of electric motors and converters. – URL: <https://chelyabinsk.welding-zone.ru/services/> (accessed 02.11.2022).