

## АНАЛИТИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ СИСТЕМ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ЭЛЕКТРОПРИВОДА НАСОСНОЙ СТАНЦИИ

### Аннотация.

*Актуальность и цели.* Транспорт нефтепродуктов является одним из наиболее энергоемких технологических процессов в нефтегазодобывающей промышленности. В системе транспорта нефти основными потребителями электроэнергии являются электроприводы магистральных насосов (96 % в общей сумме потребления электроэнергии нефтеперекачивающими станциями). Целью данной работы является исследование электромагнитных переходных процессов рассматриваемых систем автоматизированного электропривода в составе электромеханического комплекса насосной станции на основе математического моделирования.

*Материалы и методы.* Сравнение полученных теоретических результатов проведено с экспериментальными данными по методу математического моделирования на основе выявленных аналитических функциональных зависимостей. Разработанная математическая модель представлена в виде взаимосвязанной системы, включающей параметры питающей кабельной линии, трансформаторов, высоковольтного электродвигателя, преобразователя частоты, а также нагрузки на валу в виде центробежного насоса с учетом параметров перекачиваемой жидкости. Для решения задачи исследования переходных процессов тока статора, угловой скорости вращения и электромагнитного момента для каждой из схем использовался метод программирования и численного моделирования нелинейной системы дифференциальных уравнений с шагом  $10^{-5}$ .

*Результаты.* Исследованы зависимости тока статора, угловой скорости вращения и электромагнитного момента для переходного процесса пуска высоковольтного асинхронного электродвигателя.

*Выводы.* Система, включающая устройство плавного пуска, может быть применима в режимах работы частых пусков высоковольтного асинхронного электродвигателя, но не позволяет изменять угловую скорость вращения насосных агрегатов. Система, включающая высоковольтный преобразователь частоты, позволяет снижать негативное влияние ударного тока на 78,75 %, пускового момента – на 50 %, с учетом увеличения времени переходного процесса – только на 28,57 % относительно моделируемой схемы с прямым пуском высоковольтного асинхронного электродвигателя. Таким образом, для рассматриваемого объекта последняя система является наиболее предпочтительным вариантом, так как позволит снизить затраты электроэнергии в переходных режимах и увеличить точность при управлении скоростью высоковольтного электропривода насосной станции.

**Ключевые слова:** автоматизированный электропривод, схема автоматизации, низковольтный и высоковольтный преобразователи частоты, асинхронный электродвигатель.

**Abstract.**

*Background.* The relevance of this work lies in the fact that transportation of petroleum products is one of the most energy-intensive processes in the oil and gas industry. In the system of oil transportation the major electricity consumers are pump electric drives of main pipelines (MP); electricity consumption percentage of that in average is 96% of total energy consumption of an oil pumping station (OPS) [1]. The object of the study is the oil-pumping station's electric drive. The aim of this work is to theoretically study electromagnetic transient processes of automated electric drive systems as a part of the pumping station electromechanical complex based on mathematical modeling.

*Materials and methods.* Comparison of the obtained theoretical results with experimental data was carried out by the method of mathematical modeling based on the identified analytical functional relationships. The developed mathematical model is presented in the form of an interconnected system that includes power cable lines, transformers, a high-voltage electric motor, a frequency converter and the shaft load parameters using the centrifugal pump and fluid dynamical models. To solve the problem of the stator current, rotation angular velocity and electromagnetic torque transient processes for each of the schemes the author used the method of programming and numerical simulation of a nonlinear system of differential equations with a  $10^{-5}$  step.

*Results.* The researcher studied the dependences of the stator current, rotation angular velocity and electromagnetic torque for the transient processes of high-voltage asynchronous motor (HVAM) start.

*Conclusions.* System 3, including the soft starter, can be applied in the frequently HVAM switch-off operating modes, but this system allows no changes of the rotation angular velocity of the pumping units. System 4, including the high-voltage FC, allow to reduce the negative influence of the surge stator currents by 78.75%, the starting torques by 50%, and transient process time increases only by 28.57% compared with the simulated system 1. Thus, for the object in the system 4 it is a preferred option as it will reduce the cost of electricity under transient conditions and to increase the accuracy in controlling the speed of high-voltage electric pumping station. In conclusion, for the object of the study the system 4 is a preferred option as it will reduce the cost of electricity in transient processes and increase the accuracy in controlling of the oil-pumping station high-voltage electric drive.

**Key words:** automated electric drive, automation scheme, low-voltage frequency converter, high-voltage induction motor.

Одним из наиболее энергоемких потребителей электроэнергии является нефтегазодобывающая промышленность. В системе транспорта нефти основными потребителями электроэнергии являются электроприводы магистральных насосов (МН), процент потребления электроэнергии на которые составляет в среднем 96 % в общей сумме потребления электроэнергии нефтеперекачивающими станциями (НПС) [1]. Важной задачей для нефтегазодобывающего предприятия является реализация «Федерального Закона об Энергосбережении и о повышении энергетической эффективности, и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» [2]. С этой целью в последнее время широкое распространение получили современные системы автоматизации технологических процессов на основе частотно-регулируемого электропривода, особенно в трубопроводном транспорте нефтепродуктов [3, 4], в коммунальном хозяйстве и насосных станциях, в металлургической и нефтехимической промышленности [5–8].

В структуре себестоимости нефти и газа условно-постоянные расходы достигают 80 %, основную долю из которых в процессах добычи, транспорта и подготовки нефти и попутного газа составляют электроприводы (ЭП) различных турбомеханизмов (насосов, компрессоров, вентиляторов, электроприводов добычи нефти и др.) [9], что обуславливает целесообразность внедрения систем автоматизации для энергосберегающих технологий в нефтяной промышленности.

Для эффективной транспортировки нефти и газа по магистральному нефтепроводу устанавливается дожимная насосная станция (ДНС), на которой осуществляется сбор, сепарация, предварительное обезвоживание, учет и дальнейшая транспортировка нефти и попутного газа до центральных пунктов сбора. Основу электроприводов ДНС составляют регулируемые и нерегулируемые высоковольтные асинхронные электродвигатели большой мощности (от сотен киловатт до нескольких мегаватт).

В большинстве случаев электроприводы технологических установок транспорта углеводородного сырья являются нерегулируемыми, потери электроэнергии в них составляют от 20 до 40 % [10]. Данный факт свидетельствует о необходимости энергосбережения в процессах транспорта и подготовки нефти на основе частотно-регулируемых приводов. Однако вследствие широкого распространения схем автоматизации высоковольтных электроприводов зарубежных и российских фирм для исследуемого объекта исследование комплекса вопросов, связанных с внедрением известных технических решений, анализом электромагнитных переходных явлений и управлением асинхронным электродвигателем (АД) с учетом новых математических зависимостей, нельзя считать законченным и его продолжение представляется актуальным.

Наиболее распространенные схемы автоматизированного электропривода ДНС, применяемые в настоящее время (рис. 1) [11]:

1) схемы без возможности регулирования скорости высоковольтных асинхронных электродвигателей (ВАД) (система 1, прямой пуск электродвигателя насоса);

2) схемы с возможностью регулирования скорости высоковольтных асинхронных электродвигателей с помощью управляемых полупроводниковых преобразователей:

а) двухтрансформаторные схемы, т.е. схемы, в которых для управления высоковольтным электродвигателем используются низковольтный преобразователь частоты (ПЧ) с повышающим и понижающим трансформаторами (система 2);

б) схемы с устройством плавного пуска (система 3);

в) схемы с высоковольтным ПЧ (система 4).

Исследование электромагнитных переходных процессов в данных системах производится с помощью математического моделирования. На рассматриваемом объекте установлены два высоковольтных асинхронных электродвигателя ВАО2LA4У3 мощностью 315 кВт, напряжением 6 кВ, частотой вращения (синхронная/номинальная) 1500/1485 об/мин.

В данной работе электротехнический комплекс представлен в виде взаимосвязанной системы (включающей параметры питающей кабельной линии, трансформаторов и ВАД), в которой последовательно будут исследованы переходные процессы по току, скорости и моменту для каждой из схем с учетом

параметров преобразователя частоты (потери на транзисторах в автономном инверторе, выпрямителе и звене постоянного тока ПЧ), а также нагрузки на валу электродвигателя в виде центробежного насоса с учетом параметров перекачиваемой жидкости с плотностью  $\rho = 920 \text{ кг/м}^3$ .

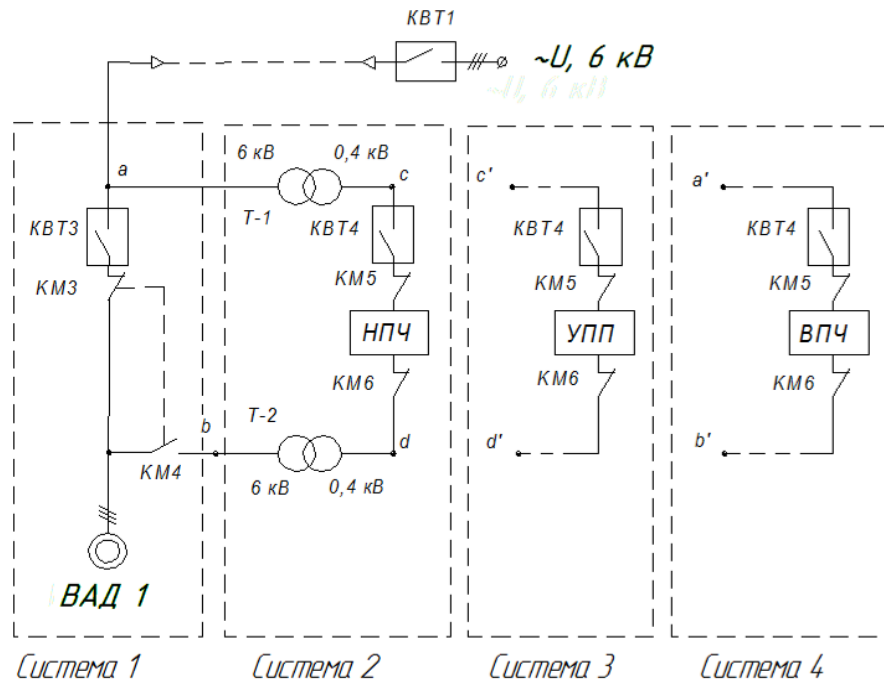


Рис. 1. Структурные схемы автоматизированного электропривода ДНС: КВТ1, КВТ 3, КВТ 4 – высоковольтные контакторы; КЛ – участок кабельной линии; КМ3, КМ4, КМ5, КМ6 – контакторы; Т-1, Т-2 – повышающий и понижающий трансформаторы; НПЧ – низковольтный преобразователь частоты; ВПЧ – высоковольтный преобразователь частоты; УПП – устройство плавного пуска

Для последующих расчетов и моделирования центробежного насоса с учетом параметров перекачиваемой жидкости воспользуемся данными, представленными в табл. 1.

Таблица 1

Технические справочные данные

Марка	ЦНС 180-297
Наименование	Насос горизонтальный
Уточнение	секционный
Подача $Q$ , куб. м/ч	180
Напор $H$ , м	297
Мощность насоса	250
Плотность жидкости $\rho$ , кг/м <sup>3</sup>	920
Ускорение свободного падения $g$ , м/с <sup>2</sup>	9,81

По структурной схеме (рис. 1) для каждого варианта электропривода насосной станции построены схемы замещения, по которым составляются

математическая модель, позволяющая исследовать каждую схему с соответствующим силовым каналом электропривода в процессе пуска ВАД. Система 1 является схемой без возможности регулирования скорости ВАД. Система 2 состоит из повышающего и понижающего трансформаторов, кабельной линии, фильтра и дросселя (на рис. 1 включены в состав полупроводникового преобразователя (НПЧ, УПП, ВПЧ)), высоковольтного асинхронного электродвигателя. Система 3 при наименьшей стоимости не позволяет регулировать частоту вращения насосов (аналогично системе 1), что является необходимым условием работы рассматриваемой насосной станции. В системе 4 применяется высоковольтный преобразователь частоты, что позволяет исключить дополнительные преобразовательные элементы схемы и, следовательно, снизить потери.

В системе 3 скорость ВАД управляется тиристорным преобразователем напряжения. В системах 2 и 4 скорость ВАД управляются по закону  $U/f^2$  (скалярное управление с регулированием в замкнутой схеме с обратной связью по датчику скорости ВАД).

По структурной схеме и схеме замещения составляется математическая модель на основе системы дифференциальных уравнений (СДУ), приведенных к нормальной форме Коши [7, 8]:

$$\begin{aligned}
 \frac{d}{dt} I_{1K.x} &= \frac{\omega_{1K}}{X_{\Phi}} \left( -R_{\Phi} (I_{1K.x} - I_{1K.y}) + X_{\Phi} I_{1K.y} - U_{C\Phi.x} + U_{1K.x} \right); \\
 \frac{d}{dt} I_{1K.y} &= \frac{\omega_{1K}}{X_{\Phi}} \left( -R_{\Phi} (I_{1K.y} + I_{1K.x}) - X_{\Phi} I_{1K.x} - U_{C\Phi.x} + U_{1K.x} \right); \\
 \frac{d}{dt} U_{C\Phi.x} &= \omega_{1K} X_{C\Phi} \left( I_{1K.x} - I_{1K.y} - \frac{U_{C\Phi.y}}{X_{C\Phi}} - \right. \\
 &\quad \left. - \frac{1}{X_1^r} (\Psi_{1.y} + K_s \Psi_{2.y} - \Psi_{1.x} + K_s \Psi_{2.x}) \right); \\
 \frac{d}{dt} U_{C\Phi.y} &= \omega_{1K} X_{C\Phi} \left( I_{1K.x} + I_{1K.y} + \frac{U_{C\Phi.x}}{X_{C\Phi}} - \right. \\
 &\quad \left. - \frac{1}{X_1^r} (\Psi_{1.y} - K_r \Psi_{2.y} + \Psi_{1.x} - K_r \Psi_{2.x}) \right); \\
 \frac{d}{dt} \Psi_{1.x} &= -R_{\Sigma} \cdot \frac{1}{X_1^r} (\Psi_{1.x} - K_r \Psi_{2.x}) + \omega_{1K} \Psi_{1.y} + U_{C\Phi.x} - U_{C\Phi.y}; \\
 \frac{d}{dt} \Psi_{1.y} &= -R_{\Sigma} \cdot \frac{1}{X_1^r} (\Psi_{1.y} - K_s \Psi_{2.y}) - \omega_{1K} \Psi_{1.y} + U_{C\Phi.y} + U_{C\Phi.x}; \\
 \frac{d}{dt} \Psi_{2.x} &= -R_2 \cdot \frac{1}{X_2^s} (\Psi_{2.x} - \Psi_{2.y} - K_r \Psi_{2.x}) + \omega_{1K} \Psi_{2.y}; \\
 \frac{d}{dt} \Psi_{2.y} &= -R_2 \cdot \frac{1}{X_2^s} (\Psi_{2.y} - \Psi_{2.x} - K_r \Psi_{2.y}) + \omega_{1K} \Psi_{2.x};
 \end{aligned} \tag{1}$$

$$M_{эм} = \frac{3}{2} \cdot \frac{L_m}{L_2} \cdot z_p \cdot (\Psi_{2x} \cdot I_{1K.y} - \Psi_{2y} \cdot I_{1K.x}); \quad \omega = \frac{1}{J \cdot p} \cdot (M_{эм} - M_c);$$

$$M_c = M_{c.0} + (1 + b_H) \cdot M_{c.ном} \cdot \left( \frac{\omega}{\omega_H} \right)^2; \quad b_H = -\frac{M_{c.0}}{M_{c.ном}},$$

где  $M_{c.0}$  – момент сопротивления насоса в момент запуска, Н · м;  $M_{c.ном}$  – номинальный момент сопротивления насоса, Н · м;  $\omega_H, \omega$  – номинальная и реальная угловые скорости, рад/с;  $p \equiv d/dt$  – оператор дифференцирования;  $\omega_{1K} = 2\pi f_{1K}$  – угловая частота поля, с которой вектор  $\vec{I}_{1K}$  тока статора вращается относительно неподвижного статора;  $f$  – частота питающего напряжения, Гц;  $I_{1K.x}, \frac{d}{dt}I_{1K.x}, \frac{d}{dt}I_{1K.y}, I_{1K.y}, U_{1K.x}, U_{CФ.x}, \frac{d}{dt}U_{CФ.x}, U_{CФ.y}, \frac{d}{dt}U_{CФ.y}, \Psi_{1.x}, \frac{d}{dt}\Psi_{1.x}, \Psi_{1.y}, \frac{d}{dt}\Psi_{1.y}, \Psi_{2.x}, \frac{d}{dt}\Psi_{2.x}, \Psi_{2.y}, \frac{d}{dt}\Psi_{2.y}$  – соответственно проекции векторов на координатные оси ( $x, y$ ) и их производные по входному току, напряжению, напряжению на фильтре, потокосцеплению статора и ротора;  $R_\Phi, X_\Phi, X_{CФ}$  – активное, индуктивное и емкостное сопротивление фильтра, Ом;  $s$  – скольжение;  $R_\Sigma = R_{ТР2} + R_K + R_1$  – суммарное эквивалентное активное сопротивление обмотки статора, состоящее из активного сопротивления повышающего трансформатора  $R_{ТР2}$ , активного сопротивления кабельной линии  $R_K$  и активного сопротивления статорной обмотки асинхронного электродвигателя  $R_1$ , Ом;  $X_\Sigma = X_{ТР2} + X_K + X_{1\sigma}$  – суммарное эквивалентное индуктивное сопротивление обмотки статора, состоящее из индуктивного сопротивления повышающего трансформатора  $X_{ТР2}$ , индуктивного сопротивления кабельной линии  $X_K$  и индуктивного сопротивления статорной обмотки асинхронного электродвигателя  $X_{1\sigma}$ , Ом. В качестве схемы замещения была принята Т-образная схема замещения АД.

Для упрощения системы дифференциальных уравнений введены коэффициенты  $X_1^r, X_2^s, K_r, K_s$ , которые можно найти из соответствующих выражений:

$$X_1^r = \frac{X_\Sigma X_2 - X_m^2}{X_2} \text{ и } K_r = \frac{X_2}{X_m}; \quad X_2^s = \frac{X_\Sigma X_2 - X_m^2}{X_\Sigma} \text{ и } K_s = \frac{X_\Sigma}{X_m},$$

где  $X_m$  – сопротивление взаимной индуктивности АД, Ом;  $X_2$  – сопротивление обмотки ротора АД, Ом.

Разработанная математическая модель, построенная на основе СДУ (1) и включающая параметры повышающего трансформатора, кабеля, фильтра и высоковольтного асинхронного электродвигателя в составе системы автоматизированного управления ВАД, позволяет исследовать рассматриваемую схему как систему взаимосвязанных элементов в переходных режимах.

Система уравнений (1) является нелинейной, поэтому для исследования переходных процессов пуска АД использовались численные методы [9–11] решения дифференциальных уравнений.

С целью исследования процесса пуска ВАД в составе различных схем на рис. 2–5 приведены зависимости тока статора, угловой скорости и момента от времени в период пуска высоковольтного асинхронного электродвигателя.

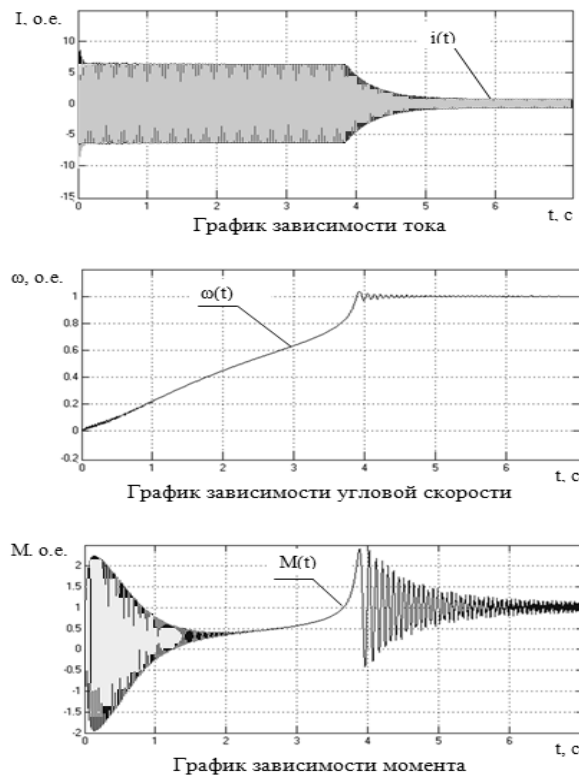


Рис. 2. Переходной процесс пуска в нерегулируемой схеме

На рис. 6 представлен анализ переходного процесса пуска электродвигателя в составе различных систем автоматизации.

По результатам математического моделирования, представленного в относительных единицах (о.е.), процесса пуска АД в составе различных систем автоматизации электропривода ДНС можно сделать выводы:

1. Согласно рис. 2 схема нерегулируемого электропривода дожимной насосной станции при прямом пуске характеризуется увеличением ударного тока в 8 раз, пускового момента – в 2,2 раза по сравнению с номинальными значениями. Время переходного процесса равно 7 с.

2. Согласно рис. 3–5 (схемы регулируемого электропривода) можно сделать выводы, что ударный ток снижается на 62,5 % с системой УПП, на 83,75 % – с системой НПЧ, на 78,75 % – с системой ВПЧ относительно моделируемой схемы (рис. 2) с прямым пуском ВАД. Пусковой момент снижается на 31,82 % с системой УПП, на 54,55 % – с системой НПЧ, на 50 % – с системой ВПЧ относительно моделируемой схемы с прямым пуском ВАД.

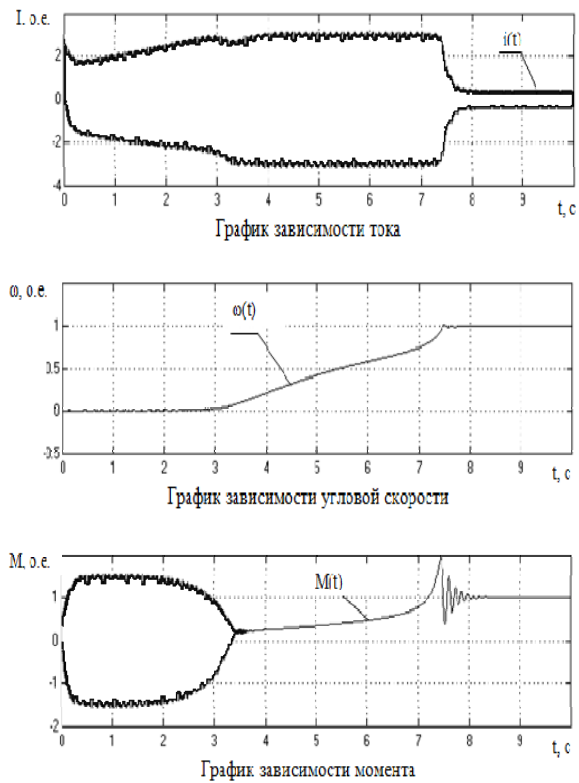


Рис. 3. Переходной процесс пуска в схеме с устройством плавного пуска

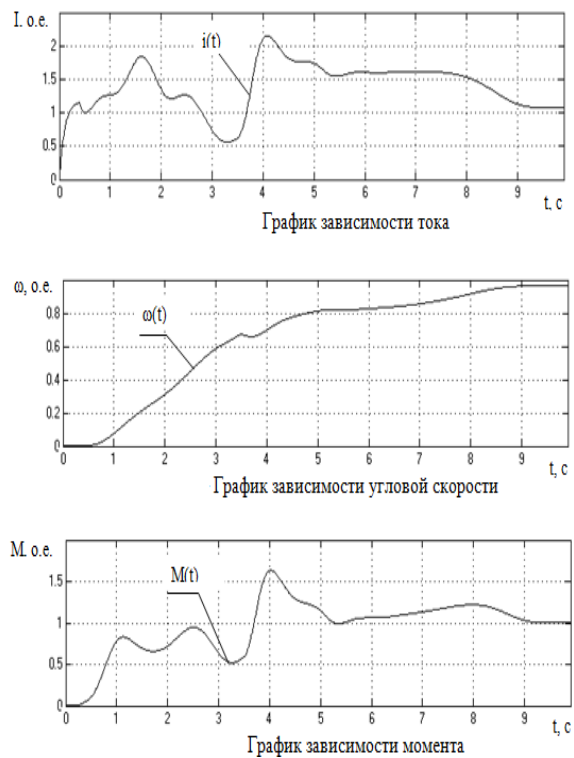


Рис. 4. Переходной процесс пуска в двухтрансформаторной схеме



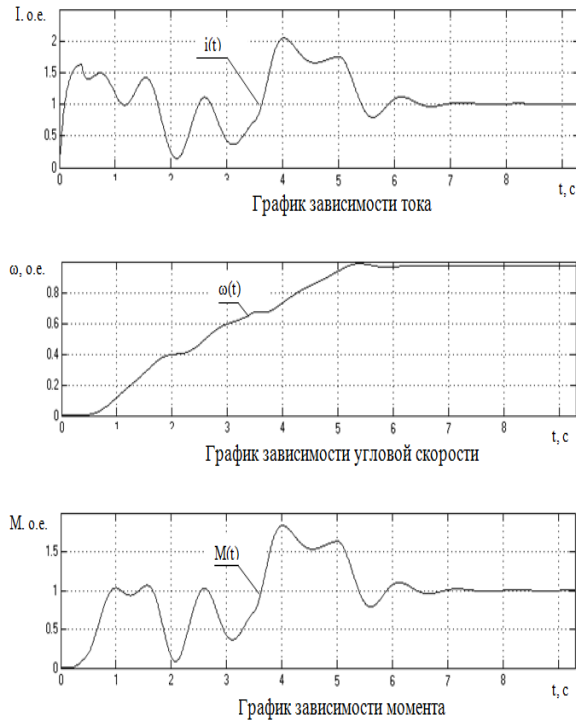


Рис. 5. Переходной процесс пуска в схеме с высоковольтным преобразователем частоты

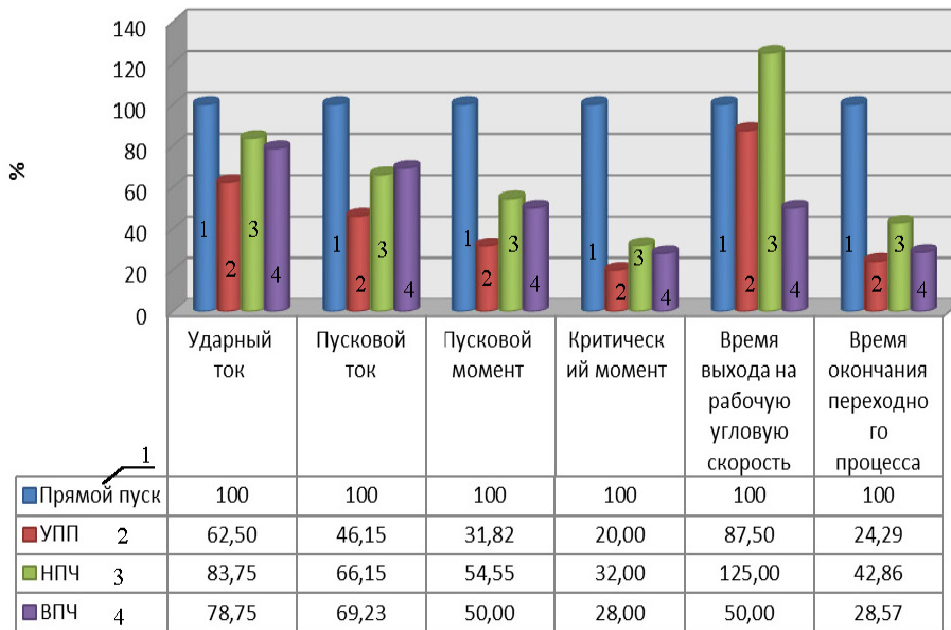


Рис. 6. Анализ переходного процесса пуска различных систем автоматизации

Время переходного процесса увеличивается на 24,29 % с системой УПП, на 42,86 % – с системой НПЧ, на 28,57 % – с системой ВПЧ относительно мо-

делируемой схемы с прямым пуском ВАД. Следовательно, в процессе пуска ВАД системы с возможностью регулирования скорости (системы 2 и 4) удовлетворяют введенным ограничениям на качество переходных процессов пуска ВАД с включением на насосную нагрузку. Система 3 может быть применима в режимах работы частых пусков ВАД, но не позволяет изменять угловую скорость вращения насосных агрегатов. Система 4 (рис. 5) имеет меньшее время переходного процесса пуска и меньшее перерегулирование (6 % по сравнению с 16 % (система 2)) рассматриваемого ВАД по сравнению с системой 2 (рис. 4), что позволит снизить затраты электроэнергии в переходных режимах и увеличить точность при управлении скоростью электропривода насосной станции.

Таким образом, для рассматриваемого объекта – электропривода дожимной насосной станции – разработан программный комплекс для моделирования переходных процессов пуска высоковольтного электродвигателя с учетом элементов схемы (питающей линии, кабеля, дросселя, фильтра, трансформаторов, потерь на управляющем преобразователе (УПП, НПЧ, ВПЧ), а также с учетом нагрузки на валу электродвигателя (центробежный насос и гидравлическая сеть)).

#### **Список литературы**

1. Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности, и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации: федер. закон Рос. Федерации от 23 ноября 2009 г. № 261-ФЗ: принят Гос. Думой Федер. Собр. Рос. Федерации 11 ноября 2009 г.: одобр. Советом Федерации Федер. Собр. Рос. Федерации 18 ноября 2009 г. // Российская газета. – 2013. – 23 июля.
2. **Лазарев, Г. Б.** Высоковольтные преобразователи для частотно-регулируемого электропривода. Построение различных систем / Г. Б. Лазарев // Новости электротехники. – 2005. – № 2 (32). – С. 30–36.
3. **Шкердин, Д. Г.** Преобразователи частоты в энергосберегающем приводе насосов / Д. Г. Шкердин // Водоснабжение и санитарная техника. – 2004. – № 7. – С. 29–32.
4. **Гринштейн, Б. И.** Опыт разработки и внедрения тиристорных преобразователей частоты для пуска и регулирования частоты вращения мощных синхронных машин / Б. И. Гринштейн, А. М. Колоколкин, А. Н. Тарасов // Электрические станции. – 2005. – № 8. – С. 45–53.
5. **Мухамадеев, А. Р.** Преобразователи частоты и устройства плавного пуска для электроприводов переменного тока / А. Р. Мухамадеев // Энергетика Татарстана. – 2010. – № 17. – С. 44–53.
6. **Ястремская, В. Б.** Организация и планирование производства на предприятиях нефтяной и газовой промышленности / В. Б. Ястремская. – М. : Недра, 1975. – 392 с.
7. **Каяшев, А. И.** Аналитическое исследование системы автоматизации электропривода насосной станции / А. И. Каяшев, А. А. Емекеев, А. М. Сагдатуллин (Зиятдинов) // Нефтяное хозяйство. – 2014. – № 1. – С. 94–97.
8. Патент России № 136504. Схема комплексной автоматизации электропривода насосной станции / Сагдатуллин (Зиятдинов) А. М., Емекеев А. А. ; заявл. № 2013131974/07 (047770). – 09.07.2013.
9. Свидетельство № 2014611769. Программа изучения системы управления высоковольтным асинхронным электроприводом / Сагдатуллин (Зиятдинов) А. М. ; заявл. 10 февраля 2014 г. – М. : Роспатент, 2014.

10. Свидетельство № 2014612227. Система управления высоковольтным асинхронным электроприводом / Сагдатуллин (Зиятдинов) А. М. ; зарег. 21 февраля 2014 г. – М. : Роспатент, 2014.
11. Заявка № 2013151910/07(080943) / Сагдатуллин (Зиятдинов) А. М., Каяшев А. И., Емекеев А. А. Дата подачи заявки 21.11. 2013.

### References

1. *Rossijskaja gazeta* [Russian newspaper]. 2013, 23 Yul.
2. Lazarev G. B. *Novosti jelectrotehniki* [Electrical engineering news]. 2005, no. 2 (32), pp. 30–36.
3. Shkerdin D. G. *Vodosnabzhenie i sanitarnaja tehnika* [Water supply and sanitary engineering]. 2004, no. 7, pp. 29–32.
4. Grinshtejn B. I., Kolokolkin A. M., Tarasov A. N. *Jelektricheskie stancii* [Electric power plant]. 2005, no. 8, pp. 45–53.
5. Muhamadeev A. R. *Jenergetika Tatarstana* [Power engineering of Tatarstan]. 2010, no. 17, pp. 44–53.
6. Jastremskaja V. B. *Organizacija i planirovanie proizvodstva na predpriyatijah neftjanoj i gazovoj promyshlennosti* [Production organization and planning at oil and gas industry facilities]. Moscow: Nedra, 1975, 392 p.
7. Kajashev A. I., Emekeev A. A., Sagdatullin (Ziatdinov) A. M. *Neftjanoe hozjajstvo* [Oil sector]. 2014, no. 1, pp. 94–97.
8. Pat. 136504 Russian Federation. Scheme of complex automatization of pump station electric drive. Sagdatullin (Ziatdinov) A. M., Emekeev A. A. No. 2013131974/07 (047770), 9 Yul. 2013.
9. Certificate № 2014611769. Program for studying high-voltage asynchronous electric drive control. Sagdatullin (Ziatdinov) A. M. 10 Febr. 2014. Moscow: Rospatent, 2014.
10. Certificate № 2014612227. High-voltage asynchronous electric drive control system. Sagdatullin (Ziatdinov) A. M. 21 Febr. 2014. Moscow: Rospatent, 2014.
11. Application № 2013151910/07(080943). Sagdatullin (Ziatdinov) A. M., Kajashev A. I., Emekeev A. A. Application submission date 21.11.2013.

---

**Сагдатуллин Артур Маратович**

аспирант, Альметьевский  
государственный нефтяной институт  
(Россия, Республика Татарстан,  
г. Альметьевск, ул. Ленина, 2)

E-mail: Saturn-s5@mail.ru

**Sagdatullin Artur Maratovich**

Postgraduate student, Almet'yevsk State  
Institute of Oil (2 Lenina street,  
Almet'yevsk, Republic of Tatarstan, Russia)

---

УДК 681.5+004.942:[62-57:681.6]

**Сагдатуллин, А. М.**

**Аналитическое исследование систем автоматизированного электропривода насосной станции / А. М. Сагдатуллин // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Технические науки. – 2014. – № 2 (30). – С. 89–99.**