

Ш.Т. Дадабаев

(г. Худжанд, Худжандский политехнический институт ТТУ

им. акад. М.С. Осими)

Shakhboz Dadabaev (Khujand, Khujand Polytechnic institute TТУ

named after academician M.S. Osimi)

МОДЕЛИРОВАНИЕ МЯГКОГО ПУСКА СИНХРОННЫХ ЭЛЕКТРОПРИВОДОВ

SIMULATION OF SOFT START OF SYNCHRONOUS ELECTRIC DRIVES

Выявлены основные негативные факторы, влияющие на режимы запуска синхронных электроприводов насосных агрегатов систем оросительного водоснабжения, проведено компьютерное моделирование прямого и плавного пуска синхронного электропривода, результаты моделирования приведены на графиках и сделан краткий вывод.

The main negative factors affecting the starting modes of synchronous electric drives of pumping units of irrigation water supply systems were identified, computer simulation of direct and soft start of synchronous electric drive was made, the simulation results are shown in graphs and a brief conclusion was made on the study.

Ключевые слова: насосные агрегаты, синхронный электродвигатель, пусковые токи, нагрев двигателя, моделирование, плавный пуск.

Keywords: pumping units, synchronous electric motor, starting currents, motor heating, modeling, soft start.

In this work, the object of the study was adopted high-voltage pumping units of the irrigation pumping station of the first lift. Disturbing effects on the facility were adopted modes of starting the units and the hot climate of the area. Taking into account all factors, the studies were carried out at the ANS-1 irrigation pump station, which is located in the Asht district of the Sogd region of the Republic of Tajikistan. Four pumping units of the 1200V-6.3/100-A series with a capacity of 8 MW each are installed in ANS-1 [1, 2, 3]. The electric drive is salient-pole synchronous electric motors (SM) with a vertical design with regulation of the performance of pumping units by turning on or off the units. This method is ineffective and dangerous, in view of the fact that each shutdown and inclusion are carried out with dynamic electromagnetic transients. In addition, hydraulic shocks, in turn, during start-ups damage and wear out the mechanical parts of equipment and joints of pipelines [4]. Each start-up of a high-voltage SM passes through multiple jumps in the currents and moments of the motor, with voltage deviation, heating of the motor and losses, which reduce the technical life of the units and the entire equipment [4, 7, 8]. At the same time, if we add the still hot climate to the

negative impacts, then the transitional regimes of pumping units can be very critical. Therefore, eliminating or minimizing the negative factors affecting the electric pumping units at startup is a very urgent issue that needs to be investigated and optimized.

With the development of power electronics, various types of semiconductor converters with different functions and capabilities, such as current inverters and voltage regulators, serving only for the soft start of high-voltage AC motors became available. The elimination of negative factors during start-up can be achieved with the use of soft starters (device for soft starts), since they are cheaper than the inverter by almost two to three times, and are good for alternating soft start of several electric motors [3, 4]. For this purpose, in this work, we simulated a transient process with direct and soft start of SM. The main program for modeling was adopted by the MATLAB/Simulink package with which we obtained the transient start-up graphs of the high-voltage SM shown in figures 1 and 2.

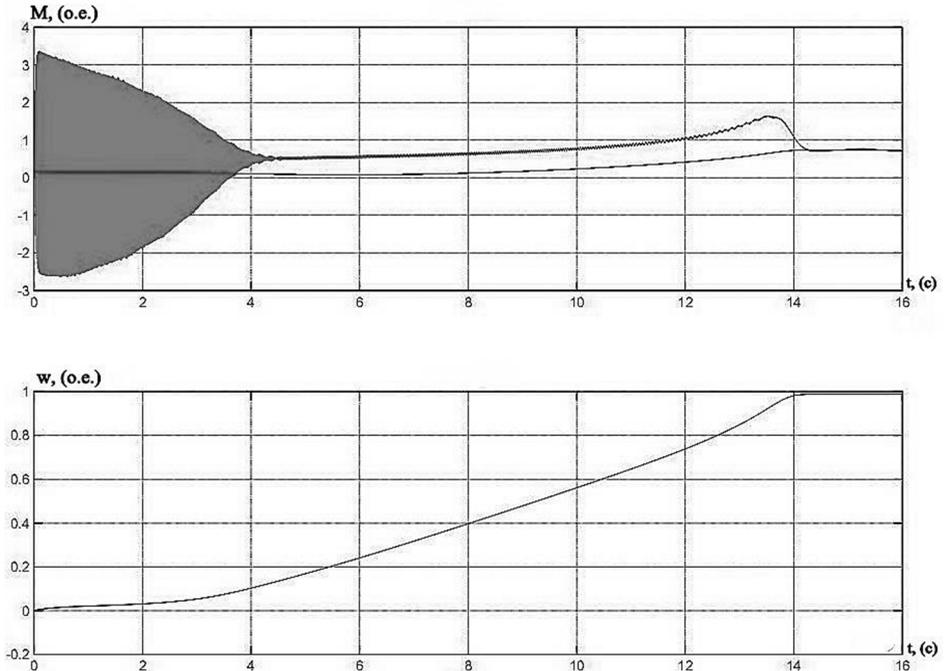


Fig. 1. Transient graphs for direct start-up of SM series BJC2-325/69-16

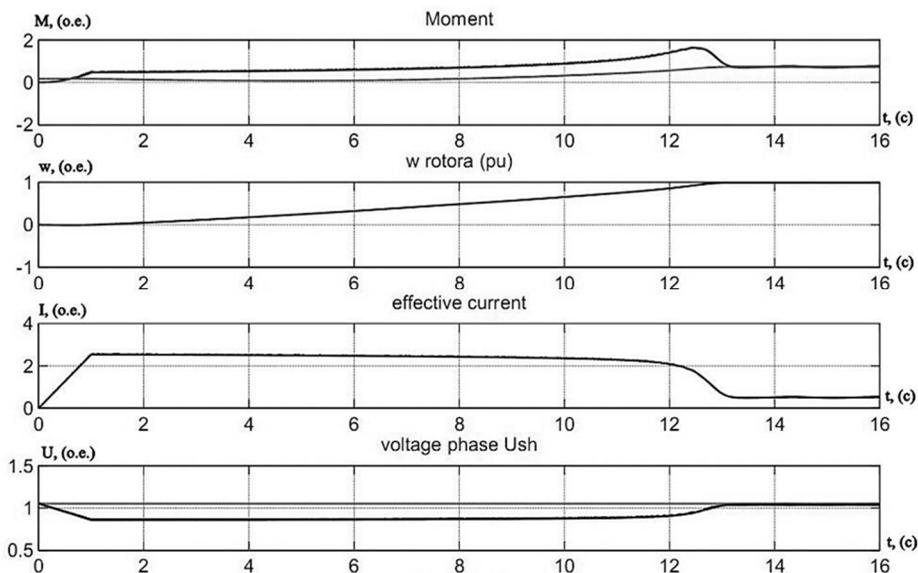


Fig. 2. Soft start of the SM series B/JC2-325/69-16

As the simulation results (see in Fig. 2) show, using the soft starter provides fairly favorable conditions for transient processes, namely, it limits the inrush current and jumps in the amplitudes of the oscillations of the electromagnetic moments of SM. In addition, modern soft starters provide the following advantages [4]:

- significantly reduces dynamic loads on bearings of the electric motor;
- improving the operating conditions of electrical equipment;
- significantly reduces current, power losses and voltage deviations in the network when starting the electric motor;
- an increase in the number of permissible starts and the launch of electric motors from sources of limited power;
- improving the reliability and service life of equipment.

As a result of the study of transients of the electric drive of pumping units of the ANS-1 irrigation pump station, it was shown that to optimize starting conditions, it is sufficient to use a soft starter, which are cheaper and can be used to turn on several electric motors in turn. The results of computer simulation showed that the negative effects of currents and moments can be reduced with the help of soft starters.

В данной работе объектом исследования была принята высоковольтная насосная установка оросительной насосной станции первого подъема. Негативные факторы, воздействующий на объект были приняты пусковой режим агрегатов и жаркий климат местности. С учетом всех факторов, исследования проводились на оросительной насосной станции АНС-1, которая находится в Аштском районе Согдийской области Республики Таджикистан. В этой станции установлены четыре насосных агрегата серии 1200В-6,3/100-А мощностью по 8 МВт [1, 2, 3]. Электропривод станции АНС-1 представляет собой трехфазные синхронные электродвигатели (СД) вертикального исполнения, а регулирование производительности насосных агрегатов выполняется путем включения или выключения агрегатов. Этот метод неэффективен и опасен ввиду того, что каждое отключение и включение выполняются с динамическими электромагнитными переходными процессами. Кроме того, гидравлические удары, в свою очередь, при пуске повреждают и изнашивают механические части оборудования и соединения трубопроводов [4]. Каждый пуск высоковольтного СД проходит с многократными скачками токов и моментов двигателя, с отклонением напряжения, нагревом двигателя и потерями, которые уменьшают технический срок службы частей станции и всего оборудования в целом [4, 7, 8]. В то же время, если мы добавим к негативным воздействиям еще жаркий климат, то переходные режимы насосных агрегатов могут быть очень критичными. Поэтому устранение или минимизация негативных факторов, влияющих на электрические приводы насосных агрегатов при запуске, является очень актуальной проблемой, которую необходимо исследовать и оптимизировать.

С развитием силовой электроники стали доступны различные типы полупроводниковых преобразователей с различными функциями и возможностями, такие как преобразователи и регуляторы напряжения, которые служат только для плавного пуска высоковольтных двигателей переменного тока. Устранение негативных факторов при пуске может быть достигнуто с помощью устройств плавного пуска, поскольку они дешевле, чем преобразователи частоты почти в два-три раза и хороши для поочередного плавного пуска нескольких электродвигателей [3, 4]. Для этой цели в этой работе смоделировано переходный процесс с прямым и плавным запуском СД. Программа для моделирования была принята MATLAB/Simulink с помощью, которого было получено графики переходных процессов пуска высоковольтного СД (см. на рис. 1 и 2).

Как показывают результаты моделирования (см. на рис. 2), использование устройства плавного пуска обеспечивает довольно благоприятные условия для переходных процессов, а именно ограничивает

пусковой ток и скачки амплитуд колебаний электромагнитных моментов СД. Кроме того, современные устройства плавного пуска обеспечивают следующие возможности [4]:

- значительное снижение динамических нагрузок на подшипниках электродвигателя;
- улучшение условий эксплуатации электрооборудования;
- значительное снижение токов, потери мощности и отклонения напряжения в сети при запуске электродвигателя;
- увеличение количества допустимых пусков и пуск электродвигателей от источников ограниченной мощности;
- повышение надежности и ресурса оборудования.

В результате исследования пусковых переходных процессов в электроприводе насосных агрегатов станции АНС-1 было показано, что для оптимизации условий запуска достаточно использовать устройство плавного пуска, которое дешевле и может быть использовано для пуска нескольких электродвигателей по очереди. Результаты компьютерного моделирования также показали, что негативное влияние токов и моментов можно уменьшить с помощью устройств плавного пуска.

Список литературы

1. *Дадабаев, Ш.Т.* Особенности механических характеристик электроприводов с вентиляторным характером нагрузки // *Электрооборудование: эксплуатация и ремонт.* – Москва, 2013. – №11. – С. 29-34.
2. *Дадабаев, Ш.Т.* Перспективы внедрения регулируемых электроприводов в насосных агрегатах большой мощности // *Энергетик.* – 2015. – №7. – С. 31-33.
3. *Дадабаев, Ш.Т.* Исследования применения энергоэффективных способов управления в электроприводах с вентиляторной нагрузкой / Ш.Т. Дадабаев, В.Н. Ларионов // *Вестник ТГУ* – 2014. – №4. – С. 56-59.
4. *Дадабаев, Ш.Т.* Исследование технологических и переходных процессов электроприводов турбомеханизмов/ Ш.Т. Дадабаев, Х.А. Рахматов, Б.А. Абдумаликов // *Известия Тульского государственного университета. Технические науки.* Вып. 4. – Тула: Изд-во ТулГУ, 2017. – С. 256-263.
5. *Ларионов, В.Н.* Энергоэффективность и энергосбережение в электроприводах с вентиляторной нагрузкой / В.Н. Ларионов, А.Г. Калинин. – Чебоксары: Изд-во. Чуваш. Ун-та, 2012. – 146 с.
6. *Лезнев, Б.С.* Энергосбережение и регулируемый привод в насосных и воздухоудовных установках. – М.: Энергоатомиздат, 2006. – 360 с.
7. *Нейман, З.Б.* Крупные вертикальные электродвигатели переменного тока. – М.: «Энергия», 1974. – 376 с.

Материал поступил в редколлегию 10.10.19.