

УДК 621.313: 62-83

## АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ ПЕРЕХОДНОГО ПРОЦЕССА ДВИГАТЕЛЬНОЙ НАГРУЗКИ С ЦЕЛЬЮ ПОВЫШЕНИЯ НАДЕЖНОСТИ И ЭКОНОМИЧНОСТИ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ СОБСТВЕННЫХ НУЖД ЭС С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ УЧЕБНО-ЛАБОРАТОРНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

© 2014 г. О.В. Фоменко

*Волгодонский инженерно-технический институт – филиал Национального исследовательского ядерного университета «МИФИ», Волгодонск, Ростовская обл.*

В статье представлены вопросы повышения надежности и экономичности двигательной нагрузки в системе собственных нужд на электрических станциях с точки зрения анализа переходных процессов с использованием учебно-лабораторного оборудования кафедры «Атомные электрические станции» ВИТИ НИЯУ МИФИ.

*Ключевые слова:* самозапуск, асинхронный электродвигатель, высоковольтный частотный преобразователь, частотное регулирование.

Поступила в редакцию 20.11.2014 г.

На тепловых электроцентралях (ТЭЦ) непрерывность технологического процесса преобразования химической энергии топлива в электрическую и тепловую обеспечивают важнейшие механизмы собственных нужд (с.н.). К ним относятся питательные, конденсатные, циркуляционные, сетевые насосы, дымососы, дутьевые вентиляторы и т.д. Режимы работы этих механизмов с точки зрения нагрева отдельных частей является продолжительность. Поэтому нарушение работы хотя бы одного из механизмов с.н. приводит к нарушению нормальной работы всего энергоблока. Этим объясняется необходимость анализа их возможного временного отключения без значительного влияния на основной технологический режим. Значительного повышения надежности работы ТЭЦ можно достигнуть, если при возможных коротких замыканиях (КЗ), вызванных, чаще всего, кратковременным снижением или даже полным исчезновением напряжения на шинах с.н., не отключать АД от сети [4]. Подобные утверждения можно приводить, имитируя подобные нарушения и анализируя возникшие переходные процессы в возникших режимах с использованием учебно-лабораторного оборудования кафедры «Атомные электрические станции» (рис.1) [5].



**Рис. 1.** – Общий вид учебно-лабораторного оборудования кафедры «Атомные электрические станции» ВИТИ НИЯУ МИФИ

В настоящее время управление механизмами с.н. на ТЭЦ осуществляется электроприводами переменного тока (ЭПТ), в составе которых в основном используются трехфазные асинхронные электродвигатели переменного тока с короткозамкнутым ротором (АД), поскольку их отличает достаточно высокая надежность в эксплуатации при простоте конструкции. При этом необходимо учитывать, что непрерывность технологического процесса обеспечивает режим самозапуска электродвигателей (ЭД), который относится к переходным, т.е. режим, когда ЭД, снизившие свою скорость либо при кратковременном отсутствии питания в сети либо за время переключения на резервный источник питания, не отключаются защитой [1]. При восстановлении напряжения их скорость достигает нормальной скорости. Именно режим самозапуска очень важен для ЭД ответственных механизмов с.н., поскольку происходит, как правило, при нагруженных механизмах. Поэтому его можно рассматривать как групповой пуск, начинающийся с промежуточной частоты вращения, до той, при которой успели затормозиться АД в аварийном режиме.

После восстановления нормального напряжения начинается их самозапуск. При этом необходимо учесть, что к моменту восстановления питания, когда еще вращаются все ЭД или их часть, в начальный момент самозапуска их вращающий момент достаточно велик даже с учетом того, что начальное напряжение при самозапуске ниже нормального значения. С одной стороны это облегчает самозапуск. С другой стороны, вследствие больших пусковых токов, групповой самозапуск происходит при пониженных напряжениях на зажимах АД, что приводит к увеличению длительности самозапуска. Поэтому необходимо учитывать, что он может быть успешным или неуспешным. Несомненно, что для нормального технологического процесса он должен быть успешным, т.е. таким, при котором остаточное напряжение на шинах с.н. обеспечивает ускорение АД до номинальной частоты вращения за время, допустимое по условиям их нагрева и сохранения устойчивости технологического режима станции. А на это, в первую очередь, влияет длительность самозапуска [2].

Необходимо отметить, что эта величина зависит от многих факторов: времени перерыва питания (паузы), параметров силового оборудования (питающих трансформаторов, реакторов), шин и кабельных линий, мощности ЭД, участвующих в самозапуске, механических характеристик механизмов, типа регуляторов возбуждения. Все перечисленные величины влияют на качество переходного процесса, с точки зрения длительности, поскольку решение этой задачи и влияет на осуществление успешного самозапуска. При этом нужно учесть следующее:

1) кратковременное глубокое снижение напряжения возможно при близких КЗ, которые отключаются действием релейной защиты, например при КЗ на одном из электродвигателей данной секции;

2) кратковременный перерыв питания происходит при любом отключении рабочего источника питания и переходе на резервный источник питания в результате автоматического включения резерва (АВР);

3) после отключения питания (или недопустимого снижения напряжения) ЭД под действием момента сопротивления приводимых ими в движение механизмов начинают тормозиться, а затем после восстановления питания вновь разворачиваются.

С целью анализа влияния переходного процесса двигательной нагрузки для повышения надежности работы ЭД с.н. ТЭЦ на учебно-лабораторном оборудовании кафедры «АЭС» был смоделирован процесс самозапуска АД (рис.2), паспортные данные которого представлены в таблице 1[5].

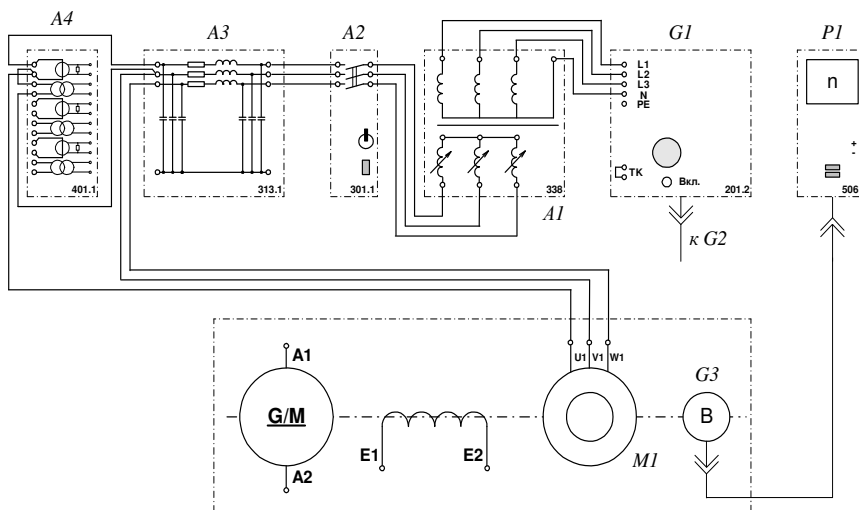


Рис. 2. – Электрическая схема соединений

Таблица 1. – Паспортные данные двигателя АИР56А4У3

Параметр двигателя	Значения параметра
Номинальная мощность $P_n$ , кВт.	0,12
Номинальное напряжение $U_n$ , В.	380
Номинальный ток $I_n$ , А.	0,42
Число оборотов $n$ , об/мин.	1500
Коэффициент мощности $\cos \varphi$ .	0,66
КПД, %.	63

Поскольку непрерывность технологического процесса производства электроэнергии во многом зависит от быстроты вхождения ЭД в режим нормальной работы, то режим самозапуска является более предпочтительным, с точки зрения переходного процесса, чем разворот ЭД. Это подтверждают полученные осциллограммы в ходе исследования, которые позволили провести анализ переходного процесса запуска АД в работу в нескольких режимах: полный останов (рис.2) и непосредственно самозапуск с различной продолжительностью отсутствия подачи питания от 0,1 до 0,6 сек (рис. 3).

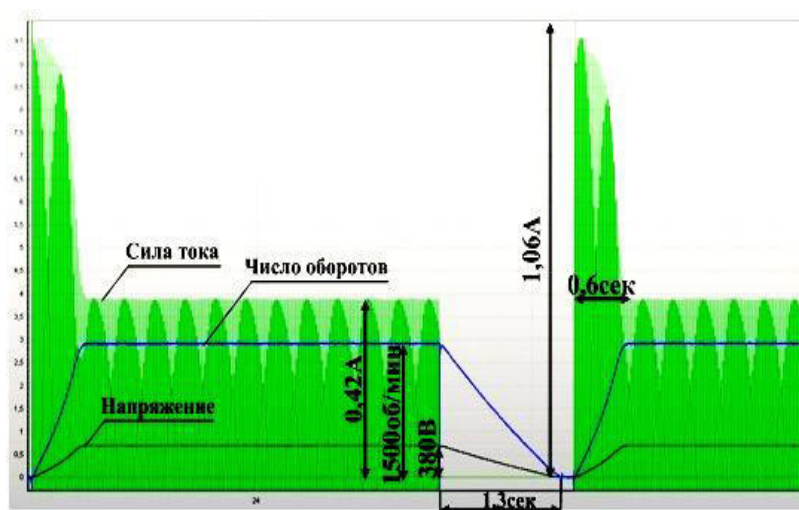
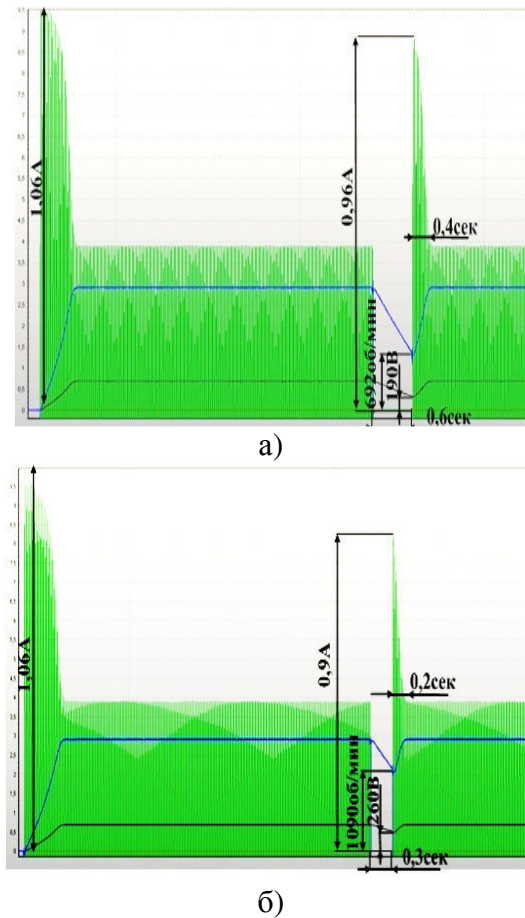


Рис. 3. – Полный останов АД



**Рис. 4.** – Самозапуск при отсутствии подачи питания в течение:  
а) 0,6сек; б) 0,3сек.

Анализируя полученные данные можно заключить, что с уменьшением паузы АД меньше тормозятся. При этом ограничиваются токи самозапуска, повышается напряжение на шинах в момент подключения источника питания. Следовательно, возрастает динамический момент и ускоряется восстановление номинальной частоты вращения. Это значит, чем быстрее будет возобновлена подача питания, тем меньше длительность переходного процесса двигательной нагрузки, АД быстрее войдет в номинальный режим работы.

Если пауза вызвана отключением источника питания с.н., то необходимо иметь ввиду, что на шинах нагрузки сохраняется остаточное напряжение, генерируемое двигателями, перешедшими в генераторный режим. Напряжение на сборных шинах практически полностью затухает через 2 сек., после чего взаимное влияние двигателей прекращается и начинается их независимый индивидуальный выбег. Если пауза связана с КЗ на сборных шинах собственных нужд с.н. или вблизи них, то выбег всех подключенных к ним ЭД происходит независимо друг от друга .

Таким образом, успешность самозапуска и его длительность в значительной степени зависят от продолжительности перерыва питания.

Но при всех своих достоинствах перед пуском, необходимо учитывать, что в процессе самозапуска, в особенности затяжного, отклонения технологических параметров от нормируемых значений (уменьшение общего расхода питательной воды и уровня воды в барабане котла; снижение напора различных насосов (питательных, конденсатных); уменьшение расхода циркуляционной воды через конденсаторы турбин

и т.д.) представляют наибольшую опасность. Поэтому ряд мероприятий, таких как правильный выбор уставок технологических защит и их согласование с уставками электрических защит [3], могут также позволить в большинстве случаев предотвратить отключение технологического оборудования и сохранить неизменной нагрузку турбогенератора после успешного самозапуска ЭД. Несомненно, действенным средством повышения надежности работы оборудования в с.н. в режиме самозапуска для ЭД является уменьшение перерыва в питании. Это может быть обеспечено также рациональными уставками релейной защиты и системной автоматики.

Проводя исследования переходного процесса в режиме самозапуска необходимо оценивать и показатели повышения экономичности двигательной нагрузки в системе с.н. станции.

Поскольку значительная доля потребления электроэнергии промышленных комплексов приходится на АД напряжением 6000В и 10000 В, то значительную экономию энергии и повышение ресурса механической части технологического оборудования, можно достичь путем внедрения устройств частотного регулирования (УЧР) ЭД, которые являются одним из основных потребителей электрической энергии на предприятии.

Высоковольтные частотные преобразователи (ВЧПР), предназначенные для частотного пуска и регулирования скорости вращения АД с короткозамкнутым ротором мощностью 250 – 7600 кВт, с номинальным напряжением 3, 6, 10 кВ и обеспечивающих работу технологических устройств различного назначения [3] могут обеспечить значительное энергосбережение (до 60%), надежность работы и продление ресурса работы как ЭД, так и приводимых ими в движение агрегатов и механизмов, снижение аварийности оборудования, сокращение аварийных простоев производства, уменьшение затрат на ремонт и обслуживание, а также интегрирование в автоматическую систему управления технологическими процессами предприятия.

## ВЫВОДЫ

Анализ качества переходного процесса в результате влияния двигательной нагрузки на изменение параметров технологического процесса производства электроэнергии, осуществленный на учебно-лабораторном оборудовании кафедры АЭС ВИТИ НИЯУ МИФИ, позволяет выявить приоритетные направления для повышения надежности (исследование самозапуска) и экономичности работы (использование высоковольтных частотных преобразователей) ответственных механизмов собственных нужд в рамках реального производства, в частности ТЭЦ-2 г. Волгодонска Ростовской области.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Куликов, Ю.А. Переходные процессы в электрических системах: учеб. пособие [Текст] / Ю.А. Куликов. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2006. – 286 с.
2. Крючков, И.П. Электромагнитные переходные процессы в электроэнергетических системах: учебное пособие для вузов [Текст] / И.П. Крючков. – М.: Издательство МЭИ, 2000.
3. Крючков, И.П. и др. Расчет коротких замыканий и выбор электрооборудования: учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений [Текст] / И.П. Крючков, Б.Н. Неклепаев, В.А. Старшинов; под ред. Крючкова И.П. и Старшинова В.А. – 2-е изд., стер. – М.: Издательский центр «Академия», 2006. – 416 с.
4. Правила технической эксплуатации электроустановок ЭС и ПС [Текст]. – СПб.: Издательство ДЕАН, 2003. – 304 с.
5. Сенигов, П.Н. и др. Переходные процессы в электроэнергетических системах. Руководство по выполнению базовых экспериментов. ППЭЭС.001 РБЭ (932) [Текст] / П.Н. Сенигов, М.А. Карпеш. – Челябинск: Инженерно-производственный центр «Учебная техника», 2007. – 139 с.

## The Analysis of Motor Loading Transition Process Influence to Increase the Reliability and Profitability of Electric Motors of Own Needs at the Electric Station using Laboratory Equipment

O.V. Fomenko

*Volgodonsk Engineering Technical Institute  
the Branch of National Research Nuclear University  
«MEPhI», 73/94 Lenin St., Volgodonsk, Rostov region, Russia  
347360 e-mail: ovyl@mail.ru*

**Abstract** – The article covers the questions of increasing of reliability and economy of motor loading in the system of own needs at the electric station. These questions are considered on the base of transition process analysis with the help of laboratory equipment of nuclear power plants department, Volgodonsk Engineering Technical Institute the branch of National Research Nuclear University "MEPhI".

*Keywords:* self-triggering, induction motor, high-voltage frequency converter, frequency regulation.

### REFERENCES

- [1] Kulikov Ju.A. Perekhodnye processy v jelektricheskikh sistemah: ucheb. posobie [Transition processes in electric systems: manual]. Novosibirsk. Pub. Izd-vo NGTU [Novosibirsk State Technical University publishing house], 2006, ISBN 5-7782-0723-9, 286 p. (in Russian)
- [2] Krjuchkov I.P. Jelektromagnitnye perekhodnye processy v jelektrojenergeticheskikh sistemah: uchebnoe posobie dlja vuzov [Electromagnetic transition processes in electrical power systems: for higher education textbook]. M. Pub. Izdatel'stvo MJEI [MPEI publishing house], 2000. (in Russian)
- [3] Krjuchkov I.P., Neklepaev B.N., Starshinov V.A. Raschet korotkih zamykanij i vybor jelektrooborudovanija: ucheb. posobie dlja stud. vyssh. ucheb. zavedenij [Calculation of short circuits and choice of electric equipment: higher education textbook] / pod red. Krjuchkova I.P., Starshinov V.A. [Edited by Kryuchkov I.P. and Starshinov V.A]. 2-e izd. [2nd edition]. M. Pub. Izdatel'skij centr «Akademija» [Publishing center "Academia"], 2006, ISBN 5-7695-1998-3, 416 p. (in Russian)
- [4] Pravila tehnicheckoj jekspluatacii jelektrostanovok JeS i PS [Rules of technical operation of the ES and PS electroinstallations]. SPb. Pub. Izdatel'stvo DEAN [Dean Press publishing house], 2003, ISBN: 978-5-93630-668-6, 304 p. (in Russian)
- [5] Senigov P.N., Karpesh M.A. Perekhodnye processy v jelektrojenergeticheskikh sistemah. Rukovodstvo po vypolneniju bazovyh jeksperimentov. PPJeJeS.001 RBJe (932) [Transition processes in electrical power systems. The management on to performance of basic experiments. PPEES.001 RBE (932)]. Cheljabinsk. Pub. Izhenerno-proizvodstvennyj centr «Uchebnaja tehnika» [Engineering production center "Educational Equipment"], 2007. 139 p. (in Russian)