DOI: 10.17117/na.2015.07.695

Поступило в редакцию: 30.07.2015

<http://ucom.ru/doc/na.2015.07.695.pdf>

Крюков О.В., Серебряков А.В.
Проблемы устойчивости работы синхронных
электроприводов газоперекачивающих агрегатов

Kryukov O.V., Serebryakov A.V.
The problems of stability of the synchronous
electric drives of gas-compressor units

Рассмотрены условия возникновения неустойчивых режимов в синхронных машинах мегаваттного класса. Предложены пути стабилизации электроприводных газоперекачивающих агрегатов

The conditions of appearance of unstable modes in synchronous machines megawatt class. Suggested ways of stabilization of electrically driven gas pumping units

Ключевые слова: синхронная машина, электропривод, газоперекачивающий агрегат, устойчивость, система возбуждения

Key words: synchronous machine, electric, gas compressor unit, stability, excitation system

Крюков Олег Викторович

Кандидат технических наук, доцент, главный специалист
 Гипрогазцентр
 г. Нижний Новгород, ГСП-926, ул. Алексеевская, 26

Kryukov Oleg Viktorovich

Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor, Main Expert
 Giprogazcenter
 Nizhny Novgorod, GSP-926, Alekseevskaya st., 26

Серебряков Артем Владимирович

Кандидат технических наук, доцент
 Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева
 г. Нижний Новгород, ГСП-41, ул. Минина, 24

Serebryakov Artem Vladimirovich

Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor
 Nizhny Novgorod state technical university named R.E. Alekseev
 Nizhny Novgorod, GSP-41, Minina st., 24

Благодаря своим высоким энергетическим показателям и конструктивным особенностям синхронные двигатели находят широкое применение в мощных электроприводах, работающих в продолжительном режиме S1 и не требующих глубокого регулирования скорости [1-4]. В современной отечественной и зарубежной промышленности и, особенно, в энергетических отраслях синхронные машины длительно и эффективно работают в качестве электроприводов дутьевых вентиляторов, воздуходувок, буровых установок, компрессоров, насосов, шаровых мельниц, прокатных станов и прочих ответственных механизмов [5-8]. Так, например, суммарная установленная мощность синхронных электроприводов газоперекачивающих агрегатов (ЭГПА) компрессорных станций (КС) магистрального транспорта газа (рис.1) составляет

более 6000 МВт или 18 % от общей установленной мощности Единой газотранспортной системы России [9-13]. График их нагрузки может длительное время оставаться постоянным, а момент на валу двигателя изменяется незначительно и весьма плавно в зависимости от сезонного потребления газа, колебаний температуры окружающего воздуха или перехода на другие графики газоподачи.

Большинство ЭГПА в настоящее время отработали свой нормативный срок и для обеспечения надёжного транспорта природного газа важнейшей задачей является модернизация существующего парка электроприводных агрегатов с применением современных технических решений, которые проводятся в двух направлениях [14-18]. Во-первых – это переход аппаратных средств на современную элементную базу, во-вторых – путем совершенствования законов регулирования и структур систем регулирования и возбуждения синхронного двигателя.

Рис. 1. Общий вид электроприводного газоперекачивающего агрегата КС

Таким образом, повышение эффективности и надежности работы синхронного двигателя ЭГПА достигается решением следующих задач [19-23]:

- увеличением перегрузочной способности и повышением устойчивости синхронного двигателя при набросе нагрузки или колебаниях напряжения в сети;
- демпфированием механических колебаний ротора;
- обеспечением минимальных потерь в двигателе и питающей сети;

– уменьшением колебаний активной, реактивной мощности и напряжения в питающей сети [24-26].

Поскольку одновременное решение всех указанных задач затруднительно из-за наличия единственного канала управляющего воздействия через систему возбуждения синхронного двигателя, закон управления током возбуждения выбирается в соответствии с детерминированным или стохастическим характером нагрузки электроприводных газоперекачивающих агрегатов [27-30].

Для синхронного двигателя с постоянной или медленно изменяющейся нагрузкой задание на ток возбуждения формируется в соответствии с векторной диаграммой статического режима синхронного двигателя в зависимости от нагрузки на валу двигателя и напряжения питающей сети. При этом автоматический регулятор возбуждения (АРВ) настраивается на поддержание постоянства реактивной мощности или коэффициента мощности синхронного двигателя. Однако такой регулятор не позволяет обеспечить устойчивую работу двигателя при быстро меняющихся нагрузках, которые вызывают значительные качания ротора синхронного двигателя в динамических режимах, включая запуск электроприводных газоперекачивающих агрегатов [31-34].

Устойчивость и надежность синхронного электропривода, рациональное использование синхронного двигателя и эффективность технологического процесса во многом определяются структурой системы АРВ и ее быстродействием. Существующие системы автоматического регулирования возбуждения поддерживают на заданном уровне ток возбуждения и реактивный ток с коррекцией по напряжению сети, но не удовлетворяют требованиям, предъявляемым к работе синхронного двигателя в динамических режимах. Поэтому актуальной является задача улучшения динамических характеристик синхронного двигателя в условиях действия возмущений в виде изменения момента нагрузки или напряжения статора [24-26].

Выводы

1. Обоснована необходимость повышения эффективности и надежности работы мощных синхронных двигателей ЭГПА.
2. Сформулированы пути повышения устойчивости работы синхронных машин при детерминированных и стохастических возмущениях.
3. Предложены векторные системы автоматического регулирования возбуждения синхронных электроприводов.

Список литературы:

1. Крюков О.В. Интеллектуальные электроприводы с ИТ-алгоритмами // Автоматизация в промышленности. 2008. № 6. С. 36-39.
2. Крюков О.В., Краснов Д.В. Перспективы применения преобразователей частоты для регулирования производительности электроприводных ГПА // Газовая промышленность. 2014. № 6 (707). С. 86-89.
3. Крюков О.В. Регулирование производительности электроприводных ГПА преобразователями частоты // Компрессорная техника и пневматика. 2013. № 3. С. 21-24.
4. Крюков О.В. Опыт создания энергоэффективных электроприводов ГПА // Труды VIII Международной конференции АЭП-2014. 2014. С. 157-163.

5. Пужайло А.Ф., Савченков С.В., Крюков О.В. и др. Энергосбережение и автоматизация электрооборудования компрессорных станций: Монография. Н. Новгород: Вектор ТиС, 2011. 664 с.
6. Милов В.Р., Шалашов И.В., Крюков О.В. Процедуры прогнозирования и принятия решений системе ТО и ремонта // Автоматизация в промышленности. 2010. № 8. С. 47-49.
7. Серебряков А.В. Энергоэффективные ветроэнергетические установки с оперативной диагностикой для автономных систем электроснабжения. Диссертация на соискание ученой степени канд. техн. наук по спец. 05.09.03. ИГЭУ, Н. Новгород, 2013. 171 с.
8. Крюков О.В., Горбатушков А.В., Степанов С.Е. Принципы построения инвариантных электроприводов энергетических объектов // Автоматизированный электропривод и промышленная электроника. Новокузнецк, 2010. С. 38-45.
9. Захаров П.А., Киянов Н.В., Крюков О.В. Системы автоматизации технологических установок для эффективного транспорта газа // Автоматизация в промышленности. 2008. № 6. С. 6-10.
10. Пужайло А.Ф., Спиридович Е.А., Крюков О.В. и др. Энергосбережение и автоматизация электрооборудования компрессорных станций: Монография. Н. Новгород: Вектор ТиС, 2010. 570 с.
11. Милов В.Р., Суслов Б.А., Крюков О.В. Интеллектуализация поддержки управленческих решений в газовой отрасли // Автоматизация в промышленности. 2009. № 12. С. 16-20.
12. Крюков О.В., Степанов С.Е. Электропривод газоперекачивающего агрегата // Патент на полезную модель №107427. Оpubл. 29.03.2011.
13. Васенин А.Б., Крюков О.В., Серебряков А.В. Энергетический комплекс // Патент на полезную модель №113085. Оpubл. 27.01.2012.
14. Аникин Д.А., Рубцова И.Е., Крюков О.В., Киянов Н.В. Проектирование систем управления электроприводными ГПА // Газовая промышленность. 2009. № 2. С. 44-47.
15. Крюков О.В. Анализ и техническая реализация факторов энергоэффективности инновационных решений в электроприводных турбокомпрессорах // Автоматизация в промышленности. 2010. № 10. С. 50-53.
16. Серебряков А.В., Крюков О.В. О новых возможностях технологий SMART GRID // Электрооборудование: эксплуатация и ремонт. 2013. №2. С. 47-48.
17. Крюков О.В. Стратегии инвариантных систем управления электроприводами объектов ОАО «Газпром» // Идентификация систем и задачи управления (SICPRO'15). М.: ИПУ РАН им. В.А. Трапезникова, 2015. С. 368-386.
18. Крюков О.В., Степанов С.Е. Пути модернизации электроприводных ГПА // Електромеханічні І енергозберігаючі системи. 2012. № 3 (19). С. 209-212.
19. Крюков О.В. Встроенная система диагностирования и прогнозирования работы асинхронных электроприводов // Известия ВУЗов. Электромеханика. 2005. № 6. С. 43-46.
20. Бабичев С.А., Крюков О.В., Титов В.Г. Автоматизированная система безопасности электроприводных перекачивающих агрегатов // Электротехника. 2010. № 12. С. 24-31.
21. Бабичев С.А., Захаров П.А., Крюков О.В. Мониторинг технического состояния приводных электродвигателей ГПА // Контроль. Диагностика. 2009. № 7. С. 33-39.
22. Крюков О.В., Степанов С.Е., Титов В.Г. Встроенные системы мониторинга технического состояния электроприводов для энергетической безопасности транспорта газа // Энергобезопасность и энергосбережение. 2012. № 2. С. 5-10.
23. Крюков О.В., Серебряков А.В. Система оперативной диагностики технического состояния ветроэнергетических установок // Электротехника. №4. 2015. С. 49-53.
24. Крюков О.В. Регрессионные алгоритмы инвариантного управления электроприводами при стохастических возмущениях // Электричество. 2008. №9. С. 44-50.
25. Степанов С.Е., Крюков О.В., Плехов А.С. Принципы автоматического управления возбуждением синхронных машин газоконпрессорных станций // Автоматизация в промышленности. 2010. № 6. С. 29-31.
26. Крюков О.В. Виртуальный датчик нагрузки синхронных машин // Электрооборудование: эксплуатация и ремонт. 2014. № 3. С. 45-50.
27. Васенин А.Б., Крюков О.В., Серебряков А.В., Плехов А.С. АСУ систем электроснабжения на принципах SMART GRID для объектов магистральных газопроводов // Автоматизация в промышленности. 2012. №4. С. 36-38.
28. Серебряков А.В., Крюков О.В. Оптимизация управления ВЭУ при стохастических возмущениях // Промышленная энергетика. 2013. №5. С. 45-49.
29. Серебряков А.В., Крюков О.В., Васенин А.Б. Нечеткие модели и алгоритмы управления ветроэнергетическими установками // Управление в технических системах (МКПУ-2012). СПб.: ИПУ им. В.А. Трапезникова РАН, 2012. С. 467-469.

30. Крюков О.В. Частотное регулирование производительности электроприводных ГПА // Электрооборудование: эксплуатация и ремонт. 2014. № 6. С. 39-43.
31. Крюков О.В., Степанов С.Е. Повышение устойчивости работы электроприводов центробежных нагнетателей на компрессорных станциях ОАО «Газпром» // Газовая промышленность. 2014. № 8 (710). С. 50-56.
32. Крюков О.В. Анализ систем безопасного пуска электроприводных газоперекачивающих агрегатов // Компрессорная техника и пневматика. 2012. № 2. С. 12.
33. Крюков О.В. Аппаратные и алгоритмические средства безопасного пуска электродвигателей большой мощности // Электрооборудование: эксплуатация и ремонт. 2013. № 9. С. 23-30.
34. Крюков О.В., Титов В.Г. Анализ пусковых режимов электроприводных газоперекачивающих агрегатов // Известия ВУЗов. Электромеханика. 2012. № 3. С. 29-35.

© 2015, Крюков О.В., Серебряков А.В.
Проблемы устойчивости работы синхронных
электроприводов газоперекачивающих агрегатов

© 2015, Kryukov O.V., Serebryakov A.V.
The problems of stability of the synchronous electric
drives of gas-compressor units