

Влияние частотных преобразователей насосных и вентиляционных установок на работу сети внутреннего электроснабжения предприятия

*Н.М. Веселова, А.С. Иванов, О.А. Иванова, Т.А. Кузнецова,
С.И. Николаева*

Волгоградский государственный аграрный университет, Волгоград

Аннотация: Представлен анализ применяемого в настоящее время частотно-регулируемого привода (ЧРП) на технологическом оборудовании предприятия ОАО «Волгограднефтемаш». С учетом особенностей работы насосного и вентиляционного оборудования предприятия, определены принципы регулирования и оценено влияние ЧРП на качество электрической энергии. Рассмотрены вопросы применения энергосберегающего устройства на объекте производственного назначения, а также проведен анализ эффективности его работы в процессе эксплуатации с точки зрения повышения качества электроэнергии в системе внутреннего электроснабжения ОАО «Волгограднефтемаш».

Ключевые слова: электропривод, вентиляционная установка, частотно-регулируемый привод, качество электрической энергии, устройство энергосбережения.

Введение. Обоснование целей проведенных исследований.

Энергосбережение стало в последние годы одним из приоритетных направлений технической политики России. Из спектра различных решений, применяемых для энергосбережения, одним из наиболее эффективных и быстро окупаемых, требующих относительно небольших капиталовложений решений, является внедрение частотно-регулируемых (ЧРП) асинхронных приводов, позволяющих оптимизировать режимы работы механизмов в широком диапазоне изменения нагрузок [1,2].

Предприятие ОАО «Волгограднефтемаш» является одним из крупнейших производителей оборудования нефтяной, химической и энергетической отраслей, как в России, так и за рубежом. Для реализации поставленных задач на предприятии задействованы огромные энергетические ресурсы. Электроприводы станков, дутьевых вентиляторов, дымососов, сетевых и циркуляционных насосов являются основными потребителями электроэнергии на предприятии. Поэтому применение различных

энергоэффективных схем регулирования технологического оборудования остается актуальной проблемой для повышения рентабельности изготавливаемой продукции АО «Волгограднефтемаш».

Оснащение технологического оборудования энергоэффективными схемами управления с применением ЧРП является актуальной задачей производства. Данные решения позволят не только снизить потребление электрической энергии предприятием, но и повысить эксплуатационные показатели технологического оборудования в целом [3,4].

В то же время, при использовании ЧРП для управления вентиляционными и насосными установками возникают проблемы как в системе внутреннего электроснабжения предприятия, так и в работе самих частотно-регулируемых приводов. Поэтому требуется оценить режимы работы ЧРП и рассмотреть меры по снижению негативного влияния привода на работу внутренней сети [5, 6].

Анализ работы частотных преобразователей насосных и вентиляционных установок. Основной задачей при работе дымососов и дутьевых вентиляторов технологического оборудования является поддержание производительности на разных режимах или плавное регулирование в широком диапазоне. На вентиляционных установках для этих целей применяют различные способы регулирования: дросселирование, использование направляющих аппаратов или изменение частоты вращения рабочего колеса вентилятора [7, 8].

С точки зрения энергосбережения регулирование частоты вращения рабочих колес дымососов и дутьевых вентиляторов является самым оптимальным способом изменения производительности вентиляционного оборудования. Это достигается посредством применения частотно-регулируемого привода [9].

Известно, что изменение частоты вращения рабочего колеса вентилятора приводит к пропорциональному изменению производительности вентиляционного оборудования:

$$n_1/n_2 = L_1/L_2,$$

где L_1, L_2 – производительность вентилятора при скорости вращения двигателя n_1, n_2 , соответственно, тогда как давление вентилятора изменится в $(n_1/n_2)^2$, а потребляемая мощность – в $(n_1/n_2)^3$ раз. Оценка применения ЧРП в сравнении с другими способами регулирования вентиляционного оборудования (дросселирование или применение направляющего аппарата) показывает, что ЧРП является самым энергоэффективным способом регулирования [10].

С целью оценки влияния ЧРП на показатели качества электроэнергии (ПКЭ) на предприятии ОАО «Волгограднефтемаш» был проведен мониторинг и анализ качества электрической энергии при эксплуатации технологического оборудования с применением ЧРП. Объектом исследования являлось влияние оборудования котельной с ЧРП на электрооборудование и на прилегающую сеть. Результат суточных измерений показал отклонение показателей качества электрической энергии, которые регламентируются ГОСТ 32144-2013.

Анализ применения ЧРП показывает негативное влияние на качество электрической энергии, а также на работу других потребителей электроэнергии. Частотные приводы являются источником высших гармоник, которые вызывают дополнительные потери в электродвигателе, приводят к их перегреву и снижению момента, вызывают сильные помехи в питающей сети, а применение компенсирующих устройств приводит к

повышению стоимости, массы и габаритов ЧРП, а также понижению КПД системы в целом [11, 12].

Так, на предприятии ОАО «Волгограднефтемаш» при мониторинге суточного потребления электрической энергии, были выявлены негативные факторы, снижающие КПД энергетической системы объекта, такие, как:

- броски тока (на 88,36%);
- наличие высших гармоник и электромагнитных помех;
- низкий коэффициент мощности ($P_F = 0,37$).

Применение устройства энергосберегающего для повышения качества электроэнергии. Исходя из проблем, выявленных в процессе мониторинга и анализа качества электрической энергии, для улучшения качества и экономии электроэнергии на объекте исследования было установлено устройство энергосбережения (УЭС) модель Minima [13].

Принцип работы УЭС основан на параллельном подключении компонентов сети между фазными проводами и общим проводом, симметрировании токов в фазах и междуфазных токов, использовании адаптивных режекторных фильтров в качестве последовательных колебательных контуров, представляющих собой последовательно соединенные конденсаторы и дроссели [14].

Применение устройства является экономически обоснованным решением, т.к. улучшение перечисленных показателей (броски тока, наличие высших гармоник и электромагнитных помех, коэффициент мощности) позволяет достичь высокой энергетической эффективности технологического оборудования [15]. В результате подключения УЭС, на объекте исследования было снижено влияние высших гармоник на электросеть на 2,2%, потребляемый ток в сети был снижен на 20,1%, потребление активной мощности снизилось на 21,25% при коэффициенте мощности (≈ 1).

Заключение.

Таким образом, применение УЭС позволило стабилизировать работу оборудования, а экономическая обоснованность его эксплуатации на производстве является предметом дальнейших исследований.

Литература

1. Анучин А.С. Системы управления электроприводов. Москва: Издательский дом МЭИ, 2015. 373 с.
2. Аракелян А.К., Афанасьев А.А. Вентильные электрические машины в системах регулируемых электроприводов. Москва: Высшая школа, 2006. 546 с.
3. Онищенко Г.Б., Юньков М.Г. Проблемы и перспективы развития электропривода // Труды VIII международной (XIX Всероссийской) конференции по автоматизированному электроприводу АЭП-2014. Саранск: Издательство Мордовского университета, 2014. Т. 1. С. 5-9.
4. Дубов Н.В., Артамонов В.Ю., Зубков П.С., Кулаев Н.А. Исследование режима пуска синхронного двигателя с постоянными магнитами мощностью 5,1 кВт с двухзвенным преобразователем частоты с управляемым выпрямителем и двухуровневым инвертором при различных типах нагрузки // Инженерный вестник Дона, 2020, №6. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n6y2020/6507.
5. Лезнов Б.С. Частотно-регулируемый электропривод насосных установок. Москва: Машиностроение, 2013. 176 с.
6. Момот Б.А. Снижение влияния частотно-регулируемого привода переменного тока на качество электрической энергии в сетях с автономным источником: автореф. дис. канд. техн. наук: 05.09.03. Санкт-Петербург, 2014. 21 с.
7. Morán Luis, Espinoza José, Ortíz Mauricio, Rodríguez José, Dixon Juan Practical Problems Associated with The Operation of ASDs Based on Active Front

End Converters in Power Distribution Systems // Conference Record of the 2004 IEEE Industry Applications Conference, 2004. 39th IAS Annual Meeting. 2004. Pp. 2568-2571.

8. Караджи В.Г., Московко Ю.Г. Вентиляционное оборудование. Технические рекомендации для проектировщиков и монтажников. Москва: АВОК-ПРЕСС, 2010. 432 с.

9. Терехов В.М., Осипов О.И. Системы управления электроприводов. Москва: Издательский центр "Академия", 2006. 304 с.

10. Bhim Singh, N. Brij Singh, Ambrish Chandra, Kamal Al-Haddad, Ashish Pandey, Dwarka P. Kothari A Review of Three-Phase Improved Power Quality AC-DC Converters // IEEE Transactions on Industrial Electronics. 2004. № 3. Pp. 641-660.

11. Жежеленко И. В. Высшие гармоники в системах электроснабжения промпредприятий. Москва: Энергоатомиздат, 2010. 375 с.

12. Saleem Naziya, Thentral T. M. Thamizh Vector Control of Active Front-End Rectifier for Electric Motors under Unbalanced Condition // International Journal of Science and Research. 2015. № 4. Pp. 1375-1379.

13. Каратыгин С.А, Бабкин Е.Е., Берестов А.Т., Самохин В.И. Патент РФ №2011125963/07, 24.06.2011. Способ энергосбережения // Патент России №2480883.2013. Бюл. №12. URL: freepatent.ru/patents/2480883.

14. Титов В.Г., Плехов А.С., Бинда К.А., Титов Д.Ю. Управление энергосберегающими полупроводниковыми преобразователями // Инженерный вестник Дона, 2013, №4. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2013/1909/.

15. Туликов А. В. Развитие законодательства в области информационного обеспечения мероприятий по энергосбережению и повышению энергетической эффективности // Инженерный вестник Дона, 2014, №1. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2012/929.

References

1. Anuchin A.S. Sistemy upravleniya elektropriwodov [Electric drive control systems]. Moskva: Izdatel'skiy dom MEI, 2015. 373 p.
2. Arakelyan A. K., Afanas'yev A. A. Ventil'nyye elektricheskiye mashiny v sistemakh reguliruyemykh elektropriwodov [Valve electric machines in regulated drive systems]. Moskva: Vysshaya shkola, 2006. 546 p.
3. Onishchenko G.B., Yunkov M.G. Trudy VIII mezhdunarodnoj (XIX Vserossiyskoj) konferencii po avtomatizirovannomu e`lektroprivodu AE`P-2014. Saransk: Izdatel'stvo Mordovskogo universiteta, 2014. T. 1. pp. 5-9.
4. Dubov N.V., Artamonov V.Yu., Zubkov P.S., Kulaev N.A. Inzhenernyj vestnik Dona, 2020, №6. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n6y2020/6507.
5. Leznov B.S. Chastotno-reguliruemyy`j e`lektropriwod nasosny`x ustanovok [Frequency-controlled electric drive of pumping units]. Moskva: Mashinostroenie, 2013. 176 p.
6. Momot B.A. Snizhenie vliyaniya chastotno-reguliruemogo privoda peremennogo toka na kachestvo e`lektricheskoy e`nergii v setyax s avtonomny`m istochnikom [Reducing the influence of a frequency-controlled AC drive on the quality of electrical energy in networks with an autonomous source]: avtoref. dis. kand. texn. nauk: 05.09.03. Sankt-Peterburg, 2014. 21 p.
7. Morán Luis, Espinoza José, Ortíz Mauricio, Rodríguez José, Dixon Juan. IEEE Industry Applications Conference, 2004. 39th IAS Annual Meeting. 2004. Pp. 2568-2571.
8. Karadzhi V.G., Moskovko Yu.G. Ventilyacionnoe oborudovanie. Texnicheskie rekomendacii dlya proektirovshhikov i montazhnikov [Ventilation equipment. Technical recommendations for designers and installers]. Moskva: AVOK-PRESS, 2010. 432 p.



9. Terekhov V.M., Osipov O.I. Sistemy` upravleniya e`lektroprivodov [Electrical drive control systems]. Moskva: Izdatel`skij centr "Akademiya", 2006. 304 s.

10. Bhim Singh, N. Brij Singh, Ambrish Chandra, Kamal Al-Haddad, Ashish Pandey, Dwarka P. Kothari. IEEE Transactions on Industrial Electronics. 2004. № 3. Pp. 641-660.

11. Zhezhelenko I. V. Vy`sshie garmoniki v sistemax e`lektrosnabzheniya prompredpriyatij [Higher harmonics in power supply systems of industrial enterprises]. Moskva: Energoatomizdat, 2010. 375 p.

12. Saleem Naziya, Thentral T. M. Thamizh. International Journal of Science and Research. 2015. № 4. Pp. 1375-1379.

13. Karatygin S.A., Babkin E.E., Berestov A.T., Samokhin V.I. Patent RF №2011125963/07, 24.06.2011. Sposob e`nergoberezheniya [Energy saving method]. Patent Rossii №2480883.2013. Byul. №12. URL: freepatent.ru/patents/2480883.

14. Titov V.G., Plekhov A.S., Binda K.A., Titov D.Yu. Inzhenernyj vestnik Dona, 2013, №4. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2013/1909/.

15. Tulikov A.V. Inzhenernyj vestnik Dona, 2014, №1. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2012/929.