

УДК 621.314

О. В. Немыкина

## СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ПОСТРОЕНИЯ СЕТИ ЭЛЕКТРОПИТАНИЯ КРАНОВ С ЧАСТОТНО-РЕГУЛИРУЕМЫМ ПРИВОДОМ

**Аннотация.** Для повышения эффективности систем питания кранов с представлен сравнительный анализ системы питания кранов на постоянном и переменном токе. Даны рекомендации по повышению электромагнитной совместимости для этих систем питания. Для новых схем питания крановых установок с частотным приводом рекомендуется более экономичная система питания с общей шиной постоянного тока.

**Ключевые слова:** система питания, постоянный и переменный ток, частотно-регулируемый привод, падение напряжения, электромагнитная совместимость

О. Nemikina

## COMPARATIVE ANALYSIS OF BUILDING THE CRANE MAINS WITH FREQUENCY VOLTAGE INDUCTION DRIVE

**Abstract.** To improve the efficiency of power systems cranes presents a comparative analysis of the power taps on direct and alternating current with CRP at modernization. Recommendations to improve the electromagnetic compatibility provided by power supply systems. For new power schemes crane systems with VFD recommended more economical power supply system with a common DC bus.

**Keywords:** power system, AC and DC, VFD, voltage drop, electromagnetic compatibility

О. В. Немикіна

## ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ ПОБУДОВИ МЕРЕЖІ ЕЛЕКТРОЖИВЛЕННЯ КРАНІВ З ЧАСТОТНО-РЕГУЛЬОВАНИМ ПРИВОДОМ

**Анотація.** Для підвищення ефективності систем живлення кранів представлено порівняльний аналіз системи живлення кранів на постійному і змінному струмі при модернізації електропривода. Дано рекомендації щодо підвищення електромагнітної сумісності для цих систем живлення. Для нових схем кранових установок з частотним приводом рекомендується більш економічна система живлення із загальною шиною постійного струму.

**Ключові слова:** система живлення, постійний і змінний струм, частотно-регульований привод, падіння напруги, електромагнітна сумісність

**Введение.** В существующей практике в основном применяется две системы питания кранов: переменного и постоянного тока. Современная тенденция повышения эффективности электроприводов кранов связана с применением частотно-регулируемого привода (ЧРП). Общим свойством системы питания в случае применения ЧРП с АИН-ШИМ является наличие выпрямителя между питающей сетью и инвертором ЧРП. Место расположения входного выпрямителя определяет род системы питания шины. Постоянный ток шины предусматривает установку выпрямителя на РУ 0,4 кВ. Переменный ток шины предусматривает установку выпрямителя непосредственно на кране. С точки зрения принципа преобразования электрической энергии для двух исполнений сети электромагнитные процессы имеют одинаковую природу. Однако конструктивное отличие выполнения сети имеет ряд особенностей при протекании электромагнитных процессов и вызывает различный подход к выбору технических решений для обеспечения электромагнитной совместимости ЧРП кранов с питающей сетью.

**Постановка задач исследования.** Провести сравнительный анализ схем питания кранов на постоянном и переменном токе и разработать рекомендации по реализации энергоэффективных технических решений.

© Немыкина О.В, 2014

**Материалы исследования.** Исследования электромагнитных процессов для двух систем питания выполнены на основе математического моделирования для режима выпрямления и рекуперации [3 – 4]. Одним из основных требований к проектированию крановых сетей является минимизация падения напряжения и коэффициента искажения в соответствии с требованиями ГОСТ 13109-97, которая определяет нормальную работу кранового оборудования. В системах питания кранов с шиной переменного тока падение напряжения в пусковых режимах крановых приводов достигает значительной величины при потреблении энергии. Суммарное значение сопротивления ( %) приводит к падению напряжения до 5 % в номинальных режимах и до 16,5 % в пусковых режимах при всех работающих кранах [5 – 6].

Для шины постоянного тока падение напряжение составляет 2 – 3 % в номинальных и до 7 % в пусковых режимах [8]. Необходимо отметить, что использование ЧРП на кране с шиной постоянного тока предусматривает напряжение шины 540 – 600 В, что приводит к снижению токовых нагрузок и соответственно потерь в шинопроводе на 30 – 40 %.

Для систем питания переменного тока реализация электромагнитной совместимости (ЭМС) решается установкой фильтров высших гармоник как наиболее дешевых и надежных. Расположение ФКУ вне крана снижает установленную мощность фильтра и массогабаритные показатели кранового оборудования.

При реализации крановых систем питания на постоянном токе вопрос ЭМС решается сравнительно просто – использованием многофазных схем [7]. В частности 12 – 18 фазные схемы выпрямителя практически решают проблему ЭМС при минимизации установленной мощности инвертора для рекуперации энергии.

Дополнительный недостаток систем переменного тока – увеличение стоимостных и массогабаритных показателей при установке выпрямителя ЧРП на кране.

Для обеспечения режима рекуперации используется 4q-S преобразователь в режиме ШИМ [9] или «прозрачный» преобразователь. При использовании 4q-S преобразователя необходимо использовать  $\sin$ -фильтр на входе [10], повысить напряжение в звене постоянного тока, что ведет к увеличению потерь в инверторе и увеличению установленной мощности оборудования. Кроме этого, алгоритм управления усложняется по сравнению с «прозрачным» преобразователем [2].

Использование прозрачного преобразователя имеет обратные преимущества по сравнению с 4q-S преобразователем в режиме ШИМ. Помимо этого в системе питания постоянного тока установленная мощность «прозрачного» преобразователя меньше на 20 – 30 % по сравнению с суммарной мощностью на переменном токе. Использование группового фильтра с «прозрачным» преобразователем имеет весомое преимущество по сравнению с индивидуальными  $\sin$ -фильтрами.

Исследовано влияние рекуперативного режима на качество электроэнергии при использовании «прозрачного» преобразователя [1]. Выявлены особенности рекуперации энергии для «прозрачного» преобразователя, влияющие на гармонический состав входного тока: максимальное значение из исследуемых гармоник при рекуперации имеют седьмая, одиннадцатая и тринадцатая гармоники. Значение коэффициента искажения напряжения также превышает нормируемые значения ГОСТ 13109-97 при рекуперации электроэнергии и находятся на уровне 7 – 18 % . Разработан алгоритм для улучшения ЭМС «прозрачного» преобразователя.

Проведенные исследования показали эффективность замены 4q-S преобразователя «прозрачным», позволяющей достичь простыми средствами высокого КПД и обеспечить ЭМС с сетью. Разработаны рекомендации по установке ФКУ вне крана, что снижает себестоимость кранового привода.

**Выводы.** Для новых схем питания крановых установок с ЧРП рекомендуется более экономичная система питания (КПД выше на 2 – 3 %) с шиной постоянного тока. При модернизации систем с шиной переменного тока рекомендуется установка «прозрачного» преобразователя, обеспечивающего

рекуперацию энергии торможения в сеть с установкой ФКУ на участках шинпровода переменного тока. Применение 4q-S преобразователя с коррекцией коэффициента мощности можно рекомендовать для мощных кранов при частичной модернизации, связанной с увеличением производительности погрузочно-разгрузочных работ.

#### Список использованной литературы

1. Кошеленко Б. Б. Влияние преобразователей частоты на качество электроэнергии при рекуперации / Б. Б. Кошеленко, О. В. Немыкина, С. Е. Фащенко // Сборник научных трудов Sworld. – Иваново МАРКОВА АД : –2013. – Вып. 4. – Т. 16. – С. 62 – 67.
2. Микитченко А. Я. Энергетическая эффективность регулирования в тиристорных и транзисторных электроприводах экскаваторов / А. Я. Микитченко, А. Н. Шевченко, Ю. А. Бирюков, П. Р. Шестаков // Горное оборудование и электромеханика. – 2008. – № 5. – С. 24 – 31.
3. Немыкина О. В. Исследования процессов в сети, питающей частотно-регулируемых приводов для крановых установок / О. В. Немыкина // *Электротехнічні та комп'ютерні системи*. – Одесса : Техника. – 2011. – Вип. 32(79). – С. 355 – 356.
4. Немыкина О. В. Энергосберегающий аспект при выборе индуктивности сети, питающий частотно-регулируемый привод / О. В. Немыкина // *Вестник Кременчугского национального политехнического ун-та*. – Кременчуг : КрНУ. – 2011. – Вип. 2/2011 (14). – С. 101 – 104.
5. Радимов С. Н. Повышение пропускной способности кранового шинпровода морского порта / С. Н. Радимов, В. Л. Беляев, А. В. Ковченко // *Вестник НТУ «ХПИ»*. – Харьков : НТУ «ХПИ». – 2010. – Вып. 28. – С. 349 – 350.
6. Радимов С. Н. Экспериментальное определение фактических электрических параметров крановых шинпроводов – информационная основа оптимизации их функционирования / С. Н. Радимов – *Вісник Одеського державного морського ун-ту*. – Одеса : ОДМУ. – 2001. – № 7. – С. 161 – 168.
7. Рогинская Л. Э. Электромагнитная совместимость полупроводниковых преобразователей с сетью при питании нагрузки с нелинейной вольтамперной характеристикой / Л. Э. Рогинская, Е. Н. Гуляев // *Вестник Чувашского ун-та*. – Чебоксары : Изд-во ЧСУ. – 2010. – № 3. – С. 244 – 251.
8. Берестов В. М. Частотно-регулируемый электропривод с резервным питанием от сети постоянного тока / В. М. Берестов, В. В. Вдовин, В. Ю. Волков, С. С. Доманов, В. А. Клан, Д. А. Котин, В. В. Панкратов // *Электроприводы переменного тока. Труды международной 15-й конференции*. – Екатеринбург : УрФУ. – 2012. – С. 43 – 46.
9. Чехет Э. М. Современные тенденции построения 4-х квадрантных преобразователей частоты для электропривода / Э. М. Чехет, В. Н.

Соболев, С. И. Полищук // *Third International Scientific and Technical Conference on Unconventional Electromechanical and Electrical Systems*. Alyshta, Ukraine, 1997, Vol. 1, pp. 47 – 50.

10. Liserre M., Blaabjerg F., and Hansen S., (2005), Design and Control of an LC-filter-based three-phase Active Rectifier, *IEEE Transactions on Industry Applications Publ*, Vol. 41, No. 5, pp. 1281 – 1291.

Получено 03.07.2014

#### References

1. Koshelenko B., Nemikina O., and Faschenko S. Vliianie preobrazovatelei chastoty na kachestvo elektroenergii pri rekuperatsii [Influence of Frequency Converters and Power Quality in Recovery], (2013), *Sbornik Nauchnykh Trudov SWorld. Publ.*, Ivanovo, Russian Federation, *MARKOVA AD*, Ukraine, Iss. 4, Vol. 16, pp.62 – 67 (In Russian).

2. Mikitchenko A., Shevchenko A., Biryukov U., and Shestakov P. Energeticheskaia effektivnost regulirovaniia v tiristornykh i tranzistornykh elektroprivodakh ekskavatorov [Energy Efficiency Regulation of Thyristor and Transistor Drives of Excavator], (2008), *Gornoe Oborudovanie i Elektromekhanika Publ*. Moscow, Russian Federation, No. 5, pp. 24 – 31 (In Russian).

3. Nemikina O. Issledovaniia protsessov v seti, pitaiushchei chastotno- reguliruemyykh privodov dlia kranovykh ustanovok [Research Operations in the Network, the Supply of Variable Frequency Drives for Crane Installations], (2011), *Elektrotekhnicheskie i Kompiuternye Sistemy Publ.*, Odessa, Ukraine, *Technical*, Vol. 32 (79), pp. 355 – 356 (In Russian).

4. Nemikina O. Energoberegaiushchii aspekt pri vybore induktivnosti seti, pitaiushchii chastotno-reguliruemyi privod [Energy saving Aspect when Choosing the Inductance Network Feed VFD], (2011), *Vestn. Kremenchugskogo Natcion. Politekh. Un-ta Publ.*, Kremenchug, Ukraine, Vol. 2/2011 (14), pp. 101 – 104 (In Russian).

5. Radimov S., Belyaev V., and Kovchenko A. Povyshenie propusknoi sposobnosti kranovogo shinoproвода морского порта [Improving the Capacity of the Crane Busbar Seaport], (2010), *Vest. NTU “KhPI” Publ.*, Kharkov, Ukraine, Vol. 28, pp. 349 – 350 (In Russian).

6. Radimov S. Eksperimentalnoe opredelenie fakticheskikh elektricheskikh parametrov kranovykh shinoprovodov – informatcionnaia osnova optimizatsii ikh funkcionirovaniia [Experimental Determination of the

Electrical Parameters of the Actual Crane Bursar – an Information Base to Optimize their Functioning], (2001), *Visn. Metro Manila Sovereign Morskogo Universitetu. Publ.*, Odessa, Ukraine, No. 7, pp. 161 – 168 (In Russian).

7. Roginskaya L.E., and Gulyayev Ye.N. Elektromagnitnaya sovместimost poluprovodnikovyykh preobrazovateley s setyu pri pitanii nagruzki s nelineynoy voltampernoy kharakteristikoy [Ectromagnetic Compatibility of Semiconductor Converters of the Network when the Load is fed with a Nonlinear Current-Voltage Characteristic], (2010), *Vest. Chuvashskogo Universiteta Publ.*, Cheboksary, Russian Federation, No. 3, pp. 244 – 251 (In Russian).

8. Berestov V.M., Vdovin V.V., Volkov V.Yu., Domanov S.S., Klan V.A., Kotin D.A., and Pankratov V.V. Chastotno-reguliruyemyy elektroprivod s rezervnym pitaniyem ot seti postoyannogo toka [Variable Frequency Drive with Backup Power from DC] (2012) *Elektroprivody Peremennogo Toka: Trudy Mezhdunarodnoy 15-y Konferentsii Publ.*, Yekaterinburg, Russian Federation, pp. 43 – 46 (In Russian).

9. Chehet E., Sobolev V., and Polishchuk S. Sovremennye tendentsii postroeniia 4-kh kvadrantnykh preobrazovatelei chastoty dlia elektroprivoda [Modern Trends Constructing 4-quadrant Converters for Electric], (1997), *Third International Scientific and Technical Conference on Unconventional Electromechanical and Electrical Systems Publ.*, Alyshta, Ukraine, Vol. 1, pp. 47 – 50 (In Russian).

10. Liserre M., Blaabjerg F., and Hansen S. (2005), Design and Control of an LC-filter-based three-Phase Active Rectifier *IEEE Transactions on Industry Applications Publ.*, Vol. 41, No. 5, pp. 1281 – 1291.

Немыкина Ольга  
Владимировна,  
ассистент, каф.  
электроснабжения  
промышленных предприятий  
Запорожского нац. технического  
ун-та. 69059 г. Запорожье ул.  
Жуковского 64,  
Тел.: (061)7698-280.  
E-mail: olganemikina@mail.ru