

ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИЙ АСПЕКТ ПРИ ВЫБОРЕ ИНДУКТИВНОСТИ СЕТИ, ПИТАЮЩЕЙ ЧАСТОТНО-РЕГУЛИРУЕМЫЙ ПРИВОД

О. В. Немыкина, асс.

Запорожский национальный технический университет

ул. Жуковского, 64, 691063, г. Запорожье, Украина

E-mail: olganemikina@mail.ru

Рассматривается энергосберегающий аспект использования входного дросселя с различной индуктивностью при модернизации двигателей с системой релейно-контакторного управления на частотное. Показано влияние индуктивного сопротивления дросселя на потери электроэнергии в питающей сети.

Ключевые слова: рекуперативный выпрямитель, энергосбережение, добавочные потери.

Введение. При модернизации электропривода порталного крана «Сокол» с приводом его на частотное регулирование было принято решения о частотном управлении двигателями по схеме двухзвенного преобразователя частоты.

Применение частотно-регулируемых приводов позволяет снизить динамические нагрузки на металлоконструкции кранов и кинематические звенья, а следовательно, уменьшить степень аварийности и тем самым сократить затраты на ремонт и обслуживание, а кроме того, уменьшить потери электроэнергии в питающей сети. Для обеспечения коэффициента искажения синусоидальной кривой напряжения в сети 0.38 кВ меньше 8 % на входе преобразователя частоты необходимо ставить дроссель с индуктивностью 6.6 % $U_{кз}$ и более, приведенного к мощности преобразователя частоты ($S_{пч}$) при работе двигателей в основном (выпрямительном) режиме [1].

Анализ предыдущих исследований. Известные ранее работы не в полной мере отображают сравнительную оценку потерь электроэнергии в питающей сети до модернизации порталного крана «Сокол» и после модернизации на частотно-регулируемый привод (ЧРП) с общим рекуперативным выпрямителем в зависимости от входной индуктивности, которая варьировалась в диапазоне 6.6 % $U_{кз}$ – 13,3 $U_{кз}$ ($S_{пч}$) [2].

Цель работы. В работе рассмотрено влияние входной индуктивности из диапазона 6.6% $U_{кз}$ – 13,3 $U_{кз}$ на потери электроэнергии в питающей сети при использовании ЧРП.

Материал и результаты исследования. Входное звено преобразователя частоты выполнено с общим рекуперативным выпрямителем на n модернизированных двигателях, запитанных от n АИН-ШИМ. Установка общего рекуперативного выпрямителя значительно дешевле по сравнению с индивидуальными выпрямителями. Рекуперативный выпрямитель, работающий в 4-х квадрантах механической характеристики, выполнен по трехфазной мостовой схеме. Управление IGBT транзисторами входного преобразователя осуществляется соответствующими диодами, и обмен энергией происходит от разности напряжения источника питания и напряжения на емкости фильт-

ра в звене выпрямления. Данный рекуперативный выпрямитель получил название «прозрачного».

Максимальный эффект энергосбережения возможен путем обеспечения электроэнергией порталных кранов за счет применения модернизируемого частотно-регулируемого привода, позволяющего значительно уменьшить потребление тока в пуско-тормозных режимах по сравнению с использованием двигателей с фазным ротором и системой релейно-контакторного управления. Циклограмма работы крана с использованием модернизированных приводов приведена на рис. 1.

Сеть, питающая группу порталных кранов, состоит из КТП с трансформатором ТМ-1600/10, кабельной линии АБ 6(3x120+1x50) и шинпровода ШМА4-2500. Использование в качестве целевой функции критерия минимальных потерь электроэнергии в питающей сети позволяет дать рекомендации по выбору оптимальной индуктивности из ряда возможных в выпрямительном режиме для обеспечения коэффициента искажения синусоидальности кривой напряжения $\leq 8\%$. Для численного анализа электромагнитных процессов «питающая сеть – рекуперативный выпрямитель» была создана математическая модель в программном пакете Matlab/Simulink, которая представлена на рис. 2 [3].

При моделировании использовались следующие допущения:

- источник питания представлен системой синусоидальных симметричных напряжений;
- сопротивление питающей сети фазы А, В, С идентичны и равны между собой;
- активное сопротивление дросселя не учитывается;
- нелинейные вольтамперные характеристики IGBT транзисторов, диодов аппроксимированы методом кусочно-линейной аппроксимации;
- n АИН-ШИМ и n соответственно модернизированных двигателей заменены источником тока, работающем в режиме потребления (выпрямительный режим) или в режиме генерации (режим рекуперативного торможения).

Управление IGBT транзисторами осуществляется от f_{cp} функции. Шаг дискретизации модели $5 \cdot 10^{-6}$ секунд. На входе «прозрачного» преобразователя установлен входной дроссель индуктивно-

стью (6.6 % – 13.3 %) U_{Σ} . Ток и напряжение питающей сети регистрируются в фазе А и выводятся на осциллограф, рис. 3, 4. За последний период (после окончания переходного процесса) i_A , u_A раскладываются в ряд Фурье (FFT-анализ).

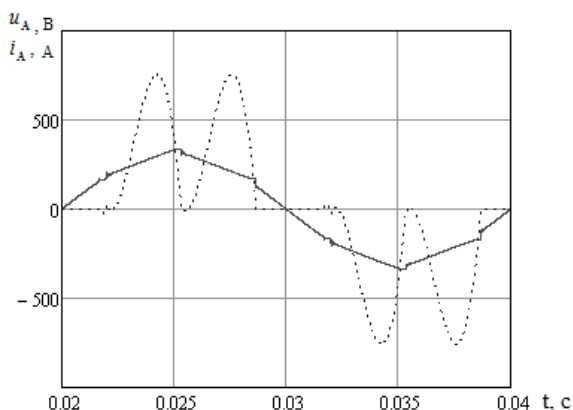


Рисунок 3 – Ток и напряжение питающей сети фазы А при номинальном токе в выпрямительном режиме

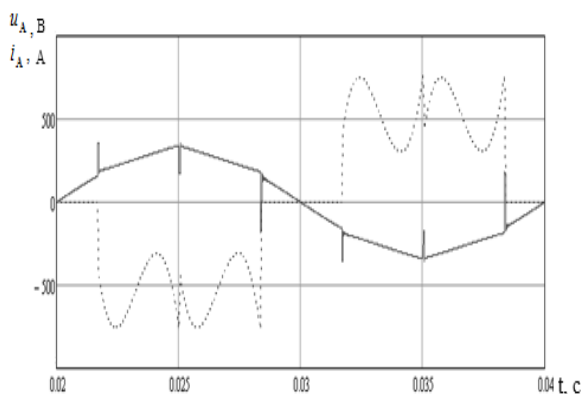


Рисунок 4 – Ток и напряжение питающей сети фазы А при номинальном токе в режиме рекуперативного торможения

Определение мощностей как основной частоты, так и высших гармоник основывается на предварительном вычислении среднеквадратичных значений тока и напряжений n -ой гармонической составляющей. Приборы установлены перед входным дросселем.

Потери активной энергии в сети, питающей частотно-регулируемый привод:

$$\Delta W_A = \Delta W_{A1} + \Delta W_{A\text{ДЮБ}} = 3\Delta P_1 \cdot \tau_m + 3(\Delta P_5 + \dots + \Delta P_n) \cdot \tau_m, \quad (1)$$

где ΔW_{A1} – потери активной энергии на основной (первой) гармонике, $\Delta W_{A\text{ДЮБ}}$ – добавочные потери активной энергии от высших гармонических, $\Delta P_n = I_n^2 \cdot R_\Sigma \cdot \sqrt{n}$ – потери активной мощности для n -

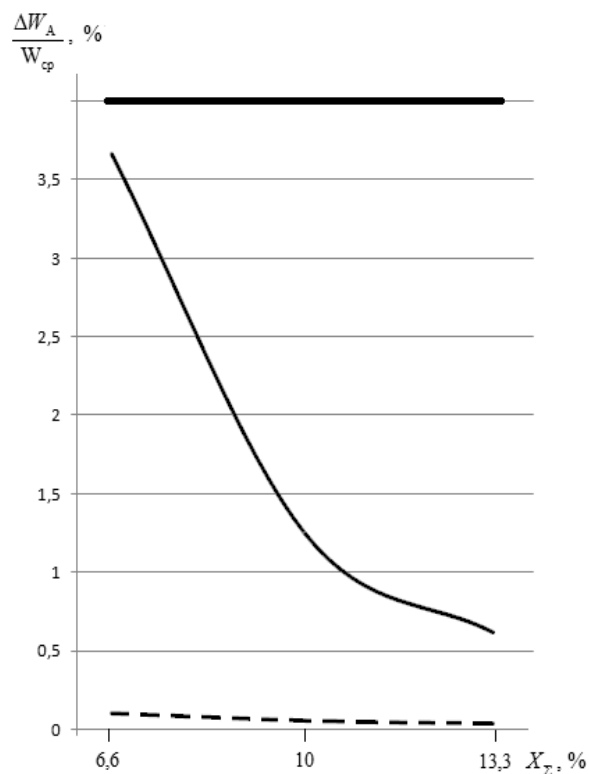
ой гармоники, I_n – действующее значение тока n -ой гармоники, $n=1, 5, 7, 11, 13$ и т.д. R_Σ – суммарное активное сопротивление питающей сети, n – номер гармоники (порядок последней учитываемой гармоники – 19), τ_m – время использования максимальных потерь.

Относительные потери активной электроэнергии

$$\Delta W_A \% = \frac{\Delta W_A}{W_{cp}}, \quad (2)$$

где ΔW_A – потери активной электроэнергии в питающей сети; W_{cp} – средняя потребляемая активная электроэнергия.

Зависимость потерь электроэнергии в питающей сети при частотном управлении двигателями и системой релейно-контакторного управления представлена на рис. 5.

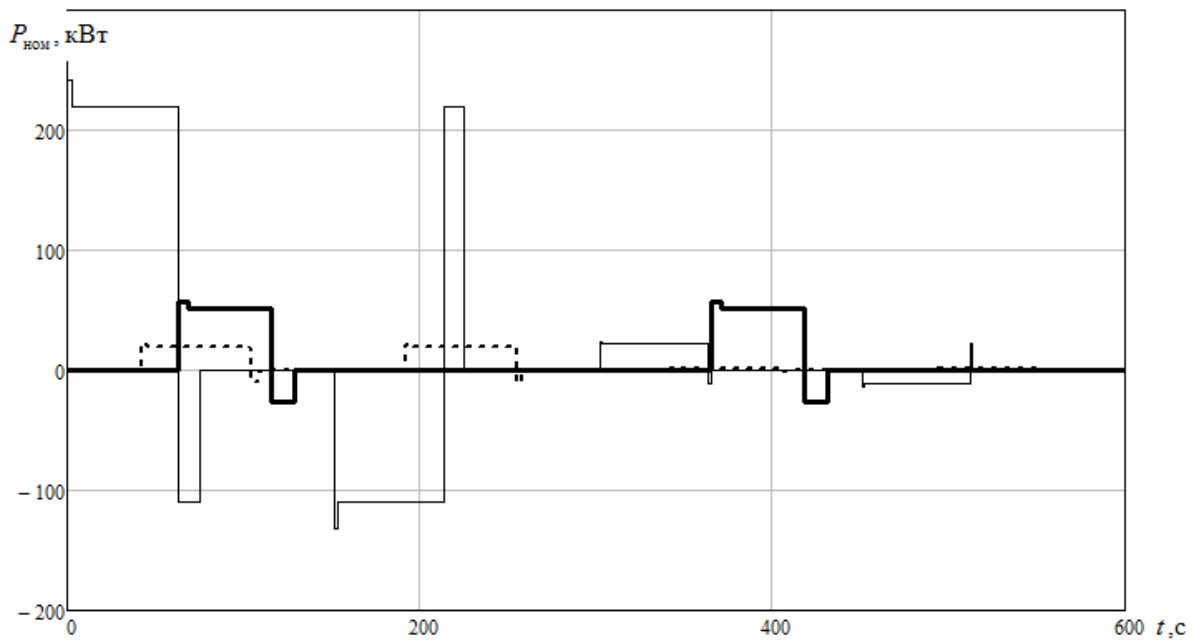


— — — — — суммарные потери активной энергии при релейно-контакторном управлении

- - - - - потери активной энергии на основной гармонике

— — — — — добавочные потери активной энергии от высших гармоник

Рисунок 5 – Зависимость потерь активной электроэнергии в питающей сети в процентном соотношении от средней потребляемой электроэнергии



- — циклограмма работы двигателя подъема
- - - — циклограмма работы двигателя вылета стрелы
- — — циклограмма работы двигателя поворота

Рисунок 1 – Циклограмма крана с использованием модернизированных приводов портального крана

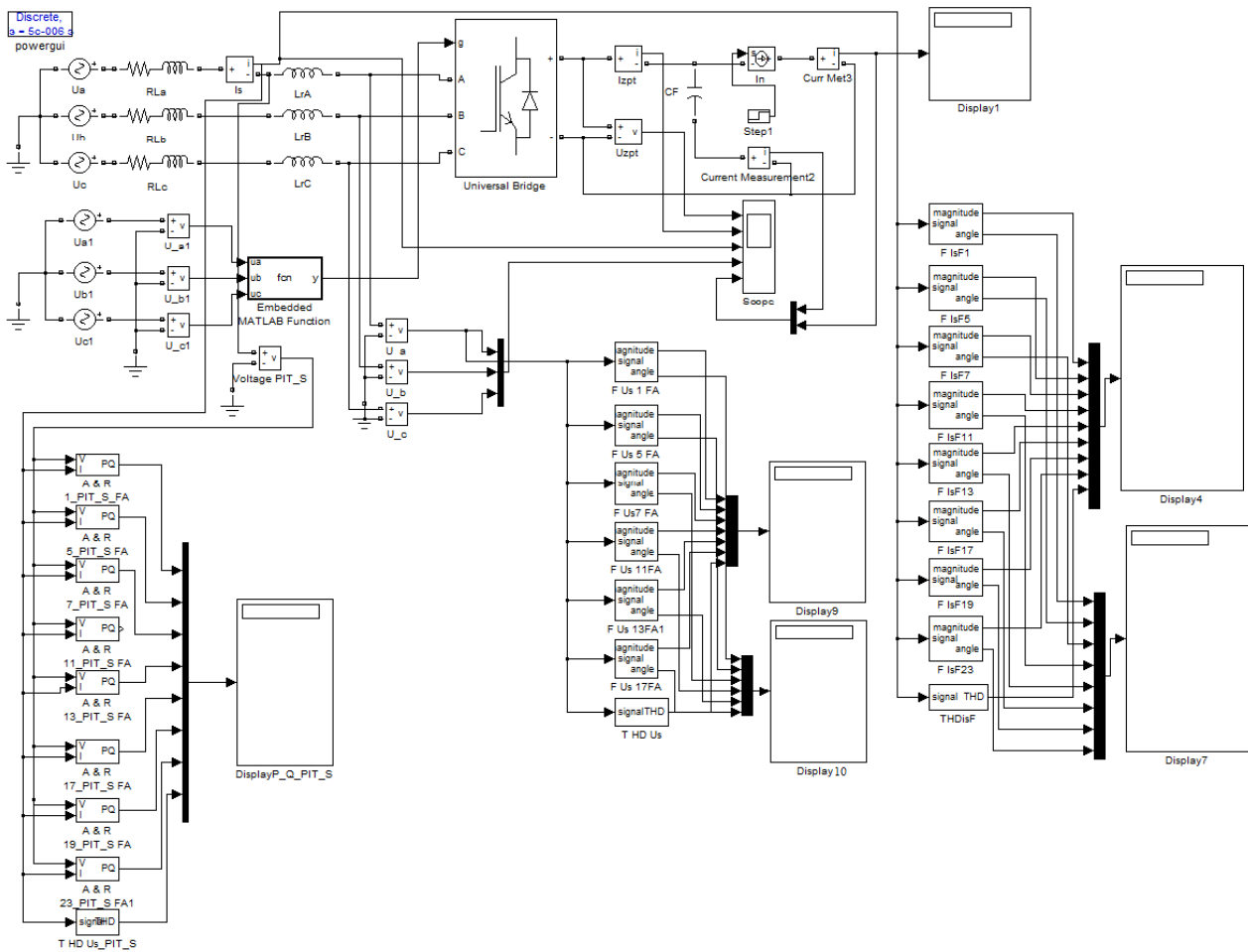


Рисунок 2 – Модель в среде Matlab/Simulink

Выводы. Применение частотно-регулируемого привода позволило уменьшить потери на основной гармонике в питающей сети по сравнению с применением двигателей с системой релейно-контакторного управления. Использование дросселя с максимально возможным индуктивным сопротивлением $13.3\% U_{кз}$ позволило значительно уменьшить добавочные потери и тем самым сократить общие потери в питающей сети на 2–3 % по сравнению с применением двигателей с системой релейно-контакторного управления.

ЛИТЕРАТУРА

1. ГОСТ 13109-97. Межгосударственный стандарт. Электрическая энергия. Электромагнитная совместимость технических средств. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения. – Введ. в Украине с 01.01.2000.

2. Радимов С.Н., Аниченко К.А. Потенциал энергосбережения электроприводов портовых грузоподъемных машин // «Електротехнічні та комп'ютерні системи». – №2. – 2006. – Одесса: ОНПУ. – С. 87–88.

3. Андриенко П.Д., Клишко А.Н., Шрам А.А., Немыкина О.В. Разработка модели выпрямителя с рекуперацией для группового питания электропривода // Проблемы автоматизированного электропривода. Теория и практика: Вестник Национального технического университета «ХПИ», Тематический выпуск 28'2010. – Харьков: НТУ «ХПИ». – 2010. – С. 438–439.

Стаття надійшла 06.06.2011 р.
Рекомендовано до друку к.т.н., доц.
Каліновим А.П.

ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧИЙ АСПЕКТ ПРИ ВИБОРІ ІНДУКТИВНОСТІ МЕРЕЖІ, ЩО ЖИВИТЬ ЧАСТОТНО-РЕГУЛЮЮЧИЙ ПРИВОД

О. В. Немыкина, ас.

*Запорізький національний технічний університет
вул. Жуковського, 64, 691063, м. Запоріжжя, Україна
E-mail: olganemikina@mail.ru*

Розглядається енергозберігаючий аспект використання вхідного дроселя з різними індуктивностями при модернізації двигунів з системою релейно-контакторного керування на частотне. Показаний вплив індуктивного опору дроселя на втрати електроенергії в живлячій мережі.

Ключові слова: рекуперативний випрямляч, енергозбереження, додаткові втрати.

ENERGY PRINCIPLE TO CHOOSE THE INDUCTANCE NETWORK FOR VARIABLE FREQUENCY DRIVE

О. Nemykina, ass.

*Zaporizhzhya National Technical University
vul. Zhukovskoho, 64, 691063, Zaporizhzhya, Ukraine
E-mail: olganemikina@mail.ru*

We consider the energy saving aspect of using the throttle input with varying inductance when upgrading engines with relay-contact control frequency. Shows the effect of inductive resistance choke on losses in energy supply network.

Key words: regenerative rectifier, energy conservation, incremental losses.