

УДК 621.319.4

Л. В. Вишневский, д-р техн. наук

ДИНАМИЧЕСКАЯ КОМПЕНСАЦИЯ РЕАКТИВНОЙ ЭНЕРГИИ СУДОВОЙ ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ

Аннотация. Рассмотрена проблема компенсации реактивной энергии судовой электростанции. Соизмеримость мощностей судовых потребителей электроэнергии и генераторов не позволяет эффективно использовать промышленные компенсирующие установки. Проблему можно решить, используя системы с динамической компенсацией реактивной энергии.

Ключевые слова: реактивная энергия, динамическая компенсация, конденсаторы, потребители электроэнергии, пусковой ток, электрическая сеть, переходные режимы

L. Vyshnevsky I., ScD.

DYNAMIC REACTIVE POWER COMPENSATION OF SHIP POWER

Abstract. The problem of reactive power compensation of the ship's power plant. Comparable capacity ship electricity consumers and generators can not effectively use industrial compensating system. Problem can be solved using a system with dynamic reactive power compensation.

Keywords: reactive energy, dynamic compensation, capacitors, electricity consumers, inrush current, electric network, transients

Л. В. Вишневський, д-р техн наук

ДИНАМІЧНА КОМПЕНСАЦІЯ РЕАКТИВНІЙ ЕНЕРГІЇ СУДОВОЇ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЇ

Анотація. Розглянуто проблему компенсації реактивної енергії суднової електростанції. Сумірність потужностей суднових споживачів електроенергії і генераторів не дозволяє ефективно використовувати промислові компенсуючі установки. Проблему можна вирішити, використовуючи системи з динамічною компенсацією реактивної енергії.

Ключові слова: реактивна енергія, динамічна компенсація, конденсатори, споживачі електроенергії, пусковий струм, електрична мережа, перехідні режими

Введение. Рациональное использование энергетических возможностей судовой силовой установки позволяет существенно повысить технико-экономическую эффективность эксплуатации судна [1 – 2]. Одним из путей снижения потерь электроэнергии на судне является совершенствование распределения энергетических потоков, в частности, компенсация реактивной энергии судовых потребителей.

В настоящее время на современных судах устанавливаются блоки конденсаторных батарей для компенсации индуктивной нагрузки судовых потребителей рис. 1 [3 – 4]. Устранение генерирования и передачи реактивной энергии на большие расстояния существенно снижает тепловые потери мощности в линиях электропередач и кабельных трассах, снижает необходимую установленную мощность и номинальный ток генераторов [5]. Так, полный ток электростанции при компенсации реактивной энергии потребителей можно снизить примерно в полтора раза, рис. 2.

До настоящего времени нерешенной остается проблема компенсации реактивной энергии при резко переменных нагрузках и пусках приводов соизмеримой мощности.

Основная часть. Существующие технические решения обеспечивают компенсацию среднего значения реактивной мощности, при этом быстрые переходные процессы в энергетической системе не учитываются. В то же время, работа судовой энергетичес-

кой установки характеризуется в основном переменными режимами с частыми пусками приводов судовых механизмов.

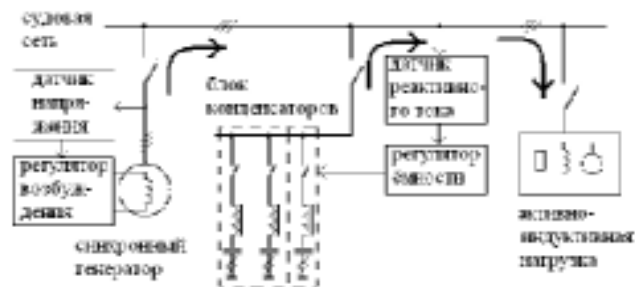


Рис. 1. Параллельное генерирование реактивной энергии судовой электростанцией и конденсаторным компенсирующим устройством

Работа электроприводов во время их пуска и в резко переменных режимах характеризуется значительным потреблением реактивной мощности, которое в некоторых случаях превышает потребление активной мощности [5 – 6]. В этом режиме за время разгона электродвигателя потребляются пусковые токи в 5 ... 7 раз превышающие номинальный ток двигателя. Из-за этого в автономной электрической сети, не рассчитанной на такие кратковременные большие токи, возникает значительный провал напряжения. Такой перепад напряжения может создавать проблемы для других нагрузок сети и может, не запустится сам двигатель. Это приводит к снижению запаса устойчивости электростанции.

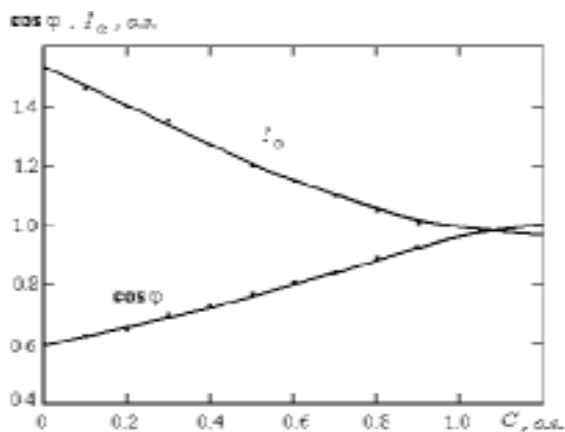


Рис. 2. Зависимость полного тока и коэффициента мощности от ёмкости компенсирующих конденсаторов

К техническим средствам компенсации реактивной мощности относятся следующие виды компенсирующих устройств: конденсаторные батареи, синхронные двигатели и компенсаторы, вентильные статические источники реактивной мощности.

В настоящее время наиболее распространенными устройствами статической компенсации реактивной мощности в распределительных сетях промышленного электроснабжения являются автоматизированные конденсаторные установки с управлением ступенями конденсаторных батарей с помощью специальных электромеханических контакторов [7 – 9].

Широкое применение конденсаторов для компенсации реактивной мощности объясняется их значительными преимуществами по сравнению с другими видами компенсирующих установок: незначительные удельные потери активной мощности до 0,005 кВт/кВАр, отсутствие вращающихся частей, простота монтажа и эксплуатации, относительно невысокая стоимость, малая масса, отсутствие шума во время работы, возможность установки около отдельных групп потребителей. Недостатки конденсаторных батарей: пожароопасность, наличие остаточного заряда, повышающего опасность при обслуживании; чувствительность к перенапряжениям и броскам тока; возможность только ступенчатого, а не плавного регулирования мощности.

Задержка переключения ступеней в среднем на 60 с и более, обусловленная требованиями стандарта IEC 831 к уровню напряжения разряда конденсаторов перед повторным включением (10 %) и установлением колебаний реактивной мощности в компенсируемой сети, ограничивает применение данных конденсаторных установок для технологического оборудования с квазистационарным режимом работы.

Ведущими производителями в области компенсации коэффициента мощности являются фирмы BELUK и EPCOS [7 – 9].

Одной из эффективных мер повышения стабильности напряжения во время переходных режимов в электроустановках является быстродействующая динамическая компенсация реактивной мощности [5; 6; 10], рис.3.

При динамическом управлении конденсаторной компенсирующей установкой коммутация конденсаторов осуществляется в каждый период переменного тока. Для этого реактивная мощность потребителей сети вычисляется в течение одного периода переменного тока, и переключение конденсаторов выполняется с частотой сети.

Примером использования динамической компенсации реактивной мощности в реальном времени может служить разработка фирмы EQUALIZER, предназначенная для запуска мощных асинхронных двигателей, рис. 3. При прямом пуске без компенсации запуск двигателя создает большие реактивные токи в начальный период пуска, что вызывает сильный провал напряжения в сети, рис. 3, а [10].

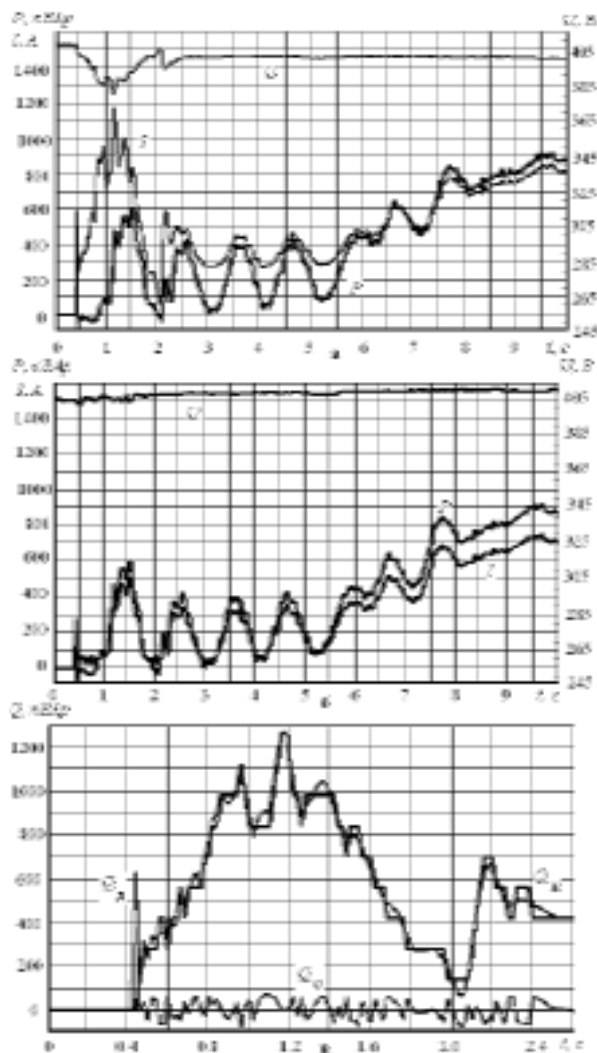


Рис. 3. Компенсации реактивного потребления энергии при пуске асинхронной машины: а – пуск без компенсации; б и в – пуск с компенсацией

Динамическая система коррекции коэффициента мощности с помощью электронных ключей переключает блоки конденсаторов в каждый период сети во время переходного процесса. Она содержит независимую систему измерений реактивной мощности сети, поэтому способна быстро реагировать в каждый период на изменения нагрузки. Полная компенсация

реактивной мощности занимает только период сети – от 5 до 20 мс при частоте 50 Гц. Это позволяет значительно снизить реактивные нагрузки при пуске мощного асинхронного двигателя, эффективно минимизировать пиковый ток и снизить динамический провал напряжения в сети, рис. 3, б и рис. 3, в.

Судовая электростанция, в которой устанавливается компенсатор реактивной мощности, содержит и несколько других регулируемых источников активной и реактивной электроэнергии – это синхронные генераторы, рис. 1.

Вспомогательные дизель-генераторы судовой электростанции также могут вырабатывать реактивную энергию, необходимую для потребителей. Очевидно, что в этой ситуации необходимо координированное управление параметрами реактивной энергии от различных источников.

Выводы

1. Динамическая компенсация реактивной мощности позволяет существенно улучшить пусковые характеристики электроприводов соизмеримой мощности.

2. Поиск законов управления реактивным током в энергетической установке, содержащей генераторы и конденсаторы, должен производиться с учетом из взаимного влияния и взаимодействия.

Список использованной литературы

1. Баранов А. П. Судовые автоматизированные электроэнергетические системы / А. П. Баранов. – М. : Транспорт, 1988. – 328 с

2. Правила технической эксплуатации морских и речных судов // Нормативные документы морского транспорта Украины. – Одесса, – 2000. – Т. 2. – 405 с.

3. Вишневецкий Л. В. Системы управления асинхронными генераторными комплексами / Л. В. Вишневецкий, А. Е. Пасс. – К. : Лыбидь, 1990. – 68 с.

4. Статические компенсаторы для регулирования реактивной мощности : под ред. Р. Матура. – М. : Энергоатомиздат, 1987. – 160 с.

5. Бурбело М. Й. Компенсація реактивної потужності асинхронних двигунів в різкозмінних режимах навантаження / М. Й. Бурбело, А. В. Гадай // Вісник Вінницького політехнічного інституту. – 2008. – № 1. – С. 65 – 68.

6. Demenko A., and Nowak L., (1990), Numerical Calculation of eddy-currents in Hollow conductors of Electrical Machine Winding, *Proceedings of 4-th International IGTE Symposium and European TEAM Workshop*, pp. 64 – 70.

7. HomeCap Capacitors for Power Factor Correction (In English), available at : <http://www.epcos.com/pfc> (accessed 2014).

8. Jungwirth P., (2005), Power Factor Correction on Site, *EPCOS COMPONENTS*, No.4.

9. Static Contactor for Rapid Switching of Capacitors in Low Voltage Grids. (In English), available at: <http://www.processtechnique.com> (accessed 2011).

10. EQUALIZER ST. Динамическая система компенсации реактивной мощности [Электронный ресурс]. – Режим доступа http://elspec.su/equalizer_st. – Дата доступа (2014).

Получено 13.07.2014

References

1. Baranov A.P. Sudovie avtomatizirovannye elektroenergeticheskie sistemi [Ship Automated Power Systems], (1988), Moscow, Russian Federation, *Transport*, 328 p. (In Russian).

2. Pravila tehnichej ekspluataciji morskih i rechnih sudov [Rules of Technical Operation of Marine and River Vessels], (2000), *Regulations maritime Ukraine*, Odessa, Ukraine, Vol. 2, 405 p. (In Russian).

3. Vyshnievsky L.V., and Pass A.E. Sistemi upravlenija asinhronnimi generatormimi kompleksami [Control System Asynchronous Generator Complexes], (1990), Kiev, Ukraine, *Libid*, 68 p. (In Russian).

4. Matura R. Statischej kompensatori dlj regulirovanija reaktivnoj moshnosti [Static Compensators for Reactive Power Control], (1987), ed. R. Matura, Moscow, Russian Federation, *Energoatomizdat*, 160 p (In Russian).

5. Burbelo M.I., and Gadaj A.V. Kompensacija reaktivnoj potuzhnosti asinhronnih dviguniv v rizko zminnih rezhimah navantazhenia [Compensation of Reactive Power Induction Motors in Variable Load Mode], (2008), *Vesnik Vinnickogo Politehnicnogo Institutu*, No. 1, pp. 65 – 68 [In Ukrainian].

6. Demenko A., and Nowak L., (1990), Numerical Calculation of eddy-currents in Hollow conductors of Electrical Machine Winding, *Proceedings of 4-th International IGTE Symposium and European TEAM Workshop*, pp. 64 – 70 (In English).

7. HomeCap Capacitors for Power Factor Correction (In English), available at: // <http://www.epcos.com/pfc>. - (accessed 2014).

8. Jungwirth P. (2005). Power Factor Correction on site. *EPCOS COMPONENTS*, No. 4 (In English).

9. Static Contactor for Rapid Switching of Capacitors in Low Voltage Grids (In English), available at: <http://www.processtechnique.com>, (accessed 2011) (In English).

10. EQUALIZER ST. Dinamicheskie sistemi kompensacii reaktivnoj [Dynamic Reactive Power Compensation System], (in Russian), available at: http://elspec.su/equalizer_st. (accessed 2014).



Вишневецкий
Леонид Викторович,
д-р техн. наук, проф., зав. каф.
автоматизации судовых паросиловых установок Одесской
нац. морской академии.
(65029, г. Одесса, ул. Дидрихсона, 8).
Тел.+380635632238.
E-mail: leovish@rambler.ru