



УДК 621.314

В.П. Епифанов, к.т.н., доцент ФГБОУ ВО «ВГУВТ»,
Ю.С. Малышев к.т.н., доцент ФГБОУ ВО «ВГУВТ»
г. Нижний Новгород, ул. Нестерова, 5А

ОБЕСПЕЧЕНИЕ УСТОЙЧИВОСТИ СУДОВОЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ.

Ключевые слова: замена одного двигателя на два с общим валом, системы формирования управления с высокими экономическими показателями.

Предложены способы повышения устойчивости судовой энергетической системы путем снижения пусковых токов асинхронного двигателя за счет использования двух двигателей на общем механическом валу с переключением соединений обмоток двигателей во время пуска и использования фазового управления уровнем емкостной мощности. Приведены схемы соединения обмоток и характеристики двигателей во время пуска.

Существующие системы пуска электропривода переменного тока в основном используют следующие способы пуска: реостатный (имеет высокие потери на реостатах), со звезды на треугольник (имеет сравнительно высокие броски тока так как всего две ступени пускового режима) и прямой (связан с возникновением больших пусковых токов, равных (4-7) $I_{ном}$, которые приводят к большим провалам напряжения в сети т.к. подключение двигателя осуществляется к сети с напряжением, равным номинальному напряжению электродвигателя) [1-3]. Перечисленные способы являются наиболее распространенными, однако связаны с повышенным потреблением электрической энергии и значительными эксплуатационными затратами. Поэтому возникает задача, позволяющая уменьшить пусковой ток и обеспечить технологический процесс при более высоких экономических показателях. Указанная цель может быть достигнута созданием электропривода, в котором используется не один двигатель, а два, ротора, которых механически связаны, а их суммарная мощность равна мощности исходного двигателя. В момент пуска обмотки двигателей соединяются последовательно и с увеличением угловой скорости переключаются на номинальное напряжение.

Энергетическая система на судах характеризуются: отсутствием системы достаточной мощности, наличием коротких линий и большими скоростями протекания электромагнитных переходных процессов, а так же соизмеримостью мощностей генераторов и электроприводов [4]. При нормальном напряжении на выводах ГРЩ значение максимальной мощности асинхронных двигателей примерно вдвое превышает номинальную мощность. С уменьшением напряжения питания момент двигателя падает по квадратичной зависимости и при напряжении менее 30 % двигатель опрокидывается. Зная зависимость $I_{ном} = f(t)$, можно судить о возможности сохранения устойчивости энергосистемы при больших возмущающих воздействиях, которые возникают в момент включения асинхронных двигателей. Для обеспечения устойчивости судовой энергетической системы, необходимо решить следующие основные задачи: контроль пускового тока, напряжения, возможность группового пуска АД.

Согласно техническим данным при уменьшении напряжения в сети момент АД уменьшается, а поэтому скорость уменьшается, а ток растет. Полный ток синхронного генератора равен

$$I \approx \frac{e'_d - \cos(\psi - \varphi)}{x'_d \cdot \sin \psi} \quad (1)$$

где e'_d – начальное значение переходной э.д.с. генератора по продольной оси;
 ψ – угол между э.д.с. перед пуском АД и током нагрузки;
 φ – угол между напряжением и током нагрузки;
 x'_d – переходное реактивное сопротивление генератора по продольной оси.

Значение внутренней э.д.с. синхронного генератора определяется из выражения

$$e'_d \approx I \cdot [r_2 \cos \psi + (x_B - x_s)] \sin \psi \quad (2)$$

где r_2 – суммарное активное сопротивление цепи генератора и нагрузки;
 $x_B + x_s$ – реактивное сопротивление рассеяния статора и нагрузки

Остаточное напряжение ΔU на ГРЩ можно определить из выражения $\Delta U = I \cdot Z$, поэтому для обеспечения устойчивости судовой энергетической системы, необходимо решать основные задачи: уменьшение пускового тока и увеличения полного сопротивления электрической цепи.

Из выше изложенного следует, что необходимо разработать алгоритм управления, который позволяет во время пуска АД развивать вращающий момент, необходимый для преодоления момента сопротивления механизма и для создания определенной кинетической энергии вращающихся масс агрегата, учитывая, что при этом двигатель потребляет значительно большее количество энергии, чем в нормальном режиме, что сопровождается увеличением пускового тока. Необходимо отметить, что в процессе пуска асинхронные двигатели потребляют преимущественно реактивную энергию. Поэтому следует контролировать мощность компенсации, которую необходимо генерировать в сеть. Уровень генерируемой реактивной мощности емкостного характера требует непрерывной коррекции коэффициента мощности.

Для повышения устойчивости судовой энергетической системы предлагаем следующие способы:

1. Использовать при большой мощности агрегата не один, а два двигателя на общем механическом валу, но при суммарной мощности равной мощности исходного агрегата.

На рис. №1 приведены схемы соединения обмоток двигателей M1 и M2 в момент пуска.

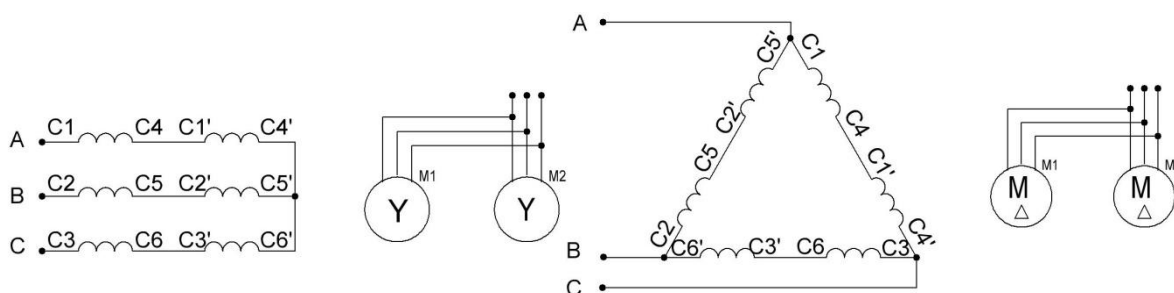


Рис. 1. Схемы соединения обмоток двигателей M1 и M2 в момент пуска

На рис. 2 и 3 показаны механические и электромеханические характеристики двигателей при последовательном и параллельном включении обмоток двигателя и переключении со звезды на треугольник, что отвечает требованиям изменения напряжения синхронного генератора при внезапно приложенной нагрузке от начального мгновенного значения до первого восстановления напряжением номинального значения. В этом случае обеспечивается плавный пуск за счет включения двигателей

последовательно в сеть и последующим переключением их схем соединения с увеличением скорости вращения. Пусковой ток при этом изменяется в пределах $2 \cdot I_{\text{ном}}$, вместо $7 \cdot I_{\text{ном}}$ за время в два раза меньшее времени прямого пуска одного двигателя и как следствие уменьшается провал напряжения на шинах ГРЩ, а электропривод потребляет меньше электроэнергии по сравнению с реостатными способами пуска.

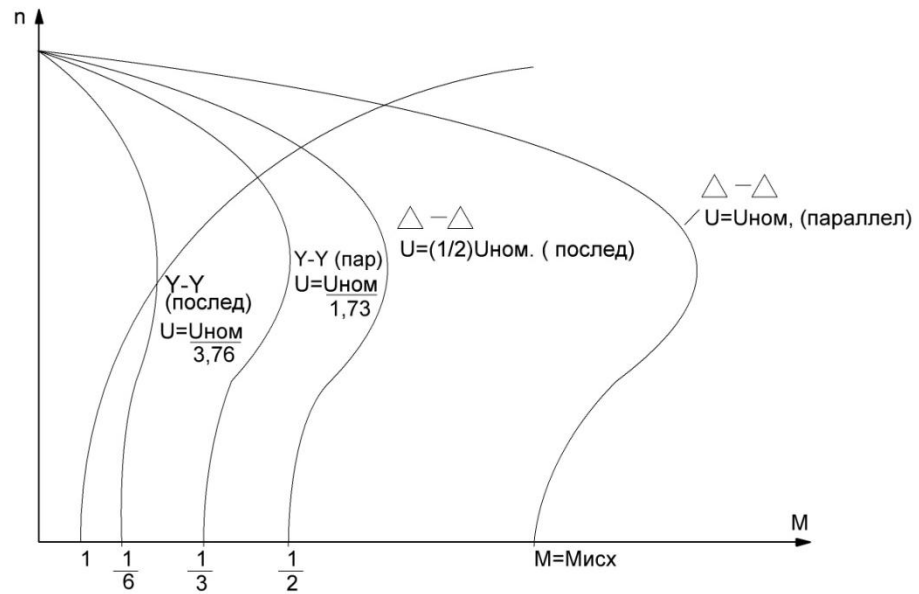


Рис. 2. Механические характеристики двигателей

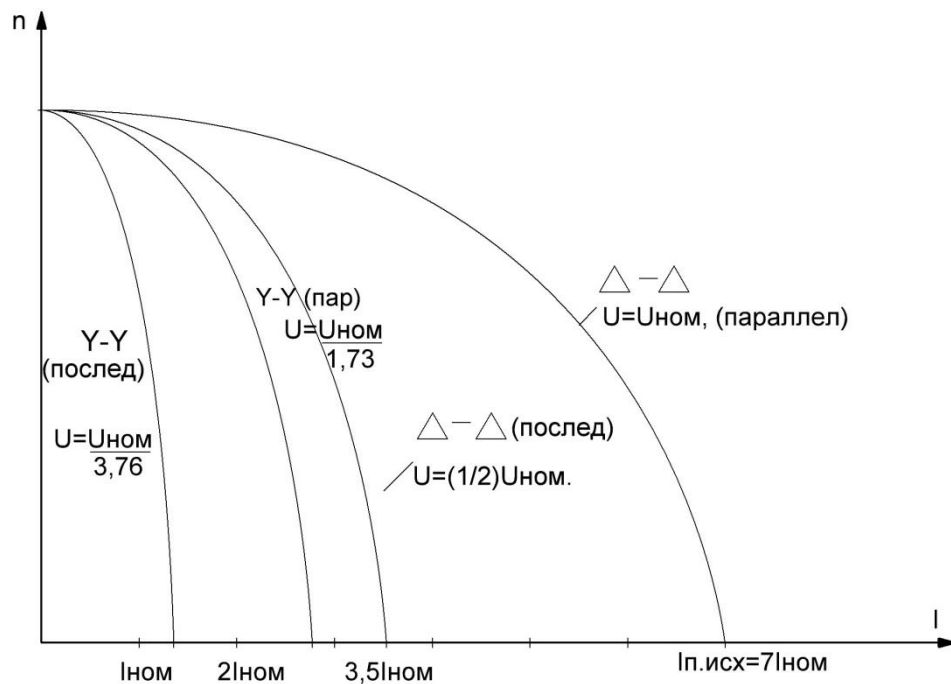


Рис. 3. Электромеханические характеристики двигателей

2. Использовать фазовое управление уровнем емкостной мощности.

При использовании второго способа, необходимо использовать автоматическое управление реактивной мощностью, генерируемой в судовую сеть в зависимости от коэффициента мощности или в зависимости от изменения угла φ , показанного на

векторной диаграмме рис. 4. Это позволит значительно уменьшить реактивный ток и провал напряжения на шинах ГРЩ.

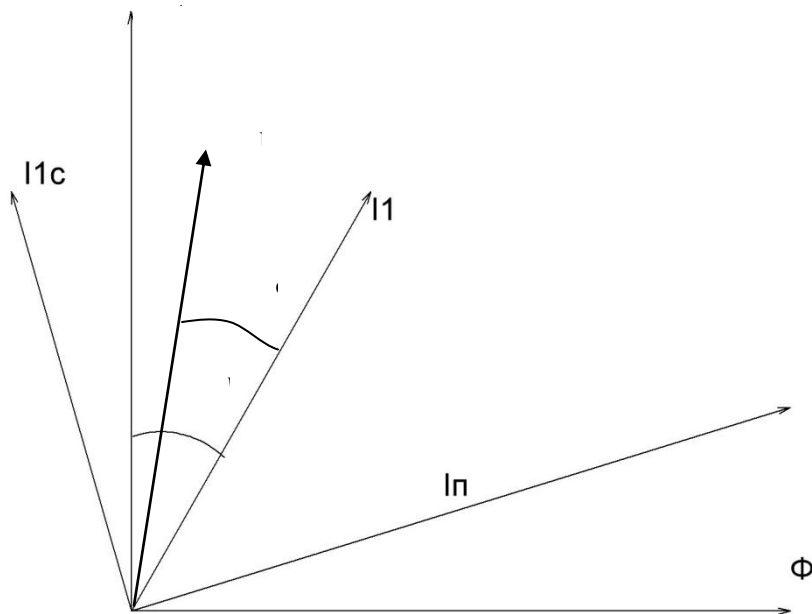


Рис. 4 Векторная диаграмма АД при пуске

Предлагаемые способы позволяют создать устройство, которое уменьшает пусковые токи, стабилизирует напряжение сети, уменьшает расход топлива, повышает качество генерируемой энергии, сглаживает колебательные переходные процессы в системе электроснабжения способами, не требующими капитальных затрат, внедрения сложных систем управления.

Список литературы:

- [1] Электроснабжение промышленных предприятий. Киев «Высшая школа» 1998 г. 280 с.
- [2] Компенсация реактивной мощности. Б.А.Константинов, Г.З.Зайцев. «Энергия» Ленинград 2005 г. 101с.
- [3] Курс электротехники. А.С.Касаткин, М.В.Немцов. Высшая школа. Москва.2005г 531 с.
- [4] Судовые электрические станции и сети. В.С.Лейкин. Транспорт. М. 1996 г. 332 с.

ENSURING THE SUSTAINABILITY OF SHIP POWER SYSTEM

V.P. Epifanov, Y.S. Malyshev

Keywords: replacement of one engine for two with a common shaft, the formation of a control system with high economic performances.

The methods of increasing the stability of ship power system by reducing the starting currents induction motor through the use of two motors on a common shaft with switching connections motor windings during start-up and use of the phase control capacitive power level are proposed. The schemes of winding connection and engine characteristics during start-up are presented.