

ТЕХНИКА, ИНФОРМАТИКА И УПРАВЛЕНИЕ

TECHNICS, COMPUTER SCIENCE AND MANAGEMENT

*Вестник Физико-технического института
Крымского федерального университета имени В.И. Вернадского
Том 1 (67–69). № 1. 2017. С. 86–90
Journal of Physics and Technology Institute of V.I. Vernadsky Crimean Federal University
Volume 1 (67–69). No. 1. 2017. P. 86–90*

УДК 621.316.06: 621.316.729

РЕГУЛИРОВАНИЕ СОВМЕСТНОЙ РАБОТЫ АСИНХРОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ С СЕТЬЮ ОГРАНИЧЕННОЙ МОЩНОСТИ

Бекиров Э. А. *, Асанов М. М., Воскресенская С. Н.

*Физико-технический институт, Крымский федеральный университет имени
В. И. Вернадского, Симферополь 295007, Россия
E-mail: bekirov.e.a@cfuv.ru

Был разработан электронный блок синхронизации для подключения асинхронных двигателей к сети ограниченной мощности. Его основной задачей является обеспечение надежной и безаварийной работы асинхронных двигателей, используемых промышленными предприятиями. Электронный блок синхронизации состоит из следующих элементов: согласующий преобразователь; узел синхронизации; задающий генератор и трехфазный распределитель.

Ключевые слова: асинхронный двигатель, сеть, электронный блок, напряжение, частота.

PACS: 84.50.+d

ВВЕДЕНИЕ

Асинхронные двигатели являются крупными потребителями реактивной мощности. На их долю приходится около 40 % реактивной мощности, потребляемой в промышленных электрических сетях [1]. В связи с этим, изменение генерации реактивной мощности оказывает значительное влияние на работу такого типа двигателей.

При напряжении порядка 0,85 от номинального значения реактивная мощность в сети уменьшается вследствие уменьшения намагничивающей мощности асинхронных двигателей. Если происходит дальнейшее снижение напряжения, то асинхронные двигатели начинают затормаживаться, а потребление ими реактивной мощности увеличивается, что приводит к еще большему спаду напряжения на нагрузке. Процесс падения напряжения имеет лавинообразный характер, и асинхронные двигатели в этом случае останавливаются. Так, мощность асинхронного двигателя, в зависимости от его исполнения, падает на 5–20 % при несимметрии напряжения, равной 5 %. А несимметрия в 4% сокращает срок службы таких двигателей в 2 раза [2].

От баланса активной и реактивной мощностей колеблется и частота сети. При включении или отключении мощных асинхронных двигателей баланс будет нарушаться и балансирующие по частоте электростанции не всегда смогут обеспечить мгновенное регулирование. Это грозит выходом из строя эксплуатируемого оборудования.

На работу асинхронных двигателей влияет не только изменение генерации электрической энергии, но и коэффициент загрузки. С увеличением коэффициента

загрузки происходит увеличение доли реактивной нагрузки от полей рассеяния и ее уменьшение от токов намагничивания.

Вышеперечисленные факторы обуславливают необходимость надежной синхронизации работы асинхронных машин с сетью. Решением этой проблемы может стать электронный блок для регулирования параметров подаваемого на двигатель напряжения с целью соблюдения заданного режима работы и защиты от перепадов амплитуды и частоты.

Вопросу синхронизации работы генераторов различного типа с сетью посвящено большое количество работ, в том числе патентов [3 – 5] и публикаций [6, 7]. В источнике [8] описывается коммутация солнечной электростанции с общей энергосистемой.

1. ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Рассмотрим случай работы асинхронных двигателей на сеть ограниченной мощности.

Разработанная функциональная схема электронного блока приведена на рис. 1.

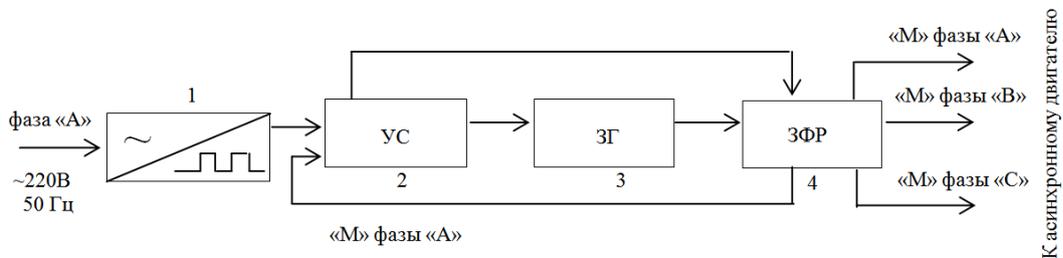


Рис. 1. Функциональная схема блока синхронизации

Блок 1 представляет собой согласующий преобразователь для сопряжения синусоидального напряжения фазы «А» 220 В, 50 Гц со входом узла синхронизации (УС) (блок 2). Синусоидальный сигнал преобразовывается в сигнал прямоугольной формы со скважностью, равной двум (меандр «М»), совпадающий по фазе с напряжением фазы «А».

УС (блок 2) предназначен для сравнения частоты и напряжения фазы «А» сети, которая является ведущей, с соответствующими параметрами прямоугольного напряжения меандра «М» фазы «А» трехфазного распределителя (ЗФР) (блок 4). Кроме того оно управляет частотой задающего генератора (ЗГ) (блок 3).

В УС напряжение прямоугольной формы, поступающее из блока 1, подается на два преобразователя частота-напряжение. Ток первого преобразователя изменяется в зависимости от частоты ЗГ, а второго – от частоты сети 220 В фазы «А». Сумматор обеспечивает алгебраическое суммирование выходных напряжений преобразователей, в результате чего выделяется напряжение управления частотой ЗГ и его полярность относительно «нулевой» точки питания УС. Благодаря этому имеем информацию не только о том, что частота ЗГ выше или ниже частоты сети,

но о значении величины рассогласования частот. Таким образом, появляется возможность управления частотой ЗГ, подстраивая ее под частоту сети.

С выхода сумматора сигнал поступает на включатель сети, который формирует диапазон допустимых колебаний частоты ЗГ для обеспечения оптимальных условий совместной работы асинхронных машин с сетью и выдает сигнал для начала выработки напряжения прямоугольной формы, поступающего на полосовые фильтры для выделения основной частоты 50 Гц.

Блок 3 (рис. 1) представляет собой ЗГ, выдающий частоту 300 Гц, которая затем поступает в ЗФР.

Блок 4 (рис. 1) – ЗФР, который делит частоту 300 Гц на 6 и распределяет частоту 50 Гц на три фазы. При этом каждый сигнал сдвинут друг относительно друга на 120° , а меандр «М» фазы «А» принимается за нулевую отметку. На выходе ЗФР напряжения всех фаз имеют прямоугольную форму.

Шесть периодов колебаний ЗГ составляют 360° , так как каждый период это 60° . В результате формируются сигналы всех трех фаз. Полный цикл формирования заканчивается с передним фронтом пятого импульса синхронизации, так как два цикла импульсов синхронизации составляют 120° (рис. 2).

Далее трехфазный сигнал прямоугольной формы поступает на управляемый трехфазный коммутатор, который подключает его к инверторам. С выхода инверторов сигналы поступают на полосовые фильтры выделения основной гармоники (50 Гц) в полосе от 45 до 55 Гц: первое звено – фильтр нижних частот (от 0 до 55 Гц); второе звено – фильтр высоких частот (от 45 Гц) со средней частотой 50 Гц.

В результате описанное устройство формирует трехфазное напряжение фиксированной амплитуды, частоты и фазы, которое через усилитель мощности подается на асинхронный двигатель. Три фазы подаваемого напряжения симметричны, имеют одинаковую амплитуду, частоту и сдвинуты по фазе ровно на 120° .

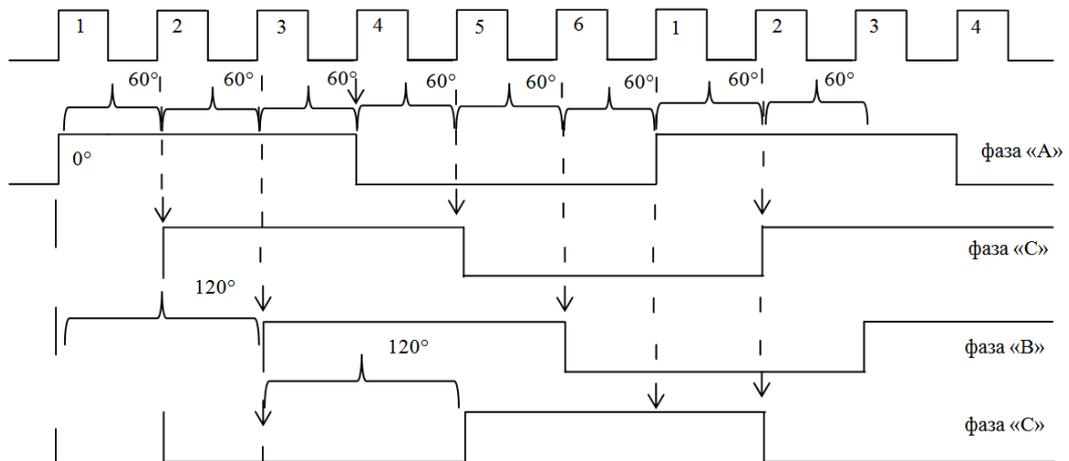


Рис. 2. Диаграмма работы ЗФР

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, в результате применения блока синхронизации обеспечиваются оптимальные для работы асинхронных двигателей параметры, что позволяет избежать аварийных отключений и способствует увеличению надежности. Разработка может быть использована на промышленных предприятиях, где основную нагрузку составляют именно асинхронные двигатели, и остановка производственного процесса из-за нестабильности напряжения и частоты сети приведет к простоям оборудования и потерям прибыли.

Список литературы

1. Беляевский Р. В. Анализ влияния коэффициента загрузки асинхронных двигателей на потребление реактивной мощности // Вестник Кузбасского государственного технического университета. 2010. № 6. С. 66–69.
2. Дамдинсүрэнгийн Г. Способы нормализации качества и снижения потерь электрической энергии в сельских распределительных сетях 0,38 кВ Монголии. Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук. Иркутск: Иркутский государственный аграрный университет, 2015.
3. Патент на изобретение 56709 А Украина, Н02М 1/08. Способ синхронизации генератора с сетью по напряжению и частоте / Э. А. Бекиров, А. Д. Масликов; заявитель и патентообладатель Э. А. Бекиров. № 2002086872 ; заявл. 20.08.02 ; опубл. 15.05.03, Бюл. № 5.
4. Патент на изобретение 57381 А Украина, Н02М 1/08. Устройство синхронизации генератора с сетью по частоте / Э. А. Бекиров; заявитель и патентообладатель Э. А. Бекиров. № 2002097339; заявл. 10.09.2002; опубл. 16.06.2003, Бюл. № 6.
5. Патент на изобретение 2457597 Россия. Н02J 3/42. Способ синхронизации возбужденной синхронной машины с сетью / А. Н. Беляев, Ю. В. Хрущев; заявитель и патентообладатель ГОУВПО «Национальный исследовательский Томский политехнический университет». № 2011120883/07; заявл. 24.05.2011; опубл. 27.07.2012, Бюл. № 21.
6. Способ и устройство синхронизации с сетью возбужденного синхронного генератора / Н. Ф. Котеленец, А. В. Богачев, Е. В. Ежов // Электричество. 2014. № 6. С. 50–53.
7. Работа асинхронного генератора параллельно с сетью / Н. И. Богатырев, Н. С. Баракин, Д. Ю. Семернин и др. // Международная научно-техническая конференция «Энергообеспечение и энергосбережение в сельском хозяйстве»: Тезисы. Москва: ФГБНУ Всероссийский научно-исследовательский институт электрификации сельского хозяйства, 2012. Том 1. С. 162–168.
8. Бекиров Э. А. Автономные источники электропитания на базе солнечных батарей. ИТ Ариал, 2011. 480 с.

REGULATION OF ASYNCHRONOUS MOTORS AND LIMITED POWER NETWORK JOINT WORK

*Bekirov E. A. *, Asanov M. M., Voskresenskaya S. N.*

*Institute of Physics and Technology, V.I. Vernadsky Crimean Federal University, Simferopol
295007, Russia*

**E-mail: bekirov.e.a@cfuv.ru*

Electronic synchronization unit used to connect asynchronous motors to the limited power network is designed. This device is useful because a significant voltage drop in the network leads firstly to braking and then to stopping of the motors. At the same time, the

deterioration of the supplied power quality, that is, the voltages asymmetry, may lead to decrease of mechanical power, to reduction of the motors lifetime. Thus, the main task of the unit is to provide reliable and trouble-free operation of asynchronous motors in the limited power network. The electronic synchronization unit consists of the following elements: a matching converter; synchronization block; master oscillator and three-phase distributor. Matching converter is used to interface the network phase sinusoidal voltage with the input of synchronization block and to convert it into a square wave signal. The synchronization block compares the frequency and voltage of the network phase with the corresponding parameters of the square wave signal supplied to the bandpass filters from the three-phase distributor. It includes two frequency-voltage converters, which operation mode is regulated according to the network frequency and the master oscillator. Converters' signals in case of need can be amplified. They arrive to the adder used to determine the mismatching voltage, by means of which the control of the master oscillator frequency is carried out. Three-phase distributor divides the frequency coming from the master oscillator by six, whereby each phase of the asynchronous motor is supplied with industrial frequency voltage. Six oscillation periods are 360° , since each period corresponds to 60° . Thus, there is a signals generation of all three phases. Square wave signals supplied to the controlled three-phase commutator connected to the inverters. Further, bandpass filters connected to the circuit that isolate the signal with a given frequency range. Electronic synchronization unit for connecting asynchronous motors to the limited power network is intended for use by industrial plants in order to reduce the risks of stopping the technological production process, to ensure the stable operation of electrical equipment.

Keywords: asynchronous motor, network, electronic unit, voltage, frequency.

References

1. R. V. Beljaevskij, *Vestnik Kuzbasskogo gosudarstvennogo tehničeskogo universiteta [Bulletin of the Kuzbass State Technical University]*, No. 6, 66–69 (2010) [in Russian].
2. G. Damdinsurjengijn, Candidate's Dissertation in Technical Sciences. (Irkutsk State Agricultural University, Irkutsk, 2015) [in Russian].
3. E. A. Bekirov, A. D. Maslykov, UA Patent No. 2002086872 Byull., No. 5 (2003).
4. E. A. Bekirov, UA Patent No. 2002097339 Byull., No. 6 (2003).
5. A. N. Beljaev, Ju. V. Hrushhev, RF Patent No. 2011120883/07 Byull., No. 21 (2012).
6. N. F. Kotelenec, A. V. Bogachev, E. V. Ezhov, *Jelektřičestvo [Electricity]*, No. 6, 50–53 (2014) [in Russian].
7. N. I. Bogatyrev, N. S. Barakin, D. Ju. Semernin, "Rabota asinhronnogo generatora parallel'no s set'ju" [Asynchronous generator operation in parallel with the network] in *Mezhdunarodnaja nauchno-tehnicheskaja konferencija «Jenergoobespechenie i jenergosberezhenie v sel'skom hozjajstve» [International scientific-technical conference «Energy supply and energy saving in agriculture»]*, (Moscow, Russian Research Institute for Electrification of Agriculture, 2012), pp. 162–168 [in Russian].
8. E. A. Bekirov, *Avtonomnye istochniki jelektropitanija na baze solnechnyh batarej [Autonomous sources of power supply on the base of sun batteries]* (Arial, Simferopol, 2011) (in Russian).

*Поступила в редакцию 20.02.2017 г. Принята к публикации 06.05.2017 г.
Received February 20, 2017. Accepted for publication May 06, 2017*