

## Актуальность вопросов энергосбережения на майнинг-фермах

В.И. Самохин<sup>1</sup>, Д.В. Самохин<sup>1</sup>, Е.Е. Бабкин<sup>1</sup>, И.М. Петров<sup>2</sup>

<sup>1</sup> *Национальный исследовательский университет «Московский институт электронной техники» (НИУ МИЭТ), г. Москва, Зеленоград, пл. Шокина, д. 1;*

<sup>2</sup> *АО «Мосэнергосбыт», г. Москва, Зеленоград, ул. Болдов Ручей, д. 1120*

### Аннотация

**Введение:** в последние годы в России наблюдается обусловленный ростом стоимости криптовалют повышенный интерес к майнингу. В связи с этим увеличивается сложность получения новых монет, а вместе с ней и цена на оборудование для майнинга. Вычислительные мощности реализуются посредством майнинговых ферм с числом вычислительных модулей в пределах 20 ед. для частных пользователей и 300–5000 ед. для крупных вычислительных центров. Одним из факторов, сдерживающих развитие промышленного майнинга, является большое энергопотребление вычислительных модулей. Поэтому актуальной представляется проблема обеспечения качества электропитания майнинговых ферм с точки зрения как эффективности использования источников электропитания, так и защиты применяемого дорогостоящего оборудования.

**Методы:** произведен анализ проблем энергосбережения при создании ферм для промышленного майнинга, обосновывается необходимость создания уникального оборудования, подключаемого к майнинговым фермам, поскольку циркуляция реактивной составляющей электрической энергии между источником переменного тока и приемником приводит к потерям энергии в проводах электрической цепи. Последствия повышенной загрузки сетей реактивным током: потребность в увеличении мощности источника энергии, понижение и колебания напряжения в сети. Произведен обзор применяемых воздушной и жидкостной систем охлаждения майнинговых ферм. Описан принцип системы охлаждения с погружением, перспективной для устройства в структуре мегаферм.

**Результаты и обсуждение:** сформулировано предложение по увеличению быстродействия майнинговых ферм. Предложена энергосберегающая система, построенная на принципе компенсации реактивной мощности, фильтрации высших гармоник и компенсации перекосов напряжений.

**Заключение:** сформулированы задачи для научного поиска в области повышения энергоэффективности и производительности майнинговых ферм.

**Ключевые слова:** криптовалюта, промышленные майнинговые фермы, электроэнергия, коэффициент мощности, реактивная мощность, компенсаторы реактивной мощности, энергосберегающие устройства, системы охлаждения, энергоэффективность, производительность

**Для цитирования:** Самохин В.И., Самохин Д.В., Бабкин Е.Е., Петров И.М. Актуальность вопросов энергосбережения на майнинг-фермах // Силовое и энергетическое оборудование. Автономные системы. 2019. Т. 2. Вып. 2. С. 102–110. DOI: 10.32464/2618-8716-2019-2-2-102-110

## Relevance of power saving at mining farms

V.I. Samokhin<sup>1</sup>, D.V. Samokhin<sup>1</sup>, E.E. Babkin<sup>1</sup>, I.M. Petrov<sup>2</sup>

<sup>1</sup> *National Research University of Electronic Technology (MIET), 1 Shokina Sq., Moscow, Zelenograd, 124498, Russian Federation;*

<sup>2</sup> *JSC Mosenergosbyt, 1120 Boldov Ruchei, Moscow, Zelenograd, 124460, Russian Federation*

## Abstract

**Introduction:** mining has recently aroused substantial interest in Russia due to the rise in crypto-currency rates. Therefore, new coins are harder to obtain, and mining equipment turns more expensive. Computation capacities are provided by mining farms, and the number of their computation modules reaches 20 units, if operated by natural persons, and 300 – 5,000 units, if operated by major computation centres. One of the factors restraining the development of industrial-scale mining, consists in high power consumption rates demonstrated by major computation centres. Therefore, the problem of high-quality power supply to mining farms gains relevance both in terms of the efficient use of electric power sources and in terms of the protection of expensive machines.

**Methods:** the co-authors have analyzed power saving problems that accompany the incorporation of industrial mining farms, substantiated the need to design and develop the unique equipment, connectable to mining farms because the circulation of the reactive component of electric power between the source of alternate current and the accumulator causes losses of energy in the wires of the electric circuit. The overloading of the circuit by the reactive current causes the need to improve the capacity of the energy source, reduces the circuit voltage and makes it fluctuate. The co-authors have performed an overview of air and liquid-based cooling systems applied to mining farms. They also describe the principle of the cooling system involving submersion, which has a strong potential as a constituent component of major mining farms.

**Findings and discussion:** the co-authors have formulated their idea aimed at the improvement of the performance of mining farms. They present a power saving system centered around the reactive capacity compensation, filtration of upper harmonics and compensation of voltage tilts.

**Conclusion:** the co-authors have formulated the objectives of research in the area of power efficiency and capacity improvement at mining farms.

**Keywords:** crypto-currency, industrial-scale mining farms, electric power, capacity factor, reactive capacity, reactive capacity compensators, power saving devices, cooling systems, power efficiency, performance

**For citation:** Samokhin V.I., Samokhin D.V., Babkin E.E., Petrov I.M. Aktual'nost' voprosov energosberezheniya na mayning-fermakh [Relevance of power saving at mining farms]. *Silovoe i energeticheskoe oborudovanie. Avtonomnye sistemy* [Power and Autonomous Equipment]. 2019. Vol. 2. Issue 2. Pp. 102–110. DOI: 10.32464/2618-8716-2019-2-102-110 (In Russian)

Адрес для переписки:

**Самохин Виктор Иванович**  
НИУ МИЭТ, 124498, Зеленоград, Москва,  
пл. Шокина, д. 1,  
samokhin.1951@mail.ru

Address for correspondence:

**Viktor Ivanovich Samokhin**  
MIET, 1 Shokina pl., Moscow, Zelenograd, 124498,  
Russian Federation,  
samokhin.1951@mail.ru;

## ВВЕДЕНИЕ

Резкий рост стоимости криптовалют в 2017 г., в особенности с начала декабря 2017 по конец января 2018 г., когда курс биткойна не опускался ниже отметки в 10 000 долл., вызвал в России бум на майнинг — добычу цифровых активов с помощью вычислительных мощностей [1–3].

Однако, если всего несколько лет назад заняться майнингом мог каждый обладатель мощного компьютера, то на сегодняшний день ситуация кардинально другая. Добыча виртуальных монет без значительных инвестиций просто невозможна.

На данном этапе вычислительные мощности реализуются с помощью ферм, представляющих как совокупность большого числа видеокарт, подключенных к компьютерам (обычно не более 6–8 на одну материнскую плату), так и большого числа вычислительных модулей, использующих ASIC — интегральную схему специального назначения. При этом специализированное программное обеспечение обеспечивает параллельность процессов вычисления [4].

Следует отметить, что производительность ASIC в сотни раз превышает производительность лучших видеокарт и имеет более высокое соотношение производительность/энергопотребление. Но их существенным недостатком является высокая стоимость и то обстоятельство, что они могут добывать, как правило, только одну валюту, тогда как видеокарты легко перестраиваются на майнинг любой валюты.

Из-за ажиотажа вокруг виртуальных денег оборудование для майнинга быстро растет в цене, а также увеличивается сложность получения новых монет. Как следствие, окупаемость приобретения майнинг-

ферм постоянно снижается. Очень многие частные лица отдают предпочтение майнингу новых криптовалют, сложность вычисления которых еще не очень велика, а доходность процесса весьма приличная. В случае взлета валюты пользователей, успевших намайнить монеты, ждет огромная прибыль, но только в единичных случаях подобным активам удастся получить достаточное развитие. В частности, если взять для примера эфириум, который является второй по популярности и перспективности криптовалютой, то, несмотря на выгоду приобретения оборудования для добычи криптовалют, срок его окупаемости существенно вырос, тогда, как прибыль снизилась. В других криптовалютных системах эта тенденция остается практически идентичной.

Частные пользователи сегодня могут объединяться в пулы и получать, таким образом, вполне приличную прибыль [5]. Но со временем требования для входа вырастут, оборудование подорожает или в результате влияния прочих внешних факторов одиночкам все равно придется уйти с рынка и переориентироваться на облачные сервисы, которые приобретают все возрастающую популярность.

Уже сейчас в России по данным различных источников более 80 % вычислительных мощностей сосредоточено в специализированных вычислительных центрах, занимающихся промышленным майнингом с числом вычислительных модулей 300–5000 ед., 10 % — малый бизнес, организованный в небольших помещениях с числом вычислительных модулей до 300 ед., остальное — любители с числом модулей до 20 ед.

Одним из факторов, сдерживающих развитие промышленного майнинга, является большое энергопотребление вычислительных модулей. Так, единичная ферма из шести видеокарт потребляет от 1 до 1,5 кВт электроэнергии, единичный модуль ASIC имеет аналогичные показатели. В связи с этим одна из крупнейших майнинговых ферм в России, содержащая более 3000 модулей (Bitmain Antminer S9), использует для своего функционирования мощность электросети 4,5 МВт. При этом добывается 20 биткоинов в день и 600 биткойнов в месяц. Создаваемая на площадях бывшего завода «Москвич» майнинговая ферма будет потреблять 20 МВт (в настоящее время из-за отсутствия необходимых ресурсов энергоснабжения подключено оборудование только на 2,5 МВт). После запуска всех мощностей данная ферма по прогнозам будет занимать до 10 % глобального хешрейта.

Издание Digiconomist опубликовало данные энергопотребления биткоина на начало декабря 2017 г. (рис. 1). Оказалось, что майнеры биткоина ежегодно тратят на добычу более 31 ТВт-ч, что составляет 0,14 % всех энергозатрат в мире. Если темп сохранится, то к февралю 2020 г. на майнинг биткоина будет уходить все электричество в мире [6].

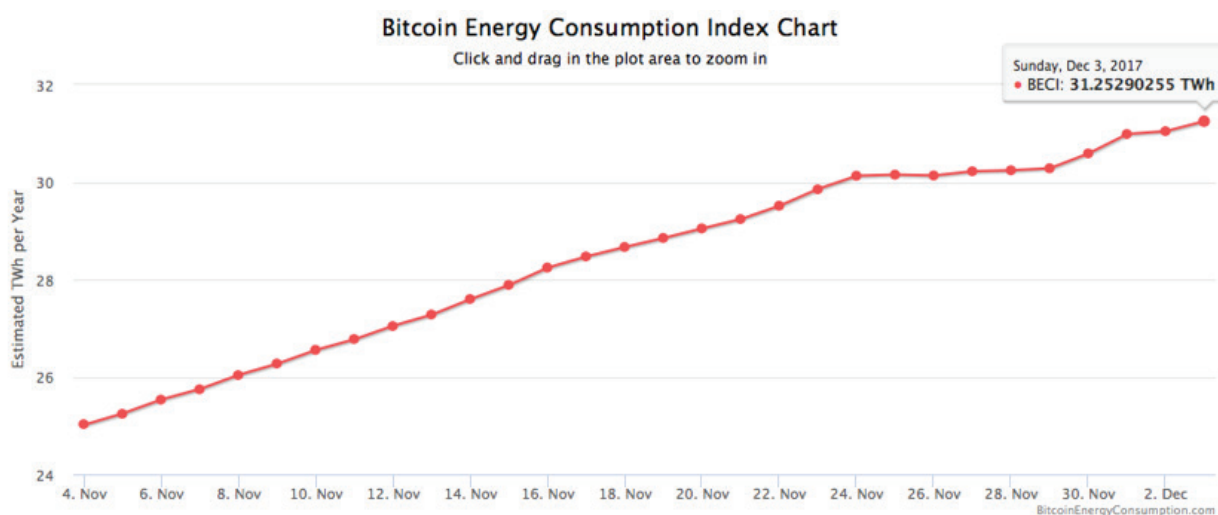


Рис. 1. Динамика энергопотребления майнинговых ферм

Fig. 1. Power consumption by mining farms: an index chart

При этом расходы на электроэнергию на конкретной ферме составляют от 10 до 30 % от полученной валюты и зависят не только от используемого оборудования, но и от тарифов.

Как отмечается в упомянутом выше отчете, сейчас биткоин приносит прибыль 7,2 млрд долл. в год, при затратах на энергию порядка 1,5 млрд долл.

В связи с этим очень актуальной представляется проблема обеспечения качества электропитания майнинговых ферм как с точки зрения эффективности использования энергии источников электропитания, так и с учетом защиты используемого дорогостоящего оборудования майнинговых ферм.

## МЕТОДЫ

Входное сопротивление блоков питания майнинговых ферм является активно-реактивным, в связи с чем ток и напряжение на их входах не совпадают по фазе, что приводит к отражению части энергии от потребителя к источнику.

Источник энергии для питания майнинговой фермы (электростанция, силовой щит) может длительно отдавать без риска аварии только вполне определенную мощность  $S$ , равную произведению силы его номинального тока  $I$  на номинальное напряжение  $U$ . Произведение действующих значений силы тока и напряжения называется полной мощностью:

$$S = UI.$$

Полная мощность представляет собой наибольшее значение активной мощности при заданных значениях тока и напряжения. Она характеризует ту наибольшую мощность, которую можно получить от источника переменного тока при условии, что между проходящим по нему током и напряжением отсутствует сдвиг фаз.

Связь между активной мощностью  $P$ , реактивной мощностью  $Q$  и полной мощностью  $S$  можно определить из треугольника мощностей (рис. 2).

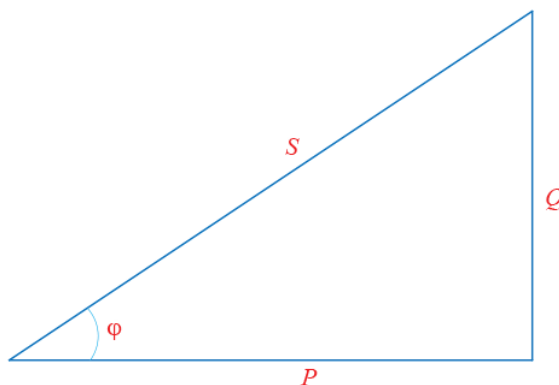


Рис. 2. Треугольник мощностей

Fig. 2. The triangle of capacities

Зависимость между активной, реактивной и полной мощностью определяется углом сдвига фаз между током и напряжением в сети, точнее — величиной косинуса этого угла —  $\cos\varphi$  (коэффициентом мощности).

Из треугольника мощностей следует, что при заданной полной мощности  $S$ , чем больше реактивная мощность  $Q$ , которая проходит через генератор переменного тока или трансформатор, тем меньше активная мощность  $P$ , которую он может отдать приемнику.

Так при значении  $\cos\varphi = 0,95$  реактивная мощность составляет 33 % потребляемой активной мощности, при  $\cos\varphi = 0,7$  величина реактивной мощности практически равна величине активной мощности, а при  $\cos\varphi = 0,5$  превышает ее в 1,7 раза, значительно увеличивая активные потери в сети.

Таким образом, реактивная мощность не позволяет полностью использовать всю расчетную мощность источников переменного тока для выработки полезно используемой электрической энергии. То же самое относится и к электрическим сетям. Ток, который можно безопасно пропускать по данной электрической сети, определяется, главным образом, поперечным сечением ее проводов. Поэтому, если часть проходящего по сети тока идет на создание реактивной мощности, то уменьшается активный ток, обеспечивающий

создание активной мощности, которую можно пропустить по данной сети.

Бесполезная циркуляция реактивной составляющей электрической энергии между источником переменного тока и приемником, обусловленная наличием в нем реактивных сопротивлений, приводит к потерям определенного количества энергии, которая теряется в проводах всей электрической цепи и требует соответствующего увеличения мощности источника энергии. Повышенная нагрузка сетей реактивным током приводит также к понижению напряжения в сети, а резкие колебания реактивной мощности — к колебаниям напряжения в сети.

Это особенно актуально при разворачивании майнинговых ферм на площадях бывших складов и старых предприятий, электросети (провода) которых изначально не были рассчитаны на протекание таких токов, что часто приводит к возникновению аварийных ситуаций и даже пожаров.

Кроме того, несовпадение по фазе тока и напряжения на входе источников питания вычислительного оборудования майнинговой фермы, выполненных в подавляющем большинстве по бестрансформаторной схеме, приводит к снижению эффективности их функционирования вследствие сокращения времени заряда входного конденсатора в течении периода и, как следствие, к снижению выходного тока, питающего окончное вычислительное оборудование.

Для компенсации реактивной мощности применяются специальные компенсирующие устройства, являющиеся источниками реактивной энергии противоположного знака [7–9]. Принцип компенсации поясняется на рис. 3.

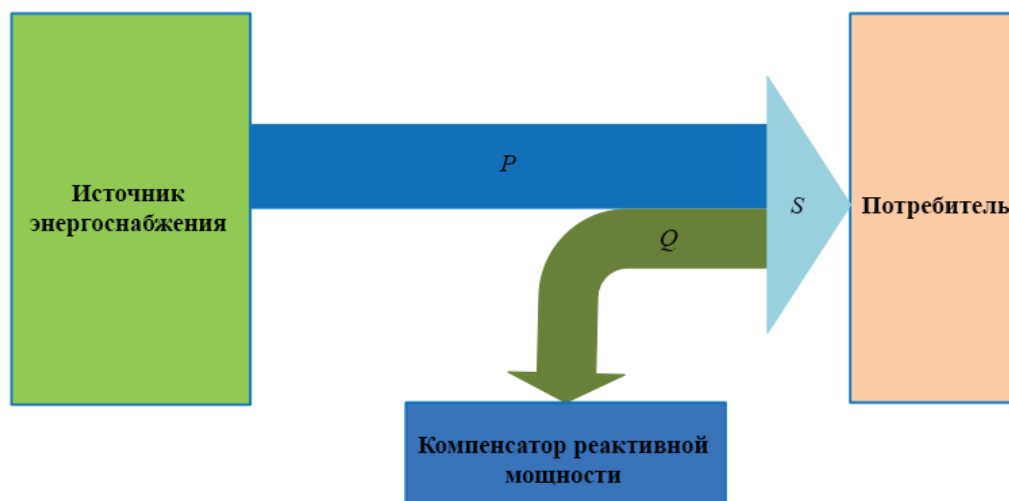


Рис. 3. Принцип компенсации реактивной мощности

Fig. 3. Reactive capacity compensation principle

Реактивная мощность компенсируется в непосредственной близости от потребителя (см. рис. 3), чем исключается ее негативное влияние на энергоснабжение.

В настоящее время подавляющее большинство компенсаторов реактивной мощности, используемых на промышленных предприятиях, являются конденсаторными установками [8] или управляемыми конденсаторными установками, представляющими собой источники отрицательной реактивной мощности, которые в силу этого обстоятельства не могут быть использованы для компенсации реактивной мощности при питании вычислительного оборудования майнинговых ферм.

Питание промышленных майнинговых ферм осуществляется, как правило, трехфазными источниками питания, на эффективность функционирования которых в значительной степени влияет симметрия фазных (линейных) напряжений. Однако в силу различных обстоятельств, в том числе из-за неравномерности нагрузки фаз однофазными потребителями вспомогательного оборудования майнинговых ферм, это соотношение нарушается, что приводит к увеличению нестабильности и значительному повышению пульсаций выходного напряжения, питающего конечное вычислительное оборудование майнинговых ферм, что может привести к сбоям в работе. Устранение данного недостатка возможно, на-



пример, путем оперативного автоматического подключения к шинам сетевого питания специальных фазосдвигающих реактивностей.

При включении источников бесперебойного питания, питающих майнинговую ферму, в связи с зарядом входной емкости источников, возникают пусковые токи, которые существенно превышают номинальные. Хотя этот процесс имеет кратковременный характер, он может послужить причиной увеличения стоимости электроэнергии для предприятия. В зависимости от используемого тарифа энергоснабжающие предприятия могут взимать месячную плату не по номинальной, а по максимальной потребляемой мощности. Превышение может составлять до 30 % месячной стоимости электроэнергии.

На надежность функционирования оборудования майнинговых ферм, в первую очередь источников питания, влияют переходные процессы в силовой питающей сети, имеющие своим результатом кратковременные превышения (обычно в течение нескольких миллисекунд) токов и напряжений относительно номинальных значений, которые могут быть обусловлены внешними и(или) внутренними причинами. В качестве таких причин могут выступать разряд молнии, переключения на питающих подстанциях и нагрузках. В результате переходных процессов изменения напряжения могут достигать от нескольких вольт до десятков киловольт, а скачки тока — десятка килоампер.

Нагрев и энергопотребление майнинговых ферм в существенной степени зависят от наличия высших гармонических составляющих в кривых токов и напряжений в питающих сетях. Для их снижения необходимо использовать соответствующие фильтры.

Кроме того, возможны кратковременные сбои электропитания, определяемые как полное отсутствие напряжения в сети или тока через нагрузку с длительностью до 1...2 с, обусловленные прежде всего срабатыванием предохранительного оборудования питающей сети, что может привести к сбоям вычислительных процессов и даже к выходу из строя оборудования майнинговых ферм.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Из изложенного выше следует, что задача энергосбережения при создании ферм для промышленного майнинга является очень актуальной и требует разработки и создания уникального оборудования, подключаемого к системе электроснабжения майнинговой фермы (рис. 4) [11–13]. Это позволит обеспечить решение всех поднятых выше проблем.

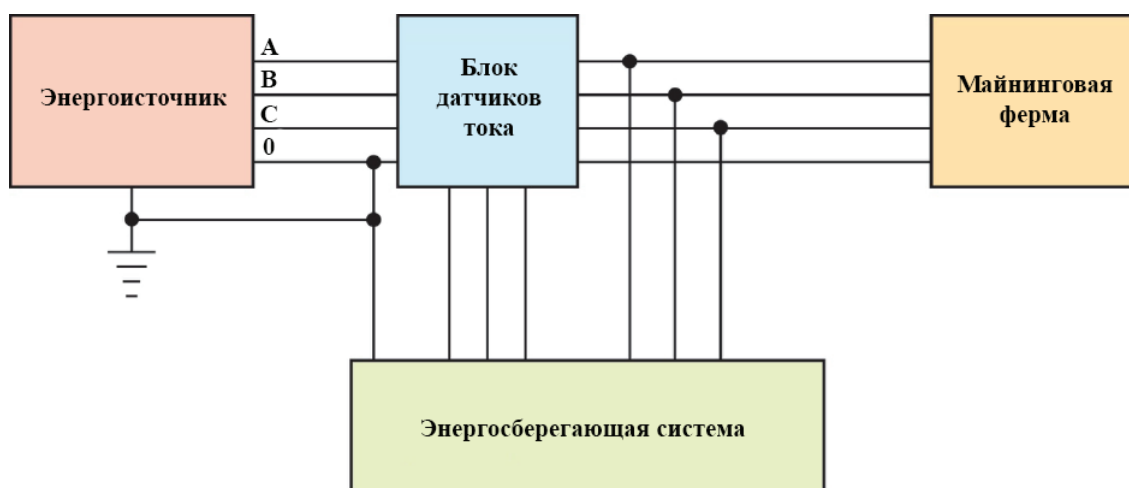


Рис. 4. Схема подключения энергосберегающего оборудования к системе электроснабжения майнинговой фермы  
Fig. 4. The diagram illustrating the connection of the power saving equipment to the system of power supply to a mining farm

Не менее сложной и энергоемкой задачей при создании майнинговых ферм является разработка и установка системы охлаждения.

Повышение температуры оборудования приводит к снижению быстродействия вычислительных модулей и снижению срока их службы.

Анализ источников показывает, что при построении ферм, состоящих из 100–300 вычислительных модулей, предпочтение отдается воздушному охлаждению с реализацией принципа холодных и горячих коридоров.

При превышении этого значения применяют жидкостное охлаждение с преимущественным использованием оборудования с заложенными в нем такими возможностями (каналами для жидкости).

Для мегаферм самыми эффективными считаются системы охлаждения с погружением. При этом существуют два типа систем с погружением: с модулями, погруженными в жидкость с низкими температурами, и так называемые кипящие системы с использованием жидкости с низкими (30...50 К) температурами кипения. После нагрева жидкость испаряется, унося с собой избыточную теплоту, затем конденсируется и стекает обратно в резервуар. Предполагается, что этот метод позволит сократить эксплуатационные расходы на 95 %.

Представляет также большой интерес использование элементов Пельтье для эффективного отбора тепла у тепловыделяющих элементов для увеличения быстродействия майнинговых ферм.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Выводы:

1. Промышленные майнинговые фермы потребляют большое количество электроэнергии. Их расходы на электроэнергию достигают 30 % от получаемой валюты.

2. Надежность, эффективность и работоспособность майнинговых ферм напрямую зависят от качества получаемой ими электроэнергии.

3. Для повышения качества электроэнергии необходимо:

- снизить реактивную мощность (повысить коэффициент мощности), которая при таких нагрузках имеет отрицательный характер. Компенсаторов отрицательной реактивной мощности на сегодняшний день на рынке нет;

- снизить перекося напряжений, который может привести к сбою в работе оборудования. Существующие симметрирующие трансформаторы требуют разрыва питающих сетей, что снижает надежность энергоснабжения. Кроме того, такие трансформаторы имеют большие массогабаритные характеристики и высокую цену;

- снизить уровень гармоник в сетях, приводящих к увеличенному потреблению электроэнергии и нагреву кабельных сетей и потребителей;

- скомпенсировать кратковременные падения и выбросы напряжений в питающих сетях, приводящих к сбою в работе майнинговых ферм и выходу их из строя;

- улучшить переходные процессы в сетях, связанные с коммутациями (переключениями) в линиях и попаданиями молнии.

4. Производительность майнинговых ферм зависит от эффективности отбора тепла у тепловыделяющих элементов. Возможны различные способы реализации этого процесса.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Poon J., Dryja T. The bitcoin lightning network : scalable off-chain instant payments. DRAFT. Version 0.5.9.2. January 14, 2016. URL: <https://lightning.network/lightning-network-paper.pdf>

2. Bonneau J., Miller A., Clark J., Narayanan J., Kroll J.A., Felten E.W. SoK: research perspectives and challenges for bitcoin and cryptocurrencies // 2015 IEEE Symposium on Security and Privacy. San Jose : IEEE, 2015. DOI: 10.1109/sp.2015.14

3. Garay J.A., Kiayias A. The bitcoin backbone protocol: analysis and applications // Advances in Cryptology — EUROCRYPT 2015. Lecture Notes in Computer Science, vol 9057. Springer Berlin Heidelberg, 2015. DOI: 10.1007/978-3-662-46803-6\_10

4. Котицын И.А. Современная классификация криптовалют // Economics. 2018. № 1 (33). С. 8–12. URL: <https://economic-theory.com/blizhajshij-nomer/ekonomicheskaya-teoriya/423-modern1.html>

5. Плахин Н.С., Кошар К.Д. Майнинг : технологические, финансовые и социальные аспекты // Актуальные проблемы гуманитарных и социально-экономических наук. 2018. Т. 12. № 5. С. 109–112. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=32794957&>

6. Сазонова Т. Энергетики vs майнеры : конфликт интересов или взаимная выгода? // Региональная энергетика и энергосбережение. 2018. № 3. С. 84–85.

7. Радкевич В.Н., Тарасова М.Н. Оценка степени снижения потерь активной мощности в линиях электропередачи при компенсации реактивной мощности // Энергетика. Известия высших учебных заведений и энергетических объединений СНГ. 2016. Т. 59. № 1. С. 5–13. DOI: 10.21122/1029-7448-2016-59-1-5-13

8. Пат. № 144504 RU, МПК H02J 3/00, H02J 3/18. Устройство централизованной компенсации реактивной мощности / Толстых С.Ю., Бабкин Е.Е. ; патентообл. Лослес Энерджи Систем АГ. № 2014111315/07, заяв. 26.03.2014 ; опубл. 27.08.2014. Бюл. № 24.

9. Пат. № 2561192 RU, МПК H02J 3/00, H02J 3/18. Устройство централизованной компенсации реактивной мощности в n-фазной сети высоковольтной сети / С.Ю. Толстых, Е.Е. Бабкин ; патентообл. Лослес Энерджи Систем АГ. № 2014111317/07, заяв. 26.03.2014 ; опубл. 27.08.2015. Бюл. № 24.

10. Карагодин В.В., Рыбаков Д.В. Оптимизация размещения устройств компенсации реактивной мощности в распределительных электрических сетях // Вопросы электромеханики. Труды ВНИИЭМ. 2015. Т. 144. № 1. С. 43–50. URL: <http://jurnal.vniiem.ru/text/144/43-50.pdf>

11. Пат. № 2480883 RU, МПК H02J 3/01. Способ энергосбережения / С.А. Каратыгин, Е.Е. Бабкин, А.Т. Берестов, В.И. Самохин ; патентообл. ГРИН ЭНЕРДЖИ. № 2011125963/07, заяв. 24.06.2011 ; опубл. 27.04.2013. Бюл. № 12.

12. Пат. № 2561822 RU, МПК H02J 3/18. Способ энергосбережения / С.А. Каратыгин, Е.Е. Бабкин, А.Т. Берестов, В.И. Самохин ; патентообл. ГРИН ЭНЕРДЖИ. № 2011125967/07, заяв. 24.06.2011 ; опубл. 10.09.2015. Бюл. № 25.

13. Пат. № 2586061 RU, МПК H02J 3/18, H02J 3/01. Способ и устройство управления адаптивной системой энергосбережения N-фазной сети / Д.А. Малинин, Е.Е. Бабкин, Пресняков-Осипов Р.Н., А.В. Стрельников, С.Ю. Толстых ; патентообл. Малинин Д.А. № 2014105715/07, заяв. 18.02.2014 ; опубл. 10.06.2016. Бюл. № 16.

## REFERENCES

1. Poon J., Dryja T. *The bitcoin lightning network : scalable off-chain instant payments. DRAFT. Version 0.5.9.2.* January 14, 2016. URL: <https://lightning.network/lightning-network-paper.pdf>

2. Bonneau J., Miller A., Clark J., Narayanan J., Kroll J.A., Felten E.W. SoK: research perspectives and challenges for bitcoin and cryptocurrencies. *2015 IEEE Symposium on Security and Privacy*. San Jose : IEEE, 2015. DOI: 10.1109/sp.2015.14

3. Garay J.A., Kiayias A. The bitcoin backbone protocol: analysis and applications. *Advances in Cryptology — EURO-CRYPT 2015. Lecture Notes in Computer Science, vol 9057*. Springer Berlin Heidelberg, 2015. DOI: 10.1007/978-3-662-46803-6\_10

4. Kotitsyn I.A. Sovremennaya klassifikatsiya kriptovalyut [Modern classification of cryptocurrency]. *Economics*. 2018. No. 1 (33). Pp. 8–12. URL: <https://economic-theory.com/blizhajshij-nomer/ekonomicheskaya-teoriya/423-modern1.html> (In Russian)

5. Plakhin N.S., Koshar K.D. Mayning : tekhnologicheskie, finansovye i sotsial'nye aspekty [Mining: technological, financial and social aspects]. *Aktual'nye problemy gumanitarnykh i sotsial'no-ekonomicheskikh nauk* [Actual problems of the humanities and socio-economic sciences]. 2018. Vol. 12. No. 5. Pp. 109–112. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=32794957&> (In Russian)

6. Sazonova T. Energetiki vs maynery : konflikt interesov ili vzaimnaya vygoda? [Energy vs miners: a conflict of interest or mutual benefit?]. *Regional'naya energetika i energosberezhenie* [Regional energy and energy conservation]. 2018. No. 3. Pp. 84–85. (In Russian)

7. Radkevich V.N., Tarasova M.N. Otsenka stepeni snizheniya poter' aktivnoy moshchnosti v liniyakh elektroperedachi pri kompensatsii reaktivnoy moshchnosti [Evaluating degree of active power losses reduction in the electric power lines with reactive power compensation]. *Energetika. Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy i energeticheskikh ob'edineniy SNG* [Energetika. Proceedings of CIS higher education institutions and power engineering associations]. 2016. Vol.. 59. No. 1. Pp. 5–13. DOI: 10.21122/1029-7448-2016-59-1-5-13 (In Russian)

8. Tolstykh S.Yu., Babkin E.E. *Ustroystvo tsentralizovannoy kompensatsii reaktivnoy moshchnosti* [Centralized reactive power compensation device]. Pat. No. 144504 RU, IPC H02J 3/00, H02J 3/18. Patent holder Losles Enerdzhi Sistem AG.. No. 2014111315/07, appl. 26.03.2014; publ. 27.08.2014. Bull. No. 24. (In Russian)

9. Tolstykh S.Yu., Babkin E.E. *Ustroystvo tsentralizovannoy kompensatsii reaktivnoy moshchnosti v n-faznoy seti vysokovol'tnoy seti* [Device for centralized reactive power compensation in an n-phase high-voltage network]. Pat. No. 2561192 RU, IPC H02J 3/00, H02J 3/18. Patent holder Losles Enerdzhi Sistem AG. No. 2014111317/07, appl. 26.03.2014 ; publ. 27.08.2015. Bull. No. 24. (In Russian)

10. Karagodin V.V., Rybakov D.V. Optimizatsiya razmeshcheniya ustroystv kompensatsii reaktivnoy moshchnosti v raspredelitel'nykh elektricheskikh setyakh [Power-factor correction unit deployment optimization in the electrical distribu-



tion systems]. *Voprosy elektromekhaniki. Trudy VNIIEМ* [Electromechanical matters. VNIIEМ studies]. 2015. Vol. 144. No. 1. Pp. 43–50. URL: <http://jurnal.vniiem.ru/text/144/43-50.pdf> (In Russian)

11. Karatygin S.A., Babkin E.E., Berestov A.T., Samokhin V.I. *Sposob energosberezheniya* [Energy Saving Method]. Pat. № 2480883 RU, IPC H02J 3/01. Patent holder GRIN ENERDZhI. No. 2011125963/07, appl. 24.06.2011 ; publ. 27.04.2013. Bull. No. 12. (In Russian)

12. Karatygin S.A., Babkin E.E., Berestov A.T., Samokhin V.I. *Sposob energosberezheniya* [Method of energy saving]. Pat. No. 2561822 RU, IPC H02J 3/18. Patent holder GRIN ENERDZhI. No. 2011125967/07, appl. 24.06.2011 ; publ. 10.09.2015. Bull. No. 25. (In Russian)

13. Malinin D.A., Babkin E.E., Presnyakov-Osipov R.N., Strel'nikov A.V., Tolstykh S.Yu. *Sposob i ustroystvo upravleniya adaptivnoy sistemoy energosberezheniya N-faznoy seti* [Method and device for controlling an adaptive system for energy saving of an N-phase network]. Pat. No. 2586061 RU, IPC H02J 3/18, H02J 3/01. Patent holder Malinin D.A. No. 2014105715/07, appl. 18.02.2014 ; publ. 10.06.2016. Bull. No. 16. (In Russian)

*Поступила в редакцию 6 марта 2019 г.*

*Принята в доработанном виде 17 апреля 2019 г.*

*Одобрена для публикации 31 мая 2019 г.*

*Received March 6, 2019.*

*Adopted in final form on April 17, 2019.*

*Approved for publication May 31, 2019.*

**Об авторах:** **Самохин Виктор Иванович** — кандидат технических наук, доцент Института микроприборов и систем управления, **Национальный исследовательский университет «Московский институт электронной техники» (НИУ МИЭТ)**, 124498, г. Москва, Зеленоград, пл. Шокина, д. 1, samokhin.1951@mail.ru;

**Самохин Дмитрий Викторович** — старший преподаватель Института микроприборов и систем управления, **Национальный исследовательский университет «Московский институт электронной техники» (НИУ МИЭТ)**, 124498, г. Москва, Зеленоград, пл. Шокина, д. 1, oppozite1984@mail.ru;

**Бабкин Евгений Евгеньевич** — кандидат технических наук, доцент Института микроприборов и систем управления, **Национальный исследовательский университет «Московский институт электронной техники» (НИУ МИЭТ)**, 124498, г. Москва, Зеленоград, пл. Шокина, д. 1, babkinee@mail.ru;

**Петров Иван Михайлович** — заместитель начальника, **АО «Мосэнергосбыт»**, 124460, г. Москва, Зеленоград, ул. Болдов Ручей, д. 1120, petroffim@mail.ru.

**About the authors:** **Viktor Ivanovich Samokhin** — Candidate of Technical Sciences, Associate Professor at the Institute of Microdevices and Control Systems, **National Research University of Electronic Technology (MIET)**, 1Shokina pl., Moscow, Zelenograd, 124498, Russian Federation, samokhin.1951@mail.ru;

**Dmitriy Viktorovich Samokhin** — Senior Lecturer, Institute of Microdevices and Control Systems, **National Research University of Electronic Technology (MIET)**, 1Shokina pl., Moscow, Zelenograd, 124498, Russian Federation, oppozite1984@mail.ru;

**Evgeniy Evgen'evich Babkin** — Candidate of Technical Sciences, Associate Professor at the Institute of Microdevices and Control Systems, **National Research University of Electronic Technology (MIET)**, 1Shokina pl., Moscow, Zelenograd, 124498, Russian Federation, babkinee@mail.ru;

**Ivan Mikhailovich Petrov** — Deputy Head, **JSC Mosenergosbyt**, 1120 Boldov Ruchey st., Moscow, Zelenograd, 124460, Russian Federation, petroffim@mail.ru.