

## СПОСОБЫ ОГРАНИЧЕНИЯ ПЕРЕНАПРЯЖЕНИЙ И ПОВЫШЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ СИНХРОННЫХ РЕАКТИВНЫХ И ИНДУКТОРНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАШИН

**А.Н. Горожанкин**, [gorozhankinan@susu.ru](mailto:gorozhankinan@susu.ru), <https://orcid.org/0000-0002-8748-4700>

**И.Н. Головань**, [golovanin@susu.ru](mailto:golovanin@susu.ru)

**Л.А. Ржавцев**, [rzavtsev@mail.ru](mailto:rzavtsev@mail.ru)

**Д.Д. Захаров**, [zakharov633dd@gmail.com](mailto:zakharov633dd@gmail.com)

Южно-Уральский государственный университет, Челябинск, Россия

**Аннотация.** Повреждение обмоток электрических машин приводит не только к выходу их из строя, но и к возникновению опасности поражения электрическим током. По результатам анализа повреждаемости обмоток электрических машин выявлено существенное негативное влияние перенапряжения на данный показатель. Приводятся способы ограничения перенапряжений в синхронных реактивных и индукторных электрических машинах конструктивного и управляющего характера путем изменения гармонического состава тока в фазных обмотках и геометрии активной части электрической машины вблизи воздушного зазора. Введено понятие динамического коэффициента мощности, что позволило оценить эффективность оптимизационных процедур с учетом поиска компромисса между увеличением эффективности электромеханического преобразования энергии и снижением значений параметров питающего напряжения. Показано, что при введении третьей гармоники в спектральный состав тока в обмотках синхронной реактивной машины с зубчатым ротором с амплитудой, равной 10 % от амплитуды основной гармоники, удалось увеличить удельный электромагнитный момент и снизить величину питающего напряжения. Путем изменения соотношения намагничивающего и моментобразующих токов в фазных обмотках синхронных реактивных машин за счет изменения угла нагрузки, а в обмотках индукторных электрических машин как за счет изменения угла нагрузки, так и за счет их регулирования получено существенное снижение параметров питающего напряжения на 40 % при умеренном снижении электромагнитного момента на 20 %.

**Ключевые слова:** повышение безопасности, перенапряжения, динамический коэффициент мощности, геометрия активной зоны, алгоритмы управления, синхронные реактивные электрические машины

**Для цитирования:** Способы ограничения перенапряжений и повышения безопасности при эксплуатации синхронных реактивных и индукторных электрических машин / А.Н. Горожанкин, И.Н. Головань, Л.А. Ржавцев, Д.Д. Захаров // Вестник ЮУрГУ. Серия «Энергетика». 2024. Т. 24, № 2. С. 95–101. DOI: 10.14529/power240210

Original article  
DOI: 10.14529/power240210

## WAYS TO LIMIT OVERVOLTAGES AND INCREASE SAFETY WHEN OPERATING SYNCHRONOUS RELUCTANCE AND INDUCTOR MOTORS

**A.N. Gorozhankin**, [gorozhankinan@susu.ru](mailto:gorozhankinan@susu.ru), <https://orcid.org/0000-0002-8748-4700>

**I.N. Golovan**, [golovanin@susu.ru](mailto:golovanin@susu.ru)

**L.A. Rzhavtsev**, [rzavtsev@mail.ru](mailto:rzavtsev@mail.ru)

**D.D. Zakharov**, [zakharov633dd@gmail.com](mailto:zakharov633dd@gmail.com)

South Ural State University, Chelyabinsk, Russia

**Abstract.** Damage to the windings of motors leads not only to their failure, but also to the risk of electric shock. An analysis of the damageability of motor windings revealed a significant negative impact of overvoltage on this indicator. Methods are presented for limiting overvoltages in synchronous reluctance and inductor motors of a structural and control nature by changing the harmonic composition of the current in the phase windings and the geometry of the active part of the motors near the air gap. The concept of the dynamic power factor was introduced, which made it possible to evaluate the effectiveness of optimization, including the search for a compromise between increasing the efficiency of electromechanical energy conversion and reducing the values of supply voltage parameters. By introducing the third harmonic into the spectral composition of the current in the windings of a synchronous reluctance motor with a gear rotor with an amplitude equal to 10 % of the amplitude of the fundamental harmonic, it was possible to increase

the specific electromagnetic torque and reduce the value of the supply voltage. By changing the ratio of magnetizing and torque-forming currents in the phase windings of synchronous reluctance motors by changing the load angle, and in the windings of inductor motors by changing the load angle and by regulating them, a 40 % reduction in the supply voltage parameters was obtained at 20 % reduction in electromagnetic torque.

**Keywords:** increased safety, overvoltage, dynamic power factor, core geometry, control algorithms, synchronous reluctance electrical machines

**For citation:** Gorozhankin A.N., Golovan I.N., Rzhavtsev L.A., Zakharov D.D. Ways to limit overvoltages and increase safety when operating synchronous reluctance and inductor motors. *Bulletin of the South Ural State University. Ser. Power Engineering*. 2024;24(2):95–101. (In Russ.) DOI: 10.14529/power240210

### **Обзор литературы**

Повреждение обмоток электрических машин приводит не только к выходу их из строя, но и к возникновению опасности поражения электрическим током. Одной из частых причин поломок электромеханических преобразователей и фактором опасности повреждения изоляции в результате ее пробоя является превышение питающего напряжения [1–3]. Перенапряжения в электрических машинах, как правило, связаны с коммутацией обмоток [4–6]. Другой проблемой является изменение параметров питающего напряжения со стороны сети, вызванное рядом факторов: аварийные режимы сети, несовершенство систем молниезащиты и т. п. [7–9]. В данной статье предлагается оригинальный подход, ограничивающий напряжение фазных обмоток, которые подключаются к электрическому преобразователю. Суть его заключается в изменении геометрии активной зоны и алгоритмов управления с минимальным снижением эффективности электромеханического преобразования энергии. Ниже рассматриваются способы снижения перенапряжений при эксплуатации синхронных реактивных и индукторных электрических машин, основанные на идее отслеживания динамики изменения коэффициента мощности с последующей оценкой эффективности оптимизационных процедур с учетом поиска компромисса между увеличением эффективности электромеханического преобразования энергии и снижением значений параметров питающего напряжения.

### **Способ ограничения перенапряжений путем воздействия на геометрию активной зоны и форму тока в фазных обмотках электрических машин**

Описание обобщенной математической модели, в которой показана взаимосвязь между проводимостью магнитного потока вблизи воздушного зазора, схемой обмоток и формой тока, протекающего в них, приведено в [10]. Получены расчетные зависимости для электромагнитного момента, активной и полной мощностей, а также коэффициента мощности. Это позволило оценить эффективность электромеханического преобразования энергии в разных типах синхронных реактивных и индукторных электрических машинах. При этом оптимизация по величине питающего напряжения, которое необходимо для формирования требуемой

временной диаграммы тока в фазных обмотках, не проводилось. С одной стороны, для максимального эффективного электромеханического преобразования с минимальными потерями и, следовательно, максимальным КПД, а также с максимальным высоким коэффициентом мощности следует оптимизировать конструкцию активной зоны электрической машины, схему обмотки и алгоритмы управления. С другой стороны, параметры питающего напряжения (максимальное значение, действующее значение, коэффициент формы) могут при этом иметь высокие значения. Выдвигается научная гипотеза, что путем некоторого незначительного снижения эффективности электромеханического преобразования энергии можно существенно снизить величины параметров питающего напряжения.

На величину параметров напряжения оказывают влияние два фактора: геометрия активной зоны вблизи воздушного зазора электрической машины и параметры питающего тока, протекающего по фазным обмоткам. Следовательно, путем воздействия на эти факторы можно снизить перенапряжения, возникающие в фазных обмотках синхронных реактивных и индукторных электрических машин.

Величина проводимости магнитного потока вблизи воздушного зазора, которая зависит от геометрии зубцовой зоны, задается функцией, которая зависит от координаты вдоль воздушного зазора, величины угла поворота ротора, отсчитываемой от изначально заданной базовой ориентации ротора, а также от времени из-за вращения ротора и изменения геометрических свойств в заданной точке воздушного зазора. Удобнее всего такую функцию задавать рядом Фурье, содержащим определенное количество значимых гармоник.

Распределение МДС вдоль воздушного зазора зависит от схемы обмотки, координаты вдоль воздушного зазора, времени, диаграммы периода питающего тока, который протекает по фазным обмоткам. Путем задания диаграммы токов в обмотках электрических машин в виде ряда Фурье, аналогично функции проводимости вблизи воздушного зазора, а также путем разложения в данный ряд распределения величин пазовых токов вдоль воздушного зазора можно получить функцию распределения МДС в пространстве и времени.

Взаимовлияние этих двух факторов друг на друга определяет эффективность электромеханического преобразователя энергии и величину параметров питающего напряжения.

Рассмотрим для примера синхронную реактивную машину с зубчатым ротором. Функция проводимости будет записана следующим образом:

$$Z_2(x, t, \alpha_z) = 1 + \sin(p_z \cdot [x + \alpha_z] + \omega_z \cdot t), \quad (1)$$

где  $p_z$  – число зубцов ротора;  $t$  – величина времени;  $\omega_z$  – электрическая угловая частота вращения зубчатого ротора;  $\alpha_z$  – начальный угол смещения ротора.

Функцию распределения МДС запишем следующим образом:

$$f_s(x, t) = \frac{A_s}{p_s} \cdot \sin(p_s \cdot x + \omega_s \cdot t), \quad (2)$$

где  $A_s$  – амплитудное значение тока статора;  $p_s$  – число пар полюсов статорной обмотки;  $\omega_s$  – угловая частота вращения вектора тока вдоль воздушного зазора.

Путем умножения выражения (1) на выражение (2) и приняв  $\omega_z = 2 \cdot \omega_s$  и  $p_z = 2 \cdot p_s$  для однонаправленного электромеханического преобразования, получим выражение для распределения индукции вдоль воздушного зазора:

$$B_\delta(x, t, \alpha_z) = \frac{A_s}{p_s} \cdot \sin(p_s \cdot x + \omega_s \cdot t) + 0,5 \cdot \frac{A_s}{p_s} \cdot \cos(p_s \cdot x + \omega_s \cdot t + p_z \cdot \alpha_z) - 0,5 \cdot \frac{A_s}{p_s} \cdot \cos(3 \cdot p_s \cdot x + 3 \cdot \omega_s \cdot t + p_z \cdot \alpha_z). \quad (3)$$

Анализ выражения (3) показывает, что третье слагаемое не вносит вклад в момент и полезную активную механическую мощность на выходе электрической машины. Путем увеличения количества гармонических составляющих как в функции проводимости, так и в функции распределения МДС возможно уменьшить величину третьего слагаемого и получить при той же полезной мощности и величине электромагнитного момента меньшую величину питающего напряжения за счет сокращения доли реактивной мощности. Ограничим в данном случае будет постоянная величина корня квадратного из суммы квадратов амплитуд гармонических составляющих, чтобы среднее квадратичное значение этих функций было постоянным.

Введем понятие динамического коэффициента мощности (ДКМ), который рассчитывается по следующей формуле:

$$\Delta\lambda = \frac{P_2 - P_1}{S_2 - S_1}, \quad (4)$$

где  $P_1$  и  $P_2$  – активная мощность при разных значениях параметров;  $S_1$  и  $S_2$  – полная мощность при разных значениях параметров.

Все возможные значения ДКМ приведены в таблице. В столбце «от» приведено наихудшее значение ДКМ в данной категории, в столбце «до» – наилучшее значение. В таблице введены обозначения  $M$  – электромагнитный момент,  $U$  – действующее значение питающего напряжения.

Первая строчка таблицы предполагает возрастание активной и полной мощностей при изменении параметров электрической машины. В этом случае возрастают величины момента и питающего напряжения. Выполнять такое изменение параметров следует в случае приоритета по увеличению электромагнитного момента. Если значение ДКМ и его составляющих попадает в диапазон второй строчки таблицы, то изменять параметры в эту сторону не следует. Если значения ДКМ и его составляющих попадают в диапазон третьей строчки таблицы, то изменение параметров положительно сказывается на всех характеристиках электрической машины. В случае приоритета на уменьшение напряжения можно рассмотреть диапазон изменения ДКМ и его составляющих в четвертой строчке таблицы, в этом случае уменьшается и момент, и напряжение.

Рассмотрим расчет ДКМ по математической модели [10] на примере синхронной реактивной машины с зубчатым ротором. Активная мощность до и после изменения параметров  $P_1 = 0,5$  и  $P_2 = 0,528$ , полная мощность до и после изменения параметров  $S_1 = 1,225$  и  $S_2 = 1,212$ ,  $\Delta\lambda = -2,15$ . Этот случай соответствует третьей строчке таблицы, когда изменения положительно влияют на все параметры электрической машины. Положительный результат достигнут путем добавления третьей гармоники в диаграмму тока обмотки с амплитудой около 10 % от амплитуды основной гармоники.

#### Способ ограничения перенапряжений путем перераспределения величин намагничивающего и моментобразующего тока в фазных обмотках электрических машин

Второй путь уменьшения перенапряжений в синхронных реактивных и индукторных электрических машинах – это воздействие на угол нагруз-

Значения динамического коэффициента мощности  
Dynamic power factor values

№	$S_2 - S_1$	$P_2 - P_1$	$\Delta\lambda$		$M$	$U$	Результат
			от	до			
1	$\geq 0$	$\geq 0$	0	$+\infty$	+	+	Приоритет $M$
2	$\geq 0$	$\leq 0$	0	$-\infty$	-	+	Ухудшение показателей
3	$\leq 0$	$\geq 0$	0	$-\infty$	+	-	Улучшение показателей
4	$\leq 0$	$\leq 0$	$+\infty$	0	-	-	Приоритет $U$

ки, который определяет коэффициент мощности и КПД электрических машин. Общепринятое понятие угла нагрузки, как угла между векторами моментобразующего тока или МДС и тока намагничивания или вектора магнитного потока, можно расширить при несинусоидальной форме данных величин как средневзвешенную сумму углов нагрузки, где весовыми коэффициентами выступают величины произведений длин данных векторов от пар гармоник одинаковых частот. Рассмотрим на конкретных примерах возможности такого способа влияния на величину параметров питающего напряжения. В синхронной реактивной машине с зубчатым ротором электромагнитный момент, коэффициент мощности и действующее значение напряжения рассчитываются с помощью программы по обобщенной математической модели [10]. Результаты расчета представлены на рис. 1. При максимальном значении момента коэффициент мощности оказался ниже максимального на 7 %, при максимальном коэффициенте мощности момент снизился на 8 %, а напряжение снизилось на 14 % относительно напряжения при максимальном моменте. При этом угол нагрузки увеличился на 10 электрических градусов. Таким образом, ценой незначительного снижения момента можно существенно снизить напряжение, которое требуется подавать на статорные обмотки и повысить срок службы изоляции и безопасность при эксплуатации электрической машины.

В синхронной реактивной машине с анизотропным ротором результаты расчета приведены

на рис. 2. При максимальном значении момента коэффициент мощности оказался ниже оптимального на 20 %, при оптимальном коэффициенте мощности момент снизился на 14 %, а напряжение снизилось почти на 30 % относительно напряжения при максимальном моменте. Под оптимальным понимается коэффициент мощности, при котором момент снижается не больше чем на 10...15 %. Таким образом, здесь больше увеличивается коэффициент мощности, а уменьшение напряжения относительно уменьшения момента такое же, что и для синхронной реактивной машины с зубчатым ротором.

У индукторных машин с двумя обмотками на статоре помимо возможности изменения угла нагрузки, как в синхронных реактивных машинах, появляется дополнительная возможность изменения коэффициента мощности и его составляющих за счет изменения соотношения намагничивающего и моментобразующего токов путем воздействия на их величину. Для этого случая результаты расчета приведены на рис. 3. На рис. 3а переменные построены для случая соотношения величин тока возбуждения и тока якоря 1 : 1. В этом случае при максимальном значении момента коэффициент мощности оказался ниже оптимального на 40 %. На рис. 3б переменные построены при соотношении токов 1,7 : 1 в сторону увеличения тока возбуждения. В этом случае момент снизился на 20 %, а напряжение снизилось почти на 40 % относительно напряжения при максимальном моменте (см. рис. 3а).

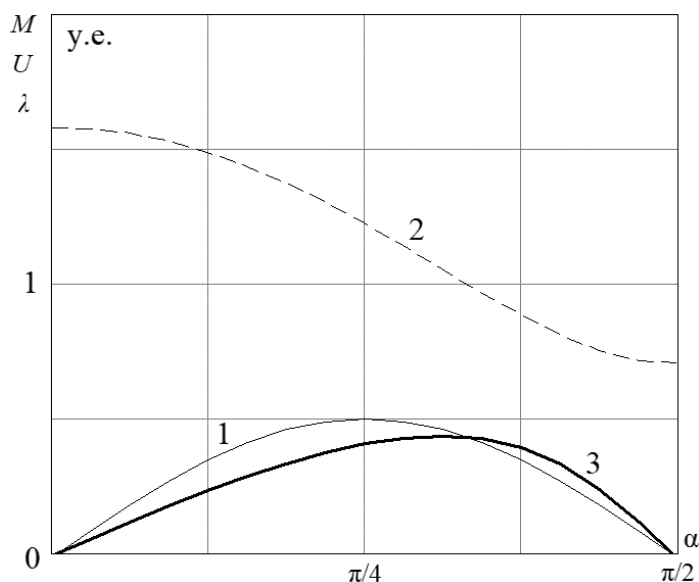


Рис. 1. Момент, действующее напряжение и коэффициент мощности в функции угла нагрузки для синхронной реактивной машины с зубчатым ротором: 1 – величина электромагнитного момента; 2 – величина действующего значения питающего напряжения; 3 – величина коэффициента мощности

Fig. 1. Torque, effective voltage, and power factor as a function of the load angle for a synchronous reluctance motor with a gear rotor: 1 – electromagnetic torque; 2 – effective value of the supply voltage; 3 – power factor

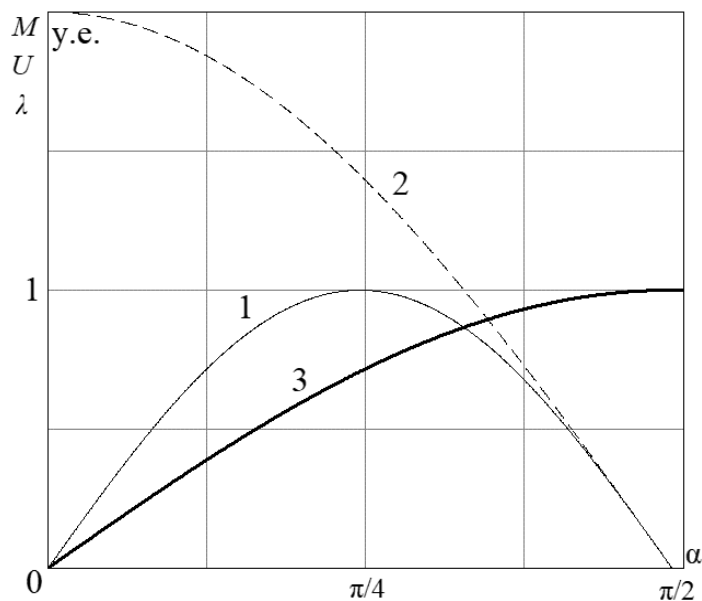


Рис. 2. Момент, действующее напряжение и коэффициент мощности в функции угла нагрузки для синхронной реактивной машины с анизотропным ротором: 1 – величина электромагнитного момента; 2 – величина действующего значения питающего напряжения; 3 – величина коэффициента мощности

Fig. 1. Torque, effective voltage, and power factor as a function of the load angle for a synchronous reluctance motor with an anisotropic rotor: 1 – electromagnetic torque; 2 – effective value of the supply voltage; 3 – power factor

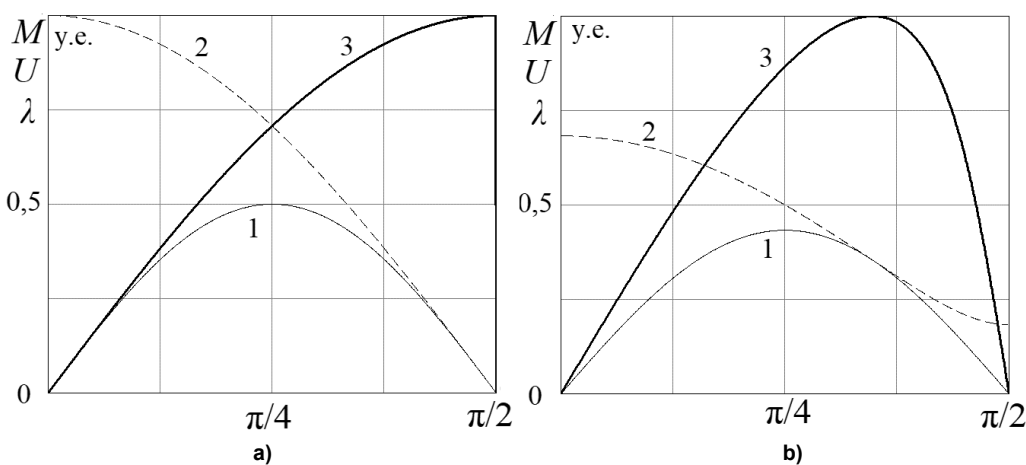


Рис. 3. Момент, действующее напряжение и коэффициент мощности в функции угла нагрузки для индукторной машины с независимым возбуждением: 1 – величина электромагнитного момента; 2 – величина действующего значения питающего напряжения; 3 – величина коэффициента мощности  
Fig. 3. Torque, effective voltage, and power factor as a function of the load angle for an inductor motor with an independent excitation: 1 – electromagnetic torque; 2 – effective value of the supply voltage; 3 – power factor

### Заключение

По результатам исследования можно сделать следующие выводы.

1. Повышение безопасности при обслуживании синхронных реактивных и индукторных электрических машин достигается путем снижения параметров питающего напряжения, изменения алгоритмов управления и конструкции активной части.

2. Введено понятие динамического коэффи-

циента мощности, который позволяет оценить эффективность оптимизационных процедур.

3. Воздействуя на угол нагрузки в синхронных реактивных машинах и дополнительно воздействуя на величины токов якоря и возбуждения в индукторных машинах, можно существенно снизить величину питающего напряжения до 40 % при незначительном снижении эффективности электромеханического преобразования энергии на 20 %.

#### Список литературы

1. Надёжность изоляции электрических машин / А.И. Галушко, И.С. Максимова, Р.Г. Оснач, П.М. Хазановский. М.: Энергия, 1979. 176 с.
2. Котеленец Н.Ф., Кузнецов Н.Л. Испытания и надёжность электрических машин. М.: Высшая школа, 1988. 232 с.
3. Вольпов К.Д., Белый Ю.В. О повреждаемости изоляции электродвигателей собственных нужд электростанций // Электрические станции. 1976. № 6. С. 34–35.
4. Базуткин В.В., Евдокунин Г.А., Халилов Ф.Х. Ограничение перенапряжений, возникающих при коммутации индуктивных цепей вакуумными выключателями // Электричество. 1994. № 2. С. 9–13.
5. Перенапряжения при отключении вакуумным выключателем трансформатора без нагрузки и с индуктивной нагрузкой / А.М. Рывкин, И.А. Лукацкая, А.Л. Буйнов и др. // Электрические станции. 1990. № 5. С. 62–67.
6. Беляков Н.Н. Защита от перенапряжений установок с вакуумными выключателями // Электрические станции. 1994. № 9. С. 65–71.
7. Кадомская К.П., Лавров Ю.А., Рейхерд А.А. Перенапряжения в электрических сетях различного назначения и защита от них. Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2006. 368 с.
8. Коржов А.В., Волков О.В., Коровин Ю.В. Исследования перенапряжений по длине неоднородной распределительной кабельной сети // Вестник ЮУрГУ. Серия «Энергетика». 2020. Т. 20, № 1. С. 22–29. DOI: 10.14529/power200103
9. Лихачев Ф.А. Перенапряжения в сетях 6 кВ собственных нужд // Электрические станции. 1983. № 10. С. 69–73.
10. Горожанкин А.Н., Кушнарёв В.А., Грызлов А.А. Оценка эффективности электромеханического преобразования в синхронных реактивных машинах // Электротехника. 2021. № 5. С. 2–7.

#### References

1. Galushko A.I., Maksimova I.S., Osnach R.G., Khazanovskiy P.M. *Nadezhnost' izolyatsii elektricheskikh mashin* [Reliability of insulation of electrical machines]. Moscow: Energiya Publ.; 1979. 176 p. (In Russ.)
2. Kotelenets N.F., Kuznetsov N.L. *Ispytaniya i nadezhnost' elektricheskikh mashin* [Testing and reliability of electrical machines]. Moscow: Vysshaya shkola Publ.; 1988. 232 p. (In Russ.)
3. Vol'pov K.D., Belyy Yu.V. [On the damageability of insulation of electric motors for auxiliary needs of power plants]. *Elektricheskie stantsii*. 1976;(6): 34–35. (In Russ.)
4. Bazutkin V.V., Evdokunin G.A., Khalilov F.Kh. [Limitation of overvoltages arising when switching inductive circuits with vacuum circuit breakers]. *Elektrichestvo*. 1994;(2):9–13. (In Russ.)
5. Ryvkin A.M., Lukatskaya I.A., Buynov A.L., Davydov S.M., Lyashenko V.D. [Overvoltage when disconnecting a transformer with a vacuum switch without load and with an inductive load]. *Elektricheskie stantsii*. 1990;(5):62–67. (In Russ.)
6. Belyakov, N.N. [Surge protection for installations with vacuum circuit breakers]. *Elektricheskie stantsii*. 1994;(9):65–71. (In Russ.)
7. Kadomskaya K.P., Lavrov Yu.A., Reykherd A.A. *Perenapryazheniya v elektricheskikh setyakh razlichnogo naznacheniya i zashchita ot nikh* [Overvoltages in electrical networks for various purposes and protection against them]. Novosibirsk: Novosibirsk St. Technical Univ. Publ.; 2006. 368 p. (In Russ.)
8. Korzhov A.V., Volkov O.V., Korovin Yu.V. Analysis of Overvoltage in Nonhomogeneous Distribution Cable Grids. *Bulletin of the South Ural State University. Ser. Power Engineering*. 2020;20(1):22–29. (In Russ.) DOI: 10.14529/power200103
9. Likhachev F.A. [Overvoltages in 6 kV networks of own needs]. *Elektricheskie stantsii*. 1983;(10):69–73. (In Russ.)
10. Gorozhankin A.N., Kushnarev V.A., Gryzlov A.A. Assessment of electromechanical conversion efficiency in synchronous reluctance machines. *Russian Electrical Engineering*. 2021;92(5):233–237. DOI: 10.3103/S1068371221050047

***Информация об авторах***

**Горожанкин Алексей Николаевич**, д-р техн. наук, доц., заведующий кафедрой электрических станций, сетей и систем электроснабжения, Южно-Уральский государственный университет, Челябинск, Россия; gorozhankinan@susu.ru.

**Головань Игорь Николаевич**, аспирант кафедры электропривода, мехатроники и электромеханики, Южно-Уральский государственный университет, Челябинск, Россия; golovanin@susu.ru.

**Ржавцев Леонид Андреевич**, студент кафедры электропривода, мехатроники и электромеханики, Южно-Уральский государственный университет, Челябинск, Россия; rzavtsev@mail.ru.

**Захаров Данила Дмитриевич**, магистрант кафедры электропривода, мехатроники и электромеханики, Южно-Уральский государственный университет, Челябинск, Россия; zakharov633dd@gmail.com.

***Information about the authors***

**Aleksey N. Gorozhankin**, Dr. Sci. (Eng.), Ass. Prof., Head of the Department of Power Plants, Networks and Power Supply Systems, South Ural State University, Chelyabinsk, Russia; gorozhankinan@susu.ru.

**Igor N. Golovan**, Postgraduate Student of the Department of Electric Drive, Mechatronics and Electromechanics, South Ural State University, Chelyabinsk, Russia; golovanin@susu.ru.

**Leonid A. Rzhavtsev**, Student of the Department of Electric Drive, Mechatronics and Electromechanics, South Ural State University, Chelyabinsk, Russia; rzavtsev@mail.ru.

**Danila D. Zakharov**, Master's Student of the Department of Electric Drive, Mechatronics and Electromechanics, South Ural State University, Chelyabinsk, Russia; zakharov633dd@gmail.com.

***Статья поступила в редакцию 05.04.2024; одобрена после рецензирования 05.05.2024; принята к публикации 05.05.2024.***

***The article was submitted 05.04.2024; approved after review 05.05.2024; accepted for publication 05.05.2024.***