

Дакукина Т.А.,  
магистр,  
Тюменский индустриальный университет  
Россия, г. Тюмень

## АДАПТИВНЫЙ АЛГОРИТМ УПРАВЛЕНИЯ КОНДЕНСАТОРНОЙ УСТАНОВКОЙ С ПРИОРИТЕТОМ НАПРЯЖЕНИЯ

**Аннотация:** В статье рассматривается модернизация традиционных автоматических конденсаторных установок, управляемых по коэффициенту мощности. Математически показан недостаток управления по коэффициенту мощности. Рассмотрен адаптивный алгоритм с приоритетом напряжения, при котором контроллер в первую очередь реагирует на отклонения напряжения, а поддержание коэффициента мощности является вторичной задачей.

**Ключевые слова:** конденсаторная установка, регулирование напряжения, коэффициент мощности, приоритет напряжения, адаптивный алгоритм, промышленное электроснабжение.

**Annotation:** The article discusses the modernization of traditional automatic capacitor installations controlled by the power factor. The mathematical shortcomings of power factor control are demonstrated. An adaptive algorithm with voltage priority is considered, in which the controller primarily responds to voltage deviations, while power factor maintenance is a secondary task.

**Key words:** capacitor bank, voltage control, power factor, voltage priority.

На промышленных предприятиях для компенсации реактивной мощности и поддержания напряжения широко применяются автоматические конденсаторные установки (АККУ) [1]. Традиционно они управляются по

коэффициенту мощности  $\cos \varphi$ , стремясь поддерживать его близким к единице. Однако многолетний опыт эксплуатации выявил серьёзные недостатки такого подхода, особенно в условиях переменных и резкопеременных нагрузок [2].

При управлении по  $\cos \varphi$  контроллер измеряет активную и реактивную мощности нагрузки, вычисляет текущий коэффициент мощности по формуле:

$$\cos \varphi = \frac{P}{\sqrt{P^2 + Q^2}} \quad (1)$$

где  $\cos \varphi$  – коэффициент мощности;

$P$  – активная мощность, Вт;

$Q$  – реактивная мощность сети, ВАр.

Затем он сравнивает его с установкой (например, 0,95) и при отклонении включает или отключает ступени конденсаторов [3]. Однако этот алгоритм не учитывает реальное напряжение сети. При падении напряжения, например, до 0,9 номинала, выдаваемая конденсатором мощность падает квадратично, согласно формуле:

$$Q_k(U) = Q_{ном} \cdot \left(\frac{U}{U_{ном}}\right)^2 \quad (2)$$

где  $Q_k(U)$  – реактивная мощность конденсатора при напряжении  $U$ , ВАр;

$Q_{ном}$  – номинальная мощность конденсатора, ВАр;

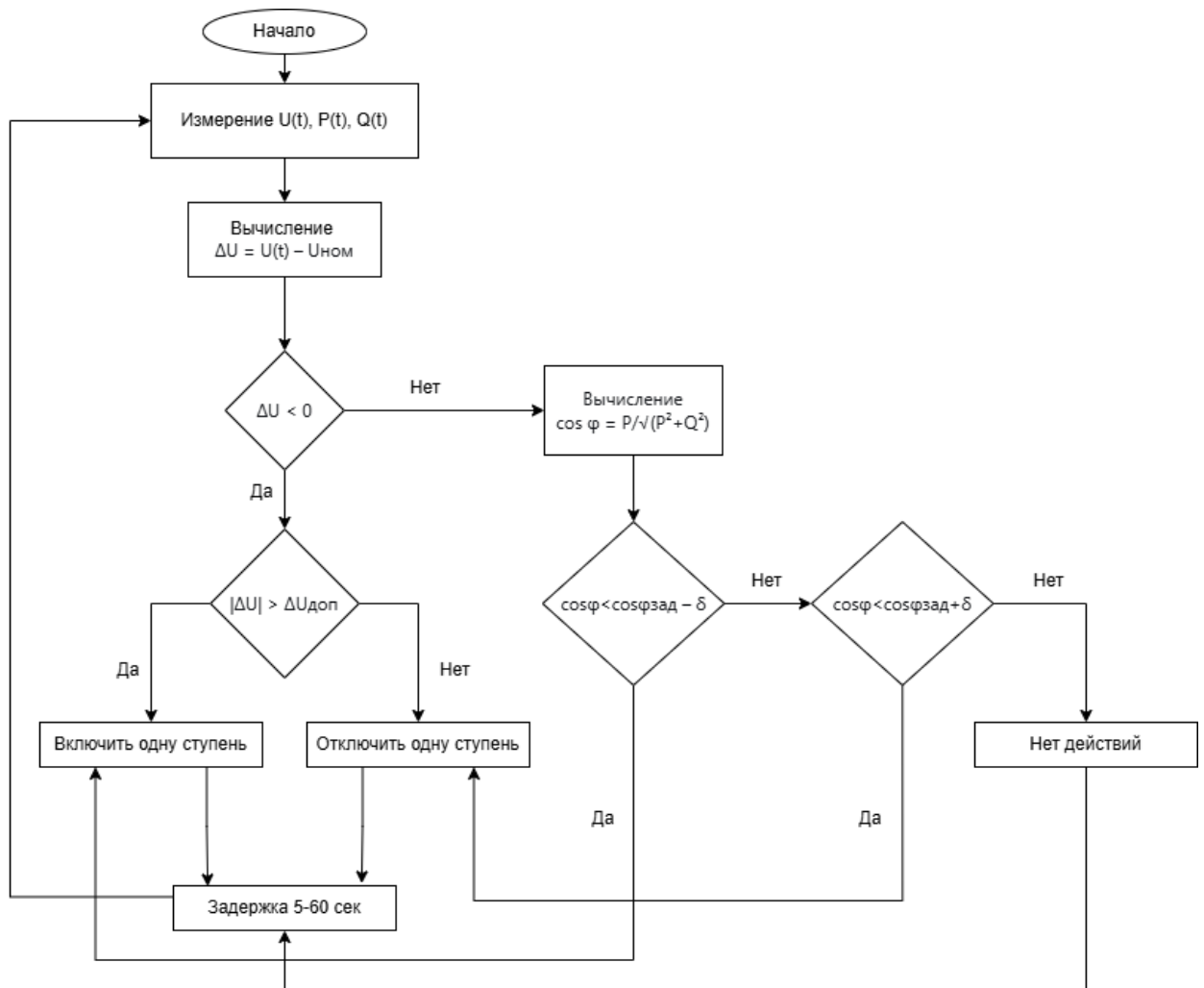
$U$  – действующее напряжение, В;

$U_{ном}$  – номинальное напряжение, В.

При  $U = 0,9U_{ном}$  мощность снижается на 19%. Контроллер, не видя этого, может ошибочно включать дополнительные ступени, вызывая

перенапряжения при последующем восстановлении напряжения. Кроме того, при малых активных нагрузках вычисление  $\cos\varphi$  становится нестабильным, что приводит к хаотичным переключениям. Из-за частых переключений ресурс контакторов может быть исчерпан менее чем за год [4].

Предлагаемый алгоритм (см. рисунок 1) меняет логику управления: главным становится отклонение напряжения, а  $\cos\varphi$  корректируется только при нормальном напряжении.



**Рисунок 1. Алгоритм работы АККУ-Н**

Опыт эксплуатации показывает, что при переходе на приоритет напряжения число переключений ступеней снижается в 5–6 раз (с 500–600 до 80–100 в сутки), а напряжение удерживается в пределах  $\pm 5\%$  от номинала.

Полностью исключается перекомпенсация (опережающий cosφ), вредная для трансформаторов и генераторов [5].

Для внедрения АККУ-Н достаточно заменить или перепрограммировать микропроцессорный контроллер регулятора реактивной мощности. Большинство современных контроллеров (RPC-12, MATRIX, BR6000, Novatek-Electro) имеют встроенный режим «приоритет напряжения» или «Voltage priority». Стоимость нового контроллера составляет от 15 до 50 тыс. рублей, что окупается за счёт экономии на обслуживании и замене контакторов в течение одного года эксплуатации. Силовое оборудование (конденсаторы, контакторы) остаётся без изменений.

#### **Использованные источники:**

1. Самарин Г. Н., Ружьев В. А., Егоров М. Ю. Способы коррекции уровней напряжения и несимметрии напряжений в сетях 0,4 кВ // Вестник Чувашского университета. 2017. № 1. С. 134–143.

2. Бутузов В. А. Современное состояние развития возобновляемой энергетики России // Окружающая среда и энерговедение. 2022. № 4. С. 5–32. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sovremennoe-sostoyanie-razvitiya-vozobnovlyаемoy-energetiki-rossii> (дата обращения: 29.03.2026)

3. Пискунова В. М., Герасимов Д. О., Суслов К. В. Интеллектуальные системы управления распределением электроэнергии // Электроэнергетика глазами молодежи–2019: материалы X Международной научно–технической конференции. Иркутск: Иркутский национальный исследовательский технический университет, 2019. Т. 2. С. 223–226. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=41270987> (дата обращения: 29.03.2026).

4. Асташев М. Г., Панфилов Д. И., Часов А. В. Технологии управления режимами работы распределительных сетей с несимметричными нагрузками для снижения потерь и улучшения показателей качества электрической энергии // Электроэнергия. Передача и распределение. 2023. № 6(81). С. 56–

64. URL: <https://eepir.ru/article/tehnologii-upravleniya-rezhimami-raboty-raspredelitelnyh-setej-s-nbsp-nesimmetrichnymi-nagruzkami-dlya-snizheniya-poter-i-nbsp-uluchsheniya-pokazatelej-kachestva-elektricheskoy-energii/> (дата обращения: 29.03.2026).

5. Низамутдинова Н. С., Кирпичникова И. М., Пташкина–Гирина О. С. Мировой и Российский опыт применения государственной поддержки возобновляемой энергетики // Вестник Самарского государственного экономического университета. 2018. № 2(160). С. 54–62